

Koleszár Béla
koleszar@tele2.at

A FÖLDI ROBOTTECHNIKAI ESZKÖZÖK INFORMATIKAI RÉSZEGYSÉGEIVEL SZEMBEN TÁMASZTOTT SPECIÁLIS (TEREPI KIVITELT IGÉNYLŐ) KÖVETELMÉNYEK RENDSZEREZÉSE, ELEMZÉSE

Absztrakt

Egy fontos informatikai részegység kiesése/hibás működése megbéníthatja a robotot, veszélyeztetve ezzel a bevetés sikerét, biztonságát. Az autonóm robotok informatikai részegységeinek hibái, illetve hibásan kiértékelt információik az egyik legkomolyabb biztonsági veszélyforrást jelentik, hiszen nincs senki, aki ezeket a hibákat korrigálná.

A cikk fő kérdései: a földi robottechnikai eszközök sajátosságai, működésmódjai, a szárazföldi robotjárművekre és érzékelőikre leselkedő veszélyek felsorolása, az informatikai részegységeikkel szemben támasztott speciális (terepi kivitelű igénylő) követelmények rendszerezése, elemzése és az autonóm, a távirányított, illetve humán sofőrrel is vezethető robotok informatikai egységeivel szemben támasztott követelmények különbözőségei.

Failure or faulty function of informatics subunits can paralyze the robot, putting the overall goal at risk of deployment-success and safety. Informatics subunit-failures or incorrect evaluated information connote one of the primary security risks in the robots, because nobody is there, who can rectify the errors.

The main questions of this paper: properties and operating states of unmanned ground vehicles, particulars of the risks the unmanned ground vehicles and their sensors, the array and analyze of special requirements (field design) of informatics subunits and differentness of informatics subunits- requirements from autonomous, remote- controlled robots and robots with human driver.

Kulcsszavak: szárazföldi robot, informatikai részegységek, terepi kivitel, speciális követelmények rendszerezése ~ unmanned ground vehicle, informatics subunits, field design, the array of special requirements

Bevezetés

Egyre terjed a legkülönbözőbb rendszerek távolról történő, illetve autonóm vezérlése/irányítása. A távirányítható televíziók, autózárak, kertkapuk, garázsajtók, klímaberendezések, játékok, stb. mindennapossá váltak. Az iparban (pl. daruk), közlekedésben (közlekedési lámpák, vasúti váltók, sorompók, lámpák, stb.) szintén egyre gyakrabban találkozunk a távirányítással. A teljesen autonóm robotok elterjedése még nem ilyen tömeges, de a fejlődés itt is megállíthatatlan.

Logisztikai feladatokra két módon használják a robotokat: vagy emberek előtt zárt térben (pl. raktárakban), illetve emberek között (pl. kórházakban) óvatos, mindenre figyelő, „lassú, de biztos” üzemmódban. A háztartásban, a ház körüli munkák elvégzésére is egyre több robotot fejlesztenek ki, ezek között vannak autonómok is, mint például a medencetisztító, porszívó-, ill. a fűnyíró robotok. A vezető nélküli, síneken közlekedő szerelvények nem számítanak újdonságnak, a legújabban már leszállni is képes robotpilóták használata is közismert. Az emberek útját keresztező, nagyméretű, gyors, tehát nagy károkozó képességű, teljesen autonóm robotok ideje napjainkban még nem jött el. A robotok miatti problémák, az általuk esetelegesen okozott balesetek, veszteségek kérdésében úgy a civil, mint a katonai alkalmazók köre egyelőre aránylag kevés megértést mutat. Mindezt talán a vonat-, motoros-, ill. a légiközlekedés „hőskorában” fellépő ellenérzésekhez lehetne hasonlítani. A robotok informatikai részegységeinek hibái, illetve hibásan kiértékelt információik az egyik legkomolyabb biztonsági veszélyforrást jelentik, hiszen az autonóm robotnál nincs senki, aki ezeket a hibákat korrigálná. A katonai felhasználásnál természetesnek tekinthető terepi követelmények mellett megkülönböztetett figyelemmel kell e részegységeket kiválasztani, beépíteni és tesztelni, a lehető legkülönbözőbb feltételek mellett.

Cikkemben a harcjárművekkel szemben támasztott általános követelményekből kiindulva vizsgálom meg, rendszerezem az informatikai egységeikkel szemben támasztott követelményeket. Megvizsgálom a földi robottechnikai eszközök sajátosságait, működésmódjait, rámutatok a csak autonóm, a csak távirányított, illetve humán sofőrrel is vezethető robotok informatikai egységeivel szemben támasztott követelmények különbözőségeire. Végül a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola doktoranduszaként kidolgozandó témám (*"Földi robottechnikai eszközök konstrukciós és alkalmazási kérdései, különös tekintettel a békefenntartó missziók biztonságának növelésére."*) első felére fókuszálva megvizsgálom a földi robotjárművek informatikai egységeivel szemben támasztott speciális követelményeket. Gyakorlati beállítottságuként, több mint 10 éves harcjárműtervezői gyakorlattal (Steyr - Pandur [1]) inkább a felhasználói oldalról közelítem meg a témát.

