

Metody detekce pohybu v ochraně objektu

Motion detection methods for the protection of the building

Bc. Petr Barák

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

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

Téma práce: **Metody detekce pohybu v ochraně objektu**

Zásady pro vypracování:

1. **Objasněte problematiku bezpečnosti z pohledu ochrany majetku.**
2. **Analyzujte soudobé metody detekce pohybu.**
3. **Analyzujte fyzikální podstatu detektorů pohybu, používaných k ochraně majetku.**
4. **Provedte návrh využití nových metod detekce pohybu v objektové bezpečnosti.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Uhlář, J.: **Technická ochrana objektů, II. díl -- Elektrické zabezpečovací systémy.**
Praha : PA ČR 2001.
2. Křeček, S.: **Příručka zabezpečovací techniky, Praha, 2006.**
3. Čandík, M.: **Objektová bezpečnost II. UTB - Academia centrum Zlín, 2004.**
4. Macháček M.: **Encyklopedie fyziky. Praha : Mladá fronta, 1999.**
5. Havelka F., Fuka J.: **Elektřina a magnetismus. Praha : SPN, 1979.**

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Luděk Lukáš, 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

Diplomová práce primárně analyzuje konvekční metody detekce pohybu používané u pohybových detektorů poplachových a tísňových systémů v ochraně objektu. V teoretické části práce autor nejprve analyzuje člověka jako objekt vyznačující se určitými fyzikální jevy, kterými se prozrazuje jeho pohyb na daném místě. Dále se zabývá podrobnou analýzou fyzikální podstaty detektorů pohybu. Praktická část diplomové práce analyzuje soudobé trendy detektorů pohybu a autor zde navrhuje nové metody detekce pohybu, které by v rámci ochrany objektu mohly být použity.

Klíčová slova: metoda, detekce pohybu, detektor pohybu, narušitel, chráněná zóna, poplachový zabezpečovací a tísňový systém

ABSTRACT

This Diploma thesis analyzes the primary convective motion detection of methods used for motion detection in Intruder and Hold-up Alarm System. In the theoretical part of this thesis the author first analyzes the human like an object characterized by certain physical phenomena, which betrays his movement on the ground. This physical effect proclaims the motion of the human on the definite place. The author occupies with the analyzes of the physic principal of the motion detectors. The practical part of this thesis analyzes the contemporary trends of the motion detectors and the author proposes the new methods to detect motion, which could be used to protect the building.

Keywords: method, motion detection, motion detector, intruder, protection of area, Intruder and Hold-up Alarm System

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Ludřkovi Lukášovi, Csc. za odborné vedení, podnětné rady, informace a připomínky, které mi poskytoval během zpracovávání 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.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
1 TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SOUČASNÉ PROBLÉMY V OCHRANĚ MAJETKU A JEJICH BUDOUCNOST	11
1.1 ANALÝZA STATISTIK KRÁDEŽE VLOUPÁNÍM DO OBJEKTU.....	12
1.2 SHRNUÍ A VÝHLED DO BUDOUCNA.....	13
2 METODY DETEKCE POHYBU	15
2.1 DETEKTORY POHYBU	16
2.1.1 Rozbor detektoru pohybu.....	17
2.1.1.1 Senzor elektrických a neelektrických veličin	17
2.1.1.2 Elektronické obvody detektoru.....	18
2.2 DEMASKUJÍCÍ PŘÍZNAKY NARUŠITELE	20
2.2.1 Biologické signály generované	20
2.2.1.1 Povrchové rozložení teplot	21
2.2.1.2 Celkový výdej tepla	21
2.2.1.3 Produkce CO ₂	21
2.2.1.4 Světelné záření.....	22
2.2.1.5 Magnetické projevy	22
2.2.2 Biologické signály modulované.....	22
2.2.2.1 Ionizační záření.....	23
2.2.2.2 Viditelné záření.....	24
2.2.2.3 Ultrazvuk	24
2.2.3 Biologické signály pasivní a aktivní	24
2.3 SHRNUÍ.....	25
3 FYZIKÁLNÍ PODSTATA DETEKTORŮ POHYBU	26
3.1 TEORIE ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ	26
3.1.1 Elektromagnetické spektrum.....	27
3.2 DETEKCE POHYBU S VYUŽITÍM ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE.....	28
3.2.1 Mikrovlnné záření	29
3.2.1.1 Metoda Fresnelovy zóny.....	30
3.2.1.2 Metoda Dopplerova jevu	32
3.2.2 Infračervené záření.....	35
3.2.2.1 Metoda pasivní snímání	36
3.2.2.2 Metoda aktivního snímání	39
3.3 SPECIFICKÉ METODY DETEKCE POHYBU	41
3.3.1 Metoda ultrazvukových vln.....	41
3.3.1.1 Ultrazvukový senzor	42
3.3.2 Metoda analýzy elektrického signálu ve vodiči	44
3.3.2.1 Štěrbinové kabely	44
3.3.2.2 Ostatní kabely	45
3.3.3 Metoda detekce pohybu na základě změny digitálního obrazu	47
3.3.3.1 Uložení obrazu v paměti počítače.....	48
3.3.3.2 Prahování obrazu	48
3.3.3.3 Detekce změn v obrazu.....	48

3.4	SHRnutí.....	51
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	52
4	ANALÝZA DETEKTORŮ POHYBU V OCHRANĚ MAJETKU	53
4.1	KONVEKČNÍ DETEKTOR POHYBU	53
4.1.1	Konstrukce detektoru	53
4.1.2	Elektrická konstrukce detektoru.....	54
4.1.3	Programový algoritmus	55
4.1.4	Externí komunikace	55
4.2	TRENDY DETEKTORŮ POHYBU	57
4.2.1	Kombinované pasivní infračervené detektory	57
4.2.1.1	Hardware detektoru.....	57
4.2.1.2	Metody zpracování signálu	59
4.2.2	Kombinované detektory pohybu perimetrické ochrany	63
4.2.2.1	Hardware detektoru.....	63
4.2.2.2	Metody zpracování signálu	66
4.3	SHRnutí.....	67
5	NÁVRH VYUŽITÍ NOVÝCH METOD DETEKCE POHYBU.....	68
5.1	TEORETICKÝ NÁVRH NOVÝCH METOD DETEKCE POHYBU	68
5.1.1	Detekce pohybu pomocí tíhové síly	68
5.1.2	Detekce pohybu pomocí ionizačního záření	69
5.1.2.1	Aktivita radionuklidů v lidském těle	69
5.1.2.2	Podíl radionuklidů v lidském těle	71
5.1.3	Detekce pohybu pomocí laseru	71
5.1.3.1	Princip detekce.....	72
5.2	PRAKTICKÝ NÁVRH NOVÝCH METOD DETEKCE POHYBU	73
5.2.1	Váhový detektor pohybu	73
5.2.1.1	Senzor síly.....	73
5.2.1.2	Generování výstupního signálu ze senzoru	76
5.2.1.3	Elektrická konstrukce detektoru	77
5.2.2	Ionizační detektor pohybu.....	79
5.2.3	Dynamický laserový detektor pohybu	79
5.2.3.1	Elektrická konstrukce detektoru	83
5.2.4	Detektor pohybu s vestavěnou identifikací	83
5.2.4.1	Princip detektoru s vestavěnou identifikací.....	84
5.2.4.2	Modifikace transpondéru	86
5.3	SHRnutí.....	87
	ZÁVĚR	88
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	90
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	92
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	94
	SEZNAM OBRÁZKŮ	95
	SEZNAM TABULEK.....	98

ÚVOD

Člověka již od nepaměti doprovází dva nejdůležitější psychické stavy – pocit jistoty a pocit bezpečí. Jakmile se člověk začal integrovat do společenství, utvářel si své životní prostředí. Toto životní prostředí dělil na tři části - přírodní, pracovní a prostředí příbytku, přičemž všechna tato prostředí ho ovlivňovala a společně utvářela lidský systém. Současné pojetí lidské bezpečnosti je bezpečnost lidského systému. Mezi jeho základní chráněné zájmy patří:

- život, zdraví a bezpečí lidí
- majetek
- společenský řád
- životní prostředí
- technologie a infrastruktura

S rostoucí kriminalitou jsou ovšem tyto zájmy stále více vystavovány rizikům. Každý den masmédia chrlí informace o kriminálních činnostech v podobě vloupání do objektů, majetkových krádeží, přepadení ve vlastním domě a podobně. Přitom pachatelé se dnes do objektů dostávají celkem snadnou cestou, ke které přispívá jejich nedostatečné či dokonce nulové zabezpečení. Je to také z části způsobeno tím, že řada bezpečnostních firem provádí elektronické zabezpečení objektů zákazníka již několik let rutinní cestou, kterou mají pachatelé již odkoukanou.

Cílem této diplomové práce je navrhnout nové metody detekce pohybu neoprávněné osoby v objektu. V úvodu práce se autor zaměřil na problematiku v ochraně majetku a na obecný popis metody detekce pohybu jako postupu při efektivním odhalování neoprávněné přítomnosti osob v chráněném objektu. Další kapitola pojednává o fyzikální podstatě detektorů pohybu a jejich fyzikálních principech, kterých využívají. Čtvrtá kapitola analyzuje trendy metod detekce pohybu. V závěru práce sám autor navrhuje nové způsoby a metody detekce pohybu, které zatím nebyly v pohybových detektorech poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů využity.

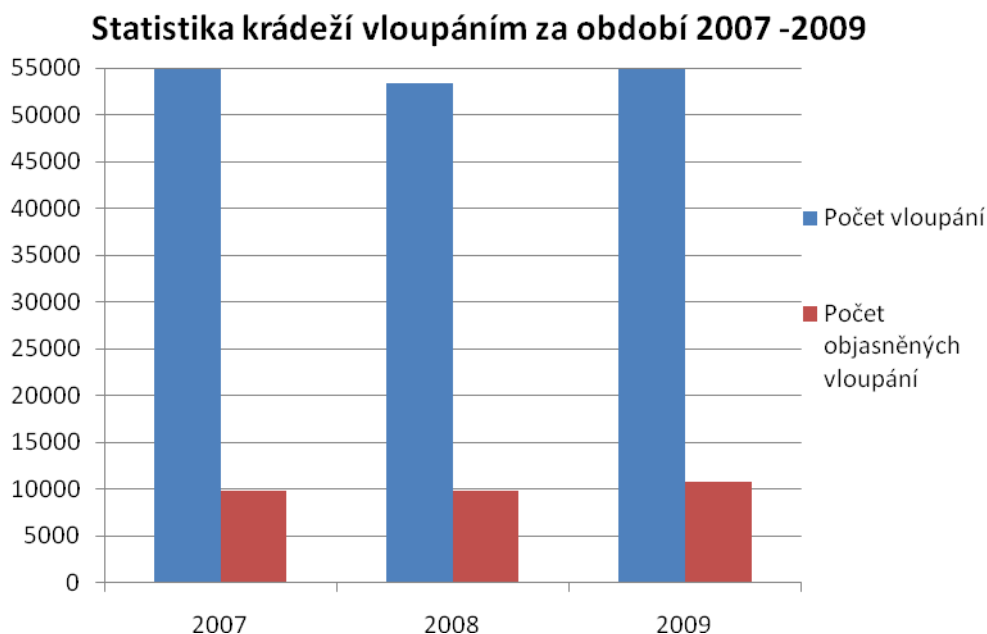
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SOUČASNÉ PROBLÉMY V OCHRANĚ MAJETKU A JEJICH BUDOUCNOST

V současné době je zabezpečení majetku v povědomí lidí stále nedostačující. Lidé přitom často nedbají ani základních bezpečnostních režimových opatření. V přízemních bytech zůstávají otevřená okna, v autech nechávají viditelně pohozené věci, na vstupních jednotkách bytů a domů mají jen základní (velmi slabou) ochranu mechanických zábranných systémů, při delším pobytu mimo domov ponechávají stažené rolety či nevybranou schránku a podporují tak domněnku, že majitel domu či bytu není delší dobu přítomen. Teprve když se někdo stane obětí vloupání, hořce lituje, že nezabezpečil svůj majetek. Zpravidla nejde jen o hmotná aktiva v podobě materiálních škod, ale i o aktiva nehmotná, jako jsou různé dokumenty soukromého charakteru, které mají pro jeho majitele nevyčíslitelnou hodnotu. Řada lidí se domnívá, že když bydlí například v panelovém domě, zloděj si nedovolí vloupat se do jejich bytu, protože na chodbách je takřka neustálá frekvence pohybu obyvatel domu. Bohužel opak je pravdou. Lidská lhostejnost dosáhla již takové hladiny, že na pomoc druhého se nelze téměř vůbec spolehnout. To také můžeme vidět například u houkajících alarmů zaparkovaných osobních vozidel. Každou chvíli dochází ke spuštění alarmu vozidla a lidé si na to již tak zvykli, že jen prochází kolem bez povšimnutí. Na druhé straně, není se čemu divit. Žijeme ve státě, který je deklarován jako demokratický právní stát s jednoznačností a vymahatelností práva. Tato vymahatelnost je však zanesena pouze v normách právních předpisů a její přenesení do praxe je dosti odlišné. Jak je jen možné, že člověk bránící svůj majetek před zlodějem, kterého během incidentu poraní, je obžalován z trestního činu ublížení na zdraví? Lidé nemají oporu a nedůvěřují státu jako subjektu soudní a výkonné moci. Starají se raději jen o sebe a druhých si nevěšmají. Mají strach, že pokud by poskytli druhým pomocnou ruku, sami by se zapletli do problémů, které by se nakonec otočily proti nim, jak se také již v mnoha případech stalo. Každý den jsou média přeplněna zprávami o organizovaném zločinu, korupci ve vrcholných sférách vládní moci, násilnostech a kriminalitě. Jak někteří přední politikové tvrdí: „*kriminalita je daň, kterou vyžaduje demokratický režim státu*“. Proč se ale tato daň neustále zvyšuje! Nový trestný zákoník má přinést nové zlepšení. Zda-li to bude zlepšení, se projeví až s odstupem času.

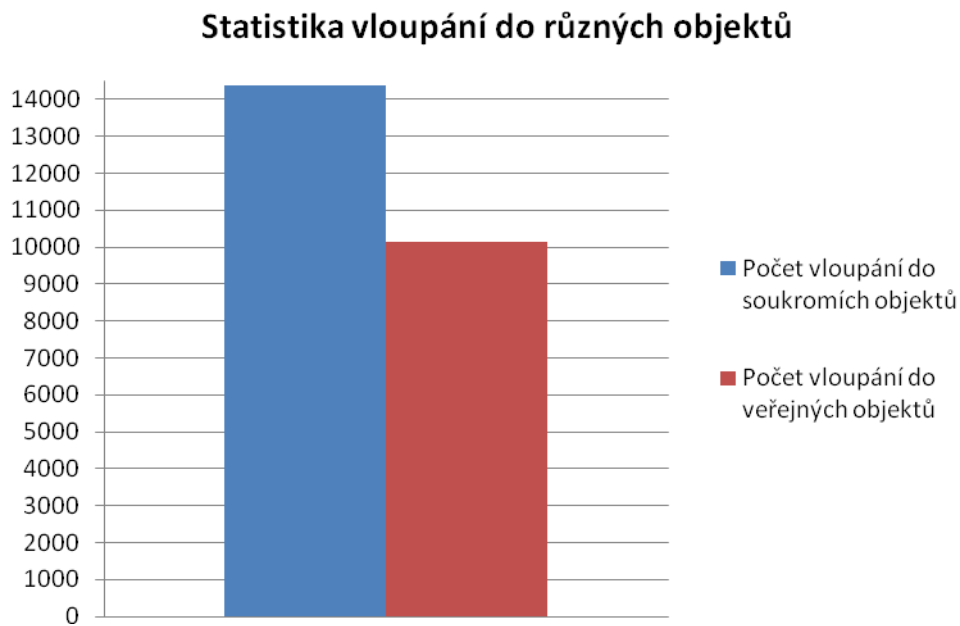
1.1 Analýza statistik krádeže vloupáním do objektu

Pokud se podíváme na statistiky Policie České republiky za období posledních tří let, zjistíme, že počet krádeží vloupáním se do objektů se udržuje stále na stejné hladině - okolo 54 tisíc případů za jeden rok.



Obr. 1. Statistika krádeží vloupáním

Jak je z grafu patrné, počet objasněných kriminálních činů krádeží vloupáním je stále velmi nízký a za celé období činí v průměru 10 342. Jelikož rozdíl mezi jednotlivými roky v počtu objasněných případů osciluje v rozmezí $\pm 0,75\%$, nelze jednoznačně říci, že s odstupem času došlo ke snížení této kriminální činnosti. Další graf znázorňuje statistiku počtu krádeží vloupáním do různých typů objektů.



Obr. 2. Statistika vloupání do různých objektů

Je jasně patrné, že počet krádeží vloupáním do soukromých objektů stále značně převyšuje nad objekty veřejnými. Přitom do soukromých objektů můžeme řadit rodinné domy, chaty a byty. Do oblasti veřejných objektů řadíme obchodní domy a jejich výkladní skříně, restaurace a hostince, ubytovací objekty, kulturní objekty, výpočetní střediska, pobočky bank a spořitelny. Rozdíl je způsoben tím, že veřejné objekty jsou zpravidla pojištěny, přičemž ze strany pojišťovny je na základě pojistných podmínek vyžadováno zabezpečení objektů proti vloupání.

1.2 Shrnutí a výhled do budoucna

Jak z výše popsaného plyne, na otázku zda se bude kriminální činnost krádeží vloupáním do objektů zvyšovat či snižovat nelze jednoznačně odpovědět. Za poslední tři roky se sice stále pohybuje na stejné úrovni, ale je potřeba brát v potaz řadu ovlivňujících faktorů, které do této problematiky vstupují, z nichž nejvýznamnější je v současné době platnost nového trestního zákoníku. Mezi další významné faktory jednoznačně patří světová finanční krize, v jejíž důsledku se dnes nezaměstnanost v České republice pohybuje na hranici 10%. Lidé zatížení svými starostmi tak vůbec nepřemýšlejí o tom, že by si měli zabezpečit svůj majetek. I když na mnoha nových rodinných domech lze poplachové zabezpečovací systémy spatřit. I přesto je však instalace poplachových zabezpečovacích a tísňových

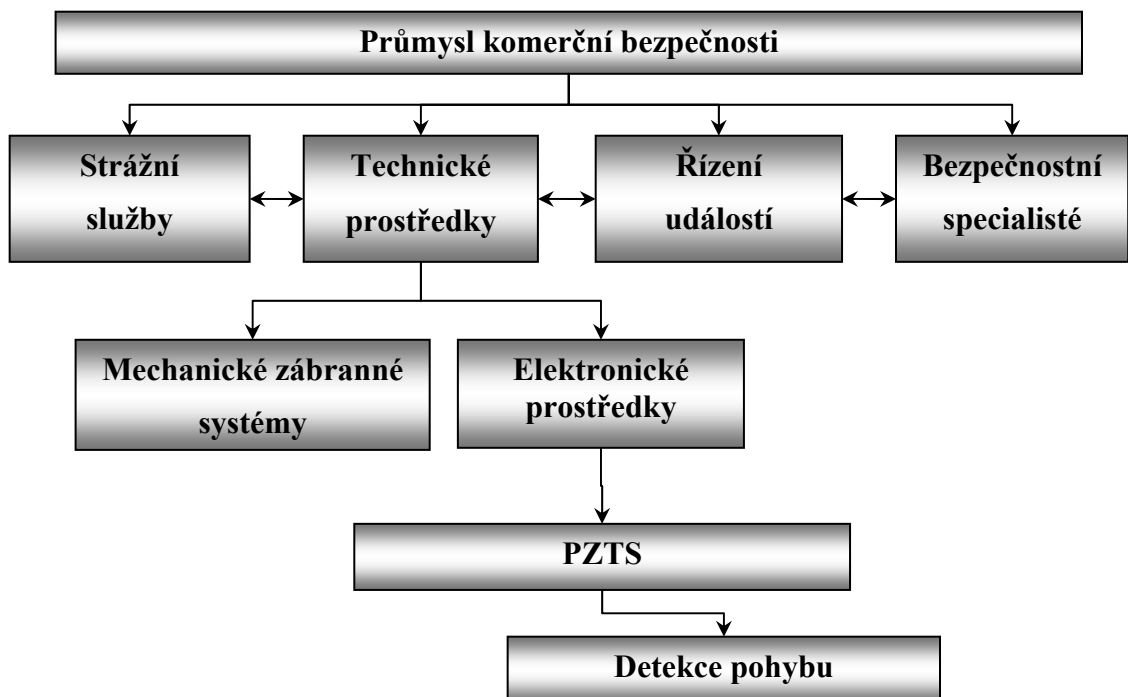
systemů v povědomí mnoha lidí fixována jako luxusní nadstandard argumentovaný dosti vysokou pořizovací cenou, tudíž jsou přesvědčeni, že je pro ně zbytečná. Tito lidé ovšem musejí pochopit, že v otázkách osobní bezpečnosti a bezpečnosti vlastního majetku se musejí spolehnout sami na sebe (samozřejmě v mezích zákona). Je třeba využít možností průmyslu komerční bezpečnosti, který se neustále rozvíjí a na českém trhu má již dosti silné zastoupení. Policie České republiky (PČR), jako nástroj výkonné moci státu, řeší totiž události vloupání do objektu až v sekundární rovině. Tedy až již k vyloupení došlo. Je třeba příčinu vloupání ale řešit v rovině primární, tedy preventivně. Jen samotná událost, kdy postižený přišel na služební stanici PČR oznámit, že mu bylo v panelovém domě ze sklepní kóje zcizeno kolo za deset tisíc korun a příslušník policie mu sdělil: „*Já se divím, že to vůbec chodíte hlásit, to kolo již s největší pravděpodobností nevidíte*“, mě přesvědčilo, že na policejní slogany v podobě „*pomáhat a chránit*“ se spolehnout nelze. Na druhé straně chtít po člověku, který zrovna přišel o práci a s obtížemi zaplatí nájem, aby si pořídil zabezpečení bytu za několik desítek tisíc, je nemožné. Je třeba hledat kompromisní řešení. Při zabezpečení svého majetku se poradit s odborníky v oboru a vyhnout se podezřelým bezpečnostním firmám. Člověk musí mít na paměti, že základem návrhu zabezpečení majetku je provedení bezpečnostní analýzy, jejímž cílem je vyhledání bezpečnostních rizik v objektu. Tyto bezpečnostní analýzy pak tvoří podklady, na základě kterých může poskytovatel služby se svým zákazníkem prodiskutovat různé varianty zabezpečení jeho objektu v závislosti na pořizovací ceně.

Zabezpečení majetku je především komerční záležitostí. Je ale nutné, aby se stalo i posláním pro lepší a bezpečnější budoucnost lidstva. Výrobci jednotlivých prvků a systémů poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů by měli neustále hledat nové způsoby a metody, jak co nejlépe zabezpečit chráněný objekt. Například hledat nové fyzikální metody detektorů pohybu s minimálními výrobními náklady a tudíž s příznivější spotřebitelskou cenou.

2 METODY DETEKCE POHYBU

Metoda všeobecně znamená postup, návod nebo cestu určitého poznání jak dosáhnout zvoleného cíle. Při detekci pohybu se konkrétně jedná o cestu, jakým způsobem lze zaznamenávat pohyb určitého objektu. Pohybující se objekt může v různých průmyslových odvětvích představovat například výrobek na běžícím pásu nebo pohybující se rameno průmyslového robota.

V bezpečnostním průmyslu spadá detekce pohybu do oblasti poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů (dále již uváděné jen pod zkratkou *PZTS*). Detekci pohybu lze charakterizovat jako pohyb narušitele uvnitř nebo na perimetru chráněné zóny, do které má zakázaný přístup. Narušitelem se přitom rozumí pachatel, který se do této chráněné zóny snaží vniknout za použití fyzického i psychického násilí. Samotné označení osoby pachatelem je trochu zavádějící, protože daná osoba se pachatelem stává až v případě spáchání trestného činu. Na druhou stranu člověk snažící se vykrást cizí byt, dům či auto naplňuje znaky skutkové podstaty pachatele již při pouhém plánování tohoto trestného činu dle §22 zákona č.40/2009Sb. Jelikož průmysl zajišťující ochranu majetku je záležitostí vyloženě soukromých bezpečnostních firem (alespoň v České republice), nazýváme jej průmyslem komerční bezpečnosti.



Obr. 3. Zařazení detekce pohybu v průmyslu komerční bezpečnosti

2.1 Detektory pohybu

Detektory pohybu lze charakterizovat jako elektronická zařízení reagující na změnu fyzikálních veličin, které produkuje narušitel pohybující se po nebo v chráněné zóně. Detektory tuto změnu registrují, vyhodnocují a informace o detekci předávají ústředně *PZTS* v podobě poplachového signálu. Základním předpokladem pro 100% detekci je právě onen nutný pohyb narušitele. Tím se tak při detekci eliminují rušivé fyzikální vlivy vnějšího okolí. Detektory pohybu se v základě dělí na pasivní a aktivní. Pasivní detektory se vyznačují tím, že pouze registrují změnu fyzikální veličiny působící na detektor z okolí chráněné zóny. Naopak aktivní detektory vytvářejí vlastní elektromagnetická nebo akustická pole, jenž emitují do svého okolí. Okolní prostředí tato pole modifikuje a detektor tyto modifikace pak zpětně registruje a vyhodnocuje. V praxi to tedy znamená, že pasivní detektor pohybu je vybaven pouze přijímačem, kdežto aktivní detektor je vybaven přijímačem i vysílačem elektromagnetického či akustického signálu.

Detektory pohybu rozdělujeme z hlediska použití do čtyř oblastí podle funkčních požadavků, které plní při ochraně objektu. Těmito oblastmi jsou:

- perimetrická ochrana
- plášťová ochrana
- prostorová ochrana
- předmětová ochrana

Detektory pohybu spadají do oblastí perimetrické a prostorové ochrany. Tyto oblasti definujeme následovně:

Perimetrická ochrana – představuje ochranu celého přilehlého okolí objektu, přičemž hranice takového okolí mohou být ukončeny přírodními či umělými překážkami a bariérami. Úlohou detektorů je detekovat pohyb při překonávání těchto překážek i v rámci celé oblasti perimetru.

Prostorová ochrana – představuje ochranu aktiv uvnitř daného objektu. Úlohou detektorů pohybu je detekovat pohyb působící v definovaném prostoru, který byl označen jako za nejrizikovější (s největší mírou rizika).

