

# **Využití dálkově řízeného modelu pro monitorování areálů a objektů**

Application of remote-controlled model for monitoring areas and objects

Aleš Venclík



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš VENCLÍK**  
Osobní číslo: **A08146**  
Studijní program: **B 3902 Inženýrská Informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Využití dálkově řízeného modelu pro monitorování areálů a objektů**

Zásady pro vypracování:

1. Vysvětlíte problematiku bezdrátového přenosu povelů.
2. Vyberte vhodné moduly pro bezdrátový přenos povelů.
3. Vyberte vhodné moduly pro bezdrátový přenos dat.
4. Navrhněte a realizujte propojení bezdrátového modulu pro přenos povelů.
5. Navrhněte a realizujte propojení bezdrátového modulu pro přenos dat.
6. Zhodnoťte navrhovaná řešení a naznačte další vývoj.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. ČANDÍK, Marek, *Objektová bezpečnost II*, Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2004, ISBN 80-731-8217-3 (broží)
2. NĚMEČEK, Milan, *CCTV kamery a jejich využití v zabezpečení objektu*, Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2008, 105 s. *Diplomová práce.*
3. PAVLÍK, Peter, *Monitorování objektu pomocí mobilní kamery*, Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2010, 53 s. *Bakalářská práce.*
4. PETROV, David, *Systém pro komunikaci mezi vozítkem a počítačem PC*, Brno : Vysoké učení technické, 2009, 47 s. *Bakalářská práce*
5. ČSN EN 50132-2-2 *Poplachové systémy CCTV barevné kamery*
6. *Všeobecné oprávnění č. VO-R/12/05/2007-6*
7. *Český telekomunikační úřad [online]. 2011. Dostupné z: <http://www.ctu.cz>*

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Rudolf Drga**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**25. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**23. května 2011**

Ve Zlině dne 25. února 2011

L.S.

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*

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

## **ABSTRAKT**

Předmětem této práce je popis základních způsobů bezdrátového přenosu využívajícího rádiové vlny. Tato práce si dává za úkol seznámit čitatele s problematikou využití dálkově řízeného modelu pro monitorování situací, areálů a objektů v interiéru a exteriéru. Klade si především důraz na použité frekvence a jejich modulaci. Dalším úkolem práce je navrhnout a sestavit funkční model určený především pro použití v exteriéru.

Klíčová slova: elektromagnetické spektrum, bezdrátový přenos, wi-fi, bluetooth, rádiový přenos, frekvence, DSSS, FHSS, FPS, UAV.

## **ABSTRACT**

This thesis is a description of the basic methods of wireless transmission by radio waves. Target of this thesis is introduction of the application of the remote-controlled model for monitoring of situations, sites and objects in interior and exterior. It is primarily focussed on the use of frequencies and modulations. Another goal of the project is to design and build functional car model designed primarily for interior application.

Keywords: electromagnetic spectrum, wireless transmission, Wi-Fi, Bluetooth, radio transmission frequency, DSSS, FHSS, FPS, UAV.

Děkuji panu Ing. Rudolfu Drgovi za vedení, rady a připomínky ohledně bakalářské práce.

Dále děkuji svým blízkým a přátelům za podporu při studiu. Děkuji také všem svým přátelům a kolegům za čas stráveným při studiu, bez nichž by studentská léta nebyly to pravé. A samozřejmě také Námořnické Unii, bez jejichž starosti o studenty bych si snad UTB ani nedokázal představit.

Největší dík však patří mé rodině za podporu po celou dobu studia a hlavně otci, jehož radami se řídím celý život a nic mě tedy nepřekvapí. Jedna rada za všechny:

*„Život není spravedlivý, tak si nestěžuj a snaž se.“*

**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 a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- 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 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 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

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM</b> .....	<b>11</b>
<b>2 RÁDIOVÉ VLNY</b> .....	<b>14</b>
<b>3 BEZDRÁTOVÝ PŘENOS</b> .....	<b>17</b>
3.1 ČTU .....	17
3.2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O VOLNÝCH PÁSMECH PRO BEZDRÁTOVÝ PŘENOS .....	17
3.3 PROVOZOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ KRÁTKÉHO DOSAHU .....	17
3.4 VŠEOBECNÉ OPRAVNĚNÍ VO-R/10/06.2009-9.....	18
<b>4 DALŠÍ TECHNOLOGIE POUŽITELNÉ PRO BEZDRÁTOVÝ PŘENOS DAT A KOMUNIKACI</b> .....	<b>21</b>
4.1 WI-FI.....	21
4.1.1 Všeobecné oprávnění č. VO-R/12/08.2005-34 .....	21
4.1.2 IEEE 802.11 .....	22
4.1.2.1 IEEE 802.11a .....	22
4.1.2.2 IEEE 802.11b.....	22
4.1.2.3 IEEE 802.11g.....	23
4.1.2.4 IEEE 802.11n.....	23
4.1.3 ČSN ETSI EN 300-328 .....	23
4.2 TECHNOLOGIE BLUETOOTH .....	24
<b>5 VIDEOKAMERA</b> .....	<b>26</b>
5.1 ZÁKLADNÍ SCHÉMA .....	26
5.2 CCD PRVEK.....	26
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>28</b>
<b>6 FPV - FIRST PERSON VIEWING</b> .....	<b>29</b>
6.1 VYSÍLACÍ JEDNOTKA .....	30
6.2 PŘIJÍMACÍ JEDNOTKA .....	32
6.3 POZEMNÍ STANICE .....	33
<b>7 UAV – UNMANNED AERIAL VEHICLE</b> .....	<b>34</b>
<b>8 VÝBĚR FREKVENCE</b> .....	<b>36</b>
8.1 KMITOČET A VLNOVÁ DÉLKA.....	36
8.2 ŘÍZENÍ NOSNÉHO KMITOČTU .....	37
8.2.1 FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum).....	38
8.2.2 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).....	39
<b>9 MODEL</b> .....	<b>42</b>

9.1	NOSIČ ZAŘÍZENÍ - PHOENIX ST II 2WD 2,4 GHz.....	42
9.2	OVLADAČ AGGRESSOR 3DS .....	43
9.3	PŘENOSOVÝ SET ADVANCED FPV STARTER PACKAGE: 1,3 GHz .....	44
9.3.1	Kamera RMRC – 480.....	45
9.3.2	1,3 GHz 100mW vysílač a přijímač .....	45
9.4	CELKOVÝ POHLED .....	46
9.5	TECHNICKÉ SPECIFIKACE .....	49
9.6	VYUŽITÍ MODELU V PRAXI.....	50
<b>10</b>	<b>EXISTUJÍCÍ PROSTŘEDKY PRO MONITORING .....</b>	<b>51</b>
10.1	DÁLKOVĚ OVLÁDANÉ PROSTŘEDKY PRO MONITORING ZE VZDUCHU, ZEMĚ A POD VODOU .....	51
10.2	BEZPILOTNÍ VRTULNÍKY .....	51
10.2.1	Microdrone MD4-200 .....	51
10.2.2	Základní parametry.....	53
10.2.3	Využití .....	53
10.3	BEZPILOTNÍ PONORKY .....	54
10.3.1	Fogala .....	54
10.3.2	Základní parametry.....	55
10.3.3	Využití .....	55
10.4	BEZPILOTNÍ KATAMARÁNY .....	56
10.4.1	Catarob T-02 .....	56
10.4.2	Základní parametry.....	57
10.4.3	Využití .....	57
10.5	POZEMNÍ ROBOT .....	58
10.5.1	TALON S.W.O.R.D.....	58
10.5.2	Základní parametry.....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>62</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>72</b>



## ÚVOD

Cílem této práce je seznámit čtenáře se základními parametry bezdrátového přenosu a jeho využití v praxi. Text je psán odborným stylem, ke kterému třeba mít alespoň základní znalosti o kamerách, bezpečnostních technologiích a o počítačových sítích. Práce poukazuje na možnosti využití bezdrátového přenosu pro ovládání mobilního prostředku určeného k monitorování. Je totiž známo, že při kvalitním zabezpečení objektu kamerovým systémem je nutné instalovat více kamer. Zvláště pro menší firmy, které mají velkou plochu na sledování (vodní toky, vodní díla), je instalace velkého počtu kamer z finančního hlediska téměř nemožná. Navrhované řešení je tedy vhodné pro menší podniky, které si nemohou dovolit vysoké náklady pro sledování svého objektu. Navrhovaným řešením je využití nejnovějších technologií, pro minimalizaci pořizovacích nákladů potřebných k realizaci plného pokrytí.

Další důležitou výhodou užití dálkově řízeného modelu je právě absence lidské přítomnosti v bezprostřední vzdálenosti kontrolovaného objektu a tedy vyhnutí se jakékoliv možné újmy na zdraví. Při doplnění systému o detektory nebezpečných látek získáme prostředek pro kontrolu nebezpečných oblastí a jakýsi předvoj pro pracovníka soukromé bezpečnostní agentury.

Dokument rovněž naznačuje další možný vývoj navrhovaného systému v budoucnu s přihlédnutím k nynější technické vyspělosti kamer a na možnost vývoje těchto technologií.

