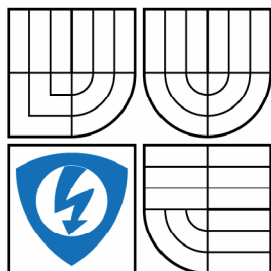


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

SERVISNÍ SW PRO SPRÁVU A NASTAVENÍ ZBRANÍ

MAINTENANCE AND SERVICE SW FOR WEAPON CALIBRATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

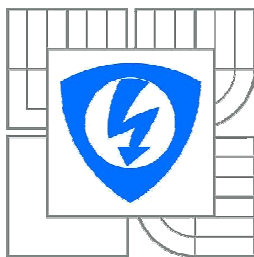
DENIS FEDOR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR PETYOVSKÝ

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Denis Fedor

ID: 152491

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Servisní SW pro správu a nastavení zbraní

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Úkolem studenta je navrhnout a implementovat servisní program pro správu a kalibraci zbraní.

- 1) Seznamte se s komponentami virtuálního zbraňového simulátoru pro výcvik armádních složek. Popište elektrickou stavbu samotného zařízení.
- 2) Vytipujte parametry zbraní, které je nutno sledovat a kalibrovat. Definujte meze těchto parametrů pro každý typ výcvikové zbraně.
- 3) Popište principy a vlastnosti přenosového protokolu jednotlivých výcvikových zbraní.
- 4) Navrhněte vizuální část programu pro každou zbraň – GUI pro alespoň 15 různých typů zbraní.
- 5) Navrhněte a implementujte servisní program pro správu a kalibraci zbraní.
- 6) Realizujte komunikaci servisního programu s mikroprocesorem zbraně přes USB rozhraní.
- 7) Vyhodnoťte výsledky testování v reálném provozu u zadavatele.
- 8) Zhodnoťte dosažené výsledky, uveďte výhody a nevýhody řešení a navrhněte možná vylepšení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] SHARP, John.: Microsoft Visual C# 2010, 1. vyd. Brno, Computer Press, 2010.
696 s. ISBN 978-80-251-3147-3
- [2] VIRIUS, Miroslav.: 1001 tipů a triků pro C++, 1. vyd. Brno, Computer Press, 2011.
450 s. ISBN 978-80-251-2941-8

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: Ing. Petr Petyovský

Konzultanti semestrální práce: Ing. Vladimír Hubík, Ph.D.

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
Předseda oborové rady

Abstrakt

Táto práca sa zaoberá virtuálnym zbraňovým simulátorom SAVIT pre výcvik ozbrojených zložiek. S využitím príkladu výcvikovej zbrane MP5 je opísaná elektrická stavba samotného zariadenia, nasledovaná popisom prenosového protokolu CANaerospace a USB. Práca obsahuje zoznam parametrov jednotlivých výcvikových zbraní, ktoré je vhodné sledovať v ich servisnom programe. Opisuje tiež grafické užívateľské rozhranie servisného programu a dôležité časti jeho implementácie. Táto práca nevynecháva opis realizácie komunikácie medzi servisným programom a výcvikovou zbraňou. V závere taktiež obsahuje opis testovania programu a zhodnotenie výsledkov tejto práce.

Kľúčové slová

Small Arms Virtual Indoor Trainer, SAVIT, virtuálny simulátor, zbraň, CANaerospace, USB, FTDI, GUI, C#, servisný program, grafické rozhranie

Abstract

This thesis deals with virtual weapon simulator SAVIT for armed forces training. Using the example of training weapon MP5 the electrical structure of the device itself is described, followed by the description of communication protocol CANaerospace and USB. The thesis contains the list of parameters of the individual training weapons which are eligible to view in their service program. It also describes graphical user interface of the service program and important parts of its implementation. This thesis does not omit description of the communication between service program and training weapon. In the end it also contains the description of program testing and evaluation of the results of this thesis.

Keywords

Small Arms Virtual Indoor Trainer, SAVIT, virtual simulator, weapon, CANaerospace, USB, FTDI, GUI, C#, service program, graphical interface

Bibliografická citácia

FEDOR, D. *Servisní SW pro správu a nastavení zbraní*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 71 s. Vedoucí semestrální práce byl Ing. Petr Petyovský.

Prehlásenie

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Servisní SW pro správu a nastavení zbraní“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Pod'akovanie

Chcel by som pod'akovať vedúcemu tejto semestrálnej práce, pánovi Ing. Petrovi Petyovskému za odborné vedenie, konzultácie i cenné rady a skúsenosti, ktoré mi pomohli pri spracovaní mojej práce. Taktiež ďakujem odbornému konzultantovi tejto práce, pánovi Ing. Vladimírovi Hubíkovi, Ph.D. za jeho trpezlivosť, odborné vedenie a vôbec možnosť podieľať sa na skutočnom projekte s praktickým využitím.

V Brne dňa

.....

(podpis autora)

Obsah

1	Úvod	8
2	Virtuálne zbraňové simulátory	9
2.1	Simulácia.....	9
2.2	Virtuálne simulátory, SAVIT	10
2.3	Stavba výcvikovej zbrane	14
3	Prenosový protokol.....	17
3.1	Univerzálna sériová zbernica USB	17
3.2	Komunikačný protokol CANaerospace	18
4	Sledované parametre zbraní	23
4.1	Povinné údaje každej zbrane.....	23
4.2	Údaje špecifické pre danú zbraň	24
5	Návrh vizuálnej časti programu.....	50
5.1	Porovnanie C++ a C#.....	50
5.2	Grafické užívateľské rozhranie	51
6	Implementácia Programu	55
6.1	USB prevodník FTDI.....	55
6.2	Servisná aplikácia.....	55
7	Realizácia komunikácie.....	58
7.1	Formát správy ADAM 4525	58
7.2	Program CanAerospaceServer	59
8	Testovanie	60
8.1	Zat'azovacia skúška	60
8.2	Zhodnotenie výsledkov	61
9	Záver.....	63

1 ÚVOD

Simulácia nachádza svoje využitie v mnohých priemyselných odvetviach ako aj vo vzdelávaní osôb. Cieľom tejto práce je preto opísať použitie simulácie k výcviku ozbrojených zložiek a následne oboznámiť s komponentmi virtuálneho simulátoru malých ručných zbraní SAVIT. Bude opísané virtuálne prostredie simulátoru a jeho zobrazenie, spôsob určovania zamiereného bodu, aj výcvikové zbrane samotné. V krátkosti bude popísaná elektrická stavba výcvikových zbraní i spôsob ich prepojenia s počítačom.

Zameria sa na popis prenosového protokolu CANaerospace pôvodne navrhnutého pre letectvo a používaného ku komunikácii mikroprocesoru týchto výcvikových zbraní s počítačom prostredníctvom rozhrania USB. Preto bude pri popise kladený dôraz nielen na zbernicu CAN a formát zasielaných správ definovaný v CANaerospace, ale rovnako i na zbernicu USB a jej možnosti.

Budú vytipované najdôležitejšie parametre jednotlivých výcvikových zbraní, ktoré je vhodné zobraziť a prípadne i nastavovať v rámci ich servisného programu. Taktiež budú zvolené vhodné vývojové nástroje k výslednej implementácii tohto servisného programu, pričom sa zachytia rozdiely medzi programovacími jazykmi C# a C++.

Zistené informácie budú použité k návrhu grafického užívateľského rozhrania servisného programu, teda vizuálnej časti programu špecifickej pre jednotlivé výcvikové zbrane.

Ďalej bude implementovaný samotný servisný program zahŕňajúci automatickú identifikáciu typu výcvikovej zbrane po jej pripojení k USB portu počítača, spracovanie údajov vyčítaných z tejto výcvikovej zbrane a prípadnú úpravu jej nastaviteľných parametrov.

Bude opísaná i realizácia komunikácie medzi servisným programom a výcvikovou zbraňou využívajúca voľne dostupné FTDI knižnice a program CanAerospaceServer.

Záver práce bude venovaný opisu testovania servisného programu v reálnej prevádzke, zhodnoteniu celkových výsledkov tejto práce a načrtnutiu možných vylepšení.

2 VIRTUÁLNE ZBRAŇOVÉ SIMULÁTORY

Obsah textu tejto kapitoly postupne prechádza od vysvetlenia samotných pojmov až ku konkrétnej stavbe zariadenia výcvikovej zbrane.

2.1 Simulácia

Simulácia je proces napodobňovania systémov reálneho sveta pomocou virtuálnych alebo taktiež reálnych modelov. Modely sú realizované tak, aby verne zachytili a napodobnili kľúčové charakteristiky reálnych systémov a rovnako aj ich správanie. K tomu využívajú rôznych zjednodušujúcich aproximácií a predpokladov, odhadujúcich správanie a výstupy daného systému, ktoré sú zaujímavé či potrebné pre ďalšie požadované využitie modelu.

Rozličné simulácie sa využívajú pri testovaní a optimalizácii rôznych výrobkov a technológií, tréningu osôb, pri vzdelávaní, v bezpečnostnom inžinierstve, pri vedeckých simuláciách prírodných systémov, v zdravotníctve, či zábavnom priemysle. Simulácia môže zachytávať ako bežné správanie a výstupy systémov alebo vonkajšie podmienky a priebehy, tak i situácie, ktoré v skutočnom svete nie sú až tak časté, overujúc rôzne krajné podmienky a extrémne stavy. Preto môžu byť simulácie využité i k výstižnému napodobňovaniu systémov, ktoré nie je možné dostatočne skúmať a testovať pre ich neprístupnosť alebo hroziace nebezpečenstvo, či systémov, ktoré v reálnom svete dokonca ani neexistujú.



Obr.1 – Drevený simulátor používaný počas prvej svetovej vojny [15]

Historicky sa simulácia v rôznych oblastiach použitia vyvíjala nezávisle. V 20. storočí sa však tento vývoj začal spájať vďaka štúdiu teórie systémov, kybernetiky a najmä šíriacemu sa pokroku v oblasti výpočtovej techniky. Avšak simulácia ako taká výpočtovú techniku využívať nemusí. Dobrým príkladom je fyzická simulácia simulujúca reálne objekty taktiež pomocou fyzických objektov, často menších, lacnejších alebo neobsahujúcich všetky súčasti simulovaného objektu. Naproti tomu interaktívna simulácia i napriek tomu, že je vlastne tiež simuláciou fyzickou, v dnešnej

dobe často výpočtovú techniku využíva, a to nielen pre obrovské rozšírenie možností simulácie, ale aj pre atraktivitu použitia počítačom simulovaného virtuálneho prostredia. Interaktivita simulácie však nezávisle od toho, s použitím výpočtovej techniky alebo nie, spočíva v zahrnutí človeka do simulácie ako operátora schopného ovplyvňovať jej priebeh. Iný charakter ako predchádzajúce druhy má simulácia prostredia a vonkajších podmienok, ktorá sa využíva pri hľadaní rôznych porúch a súčasne ich príčin.

Počítačová simulácia umožňuje modelovať reálne ako aj čisto hypotetické situácie a zmenou premenných tejto simulácie rýchlejšie sledovať zmeny správania modelovaného systému. Preto sa počítačová simulácia nevyužíva iba pri modelovaní fyzických, a teda hmotných systémov prírodných, či už vytvorených človekom, no nachádza využitie i v obore sociálnych štúdií a ekonómii. Nahrádza a dopĺňa teda matematické modelovanie najmä tam, kde je analytické riešenie nemožné alebo príliš zdĺhavé. Zaujímavým použitím počítačovej simulácie je simulovanie požadovaného typu počítača alebo podobného zariadenia pomocou počítača iného a takto použitý simulátor sa potom často označuje ako emulátor. Tieto emulátory sa využívajú pri spúšťaní programov vytvorených pre iné, napríklad pomalšie, zle dostupné alebo už zastarané typy zariadení.

Simulácia sa často využíva pri tréningu a vzdelávaní civilných osôb i ozbrojených zložiek. Nachádza svoje uplatnenie najmä ak je použitie reálneho zariadenia a prostredia príliš finančne nákladné alebo zdraviu nebezpečné. Tréning tak môže spočívať čisto v simulácii situácie pre cvičiaceho, s použitím reálnych systémov i prostredia. Môže spočívať vo využití virtuálneho prostredia, pričom cvičiaci je súčasťou simulácie a pracuje s reálnymi alebo taktiež simulovanými systémami. Simulácia však nemusí vôbec zahŕňať samotného cvičiaceho ako súčasť virtuálneho prostredia a takýto druh simulácie sa veľmi často využíva napríklad v počítačových hrách, alebo ich aspoň vo svojej podstate pripomína. Simulácie využívané vo vzdelávaní vôbec nemusia simulovať realistické systémy a prostredie, naopak bežne sa sústreďujú iba na špecifické úlohy a využívajú abstraktné alebo zjednodušené modely zahŕňajúce iba kľúčové vlastnosti modelovaných objektov a situácií. Cvičiacemu to umožňuje sústrediť sa iba na dôležité úlohy a uľahčuje mu to tak pochopenie hlavných aspektov danej problematiky.

2.2 Virtuálne simulátory, SAVIT

Virtuálne simulátory sa stávajú čoraz bežnejším tréningovým prostriedkom v civilnej i armádnej oblasti.

Zatiaľ čo v civilnej sfére sú často využívané dopravné simulátory, teda napríklad letecké simulátory pre začínajúcich pilotov, či automobilové simulátory v autoškolách, vojenská sféra obohacuje portfólio o simulátory i pre výcvik strelcov vo vozidle, predsunutých leteckých navádzačov, predsunutých pozorovateľov, veliteľov a taktiež simulátory ručných zbraní.

Od príslušníkov ozbrojených zložiek dneška sa očakáva zvládnutie malých ručných zbraní i komplexných zbraňových systémov. Navyše sa k nim pridávajú moderné pozorovacie a komunikačné zariadenia. Keďže akákoľvek neznalosť alebo pochybenie môže viesť ku katastrofálnym následkom, prikladá sa veľký dôraz na realistický tréning s okamžitou odozvou a učenie pomocou vlastných skúseností. Výhodnou cenovo i časovo efektívnou alternatívou je tréning vnútri budov využívajúci simulátory vojenských zariadení s použitím ich verných replík.

Simulátory malých ručných zbraní, skrátene SAVIT (Small Arms Virtual Indoor Trainer), ponúkajú široké možnosti od získavania individuálnych zručností a návykov až po taktický výcvik. Umožňujú efektívny a bezpečný tréning streľby bez spotreby munície. Veľmi presný systém zameriavania a vyhodnocovania poskytuje tréningovú hodnotu, ktorú nemožno dosiahnuť žiadnym iným spôsobom. Výcvikové zbrane sú vyrobené ako bezdrôtové verné repliky so všetkými funkciami reálnej zbrane vrátane spätného rázu. K dispozícii je možnosť využitia širokého spektra zbraní k vytvoreniu takýchto replík, teda nielen pištolí a samopalov, ale tiež pušiek pre ostreľovačov, guľometov alebo protitankových striel. Simulátory malých ručných zbraní využívajú štandardne plochú projekčnú stenu a presný laserový zameriavací systém. Voľným okom neviditeľný laser, ktorý nie je nebezpečný pre zrak cvičiacich, je integrovaný priamo v replikách zbraní spolu so snímačom zrýchlenia a pozícia, na ktorú mieri, je určovaná v reálnom čase pomocou kamery s vysokým rozlíšením.