1. Harcjárművekkel és informatikai részegységeikkel szemben támasztott általános követelmények

A harcjárművek informatikai részegységei sokkal nagyobb igénybevételnek vannak kitéve, mint a civil rendszerek. A velük szemben támasztott minél kisebb meghibásodási arány szintén nagyon fontos kritérium.

Mivel az informatikai részegységek elévülési ideje nagyságrendekkel alatta van a járművek tervezett élettartamánál (kb. 40 év) [2], itt az informatika rohamos fejlődése által diktált rövidebb élettartam miatt inkább az egyszerű cserélhetőségre-bővíthetőségre, javíthatóságra kell helyezni a hangsúlyt.

Sok gyártó a költségek csökkentése érdekében a harcjárműveknél is megpróbálják a tömeg-autógyártás területéről felhasználni az egyes alkatrészeket, részegységeket. Ez például a kapcsolóknál, különböző lámpáknál, érzékelőknél, kameráknál, kijelzőknél, nyílászáróknál, tömítéseknél, kábeleknél, csatlakozóknál, a fűtés, szellőztetés részeinél figyelhető meg. Az

eredmény a legtöbbször kétséges, a csökkenő élettartam ugyan cserékkel orvosolható (még így is olcsóbb!), a kisebb megbízhatóság azonban nagy hiba!

Egy kitűnő kondícióban lévő, edzett katona hatalmas erő kifejtésére képes. Ha ezt az erőt a stressz miatt nem eléggé koordináltan használja, akkor bizony a „civil” alkatrészek egykettőre a kezében maradnak... Mindez akár a bevetés döntő szakaszában! Teljes felszereléssel (hátizsák, fegyver, védőruházat, golyóálló védőmellény, ~120 kg) csak egy hirtelen fordulattal is komolyan veszélyezteti a nem eléggé védett részeket. Ezért is nagyon fontos, hogy a katonák a járművekben többpontos biztonsági övvel legyenek bekötve, a málháik, fegyvereik is megfelelően rögzítve legyenek. A nehéz terepen menet közben fellépő, állandóan változó (pozitív és negatív) gyorsulások komoly erőket jelentenek. Fontos biztonsági szempont az is, hogy az aránylag gyakori „könnyebb” balesetknél (pl. árokba csúszás, terepakadályon való elakadás, oszlopmenetben történő ráfutás, gyalogsági akna robbanása, stb.) során fellépő gyorsulások sem okozhatnak olyan deformációkat, amelyek a katonák életét, egészségét veszélyeztetnék. Főleg a terepjárók elejének, aljának kell masszívnak lennie, de például a járművek tetejére szerelt berendezéseknél, alkatrészeknél is fontos a „taposás-állóság”.

Visszatérve a harcjárművek informatikai részegységeihez: rájuk a fentiek szintén érvényesek. A robosztus kivitel mellett védeni kell a mechanikus külső behatások ellen is. Használaton kívül, ha lehetséges, akkor javallott a további mechanikus védelem (lehajtható fedél, szállítóhelyzetbe történő billentés, betolható fiók, stb.) A kapcsolók, nyomógombok, billentyűzetek kivitele lehetővé kell tegye a kesztyűben való használatot is. Az áttekinthetőség is fontos, hogy álcafénynél, vagy akár sötétben, illetve nem oda nézve, csak tapintással egyértelműen azonosíthatóak legyenek. Nagy kihívást jelentenek a járművön kívül használt monitorok. Például a megemelt menethelyzetben, amikor a járművezető feje a szabadban van, akkor szüksége van legalább egy kisebb „műszerfalra”, ahol a fontosabb adatokat (sebesség, motorfordulat, hűtővíz-, olaj hőmérséklete, stb.) állandóan figyelemmel kísérheti. A kevésbé fontosakat is nyomógombok segítségével lekérdezheti, ill. a hibajelzések is itt jelennek meg automatikusan. Ennek a képernyőnek a biztonságos, vakításmentes olvashatósága a teljes sötétségtől kezdve a tűző napfényig, esőben, porban, különböző látószögek mellett bizony még mindig problémás.

Az informatikai egységek működésével szemben támasztott követelmények meghatározása nagy körültekintést igényel. A feleslegesen túlzott elvárások megfizethetetlen költségeket eredményeznek. Például a NATO szabvány szerint a legszélsőségesebb klimatikus zónák hőmérsékletei -57 °C és $+71\text{ °C}$ között vannak [3]. Nem célszerű a harcjármű minden egyes alkatrészére megkövetelni az általánosan megadott $(-40) -35\dots +50\dots 60\dots 63\dots (80)\text{ °C}$ -os működési tartományt [4,5,6], ráadásul felfutási idő nélkül... Természetesen minden alkatrésznek tartósan állnia kell a megkövetelt legszélsőségesebb hőmérséklettartományt, de a működőképességnél már „kedvezményeket” engedhetünk. Nagyon kicsi a valószínűsége annak, (részben lehetetlen) hogy a személyzet ilyen extrém belső hőmérsékletnél végezzen szerteágazó, hosszantartó, bonyolult feladatokat. A központi egységhez képest a perifériák szükség szerint csökkentett funkciókkal is rendelkezhetnek. Fontos még az energiaforrások kapacitása, minimális töltési ideje, illetve magasabb hőmérsékleteknél a rendszerek megfelelő hűtése, alacsony hőmérsékleteknél a fűtése, védettségi osztály (IP¹ [7]), rendszerben tarthatósági idő. Az elektronikai védelem, az elektromágneses impulzus bombák és nagy energiájú rádiófrekvenciás sugárforrások ellen árnyékolást sem szabad elhanyagolni. Itt a hagyományos, páncéllemezekből készült zárt járműszerkezetek Faraday kalitkaként működnek. Ha műanyagokat, kompozitokat használunk, akkor a belső informatikai egységek elektronikai védelmével külön kell foglalkoznunk.

