

Možnosti využití infrakamery v průmyslu komerční bezpečnosti

Tomáš Havíř

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Havíř**
Osobní číslo: **A11569**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Možnosti využití infrakamery v průmyslu komerční bezpečnosti**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na infrakamery, jejich konstrukční provedení a vlastnosti.**
- 2. V rámci literární rešerše se zaměřte i na možnosti využití infrakamer v průmyslu komerční bezpečnosti.**
- 3. Navrhněte a realizujte měřicí pracoviště určené pro ověřování vlastností infrakamery.**
- 4. Proveďte měření základních parametrů infrakamery, měření zpracujte ve formě laboratorní úlohy pro studenty bakalářského stupně studia.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **HORNÝ, Stanislav a Libor KRSEK. Úvod do multimédií. Vyd. 1. V Praze: Oeconomica, 2009, 157 s. ISBN 978-80-245-1608-0.**
2. **KŘEČEK, Stanislav. Příručka zabezpečovací techniky. 3. vydání. Blatná: S.I. : Cricetus, 2006. ISBN 80-902938-2-4.**
3. **LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti I. 3. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2010. 81 s. ISBN 978-80-7318-889-4 (brož.).**
4. **LUKÁŠ, L. Bezpečnostní technologie, systémy a management. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7.**
5. **LOVEČEK, Tomáš; NAGY, Peter. Bezpečnostné systémy : kamerové bezpečnostné systémy. Žilina : Žilinská univerzita, 2008. 283 s. ISBN 978-80-8070-893-1.**
6. **UHLÁŘ, Jan. Technická ochrana objektů. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2005, 229 s. ISBN 80-7251-189-0.**

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství


Datum zadání bakalářské práce:

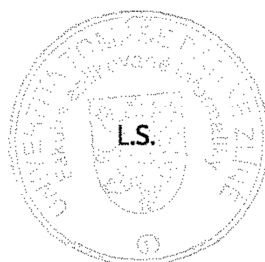
7. března 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

10. června 2014

Ve Zlíně dne 7. března 2014


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně 3.6.2014

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá infrakamerami, jejich funkčními vlastnostmi a konstrukčním provedením. Vysvětluje pojem infračervené záření a jeho využití při snímání pomocí senzorů. Dále demonstruje jejich možnosti a aplikace v průmyslu komerční bezpečnosti. V první polovině praktické části je navrženo pracoviště pro měření na infrakameře typu TP-L0260 EN a popsán postup jeho sestavení. V druhé polovině praktické části je navržena laboratorní úloha pro měření na tomto pracovišti.

Klíčová slova: infrakamera, termokamera, termovize, infračervené záření, termogram, mikrobolometr, termografie

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with infrared cameras, their functional qualities and structural rendition. It explains the term infrared radiation and its using in the process of detecting by sensors. Further it demonstrates their possibilities and application in industry of commercial safety. In the first half of the practical part is a workplace to measuring by infrared camera TP-L0260 EN designed and there is a process of its assembly described. In the second half of the practical part is a laboratory task for measuring at the workplace designed.

Keywords: Infracamera, thermocamera, thermovision, infrared waves, thermogram, microbolometer, thermographic

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce panu doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za poskytnutí odborných konzultací a za rady při vypracování bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval sestře Bc. Monice Havířové za pomoc s přeložením anglicky psaných textů.

Poděkování patří také panu Ing. Lubomíru Macků, Ph.D. za propůjčení multimetru.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ	12
1.1 HISTORIE.....	12
1.2 ROZDĚLENÍ IR ZÁŘENÍ	13
2 INFRAKAMERA	15
2.1 KONSTRUKCE INFRAKAMERY	15
2.1.1 Blokové schéma	16
2.1.2 Optický systém.....	16
2.1.3 Detekce.....	17
2.1.3.1 Fotonové detektory	17
2.1.3.2 Tepelné detektory	18
2.1.3.3 Bolometr	18
2.1.3.4 Mikrobolometr	19
2.2 ZÁKLADNÍ PARAMETRY	22
2.2.1 Teplotní rozsah.....	22
2.2.2 Spektrální rozsah.....	22
2.2.3 Detekční vzdálenost	23
2.2.4 Přesnost stanovení teploty.....	23
2.2.5 Teplotní citlivost	23
2.2.6 Rozlišení senzoru	24
2.2.7 Objektiv	24
2.2.8 Provozní teplota	24
2.3 TERMOGRAM.....	25
2.3.1 Radiometrický termogram	25
2.3.2 Neradiometrický termogram	26
3 VYUŽITÍ V PRŮMYSLU KOMERČNÍ BEZPEČNOSTI	28
3.1 STŘEŽENÍ PROSTORU	28
3.1.1 Stacionární inftrakamery	28
3.1.2 Mobilní inftrakamery	29
3.2 VYHLEDÁVÁNÍ ODPOSLECHŮ	30
3.3 INTEGRACE DO AUTOMOBILU	31
3.4 LODNÍ DOPRAVA	32
3.5 POŽÁRNÍ OCHRANA	33
3.6 LETECTVÍ	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
4 SESTAVENÍ PRACOVIŠTĚ	36
4.1 PARAMETRY TP-L0260 EN.....	36
4.2 SESTAVENÍ PRACOVIŠTĚ.....	37
4.3 SOFTWARE	39
4.3.1 Konfigurace.....	39
4.3.1.1 Nastavení TCP/IP protokolu.....	40
4.3.1.2 Konfigurace TP-L02 Application Software.....	42

4.4	FUNKCE PROGRAMU TP-L02 APPLICATION SOFTWARE	45
4.4.1	Palety barev termogramu	46
4.4.2	Nastavení alarmu	46
4.4.3	Ukládání termogramů.....	47
4.4.4	Zone trending	47
5	ZADÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY	50
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Infrakamera, nazývána také termokamera či termovize. Elektronický přístroj, který je schopný zaznamenávat a vytvářet obraz v rozsahu infračervených vln. Výhoda kamery je především v tom, že dokáže zobrazit to, co lidské oko nedokáže zachytit. Využívá se infračerveného vlnění, které objevil sir William Herschel, roku 1800. To se v moderních technologiích velice rozmohlo a je využíváno nejen v termografii ale také v širokém rozsahu oborů.

Zařízení pracuje především na základě infračerveného vlnění a jeho přeměny na teplo. Je složeno z optického systému, detektoru a elektronických obvodů. Optický systém směřuje záření ze snímané scény na detektor. Veličiny z detektoru poté vyhodnocují elektronické obvody, jejichž výstupem je digitální signál. Z tohoto signálu se poté sestaví obraz, který se nazývá termogram. Jako detektory se využívají především mikrobolometry a fotonové detektory. Největší zastoupení mají mikrobolometry, které využívají přeměnu dopadajícího tepla na změnu elektrického odporu.

Klasické bezpečnostní kamery využívající CCD čipu pracují pouze za dobrých světelných podmínek a mají problém snímat obraz za zhoršených viditelných podmínek. Infrakamery jsou schopné dobře zaznamenávat obraz i za snížené viditelnosti, v neprostupném terénu, ve špatných klimatických podmínkách a především mohou dosahovat velice dobrých detekčních vzdáleností. V komerční bezpečnosti jsou využívány pro střežení velkých ploch, nebo ve ztížených viditelných podmínkách. Dále také pro detekci požáru, v lodní dopravě, u automobilů, pro detekci odposlechových zařízení a další možné aplikace. Bohužel ceny infrakamer se pohybují ve vysokých částkách, a proto jejich rozšíření není tak veliké. Ceny ale postupně klesají a do budoucna lze předpokládat větší rozmach těchto zařízení, především díky široké škále použití.

Podle návodu v praktické části bakalářské práce lze sestavit pracoviště se zapojenou infrakamerou, na kterém lze provádět měření jejích základních parametrů. Použitá infrakamera je napájena z externího zdroje a připojena pomocí LAN k počítači. Proto je nutné správně nakonfigurovat komunikaci s počítačem a nastavit příslušné softwarové vybavení.

V závěrečné fázi této práce je navržena laboratorní úloha, podle které budou studenti bakalářského oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management provádět měření a úkoly.

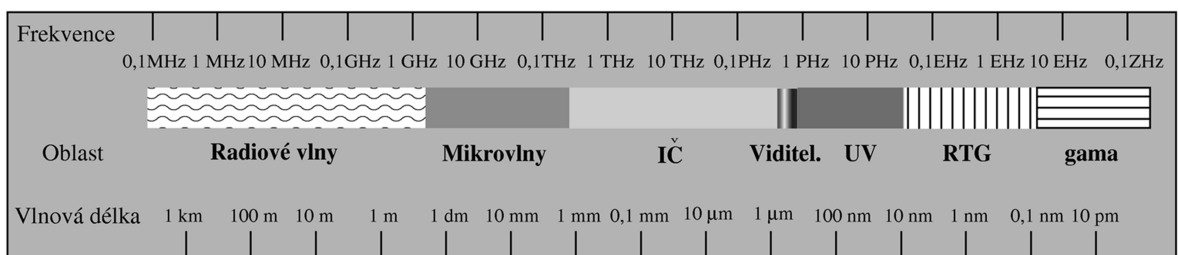
Tyto úkoly mají především seznámit studenty se základními vlastnostmi infrakame-
ry a její konfigurací. Na konci bakalářské práce je také přiložen vzorově vyplněný protokol
s naměřenými hodnotami a vypracovanými úkoly. Celá praktická část bakalářské práce má
posloužit jako návod k tomu, jak kameru zapojit, zprovoznit a provést požadovaná měření
v laboratorní úloze.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 INFRAČERVENÉ ZÁŘENÍ

Infračervené záření, označováno také zkratkou IR (z anglického infrared) spadá do oblasti elektromagnetického vlnění. Jedná se o vlny délky 0,1 mm – 780 nm, které se v pásmu elektromagnetického spektra nachází mezi rádiovým a viditelným spektrem, jak je patrné z obrázku 1.

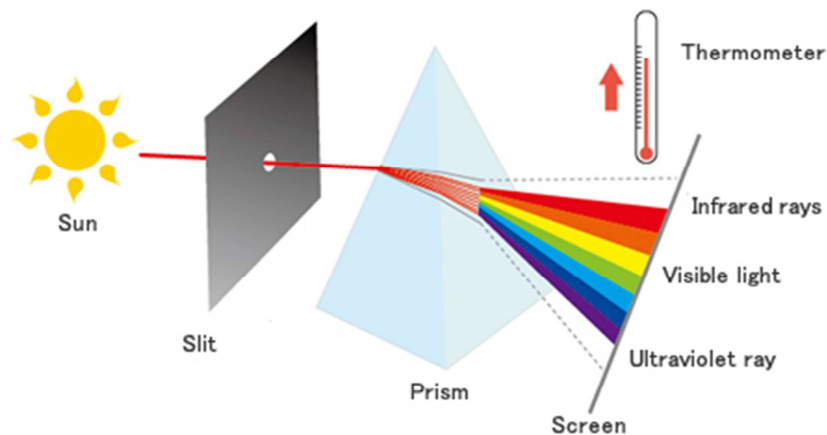
Všechna tělesa, jejichž teplota se nachází v rozmezí -273°C (neboli absolutní nule) až 560°C vyzařují infračervené záření. Intenzita tohoto záření odpovídá teplotě tělesa. Pokud je teplota nízká, vyzařuje těleso dlouhé vlny a pokud je teplota tělesa vyšší tak vyzařuje krátké vlny. Tedy čím vyšší teplotu těleso má, tím kratší jsou vysílané vlnové délky.[1][2]



Obrázek 1: Elektromagnetické spektrum [2]

1.1 Historie

Oblast infračerveného záření objevil Sir William Herschel (1738-1822) v roce 1800. Tento britský astronom učinil pokus s optickým hranolem, pomocí kterého rozložil sluneční paprsek na jednotlivé barvy a sledoval, ve kterém barevném spektru je nejvyšší teplota. Učinil tak pomocí teploměrů, které rozložil do těchto spekter a zjistil, že teplota se směrem k červenému spektru zvyšuje. Napadlo ho tedy změřit i teplotu za červeným spektrem přičemž na teploměru zjistil ještě vyšší teplotu. Bylo tedy jasné, že se tu nachází záření, které není lidským okem viditelné a které přenáší teplo. Toto záření se poté pojmenovalo jako infračervené. Později Herschel přišel na to, že toto záření také splňuje podmínky zákona lomu a odrazu vln.[3]



Obrázek 2: Měření spekter [4]

1.2 Rozdělení IR záření

Pro lepší orientaci se podle rozsahu vln rozdělilo infračervené záření na pásma. Toto dělení ale není jednotné a v různých publikacích se liší.

Rozdělení na pásma A, B, C podle vlnového rozsahu:

1) Blízké (near) infračervené záření neboli NIR:

- IR-A, vlnová délka 0,76-1,4 μm , definováno podle vodní absorpce (často používané v telekomunikacích u optických vláken)
- IR krátké vlnové délky - short wave - neboli SWIR
- IR-B, vlnová délka 1,4-3 μm , při 1450 nm značně roste vodní absorpce
- IR střední vlnové délky - medium wave – nebo-li MWIR
- IR-C, též prostřední - intermediate-IR nebo-li IIR, 3-8 μm
- IR dlouhé vlnové délky - long wave – nebo-li LWIR
- IR-C 8-15 μm

2) Vzdálené - far: infračervené záření nebo-li FIR 15-1000 μm [3]

Jiné rozdělení:

- Blízké: 0,7-5 μm
- Střední: 5-30 μm
- Dlouhé: 30-1000 μm [3]

Infračervené záření vzniká změnou elektromagnetického pole vlivem pohybu molekul. Pohyb molekul je odvozen od vnitřní energie neboli teploty tělesa. Tělesa, která mají vyšší teplotu tak vyzařují více infračerveného záření. [3]

Lidské tělo vyzařuje infračervené záření o síle v rozsahu 3-50 mikronů. Nejvíce času se však tělo nachází ve stavu, kdy vyzařuje 9,4 mikronů. Například naše dlaně vyzařují 8-14 mikronů.[3]

Infračervené záření má mnoho využití v technologiích. Využívá se v infrakamerách, lékařských přístrojích, fotoaparátech, zabezpečovací technice, řídicí technice, vojenské technice, laserech, stavebnictví, u záchranných složek, k dálkovému ovládnání a spousty dalších aplikacích.

