

Skupinová spolupráce mobilních robotických strážních systémů a jejich návaznost na činnost elektronických zabezpečovacích zařízení ve věznicích Vězeňské služby ČR.

Cooperation of the swarm robotic guard systems and their compactibility with the activity of electronic security systems in prisons for the Prison services of Czech Republic.

Bc. Dušan Toral

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dušan TORAL**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Skupinová spolupráce mobilních robotických strážních systémů a jejich návaznost na činnost elektronických zabezpečovacích zařízení ve věznicích Vězeňské služby ČR.**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rozbor a návrh konfigurace mobilních robotických strážních systémů typu rojových robotů (swarm robotic system).
2. Zpracujte návaznost na informační systém vězeňské služby, analýza nároků na komunikaci robotů s ostrahou, vězni i návštěvami.
3. Zpracujte návrh propojení s elektronickými zabezpečovacími systémy, palebnými systémy a EPZ.
4. Zpracujte začlenění rojových robotů při řešení krizových situací.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Kvasnica Milan, **Současné směry ve vývoji vojenských a bezpečnostních robotických systémů. Sborník konference Perspektivní bezpečnostní technologie ochrany majetku, 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. s. 128-135.**
2. Wesley E. Snyder, **Industrial Robots - Computer Interface and control, North Carolina State University**
3. Kvasnica M., **Modular Sensory System for Robotics and Human-Machine Interaction Based on Optoelectronic Components. Encyclopedia of Mobile Computing and Commerce, 2-volume set, Editor Taniar D., Nakladatelství IGI Global, Pennsylvania, USA, 2007, ISBN 978-1-59904-002-8.**
4. McKerrow Philip John, **Introduction to Robotics, Addison-Wesley Publishing company, Australia**
5. Craig J. John, **Introduction to Robotics - Mechanics and control, Addison-Wesley publishing company, Stanford University**

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Milan Kvasnica, CSc.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

7. června 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Doposud byly robotické technologie využívány téměř výhradně v průmyslových odvětvích, nyní se začínají využívat robotické roje, které jsou inspirovány přirozenou existencí podobných útvarů mezi zvířaty. Pro správné plnění úkolů robotického roje je nejdůležitější jejich správná konfigurace. Operační systém oživuje spolupráci mezi jednotlivými členy hejna a je proto velmi důležitý pro správné plnění zadaného úkolu. Vězeňská služba České republiky může jako první v Evropě využívat robotické roje k ostraze věznic. Využití autonomních palebných systémů není současnou legislativou upraveno, proto se v práci věnuji pouze sledovacím robotům bez aktivní interakce s pachatelem.

Klíčová slova: robotický roj, konfigurace robotu, vězeňská služba ČR, ostraha věznic,

ABSTRACT

Until now, the robotic technologies were used almost entirely in industries, however at present they are starting to be applied also the security branch. The recent progress in swarm robotics is inspired by similar systems in animals and represents a very promising improvement for the security branch. The most important feature for appropriate task performance by the robot swarm is the correct configuration of the robots. The operating system initializes the cooperation between individual members of the swarm and is therefore the most important component for correct task performance. At present, the robot swarms are not used in prison service. In this thesis, I try to show the possibilities of utilization of swarm robotic guard system. The application of a fire system is however not legislatively feasible. Therefore I will consider only the monitoring without active interaction with the offender.

Keywords: swarm robotics, robot configuration, Prison service of the Czech Republic, prison service

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Milanu Kvasnicovi CSc., za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl, a dále za soustavnou pozornost, kterou mi věnoval při vypracování diplomové práce. Dále děkuji Ing. et. Ing. Erikovi Královi za pomoc při konečném zpracování diplomové práce.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná diplomová práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 11.6.2010

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 ČÁSTI ROBOTŮ | 11 |
| 1.1 POHYBOVÁ ZAŘÍZENÍ..... | 11 |
| 1.1.1 Kolový podvozek..... | 11 |
| 1.1.2 Pásový podvozek..... | 12 |
| 1.1.3 Kráčející podvozek..... | 12 |
| 1.1.4 Plazivé provedení..... | 12 |
| 1.1.5 Létaající nástavba..... | 13 |
| 1.1.6 Plující nebo plavající zařízení..... | 13 |
| 1.2 ZDROJ ENERGIE..... | 13 |
| 2 ROZDĚLENÍ ROBOTŮ..... | 14 |
| 2.1 INFORMAČNÍ ROBOTY..... | 14 |
| 2.2 SERVISNÍ ROBOTY..... | 14 |
| 3 ROJOVÉ ROBOTY..... | 16 |
| 3.1 TYPY AGENTŮ..... | 16 |
| 3.1.1 Kognitivní agenti..... | 17 |
| 3.1.2 Reaktivní agenti..... | 17 |
| 3.2 NAVIGACE..... | 17 |
| 3.2.1 Relativní navigace..... | 18 |
| 3.2.1.1 Dead reckoning navigation (navigace výpočtem)..... | 18 |
| 3.2.1.2 Inertní navigace..... | 19 |
| 3.2.2 Absolutní navigace..... | 19 |
| 3.2.2.1 GPS navigace..... | 19 |
| 3.2.2.2 Navigace pomocí senzorů..... | 19 |
| 3.2.2.3 Sledování vodící čáry a značek..... | 20 |
| 3.3 ŘÍDICÍ SYSTÉMY..... | 20 |
| 3.3.1 Architektura reaktivního agenta..... | 20 |
| 3.3.2 Funkční dekompozice..... | 21 |
| 3.3.3 Hybridní architektura..... | 21 |
| 3.4 ROBOTIKA HEJNA..... | 21 |
| 3.5 HEJNOVÁ INTELIGENCE (SWARM INTELIGENCE)..... | 22 |
| 3.5.1 Optimalizační algoritmy založené na rojové inteligenci..... | 23 |
| 3.5.1.1 Optimalizace rojením částic (PSO; particle swarm optimization) ... | 23 |
| 3.5.1.2 Mravenčí kolonie (ACO; Ant Colony Optimization)..... | 23 |
| 3.5.1.3 Náhodné rozptylové vyhledávání (SDS; Stochastic Diffusion Search | 24 |
| 3.5.1.4 Inteligentní vodní kapky (IWD, Intelligent water drops)..... | 24 |
| 3.5.1.5 Gravitational search algorithm (GSA)..... | 24 |
| 3.6 INTERAKCE ROBOTŮ..... | 24 |
| 3.6.1 Komunikace..... | 24 |
| 3.6.2 Kooperace..... | 25 |
| 3.6.3 Koordinace..... | 25 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST..... | 26 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | KONFIGURACE MOBILNÍCH ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ | 27 |
| 4.1 | PASIVNÍ SLEDOVACÍ SYSTÉM..... | 28 |
| 4.1.1 | Kamerový systém | 28 |
| 4.1.1.1 | Rozlišení | 28 |
| 4.1.1.2 | Objektiv | 29 |
| 4.1.1.3 | Další funkce | 30 |
| 4.1.2 | Záznam obrazu za snížené viditelnosti | 30 |
| 4.1.3 | Doplňkové způsoby střežení | 31 |
| 4.1.4 | Napájení | 31 |
| 4.1.5 | Podvozek..... | 32 |
| 4.1.6 | Komunikace | 32 |
| 4.1.6.1 | Elektromagnetická kompatibilita EMC | 33 |
| 4.1.7 | Zjišťování polohy | 33 |
| 4.2 | AKTIVNÍ SYSTÉM..... | 34 |
| 4.2.1 | Ochrana robotu..... | 37 |
| 5 | POČÍTAČOVÝ SOFTWARE A HARDWARE | 38 |
| 6 | INFORMAČNÍ SYSTÉM VĚZEŇSKÉ SLUŽBY | 39 |
| 7 | SPOLUPRÁCE ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ S VS ČR | 41 |
| 8 | ŘEŠENÍ KRIZOVÝCH SITUACÍ | 42 |
| 9 | LEGISLATIVA | 43 |
| | ZÁVĚR | 44 |
| | ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ | 45 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 46 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 50 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 51 |

ÚVOD

Doposud byly robotické technologie využívány téměř výhradně v průmyslových odvětvích. Nyní se již pokrok v těchto technologiích dostal na takovou úroveň, která dovoluje využití robotických systémů i v jiných odvětvích společenského života, kde je možné využití robotů i při ochraně společnosti.

Současné inteligentní robotické systémy již splňují požadavky na vlastní vnitřní i vnější zpětnou vazbu, která jim dovoluje vysoký stupeň samostatnosti. Mimo těchto vlastností jsou současné robotické systémy schopny i vzájemné spolupráce a interakce, jak s ostatními roboty, tak i s lidmi. Takovým skupinám robotů (robotickým rojům) bude v blízké budoucnosti vyhrazen velký prostor, protože takové systémy umí ušetřit vynaložené finanční prostředky a snížit riziko ohrožení života. V rámci jednoho roje lze totiž využít roboty několika kategorií, mohou to být např. akční roboty, asistenční roboty, servisní roboty, nebo roboty informační.

Inteligentní skupiny robotů (angl. swarm robotics systems) nemají v České republice takové využití, jaké by si vzhledem ke svým vlastnostem zasloužili. Dá se očekávat, a zkušenosti s robotickými systémy tomu nasvědčují, že v blízké budoucnosti nastane jejich hromadné nasazování do praxe.

Robotické roje doposud nebyly nikde na světě zapojeny do ostrahy věznic a jejich využití jako strážních systémů se plánuje na letištích nebo ve velkých nákupních střediscích, kde budou mít pouze monitorovací úlohu s cílem sledovat vytipované osoby z databáze zájmových osob.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČÁSTI ROBOTŮ

Asi každý si dokáže představit robotu humanoida, určitě jste viděli nějaký sci-fi film s takovým robotem. Většina robotických zařízení má ovšem mnohem praktičtější tvar, který vychází z konkrétních požadavků na dané zařízení. Není proto výjimkou když se setkáme se zařízením stacionárním, nebo zařízením, které „nevidí“.

V této kapitole jsou popsány hlavní části robotických zařízení, ne všechny tyto části musí být nutně použity při konstrukci konkrétního robotu.

1.1 Pohybová zařízení

Pohybová zařízení jsou velmi důležitá část, chceme-li, aby se náš robot sám pohyboval. V současné době se již roboty umí pohybovat nejen na zemi, ale i ve vzduchu a ve vodě.

