

Technologie pro bezdrátový přenos obrazu a hlasu v prostředí zákroku speciální zásahové jednotky Policie České republiky.

Jaroslav Gál

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav bezpečnostního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jaroslav Gál**
Osobní číslo: **A18347**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Technologie pro bezdrátový přenos obrazu a hlasu v prostředí zákroku speciální zásahové jednotky Policie České republiky.**
Téma práce anglicky: **Technology for the Wireless Transfer of Video and Voice in the Intervention Environment of the Special Intervention Unit of the Police of the Czech Republic**

Zásady pro vypracování

1. Popište aktuálně používané způsoby přenosu hlasu ve smyslu komunikace v prostředí zákroku speciální zásahové jednotky Policie České republiky.
2. Zpracujte aktuálně používané způsoby přenosu obrazu, fotografií a videa v prostředí zákroku speciální zásahové jednotky Policie České republiky.
3. Vysvětlete, jakým způsobem se využívají a jak fungují přenosové kanály sítí GSM, PEGAS a radiostanic bez stacionárních vysílacích buněk a to jak pro přenos hlasu, tak pro přenos obrazu či dat.
4. Porovnejte vlastnosti a funkce jednotlivých technologií.
5. Navrhněte řešení pro bezdrátový přenos obrazu a hlasovou komunikaci pro použití u speciálních zásahových jednotek policie.
6. Charakterizujte modelové situace, při kterých budou zřejmé výhody a nevýhody použití jednotlivých technologií při zákroku speciální zásahové jednotky Policie České republiky.

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

Seznam doporučené literatury:

1. LUKÁŠ, Luděk. Bezpečnostní technologie, systémy a management I. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011, 316 s. ISBN 978-80-87500-05-7
2. LUKÁŠ, Luděk. Bezpečnostní technologie, systémy a management II. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2012, 386 s. ISBN 978-80-87500-19-4
3. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. 81 s. ISBN 978-80-7318-889-4.
4. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti II. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. 123 s. ISBN 978-80-7318-631-9.
5. DOSTÁLEK, Libor. Mobilní sítě a jejich bezpečnost. V Českých Budějovicích: Ústav aplikované informatiky, Přírodovědecká fakulta Jihočeské univerzity, 2016. ISBN 978-80-7394-606-7.
6. Radiokomunikační síť integrovaného záchranného systému PEGAS [online]. ©2020[cit. 2020-11-28]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/radiokomunikacni-sit-integrovaneho-zachranneho-systemu-pegas.aspx>

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Rudolf Drga, Ph.D.**
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2021**

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Jan Valouch, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 15. ledna 2021

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji 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 – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 19. 5. 2021

Jaroslav Gál v.r.

ABSTRAKT

Bakalářská práce popisuje v teoretické části aktuální situaci v oblasti přenosu hlasu ve smyslu komunikace a přenosu obrazu v prostředí speciálních zásahových jednotek Policie České republiky. Dále jsou v teoretické části vysvětleny principy jednotlivých technologií a jejich výhody i nevýhody pro použití u zmiňovaných jednotek policie. V rámci praktické části je navržena vzorová topologie spojení s využitím doporučeného přenosového kanálu WaveRelay MANET. Druhou polovinu praktické části obsahují navržené modelové situace nastiňující výhody a nevýhody jednotlivých přenosových technologií. Cílem bakalářské práce bylo zmapovat aktuální situaci a vybrat výhodnější přenosový kanál pro přenos obrazu a zvuku.

Klíčová slova: radiostanice, LTE, GSM, WaveRelay MANET, policie, zásahová jednotka

ABSTRACT

The bachelor's thesis describes in the theoretical part the current situation in the field of voice transmission in the sense of communication and image transmission in the environment of special intervention units of the Police of the Czech Republic. Furthermore, the theoretical part explains the principles of individual technologies and their advantages and disadvantages for use in the mentioned units of the Police. In the practical part, a sample connection topology is proposed using the recommended transmission channel WaveRelay MANET. The second half of the practical part contains the proposed model situations outlining the advantages and disadvantages of individual transmission technologies. The aim of the bachelor's thesis was to map the current situation and select a more advantageous transmission channel for the transmission of image and sound.

Keywords: radio station, LTE, GSM, WaveRelay MANET, police, intervention unit

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Rudolfu Drgovi, Ph.D. za jeho odborné rady, vedení a vstřícnost při vytváření této práce. Dále pak, své manželce za podporu a trpělivost.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ZÁSAHOVÉ JEDNOTKY POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY	11
1.1 ZÁSAHOVÝ TÝM	11
1.2 TYPY PROSTŘEDÍ	11
2 AKTUÁLNĚ POUŽÍVANÉ PŘENOSY HLASU	13
2.1 PŘENOS HLASU V RÁMCI ZJ.....	13
2.2 PŘENOS HLASU V RÁMCI ÚRN	15
3 PŘENOS OBRAZU	18
3.1 PŘENOS OBRAZU V RÁMCI ZJ	18
3.2 PŘENOS OBRAZU V RÁMCI ÚRN.....	19
3.2.1 Přenos Fotografii v rámci ÚRN	20
4 PŘENOSOVÉ KANÁLY	22
4.1 ŠÍŘENÍ RÁDIOVÝCH VLN	22
4.2 RADIOSTANICE A PŘENOS HLASU.....	24
4.3 SÍŤ PEGAS	25
4.4 LTE INTERNET V SÍTI GSM.....	26
4.5 WIFI SPOJENÍ	27
4.6 WAVE RELAY MANET	28
5 POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ	30
5.1 ANALOGOVÉ RÁDIOVÉ SPOJENÍ	30
5.2 DIGITÁLNÍ RÁDIOVÉ SPOJENÍ.....	31
5.3 DIGITÁLNÍ MANET WAVE RELAY - HLAS.....	31
5.4 LTE MOBILNÍ DATOVÝ PŘENOS	32
5.5 WIFI MESH	32
5.6 DIGITÁLNÍ MANET WAVE RELAY – OBRAZ.....	33
5.7 POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ - ZÁVĚR	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
6 NÁVRH SYSTÉMU	36
6.1 HLAVNÍ KOMUNIKAČNÍ PROSTŘEDEK MPU5.....	36
6.1.1 Konektor PTT/EUD	37
6.1.2 Konektor DATA.....	39
6.1.3 Konektor RoIP	42
6.2 VZOROVÝ NÁVRH TOPOLOGIE A VYBAVENÍ.....	43
7 MODELOVÉ SITUACE A PŘENOSOVÉ TECHNOLOGIE	46
7.1 ZELENÁ ČÁST	46
7.2 ČERNÁ ČÁST.....	47
7.3 ŠEDÁ ČÁST	48
7.4 MODELOVÉ SITUACE ZÁVĚR.....	49
ZÁVĚR	51

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	57
SEZNAM TABULEK.....	58

ÚVOD

Policie České republiky je organizace s poměrně rozsáhlými obory činností. Každý z těchto oborů vyžaduje jiný přístup a také jiným způsobem používanou taktiku a technické prostředky. Z tohoto důvodu se v práci zaměřuji pouze na použití technologií pro přenos hlasu a obrazu při použití speciální zásahovou jednotkou. V rámci policejního zákroku je jedním z klíčových prvků spojení mezi jednotlivými členy zásahové skupiny a současně s velením celé policejní akce. V teoretické části práce je popsán aktuální stav těchto technologií tak, jak jej vidím já sám, z pozice policisty pracujícím na místě s technickým zaměřením. Vzhledem k tomu, že se jedná o technické prostředky, je situace na tomto poli velmi složitá, a to jak z finančního hlediska, tak z hlediska poměrně rychlého vývoje v tomto segmentu.

Největším hnacím motorem na poli speciální techniky použitelné u policie nebo jiných ozbrojených sborů jsou zpravidla potřeby armády a v neposlední řadě potřeby tajných služeb. Na trhu je dnes nepřehledné množství elektroniky určené k přenosu obrazu a hlasu, od obyčejných jednoduchých radiostanic, až po velmi sofistikované zařízení s mnohamiliardovými investicemi do vývoje. Všechna tato zařízení mají jedno společné, a to je ulehčit, zjednodušit a zefektivnit práci v daném segmentu.

Dalším z bodů teoretické části je popis aktuálně používané sítě PEGAS sloužící pro rádiovou komunikaci, jak běžných policejních složek, tak vybraných zásahových jednotek. Dále pak popis funkcí a využívání datových služeb sítě GSM. Dalším bodem popisů technologií bude osvětlení běžné rádiové komunikace mezi dvěma a více účastníky, a to bez použití stacionárních rádiových převaděčů. Mezi další popisované technologie patří spojení Wifi v rámci sítě MESH a mezi dvěma body. Jako poslední bude popsána navrhovaná technologie Wave-Relay MANET. Každá z technologií má své výhody a nevýhody. V práci se budu zabývat porovnáním jednotlivých způsobů komunikace mezi sebou.

Praktická část práce bude obsahovat návrh komplexního řešení pro přenos obrazu a zvuku v rámci speciální zásahové jednotky policie. Dále pak charakteristiku modelových situací, ze kterých vyplývají výhody a nevýhody jednotlivých navrhovaných technologií.

Vzhledem k tomu, že v rámci policie je několik zásahových jednotek a Útvar rychlého nasazení, budu popisovat vše obecně i přes to, že mezi zásahovými jednotkami a Útvarem rychlého nasazení jsou v jistých věcech odlišnosti. Zákroky a jejich taktika je ale velmi podobná.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁSAHOVÉ JEDNOTKY POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY

Zásahová jednotka (dále jen „ZJ“) v prostředí Policie České republiky je speciální jednotkou, která provádí zákroky proti agresivním, nebezpečným nebo ozbrojeným pachatelům. [1] Součástí struktury policie v rámci zásahových jednotek je nejvýše postavený Útvar rychlého nasazení (dále jen „ÚRN“). Tato jednotka je primárně určena k zásahům proti teroristům, únosům osob a dopravních prostředků, nebezpečným pachatelům organizované trestné činnosti a k zadržení pachatelů zvláště závažné trestné činnosti. [2] Policie České republiky čítá osm ZJ s teritoriální působností a ÚRN, dislokovaným v Praze, s celorepublikovou působností.

1.1 Zásahový tým

Podle toho, k jaké činnosti je ZJ či ÚRN využita, se liší počet členů zásahového týmu a jejich složení. Základní sestavu týmu tvoří muži na pozici střelec/operátor, mezi další specializace pak patří odstřelovač, pyrotechnik/potápěč, vyjednaváč a spojař/dokumentarista. Každý člen týmu má odlišnou výstroj a výzbroj dle své specializace a úkolu, který je mu přidělený. Jinak je tedy vystrojen střelec a jinak vyjednaváč či odstřelovač. Co je ale pro všechny členy týmu společné, je komunikační prostředek. Základem každého úspěšného zákroku je komunikace.

Může se jednat o prosté signály rukou, ústní povely nebo určitý způsob bezdrátové komunikace. Prostředí, ve kterém zásahový tým či týmy pracují, se liší podle lokality zákroku či úkolu. Prostředí rozlišujeme na tři základní druhy, a to černá, šedá a zelená část. Z hlediska přenosu zvuku a obrazu nás bude zajímat typ prostředí v dané části a výstroj jednotlivce.

1.2 Typy prostředí

Černá část – jedná se zpravidla o městskou zástavbu, byty, rodinné domy, rozsáhlé areály apod. Členové týmu jsou nejčastěji vystrojeni do tzv. těžké neprůstřelné vesty a helmy. Počítá se s prováděním násilného vstupu do objektu, překonáváním překážek jako jsou dveře, ploty či jiné barikády. Z výše uvedeného vyplývá, že hlavními požadavkem na technické prostředky spojení a přenosu obrazových dat jsou kromě spolehlivosti, také zvýšená odolnost.

Šedá část – v případě šedé části zákroků se jedná o co možná nejdiskrétnější operace v tzv. civilním prostředí a tomu odpovídá i nenápadnost vybavení a oděvů jednotlivých příslušníků

ZJ či ÚRN. V ideálním případě by člen týmu měl být k nerozeznání od běžného kolemjdoucího. Zákroky mohou být prováděny v restauracích, dopravních prostředcích nebo na frekventovaných místech jako jsou náměstí, ulice měst a jiné. Tento typ nasazení vyžaduje co možná nejdiskrétnější vybavení, aby nedošlo k prozrazení policisty nebo celé akce. Důraz je tedy kladen na minimalizaci a diskrétnost vybavení.