2 INFRAKAMERA

Infrakamera je přístroj, který dokáže zobrazovat obraz snímané scény i za úplné tmy nebo špatných viditelných podmínek jako jsou například silný déšť, mlha, sněžení, ale i terén prorostlý keři, vysokou trávou, stromy. Dosah ve volném prostoru perimetru může být až v kilometrech. Například infrakamera Axis Q1922 dokáže detekovat osobu ve volném prostoru na vzdálenost 880m a automobil dokonce na 2,7km.[5]

Další funkcí infrakamery je bezdotykové měření teplot na dálku, které se využívá především v průmyslu a stavebnictví. Dále také může snímat tělesa za tenkými fóliemi, látkami nebo pod vrstvou napadaného listí. Jako možnost využití se také jeví odhalení právě odhozených předmětů (zahřátých teplotou těla na vyšší teplotu) nebo detekce zahřátí motoru právě použitého automobilu.[6][7]

Při snímání obrazu dochází k zachycování infračerveného záření vydávaného tělesy ve snímané scéně. Ke snímání jsou použity drahé elektronické snímače, které obsahují detektory zachycující infračervené záření. Tyto snímače dále převádějí obraz na elektrický signál, který je poté digitalizován a přenášen dále ke zpracování. Výsledný obraz je poté laděn ve falešných barvách. Podle zabarvení těchto barev lze určit jakou teplotu má zobrazené těleso.[1]

V praxi se můžeme setkat s pojmy infrakamera nebo termokamera či termovize. Tyto pojmy jsou ale shodné a jedná se pouze o odlišné termíny pro ten samý přístroj.[8]

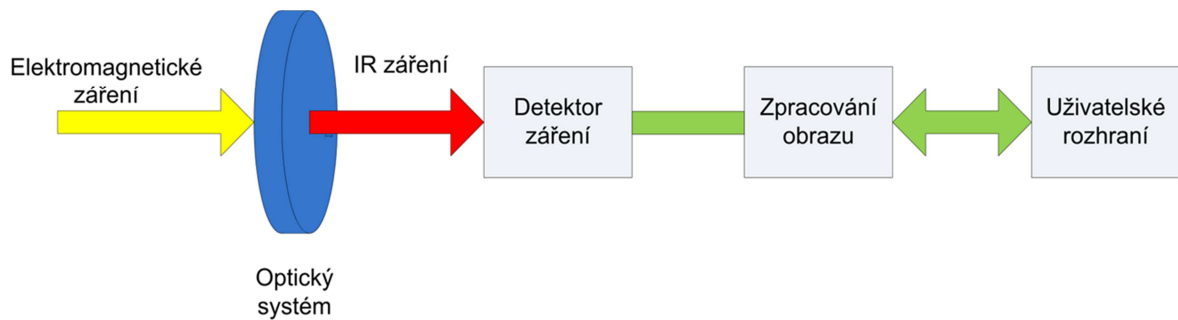
2.1 Konstrukce infrakamery

Složení infrakamery je konstrukčně podobné klasické kameře avšak za použití jiných technologií. Například čočky objektivu pro snímání jsou vyrobeny nejčastěji z germania, které propouští magnetické vlnění pouze v požadované vlnové délce. Obyčejné čočky by totiž z důvodu obsahu molekul vody absorbovaly část tepelného záření a tím by došlo ke zkreslení snímaných veličin. Dále místo CCD čipu se používají jiné technologie, které dokážou přeměnit tepelnou energii na elektrickou. V dnešní době se v infrakamerách ke snímání obrazu používá především mikrobolometrů, které jsou schopny převádět tepelné záření na elektrický signál.[6]

2.1.1 Blokové schéma

Blokové schéma infrakamery je rozděleno na tři základní části:

- optický systém
- detekce
- zpracování a prezentace obrazu [9]



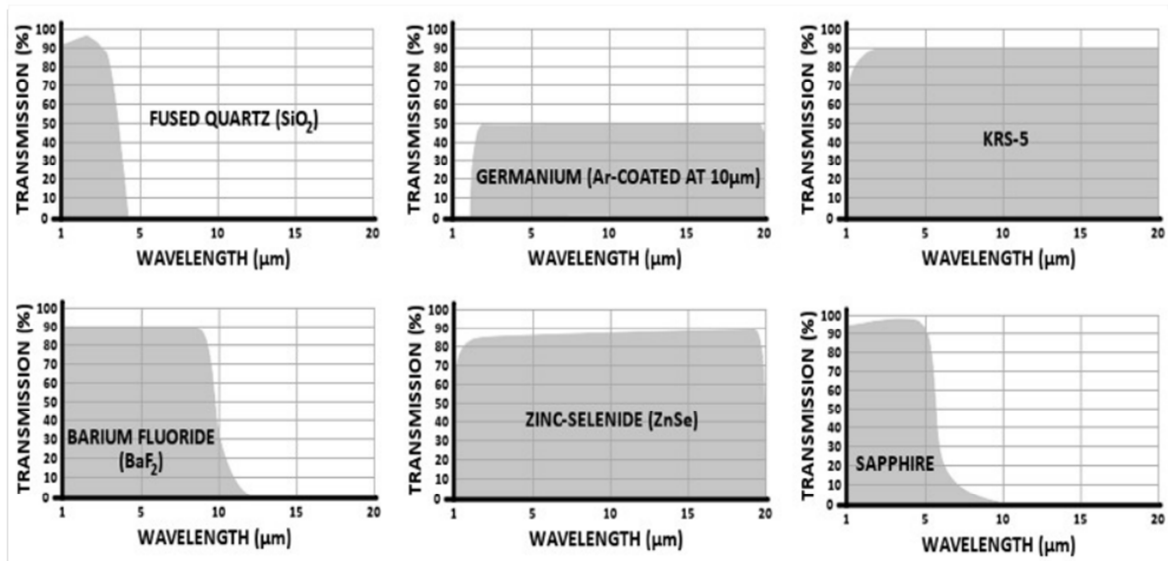
Obrázek 3: Blokové schéma infrakamery [9]

2.1.2 Optický systém

Úkolem optického systému je nasměřovat infračervené záření ze snímané scény na senzor infračerveného záření. Obsahuje soustavu čoček, závěrku a ostření. V infrakamerách se pro výrobu optiky využívá především spojek z germania, ale také jiných materiálů. Vlastnosti této optiky jsou stejné jako u skleněné a liší se pouze materiálem, ze kterého jsou vyrobeny. Skleněné čočky totiž propouští pouze krátké vlnové délky a nepokrývají celé spektrum tepelného záření.[9]

Na čočce je povrchově nanese antireflexní vrstva, která odráží nežádoucí vlnění. Jejím úkolem je zajistit co největší propustnost infračerveného záření skrz čočku na snímač. Tato vrstva zvyšuje propustnost infračerveného záření o 90% a více. Zároveň má také tato vrstva propouštět pouze požadované vlnové délky.[9]

Na obrázku 4 je znázorněna propustnost vlnových délek pro různé materiály používané k výrobě optiky.



Obrázek 4: Propustnost vlnových délek pro různé materiály optiky [11]

2.1.3 Detekce

U infراكamer se setkáváme především se dvěma typy detektorů:

- fotonové detektory
- tepelné detektory [9]

2.1.3.1 Fotonové detektory

Tyto detektory snímají počet fotonů neboli kvant elektronového záření. Mají vyšší citlivost než tepelné detektory a jsou úzkopásmové na rozdíl od tepelných detektorů. Fotonové detektory potřebují chlazení, aby nedocházelo k vytváření obrazových šumů a rušení okolní teplotou. Infراكamery jsou tedy vzhledem k chlazení o něco těžší. Jejich cena je vyšší a proto se používají především ve speciálních aplikacích.[9]

Detektor se nachází uvnitř vakuového pouzdra a je chlazený. Tím, že chlazením je teplota detektoru poměrně větší než snímaného objektu, dosahují tyto detektory vyšší citlivosti. Standardně se chladí na teplotu okolo 80K. Jestliže by se u těchto detektorů nevyskytovalo chlazení, byly by omezovány vlastním vyzařováním nebo by nepořizovaly reálný obraz. Vychlazení detektoru na požadovanou teplotu trvá určitou dobu, a proto před nastartováním kamery musíme čekat. Doba čekání se liší podle kvality infراكamery, ale pohybuje se řádově v minutách.[9]

2.1.3.2 Tepelné detektory

Tepelné detektory využívají oteplování materiálu vlivem pohlcování infračerveného záření. Změnou teploty se začnou měnit i elektrické vlastnosti materiálu (odpor, napětí, polarizace, atd.). Tyto veličiny jsou následně převedeny na elektrický signál a dále zpracovávány.[13]

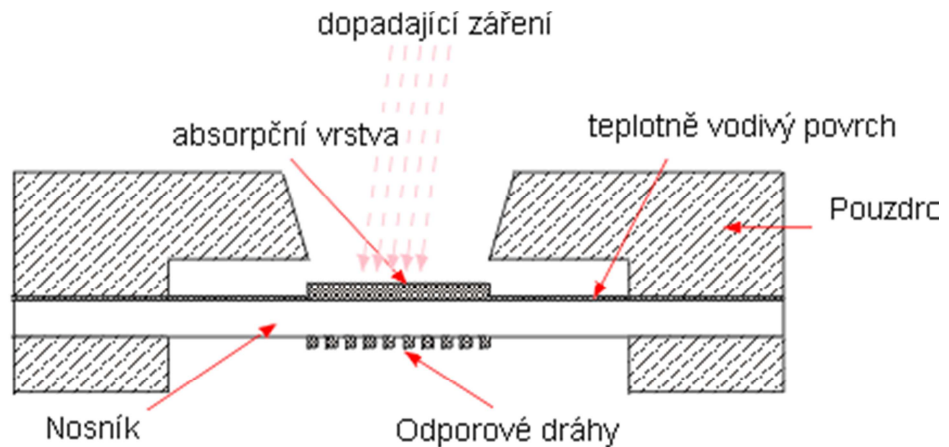
Z tepelných detektorů můžeme jmenovat bolometry, pyroelektrické senzory, senzory založené na tepelné roztažnosti plynů (Golayovi články), thermopile detektory apod. V infrakamerách se setkáváme především s využitím bolometrů a mikrobolometrů.[13]

Při konstrukci je důležité nasměrovat přijímané záření na detektor. Toho se docílí nanesením reflexních ploch, které jsou většinou tvořeny z hliníku. Tato vrstva odráží zpět na detektor nepohlčené záření. Reflexní plochy nám napomáhají k co největší absorpci infračerveného záření. Celková absorpce se poté pohybuje kolem 95% účinnosti. Naměřené hodnoty následně zpracovávají obvody pro měření teploty a dále jsou výsledky převedeny do digitální podoby.[13]

2.1.3.3 Bolometr

Název vznikl z řeckého slova bole, což v překladu znamená paprsek. Jedná se o součástku, která se používá pro měření teploty bez potřeby kontaktu s měřeným tělesem.

V závislosti na množství dopadajícího infračerveného záření se bolometr ohřívá na určitou teplotu a tato způsobuje změnu jeho odporu. Aby zahřívalo bolometr pouze dopadající infračervené záření a nedocházelo k šumům, musí být teplotně izolovaný od okolí. Tím se zajistí přesné snímání teploty ze snímané scény bez ovlivnění teploty vlivem prostředí, ve kterém se bolometr nachází.[15]



Obrázek 5: Konstrukce bolometru [16]

Dopadající záření ohřívá absorpční vrstvu, od které se následně ohřívá celý nosník. Zespodu jsou na nosníku umístěné odporové meandry a podle jejich odporu se určuje teplota.[15]

Aby byly bolometry rychlé, používá se u nich odporového materiálu, který má nízkou časovou konstantu a vysoký teplotní koeficient.[16]

Využívají se především polovodičové materiály, jako jsou:

- Termistorové bolometry: kysličníky MgO, MnO, NiO, TiO₂
- Vrstvové bolometry: chalkogenidové sklo, Tl₂SeAs₂Te₃
- Křemíkové, Germaniové bolometry: chlazeny na teplotu kapalného hélia, využívány při kosmických měřeních
- Supravodivé bolometry
- Pyroelektrické bolometry [16]

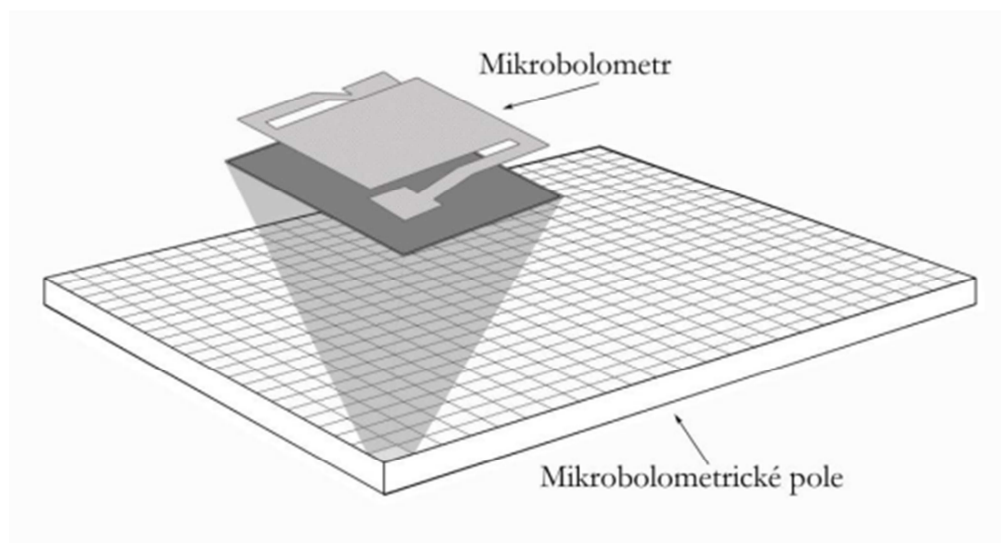
2.1.3.4 Mikrobolometr

Jedná se o integrovaný obvod, jenž je složen z několika miniaturních bolometrů (řádově desítky až tisíce) umístěných do maticového uspořádání. Dopadající infračervené záření ohřívá mikrobolometr na odpovídající teplotu a ta je dále snímána a převedena na elektrický signál, jenž je dále zpracován. Infračervené záření zpracovávané mikrobolometry se pohybuje v rozmezí vlnových délek o hodnotách 7 až 14 μm , což odpovídá rozsahu