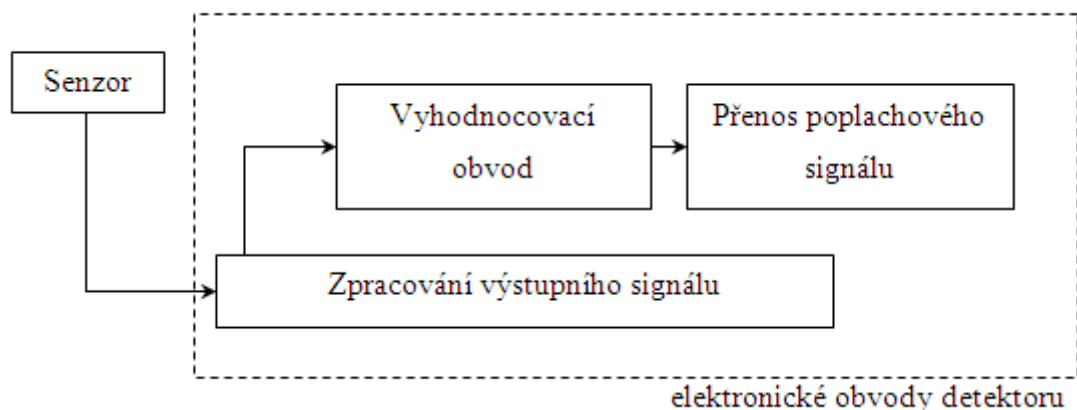
2.1.1 Rozbor detektoru pohybu

Detektor pohybu jako takový můžeme z hardwarového hlediska rozdělit na tři části:

1. část. Nosná konstrukce detektoru
2. část. Senzor elektrických a neelektrických veličin
3. část. Elektronické obvody detektoru

Z funkčního hlediska detektor pohybu můžeme rozdělit na části:

1. část. Snímání fyzikální veličiny
2. část. Zpracování výstupního signálu senzoru
3. část. Vyhodnocování parametrů signálu
4. část. Přenos signálu do ústředny



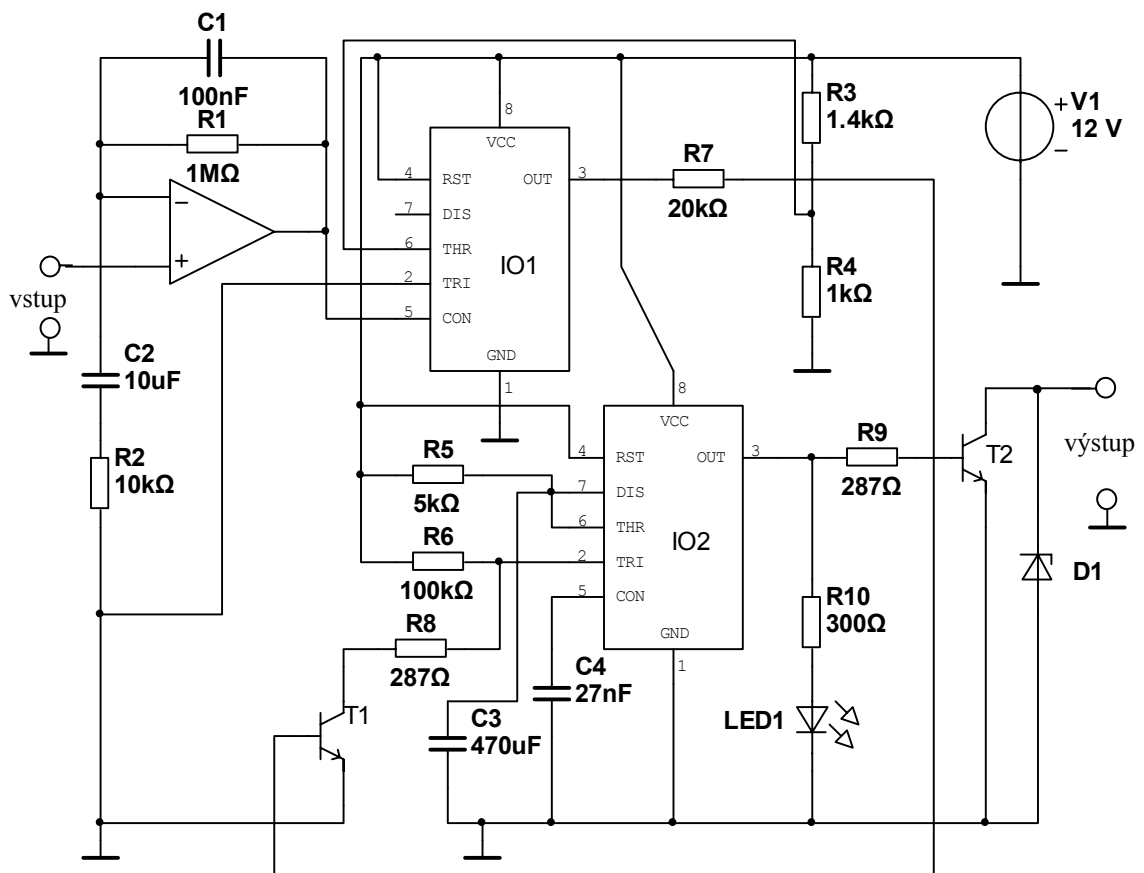
Obr. 4. Blokové schéma detektoru pohybu

2.1.1.1 Senzor elektrických a neelektrických veličin

Senzory jsou obecně smyslovými orgány elektroniky. Poskytují informace o technologickém prostředí. U detektoru pohybu senzor převádí vstupní neelektrickou veličinu na výstupní elektrickou veličinu, většinou elektrického napětí, proudu nebo odporu. Přitom vstupní neelektrickou veličinou se rozumí demaskující příznaky, jimiž se prozrazuje přítomnost a pohyb narušitele na daném místě. Tyto příznaky jsou rozebrány v kapitole 2.2 Demaskující příznaky narušitele.

2.1.1.2 Elektronické obvody detektoru

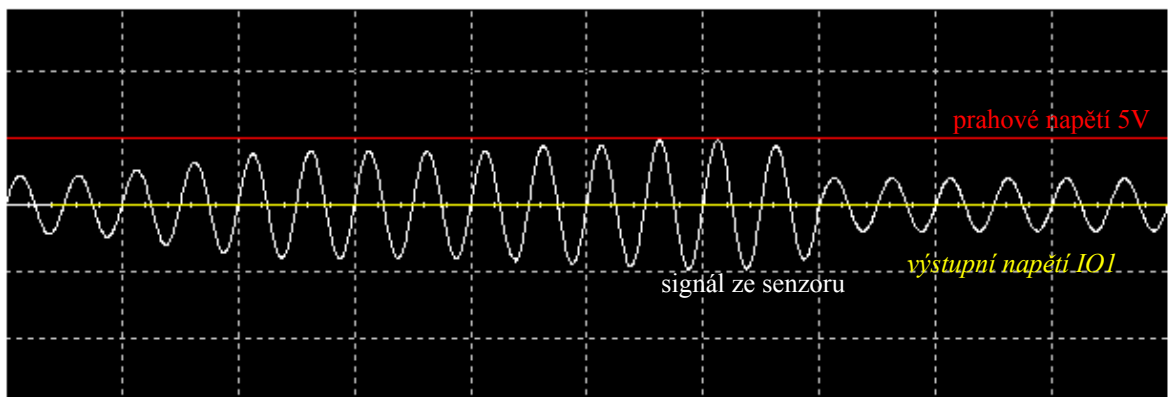
Účelem elektrických obvodů detektoru je vhodné zpracování výstupního signálu ze senzoru s cílem vygenerovat na výstupu poplachový signál. Signál ze senzoru je nutno nejprve vyhladit (zbavit šumu) a zesílit, provést jeho komparaci s nastavenými hodnotami a na výstupu generovat poplachový signál. Jako praktickou ukázkou jsem navrhl vlastní elektronický obvod pro jednoduché zpracování výstupního signálu ze senzoru detektoru.



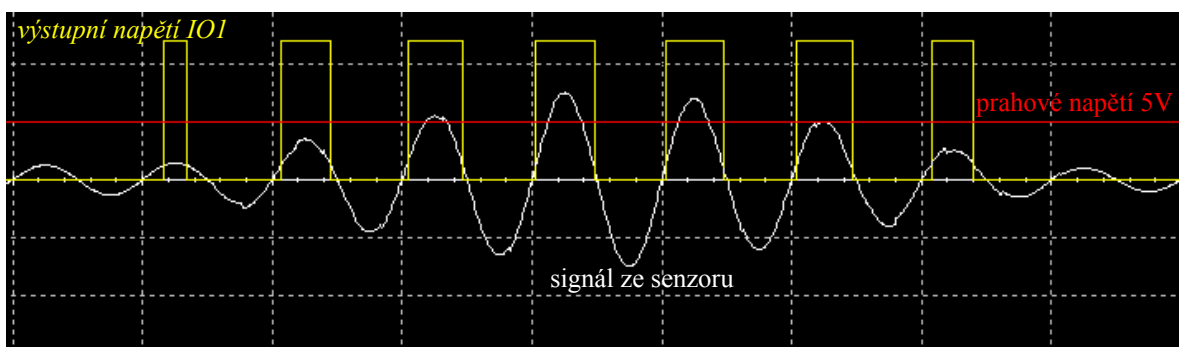
Obr. 5. Elektrické schéma detektoru pohybu

Na vstup obvodu je připojen senzor detekující pohyb narušitele. Při aktivaci generuje napětí sinusového průběhu frekvence 1 Hz s amplitudou v rozsahu 0,25 až 8 V, přičemž překročení amplitudy 2,6 V je detekováno již jako pohyb narušitele. Signál je nejprve zesílen v zesilovači zapojeném jako pásmová propust. Důvodem je zesílení pouze požadované frekvence 1 Hz. Zesílený signál je porovnán v obvodu IO1 zapojeném jako

komparátor. Jelikož se jedná o střídavý sinusový signál, porovnávací hodnota komparátoru je nastavena na 5 voltů přes dělič napětí R_3 a R_4 . Z následujícího grafu je vidět průběh napětí. Je-li signál ze senzoru pod prahovou hodnotou, výstup (3) $IO1$ se překlápí do nulového stavu. Překročí-li signál senzoru $2,6\text{ V}$, na výstupu $IO1$ se objeví napěťový impuls, který sepne tranzistor $T1$ a spustí se obvod $IO2$. Ten sepne tranzistor $T2$ na dobu $2,5$ sekundy, což indikuje dioda $LED1$. Obvody IO tvoří časovače 555 , tranzistor $T2$ je zapojen jako výstupní spínač s otevřeným kolektorem. V případě tohoto obvodu, je poplachový signál generován sepnutím tranzistoru $T2$.



Obr. 6. Graf znázorňující jednotlivá napětí při klidovém stavu senzoru



Obr. 7. Graf znázorňující jednotlivá napětí při aktivaci senzoru

Největší slabinou detektorů pohybu je četnost falešných poplachů. To znamená, zda obvody detektoru na výstupu generují poplachový signál oprávněně, či nikoliv. Tyto poplachu lze definovat jako míru falešných poplachů vlivem působení negativních vlivů okolí na senzor detektoru. Jedná se většinou o fyzikální děje – působení tepla, světla či

elektromagnetického záření. Míru četnosti falešných poplachů značíme zkratkou FAR a určíme ji ze vztahu:

$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_{IIA}} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

N_{FA} – počet chybných vyhlášení poplachu

N_{IIA} – počet všech pokusů o vyhlášení poplachu

2.2 Demaskující příznaky narušitele

Demaskujícími příznaky člověka lze nazvat fyzikální jevy, kterými se prozrazuje jeho přítomnost na daném místě. Člověk jako bytost je otevřený dynamický systém, jenž je schopen přijímat, zpracovávat a vydávat informace. Tyto informace nazýváme biologické signály, protože nepocházejí z umělých zdrojů, ale z živého organismu. Senzory detektorů pohybů jsou zkonstruovány tak, aby na tyto biologické signály reagovaly.[8]

Biologické signály dále můžeme dělit na:

- biologické signály generované
- biologické signály modulované
- biologické signály pasivní
- biologické signály aktivní

V následujících tabulkách jsou popsány jednotlivé druhy biologických signálů. U každého biologického signálu je zároveň uveden detektor pohybu, jenž jej využívá pro detekci pohybu narušitele.

2.2.1 Biologické signály generované

Generované biologické signály představují signály vysílané lidským organismem přímo do okolí. Na jejich reprodukci se nepodílí žádný cizí zdroj.

Druh projevu	Detektor pohybu
Povrchové rozložení teplot	Pasivní infračervený detektor
Celkový výdej tepla	x
Produkce CO ₂	x
Světelné záření	x
Magnetické projevy	x

Tab. 1. Tabulka současného využití biologických generovaných signálů

2.2.1.1 Povrchové rozložení teplot

Povrch lidského těla emituje tepelné záření v infračervené oblasti. Stabilní teplota lidského těla se pohybuje mezi 35 – 36,5 °C v závislosti na okolních podmínkách a konkrétním zdravotním stavu osoby. Odpovídající vlnová délka záření se pohybuje v rozmezí

9,4 – 9,8 μm.

2.2.1.2 Celkový výdej tepla

Celkový výdej tepla lidského organismu představuje množství tepla lidského těla předaného svému okolí. Často se s tímto jevem počítá při návrhu klimatizací budov. Celkový tepelný výdej značíme P a uvádí se ve wattech.

$$P = 167 \cdot \sqrt{\text{hmotnost} \cdot \text{výška}} \cdot \zeta \cdot (t_i^4 - t_{OUT}^4) [W] \quad (2)$$

$\text{hmotnost} \cdot \text{výška}$ – součin hmotnosti a výšky lidského těla

ζ – Stefan-Boltzmanova konstanta $5,67 \cdot 10^{-8} [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}]$

t_i – teplota těla v Kelvinech

t_{OUT} – teplota okolí v Kelvinech

Pozn. Bude-li se člověk nacházet v místnosti o okolní teplotě 20°C a nebude vykonávat žádnou fyzickou zátěž, vydá do okolí každou minutu 195 W tepla.

$$P = (167 \cdot \sqrt{75 \cdot 175}) \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot [(273,15 + 36,5)^4 - (273,15 + 20)^4] = 195W$$

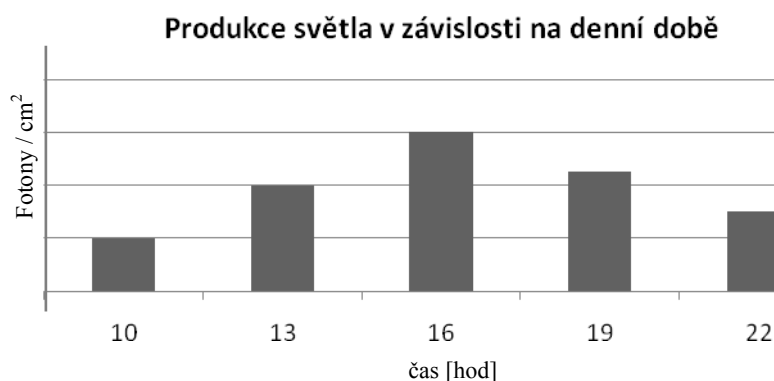
2.2.1.3 Produkce CO₂

Člověk, stejně jako i ostatní živočichové, vydechuje oxid uhličitý. Ten vzniká vlivem spalování sacharidů v buňkách organismu. Přirozená koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší činí 0,038 %. Člověk při pohybu vyprodukuje 0,4 dm³ oxidu uhličitého za jednu

minutu. Pokud se tedy člověk nachází v dobře klimatizované místnosti o objemu 200 m^3 , kde koncentrace CO_2 nepřekročí 0,1% celkového objemu vzduchu místnosti, tak se koncentrace oxidu uhličitého při pobytu 10 minut zvýší o 0,002 %.

2.2.1.4 Světelné záření

Lidské tělo vyzařuje velmi malé množství záření ve viditelné oblasti elektromagnetického spektra. Tento jev se dá přisoudit chemickým procesům, které probíhají v lidském těle podobně jako u některých živočichů, u nichž tento jev nazýváme bioluminiscence. Při pokusech bylo prokázáno, že intenzita světla emitovaného lidským tělem je závislá na denní době. Největší intenzita byla zaznamenána ve čtyři hodiny odpoledne. I přes to však nepřekročila hodnotu 3000 fotonů/cm^2 . [20]



Obr. 8. Graf produkce světla lidským tělem

2.2.1.5 Magnetické projevy

V lidském organismu vzniká klidové a činnostní napětí. Klidové napětí je tvořeno v důsledku selektivní propustnosti biologických membrán. Činnostní napětí vzniká u vzrušivých tkání v důsledku podráždění svalové a nervové tkáně. Při podráždění dochází k pohybu iontových toků a okolo buněk se vytváří magnetické pole. Jeho síla je však velice malá. Pro názornost uvádíme příklad: *Magnetická indukce pole Země činní 10^{-5} T , magnetická indukce svalů činní 10^{-11} T .*

2.2.2 Biologické signály modulované

Biologické modulované signály představují signály, které jsou emitovány na lidský organismus z vnějšího zdroje. Při průchodu lidským tělem dochází k jejich změně.

Veličina	Modulace	Detektor pohybu
Ionizační záření	Absorpce, emise	x
Viditelné záření	Lom, odraz	Aktivní infračervené závory a bariéry
Ultrazvuk	Odraz	Ultrazvukový detektor pohybu
Elektromagnetické pole	Vodivost	Mikrovlnné detektory pohybu, Mikrovlnné bariéry

Tab. 2. Tabulka současného využití biologických modulovaných signálů

2.2.2.1 Ionizační záření

Ionizační záření způsobuje ionizaci látky. Kvantum fotonů při průchodu látkou vyrazí obalové elektrony atomu - vznikají kationty, nebo způsobí přebytek elektronů – vznikají anionty. Energie záření, při které již dochází k ionizaci látky, činí 5 keV. V přírodě se ionizační záření vyskytuje v podobě kosmického záření, jehož intenzita s nadmořskou výškou stoupá, a v podobě gama záření zemské kůry a radioizotopů. V průmyslovém odvětví se využívají ionizační zdroje umělé. Pokud je lidské tělo vystaveno zdroji ionizačního záření (ať už umělému či přírodnímu), dochází k jeho absorpci a částečnému odrazu v jednotlivých tkáních organismu. Míru absorpce můžeme vyjádřit vztahem:

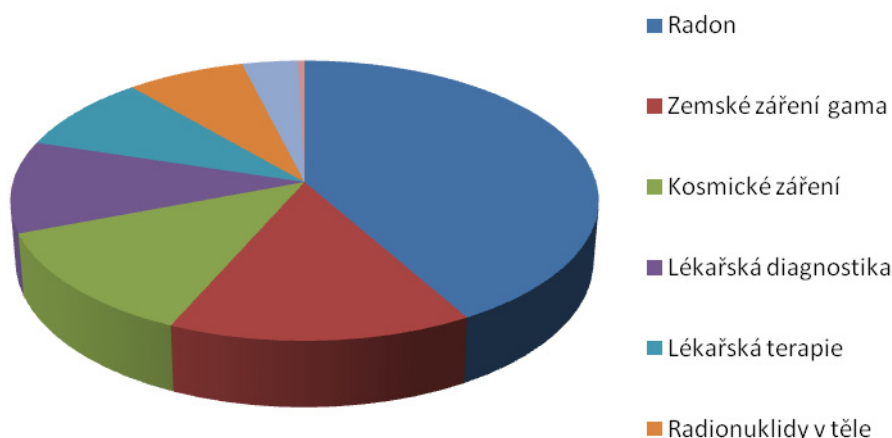
$$I = I_0 \cdot e^{-k \cdot d} [W \cdot m^{-2}] \quad (3)$$

I – intenzita ionizačního záření

k – absorpční koeficient

d – tloušťka lidského těla

Odraz ionizačního záření pak vzniká vlivem Comptonova rozptylu, kdy se fotony záření odrážejí od obalových elektronů atomů tkání pod určitým úhlem. Absorpce ionizačního záření v lidském těle udává dozimetrická veličina *dávkový ekvivalent* se základní jednotkou *Sievert* - 1 Sv. Hodnoty bezpečných dávek jsou měřeny za určitý časový interval. Člověk obdrží 2-3 mSv ionizujícího záření za rok. Z toho 90 % tvoří přírodní zdroje a 10% zdroje umělé. Mezi umělé zdroje pak můžeme řadit televizi, požární hlásiče, lékařský rentgen, bezpečnostní rentgeny na letišti, let letadlem či historické zkoušky jaderných zbraní.[10]



Obr. 9. Graf působení ionizačního zdrojů na lidský organismus

2.2.2.2 Viditelné záření

Lidské tělo pro světlo představuje odraznou plochu. Světelné záření lidským tělem neprochází. Dopadne-li světelné záření na povrch lidského těla, infračervená složka se pohltí a zbytek světla se odrazí.

2.2.2.3 Ultrazvuk

Ultrazvuk působí na lidský organismus třemi mechanismy – zahříváním tkáně, mechanickými účinky a kavitací. Projde-li ultrazvuk lidským tělem, část akustické energie se absorbuje a přemění se ve tkáních na teplo. Zbytek energie se od lidského těla odrazí. Dále akustická energie způsobuje mechanické chvění tkání v rytmu zvukových kmitů, přičemž dochází ke kavitaci. Vzniká kmitání plynových bublin v tekutém prostředí tkání a neustále se mění jejich objem. Tyto změny mohou způsobit roztříštění plynových bublin do několika menších, přičemž může dojít k poškození okolních biologických struktur.[8]

2.2.3 Biologické signály pasivní a aktivní

Mezi pasivní biologické signály se řadí signály, které produkuje lidský organismus svévolně, aniž by došlo k jeho mechanickému namáhání. Jedná se především o:

- vyzařování infračerveného záření
- produkce oxidu uhličitého
- hmotnost lidského těla
- rozměr lidského těla

Aktivní biologické signály představují signály, které vznikají v důsledku mechanického namáhání lidského těla. Jedná se především o:

- pohyb
- rychlost
- sílu

2.3 Shrnutí

Ačkoli je podstata biologických signálů u všech lidí stejná, u každé člověka se může přece jen lišit. Každý člověk má totiž trochu odlišnou teplotu těla, jiný odpor kůže, různou hmotnost, tělesné rozměry a především různou odolnost proti externím vlivům působící na lidský organismus. V našem případě to může znamenat, že každý člověk absorbuje jiné množství ionizačního záření i přesto, že více lidí bylo ozářeno ionizačním zdrojem stejné intenzity. Současné senzory detektoru pohybu využívají u narušitele schopnosti jeho těla emitovat infračervené záření charakteristické vlnové délky a schopnosti odrážet a absorbovat viditelné světlo, ultrazvuk či elektromagnetické vlny. Fyzikální podstata současných detektorů pohybu je rozebrána v následující kapitole.

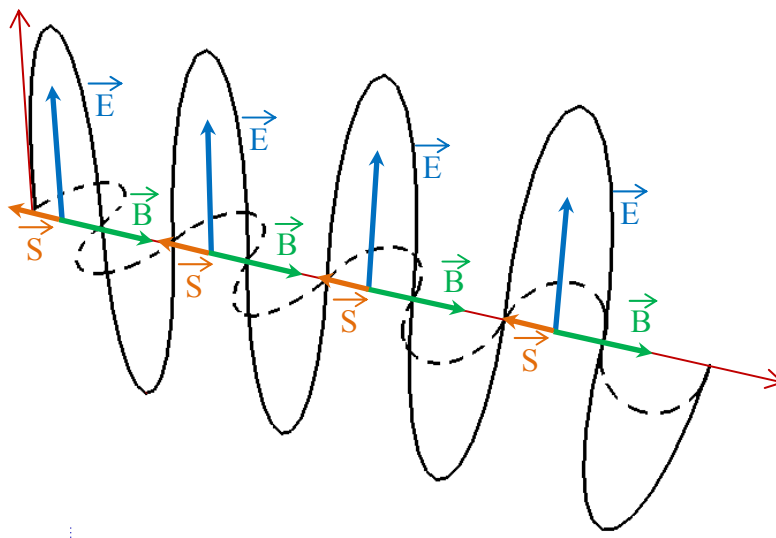
3 FYZIKÁLNÍ PODSTATA DETEKTORŮ POHYBU

Jak již bylo řečeno, konvekční detektory pohybu využívají různých fyzikálních metod k tomu, aby mohly detekovat pohyby narušitele. Cílem této kapitoly bude analýza těchto jednotlivých metod.

Na úvod lze podotknout, že fyzikální podstatou většiny detektorů pohybu je využívání energie záření elektromagnetického pole. Elektromagnetické pole můžeme popsat jako pole, v němž se střídá působení elektrických a magnetických polí. Jako příklad si uveďme vodič protékající elektrickým proudem. Bude-li vodičem protékat elektrický střídavý proud o frekvenci 50 Hz , bude se kolem vodiče vytvářet elektromagnetické pole o frekvenci procházejícího proudu.

3.1 Teorie elektromagnetického záření

Elektromagnetické záření je představováno vzájemným působením elektrického pole, které je kolmé k působení pole magnetického. Jak je z následujícího obrázku patrné, elektrické pole reprezentuje vektor elektrické indukce E a magnetické pole vektor magnetické indukce B . Oba vektory jsou kolmé na směr šíření vlny.



Obr. 10. Znárodnění elektromagnetického pole

Amplituda elektrického pole je n -krát větší, než amplituda pole magnetického. Rychlost elektromagnetického vlnění se blíží rychlosti světla a je závislá na prostředí, kterým se šíří.

Určíme ji ze vztahu:

$$v = \frac{1}{(\varepsilon \cdot \mu)^{\frac{1}{2}}} [m \cdot s^{-1}] \quad (4)$$

v – rychlost elektromagnetického vlnění

ε – permitivita prostředí

μ – permeabilita prostředí

Energii elektromagnetického vlnění znázorňuje *Poyntingův* vektor S . Ten představuje vektor toku energie určený vektorovým součinem:

$$\vec{S} = \vec{E} \cdot \vec{B} \quad (5)$$

Skalární součin je pak určen:

$$\vec{S} = \frac{E \cdot B}{\mu} [W \cdot m^{-2}] \quad (6)$$

Jelikož má intenzita elektrického pole větší hodnotu, v praxi se jí více využívá pro detekci elektromagnetického pole. Intenzitu elektromagnetického vlnění potom můžeme popsat touto rovnicí:

$$I = \varepsilon \cdot v \cdot E^2 [W \cdot m^{-2}] \quad (7)$$

Přičemž intenzita s rostoucí vzdáleností od bodového zdroje elektromagnetického záření klesá.

3.1.1 Elektromagnetické spektrum

Rychlost elektromagnetického vlnění je téměř shodná s rychlostí světla. Jelikož elektromagnetické záření je postupné příčné vlnění, je charakterizováno vlnovou délkou.

Tuto odvodíme ze vztahu:

$$\lambda = \frac{c}{f} [m] \quad (8)$$

λ – vlnová délka

c – rychlost vlny

f – frekvence vlnění

Pomocí vlnové délky nebo frekvence se elektromagnetické záření rozděljuje do několika oblastí. Jelikož v minulosti byly postupně objevovány jednotlivá druhy záření, byla sestavena tabulka určující jejich původ vzniku. Jednotlivá záření byla pojmenována a ke každému byl přiřazen interval frekvence nebo vlnové délky.

	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}	10^{11}	10^{12}	10^{13}	10^{14}	10^{15}	10^{16}	10^{17}	10^{18}	10^{19}	10^{20}	10^{21}	→ f [Hz]
střídavý proud	rádiové vlny			mikrovlny			infračervené záření			světlo	UV záření	rentgenové záření	gama záření									
	10^7	10^6	10^5	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	→ λ [m]

Obr. 11. Elektromagnetické spektrum

Na elektromagnetické záření jsme až doposud nahlíželi jako na postupné vlnění. Ovšem na typy záření jako je rentgenové či gama se nahlíží již z pohledu kvantové fyziky. Zde je záření prezentováno jako proud fotonů o vysokých energiích. Energii fotonu tak určíme ze vztahu:

$$E = h \cdot f [e \cdot V] \quad (9)$$

E – energie fotonu záření

h – Planckova konstanta

f – frekvence záření

3.2 Detekce pohybu s využitím elektromagnetického pole

Detektory pohybu, které při snímání pohybu narušitele využívají změny elektromagnetického pole, nazýváme elektromagnetickými detektory. Jejich senzory tak využívají elektromagnetického záření jako nosného média, které nese informaci o pohybu narušitele. Jedná se o elektromagnetické záření především v těchto oblastech:

- oblast mikrovlnného záření
- oblast infračerveného záření
- oblast rádiových vln

3.2.1 Mikrovlnné záření

Mikrovlnné záření je charakterizováno frekvencemi $10^6 - 10^{11}$ Hz a vlnovými délkami velikosti od 1 milimetru do 1 metru. Mikrovlnné záření má mnoho společného se zářením viditelným. Šíří se přímočaře, láme se a v určitých případech se může koncentrovat do jednoho bodu. K lomu a odrazu mikrovln dochází na rozhraní dvou materiálů rozdílných dielektrických vlastností, tedy na přechodu mikrovln ze vzduchu do různých látek. O podílu odraženého a dále postupujícího mikrovlnného záření rozhoduje především rozdíl elektrických vlastností obou prostředí, ale i úhel dopadu mikrovln na plochu rozhraní. Mějme tedy případ, kdy mikrovlny procházejí od svého zdroje záření objekty různých materiálů. Při tom záleží, kolik procent objemu vody daný objekt obsahuje. Voda má totiž schopnost mikrovlnné záření silně pohlcovat. Vše závisí na orientaci polárních molekul vody. Bez působení vnějšího elektrického pole jsou tyto molekuly neuspořádané. V případě působení vnějšího elektrického pole se kladné molekuly natáčejí směrem k záporným a naopak. Pokud začne na molekuly působit mikrovlnné pole, bude se jejich polarita měnit s frekvencí daného pole (např. u $f = 2,45$ GHz budou molekuly měnit orientaci $2,45 \times 10^9$ krát za sekundu). Díky tak vysokým rychlostem změn polarit dochází mezi molekulami k velkému tření a energie mikrovlnného záření je přeměněna na energii tepelnou. Mikrovlny prochází objekty ze skla, z plastů, z keramiky a odrážejí se od objektů z kovu. Odraz a přenos mikrovlnného záření od vyzařujícího zdroje můžeme popsat následujícími vztahy:

$$S_{11dB} = 10 \cdot \log \frac{P_{odr}}{P_{dop}} [dB] \quad S_{21dB} = 10 \cdot \log \frac{P_{výst}}{P_{dop} - P_{odr}} [dB] \quad (10)$$

S_{11dB} – odraz mikrovlnného záření

S_{21dB} – přenos mikrovlnného záření

P_{odr} – odražený výkon

P_{dop} – výkon dodávaný zdrojem

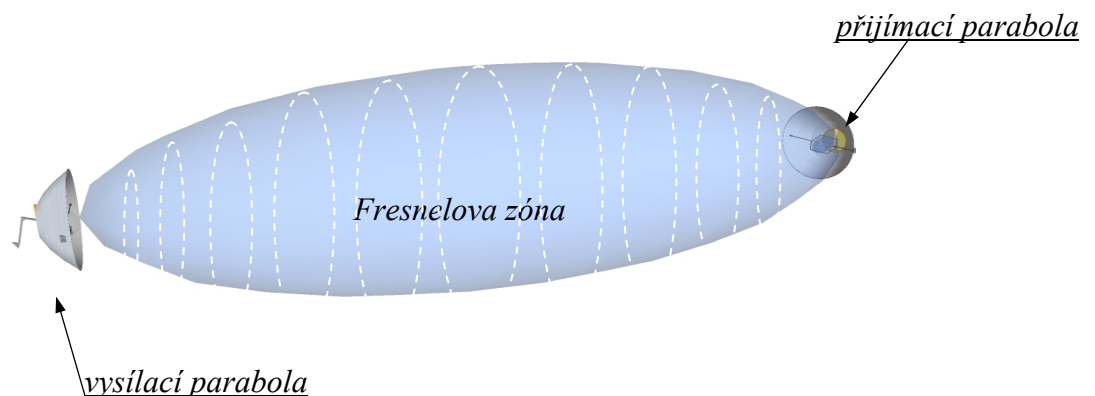
$P_{výst}$ – procházející výkon

Využití mikrovlnné záření je u elektromagnetických detektorů pohybu rozděleno do dvou různých metod:

- metoda Fresnelovy zóny
- metoda Dopplerova jevu

3.2.1.1 Metoda Fresnelovy zóny

Metoda Fresnelovy zóny využívá toho, že mikrovlnné záření se snadno pohltí okolními objekty nebo se od nich odrazí. Fyzikálním principem činnosti je změna energie přijímací antény mezi vysílací a přijímací parabolickou anténou. Vysílací anténa emituje mikrovlnný signál, který je registrován anténou přijímací. Přičemž Fresnelova zóna je oblast mezi oběma anténami, ve které je přenášena část mikrovlnného signálu a představuje chráněnou zónu.