Zelená část - Minoritní částí nasazení, ale stále aktuální a trénovaná, je část zelená. Jak název napovídá, jde o práci v prostředí lesů, okolo osamělých objektů, tzv. v přírodě. Zpravidla je volen maskovací oděv a lehký nosič balistických plátů. Mimo maximální odolnosti vybavení, jako v šedé části, by zde měl být také kladen důraz na nezávislost přenosu hlasu a obrazu na infrastrukturu, jako jsou převaděče pro rádiovou či mobilní komunikaci, mobilní internet a jiné externí spojovací body, a to zejména z důvodu nedostatečného pokrytí lokalit signálem některé z přenosových sítí.

2 AKTUÁLNĚ POUŽÍVANÉ PŘENOSY HLASU

Pro potřeby této práce byl zkoumán přenos hlasu ve smyslu komunikace mezi jednotlivými členy týmu zasahující jednotky a mezi velením této jednotky. Při policejním zákroku, který probíhá v rozlehlejších oblastech, na více místech najednou nebo při složitém zákroku, je důležitým prvkem právě komunikace, a to mezi jednotlivými členy v rámci jednoho či více týmů a mezi velením celé policejní akce. Policie České republiky, stejně jako celý integrovaný záchranný systém (dále jen „IZS“), využívá spojení v rámci sítě PEGAS. Jedná se o obdobu mobilní sítě GSM, ale pouze pro potřeby složek IZS a vybrané subjekty. Pro připojování k síti slouží rádiové terminály tedy ruční či vozidlové radiostanice. Výhodou systému je rozsáhlá síť buněk (rádiových převaděčů), které umožňují komunikaci napříč celou Českou republikou, stejně jako v případě mobilních sítí. Výjimku z této sítě tvoří ÚRN, který jako protiteroristický útvar používá svůj vlastní a nezávislý systém spojení, založený na armádních radiostanicích značky Harris.

2.1 Přenos hlasu v rámci ZJ

Jak již bylo popsáno v předešlé kapitole, pro přenos hlasu v rámci ZJ je používáno terminálů komunikujících v rámci sítě PEGAS. Pro komunikaci ze strany jednotlivce, tedy operátora ZJ, slouží rádiový ruční terminál, dnes výrobek firmy Cassidian s označením TPH 700 nebo terminál TPH 900 firmy Airbus Defence & Space. Jedná se o odolnou ruční radiostanici, která slouží pro komunikaci direktivním způsobem, tedy jako standardní vysílačka mezi dvěma body s vysílacím výkonem 2 watty, anebo v rámci hovorů v síti PEGAS. Na obrázku č. 1 můžeme vidět neprůstřelnou vestu, na které je mimo jiné osazené pouzdro na radiostanici TPH 900, včetně radiostanice a střeleckých sluchátek s příposlechem okolních zvuků, sloužících k poslechu rádiové komunikace a ochraně sluchu s vyvedeným externím mikrofonem. Rádiový provoz je tedy přiveden přímo do sluchátek. Uživatel má tak plnou ochranu sluchu a zároveň slyší okolní zvuky a rádiovou komunikaci. Případná střelba nebo hlasité zvuky jsou utlumeny.



Obrázek 1. Neprůstřelná vesta ZJ osazena stanicí TPH 900 [vlastní]



Obrázek 2. Bojovník ZJ s radiostanicí TPH 900 [vlastní]

Technická specifikace radiostanice TPH 900.

Kmitočtová pásma: 380-430 MHz s kanálovou roztečí 10 nebo 12,5 kHz. Možnost half-channel offsetu.

Přímý a převaděčový režim: Rozšířené pokrytí v přímém režimu v pásmu 380 – 430 MHz. Tísňové volání. Identifikace volajícího.

Baterie: Provozní doba: až 13 hod. (60/35/5) bez BT a bez GPS. Kapacita baterie 4000 mAh. Doba nabíjení: 4 hod. 30 minut, dobití na 80 % za 2 hod. 30 min. Teplota při nabíjení v rozmezí 0 °C až 45 °C.

Specifikace RF: Maximální výstupní výkon vysílače: 2 W. Statická / dynamická citlivost lepší než -119 dBm / -111 dBm. Radiové rozhraní TETRAPOL Specification Radio PAS TETRAPOL 0001-2 V 3.0.0. Zkoušky radiového přizpůsobení PAS TE-TRAPOL 0001-8 V 1.0.2

Specifikace odolnosti: Odolnost proti vodě a prachu dle klasifikace IP65. Nárazy, pád z 2 m a vibrace dle ETSI EN 300 019-2-7 třída 5M2. Odolnost proti vlhkosti dle ETSI EN 300019-2-7 třída 7.3, až 95%. Odolnost proti slané mlze dle ETSI EN60068-2-52. [3]

2.2 Přenos hlasu v rámci ÚRN

ÚRN, jakožto protiteroristická jednotka, si zvolila pro spojení svůj vlastní systém, který je nezávislý na systémech IZS, tedy i na síti PEGAS. Jako hlavní komunikační prostředek byly zvoleny armádní radiostanice značky Harris, konkrétně modely Falcon II. Jedná se o analogovou radiostanici umožňující komunikaci v polo duplexním druhu spojení mezi dvěma účastníky. Radiostanice jako taková je téměř nezničitelná, splňuje nejprísnější armádní normy pro odolnosti a také pro šifrování rádiového provozu. ÚRN používá střelecká sluchátka zn. Peltor Comtac xpi, jako hovorovou sadu pro bezpečný poslech rádiové komunikace nebo tzv. špunty s aktivním příposlechem a ochranou sluchu proti střelbě zn. Nacre QuietPro.



Obrázek 3. Neprůstřelná vesta ÚRN osazena radiostanicí Falcon II [vlastní]



Obrázek 4. Bojovník ÚRN s radiostanicí Falcon II [vlastní]

Technické specifikace radiostanice Harris Falcon II.

Kmitočtová pásma: 30-512 MHz s kanálovou roztečí 10 nebo 12,5 kHz.

Vysílací výkon: až 5 W

Baterie: Provozní doba: až 20 hod.

Rozměry: 7,4 x 23,1 x 4,1 cm

Šifrování: CITADEL I

Specifikace odolnosti: teplota prostředí -20°C - + 60°C, vlhkost 90% dle normy MIL-STD-810, ponoření do vody 2M dle normy MIL-STD-810 [4]

3 PŘENOS OBRAZU

Komunikace mezi jednotlivými členy týmu je klíčová, nicméně stále větší sofistikovanost „protivníků“ v rámci policejních zákroků a rozsáhlost zákroků si žádá také modernější přístup ze strany policie. V případě, že se jedná například o situaci s nasazením odstřelovačů nebo policejního vyjednavatele, je zpravidla budováno na místě policejní akce dočasné místo velení. V takové situaci je značnou výhodou přenos obrazu od jednotlivých týmů, ať se jedná o tým bojovníků nebo o odstřelovače do místa velení. Mezi zdroje obrazu mohou patřit samostatné kamery na helmě bojovníka, pohled skrze optiku odstřelovače, obraz z dronu a vrtulníku nebo statické kamery na stožárech či střechách budov vytvořených dočasně za účelem monitorování okolí policejní akce. Při statických kamerách se nabízí využití kamer městského kamerového systému. Toto se při reálných podmínkách jeví téměř jako nemožné, vzhledem k „neprovázanosti“ celého systému se systémy policie. Další z možností je pořizování fotografií či videozáznamů za pomoci fotoaparátů s teleobjektivy. Následný přenos těchto obrazových dat je ale s aktuálním vybavením poměrně komplikovaný. Nejjednodušší variantou je samozřejmě předání fotografie či videa skrze některou mobilní komunikační platformu, jako je např. WhatsApp. Tento způsob přenosu je ale z hlediska možného úniku informací nevhodný.

3.1 Přenos obrazu v rámci ZJ

V současné době nepoužívají ZJ žádnou vlastní speciální techniku pro přenos obrazu. Obecně lze ale v rámci policie využít tzv. systém S.O.V.A. . Jedná se o rádiový přenos mezi kamerami či termovizí policejního vrtulníku a pozemní pozorovací stanicí na vzdálenost v řádu desítek kilometrů. Přenos lze také uskutečnit prostřednictvím intranetového systému, kde je možné obraz sledovat prakticky kdekoli v rámci republiky. [5]



Obrázek 5. Pozemní stanice systému S.O.V.A. [6]

3.2 Přenos obrazu v rámci ÚRN

Při policejních akcích ÚRN je systém přenosu obrazu využíván v poměrně hojné míře. A to také vzhledem k tomu, že na rozdíl od ZJ má tento útvar také oddělení spojařů, které se zabývá technickou podporou zásahových skupin. Spojaři jsou schopni osadit kamerovou technikou vybrané místo např. na střeše nebo přímo na helmě bojovníka. Pokud se jedná o zajištění bezpečnosti při akcích většího rozsahu, jako bylo např. 100 let republiky nebo návštěva čínského prezidenta v Praze, je nezbytně nutný přenos obrazu z pozic odstřelovačů a z klíčových míst na střechách budov do místa velení, kde je vybudováno dočasné velicí středisko. Pokud je to možné, je přenos realizován kabelově, a to koaxiálním kabelem v případě analogových kamer nebo kabelem STP/UTP v případě kamer IP. Jestliže to vzdálenost a umístění od místa velení neumožňuje, je přenos realizován bezdrátově formou Wifi spoje v režimu point to point. Posledním typem přenosu, který je aktuálně využíván, je přenos pomocí GSM sítě skrze internet a rychlé spojení LTE. Zde se využívá miniaturních zařízení, které fungují jako video streamer, ke kterému lze připojit analogovou nebo IP kameru či jiný zdroj video signálu. Přenos pak probíhá zabezpečenou šifrovanou formou skrze mobilní internet na zabezpečené servery. Pro potřeby této práce není potřeba popisovat detailně každý kus techniky, který je používán.

Nejvýraznějším prvkem je ale video recorder/streamer Flashback 4G britské společnosti Ovation. Jedná se o zařízení, které je velikostí srovnatelné s větším mobilním telefonem. Jde

o velmi výkonný nahrávač video signálu z různých zdrojů, ať jde o analogové či digitální kamery nebo IP kamery, a to včetně zvuků. Zařízení je možné použít, jak pro skryté nahrávání, tak jako streamer videa skrze síť LTE na zabezpečený server. Zařízení dokáže přenášet po síti LTE signál ze čtyř zdrojů SD (720 x 480 px) videa nebo jednoho zdroje HD (1920 x 1080 px) videa.



Obrázek 6. Video streamer Ovation Flashback 4G [vlastní]

3.2.1 Přenos Fotografií v rámci ÚRN

Přenos fotografie je možné realizovat prakticky stejnými přenosovými kanály, jako přenos videa. Rozdíl je zde v tom, že na pořízení samotné fotografie jsou kladeny větší nároky z hlediska ovládání fotoaparátu, jako je jeho manuální nastavení clony, času a dalších parametrů ovlivňujících kvalitu fotografie. Fotoaparát s objektivem o velké ohniskové vzdálenosti, např. 100 – 400 mm, je umístěn na pevném stativu a připojen bezdrátově k odolnému tabletu. Ten umožňuje okamžité stažení a uložení fotografie bez nutnosti vyjmutí paměťové karty a následnou úpravu a rychlé odeslání fotografie na potřebná místa. Jako přenosový kanál je zde zvolen LTE internet v rámci mobilní sítě GSM. Pokud jde o použití fotoaparátu v rámci zelené části, kde může dojít k nedostupnosti mobilní sítě, je fotoaparát vybaven kabelovým výstupem pro video signál. Ten se následně přenáší kabelem nebo rádiově do nejbližšího místa s mobilním signálem, odkud je realizován přenos skrze LTE internet.