¹ IP (Ingress Protection)

Újabban a szárazföldi harcjárműveknél is az informatikai hálózatot több, egymással együttműködő csomópontból irányítják, így kisebb a teljes kiesésnek a valószínűsége.

A harcjárművek passzív ballisztikai védelmét tovább már nem nagyon lehet emelni (súly, szállíthatóság, költségek, stb.), ezért egyre több aktív, SLID², „hard kill” [8] védelmi rendszert (pl. Arena [9], Drozd [10,11], Trophy [12], Iron Fist [13], stb.) állítanak hadrendbe. Ezeknél főleg az informatikai rendszerek gyorsasága fontos, hiszen pl. a közelről kilőtt páncéltörő rakétát érzékelni, értékelni, bemérni, időben hatástalanítani kell.

A fegyver-védelem, fegyver-ellenfegyver ősidők óta tartó párharcának újabb állomását jelentik a nemrég nyilvánosságra hozott, a fent említett aktív védelmeket hatékonyan áttörni képes páncéltörő orosz RPG-30-as rakéták. [14, 15]

Az egyre „intelligensebb” távirányított, több célt egyidejűleg is követni képes lövegtoronyok informatikai részegységeivel jelen cikkben nem foglalkozom, itt az egyes követelmények még szigorúbbak.

2. Földi robottechnikai eszközök sajátosságai, működésmódjai

A Robothadviselés 8 konferencián [16] előadott értekezésem témájául a „Szárazföldi robottechnikai eszközök tervezésének és alkalmazásának biztonsági szempontjai”-t. Itt felsoroltam az egyes veszélyforrásokat: *„A „csak” két dimenzióban mozgó földi robottechnikai eszközöknél óriási előny a szilárd talaj, legalábbis addig, míg egy helyben áll a jármű. Amint elindul, változik a helyzet, a sebesség fokozásával egyre hasonlatosabb lesz egy éppen leszálló repülőgéphez. Sőt! Sokkal rosszabb a helyzete, mert nem rendelkezik egy / kijelölt / körbekerített / lezárt / egyenes / jó felületű pályával. A földi robotok „pályája” girbe-gurba, hepe-hupás, rosszul, vagy egyáltalán nem kijelölt, nyitott még a szembe- és keresztforgalomnak is! Az utakról letérve még bonyolódik a helyzet, számtalan terepakadály, házak, árkok, gödrök, folyók, fák, bokrok, kövek, veszélyes lejtők, víz, sár, mocsár, homok, hó-jég, köd, stb. leselkednek rá. Mindezeket a veszélyforrásokat menet közben érzékelni, értékelni lehetséges, de szinte „emberfeletti” feladat, sajnos ezt bizonyítják a közlekedési baleseti statisztikák is... Ha rendelkezünk is elegendő szenzorral, megfelelő információval, akkor is a végtelen felé konvergáló kombinációs lehetőségek kiértékelése miatt a valós idejű feldolgozás akadozhat. Hosszú évek szükségesek, míg a „tanuló” programok és maguk a programozók a különböző tereptípusokra szabott szoftvereket optimalizálják, majd a legkülönbözőbb terepeken letesztelik.*

A földi robotoknál, nehéz terepen menet közben fellépő, állandóan változó (pozitív és negatív) gyorsulások, ütések, rezgések, a külső mechanikai behatások (pl. ágak, szögesdrót), a szennyeződés lehetősége (eső, hó, dér, por, sár, harcanyagok jelenléte, stb.) a szenzorok terepi kivitelezésére is komoly, részben még megoldandó feladatokat rónak. A változatos, előre nem kiszámítható terep a meghajtás állandó változtatását (gyorsítás, fékezés, kormányzás) igényli, ez nagyon energiaigényes, a vezérlő egységek informatikai kapacitását is állandóan igénybe veszi.” [17]

Az érzékelők működése és az általuk szolgáltatott információk kiértékelése nagyon bonyolult feladat. Figyelembe kell venni a más járművek által okozott véletlen, illetve az ellenség által tudatosan sugárzott zavaró fények, rádióhullámok, lézersugárzások „vakító” ill. torzító, árnyékokat okozó hatását. Mindez nagyon leterhelheti a központi egység számítástechnikai kapacitását. Ezt a nagyon bonyolult rendszert gyakorlatilag lehetetlen matematikailag teljesen modellezni, mindig számítani kell váratlan eseményekre. Már ma is kijelenthetjük, hogy a robotok műszaki kivitelezése (hardver) mellett az egyes vezérlőprogramok (szoftverek) megalkotása, optimalizálása, tesztelése legalább ugyanilyen nagyságrendű kihívást jelent.