Unifikovaný koncept architektúry simulátorov navyše umožňuje efektívne prepojenie rôznorodých systémov do integrovaného výcvikového prostredia s umocneným výcvikovým efektom.



Obr.2 – Ukážka použitia Simulátoru malých ručných zbraní SAVIT [9]

Pre požadovaný tréningový efekt zohráva kľúčovú úlohu vizuálna interpretácia virtuálnej reality pomocou realistických trojrozmerných pohyblivých modelov, simulácie ich rovnako realistickej fyziky, poveternostných podmienok, zmien počasia, bojových podmienok, explózií, tieňov, nočných podmienok, časových zmien osvetlenia atď. K tomuto účelu sa pri projekcii tréningového prostredia na výcvik s použitím simulátorov malých ručných zbraní použil Image Generator od firmy Saab založený na

OpenSceneGraph – verejne dostupná sada nástrojov 3D grafiky využívaná v oblasti vizuálnej simulácie, využívajúca C++ a OpenGL. OpenGL je viacplatformové rozhranie pre programovanie aplikácií (API) k akcelerovaným grafickým kartám. Celá projekcia je počas výcviku kontrolovaná a nastavovaná z operátorskej stanice. Samozrejme nemožno opomenúť ani zvukové systémy, ktoré sa taktiež podieľajú na realistickom pociťe počas celého tréningu.

Vďaka presnému vyhodnocovaniu zamiereného bodu môže byť tréning zameraný na základný strelecký výcvik zahŕňajúci správne držanie zbrane a strelbu na stacionárne alebo pohyblivé ciele. Virtuálne prostredie pritom dokáže simulovať rôzne poveternostné podmienky v zvolenej dennej dobe.

Skupiny cvičiacich vybavených rôznymi typmi simulátorov zbraní sa môžu nezávisle pohybovať vo virtuálnom prostredí a spolupracovať s inými skupinami pri plnení zadaných úloh, čím je umožnený taktický výcvik.

Modulárny projekčný systém je možné upravovať a rozširovať o ďalšie tréningové pozície, či integrovať prístroje nočného videnia. Základná projekčná plocha je široká 2,5 metra a vysoká 1,9 metrov. Jej rozmer je však možné upraviť a taktiež použiť namiesto plochej projekčnej steny, cylindrickú alebo sférickú projekciu s automatickou úpravou geometrie, hrán i farieb.

Pomocou vysokorýchlostných sledovacích kamier s vysokým rozlíšením a schopnosťou určiť na projekčnej ploche bod zamierený infračerveným laserom zo zbraňových simulátorov, systém vyhodnocuje možný zásah alebo minutie a presnosť mierenia. Laser je neviditeľný pre voľné oko a bezpečný za všetkých podmienok normálneho použitia i pri použití štandardnej zväčšovacej optiky. Presnosť vyhodnocovania zamiereného bodu je štandardne 0,18 miliradiánov, pri tréningu ostreľovačov sa však využíva až presnosti 0,07 miliradiánov. Sledovacia frekvencia sa pritom pohybuje od minimálnych 25 Hertzov do 100 Hertzov. V jednej simulácii je zároveň možné sledovať najviac 24 zbraní naraz.



Obr.3 – Ukážka simulovaného virtuálneho prostredia [10]

Databáza virtuálnych prostredí obsahuje širokú škálu dynamických terénov, ako napríklad púšť, džungľu, more, mesto alebo hory, ďalej rôzne nastaviteľné možnosti rozmiestnenia i tvaru infraštruktúry a dynamických modelov reagujúcich realisticky na

zásahy rôznymi typmi munície. Virtuálne prostredie pritom zahŕňa i simuláciu ročného obdobia, nebeských telies, či dennej doby.

Tréningové zbrane sú upravenými originálmi alebo vernými replikami s odpovedajúcou hmotnosťou a rozmermi. Sú však zaručene bezpečné, keďže samotná strelba je iba súčasťou simulácie. V jednej simulácii môžu byť zároveň použité všetky typy tréningových zbraní od pištolí a ručných granátov, cez útočné pušky a pušky pre ostreľovačov, ľahké i ťažké guľomety, až po mínomety, granátomety, raketomety atď. Spätný ráz zabezpečený pneumatickým systémom využívajúcim zásobníkov so stlačeným vzduchom alebo oxidom uhličitým, verne simuluje skutočnú zbraň, čo zaisťuje realistický pocit. Tomu napomáha tiež simulácia možných porúch, zaseknutia munície, vychýlenia zamierenej pozície a pod. Tréningové zbrane sú taktiež vybavené snímačmi zrýchlenia, ktoré slúžia k monitorovaniu aktuálneho stavu zbrane, kalkulácii presnej balistiky ovplyvnenej simulovanými poveternostnými podmienkami i uhlom prevýšenia, správneho držania a postupu. U tréningových zbraní je tiež možné nastavovať tlak kohútika alebo meniť nastavenie hľadáča. Podobne aj natáhovanie, nabíjanie i uhol prevýšenia sú rovnako nastaviteľné. Dôležitá je i možnosť nastavenia rýchlosti strelby a prepínania medzi rôznymi režimami strelby. Wi-fi integrované priamo vnútri výcvikovej zbrane umožňuje bezdrôtovú komunikáciu s kontrolným počítačom.

Stanica inštruktora umožňuje kontrolu nad prebiehajúcim cvičením prostredníctvom programu „Scenario editor“, ktorý využíva grafické rozhranie na báze operačného systému Microsoft Windows. Inštruktor pomocou neho vyberá scenár, prostredie, rozmiestnenie jednotiek trénujúcich ako i počítačom generovaných jednotiek nepriateľov a civilistov, riadených umelou inteligenciou systému vo virtuálnom prostredí. Rovnako i počas prebiehajúceho cvičenia vybraného scenára môže inštruktor zasahovať do virtuálneho prostredia a meniť podmienky, či pridávať jednotky v reálnom čase. Celkový priebeh cvičenia môže inštruktor sledovať i na virtuálnej mape, program kontrolnej stanice tiež monitoruje stavy výcvikových zbraní a mierenie, čo dáva inštruktorovi väčší prehľad o jednotlivých cvičiacich. K tomu mu napomáhajú aj ďalšie poloautomatizované funkcie riadenia simulovaného tréningu. Tento program umožňuje i funkciu opätovanej strelby, či simuláciu niektorých zariadení, ako sú ďalekohľady, prístroje GPS, rádiá a vysielačky, prístroje na nočné a termálne videnie. Celý priebeh simulácie sa zaznamenáva a tak môže byť znova prehrávaný a vyhodnocovaný. Systém zároveň indikuje chyby, automaticky vyhodnocuje výstrely a poskytuje štatistiku úspešnosti zásahov.

2.3 Stavba výcvikovej zbrane

Elektronické súčasti, o ktoré je obohatená samotná replika zbrane je možné opísať napríklad na príklade výcvikovej zbrane typu MP5.



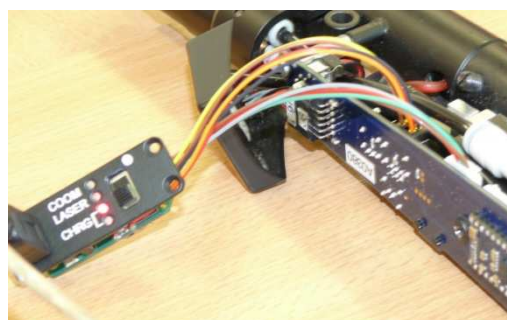
Obr.4 – Výcviková zbraň MP5

Základné funkčné časti výcvikovej zbrane MP5:

- Base board + mcu module, power module, tracking led
 - hlavná DPS spájajúca a ovládajúca ostatné časti výcvikovej zbrane pomocou mikroprocesorov (používajú sa rôzne typy mikroprocesorov, v niektorých prípadoch i viac súčasne).
- Li-ION battery pack
 - lítium-iónové nabíjateľné batérie s veľkou hustotou energie nabíjané pomocou USB charger modulu, ktoré slúžia k napájaniu všetkých elektronických častí zakomponovaných do výcvikovej zbrane.
- Pneumatic piston ventil
 - ovládanie ventilu pneumatickej časti výcvikovej zbrane zabezpečujúce realistický spätný ráz pri výstrele so zohľadnením použitej munície a typu streľby (automatická, poloautomatická, jednotlivé výstrely).
- Trigger board
 - obsahuje ovládanie i snímanie polohy spúšte a spracovanie tohto signálu symbolizujúceho polohu spúšte napríklad pomocou analógovo-digitálneho prevodníku (8-bitového) na hodnotu 0 až 255, ktorá sa ďalej prepočítava na percentuálnu hodnotu stlačenia spúšte. Okrem toho môže spracovávať i výstupy z iných snímačov (kohútika, závary, bezpečnostnej poistky, ...).

- Wifi module
 - zabezpečuje bezdrôtovú komunikáciu výcvikovej zbrane s kontrolným počítačom stanice inštruktora.
- USB charger module
 - modul zabezpečujúci pripojenie výcvikovej zbrane k počítaču pomocou USB zbernice kvôli možnosti nastavenia zbrane pri výrobe, zobrazenia s použitím servisného programu alebo nabíjania Li-ION batérií výcvikovej zbrane. Okrem USB konektoru a FTDI prevodníku (ten môže byť umiestnený i v inej časti výcvikovej zbrane podľa typu a verzie zbrane) však obsahuje i prepínač normálneho alebo servisného režimu a tiež signalizáciu pomocou štyroch LED diód rôznych farieb, v poradí zvrchu modrá, žltá, červená a zelená (viz Obr.5). Modrá LED dióda signalizuje stav bezdrôtovej komunikácie. Žltá LED dióda indikuje zapnutie laserovej diódy. Po prepnutí do servisného režimu začnú obe modrá i žltá LED dióda striedavo blikať. Po pripojení USB potom signalizuje červená LED dióda nabíjanie batérií a zelená LED dióda stav plne nabitých batérií.
- Link board
 - realizuje prepojenie medzi jednotlivými DPS a snímačmi, ktoré sú rôzne rozmiestnené v rámci výcvikovej zbrane. Využívajú sa rôzne snímače, najčastejšie na princípe Hallových sond, ďalej inklinometre, akcelerometre, rozličné prepínače alebo potenciometre, ktorých výstupné signály je nutné upravovať a to napríklad za pomoci analógovo-digitálnych prevodníkov (hlavne 10-bitových s rozsahom 0 až 1024 alebo taktiež 12-bitových s rozsahom 0 až 4096).
- Laser board
 - DPS obsahujúca ovládanie infračervenej laserovej diódy, používanej k určeniu zamiereného bodu.
- Navi module
 - spracovanie signálov z joysticku (malého ručného pákového ovládania) umiestneného na niektorých typoch výcvikových zbraní, ktorý nachádza svoje využitie pri komunikácii s kontrolným počítačom inštruktorskej stanice

Každá výcviková zbraň pritom obsahuje viacero komplikovaných elektrických obvodov umiestnených na doskách plošných spojov, ktoré sú neustále upravované a vylepšované.



Obr.5 – Pripojenie USB charger modulu k Base board

Base board DPS ďalej obsahuje funkčné časti:

- Mcu module – obvod mikroprocesoru
- Power module – obvod napájania
- navi module – obvod joysticku
- wifi module – obvod bezdrôtovej komunikácie
- ventil conn – pripojenie ovládania pneumatickej časti výcvikovej zbrane
- charger conn – pripojenie DPS Charger modulu
- trigger conn – pripojenie DPS Trigger boardu
- battery conn – pripojenie Li-ION batérií
- laser conn – pripojenie DPS Laser boardu
- tracking led – obvod sledovacej LED
- magazine – pripojenie DPS zásobníka
- bullet rgb – vyhodnotenie munície

Trigger board DPS ďalej obsahuje funkčné časti:

- Hammer sensors – snímače polohy kohútika
- bolt sensors – snímače polohy závory
- trigger sensor + adc – snímač polohy spúšte a analógovo-digitálne prevodníky
- connector – prepojenie ostatných častí
- i2c i/o – expandery spracúvajúce signály na vstupe sériovej zbernice I²C
- safety switch sensors – snímače polohy bezpečnostnej poistky

V skratke by sa dalo povedať, že simulátor SAVIT je založený na vernej reprodukcii vlastností skutočných zbraní pomocou pneumatického spätného rázu, presného určovania zamiereného bodu laserovou diódou a vysokorýchlostnou kamerou i prepracovanom virtuálnom prostredí. Výcvikové zbrane sú preto obohatené o elektrické obvody umožňujúce ich prepojenie s počítačom a zabezpečenie týchto vlastností.

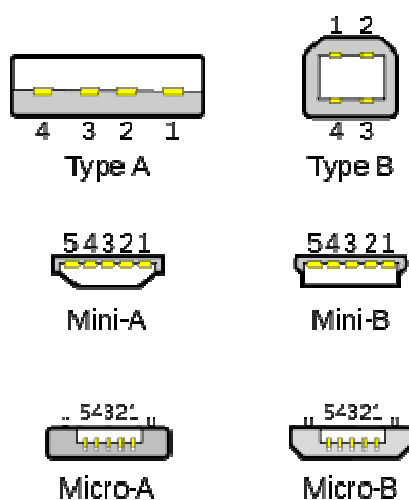
3 PRENOSOVÝ PROTOKOL

Prenosový protokol výcvikových zbraní možno opísať ako konvenciu alebo štandard, podľa ktorého prebieha komunikácia servisného programu v počítači s mikroprocesorom zbraňového simulátoru prostredníctvom rozhrania USB. K prenosu dát po zbernici USB následne využívajú simulátory malých ručných zbraní modifikovaný protokol CANaerospace.

3.1 Univerzálna sériová zbernica USB

USB (Universal Serial Bus) je univerzálna sériová zbernica, slúžiaca k pripojeniu periférií k počítaču – tlačiarne, myši, klávesnice, joysticky, fotoaparáty, modemy, videokamery, flashdisky, čítačky pamäťových kariet, MP3 prehrávače, externé pevné disky, externé optické mechaniky atd. Jej výhodou je schopnosť využitia takzvanej funkcie „Plug & Play“, teda možnosť pripojenia periférií bez nutnosti reštartovania počítača alebo potreby inštalácie ovládačov. Má tiež väčšiu prenosovú rýchlosť i väčší rozsah použiteľnej frekvencie prenášaného signálu ako sériový port RS-232. Na USB je možné pripojiť súčasne až 127 zariadení. Garantovaná maximálna dĺžka kábla medzi susednými zariadeniami je 5 metrov, u dlhšieho nemusí správne fungovať prenos dát. Kábel je tienení hliníkovou fóliou a skladá sa z krúteného páru dátových vodičov (DATA+ a DATA-), jedného vodiča pre napájanie +5 V (VCC) a jedného pre uzemnenie (GND). Pripojenie pomocou USB teda poskytuje i jednosmerné napájacie napätie +5 V s možnosťou odoberať po zbernici prúd až 100 mA. V prípade potreby môže zariadenie požiadať o väčší prúd, maximálne však 500 mA. Preto práve toto napájacie napätie je taktiež využívané pri nabíjaní batérií zbraňových simulátorov.