Obrázek 7. Fotoaparát Canon s objektivem 100-400 mm [vlastní]

4 PŘENOSOVÉ KANÁLY

Pro bezdrátový přenos obrazu a hlasu mezi jednotlivými členy závažového týmu, pozicemi odstřelovačů nebo jinými pozorovacími pozicemi je zpravidla využíváno bezdrátových technologií. Ať už se jedná o policejní systém sítě PEGAS, GSM síť s podporou LTE internetu, WiFi spojení, analogové rádiové spojení nebo pokročilou technologií WaveRelay MANET, pracují všechny tyto technologie na principu šíření rádiových vln o různých frekvencích. Každá ze zmíněných technologií má své výhody a nevýhody a je více či méně vhodná pro určité řešení přenosu hlasu či obrazu. Přenosové kanály zde nejsou záměrně děleny samostatně na kanály pro hlasovou a obrazovou informaci, jelikož jsou teoreticky použitelné pro obojí. V rámci aktuálního nebo možného použití jsou technologie využívány způsobem zřejmým z tabulky níže.

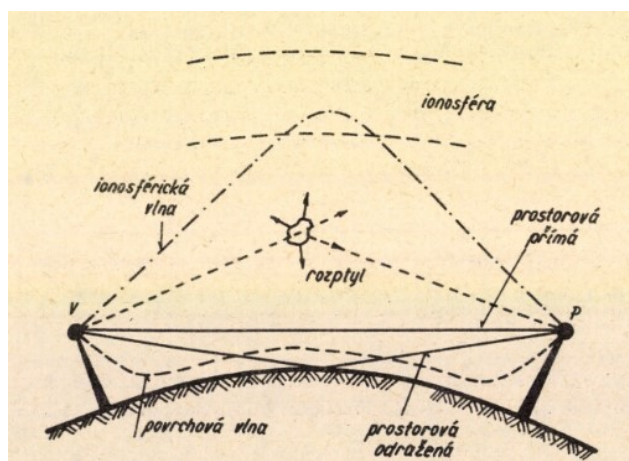
Tabulka 1. Typy spojení a jejich aktuální využití u ZJ/URN

Technologie spojení	hlavní využití	používá se u ZJ	používá se u ÚRN
Analogové/digitální radiostanice	hlas	NE	ANO
síť PEGAS	hlas	ANO	ANO - pouze pro součinnost s jinými složkami
LTE internet	obraz/hlas	NE	ANO
WiFi spojení	obraz	NE	ANO
WaveRelay Manet	hlas/obraz	NE	NE

4.1 Šíření rádiových vln

Rádiové vlny jsou druhem elektromagnetického vlnění, které se šíří mezi vysílací a přijímací anténou, tedy mezi vysílačem a přijímačem. Šíření rádiových vln dělíme na čtyři druhy:

- 1 - dolními vrstvami troposféry (vlna prostorová přímá a odražená)
- 2 - ohybem kolem země (vlna vedená rozhraním vzduch – Země)
- 3 - ohybem v ionizované části atmosféry (odrazem od vrstev ionosféry)
- 4 - rozptylem na nehomogenitách v atmosféře [7]



Obrázek 8. Šíření rádiových vln [7]

Rádiové vlny se mohou šířit všemi uvedenými způsoby, avšak jeden ze způsobů šíření je vždy dominující. O tom, který způsob šíření dominuje, rozhoduje délka spoje, druh a umístění antény a frekvence signálu, který se šíří. Z frekvence signálu lze podle vztahu $\lambda = c / f$ vypočítat vlnovou délku v metrech. Písmeno c značí rychlost světla, písmeno f pak frekvenci, pro kterou počítáme vlnovou délku. Níže uvedená tabulka obsahuje frekvence a přibližné vlnové délky jednotlivých druhů spojení, kterými se tato práce zabývá. Vzhledem k vlnové délce námi uvažovaných typů spojení, se bude zpravidla jednat o šíření vln dolními vrstvami troposféry, tedy vlnou prostorovou přímou a odraženou.

Tabulka 2. Přibližná vlnová délka a frekvence zkoumaných typů spojení

Název technologie	frekvence (Mhz)	vlnová délka (cm)
GSM 800	800	37,5
GSM 900	900	33,3
GSM 1200	1200	25
GSM 2100	2100	14,2
PEGAS (MATRA)	380	79
Wifi b/g/n	2400	12,5
Wifi a	5000	6
Analogová radiostanice PMR	446	67,2
WaveRelay MPU5 L pásmo	1300	23
WaveRelay MPU5 S pásmo	2200	13,6
WaveRelay MPU5 C pásmo	4500	6,6

4.2 Radiostanice a přenos hlasu

Běžná ruční radiostanice s analogovým přenosem využívá frekvenční modulaci mluveného hlasu do mikrofону na zvolenou nosnou frekvenci. Pokud uvažujeme nad jejím použitím, tak to, na jakou vzdálenost a jak čistý bude přenos, závisí na několika faktorech. Těmi jsou výkon a kvalita radiostanice, její umístění v prostoru a vzdálenost od druhé radiostanice, se kterou přenos probíhá. V takovémto případě neuvažujeme o použití převaděčů signálu, které mohou vzdálenost pro předání zprávy značně prodloužit. Jako příklad si zvolme dvě armádní radiostanice Harris Falcon II, které vysílají a přijímají ve frekvenčním rozsahu 30-512 MHz s vysílacím výkonem 5W. Teoretická vzdálenost takového spoje může být v řádu jednotek kilometrů. Bohužel ale pouze ve volném prostoru bez větších překážek, jako jsou například stavby nebo terén. V městské zástavbě dochází k mnoha odrazům signálu od budov, což má za následek výrazné snížení vzdálenosti spojení na stovky metrů, někdy i méně.

Při přenosu hlasu formou rádiového vysílání mezi dvěma účastníky lze přenos rozdělit na tři základní formy, a to simplex, poloduplex a duplex.

Simplexní přenos - simplex je jednosměrný druh rádiového přenosu hlasu mezi dvěma účastníky, kdy je pro jednoho účastníka vyhrazen pouze jeden kanál. Příkladem může být rozhlasové vysílání.

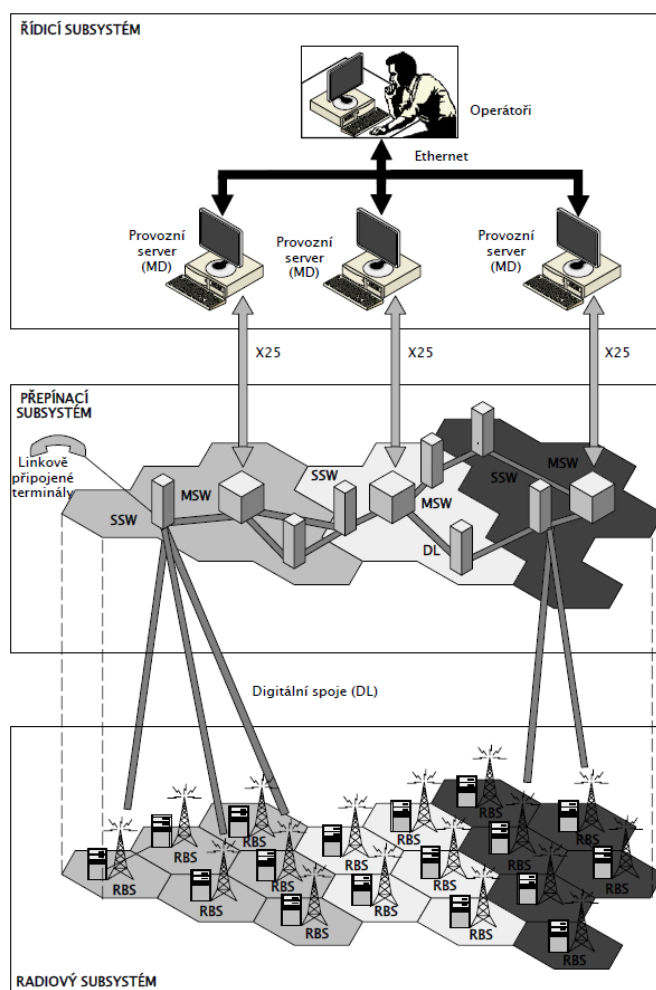
Poloduplexní přenos – poloduplex je nejrozšířenější způsob komunikace při použití radiostanic. Jeden kanál je využit pro komunikaci oběma směry. Zjednodušeně řečeno jeden účastník mluví a druhý poslouchá do doby, než je uvolněný komunikační kanál.

Plně duplexní přenos – duplex, používá se v rádiové komunikaci, a to tak, že každému účastníku je vyhrazený jeden kanál, účastníci tak mohou hovořit tzv. přes sebe, stejně jako je to při hovoru mobilním telefonem v síti GSM. [8]

4.3 Síť PEGAS

Síť PEGAS byla vybudována v letech 1995 - 2003 Ministerstvem vnitra České republiky a následně byla modernizována v roce 2016. Pracovní frekvence celé sítě je aktuálně v pásmu 380 – 395 MHz. Spojení mezi jednotlivými terminály, ať ruční nebo vozidlovou stanicí, funguje dvěma způsoby, a to formou individuálního volání na konkrétní stanici s konkrétním ID, podobně jako u sítě GSM nebo formou skupinových volání, kdy předávanou informaci slyší všichni členové předem stanovené skupiny. Mimo jiné je možné v rámci sítě provozovat textové zprávy, GPS pozici, zprávy o statusu, IP přenosy a nouzové volání. Síť PEGAS je využívána jak v rámci policie, tak v rámci ostatních složek IZS.

System PEGAS je v rámci toho, jakým způsobem je síť vystavěna, rozdělen na tři hlavní vrstvy, a to řídicí, rádiovou a přepínací vrstvu. [9]



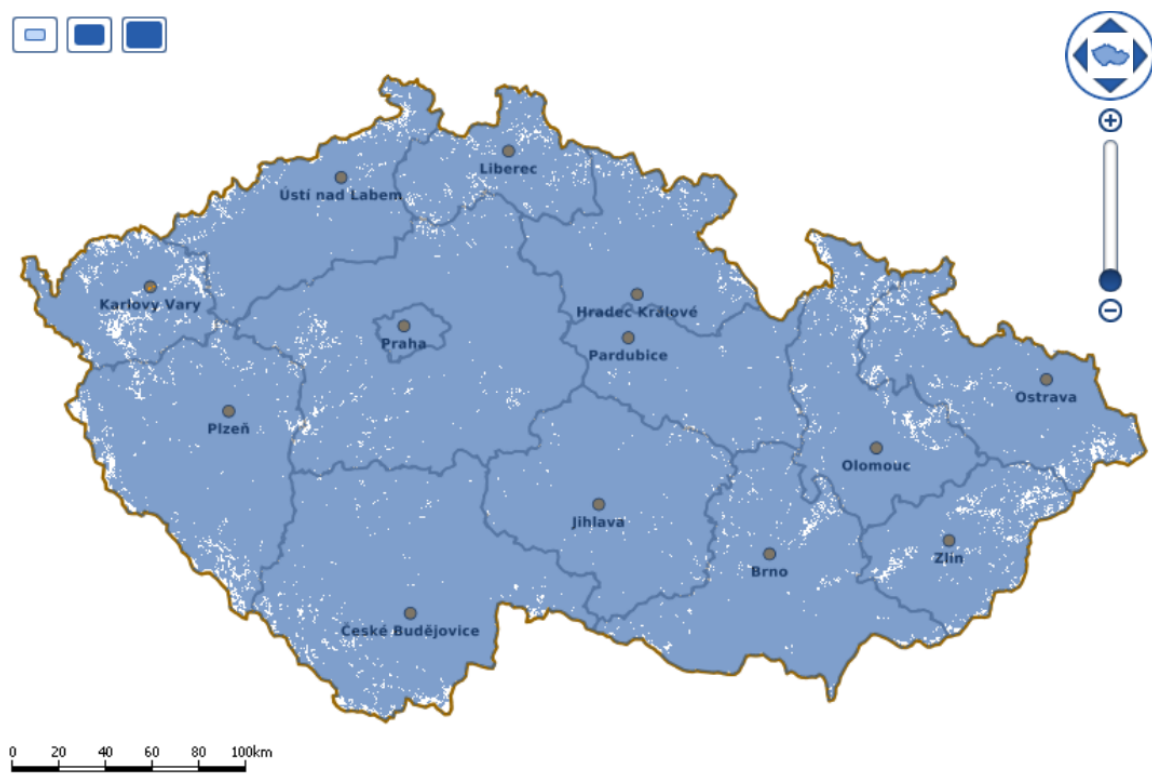
Obrázek 9. Struktura sítě PEGAS [10]

Rádiový provoz je v rámci celé sítě šifrován. Do sítě je možné se připojit pouze tím terminálem, který je v rámci sítě povolený a naprogramovaný. Odposlouchávání či napadení sítě je tak značně ztíženo. Teoretický dosah volání je díky systému buněk (převaděčů) prakticky neomezený v rámci celé republiky. Problém nastane, pokud se osoba, která chce provádět volání v rámci sítě, dostane mimo dosah signálu z buňky, například některé vojenské prostory, podzemní chodby, továrny apod. Dalším z problémů může být tzv. přetížení buňky. Pokud se na jednom místě sejde více terminálů, a to nejen od policie, ale také ostatních složek IZS, dojde k tomu, že buňka není schopna komunikaci kapacitně zpracovat a spojení vypadává a je nekvalitní. Síť má vlastní ochranu proti přetížení, kdy každý terminál má určenou prioritu připojení a je při přetížení do sítě vpouštěn dle této priority. [11] V praxi to znamená, že při přetížení se některé terminály vůbec nepřipojí.