² SLID (small low-cost interceptor device – kis költségű elfogó eszköz)

Oszlopmenetnél - az út menti robbanó-csapdák aktiválását megakadályozandó - egyre gyakrabban alkalmaznak nagy teljesítményű, szélessávú zavaróadókat. A nagyon erős, „mindent elnyomó” elektromágneses terek a robotok működését-irányítását, ezzel megbízhatóságukat is negatívan befolyásolják, a védelem ellene nehéz.

A mély terep utáni tisztítás, illetve a harcanyagoktól való mentesítés (dekontamináció) lehetősége is fontos. Mivel autonóm robotjárművekről beszélünk, a távlati cél csak az lehet, hogy mindez a kezelőszemélyzet közvetlen jelenléte nélkül is megvalósítható legyen.

Tüntetéseknel mesterséges akadályok (barikádok), kőzapor, „molotov koktél”, vízágyú eltévedt vízszugara, a jármű felborításának veszélye jelenthet problémát.

2.1. Távírányított földi robottechnikai eszközök

Ezek a leggyakrabban használt robotok. A távműködtetésű rendszerek működhetnek teljes, illetve részleges távírányítással, a távírányító rendszere szerint lehetnek vezetékeselek, rádiófrekvenciás rendszerek, illetve internet alapú, hálózatos rendszerek.

Távírányított járműveknél az operátor hatékonyan tudja kiszűrni az éppen fontos információkat, nagy részben átveszi a központi egység véges funkcióit, tehermentesítve ezzel. *“A fedélzeti számítógépes rendszerre a robot bizonyos fokú autonómiájának megteremtése érdekében van szükség. Nagy értékű robot esetében még távvezérelt robot esetében is érdemes bizonyos biztonsági funkciókat a robot fedélzetén lévő intelligens eszközre bízni. A robottal való kommunikáció megszakadása esetén például a robot képessé tehető egy előre definiált helyre történő visszatérésre. Szélsőséges körülmények között a robotnak észlelni kell a rá veszélyt jelentő környezeti behatásokat (például túl meredek lejtő esetén a robot nem kockáztatja az esetleges zuhanást, hanem jelez a kezelőnek és új útvonalat kér).”*[18] Nagyon fontos a zavarmentes, alacsony zajszintű, lehetőleg kódolt, kétirányú információáramlás, ez csak jó minőségű rádióösszeköttetéssel lehetséges. A felderíthetőség és az energiafelhasználás szempontjából azonban a folyamatos jelkibocsátás hátrányos.

A távírányított járművek is kerülhetnek olyan (kényszer-) helyzetbe, amikor csak a saját rendszereikre hagyatkozhatnak – ha megszűnik, illetve akár csak rövid időre is kiesik az összeköttetés. Álló helyzetben ez jelentheti egyszerűen a kivárást. Gyors mozgás, illetve valamilyen veszélyes tevékenység közepette – például egy robbanóeszközzel való manipulálás/hatástalanítás közben a biztonságos nyugalmi helyzet elérését (autonóm módon) előre pontosan definiálni kell.

Ezt a biztonsági „rést” különösen fontosnak, eddig nem nagyon kutatottnak tartom. Tovább bővítik e biztonsági rést a Dr. Szabolcsi Róbert által leírt „robot-holtidők”. [19, 20]

2.2. Univerzális, sofőr által is vezethető földi robotjárművek

Ezeknél a járműveknél a távírányított, ill. az autonóm működés mellett a humán sofőr is átveheti az irányítást.

A hagyományos / direkt vezetésnél a nagyméretű robotjármű vezetőfülkével is rendelkezik, ekkor a szigorú ergonómiai követelményeknek is eleget kell tenni. A vezetőfülke kialakítása, műszerfal, periszkópok és/vagy képernyők, hagyományos kormány, fékek, stb. annyira megdrágítják a járművet, hogy valószínűleg csak kivételes esetekben lesznek ilyen irányú fejlesztések. Nyomós érv lehet ebbe az irányba az ún. „átmeneti” időszakban a biztonsági kérdések még nem eléggé alapos tisztása, kiértékelése, tesztelése. Az esetleges baleseteknél felmerülő jogi problémák – a katonai, ill. a civil forgalomban való engedélyezettetés elhúzódása befolyásolhatja a fejlesztéseket olyan irányba, hogy a nagyobb robotjárműveknél helyet szorítsanak egy humán sofőrnek is a fedélzeten. Így a közutakon hagyományos módon közlekedne a jármű. A már meglévő járművek robotjárművekké történő

alakításával/átépítésével szintén létrejöhetnek ilyen „mutánsok”. Erre már most is vannak példák, például M 48-as tankból építették át a német Keiler aknamezítő járművet [21], ez teljesen távirányítható. A kisebb, szlovák gyártmányú Božena [22] aknamezítő járművek fejlesztése eredetileg a Bobcat-ek [23] átépítésével kezdődött. Átalakított harcjármű példája a robot- Stryker [24], átalakított autonóm teherautó az Oshkosh cég járműve [25]. Hátrányuk, hogy az utólagos átépítések a konstrukciós megkötések (pl. a helyhiány) miatt mindig kompromisszumokat követelnek. Teljes értékű robotjárművekké nem válnak, de egyszerűbb feladatokra használhatók. Az említett aknamezítés mellett például egy nem teljes biztonsággal megtisztított aknamezítő, veszélyes területen „felderítő-áldozatként”, illetve „csaliként” át lehet küldeni egy ilyen távirányíthatóvá átalakított járművet.