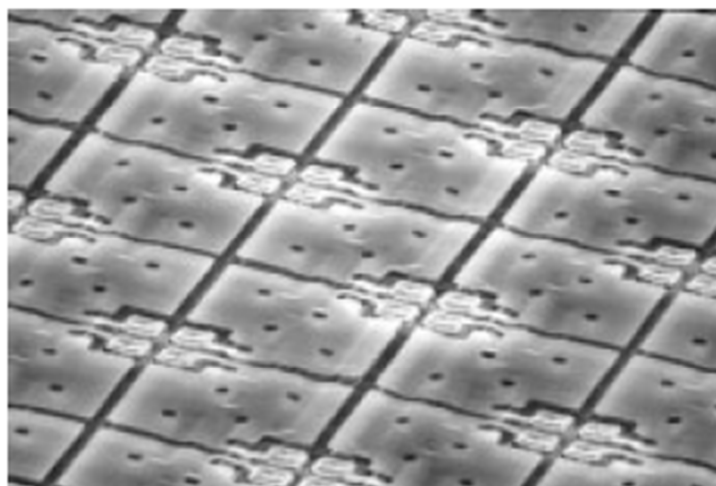
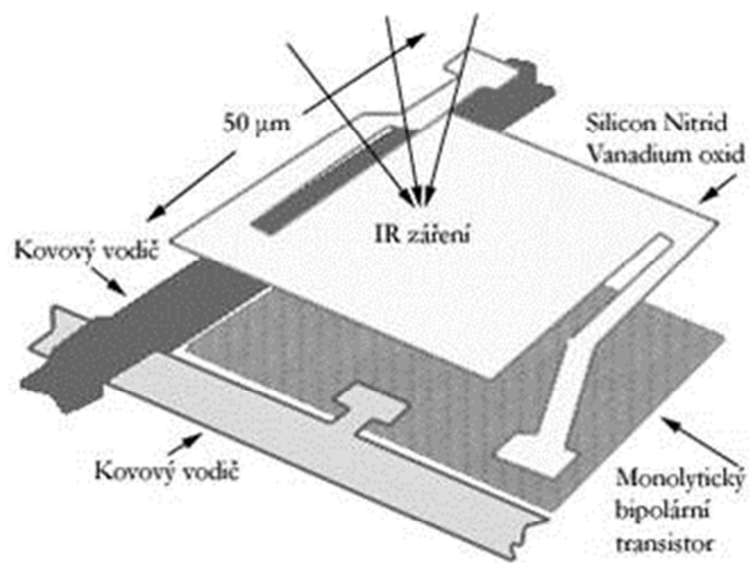
tzv. atmosférického okna (rozsah ve kterém atmosféra nejméně pohlcuje infračervené záření).[3][16]

U infrakamer se nejčastěji pro snímání setkáváme především s těmi-
to mikrobolometry. Jejich výhodou oproti fotonovým detektorům je pokrytí širšího pásma
infračerveného záření a tím i vyšší rozsah teplot. Dají se měřit i teploty přesahující 1500°C.
Mají také nižší cenu oproti fotonovým detektorům, které potřebují chlazení. Mikrobolome-
try jsou schopné provozu i použití chlazení.[16]

Velikost bolometru je přibližně v desítkách μm a jeho tloušťka je v desetinách μm .
Ploška je vyvýšena nad křemíkový substrát z důvodu tepelného izolování. Nožičky, které
vyvyšují mikrobolometr, jsou zároveň využívány jako přívodní kontakty. Mikrobolometry
umístěné v matici jsou vzájemně propojeny vodiči. Dále obsahují spínací tranzistor využí-
vaný k adresaci.[11]



Obrázek 6: Mikrobolometrické pole [13]



Obrázek 7: Popis bolometru (nahore) a zvětšení reálného mikrobolometru [9]

2.2 Základní parametry

Při výběru se zaměřujeme na vlastnosti a parametry. Ty se liší především podle toho, k jaké aplikaci bude infракamera využívána.

Základními parametry jsou:

- Teplotní rozsah
- Spektrální rozsah
- Detekční vzdálenost
- Přesnost stanovení teploty
- Teplotní citlivost
- Rozlišení senzoru
- Objektiv
- Provozní teplota [5]

2.2.1 Teplotní rozsah

Jedná se o vyčíslení hodnot jaké maximální a minimální teploty může kamera zaznamenat. Liší se podle typů infракamer a podle oblasti ve které jsou používány. Aktuálně infракamery umožňují měřit v rozsahu -40°C až 3000°C . Kamera také může mít funkci více režimů, mezi kterými lze přepínat, přičemž každý režim má jiné teplotní rozsahy.[9]

V průmyslu komerční bezpečnosti se na tento parametr neklade příliš velký důraz. Primárním účelem totiž není měření teploty, ale především detekce narušitele nebo objektů.

2.2.2 Spektrální rozsah

Tento technický parametr určuje rozsah infračerveného záření, ve kterém infракamera pracuje. Převážná většina infракamer, které využívají tepelných detektorů, pracuje ve spektru 8-14 μm . Pokud bychom chtěli pracovat v jiných spektrech, nabízí se možnost využití infракamer, které pracují na jiném než tepelném principu. Například infракamer s fotonovým detektorem.[9]

Na spektrální rozsah má vliv útlum atmosféry, který omezuje především měření ve větších vzdálenostech. Mezi tyto omezující vlivy patří především molekuly vody vyskytující se ve vzduchu, nebo kyslík či oxid uhličitý.[9]

2.2.3 Detekční vzdálenost

Tato informace nám udává na jakou dálku je kamera schopna detekovat objekt. Tato vzdálenost je brána ve volném prostoru bez překážek, a tudíž je pouze orientační. Záleží také na povětrnostních podmínkách v používaném prostředí. Tento parametr kamer se liší podle dané aplikace infrakamery a jejího využití. Může se pohybovat v metrech, stovkách metrů nebo i kilometrech. [5]

2.2.4 Přesnost stanovení teploty

Při měření teploty na dálku se nedá stanovit úplně přesná teplota objektu a měření má určité odchylky, které se uvádějí buď v kelvinech, stupních nebo procentech. Obvykle se tyto odchylky pohybují kolem $\pm 2^{\circ}\text{C}$ nebo 2%. U přesnějších infrakamer se uvádí odchylky $\pm 1^{\circ}\text{C}$ nebo $\pm 1\%$. Odchylky se dopočítávají z právě naměřených hodnot, což znamená, že při měření malých hodnot teploty okolo 20°C může být odchylka 1°C , ale pokud budeme měřit například teploty v hodnotách 200°C odchylka už se může pohybovat kolem 3°C . [9]

2.2.5 Teplotní citlivost

Teplotní citlivost určuje parametr NETD z anglického noise equivalent temperature difference což v překladu znamená rozdíl teplot, který vyvolá signál větší než šum systému. Tento parametr udává nejmenší rozdíly teploty, které kamera může zaznamenat a také jaký se bude vyskytovat šum ve výsledném termogramu. To znamená, že teploty snímaného objektu musí být rozdílné v takové míře, aby byly schopny vytvořit signál, který je vyšší než šum systému (termokamery). Hodnoty NETD se vyjadřují v milikelvinech.[13]

Teplotní citlivost kamery je potřeba uvážit v závislosti na tom jaké objekty budeme měřit. Podle toho se určí parametr NETD. Standardem je v dnešní době citlivost kolem 50 mK.[9]

2.2.6 Rozlišení senzoru

Senzor je složen z více malých detektorů uspořádaných do matice. Jejich počet nám vyjadřuje tzv. počet pixelů. Z těchto jednotlivých pixelů se skládá výsledný obraz. Od počtu pixelů se také odvíjí schopnost rozlišovat detaily a výsledná kvalita obrazu. U infrakamer nám tato hodnota též udává, jak přesně lze v určitém bodě stanovit teplotu. Pokud chceme snímat přesnější a detailnější obraz tak zvolíme jejich vyšší počet. Celkový počet má také vliv na kvalitu a efektivnost digitálního zoomu kamery.[9]

Většina kamer má rozlišení ve standardních formátech 60×60, 80×80, 120×120, 160×120, 240×180, 320×240, 640×480 a 1024×768 a vyšší. Není to ale pevně dáno a je možné se setkat i s jinými formáty.[9]

2.2.7 Objektiv

Objektiv má za úkol nasměřovat infračervené záření ze snímané scény na detektor. Velikost snímaného prostoru se odvíjí od zvolené ohniskové vzdálenosti objektivu. Obecně však lze říci, že čím menší je ohnisková vzdálenost objektivu, tím větší je úhel záběru snímané scény.[17]

U infrakamer se také setkáváme především s vyjádřením zorného pole objektivu přímo pomocí úhlu záběru. Například u termokamery FLIR LS32 je udáván standardní objektiv ve formátu 17°x13°.

2.2.8 Provozní teplota

Infrakamera je konstruována tak aby v daném prostředí měřila teploty co nejpřesněji a měření nebylo ovlivňováno okolní teplotou. Provozní teplota je parametr, který nám udává rozmezí teplot, ve kterých je infrakamera schopna spolehlivě pracovat bez toho aniž by se ovlivnila přesnost detekce. Při překročení těchto hodnot by se stal obraz nepřesný a nereálný. [5]

2.3 Termogram

Termogram, někdy také nazývaný jako infračervený či termovizní snímek je obrazový snímek z infrakamery. Jelikož lidské oko nedokáže zaznamenat infračervené záření tak se termovizní snímky zobrazují za pomoci okem viditelných barev. Jsou dány určité barevné palety, ve kterých se každé teplotě přiřadí určitá barva a z těchto barev je následně poskládán celý snímek. Jeden a tentýž snímek je tudíž možno zobrazit v jiných barvách a zvýraznit tak určité detaily.[18]

Vyskytují se dva druhy termogramů:

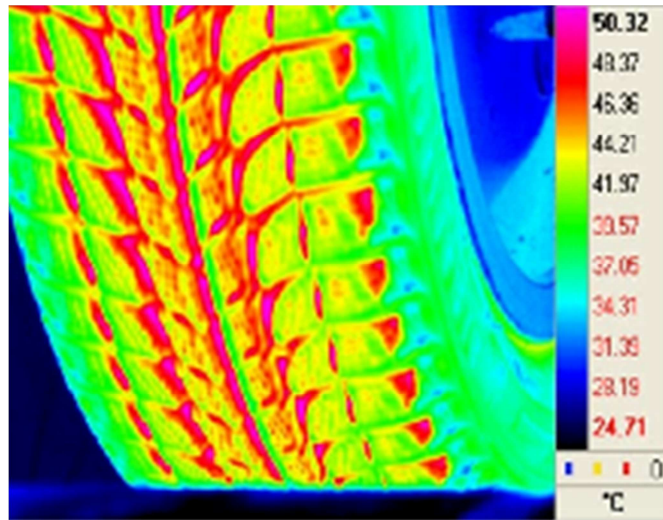
- Radiometrické
- Neradiometrické [18]

2.3.1 Radiometrický termogram

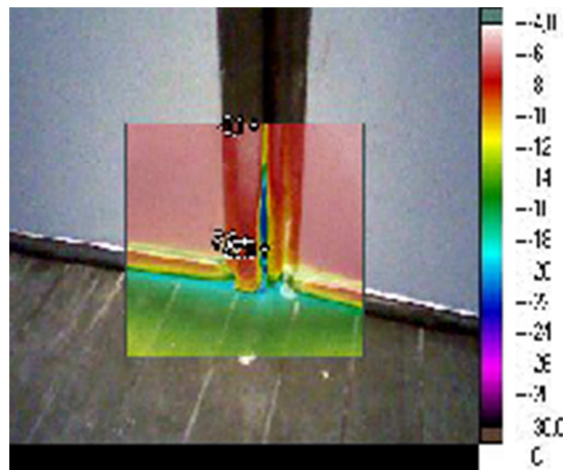
Z těchto snímků lze výpočtem určit teplotu v daném místě zobrazeného tělesa. Teplota je určena z velikosti infračerveného záření. V radiometrickém termogramu je možné provádět úpravy vlastností i po pořízení snímku. Těmito vlastnostmi jsou především vzdálenost objektu, emisivita, okolní atmosféra a zdánlivá odražená teplota. Pomocí těchto hodnot se určuje výsledná teplota a proto má jejich změna vliv na výsledek.[18]

Na měření v určitém bodě má také vliv rozlišení infrakamery. Především při měření na větší vzdálenost se může stát, že velikost měřeného objektu bude menší než velikost obrazového bodu. To má poté za následek, že je změřeno i okolí tohoto bodu a tím se ovlivní výsledná hodnota teploty. Rozlišení termogramu je dáno rozlišením detektoru infrakamery.[18]

Vybavenější infrakamery dokáží prolnout fotografii a termogram do jednoho obrazu. Jedná se například o zobrazení obraz v obraze, kdy je snímáný obraz zobrazen jako reálný obraz a určitá jeho část je zobrazena jako termogram. Další možností je zobrazení reálného obrazu a do něj barevného zobrazení jen určitých teplot.[18]



Obrázek 8: Termogram zahřáté pneumatiky [18]



Obrázek 9: Zobrazení obraz v obraze [18]

2.3.2 Neradiometrický termogram

Jedná se o snímky pouze zobrazující, které nedisponují určováním teploty zobrazeného tělesa. Tyto termogramy mají za úkol především odlišit části objektu s rozdílnými teplotami. Infrakamery mohou také zvýrazňovat určité objekty či narušitele tak aby byly snadněji rozpoznány od okolí. Na termogramu se mohou zobrazovat také jiné informace (nejčastěji vzdálenost objektu).[18]

V průmyslu komerční bezpečnosti se využívá především těchto termogramů. Jejich hlavní funkcí je detekovat narušení střeženého prostoru a zvýraznění narušitele vzhledem k okolí.