4.4 LTE internet v síti GSM

Technologie sítě GSM je běžnou součástí každodenního života a nemá smysl ji pro účel této práce nějak zvlášť popisovat. Důležité je ale to, že díky technologii GSM můžeme využívat vysokorychlostní internet LTE. LTE je technologie, která slouží pro vysokorychlostní přenos dat v rámci mobilních sítí GSM.

LTE je dostupné v rámci České republiky od roku 2012, kde jako první začal signálem pokrývat republiku jeden ze tří hlavních mobilních operátorů, a to T-Mobile. Frekvenčně je technologie LTE provozována odděleně od hlasových služeb na frekvencích 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz a 2600 MHz. Teoretická rychlost v přenosu dat v síti LTE se pohybuje až 375 Mb/s při stahování a 50 Mb/s při odesílání dat. [12]



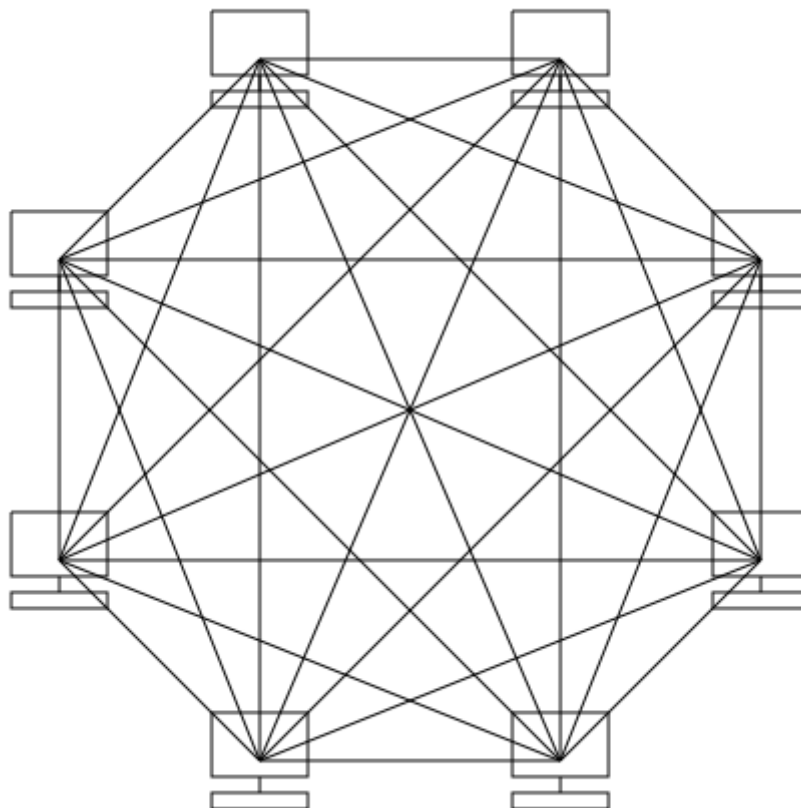
Obrázek 10. Mapa pokrytí LTE signálem - T mobile [13]

Na uvedeném obrázku je možné vidět pokrytí České republiky signálem technologie LTE u operátora T-Mobile. Podle informací, které operátor uvádí, je signálem pokryto více než 96% republiky. [14]

4.5 Wifi spojení

WiFi technologie je v dnešní době již řadu let používána pro bezdrátové připojení k počítačové síti či internetu. Pro účely práce se ale zaměřím na využití této technologie pro stavbu dočasného spojení určeného pro přenos obrazu z IP kamer. WiFi, jak ji dnes známe, pracuje na komunikačních frekvencích 2,4 a 5 GHz. V rámci budování vysokorychlostního spojení mezi dvěma místy tzv. point to point spoje, v uvažovaném případě pak dvě sousední budovy nebo střecha budovy a pozemní stanice, jsou pak využívány, mimo frekvence WiFi standardu IEEE 802.11, také spoje na velmi vysokých frekvencích např. 10, 24, 60 a 80 GHz. Pro policejní použití v rámci ÚRN je využíváno kratších spojů řádově na desítky až stovky metrů, pro které jsou nejvhodnější frekvence 60-80 GHz, a to z důvodů velmi nízkého rušení okolními vlivy. Další z možností je využití tzv. MESH WiFi sítí, nebo-li ad-hoc bezdrátových WiFi sítí. Topologie MESH sítě vychází z toho, že všechny prvky v síti jsou si rovny

a datové pakety si hledají k cíli ideální cestu. Pokud tedy některý z prvků sítě vypadne, je možné se do cíle dostat skrze jiný prvek. Mesh síť lze vystavět z běžných komerčních prvků, například vhodně nakonfigurovaných routerů značky Mikrotik se všesměrovou anténou. Jedná se o samo-konfigurující a samo-organizační síť. [15]



Obrázek 11. Architektura mesh sítě. [16]

4.6 WaveRelay MANET

Zkratka MANET značí Mobile Ad-Hoc Networking, tedy mobilní síť vytvářené dle potřeby. Jedná se o bezdrátové síť s nestabilní topologií, která se v průběhu času dynamicky mění. Síť nepotřebují žádnou centralizovanou strukturu nebo administrativu. Svou strukturou se podobají sítím typu mesh. Zásadní rozdíl je ale v tom, že jednotlivé nody (prvky) v síti mohou měnit svou pozici a tím dochází k neustálým změnám v routingu mezi nody, což je

u sítí typu mesh problematické a způsobuje zpomalování síťového provozu, ztrátu konektivity apod. [17]

Síť byla původně vyvinuta pro armádní účely. Na bojišti totiž neustále dochází ke změnám a pohybu jednotlivých prvků a tedy i ke změnám v síti.

WaveRelay je speciální typ MANET sítě, která byla vyvinuta americkou společností Persistent Systems. Jedná se o škálovatelnou peer to peer síť, která umožňuje díky své konektivitě v řádech desítek Mb přenášet hlas, data i video ve vysoké kvalitě. WaveRelay byl navržen tak, aby zajišťoval a udržoval konektivitu mezi vysokým počtem prvků (nodů) v síti. Výsledná topologie sítě je pak tzv. každý s každým (any-to-any). Klíčovou vlastností je to, že jakmile se od sebe dva prvky v síti WaveRelay Manet vzdálí, dochází ke snížení kvality signálu a k možné ztrátě konektivity. WaveRelay algoritmus se snaží tomuto předcházet a předtím, než ke ztrátě signálu dojde, přeměruje provoz skrze jiný nod v síti, čímž zamezí ztrátě signálu a snížení konektivity. V rámci WaveRelay je poskytován plně šifrovaný provoz při přenosu dat mezi jednotlivými prvky sítě, a to ve standardu AES 256 a HMAC 512. [18]

Klíčovým prvkem sítě WaveRelay MANET je radiostanice MPU5. Jedná se o vysoce odolnou radiostanici pracující ve třech různých frekvenčních pásmech, které jsou volitelné a vyměnitelné v rámci modulů radiostanice dle potřeby. Jedná se o frekvenční pásma v oblastech 1,3 GHz, 2,2 GHz a 4,5 GHz. V rámci sítě se pak každá radiostanice chová jako samostatný nod. Síť, kterou radiostanice vytvářejí, je prakticky počítačovou sítí s přenosovými protokoly TCP/IP. Skrze síť je tedy možné přenášet jakákoli data, jako v rámci počítačové sítě, provádět směrování a propojování do jiných sítí, do internetu apod.

5 POROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ

V této kapitole se budu zabývat porovnání jednotlivých uvažovaných technologií z hlediska jejich využití pro přenos hlasu a videa. Budu porovnávat aktuální vybavení speciálních jednotek Policie České republiky (dále jen „policie“), a to ve dvou skupinách pro přenos hlasu a pro přenos obrazu. Ve skupině pro přenos hlasu, tedy komunikaci, budou porovnávány technologie:

- Analogové rádiové spojení reprezentováno radiostanicí Harris Falcon II
- Digitální rádiové spojení v síti PEGAS, reprezentováno terminálem TPH 900
- Digitální spojení v rámci sítě MANET WaveRelay reprezentováno radiostanicí MPU5

Ve skupině pro přenos videa budou porovnávány následující technologie:

- LTE mobilní data, přenášení videa pomocí zařízení FlashBack 4G
- WiFi Mesh systém, reprezentováno MESH Wifi routerů Mikrotik
- WaveRelay MANET, reprezentováno radiostanicí MPU5

5.1 Analogové rádiové spojení

Analogové rádiové spojení je jednou ze základních komunikačních technologií. Jeho hlavní výhodou je jednoduchost a nezávislost na okolní infrastruktuře. V případě radiostanice Harris Falcon II je možné nouzově zvolit frekvence z poměrně širokého rozsahu 30-512 MHz, čímž lze upravit vlastnosti daného spojení podle použití v městské zástavbě nebo v otevřeném terénu. Stanici lze nastavit do režimu vysílání s vysílacím výkonem 5 Wattů, což zabezpečuje vysoký vysílací výkon. Výhodou je také možnost zvolení součinnostní frekvence při spolupráci s armádou. Není tedy nutné půjčovat celou radiostanici, ale na vybraných stanicích pouze naladíme součinnostní kanál. Nezávislost spojení na infrastruktuře je ale zároveň zásadní nevýhodou. Pokud jsou vysílací a přijímací stanice mezi sebou v nevýhodném postavení z hlediska okolních budov nebo vzdálenosti, dochází ke snižování kvality přenášeného signálu až k jeho ztrátě. V praxi pak může nastat situace, že jsou od sebe dvě skupiny vzdálené 500 metrů v husté zástavbě a nejsou schopny se spojit. Jedním z řešení tohoto problému je možné využít mobilních převaděčů, které vytvoří propojovací rádiový bod mezi dvěma skupinami. Bohužel ani toto řešení není stoprocentní a při rychlých přesunech z místa na místo je neefektivní.

5.2 Digitální rádiové spojení

Z hlediska použití může digitální rádiové spojení fungovat stejným způsobem bez infrastruktury jako spojení analogové. V případě policie a jejích spojovacího systému budeme řešit spojení v rámci sítě PEGAS, tedy sítě s vybudovanou infrastrukturou buněk, které slouží podobně jako u sítě GSM k šíření signálu. Pokrytí téměř celé republiky touto sítí je největší výhodou sítě PEGAS. Komunikovat tedy lze i bez přímé viditelnosti mezi spojovacími body, na vzdálenost stovek kilometrů, napříč celou republikou. I přes to, že systém je dostatečně dimenzován na běžný provoz, byl jsem svědkem několika událostí, kdy se rádiové terminály odpojovaly od sítě z důvodu ztráty signálu. K těmto událostem docházelo v budovách, ve vojenských prostorech bývalých i současných, odloučených lokalitách a v místech s vysokým výskytem terminálů sítě a následném přetížení buňky. Zásadní nevýhodou je tedy závislost na zbudované infrastruktuře. Se stanicemi TPH 700 nebo 900 je možné přenášet hlas podobně jako s analogovými radiostanicemi, tedy v tzv. DIR režimu, toto spojení je pak nezávislé na budované infrastruktuře. Bohužel nastavení komunikačního kanálu je v průběhu již běžící akce v rámci týmu velmi komplikované a výškový výkon 2 Watty také není dostačující. Další nevýhodou je, že při běžné situaci, a tedy spolupráci ZJ s ÚRN, není možné oba komunikační systémy Harris vs. Matra společně propojit, a proto je nutné vzájemné půjčování radiostanic na místě velení.