Obr. 12. Fresnelův elipsoid

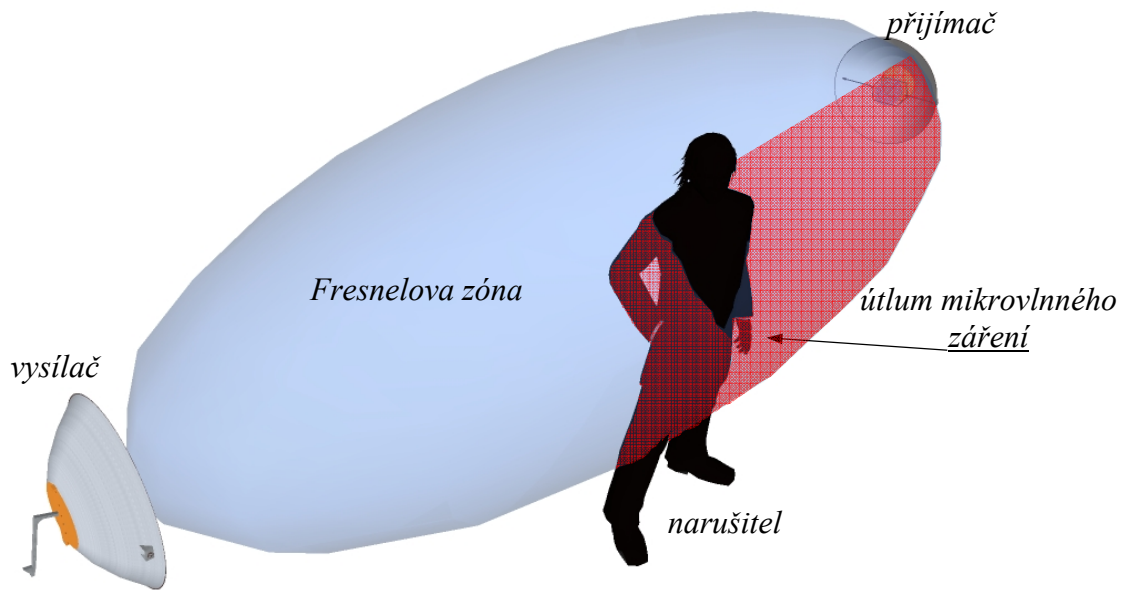
Jak je z obrázku patrné, Fresnelova zóna má tvar elipsoidu. Podstatou detekce pohybu je narušení Fresnelovy zóny. Pokud je zóna prázdná, energie mikrovlnného záření je od vysílače k přijímači přenesena bez jakékoliv ztráty. Vstoupí-li do prostoru mezi oběma anténami narušitel, dojde k absorpci mikrovlnné energie (protože lidské tělo je tvořeno ze 70 % z vody) a tím vznikne útlum mikrovlnného signálu. Na straně přijímací antény dojde k poklesu úrovně přijímaného signálu. Tato změna je dále vyhodnocována následně řazenými elektronickými obvody (dále jen logický obvod) a v případě překročení prahových hodnot detektor generuje poplachový signál. Útlum mikrovlnného signálu mezi přijímačem a vysílačem můžeme určit ze vztahu:

$$L = 20 \cdot \log \frac{(4 \cdot \pi \cdot d)}{\lambda} [dB] \quad (11)$$

L – útlum signálu

d – vzdálenost vysílací a přijímací antény

λ – vlnová délka



Obr. 13. Princip metody Fresnelovy zóny

Pro správnou funkci musí být prostor mezi vysílací a přijímací anténou bez překážek. To znamená, aby do oblasti Fresnelovy zóny nezasahovaly žádné objekty či předměty, za které by se mohl narušitel schovat. Objem Fresnelovy zóny můžeme určit ze vztahu:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c [m^3] \quad (12)$$

V – objem Fresnelovy zóny

a, b, c – délky jednotlivých poloos

Jak už bylo řečeno, Fresnelova zóna má tvar elipsoidu. Proto je velmi důležitým faktorem stanovení průměru jeho střední nejširší části.

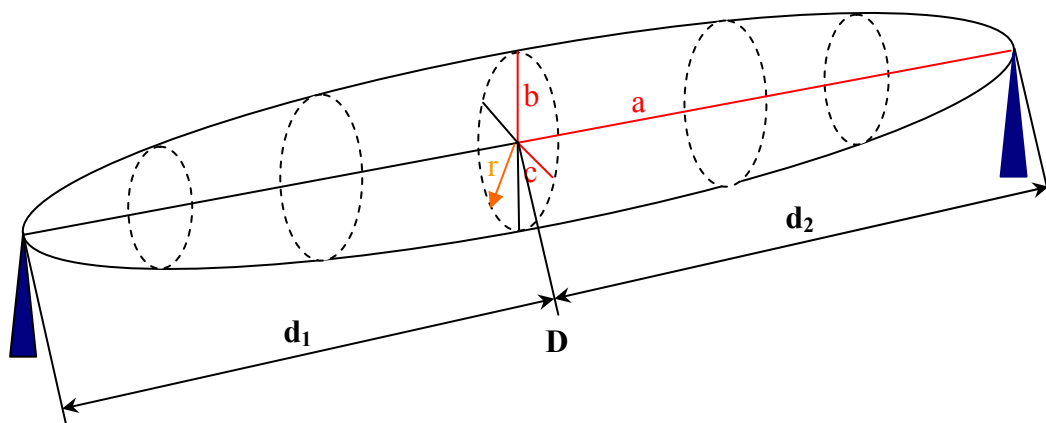
$$r = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{D}} [m] \quad (13)$$

r – poloměr nejširší části

λ – odpovídající vlnová délka

d_1, d_2 – poloměry vzdálenosti vysílače a přijímače

D – celková vzdálenost



Obr. 14. Stanovení Fresnelovy zóny

Metoda Fresnelovy zóny se využívá u detektorů pohybu perimetrické ochrany. Tyto detektory nazýváme mikrovlnné zábrany a bariéry.

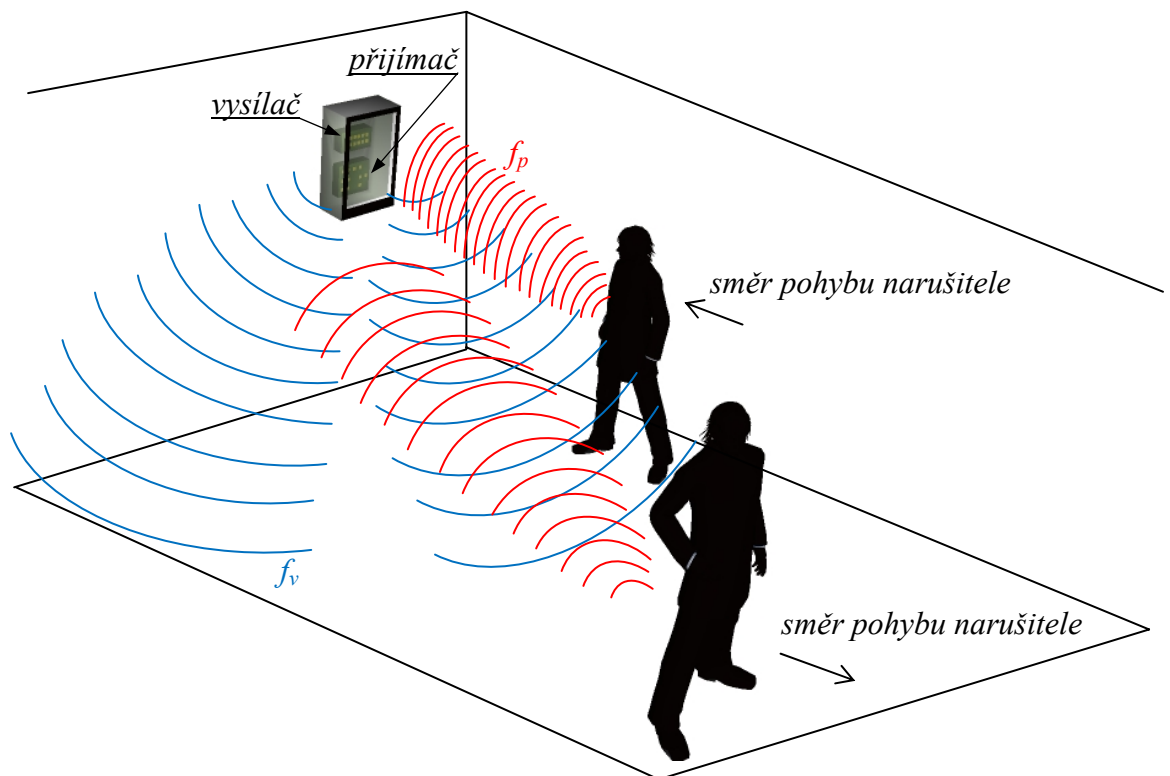
3.2.1.2 Metoda Dopplerova jevu

Dopplerův jev je fyzikální děj, který nastává u jakéhokoliv vlnění. Na následujícím příkladě je vysvětlen princip Dopplerova jevu.

Z plující loďky na hladině rybníka hodíme do vody kámen. Od místa dopadu se začnou na hladině šířit vlny. Vlny mají vlnovou délku $\lambda = c / f$ s periodou $T = 1 / f = \lambda / c$. Za jednu sekundu kolem loďky projde $f = c / \lambda$ hřebenů vln. Pokud začneme pádlovat směrem proti šíření vln rychlostí v , naše rychlost a rychlost vln se sečtou $c + v$, vlnová délka zůstává stejná a za jednu sekundu se setkáme s hřebeny vln, které lze popsat jako $(c + v) / \lambda = f + v / \lambda = (1 + v/c)f$. Frekvence vlnění je potom tedy $(1 + v/c)f$. Pokud ale loďka zůstane stacionární a zdroj vlnění se začne pohybovat směrem k nám, například plovoucí kachna o stále frekvenci f , dojde ke změně vlnové délky λ na $\lambda - v \cdot T = \lambda - v \cdot \lambda / c = \lambda(1 - v/c)$ a my uvidíme vlnění s frekvencí $v / (\lambda - v \cdot T) = v / (\lambda(1 - v/c)) = v / (\lambda(1 - v/c))$. Je-li rychlost v mnohokrát menší než c , pak $1 + v/c \approx 1 / (1 - v/c)$. Výsledky obou případů jsou až na malý rozdíl blízké, záleží jen na tom, s jakou rychlostí se bude pozorovatel pohybovat vůči zdroji vlnění.[4]

Z uvedeného příkladu vyplývá, že pokud se bude vysílač a přijímač vlnění vzájemně pohybovat nenulovou rychlostí, bude docházet ke změnám vlnové délky a frekvence mezi vyslaným a přijímaným signálem. Metoda Dopplerova jevu využívá opět změny energie mikrovlnného vlnění, konkrétně rozdíl mezi vysílanou a přijímanou frekvencí. Základem

metody je vysílač a přijímač mikrovlnného vlnění. Tentokrát je však vysílač i přijímač umístěn v jednom bodě a chráněnou zónu představuje prostor, který je ohraničen maximálním dosahem mikrovlnného vlnění. Jelikož se metoda Dopplerova jevu využívá v prostorové ochraně objektů u mikrovlnných nástěnných detektorů pohybu, dosah mikrovlnného vlnění je omezen zdmi místností.



Obr. 15. Princip metody Dopplerova jevu

Vysílač emituje do prostoru mikrovlnné vlnění o kmitočtu f_v . Vlnění se odráží od různých objektů zpět do přijímače o kmitočtu f_p , přičemž logický obvod detektoru sleduje rozdíl mezi oběma těmito kmitočty. Při prvním uvedení do provozu si mikrovlnný detektor, nejprve provede detekční zkoušku okolního prostředí a nastaví si svůj výchozí vysílací kmitočet. Vysílací kmitočet f_v kupříkladu činí 9 900 000 000 Hz. Přijímač přijme kmitočet f_p o hodnotě 9 900 000 000 Hz. Logický obvod si tento nastaví jako porovnávací hodnotu a uloží do paměti. Pokud tedy přijímač detekuje stále stejnou hodnotu f_p , nedochází ke generování poplachového signálu. Pokud se ovšem v prostoru ocitne narušitel, mikrovlnné záření se od něj bude odrážet. Přijímač bude přijímat rozdílný kmitočet mikrovlnného vlnění závislý na rychlosti pohybu narušitele. Je-li přijímaný kmitočet nyní 9 900 000 099 Hz, přičemž rychlost vlnění činí $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, tak se pachatel pohybuje rychlostí 3 m/s.

Bude-li přijímaný kmitočet vyšší, narušitel se pohybuje směrem k vysílači. Naopak bude-li menší, pohybuje se směrem od vysílače. Logický obvod detektoru provede komparaci velikosti změny přijímaného kmitočtu a při překročení prahových hodnot je na výstupu detektoru generován poplachový signál. Rychlost pohybu narušitele určíme z následujícího vztahu:

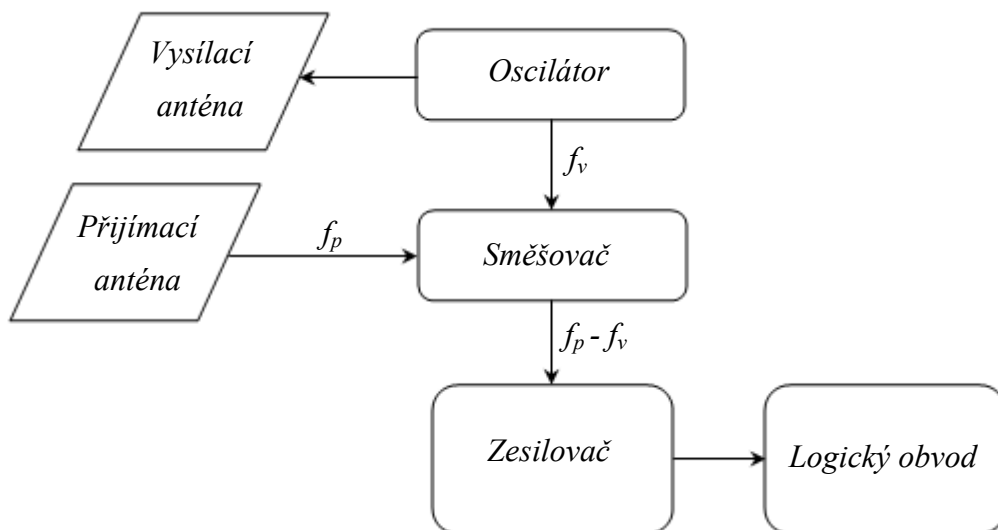
$$v = \frac{(f_p - f_v) \cdot c}{f_p} [m \cdot s^{-1}] \quad (14)$$

v – rychlost pohybu narušitele

f_p – přijatý kmitočet mikrovlnného záření

f_v – vysílaný kmitočet mikrovlnného záření

c – rychlost vlnění



Obr. 16. Blokové schéma detektoru využívající metody Dopplerova jevu

3.2.2 Infračervené záření

Infračervené záření je charakterizováno frekvencemi $10^{12} - 10^{14}$ Hz o vlnových délkách od 10 mm do 10 μ m. Samotné pojmenování infračerveného záření pochází z principu ohraničení oblasti viditelného světla. Horní hranice viditelného světla je ohraničena fialovou barvou¹, označované z anglického názvu *violet* - UV. Dolní hranice viditelného světla je ohraničena barvou červenou², označované z anglického názvu *infra red* - IR. Infračervené záření se tedy nachází pod spodní hranicí viditelného záření a je pro lidské oko i řadu živočichů neviditelné.

Infračervené záření má ovšem výrazné tepelné účinky. Existenci infračerveného záření lze ukázat na následujícím příkladu. Mějme obyčejnou žárovku. Bude-li wolframovým vláknem protékat proud, vlákno se začne zahřívat. Budeme-li protékající proud zvyšovat, vlákno začne rudě svítit a bude vydávat více světla a tepla. Přitom toto teplo nevzniká zahřáním okolního vzduchu, nýbrž do okolí se rozšiřuje tepelným zářením – infračerveným zářením. Takové záření vysílají všechna tělesa, jejichž teplota je větší než absolutní nula. Pro člověka je infračervené záření neviditelné, protože i lidské oko vyzařuje infračervené paprsky a tím by bylo oslepeno vlastním vydávaným světlem. Člověk ale může toto záření pociťovat jako teplotní vjem. Infračervené záření vlivem absorpce v lidském těle může způsobit zahřátí tkáně a člověk tento jev pociťuje jako teplo, při větších energiích záření i jako spáleninu.

Pozn. V přírodě ovšem existuje živočich, který prakticky pracuje s infračerveným zářením každý den. Je to had. Had patří mezi studenokrevné živočichy, tzn. nemůže regulovat vlastní teplotu těla, ale musí ji přijímat z okolí. Na horní a dolní části tlamy má had teplo citlivé jamky, kterými registruje infračervené záření od okolí – IR detektory. Každý tzv. detektor snímá jen omezený prostorový úhel. Had tak může detekovat teplokrevnou kořist vydávající infračervené záření na několik desítek centimetrů. Je docela možné, že právě v tomto docela unikátním přírodním jevu dokázali technici nalézt základ pro navržení využití infračerveného záření v technologickém průmyslu.

¹ Vlnová délka fialové barvy se pohybuje okolo 400 nm.

² Vlnová délka červené barvy se pohybuje okolo 700 nm.

Využití infračerveného záření je u elektromagnetických detektorů rozděleno do dvou různých metod:

- metoda pasivního snímání
- metoda aktivního snímání

3.2.2.1 Metoda pasivní snímání

Principem metody pasivního snímání je detekce přítomnosti infračerveného záření, které produkuje pohybující se narušitel. Základem je pyroelektrický senzor, který se skládá z umělých materiálů, na nichž probíhá pyroelektrický jev. Obecně lze pyroelektrický jev definovat jako schopnost materiálu generovat dočasný elektrický potenciál při jeho zahřátí či ochlazení. Změnami teplot se uvnitř materiálu mírně modifikuje pozice atomů krystalové struktury a dochází k polarizaci materiálních změn. Změnu spontánní polarizace lze vyjádřit vzorcem:

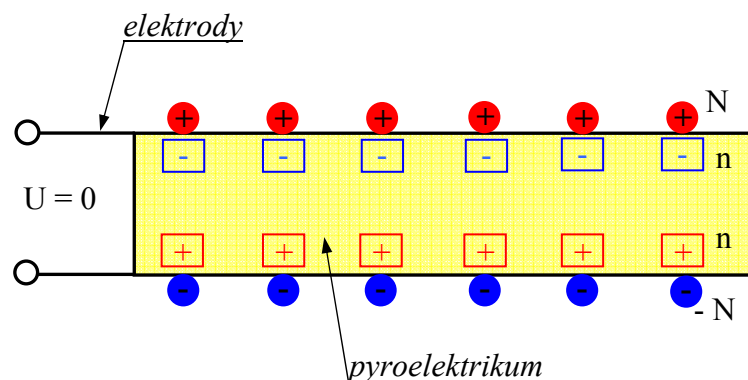
$$p = \frac{\Delta P_s}{\Delta T} \quad (15)$$

P_s – spontánní polarizace

T - teplota

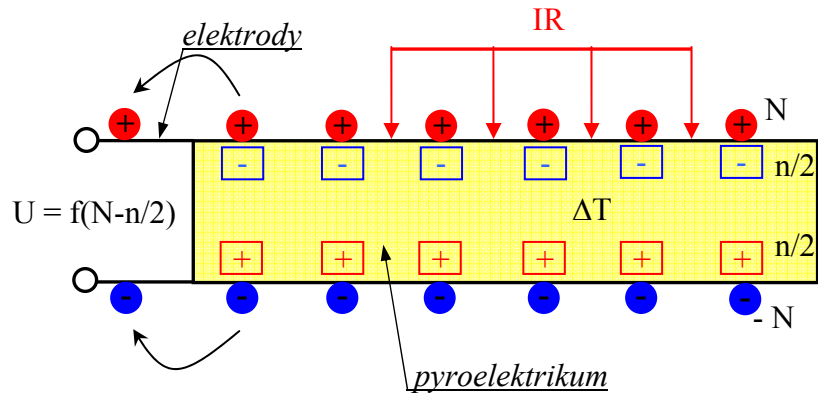
Na následujících obrázcích můžeme vidět schéma probíhajícího pyroelektrického děje.

1. Pyroelektrický krystal je v rovnováze. Na výstupních svorkách je nulové napětí.



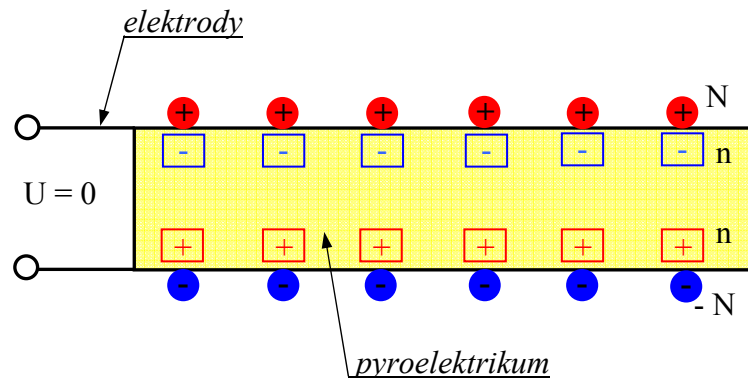
Obr. 17. Pyroelektrický krystal v klidu

2. Při dopadu tepelného záření dochází k polarizaci. Zvýšením teploty dochází ke snížení pevného náboje, vzniká přebytek volných nosičů náboje, který se projeví vznikem napětí na výstupních svorkách.



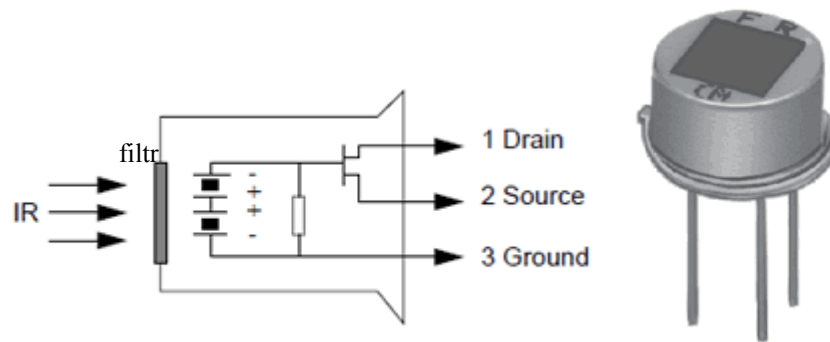
Obr. 18. Pyroelektrický krystal v aktivaci

3. Pokud přestane tepelné záření působit, vše se vrátí do rovnovážného stavu.



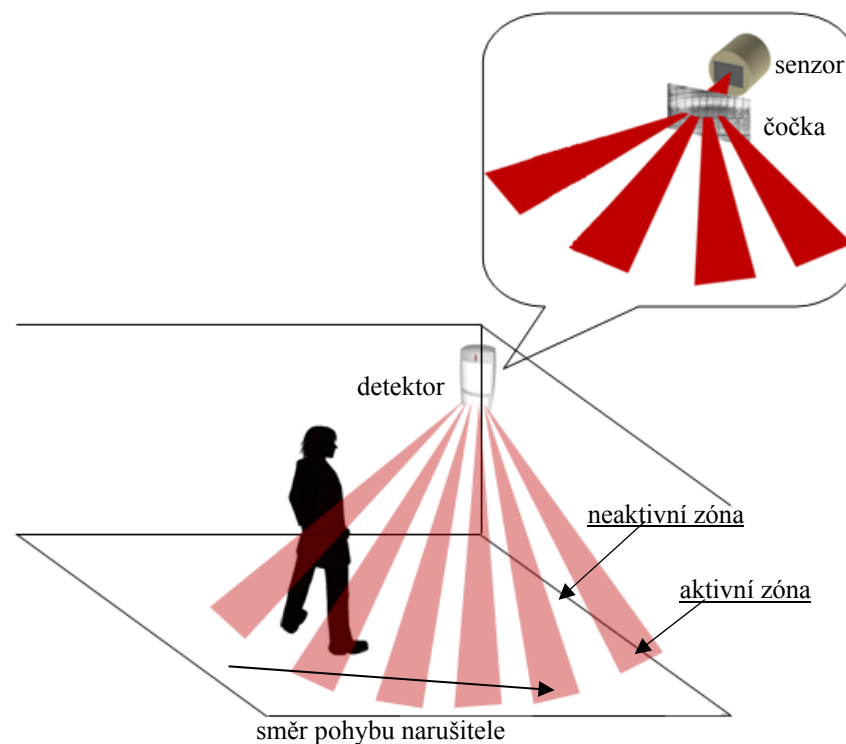
Obr. 19. Pyroelektrický krystal v klidu

Jako umělých pyroelektrických materiálů se používá *nitridu galného - GaN*, *cesium dusičnanu - CO N₃* a *polyvinylfluoridy*. Konstrukčně je pyroelektrický senzor tvořen jako tranzistor typu *JFET* uzavřen v hermeticky zapečetěném kovu.

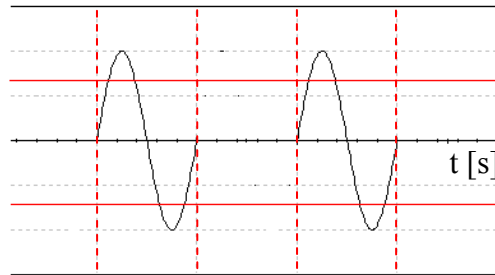


Obr. 20. Konstrukce pyroelektrického senzoru

Senzor ovšem dokáže registrovat pouze jednotné infračervené záření ze svého okolí. Pokud se tedy bude pachatel pohybovat před detektorem, senzor nebude schopen jeho pohyb od okolí rozlišit. Proto se využívá takzvaná segmentace střeženého prostoru. Senzor je uzpůsoben tak, aby pouze registroval tepelné záření charakteristické pro člověka - okolo 36°C . To zajišťuje filtr, který propouští infračervené záření pouze v rozmezí $9\text{-}10\ \mu\text{m}$. Detektor tak zachycuje pohyb těles, která mají odlišnou teplotu od okolí. Celý střežený prostor je rozdělen pomocí segmentace na aktivní a neaktivní zóny. Pokud se bude pachatel pohybovat mezi těmito zónami, na výstupu senzoru se bude generovat napěťový signál určité amplitudy a frekvence.

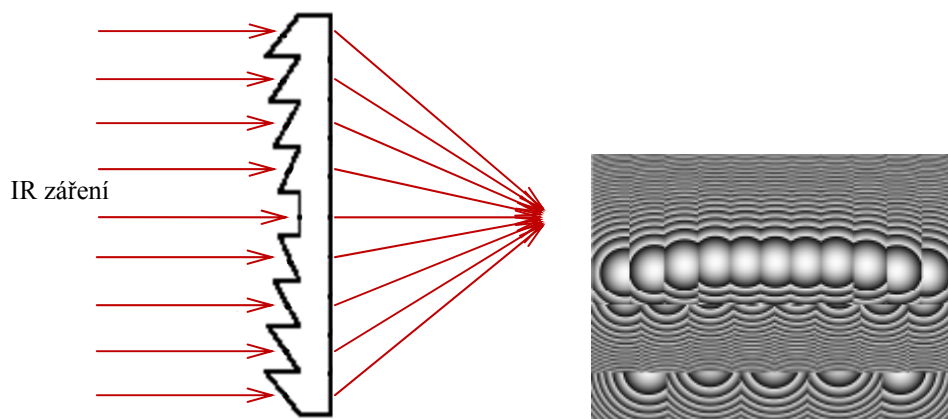


Obr. 21. Princip metody pasivního snímání



Obr. 22. Napěťový signál na výstupu pyroelektrického senzoru při vstupu narušitele do aktivní zóny

K segmentaci střeženého prostoru se používá Fresnelova čočka. Výhodou Fresnelovy čočky je, že redukuje množství materiálu požadovaného ve srovnání s konvenčními kulovými čočkami pomocí rozbití čočky do sady koncentrických mezi kruhových průřezů. Fresnelovy čočky jsou vyráběny z teflonu v plastické podobě ve velmi tenkých vrstvách.