Obrázek 10: Neradiometrický termogram [5]

3 VYUŽITÍ V PRŮMYSLU KOMERČNÍ BEZPEČNOSTI

Infrakamery si našly také mnoha aplikací v průmyslu komerční bezpečnosti a jejich výskyt v této oblasti se postupně zvyšuje především díky cenám, které postupem času klesají.

Využití těchto prostředků zabírá široký rozsah aplikací, ale obecně se využívají především tam, kde se setkáváme se špatnou viditelností nebo špatně prostupným terénem (křoviny, rákos, vysoká tráva, lesy, mlha a další). Nejvíce se se setkáváme s použitím pro noční dohled střežených objektů. Především v noci a pro velké vzdálenosti je vhodná infракamera oproti infračerveným přísvitům klasických kamer, které nemají takový dosah.[5]

3.1 Střežení prostoru

Střežení prostoru může být prováděno za pomoci stacionárních, nebo mobilních infракamer. Výhodou infракamer je dosah, který se pohybuje ve stovkách metrů až v kilometrech a také použitelnost v neprostupných terénech či při špatně viditelných podmínkách.

3.1.1 Stacionární infракamery

Tyto kamery jsou pevně umístěny na sloupcích, stěnách či konstrukcích. Je možné připojit je do okruhu CCTV a softwarově ovládat. Infракamera také dokáže detekovat narušení při překročení určité teploty, jelikož vniknutí osoby do prostoru způsobí její změnu. Vyskytují se také v duálním provedení s CCD kamerou a mohou obsahovat detektory pohybu. Kamery mohou mít výstup, na který bude v případě detekce narušení přiveden poplachový signál.[18][21]

- Odolné proti povětrnostním podmínkám
- Možnost ovládání směru kamery na dálku
- Možnost připojení do televizního okruhu
- Digitální zoom
- Možnost vyhlášení poplachu při narušení perimetru
- Možnost duálního provedení
- Detekce na dlouhou vzdálenost

- Vysoká spolehlivost [5]



Obrázek 11: Detekce osoby v hustém porostu [5]

3.1.2 Mobilní infrakamery

Jedná se o přenosné infrakamery, které se využívají především pro fyzickou ostrahu v souvislosti s obchůzkami perimetru. Jsou to kamery, které nemají klasický displej, ale fungují na principu hledí, které se přikládá k oku. Vzhledem k jejich velikosti a hmotnosti je nosí hlídka u sebe a v případě podezření má kameru ihned k dispozici.[5]

- Malá hmotnost
- Jednoduchá manipulovatelnost
- Požadovaná výdrž na baterie
- Digitální zoom
- Snadné ovládání
- Rychlý start (sekundy)
- Detekce na dlouhou vzdálenost [5]



Obrázek 12: Mobilní infrakamera [5]

3.2 Vyhledávání odposlechů

Infrakamery lze využít i pro vyhledávání skrytých odposlechů, kamer či jiných špiónážních zařízení, která by mohla zachytit citlivé informace ve střeženém prostředí.

Odposlechová zařízení se během svojí činnosti zahřívají a to nám napomáhá k jejich odhalení pomocí infrakamer. Při zahřívání mají zařízení vyšší teplotu než prostředí, ve kterém se vyskytují, a tudíž jsou snadněji detekovatelné.[19]

Pro tyto účely se využívá především mobilních infrakamer, které se také používají v elektroprůmyslu. Dají se odhalit odposlechy, které jsou ukryté pod omítkou, v jiných elektrospotřebičích, v krytých pouzdrech, dutinách a jiných místech.

- Odhalení aktivního bezdrátového odposlechu
- Odhalení pasivního bezdrátového odposlechu
- Odhalení maskovaných odposlechů s vlastním napájením nebo napojením do sítě
- Odhalení skrytých kamer
- Prověření nerozebíratelných součástí a předmětů [19]



Obrázek 13: Termovizní kamera FLIR T440bx [19]

3.3 Integrace do automobilu

Infrakamery lze nainstalovat do osobních automobilů, autobusů či nákladních vozidel. V dopravních prostředcích mají za úkol zvýšení viditelnosti ve směru jízdy. Jelikož infrakamera má větší dosah než světlo vyzařované světlomety, dokáže nám zobrazit situaci na silnici ve větší vzdálenosti. Systém umí zvýraznit například osoby nebo zvířata či předměty i v daleké vzdálenosti nebo v mlze, kouři či v hustém porostu mimo silnici. Dokáží tedy předem upozornit na hrozící nebezpečí a prodlužují tak reakční dobu, kterou má řidič k dispozici.[5]

Infrakamera se montuje do masky automobilu nebo za čelní sklo tak aby měla dobrý výhled před automobil. K zobrazení je nutná obrazovka, která se integruje do středového panelu palubní desky nebo se instaluje za pomoci držáku (podobný držáku navigace). Někteří výrobci automobilů již nabízí infrakameru zabudovanou v automobilu z výroby jako nadstandardní výbavu.[21]

- Detekce na velké vzdálenosti
- Detekce i za úplné tmy či snížení viditelnosti
- Zvýraznění osob či předmětů na silnici
- Zvukové upozornění na nebezpečí
- Možnost nahrávání obrazu (využitelné i při řešení dopravních nehod)
- Zobrazení vzdálenosti detekovaných objektů [5]



Obrázek 14: Reálný pohled z automobilu (vlevo) a pohled za pomoci infrakamery [5]

3.4 Lodní doprava

Jedná se o infrakamery určené především pro použití na lodích. Prodlužují viditelnost na vodní hladině a mají za úkol detekovat případné překážky, které by mohly způsobit poškození lodi (plovoucí tělesa, ledové kry, vyčnívající konstrukce, a další). Využívají se také při záchranných akcích pro rychlé nalezení osob či věcí. Infrakamera také dokáže rozpoznat únik škodlivých látek do vody. Další možností využití je včasná detekce ostatních lodí na velké vzdálenosti a předejití střetu s nimi (prevence proti přepadení piráty).[5]

Kamery jsou konstrukčně postaveny tak aby byly odolné ztíženým povětrnostním podmínkám. Především proti vodě, vlhkosti, mořské soli, nárazům vln a další. Umisťují se na příď lodi nebo na kabinu tak, aby měly volný průhled okolo lodi. Jsou otočné ve dvou rovinách a dají se ovládat na dálku z lodní kabiny, ve které se nachází i zobrazovací zařízení.[5]



Obrázek 15: Lodní infrakamera [5]



Obrázek 16: Záber z infrakamery [5]

3.5 Požární ochrana

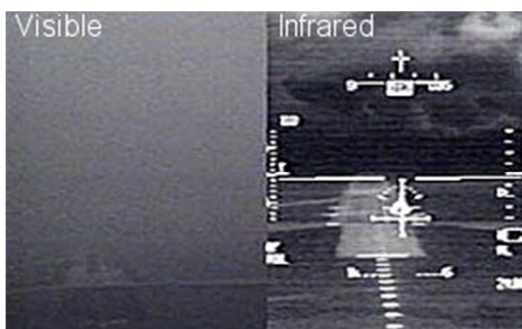
Infrakamera lze použít také jako prvek systému požární ochrany. Při vzniku požáru dochází k rychlému nárůstu teplot což je schopna infrakamera rozpoznat. Proveďte se nastavení hodnoty teploty, při které má být vyhlášen poplach a kamera se nainstaluje tak aby snímala prostor možného vzniku požáru. Instalace se jeví výhodná především pro aplikaci v prostorách, kde se nachází specifické látky, u kterých při hoření není okem pozorovatelný plamen.[5]



Obrázek 17: Termogram požáru [5]

3.6 Letectví

Především pro noční lety menších letadel mohou být nebezpečné výškové budovy, rozhledny, sloupy vysokého vedení, stožáry, rozvaděče a další výškové budovy. Pomocí termovizního systému můžeme tyto stavby včas detekovat a předejít případným rizikům nehody. Jedná se o použití stacionárních infrakamer, ale kvůli jejich vysoké ceně se využívají i mobilní verze. Vyjma výškových staveb jsou nebezpečné také dráty vysokého napětí, které infrakamera spolehlivě odhalí již na velké vzdálenosti.[21]



Obrázek 18: Viditelnost přistávací dráhy bez kamery a s kamerou [20]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části byly stanoveny dva úkoly. První byl vytvoření návrhu pracoviště, na kterém se bude provádět ověřování funkcí infrakamery. Podle návrhu poté sestavit pracoviště, nakonfigurovat a uvést do provozu.

Druhým úkolem bylo vytvoření laboratorní úlohy pro studenty bakalářského oboru Bezpečnostní technologie systémy a management. Laboratorní úloha má za úkol ověření funkcí infrakamery a měření základních vlastností.

Praktická část se zabývá postupem, jakým sestavit pracoviště pro požadovaná měření. Je napsána ve formě návodu, jak zapojit veškeré komponenty a jakým způsobem provést programové nastavení. Podle tohoto návodu je možné pracoviště bez problému sestavit na požadovaném místě. Obsahuje také vysvětlení základních funkcí programu, které se využívají při zpracovávání protokolu.

V druhé kapitole teoretické části je navržené zadání laboratorní úlohy, podle kterého budou studenti měřit základní funkce infrakamery. Vzorově vyplněný a naměřený protokol je umístěn v příloze bakalářské práce.

4 SESTAVENÍ PRACOVIŠTĚ

Jedná se o pracoviště, které obsahuje infrakameru, externí zdroj, počítač s nainstalovaným softwarem a propojovací kabeláž. Pro realizaci byla vybrána infrakamera firmy CHINO model TP-L0260 EN.

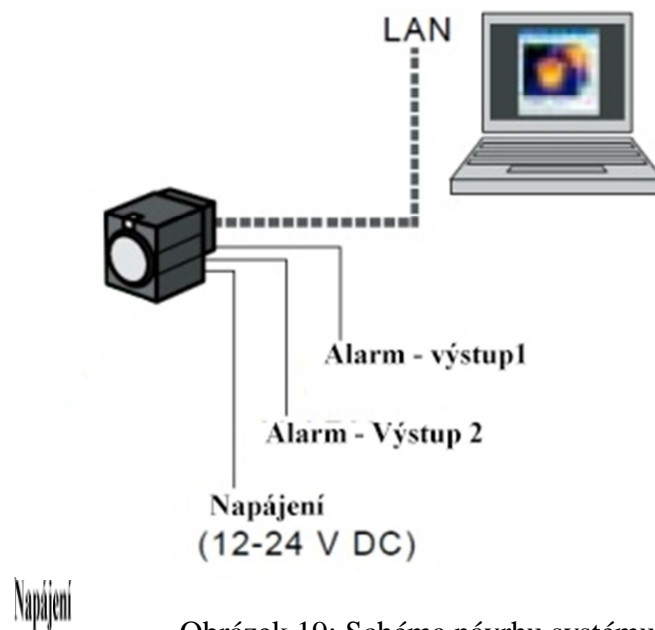
4.1 Parametry TP-L0260 EN

Jedná se o stacionární infrakameru, která má rozlišení 2000 pixelů a 2 vestavěné alarm výstupy. Komunikace infrakamery je realizována pomocí LAN. [22]

Rozsah měřených teplot	Od -20 do +300°C
Přesnost	±2% nebo ±3°C
Detektor	Thermopile array Approx.2000 Pixel
Vlnová délka	Střední vlnová délka 10μm
Objektiv	60x60°
Obnovovací frekvence	3fps
Ostření	Pevné
Emisivita	0,10 - 1,00
Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX
Alarm	2 výstupy
Napájení	12 až 24 V DC
Pracovní teplota	od -10°C do 50°C
Vlhkost okolí	10 až 80%
Kryt	Polykarbonát
Váha	150g
Krytí	IP65

Tabulka 1: Parametry TP-L0260 EN [22]

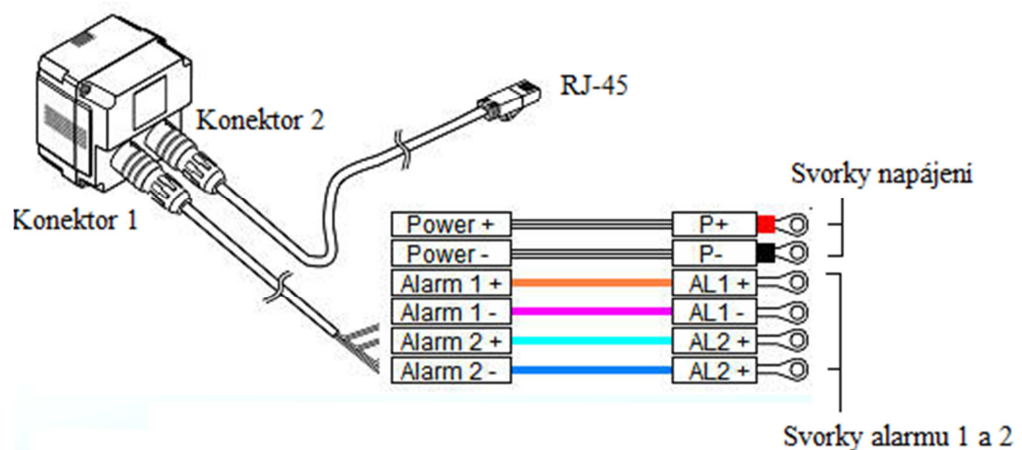
4.2 Sestavení pracoviště



Obrázek 19: Schéma návrhu systému [22]

Infrakamera disponuje dvěma konektory rychloupínacího typu. Konektor vpravo slouží pro propojení a komunikaci s počítačem a druhý jako napájecí/alarmový konektor. Propojení počítače s infrakamerou je realizováno pomocí ethernetového kabelu s koncovkou RJ-45. Kamera nedisponuje možností napájení pomocí tohoto kabelu a proto je nutné k napájení použít externí zdroj.