Využívajú sa rôzne typy konektorov:



Obr.6 – Typy USB konektorov [14]

K pripojeniu výcvikových zbraní k počítaču je využívaný najmä kábel s koncovkami Type A na strane počítača a Type B na strane zbraňového simulátora pre lepšiu kompaktnosť.

USB je zbernica len s jedným zariadením typu Master, čiže všetky aktivity vychádzajú zo strany počítača, ktorý môže požadovať dáta od zariadenia, no to naopak nemôže samovoľne vysielat'. Prenos dát sa uskutočňuje v rámci trvajúcich jednu milisekundu, vnútri tela ktorého sa môžu vyskytovať rôzne bloky dát (pomalé i rýchle pakety) o dĺžke 8 bajtov alebo 256 bajtov. Existuje už niekoľko verzií tejto zbernice. Verzia USB 1.1 poskytujúcou prenosovú rýchlosť pre pomalé zariadenia 1,5 Mbit/s (187,5 kB/s) a rýchle zariadenia 12 Mbit/s (1,5 MB/s). Verzia USB 2.0 zachovala spätnú kompatibilitu s verziou USB 1.1 v oboch režimoch rýchlosti a priniesla maximálnu prenosovú rýchlosť 480 Mbit/s (60MB/s) pre rýchle zariadenia. Verzia USB 3.0 opäť spätne podporuje verziu USB 2.0, no disponuje prenosovou rýchlosťou až 5 Gbit/s (625 MB/s) a využíva 9 vodičov namiesto pôvodných 4, čo umožňuje spätnú kompatibilitu s USB 2.0 a zároveň i rýchlejšiu, obojsmernú komunikáciu prebiehajúcu súčasne. Najnovšia verzia USB 3.1 prichádza s úplne novým typom konektoru typu C, ktorý je možné pripojiť oboma smermi a prenosovou rýchlosťou 10 Gbit/s (1250 MB/s).

3.2 Komunikačný protokol CANaerospace

K prenosu dát po zbernici USB využívajú simulátory malých ručných zbraní modifikovaný protokol CANaerospace. Protokol CANaerospace bol navrhnutý na veľmi spoľahlivú komunikáciu systémov využívajúcich mikropočítače v aplikáciách v letectve po zbernici CAN. CAN(Contoller Area Network) je sériová zbernica navrhnutá na komunikáciu mikrokontrolérov medzi sebou bez hostiteľského počítača, pôvodne navrhnutá k použitiu v automobilovom priemysle, dnes je rozšírená do ďalších odvetví, ako letectvo, námorníctvo, využíva sa v železničných lokomotívach, v priemyselnej automatizácii alebo zdravotníckej technike. Zbernica CAN bola vyvinutá nemeckou firmou Robert Bosch v roku 1983. Tento protokol bol však oficiálne vydaný až v roku 1986 a v roku 1993 bol CAN štandardizovaný organizáciou ISO. Vývoj CAN ale pokračoval i naďalej, firmou Bosch boli publikované viaceré verzie, ako CAN 2.0 v roku 1991 alebo CAN FD 1.0 (Flexible Data-Rate) v roku 2012.

Účelom definície formátu dát CANaerospace je vytvorenie štandardu pre aplikácie, ktoré vyžadujú efektívne monitorovanie toku dát a ľahkú synchronizáciu času medzi súčasťami systému. Táto definícia je verejne dostupná, aby umožnila realizáciu rôznych užívateľom definovaných typov správ a protokolov. Na jej využitie ani distribúciu sa teda nevzťahujú žiadne autorské práva a rovnako k tomu nie sú potrebné žiadne licencie. Je zároveň použiteľná pre akúkoľvek prenosovú rýchlosť zbernice.

Oproti klasickej definícii CAN protokolu sa líši viacerými pridanými prvkami. Na rozdiel od CAN má v CANaerospace každý uzol v sieti rovnaké práva ku komunikácii po zbernici. Zasielané dáta môžu byť pritom v ktoromkoľvek uzle jednoznačne rozpoznané vďaka zapuzdreniu informácií o type správy a vysielajúcom uzle priamo

v správe samotnej. Správy sú pritom inkrementálne číslované, čo umožňuje lepšiu synchronizáciu času. Tieto správy taktiež obsahujú informáciu o kvalite dát, ktoré obsahujú, čo umožní uzlom, ktoré ich prijímajú možnosť adekvátnej reakcie. Každý uzol môže taktiež vysielat' informácie o výnimkách a chybových stavoch, čo zasa umožňuje iným uzlom vyhodnotiť celistvosť siete. Taktiež je týmto protokolom preddefinovaný zoznam CAN ID, ktorý je však možné ľubovoľne upravovať. Najväčšou výhodou CANaerospace je však jeho voľná dostupnosť a flexibilita v možnostiach úprav a rozširovania samotného protokolu.

CANaerospace definuje 6 základných typov správ používaných k rôznym sieťovým operáciám. Každý typ správy má pritom pridelený rozsah CAN-ID definujúci prioritu danej správy.

Tab.1 – Typy správ definovaných v CANaerospace

Typ správy	Rozsah CAN-ID	Popis
Dáta poruchovej udalosti (EED)	0 - 127	Vysielané asynchrónne kedykoľvek sa objaví situácia vyžadujúca okamžitú reakciu.
Dáta pre obsluhu uzlu s vysokou prioritou (NSH)	128 - 199	Vysielané asynchrónne alebo cyklicky s definovanými vysielacími intervalmi pre prevádzkové príkazy.
Užívateľom definované dáta s vysokou prioritou (UDH)	200 - 299	Užívateľom definovaný formát správy/dát a vysielacie intervaly.
Normálne prevádzkové dáta (NOD)	300 - 1799	Vysielané asynchrónne alebo cyklicky s definovanými vysielacími intervalmi pre prevádzkové a stavové dáta.
Užívateľom definované dáta s nízkou prioritou (UDL)	1800 - 1899	Užívateľom definovaný formát správy/dát a vysielacie intervaly.
Dáta ladiacej služby „debug“ (DSD)	1900 - 1999	Vysielané asynchrónne alebo cyklicky pre ladiacu („debug“) komunikáciu a akcie sťahovania programu.
Dáta pre obsluhu uzlu s nízkou prioritou (NSL)	2000 - 2031	Vysielané asynchrónne alebo cyklicky pre akcie testovania a údržby.

Taktiež sú v CANaerospace definované najčastejšie používané dátové typy a navyše i kombinované dátové typy z nich zložené, ktoré sa zasielajú v jednej správe. Je tiež možné pridať ďalšie vlastné dátové typy. V rámci správy sa k určeniu, o ktorý dátový typ sa jedná, používa číslo typu.

Tab.2 – Základné dátové typy definované v CANaerospace

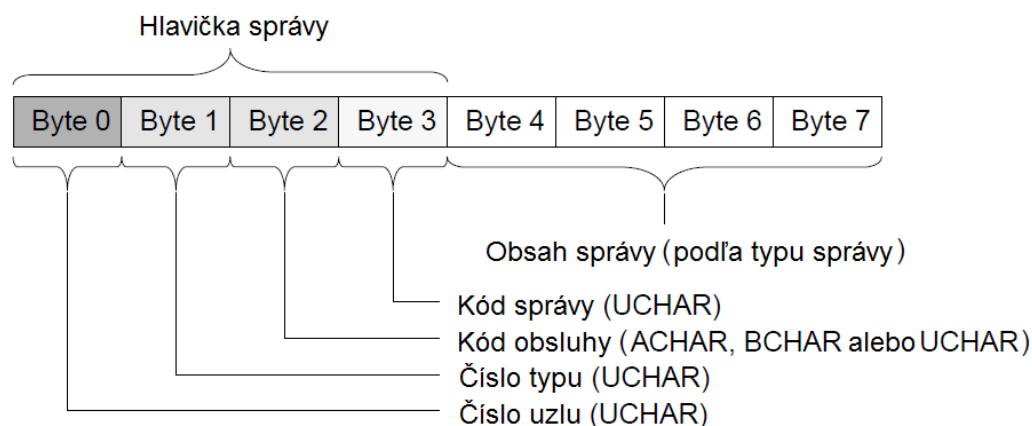
Dátový typ	Rozsah	Bity	Popis	Číslo typu
NODATA	-	0	Žiadne dáta	0
ERROR	-	32	Dátový typ poruchovej udalosti	1
FLOAT	1 b – znamienko 23 b – mantisa 8 b – exponent	32	32 bitové číslo s plávajúcou desatinnou čiarkou	2
LONG	-2147483647 až +2147483648	32	Celé číslo v druhom doplnku	3
ULONG	0 až 4294967295	32	Celé číslo bez znamienka	4
BLONG	-	32	Každý bit definuje diskretný stav – 4 B dát v správe	5
SHORT	-32768 až +32767	16	Krátke celé číslo v druhom doplnku	6
USHORT	0 až 65535	16	Krátke celé číslo bez znamienka	7
BSHORT	-	16	Každý bit definuje diskretný stav – 2 B dát v správe	8
CHAR	-128 až +127	8	Znakové celé číslo v druhom doplnku	9
UCHAR	0 až 255	8	Znakové celé číslo bez znamienka	10
BCHAR	-	8	Každý bit definuje diskretný stav – 1 B dát v správe	11

Všetky správy v CANaerospace pozostávajú zo 4 bytov pre hlavičku, slúžiacich k identifikácii, a ďalší 1 až 4 byty pre dáta. 4 byty hlavičky slúžia k identifikácii uzla, dátového typu, kódu obsluhy a kódu správy. Počet a dátový typ zvyšných bytov je už definovaný užívateľom. Pritom sú správy kódované podľa definície „Big Endian“, ktorú využíva napríklad Motorola 68000, SPARC, System/370, PowerPC alebo MIPS. Najvýznamnejší byte sa teda uloží na pamäťové miesto s najnižšou adresou, za ním sa ukladajú ostatné byty až po najmenej významný byte.

Tab.3 – Kombinované dátové typy definované v CANaerospace

Dátový typ	Rozsah	Bity	Popis	Číslo typu
SHORT2	-32768 až +32767	2 x 16	2-krát SHORT	12
USHORT2	0 až 65535	2 x 16	2-krát USHORT	13
BSHORT2	-	2 x 16	2-krát BSHORT	14
CHAR4	-128 až +127	4 x 8	4-krát CHAR	15
UCHAR4	0 až 255	4 x 8	4-krát UCHAR	16
BCHAR4	-	4 x 8	4-krát BCHAR	17
CHAR2	-128 až +127	2 x 8	2-krát CHAR	18
UCHAR2	0 až 255	2 x 8	2-krát UCHAR	1
BCHAR2	-	2 x 8	2-krát BCHAR	20
MEMID	0 až 4294967295	32	Pamäťové ID na sťahovanie a nahrávanie	21
CHKSUM	0 až 4294967295	32	Kontrolný súčet na sťahovanie a nahrávanie	22
ACHAR	0 až 255	8	ASCII znak	23
ACHAR2	0 až 255	2 x 8	2-krát ASCII znak	24
ACHAR4	0 až 255	4 x 8	4-krát ASCII znak	25
CHAR3	-128 až +127	3 x 8	3-krát CHAR	26
UCHAR3	0 až 255	3 x 8	3-krát UCHAR	27
BCHAR3	-	3 x 8	3-krát BCHAR	28
ACHAR3	0 až 255	3 x 8	3-krát ASCII znak	29
DOUBLEH	1 b – znamienko 52 b – mantisa 11 b – exponent	32	Horných (najvýznamnejších) 32 bitov 64 bitového čísla s plávajúcou desatinnou čiarkou	30
DOUBLEL	1 b – znamienko 52 b – mantisa 11 b – exponent	32	Dolných (najmenej významných) 32 bitov 64 bitového čísla s plávajúcou desatinnou čiarkou	31
RESVD	-	-	Rezervované pre budúce využitie	32-99
UDEF	-	-	Užívateľom definované dátové typy	100-255

Kódovanie správ v CANaerospace je znázornené na nasledujúcom obrázku:



Obr.7 – Kódovanie správ v CANaerospace [3]

Číslo uzlu je v rozsahu 0 až 255, pričom 0 značí vysielanie všetkým uzlom. U normálnej prevádzkovej správy (NOD) a správy poruchovej udalosti (EED) toto číslo identifikuje vysielajúcu stanicu, zatiaľ čo u správy pre obsluhu uzlu (NSH a NSL) identifikuje adresovanú stanicu.

Číslo typu určuje kódovanie dát prenášaných danou správou (viz Tab.2 a Tab.3).

Kód obsluhy u normálnej prevádzkovej správy (NOD) pozostáva z 8 voľných bitov pre špecifické dáta, prípadne nastavených na nulu. U správy pre obsluhu uzlu (NSH a NSL) obsahuje kód danej operácie.

Kód správy sa u normálnej prevádzkovej správy (NOD) zvyšuje o 1 s každou ďalšou správou v rozsahu 0 až 255 (po prekročení 255 začína počítadlo znova od 0) a môže tak byť využitý k monitorovaniu prichádzajúcich správ. U správy pre obsluhu uzlu (NSH a NSL) sa však kód správy využíva k ďalšej špecifikácii danej operácie.

Samotný obsah správy pozostáva u správy poruchovej udalosti (EED) z kódu poruchy (2 byty), poruchovej operácie a adresy, kde porucha nastala. U normálnej prevádzkovej správy (NOD), správy pre obsluhu uzlu (NSH a NSL), správy ladiacej služby (DSD) i užívateľom definovanej správy (UDL a UDH) je obsah správy, ako aj jej dĺžka, variabilný a záleží na zasielaných dátových typoch.

Napriek tomu, že môže byť zaužívané použitie určitých typov konektorov alebo vodičov, protokol CAN definuje iba elektrické požiadavky na fyzickú vrstvu modelu ISO/OSI, ako je požadované napätie, prúd alebo počet vodičov. CANaerospace oproti tomu odporúča použitie AWG 22 aerospace štandardného tieneneho krúteného páru (STP) alebo štvorice (STQ) a definuje niekoľko typov konektorov (MIL-24308/8, MIL-C-26482, MIL-C-38999, MIL-C-38999).

V konečnom dôsledku sa však k pripojeniu výcvikových zbraní k počítaču namiesto fyzickej vrstvy definovanej v CANaerospace používa zbernica USB a konektor typu B. Z prenosového protokolu CANaerospace vyvinutého firmou Stock Flight Systems sú využité najmä vyššie vrstvy zahŕňajúce formát správ, či definované dátové typy.

4 SLEDOVANÉ PARAMETRE ZBRANÍ

U všetkých výcvikových zbraní možno nájsť niekoľko parametrov, ktoré je vhodné zobrazovať, prípadne i nastavovať, pomocou servisného programu. Každá výcviková zbraň obsahuje okrem cyklicky vysielaných stavov a nastaviteľných parametrov i svoj zoznam registrov (viz Tab.4). Tieto registre majú vždy rovnaké číslo a ich podstatou je ukladanie výrobných informácií o zbrani.