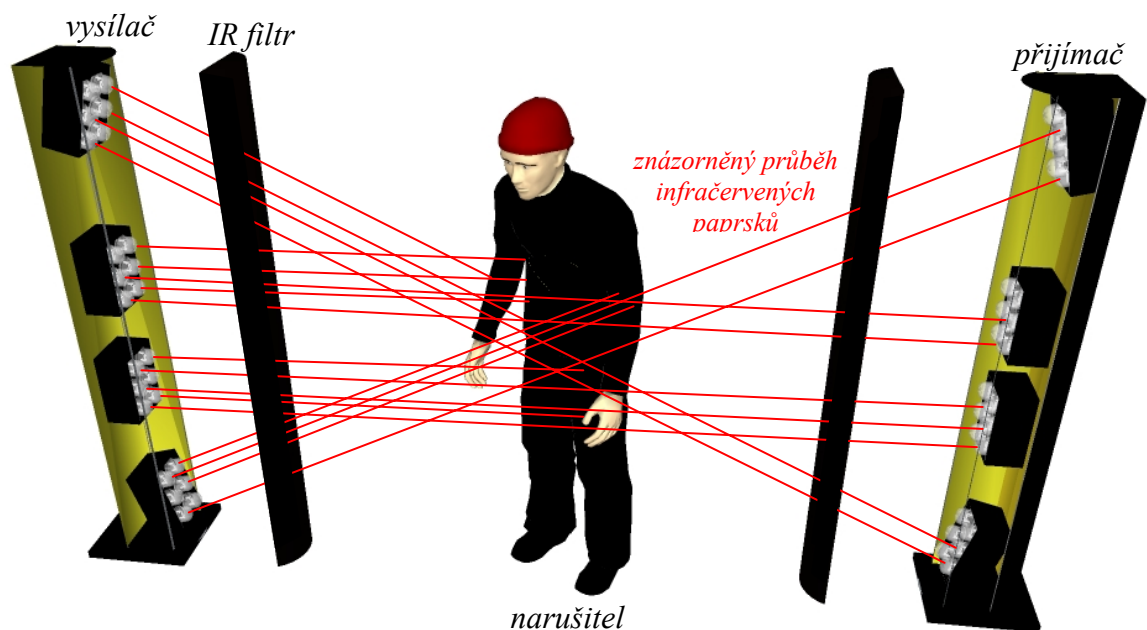
Obr. 23. Fresnelova čočka

Metoda pasivního snímání se využívá pro prostorovou ochranu v komerčně nejrozšířenějším detektoru pohybu označovaném zkratkou *PIR* (*Passive Infra Red*).

3.2.2.2 Metoda aktivního snímání

Metoda aktivního snímání je podobná metodě Fresnelovy zóny jen s tím rozdílem, že místo mikrovlnného záření je využit paprsek infračerveného záření. Infračervený paprsek je na vysílači emitován polovodičovou diodou a na přijímači detekován infratranzistorem. Chráněná zóna je opět tvořena prostorem mezi vysílačem a přijímačem. Pokud

infratranzistor stále přijímá infračervené záření, logický obvod vyhodnocuje stav přijímače jako klidový. Pokud mezi přijímač a vysílač vstoupí narušitel a přetne paprsek, infračervené záření na tranzistoru poklesne nebo se úplně ztratí. Tranzistor se přivře nebo zcela zavře a logický obvod na svém výstupu generuje poplachový signál. Výhodou této metody je, že infračervený paprsek mezi vysílačem a přijímačem není pro lidské oko viditelný. Aby byl celý systém těžko překonatelný, jsou na straně přijímače i vysílače nainstalovány vysílací a přijímací diody. Infračervené paprsky pak probíhají synchronně, v impulsním kódovaném režimu s pseudonáhodným kódem. Přijímač, který zná kód, přijme paprsek pouze od svého párového vysílače. Teprve po potvrzení přijímače vysílač vyšle paprsek nový. Tak lze zabránit nežádoucím vnějším vlivům, které by mohly přijímač negativně ovlivňovat - například sluneční záření, umělé osvětlení nebo pachatelem uměle simulovaný vysílač. Po lepší pokrytí plochy je používáno více paprsků, které se mohou i křížit.



Obr. 24. Princip metody aktivního snímání

Metodu aktivního snímání využívají detektory, jež nazýváme infračervené bariéry a závory. Slouží převážně pro perimetrickou ochranu.

3.3 Specifické metody detekce pohybu

Specifické metody detekce pohybu jsou metody, které sice částečně využívají energie elektromagnetického pole, ale přitom jsou založeny na odlišném fyzikálním principu. Detektory pohybu, které tyto specifické metody využívají, mohou být v praxi trochu konstrukčně odlišné. Proto jejich samotné rozdělení, jako v předcházejícím případě, by nemělo význam. Jedná se především o tyto metody:

- metoda ultrazvukových vln
- metoda analýzy signálu ve vodiči
- metoda detekce pohybu na základě změny digitálního obrazu

3.3.1 Metoda ultrazvukových vln

Tato metoda pracuje na bázi Dopplerova jevu. Jako detekčního média pohybu narušitele však nevyužívá mikrovlnného záření, ale ultrazvukový vln. Zvuk obecně představuje pružné vlnění, které se šíří v pružných prostředích a periodicky se mění v prostoru a čase. Pokud naše ucho vnímá zvuk jako takový, frekvence pružného vlnění se nachází v intervalu mezi 16 Hz a 16 kHz. Jelikož vzduch má určitou pružnost a setrvačnost, mohou se v něm šířit zvukové vlny. Ty vznikají při náhlé změně hustoty vzduchu na různých místech. Rychlost šíření zvuku je závislá na teplotě a tlaku okolního vzduchu.

$$c = 331,6 + 0,61 \cdot T [m \cdot s^{-1}] \quad (16)$$

c – rychlost zvuku

T – teplota okolního vzduchu

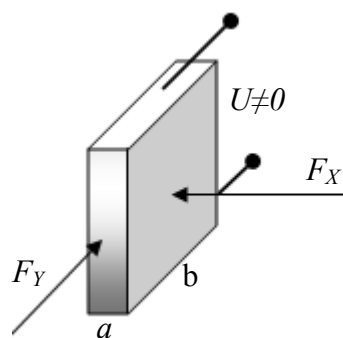
Pozn. Pokud praskne balónek naplněný stlačeným vzduchem, začnou se částice stlačeného vzduchu pohybovat všemi směry a tlačí na sousední vzdušné vrstvy. V důsledku tohoto děje vznikne zhuštění vzduchu. V místě rozruchu vzniká neustále se opakující zředění a zhušťování vzduchu, které zapříčiní šíření několika zvukových vln. Tyto vlny pak lidské ucho vnímá jako krátký zvuk. Z předchozího děje tedy vyplývá, že zvukové vlny se nemohou šířit ve vakuu.

Ultrazvuk je zvuk, který má frekvenci větší než 16 kHz. Jelikož vlnové délky jsou mnohem menší (řádově v milimetrech), může se ultrazvuk šířit přímočaře ve tvaru úzkých paprsků, jenž se lámou, odrážejí a soustředují do jednoho ohniska. Ultrazvuk může procházet i neprůhlednými materiály. Co se týče intenzity, umělými zdroji ultrazvuku můžeme

dosáhnout hodnot až $1W/m^2$. Ultrazvukem lze tedy do prostředí přenášet značnou energii a vytvářet jeho změnu tlaku. Protože podstatou metody ultrazvukových vln je Dopplerův jev, opět je zde využito vysílače a přijímače. Vysílač emituje do chráněné zóny ultrazvukové vlny, které se odrážejí od okolních objektů zpět do přijímače. Princip je stejný, jak již bylo uvedeno na obrázku *obr. 15*. Po detekční zkoušce opět logický obvod vyhodnocuje rozdíl mezi přijatým a vyslaným kmitočtem. Objeví-li se v chráněné zóně pohybující se narušitel, dojde ke změně přijímaného kmitočtu a na výstupu detektoru je generován poplachový signál. Velkým nebezpečím pro ultrazvukové detektory jsou materiály, které ultrazvukové vlny pohltí tak, že nedochází k jejich odrazu zpátky k přijímači. Detektory, které využívají metody ultrazvukových vln, nazýváme ultrazvukové detektory pohybu. Jejich základní částí jsou dva ultrazvukové senzory.

3.3.1.1 Ultrazvukový senzor

Ultrazvukový senzor se skládá z vysílače a přijímače ultrazvukových vln. Ultrazvukový vysílač přeměňuje elektrický signál na ultrazvukové vlny. Skládá se z piezoelektrického krystalu a membrány. Piezoelektrický krystal je materiál, který při přivedení polarizovaného napětí mění svůj rozměr. Naopak pokud bude piezoelektrický krystal namáhán, dojde na jeho povrchu k vytvoření polarizovaného napětí. Nejčastěji se využívá piezokeramického materiálu na bázi oxidu křemičitého.



Obr. 25. Piezokeramický materiál

$$U = k_U \cdot F_X [V] \qquad U = k_U \cdot \frac{b}{a} \cdot F_Y [V] \qquad (17)$$

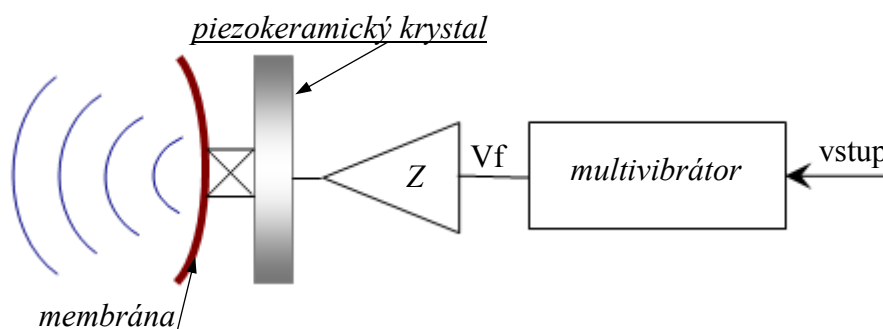
U – napětí na svorkách

k_U – napěťová citlivost senzoru

F_X – podélně působící síla na piezoelement

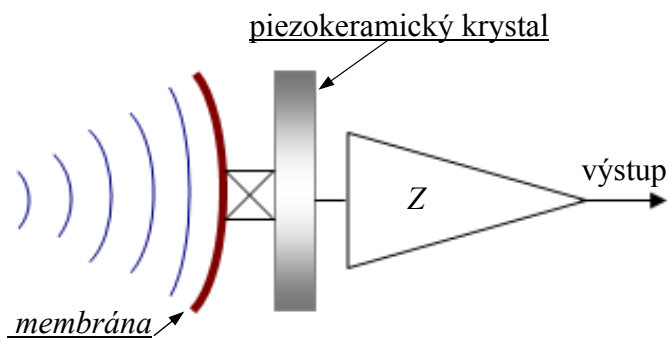
F_Y – příčně působící síla na piezoelement

Přivedeme-li na ultrazvukový vysílač vysokofrekvenční střídavé napětí, bude se měnit rozměr piezokeramického krystalu. Krystal je mechanicky spojený s membránou, která tak produkuje zvukové vlny vysokých frekvencí. Senzor vysílače se skládá z multivibrátoru, ve kterém je rozmítán vysokofrekvenční signál. Tento je dále zesílen a přiveden na piezokeramický krystal.



Obr. 26. Ultrazvukový vysílač

Opačný případ bude u ultrazvukového přijímače. Bude-li ultrazvukové vlnění dopadat na plochu membrány, bude docházet vlivem jejího pohybu k deformaci piezokeramického materiálu, na jehož povrchu se bude polarizovat napětí určité velikosti.



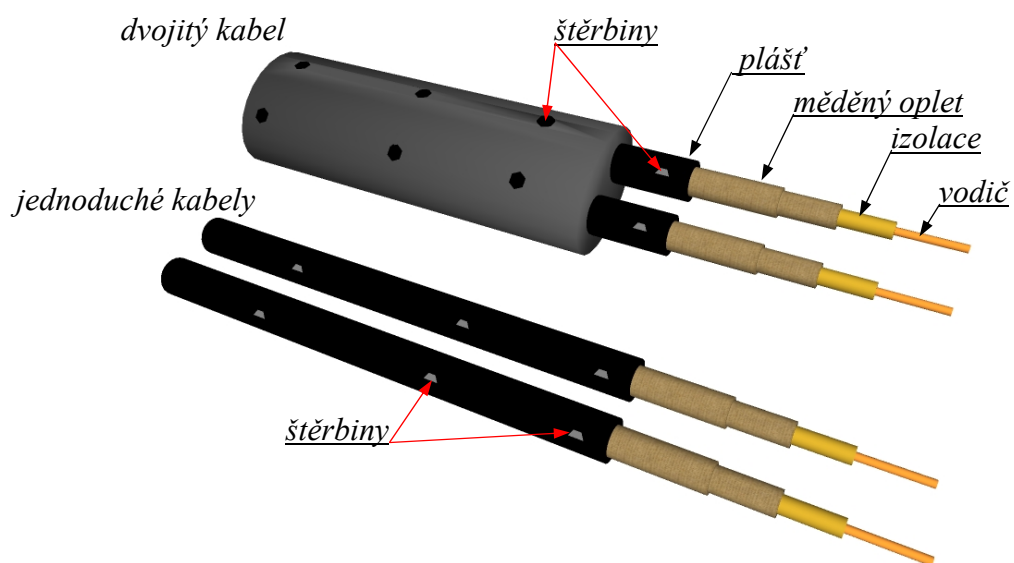
Obr. 27. Ultrazvukový přijímač

3.3.2 Metoda analýzy elektrického signálu ve vodiči

Pohyb narušitele nemusí být snímán pouze prostorově s využitím elektromagnetických vln, ale může být zaznamenávána i v určitém bariérovém pásmu. K tomu se využívá speciálních elektrických vodičů, které zaznamenávají změnu elektrického signálu vlivem jejich mechanického poškození nebo změnou okolního elektromagnetického pole.

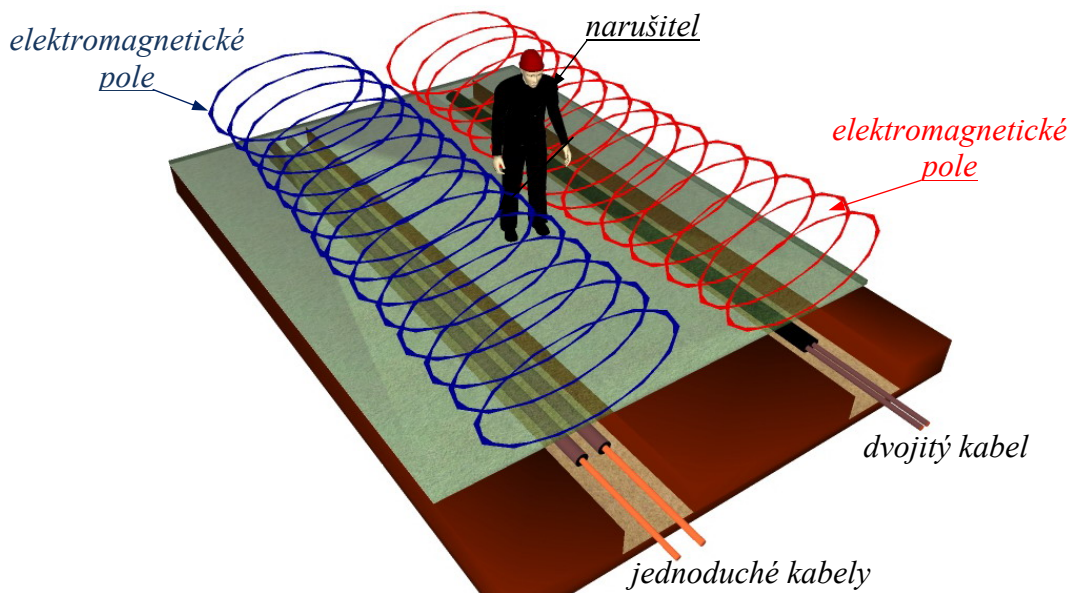
3.3.2.1 Štěrbínové kabely

Štěrbínové kabely jsou speciální koaxiální kabely, které mají po své délce v určitých intervalech umístěny otvory - štěrbiny. Koaxiální kabel je všeobecně znám pro svoje dobré vlastnosti při přenosu signálu, zejména pak u televize nebo u systému *CCTV*. Charakteristickým rysem kabelu je impedance $75\ \Omega$ a zesílené dvojité stínění. Principem detekce pohybu narušitele je narušení elektromagnetického pole mezi dvěma souběžně položenými kabely. Jeden kabel je tedy vysílací a druhý přijímací. Do vysílacího kabelu je přiveden vysokofrekvenční rádiový proudový impuls. Štěrbínami dochází k emitování elektromagnetické energie do prostoru. Přijímací kabel tuto energii svými štěrbinami detekuje a logický obvod vyhodnocuje úroveň útlumu signálu tvořeného na konci kabelu. Svým způsobem celý systém pracuje podobně jako mikrovlnné bariéry jen s tím rozdílem, že štěrbinové kabely jsou umístěny $25\ \text{cm}$ pod zemí nebo $6\ \text{cm}$ pod betonovou plochou. Nejsou tedy viditelné. Jak je vidět na následujícím obrázku, vysílací a přijímací kabel mohou být odděleny nebo mohou spolu tvořit jeden kabel dvojitý.



Obr. 28. Typy štěrbinových kabelů

Chráněná zóna je tvořena prostorem mezi dvěma kabely. Logický obvod detekuje amplitudu, frekvenci nebo fázový posun signálu v přijímacím kabelu. Pokud do chráněné zóny vnikne narušitel, u sledovaných veličin dojde k odchylce od klidového stavu a logický obvod generuje poplachový signál. Velkou výhodou štěrbinových kabelů je, že dokážou kopírovat venkovní terén. Vylučuje se tak vznik mrtvých zón, jak je tomu například u mikrovlnných bariér.



Obr. 29. Princip detekce pohybu pomocí štěrbinových kabelů

3.3.2.2 Ostatní kabely

Pod označením ostatní kabely si můžeme představit takové kabely, které jednoznačně neodhalují pohyb pachatele jako takový, ale slouží k odhalení pohybu pachatele snažícího se zdolat nějaké mechanické zábranné systémy. Tyto kabely jsou charakteristické tím, že jsou uloženy na nějaké překážce a pokud dochází k jejich mechanickému namáhání (vlivem destruktivního působení pachatele na překážku) generují na svých koncích elektrické signály. V zásadě se používají tři typy kabelů:

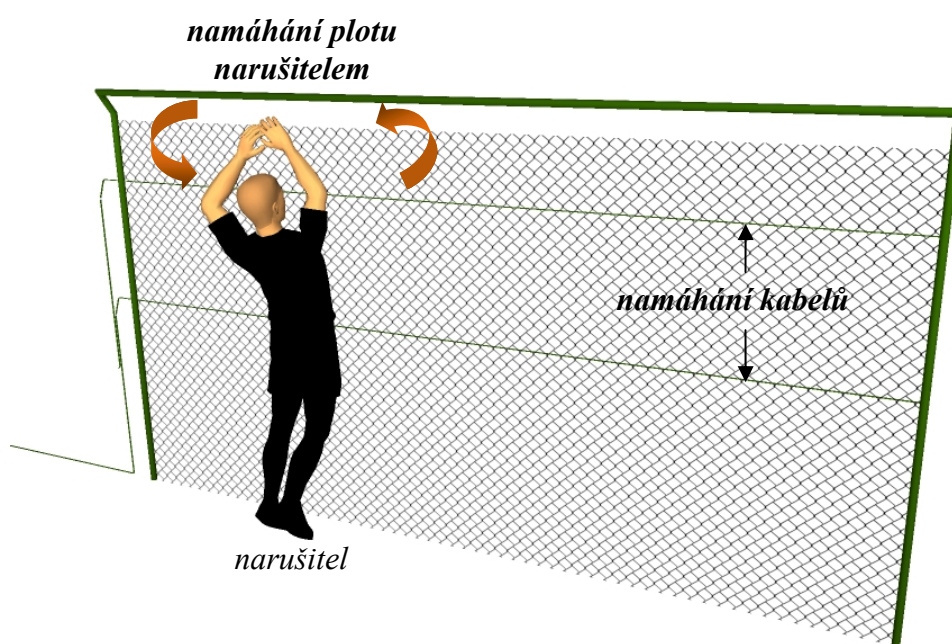
- obyčejný koaxiální kabel
- mikrofonní kabel
- optický kabel

U obyčejného koaxiálního kabelu je možno využít jeho elektrostatických vlastností. Běžné koaxiální kabely generují při ohýbání vlivem triboelektrického jevu elektrický náboj a ten se pak na vnitřní kapacitě kabelu přeměňuje na napětí. Toto napětí v běžném provozu

označujeme jako generovaný šum. Velikost generovaného šumu závisí na velikosti a způsobu ohybu koaxiálního kabelu a může dosahovat řádově desítek milivoltů. Triboelektrický jev lze popsat následovně:

„Když jsou dva předměty nebo materiály v kontaktu, pak valenční elektrony, které jsou nejbližší k ploše materiálu, se volně přesunují z atomu na atom, z materiálu na materiál, dokud se samy nepřipojí k silnějšímu jádru. Při oddělování materiálu jeden materiál ztrácí elektrony a stává se pozitivně nabitý. Druhý získává elektrony a stává se negativně nabitý. Velikost a polarita nábojů závisí na tlaku, rychlosti dotyku a oddělování nebo tření, relativní vlhkosti, typu ploch a druhu materiálu. Při zvyšování tlaku nebo rychlosti dotyku a oddělování nebo tření dvou materiálů se napětí elektrostatického náboje zvyšuje“³

Koaxiálních detekčních kabelů se využívá především v oblasti perimetrické ochrany. Kabely jsou přichyceny podélně k celému obvodu oplocení. Pokud se pachatel bude snažit oplocení překonat, dojde k vibracím, které budou být jen nepatrně mechanicky namáhat kabel, který na svém konci generuje elektrické napětí příslušné amplitudy. Logický obvod pak vyhodnocuje velikost generovaného napětí.



Obr. 30. Princip detekce pohybu pomocí koaxiálních kabelů

³ Informace z oblasti antistatiky pro odborníky i uživatele [online]. 2008 [cit. 2010-02-08]. Vznik elektrostatických nábojů. Dostupné z WWW: <<http://www.antistatika.cz/vznik-elektrostatickych-naboju-12-cl.html>>

Analogií mohou být mikrofonní kabely, které pracují na stejném principu jako předchozí koaxiální kabel, jen s daleko větší citlivostí mechanického namáhání.

Další variantou metody analýzy elektrického signálu ve vodiči je využití optických kabelů a jejich ohybu. Jak je jistě známo, optickými kabely neprotéká elektrický proud, ale prochází jimi světelný paprsek. Útlum optického kabelu závisí na jeho provozních parametrech, z nichž velmi významným je vlastní ohyb kabelu. Pro metodu detekce elektrického signálu ve vodiči se využívá jednovidových vláken. Citlivost vlákna na ohyb je přímo úměrná velikosti průměru vidového pole. Velikost průměru vidového pole roste s poměrem vlnové délky signálu a mezní vlnové délky vlákna.

$$\frac{\lambda}{\lambda_M} \quad (18)$$

λ – vlnová délka signálu

λ_M – mezní vlnová délka vlákna

Optický kabel má mezní vlnovou délku například 1200 nm. Čím bude vlnová délka přenášeného optického signálu vyšší (například 1510 nm), tím více bude jeho útlum vlivem ohybu kabelu výraznější. Kabelem je přenášen optický signál od zdroje (laserová dioda) k přijímači (fototranzistor/fotodioda). Pokud bude kabel mechanicky namáhán, na přijímači se projeví útlum optického signálu. Při překročení prahových hodnot logický obvod generuje poplachový signál. Praktické využití optických kabelů je stejné jako u kabelů koaxiálních a mikrofonních. Tedy zejména u perimetrické ochrany.

3.3.3 Metoda detekce pohybu na základě změny digitálního obrazu

Detekce pohybu narušitele se provádí na základě analýzy obrazu, který poskytuje bezpečnostní kamera z místa střežené zóny. Principem analýzy je vyhodnocení informačního obsahu obrazu. To znamená, že pomocí této metody je kamerový systém schopen generovat poplachový signál, zaznamená-li objektiv kamery nějaký pohyb. Tato detekce pohybu je ve své podstatě velmi specifická a neřadí se mezi konvekční detektory pohybu *PZTS*, nýbrž spadá do oblasti uzavřených televizních okruhů *CCTV*. Detekci pohybu pak zajišťují specifické softwarové algoritmy počítačů v záznamových zařízeních. Základním předpokladem metody je v každém snímku z kamery odlišit zájmové objekty od jeho pozadí. To lze zajistit pomocí jasových změn. Bez existence jasových změn nejsou totiž jinak objekty v obrazu zjizitelné.

Postup analýzy obrazu:

- uložení obrazu v paměti počítače
- prahování obrazu
- detekce změn v obrazu

3.3.3.1 Uložení obrazu v paměti počítače

Obraz z kamery je nejprve zbaven šumu a zkreslení. Pokud je výstupní signál z kamery v analogové podobě, je nutno jej převést do digitální podoby. Po té je obraz uložen do paměti.

3.3.3.2 Prahování obrazu

Obraz je rozdělen do maticového pole jednotlivých pixelů. Toto pole je popsáno kvantitativně, to znamená, že každému pixelu je přiřazena číselná hodnota. Velikost této hodnoty reprezentuje jasovou intenzitu každého pixelu. Obraz se dále převádí do monochromatické reprezentace. Pro tento převod se používá princip prahování, který rozhoduje o tom, zda bude mít daný pixel černou nebo bílou barvu. Práhování se provádí na základě intenzity jasu pixelu překračující nastavenou prahovací úroveň. Je-li hodnota jasu pixelu vyšší, než hodnota prahová, bude mít pixel černou barvu. V opačném případě bude mít barvu bílou.[11]

3.3.3.3 Detekce změn v obrazu

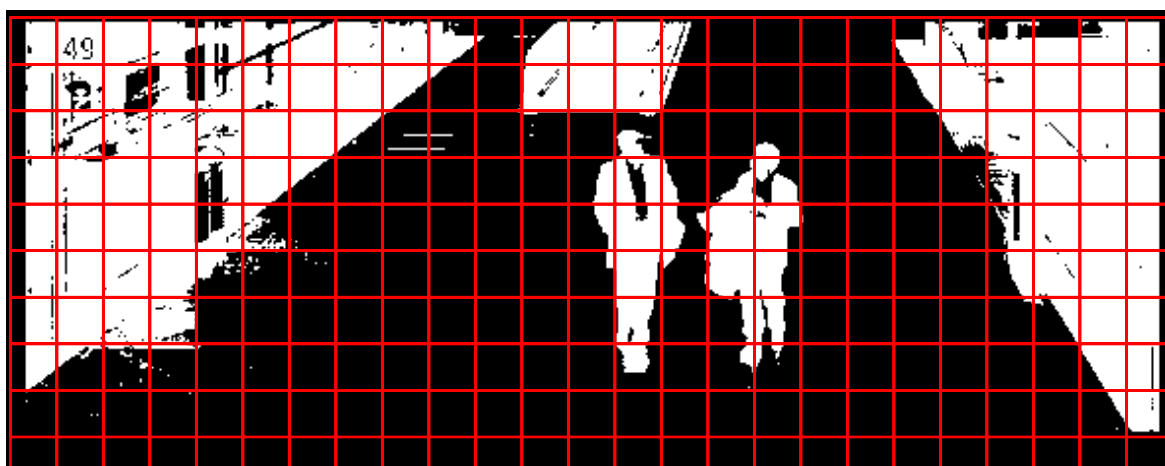
Detekce změn se provádí podle speciálně navržených algoritmů, které vyhodnocují buď změnu jasu jednotlivých pixelů v obrazu, nebo rozdíly mezi pixely dvou a více po sobě následujících snímků.

a) Detekce pohybu na základě změny jasu pixelů

Pohyb narušitele je vyhodnocen na základě náhle změny jasových hodnot v definované části obrazu. Speciální softwarové algoritmy sledují a vyhodnocují diferenciální změny číselných hodnot vzájemně spjatých pixelů, v jejichž důsledku logické obvody generují poplachový signál.