Valószínű, hogy a jövőben a személyzettel is rendelkező, univerzális robotjárműveket úgy alakítják majd ki, hogy a megfelelő nagyságú robotjármű „rakterében” helyezik el az operátor vezérlő-terminálját befogadó konténert és direkt módon (árnyékolt, vagy optikai kábelekkel) csatlakoztatják a jármű rendszereihez. A konténernek a bevetéshez elegendő védelemmel (ballisztikai, vegyi - sugár, IED³ [26], stb.) kell rendelkeznie, illetve eleget kell tennie az ergonómiai követelményeknek (elegendő tér, hűtés, fűtés, szellőztetés, megvilágítás, elégséges zaj- és rezgésvédelem, stb.)

Az informatikai egységeikkel szemben támasztott követelmények leginkább attól függenek, hogy a jármű személyzet nélkül csak távirányítottan, vagy teljesen autonóm módban is működhet.

2.3. Autonóm földi robottechnikai eszközök

„Az autonóm robot fedélzetén hordozza a működéséhez szükséges vezérlőberendezést, így működése nem függ semmilyen külső vezérlő számítógéptől, mivel a fedélzeti vezérlő képes a szükséges döntések meghozatalára” [27]

A szenzorok által küldött beérkező információáradatot valós időben kell feldolgozni, hogy még időben megfelelő ellenintézkedésekkel korrigálni lehessen az autonóm jármű tevékenységeit. Az informatikai egységeikkel szemben támasztott követelmények a legnagyobbak, hiszen óriási adatmennyiséget kell feldolgozni, minden várható és váratlan eseményre lehetőség szerint fel kell készülni.

A személyzettel ellátott járművek esetében maximum pár napi járőrözés után a személyzet szükségletei miatt meg kell szakítani az ellenséges területen való tartózkodást. Ezzel szemben a robotjárművek jól álcázva akár hónapokig (!) is kivárhatnak „alvó/hibernált” üzemmódban. Ez például csak az energiaforrások tartós, illetve hosszú „pihenő” idő után is jó terhelhetősége mellett lehetséges. Célirányos tervezés mellett víz alá is merülhetnek.

A robotjárművek rajokba, csapatokba való szervezése hasonlóan a természetben megfigyelhető csoportos létformáknál, minden bizonnyal előnyös. A terep feltérképezése több „kameraállásból” sokkal hatékonyabb, a veszélyhelyzetek jobban kiértékelhetők. Érzékelőik „szenzormezőt” alkotnak, így például a harcanyagok terjedéséről, az ellenség mozgásának sebességéről is közvetetten információkat tudnak szolgáltatni. A hibásan működő szenzorokat is jobban ki lehet szűrni. Az egyre inkább terjedő távirányítható lövegtornyokat és a különböző, automatikusan működő fegyverrendszereket (aktív rakétaelhárító rendszerek, ködvetők) kitűnő felbontású és reakcióidejű érzékelőkkel rendelkeznek. Megtöbbszörözött funkcióként ezek adatait is fel lehetne használni a robotjármű biztonságosabb közlekedéséhez.

Az egyes terepakadályokat a (közös) digitális térképükön bejelölhetik, így a követő, vagy később áthaladó járművek ezekkel a területekkel csak felületesen foglalkoznak, egyszerűen kikerülik őket. Hasonlít egy kicsit a denevérek zezugos barlangokban való repüléséhez, akik a megszokott “légifolyosóikon” repülnek és csak maguk előtt pásztázzák megkülönböztetett

³ IED (improvised explosive device – improvizált robbanó eszköz)

figyelemmel a "légteret". Ha egy fix akadályt helyezünk az újukba tartósan, akkor az egyes denevérek ezt természetesen észlelik és egy "vérszfékezés" mellett, a jelkibocsátás frekvenciájának ugrásszerű emelésével "letapogatják", majd kikerülnek. Néhány óvatos "járőrözés" után a kényeszből megváltoztatott új folyosórész koordinátáit "égetik be" a memóriájukba. Később az akadályt eltávolítva a "félautomata" üzemmódban, gyorsan repülő denevérek még hosszú ideig "kopírozzák" a valójában már feleslegessé vált, hosszabb "elkerülő" utat. A szárazföldi robotoknál is hasonló módon lehet takarékoskodni a véges megfigyelő, kiértékelő és döntéshozó, illetve tápenergia kapacitással. A denevérekkel szemben van egy óriási előnyük, hogy az egyik egység által felderített akadály az egész „mátrix-autonóm” csapat számára ismert lesz. Ha tehát a menetoszlop közepén egy újonnan keletkezett aknátölcser megállásra készítet egy robotjárművet, akkor ez megvizsgálja, majd (esetleg az operátor segítségével) kikerüli, a kerülőutat bejelöli a digitális térképbe. Később az útakadályok elhárítása után az utászok „törlik” a kitérőt.