Při návrhu a konstrukci jsem vycházel především z internetových zdrojů, jelikož tento typ způsobu monitorování není v ČR zatím příliš rozšířen a chybí tedy tištěná literatura.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM

Elektromagnetické spektrum (někdy zvané Maxwellova duha) zahrnuje elektromagnetické záření všech možných vlnových délek. Elektromagnetické záření o vlnové délce  $\lambda$  (ve vakuu) má frekvenci  $f$  a jemu připisovaný foton má energii  $E$ . Vztah mezi nimi vyjadřují následující rovnice:

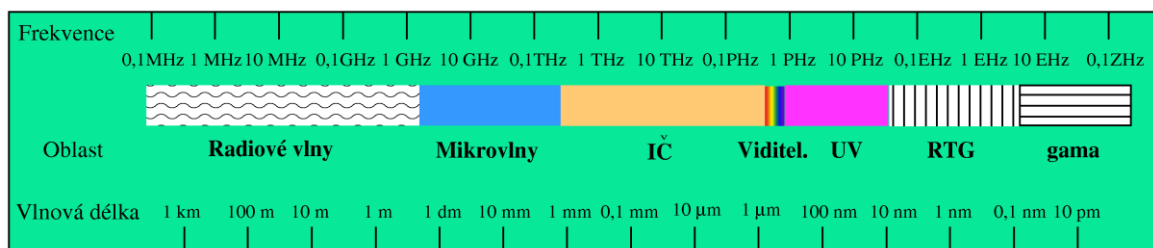
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

a

$$E = hf,$$

kde  $c$  je rychlost světla ( $3 \times 10^8$  m/s) a  $h$  je Planckova konstanta ( $6.6252 \times 10^{-34}$  J·s = 4.1  $\mu$ eV/GHz).

I přesto, že dělení je celkově velmi přesné, existuje zde možnost překryvům sousedních typů záření. Například některé druhy gama záření mohou mít delší vlnovou délku než některé druhy RTG záření. To je možné proto, že záření gama jsou fotony vzniklé při jaderném štěpení a jiných jaderných a procesech, zatímco rentgenové záření vzniká jako brzdné záření či charakteristické záření elektronu. Překryv zde tedy nastává proto, že paprsky určujeme dle původu a nikoli dle frekvence.



Obr. 1. Elektromagnetické spektrum

### Rádiové vlny

Rádiové vlny jsou vyzařovány anténami jejichž délka je úměrná délce nosné vlny, takže jejich rozměry jsou v rozmezí milimetrů až stovek metrů; rádiové vlny končí ve vzdálené IR oblasti (max. 300 GHz). Užívají se pro rozličné přenosy informací jako jsou rádiové vysílání, televize, mobilní telefony, amatérské rádiové přenosy a mnoho dalších. Pro přenos informací se využívají analogové a digitální modulace.

### Mikrovlny

Mikrovlny o frekvencích 3 – 300 GHz dělíme na SHF (3-30 GHz) a EHF (30-300 GHz). Mikrovlny jsou absorbovány molekulami tekutin, jež mají dipólový moment, zvláště vodou; toho se využívá k ohřívání v mikrovlnné troubě. Mikrovlny se rovněž využívají pro bezdrátovou komunikaci zvanou Wi-Fi.

### Infračervené záření

Infračervené záření pokrývá frekvence 300 GHz až 400 THz. Dále se dělí na blízkou IČ (near-IR), střední IČ (mid-IR), dalekou IČ (far- IR).

### Viditelné světlo

Viditelné světlo o vlnových délkách 400 - 800 nm je světlo, na které je citlivé lidské oko. Viditelné světlo a blízké infračervené záření je absorbováno a emitováno elektrony v atomech a molekulách, když přecházejí mezi energetickými hladinami.

Tato část elektromagnetického spektra se také označuje jako světelné spektrum. Jednotlivé barvy, vyskytující se ve světelném spektru se nazývají spektrálními barvami a odpovídají jim určité intervaly vlnových délek elektromagnetického záření.

Barva	Vlnová délka	Frekvence
červená	~ 625 až 740 nm	~ 480 až 405 THz
oranžová	~ 590 až 625 nm	~ 510 až 480 THz
žlutá	~ 565 až 590 nm	~ 530 až 510 THz
zelená	~ 520 až 565 nm	~ 580 až 530 THz
azurová	~ 500 až 520 nm	~ 600 až 580 THz
modrá	~ 430 až 500 nm	~ 700 až 600 THz
fialová	~ 380 až 430 nm	~ 790 až 700 THz

Obr. 2. Viditelné světlo

### Ultrafialové záření

Ultrafialové záření (UV) o vlnových délkách 400 – 10 nm a frekvenci 10<sup>15</sup> – 10<sup>17</sup> Hz. Fotony tohoto záření mají vysokou energii a mohou proto štěpit chemické vazby. Například chlor za běžných podmínek nereaguje s alkanly. Po osvětlení UV začne rychle reagovat, protože UV záření štěpí chemickou vazbu v molekule C<sub>12</sub>, která se rozpadá na extrémně reaktivní radikály. Ty pak reagují i s jinak víceméně inertními alkanly.

Fotony UV záření mohou také poškodit zejména DNA, což může způsobit ve spojitosti s dalším poškozením závislosti na závažnosti postižení až prosté odumření poškozené buňky (tzv. nekróza). Při méně závažném neopravitelném poškození pak spustí buď řízený zánik buňky (tzv. apoptóza), nebo nekontrolované množení poškozené buňky, tedy nádorové bujení. UV záření však může poškodit i další struktury a vyvolat tak zánět kůže, radiodermatitidu (tzv. "spálená kůže").

### **Rentgenové záření**

Rentgenové záření o vlnových délkách 10 – 0,1 nm a frekvenci 10<sup>17</sup>- 10<sup>20</sup> Hz. V praxi se využívá především schopnost pronikat celou řadou materiálů a jen slabě se v nich absorbovat. V lékařství se využívá především v diagnostice (skiografie, CT), v průmyslu pak v defektoskopii. V rentgenovém spektru lze pozorovat i některé astronomicky zajímavé objekty, např. černé díry a neutronové hvězdy.

### **Gama záření**

Záření gama vznikají při radioaktivních a jiných jaderných a subjaderných dějích (jako je například anihilace). Název vychází ze značení ionizujícího záření (ostatní druhy ionizujícího záření nejsou elektromagnetické povahy). Využívá se v neurochirurgie v přístroji Leksellův gama nůž. [20]

## 2 RÁDIOVÉ VLNY

Radiové vlny se dále dělí na:

### Extrémně dlouhé vlny

Anglicky Extremely low frequency (ELF), o frekvencích 300 Hz až 3 kHz. Používají se ke komunikaci pod vodou (ponorky).

Tab. 1. Extrémně dlouhé vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
300 Hz - 3000 Hz	1000 km – 100 km

### Velmi dlouhé vlny (VDV)

Anglicky Very low frequency (VLF), o frekvencích 3 až 30 kHz. Využívají se pro námořní a leteckou navigaci, meteorologické služby.

Tab. 2. Velmi dlouhé vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
3 kHz - 30 kHz	100 km – 10 km

### Dlouhé vlny (DV)

Anglicky Low frequency (LF). mají frekvence 30 až 300 kHz. Užívají se pro rozhlasové dlouhé vlny (dnes se už skoro nevyužívá), radiokomunikaci a meteorologické služby.

Tab. 3. Dlouhé vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
30 kHz - 300 kHz	10 km – 1 km

### Střední vlny (SV)

Anglicky Medium Wave (MW), někdy také nesprávně AM (z anglického Amplitude Modulation), která nepopisuje vlnovou délku, ale vztahuje se ke způsobu modulace signálu

používaného při přenosu rozhlasového vysílání. Tyto vlny se odráží od ionosféry (atmosférická vrstva ve výškách okolo 100 km – výška spodního okraje závisí na denní době, kvůli ionizaci do slunečních paprsků). SV mají frekvence 0,3 - 3 MHz a běžně se používají k přenosu rozhlasového vysílání, radionavigaci a komunikaci na malé a střední vzdálenosti.

Tab. 4. Střední vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
300 kHz - 3 MHz	1 km – 100 m

### Krátké vlny (KV)

Anglicky High Frequency (HF) nebo také Short Wave (SW) jsou kmitočty o frekvencích 3 - 30 MHz. Použití: radiokomunikace na střední a velké vzdálenosti, rozhlasové krátké vlny, amatérská pásma.

Tab. 5. Krátké vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
3 MHz - 30 MHz	100 m – 10 m

### Velmi krátké vlny (VKV)

Anglicky Very High Frequency (VHF) nebo také nesprávně (viz SV) Frequency Modulation (FM) jsou kmitočty o frekvencích 30 - 300 MHz. Na těchto vlnách se vysílá frekvenčně modulované rozhlasové vysílání a některé televizní kanály (I., II. a III. tel. pásmo).