Obr. 31. Snímek z bezpečnostní kamery



Obr. 32. Prahování obrazu

5	2	2	2	3	4	5	6	7	7	6	4	4	4	1	1	1	1	1	1	8	8	4	3	5
5	3	3	3	5	5	6	9	9	9	9	9	9	10	1	1	1	1	1	1	8	8	4	3	5
5	3	4	4	5	4	5	7	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	8	4	3	5	
5	3	4	4	5	5	5	5	8	1	1	1	1	78	1	15	15	1	1	1	8	8	4	3	5
5	3	4	4	5	5	5	5	8	1	1	1	1	45	1	56	76	1	1	1	8	8	4	3	5
5	3	4	4	8	8	8	8	8	1	1	1	23	45	45	97	43	23	1	1	9	8	8	4	3
5	3	4	4	8	8	8	8	8	1	1	1	32	10	55	75	67	1	1	1	9	8	8	4	3
6	3	4	4	8	8	8	8	8	1	1	1	85	10	25	78	35	1	1	1	9	8	8	4	3
6	5	4	4	8	8	8	8	8	1	1	1	35	30	1	15	15	1	1	1	9	7	7	5	3
7	6	6	4	7	7	7	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	7	7	4	2

Obr. 33. Detekce změny jasu pixelů

b) Detekce pohybu na základě rozdílů obrazů

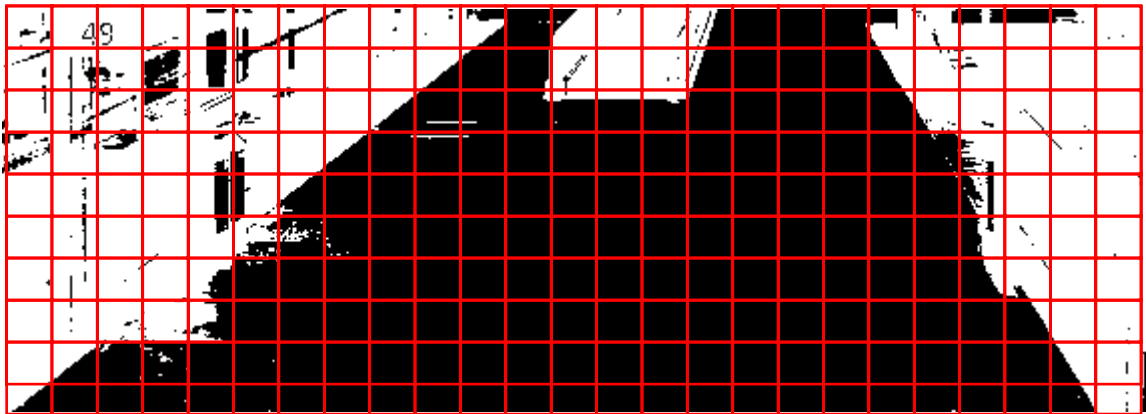
Pohyb narušitele je vyhodnocen jako rozdíl při porovnávání aktuálního a referenčního snímku. Aktuální snímek obsahuje objekty v popředí, kdežto referenční snímek obsahuje informace o pozadí kamerou snímané scény. Oba snímky jsou opět převedeny pomocí prahování do černobíle perspektivy. Speciální algoritmus pak u obou snímků provede součet odlišných pixelů, a při překročení nastaveného číselného limitu logické obvodu generují poplachový signál.



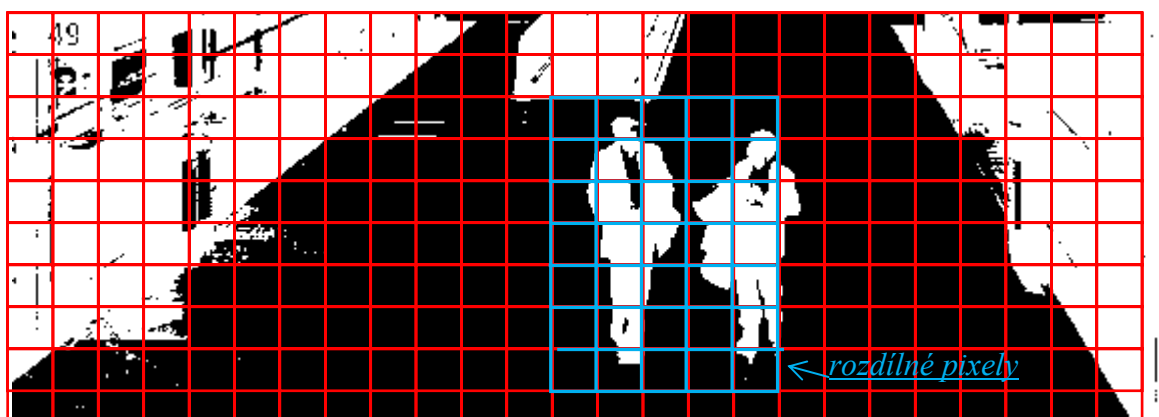
Obr. 34. Snímek A



Obr. 35. Snímek B



Obr. 36. Prahování snímku A



Obr. 37. Prahování snímku B a vyznačení rozdílných pixelů

3.4 Shrnutí

V této kapitole jsem analyzoval fyzikální princip činnosti jednotlivých detektorů pohybu *PZTS*, které jsou v současné době komerčně nejvyužívanější. Nyní přistupuji k praktické části mé diplomové práce, jejíž náplní je analyzovat soudobé trendy detektorů pohybu na trhu a návrh vlastních metod detekce pohybu narušitele.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ANALÝZA DETEKTORŮ POHYBU V OCHRANĚ MAJETKU

Stejně jako veškerá průmyslová odvětví i oblast technických prostředků průmyslu komerční bezpečnosti pohltila digitalizace. I když jsou na trhu ještě dostupné poslední zbytky analogových detektorů pohybu, analogové zpracovávání výstupních signálů ze senzorů se postupně stává minulostí. Je to způsobeno tím, že digitalizace s sebou nese řadu výhod, mezi které patří:

- mikroprocesorová technika – široká možnost návrhu algoritmů ke zpracování výstupního signálu ze senzoru detektoru
- minimalizace a integrace fyzických elektronických součástí – vlastní mikroprocesor obsahuje paměť, A/D převodník, komparátor a jiné
- snadná sériová výroba – do mikroprocesoru stačí pouze nahrát odzkoušený program
- integrovatelnost detektoru s ostatními prvky a systémy *PZTS*

4.1 Konvekční detektor pohybu

Pokud se na konvekční detektor pohybu podíváme z širšího pohledu, může jej celý rozdělit do čtyř stavebních bloků. První blok detektoru se skládá z vlastní nosné konstrukce, která tvoří celý design detektoru. Druhý blok se skládá z hardwaru detektoru, který tvoří fyzicky elektrickou konstrukci detektoru. Třetí blok představuje programové vybavení mikroprocesorů. Čtvrtý blok reprezentuje externí komunikaci detektoru s vnějšími zařízeními, například s ústřednou *PZTS*.

4.1.1 Konstrukce detektoru

„ První blok“

Konstrukce detektoru musí především vycházet z funkčnosti celého detektoru. To znamená, že konstrukce detektoru musí být navržena tak, aby detektor mohl vykonávat účely, pro které byl sestrojen. Samozřejmě moderní design se podepsal i na oblasti průmyslu komerční bezpečnosti. A tak na trhu můžeme spatřit detektory pohybu nejrůznějších tvarů, z nichž největší trend představují zaoblené hrany.

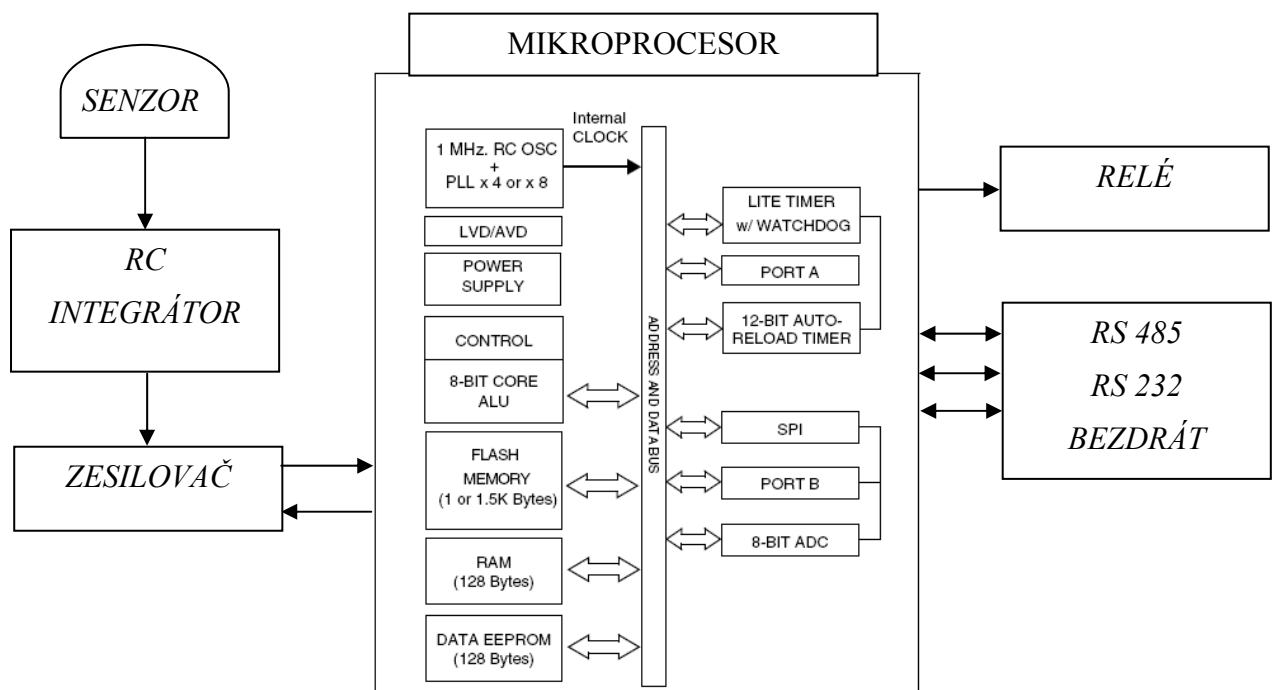


Obr. 38. Moderní design detektorů pohybu

4.1.2 Elektrická konstrukce detektoru

„Druhý blok“

Hardware detektoru tvoří elektronické obvody. Srdcem těchto obvodů je mikroprocesor, který zpracovává a upravuje elektrický signál ze senzoru. Následující obrázek znázorňuje příklad blokového schématu elektrického obvodu konvekčních detektorů pohybu prostorové ochrany.



Obr. 39. Blokové schéma elektrické konstrukce detektoru

Při aktivaci senzor generuje signál určité amplitudy a frekvence. Tento signál je zpracováván integračním článkem. Úkolem integrátoru je snižovat výstupní napětí se zvyšující se frekvencí napětí na vstupu. Poté zesilovač nastaví, dle režimu saturace

jednotlivých tranzistorů, velikosti napětí pro *A/D* převodník mikroprocesoru. Tyto hodnoty napětí jsou označovány úrovněmi *LOW* a *HIGH*. Mikroprocesor sleduje úroveň signálu z *A/D* převodníku a porovnává ho v komparátoru s referenčními hodnotami, jenž má uloženy v paměti.

4.1.3 Programový algoritmus

„*Třetí blok*“

Jelikož samotný mikroprocesor představuje jen logický automat pro zpracování instrukcí, je nutno do něj implementovat obslužný program. Tento program představuje posloupnost instrukcí, která zajišťuje, aby mikroprocesor pracoval tak, jak požadujeme. Přičemž programový algoritmus představuje postup při návrhu obslužného programu, jehož výsledkem je vývojový diagram. Následující vývojový diagram znázorňuje příklad programového algoritmu mikroprocesoru. Jeho cílem je porovnávání změn napětíových úrovní (*LOW;HIGH*) na výstupu *A/D* převodníků pomocí časovače. Při překročení nastavené referenční úrovně signálu je generován poplachový signál.

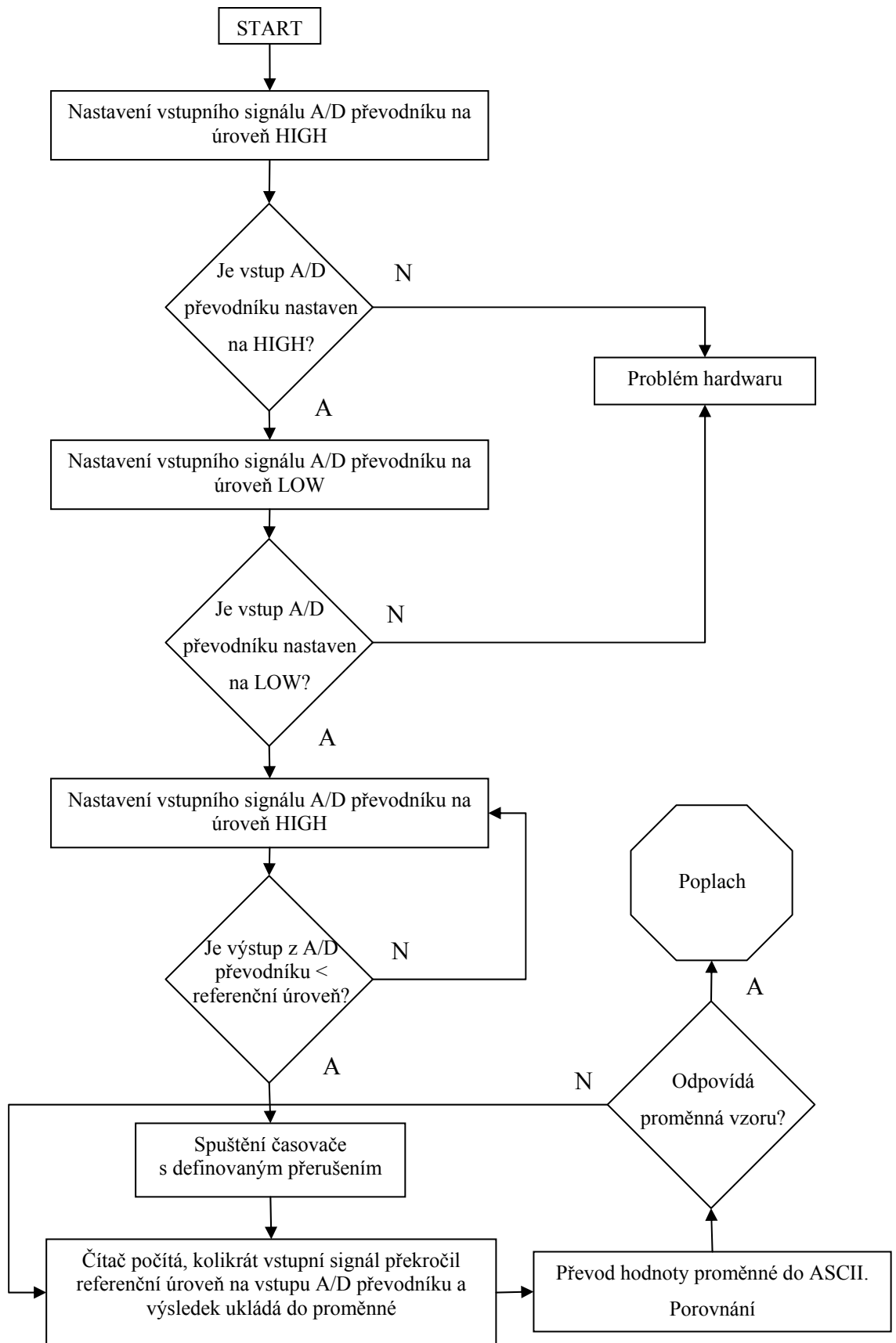
4.1.4 Externí komunikace

„*Čtvrtý blok*“

Externí komunikace detektoru by se dala zahrnout do bloku elektrické konstrukce, ovšem svou podstatou tvoří samostatnou část. Cílem komunikace detektoru s externími prvky je především možnost nastavování jeho parametrů a přenos poplachového signálu. Mezi největší trendy patří:

- bezdrátová komunikace
- komunikace po průmyslové sběrnici *RS 232, RS485*
- komunikace pomocí sítě *Ethernet*

Samozřejmě, že komunikace po kabelovém vodiči je stále aktuální a z trhu nezmizela. Ale i zde výrobci provedli jisté inovace. Detektory pohybu určené pro zapojení do poplachových smyček ústředěn *PZTS* mají vyvažovací rezistory zabudovány přímo na deskách plošného spoje. Připojovací vývody rezistorů jsou pak vyvedeny na příslušné připojovací svorky. V praxi tak u detektorů odpadá pracná a složitá montáž při zapojování přívodních vodičů.



Obr. 40. Vývojový diagram obslužného programu

4.2 Trendy detektorů pohybu

Snahou výrobců je dosahovat co nejmenší míry vyvolání falešných poplachů u detektorů pohybu a při tom zajistit, aby spolehlivě detekovaly pohyb narušitele. Proto je také největší pozornost, spíše než návrhu nových fyzikálních metod detekce, věnována úpravě a neustálému zlepšování konvekčních detektorů pohybu. Vývoj detekce pohybu v ochraně objektu se ubírá ve směru kombinovaných detektorů pohybu.

Kombinované detektory pohybu můžeme obecně popsat jako detektory využívající k detekci pohybu narušitele dvou a více senzorů, z nichž každý může pracovat na stejném či odlišném principu snímání demaskujících příznaků narušitele. Dnes není výjimkou detektor, který obsahuje i 5 senzorů pracujících na odlišných fyzikálních metodách detekce pohybu narušitele v detektorem chráněné zóně. Přitom hlavní pozornost vývoje je věnována programovým algoritmům na zpracování signálu z výstupu každého senzoru. Takové detektory, zvláště ty, které se dokážou automaticky přizpůsobit podmínkám svého okolí, nazýváme inteligentními detektory. Samozřejmě, že kvalita detekce pohybu narušitele a eliminace falešných poplachů každého detektoru se odvíjí od jeho ceny. Proto jsou drahé inteligentní detektory určeny k ochraně objektů se 3. a 4. stupněm zabezpečení.

Pro lepší přehlednost funkčnosti inteligentních detektorů pohybu od sebe opět oddělím hardwarovou a programovou část. Hardwarovou část detektoru budou představovat především senzory, programovou část pak metody zpracování výstupní signálu z těchto senzorů.

4.2.1 Kombinované pasivní infračervené detektory

Jelikož pasivní infračervené detektory pohybu jsou stále doménou elektrické zabezpečovací signalizace, uvádím zde příklad inteligentních kombinovaných pasivních infračervených detektorů pohybu.

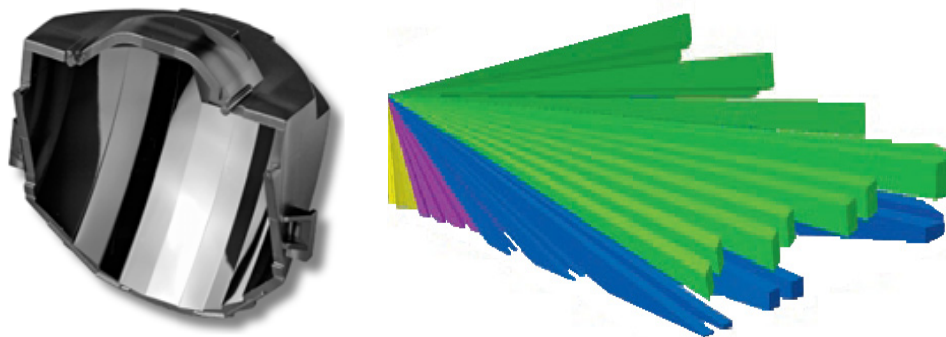
4.2.1.1 Hardware detektoru

Inteligentní kombinované pasivní infračervené detektory jsou vybaveny pěti senzory:

- pasivní infračervený senzor – pro krátké vzdálenosti
- pasivní infračervený senzor – pro dlouhé vzdálenosti
- mikrovlnný senzor

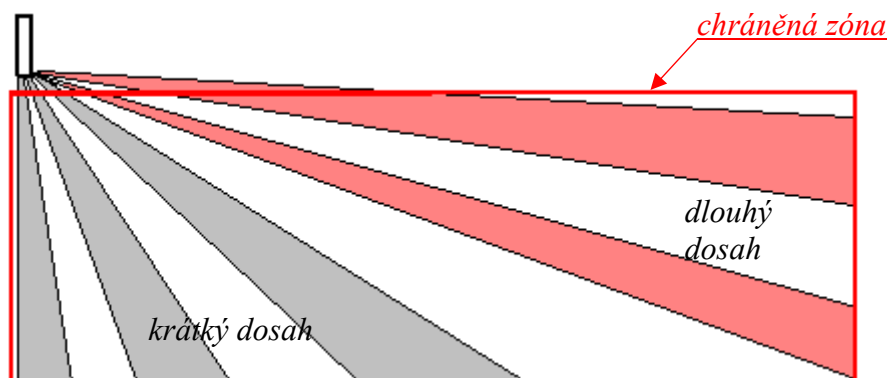
- senzor reagující na světlo
- tepelný senzor

Pasivní infračervený detektor pohybu pracuje na bázi snímání vyzařování infračerveného záření narušitelem. Chráněnou zónu, kterou detektor pokrývá, lze změnit pomocí Fresnelovy čočky. Různé typy čoček tak umožňují zmenšit, zvětšit nebo úplně změnit strukturu chráněné zóny (dlouhý dosah, široký dosah, záclona). Trendem je však stále více nahrazovat umělohmotné čočky černými triplexními zrcadly, která propouští jen infračervené záření. Tato zrcadla také lépe pokrývají chráněnou zónu.



Obr. 41. Triplexní zrcadlo s charakteristikou pokrytí chráněné zóny

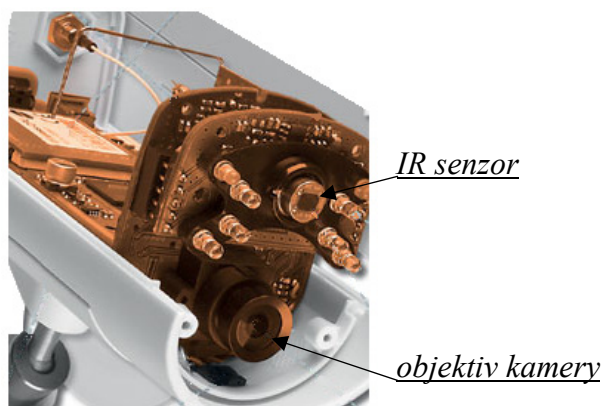
Detektor je tak vybaven dvěma pasivními infračervenými senzory. Senzor pro krátké vzdálenosti detekuje pohyb narušitele v bezprostřední blízkosti detektoru. Senzor pro dlouhé vzdálenosti detekuje pohyb narušitele ve vzdálenosti několika metrů, a to dle požadované vzdálenosti a rozlohy chráněné zóny.



Obr. 42. Charakteristika pokrytí chráněné zóny dvěma infračervenými pasivními senzory

Dalším senzorem je mikrovlnný senzor, který snímá pohyb narušitele s využitím metody Dopplerova jevu. Senzor bílého světla detekuje rušivé vlivy ozáření detektoru bílým světlem. Je použit u detektorů bez triplexních zrcadel a představuje fototranzistor či fotodiodu. Posledním senzorem je senzor tepelný. Jeho úkolem je snímat teplotu okolí detektoru. Dle velikosti teploty se pak nastavují jednotlivé parametry citlivosti každého senzoru.

Jinou variantou inteligentních kombinovaných detektorů pohybu je kombinace kamery a pasivního infračerveného či jiného senzoru. Kamera tak začne snímat scénu při aktivaci některého ze sensorů. Videozáznamy jsou zpravidla ukládány do vnitřní paměti detektoru v komprimované podobě. Po té jsou na základě použité externí komunikace detektoru přeposílány k dalšímu zpracování či vyhodnocení (např. na pult centrální ochrany).



Obr. 43. Kombinovaný
detektor pohybu (kamera a
PIR)

4.2.1.2 Metody zpracování signálu

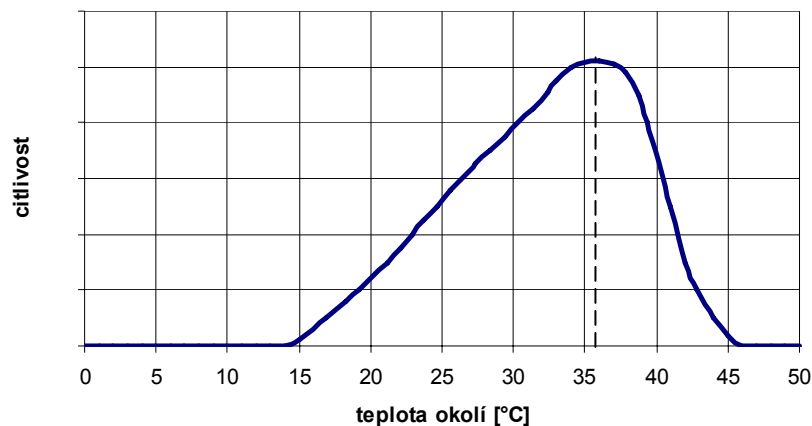
Jak již bylo řečeno, zpracování signálu z výstupu senzoru zajišťuje obslužný program mikroprocesoru. Samozřejmě návrh obslužného programu je specifická záležitost s využitím příslušného programovacího jazyka. Proto zde popisují jen podstatu metod, jakými jsou výstupní signály z jednotlivých sensorů zpracovávány. Jedná se o tyto metody:

- metoda teplotní kompenzace – tepelný senzor
- metoda anti-cloak – pasivní infračervený senzor a mikrovlnný senzor

- metoda slučování dat – pasivní infračervený senzor, mikrovlnný senzor, senzor reagující na světlo

1. Metoda teplotní kompenzace

Teplotní kompenzace představuje přizpůsobování citlivosti infračerveného pasivního senzoru teplotě okolí. Informace o změně teploty poskytuje signál z tepelného senzoru. Pokud se teplota v místnosti bude neustále měnit, bude se také měnit úroveň citlivosti senzoru. Z následujícího grafu je patrné, že při zvyšování teploty okolního vzduchu se zvyšuje citlivost senzoru. Maximální citlivost je při teplotě 36,5 °C, tedy teplotě lidského těla. Při dalším nárůstu okolní teploty citlivost naopak klesá.



Obr. 44. Graf závislosti citlivosti senzoru na teplotě okolí

2. Anti-Cloak

Tato metoda využívá řídicího signálu mikroprocesoru k aktivnímu přepínání mezi infračerveným pasivním a mikrovlnným senzorem. Pomocí teplotního senzoru je detekovaná teplota okolí detektoru. Pokud se teplota blíží k teplotě lidského těla, infračervený pasivní senzor vypíná a detekce přechází zcela na senzor mikrovlnný. Má to výhodu i v tom, že mikrovlnný senzor je v normálním provozu vypnut, čímž se sníží spotřeba energie detektoru. Další možnost, kterou metoda Anti-Cloak nabízí, je identifikace narušitele, který se snaží před vlastní detekcí maskovat. Při pohybu maskovaného narušitele infračervený pasivní senzor sice generuje charakteristický průběh signálu pohybu narušitele, ale tento signál nedosahuje potřebné velikosti

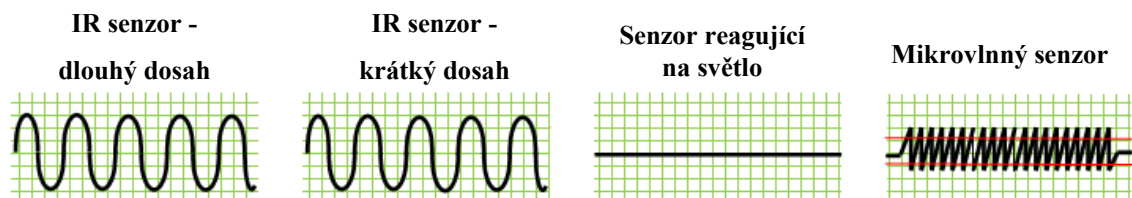
amplitudy. Proto je tento generovaný signál porovnáván na vstupu mikroprocesoru se vzorovými signály a v případě, že generovaný signál má charakteristický průběh, avšak bez potřebné velikosti amplitudy, dochází k aktivaci mikrovlnného senzoru.

3. Metoda slučování dat

Metoda slučování dat je založena na principu zpracovávání dat z více senzorů reagující na různé fyzikální podněty z okolí detektoru. Každý senzor produkuje charakteristický signál, který je uložen v paměti mikroprocesoru a představuje různé děje, jako je pohyb narušitele, osvětlení detektoru světly automobily, oklamání detektoru umělým světlem, pohyb zvířat nebo změna okolní teploty. Metodu slučování dat vysvětlují následující příklady:

a) vyhodnocení pohybu narušitele

Mikroprocesor vyhodnocuje prahové úrovně výstupních signálů ze senzorů a jejich synchronizaci. Na následujících grafech můžeme vidět průběhy signálů, které produkují jednotlivé senzory při pohybu narušitele.