1.1.1 Kolový podvozek

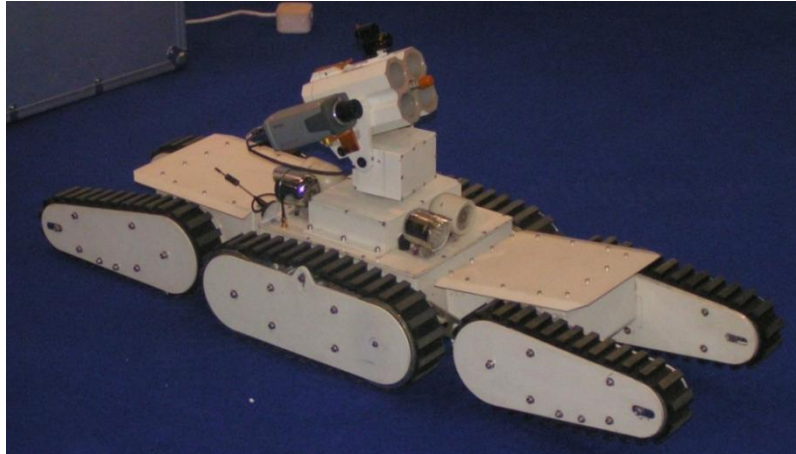
Asi nejběžněji používaný druh podvozku, který není třeba více popisovat. Je vhodný pro pevný podklad bez schodů a nerovností (Obr. 1).



Obrázek 1: Kolový podvozek (převzato z [23])

1.1.2 Pásový podvozek

Tento typ podvozku je vhodný do terénu, protože je schopen překonávat překážky a zaručuje dostatečnou pohyblivost i v místech kde se kolový podvozek neuplatní (Obr. 2).



Obrázek 2: Pásový podvozek (převzato z [23])

1.1.3 Kráčejší podvozek

Kráčejší podvozek je velmi specifický a je používán u aplikací simulující pohyb hmyzu.

1.1.4 Plazivé provedení

Robotičtí hadi jsou využíváni nejvíce v průzkumných aplikacích, jako jsou roboty prozkoumávající potrubí, nebo u robotů záchranářů např. ve zřícených budovách, kde vyhledávají přeživší (Obr. 3).



Obrázek 3: Robot had (převzato z [23])

1.1.5 Létající nástavba

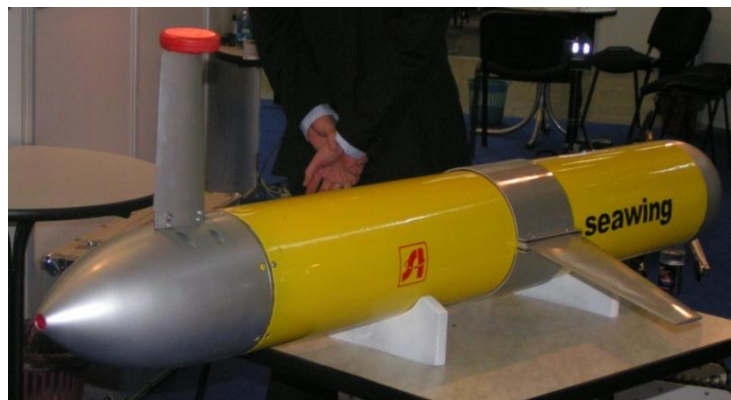
Létající roboty jsou téměř výhradně používáni ozbrojenými složkami k vyhledávání a průzkumu palebných prostředků nepřítele (Obr. 4).



Obrázek 4: Létající robot (převzato z [23])

1.1.6 Plující nebo plavající zařízení

Roboty pracující ve vodě jsou nasazovány ve vědeckých misích na prozkoumávání mořského dna, nebo u ropných vrtů na moři kde monitorují stav potrubí pod hladinou (Obr. 5).



Obrázek 5: Robotická ponorka (převzato z [23])

1.2 Zdroj energie

Existují dva způsoby jak dodat robotu potřebnou energii. První je že robot si potřebnou energii veze sebou v baterii. Druhý způsob je kabelem, který robot táhne za sebou. Při druhém způsobu je napájecí kabel kombinovaný s kabelem, kterým je robot řízen.

2 ROZDĚLENÍ ROBOTŮ

2.1 Informační roboty

Informačními jsou takové roboty, kteří poskytují informace nám, nebo jiným zainteresovaným složkám, skupinám nebo jednotlivcům. Do skupiny informačních robotů patří i roboty, kteří informují o situaci i další osoby, které takovou informaci potřebují např. z důvodu nalezení správné cesty. Podávané informace mohou být obrazové, zvukové, nebo v jakékoliv jiné formě s odpovídající zřetelností.

Důležitou schopností informačních robotů je schopnost komunikace oběma směry, to znamená, že mohou informace přijímat a zpracovávat, ale i předávat v požadované formě dál [1].

2.2 Servisní roboty

Zatímco dříve do této kategorie patřily především roboty pro záchranářské a vyprošťovací práce, odstraňování min a výbušnin nebo hlídání důležitých objektů, v budoucnu vzroste zejména počet mobilních vojenských robotů pro bojové použití. Odborníci očekávají, že v příštích deseti až patnácti letech budou v armádách vyspělých států stále častěji používána plně robotizovaná dálkově řízená špionážní, průzkumná i bojová bezpilotní letadla a bezobslužná bojová vozidla kategorie SWORDS vybavená automatickými zbraněmi nebo raketami, která se již osvědčila při vojenských operacích v Iráku a v Afghánistánu (Obr. 6) [18].



Obrázek 6:
Vozidlo SWORDS
(Převzato z [18])

Servisní roboty plní tedy nejrůznější úkoly od manipulace s břemeny až po vysoce sofistikované vojenské operace, nebo chirurgické zákroky. Servisními roboty jsou tedy takové systémy, které lidem usnadňují práci, nebo jej umí nahradit v nebezpečných situacích. Servisní roboty můžeme nalézt téměř ve všech odvětvích lidské činnosti. Servisní roboty pracují v zemědělství, stavebnictví a mimo jiné i v průmyslu komerční bezpečnosti.

V PKB jsou roboty využívány ke hlídání objektů, kdy mají za úkol detekovat pohyb a identifikovat osobu nebo osoby ve svém úseku. Další kategorií bezpečnostních robotů jsou roboty požární. Jedna skupina požárních robotů detekuje průvodní jevy požáru, které vyhodnocuje a v případě požáru vyhlásí poplach. Druhá skupina požárních robotů je vybavena hasicím zařízením a je určena ke zdolávání požáru.

3 ROJOVÉ ROBOTY

Mobilní skupinové robotické systémy jsou skupiny mobilních robotů (agentů), kteří jsou samostatně schopni se přemísťovat v daném prostředí a čase [24]. Jednotlivé roboty ve skupině jsou schopni vzájemně komunikovat a koordinovat své jednání, nejsou však nijak mechanicky propojeni [17,12]. Jsou vrcholem robotického průmyslu, kombinují v sobě složité inteligentní řídicí systémy (prvky umělé inteligence) s nejmodernějšími automatickými pohonnými systémy, tak aby byly v daném prostředí vždy schopny samostatně splnit požadovanou úlohu i za předpokladu nutnosti překonat určité překážky. Vznik takovýchto robotů umožňuje rozsáhlá mezioborová spolupráce, která většinou zahrnuje matematiky, fyziky, strojní inženýry a případně také biology. Robotická hejna jsou inspirována přirozenou existencí podobných útvarů mezi zvířaty (kolonie mravenců, včel, hejna ptáků, skupiny šelem). Pro jejich řízení jsou používány vývojové algoritmy [32] i algoritmy inspirované existencí spolupracujících skupin organismů v přírodě [27,25]. V současné době jsou využívány zejména v zemědělství, průmyslu a v oblastech s hrozcím nebezpečím (chemická kontaminace, výbušná zařízení apod.), ale stále postupující pokrok v této oblasti umožňuje jejich využití také pro asistenční robotické technologie například v bezpečnostních složkách [23]. Jejich konstrukce se liší zejména v závislosti na předpokládaném pracovním prostředí a plněných úkolech.

Mobilní robotické systémy je možno rozdělit na dvě základní skupiny – makroskopické a mikroskopické. Pro strážné systémy je využíváno pouze makroskopických robotických systémů, a proto se dále budu věnovat především jim. V porovnání s mikroskopickými modely jsou tyto modely snáze analyzovatelné vzhledem k větší podobnosti s přirozeně se vyskytujícími hejny organismů [29].

3.1 Typy agentů

Pro výběr typů agentů použitých v robotickém roji existují dva základní přístupy - reaktivní a kognitivní [13]. Kognitivní skupina je charakterizována přítomností malého množství inteligentních agentů, zatímco reaktivní skupina nepovažuje přítomnost inteligence u jednotlivých agentů za nezbytnou pro fungování multi-agentního systému. V současné době začíná být využíván také hybridní systém, kombinující oba dva přístupy [13].

3.1.1 Kognitivní agenti

Kognitivní agent musí obsahovat nebo mít přístupna všechna data a schopnosti, aby byl schopen shromáždit potřebné informace, komunikovat s prostředím a interagovat s ostatními agenty pomocí komunikace kooperace a vzájemných dohod, tak aby celý systém dosáhl určeného cíle [34]. Kognitivní agent tak musí být schopen pracovat nezávisle na ostatních agentech a samostatně splnit relativně složité úkoly. Pro konkrétní řešení se tyto agenti rozhodují racionálně na základě získaných informací [13].

3.1.2 Reaktivní agenti

Reaktivní agenti, na rozdíl od kognitivních, se nevyznačují schopností samostatně nalézt řešení zadaného úkolu [13]. V tomto případě vzniká inteligence roje pouze na základě interakcí mezi jednotlivými agenty a mezi agenty a prostředím [13]. Reaktivní agenti jsou řízeni jejich vnitřními mechanikou nebo externími stimulacemi, vyslanými ostatními agenty nebo okolím, a vzhledem nedostatečnému množství informací, které jsou schopny získat, nedělají samostatně žádná rozhodnutí.

3.2 Navigace

Pro správnou funkci kolektivu robotů je velmi důležitá jeho navigace. Navigace se skládá ze dvou základních částí – lokalizace a plánování. Lokalizací je v robotice myšlena schopnost robotu správně určit přesnou pozici v prostoru z údajů, které mu předávají senzory [8]. Plánováním je myšlen výpočet cesty skrz mapu, která představuje prostředí, ve kterém se roboty pohybují. Konkrétní trasa je pak vybrána podle charakteristiky plněného úkolu a spolehlivá mapa je tak základním předpokladem pro správné fungování rojových robotů.