5.3 Digitální MANET WaveRelay - hlas

Radiostanice MPU5, která je jedinou přenosnou radiostanicí na trhu s podporou technologie WaveRelay MANET, je stanicí digitální. Největší a nejzásadnější výhodou této technologie je to, že prakticky každá stanice v okolí funguje jako rádiový převaděč. Spojení není závislé na žádné infrastruktuře. Spojení je realizováno v režimu any-to-any, tedy každý s každým. Díky těmto vlastnostem je možné celou rádiovou síť prakticky libovolně rozšiřovat z hlediska velikosti policejních akcí. Pokud jsou stanice předem správně nastaveny, stačí pouze otočit zapínacím tlačítkem na zvolený kanál a vše funguje. Jakmile stanice začne ztrácet signál, dojde k okamžitému vyhledání další bližší stanice a provoz je přeměrován skrze tuto stanici. Při součinnosti s jinými složkami je každá stanice vybavena portem pro připojení externí radiostanice. Celá sestava pak funguje jako rádiová brána s technologií RoIP tzv.

Radio over IP a umožní převést analogový audio signál (hlas) z připojené stanice na datové pakety, které pak posílá v rámci celé sítě WaveRelay MANET jako hlas. Při připojené radiostanici se převádí pouze audio kanál. Nehrají tedy roli rozdílné frekvence, šifrování a další nesourodé parametry připojených stanic. Několika málo nevýhodami stanice je její velikost a cena pohybující se okolo 300 000,- Kč za stanici bez příslušenství.



Obrázek 12. MPU5 jako RoIP [19]

5.4 LTE mobilní datový přenos

Přenos dat skrze mobilní síť GSM a vysokorychlostní internet realizovaný technologií LTE má při činnosti speciální jednotky své nezastupitelné využití. V České republice jsou dostupné sítě tří největších operátorů, kteří podle dat v době vytváření této práce pokrývají téměř celou Českou Republiku. Konkrétně Vodafone 94,1% , T-Mobile 95,8% a O2 pak 95,7% plochy území. [20]

Výhodou je velikost zařízení, která se k přenosům používají. Například 4 kanálový rekordér videa FlashBack 4G, doplněný o LTE modul s možností streamování 4 kanálového videa v SD nebo 1 kanálu v HD kvalitě, společnosti Ovation, se včetně baterie vejde do dlaně. Bohužel i tato technologie má své nevýhody, jako je závislost na infrastruktuře operátorů, možnost přetížení jednotlivých buněk - zejména ve svátky, anebo v případě poškození vlivem útoku či jiné mimořádné události.

5.5 Wifi MESH

Technologie WiFi v síťové topologii MESH může být využita při instalaci spojení se stacionárními kamerami, budování spojů mezi stojícími vozidly nebo mezi posty odstřelovačů a velícím štábem. Pokud je mezi jednotlivými body nezastíněný výhled a dobré podmínky

umístění antén, jako je výška nad zemí, orientace apod. funguje systém poměrně spolehlivě. Problém nastává, pokud je potřeba dynamicky měnit pozice jednotlivých stacionárních antén nebo vozidel s anténami. V případě, že je dostatek času na přípravu a zbudování systému, jsou výhodou vysoké přenosové rychlosti a díky tomu možnost přenosu videa z HD kamer na vzdálenosti stovky metrů. Nevýhodou je, že tento systém není možné reálně používat v zalesněných oblastech nebo oblastech, kde není možné vybudovat vlastní malou infrastrukturu z antén jednotlivých propojovacích bodů. Další z potíží je časová náročnost systému na jeho zbudování.

5.6 Digitální MANET WaveRelay – obraz

Jak bylo uvedeno v předešlém textu, radiostanice MPU5 mezi sebou vytvářejí počítačovou síť. Díky této vlastnosti je možné přímo do radiostanice připojit IP kameru nebo libovolnou analogovou kameru, protože samotná radiostanice je vybavena HD video enkodérem dle standardu H.264, který umožňuje kompresi videa z analogového vstupu. Radiostanice je pro připojení analogového vstupu vybavena konektorem mini BNC, díky kterému je možné pomocí případných redukcí připojit jakýkoli analogový výstup videa. Kdekoli je tedy umístěna radiostanice, ať už na statické pozici nebo na vestě operátora, je možné přenášet video z jednotlivých pozic, což je velkou pomocí pro velení při kritických rozhodovacích procesech. Stejně tak je možné každou radiostanici vybavit odolným externím displejem s ovládním, případný operátor tedy může obraz videa sledovat skrze svou stanicí a připojený externí displej.

Typickým příkladem, který je uvedený na obrázku č. 11, je pozice odstřelovače na jednom z policejních cvičení. Odstřelovač má na své pušce osazenou optiku s průhledovým snímačem obrazu, tento je napájen z baterie umístěné na těle zbraně a pomocí síťového kabelu UTP připojený k radiostanici MPU5, která zajišťuje přenos obrazu v rámci celé WaveRelay MANET sítě.



Obrázek 13. Odstřelovač a přenos videa z optiky [vlastní]

5.7 Porovnání technologií - závěr

Z výčtu kladů a záporů jednotlivých technologií je patrné to, že každá z technologií je vhodná pro jiné zaměření. Pro použití v tzv. černé a zelené části činnosti speciální jednotky policie, je dle mého názoru nejvíce vhodné využití technologie WaveRelay MANET s radiostanicemi MPU5. Výhody celého systému spočívají v jeho robustnosti, nezávislé infrastruktuře, rychlém nasazení bez potřeby další speciální konfigurace v terénu a jednoduchosti pro použití operátorem speciální jednotky.

Pro použití v šedé části pak získávají výhodu analogové či digitální radiostanice pro přenos hlasu, a to zejména pro svou velikost a možnost skrytého nošení v kombinaci s některým ze zařízení pro přenos videa nebo fotografií skrze LTE.

WiFi Mesh systém je vhodný pouze pro předem plánované a statické akce, zejména ve městě, a to pro přenos obrazu z většího počtu staticky umístěných kamer.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 NÁVRH SYSTÉMU

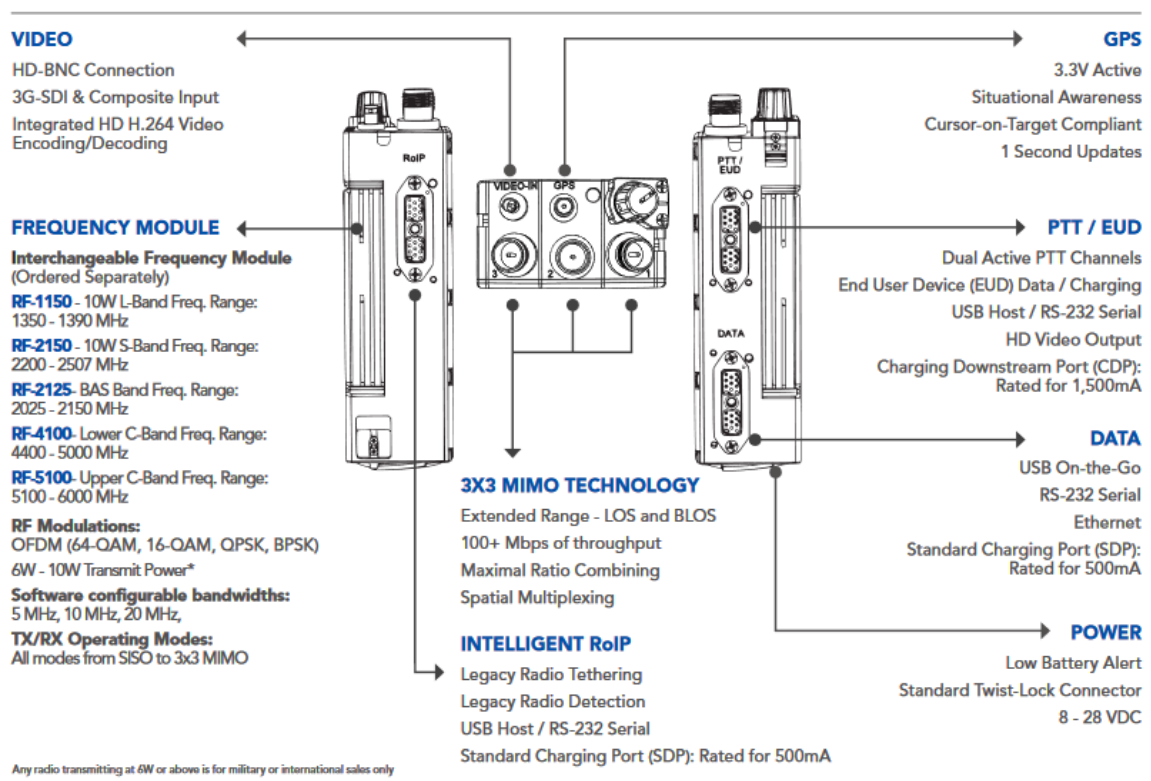
V praktické části se nyní budu zabývat návrhem komplexního systému pro bezdrátový přenos obrazu ve smyslu videa či fotografií a hlasu ve smyslu komunikace. Nejprve je potřeba si určit potřeby, které vycházejí z použití těchto technologií speciální jednotkou policie. Hlavním a zásadním prvkem každé policejní akce je přenos informací, a to mezi jednotlivými členy zásahového týmu, mezi jednotlivými týmy a mezi velením policejní akce. Vycházejme z toho, že policejní akce může probíhat v rámci jednoho nebo více prostředí současně. Typickým příkladem je kombinace šedé části s policisty pracujícími v civilním oděvu a černé části se zásahovým týmem pro vniknutí do objektu. Je potřeba tedy zabezpečit oddělené komunikační kanály pro jednotlivé skupiny zásahu, společný kanál pro velení, kanály pro přenos videa, ať už z kamer statických nebo třeba obrazu z dronu. Výsledný navržený systém bude kombinací všech zmíněných technologií přenosu v jeden komplexní celek, ve kterém bude hlavní roli hrát radiostanice MPU5 a síť WaveRelay MANET.

6.1 Hlavní komunikační prostředek MPU5

Jako hlavní spojovací prostředek pro přenos hlasu a obrazu navrhuji radiostanici MPU5 vybavenou potřebným příslušenstvím, dle toho k jakému účelu bude stanice sloužit. Z předchozích kapitol víme, že každá stanice funguje jako samostatný nod v síti WaveRelay MESH a zvyšuje tak prakticky komunikační dosah mezi krajními prvky této sítě. Vzhledem k tomu, že mezi stanicemi je vytvořena síť TCP/IP, prakticky nezáleží na tom, zda budeme posílat hlas nebo data ve formě fotografií či videa. Pro hlasové služby je zde vyhrazeno 18 hlasových kanálů přepínatelných na kanálovém voliči.

Radiostanice pracuje na operačním systému Android, který byl speciálně pro tyto účely upraven. Vysílací výkon je nastavitelný až do výkonu 10 Watt. Radiostanice je odolná proti pádu a proti ponoření do vody až do hloubky 20 metrů.

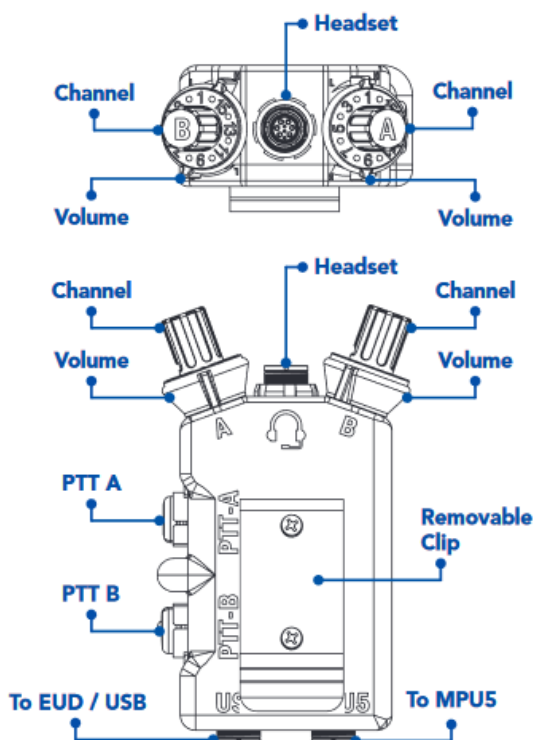
Pro připojení dalších periférií slouží po stranách radiostanice tři 22 pinové konektory.