4.1 Povinné údaje každej zbrane

Tieto údaje sú povinné u každej výcvikovej zbrane, avšak sú určené iba k čítaniu a nie je ich možné servisnou aplikáciou nijak pozmeniť, pretože zachytávajú presné a stručné informácie o výcvikovej zbrani:

- Device type - typ zbrane (MP5, AK103, G3, ...)
- Serial number – sériové výrobné číslo zbrane (štvormiestne)
- Weapon version – verzia zbrane (môže sa líšiť pažbou, iným vzhľadom, ...)
- Production year – rok výroby zbrane (štvormiestny)
- Base address – adresa pre rádiovú komunikáciu so Screen-trackingom (#1 - #63)
- HW version – verzia použitého HW v zbrani (v tvare 1.0, 2.0, 2.1, ...)
- SW version – verzia použitého SW v zbrani (v tvare 1.0, 2.0, 2.1, ...)
- Total shots – celkový počet výstrelův zbrane
- Number of power-on – celkový počet zapnutí zbrane a prihlásení do systému

Device type:	MP5	HW version:	1.0
Serial number:	0001	SW version:	1.0
Base address:	#1	Total shots:	932 752

Obr.8 – Príklad zobrazenia povinných údajov každej zbrane v servisnej aplikácii

Čísla registrov povinných údajov sa nachádzajú v nasledujúcej tabuľke. Ich čítanie sa uskutočňuje pomocou služby RCRS na protokole CANaerospace, verziu použitého HW a SW možno zase získať vyčítaním služby IDS.

Tab.4 – Čísla registrov povinných údajov výcvikových zbraní

Názov registru	Číslo	Typ registru	Popis
REG_NODE_NAME	0	AS_ACHAR_4	Typ zbrane
REG_NODE_SERIAL	1	AS_ACHAR_4	Sériové výrobné číslo
REG_BASE_ADDRESS	2	AS_UCHAR	Adresa pre ScreenTracking
REG_WEAPON_PRODUCT_YEAR	3	AS_USHORT	Rok výroby
REG_WEAPON_VERSION	4	AS_ACHAR_4	Verzia zbrane
REG_GLOBAL_NUM_OF_SHOT	40	AS_ULONG	Počet výstrelů
REG_NUM_OF_POWERON	254	AS_ULONG	Počet zapnutí zbrane

4.2 Údaje špecifické pre danú zbraň

Každá výcviková zbraň obsahuje iné, i keď často na prvý pohľad veľmi podobné, údaje o aktuálnom stave a tiež nastaviteľné parametre, ktoré je už servisnou aplikáciou možné upravovať podľa individuálnej potreby. Keďže sú tieto údaje o aktuálnom stave výcvikovej zbrane i jej nastaviteľné parametre špecifické pre každý typ výcvikovej zbrane, sú zobrazené v prehľadných tabuľkách odpovedajúcich vždy danej výcvikovej zbrani.

4.2.1 Výcviková zbraň MP5

MP5 je veľmi kompaktný samopal vyrábaný nemeckou firmou Heckler & Koch, no používaný špeciálnymi jednotkami po celom svete.



Obr.9 – Výcviková zbraň MP5

Tab.5 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane MP5

CAN_ID	Dátový typ	Názov údaj	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1502	AS_SHORT_2	MagazineID BatteryVoltage	identifikácia zásobníka napätie batérie
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus FastHallSensor	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy stav rýchleho senzoru
1504	AS_USHORT_2	Trigger_1a Trigger_1b	RAW údaj zo sondy spúšte RAW údaj zo sondy spúšte

Tab.6 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane MP5

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	AUTO	SINGLE	SAFE	Hammer Front	Hammer Back	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Sens MIN value, Sens MAX Value, Hall sensor Max, Half of Range, Peak Filter) ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt Front, Bolt Back, Hammer Front, Hammer Back, Bolt Fast Sensor, Magazine Attached, SAFE, SEMI, AUTO ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button

4.2.2 Výcviková zbraň G3

G3 je útočná puška rovnako vyvinutá nemeckými konštruktérmi firmy Heckler & Koch.



Obr.10 – Výcviková zbraň G3

Tab.7 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane G3

CAN_ID	Dátový typ	Názov údaj	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	MagazineID BatteryVoltage	identifikácia zásobníka napätie batérie
1502	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus FastHallSensor	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy stav rýchleho senzoru
1504	AS_USHORT_2	Trigger_1a Trigger_1b	RAW údaj zo sondy spúšte RAW údaj zo sondy spúšte
1505	AS_UCHAR	RearSight n.a. n.a. n.a.	zadné mieridlo n.a. n.a. n.a.

Tab.8 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane G3

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	AUTO	SINGLE	SAFE	Hammer Front	Hammer Back	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Sensor 1a LOW, Sensor 1a HIGH, Sensor 1b LOW, Sensor 1b HIGH) použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt Front, Bolt Back, Hammer Front, Bolt Fast Sensor, Magazine Attached, Hammer Back, SAFE, SEMI, AUTO ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button

4.2.3 Výcviková zbraň AK103

AK103 je pokročilejšia verzia známej ruskej útočnej pušky AK-47, ktorú skonštruoval Michail Kalašnikov, odlahčená použitím plastových častí. Jej výrobcom je firma Ižmaš.

Tab.9 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane AK103

CAN_ID	Dátový typ	Názov údaj	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Battery BatteryVoltage	RAW údaj z batérie napätie batérie
1502	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus FastHallSensor	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy stav rýchleho senzoru
1503	AS_USHORT_2	Trigger_1c Trigger_1b	RAW údaj zo sondy spúšte RAW údaj zo sondy spúšte
1504	AS_USHORT_2	MagazineID Accelerometer_Z	identifikácia zásobníka os Z akcelerometru
1505	AS_USHORT_2	RearSightResult RearSightResult	zadné mieridlo zadné mieridlo
1506	AS_USHORT_2	RearSight_1a RearSight_1b	RAW údaj zo sondy mieridla RAW údaj zo sondy mieridla
1507	AS_UCHAR_4	FlagStatus FastHallSensor n.a. n.a.	bitové stavy stav rýchleho senzoru n.a. n.a.



Obr.11 – Výcviková zbraň AK103

Tab.10 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane AK103

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	AUTO	SINGLE	SAFE	Hammer Back	Hammer Front	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Voltage Offset, DA gain) ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt Front, Bolt Back, Hammer Front, Bolt Fast Sensor, Magazine Attached, Hammer Back, SAFE, SEMI, AUTO ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button
- Rear Sight Settings – nastavenie zadných mieridiel – (100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 600m, 700m, 800m)... použitý prvok NumericUpDown

4.2.4 Výcviková zbraň GP34

GP34 je ľahký a kompaktný granátomet vyrábaný ruskou firmou Ižmaš, ktorý je možné pripevniť na AK103.



Obr.12 – Výcviková zbraň GP34

Tab.11 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane GP34

CAN_ID	Dátový typ	Názov údaj	Popis
1500	AS_USHORT_2	Trigger_2_1	RAW údaj zo sondy spúšte
		Trigger_2_3	RAW údaj zo sondy spúšte
1501	AS_USHORT_2	Trigger2Result	stav spúšte
		TriggerFlagStatus	bitové stavy
1502	AS_UCHAR_4	FlagStatus	bitové stavy
		Sight	mieridlo
		n.a.	n.a.
1503	AS_USHORT_2	GP34Sight	RAW údaj zo sondy mieridla
		GP34Sight	RAW údaj zo sondy mieridla

Tab.12 – Bitové stavy obsiahnuté v TriggerFlagStatus byte výcvikovej zbrane GP34

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Trigger 3/3	Trigger 2/3	Trigger 1/3
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.13 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane GP34

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
n.a.	n.a.	Ready To Fire	Loaded	SAFE	HE ammo	HEAP ammo	SMK ammo
n.a.	n.a.	0..nepripr. 1..priprav.	0..nenab. 1..nabitá	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- Granátomet - súčasť AK103, preto ak je osadený, automaticky sa spúšťa aj okno nastavenia GP34 s povinnou hlavičkou rovnakou ako u iných zbraní
- nastavenie spúšte (Trigger 1 – low, Trigger 1 – high, Trigger 2 – low, Trigger 2 - high) ... použitý prvok NumericUpDown
- Rear Sight Settings – mieridlá (0m, 100m, 150m, 200m, 250m, 300m, 350m, 400m, x350m, x300m, x250m, x200m) ... použitý prvok NumericUpDown
- Bitové indikátory stavu (SAFE, UNSAFE, Munícia – SMK/HEAP/HE, stav LOADED, ReadyToFIRE, Trigger 1/3, Trigger 2/3, Trigger 3/3) ... použitá „LED indikácia“

4.2.5 Výcviková zbraň MG3

MG3 je viacúčelový guľomet vyrábaný nemeckou firmou Rheinmetall.



Obr.13 – Výcviková zbraň MG3

Tab.14 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane MG3

CAN_ID	Dátový typ	Názov údajá	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X	os X akcelometru
		Accelerometer_Y	os Y akcelometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z	os Z akcelometru
		n.a.	n.a.
1502	AS_USHORT_2	BatteryVoltage	napätie batérie
		BarrelTemperature	teplota hlavne
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition	stav spúšte 0 - 255
		JoystickState	stav krížového ovládača
		FlagStatus0	bitové stavy
		FlagStatus1	bitové stavy
1504	AS_USHORT_2	Trigger_1a	RAW údaj zo sondy spúšte
		Trigger_1b	RAW údaj zo sondy spúšte
1505	AS_USHORT_2	RearSight_1a	RAW údaj zo sondy mieridla
		ElevationSetting	elevácia mieridla

Tab.15 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane MG3

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	AUTO	n.a.	SAFE	Barrel State	n.a.	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neprip. 1..pripoj.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.16 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane MG3

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Handle Back	Handle Front	AASight State	BarCover State	n.a.	Cover State	Belt Second	Belt First
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..zavreté 1..otvoren.	0..zavreté 1..otvoren.	n.a.	0..zavreté 1..otvoren.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, HS3 release state, HS3 hold state) ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt Front, Bolt Back, Belt0, Belt1, Handle Front, Cover sensor, AntiAircraft sight opened, Barrel Cover opened, Handle Back, SAFE, FIRE, Barrel attached, Loaded ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT MAIN – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button
- Tlačidlo SINGLE BOLT RELEASE – uskutoční jedno uvoľnenie záveru ... použitý prvok Button
- Barrel Temperature Coeficients (Temperature Down Coef, Temperature Up Coef, Max LED PWM, DOWN steps (LED0, LED1, LED2), UP steps (LED0, LED1, LED2)) ... použitý prvok NumericUpDown

Do povinných údajov pridané počítadlo – Total Number of belt reloads

4.2.6 Výcviková zbraň M60

M60 je podobne viacúčelový guľomet vyrábaný firmou Saco Defense v USA.



Obr.14 – Výcviková zbraň M60

Tab.17 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane M60

CAN_ID	Dátový typ	Názov údaj	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z Trigger_PortB	os Z akcelerometru RAW údaj zo sondy spúšte
1502	AS_USHORT_2	BatteryVoltage BarrelTemperature	napätie batérie teplota hlavne
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus0 FlagStatus1	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy bitové stavy
1504	AS_USHORT_2	Trigger_1a Trigger_1b	RAW údaj zo sondy spúšte RAW údaj zo sondy spúšte
1505	AS_USHORT_2	RearSight_1a ElevationSetting	RAW údaj zo sondy mieridla elevácia mieridla

Tab.18 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane M60

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	AUTO	n.a.	SAFE	Barrel State	n.a.	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neprip. 1..pripoj.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.19 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane M60

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Handle Back	Handle Front	AASight State	BarCover State	n.a.	Cover State	Belt Second	Belt First
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..zavreté 1..otvoren.	0..zavreté 1..otvoren.	n.a.	0..zavreté 1..otvoren.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, HS3 release state, HS3 hold state) ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt Front, Bolt Back, Belt0, Belt1, Handle Front, Cover sensor, Handle Back, SAFE, FIRE, Barrel attached, Loaded ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT MAIN – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button
- Tlačidlo SINGLE BOLT RELEASE – uskutoční jedno uvoľnenie záveru ... použitý prvok Button
- Barrel Temperature Coeficients (Temperature Down Coef, Temperature Up Coef, Max LED PWM, DOWN steps (LED0, LED1, LED2), UP steps (LED0, LED1, LED2)) ... použitý prvok NumericUpDown

Do povinných údajov pridané počítadlo – Total Number of belt reloads

4.2.7 Výcviková zbraň G36

G36 je útočná puška vyrábaná nemeckou firmou Heckler & Koch vylepšujúca vlastnosti útočnej pušky G3.



Obr.15 – Výcviková zbraň G36 [24]

Tab.20 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane G36

CAN_ID	Dátový typ	Názov údaj	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	MagazineID BatteryVoltage	identifikácia zásobníka napätie batérie
1502	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus FastHallSensor	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy stav rýchleho senzoru
1504	AS_USHORT_2	Trigger_1a Trigger_1b	RAW údaj zo sondy spúšte RAW údaj zo sondy spúšte
1505	AS_UCHAR	RearSight n.a. n.a. n.a.	zadné mieridlo n.a. n.a. n.a.

Tab.21 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane G36

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	AUTO	SINGLE	SAFE	Hammer Front	Hammer Back	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Sensor 1a LOW, Sensor 1a HIGH, Sensor 1b LOW, Sensor 1b HIGH) ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt Front, Bolt Back, Hammer Front, Bolt Fast Sensor, Magazine Attached, Hammer Back, SAFE, SEMI, AUTO ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button

4.2.8 Výcviková zbraň RPG7

RPG7 je ručný protitankový granátomet navrhnutý ruskou firmou Bazalt.

Tab.22 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane RPG7

CAN_ID	Dátový typ	Názov údajja	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_USHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1502	AS_USHORT_2	Battery BatteryVoltage	RAW údaj z batérie napätie batérie
1503	AS_USHORT_2	TriggerPosition Trigger_1b	stav spúšte RAW údaj zo sondy spúšte
1504	AS_USHORT_2	FrontSight_1 RearSightRangeSetting	RAW údaj zo sondy mieridla zadné mieridlo
1505	AS_UCHAR_4	FlagStatus JoystickState AmmoType OpticalSight	bitové stavy stav krížového ovládača typ náboja optické mieridlo
1506	AS_USHORT_2	RearSight_1a RearSight_1b	RAW údaj zo sondy mieridla RAW údaj zo sondy mieridla
1507	AS_UCHAR_4	koza n.a. n.a. n.a.	trojnožka n.a. n.a. n.a.