Tab. 6. Velmi krátké vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
30 MHz - 300 MHz	10 m – 1 m

### Ultra krátké vlny (UKV)

Anglicky Ultra High Frequency (UHF), o frekvencích 0,3 - 3 GHz. Vysílají se na nich další televizní kanály (IV. a V. pásmo) a digitální televize. Pracují zde i další radiokomunikační služby (mobilní telefony, Wi-Fi)

Frekvenčně modulované rozhlasové vysílání (FM – nejpoužívanější, dnes fakticky jediné běžně používané pásmo).

Tyto a další vlny se v krajině šíří již téměř přímočaře, je tedy nutné zajistit přibližnou viditelnost vysílače v každém místě, kde chceme přijímat signál. Signál ztratíme snadno i pouhým sjezdem do údolí.

Tab. 7. Ultra krátké vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
300 MHz – 3 GHz	1 m – 0,1 m

### Super krátké vlny (SKV)

Anglicky super high frequency (SHF). Frekvence 3 až 30 GHz. Použití: radiolokace, radioreléové spoje, telekomunikace, satelitní spojení.

Tab. 8. Super krátké vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
3 GHz - 30 GHz	100 mm – 10 mm

### Extrémně krátké vlny (EKV)

Anglicky extremely high frequency (EHF). Frekvence 30 až 300 GHz. Použití: přistávací a říční radiolokátory, letecké výškoměry, radary.

Tab. 9. Extrémně krátké vlny

Frekvence	Vlnová délka ve vakuu
30 GHz - 300 GHz	10 mm – 1 mm



### 3 BEZDRÁTOVÝ PŘENOS

#### 3.1 ČTU

Český telekomunikační úřad (dále jen „Úřad“) byl zřízen zákonem č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích) (dále jen „zákon“) ke dni 1. května 2005 jako ústřední správní úřad pro výkon státní správy ve věcech stanovených zákonem, včetně regulace trhu a stanovování podmínek pro podnikání v oblasti elektronických komunikací a poštovních služeb.

Úřad je právním nástupcem Českého telekomunikačního úřadu, který byl jako samostatný správní úřad zřízen zákonem č. 151/2000 Sb., o telekomunikacích a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů ke dni 1. července 2000. [10]

#### 3.2 Základní informace o volných pásmech pro bezdrátový přenos

Volným pásmem je rozuměno pásmo kmitočtů, ve kterém je bezplatně povoleno provozovat rádiový přenos všem držitelům homologovaných zařízení a počet těchto zařízení není předem omezen. Provozovatel tohoto homologovaného přístroje mohou sdílet celý rozsah vyčleněného pásma, avšak bez nároku na ochranu proti rušení.

Využívání rádiových kmitočtů vymezených všeobecným oprávněním je stanoveno v jednotlivých všeobecných oprávněních. V těchto všeobecných oprávněních jsou stanoveny podmínky, za nichž lze příslušné kmitočty a kmitočtová pásma využívat.

#### 3.3 Provozování zařízení krátkého dosahu

Kmitočty a podmínky jejich využívání jsou uvedeny ve všeobecném oprávnění č. VO-R/10/06.2009-9, k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu. Mezi nejčastější problémy u tohoto typu zařízení patří to, že výrobky dovezené z mimoevropských zemí (USA, jihovýchodní Asie), ať už v rámci individuálního dovozu, nebo některými distributory, zásobujícími nejčastěji stánky a tržnice, pracují často v kmitočtových pásmech u nás nepřipustných. Vodítkem při koupi zařízení by měly být údaje o možnostech provozování v ČR, které musí být povinně uvedeny na obalu zařízení

a návodu k obsluze, případně údaje o kmitočtech u zařízení. Pro informaci jsou zde uvedeny některé nejčastěji používané kmitočty pro tato zařízení:

- 27 MHz Provozování je možné podle VO-R/10/06.2009-9.
- 49 MHz Provozování není přípustné (zařízení ruší 1. TV kanál).
- 230–400 MHz Pásmo je vyhrazeno pro účely obrany státu – žádný civilní provoz není přípustný.
- 433 MHz Provozování je možné podle VO-R/10/06.2009-9 (pouze přenos dat; bezdrátová sluchátka nejsou povolena).
- 863–865 MHz Provozování akustických aplikací je možné podle VO-R/10/03.2007-4.
- 868–870 MHz Provozování je možné podle VO-R/10/06.2009-9.
- 870–960 MHz Pásmo provozu mobilních telefonů GSM – provozování jiných aplikací není přípustné.
- 2,4 GHz Provozování (RLAN, RFID, zařízení krátkého dosahu) je možné podle VO-R/10/06.2009-9.

### **3.4 Všeobecné oprávnění VO-R/10/06.2009-9**

Toto oprávnění Českého telekomunikačního úřadu řeší podmínky provozu nespécifických stanic o krátkém dosahu. Nespécifikované stanice slouží mimo jiné právě pro námi používané dálkové ovládání a přenos poplachových informací.

V příložené tabulce vyňaté ze zmiňovaného oprávnění jsou označeny a specifikovány kmitočtová pásma, povolená kanálová rozteč a klíčovací poměr.

Tab. 10. VO-R/10/06.2009-9

Ozn.	Kmitočtové pásmo	Vyzářený výkon, popř. intenzita magnetického pole	Kanálové rozteč	Klíčovací poměr <sup>7)</sup>
a	6765 – 6795 kHz	42 dB $\mu$ A/m /10 m	<sup>a)</sup>	–
b	13,553 – 13,567 MHz	42 dB $\mu$ A/m /10 m	<sup>a)</sup>	–
c	26,957 – 27,283 MHz	42 dB $\mu$ A/m /10 m nebo 10 mW e.r.p.	<sup>a)</sup>	–
d	40,660 – 40,700 MHz	10 mW e.r.p.	<sup>a)</sup>	–
e	138,200 – 138,450 MHz	10 mW e.r.p.	<sup>a)</sup>	< 1,0 %
f	433,050 – 434,790 MHz	10 mW e.r.p.	<sup>a)</sup>	< 10 %
f1	433,050 – 434,790 MHz	1 mW e.r.p. Pro širokopásmové kanály o šířce > 250 kHz je spektrální hustota výkonu omezena na –13 dBm / 10 kHz	<sup>a)</sup>	až 100 %
f2	433,050 – 434,790 MHz	10 mW e.r.p.	max. 25 kHz	až 100 %
g	863,000 – 870,000 MHz	25 mW e.r.p.	viz odst. 4	< 0,1 % <sup>a)</sup> <sup>10)</sup>
g1	868,000 – 868,600 MHz	25 mW e.r.p.	<sup>a)</sup>	< 1,0 % <sup>a)</sup>
g2	868,700 – 869,200 MHz	25 mW e.r.p.	<sup>a)</sup>	< 0,1 % <sup>a)</sup>
g3	869,300 – 869,400 MHz	25 mW e.r.p.	max. 25 kHz	–
g4	869,400 – 869,650 MHz	500 mW e.r.p.	max. 25 kHz <sup>11)</sup>	< 10 % <sup>a)</sup>
g5	869,700 – 870,000 MHz	5 mW e.r.p.	<sup>a)</sup>	až 100 %
h	2400 – 2483,5 MHz	25 mW e.i.r.p.	<sup>a)</sup>	–
i	5725 – 5875 MHz	25 mW e.i.r.p.	<sup>a)</sup>	–
j	24,000 – 24,250 GHz	100 mW e.i.r.p.	<sup>a)</sup>	–
k	61,0 – 61,5 GHz	100 mW e.i.r.p.	<sup>a)</sup>	–
l	122 – 123 GHz	100 mW e.i.r.p.	<sup>a)</sup>	–
m	244 – 246 GHz	100 mW e.i.r.p.	<sup>a)</sup>	–

Add 7) Klíčovací poměr (duty cycle) je podíl času, kdy vysílač vysílá na nosném kmitočtu, v rámci jedné hodiny.

Add 8) Kanálová rozteč není stanovena, pro přenos signálu může být použito celé uvedené kmitočtové pásmo

Add 9) Při použití technologie LBT (vysílání pouze na vyžádání na základě příjmu) není klíčovací poměr omezen.

Add 10) U zařízení s vyzářeným výkonem do 10mW e.r.p a s šířkou pásma od 200 kHz do 3MHz může být klíčovací poměr zvýšen až na 1%.

**Podrobnější informace o kmitočtových pásmech:**

Stanice v kmitočtových pásmech f, f1, f2 a g nelze používat pro vysílání hovorových a akustických signálů.

V kmitočtovém pásmu g lze provozovat:

- zařízení s modulací FHSS s kanálovou roztečí  $\leq 100\text{kHz}$ ;
- zařízení s modulací DSSS nebo s jinou širokopásmovou modulací kromě FHSS bez omezení kanálové rozteče; u těchto zařízení je spektrální hustota výkonu omezena na  $-4,5\text{ dBm}/100\text{kHz}$  v případě využití celkového kmitočtového pásma, na  $+6,2\text{ dBm}/100\text{ kHz}$  v případě využití pouze kmitočtového úseku 865 – 868 MHz a na  $+0,8\text{ dBm}/100\text{ kHz}$  v případě využití pouze kmitočtového úseku 865 – 870 Mhz.
- úzkopásmová zařízení s kanálovou roztečí  $\leq 100\text{kHz}$ .