Obrázek 14. Technické specifikace MPU5 [21]

6.1.1 Konektor PTT/EUD

Základním příslušenstvím pro komunikaci je PTT tlačítko, které slouží pro vysílání a součástí jehož modulu je i konektor pro připojení střeleckých sluchátek s mikrofonem a příposlechem radiostanice. Pro komunikace na více kanálech je pak výhodné použít tzv. Dual PTT, který umožňuje separátní komunikaci na dvou nezávislých kanálech s možností její volby a nezávislého vysílání na některý ze zvolených kanálů. Dual PTT je vybaveno dvěma klíčovými tlačítky pro vysílání do předvolené hovorové skupiny A nebo B. V praxi to pak může vypadat tak, že velitel zásahového týmu má například na voliči A napevno zvolený kanál č. 1 a na tomto přijímá/vysílá ke zbylým členům svého týmu. Na voliči B volí mezi ostatními kanály kde má připraveno spojení na velení policejní akce, odstřelovače anebo další zásahový tým v oblasti. Stejně tak je možné nastavit, aby slyšel například v levém sluchátku hovorovou skupinu A a v pravém sluchátku hovorovou skupinu B.



Obrázek 15. DualPTT [22]

Druhou funkcí konektoru PTT/EUD je připojení externího displeje v podobě odolné 5 palcové obrazovky vybavené dotykovým displejem s možností využívání vlastních aplikací, ale zejména pak pro sdílení nebo vyhodnocování informací. Díky připojenému displeji je možné, aby velitel týmu viděl obrazy z venkovních kamer nebo obraz či fotografie z pozorovacího stanoviště odstřelovačů.

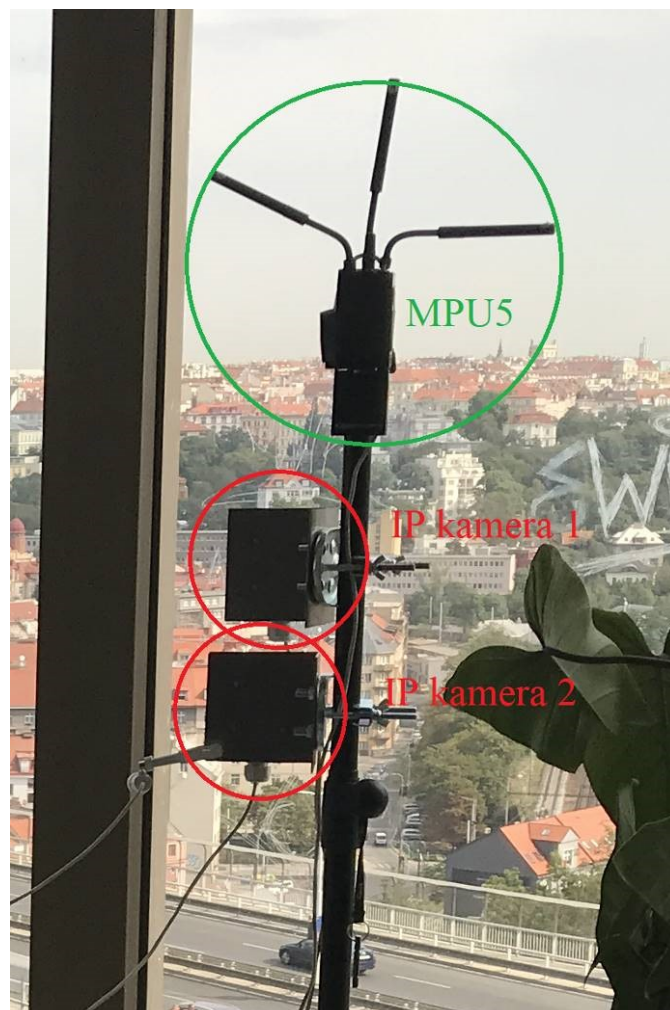
Celá téměř kompletní sestava pak vypadá následovně jako na obrázku níže. Radiostanice MPU5 ve spojení s DualPTT, ke kterému jsou připojena střelecká sluchátka s mikrofonem a externí odolný výklopný displej. Displej je z hlediska své velikosti vhodný zejména pro pozici velitele týmu nebo spojaře, který následně informace předává dále. Pro samostatného bojovníka v rámci policejní práce je dle mého názoru spíše na obtíž.



Obrázek 16. Bojovník osazený MPU5 s příslušenstvím [23]

6.1.2 Konektor DATA

V rámci sítě WaveRelay MANET dochází k vytvoření počítačové sítě a je tedy potřeba, aby bylo možné do této sítě připojit další prvky a to nejen další radiostanice MPU5. K této činnosti slouží konektor s označením DATA, ke kterému je možné připojit datový kabel zakončený standardním síťovým rozhraním s RJ45 samicí. Díky tomuto vstupně výstupnímu rozhraní je možné připojit k radiostanici a tedy i k celé síti IP kamery, ale také notebooky, počítače nebo třeba vhodně nakonfigurovaný LTE router a poskytnout tak do sítě internetové připojení. Typickým příkladem je jedna nebo více IP kamer umístěných na stativu nebo malém stožáru. Kamery jsou připojeny do switchu poskytující POE napájení a ze switchu následně do radiostanice. Důležité je, že radiostanice je využita jako přenosový prvek do sítě, propojení s kamerou a napájení samotné kamery je řešeno dle situace, zda je přístup k napájení ze sítě nebo zda je zvoleno napájení 12/24V z externí baterie.



Obrázek 17. MPU5 s připojenými IP kamerami [vlastní]

S přenosem obrazu, který je realizován připojením příslušenství ke konektoru DATA, souvisí také samostatný video - enkodér, kterým je radiostanice vybavena. Na horní straně radiostanice je umístěn konektor miniBNC , který slouží jako vstup enkodéru. Po připojení externího analogového video signálu, radiostanice tento automaticky enkóduje na signál digitální. Za pomoci h.264 komprese je možné v rámci zbudované sítě nekódovaný a komprimovaný video signál přenášet. Nejčastěji je tohoto využíváno jako vstup pro analogový video signál, například pro připojení kamery umístěné přímo na helmě operátora speciální jednotky, nebo při připojení zařízení, které nejsou vybaveny digitální výstupem videa, jako jsou například termovizní pozorovací prostředky, různé speciální kamery apod. Na obrázku číslo 17, je vidět jak jednoduché je dostat do sítě obraz z pozorovacího prostředku.

V tomto případě se jedná o termovizní monokulár, který je vybavený analogovým video

výstupem. Napájení zařízení je řešeno samostatně a tudíž stačí pouze propojit výstup z termovize do vstupu video enkodéru radiostanice.

Na dalším obrázku číslo 18, je přijímací strana s radiostanicí připojená k notebooku skrze síťové rozhraní. Zde se přijímá stream přes RTSP protokol. Notebook pak může být umístěn na straně velení, anebo je možné sledovat video na výklopném EUD displeji přímo u velitele zasahujícího týmu.



Obrázek 18. MPU5 přenos obrazu termovizního pozorovacího prostředku [vlastní]



Obrázek 19. MPU5 příjem obrazu na odolném notebooku [vlastní]

6.1.3 Konektor RoIP

Každá radiostanice MPU5 je vybavena konektorem s označením RoIP. RoIP zkratka znamená „*radio over ip*“. Jedná se o technologii, která dokáže přenášet audio signál připojené radiostanice skrze počítačovou síť. Jde v podstatě o obdobu technologie volání VoIP, ale včetně klíčování, tedy funkce PTT. [24]

Při praktickém použití stačí tedy na některou ze stanic MPU5 v síti připojit radiostanici jiné sítě, například digitální stanici sítě PEGAS TPH 700 a nastavit na samostatný součinnostní kanál a ostatní jednotky policie, které nejsou vybaveny MPU5. Na předvoleném kanálu je tedy možné poslouchat a také vysílat do jiné sítě, v tomto případě sítě PEGAS. Tímto způsobem je tak možné vyřešit nekompatibilitu systému s radiostanicí MPU5 s ostatními spojovacími prostředky užívanými v rámci policie, armády nebo jiných složek, se kterými je potřeba v rámci zákroku komunikovat.

V případě rozsáhlých akcí, kde zasahuje velké množství složek jako je například teroristický útok, držení velkého množství rukojmích apod. Je komunikační přístup do sítě MPU5 řešený speciálními RoIP branami, které je možné osadit více radiostanicemi najednou. Odpadá tak systém 1x MPU5 vs. 1x radiostanice jiné sítě.

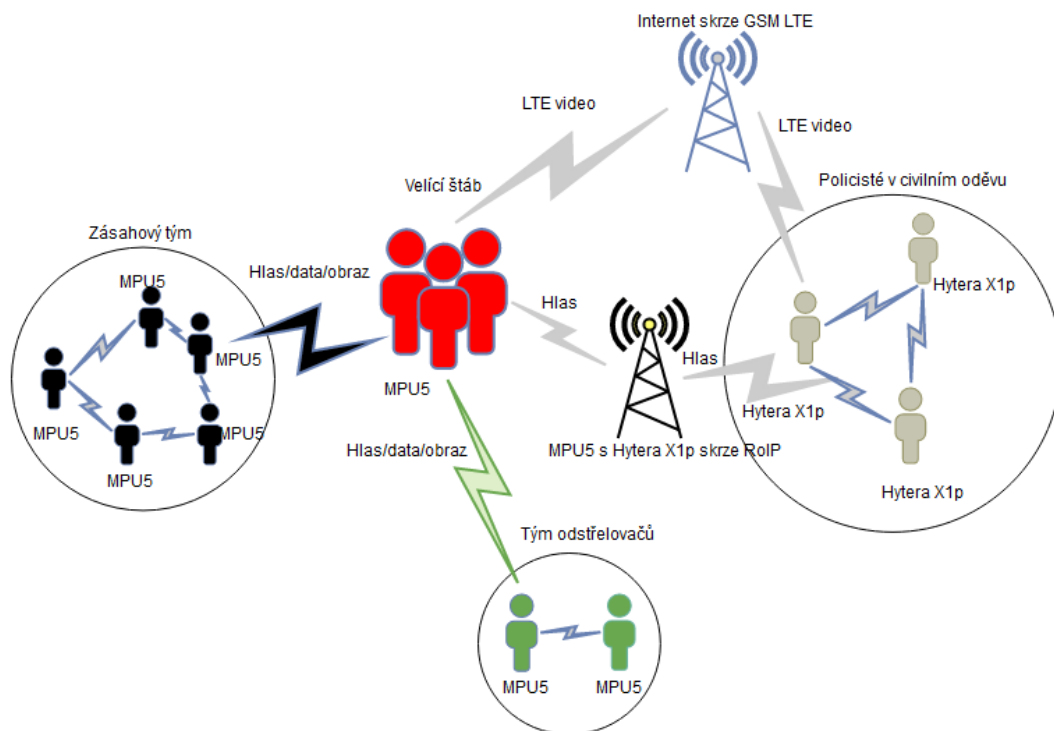
K tomuto účelu bych ze zkušenosti, doporučil rádiovou bránu společnosti Cistech s označením GV-1 2040. Jedná se o čtyřportovou bránu, která se do sítě WaveRelay MANET připojuje skrze síťové rozhraní na některém z nodů sítě. Zpravidla je tato brána umístěna ve velícím štábu. Umožňuje připojení až čtyř různých rádiových sítí a jejich komunikaci skrze síť radiostanic MPU5. Pokud z nějakého důvodu například velitel záahového týmu potřebuje komunikovat například s vrtulníkem policie nebo se členy týmu policistů, kteří pracují v utajení a využívají skryté analogové radiostanice, jednoduše zvolí předvolený kanál a vstupuje do vytvořené hovorové skupiny.