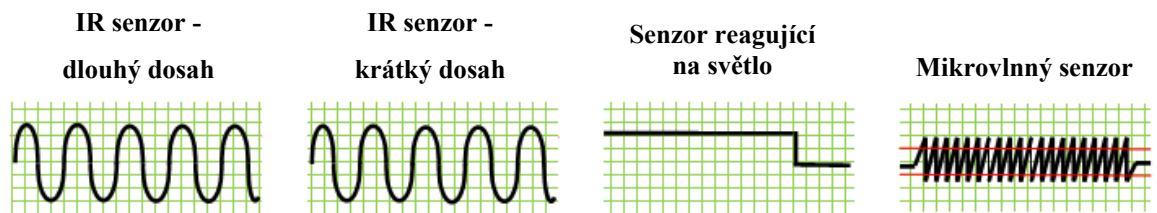


Obr. 45. Průběhy výstupních napětí z jednotlivých senzorů

IR senzor s dlouhým dosahem snímá infračervené záření narušitele, senzor bílého světla nevykazuje žádný signál, mikrovlnný senzor generuje signál překračující prahovou úroveň a detektor pohybu spouští poplachový signál.

b) osvětlení detektoru světly automobily

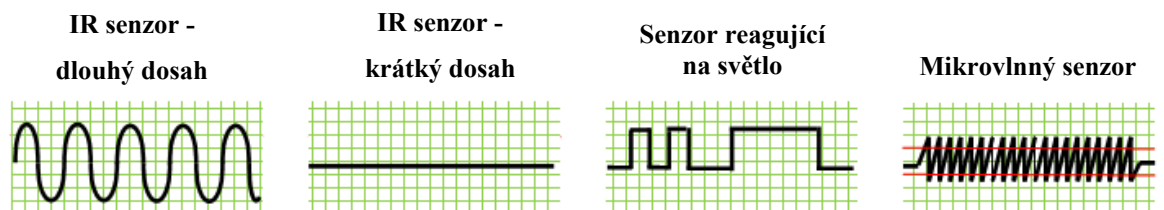
Při osvětlení plochy detektoru světly projíždějících automobilů všechny senzory generují synchronizovaný signál. Mikroprocesor tak na základě synchronizace signálů negeneruje poplachový signál.



Obr. 46. Průběhy výstupních napětí jednotlivých senzorů

c) snaha o napodobení světlometů automobilu narušitelem

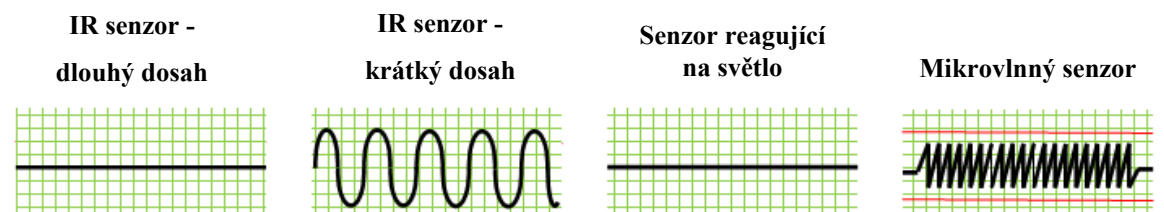
Pokud se narušitel bude snažit detektor pohybu oklamat pomocí světla, IR senzor s dlouhým dosahem snímá pohyb narušitele v určité vzdálenosti, IR senzor s krátkým dosahem negeneruje žádný signál, mikrovlnný senzor generuje signál pohybu a senzor bílého světla generuje nepravidelný pravoúhlý signál. Mikroprocesor generuje poplachový signál.



Obr. 47. Průběhy výstupních napětí z jednotlivých senzorů

d) pohyb malých zvířat

Při pohybu malých zvířat dochází k narušení pouze IR senzoru s krátkým dosahem a mikrovlnného senzoru. Mikroprocesor tak zvýší prahovou hodnotu mikrovlnného senzoru. Malá zvířata představují pro mikrovlnný senzor jen velmi malou úroveň signálu a prahová hodnota tedy není překročena.



Obr. 48. Průběhy výstupních napětí z jednotlivých senzorů

4.2.2 Kombinované detektory pohybu perimetrické ochrany

Detekce pohybu narušitele na základě více fyzikálních metod se stále více rozvíjí i u detektorů pohybu určených pro perimetrickou ochranu. Jeden detektor tak v sobě kombinuje několik metod detekce pohybu narušitele. Jedná se o metody:

- metoda Fresnelovy zóny
- metoda aktivního snímání
- metoda Dopplerova jevu

4.2.2.1 Hardware detektoru

Kombinovaný detektor pohybu perimetrické ochrany je rozdělen na tři části, které pracují na odlišných fyzikálních principech detekce pohybu narušitele v detektorem chráněné zóně.

A. Mikrovlnná část detektoru – bariéra

Mikrovlnnou část detektoru tvoří mikrovlnná bariéra s metodou Fresnelovy zóny. Frekvence elektromagnetického pole mezi vysílačem a přijímačem se z důvodu interference okolních rušivých zdrojů pohybuje v rozmezí 9 – 24 GHz. Přičemž bariéry nabízejí několik programovatelných pásem vln frekvenční či amplitudové modulace.

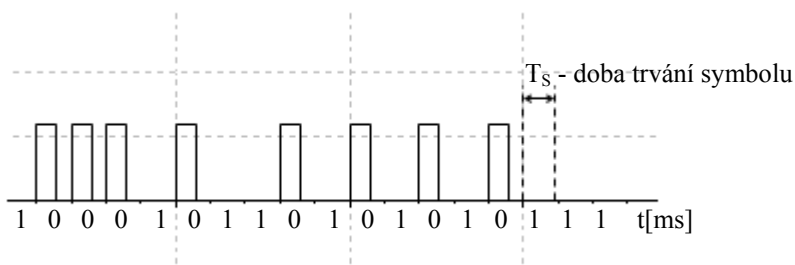
B. Aktivní infračervená část detektoru

Aktivní infračervenou část detektoru tvoří infračervené závory a bariéry využívající metody aktivního snímání. Mezi vysílačem a přijímačem je využita obousměrná komunikace. Princip je založen na párování vysílacích a přijímacích infračervených diod. Na straně vysílače se nacházejí tři diody vysílací a tři diody přijímací. Stejně tak je tomu i na straně přijímače. Každá vysílací dioda tak komunikuje pouze se svou identickou diodou přijímací. Přenos infračerveného paprsku mezi vysílací a přijímací diodou probíhá pomocí modulací s využitím pseudonáhodného kódu.

a) pulzní světelný tok

Pulzní světelný tok představuje nejjednodušší přenášení dat formou světelného infračerveného paprsku. Princip spočívá v tom, že vysílací dioda buď generuje, nebo negeneruje světelný impuls. Signál z přijímací diody je rozdělen na časové úseky, které představují dobu trvání jednoho symbolu – tedy jedničkový bit nebo bit nulový.

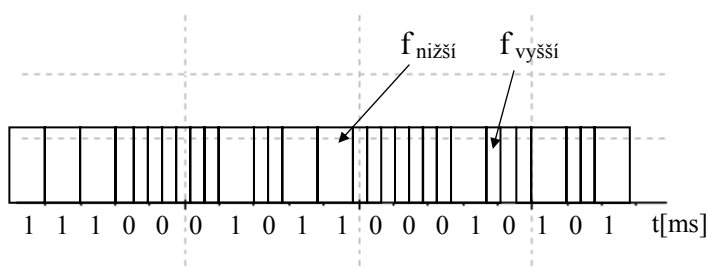
Vyskytne-li se v tomto časovém úseku signálový impuls délky kratší než je doba trvání jednoho impulsu, je považován za bit nulový. Naopak jeho absence představuje bit jedničkový. V případě většího přenosu jedničkových bitů je synchronizace zajištěna nadbytečným vysláním jednoho nulového bitu. Ten musí být samozřejmě na přijímací straně odstraněn.



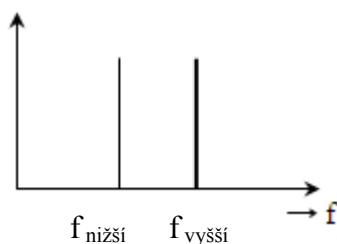
Obr. 49. Pulzní světelný tok

b) FSK modulace

FSK modulace (Frequency shift keying) používá pro přenos informací mezi vysílací a přijímací diodou dvě rozdílné frekvence. Data jsou mezi vysílačem a přijímačem přenášena přepínáním dvou frekvencí vysílače. Nižší frekvence představuje jedničkový bit, vyšší frekvence bit nulový.



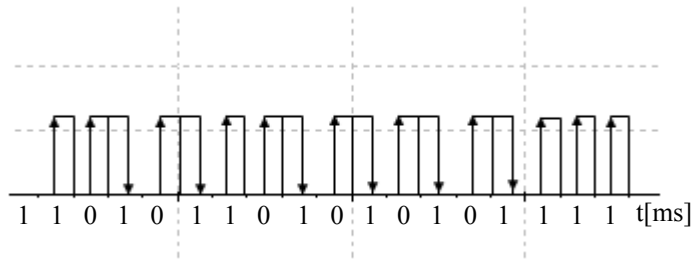
Obr. 50. FSK modulace



Obr. 51. Graf FSK modulace

c) Bi-phase modulace

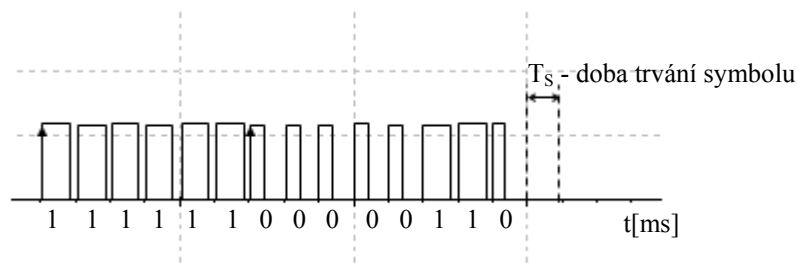
Časová základna je stejná jako u pulzní modulace. Detekce bitů je provedena v závislosti na náběžné či sestupné hraně signálového impulsu uvnitř časových úseků. Náběžná hrana představuje jedničkový bit, sestupná hrana nulový bit.



Obr. 52. Bi-phase modulace

d) pulzně šířková modulace

U pulzně šířkové modulace je zaznamenávána šířka impulsu signálu. Doba trvání každého symbolu je synchronizována náběžnou hranou signálu. Detekce jedničkových a nulových bitů se provádí dle šířky impulsu.



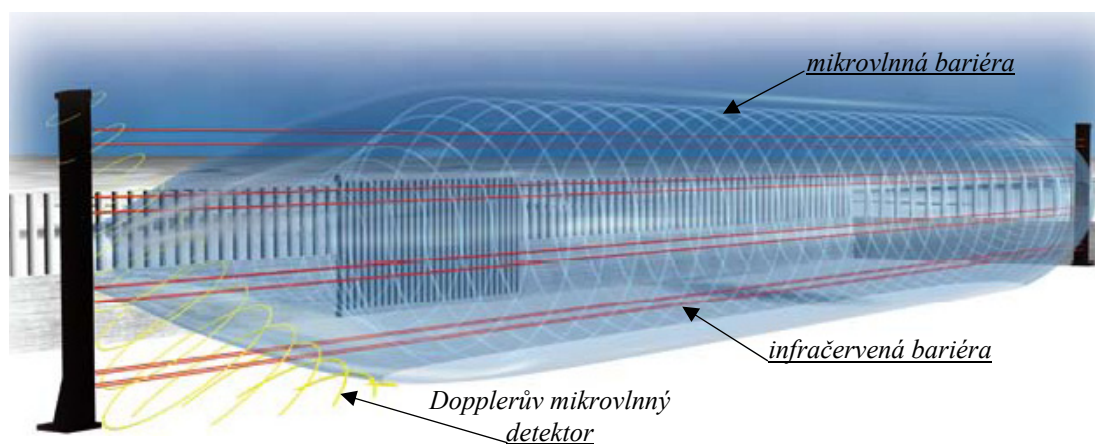
Obr. 53. Pulzně šířková modulace

Největší míru zabezpečení (tedy zabezpečení proti oklamání přijímací diody umělým infračerveným světelným zdrojem) vykazuje *FSK* modulace.

C. Mikrovlnná část detektoru – metoda Dopplerova jevu

I když samotná kombinace aktivní infračervené a mikrovlnné části detektoru je plně dostačující, výrobci tyto detektory doplňují o Dopplerovský mikrovlnný detektor. Jeho úkolem je pokrýt prázdná místa, které vznikají v chráněné zóně kombinovaného detektoru pohybu, jak popisuje níže uvedený obrázek. Dopplerovský detektor pracuje

samozřejmě na jiném kmitočtu, aby nedošlo k vzájemnému ovlivňování s mikrovlnnou bariérou. Vysílač mikrovlnného detektoru je směřovaná směrem k zemi, aby pokryl zejména část ve spodní linii detektoru. Zamezuje tak možnost, že by narušitel podlehl infračervené paprsky.



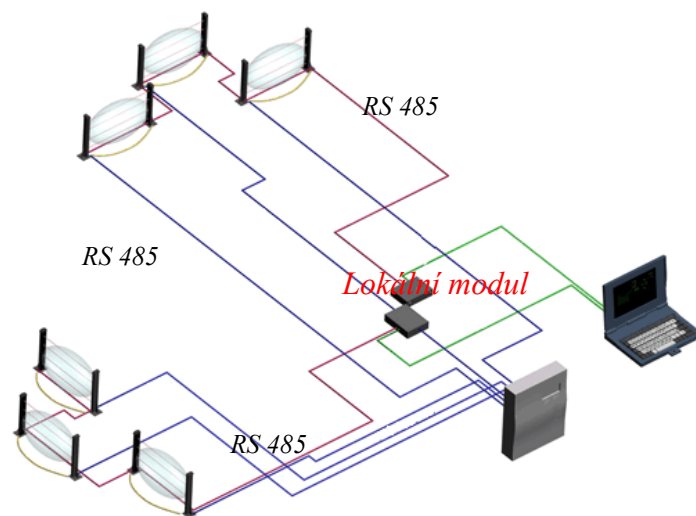
Obr. 54. Kombinovaný detektor pohybu perimetrické ochrany

4.2.2.2 Metody zpracování signálu

Největším nepřítelem perimetrické ochrany je samotné prostředí, do kterého je tato ochrana instalována. Detektory pohybu perimetrické ochrany jsou součástí modulárních systému pro zabezpečení perimetru objektů a tvoří tzv. koncové moduly. Ty pak komunikují s lokálním modulem, jenž tvoří mikroprocesorový obvod pro vyhodnocování výstupního signálu z jednotlivých senzorů detektorů pomocí sběrnice RS-485 či bezdrátově. Na výstupu modulárního systému je připojen počítač s příslušným ovládacím softwarem, který umožňuje vizualizaci a úpravu parametrů výstupních signálu z jednotlivých detektorů. Každé přilehlé prostředí chráněného objektu má jiný charakter s různými rušivými vlivy. Kde tedy jeden detektor pohybu může spolehlivě fungovat, na jiném místě způsobuje časté vyvolávání poplachu. Nepříznivými vlivy zejména jsou:

- klimatické podmínky – intenzita slunečního záření, průvan
- přítomnost živočichů – hlodavci, potulné kočky a psi, ptáci
- přítomnost četné flóry – stromy, keře, porost
- interference – letiště, vysílače, elektrárny

Uživatel či osoba provádějící instalaci elektronické perimetrické ochrany má možnost přizpůsobit chování detektorů k okolnímu prostředí. Nejprve se na detektory nechají působit rušivé vlivy okolí a sledují se parametry generovaných signálů. Po té jsou simulovány způsoby narušení chráněné zóny člověkem. Signály jsou vzájemně konfrontovány, jsou z nich vyextrahovány vzorové průběhy typické pro okolní vlivy i pro pohyb narušitele. Tyto signály jsou pak uloženy do paměti mikroprocesoru a slouží pro komparaci se signály, které generují senzory detektorů v reálném čase.



Obr. 55. Modulární systém perimetrické ochrany objektu

4.3 Shrnutí

Hlavním hnacím elementem vývoje detektorů pohybu je co největší eliminace falešných poplachů a co nejlepší detekce pohybu narušitele. Výrobci tak zvyšují kvalitu detekce jednotlivých detektorů kombinováním více senzorů, které pracují na odlišných fyzikálních principech. Pro řadu firem, zabývajících se výrobou detektorů pohybu, je totiž lepší pohybovat se v oblasti elektrotechnického zpracování signálu (ve které zaměstnává již tak dost odborníků), než aby měly platit nákladný vývoj nových metod detekce, které využívají doposud nepoužitých fyzikálních principů detekce pohybu narušitele, který by také nemusel přinést žádné hmatatelné výsledky. V následující kapitole je proto proveden návrh využití nových metod detekce pohybu, které se doposud v konvekčních detektorech pohybu nevyužívají.

5 NÁVRH VYUŽITÍ NOVÝCH METOD DETEKCE POHYBU

Při konzultaci a hledání nových metod detekce pohybu jsem vycházel z faktu, že každou novou technologii či technologický postup je nutno podložit řadou výpočtů a fyzikálních zákonů, které potvrdí, že ji lze prakticky realizovat. Proto je celá kapitola rozdělena na dvě části. V první části je proveden teoretický návrh nových fyzikálních metod detekce pohybu. V druhé části je nastíněna vlastní konstrukce detektoru, která uplatňuje danou metodu v praxi.

5.1 Teoretický návrh nových metod detekce pohybu

V této části kapitoly jsou popsány celkem tři způsoby detekce pohybu narušitele, které nejsou u konvekčních detektorů používány. Jedná se o detekci pohybu na bázi tíhové síly, na bázi ionizačního záření a na bázi laseru.

5.1.1 Detekce pohybu pomocí tíhové síly

Člověk je, stejně jako jakékoliv jiné těleso, definován hmotností. Síla, kterou člověk působí na povrch země, se nazývá tíhová síla a označujeme ji F_G . Tíhovou sílu můžeme popsat jako sílu, při které je každému tělesu při volném pádu z jakékoliv výšky uděleno stejné zrychlení.

$$F_G = m \cdot g \quad (19)$$

m – hmotnost člověka

g – gravitační zrychlení

Člověk jako narušitel se vyznačuje aktivními a pasivními biologickými signály, kterými jsou pohyb a hmotnost. Pokud se narušitel začne pohybovat z bodu nulové rychlosti v_0 se zrychlením a , za určitý čas t , bude jeho rychlost v :

$$v = v_0 + a \cdot t \quad (20)$$

Vynásobí-li se rovnice č. 19 časem t , dostaneme vztah

$$Ft = m \cdot a \cdot t = m \cdot v \quad (21)$$

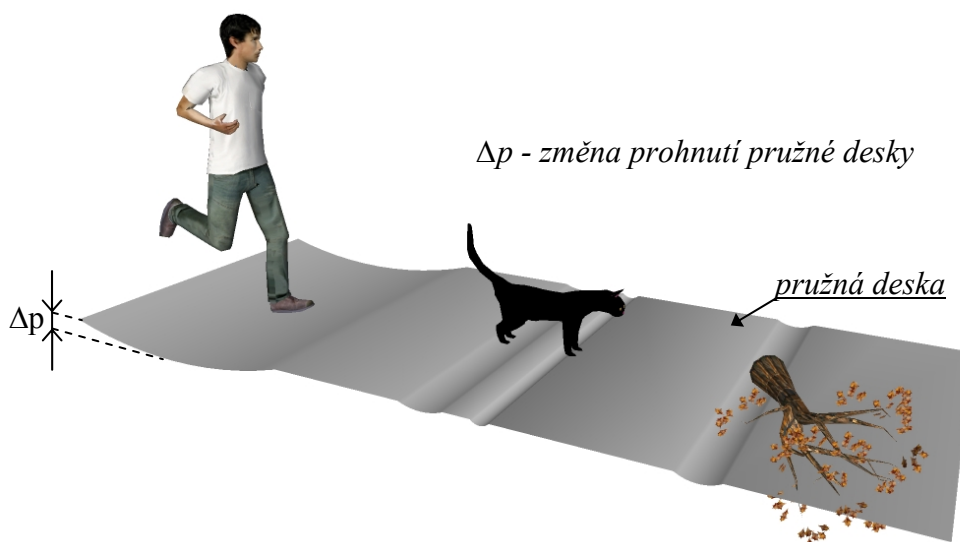
a hovoříme o účinku síly. To je síla, kterou narušitel působí po určitý časový interval na daný bod zemského povrchu. Účinek síly pak reprezentuje veličina impuls síly I .

$$I = F \cdot t \quad (22)$$

F – síla, kterou narušitel působí na zemský povrch

t – časový interval působení síly

Výše uvedené vztahy nám ukázaly, že člověk (narušitel) působí na zemský povrch určitou silou úměrnou hmotnosti vlastního těla. Nahradíme-li zemský povrch deskou, bude docházet vlivem zatížení narušitele k její deformaci. Přitom podobně jako u klasické průmyslové váhy bude velikost zatížení přímo úměrná velikosti deformaci desky. V praxi to znamená přeběhnutí, našlápnutí nebo odraz narušitele od plochy této desky. Při návrhu možného detektoru pohybu by se dalo využít skutečnosti, že každé živé i neživé objekty mají charakteristický dynamický pohyb a tím je lze od sebe navzájem odlišit.



Obr. 56. Simulace působení tíhy člověka

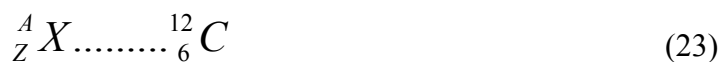
5.1.2 Detekce pohybu pomocí ionizačního záření

Detekce pohybu pomocí ionizačního záření vychází z principu, že lidské tělo obsahuje určité množství radionuklidů a člověk tak vydává určité množství ionizačního záření. Toto záření by pak bylo možné registrovat speciálními detektory na bázi pohybu narušitele jako pohybujícího se zdroje ionizačního záření.

5.1.2.1 Aktivita radionuklidů v lidském těle

Každý chemický prvek je obecně charakterizován protonovým a nukleonovým číslem. Protonové číslo nám udává počet protonů v jádře atomu a značí se písmenem Z . Nukleonové číslo představuje celkové množství protonů a neutronů v jádře atomu a

udává tak celkovou hmotnost atomu prvku při zanedbatelné hmotnosti elektronů. Nukleonové číslo se značí písmenem A .



Rozdílem obou hodnot A a Z získáme počet neutronů v jádře atomu. Pro prvek uhlíku je tak počet neutronů roven číslu 6. Prvky, jenž mají v jádru atomu stejný počet protonů a neutronů, označujeme jako nuklidy. Ty se dále dělí na nuklidy stabilní a nestabilní. Nestabilní nuklidy se spontánně transformují, přičemž dochází k přeměně jádra atomu změnou hodnoty nukleonového čísla. Nuklidy přeměňující se za doprovodu emise radioaktivního záření označujeme jako radionuklidy. Přeměna radionuklidu je charakterizována aktivitou A a poločasem rozpadu $T_{1/2}$. Aktivita udává, s jakou rychlostí se mění radionuklid na nuklid.

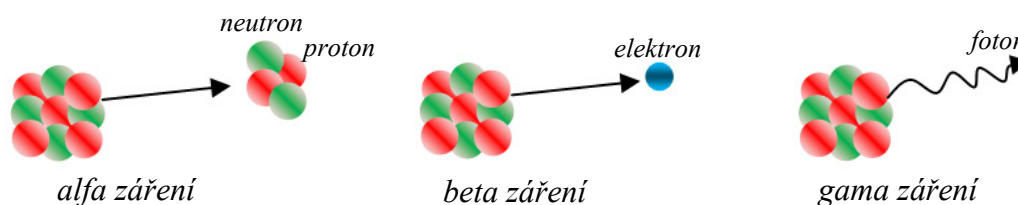
$$A = \frac{\partial N}{\partial t} [Bq] \quad (24)$$

A – aktivita

N – nepřeměněná jádra

t – čas

Poločas rozpadu udává, za jakou dobu se přemění polovina atomu prvku. Při přeměně radionuklidu vznikají tři druhy radioaktivního záření. Je to záření alfa, beta a gama. Záření alfa je ze všech tří nejslabší a má malou pronikavost. Je tvořeno alfa částicemi složenými ze dvou neutronů a protonů. Záření beta je tvořeno proudem elektronů, jenž při radioaktivní přeměně opouštějí atomový obal. Záření gama je ze všech nejsilnější a je tvořeno fotony elektromagnetického záření, podobně jako záření rentgenové.



Obr. 57. Druhy radioaktivního záření

Každý člověk má v těle několik kilobecquerelů radionuklidů. Tyto radionuklidy se do lidského těla dostávají inhalací nebo ingescí. Inhalací v podobě alfa záření, ingescí v podobě beta a gama záření. Přitom radionuklidy mohou pocházet z přírodních či umělých zdrojů. Mezi přírodní zdroje lze řadit primordiální radionuklidy, kosmogenní radionuklidy a sekundární radionuklidy. Mezi umělé zdroje pak řadíme rentgenové záření, kosmické záření v rámci letecké dopravy či záření z ionizačních detektorů kouře.

5.1.2.2 Podíl radionuklidů v lidském těle

Podíl aktivity radionuklidů v lidském těle je stanoven hmotnostní aktivitou a . Určíme ji ze vztahu:

$$a = \frac{A}{m} [Bq / kg] \quad (25)$$

A – aktivita radionuklidu

m – hmotnost lidského těla

Nejvýznamnější podíl na ozáření člověka má radon ^{222}Rn (obsažen v horninách a půdě vrchní vrstvy Země) a izotop draslíku ^{40}K (obsažen hlavně v potravinách). Koncentrace draslíku v lidském těle činí okolo $55 Bq/kg$. Koncentrace radonu je u jednotlivých osob nebo skupin obyvatelstva již rozdílná. Podíl aktivity radionuklidu je tak dále zvyšována přírodními izotopy radia ^{226}Ra a ^{228}Ra , uranu ^{238}U a ^{234}U , polonia ^{210}Po a olova ^{210}Pb . Starší generace jsou navíc zatíženy radionuklidy ^{137}Cs z důvodů pokusů s jadernými zbraněmi v atmosféře a z havárie jaderné elektrárny v Černobylu. Aktivita všech radionuklidů v lidském těle způsobuje, že člověk (narušitel) produkuje radioaktivní záření v řádu jednotek kBq . Pokud budeme mít k dispozici detektory ionizačního záření s vysokou účinností, lze snímat pohyb narušitele jako změnu polohy radioaktivního zářiče za časovou jednotku.

5.1.3 Detekce pohybu pomocí laseru

Laserový paprsek představuje signál, který je schopen přenášet informace. Stejně jako u moderních infračervených závor a bariér, kdy je vysílačem emitován infračervený paprsek, jenž je detekován přijímačem a nese v sobě modulovanou kódovou informaci.

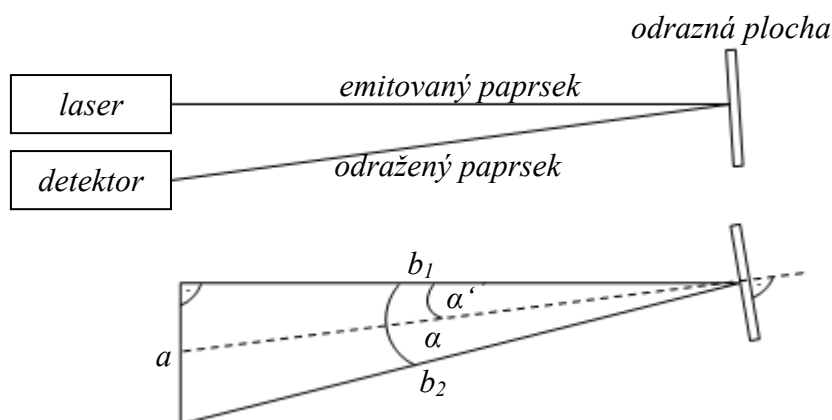
Laser představuje monochromatické koherentní záření. Dopadne-li laserový paprsek na plochu určité látky, paprsek se v látce zároveň absorbuje, rozptýlí, odrazí se od látky nebo látkou zcela projde. Absorpce laseru v látce je popsána rovnicí č. 3, stejně jako u

ionizačního záření. Rozptyl způsobuje vychylování částic vlnění laseru v důsledku poruchovosti plochy, na niž paprsek dopadá. Odraz paprsku laseru popisuje fyzikální zákon odrazu elektromagnetického vlnění. Pro detekci pohybu narušitele jsou rozhodující tyto vlastnosti laserového paprsku:

- vynikající směrovost
- rozptyl laserového paprsku
- odraz laserového paprsku

5.1.3.1 Princip detekce

Máme-li zdroj a detektor laserového záření umístěny ve vertikální rovině a do určité vzdálenosti v horizontální rovině umístíme odraznou plochu, bude se laserový paprsek odrážet přímo na plochu detektoru. Přičemž časový interval mezi vysláním laserového paprsku a zpětnou detekcí paprsku odraženého označme t_l .



Obr. 58. Princip odrazu laserového paprsku

Časový interval t_l vypočítáme jako podíl součtu drah letu emitovaného paprsku b_1 a odraženého paprsku b_2 s vlastní rychlostí laserového paprsku. Bude-li odrazná plocha vzdálena od zdroje laseru 5 metrů, časový interval určíme následovně:

$$b_1 = 5 \text{ m}$$

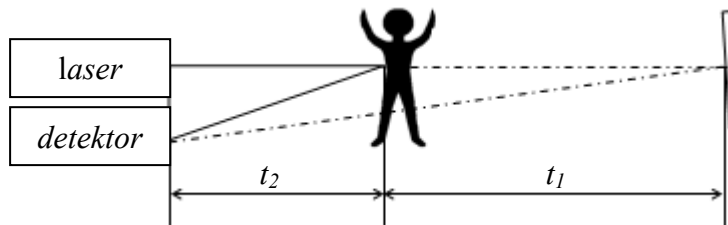
$$a = 0,05 \text{ m (vzdálenost emitovaného a detekovaného paprsku)}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (rychlost laserového paprsku)}$$

$$b_2 = \sqrt{b_1^2 + a^2} = \sqrt{5^2 + 0,05^2} = 5 \text{ m}$$

$$t_1 = \frac{b_1 + b_2}{c} = \frac{5 + 5}{3 \cdot 10^8} = 0,033 \mu s$$

Vstoupí-li mezi odraznou plochu a emitovaný paprsek narušitel ve vzdálenosti 2,5 metru od zdroje laseru, časový interval se zmenší na $t_2 = 0,0166 \mu s$.