U zařízení podle add 1. a add 3. se upřednostňuje kanálová rozteč 100 kHz, umožňující dílčí dělení na 50kHz nebo 25kHz. Do této kategorie spadají například poplachová zařízení.

**Kmitočtová pásma a, b, c, d, f, h, i, j, k, l:**

mohou být použita také na průmyslové, vědecké a lékařské aplikace (tzv. pásma ISM), tj. využití rádiových kmitočtů pro jiné účely než je přenos informací, např. pro technologický ohřev, osvětlení, vaření, vědecké experimenty atd. Škodlivé rušení, které vzniká provozem těchto aplikací, musí být omezeno na minimum.

Norma 802.11 definuje pro radiové přenosy dva způsoby řízení nosného kmitočtu:

- Direct frequency spread spectrum ( DSSS )
- Frequency hoopping spread spectrum ( FHSS )

Každá z těchto metod má své přednosti i nevýhody a její výběr by měl být součástí řešení a optimalizace projektu daného datového spoje. [9]

## 4 DALŠÍ TECHNOLOGIE POUŽITELNÉ PRO BEZDRÁTOVÝ PŘENOS DAT A KOMUNIKACI

### 4.1 Wi-Fi



Obr. 3. Logo Wi-Fi

Standard WIFI se v posledních letech dynamicky rozrůstá a využívá jej stále více zařízení. Je to formát bezdrátové komunikace v tzv. WLAN (WIFI Local Area Network – bezdrátová lokální síť). Vychází z norem IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers- Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství). Tato mezinárodní organizace má za cíl vzestup technologií souvisejících s elektrotechnikou a zasadila se o vznik mnoha technických norem.

#### 4.1.1 Všeobecné oprávnění č. VO-R/12/08.2005-34

Důležitým dokumentem je všeobecné oprávnění Českého telekomunikačního úřadu č. VO-R/12/08.2005-34 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat na principu rozprostřeného spektra nebo OFDM (orthogonal frequency division multiplexing - ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením) v pásmech 2,4 GHz a 5 GHz. Zmíněné oprávnění stanovuje v článku 2 konkrétní technické parametry.

[10]

Tab. 11. VO-R/12/08.2005-34

Ozn.	Kmitočtové pásmo	Vyzářený výkon	Další podmínky
a	2400,0–2483,5 MHz	100 mW e.i.r.p. <sup>5</sup>	
b	5150–5250 MHz	200 mW střední e.i.r.p. <sup>3,6</sup>	pouze pro použití uvnitř budovy <sup>7</sup>
c	5250–5350 MHz	200 mW střední e.i.r.p. <sup>3,4</sup>	pouze pro použití uvnitř budovy <sup>5</sup>
d	5470–5725 MHz	1 W střední e.i.r.p. <sup>3,4</sup>	maximální střední spektrální hustota e.i.r.p. je 50 mW/MHz v libovolném 1 MHz úseku

#### 4.1.2 IEEE 802.11

Nejdůležitější normy týkající se wifi jsou IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g a 802.11n. N je poměrně nová norma, která procházela dlouho dobu vývojem a specifikací. Publikována byla 29.října 2009.

##### 4.1.2.1 IEEE 802.11a

Jedná se o WLAN v pásmu 5 GHz s teoretickou rychlostí až 54 Mbit/s (reálná cca 20 Mbit/s, je to half-duplex). Použitá modulace je OFDM s 52 subnosnými. Jednotlivé subnosné jsou vzájemně ortogonální, takže maximum každé nosné by se mělo překrývat s minimy ostatních. Subnosné jsou modulovány BPSK, QPSK, 16 QAM nebo 64 QAM. Šířka pásma jednoho kanálu je 20 MHz a pomyslné střední kmitočty jsou 5180MHz, 5200 MHz atd. až 5700 MHz. Oproti 802.11b a 802.11g má povolený větší vyzařovací výkon. Praktický dosah je v řádech desítek metrů (cca 50 až 60m). Výhodou je menší rušení – v pásmu 5 GHz nepracuje tolik elektronických zařízení jako v pásmu 2,4 GHz. Další možnou výhodou je použití antén menších rozměrů. Naopak použitím vyšší frekvence dochází ke snížení dosahu. [3]

##### 4.1.2.2 IEEE 802.11b

Tento standard pracuje v pásmu 2,4 GHz s teoretickou rychlostí 11 Mbit/s. Použitá modulace je DSSS. Celý proces rozprostírá vysokofrekvenční energii na širší frekvenční pásmo než by odpovídalo přímé modulaci uživatelským datovým tokem. První střední frekvence je dle ETSI 2412,0 MHz a další následují po 5 MHz. Šířka jednoho kanálu je však 22 MHz. Z toho vyplývá, že v přidělení pásma mohou vedle sebe (nezávisle) pracovat 3 zařízení standardu 802.11b – vždy 5 kanálů od sebe (kanály 1,6 a 11). V ČR je

poslední kanál č. 13 s pracovním kmitočtem 2472 MHz. Nevýhodou je interference s mikrovlnnými troubami, zařízeními Bluetooth a bezdrátovými telefony. [3]

#### **4.1.2.3 IEEE 802.11g**

IEEE 802.11g pracuje v pásmu 2,4 GHz s teoretickou rychlostí 54 Mbit/s. Použité modulační schéma je OFDM – stejně jako u 802.11a. Zařízení 802.11g jsou plně kompatibilní se zařízeními standardu 802.11b (tzv. mixed mode). Šířka pásma je opět 22 MHz a střední pracovní kmitočty stejné jako u 802.11b. [3]

#### **4.1.2.4 IEEE 802.11n**

IEEE 802.11n je standard jehož hlavním cílem bylo přiblížit se rychlostem metalického Ethernetu. Používá k tomu technologii MIMO (Multiple input – Multiple Output), která používá několik vysílacích a přijímacích antén. Tyto antény využívají více rádiových kanálů, které se ovšem „vejdou“ do šířky pásma jediného kanálu. Aby to bylo možné, tak je šířka kanálu 40 MHz. Používá se technika SDM (Spatial Division Multiplexing), kdy se různá data přenášejí na různém kanálu. Tento standard je plně zpětně kompatibilní s předcházejícími. [3]

#### **4.1.3 ČSN ETSI EN 300-328**

Tato norma je českou verzí evropské normy (Telekomunikační řada) ETSI EN 300 328 V 1.6.1:2004. Plný název je „Elektromagnetická kompatibilita a rádiové spektrum (ERM) – Širokopásmové přenosové systémy – Zařízení pro přenos dat pracující v pásmu ISM 2,4 GHz a používající techniky širokopásmové modulace – Harmonizovaná EN pokrývající základní požadavky článku 3.2 Směrnice R&TTE. Tato norma platí pro sestavy vysílač/přijímač, vysílače a přijímače, včetně bezdrátových technologií, jako je IEEE 802.11, HomeRF™ a Bluetooth™.

Článek 1 této normy definuje rozsah platnosti. Norma je platná pro zařízení, které používají techniky vysokofrekvenční modulace a která mají efektivní vyzařovaný výkon do 10 dBW (100 mW). Rádiová zařízení lze provozovat v celém kmitočtovém pásmu 2,4 GHz až 2,4835 GHz (tedy standard 802.11 b,g).

Článek 4 pojednává o modulacích a definuje dvě kategorie zařízení: zařízení odpovídající charakteristikám modulace FHSS a zařízení neodpovídající těmto charakteristikám (modulace DSSS, OFDM).

Modulace (FHSS, DSSS, OFDM) musí :

- a) používat nejméně 15 správně definovaných, nepřekrývajících se kanálů nebo skokových poloh oddělených šířkou pásma kanálu, měřeno na úrovni 20 dB pod vrcholovým výkonem.
- b) pokud je schopna adaptivních kmitočtových skoků být alespoň schopna provozu v rozsahu minimálně 90% specifikovaného pásma (2,4 GHz až 2,4835 GHz), z něhož se musí v jakékoliv dané době použít minimálně 20 kanálů nebo skokových poloh.

U obou případů musí být minimální odstup kanálů 1 MHz, přičemž časová prodleva na kanál nesmí přesáhnout 0,4s.

## 4.2 TECHNOLOGIE BLUETOOTH



Obr. 4. Logo Bluetooth

Bluetooth je bezdrátová komunikační technologie (otevřený standard), sloužící k propojení dvou a více elektronických zařízení (např. mobilní telefon , PDA , osobní počítač, tiskárna, digitální fotoaparát, klávesnice, myš), umožňující hlasovou a datovou komunikaci na krátké vzdálenosti. Technologie byla navržena za účelem odstranění metalického vedení mezi jednotlivými zařízeními, které může znamenat jednak jisté omezení, nepohodlí a v neposlední řadě potenciální zdroj obtížné identifikovatelných technických problémů. Dalšími požadavky na tuto technologii byly nízké energetické nároky, co nejmenší rozměry modulu a především pak jejich nízká cena (předpoklad ceny se pohyboval kolem 5 USD za plnohodnotné zařízení).