Obr.16 – Výcviková zbraň RPG7

Tab.23 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane RPG7

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	Loaded	SINGLE	SAFE	Bolt Front	Bolt Back	Front Sight	Front Sight
0..neprip. 1..pripoj.	0..nenab. 1..nabitá	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Voltage Offset, DA gain) ... použitý prvok NumericUpDown
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt Front, Bolt Back, FrontSight, Loaded, Magazine State, SINGLE, SAFE ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button

4.2.9 Výcviková zbraň LRT3

Tab.24 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane LRT3

CAN_ID	Dátový typ	Názov údajá	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1502	AS_USHORT_2	TriggerRAW TriggerAmp	RAW údaj zo sondy spúšte amplitúda spúšte
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus0 FlagStatus1	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy bitové stavy
1504	AS_USHORT_2	SafeRAW SafeAmp	RAW údaj safe safe
1505	AS_USHORT_2	FiringPinRAW FiringPinAmp	RAW údaj z úderníka úderník
1506	AS_USHORT_2	BoltLock BoltUnlock	RAW údaj stavu náboja RAW údaj stavu náboja
1507	AS_USHORT_2	OpticsMagnification OpticsElevation	RAW údaj zväčšenia mieridla RAW údaj elevácie mieridla
1508	AS_USHORT_2	OpticsElevationStatus OpticsElevationAGC	RAW údaj elevácie mieridla RAW údaj elevácie mieridla
1509	AS_USHORT_2	OpticsKnob1 OpticsKnob2	RAW údaj nastavenia mieridla RAW údaj n. mieridla
1510	AS_USHORT_2	OpticsKnob3 n.a.	RAW údaj nastavenia mieridla n.a.

LRT3 je ostreľovacia puška s presnosťou na veľkú vzdialenosť kanadskej firmy PGW Defence Technologies.



Obr.17 – Výcviková zbraň LRT3

Tab.25 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane LRT3

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	Bolt Unlock	Bolt Lock	SAFE	n.a.	FiringPin	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	n.a.	0..nenab. 1..nabitá	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.26 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane LRT3

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Trigger release state, Trigger hold state, Trigger DA offset value) ... použitý prvok NumericUpDown
- BoltLock treshold, BoltUnlock treshold ... použitý prvok NumericUpDown
- FiringPin treshold, FiringPin DA offset value ... použitý prvok NumericUpDown
- Safe treshold, Safe DA offset value ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt lock, Bolt unlock, Firing pin loaded, SAFE, FIRE, Magazine attached, Bolt front, Bolt back ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT MAIN – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button

4.2.10 Výcviková zbraň COYOTE

Tab.27 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane COYOTE

CAN_ID	Dátový typ	Názov údajja	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1502	AS_USHORT_2	TriggerRAW TriggerAmp	RAW údaj zo sondy spúšte spúšť
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus0 FlagStatus1	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy bitové stavy
1504	AS_USHORT_2	FiringPinRAW FiringPinAmp	RAW údaj z úderníka úderník
1505	AS_USHORT_2	BoltLock BoltUnlock	RAW údaj stavu náboja RAW údaj stavu náboja
1510	AS_USHORT_2	OpticsMagnification OpticsElevation	RAW údaj zväčšenia mieridla RAW údaj elevácie mieridla
1511	AS_USHORT_2	OpticsElevationStatus OpticsElevationAGC	RAW údaj elevácie mieridla RAW údaj elevácie mieridla
1512	AS_USHORT_2	OpticsKnob1 OpticsKnob2	RAW údaj nastavenia mieridla RAW údaj nastavenia mieridla
1513	AS_USHORT_2	OpticsKnob3 n.a.	RAW údaj nastavenia mieridla n.a.

COYOTE je tiež ostreľovacia puška kanadskej firmy PGW Defence Technologies.



Obr.18 – Výcviková zbraň COYOTE

Tab.28 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane COYOTE

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	Bolt Unlock	Bolt Lock	SAFE	n.a.	FiringPin	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	n.a.	0..nenab. 1..nabitý	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.29 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane COYOTE

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	SafeRAW	SafeRAW	SafeRAW
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

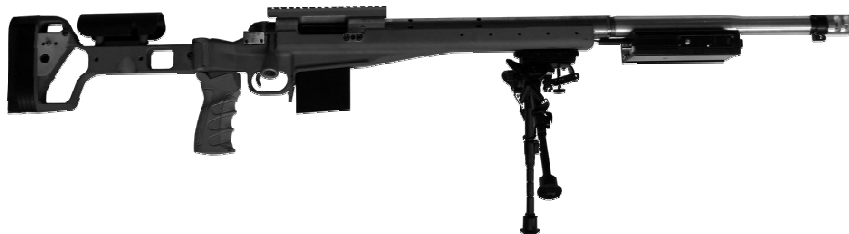
- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Trigger release state, Trigger hold state, Trigger DA offset value) ... použitý prvok NumericUpDown
- BoltLock treshold, BoltUnlock treshold ... použitý prvok NumericUpDown
- FiringPin treshold, FiringPin DA offset value ... použitý prvok NumericUpDown
- Safe treshold, Safe DA offset value ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt lock, Bolt unlock, Firing pin loaded, SAFE, FIRE, Magazine attached, Bolt front, Bolt back ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT MAIN – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button

4.2.11 Výcviková zbraň TIMBERWOLF

Tab.30 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane TIMBERWOLF

CAN_ID	Dátový typ	Názov údajja	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1502	AS_USHORT_2	TriggerRAW TriggerAmp	RAW údaj zo sondy spúšte spúšť
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition JoystickState FlagStatus0 FlagStatus1	stav spúšte 0 - 255 stav krížového ovládača bitové stavy bitové stavy
1504	AS_USHORT_2	FiringPinRAW FiringPinAmp	RAW údaj z úderníka úderník
1505	AS_USHORT_2	BoltLock BoltUnlock	RAW údaj stavu náboja RAW údaj stavu náboja
1510	AS_USHORT_2	OpticsMagnification OpticsElevation	RAW údaj zväčšenia mieridla RAW údaj elevácie mieridla
1511	AS_USHORT_2	OpticsElevationStatus OpticsElevationAGC	RAW údaj elevácie mieridla RAW údaj elevácie mieridla
1512	AS_USHORT_2	OpticsKnob1 OpticsKnob2	RAW údaj nastavenia mieridla RAW údaj nastavenia mieridla
1513	AS_USHORT_2	OpticsKnob3 n.a.	RAW údaj nastavenia mieridla n.a.

TIMBERWOLF je rovnako ostreľovacia puška kanadskej firmy PGW Defence Technologies.



Obr.19 – Výcviková zbraň TIMBERWOLF

Tab.31–Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane TIMBERWOLF

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	Bolt Unlock	Bolt Lock	SAFE	n.a.	FiringPin	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	n.a.	0..nenab. 1..nabitý	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.32–Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane TIMBERWOLF

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	SafeRAW	SafeRAW	SafeRAW
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavení spúšte (Treshold Low, Treshold High, Trigger release state, Trigger hold state, Trigger DA offset value) ... použitý prvok NumericUpDown
- BoltLock treshold, BoltUnlock treshold ... použitý prvok NumericUpDown
- FiringPin treshold, FiringPin DA offset value ... použitý prvok NumericUpDown
- Safe treshold, Safe DA offset value ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt lock, Bolt unlock, Firing pin loaded, SAFE, FIRE, Magazine attached, Bolt front, Bolt back ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT MAIN – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button

4.2.12 Výcviková zbraň BROWNING

BROWNING je poloautomatická pištoľ belgickej firmy Fabrique Nationale.



Obr.20 – Výcviková zbraň BROWNING [25]

Tab.33 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane BROWNING

CAN_ID	Dátový typ	Názov údajja	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1502	AS_USHORT_2	BatteryVoltage n.a.	napätie batérie n.a.
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition n.a. FlagStatus0 FlagStatus1	stav spúšte 0 - 255 n.a. bitové stavy bitové stavy
1504	AS_USHORT_2	Trigger_1a n.a.	RAW údaj zo sondy spúšte n.a.
1505	AS_SHORT_2	n.a. n.a.	n.a. n.a.

Tab.34 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane BROWNING

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	n.a.	n.a.	FastHall	n.a.	n.a.	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	n.a.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	n.a.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.35 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane BROWNING

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Trigger release state, Trigger hold state) ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt front, Bolt back, HS cover, Fast Hall, Magazine attached, Safety switch, Hammer ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT MAIN – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button
- Tlačidlo MAGAZINE VALVE – uskutoční zachytenie záveru ... použitý prvok Button

Medzi povinné údaje pridaná položka – Total number of bolt catches

4.2.13 Výcviková zbraň GLOCK

GLOCK je poloautomatická pištoľ rovnomennej rakúskej firmy známa svojím plastovým rámom.



Obr.21 – Výcviková zbraň GLOCK

Tab.36 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane GLOCK

CAN_ID	Dátový typ	Názov údaj	Popis
1500	AS_SHORT_2	Accelerometer_X Accelerometer_Y	os X akcelerometru os Y akcelerometru
1501	AS_SHORT_2	Accelerometer_Z n.a.	os Z akcelerometru n.a.
1502	AS_USHORT_2	BatteryVoltage n.a.	napätie batérie n.a.
1503	AS_UCHAR_4	TriggerPosition n.a. FlagStatus0 FlagStatus1	stav spúšte 0 - 255 n.a. bitové stavy bitové stavy
1504	AS_USHORT_2	Trigger_1a Trigger_1b	RAW údaj zo sondy spúšte RAW údaj zo sondy spúšte
1505	AS_SHORT_2	Trigger n.a.	spúšť n.a.

Tab.37 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane GLOCK

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
Magazine State	n.a.	n.a.	FastHall	n.a.	HScover	Bolt Back	Bolt Front
0..neprip. 1..pripoj.	n.a.	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	n.a.	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne	0..neaktív. 1..aktívne

Tab.38 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane GLOCK

7. bit	6. bit	5. bit	4. bit	3. bit	2. bit	1. bit	0. bit
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Nastaviteľné parametre (a prípadne tiež prvky použité k ich zobrazeniu v GUI):

- nastavenie spúšte (Treshold Low, Treshold High, Trigger release state, Trigger hold state) ... použitý prvok NumericUpDown
- NAVI modul (joystick), Accelerometer, Trigger position ... použité prvky TrackBar, ProgressBar a iné
- Bitové indikátory stavu zbrane – Bolt front, Bolt back, HS cover, Fast Hall, Magazine attached ... použitá „LED indikácia“
- Tlačidlo SINGLE SHOT MAIN – uskutoční jeden výstrel ... použitý prvok Button
- Tlačidlo MAGAZINE VALVE – uskutoční zachytenie záveru ... použitý prvok Button

K povinným údajom pridaná položka – Total number of bolt catches

4.2.14 Rezerva

Výcvikovou zbraňou typu GLOCK končí zoznam dostupných typov výcvikových zbraní v čase realizácie tejto práce. Aplikáciu servisného programu na ďalšie používané typy výcvikových zbraní je už možné realizovať pomocou niektorého z vyššie uvedených typov výcvikových zbraní, pretože obsahujú rovnaké alebo veľmi podobné stavové a nastaviteľné parametre. Táto skutočnosť je demonštrovaná tým, že servisný program obsahuje dve rezervné typy výcvikových zbraní bez bližšej špecifikácie.

5 NÁVRH VIZUÁLNEJ ČASTI PROGRAMU

Servisný program pre správu a nastavenie zbraní je určený pre bežného vlastníka virtuálneho simulátoru SAVIT, preto nekladie dôraz na presnosť nastavenia jednotlivých vlastností výcvikových zbraní, ale zameriava sa na jednoduchosť ich zobrazenia. Zobrazí základné informácie o výcvikovej zbrani, umožní kontrolu jej funkčnosti a prípadné upravenie nastavenia niektorých jej vlastností na základe ich pocitového overenia i bez znalosti vnútornej stavby výcvikovej zbrane.

Napriek tomu, že pôvodný návrh programu počítal s vývojovým prostredím Embarcadero C++ Builder, finálne bolo po dohode so softwarovým i hardwarovým oddelením zadávajúcej firmy zvolené podobne jednoduché, pohodlné, známe a prívetivé prostredie programu Microsoft Visual Studio a jeho grafická knižnica Windows Forms (WinForms), ktorá je súčasťou Microsoft .NET Framework. Toto rozhranie je viacplatformové a umožňuje okrem iného i tvorbu aplikácií s vizuálne pôsobivým užívateľským rozhraním, pričom nešpecifikuje programovací jazyk, ktorý by bolo nutné použiť.

5.1 Porovnanie C++ a C#

Obe programovacie jazyky C# i C++ sú vlastne akousi nadstavbou jazyka C, a preto majú veľa spoločných vlastností. Zároveň sú obe tieto programovacie jazyky jazykmi objektovo orientovanými. Dôležitým rozdielom by však mohol byť fakt, že zatiaľ čo programy využívajúce C++ dokážu pracovať v niektorých aplikáciách relatívne o niečo rýchlejšie, pretože je zameraný hlavne na čo najlepší preklad do strojového kódu, jazyk C# naproti tomu obsahuje napríklad tzv. „garbage collector“, ošetrojúci odalokovanie už naďalej nepoužívanej pamäte a jeho využívanie tak trochu uľahčuje prácu programátora, čím sa urýchľuje vývoj samotného programu.

„Garbage collector“ však nie je jediným rozdielom medzi C# a C++. V C# na rozdiel od C++ neexistujú žiadne globálne premenné alebo funkcie a všetky metódy alebo atribúty musia patriť k niektorej triede. Triedy bývajú organizované do menných priestorov označovaných ako „namespace“, v ktorých sa nesmú opakovať názvy premenných. Ďalším rozdielom medzi C# a C++ je, že C# taktiež obmedzil implicitné konverzie a ponechal iba niektoré bezstratové, neexistuje napríklad implicitná konverzia z typu integer na typ boolean. Medzi ďalšie výhody, či rozšírenia C# oproti C++ by mohli patriť vlastnosti ako stráženie hraníc polí alebo detekcia použitia neinicializovaných premenných.

Avšak i navzdory týmto rozdielom, základom pre vytvorenie novšieho programovacieho jazyka C# bol práve jazyk C++ a jazyk Java. Aj preto býva jeho porozumenie a používanie jednoduchšie pre programátorov so skúsenosťami s programovacími jazykmi C alebo C++. Podobne ako to bolo s voľbou použitého vývojového prostredia, bol k realizácii servisného programu po dohode s hardwarovým

a softwarovým oddelením zadávajúcej firmy zvolený programovací jazyk C# i napriek tomu, že prvotný návrh grafického užívateľského rozhrania počítal s využitím programovacieho jazyka C++.

5.2 Grafické užívateľské rozhranie

Grafické užívateľské rozhranie (GUI) servisného programu bolo konzultované so zodpovednými pracovníkmi zadávajúcej firmy a upravené podľa ich požiadaviek. Pozostáva v podstate z dvoch funkčných častí. Prvou z nich je hlavné okno zobrazujúce aktuálny stav a kvalitu pripojenia prostredníctvom USB rozhrania. Umožňuje tiež zobrazenie okna niektorej z výcvikových zbraní alebo zmenu programu práve pripojenej výcvikovej zbrane.