Pro externí napájení kamery slouží kabel připojený do levého konektoru. Tento kabel obsahuje napájecí a alarmové svorky.



Obrázek 20: Vstupy a výstupy infrakamery [22]

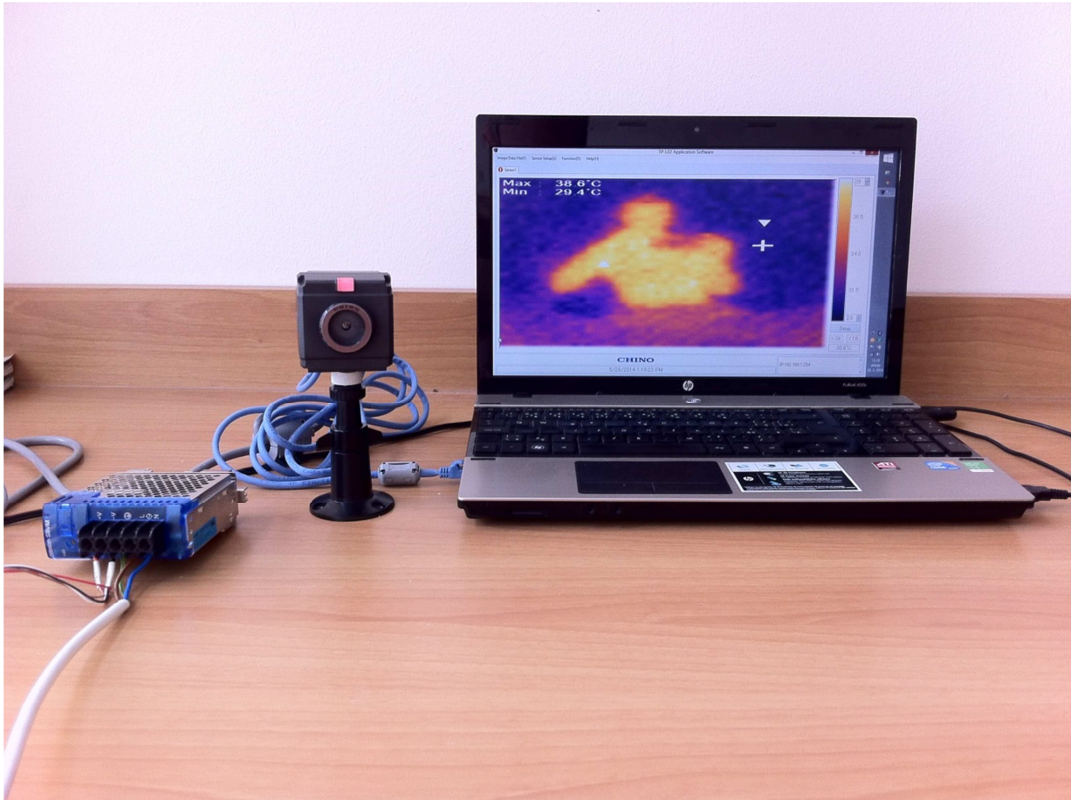
Externí napájení je realizováno pomocí zdroje Omron S8VM-01512CD. Zdroj je připojený do sítě 230V střídavých a na výstupu poskytuje 12V stejnosměrných.

Tabulka 2: Parametry zdroje [23]

Výkon	15W
Účinnost	78% min
Vstupní napětí	100 - 240V st
Výstupní napětí	12V ss
Frekvence	50/60Hz
Vstupní proud	0,5A max
Výstupní proud	1,3A



Obrázek 21: Svorkové zapojení zdroje



Obrázek 22: Reálné pracoviště

4.3 Software

Aby byla kamera schopna plného provozu, je nutné nainstalovat software, který poskytuje uživatelské prostředí pro zobrazení přenášeného obrazu a také pro nastavení parametrů či ovládání kamery. Pomocí softwaru je možné ukládat termogramy na disk a také ukládat teploty v čase. Software dále obsahuje doplňkové funkce pro zjednodušení a ovládání funkcí včetně nastavení alarmu.

Pro obsluhu infrakamery je v balení dodáváno cd s programem TP-L02 Application Software verze 2.4.

4.3.1 Konfigurace

Dříve, než budeme konfigurovat software infrakamery, je nutné nastavit komunikaci v síťovém nastavení operačního systému. Jedná se o to, aby se kamera a počítač tzv. „viděli“. Jde o nakonfigurování IP adres v protokolu TCP/IP.

4.3.1.1 Nastavení TCP/IP protokolu

Aby kamera s počítačem komunikovala, je nutné nastavit některé parametry TCP/IP protokolu. Jedná se především o nastavení IP adres a masky sítě.

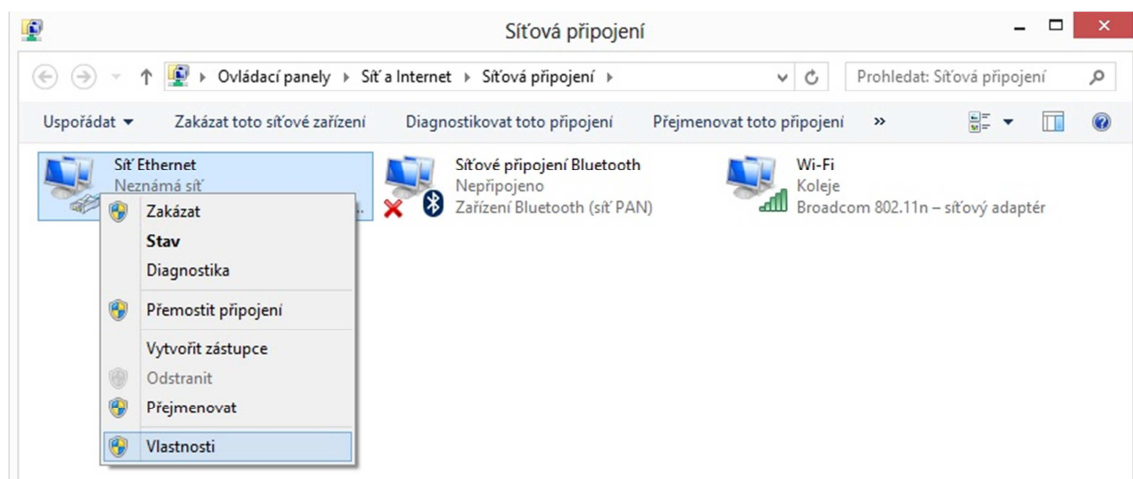
Před připojením kamery do počítače je vhodné kameru vyresetovat do základního nastavení. Resetovací tlačítko se nachází zespodu kamery uvnitř zdířky, ve které je usazen držák kamery. Zapneme kameru, odmontujeme držák a vyresetujeme. Resetovací tlačítko je nutné stlačit na dobu minimálně 1s. Nyní se kamera nachází v defaultním nastavení, které je popsáno v tabulce 3.

Tabulka 3: Defaultní nastavení infrakamery [22]

IP adresa	192.168.1.254
Maska podsítě	255.255.255.0
UDP adresa portu	50828 (pevná)
Alarm	Vypnuto

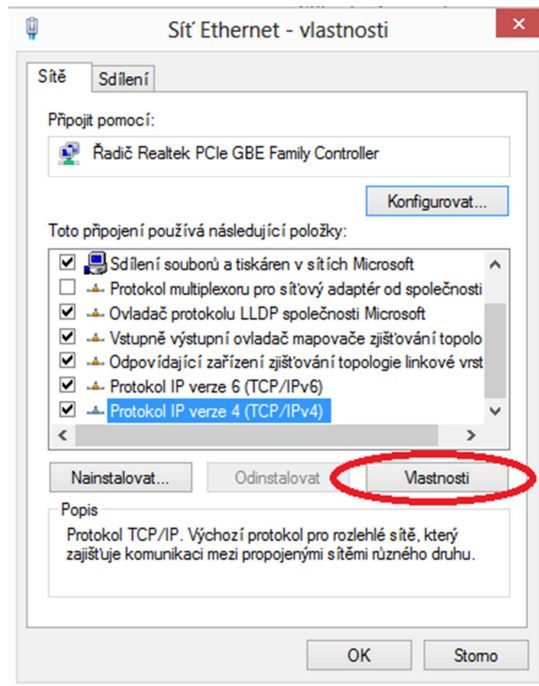
Dále zapojíme kameru do síťové karty počítače a nastavíme komunikaci pomocí protokolu TCP/IP. Následující návod je napsán pro operační systém Windows 8. V jiných systémech se může nastavení lišit, ale mělo by být obdobné.

Otevřeme **Ovládací panely** a přejdeme na **Centrum síťových připojení a sdílení**. Vlevo v nabídce vybereme možnost **Změnit nastavení adaptéru**. Zde vidíme veškerá síťová připojení. Klikneme pravým tlačítkem na **Síť ethernet** a z nabídky vybereme vlastnosti.



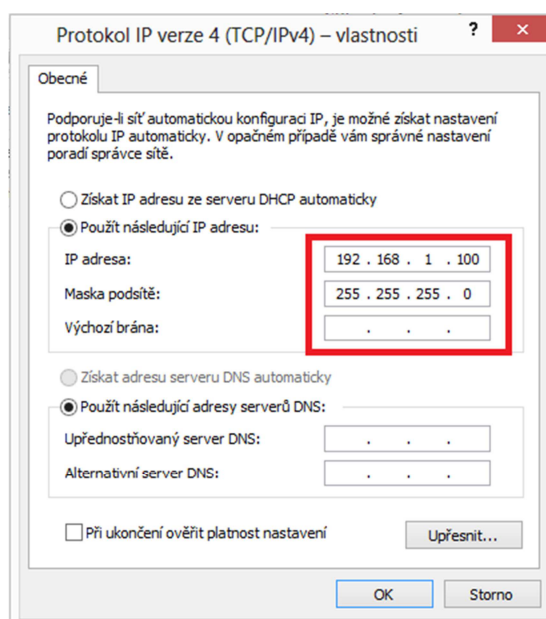
Obrázek 23: Síťová připojení

Dostaneme se do dialogového okna **Sít ethernet – vlastnosti**. Zde zvolíme vlastnosti **Nastavení protokolu IP verze 4**.



Obrázek 24: Vlastnosti sítě ethernet

Nyní se nacházíme v nastavení Protokolu IP verze 4 (TCP/IPv4). Zde je nutné nastavit IP adresu a masku podsítě. IP adresu nastavíme na hodnotu 192.168.1.100 a masku podsítě na hodnotu 255.255.255.0. Změny potvrdíme a protokol je nastaven.



Obrázek 25: TCP/IPv4

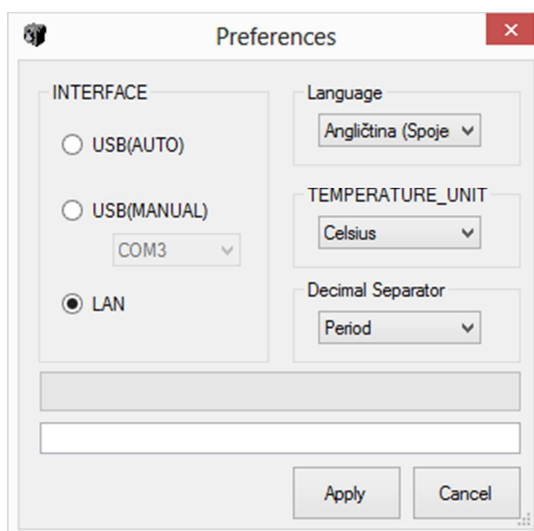
4.3.1.2 Konfigurace TP-L02 Application Software

Instalace softwaru je velice jednoduchá a zvládne ji i méně zkušený uživatel. Požadavky na hardware jsou velmi nízké a program poběží i na méně výkonných či starších počítačích.

Tabulka 4: Minimální požadavky na software [22]

Operační systém	Windows 2000 a novější
Komunikační port	LAN
Pevný disk	150MB
Procesor	1,5GHz
Operační paměť	1GB

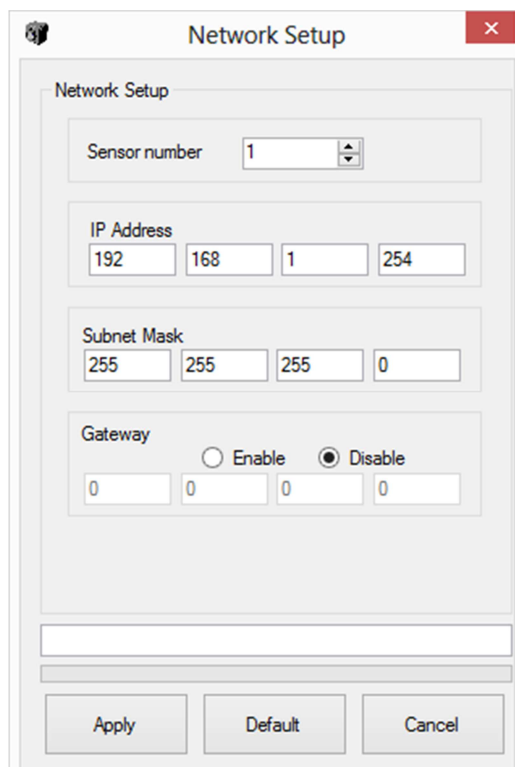
Po spuštění softwaru se zobrazí dialogové okno se základními vlastnostmi. Výběr rozhraní, jazyk, jednotky teploty a formát desetinné tečky. U rozhraní vybereme možnost LAN a zbytek nastavíme podle potřeby.