Obrázek 20. Rádiová brána Cistech GV1-2040 [25]

6.2 Vzorový návrh topologie a vybavení

Vycházejme z modelové topologie činnosti, a to takové, že je dán zásahový tým o pěti členech, tým odstřelovačů o dvou členech, tým policistů v civilním oděvu o třech členech a velící štáb.



Obrázek 21. Topologie sítě s využitím MPU5 [vlastní]

Tabulka 3. Vzorový návrh vybavení

Tým	Spojení	PTT	Obraz
Zásahový tým			
velitel	MPU5	DualPTT	výklopný displej připojený k MPU5
střelec	MPU5	jednokanálové PTT	kamera na helmě vstup do MPU5
střelec	MPU5	jednokanálové PTT	-
střelec	MPU5	jednokanálové PTT	-
specialista	MPU5	DualPTT	výklopný displej připojený k MPU5
Tým odstřelovačů			
odstřelovač č.1	MPU5	DualPTT	pozorovací prostředek nebo optika na pušce osazena kamerou se vstupem do MPU5
odstřelovač č.2	MPU5	DualPTT	
Policisté v civilním oděvu			
policista č. 1	Hytera X1p	jednokanálové bezdrátové PTT	Flashback 4G se skrytou kamerou, stream skrze LTE do štábu
policista č. 2	Hytera X1p	jednokanálové bezdrátové PTT	-
policista č. 3	Hytera X1p	jednokanálové bezdrátové PTT	-
Velící štáb	MPU5	DualPTT	Obraz přijímán na noteboocích připojených do WaveRelay MANET sítě s MPU5
	MPU 5 na stožáru sloužící jako RoIP a připojenou Hytera X1p		

Z topologie je zřejmé, že v tomto vzorovém příkladu dochází ke kombinaci několika přenosových technologií. Jako hlavní přenosový kanál je zvolen WaveRelay MANET s radiostanicí MPU5. Dalším typem spojení jsou radiostanice Hytera X1p umožňující jak analogový tak digitální provoz. Tyto stanice byly vybrány pro svou velikost, díky které jsou vhodné pro skryté nošení pro policistu v civilním oblečení pracujícího skrytě. Jako kanál pro přenos obrazu a fotografií z týmu policistů v civilu byl zvolen LTE internet. Všechny kanály spojení se sbíhají ve velícím štábu. Tam kde je skrze MPU5 přenášen hlas i obraz není potřeba dalších doplňků. U skupiny policistů se stanicemi Hytera je obousměrný prosup do sítě WaveRelay MANET řešen RoIP bránou na MPU5, která je společně s Hytera X1p umístěna na stožáru nebo jiném vyvýšeném místě pro lepší příjem a vysílání ze stanic týmu v civilu.

V tabulce je uvedeno doporučení osadit velitele zásahového týmu a specialistu výklopným displejem pro příjem obrazových a jiných informací ze štábu nebo kamer. Odstřelovači přenášejí ze své pozice obraz z kamery připojené na optiku pušky a také z jiných pozorovacích prostředků, jako je například termovize.

Vybraní členové jsou vybavení DualPTT společností Persistent Systems, které umožňuje vysílání a příjem na dvou nezávislých kanálech. Pro velitele týmu je vždy jeden kanál vyhrazen pro spojení s týmem, druhý pak volitelný pro spojení se štábem, odstřelovači nebo týmem policistů v civilu. Odstřelovači jsou také vybaveni tímto systémem a pro oddělení komunikace mezi sebou a mezi ostatními prvky. Specialista využívá své DualPTT pouze pokud zastupuje funkci velitele ve smyslu řízení komunikace jako záloha. V rámci velícího štábu, kde se sbíhají všechny komunikační kanály, je DualPTT důležité pro to, že na každé tlačítko klíčování A a B je možné nastavit kterýkoli z 16 dostupných hovorových kanálů a rychle tak přepínat a předávat příkazy do jednotlivých skupin.

Celý systém je nastavený tak, že pokud je hlavním komunikačním kanálem MPU5 je možné jej řetězit a budovat v případě přidávání dalších prvků jako je připojení dalších týmů, kombinace dalších spojovacích systémů nebo zdrojů obrazu. Vše je závislé jen na kapacitě přenosových kanálů. Kapacita se reálně pohybuje v desítkách Mbit/s v závislosti na kvalitě spojení.

7 MODELOVÉ SITUACE A PŘENOSOVÉ TECHNOLOGIE

Na následujících modelových scénářích bude vysvětleno, jakým způsobem jsou jednotlivé technologie limitující a jaké mají pro dané použití výhody či nevýhody. Jak bylo uvedeno na začátku práce, existují tři základní části činnosti speciální jednotky - černá, šedá a zelená část. Na těchto částech je možné navrhnout modelové scénáře a využití přenosových kanálů pro hlas a obraz s poskytovanými výhodami i nevýhodami. Všechny části činností se mohou prolínat. V modelových situacích budou řešeny mezní situace z hlediska navazování spojení, kdy například v dané lokalitě není pokrytí signálem, není dostupná nebo je poškozená infrastruktura apod. V rámci výhod a nevýhod bude provedeno porovnání v tabulkách pro jednotlivé části činnosti. Písmeno X v tabulce značí, že výhoda či nevýhoda pro dané prostředí a danou technologii neexistuje nebo je minimální.

7.1 Zelená část

Mějme opuštěný objekt blízko hraničního pásma uprostřed lesa. Pachatel drží v objektu rukojmí. Jedná se o oblast, která má velmi špatné pokrytí mobilním signálem pro rychlý LTE internet a je zde velmi omezené pokrytí signálem pro síť PEGAS.

Přenos hlasu: Z nedostupnosti pokrytí pro síť PEGAS je zřejmé, že běžné policejní terminály sítě PEGAS je možné použít pouze v tzv. DIR módu s omezeným dosahem, který v zalesněné oblasti bude značně omezen. Jako hlavní spojovací prvek se nabízí analogové či digitální radiostanice s dostatečným výkonem například Harris Falcon II nebo Hytera X1p, případně MPU5.

Přenos obrazu: Pro přenos obrazu, zde není možné využít ani LTE internet ani WiFi Mesh systém, a to z důvodu nekvalitního pokrytí a z důvodu zalesněné oblasti, kde se WiFi Mesh buduje obtížně a pouze na krátké vzdálenosti. Opět se v tomto případě nabízí jako hlavní přenosový kanál WaveRelay MANET.

Tabulka 4. Zelená část a výhody/nevýhody přenosových kanálů

Zelená část		
Spojovací prostředek	Výhody	nevýhody
analogová/digitální radiostanice	funguje bez infrastruktury	nepodporuje přenos obrazu
síť PEGAS	X	bez signálu (infrastruktury) pouze omezený dosah, nepodporuje přenos obrazu
Wifi spojení	X	nefunguje spolehlivě v zalesněném terénu, vyžaduje delší přípravu
LTE internet	X	bez signálu (infrastruktury) nefunkční
WaveRelay MANET	funguje bez infrastruktury, jeden přenosový kanál pro hlas i obraz	X

7.2 Černá část

Mějme objekt banky umístěný v krajském městě, kde probíhá loupežné přepadení, pachatelé drží zaměstnance banky jako rukojmí. Signál pokrytí pro LTE internet a síť PEGAS je zde v dostatečné kvalitě.

Přenos hlasu: Z popisu modelové situace vyplývá, že je možné hlas přenášet prakticky jakýmkoli způsobem, ať analog/digitální radiostanicí, skrze policejní síť PEGAS, tak i skrze WaveRelay MANET. V tomto případě je z hlediska potřeby spojení s dalšími složkami IZS nejjednodušší použít síť PEGAS. Bohužel zde musíme opět řešit jiný přenosový kanál pro přenos obrazu.

Přenos obrazu: V případě dostatečného času na přípravu je možné pro přenos obrazu z pozic odstřelovačů použít Wifi MESH systém a statické kamery na stožárech či střechách. Stejně tak je možné přenášet obraz ze zasahujícího týmu pomocí LTE internetu nebo skrze WaveRelay MANET.

Tabulka 5. Černá část a výhody/nevýhody přenosových kanálů

Černá část		
Spojovací prostředek	výhody	nevýhody
analogová/digitální radiostanice	funguje bez infrastruktury	nepodporuje přenos obrazu
síť PEGAS	možnost spojení s jinými složkami IZS	nepodporuje přenos obrazu
Wifi spojení	připojení většího množství kamer s vysokým rozlišením	X
LTE internet	přenos videa z pohyblivých kamer na členech zásahového týmu	X
WaveRelay MANET	funguje bez infrastruktury, jeden přenosový kanál pro hlas i obraz	X

7.3 Šedá část

Mějme schůzku dvou podezřelých z přípravy teroristického útoku. Schůzka probíhá ve městě na venkovní zahrádce restaurace. Pokrytí signálem LTE i sítě PEGAS je zde v dostatečné kvalitě.

Přenos hlasu: Při této modelové situaci je teoreticky možné použít jakýkoli spojovací prostředek. Vzhledem k tomu, že se jedná o práci v tzv. šedé části, je zde kladen důraz na to, aby policisté v civilu nebyli odhaleni. Jako možný přenosový kanál mezi týmem „na zemi“ připadá v úvahu mobilní telefon, který ale z hlediska týmové komunikace neposkytuje dostatečnou dynamiku spojení. Výhodnější z hlediska nezávislosti na infrastruktuře a z hlediska jednoduchého skrytí stanice se jeví jako ideální analog/digitální radiostanice. WaveRelay MANET zde vzhledem k velikosti stanice MPU5 není vhodný, stejně tak využití sítě PEGAS, stanice TPH 700 a podobné.

Přenos obrazu: V případě tohoto modelového scénáře, kde je potřeba sledovat schůzku při které se mohou osoby přesouvat, je nejvýhodnější zvolit jako přenosový kanál LTE internet. Kamera může být umístěna skrytě na některém z policistů, kteří provádí sledování. V případě statické kamery nebo ukrytých odstřelovačů v některé z budov, je možné použít pro přenos WaveRelay MANET, zde velikost není problémem.

Tabulka 6. Šedá část a výhody/nevýhody přenosových kanálů

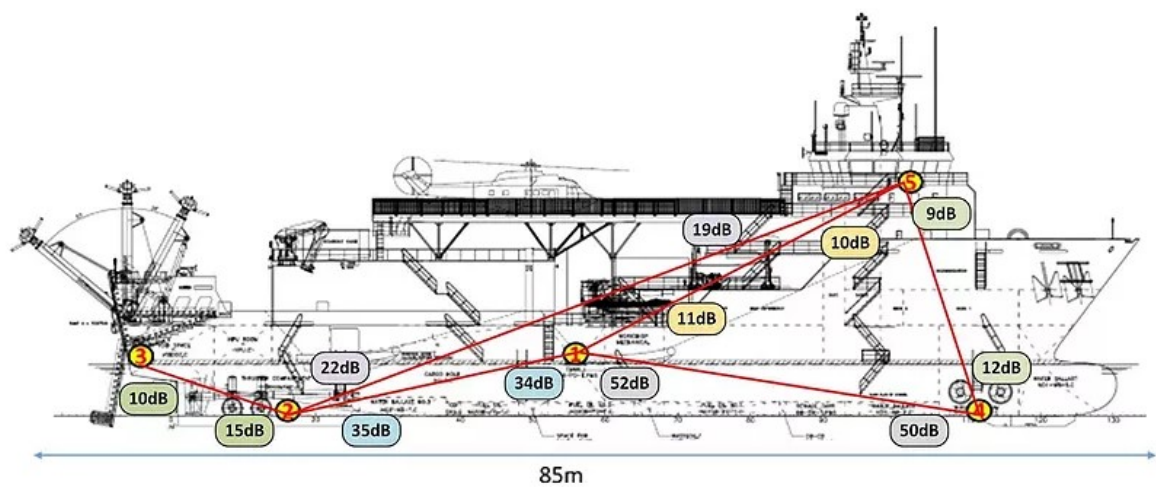
Šedá část		
Spojovací prostředek	výhody	nevýhody
analogová/digitální radiostanice	vhodná pro skryté nošení, funguje bez infrastruktury	nepodporuje přenos obrazu
síť PEGAS	X	nevhodná pro skryté nošení
Wifi spojení	X	pouze pro pevné instalace, zdlouhavá příprava
LTE internet	přenos videa z pohyblivých kamer na členech zásahového týmu, možnost skryté instalace	X
WaveRelay MANET	X	nemožnost skrytého umístění

7.4 Modelové situace závěr

Z nastíněných modelových situací vyplývá, že každá přenosová technologie je využitelná v rámci jiné situace a je potřeba v rámci policejní jednotky umět všechny tyto technologie ve vhodnou dobu a ve vhodném prostředí využít. Žádná z modelových situací není dogmatická a prakticky žádná nevyklučuje použití některé z dostupných technologií. Je ale zřejmé, že některé technologie jsou pro danou situaci vhodnější a jiné méně. V rámci své praxe jsem byl svědkem toho, kdy i v centru velkého města došlo k výpadku či přetížení buněk mobilních operátorů nebo buněk sítě PEGAS. Stejně tak docházelo k rušení signálu analog/digitálních radiostanice.