Název Bluetooth je odvozen od přezdívky dánského krále Haralda II. vládnoucího v 10. století, jemuž přezdívali Blaatand (modrý zub, anglicky Bluetooth) a který se velkou měrou zasloužil o sjednocení Skandinávie. Harald „Modrozub“ tehdy využil svých diplomatických schopností k tomu, aby válčící kmeny přistoupily k diskuzi a ukončily vzájemné rozepře. Právě této analogie bylo využito pro název technologie Bluetooth, která podobně jako kdysi král Harald slouží k usnadnění vzájemné komunikace.

V současné době rada výrobců spotřební elektroniky automaticky vybavuje své produkty bezdrátovými komunikačními moduly splňujícími standard Bluetooth. Oproti komunikaci přes infračervený port má bluetooth technologie jednu obrovskou výhodu. A sice k jejímu funkčnímu a úspěšnému chodu není zapotřebí přímé viditelnosti. Na krátké vzdálenosti (cca 10 m) si poradí i s takovou překážkou jakou je zeď.

#### **Základní vlastnosti Bluetooth přenosu:**

- přenosová rychlost: 1,2 - 2,1 Mbit/s
- kmitočtové pásmo: 2,4 GHz
- dosah: 1 – 100 metrů
- povolený vyzářený výkon: 2,5 mW, 10 mW, 100 mW

## 5 VIDEOKAMERA

Do nedávné doby bylo jediným možným způsobem amatérského záznamu „pohyblivých obrázků“ použití klasických filmových kamer, jež používaly nejčastěji filmy Normal 8, později Super 8 na cívkách nebo v kazetách. V současnosti však videokamery rychle vytlačily práci s filmovou kamerou, filmem, vyvoláváním, klasickým stříháním, lepením záběrů, ozvučováním, prohlížením atd. Doba a vývoj přinesly na trh videokamery, které rychlým tempem odsunuly klasické filmové kamery definitivně stranou.

### 5.1 Základní schéma

Každá videokamera je složena z několika základních komponentů a elektronických obvodů. Objektiv promítá obraz na optoelektrický měnič (CCD – Charge Coupled Device – prvek s vázaným nábojem), který z obrazu vytvoří elektrický signál. Další podstatnou informací je to, kolik má CCD prvek obrazových bodů (pixelů) a jak velká je jeho úhlopříčka (někdy se můžeme setkat s označením „CCD čip“). Na optoelektrický měnič – CCD čip – navazují obvody, které řídí jeho činnost. Je to především integrovaný obvod, který systematicky organizuje přenos elektrických nábojů z jednotlivých aktivních elementů (pixelů) čipu. Obrazový signál je zesílen, je upravena gradace a doplněny synchronizační a zatemňovací impulsy. Provedeno je také barevné kódování. Synchronizační směs je přivedena do obvodů, řídících snímání CCD prvku. Úplný obrazový signál je veden do hledáčku nebo na výstupní konektor videokamery.

### 5.2 CCD prvek

CCD čipem (prvkem s vázaným nábojem) je vybavena každá moderní videokamera. V amatérské praxi je většina videokamer vybavena pouze jedním CCD čipem, který snímá celé rozhraní CCD. Profesionální videokamery jsou vždy vybaveny třemi CCD prvky, kdy je používán jednotlivý CCD čip pouze na jednu ze základních RGB barev (červená, zelená, modrá). Díky minimálním světelným ztrátám disponuje výsledný záznam vyšším jasnem, jemnou gradací a dokonalejší hloubkou.

CCD prvek je polovodičový prvek, který přeměňuje světelné záření na elektrický signál. Je-li mnoho těchto miniaturních prvků (pixelů) poměrně složitou výrobní cestou uspořádáno do husté plošné struktury, vytvoří se systém, jenž je schopen snímat obraz.

Mechanická struktura CCD čipu je tvořena velkým množstvím pravidelně uspořádaných, na světlo velmi citlivých pixelů. Funkcí struktury čipu je tedy přeměna dopadajícího světla ve shluky vázaných nábojů, akumulace nábojů a jejich přenos k okrajům čipů tak, aby je bylo možno zpracovat jako obrazový signál.



Obr. 5. CCD čip

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 FPV - FIRST PERSON VIEWING

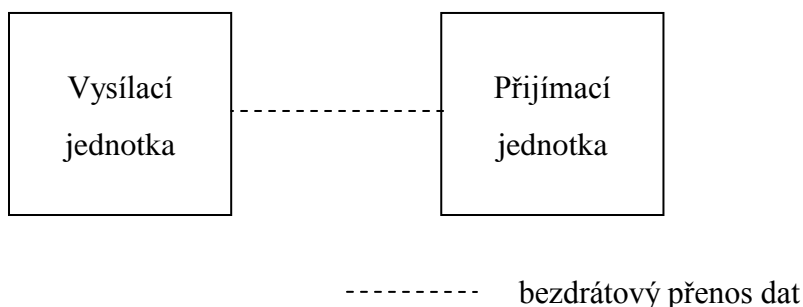
Pilotování modelu z pohledu první osoby se postupně stává součástí budoucnosti rádiem ovládaných prostředků jak v sféře amatérských modelářů, tak v sféře komerčního využití.

FPV je jednoduše řečeno řízení RC modelu pomocí kamery, která je v dálkově řízeném modelu, a která pomocí bezdrátového přenosu odesílá z kamery obraz na obrazovku přenosného počítače.

Stále však musíme počítat s lidským faktorem. Pokud tedy půjde o dálkově řízený letoun či vrtulník, je třeba do ceny modelu zahrnout i školení pracovníka, který bude ovládat model. V této práci bude prováděn monitoring situace za pomoci pozemního dálkově řízeného modelu na principu FPV. Pro tuto možnost je tedy třeba jen zajistit proškolení v rámci obsluhy bezdrátové kamery a modelu.

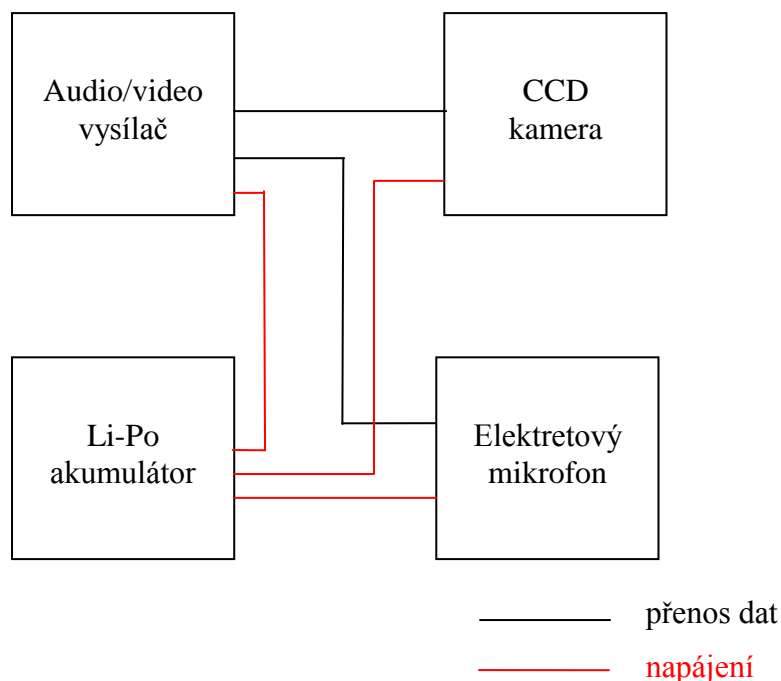
FPV má ovšem i velice silné zápory. K přenosu videa na delší vzdálenost je potřeba překročit maximální povolený výkon, který je 100 mW. Takový výkon by totiž stačil na přibližně 500 metrů. Pokud se rozhodnete tento výkon porušit, nastává ještě jeden problém: FPV systém si zabere celé pásmo. Pokud tedy máte vysílačku na frekvenci 2,4 GHz je třeba mít FPV systém na jiné frekvenci než 2,4 GHz, jinak bude docházet k vzájemnému rušení. Z toho i vyplývá, že v jednu chvíli může být ovládán jen jeden model využívající FPV na dané frekvenci.

Každý přenosový řetězec FPV se skládá ze dvou jednotek, vysílací a přijímací.



Obr. 6. Schéma přenosové jednotky

## 6.1 Vysílací jednotka



Obr. 7. Schéma vysílací jednotky

Vysílací jednotka je umístěna na palubě modelu, ať už leteckého nebo pozemního. V nezákladnější podobě je tvořena kamerou, samostatnou napájecí baterií a video vysílačem. Video vysílač je takřka vždy vybaven nejméně jedním audio-kanálem, připojení malého mikrofonu tedy zajistí i přenos zvuku.