Obr. 59. Detekce pohybu narušitele

Rozdíl časových intervalů t_1 a t_2 nám pak identifikuje radiální pohyb narušitele od zdroje laseru.

5.2 Praktický návrh nových metod detekce pohybu

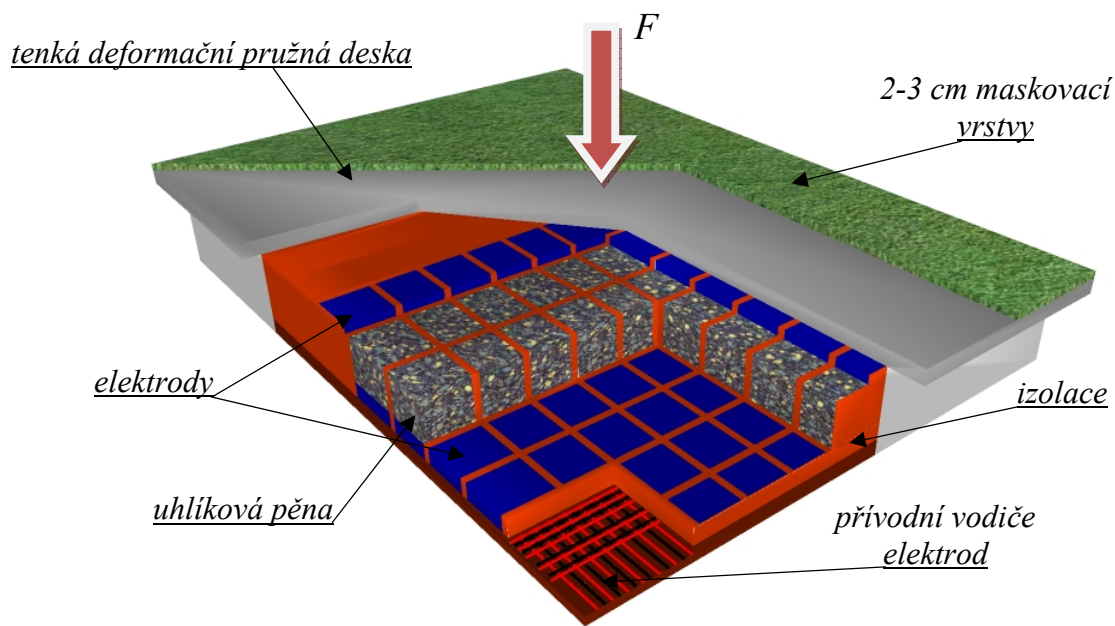
V této části kapitoly jsou provedeny návrhy detektorů využívající výše uvedených teoretických metod detekce pohybu. Na úvod je nutno podotknout, že se nejedná o realizace celého kompletního nového detektoru pohybu. Jsou zde pouze naznačeny body, jakým směrem by se mohla konstrukce detektoru nebo jeho další vývoj ubírat.

5.2.1 Váhový detektor pohybu

Váhový detektor pohybu využívá principu detekce pohybu narušitele pomocí tíhové síly. Váhový detektor pohybu je systém, jenž identifikuje pohyb narušitele v daném prostoru na určité ploše. Při identifikaci se využívá vlastní váhy narušitele. Základem detektoru je senzor síly. Tento senzor neregistruje pouze velikost síly, kterou na něj daný narušitel působí vlastní hmotností, ale i pouhé silové impulsy. Silové impulsy jsou charakterizovány působením síly F po určitý časový interval. Detektor je určen především pro perimetrickou ochranu.

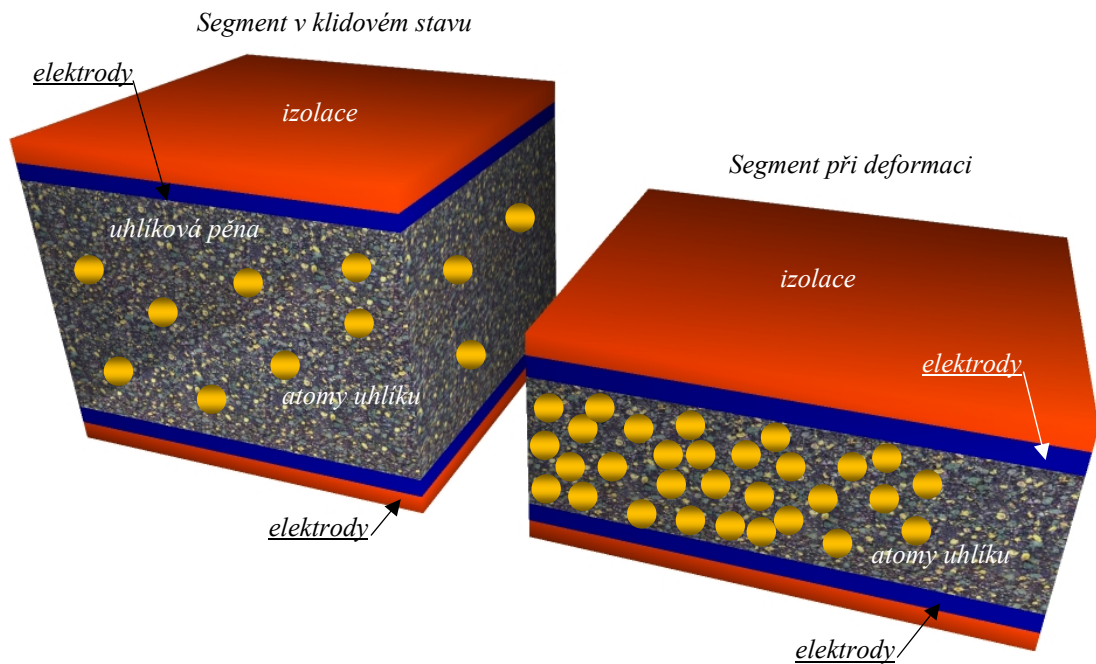
5.2.1.1 Senzor síly

Senzor síly představuje rovinnou desku libovolné velikosti. Tato deska může být součástí terénu nebo může být ukryta pod povrchem země. Z hlediska nákladovosti je dobré použít levný a přesto kvalitní senzor. Pro tyto účely jsem navrhnul vlastní senzor síly.



Obr. 60. Senzor síly

Principem senzoru síly je změna odporu uhlíkové pěny při deformaci. Jak je patrné z obrázku, celý senzor se skládá z nosné konstrukce, deformační tenké pružné desky a dvou elektrod, mezi nimiž je umístěna silná vrstva pěny s příměsí prášku uhlíku. Tato pěna je vodivá a dle množství obsahu uhlíku se vyznačuje určitým odporem. Připojí-li se elektrody na zdroj napětí, velikost procházejícího proudu bude záviset na odporu pěnové vrstvy dle Ohmova zákona. Bude-li na povrch desky působit síla F ve směru šipky, mezi dvěma elektrodami dojde ke stlačování pěny, čímž se zmenší její objem a tím i odpor. Celý senzor je rozdělen do maticového uspořádání vzájemně odizolovaných segmentů ve tvaru kvádrů. Každý segment generuje samostatný elektrický signál a lze tak přesněji rozlišit druhy pohybu i druh pohybujícího se objektu. Konstrukce tlačné desky vyžaduje tenký pevný a přitom dosti pružný materiál, který by z hlediska sériové výroby nebyl nákladný. Uhlíková pěna musí mít příslušnou tvrdost odpovídající stanovenému maximálnímu zatížení senzoru. Tloušťka pěny pak závisí na velikosti příměsí uhlíku a požadavcích na minimální změnu jejího odporu. Izolace mezi jednotlivými segmenty je nevodivý pěnový materiál stejných deformačních vlastností, jaké má uhlíková pěna.

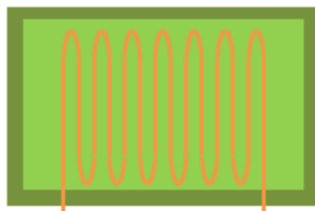


Obr. 61. Princip funkce uhlíkové pěny

Místo uhlíkové pěny lze také použít tenzometrické snímače, které se využívají v konvekčních průmyslových digitálních váhách. Principem tenzometrického snímače je změna odporu napařeného drátu v meandrovitém tvaru při jeho mechanickém namáhání. Odpor drátu se mění s jeho prodlužováním a současným zmenšováním průřezu.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} [\Omega] \quad (26)$$

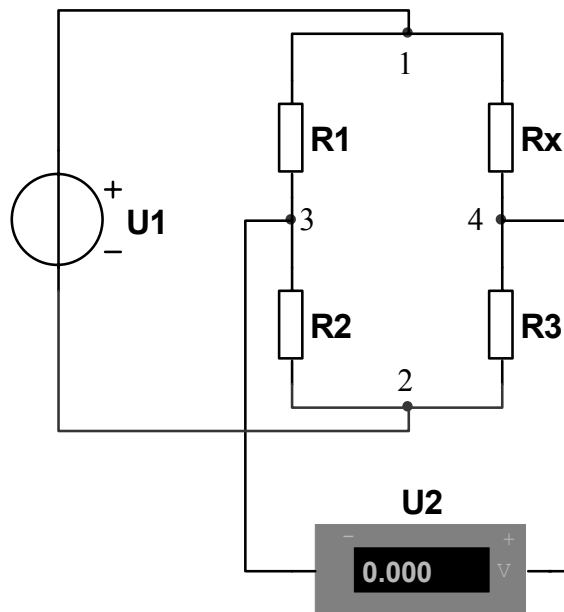
Snímače by opět musely být maticově uspořádány, kvůli lepšímu rozlišení pohybu narušitele.



Obr. 62. Tenzometrický senzor

5.2.1.2 Generování výstupního signálu ze senzoru

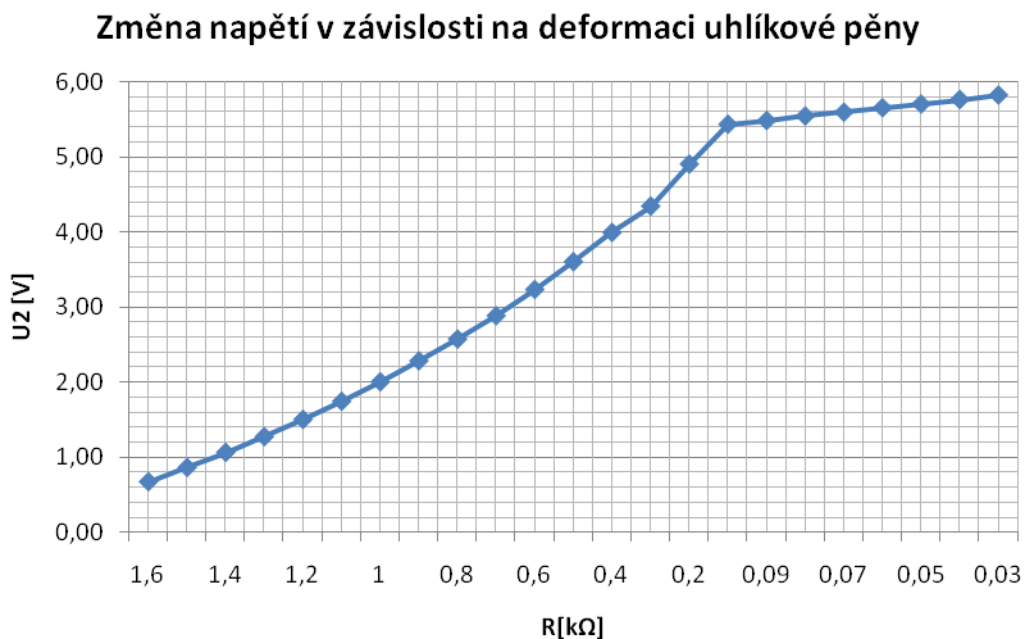
Jelikož silový senzor reaguje při deformaci změnou odporu, pro generování výstupního napětí z každého segmentu je použit Wheatstonův můstek s vyvažovacími rezistory.



Obr. 63. Schéma zpracování výstupního signálu ze senzoru

Každý segment je reprezentován rezistorem R_x . Vlivem změny hodnoty odporu rezistoru R_x se také bude měnit elektrické napětí mezi body 3 a 4. Toto napětí označme jako U_2 a získáme ho z následujícího vzorce.

$$U_2 = U_1 \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_x}{R_3 + R_x} \right) \quad (27)$$



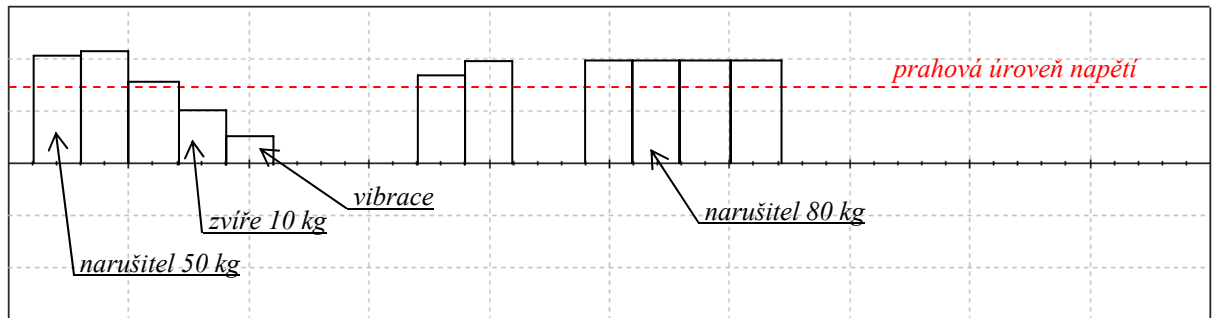
Obr. 64. Graf závislosti výstupního napětí Wheatstanova můstku na změně odporu uhlíkové pěny

5.2.1.3 Elektrická konstrukce detektoru

Hlavním požadavkem správné detekce pohybu narušitele je jeho odlišení od rušivých vlivů. Napěťový signál ze senzoru musí být tedy zpracován a vyhodnocován ve dvou rovinách:

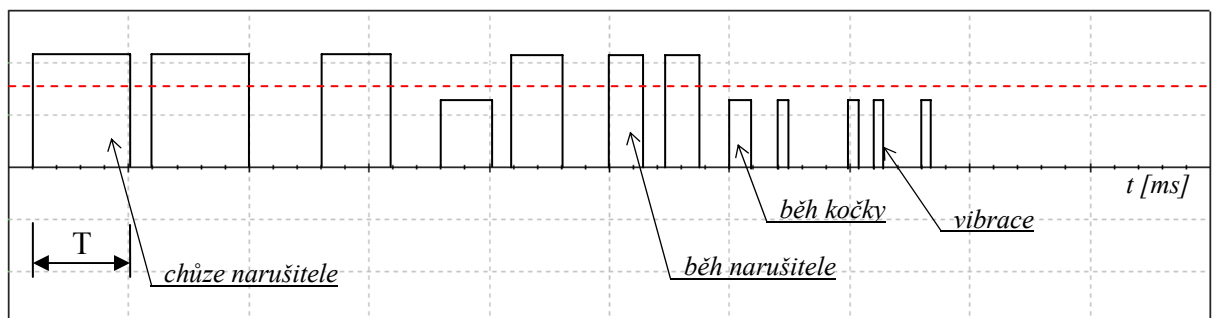
- velikost amplitudy napěťového signálu
- délka trvání napěťového impulsu

Při pohybu narušitele po senzoru bude každý segment generovat odlišnou hodnotu výstupního napětí z Wheatstanova můstku. Napěťový signál ze všech segmentů lze zpracovat pomocí součtového nebo rozdílového operačního zesilovače. Protože moderní doba a přesnost vyhodnocování napěťového signálu vyžaduje použití mikroprocesorové techniky, další zpracování výstupního napěťového signálu by bylo již v digitální podobě. Následující grafy znázorňují, jakým způsobem by se vyhodnocovaly již uvedené parametry výstupního signálu ze senzoru.



Obr. 65. Detekce pohybu na základě velikosti amplitudy výstupního napětí senzoru

Při simulaci pohybu narušitele po senzoru síly je na jeho výstupu generován napěťový signál příslušné amplitudy. Při překročení prahové úrovně dojde k vygenerování poplachového signálu. I když je váha každého člověka odlišná, prahová úroveň může začínat při napětí odpovídající zátěži na senzoru 45 kg. Lze tak odlišit pohyb drobných zvířat a rušivé vlivy vibrací, vznikající například okolní dopravou, kdy k překročení zátěžového limitu 45 kg nemůže dojít. Přitom dalším rozlišovacím parametrem může být časový interval zatížení senzoru. Tomu by na výstupu senzoru odpovídaly napěťové impulsy různých délek. Přejde-li po senzoru člověk, napěťový impuls bude široký. Pokud přes senzor přeběhne, napěťový impuls bude mít poloviční šířku. Přeběhne-li po senzoru kočka, budou napěťové impulsy ještě kratší, protože kočka při běhu disponuje rychlejšími pohyby než člověk.



Obr. 66. Detekce pohybu na základě délky výstupního napěťového impulsu senzoru

Kombinací obou výše uvedených parametrů výstupního signálu senzoru lze odseparovat několik charakteristických signálů pro pohyb narušitele. A tyto pak uložit do paměti jako signály vzorové.

5.2.2 Ionizační detektor pohybu

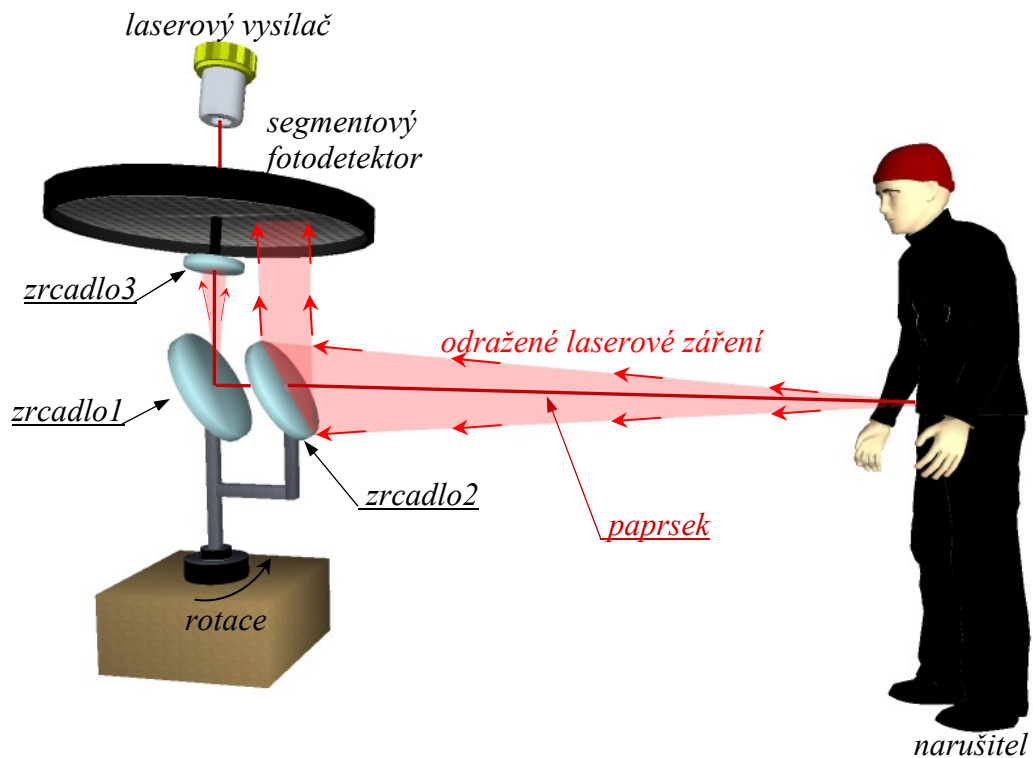
Ionizační detektor pohybu vychází z faktu, že lidské tělo produkuje několik kilobecquerelů radioaktivního záření. Jeho návrh je však velice složitý a to z těchto důvodů:

1. Aktivita radionuklidů v těle člověka je obecně obtížně detekovatelná. Navíc požadavkem na detektor ionizačního záření je detekce v reálném čase. V praxi sice detektory ionizačního záření s detekcí v reálném čase existují, ale jsou velice objemné.
2. Dalším velkým problémem je odstínění záření z okolního prostředí tak, aby mohla být detekovatelná vlastní aktivita těla narušitele. Na pracovištích se zdrojem ionizačního záření (jaderné elektrárny, rentgenová pracoviště) bývá člověk při měření aktivity radionuklidů v těle zavřen do kobky, která odstíní záření z okolí. Je tedy zapotřebí speciální místnosti s velkou tloušťkou obvodových zdí.
3. Vlastní měření aktivity záření u člověka musí trvat nejméně v řádu stovek sekund. Často se stává, že při tomto měření dojde na místo navýšení výstupního signálu z detektoru k jeho poklesu. Je to způsobeno špatným odstíněním okolního záření, proto se také více projeví pokles signálu detektoru způsobený odstíněním záření z prostředí tělem člověka, než jeho nárůst v důsledku detekce záření radionuklidů v těle.

V praxi je tedy metoda detekce pohybu narušitele pomocí ionizačního záření bohužel nerealizovatelná. Objekty, ve kterých by byl detektor instalován, nelze prakticky především z finančních důvodů odstínit.

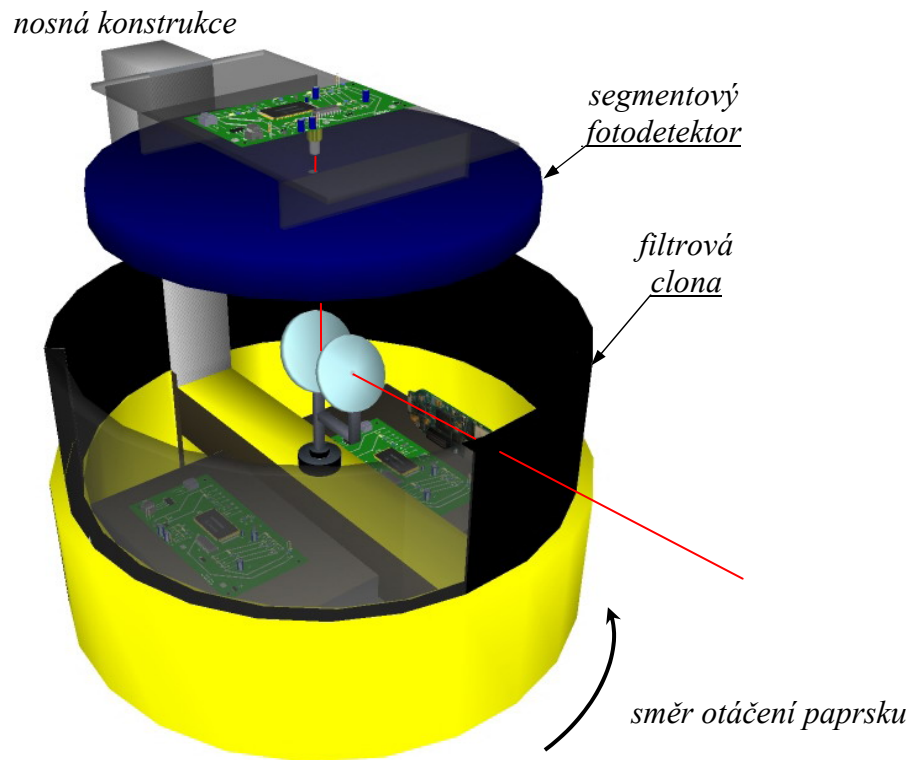
5.2.3 Dynamický laserový detektor pohybu

Dynamický laserový detektor pohybu využívá principu detekce pohybu narušitele pomocí laserového paprsku. Laserový paprsek se v praxi pro své dobré vlastnosti využívá pro měření vzdáleností. Jelikož dynamický laserový detektor pohybu je určen pro prostorovou ochranu, principem jeho činnosti je rovněž měření vzdálenosti statických předmětů od detektoru v chráněné zóně, tedy v místnosti. Základem detektoru je laserový senzor a segmentový fotodetektor.



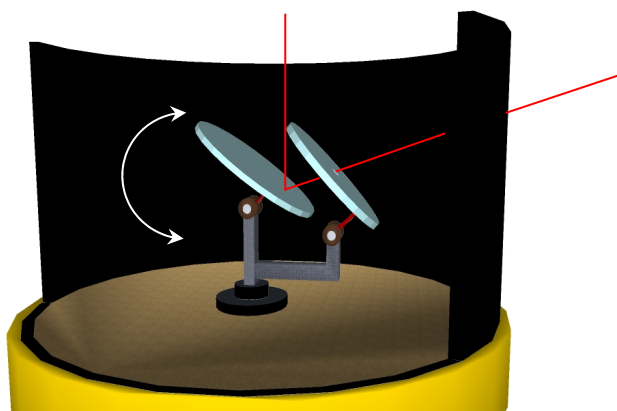
Obr. 67. Princip dynamického laserového detektoru pohybu

Laserový vysílač tvoří laserová polovodičová dioda. Ta emituje do okolí laserový paprsek, který se odráží od prvního zrcadla a prochází otvorem ve středu druhého zrcadla. Narazí-li paprsek na překážku, z části se rozptýlí a z části se odrazí zpět ke směru, odkud působí. Odražené laserové záření dopadá na druhé zrcadlo, odkud je reflektováno na segmentový fotodetektor. Třetí zrcadlo brání průniku odražené záření emitovaného laserového paprsku na fotodetektor. Laserová dioda pracuje v impulsním režimu, přitom elektronický vyhodnocovací obvod registruje časový interval mezi vyslaným a odraženým laserovým paprskem. Nejprve je stanoven referenční časový interval, který se nastaví při počátečním skenování okolního prostředí. V pracovním režimu pak dochází k porovnávání aktuálního časového intervalu s intervalem referenčním. V případě rozdílu obou hodnot (vlivem pohybu narušitele před detektorem) a při překročení nastavené rozdílové meze je na výstupu detektoru generován poplachový signál. Chráněnou zónu detektoru tvoří prostor, kam až dosáhne laserový paprsek. Díky synchronní rotaci obou zrcadel lze detektorem vytvořit chráněnou zónu v rozmezí azimutu 360° .

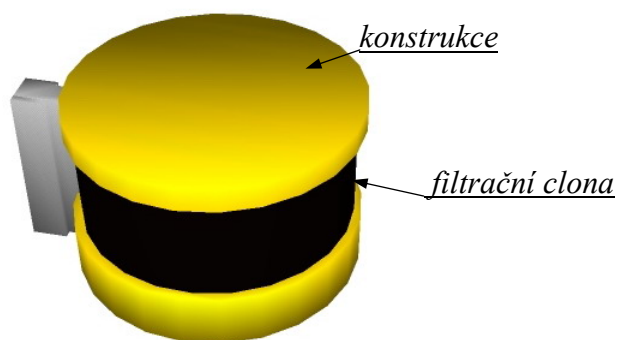


Obr. 68. Konstrukce detektoru

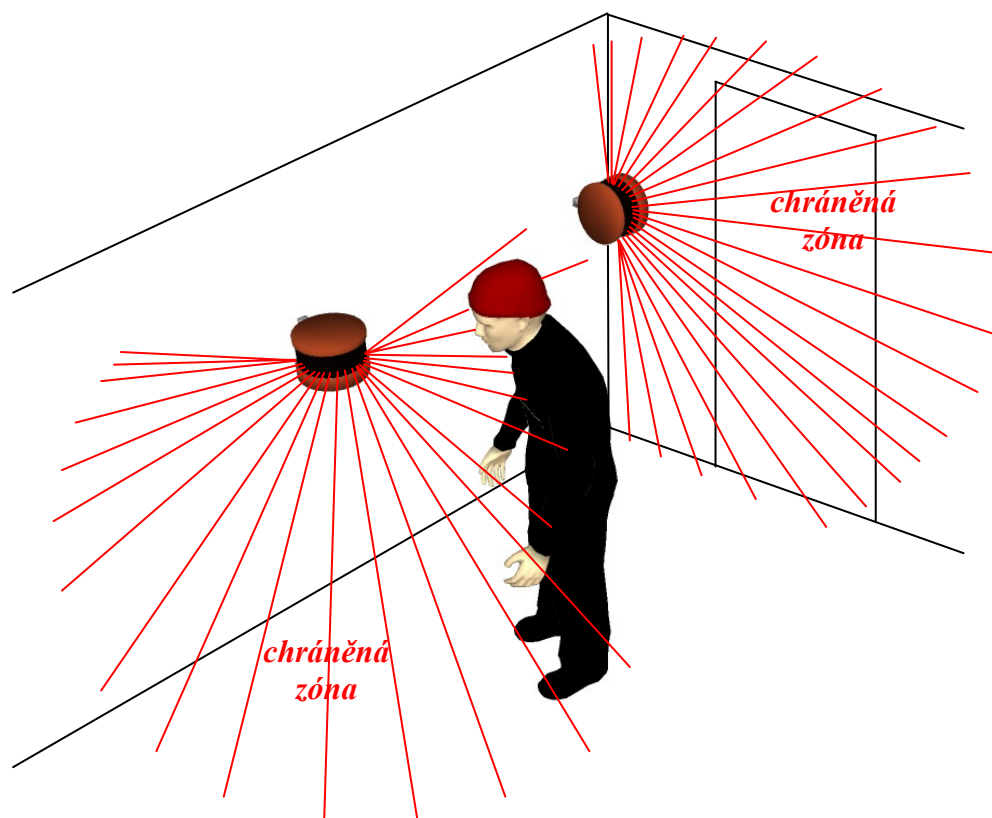
Kvůli konstrukčnímu uspořádání laserového detektoru je detekční rozsah chráněné zóny o několik stupňů menší. Laserový paprsek prochází přes filtrační clonu, která propouští pouze laserové záření příslušné vlnové délky. Celý detektor má kruhový tvar, kvůli rozsahu emitace laserového paprsku. Detektor může být použit jak ve smyslu detektoru prostorové ochrany, tak ve funkci záclony. Přičemž rozsah pohybu laserového paprsku může být měněn dle potřeby zastíněním filtrové clony. Použitím detektoru ve smyslu prostorové ochrany je však nutné zajistit prostorovou chráněnou zónu. To je možné vertikální náklonem zrcadlové soustavy.