Obrázek 26: Základní dialogové okno

Po potvrzení se dostáváme do hlavního okna programu, kde zatím ještě nevidíme obraz z kamery. Musíme do programu přidat IP adresu infrakamery a nastavit síťovou komunikaci.

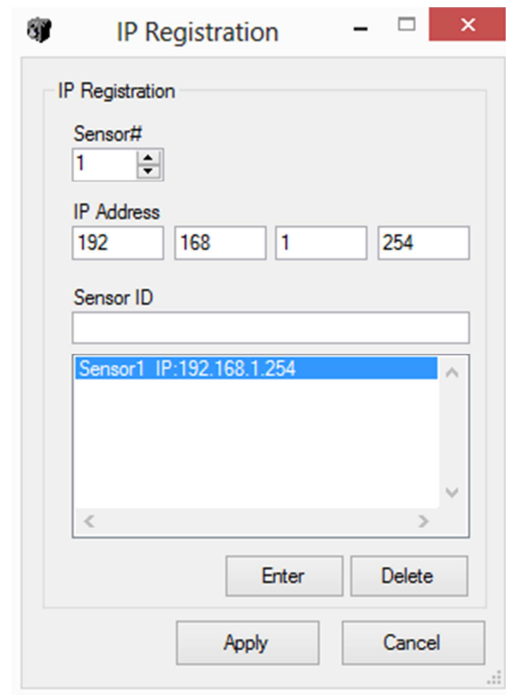
Z hlavní nabídky vybereme **Sensor setup/Network (sensor)**. Sensor number nastavíme na 1, IP adresu nastavíme na 192.168.1.254 a masku podsítě na 255.255.255.0. Bránu necháme vypnutou (disabled).



Obrázek 27: Nastavení sítě

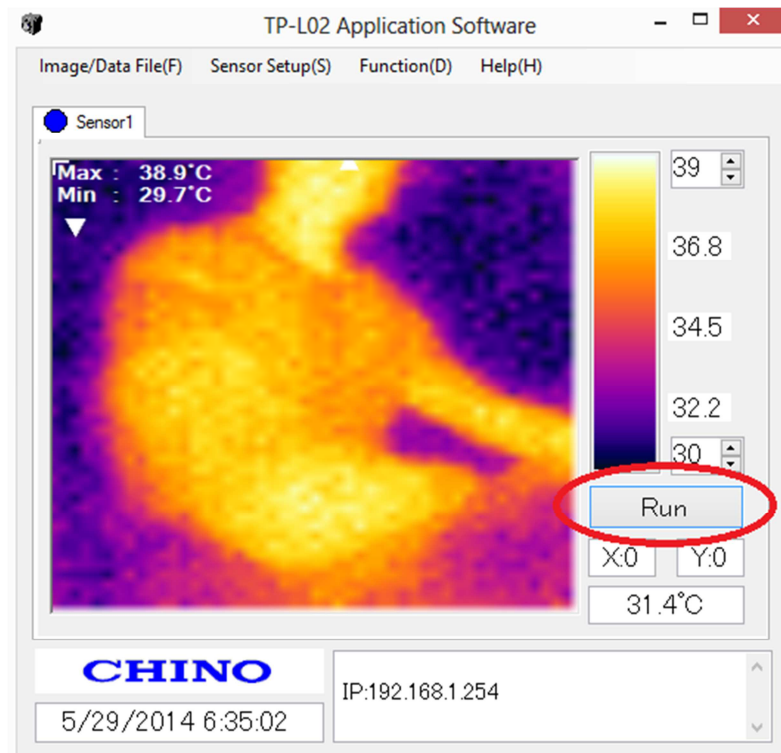
Dalším krokem je nastavení IP kamery a její přidání do seznamu senzorů. Toto nastavení najdeme pod záložkou **Sensor setup/IP adress**. Číslo senzoru ponecháme nastavené na 1 a do kolonky IP adres napíšeme IP infrakamery (192.168.1.254). Do kolonky Sensor ID můžeme napsat název, který chceme kameře přiřadit. Kameru přidáme stisknutím tlačítka enter a provedené změny potvrdíme. Nyní je kamera připojená a plně funkční.

Pokud neprobíhá komunikace mezi počítačem a kamerou tak indikátor kamery svítí fialovou barvou. Nyní by měl svítit barvou modrou jako potvrzení toho, že kamera je řádně připojena. Pokud po provedených změnách stále indikuje stav bez připojení, restartujte program.



Obrázek 28: Přidání Infrakamery

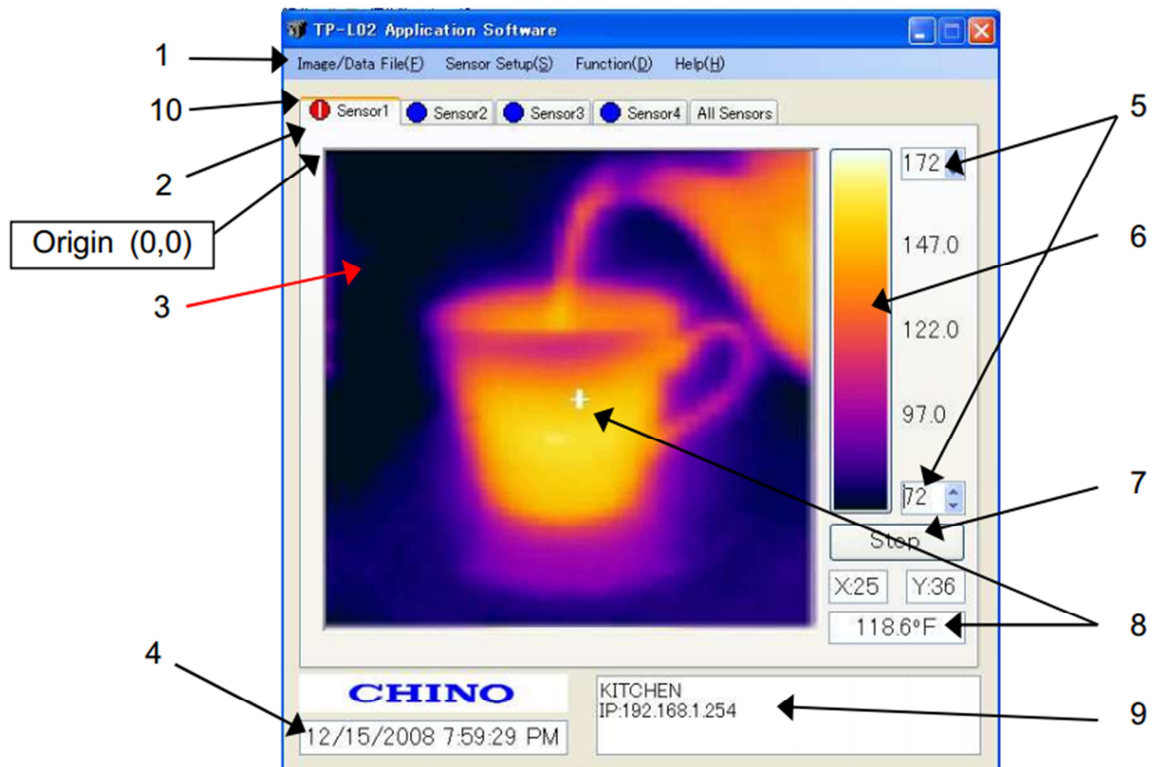
Nyní stačí pouze stisknout tlačítko RUN v hlavním okně programu a zobrazí se obraz snímané scény. Program je plně funkční.



Obrázek 29: Hlavní okno programu

4.4 Funkce programu TP-L02 Application Software

Program obsahuje funkce, které nám usnadňují používání kamery, upřesňují informace, ovládají alarm výstupy a upřesňují informace ze senzoru.



Obrázek 30: Popis hlavního okna programu [22]

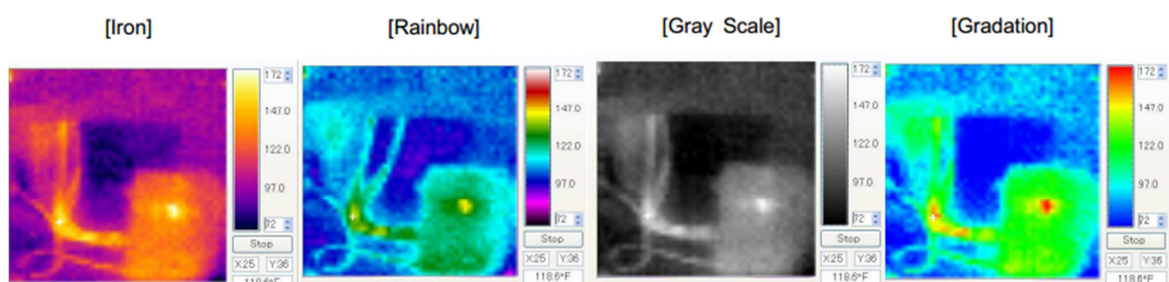
- 1) Hlavní nabídka
- 2) Paleta senzorů – pokud je více připojených kamer, můžeme pomocí nich přepínat
- 3) Snímaný termoobraz
- 4) Aktuální čas a datum
- 5) Maximální a minimální teplota termogramu
- 6) Zvolená paleta barev – poklepáním volíme jednu ze 4 možných palet
- 7) RUN/STOP tlačítko – Zahajování a zastavení snímání obrazu
- 8) Teplota v místě kurzoru
- 9) Název a IP adresa senzoru

Dalšími funkcemi jsou:

- Zobrazení maximální a minimální teploty v termogramu
- Obrazové filtry
- Nastavení alarmu
- Ukládání termogramů
- Zone trending
- Nastavení emisivity

4.4.1 Palety barev termogramu

Paleta barev určuje, jaká barva bude přiřazena konkrétní teplotě. Palety programu využívají 256 barev. K dispozici jsou 4 a to Iron, Rainbow, Gradation a Gray Scale.



Obrázek 31: Palety barev

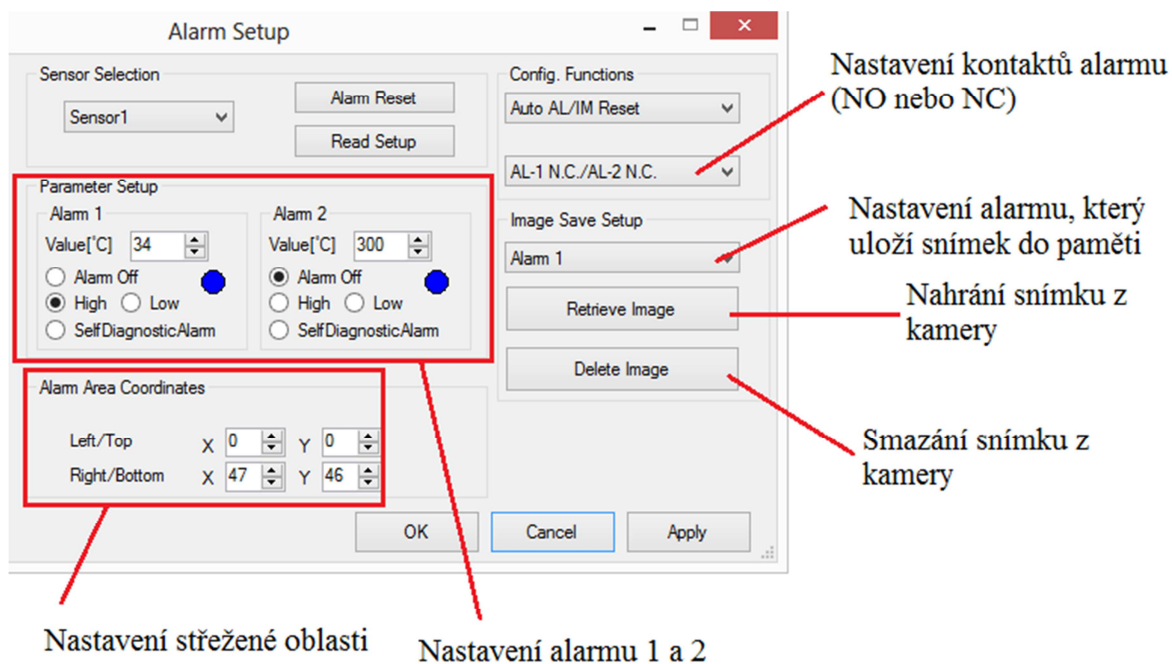
4.4.2 Nastavení alarmu

Infrakamera obsahuje 2 alarmy. Každý alarm může být jinak nastavený a fungují nezávisle. Jedná se o vyhlášení poplachu při překročení nastavené teploty nebo naopak poklesu pod její úroveň. Lze také nastavit vyvolání poplachu pouze při změně v určité části snímané scény.

Kamera disponuje možností uložit snímek objektu, který vyvolal poplach do svojí paměti. Tento snímek poté můžeme z paměti zpětně zobrazit a uložit do počítače. Lze uložit pouze jeden snímek, který bude vyvolán pevně určeným alarmem (1 nebo 2). Po uložení snímku je nutno jej ručně nahrát z paměti pomocí tlačítka Retrieve image.

Při poplachu jsou sepnuty nebo rozepnuty (podle nastavení) výstupní kontakty odpovídajícího alarmu (Alarm 1 nebo 2) kamery. V programu lze nastavit, zda budou kontakty v režimu NO (normal open) nebo NC (normal close). Dále je poplach indikován červeně svítící diodou na kameře a v programu blikajícím vykřičníkem na paletě senzorů.

Nastavení alarmu najdeme pod záložkou **Sensor Setup/Alarm**.



Obrázek 32: Nastavení alarmu

4.4.3 Ukládání termogramů

Snímané termogramy lze uložit buď jednorázově, nebo je ukládat v pevně stanovených časových intervalech. Termogram může být uložen ve formátu jpeg formou obrazu, který vidíme v hlavním okně programu, nebo ve formátu csv (podporovaný v MS Excel). Formát csv uloží do tabulky teplotu každého obrazového bodu z termogramu. Nastavení ukládání nalezneme v první záložce hlavní nabídky.