Míra potřeby schopnosti robotů pohybovat se v prostředí záleží zejména na jejich potenciálním určení a pohybuje se od schopnosti vyhnout se statické překážce, pro samostatné naplánování optimální trasy nutné pro splnění úkolu a v případě rojových robotů je také důležitá jejich vzájemná koordinace. Zamezení kolizí s překážkami zajišťuje tzv. lokální navigace. Tato navigace využívá souřadnicový systém robotu a v dostatečném časovém předstihu upozorňuje na přítomnost překážky. Lokální navigaci je podřízena tzv. globální navigace, která určuje trajektorie, po které se robot bude pohybovat z bodu A do bodu B a případně dále

[24]. Globální navigace využívá souřadnicový systém daného prostředí (např. patra budovy), který je společný pro všechny roboty v roji. Pro vytváření mobilních robotických systémů jsou používány roboty, kteří nevyžadují dálkové ovládání, ale jsou schopni samostatně vykonávat zadaný úkol. Takoví roboty se nazývají autonomní.

Pro správnou lokalizaci a následně chování kolektivu robotů je důležitá především existence co nejpřesnější mapy nebo - pokud se roboty pohybují v interiéru – plánu budovy. Stejně tak podstatná je správná kompozice uzavřených regulačních obvodů a možnost jejich pozitivní i negativní vnitřní i vnější zpětné vazby [29,23]. V případě mobilních robotických systému je kriticky důležitá také homogenita v určení pozice jednotlivými roboty.

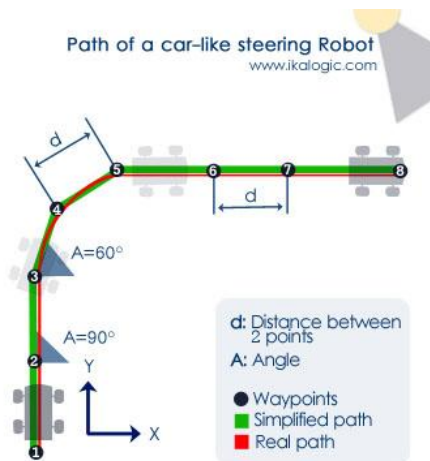
Pro různé účely jsou používány odlišné způsoby navigace, většinou je využíváno několik typů navigace zároveň.

3.2.1 Relativní navigace

Určuje polohu vzhledem k výchozímu bodu na základě uražené dráhy. Jde o poměrně jednoduchou metodu, která se ovšem vyznačuje poměrně vysokou chybovostí vznikající v důsledku sčítání chyb z jednotlivých měření. Samostatně je proto využívána zejména u robotů, u kterých je předpoklad pohybu pouze po relativně krátkých trajektoriích.

3.2.1.1 Dead reckoning navigation (navigace výpočtem)

Dává informaci o poloze jak robotu (robotům), tak člověku a umožňuje tak sledovat pohyb robotu z pevného externího místa. Poloha je vypočítávána na základě znalosti původní polohy a rychlosti a směru pohybu postupným přičítáním souřadnic bez jejich propojení pomocí vodících čar. Řídicí systém je vybaven modelem robotu, s jehož pomocí vypočítává z měnící se polohy pohybového ústrojí polohu těla robotu (Obr. 7). Algoritmy k výpočtu polohy touto metodou se liší v závislosti na typu podvozku robotu a je využíván zejména u robotů pohybujících se pomocí kol (neustálý kontakt s podložkou).



Obrázek 7: Navigace výpočtem

(převzato z [19])

3.2.1.2 Inertní navigace

Je založena na výpočtu zrychlení ve všech osách, ze kterého následně při znalosti startovní pozice vypočítá současnou pozici a zároveň rychlost. Metoda využívá k měření gyroskopů (úhlové zrychlení) a akcelerometrů (lineární zrychlení). Nevýhodou této metody je její vysoká chybovost a nízká přesnost při nízkých rychlostech. [19, 24]

3.2.2 Absolutní navigace

Umožňuje jednoznačné určení polohy vzhledem k referenčním bodům, jejichž poloha v globálním souřadnicovém systému je známá [24].

3.2.2.1 GPS navigace

Určuje polohu robotu vzhledem ke globálnímu souřadnicovému systému.

3.2.2.2 Navigace pomocí senzorů

Je využíváno dotykových i bezdotykových (laserové paprsky, elektromagnetické záření, akustické vlny) senzorů, které určují polohu vzhledem k referenčním bodům (vzdálenost a/nebo velikost úhlů). Při využití pro rojové robotické systémy je většinou umístěno více vysílačů v prostoru a přijímač signálu na těle robotu (robotů). Umístění vysílače na těle robotu je v tomto případě nevhodné [22, 24].

3.2.2.3 Sledování vodící čáry a značek

Při využití tohoto typu navigace se robot pohybuje z bodu A do bodu B po přesně dané dráze, která je označena indukčním vláknem zabudovaným pod podlahou, reflexní páskou, magnetickou páskou nebo UV, případně pomocí reflexních značek na stěnách a/nebo přirozeně se vyskytujících značek jako jsou rohy zdí. Výhodou metody je jednoduchost a spolehlivost, nevýhodou nízká flexibilita [3, 24].

Na určení polohy reaguje řídicí systém robota, který ze získaných hodnot určí optimální trajektorii potřebnou ke splnění úkolu [24].

3.3 Řídicí systémy

Řídicí systém je nejdůležitější část mobilního robota. Jeho úkolem je načíst informace předávané senzory, zpracovat je a co nejrychleji dát robotu pokyn k další činnosti. V případě rojových robotů jsou nároky na řídicí systém a jeho hardware extrémně vysoké, protože kromě klasických úkolů zajišťuje také vzájemnou komunikaci mezi jednotlivými roboty a koordinaci celého roje.

Existují dva základní přístupy k řízení robotů – přístup zdola nahoru a přístup shora dolů. U přístupu zdola nahoru jsou definovány základní moduly, které představují nejjednodušší chování a z nich jsou poté sestavovány složitější struktury chování. Jednotlivé moduly mají přímý přístup k sensorům a získaná sensorická data jsou využívána v nejvyšší možné míře. Naopak u přístupu shora dolů je definována nejsložitější úloha a jejím postupným rozkladem jsou generovány jednodušší podúlohy a každý modul využívá data z předchozího (nejsou tedy přímo využívána sensorická data). Na rozdíl od přístupu zdola nahoru dochází u přístupu shora dolů k modelování prostředí. Na konečném výstupu se podílí pouze poslední modul v řetězci. [21]

3.3.1 Architektura reaktivního agenta

Je nejjednodušším příkladem přístupu zdola nahoru [21]. Typicky odpovídá jeden senzor za jeden typ reakce prostřednictvím tzv. aktuátoru a celkové chování agenta je výsledkem odpovědi na signály ze všech sensorů. Reaktivní architektury se využívá zejména pro plnění jednodušších problémů v dynamicky se měnícím prostředí [7]. Velkou nevýhodou takto řízeného systému je fakt, že často jednotliví agenti často

jednají nepředvídatelně (jako důsledek přístupu k pouze omezenému množství informací) a jako systém často vykazují nestabilní chování [31].

3.3.2 Funkční dekompozice

Je typický příkladem přístupu shora dolů. V tomto případě agent nejprve vytvoří model prostředí, porovná ho s cílem, který má splnit a následně vytvoří plán, jak úkol provede. Tento typ řízení se používá pro velmi složité úlohy. Nevýhodou systému je postupné přebírání chyb jednotlivými moduly v řadě [21]. Tento přístup je využíván v případě kognitivních agentů [13]

3.3.3 Hybridní architektura

Vzhledem k mnoha nevýhodám a omezením, které jsou charakteristické pro oba typy přístupů, není ani jeden ze systémů schopen v reálném světě plně řešit zadané úkoly. Z tohoto důvodu se v současné době nejvíce využívá hybridní architektury řízení, která se obvykle skládá ze dvou základních komponent:

- Kognitivní část, která obsahuje symbolický model prostředí, ve kterém bude systém pracovat a mechanismus pro tvorbu plánu a rozhodnutí
- Reaktivní část, která je schopna reagovat na stimuly z vnějšího prostředí [33].

Pro hybridní systém je typická přítomnost dvou až tří stupňů hierarchie – v nejvyšší vrstvě je tvořen celkový plán akce. V druhé, střední, vrstvě jsou agenti schopní vybrat z určitých možností konkrétní plán, na základě vznikající situace, ale nejsou schopni tento plán samostatně vytvořit. Tato vrstva nemusí být přítomna u všech hybridních systémů. Poslední spodní vrstva odpovídá na instrukce (vybrané plány) posílané z horních vrstev a plní jimi zadané úkoly [13,11,33].

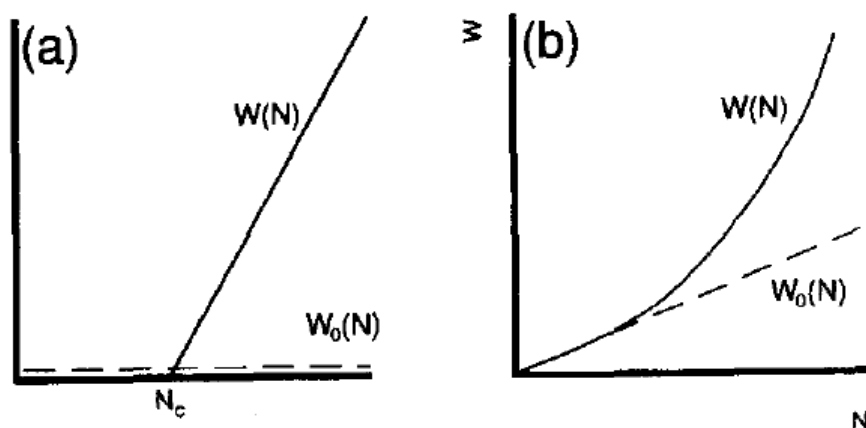
3.4 Robotika hejna

Jak již bylo řečeno, každé hejno robotů se skládá z jednotlivých člen (agentů, boidů) spolupracujících jak vzájemně mezi sebou, tak s okolním prostředím. Pokud je robotický roj umístěn do nového prostředí, jednotliví členové začnou nejprve vzájemně komunikovat, aby rozpoznali ostatní členy roje. Následně se snaží pochopit prostředí a situaci, ve které se nacházejí analyzováním informací, které

získávají pomocí senzorů a vzájemně si tyto informace předávají [16]. Po analyzování všech získaných signálů začne roj jako celek plnit daný úkol. Každý člen roje má pouze omezené schopnosti a/nebo je specializován na jednu nebo několik málo činností. Protože však veškerá komunikace mezi jednotlivými roboty probíhá bezdrátově, je nutné, aby všichni roboti v hejnu měli schopnost bezdrátově vysílat i přijímat signály pro a od ostatních robotů [16]. Bezdrátového přenosu signálu je proto využíváno pro zajištění co největšího počtu funkcí. Další charakteristikou je absence systému centrálně řídicího hejnu, stejně jako decentralizace veškerých dat a jejich asynchronní zpracování [31].