Obr. 69. Náklon zrcadel



Obr. 70. Design detektoru



Obr. 71. Způsoby detekce pohybu narušitele

Díky vertikálnímu náklonu zrcadel se laserový paprsek bude pohybovat současně ve vertikální i horizontální rovině a narušitel nebude mít možnost jej podlézt.

5.2.3.1 Elektrická konstrukce detektoru

Návrh logického obvodu detektoru pro zpracování výstupního signálu z fotodetektoru je záležitostí mikroprocesoru a tím i návrhu jeho hardwarového obvodu a obslužného programu, který by měl porovnávat a vyhodnocovat rozdíly mezi aktuálními a referenčními časovými intervaly.

5.2.4 Detektor pohybu s vestavěnou identifikací

Nedávná událost, při níž došlo k vyloupení zámku Orlík opět potvrdila, že poplachové zabezpečovací a tísňové systémy a tím i detektory pohybu se často při instalaci mívají svým účinkem. Před vloupáním do vytypovaných prostor zámku měli pachatelé celou akci přesně naplánovanou. Po překonání mechanických zábranných systémů pronikli do vnitřních prostor objektu, ve kterém se nezdrželi více než dvě minuty. Sice došlo k vyhlášení poplachu *PZTS* se signalizací na pult centrální ochrany, ale v době, kdy se posádka zásahového vozidla chystala teprve k výjezdu, byli pachatelé již několik stovek metrů od vykradeného objektu. Tedy i přes spuštění poplachového zabezpečovacího systému byl objekt stejně vykraden. Samozřejmě lze namítat, proč nebyly v daném místě narušení objektu instalovány detektory pohybu perimetrické ochrany, které by vyvolaly poplach již při překonávání mechanických zábranných systémů. To je již bohužel záležitostí soukromé bezpečnostní firmy, která provedla (snad provedla) stanovení bezpečnostních rizik v objektu zámku a montáž *PZTS*.

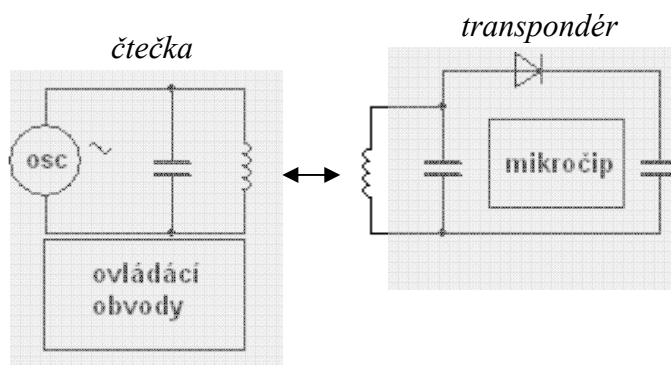
Lidé při zabezpečování svých objektů často chtějí, aby v případě pokusu o vloupání byl vyhlášen poplach dříve, než se narušitel dostane do jeho vnitřních prostor a může tak cokoliv odcizit. To lze samozřejmě zajistit perimetrickou ochranou objektu. Je potřeba ale pamatovat, že perimetrická ochrana objektu je dosti finančně nákladná a majitelé soukromých domů od ní raději upustí. Dnešní standardní nabídkou bezpečnostních firem je montáž (vyjma mechanických zábranných systémů) *PZTS* ve formě ochrany vnitřního prostoru objektu, případně ve formě ochrany cenných předmětů. Tento způsob ochrany má nevýhodu v tom, že vyvolá poplach v době, když už je narušitel uvnitř objektu. Tomuto se dá předejít použitím venkovních pasivních infračervených detektorů, které jsou finančně příznivější, než detektory perimetrické ochrany. Tyto detektory mají snímací charakteristiku ve formě záclon pro ochranu venkovního prostoru kolem oken, dveří, světlíků a podobně. Ovšem při tomto způsobu instalace vzrůstá míra vyvolávání falešných poplachů. A to zejména:

- pohybem domácích zvířat
- návštěvou rodinných příslušníků, sousedů v době, kdy nikdo není doma a detektory jsou ve stavu zastřežení objektu
- prací úklidové čety, řemeslníků a další

Proto navrhuji koncept využití detektorů pohybu s vestavěnou identifikací.

5.2.4.1 Princip detektoru s vestavěnou identifikací

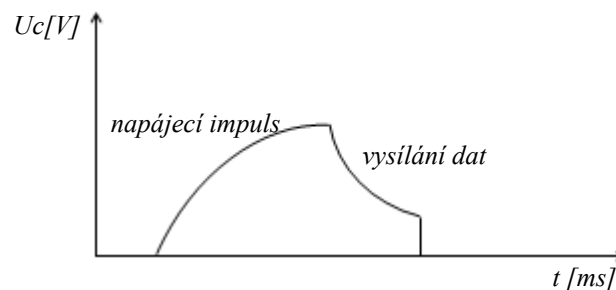
Detektory pohybu s vestavěnou identifikací představují konvekční detektory, které mají v sobě navíc implementován modul *RFID* (*Radio Frequency Identification*). Jak již z názvu plyne, jedná se o identifikaci na bázi rádiové frekvence. Princip činnosti technologie *RFID* je všeobecně známý. Jedná se o bezdrátovou komunikaci mezi tzv. čtečkou a transpondérem. Čtečka se skládá z rezonančního obvodu, jehož anténa neustále vysílá do svého okolí rádiové impulsy.



Obr. 72. Princip RFID technologie

Transpondér představuje elektronický obvod složený z paměťového mikročipu a rezonančního obvodu s anténou pro přenos rádiového signálu. Celý obvod je zapouzdřen do obalu nejrůznějšího tvaru. Transpondéry dále rozlišujeme na pasivní a aktivní. Pasivní transpondér obsahuje kondenzátor s dostatečnou kapacitou. Dostane-li se do oblasti čtečkou emitovaných rádiových vln, kondenzátor se nabije a při vybíjení transpondér vysílá z mikročipu kódovaná data, která jsou čtečkou přijímána. Naopak aktivní transpondér obsahuje baterii pro napájení vlastních obvodů a může tak pracovat na větší vzdálenosti. Jeho nevýhodou jsou jeho větší rozměry. Kompromisem mezi oběma uvedenými transpondéry jsou transpondéry polo-aktivní. Tyto obsahují miniaturní baterii

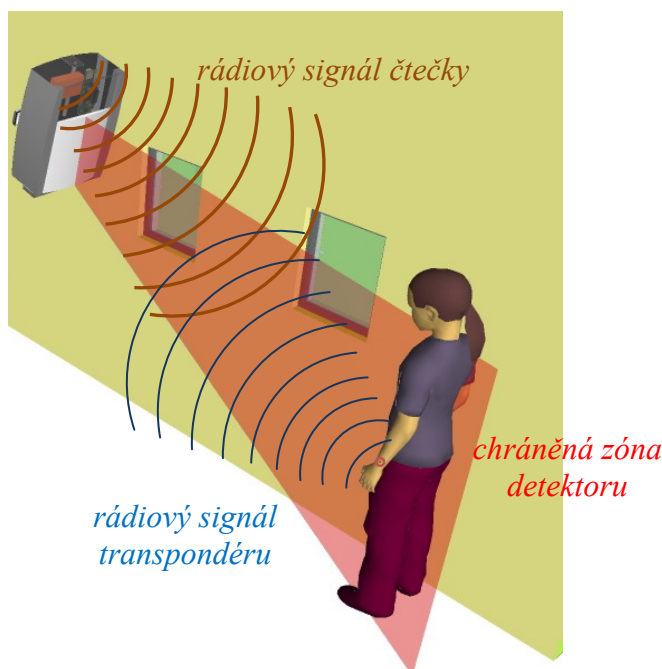
pro napájení obvodů mikročipu. Napájení rádiových obvodů je zajištěno opět kondenzátorem.



Obr. 73. Funkce kondenzátoru
v transpondéru

Hlavní podstatou detektorů pohybu s vestavěnou identifikací je omezení vyvolávání falešných poplachů. Uvedme si tento příklad. Detektor s vestavěnou identifikací je nainstalován na venkovní straně fasády rodinného domu k ochraně prostoru kolem okna. Jeho snímací charakteristika má tvar záclony. Detektor je ve stavu zastřežení, to znamená, že v případě narušení jeho chráněné zóny vyhlásí ústředna *PZTS* poplach. K oknu se přiblíží narušitel s cílem vloupat se dovnitř objektu. Detektor detekuje jeho pohyb, *RFID* čtečka neregistruje žádný přijatý signál a na výstupu detektoru je generován poplachový signál ještě před tím, než narušitel začal jakkoliv manipulovat se skleněnou tabulí či okenním rámem okna. Jiný příklad. Majitelé rodinného domu odjeli na dovolenou. Jejich známá sousedka jim chodí na zahradu a okenní parapety zalévat květiny. Když se sousedka přiblíží k oknu, detektor detekuje pohyb a spouští se proces ke generování poplachového signálu. *RFID* čtečka však zaregistrovala signál z transpondéru, který měla sousedka při sobě. *RFID* čtečka tak pozastavuje generování poplachového signálu na výstupu detektoru. Tímto způsobem lze určit oprávnění pohybu osob u každého detektoru pohybu s vestavěnou identifikací. Přitom majitelé objektu nemusejí nikomu sdělovat zabezpečovací kódy pro odstřežení systémů a podsystémů *PZTS*. Velká výhoda detektorů je v tom, že odstřeží pouze potřebný úsek objektu. Zbytek objektu zůstane střežen nadále, aniž by došlo k vyvolání falešného poplachu. Dokud *RFID* čtečka registruje signál transpondéru, generování poplachového signálu detektoru je blokováno. Jakmile se signál transpondéru z dosahu čtečky ztratí, detektor přechází do stavu zastřežení. Toho se dá

využít při pohybu domácích zvířat po zahradě, při provádění venkovních řemeslnických či ostatních prací externí firmou, když majitel či jiné osoby nejsou v objektu přítomni.

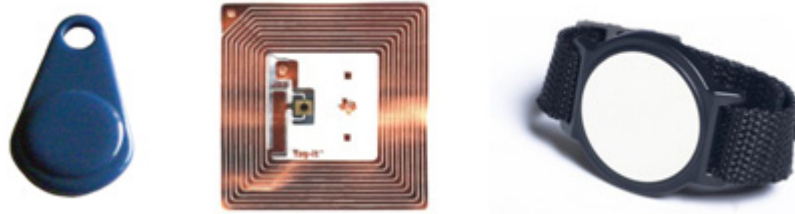


Obr. 74. Princip detektoru pohybu s vestavěnou identifikací

Pokud dojde k vloupání do objektu a poplach *PZTS* spustí pouze konvekční detektory pohybu, je jasné, že narušitele je třeba hledat v řadách současných majitelů transpondérů. Jelikož kopírovatelnost transpondérů je takřka nemožná, každý transpondér by měl obsahovat fyzické identifikační znaky. Podle nich se dá poznat, zda nebylo s transpondérem násilně zacházeno.

5.2.4.2 Modifikace transpondéru

Nanotechnologie a nové formy polovodičových inkoustů dávají výrobě transpondérů neomezený rozsah variant. Transpondéry pro detektory pohybu s vestavěnou identifikací tak mohou nabývat miniaturních rozměrů a mohou být implementovány na oblečení, na povrch lidské kůže a v podobě mnoha přívěsků, řetízků, hodinek, které dnes v této oblasti představují standart.



Obr. 75. Druhy transpondérů

5.3 Shrnutí

Výsledkem této kapitoly je návrh tří detektorů pohybu – váhový detektor pohybu, dynamický laserový detektor a detektor pohybu s vestavěnou identifikací. Při návrhu těchto detektorů bylo víceméně vycházeno z technických metod převzatých z jiných průmyslových oborů. Nejedná se o zcela nové revoluční metody, které by změnily dosavadní způsob zajišťování ochrany majetku, ale o metody, které se u konvekčních detektorů pohybu v průmyslu komerční bezpečnosti nepoužívají.

ZÁVĚR

V této práci byly analyzovány soudobé metody detekce pohybu z pohledu ochrany majetku, přičemž výsledek této analýzy měl podnítit návrh na využití nových metod detekce pohybu, které se u objektové bezpečnosti dosud nevyužívají.

V teoretické části byl proveden rozbor fyzikální podstaty konvekčních pohybových detektorů, kterou jsem kategorizoval do jednotlivých metod – metoda Fresnelovy zóny, metoda Dopplerova jevu, metoda pasivního nebo aktivního snímání, metoda ultrazvukových vln, metoda analýzy signálu ve vodiči a metoda detekce pohybu na základě změny digitálního obrazu. V současné době patří u pohybových detektorů mezi nejvyužívanější metody právě metoda pasivního snímání, metoda aktivního snímání, metoda Fresnelovy zóny a metoda detekce pohybu na základě změny digitálního obrazu. Naopak metoda ultrazvukových vln či Dopplerova jevu postupně ustupuje do pozadí. Je to způsobeno především tím, že výroba ultrazvukových a mikrovlnných pohybových detektorů je nákladnější a náchylnější na rušení.

Trendem ve výrobě pohybových detektorů jsou kombinované detektory. Ty v sobě implementují více senzorů pracujících na odlišném snímání fyzikální veličiny a rozvíjí úroveň detekce pohybu s nízkou úrovní falešných poplachů. Trendem u pohybových detektorů perimetrické ochrany jsou modulární systémy, které umožňují pomocí ovládacího softwaru nastavovat parametry citlivosti senzorů až přímo na místě instalace detektoru. Tím se tak eliminují rušivé vlivy okolí působící na senzory detektoru.

Na základě demaskujících příznaků narušitele jsem v praktické části diplomové práce teoreticky navrhnul tři nové metody detekce pohybu narušitele v rámci ochrany objektu. Je to detekce pohybu pomocí tíhové síly, detekce pohybu pomocí laseru a detekce pomocí ionizačního záření. Do návrhu na praktickou realizaci se mi podařilo uvést pouze první dvě metody. Vznikl tak váhový a dynamický laserový detektor pohybu. Při návrhu jsem se u každého detektoru především zaměřil na konstrukci senzorů a prvotní zpracování jejich výstupních signálů. U pohybového váhového detektoru je možné použít dvě varianty senzorů, buď senzor síly, nebo tenzometrický snímač. Dynamický laserový detektor je uzpůsoben tak, aby byl pohyb narušitele snímán s využitím prostorové nebo záclonové charakteristiky vlastní chráněné zóny detektoru. Jelikož se mi nepodařilo do praktického návrhu uvést detekci pohybu pomocí ionizačního záření, a to především z nemožnosti realizace adekvátního senzoru ionizačního záření, dodatečně jsem navrhnul pohybový

detektor s vestavěnou identifikací. Ten představuje konvekční detektor pohybu *PZTS* doplněný o bezkontaktní identifikaci *RFID*. Při jeho návrhu bylo hlavní myšlenkou detekovat pohyb narušitele ještě před vlastním vloupáním dovnitř chráněného objektu s cílem co nejvíce eliminovat plané poplachy.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

In this diploma thesis contemporary methods were analyzed, which are used for detection of motion in terms of the protection of the property and the result which is to encourage a proposal to use new methods to detect motion, which are not being used yet.

In the theoretical part of this diploma thesis physical nature of convective motion detector was analyzed, which I categorized into different methods – the method of Fresnel zones, the method of the Doppler effect, a method of passive or active scanning, ultrasonic wave method, the method analyzing the signal in the wire and motion detection method based on digital change image. At present the method of passive sensing, active sensing method, the method of Fresnel zones and the motion detection method based on changes in the digital image belongs to one of the most popular method the area of the motion detectors. On the contrary the method of ultrasonic wave and the Doppler effect gradually recede into the background. This is caused mainly by production of ultrasonic and microwave motion detectors. This production is very expensive and prone to interference.

The trend in the manufacture of motion detectors are combined detectors. These detectors are composed of more sensors working on different scanning physical quantity and develop a level of motion detection with low level of false alarm. The trend in motion detectors perimetry protection are modular systems that allow to set the sensitive parameters of sensors by the controlling software on-site installation of the detectors. This eliminates the environmental disturbances acting on the sensor detector.

In the practical part of my thesis I proposed three methods for detection of intruder motion within the protection of building based on the hidden symptoms intruder. It is a motion detection using gravity forces, a motion detection by laser detection and a motion detection by ionizing radiation. In the proposal of practical realization I managed to involve only the first two methods - weight and dynamic laser motion detector. When I designed for each detector, I mainly focused on the construction of sensors and on the processing of their output signals. The weight motion detector can use two variants of sensors, either sensor of force or tensiometer sensor. Dynamic laser detector is designed so, that movement is captured by an intruder using the spatial characteristics of their own curtain or a protected zone detector. Since I did not manage to put in practice due to the detection motion of ionizing radiation, primarily the impossibility of implementation of adequate sensor of ionizing radiation, I proposed a motion detector with built-in identification additionally.

This presents a convective motion detector *I&HAS* completed with of contactless identification – *RFID*. When I proposed this motion detector, the main aim was to detect the motion of the intruder before they break in and to eliminate false alarms as much as possible.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] UHLÁŘ, J. *Technická ochrana objektů, II. díl - Elektrické zabezpečovací systémy*. Praha, PA ČR 2001, 205s., ISBN 80-7251-076-2
- [2] KŘEČEK, S. *Příručka zabezpečovací techniky - 3 vydání*. Praha, 2006, 351s., ISBN 80-902938-2-4
- [3] ČANDÍK, M. *Objektová bezpečnost II*. UTB – Academia centrum Zlín, 2004, ISBN 80-7318-217-3
- [4] MACHÁČEK, M. *Encyklopedie fyziky*. Praha, 1999, 408s., ISBN 80-204-0237-3
- [5] HAVELKA, F., FUKA, J. *Elektřina a magnetismus*. Praha, 1979, 656s., ISBN 14-702-79
- [6] SCHOBER, B. *Lékařská fyzika*. Praha 1, 1962, 764s., ISBN 08-026-62
- [7] PODĚBRADSKÝ, J., PODĚBRADSKÁ, R. *Fyzikální terapie – manuál a algoritmy*. Praha 2009, Grada Publishing a.s., 200s., ISBN 978-80-247-2899-5
- [8] HRAZDIRA, I., MORSTEIN, V. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Brno, 2001, Neptun, 380s., ISBN 80-902869-1-4
- [9] MARTINEK, R. *Senzory v průmyslové praxi*. Praha, 2004, Nakladatelství BEN, 192s., ISBN 80-7300-114-4
- [10] BARÁK, P. *Trendy v oblasti bezpečnostních rentgenů*. Zlín, 2008, 88s., Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [11] VELÍSEK, M. *Trendy využití kamerových systémů v bezpečnostních aplikacích*. Zlín, 2009, 74s., Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [12] Česká republika. Trestní zákoník. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2009, č.40/2009Sb. Dostupný také z WWW:
<<http://business.center.cz/business/pravo/zakony/trestni-zakonik/>>.
- [13] *Informace z oblasti antistatiky pro odborníky i uživatele* [online]. [cit. 2010-02-08]. Vznik elektrostatických nábojů. Dostupné z WWW:
<<http://www.antistatika.cz/vznik-elektrostatickych-naboju-12-cl.html>>
- [14] VALÚCH, D. *Mikrovlnná technika* [online]. [cit. 2009-11-20]. Dokument ve formátu PDF. Dostupný z WWW:
<<http://kre.elf.stuba.sk/predmety/mvt/mvt2.pdf>>

- [15] *Automatizace – odborný časopis pro automatizaci, měření a inženýrskou informatiku* [online]. [cit. 2010-4-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/>>
- [16] *FyzWeb články* [online]. [cit. 2010-2-2]. Dostupný z WWW: <<http://fyzweb.cz/clanky/index.php>>
- [17] *Paradox Security System* [online]. [cit. 2010-3-8]. Dostupný z WWW: <<http://www.paradox.com/Products/default.asp?CATID=8>>
- [18] *Texecom* [online]. [cit. 2010-3-8]. Dostupný z WWW: <<http://www.texe.com/downloads.php?page=119>>
- [19] *Bosch – detektor řady Professional* [online]. [cit. 2010-3-10]. Dostupný z WWW: http://www.boschsecurity.cz/content/language1/html/509_CSXHTML.asp
- [20] *O světle – Lidské tělo září ve viditelném světle* [online]. [cit. 2010-4-4]. Dostupný z WWW: <<http://www.osvetle.cz/index.php/profesional/3-teorieprofesional/62-lide-zari>>
- [21] *Sorhea* [online]. [cit. 2010-3-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.sorhea.com/Produits--234.html>>
- [22] *SECTRON* [online]. [cit. 2010-3-2]. Dostupný z WWW: <<http://en.sectron.com/products/perimeter/46>>
- [23] *Direct Industry* [online]. [cit. 2010-3-2]. Dostupný z WWW: <<http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/infrared-barrier-75718.html>>
- [24] *Siemens – divize Building Technologies*. Technické materiály společnosti ve formátu PDF.
- [25] *Statistické přehledy kriminality* [online]. [cit. 2010-3-23]. Dokument ve formátu XLS. Dostupný z WWW: <<http://www.policie.cz/web-informacni-servis-statistiky.aspx>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PČR	Policie České republiky
PZTS	Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy
IO	Integrovaný obvod
FAR	False Acceptance Rate
IR	Infračervené záření (Infra Red)
UV	Ultrafialové záření (Ultra Violet)
PIR	Infračervený pasivní detektor pohybu (Passiv Infra Red)
CCTV	Uzavřené televizní okruhy
FSK	Modulace (Frequency shift keying)
RFID	Bezkontaktní identifikace (Radio Frequency Identification)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Statistika krádeží vloupáním</i>	12
<i>Obr. 2. Statistika vloupání do různých objektů.....</i>	13
<i>Obr. 3. Zařazení detekce pohybu v průmyslu komerční bezpečnosti.....</i>	15
<i>Obr. 4. Blokované schéma detektoru pohybu</i>	17
<i>Obr. 5. Elektrické schéma detektoru pohybu.....</i>	18
<i>Obr. 6. Graf znázorňující jednotlivá napětí při klidovém stavu senzoru.....</i>	19
<i>Obr. 7. Graf znázorňující jednotlivá napětí při aktivaci senzoru.....</i>	19
<i>Obr. 8. Graf produkce světla lidským tělem</i>	22
<i>Obr. 9. Graf působení ionizačního zdroje na lidský organismus</i>	24
<i>Obr. 10. Znázornění elektromagnetického pole.....</i>	26
<i>Obr. 11. Elektromagnetické spektrum</i>	28
<i>Obr. 12. Fresnelův elipsoid</i>	30
<i>Obr. 13. Princip metody Fresnelovy zóny</i>	31
<i>Obr. 14. Stanovení Fresnelovy zóny</i>	32
<i>Obr. 15. Princip metody Dopplerova jevu.....</i>	33
<i>Obr. 16. Blokované schéma detektoru využívající metody Dopplerova jevu.....</i>	34
<i>Obr. 17. Pyroelektrický krystal v klidu</i>	36
<i>Obr. 18. Pyroelektrický krystal v aktivaci</i>	37
<i>Obr. 19. Pyroelektrický krystal v klidu</i>	37
<i>Obr. 20. Konstrukce pyroelektrického senzoru</i>	38
<i>Obr. 21. Princip metody pasivního snímání</i>	38
<i>Obr. 22. Napěťový signál na výstupu pyroelektrického senzoru při vstupu narušitele do aktivní zóny.....</i>	39
<i>Obr. 23. Fresnelova čočka.....</i>	39
<i>Obr. 24. Princip metody aktivního snímání</i>	40
<i>Obr. 25. Piezokeramický materiál</i>	42
<i>Obr. 26. Ultrazvukový vysílač.....</i>	43
<i>Obr. 27. Ultrazvukový přijímač</i>	43
<i>Obr. 28. Typy štěrbinových kabelů</i>	44
<i>Obr. 29. Princip detekce pohybu pomocí štěrbinových kabelů</i>	45
<i>Obr. 30. Princip detekce pohybu pomocí koaxiálních kabelů</i>	46
<i>Obr. 31. Snímek z bezpečnosti kamery</i>	49

<i>Obr. 32. Prahování obrazu</i>	49
<i>Obr. 33. Detekce změny jasů pixelů</i>	49
<i>Obr. 34. Snímek A</i>	50
<i>Obr. 35. Snímek B</i>	50
<i>Obr. 36. Prahování snímku A</i>	51
<i>Obr. 37. Prahování snímku B a vyznačení rozdílných pixelů</i>	51
<i>Obr. 38. Moderní design detektorů pohybu</i>	54
<i>Obr. 39. Blokové schéma elektrické konstrukce detektoru</i>	54
<i>Obr. 40. Vývojový diagram obslužného programu</i>	56
<i>Obr. 41. Triplexní zrcadlo s charakteristikou pokrytí chráněné zóny</i>	58
<i>Obr. 42. Charakteristika pokrytí chráněné zóny dvou infračervených pasivních senzorů</i>	58
<i>Obr. 43. Kombinovaný detektor pohybu (kamera a PIR)</i>	59
<i>Obr. 44. Graf závislosti citlivosti senzoru na teplotě okolí</i>	60
<i>Obr. 45. Průběhy výstupních napětí z jednotlivých senzorů</i>	61
<i>Obr. 46. Průběhy výstupních napětí jednotlivých senzorů</i>	62
<i>Obr. 47. Průběhy výstupních napětí z jednotlivých senzorů</i>	62
<i>Obr. 48. Průběhy výstupních napětí z jednotlivých senzorů</i>	62
<i>Obr. 49. Pulzní světelný tok</i>	64
<i>Obr. 50. FSK modulace</i>	64
<i>Obr. 51. Graf FSK modulace</i>	64
<i>Obr. 52. Bi-phase modulace</i>	65
<i>Obr. 53. Pulzně šířková modulace</i>	65
<i>Obr. 54. Kombinovaný detektor pohybu perimetrické ochrany</i>	66
<i>Obr. 55. Modulární systém perimetrické ochrany objektu</i>	67
<i>Obr. 56. Simulace působení tíhy člověka</i>	69
<i>Obr. 57. Druhy radioaktivního záření</i>	70
<i>Obr. 58. Princip odrazu laserového paprsku</i>	72
<i>Obr. 59. Detekce pohybu narušitele</i>	73
<i>Obr. 60. Senzor síly</i>	74
<i>Obr. 61. Princip funkce uhlíkové pěny</i>	75
<i>Obr. 62. Tenzometrický senzor</i>	75
<i>Obr. 63. Schéma zpracování výstupního signálu ze senzoru</i>	76

<i>Obr. 64. Graf závislosti výstupního napětí Wheatstanova můstku na změně odporu uhlíkové pěny</i>	77
<i>Obr. 65. Detekce pohybu na základě velikosti amplitudy výstupního napětí senzoru</i>	78
<i>Obr. 66. Detekce pohybu na základě délky výstupního napěťového impulsu senzoru</i>	78
<i>Obr. 67. Princip dynamického laserového detektoru pohybu</i>	80
<i>Obr. 68. Konstrukce detektoru</i>	81
<i>Obr. 69. Náklon zrcadel</i>	81
<i>Obr. 70. Design detektoru</i>	82
<i>Obr. 71. Způsoby detekce pohybu narušitele</i>	82
<i>Obr. 72. Princip RFID technologie</i>	84
<i>Obr. 73. Funkce kondenzátoru v transpondéru</i>	85
<i>Obr. 74. Princip detektoru pohybu s vestavěnou identifikací</i>	86
<i>Obr. 75. Druhy transpondérů</i>	87

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Tabulka současného využití biologických generovaných signálů</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 2. Tabulka současného využití biologických modulovaných signálů</i>	<i>23</i>