3. Földi robottechnikai eszközök informatikai részegységeivel szemben támasztott speciális követelmények

A robotjárműveknél az informatikai részegységek megbízhatósága még fontosabb, hiszen a személyzet hiánya miatt nem lehetséges a kézi beavatkozás, javítás, funkciók átvétele. Egy fontos informatikai részegység kiesése/hibás működése megbéníthatja a járművet, veszélyeztetve ezzel a bevetés sikerét, biztonságát. Az új, nem kiforrott, megfelelő csapatpróbákon át nem esett hardvereknek, szoftvereknek nincs helye a harci robotoknál. Egyszerű szavakkal úgy fogalmaznám meg, hogy az akció sikerességének szempontjából többet ér egy „hagyományos” katona, aki eljut a bevetési területre, mint egy „csúcstechnológiás”, aki útközben minduntalan elakad...

Ide kívánczok Molnár Zsolt értekezése az emberi felügyelet nélkül működő rendszerek öntesztelésének lehetőségeiről, ebből idézek néhány kiragadott mondatot: „*Egy terepi készülék tervezése esetében tehát törekedni kell arra, hogy ne legyen szükség külső eszközökre a teszteléshez, és a vizsgálatot a felhasználó, vagy a készülék saját maga képes legyen levezényelni. ... A terepi elektronikai eszközök beépített tesztelése számos előnyt biztosít. Ezek közül a legfontosabbként az említhető, hogy az önteszt lefutása vagy lefuttatása után pontos képet kapunk a készülék állapotáról: az esetleges meghibásodások felismerhetőek, helyük azonosítható. ... az új készülékek esetében már a tervezéskor szem előtt kell tartani azokat a szempontokat, amelyek az öntesztelés megvalósítását lehetővé teszik, azaz a készülékeket (ön)tesztelhetőre kell tervezni.*” [28]

A földi robottechnikai eszközök informatikai részegységeivel szembeni általános elvárások hasonlóak, mit az ember vezette járműveknél, vannak azonban eltérések. Ezen eltérések többsége a személyzet hiányából fakad, egy részük pozitív, de vannak negatívak is, egy külön alfejezetben részletesebben kitérek a nagy teljesítményű elektromos, ill. hibrid járművek problematikájára.

3.1. Pozitív hatások

A személyzet hiánya miatt a belső tér teljesen beépíthető, illetve a jármű kisebb, alacsonyabb lehet. Nem kell számolni a személyzet általi mechanikai túlterheléstől, nem kell figyelembe venni az egyre szigorúbb ergonómiai, tűzvédelmi (pl. megkötések az égéskor mérgező füstgázt kibocsátó anyagok választhatóságánál), stb. követelményeket, nem szükséges hermetikusan elválasztani a motorteret. Nem kell belső világítás, a messziről árulkodó reflektorok is elhagyhatók.

A hatékony tűzelfojtás érdekében levegő- (oxigén-) mentes, zárt belső atmoszféra is kialakítható, itt a beépített rendszerek hűtésigényeit is figyelembe kell venni. Ennek az

említett zárt belső atmoszférának pozitív hatása lehet a céltudatos páramentesítés. A kondenzálódó vízcseppek negatív hatásai (optikai alkatrészek párásodása, villamos átvezetések, kisülés, kapacitáscsökkenés, korrózió, stb.) így hatékonyan kiküszöbölhetők.

Egy jól megtervezett, különböző szenzorokkal (a fordulatszám, forgatónyomaték, hőmérséklet, rezgések, stb. mérésére) felügyelt, teljesen automatikus hajtást nem kell feleslegesen „túlméretezni”. A célirányos szoftverekkel védve van a túlterhelések ellen. Például egy tengelykapcsoló hirtelen oldása, egy rossz kézi visszaváltás rövid ideig tartó, többszörös túlterhelést eredményezhetnek. A laza talaj után szilárd úttesten gyorsan haladó járműveknél a túl későn visszaállított kerék-nyomás a köpeny oldalfalainak a sérüléséhez vezethetnek, a sebesség függvényében akár 1-2 km-en belül!

A távol lévő irányítószemélyzet nincs olyan stressznek kitéve, mint a bevetésben fizikailag részt vevő katonák, csökkenthetők a személyi veszteségek.

A bármilyen okból (elakadás, meghibásodás, találat, robbanás, stb.) kieső, illetve taktikai okokból (pl. őrszemként) leállított jármű operátora tovább harcolhat/tevékenykedhet (egy másik robotot vezérelve).

3.2. Negatív hatások

A robotjárművek belsejében nincs szükség „emberi” körülményekre, ez a belső térben elhelyezett alkatrészekre, műszerekre, informatikai rendszerekre nagyobb megterhelést jelent. Tartósan extrém hőmérsékletek lehetnek, nagyobb lökések, vibrációk megengedettek, sugárzás, harcanyagok jelenléte lehetséges, stb.