### Napájení

Napájení kamery a video vysílače z jediné motorové, respektive přijímačové baterie modelu, není vhodné. Tento způsob napájení je možný, avšak jen pokud si použitý kamerový systém vystačí s napětím 5 V. Většina kamerových systémů ovšem pro správnou funkčnost vyžadují zdroj o napětí  $12\text{ V} \pm 10\%$ . V praxi se používá k napájení kamerového systému 3 článková Li-Po baterie s napětím 11,1 V. Připojením kamerového systému k hlavní napájecí baterii elektromotorového modelu by znamenalo vystavit ho napěťovým poklesům při vysokém proudovém odběru a navíc ho přímo propojit se zdrojem rušení (regulátorem a motorem). Proto je vhodné volit samostatný akumulátor pro kamerový systém, typicky 480-1300 mAh. V modelu je použito napájení 7,2 V, takže propojení napájení kamerového systému a napájení modelu není technicky proveditelné.

### CCD kamera



Obr. 8. CCD mikrokamera

V základním vybavení se používají barevné mikrokamery průmyslového rozlišení (380 až 520 řádků) bez možnosti řízení zoom, s pevným zaostřením na nekonečno a s rozsahem zorného pole daného typem objektivu. Objektiv je vyměnitelný a s ním lze změnit i rozsah zorného pole. Při konstrukci byla použita právě tato kamera.

V rozšířené verzi se používají lehké komerční kamery jinak určené k pozemnímu snímání nebo speciální širokoúhlé venkovní kamery s Full-HD rozlišením. Nutným předpokladem je záznam na pevné paměťové médium, nejčastěji SD kartu. Obraz je zaznamenáván přímo na palubě pro dosažení maximální kvality a dále je online postupován video vysílači k přenosu na zem. Takové kamery jsou často vybaveny i módem pořizování fotografií. Obraz, respektive fotografie v pravidelném intervalu jsou pořizovány od startu až po přistání, nebo je start a pozastavení záznamu, resp. pořízení fotografie řízeno ze země samostatným kanálem vysílače.

Mikrofony se používají většinou miniaturní elektretové, vybavené předzesilovačem a regulací citlivosti.

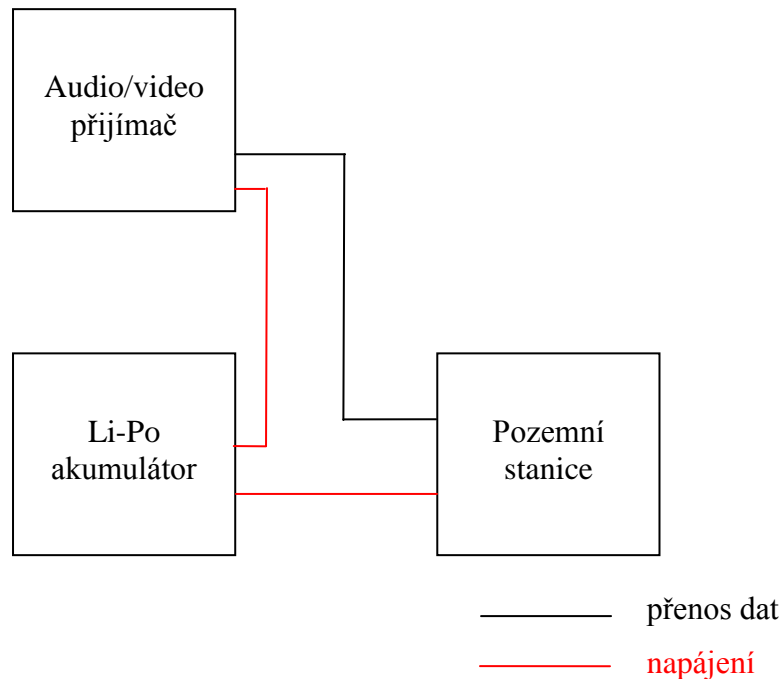
### Audio/video vysílač

A/V vysílače se vyrábějí pro napájení 5 nebo 12 V, pro různé přenosové frekvence (900 MHz, 1,2 GHz, 1,3 GHz, 2,4 GHz, 5,8 MHz) a s různými výstupními výkony od 10m W do 1000 mW. Na území EU je nelicencované užití vysílacího výkonu vyššího než 100 mW nelegální.

S ohledem na různé polohy modelu během pohybu modelu může být vysílací anténa jen všesměrová dipólová v prutovém provedení, lišící se různým ziskem (a také hmotností) dle svého provedení.

Vybavení modelu závisí především na nosnosti modelu. S rozšiřujícím se vybavením roste nejen hmotnost zabudovaných komponent, ale i proudový odběr a s ním požadavek na vyšší kapacitu, tedy opět vyšší hmotnost akumulátoru a celého modelu.

## 6.2 Příjímací jednotka



Obr. 9. Schéma příjímací jednotky

Příjímací jednotka je umístěna na zemi na stanovišti pilota a je buď statická (stativ s anténami, notebook, LCD displej atd.) nebo mobilní (pilot má vše „navěšeno“ na sobě).

V nezákladnější podobě sestává z antény, video přijímače, zobrazovače obrazu (speciální projekční video brýle nebo monitor), sluchátek a zdroje. Téměř všechny video přijímače pracují s napětím 12 V, které u mobilní pozemní stanice poskytne také 3člávková Li-Po baterie, častější jsou však statické pozemní stanice napájené z tradičního olověného akumulátoru 12 V.

K napájení byly zvoleny tyto 2 způsoby:

- a) Napájení 12 V olověným akumulátorem.
- b) Napájení pomocí transformátoru ze sítě.



### 6.3 Pozemní stanice



Obr. 10. Mobilní pozemní stanice

Typicky se užívají speciální video brýle nebo 7“ LCD monitor. Monitor není optimální s ohledem na vnější osvětlení zvláště při slunečném počasí a vyžaduje zaclonění. Používá se často jako druhotný zobrazovač signálu pro dalšího pozorovatele na zemi. Video brýle umožňují pilotovi vidět přenášený obraz v každém okamžiku nezávisle na poloze hlavy, případně sledovat částí zorného pole obraz v brýlích a částečně pak model přímo na obloze.

Ačkoliv obraz může být kamerou snímán i ve Full-HD kvalitě a v této i na palubě modelu zaznamenáván, na zemi se přenáší jako kompozitní A/V signál s typickým PAL rozlišením 720x576 pixelů. Pro orientaci pilota je to plně dostačující, brýle mívají proto rozlišení 640x480 bodů nebo v nejlepším případě 1024x768 bodů. S užitím dvou kamer a dvoukanálového video vysílače lze dokonce přenášet 3D obrazový vjem.



Obr. 11. Video brýle pro FPV řízení

## 7 UAV – UNMANNED AERIAL VEHICLE

UAV neboli bezpilotní letoun, byl původně navržen pro armádu jako cvičný létající terč. Armáda je používala jako vlečné terče a jak ze samotného názvu plyne, terče byly taženy opravdovým letadlem s pilotem uvnitř. Ovšem díky ne vždy přesné mušce střelců za protiletadlovými děly a kulometry, armáda od tohoto sebevražedného způsobu brzo odstoupila a hledala jiné řešení. Dalším důvodem bylo, že terče vlečené za letadlem letěly pomalu a vždy rovně což neodpovídalo bojovým podmínkám ve skutečné válce.

Současné UAV už nemají doslova nic společného se svými předchůdci. Dnes jsou tato bezpilotní letadla vybavena tou nejmodernější elektronikou, nejcitlivějšími kamerovými a laserovými systémy. Pohybují se velmi tiše, mohou létat velmi vysoko a mají nadprůměrný operační rádius s nemalým doletem. Většina UAV je schopná plnit úkoly bez jediného zásahu člověka.

Při konfliktech v devadesátých letech 20. století se UAV stále více rozšiřovaly a dnes bez nich není nasazení vojenských jednotek myslitelné. Vojáci s nimi provádějí zejména průzkum nebezpečných oblastí, větší typy slouží i k likvidaci nepřítele. Výhody UAV jsou zřejmé, jde hlavně o bezpečnost vlastních jednotek, malé náklady na pořízení i provoz a jednoduchost nasazení. V nepříteli ovládaných oblastech umožňuje UAV detailní průzkum území i činnosti protivníka, aniž by se voják – operátor stroje vůbec přiblížil k "horké" zóně. Nehrozí tak sestřelení pilota a jeho složitá a nebezpečná evakuace. Kromě toho je i nákup a provoz UAV ve srovnání s klasickými vrtulníky a letouny několikanásobně levnější a také případná bojová ztráta je z ekonomického hlediska "přijatelná". V neposlední řadě UAV vynikají i jednoduchou obsluhou. Například bezpilotní vrtulníky jsou vybaveny automatickým řídicím systémem a výcvik operátora trvá od dvou do šesti měsíců, zatímco výcvik pilota vrtulníku do bojové úrovně může zabrat roky. To vše se opět odráží i ve finanční náročnosti. Stručně řečeno, UAV jsou dnes nepostradatelnou součástí výzbroje všech armád a v budoucnu je čeká ještě důležitější role. Například americký vrtulníkový výrobce Kaman letos ozkoušel bezpilotní úpravu svého typu vrtulníku určeného pro zásobování odříznutých jednotek a evakuaci zraněných. Není proto divu, že UAV vzbudily pozornost i u policejních sborů.