Obr.22 – Prvá časť GUI

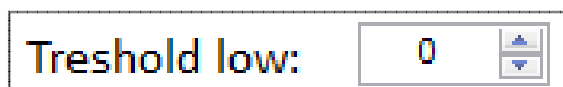


Obr.23 – Druhá časť GUI

Druhou časťou GUI sú automaticky zobrazované okná jednotlivých výcvikových zbraní, ktoré sa zobrazia ihneď po pripojení výcvikovej zbrane k USB rozhraniu počítača. Práve tieto okná slúžia k zaobstarávaniu pre užívateľa zaujímavých funkcií servisného programu. Obsahujú kompaktné a jasne zobrazené vytipované parametre danej výcvikovej zbrane.

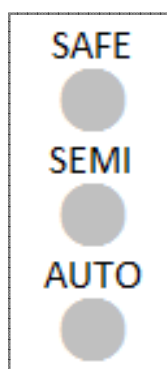
Sú to parametre popisujúce pripojenú výcvikovú zbraň určené iba k zobrazeniu, informácie o aktuálnom stave tejto výcvikovej zbrane prevažne vo forme indikátorov pripomínajúcich LED diódy alebo percentuálne zobrazenie stlačenia spúšte, ale tiež nastaviteľné parametre s možnosťou prípadných úprav. Stredovú časť okna tvorí upravená fotografia skutočnej výcvikovej zbrane s naznačením umiestnenia jednotlivých komponentov, ktorých parametre sú servisným programom zobrazované. Zobrazované parametre, ako aj umiestnenie jednotlivých komponentov sa u každého typu výcvikovej zbrane podstatne líši a nie je ho ani možné jednoznačne identifikovať pomocou fotografie, preto muselo byť rovnako i GUI navrhnuté pre každý typ výcvikovej zbrane zvlášť. Každý prvok GUI je však systematicky pomenovaný.

Medzi najčastejšie používané prvky GUI patrí prvok v rámci vývojového prostredia Microsoft Visual Studio nazvaný NumericUpDown používaný k zobrazeniu a prípadnej úprave nastaviteľných parametrov pripojenej výcvikovej zbrane.



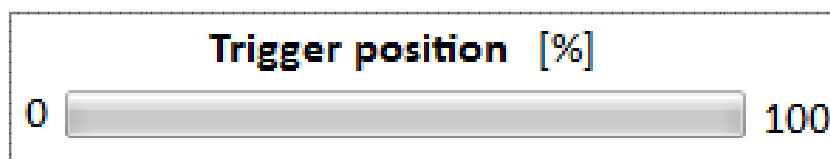
Obr.24 – Prvok NumericUpDown použitý v GUI

Každá výcviková zbraň obsahuje vo svojom príslušnom GUI tiež prvky pripomínajúce LED signalizáciu. Ak je zobrazovaný stav výcvikovej zbrane aktívny, zmení sa jemu odpovedajúci objekt na zeleno, v opačnom prípade zostáva sivý.



Obr.25 – LED signalizácia použitá v GUI

Takmer všetky okná výcvikových zbraní obsahujú ukazovateľ polohy spúšte. Ten zobrazuje stav zatlačenia spúšte prepočítaný percentuálne. K tomu je využitý prvok nazvaný v použíanom vývojovom prostredí ProgressBar.



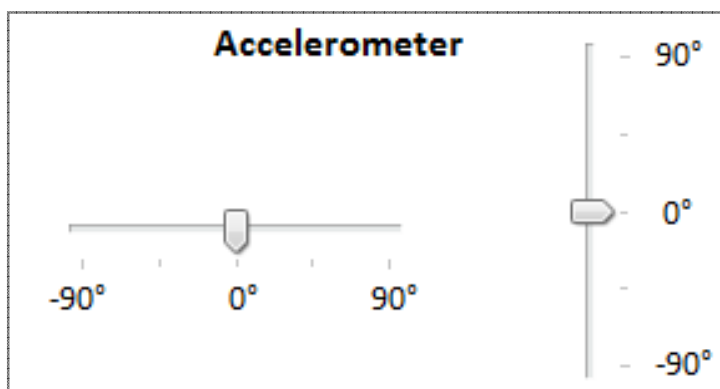
Obr.26 – Prvok ProgressBar použitý v GUI

Skoro každé okno výcvikovej zbrane tiež obsahuje tlačidlo, ktorého funkcia sa môže u jednotlivých výcvikových zbraní líšiť. Tento prvok má v danom prostredí príznačný názov Button.



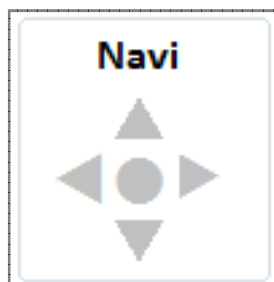
Obr.27 – Prvok Button použitý v GUI

Veľa typov výcvikových zbraní nachádza vo svojom GUI servisného programu ukazovateľ aktuálneho náklonu zbrane určovaného pomocou akcelerometrov umiestnených vnútri týchto výcvikových zbraní. K zobrazeniu tohto náklonu sú použité prvky v danom vývojovom prostredí nazvané ako TrackBar.



Obr.28 – Prvok TrackBar použitý v GUI

Niektoré okná výcvikových zbraní obsahujú tiež časť nazvanú v GUI servisného programu „Navi“. Táto časť pracuje na rovnakom princípe ako už spomínaná LED indikácia stavov. „Navi“ zobrazuje aktuálny stav joysticku umiestneného na niektorých výcvikových zbraniach.



Obr.29 – Navi časť GUI

Pravý horný roh okna GUI každej výcvikovej zbrane vyplňa vždy logo zadávajúcej firmy.

Grafické užívateľské prostredie je teda realizované v prostredí programu Microsoft Visual Studio s využitím jeho grafickej knižnice Windows Forms, pričom bolo do istej miery ustálené rozmiestnenie jednotlivých informačných, indikačných i nastaviteľných prvkov aj napriek značným rozdielom medzi jednotlivými typmi výcvikových zbraní.

6 IMPLEMENTÁCIA PROGRAMU

Servisný program výcvikových zbraní je v podstate tvorený troma oknami. Hneď po spustení programu sa otvorí hlavné okno zaobstarávajúce spracovanie komunikácie s výcvikovou zbraňou a zároveň sa spustí okno komunikačného serveru. Ak je k USB portu počítača pripojená konkrétna výcviková zbraň, otvorí sa ďalšie okno s príslušnými parametrami podľa jej typu. Kedykoľvek po spustení programu, nezávisle od pripojenia výcvikovej zbrane, je tiež možné prehliadať si informácie o iných zbraniach podľa výberu v hlavnom okne.

6.1 USB prevodník FTDI

FTDI je skratkou názvu celosvetovo rozšírenej, pôvodne škótskej spoločnosti Future Technology Devices International, špecializujúcej sa na USB technológiu, konkrétne najmä na vývoj i výrobu prevodníkov z iných štandardov na USB signál a s nimi spojeného softvéru. Práve tento softvér bolo takmer nevyhnutné použiť i pri vývoji servisného programu výcvikových zbraní.

Keďže výcvikové zbrane používajú k spracovaniu dát z USB zbernice prevodník FTDI, je k správne fungovaniu servisného programu potrebná taktiež inštalácia špeciálnych FTDI ovládačov. Tieto ovládače sú voľne dostupné na stránkach výrobcu FTDI čipu spolu s knižnicami pre C# potrebnými k realizácii aplikačných programov. Servisná aplikácia pre správu a nastavenie výcvikových zbraní však okrem FTDI knižníc využíva i funkcie programu CanAerospaceServer, ktorého opodstatnenie bude vysvetlené v nasledujúcej kapitole zaoberajúcej sa samotnou realizáciou komunikácie.

6.2 Servisná aplikácia

Okamžite po otvorení programu sa otvorí samostatné okno serveru, kde je možné sledovať tok dát medzi servisnou aplikáciou a výcvikovou zbraňou oboma smermi. Následne sa inicializuje spojenie servisnej aplikácie so serverom. Po prvotnej inicializácii sa u v pravidelných časových intervaloch kontroluje, či nedošlo k pripojeniu výcvikovej zbrane do USB portu počítača a príslušný stav pripojenia sa zobrazuje v hlavnom okne.

Ak je konkrétna výcviková zbraň pripojená pomocou USB, zaháji sa jej reštart, pretože prechod zbrane do servisného módu je možný iba prvých 200 ms po jej spustení. Po reštarte sa teda zbraň prepne do servisného módu, čo umožní ďalšie fungovanie programu, keďže výcviková zbraň v tomto móde cyklicky vysiela dáta popisujúce jej aktuálny stav a zároveň umožňuje vyčítanie i zápis do registrov jej vnútornej pamäte. Jednotlivé hodnoty sa do pamäte výcvikovej zbrane ukládajú v presne danom formáte a preto je nutné každú potrebnú hodnotu v danom formáte

i vyčítať. Cyklicky vysielané dáta však nie sú vždy rovnaké, reprezentujú zakaždým hodnoty iných snímaných veličín a rovnako nie sú vždy presné alebo správne. Preto bolo nutné túto skutočnosť zohľadniť pri ich spracovaní a príslušne ošetriť každú funkciu, ktorá cyklicky vysielané dáta využíva.

Po overení správnosti pripojenia a nastaveného módu sa najprv z cyklicky vysielaných dát určí typ výcvikovej zbrane. Zobrazí sa príslušné hlásenie o type výcvikovej zbrane v hlavnom okne a spustí sa počítadlo spracovaných správ z výcvikovej zbrane. Následne sa vyčítajú registre z pamäte výcvikovej zbrane, ktor obsahujú vždy názov zbrane, jej sériové číslo, adresu rádiovkej komunikácie a rok výroby. Ďalej sa vyčítajú z pamäte výcvikovej zbrane i jej aktuálne uložené nastavitel'né parametre špecifické pre daný typ zbrane zistený skôr. Potom sa rovnako z pamäte výcvikovej zbrane vyčíta i špeciálne uložená verzia hardwaru a softwaru. Po získaní všetkých potrebných informácií a hodnôt nastaviteľných parametrov sa vykreslí okno odpovedajúce pripojenej výcvikovej zbrani zobrazujúce okrem iného i tieto informácie. Pred automatickou zmenou hodnoty v prvkoch NumericUpDown z grafického užívateľského rozhrania spôsobenou programom pri otváraní okna a nie užívateľom je však nutné na chvíľu zrušiť ich väzbou na automatické funkcie reagujúce na zmenu ich hodnoty a následne väzbu znovu obnoviť.

Po prijatí každej správy obsahujúcej cyklicky vysielané dáta sa údaje zatriedia podľa typu pripojenej výcvikovej zbrane a ich identifikačného kódu na začiatku správy. Ďalej sa spracujú a zobrazia v príslušnom okne výcvikovej zbrane. Takto sa zobrazuje napríklad poloha spúšte, joysticku, aktuálny počet výstrellov či zapnutí, naklonenie výcvikovej zbrane a rôzne indikátory jej aktuálneho stavu.

Pri zmene hodnoty niektorého z prvkov NumericUpDown z grafického užívateľského rozhrania používaných k zobrazeniu a úprave nastaviteľných parametrov jednotlivých výcvikových zbraní a to priamo užívateľom, je spustená automatická funkcia, ktorá zmenenú hodnotu zapíše do pamäte výcvikovej zbrane na príslušné miesto podľa prvku, ktorý túto funkciu zavolá. Takýmto spôsobom je možné upraviť napríklad v akej polohe spúšte má výcviková zbraň vystreliť alebo podobne doladiť niektoré jej iné vlastnosti.

Po stlačení niektorého z tlačidiel sa podobne zavolá funkcia, ktorá rozlíši, ktoré tlačidlo ju vyvolalo a podľa toho zapíše presne určenú hodnotu na správne miesto v pamäti výcvikovej zbrane, čím je inicializovaný napríklad i výstrel zo zbrane.

Avšak po stlačení tlačidla „Refresh“ je okno príslušnej výcvikovej zbrane zatvorené a sú znova vyčítané informácie o aktuálne pripojenej výcvikovej zbrani a hodnoty jej nastaviteľných parametrov. Okno príslušnej výcvikovej zbrane je potom opätovne otvorené. Napriek funkčnosti tohto tlačidla nebola do servisného programu zatiaľ pridaná žiadna funkcionálna, ktorá by jeho použitie vyžadovala a nezobrazovala zmeny okamžite.

Ku každej funkcii zahŕňajúcej komunikáciu s výcvikovou zbraňou a zároveň zobrazenie vyčítaných hodnôt, teda vlastne takmer ku každej, je zároveň pridaná kontrola overujúca správnosť otvorených okien. To umožní napríklad zavretie okna

zobrazujúceho stav aktuálne pripojenej výcvikovej zbrane. Pri odpojení výcvikovej zbrane z USB portu počítača je samozrejme jej príslušné okno zatvorené a stav pripojenia signalizovaný v hlavnom okne. Následne je možné kedykoľvek výcvikových zbraní znova pripojiť bez nutnosti reštartovania programu. Pri zavretí okna príslušnej výcvikovej zbrane, či už manuálne užívateľom alebo automaticky pri odpojení výcvikovej zbrane z USB portu, je vždy zaznamenaná poloha tohto okna a pri jeho opätovnom otvorení je okno opäť vykreslené v zaznamenanej polohe. Na túto funkcionality nemá vplyv ani celkové vypnutie programu, čo spríjemňuje prácu užívateľa.

Zároveň je užívateľovi sprístupnené i prehliadanie nepripojených výcvikových zbraní s obmedzenou funkcionalitou a iba ilustračnými hodnotami.

Celý servisný program výcvikových zbraní teda pozostáva z viacerých okien zobrazujúcich stav komunikácie a aktuálny stav výcvikovej zbrane. Pritom umožňuje úpravu niektorých jej nastavitelných parametrov, ako aj ovládanie výstrelů a podobne. Zároveň ošetruje rôzne situácie, ktoré môžu pri jeho používaní nastať a tiež dáva užívateľovi možnosť prezerania i nepripojených výcvikových zbraní v obmedzenom režime. K svojej správnej funkčnosti program využíva ovládače a knižnice FTDI.

7 REALIZÁCIA KOMUNIKÁCIE

Výcvikové zbrane síce ku komunikácii s počítačom po USB zbernici používajú protokol CANaerospace, sú však schopné prijímať a vysielat iba správy v špeciálnom formáte ADAM 4525. Práve z tohto dôvodu bolo nutné správy vo formáte CAN alebo CANaerospace pred zaslaním do výcvikovej zbrane ešte ďalej upravovať.

7.1 Formát správy ADAM 4525

Tvar správy vo formáte ADAM 4525 je naznačený na nasledujúcom obrázku (viz Obr.17):

2 byty počet dátových bytov	4 byty (CAN ID)	0 až 16 bytov (2 x dĺžka) dátových bytov	1 byte koniec
dĺžka	identifikácia	...	0x0D
číselné hodnoty v šestnástkovej sústave (v textovej forme)			

Obr.30 – Tvar správy vo formáte ADAM 4525

Dĺžka udáva počet dátových bytov 0 až 8 (číslo v šestnástkovej sústave "00" až "08" v textovej forme).