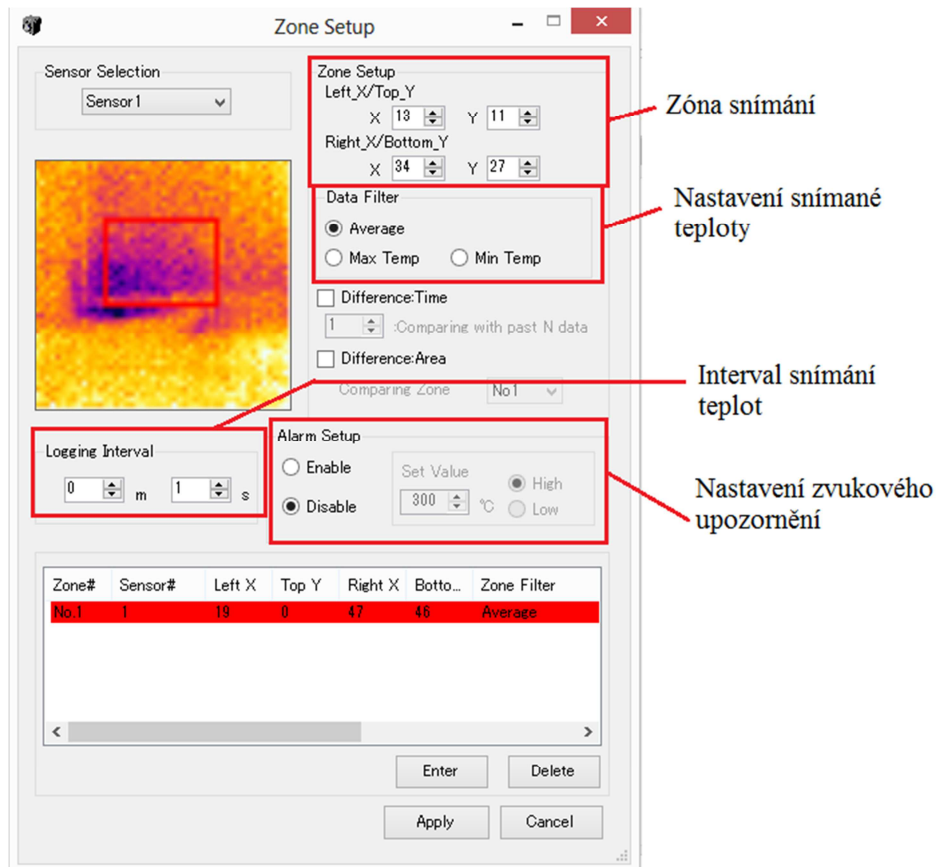
4.4.4 Zone trending

Jedná se o funkci, která zaznamenává průběh teplot v čase v námi vybrané části obrazu (zóně). Průběh teploty je následně zobrazován do grafu.

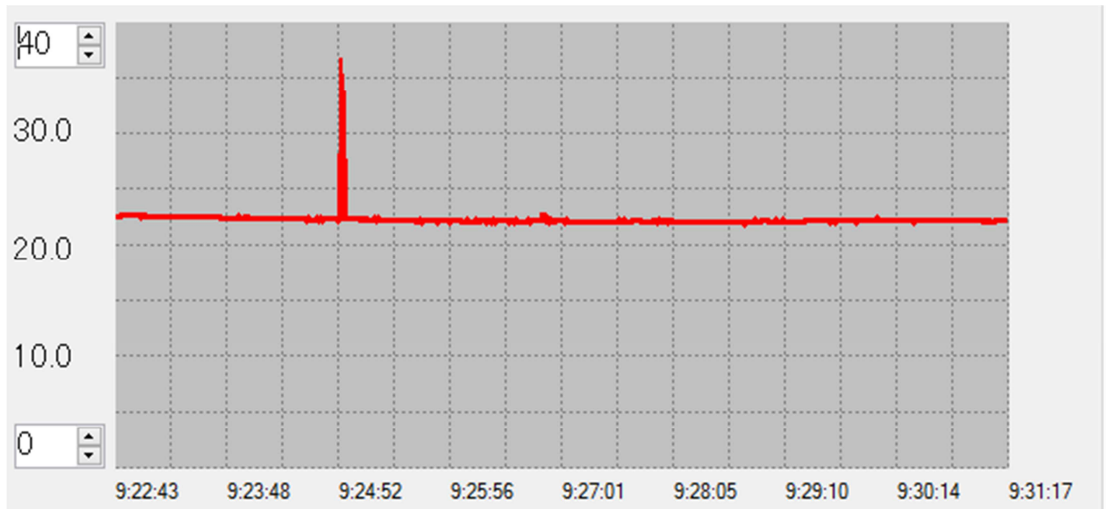
Nástroj nalezneme pod záložkou **Function/Zone trending**. Tady také nalezneme nastavení parametrů pro měření. Nastavíme, jaká část obrazu má být do grafu snímána. Buď pouhým označením myší v náhledu obrazu, nebo pomocí souřadnicového systému. Poté nastavíme, jakou teplotu z této oblasti chceme zobrazovat. Na výběr je maximální a

minimální teplota nebo teplota průměrná. Dále nastavíme interval snímání. Snímané teploty i s časem lze uložit do tabulky ve formátu csv.

Zone trending také umožňuje zvukové upozornění v případě překročení nastavených hodnot teploty.



Obrázek 33: Nastavení Zone trendingu



Obrázek 34: Zobrazený graf

5 ZADÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY

Laboratorní úloha bude probíhat na sestaveném pracovišti, které je uvedeno v bakalářské práci. Měření budou provádět studenti bakalářského studia oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management v rámci některého z odborných předmětů.

Vypracováním laboratorní úlohy se studenti seznámí s principy, na kterých infrakamera funguje a také si osvojí konfiguraci a ovládání infrakamery pomocí příslušného softwaru.

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky			
Ústav bezpečnostního inženýrství			
Jméno a příjmení		Ročník / Skupina	
Předmět		Datum měření	
		Datum odevzdání	
Název úlohy	Infrakamera TP-L0260 EN	Hodnocení	

Zadání:

Proveďte měření na infrakameře TP-L0260 EN pomocí příslušného softwaru a pomocí multimetru. Jako návod k úkolům můžete využít praktickou část bakalářské práce Možnosti využití infrakamery v průmyslu komerční bezpečnosti.

- **Úkol 1:** Propojte infrakameru s počítačem a nastavte vzájemnou komunikaci v operačním systému a v softwaru.
- **Úkol 2:** Změřte vzdálenost, na kterou je infrakamera schopná rozpoznat lidskou postavu. Jaký parametr u této kamery ovlivňuje zmíněný dosah?
- **Úkol 3:** Nastavte vyvolání poplachu při vstupu osoby do snímané scény (pomocí teploty lidského těla). Nastavte, aby byl při narušení uložen termogram do paměti infrakamery. Popište postup a přiložte snímek zachyceného termogramu.
- **Úkol 4:** Pomocí multimetru ověřte funkčnost jednoho z poplachových výstupů a zapište hodnoty odporu v klidu a při poplachu. Měření proveďte pro nastavení NO i NC. Do poznámky uveďte typ a sériové číslo multimetru.

- **Úkol 5:** Pořídte termogramy ve všech 4 možných paletách barev (Iron/Raibow/Gradiation/Gray scale). Nastavte, aby na snímku byla uvedena hodnota maximální a minimální teploty.
- **Úkol 6:** Zaznamenejte průběh maximálních teplot ve snímané oblasti v době jedné minuty o intervalu 1s. Výsledek uložte ve formátu csv. Slovně popište co je obsahem tohoto souboru. Pořídte screenshot grafu s průběhem teplot.
- **Úkol 7:** Vyzkoušejte, zda je kamera dostatečně výkonná na to aby snímala objekty i přes tenké překážky papír, mikrotenový sáček, látku. Popište a přiložte termogramy.

ZÁVĚR

S infrakamerami se může člověk setkat v mnoha oborech lidské činnosti. Jedná se ale především o užití ve větších firmách, společnostech a v lékařství. Hlavně díky cenám na trhu jsou infrakamery nedostupné pro běžné uživatele. Kamery se liší jak technickými parametry, tak softwarovým vybavením a jeho funkcemi. Ceny začínají na desítkách a pokračují až ke stovkám tisíc a proto se využívají především tam, kde najdou opravdové uplatnění a využitelnost.

V průmyslu komerční bezpečnosti se vyskytují nejvíce v rozlehlých areálech a na větších plochách, kde díky svému dlouhému dosahu pokryjí velikou část střežené plochy. Jedná se o mobilní nebo statické infrakamery. Využívají se také na velkých vodních plochách, lodích, v dopravních prostředcích, při detekování požáru a dalších aplikacích. Dále také v neprostupných terénech kde běžné kamery ztrácí svůj dosah.

Cílem bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s fyzikálními principy, na kterých tato zařízení fungují a jakým způsobem pracují. Dále bylo popsáno, z jakých částí se skládá celá infrakamera, a k čemu tyto části slouží v celém funkčním systému. Po vysvětlení principů funkce kamery je také uvedeno několik možných použití v průmyslu komerční bezpečnosti.

Praktická část se zaměřuje na sestavení pracoviště s infrakamerou a na vytvoření laboratorní úlohy, která se na tomto pracovišti měří. V první části je krok za krokem vysvětleno, jak zapojit veškeré komponenty celého systému. Následně je popsáno jakým způsobem probíhá softwarová konfigurace. K celému postupu jsou pořízeny názorné fotografie a snímky obrazovky při nastavování v počítači.

Druhá část obsahuje zadání laboratorní úlohy, ve které jsou předepsány úkoly, jež mají především naučit studenty zacházet s infrakamerou a pochopit principy jejího fungování. V příloze bakalářské práce je vložena vypracovaná verze této laboratorní úlohy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Co to je a jak se chová infračervené záření. In: *Paladix* [online]. 2003
[cit. 2014-05-28]. Dostupné z:
<http://www.paladix.cz/clanky/co-to-je-a-jak-se-chova-infracervene-zareni.html>
- [2] KOLEKTIV, Luděk Lukáš a. *Bezpečnostní technologie, systémy a nagement I*. 1.vyd. Zlín: VerBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [3] STUPŇÁNKOVÁ, Magda. *Infračervené záření v současnosti* [online]. Brno, 2009
[cit. 2014-05-28]. Dostupné z:
http://is.muni.cz/th/214917/lf_b/IR_zareni_v_soucasnosti.pdf.
Bakalářská práce. Masarykova Univerzita - Lékařská fakulta.
- [4] About Infrared rays. In: *Apiste* [online]. 2012 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z:
http://www.apiste-global.com/fsv/technology_fsv/detail/id=1187
- [5] *FLIR: OFICIÁLNÍ ZASTOUPENÍ FLIR V ČESKÉ REPUBLICĚ A NA SLOVENSKU*
[online]. 2014 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.termokamery-flir.cz/>
- [6] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie české republiky, 2005, 229 s. ISBN 80-725-1189-0.
- [7] Termokamera vás i ve tmě uvidí přes půl města. In: *TechnetCZ* [online]. 2012
[cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/inteligentni-kamerove-systemy-axis-co-vsechno-umi-fws-tec_tecnika.aspx?c=A121112_132456_tec_tecnika_kuz
- [8] *Infrakamera.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z:
<http://www.infrakamera.cz/>
- [9] *Termokamera.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z:
<http://www.termokamera.cz/>
- [10] HORNÝ, Stanislav a Libor KRSEK. *Úvod do multimédií*. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2009, 157 s. ISBN 978-80-245-1608-0.
- [11] PETIOVSKÝ, P. a I. KALOVÁ. Přednáška kurzu MAPV: Speciální aplikace počítačového vidění. *Multimediální interaktivní didaktický systém* [online]. 2011
[cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://midas.uamt.feec.vutbr.cz/APV/lectures-pdf/12_Specialni_aplikace.pdf

- [12] LAUCKÝ, Vladimír. *Technologie komerční bezpečnosti I*. Vyd. 3. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010, 81 s. ISBN 978-80-7318-889-4.
- [13] VÁNČOVÁ, Bc. Jana. *Využití termografie při screeningu nádorového onemocnění prsu* [online]. Praha, 2013 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.centrumtermografie.cz/wp-content/uploads/2013/01/termovize_medicina.pdf. Diplomová práce. VUT-FEKT Praha.
- [14] KŘEČEK, Stanislav. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 2. [S.l.: s.n.], 2006, 351 s. ISBN 80-902-9382-4.
- [15] Mikrobolometrické obrazové snímače. *Elektrorevue* [online]. 2003 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/03015/index.html>
- [16] Teplotní senzory. *KATEDRA MIKROELEKTRONIKY: Elektrotechnická fakulta ČVUT v Praze* [online]. 2007 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34SES/prednasky/05aTeplotn%A1%20senzory.pdf>
- [17] LOVEČEK, Tomáš a Peter NAGY. *Bezpečnostné systémy: Kamerové bezpečnostné systémy*. Žilina: Žilinská univerzita, 2008. ISBN 978-80-8070-893-1.
- [18] Termogram. *Termoobraz.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.termoobraz.cz/termogram.html>
- [19] Profesionální termovizní kamera FLIR T440bx. *Odposlechy.com: Speciální technika a služby* [online]. 2014 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.odposlechy.com/profesionalni-termovizni-kamera-flir-t440bx>
- [20] Your infrared guide to the world and the Universe beyond. *Cool Cosmos* [online]. 2014 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_kids/learn_sirtf/images/airnav.jpg
- [21] https://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/5249/icela_2008_bp.pdf?sequence=1 [online]. Zlín, 2008 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: https://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/5249/icela_2008_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. FAI UTB Zlín.
- [22] *CHINO* [online]. 2014 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.chinoamerica.com/>
- [23] Omron: S8VM-01512CD. *OMRON* [online]. 2014 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.ia.omron.com/product/item/s8vm0062g/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IR	Infrared - infračervený
CCD	Charge-Coupled Device – součástka pro snímání obrazu užívaná v kamerách
CCTV	Closed Circuit Television – uzavřený televizní okruh
LAN	Local area network – lokální síť, místní síť
FPS	Frames per second – snímkovací frekvence
DC	Označení pro střídavé napětí
NO	Normal open – Označení poplachové smyčky, která je v klidovém stavu otevřená
NC	Normal close – Označení poplachové smyčky která je v klidovém stavu zavřená