V oboru bezpečnostních technologií se v dnešní době používají UAV pro automatické monitorování rozsáhlých objektů nebo objektů s omezenou přístupností či nemožností

instalace klasických CCTV kamer. Touto problematikou se práce více zabývá v kapitole Existující prostředky pro monitoring.



Obr. 12. UAV - Predator

## 8 VÝBĚR FREKVENCE

Se stále rostoucími požadavky na kvalitu a možnosti bezdrátového spojení jde samozřejmě ruku v ruce i zdokonalování radiových systémů. Na druhou stranu je hned v úvodu dobré připomenout, že každé zdokonalování něco stojí - a to zpravidla nejen ve finančním vyjádření: za použití technologií srovnatelné úrovně vždy platí, že čím jde o funkčně sofistikovanější systém, tím náchylnější je k poruchám a funkčním omezením. Pro zajímavost - např. v letectví se z důvodu spolehlivosti a celosvětové kompatibility dodnes běžně používají "beznadějně zastaralé" analogové radiové systémy svým principem na úrovni první poloviny minulého století.

### 8.1 Kmitočet a vlnová délka

Radiové systémy využívají pro přenos informace elektromagnetického vlnění o určitém kmitočtu (frekvenci). Jde o též druh vlnění, jaký dokážeme vnímat svými smysly - přesněji řečeno zrakem - jako světlo. Radiové vlny ovšem využívají podstatně nižších kmitočtů (tj. vyšších vlnových délek - delších vln). Kmitočet radiového vysílání lze přirovnat k barvě světla. Nosná vlna je dále modulována tak, jak odpovídá např. přenášenému hlasu. Způsobů modulace existuje několik, nicméně ten nejpoužívanější si lze v zásadě představit jako zesilování a zeslabování intenzity světla téže barvy.

Z hlediska fyzikálních vlastností signálu platí, že čím vyšší kmitočet, tím:

1. menší náchylnost k rušení
2. vyšší kapacita pro přenos informace (např. dat)
3. horší průnik překážkami (terén, stavby atd.)

a pochopitelně naopak.

Mezi nejpoužívanější frekvenční pásma v současnosti patří 900 Mhz, 1,3 GHz, 2,4 GHz a 5,4 GHz.

Tab. 12. Výběr kmitočtů

	Výhody	Nevýhody
900 Mhz a 1,3 GHz	menší vliv překážek méně využívané pásmo lze použít společně s 2,4 GHz systémy	může rušit GPS signál těžší sehnat anténu menší nabídka vysílačů na trhu
2,4 GHz	větší výběr antén širší výběr vysílačů neruší GPS signál	větší vliv překážek více obsazené pásmo
5,4 GHz	větší výběr antén neruší GPS signál	mnohem větší vliv překážek více obsazené pásmo menší nabídka vysílačů na trhu

## 8.2 Řízení nosného kmitočtu

Použitelná část rádiového spektra je obrovská, od přibližně 6 kHz do 300 GHz. Vzhledem k tomu, že rádiový přenos se tak dobře hodí pro přenos informací, jsou již téměř všechny spektra rezervovány pro specifické použití. U nelicencovaných kmitočtů však může dojít k rušení z důvodu velkého použití radioamatéry. 2,4 GHz, například, je rušen mikrovlnnou troubou, stromy, těžkým sněhem nebo vším co obsahuje vodu. (Voda absorbuje část signálu a je ohřívána, stejně jako v mikrovlnné troubě.) 900 MHz je často sužován rušením lékařskými a vědeckými přístroji, bezdrátovými telefony, bezdrátovými stereo reproduktory a podobnými zařízení. Uživatelé bez licencí jsou považováni za druhotné uživatele. Primární uživatelé s vysokým výkonem, jako jsou televizní stanice nebo GPS, mohou učinit nelicencované frekvenční pásmo nepoužitelným pro nikoho jiného v okolí, včetně bezdrátových sítí LAN. Požadavky stanovené předpisy o nelicencované bezdrátové síťové zařízení jsou poměrně jednoduché.

1. Síla signálu je omezena, obvykle na méně, než jeden watt.
2. Musí být signál předáván pomocí jedné ze dvou metod rozestřené spektra.

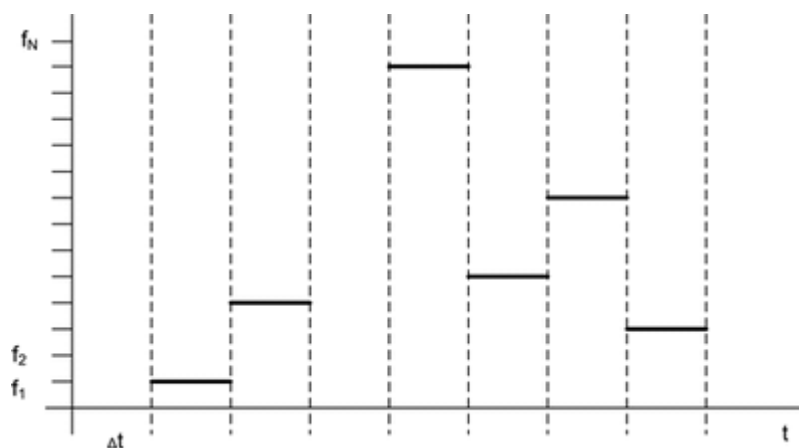
Signál musí být buď rozložených na určitý rozsah frekvencí nebo přeskakovat mezi určitým minimálním počtem kanálů každou sekundu.

### 8.2.1 FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

Fyzická vrstva, založená na FHSS, má k dispozici 22 modelů (skokové sekvence). Na této fyzické vrstvě je definováno 79 kanálů v okolí frekvence 2.4 GHz. Každý z těchto kanálů zabírá šířku pásma 1 MHz a „přeskakuje“ minimálně 2,5krát za vteřinu, typicky 20krát.

Oba popisované systémy mají definovaný vlastní inicializační sekvenci bitů (hlavičku – header), aby přijímač byl schopen rozpoznat použitý modulační formát a očekávanou délku datového řetězce. Tyto hlavičky jsou vždy přenášeny na rychlosti 1,6 Mb/s a obsahují pole, na základě kterého následná rychlost přenosu dat může být zvýšena na 3,2 Mb/s.

Podstata systému FHSS spočívá v tom, že vstupní datová posloupnost je vysílána na několika frekvencích. Tyto frekvence jsou měněny podle pseudonáhodné posloupnosti, která musí být známa jak na vysílací straně, tak i na přijímací a v obou zařízeních musí být tato posloupnost synchronizována. Frekvenční skákání může být realizováno dvěma způsoby. Buď jako rychlé frekvenční skákání FFHSS (Fast FHSS) a nebo pomalé frekvenční skákání SFHSS (Slow FHSS). U pomalého frekvenčního skákání je rychlost pseudonáhodné posloupnosti, podle které se ve frekvenci skáče, pomalejší než rychlost posloupnosti datové. Pokud je tomu naopak, pak se jedná o rychlé frekvenční skákání. Ve skutečnosti to pak znamená, že při pomalém frekvenčním skákání je několik bitů datové posloupnosti odesláno na jedné frekvenci a pak se skočí na jinou frekvenci a zde je odesláno opět několik bitů. V případě rychlého frekvenčního skákání je jeden bit datové posloupnosti vysílán na několika frekvencích. Velká výhoda systémů, které pracují podle FHSS, je že jsou odolné vůči rušení. Nevýhodou pak, že tyto systémy dosahují malých přenosových rychlostí. Další nevýhoda FHSS je produkce značného rušení pro okolní systémy, které pracují ve stejném pásmu. Skákání mezi kmitočty totiž působí jako impulsní rušení. V praxi se ukázalo, že lze provozovat v jedné oblasti maximálně 20 stanic, založených na FHSS.



Obr. 13. Princip FHSS

### 8.2.2 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

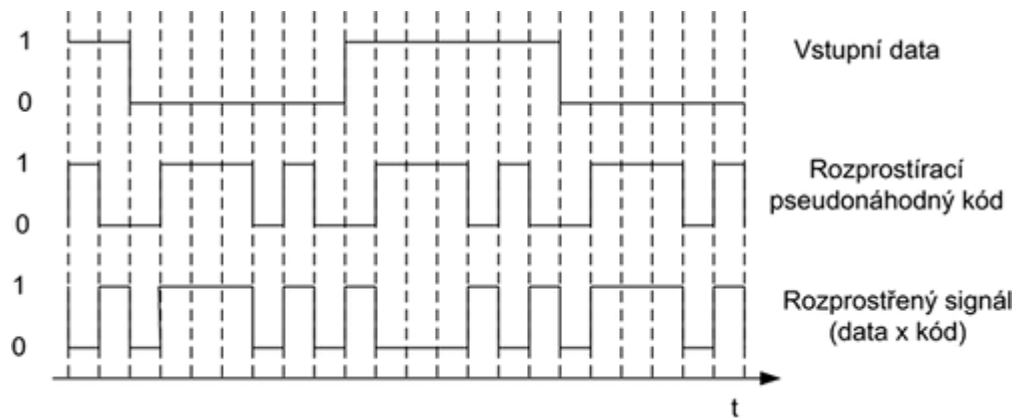
DSSS, technika přímého rozprostřeného spektra, je jednou z metod pro rozšíření spektra při bezdrátovém přenosu dat.