3.5 Hejnová inteligence (swarm intelligence)

Hejnová inteligence je typ umělé inteligence u systémů sestávajících se z autonomních nesynchronních jednotlivců-robotů [9]. Jednotliví roboty se řídí relativně jednoduchými pokyny, vycházejícími z impulsů, které roboty přijímají svými senzory a nejsou řízeni žádnou centrální řídicí strukturou. Kooperací všech agentů v hejnu dochází ke vzniku „inteligence“, kterou se jednotliví roboty nevyznačují



Obrázek 8: Nárůst inteligence (převzato z [30])

(analogicky – kolonie hmyzu, bakterií, imunitní systém a další) [10]. Takovýto vznik inteligence se označuje jako emergence [7]. Ke vzniku hejnové inteligence ovšem

dochází, pouze pokud počet členů přesahuje určitou hodnotu a její úroveň se zvyšuje s narůstající velikostí hejna [30]. V případě, že vztah mezi počtem robotů N a efektivitou práce W je nelineární, může být systém označen jako rojový inteligentní systém [30]. Vznik rojové inteligence je definován jako $W(N) > W_0(N)$; kde $W(N)$ je míra práce vykonaná rojem robotů o počtu N a $W_0(N)$ je míra práce vykonaná N nezávislými roboty (Obr. 8). Tato definice platí jak pro případy, kdy dochází k vyššímu než lineárnímu nárůstu efektivity práce u spolupracujících robotů v porovnání s roboty nezávislými, tak pro případy, kdy schopnost splnit zadaný úkol vykazují pouze robotické roje a nezávisle pracující roboty v jakémkoliv počtu úkol schopni splnit nejsou [30].

3.5.1 Optimalizační algoritmy založené na rojové inteligenci

3.5.1.1 *Optimalizace rojem částic (PSO; particle swarm optimization)*

Jedná se o algoritmus inspirovaný chováním ptáků. Je využíván v případech, kdy je potřeba nalézt nejhodnější bod (polohu) a jeho hlavní výhodou je vysoký počet členů hejna. Hejno částic se pohybuje v prozkoumávaném prostoru, přičemž částice zaujímají různé – potenciálně nejhodnější – polohy, které však následně opět opouštějí, aby obsadili další bod. Každá částice si ovšem pamatuje svoji nejhodnější polohu a zároveň dostává informace od ostatních částic o nejlepších polohách, které zaujali. Zpracováním získaných informací pak vylepšují svoji vlastní pozici. Částice buď získávají informace pouze od sousedních částic, nebo je globálně nejlepší pozici, kterou zaujala kterákoliv částice v roji průběžně aktualizována a poskytnuta všem částicím. Podobně je vyvinuta metoda inspirovaná rojem včel. [26]

3.5.1.2 *Mravenčí kolonie (ACO; Ant Colony Optimization)*

Jak vyplývá z názvu, jedná se o metodu inspirovanou skutečnými mravenčími koloniemi. Využívá se při plnění úkolů, při kterých je třeba najít nejkratší nebo nejhodnější cestu (např. navádění vozidel, určení klasifikačních pravidel). Je založena na skutečnosti, že mravenci při sběru potravy „značují“ feromony cestu z mraveniště ke zdroji potravy, umí rozeznat mezi různými koncentracemi feromonů a vybírají poté cestu, kterou využilo nejvíce mravenců. Pro účely optimalizace touto metodou je vytvářen tzv. umělý mravenec, který se vyznačuje vysokou podobností se skutečnými mravenci (jedná se o kolonie kooperujících jedinců, kteří zanechávají při

plnění úkolu detekovatelnou stopu, pomocí které se nepřímo dorozumívají) v některých ohledech se však liší (umělí mravenci mohou být schopni vizuálního vnímání, mají paměť, celá kolonie existuje v diskretním světě, především však množství zanechaného feromonu může odrážet kvalitu nalezeného řešení, což usnadňuje optimalizaci plnění úkolu). [26]

Optimalizace podle mravenčích kolonií a optimalizace rojení částic jsou v robotice hejna dva nejvyužívanější algoritmy.

3.5.1.3 Náhodné rozptylové vyhledávání (SDS; Stochastic Diffusion Search)

Je metoda inspirovaná chování populace. Využívá přímé komunikace mezi dvěma roboty. Každý robot „navrhne“ řešení stávajícího problému, vzájemně si pak navržená řešení vymění a jako celek tak mohou vygenerovat řešení vysoké kvality. Je využívána pro rozpoznání objektů (např. detekce úsměvu u fotoaparátů), rychlé vyhledávání nebo lokalizaci samostatných mobilních robotů. [6]

3.5.1.4 Inteligentní vodní kapky (IWD, Intelligent water drops)

Je poměrně nový algoritmus inspirovaný dynamikou říčních systémů (hledáním trasy od pramene k ústí) a tím, jak se v proudu řeky chovají vodní kapky. Výhodou je snadná kombinovatelnost s ostatními optimalizačními algoritmy [14]. Je využíván především pro plánování tras (aut, aerobotů...) [14, 15] nebo pro automatické určování prahové citlivosti obrazů s barevnou škálou ve stupních šedi [28].

3.5.1.5 Gravitational search algorithm (GSA)

Byl formulován v roce 2009 E.Rashedim a je založený na zákonech gravitace. Roj se v tomto případě skládá z izolovaných objektů, které si informace mezi sebou předávají právě s pomocí gravitace a to tím, že se všechny objekty vzájemně přitahují pomocí gravitační síly a vzniká tak shluk okolo nejtěžšího z nich. Objekty s vysokou hmotností odpovídají v tomto případě správnému řešení problému. [2]

3.6 Interakce robotů

3.6.1 Komunikace

Komunikace je nezbytně nutná pro jakoukoliv spolupracující skupinu – ať už se jedná o přirozeně se vyskytující hejna živočichů nebo uměle vytvořené roje

robotů. U multirobotických systémů je ke komunikaci obvykle využito rádiového spojení (např. wi-fi, bluetooth, zigBee) nebo optické komunikace [21]. Další možností je využití nepřímé komunikace pomocí zanechání značek v prostředí (viz. mravenčí kolonie). Tento způsob komunikace se využívá zejména u jednoduchých reaktivních agentů. U složitějších sociálních agentů je obvykle nutné použít vyšší komunikační jazyk [7].

3.6.2 Kooperace

Pro decentralizované systémy robotů je nezbytně nutná jejich vzájemná kooperace při řešení zadaného problému a jedná se o nejvyšší formu skupinového chování. Kooperace však nemusí být přítomna u všech multirobotických systémů [21].

3.6.3 Koordinace

Koordinace na rozdíl od kooperace musí být přítomna u všech multirobotických systémů. Může být jak centralizovaná tak decentralizovaná. Hlavním úkolem koordinace je zajistit, aby činnost jednoho agenta negativně neovlivňovala činnost ostatních agentů.

Roboty využívané v bezpečnostním systému (vojsko, policie, bezpečnostní služby a další) musí být vybaveni navíc speciálně vyvinutými sensorickými systémy, které jim práci v rizikovém prostředí umožní.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 KONFIGURACE MOBILNÍCH ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ

Robotický systém musí být nakonfigurován tak aby úkol, který bude tento systém plnit, byl plněn co nejoptimálněji a při změně podmínek se systém sám a rychle této změně přizpůsobil.

V zásadě existují dva způsoby zapojení robotického systému - aktivní zapojení do řešení mimořádné situace směřující např. k chycení pachatele nebo pasivní sledovací systém. Aktivní zapojení vyžaduje mnohem složitější konfiguraci. Takový systém bude mnohem náročnější a mnohem déle bude trvat i úplné zapojení do ostrého provozu. Budeme-li chtít od robotického systému pouze pasivní sledovací pozici, a nikoli aktivní interakci, nebudeme muset při realizaci projektu řešit legislativní dopady situace, kdy stroj zraní člověka. Vybavení robotů zařízením k zastavení pachatele není v současné legislativní situaci možné a vypracování zákonů, které by jejich využití umožnily, bude velmi složité.

Dalším důležitým hlediskem je mobilita použitých robotů. Při využití pohyblivých robotů je systém mnohem flexibilnější a přizpůsobivější více situacím. Při rozhodnutí použít roboty statické, odpadá starost s napájením systému, ale systém je tím zbaven důležité výhody roje. Rozhodně tedy připadá v úvahu pouze robotický roj mobilních robotů, kdy několik málo jedinců roje může být statických.

Spotřeba energie jednotlivých členů roje je důležitým parametrem pro výběr vhodných baterií či jiných způsobů zisku energie.

Výběr podvozku je v podmínkách věznic omezen materiálem povrchu, po němž se bude roj pohybovat. Využívány mohou být především ty, které se budou pohybovat v areálu věznice po zemi, případně lze uvažovat o využití létajícího robotu k monitorování střeženého areálu z výšky. Jednou z nejdůležitějších součástí je bezdrátové rozhraní a nutnost použití šifrovaného protokolu pro přenos komunikace mezi členy roje vzájemně a mezi členy roje a operačním střediskem, případně strážnými na strážních stanovištích.

4.1 Pasivní sledovací systém

Pokud se rozhodneme pro použití pasivního sledovacího systému, bude nejdůležitější částí právě sledovací zařízení, kterým zcela jistě bude kamerový systém s možností pracovat i v podmínkách snížené viditelnosti, např. s termokamerou se schopností detekce pohybu, nebo osoby v určeném prostoru. Takový systém můžeme doplnit o některý z dalších způsobů perimetrické ochrany. Doplnkový systém může být součástí roje, nebo bude k robotickému roji pouze připojen a roj bude reagovat na poplachová hlášení z tohoto systému. Připojeným systémem může být například elektronická požární signalizace (EPS), nebo jakýkoliv systém elektronické zabezpečovací signalizace (EZS) s poplachovým výstupem

4.1.1 Kamerový systém

Pro kvalitní a důvěryhodný systém musíme počítat s několika způsoby obrazového záznamu, abychom byli schopni systém provozovat ve všech klimatických podmínkách, které se mohou v době provozu vyskytovat. Prvním krokem je zvolit vhodnou kameru a rozhodnout se pro některé z dostupných rozlišení.