Identifikáciu tvoria štyri číslice čísla v šestnástkovej sústave v textovej forme. Toto číslo reprezentuje CAN ID zariadenia, na ktoré je päťkrát aplikovaný binárny posuv vľavo.

Dáta sú tvorené celkovým počtom bytov rovnajúcim sa dvojnásobku hodnoty udanej dĺžkou správy. Každá dvojica bytov reprezentuje pár číslic tvoriaci číslo v šestnástkovej sústave v textovej forme, ktoré udáva číselnú hodnotu jedného znaku dátového typu „unsigned char“ (dĺžka správy teda udáva počet takýchto dvojíc).

Koncová značka je vždy binárnou hodnotou 0x0D, znamenajúc ASCII symbol pre „Carriage return“ (špeciálny znak, ktorý posunie kurzor na začiatok riadku).

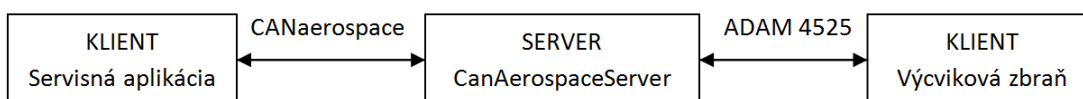
Pre lepšiu ilustráciu je na nasledujúcom obrázku uvedený príklad správy vo formáte ADAM 4525 (viz Obr.18), pričom zasielané dáta sú priamo hodnoty 10, 20, 30, 40 a CAN ID je 1500:

2 byty počet dátových bytov		4 byty (CAN ID)				8 bytov (2 x dĺžka) dátových bytov								1 byte koniec
'0'	'4'	'B'	'B'	'8'	'0'	'0'	'A'	'1'	'4'	'1'	'E'	'2'	'8'	0x0D
číselné hodnoty v šestnástkovej sústave (v textovej forme)														

Obr.31 – Príklad správy vo formáte ADAM 4525

7.2 Program CanAerospaceServer

Z pôvodného zámeru obsah správy manuálne prepočítavať a upravovať bolo neskôr upustené. Tento prechod bol z viacerých dôvodov premostený prostredníctvom programu CanAerospaceServer, samostatnej aplikácie od firmy Saab. Umožňuje totiž komunikáciu medzi klientskou aplikáciou servisného programu, ktorý je predmetom tejto práce a výcvikovej zbrane rovnako v pozícii klienta. Oproti pôvodnému návrhu priamej komunikácie medzi servisným programom a výcvikovou zbraňou je jeho výhodou unifikovaný spôsob výmeny dát používaný vo viacerých aplikáciách zadávajúcej firmy. Ďalšou výhodou je väčšia flexibilita a lepšie zázemie pre prípadné aktualizácie softvéru. Z pohľadu programátorov zadávajúcej firmy je taktiež prínosné používanie ustálených názvov metód, čo môže v budúcnosti uľahčiť pochopenie daného kódu, čím sa zlepší možnosť pokračovať v úsilí niekoho iného, prípadne jej zdokumentovaní, skrátením času potrebného na nadviazanie v práci daného človeka.



Obr.32 – Realizácia komunikácie servisnej aplikácie s výcvikovou zbraňou

Keďže CanAerospaceServer je v čase realizácie tejto práce stále v stave vývoja, bolo nutné preťažiť niektoré jeho virtuálne funkcie. Dobrým príkladom je pre implementáciu servisného programu veľmi významné spracovanie cyklicky vysielaných údajov z výcvikovej zbrane, ktoré CanAerospaceServer momentálne zatiaľ ešte nezahŕňa.

Správy sú preto v konečnom dôsledku zasielané zo servisnej aplikácie do programu CanAerospaceServer vo formáte CANaerospace a z programu CanAerospaceServer do samotnej výcvikovej zbrane vo formáte ADAM 4525, pričom bolo v čase realizácie tejto práce pre správne fungovanie servisnej aplikácie nutné niektoré funkcie programu CanAerospaceServer doplniť.

8 TESTOVANIE

Servisný program výcvikových zbraní bol testovaný pri rôznych situáciách, ktoré môžu pri jeho používaní nastať a prípadné nedostatky, ako napríklad chybné vyčítanie dát po nečakanom odpojení a opätovnom pripojení výcvikovej zbrane do USB portu počítača, boli odstránené. Tento program bol používaný skúsenými a simulátoru SAVIT znalými pracovníkmi zadávajúcej firmy, ale taktiež aj neskúsenými užívateľmi alebo užívateľmi menej technicky zdatnými. Ich pripomienky, napríklad zvýšenie pohodlnosti ukladaním pozície jednotlivých okien programu pri ich zatvorení, boli do servisného programu zakomponované. Bola otestovaná funkčnosť servisného programu s použitím viacerých typov výcvikových zbraní. Tiež sa testovalo zobrazenie toho istého typu výcvikovej zbrane viackrát za sebou i po dlhšom používaní.

8.1 Zaťažovacia skúška

Servisný program sa testoval aj pripojením tej istej výcvikovej zbrane pred, počas i po zaťažovacej skúške, ktorá simuluje používanie výcvikovej zbrane realizáciou vopred nastaveného počtu (až niekoľko tisícok) výstrelov v presne daných časových intervaloch.



Obr.33 – Výcviková zbraň počas zaťažovacej skúšky

Ako príklad testovania servisného programu počas zaťažovacej skúšky možno uviesť testovanie výcvikovej zbrane typu COYOTE pri teplote 22 °C tlaku 972 hPa a vlhkosti vzduchu 78 % . Výcviková zbraň bola upevnená na špeciálnom stojane,

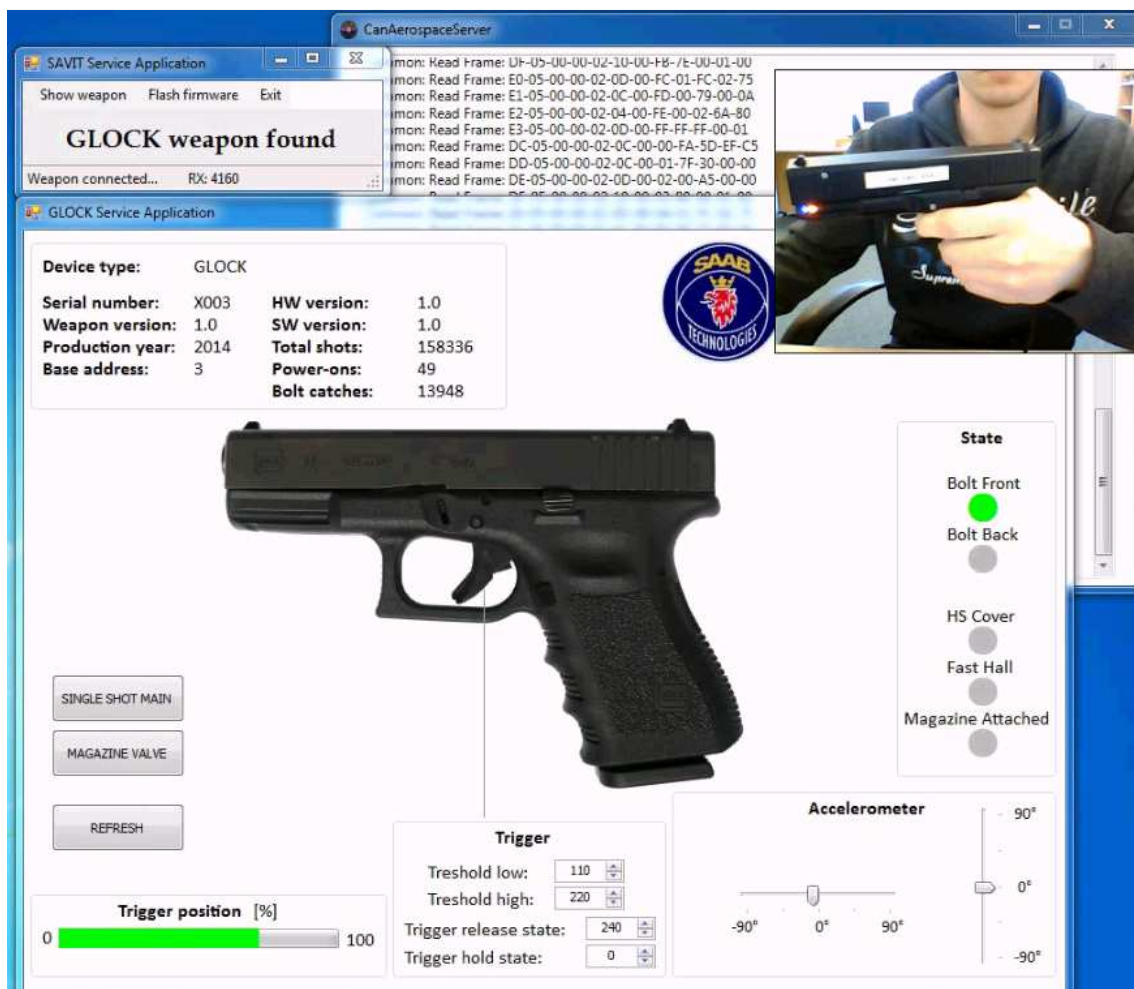
napájaná laboratórnym zdrojom jednosmerného prúdu a namiesto zásobníkov so stlačeným vzduchom využívala pripojenie k špeciálnemu rozvodu stlačeného plynu testovacej miestnosti. Automatická streľba v pravidelných časových intervaloch bola realizovaná neustálym zapisovaním hodnoty odpovedajúcej výstrelu na príslušnú adresu v pamäti výcvikovej zbrane. Bolo možné pozorovať, že servisný program zobrazoval sledované hodnoty správne. Reagoval na ich zmeny s dostatočnou presnosťou a zároveň uspokojivo rýchlo. Vyčítanie premenlivých hodnôt z pamäte výcvikovej zbrane bolo dostatočne rýchle na to, aby sledovalo mechanický pohyb výcvikovej zbrane. Podobne bolo realizované testovanie viacerých typov výcvikových zbraní.

Výsledne zobrazované parametre výcvikových zbraní sa podľa očakávaní ani po zaťažovacej skúške nezmenili, samozrejme okrem hodnôt udávajúcich počet zapnutí, výstrelů a podobne. Je to spôsobené tým, že niektoré servisným programom zobrazované hodnoty sú uložené priamo v pamäti výcvikovej zbrane, ale tiež tým, že počas testovania nedošlo k žiadnemu poškodeniu výcvikovej zbrane. Avšak ak by sa zbraň akýmsi spôsobom zničila alebo poškodila po mechanickej stránke, bolo by to pozorovateľné vďaka zobrazeniu aktuálneho stavu zbrane a prípadnému nesúladu so skutočnosťou. Je tiež možné takúto chybu alebo akúkoľvek nepresnosť výcvikovej zbrane korigovať úpravou nastavitel'ných parametrov tak, aby sa daná výcviková zbraň správala podobne ako to bolo v jej pôvodnom stave.

8.2 Zhodnotenie výsledkov

Program pre servis a nastavenie výcvikových zbraní bol úspešne implementovaný a jeho funkčnosť overená na niekoľkých rôznych typoch výcvikových zbraní. Komunikácia medzi servisnou aplikáciou a programom CanAerospaceServer i medzi ním a samotnou výcvikovou zbraňou funguje, čo bolo overené pri každom z vymenovaných spôsobov testovania. Údaje vysielané výcvikovou zbraňou síce nie sú bezchybné, je to však v servisnom programe patrične ošetrené. Zobrazovanie aktuálneho stavu výcvikovej zbrane spracovávaním cyklicky vysielaných dát je možné vylepšiť voľbou iného kompromisu medzi spoľahlivosťou, či presnosťou zobrazovaných hodnôt a ich aktuálnosťou, či rýchlosťou ich obnovovania.

Signalizácia zobrazovania nesprávnych hodnôt, či zaznamenávanie histórie zobrazovaných hodnôt pripojených zbraní bolo z dôvodu značných rozdielov nielen medzi jednotlivými typmi výcvikových zbraní, ale i medzi výcvikovými zbraňami rovnakého typu, zadávajúcou firmou síce zamietnuté. V budúcnosti by však bolo možné servisný program rozšíriť o akéhosi „sprievodcu nastavením“, ktorý by viedol i technicky málo zdatného užívateľa pri nastavení výcvikovej zbrane. Dobrým príkladom takéhoto sprievodcu by mohol byť pokyn pre užívateľa k stlačeniu spúšte nasledovaný automatickým upravením nastaviteľného parametru zbrane týkajúceho sa správneho načasovania výstrelu pri stlačení spúšte do určitej polohy, napríklad iba po potvrdení príslušným tlačidlom z grafického užívateľského rozhrania.



Obr.34 – Ukážka funkčnosti servisného programu

Napriek tomu, že sa to pri súčasnom počte a rozmanitosti výcvikových zbraní ukázalo nepraktické. Ďalšou možnosťou rozšírenia servisného programu by mohla byť realizácia jeho univerzálneho editoru, ktorý by umožnil pridávať do programu nové výcvikové zbrane iba výberom z už vopred prichystaných možností zobrazovaných hodnôt, podľa použitých snímačov, v špeciálnom grafickom užívateľskom rozhraní, bez nutnosti zásahu do zdrojového kódu.

9 ZÁVER

V prvej časti práce je podrobne vysvetlený pojem simulácie, zahŕňajúc jej historický vývoja a použité v rôznych odvetviach ľudskej činnosti (viz kapitola 2.1 – Simulácia). Dôraz je kladený najmä na využitie simulácie pri vzdelávaní a značná porcia tohto rozboru je tiež venovaná počítačovej simulácii, ktorá umožnila vytváranie virtuálnych prostredí.

Následne je opísaný samotný virtuálny zbraňový simulátor SAVIT pre tréning ozbrojených zložiek (viz kapitola 2.2 – Virtuálne simulátory, SAVIT). Práca pojednáva nielen o jeho použití, ale taktiež i o jeho komponentoch. Opisuje projekčnú stenu, princíp a presnosť vyhľadávania bodu zamiereného pomocou výcvikovej zbrane i rýchlosť, ktorou je možné tento bod sledovať. Popisuje tiež možnosti stanice inštruktora a virtuálnej reality, taktiež jej tvorbu i úroveň jej realistického dojmu.

Nie je vynechaný ani opis samotnej výcvikovej zbrane (viz kapitola 2.3 – Stavba výcvikovej zbrane). Ten je realizovaný na príklade repliky MP5 a obsahuje popis elektrickej stavby jednotlivých častí výcvikovej zbrane. Tie zahŕňajú funkčné časti ako napríklad Wi-fi komunikačný modul, laserový zameriavací systém, spúšť, pripojenie k počítaču pomocou USB, navigačný modul alebo ovládanie pneumatickej časti zabezpečujúcej spätný ráz.