Stanice MPU5 systému WaveRelay MANET se v rámci policie nikde nevyužívají. Měl jsem osobní možnost tato zařízení testovat, a to zejména jako přenosový kanál pro obrazové informace a z mého pohledu předčila očekávání a fungovala téměř bezchybně s přenosovými rychlostmi mezi 40-50 Mbit/s v centru hlavního města. V rámci zbudované sítě jsme dokázali přenášet obraz operátora zasahujícího týmu, který byl dopraven na místo vrtulníkem a následně vstupoval do velmi členité budovy s velmi velkou rozlohou.

Dalším z příkladů toho, jak jsou stanice úspěšné, uvádím obrázek z testů společnosti Cistech, který vyvíjí doplňkové systémy ve spolupráci s PersistenSystems, tedy výrobcem MPU5. Na obrázku je možné vidět 85 metrů dlouhou záchranářskou loď, na jejíž pokrytí bylo použito pět osob nesoucí radiostanice MPU5. V rámci této skupiny bylo možné komunikovat a přenášet video mezi všemi body sítě.



Obrázek 22. Pokrytí loď pomocí stanic MPU5 [26]

ZÁVĚR

Přenos hlasu, v rámci zákroku speciální policejní jednotky, je nedílnou součástí její činnosti a tomu tak vždy bylo, je a bude. S tím, jakým způsobem se vyvíjí sofistikovanost protivníka, nastupují další prostředky pro získávání a přenos informace a jedním z nich jsou systémy pro přenos fotografií a videa, zjednodušeně obrazu, mezi operátory speciální jednotky a mezi velením policejní akce, případně dalšími zainteresovanými subjekty. Je samozřejmé, že policejní akce může být úspěšná i bez použití technických prostředků spojení a přenosu obrazu, ale pokud jsou tyto prostředky využívány správně a fungují, jak mají, mohou být klíčovou výhodou proti pachatelům trestné činnosti.

Bakalářská práce obsahuje informace z dostupných zdrojů a informace na základě svých osobních zkušeností a mého vlastního pohledu na technické prostředky přenosu, se kterými pracuji jako člen speciální policejní jednotky.

V teoretické části se práce zabývá tím, jaké speciální zásahové jednotky jsou v rámci Policie České republiky k dispozici. Dále je uvedeno jaké aktuální přenosové technologie pro přenos hlasu a obrazu využívají tyto jednotky. Následně bylo popsáno, jakým způsobem jednotlivé technologie fungují z hlediska jejich principu, bez zabíhání do složitějších technických údajů, které jsou mimo rozsah a potřeby této práce. Při popisování technologií jsem čerpal zejména ze své vlastní zkušenosti s těmito technologiemi. Tyto zkušenosti se projevily i v závěrečné části teoretické části práce, a to při porovnávání jednotlivých technologií a jejich výhod a nevýhod.

V praktické části práce jsem navrhnul vzorový systém přenosové technologie včetně modelové topologie spojení za použití komerčních radiostanic MPU5 s využitím technologie WaveRelay MANET. Dále došlo k nastínění třech základních scénářů, a to dle typů prostředí činnosti speciální zásahové jednotky policie. Z jednotlivých scénářů jsou patrné výhody a nevýhody specifické pro dané přenosové kanály obrazu a hlasu.

V rámci policejní činnosti, která je v práci popisována, je důležité technické prostředky nepodceňovat ale také nepřeceňovat. I přes to, že náklady na tyto prostředky mnohdy při komplexních systémech šplhají až do výše jednotek či desítek milionů korun, mohou být tyto nápomocny při úspěšném zákroku a nakonec i při záchraně lidských životů.

Technologie WaveRelay MANET nalezne uplatnění také v civilním použití nebo v použití soukromých bezpečnostních služeb. V rámci civilního použití se technologie úspěšně využívá v televizní technice, pro přenos dat z kamer do televizního štábu v místech, kde není kvalitní pokrytí signálu LTE. U bezpečnostních služeb, stejně jako u policie či armády, je velká výhoda variabilita systému a možnost zbudování vlastní nezávislé infrastruktury pro datovou komunikaci. Zejména pak v zemích třetího světa, kde jsou soukromé bezpečnostní služby najímány pro ochranu komerčních objektů a soukromých osob.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKO. Zákon č. 17 ze dne 4. února 1994 o Policii České republiky In: Sbíрка zákonů České republiky. 1994, částka 6, s. 125. Dostupný také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2735>
- [2] Policie České republiky. *Útvar rychlého nasazení: Útvary Policie ČR* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/utvar-rychleho-nasazeni-policie-ceske-republiky-utvar-rychleho-nasazeni.aspx>
- [3] TPH 900. *PRAMACOM CZ* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.pramacom.cz/files/tph900.pdf>
- [4] L3 HARRIS. *L3 HARRIS* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.l3harris.com/>
- [5] VLČKOVÁ, Daniela. *Policie České republiky: Unikátní technologie* [online]. 22.7.2014 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/unikatni-technologie.aspx>
- [6] *Požáry CZ: Nové kamerové zařízení moravskoslezských policistů pro vrtulník si mohou „půjčit“ i hasiči* [online]. 23.7.2014 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/90750-nove-kamerove-zarizeni-moravskoslezskych-policistu-pro-vrtulnik-si-mohou-pujcit-i-hasic/>
- [7] ČERNOHORSKÝ, Dušan. *Antény a šíření rádiových vln: Šíření rádiových vln*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1972.
- [8] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Brno: Vysoké učení technické, 2001. ISBN 80-214-1833-8.
- [9] *Ministerstvo vnitra České Republiky: Radiokomunikační síť integrovaného záchranného systému „PEGAS“* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/radiokomunikacni-sit-integrovaneho-zachranneho-systemu-pegas.aspx>
- [10] *Kmitocty.cz: Síť PEGAS II. – generace 2 a půl* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://kmitocty.cz/?p=253>
- [11] *Kmitocty.cz: Síť PEGAS III. – provoz*. *Kmitocty.cz* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://kmitocty.cz/?p=280>

- [12] Český telekomunikační úřad: Základní informace o LTE. *Český telekomunikační úřad* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://digi.ctu.cz/lte-rk/olte>
- [13] Český telekomunikační úřad: *Mapa pokrytí* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://digi.ctu.cz/lte-rk/>.
- [14] *T-Mobile Czech Republic: Mapa pokrytí* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: .] <https://www.t-mobile.cz/podpora/mapa-pokryti>
- [15] BARTOŠEK, J. a P. HAVLÍČEK. *Směřovací protokol Mesh (802.11s) na platformě Mikrotik* [online]. 31.5.2019 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <http://wh.cs.vsb.cz/sps/images/b/b3/Mesh-Mikrotik.pdf>
- [16] *Počítačové sítě/Úvod k sítím* [online]. Wikiknihy, 3.9.2020 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: https://cs.wikibooks.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A9_s%C3%ADt%C4%9B/%C3%A9vod_k_s%C3%ADt%C3%ADm#Mesh
- [17] *Persistent Systems: History* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.persistent-systems.com/persistent-systems-history/>.
- [18] *Persistent Systems: MPU5* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.persistent-systems.com/pdf/mpu5/03EN113-Wave-Relay-Rev-A.pdf>
- [19] *Cistechsolutions: Product based solutions* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://www.cistechsolutions.com/product-based>
- [20] Český telekomunikační úřad: *Tabulka pokrytí* [online]. [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: <https://digi.ctu.cz/lte-pokryti/pokryti>
- [21] *Persistent Systems: MPU 5 spec sheet* [online]. [cit. 2021-4-9]. Dostupné z: https://www.persistent-systems.com/site/wp-content/themes/persistent-systems/pdf/mpu5/mpu5_spec_sheet.pdf
- [22] *Persistent Systems: Dual Push-to-talk* [online]. [cit. 2021-4-9]. Dostupné z: <https://www.persistent-systems.com/site/wp-content/themes/persistent-systems/pdf/03EN205-Dual-PTT-Rev-B.pdf>
- [23] *Persistent Systems: The complete kit* [online]. [cit. 2021-4-9]. Dostupné z: <https://www.persistent-systems.com/rugged-display-controller-warfighters/>

[24] Wikipedia: Radio over IP. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Radio_over_IP&oldid=975597230

[25] *Cistechsolutions: GV1-2040 DESKTOP* [online]. [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: <https://www.cistechsolutions.com/gv1-2040-desktop>

[26] *Cistechsolutions: Voice / Data Communication on-board ship* [online]. [cit. 2021-4-11]. Dostupné z: <https://www.cistechsolutions.com/product-based>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EUD	End user device
GSM	Globální systém mobilní komunikace
HD	High definition
IP	Internet protocol
IZS	Integrovaný záchranný systém
LTE	Long term evolution
MANET	Mobile ad-hoc network
PTT	Push-to-talk
ROIP	Radio over internet protocol
RTSP	Real time stream protocol
SD	Standard defintion
STP	Shielded twisted pair
TCP	Transmition control protocol
ÚRN	Útvar rychlého nasazení
UTP	Unshielded twisted pair
VOIP	Voice over internet protocol
ZJ	Zásahová jednotka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Neprůstřelná vesta ZJ osazena stanicí TPH 900 [vlastní]	14
Obrázek 2. Bojovník ZJ s radiostanicí TPH 900 [vlastní]	14
Obrázek 3. Neprůstřelná vesta ÚRN osazena radiostanicí Falcon II [vlastní]	16
Obrázek 4. Bojovník ÚRN s radiostanicí Falcon II [vlastní]	16
Obrázek 5. Pozemní stanice systému S.O.V.A. [6]	19
Obrázek 6. Video streamer Ovation Flashback 4G [vlastní]	20
Obrázek 7. Fotoaparát Canon s objektivem 100-400 mm [vlastní]	21
Obrázek 8. Šíření rádiových vln [7]	23
Obrázek 9. Struktura sítě PEGAS [10]	25
Obrázek 10. Mapa pokrytí LTE signálem - T mobile [13]	27
Obrázek 11. Architektura mesh sítě. [16]	28
Obrázek 12. MPU5 jako RoIP [19]	32
Obrázek 13. Odstřelovač a přenos videa z optiky [vlastní]	34
Obrázek 14. Technické specifikace MPU5 [21]	37
Obrázek 15. DualPTT [22]	38
Obrázek 16. Bojovník osazený MPU5 s příslušenstvím [23]	39
Obrázek 17. MPU5 s připojenými IP kamerami [vlastní]	40
Obrázek 18. MPU5 přenos obrazu termovizního pozorovacího prostředku [vlastní]	41
Obrázek 19. MPU5 příjem obrazu na odolném notebooku [vlastní]	41
Obrázek 20. Rádiová brána Cistech GV1-2040 [25]	43
Obrázek 21. Topologie sítě s využitím MPU5 [vlastní]	43
Obrázek 22. Pokrytí lodě pomocí stanic MPU5 [26]	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Typy spojení a jejich aktuální využití u ZJ/URN	22
Tabulka 2. Přibližná vlnová délka a frekvence zkoumaných typů spojení.....	23
Tabulka 3. Vzorový návrh vybavení.....	44
Tabulka 4. Zelená část a výhody/nevýhody přenosových kanálů	47
Tabulka 5. Černá část a výhody/nevýhody přenosových kanálů.....	48
Tabulka 6. Šedá část a výhody/nevýhody přenosových kanálů.....	49