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Elektromagnetické spektrum [2]	12
Obrázek 2: Měření spekter [4]	13
Obrázek 3: Blokové schéma infrakamery [9]	16
Obrázek 4: Propustnost vlnových dělek pro různé materiály optiky [11]	17
Obrázek 5: Konstrukce bolometru [16]	19
Obrázek 6: Mikrobolometrické pole [13]	20
Obrázek 7: Popis bolometru (nahore) a zvětšení reálného mikrobolometru [9].....	21
Obrázek 8: Termogram zahřáté pneumatiky [18].....	26
Obrázek 9: Zobrazení obraz v obraze [18]	26
Obrázek 10: Neradiometrický termogram [5]	27
Obrázek 11: Detekce osoby v hustém porostu [5].....	29
Obrázek 12: Mobilní infrakamera [5].....	29
Obrázek 13: Termovizní kamera FLIR T440bx [19].....	30
Obrázek 14: Reálný pohled z automobilu (vlevo) a pohled za pomoci infrakamery [5].....	31
Obrázek 15: Lodní infrakamera [5]	32
Obrázek 16: Záber z infrakamery [5]	32
Obrázek 17: Termogram požáru [5]	33
Obrázek 18: Viditelnost přistávací dráhy bez kamery a s kamerou [20].....	33
Obrázek 19: Schéma návrhu systému [22]	37
Obrázek 20: Vstupy a výstupy infrakamery [22].....	37
Obrázek 21: Svorkové zapojení zdroje	38
Obrázek 22: Reálné pracoviště	39
Obrázek 23: Síťová připojení.....	40
Obrázek 24: Vlastnosti sítě ethernet	41
Obrázek 25: TCP/IPv4.....	41
Obrázek 26: Základní dialogové okno.....	42
Obrázek 27: Nastavení sítě	43
Obrázek 28: Přidání Infrakamery	44
Obrázek 29: Hlavní okno programu	44
Obrázek 30: Popis hlavního okna programu [22].....	45
Obrázek 31: Palety barev	46
Obrázek 32: Nastavení alarmu.....	47

Obrázek 33: Nastavení Zone trendingu	48
Obrázek 34: Zobrazený graf	49
Obrázek 35: Vyzvolání poplachu	62
Obrázek 36: Provedení termogramů (protokol).....	63
Obrázek 37: Průběh max. teplot (protokol)	64
Obrázek 38: Detekce za sáčkem	64
Obrázek 39: Detekce za papírem	65
Obrázek 40: Detekce za látkou	65

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Parametry TP-L0260 EN [22]	36
Tabulka 2: Parametry zdroje [23]	38
Tabulka 3: Defaultní nastavení infrakamery [22].....	40
Tabulka 4: Minimální požadavky na software [22].....	42

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P1: Vypracovaná laboratorní úloha

PŘÍLOHA PI: VYPRACOVANÁ LABORATORNÍ ÚLOHA

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky			
Ústav bezpečnostního inženýrství			
Jméno a příjmení		Ročník / Skupina	
Předmět		Datum měření	
		Datum odevzdání	
Název úlohy	Infrakamera TP-L0260 EN	Hodnocení	

Zadání:

Proveďte měření na infrakameře TP-L0260 EN pomocí příslušného softwaru a pomocí multimetru. Jako návod k úkolům můžete využít praktickou část bakalářské práce Možnosti využití infrakamery v průmyslu komerční bezpečnosti.

Úkol 1: Propojte infrakameru s počítačem a nastavte vzájemnou komunikaci v operačním systému a v softwaru. Stručně popište postup.

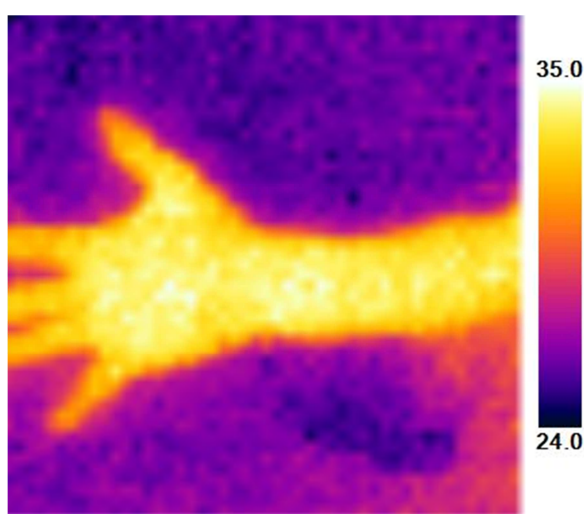
Kamera byla připojena k napájení a vyresetována do základního nastavení. Poté byla propojena s počítačem pomocí LAN. Následně bylo provedeno nastavení TCP/IP protokolu. V softwaru byla nastavena komunikace a byla přidána kamera do seznamu zařízení. Po kliknutí na tlačítko RUN vše běželo v pořádku

Úkol 2: Změřte vzdálenost, na kterou je infrakamera schopná rozpoznat lidskou postavu. Jaký parametr u této kamery ovlivňuje zmíněný dosah? (pozn.: Měřte ve větším prostoru, např. dlouhá chodba, hala, atd.)

Infrakamera byla schopná rozpoznat lidské tělo přibližně na 18 metrů. Největším parametrem, který ovlivňuje dosah této infrakamery je především rozlišení senzoru.

Úkol 3: Nastavte vyvolání poplachu při vstupu osoby do snímané scény (pomocí teploty lidského těla). Nastavte, aby byl při narušení uložen termogram do paměti infrakamery. Popište postup a přiložte snímek termogramu.

Teplota lidského těla se pohybuje okolo 35,8 – 37,3°C. Tudíž byl nastaven alarm 1 tak, aby po překročení teploty 35°C v zóně vyhlásil poplach. Jako zóna byla zvolena celá část termogramu. Dále bylo nastaveno, aby se uložil snímek při aktivaci alarmu 1.



Obrázek 35: Vyvolání poplachu

Úkol 4: Pomocí multimetru ověřte funkčnost jednoho z poplachových výstupů a zapište hodnoty odporu v klidu a při poplachu. Měření proveďte pro nastavení NO i NC. Do poznámky uveďte typ a seriové číslo multimetru.

Pro ověření funkčnosti jsme zvolili výstup alarmu 1. Na svorky výstupu byl připojen multimetr přepnutý do režimu ohmetru. Měřili jsme hodnoty odporu v klidu a při aktivaci alarmu.

Hodnoty při zapojení NO:

V klidu: $\infty\Omega$

V aktivaci: 0Ω

Hodnoty při zapojení NC:

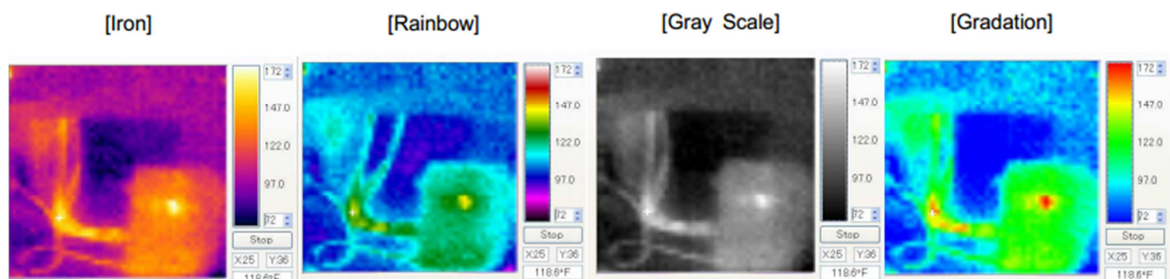
V klidu: 0Ω

V aktivaci: $\infty\Omega$

Naměřené hodnoty dokazují, že výstupní svorky Alarmu 1 jsou funkční.

Poznámka: Metex M-3890D USB, sériové číslo:936747

Úkol 5: Pořídte termogramy ve všech 4 možných paletách barev (Iron/Raibow/Gradiation/Gray scale). Nastavte, aby na snímku byla uvedena hodnota maximální a minimální teploty.

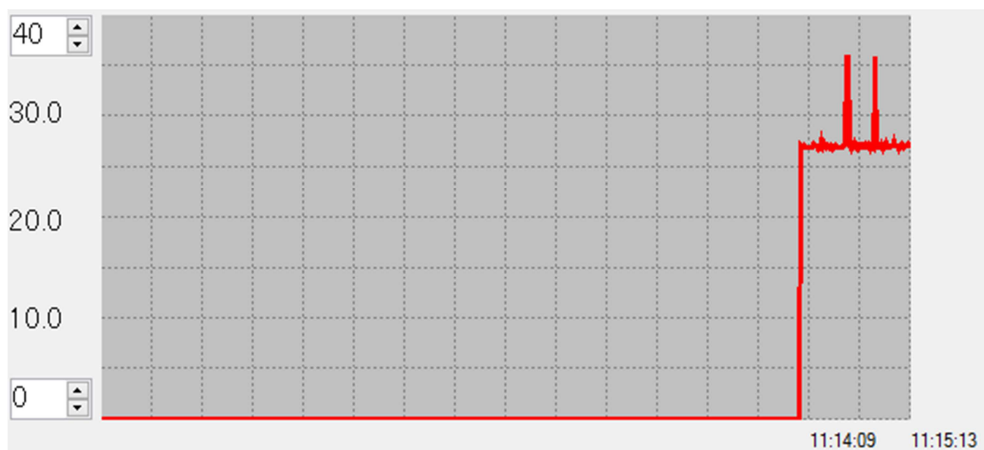


Obrázek 36: Provedení termogramů (protokol)

Úkol 6: Zaznamenejte průběh maximálních teplot ve snímané oblasti v době jedné minuty o intervalu 1s. Výsledek uložte ve formátu csv. Slovně popište co je obsahem tohoto souboru. Pořídte screenshot grafu s průběhem teplot.

Bylo nastaveno snímání maximálních teplot v oblasti celého termogramu a teploty sledovány během jedné minuty. Poté byly hodnoty ručně uloženy do formátu csv a byl pořízen screenshot grafu v programu.

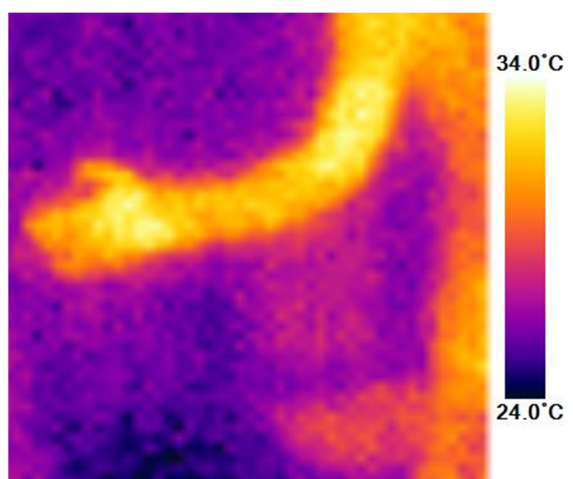
Formát csv lze otevřít v excelu a jeho obsahem je tabulka s teplotami. V tabulce jsou uloženy časy a k nim příslušné maximální teploty po dobu jedné minuty v intervalu 1 sekundy.



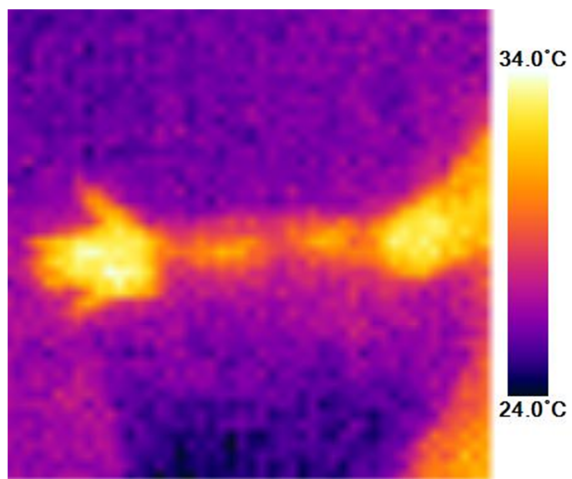
Obrázek 37: Průběh max. teplot (protokol)

Úkol 7: Vyzkoušejte, zda je kamera dostatečně výkonná na to aby snímala objekty i přes tenké překážky papír, mikrotenový sáček, látku. Popište a přiložte termogramy.

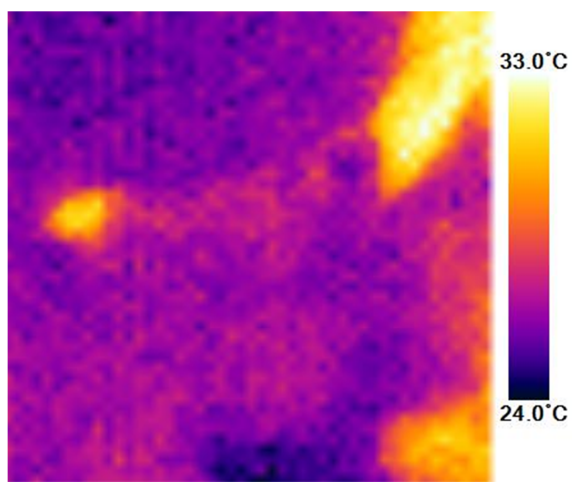
Ruka za mikrotenovým sáčkem byla dobře viditelná bez větších obrazových ztrát. Ruka, přes kterou byl přehozený papírový list, se již obrazově ztrácela, ale byla detekována alespoň částečně. Oproti tomu ruka za pověšenou látkou již nebyla detekována.



Obrázek 38: Detekce za sáčkem



Obrázek 39: Detekce za papírem



Obrázek 40: Detekce za látkou