4.1.1.1 Rozlišení

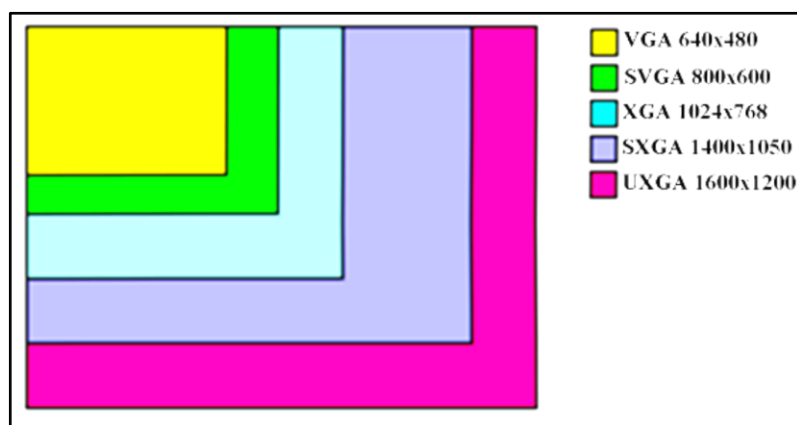
Rozlišení je potřeba volit podle velikosti snímaných objektů a parametrů objektivu. Rozlišení kamer je dáno použitým CCD (Charge-Coupled Device) nebo CMOS (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor) snímačem. Rozdíl mezi CCD a CMOS snímači je v technologii výroby, kdy CCD snímač je vyráběn složitějším postupem, ale poskytuje lepší parametry u snímačů s vysokým počtem megapixelů než CMOS snímač. Snímače v současné době mají rozlišení i více než 10 Mpx což poskytuje dostatečné rozlišení pro kvalitní záznam. Jaký počet megapixelů zvolit, rozhodneme podle požadované detailnosti scény. Pokud nám bude stačit jen detekovat pohyb v určitém střeženém sektoru, spokojíme se s minimálním rozlišením např. 1 Mpx. Budeme-li chtít rozeznávat např. detaily obličeje a ještě k tomu na větší vzdálenost, musíme použít snímač s vysokým rozlišením. Čím více obrazových bodů bude použitý snímač poskytovat, tím náročnější na výpočetní výkon a rychlost hardware bude zpracování a záznam obrazové scény. Počet obrazových bodů je

získán součinem počtu řádků a počtu sloupců obrazových bodů, které tvoří čtvercovou síť na snímači.

Snímače jsou rozděleny do několika kategorií podle počtu obrazových bodů a také podle poměru stran.

Běžná kvalita záznamu je v kvalitě SVGA (Super Video Graphics Array), takovou kvalitu nabízí snímač s 480 000 pixely, protože rozlišení při kvalitě SVGA je 800 sloupců x 600 řádků.

Můžeme také volit poměr stran obrazu. Zde máme na výběr ze dvou variant, jsou to 4:3 což je běžný rozměr obrazu známý z analogové televize, nebo 16:9, který je zvaný širokoúhlý a v současné době již téměř vytlačil formát 4:3 (Obr. 9).



Obrázek 9: Rozlišení 4:3

Pro snížení datového toku můžeme použít komprimaci digitálního obrazového souboru některou z metod skupiny MPEG (Motion Picture Experts Group), která je nejpoužívanějším formátem videa. Při komprimaci dojde ke zmenšení velikosti souboru, při neznatelně snížené kvalitě.

4.1.1.2 Objektiv

Objektiv je soustava čoček, která slouží k soustředění světla na snímač. Použitím různých čoček mohou objektivy získávat světlo pro potřebu záznamu v různých úhlech záběru. Běžné jsou širokoúhlé objektivy a objektivy zvané „rybí oko“, které mají úhel záběru až 180°, což je pro potřeby vězeňské služby obzvláště výhodné.

4.1.1.3 Další funkce

Nejpoužívanější funkcí kamerových systémů je v současné době tzv. zoom. Zoom je schopnost objektivu měnit ohniskovou vzdálenost, a tím přibližovat vzdálené předměty nebo zaostřit na vybraný detail. Existuje i digitální zoom, ten na rozdíl od optického zhoršuje kvalitu snímané scény. Jedná se o softwarové zpracování obrazu a následné zvětšení určené části.

Clona je svou velikost měnící otvor mezi objektivem a snímačem. Pomocí clony se reguluje množství světla jdoucí ke snímači.

Obě tyto vlastnosti se dají ovládat manuálně nebo jsou ovládány automaticky podle měnících se vlastností snímané plochy.

4.1.2 Záznam obrazu za snížené viditelnosti

Protože při nepřetržitém střežení se nelze vyhnout podmínkám nevhodným pro provoz běžných kamer, je nutné počítat s implementací termokamer, které v takových podmínkách vykazují požadovanou kvalitu záznamu. Termokamery jsou vhodné pro použití v noci, při jakémkoliv druhu srážek, ale také v mlze. Termokamery nepotřebují žádný způsob přisvětlování scény, a proto není jejich funkce ohrožena ani poruchou osvětlení. Mnozí výrobci bezpečnostní techniky již vyrábějí kombinované systémy klasické kamery s termokamerou.



Obrázek 10: Kombinovaná kamera firmy FLIR
(převzato z [35])

Kombinovaná kamera firmy FLIR (Obr. 10) snímá scénu ve viditelném spektru a ve spektru infračervené barvy. Dovoluje současné zobrazení obrazů z obou kamer a tím i větší přehled o ději na snímané ploše. Nabízí velké možnosti v nastavení konektivity a vlastností kamery. Jednou z možností je i přístup ke kameře z prostředí podnikové sítě. Kamera se tedy může chovat jako IP kamera. Při umístění takové kamery na robotický podvozek a zpracovávání obrazu pro potřeby vyhodnocovacího software je nutné, aby uživatelé nemohli zasahovat do samostatného jednání robotů. Uživatelům s přístupem k výstupu z kamer mohou být dána pouze práva sledovat, kam se robot „dívá“.

Volba kamery a objektivu pro konkrétní místo a situaci záleží na parametrech daného místa a nelze je určit všeobecně.

4.1.3 Doplnkové způsoby střežení

Robotický roj může být napojen na jiné systémy střežení a při vyhlášení poplachu tímto systémem některý z členů roje monitoruje situaci v úseku, ve kterém vznikl poplach. Takovým připojeným systémem může být EPS, systém tlačítek nouze, nebo jakýkoliv jiný poplachový systém.

Dalším možným doplňkem je pořizování zvukového záznamu prostřednictvím směrového mikrofону. Takový záznam je možno pořizovat průběžně nebo pouze ve chvílích, kdy je zaznamenáno jakékoliv ohrožení střeženého úseku. Zvukový záznam může velmi napomoci k pochopení situace, a proto může být velmi cenný pro správné vyhodnocení.

Rozhodnutí, zda a jaký doplňkový systém bude na robotický roj napojen, je otázkou pro vedení věznice a záleží na konkrétních vlastnostech používaných systémů, které jsou mnohdy v každé věznici jiné.

4.1.4 Napájení

Téměř výhradně jsou mobilní roboty napájeni z baterií, proto je nutné řešit otázku jejich nabíjení a výměny.

Můžeme uvažovat o vytvoření dokovací stanice, ve které se budou roboty nabíjet v době, kdy nebude v okolí střeženého perimetru běžný provoz. Toto ovšem předpokládá dostatečnou kapacitu baterie, která by měla vydržet alespoň 24 hodin

provozu, budeme-li předpokládat nabíjení v nočních hodinách, kdy je ve věznicích minimální pohyb lidí a tudíž není potřeba velkého počtu robotů.

Dalším řešením je výměna vybitých baterií za nabité. Tuto výměnu by bylo nutno provádět ručně, protože vybudování automatické výměnné stanice by bylo rozhodně velmi nákladné a kladlo by to vysoké nároky na konstrukci vlastních robotů, která by takovou výměnu musela umožnit. Z hlediska provozu a nenáročnosti údržby je nejlepším řešením nabíjení baterií prostřednictvím dokovacích stanic. Robot by měl být schopen nabíjení kdykoliv přerušit, bude-li to vyžadovat situace.

Kapacita použitých baterií musí být dostatečná pro napájení všech komponent a motorů, které budou zajišťovat mobilitu celé sestavy robotu.

Při navrhování způsobu nabíjení akumulátorů robotů je možné přemýšlet o bezdrátovém způsobu nabíjení. Jde o nabíjení elektromagnetickou indukcí, kdy se nabíjená indukční smyčka nabíjí pohybem v elektromagnetickém poli, které je vyzařováno např. vodičem, v němž je vedeno střídavé napětí. Protože jednou z podmínek elektromagnetické indukce je změna polohy (magnetického pole nebo indukční smyčky), bylo by nabíjení možné bez nutnosti odstavení robotu.

Jako zdroj energie pro jednotlivé roboty je možné použít autobaterii doplněnou měniči napětí na 24V a případně na 230V.

4.1.5 Podvozek

V teoretické části jsou popsány nejběžnější druhy podvozků pro roboty. Pro celoroční použití v podmínkách ostrahového pásma věznic je nejvhodnějším podvozkem podvozek pásový, který má nejlepší vlastnosti při pohybu na nejrůznějších terénech, které jsou v ostrahových pásmech věznic (písek, štěrk, asfalt, tráva nebo kostková dlažba, v zimě i několik desítek centimetrů sněhové pokrývky). Konkrétní rozměry pásového podvozku bude možné navrhnout až podle celkové váhy stroje tak, aby se nebořil při pohybu po sypkém povrchu, nebo při pohybu sněhem.

4.1.6 Komunikace

Pro komunikaci s a mezi jednotlivými členy robotického roje přichází v úvahu pouze bezdrátové komunikační rozhraní. Z bezdrátových způsobů přenosu je pravděpodobně nejvhodnější některé z licencovaných pásem. Tato pásma poskytují

dostatečnou přenosovou kapacitu a širokou škálu možností rozšíření, při čemž nejsou rušena běžným provozem. Pro tato pásma je nutná licence udělována Českým telekomunikačním úřadem, který rozhodne o jejím udělení kterémukoli podnikateli zajišťujícímu síť elektronických komunikací nebo poskytujícímu službu elektronických komunikací podle všeobecného oprávnění nebo podnikateli užívajícímu tyto sítě nebo služby, anebo nepodnikající osobě v souladu s podmínkami zajišťujícími účelné využívání rádiových kmitočtů, a to na základě jeho písemné žádosti podané Úřadu [4].

Podmínkou pro provoz takové bezdrátové sítě v podmínkách Vězeňské služby ČR je zajištění datové bezpečnosti odpovídajícím kódováním přenosu a zajištění penetrační odolnosti.