A személyzet hiánya miatt egy máskor egyszerűnek történő hiba, pl. egy távirányítással nem aktiválható biztosíték kioldása, vagy pl. egy érzékelő bepárásodása is elakadáshoz, illetve átmeneti „vaksághoz” vezethet.

Jól képzett irányító- és karbantartó személyzetet igényel.

A távol lévő, közvetlen veszélynek nem kitett operátor hajlamosabb kockázatos akciókba bocsátkozni, mint a bevetésben fizikailag részt vevő katona.

Fel kell készülni olyan szituációkra, amikor az emberi felügyelet/védelem nélküli robot például a kíváncsi gyermekek ártatlan-, vagy a fegyvertelen civil lakosság rosszindulatú „érdeklődését” kelti fel. Ilyen helyzetekben, ha nem lehetséges a visszavonulás, illetve ha nincs a közelben élőerő- segítség, akkor a szituációhoz megfelelő, humánus, „non lethal” válaszlépés szükséges. Lehetőleg többlépcsős, kezdve a hanggal való figyelmeztetéstől a kellően hangsúlyos, elrettentő, fájdalmat okozó, akár időlegesen bénító fokozatokig. A robotok esetleges autonóm fegyverhasználatának hadijogi háttere még az ellenséges fegyveres támadás esetén sem tisztázott!

3.3. Nagy teljesítményű elektromos, illetve hibrid járművek problematikája

A sokak által a jövő trendjének kikiáltott hibrid járműknél, ill. az elektromos hajtásaiknál létrejövő, állandóan változó elektromágneses mezőket is figyelembe kell venni. Ezek egyáltalán nem elhanyagolhatók, ha már a 4x4-es járműkategóriánál is 1 MW-os tervezett teljesítményekről, ill. 100 km/h sebesség 5 s alatt való eléréséről olvashatunk [29]. Ilyen teljesítményfolyamok kapcsolása, vezérlése, csak megfelelően méretezett rendszerekkel lehetséges. Az esetleges hő- torlódások lehetőségére is ügyelni kell. Például a kerékagyba épített motoroknál, amikor a jármű kerekei mély talajban elmerülve, elakadva, maximális nyomatékok mellett nem teszik lehetővé a sugárzással, ill. a léghűtéssel történő hőleadást. A nagy teljesítményű áramfejlesztő(k), a meghajtó elektromotorok, a vezetékek, a teljesítmény-elektronikai részegységek megfelelő árnyékolása sem egyszerű feladat.

Az elektromos hajtások egyik előnye, hogy fékezéskor energiát juttathatnak vissza a rendszerbe, tehát a meghajtó villanymotorok generátorként működnek. Ehhez gyorsan és

hatékonyan tölthető energiatárolókra (akkumulátorokra) van szükség. A nagy kapacitás is fontos, hogy hosszabb lejtmenetben is legyen elegendő energiatárolási lehetőségünk. A töltést, ill. az energia-visszaadást vezérlő elektronika is bonyolítja-dragítja a rendszert.

A katonai, terepjáró járművek mindezen részegységénél a terepi kivitel is elengedhetetlen.

Összegzés, következtetések

A harcjárművek informatikai részegységei sokkal nagyobb igénybevételnek vannak kitéve, mint a civil rendszerek. A tömeg-autógyártás területéről csak a szigorú katonai feltételek teljesítése, tesztelése után lehet egyes alkatrészeket, részegységeket alkalmazni. A robosztus kivitel, ipari tokozások, mechanikai és elektronikai védelem nagyon fontos. Az időjárás viszontagságait a szélsőséges klímazónákban is állni kell. Az indokolatlanul szigorú elvárások teljesítése viszont többletköltségeket jelentenek.

Elemeztem a földi robottechnikai eszközök sajátosságait, működésmódjait, részleteztem a szárazföldi robotjárművekre és érzékelőikre leselkedő veszélyeket, rámutattam, hogy például a szenzorok elégséges terepi kivitelezése még kívánivalókat hagy maga után.

Összehasonlítottam a járművek informatikai részegységeivel szemben támasztott követelményeket annak függvényében, hogy a fedélzeten tartózkodik-e személyzet, illetve jelenlétük kizárható (teljesen autonóm jármű).

Rámutattam arra a biztonsági „rés”-re, hogy összeköttetés bármilyen okból történő megszakadása után a távirányított jármű is átmeneti időre autonóm járművé válik! Ebből az következik, hogy ha egy nagyobb méretű, gyors, biztonságos, „egyszerű” távirányított robotot szeretnénk létrehozni, akkor is teljes mértékben foglalkoznunk kell az autonómítás problematikájával is.