Komunikácia výcvikovej zbrane s počítačom je realizované pomocou prenosového protokolu CANaerospace po zbernici USB, preto je v rámci práce tiež opísaná samotná univerzálna sériová zbernica USB, jej verzie, typy konektorov a použitie. Oveľa väčší priestor je však venovaný protokolu CANaerospace, ktorý bol pôvodne navrhnutý na veľmi spoľahlivú komunikáciu po sériovej zbernici CAN a využívaný v letectve. Pomocou tabuliek sú opísané základné typy správ používaných k rôznym sieťovým operáciám, základné i kombinované dátové typy, ktoré tento protokol definuje. Podrobne je popísaný tiež spôsob kódovania samotných správ v CANaerospace (viz kapitola 3 – Prenosový protokol).

Ďalšia časť práce pojednáva o parametroch jednotlivých výcvikových zbraní. Boli vytipované parametre týchto zbraní, ktoré je vhodné sledovať a zobrazovať servisným programom, keďže ich správnosť je kritická pre funkčnosť daných výcvikových zbraní. Tieto parametre bolo možné rozdeliť na povinné údaje, ktoré musí obsahovať každá výcviková zbraň, určené iba k zobrazeniu bez možnosti úpravy, a parametre, ktoré je možné servisným programom upravovať. Tieto nastaviteľné parametre sú však špecifické pre jednotlivé výcvikové zbrane rovnako ako cyklicky vysielané informácie o stave výcvikovej zbrane, preto sú zobrazené v prehľadných tabuľkách odpovedajúcich danej výcvikovej zbraň. Keďže v čase realizácie tejto práce je dostupný iba obmedzený počet typov výcvikových zbraní a aplikácia servisného programu na niektoré ďalšie typy výcvikových zbraní by mohla byť realizovaná i kombináciou niektorých z už implementovaných, obsahuje servisný program aj dve rezervné typy výcvikových zbraní bez bližšej špecifikácie (viz kapitola 4 – Sledované parametre zbraní).

Hmatateľným výsledkom tejto práce je tiež grafické užívateľské rozhranie servisného programu výcvikových zbraní. Po preskúmaní rôznych možností opísaných v práci a dohode s hardwarovým i softwarovým oddelením firmy Saab, pre ktorú bolo realizované zadanie tejto práce, bol zvolený k vytvoreniu servisného programu vývojový nástroj Microsoft Visual Studio a programovací jazyk C#. Toto prostredie i použitý jazyk boli zvolené nielen pre ich výhody zo strany programátora, ale taktiež pre ich kompatibilitu s ďalšími projektmi zadávajúcej firmy a jej víziu do budúcnosti. Samotné grafické užívateľské rozhranie servisného programu pozostáva v podstate z hlavného okna zobrazujúceho aktuálny stav pripojenia a automaticky zobrazovaných okien jednotlivých výcvikových zbraní. Tieto obsahujú kompaktne a jasne zobrazené vytipované parametre danej výcvikovej zbrane s možnosťou prípadných úprav, jej fotografiu s označením umiestnenia jednotlivých komponentov a logo firmy (viz kapitola 5 – Návrh vizuálnej časti programu).

S využitím programovacieho jazyka C# bol implementovaný samotný servisný program výcvikových zbraní, ktorý možno označiť aj ako hlavný cieľ tejto práce. Medzi jeho najdôležitejšie funkcionality patrí automatické zistenie typu výcvikovej zbrane pripojenej k USB portu počítača, prepnutie výcvikovej zbrane do servisného módu, zápis i vyčítanie dát z vnútornej pamäte výcvikovej zbrane a spracovávanie cyklicky vysielaných dát podávajúcich informáciu o aktuálnom stave pripojenej výcvikovej zbrane (viz kapitola 6 – Implementácia programu).

K implementácii servisného programu bola nevyhnutná i realizácia komunikácie tohto programu s mikroprocesormi výcvikových zbraní prostredníctvom rozhrania USB. Keďže výcvikové zbrane využívajú k spracovaniu signálu z USB zbernice FTDI prevodníky, boli pri realizácii komunikácie s nimi použité knižnice FTDI a k správne fungovaniu servisného programu je potrebná inštalácia voľne dostupných FTDI ovládačov. Ku komunikácii servisného programu s výcvikovými zbraňami bol taktiež použitý samostatný program CanAerospaceServer, prevádzajúci správy z formátu CANaerospace na formát ADAM 4525 (viz kapitola 7 – Realizácia komunikácie).

Funkčnosť servisného programu bola otestovaná v reálnej prevádzke za pomoci viacerých typov výcvikových zbraní. Testovali ju skúsení pracovníci i pracovníci technicky menej zdatní a ich pripomienky boli zohľadnené vo výslednej podobe servisného programu. Servisný program bol testovaný tiež aj pred, počas i po zaťažovacích skúškach niektorých výcvikových zbraní, pričom sa neobjavili žiadne nedostatky (viz kapitola 8.1 – Zaťažovacia skúška). Otestovala sa však i schopnosť servisného programu kompenzovať nepresnosť mechanickej konštrukcie výcvikovej zbrane úpravou jej nastaviteľných parametrov.

Na záver boli zhodnotené celkové výsledky tejto práce a popísané možnosti vylepšenia servisného programu (viz kapitola 8.2 – Zhodnotenie výsledkov). Program pre servis a nastavenie výcvikových zbraní bol úspešne implementovaný a jeho funkčnosť overená rôznymi spôsobmi testovania. Zobrazuje nielen premenlivé údaje o aktuálnom stave výcvikovej zbrane, ale umožňuje aj úpravu jej nastaviteľných parametrov alebo tiež vzdialené ovládanie výstrelov. Nadviazaním na túto prácu by

mohlo byť vytvorenie programu slúžiaceho k automatickej úprave nastaviteľných parametrov výcvikových zbraní pomocou sekvencie ešte jednoduchších krokov, samostatné grafické užívateľské rozhranie slúžiace k pridávaniu nových typov výcvikových zbraní do servisného programu kombináciou už existujúcich alebo tiež zdokumentovanie samotných výcvikových zbraní.

Literatúra

- [1] SHARP, John.: Microsoft Visual C# 2010, 1. vyd. Brno, Computer Press, 2010. 696 s. ISBN 978-80-251-3147-3
- [2] VIRIUS, Miroslav.: 1001 tipů a triků pro C++, 1. vyd. Brno, Computer Press, 2011. 450 s. ISBN 978-80-251-2941-8
- [3] STOCK, M.: CANaerospace specification [online]. Berg (DE): Michael Stock Flight Systems, 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: http://www.stockflightsystems.com/tl_files/downloads/canaerospace/canas_17.pdf
- [4] SAAB AB, *Defexpo 2014: SAVIT: The Next Step In Training Soldiers*. In: Youtube [online]. 2014, poslední revize 12.2.2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=7ENd5ET25o8>
- [5] SAAB AB, *Small Arms Training - SAVIT*. In: Youtube [online]. 2012, poslední revize 2.2.2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=IxJuDag6zRA>
- [6] SAAB CZECH. Virtuální simulátory. *Saab AB* [online]. 2008 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.saabczech.cz/produkty-a-sluzby/virtualni-simulatory/>
- [7] SAAB CZECH. Small arms virtual indoor trainer. *Saab AB* [online]. 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.saabczech.cz/files/savit.pdf>
- [8] SAAB CZECH. Terrain databases and 3-D models. *Saab AB* [online]. 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.saabczech.cz/files/terrain%20databases%20and%203d%20models.pdf>
- [9] SAAB CZECH. Simulated military equipment. *Saab AB* [online]. 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.saabczech.cz/files/simulated%20military%20equipment.pdf>
- [10] SAAB CZECH. Image generator. *Saab AB* [online]. 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.saabczech.cz/files/image%20generator.pdf>
- [11] SAAB CZECH. Complete dome solution. *Saab AB* [online]. 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.saabczech.cz/files/complete%20dome%20solution.pdf>
- [12] SAAB CZECH. Computer based training. *Saab AB* [online]. 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.saabczech.cz/files/computer%20based%20training.pdf>
- [13] CAN bus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus
- [14] Universal Serial Bus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus

- [15] Simulation. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>
- [16] Laser safety. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_safety
- [17] CANaerospace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/CANaerospace>
- [18] Master/slave. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Master/slave>
- [19] Plug-and-play. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Plug-and-play>
- [20] Endianita. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Endianita>
- [21] Introduction to.NET. MICROSOFT. *TechNet* [online]. 2015 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://blogs.msdn.com/b/dotnet/archive/2014/12/04/introducing-net-core.aspx>
- [22] C# for C++ Developers. MICROSOFT. *MSDN-the microsoft developer network* [online]. 2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/yyaad03b%28v=vs.90%29.aspx>
- [23] What is the difference between C# and C++?. RAPID PROGRAMMING. *Rapid Programming* [online]. 2014 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.rapidprogramming.com/questions-answers/What-is-the-difference-between-C-Sharp-and-C-plus-plus--713>
- [24] Technical Data G36. 2015. Heckler & Koch [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.heckler-koch.com/en/products/military/assault-rifles/g36/g36/technical-data.html>
- [25] HP MKIII. 2015. FN HERSTAL [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: http://www.fnherstal.com/primary-menu/products-capabilities/handguns/general/product/263/295/263/5/_/hp-mkiii.html
- [26] Small Arms Training System. E-COM. *E-COM* [online]. 2009 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.e-com.cz/simulators-ground-small-arms-training-system.php>
- [27] FUTURE TECHNOLOGY DEVICES INTERNATIONAL. *FTDI Chip* [online]. 2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.ftdichip.com/>
- [28] MATOUŠEK, David: USB prakticky s obvody FTDI, 1. vyd. Praha, BEN – technická literatura, 272 s. ISBN 8073001039

Zoznam použitých skratiek a termínov

m	meter (jednotka dĺžky)
Hz	Hertz (jednotka frekvencie)
ms	milisekunda (jednotka času)
hPa	hektopascal (jednotka tlaku)
API	viacplatformové rozhranie pre programovanie aplikácií
OpenGL	API k akcelерованým grafickým kartám
SAVIT	Simulátor malých ručných zbraní (firmy Saab)
Scenario editor	aplikácia operátorskej stanice umožňujúca zmenu tréningového scenáru
GPS	globálny polohový systém
Windows	operačné systémy (firmy Microsoft) s grafickým užívateľským rozhraním
USB	Universal Serial Bus (sériová zbernica)
CAN	Controller Area Network (sériová zbernica)
Plug&Play	schopnosť automatického rozpoznania a konfigurácie pripojeného zariadenia
Master	nadradené zariadenie v rámci modelu komunikácie Master/Slave
ISO	International Organization for Standardization
paket	blok prenášaných dát
ISO/OSI	referenčný model riešenia komunikácie v počítačových sieťach
GUI	grafické užívateľské rozhranie
Debug	mód hľadania a ladenia chýb
Wi-fi	bezdrôtová komunikácia
Screen-tracking	v danom kontexte vyhľadávanie zamiereného bodu
CAN ID	identifikátor správy zasielanej po zbernici
RAW	nespracovaný
joystick	pákový ovládač
DPS	doska plošných spojov
LED	dióda emitujúca svetlo
ASCII	americký štandardný kód pre výmenu informácií
FTDI	spoločnosť Future Technology Devices International

Zoznam obrázkov

Obr.1 – Drevený simulátor používaný počas prvej svetovej vojny [15]	9
Obr.2 – Ukážka použitia Simulátoru malých ručných zbraní SAVIT [9]	11
Obr.3 – Ukážka simulovaného virtuálneho prostredia [10]	12
Obr.4 – Výcviková zbraň MP5	14
Obr.5 – Pripojenie USB charger modulu k Base board	16
Obr.6 – Typy USB konektorov [14]	17
Obr.7 – Kódovanie správ v CANaerospace [3]	22
Obr.8 – Príklad zobrazenia povinných údajov každej zbrane v servisnej aplikácii	23
Obr.9 – Výcviková zbraň MP5	24
Obr.10 – Výcviková zbraň G3	26
Obr.11 – Výcviková zbraň AK103	29
Obr.12 – Výcviková zbraň GP34	30
Obr.13 – Výcviková zbraň MG3	32
Obr.14 – Výcviková zbraň M60	34
Obr.15 – Výcviková zbraň G36 [24]	36
Obr.16 – Výcviková zbraň RPG7	39
Obr.17 – Výcviková zbraň LRT3	41
Obr.18 – Výcviková zbraň COYOTE	43
Obr.19 – Výcviková zbraň TIMBERWOLF	45
Obr.20 – Výcviková zbraň BROWNING [25]	46
Obr.21 – Výcviková zbraň GLOCK	47
Obr.22 – Prvá časť GUI	51
Obr.23 – Druhá časť GUI	51
Obr.24 – Prvok NumericUpDown použitý v GUI	52
Obr.25 – LED signalizácia použitá v GUI	52
Obr.26 – Prvok ProgressBar použitý v GUI	53
Obr.27 – Prvok Button použitý v GUI	53
Obr.28 – Prvok TrackBar použitý v GUI	53
Obr.29 – Navi časť GUI	54
Obr.30 – Tvar správy vo formáte ADAM 4525	58
Obr.31 – Príklad správy vo formáte ADAM 4525	59
Obr.32 – Realizácia komunikácie servisnej aplikácie s výcvikovou zbraňou	59
Obr.33 – Výcviková zbraň počas zaťažovacej skúšky	60
Obr.34 – Ukážka funkčnosti servisného programu	62

Zoznam tabuliek

Tab.1 – Typy správ definovaných v CANaerospace	19
Tab.2 – Základné dátové typy definované v CANaerospace	20
Tab.3 – Kombinované dátové typy definované v CANaerospace	21
Tab.4 – Čísla registrov povinných údajov výcvikových zbraní	24
Tab.5 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane MP5	25
Tab.6 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane MP5	25
Tab.7 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane G3	26
Tab.8 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane G3	27
Tab.9 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane AK103	28
Tab.10 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane AK103	29
Tab.11 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane GP34	30
Tab.12 – Bitové stavy obsiahnuté v TriggerFlagStatus byte výcvikovej zbrane GP34	30
Tab.13 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane GP34	31
Tab.14 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane MG3	32
Tab.15 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane MG3	33
Tab.16 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane MG3	33
Tab.17 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane M60	34
Tab.18 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane M60	35
Tab.19 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane M60	35
Tab.20 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane G36	36
Tab.21 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane G36	37
Tab.22 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane RPG7	38
Tab.23 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus byte výcvikovej zbrane RPG7	39
Tab.24 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane LRT3	40
Tab.25 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane LRT3	41
Tab.26 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane LRT3	41
Tab.27 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane COYOTE	42
Tab.28 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane COYOTE	43
Tab.29 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane COYOTE	43
Tab.30 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane TIMBERWOLF	44
Tab.31 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane TIMBERWOLF	45
Tab.32 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane TIMBERWOLF	45
Tab.33 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane BROWNING	46
Tab.34 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane BROWNING	46
Tab.35 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane BROWNING	47
Tab.36 – Cyklicky vysielané údaje výcvikovej zbrane GLOCK	48
Tab.37 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus0 byte výcvikovej zbrane GLOCK	49
Tab.38 – Bitové stavy obsiahnuté v FlagStatus1 byte výcvikovej zbrane GLOCK	49

Zoznam príloh

Príloha 1 – DVD obsahujúce zdrojové texty servisného programu a demonštračné video