Každý člen roje musí být vybaven vysílačem a přijímačem jejichž dosah musí být takový, aby roboty dokázaly bez potíží komunikovat i na nejdelší možnou vzdálenost, která může mezi nimi při plnění úkolu vzniknout.

4.1.6.1 Elektromagnetická kompatibilita EMC

Elektromagnetická kompatibilita – electromagnetic compatibility (EMC) je obor, který se zabývá vzájemným působením elektronických přístrojů z hlediska ovlivňování se působením elektromagnetického pole. Elektromagnetická kompatibilita je tedy jinými slovy elektromagnetická slučitelnost. To znamená, že dva přístroje ve společném elektromagnetickém poli se nesmí vzájemně ovlivňovat do té míry, že by byla změněna případně znemožněna jejich funkčnost.

Každý elektronický systém musí pro svůj provoz splňovat podmínky elektromagnetické kompatibility. Žádné elektronické zařízení nesmí generovat takové elektromagnetické pole, které by mohlo způsobit špatnou funkci jiných elektronických zařízení. Zároveň musí každé elektronické zařízení vykazovat odolnost vůči vnějšímu elektromagnetickému poli. Zařízení, které svým provozem nezpůsobuje rušení jiných zařízení, a zároveň odolává rušivým polím jiných zdrojů, je elektromagneticky kompatibilní.

4.1.7 Zjišťování polohy

Pro ostrahu věznice je informace o místě páčání nějaké nepovolené činnosti velmi cenná. Aby robot mohl takovou informaci poslat, musí sám vědět, kde se

nachází, a to co nejpřesněji. V prostředí věznice kde se robotický roj bude pohybovat lze umístit množství značek, které budou roboty informovat o jejich poloze. Takto získanou polohu lze pomocí vhodného software promítnout na mapový podklad a zobrazit vězeňské strážní.

Protože se v areálu věznice budou roboty pohybovat vždy v blízkosti plotů, nabízí se možnost zjišťování polohy podle značek umístěných na plotě. Značka může být umístěna na jakémkoliv viditelném místě a v databázi musí být udána její přesná poloha. Jako značek lze použít i některých typických vlastností prostředí, ve kterém se robot pohybuje. Jsou to např. rohy budov nebo schodiště.

4.2 Aktivní systém

Aktivní systém bude z hlediska konfigurace velmi podobný pasivnímu systému, pouze bude doplněn o zařízení k zastavení pachatele. Takovým zařízením může být nějaké palebné zařízení nebo některá z moderních nesmrtících zbraní, kterých je v současné době ve službách ozbrojených složek velké množství. Za zmínku stojí vyjmenovat nejzajímavější z nich:

- Vystřelovací síť – zbraň, která vystřelí síť, do které se pachatel zamotá a není schopen další činnosti, jako je útek či vedení útoku. Tato zbraň je účinná do cca 10m.
- Běžná zbraň vystřelující gumové projektily – gumové projektily sebou nesou nebezpečí vážného zranění pachatele zásahem oka nebo spánku. Jedná se ale o nejsnáze dostupnou variantu nesmrtící zbraně. Při použití vhodného zaměřovacího systému je nebezpečí nechtěného zranění minimalizováno.
- Taser – Zbraň která zasáhne pachatele elektrickým výbojem o síle až 50kV o frekvenci které je podobná frekvenci nervových vzruchů v lidském těle. Pachatel zůstává při vědomí, ale nedokáže ovládat své tělo. Zbraň je účinná na vzdálenost cca 10m.
- Kraken (Obr. 11) – zbraň, která vystřeluje tenisové míčky rychlostí až 300m/s. Účinek zásahu je srovnatelný se zásahem gumového projektilu vystřeleného z běžných zbraní. V místě zásahu cítí pachatel velkou bolest, která jej paralyzuje. Jediným následkem použití zbraně je hematoma v místě zásahu. Zbraň kraken může být nabíjena i

slzotvornými granáty nebo zásahovými výbuškami, sítí nebo granátem s hasební látkou. Zbraň lze vybavit laserovým zaměřovačem.

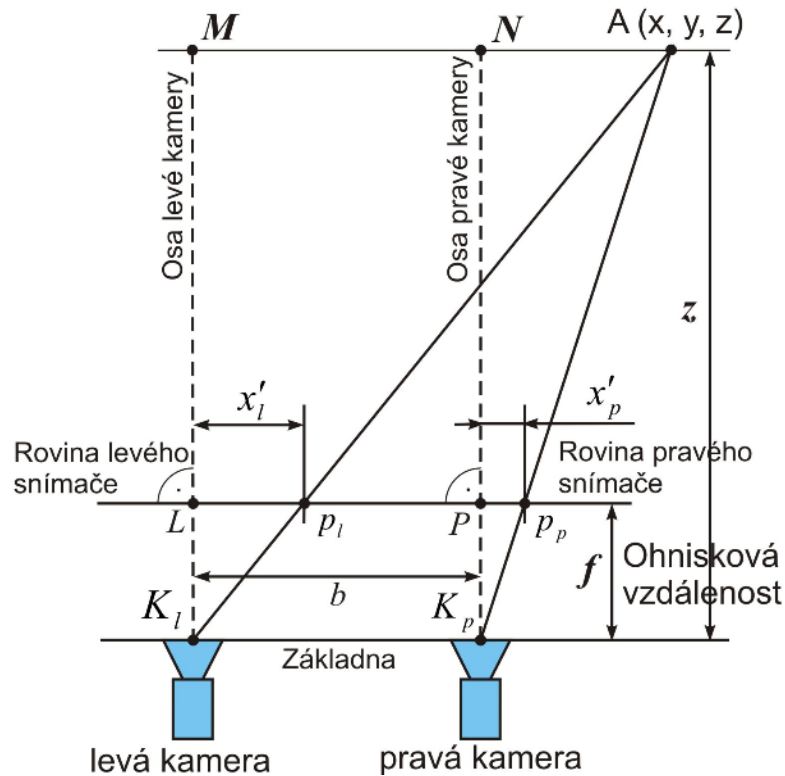


Obrázek 11: Zbraň Kraken

(převzato z [5])

Všechny uvažované zbraně by bylo nutno upravit pro použití automatickým palebným prostředkem a to ve spolupráci s výrobcem. Protože zbraň Kraken vyrábí firma LIBRA a.s. a Vězeňská služba ČR je vybavena těmito zbraněmi, je rozhodnutí pro použití této zbraně na vyzbrojení robotického roje poměrně snadné. Zbraň Kraken je velmi variabilní v možnosti použitého střeliva, ale i ve vzdálenosti na kterou ji lze úspěšně použít, proto je pro účely nesmrtícího zásahu proti pachateli správnou volbou. Vybavení robotů touto zbraní je pro její vlastnosti ideální volbou.

Kromě hardware, který musí umět zbraň nabít a zamířit, je nutné vytvořit software, který bude tento hardware ovládat. Software musí mít informaci o poloze pachatele, o směru, kterým míří zbraň a o její poloze. Vzájemnou polohu kamery a zbraně určíme již při vytváření konstrukce robotu. Tato se již měnit nebude. Pro zjištění polohy pachatele použijeme následující algoritmy.



Obrázek 12: Určení vzdálenosti pomocí stereo zobrazení

Při použití soustavy dvou kamer (Obr. 12) můžeme pro výpočet polohy cíle použít vztah podobných trojúhelníků AMK_l a $p_l K_l$:

$$\frac{x}{z} = \frac{x'_l}{f} \quad (1)$$

a vztahem dalších dvou podobných trojúhelníků ANK_p a $p_p K_p$ dostaneme vztah

$$\frac{x - b}{z} = \frac{x'_r}{f} \quad (2)$$

Pro výpočet vzdálenosti z předchozích dvou vztahů dostaneme:

$$z = \frac{bf}{(x'_l - x'_r)}, \quad (3)$$

Vypočítanou vzdálenost použijeme ke stanovení náměru a odměru palebného zařízení.

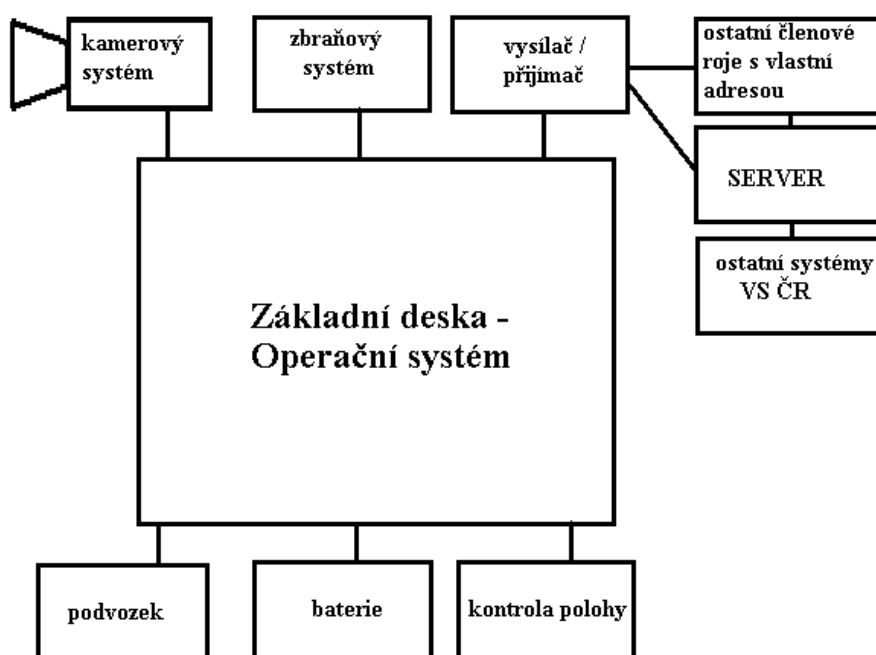
4.2.1 Ochrana robotu

Protože ve věznici se bude pohybovat spousta osob, které budou mít zájem na tom, aby robotický roj nepracoval tak jak má, nebo se jej budou snažit rovnou uvést mimo povoz, je nutné vybavit jednotlivé roboty systémem pro kontrolu polohy pro případ převržení použitím náklonového senzoru, který je běžnou výbavou osobních automobilů.

Takovou ochranu může také zabezpečit vzájemná kontrola jednotlivých členů roje pomocí kamerového systému, která rovněž nezabrání poškození, ale ihned o tom podá zprávu a takové jednání bude zaznamenáno. Do monitorování stavu robotů mohou být zapojeni i samotní příslušníci VS ČR ve službě, kteří při své práci musí konat kontrolní obchůzky a mohou tedy kontrolovat, zda některý z robotů není v situaci vyžadující jejich pomoc.