Minden hadsereg arra törekszik, hogy katonáit a lehető legjobban védje az ellenséges csapásoktól. A személyi sérülések, veszteségek valószínűsége a legkülönbözőbb intézkedésekkel, új védelmi technikákkal-taktikákkal ugyan csökkenthető, de 100%-osan kizárni csak a robotok alkalmazásával lehet. Valószínűleg már ma ez a legmeggyőzőbb érv/szempont a robotok fejlesztésének szükségességét illetően. A földi robottechnikai eszközök informatikai részegységei állandó fejlődésben vannak. Részben a számítástechnika óriási fejlődése miatt, részben a robotokkal, robotjárművekkel szemben támasztott egyre szigorúbb követelmények miatt. Az egyre növekvő sebességek, az egyre rövidebb reakcióidők szükségessége, az egyre több beérkező információ feldolgozása, kiértékelése, majd valószínű időben történő döntések meghozatala óriási kihívást jelentenek a fejlesztőknek. Nem olcsók ezek a fejlesztések, akár meg is haladhatják a légi robotok informatikus részegységeinek a fejlesztési költségeit.

Távlatilag a robotok képességei egyre nagyobb mértékben haladják majd meg az emberek fiziológiailag behatárolt képességeit, ez lesz majd a további fejlődés hajtómotorja. Az informatikai részegységek minőségének, reakció-gyorsaságának, kapacitásának, felbontóképességének, ellenálló képességének, tartósságának, öntesztelő képességének, élettartamának, extrém körülmények melletti megbízhatóságának várható további rohamos fejlődése teszi ezt majd lehetővé.

Hivatkozott irodalom⁴

- [1] <http://www.steyr-ssf.com/>
- [2] Rolf Hilmes: Panzrentwicklung heute und morgen. Strategie und Technik Juli 2008, p. 23.
- [3] STANAG 2895 Annex A: A-1, A-2; Annex B: B-1
- [4] <http://www.army-technology.com/projects/pandurII/>
- [5] http://daten.bwb.org/AG-Bund/TL/daten/84700008_1.pdf
- [6] http://klein-gelenkwellen.de/tech/technische_hinweise_2.html
- [7] <http://www.incase.hu/index.php/Mobil-adatgyujto-valasztas/IP-vedettseg.html>
- [8] <http://www.defense-update.com/products/d/drozd-2.htm>
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Arena_Active_Protection_System
- [10] <http://www.russianarmor.info/>
- [11] http://www.btv.t.narod.ru/3/kaz_drozd.htm
- [12] <http://www.defense-update.com/products/t/trophy.htm>
- [13] http://de.wikipedia.org/wiki/Iron_Fist
- [14] <http://en.wikipedia.org/wiki/RPG-30>
- [15] <http://www.warandpeace.ru/ru/article/view/29715/>
- [16] <http://www.zmne.hu/tanszekek/ehc/konferencia/robot8.html>
- [17] Koleszár Béla: Szárazföldi robottechnikai eszközök tervezésének és alkalmazásának biztonsági szempontjai. Hadmérnök, IV. Évfolyam 2. szám – 2009. június, pp 385-397
Kiadó: ZMNE; ISSN 1788-1919; http://hadmernok.hu/2009_2_koleszar.pdf
- [18] Kucsera Péter: Moduláris felépítésű mobil robotikai alkalmazások kialakítási szempontjai. Hadmérnök, I. Évfolyam 3. szám - 2006. december, Kiadó: ZMNE; ISSN 1788-1919 http://hadmernok.hu/archivum/2006/3/2006_3_kucsera.html
- [19] Dr. habil. Szabolcsi Róbert: Handling time delay in control of unmanned robots. /A holtidő modellezése a távvezérelt robotok elméletében és gyakorlatában./ http://www.zmne.hu/tanszekek/ehc/konferencia/prezrw8/Szabolcsi_Robert.pdf
- [20] Dr. habil. Szabolcsi Róbert: Handling time delay in control of unmanned robots. http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2008/4/03_Szabolcsi_Robert.pdf
- [21] [http://de.wikipedia.org/wiki/Keiler_\(Panzer\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Keiler_(Panzer))
- [22] <http://www.way-industry.sk/ger/index.php?b=products>
- [23] http://www.bobcat.com/?locale=EU_de
- [24] <http://64.202.120.86/upload/image/articles/2007/darpa-urban-challenge-2007/unmanned-stryker-dod.jpg>
- [25] http://www.spacedaily.com/reports/DARPA_Awards_Oshkosh_Truck_Contract_To_Advance_Its_UGV_Technology_999.html
- [26] http://en.wikipedia.org/wiki/Improvised_explosive_device

⁴ Az internetes hivatkozások esetében a letöltések időpontja egységesen 2009. október 20.

- [27] GIBILISCO S.: Concise Encyclopedia of Robotics. McGraw-Hill 2003; Kucsera Péter fordítása az „Autonóm működésű szárazföldi robotok védelmi célú alkalmazása“ című doktori (PhD) értekezés tervezetéből
- [28] Molnár Zsolt: A terepi elektronikai eszközök beépített öntesztelésének lehetőségei. Hadmérnök, III. Évfolyam 4. szám - 2008. december, Kiadó: ZMNE; ISSN 1788-1919 http://hadmernok.hu/archivum/2008/4/2008_4_molnarzs.pdf
- [29] Lukáš Visingr: Projekt Ultra / Technologie závodních vozů na bojišti. ATM 2008/11, pp 34-35, Aeromedia Praha, ISSN 1802-4823