5 POČÍTAČOVÝ SOFTWARE A HARDWARE

Vytvořit software ovládající robotický roj hlídající věznici je velmi složitý úkol a těžko budeme hledat někoho kdo má s podobným úkolem nějaké zkušenosti, protože se takový systém ještě nikde neaplikoval. Programátor musí vytvořit takový software, který si bude muset sám poradit v různých situacích a sám se bude dále učit a zdokonalovat. Vytvořený software bude komunikovat s jinými aplikacemi, od kterých bude zpracovávat data nebo jim data poskytovat (Obr. 13). Rovněž je nezbytné, aby zvládnul vzájemnou komunikaci mezi jednotlivými členy roje.



Obrázek 13: Schéma softwarové komunikace

Na použítou základní desku ani na ostatní hardware nejsou kladeny žádné speciální nároky, kromě co možná nejnížší možné spotřeby a maximální konektivity pro připojení všech použitých komponent. Není proto složité si na současném trhu vybrat vhodný typ, který by zároveň splňoval nároky na software, který bude k této konfiguraci nainstalován. Určitě se bude jednat o ovládací software jednotlivých komponent robotu, jako je kamerový systém, motorický podvozek, nebo čidla kontroly polohy.

Použitý hardware bude složen z komponent osobního počítače s dostatečnou kapacitou operační paměti, rychlostí procesoru a kapacitou pevného disku.

6 INFORMAČNÍ SYSTÉM VĚZEŇSKÉ SLUŽBY

Vězeňská služba České republiky v současné době využívá jako informační systém software od firmy Microsoft, který tato firma vyvinula na zakázku a ve spolupráci s VS ČR. Tento informační systém se jmenuje Vězeňský informační systém, „VIS“. Součástí systému jsou aplikace, které umožňují prohlížení a aktualizaci záznamů o vězněných osobách, dále zpracovává inventární seznamy a obsahuje také ekonomickou a personální část. Do systému mají přístup pouze ti zaměstnanci, kteří ke své práci potřebují informace v něm obsažené a přístup je dělen do několika úrovní, vždy podle práv přidělených danému uživateli. Správa účtů umožňuje přidělit lokální nebo globální přístup, to znamená, že uživatel dostane informace pouze ze své organizační složky, nebo může pracovat se všemi informacemi.

Součástí systému je i modul, který zpracovává a archivuje záznamy o průchodu osob, nebo průjezdu vozidel přes vstupy do objektu a každá osoba které se v prostoru věznice pohybuje, musí být vybavena identifikačním štítkem na viditelném místě. Tyto štítky se pro různé druhy osob liší barvou, a proto jsou na dálku dobře rozeznatelné. Jednu barvu štítku má personál věznice, jinou mají vězněné osoby, které mají povolen volný pohyb po věznici v souvislosti s vykonávanou prací (úklid), a jinou barvu štítku mají návštěvy. Mimo toto označení se osvědčilo vybavení vězněných osob s volným pohybem po věznici reflexní vestou, která velmi usnadňuje jejich identifikaci. Vzhledem k tomuto systému rozlišení osob je poměrně jednoduché i na větší vzdálenost rozeznat zda se jedná personál nebo jinou osobu.

Program VIS však nemá žádnou součást, která by shromažďovala informace ze strážních systémů, případně ze systémů EPS. Toto je nezbytné pro správný a účelný provoz takového systému. Úprava systému pro tyto potřeby bude bohužel zvyšovat výdaje na pořízení robotického strážního roje, ale je naprosto nezbytné aby se taková úprava provedla. Bez napojení robotického roje na informace ze systému VIS je robotický roj jen trochu chytřejším kamerovým systémem a ztrácí tím svůj význam.

Protože program VIS obsahuje všechny relevantní informace jak o vězněných osobách, tak i o osobách zaměstnanců a příslušníků VS ČR, a zároveň i o jiných

osobách vstupujících do objektů Vězeňské služby, je vytvoření bezpečnostní aplikace v rámci software VIS nejjednodušším řešením pro možnost využití jakýchkoliv autonomních systémů, které by prostřednictvím bezdrátového propojení mohly se systémem komunikovat a operátor by již dostával informace zpracované a zobrazované ve formátu vhodném pro potřebu strážních směn.

Roboty mohou neustále monitorovat a vyhodnocovat pohyb osob, který lze zobrazovat na přehledovém tablu operátorovi. Ten má tedy přehled o pohybu osob podél střeženého perimetru a díky systému VIS má rovněž přístup i k informacím o konkrétní osobě a může tedy vyhodnocovat potenciální riziko a začít rozhodovat.

7 SPOLUPRÁCE ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ S VS ČR

Robotický roj je samostatně pracující skupina jednotlivých vzájemně spolupracujících robotů, kteří společně plní dlouhodobý úkol pro ostrahu věznice. Robotický roj potřebuje ke své práci získávat aktuální informace. Některé z těchto informací si umí získat sám, jako např. kolik lidí se pohybuje v blízkosti ostrahového pásma, ale jsou informace, které mu Vězeňská služba bude muset předat. Taková informace může mít povahu informace o osobě, která může být svým jednáním nebezpečná. Další takovou informací nezbytnou pro robotický roj je zóna povoleného pohybu návštěvy.

Informace, které robotický roj předá Vězeňské službě, jsou pro bezpečnost věznice velmi cenné. Předávané informace mohou být několika druhů. Může se jednat o informace o pokusu o útěk, informace o nedovoleném pohybu osoby v oblasti kde nemá pohyb povolen. Robotický roj může plnit i úkol požární signalizace a tedy informovat o místě vzniku požáru. Robotický roj dokáže rozeznat i ležící osobu a proto může přivolat zdravotní pomoc. Všechny takové informace jsou pro bezpečnost věznic velmi cenné a získání takových informací pomocí jiných systémů vyžaduje velké nároky na obsluhu různých ústředen a ovládacích panelů.

Robotické systémy lze napojit na poplachové výstupy EZS, které již jsou ve věznicích nainstalovány a mohly by tedy tvořit rozšíření možností robotického roje. V případě vyhlášení poplachu některého z takových systémů může robotický roj prověřit tuto situaci a případně potvrdit poplachovou informaci. Je ale velmi důležité, které informace mohou být prověřovány a na které musí bez odkladu reagovat vězeňská služba. Jednou z bezodkladných situací je vyhlášení tísňového volacího znaku. V takovém případě může robotický roj zaujmout pozici, která mu umožní sledovat situaci samotnou nebo její okolí.

Protože záznam pořízený kamerami robotického roje se bude po nějakou dobu archivovat, lze jej orgány činnými v trestním řízení použít jako záznam v případě prokazování trestné činnosti.

8 ŘEŠENÍ KRIZOVÝCH SITUACÍ

Krizovou situací v pojetí ostrahy věznic je jakékoliv vědomé chování za účelem maření výkonu trestu odnětí svobody nebo výkonu vazby. Takové jednání je chápáno jako společensky nepřijatelné a Vězeňská služba ČR musí přijmout adekvátní opatření k zabránění takovým situacím. Pro řešení krizových situací jsou příslušníci VS ČR vyškolení a to z hlediska taktického i psychologického. Řešení krizových situací vyžaduje od zasahujících příslušníků a zejména od velitele zásahu velké zkušenosti a schopnost improvizace.

Robotický roj, který bude využit pro řešení krizové situace, bude muset být na takovou situaci naprogramován a bude muset takovou situaci s jistotou zvládnout. Pokud by se jednalo o zasažení prchající vězněné osoby střelnou zbraní, jistě by robotický roj v přesnosti a rychlosti takového zásahu spoustu možných budoucích pachatelů odradil, ale bohužel taková možnost využití robotů není zákonem povolena.

Řešení krizových situací musí být úkolem pro příslušníky Vězeňské služby ČR, kterým bude robotický roj poskytovat informace o povaze mimořádné situace. Dále bude robotický roj řešení monitorovat a zaznamenávat pro pozdější rozbor situace. Začlenění robotického roje do takového řešení může znamenat, že zasahující příslušníci prostřednictvím přítomného robotu komunikují s vedoucími složkami a opačně. Pro takové zapojení stačí, aby robotičtí členové roje byli vybaveni mikrofonom a reproduktorem pro takovou komunikaci.

9 LEGISLATIVA

Vězeňská služba České republiky se řídí zákonem číslo 555/1992 Sbírky O vězeňské službě a justiční stráží České republiky. V tomto zákoně jsou rovněž popsána práva a povinnosti příslušníků Vězeňské služby ČR. Jednou z povinností je zakročit při páchání trestné činnosti vězněnými osobami. Příslušníci VS ČR jsou ve službě vybaveni donucovacími prostředky a na strážních stanovištích také střelnými zbraněmi. Ustanovení paragrafů věnujících se problematice služebních zákroků počítá pouze s možností, že zákrok bude vždy veden příslušníkem, který k zákroku použije některý z donucovacích prostředků, případně střelnou zbraň.

Použití automatického palebného zařízení musí být nejdříve legislativně upraveno tak, aby použitím takového zařízení nedocházelo ze strany Vězeňské služby ČR k porušování zákonných norem.

V současné době Vězeňská služba ČR prochází obdobím humanizace a evropské integrace do mezinárodního systému vězeňství, hledají se cesty k využívání humánního zacházení a odborné resocializaci vězněných osob. Příslušníci jsou školeni ve výchovném působení. Je snaha o využívání donucovacích prostředků až v nevyhnutelných případech, dojde-li k jejich použití je toto považováno za selhání systému resocializace.

Systémy podobné CCTV (Closed Circuit Television) jsou již hojně využívány a to nejen ozbrojenými složkami, ale i soukromými bezpečnostními službami a jinými subjekty, proto využití robotického roje, který bude plnit funkci pozorovací a informační nenaráží na žádný legislativní problém.

Ochrana soukromí a osobních informací je již plně součástí funkčních mechanismů Vězeňské služby. Dodržování lidských práv je cílem pravidelných kontrol všech zainteresovaných orgánů a společností.

ZÁVĚR

Robotický strážní roj ještě nikde nebyl použit k ostraze věznic, a proto v tomto oboru nejsou k dispozici žádné zkušenosti. Nicméně jsem se pokusil nastínit, jak by členové takového roje mohli být koncipováni a rovněž jsem v práci uvedl náročnost softwarového vybavení. Nejsnáze řešitelným problémem je vybavení roje kamerovým systémem, protože vhodných systémů splňujících požadavky na kvalitu snímání je na trhu velké množství. Rovněž napojení roje na ostatní prvky ochrany věznic není velkým problémem, protože většina systémů dokáže komunikovat prostřednictvím některého z běžných sběrníkových systémů.

V případě napojení roje na Vězeňský informační systém vytvořený firmou Microsoft, bude velké úsilí stát zejména vyjednávání s touto firmou. Vytvoření software pro robotický roj, který bude řídit nejen jednotlivé členy, ale i komunikaci s ostatním software bude nejtěžším úkolem pro realizaci takového projektu.

Na velký problém narazíme, budeme-li chtít vybavit roboty střelnými zbraněmi. Použití takových systémů není v mírové době snadné obhájit a jistě by se brzy ozvali ochránci lidských práv a humánního zacházení, kteří by případný soudní spor jistě vyhráli. Proto jsem větší část pozornosti věnoval systému, který nebude vybaven sporným zařízením, ale bude plnit jen pasivní monitorovací úlohu, která ovšem nemusí být nutně méně důležitá. Mít několik agentů, kteří neustále zaznamenávají co se kde děje je jistě z hlediska prevence trestné činnosti velmi pozitivní. Rovněž lze takový záznam využít při prokazování trestné činnosti.

Pořízení robotického roje sebou nese velkou náročnost, ale při správně pojaté koncepci, bude takový systém velkým přínosem pro rozvoj a modernizaci Vězeňské služby České republiky.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The swarm robotic guard systems have never been used for prison guard up to now and hence, there are no experiences in this field. I sketched how the swarm members could be constructed and stated the demand on the software. The most easily solvable problem is the equipment of the robots by camera systems, since many suitable systems are readily available. The connection of the swarm to other components of prison security systems is not a major problem as well, since most of the systems are able to communicate using a common bus system.

Regarding the connection of the swarm to the Prison informational system made by Microsoft, the negotiation with company will be likely the biggest problem. The construction of software that will be able to control not only the swarm members, but also the communication with all other software, will be the most complicated part of the project.

Another vexed question is the usage of fire system. The application of such systems is very hard to defend and the guardians of human right and humane treatment will surely win a potential pursuit. Hence, I focused mainly on systems that are not equipped with the controversial weapon but will play a no less important passive monitoring role. A number of agents continually recording the course of events in the prison area are very beneficial especially for the prevention of criminal offences. Moreover, such a record can be used as a body of evidence.

The installation of a robot swarm is very demanding task, however, under appropriate conception, such a system will be a great contribution to progress and modernization of the Prison Service of the Czech Republic.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. *Co je to znalostní a informační robot?* [online]. 2007 [cit. 2010-06-06]. Faculty of Informatics, Masaryk University KIRLab . Dostupné z WWW: < <http://kirlab.fi.muni.cz/cs:technologie> >.
2. *Gravitational search algorithm* [online]. 2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: < http://www.powerset.com/explore/semhtml/Gravitational_search_algorithm?query=Gravitational+search+algorithm >.
3. OMNITECH ROBOTICS INTERNATIONAL, LLC. *Omnitech Robotics - Controls for Unmanned Ground Vehicles* [online]. 2004 [cit. 2010-06-01]. Modular Autonomous Robotic System (MARS). Dostupné z WWW: < http://www.omnitech.com/pdf/mars_ds.pdf >.
4. *Podání žádosti o individuální oprávnění* [online]. 2010 [cit. 2010-06-06]. Dostupné z WWW: < <http://www.ctu.cz/ctu-informuje/jak-postupovat/radiove-kmitocty/podani-zadosti-o-individualni-opravneni.html> >.
5. *Speciální zbraň Kraken SF1* [online]. 2003 [cit. 2010-06-06]. Libra a.s. Dostupné z WWW: < <http://www.libraas.com/1019-specialni-zbran-kraken-sf1.html> >.
6. University of Reading. *Stochastic Diffusion Search - University of Reading* [online]. 2010 [cit. 2010-06-01]. Cybernetics Intelligence Research Group. Dostupné z WWW: <<http://www.reading.ac.uk/cirg/sds/cirg-stochasticdiffusionsearch.aspx>>.
7. AČOVÁ, M. *Umělá Inteligence - Reaktivní systémy* [online]. 2009 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: < http://axpsu.fpf.slu.cz/~aco10ui/reaktivni_systemy.pdf >.
8. ATYABI, A; PHON-AMNUAISUK, S; HO, CH K. Navigating a robotic swarm in an uncharted 2D landscape. *Applied Soft Computing*. 2010, 10, s. 149-169.

9. BENI, G; WANG, J. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems. *Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems, Tuscany, Italy*. 1989, June, s. 26-30.
10. BENI, G; WANG, J. Theoretical Problems for the Realization of Distributed Robotic Systems. *Proceedings 1991 IEEE International Conference on Robotic and Automation*. 1991, 1, s. 1914-1920.
11. BRYSON, J. Cross-paradigm analysis of autonomous agent architecture. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*. 2000, 12, s. 165-189.
12. BUTLER, Z; RUS, D. Event-based motion control for mobile-sensor networks. *IEEE Pervasive Computing*. 2003, 2, s. 34-42.
13. CIL, I; MALA, M. A multi-agent architecture for modelling and simulation of small military unit combat in asymmetric warfare. *Expert Systems in Applications*. 2010, 37, s. 1331-1343.
14. DUAN, H; LIU, S; LEI, X. Air Robot Path Planning Based on Intelligent Water Drops Optimization. *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* . 2008, 1, s. 1397-1401.
15. DUAN, H; LIU, S; LEI, X. Novel intelligent water drops optimization approach to single UCAV smooth trajectory planning. *Aerospace Science and Technology*. 2009, 13, 8, s. 442-449.
16. HARA, S; ISHIMOTO, T; KITANO, M, TSUJIOKA, T. A Common Coordinates/Heading Direction Generation Method for a Robot Swarm with Only RSSI-Based Ranging. *EURASIP Journal of Advances in Signal Processing*. 2009, 2009, s. 1-11.
17. HUBAUX, J-P; GROSS, T; LE BOUDEC, J-Y, VETTERLI, M. Toward self-organized mobile ad hoc networks: the terminodes project. *IEEE Communications Magazine*. 2001, 39, s. 118-124.

18. KABEŠ, K. *Servisní roboty dobývají svět* [online]. 2010 [cit. 2010-06-06]. Automa. Dostupné z WWW: < http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=41046 >.
19. KAMAL, I. *Waypoint follower robot using dead reckoning* [online]. 2008 [cit. 2010-06-01]. IKALOGIC. Dostupné z WWW: < <http://www.ikalogic.com/wfr.php> >.
20. KHATIB, O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. *International Journal of Robotics Research* . 1986, 5, s. 90-98.
21. KOŠNAR, K. *Mobilní robotika* [online]. 2007 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: < <http://www.roznovskastredni.cz/dwnl/pel2007/06/Kosnar.pdf> >.
22. KROTKOV, E. *Dead Reckoning for Walking Robots* [online]. 1996 [cit. 2010-06-01]. NASA Space Telerobotics Programm. Dostupné z WWW: < http://ranier.hq.nasa.gov/telerobotics_page/technologies/0403.html >.
23. KVASNICA, M. SOUČASNÉ SMĚRY VE VÝVOJI VOJENSKÝCH A BEZPEČNOSTNÍCH ROBOTICKÝCH SYSTÉMŮ. *Perspektivní bezpečnostní technologie ochrany majetku*. 2008, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 8.
24. NOVÁK, P. *Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení*. Praha : BEN – technická literatura, 2005. 256 s.
25. PAYTON, D; DAILY, M, ESTOWSKI, R; HOWARD, M, LEE, C. Pheromone robotics. *Autonomous Robots* . 2001, 11, s. 319-324.
26. POŠÍK, P. *Evoluční algoritmy s reálnou reprezentací. Evoluční strategie. Rojová inteligence. Optimalizace rojením částic. Mravenčí kolonie*. [online]. 2009 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: < <http://cw.felk.cvut.cz/lib/exe/fetch.php/courses/y33aui/09swarm.pdf?id=courses%3Ay33aui%3Astart&cache=cache> >.
27. REYNOLDS, CW. Flocks, herds and schools. *Computer Graphics* . 1987, 1, s. 25-34.

28. SHAH-HOSSEINI , H. Optimization with the Nature-Inspired Intelligent Water Drops Algorithm. *Int. J. Bio-Inspired Computation*. 2009, 1, s. 71-79.

29. SCHMICKL, T; HAMANN, H; WÖRN, H, CRAILSHEIM, K. Two different approaches to a macroscopic model of bio-inspired. *Robotics and Autonomous Systems* . 2009, 57, s. 913-921.

30. SUGAWARA, K; SANO, M. Cooperative acceleration of task performance: Foraging behavior of interacting multi-robots system. *Physica D*. 1997, 100, s. 343-354.

31. SYCARA, KP. Multiagent systems. *AI Magazine*. 1998, 19, s. 79-92.

32. TRIANNI, V. *Evolutionary swarm robotics : Evolving self-organising behaviours in groups of autonomous robots (Studies in Computational Intelligence)*. Berlin : Springer-Verlag, 2008. 190 s.

33. WOOLDRIDGE, MJ; JENNINGS, NR. Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review*. 1995, 10, s. 115-152.

34. YANG, A; CURTIC, NJ; ABBASS, HA, SARKER, R. *NCMAA: a Network Centric Multi-Agent Architecture for Modelling Complex Adaptive Systems* [online]. 2008 [cit. 2010-06-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.itee.adfa.edu.au/~alar/techreps/200605012.pdf>>.

35. *Flir.com* [online]. 2010 [cit. 2010-06-06]. Flir. Dostupné z WWW: <<http://www.flir.com/cvs/eurasia/en/content/?id=30350>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-------|---|
| VS ČR | Vězeňská služba České republiky. |
| CCD | Charge-Coupled Device |
| CMOS | Complementary Metal–Oxide–Semiconductor |
| CCTV | Closed Circuit Television |
| EZS | Elektronická zabezpečovací signalizace |
| EPS | Elektronická požární signalizace |
| VIS | Vězeňský informační systém |
| SVGA | Super Video Graphics Array |
| EMC | Elektromagnetická kompatibilita |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Kolový podvozek | 11 |
| Pásový podvozek | 12 |
| Robot had | 12 |
| Létající robot | 13 |
| Robotická ponorka | 13 |
| Vozidlo SWORDS | 14 |
| Navigace výpočtem | 19 |
| Rozlišení 4:3 | 29 |
| Kombinovaná kamera firmy FLIR | 30 |
| Zbraň Kraken | 35 |
| Určení vzdálenosti pomocí stereo zobrazení | 36 |
| Schéma softwarové komunikace | 38 |