Pracuje tak, že každý jednotlivý bit určený k přenosu, je nejprve nahrazen určitou početnější sekvencí bitů (tzv. chipů). Tyto sekvence mají nejčastěji pseudonáhodný charakter. Pro jejich vytváření se využívají například Goldovy či Barkerovy kódy. Skutečně přenášená (modulována na nosný signál) je pak tato sekvence bitů. Jde tedy vlastně o umělé zavedení nadbytečnosti (redundance), podobné tomu, které se při datových přenosech někdy používá pro zajištění větší spolehlivosti přenosů. Zde je ale důvod pro zavedení takovéto redundance jiný. Signál je rozprostřen do větší části radiového spektra, je méně citlivý vůči rušení (což zvyšuje spolehlivost přenosu). Signál se ostatním uživatelům jeví jako náhodný šum, a bez znalosti mechanismu vytváření původní pseudonáhodné sekvence, je pro ně obtížné zpět získat (demodulovat) přenášená data.

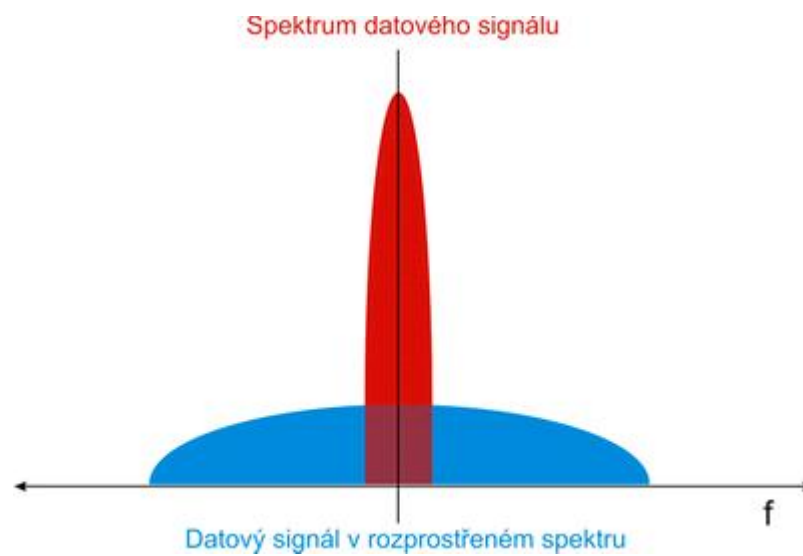
Jedná se o modulační techniku používanou například v bezdrátové technologii Wi-Fi či v navigačním systému GPS.

Výhodou DSSS oproti FHSS je, že pokud ve stejném frekvenčním pásmu vysílá jiné zařízení (např. WiFi, Bluetooth), přijímač je schopen správně demodulovat signál z vysílače. Z tohoto důvodu bylo pro ovládání modelu použit princip DSSS.

Způsob rozprostírání spektra je patrný z obrázků 14 a 15.



Obr. 14. Způsob přímého rozprostírání spektra



Obr. 15. Princip rozprostření spektra



**Praktická ukázka DSSS modulace**

1. Do vysílače zadáme povel (5)
2. Povel je pomocí chipové tabulky převeden na 32-bitovou informaci (chipy)
3. Upravený povel je odeslán
4. Přijímač přijme hodnotu, která však může být vlivem rušení pozměněna (8 chyb)
5. Přijímač porovná přijatou hodnotu s chipovou tabulkou a najde nejvyšší shodu (24/32)
6. Přijímač odešle povel dále ke zpracování

Tab. 13. Princip DSSS – Praktická ukázka

<i>Odeslaná hodnota:</i>		
5	0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0	
<i>Přijatá hodnota:</i>		
?	<b>0 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0</b>	8 chyb
<i>Hodnota:</i>	<i>Porovnání se všemi možnostmi:</i>	<i>Shoda:</i>
0	1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0	18
1	1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0	16
2	0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0	14
3	0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0	12
4	0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1	14
<b>5</b>	<b>0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0</b>	<b>24</b>
6	1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1	16
7	1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1	14
8	1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1	14
9	1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1	16
10	0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1	14
11	0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0	20
12	0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0	14
13	0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1	12
14	1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0	20
15	1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0	18

## 9 MODEL

### 9.1 Nosič zařízení - PHOENIX ST II 2WD 2,4 GHz



Obr. 16. PHOENIX ST II 2WD

Jako nosič kamery a dalších možných přídatných zařízení bylo zvoleno RC autíčko s ovládací frekvencí 2,4 GHz. Tato frekvence nám zajistí kvalitní prostupnost a dosah v kombinaci s nezávislostí a nulovým rušením kamerového systému. Frekvenční pásmo 2,4 GHz má nevýhodu pro použití v uzavřeném prostoru z důvodu horší prostupnosti, vyššího vlivu překážek a možného rušení Wi-Fi sítí, která pracuje na stejném kmitočtu. Tento problém byl vyřešen výměnou vysílače a přijímače za systém využívající DSSS spektrum.

Tab. 14. Rozměry modelu

Délka	397 mm
Šířka	313 mm
Výška	155 mm

## 9.2 Ovladač AGGRESSOR 3DS



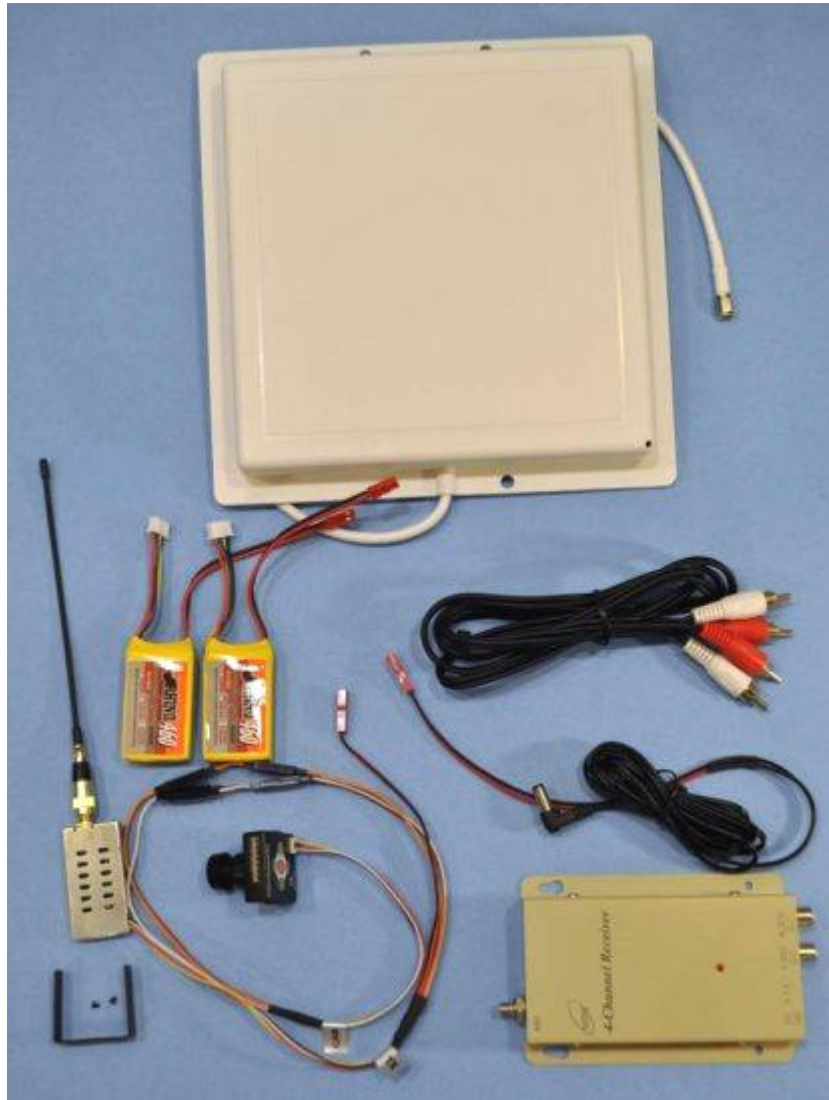
Obr. 17. AGGRESSOR 3DS

Ovladačem byl zvolena tříkanálová volantová RC souprava 2,4 GHz DSSS pro ovládání modelů aut i lodí. Oproti klasickým RC soupravám přináší vysokou spolehlivost přenosového systému s takřka dokonalou odolností vůči rušení - ať už z vnějších zdrojů nebo zdrojů na palubě modelu (motor, regulátor otáček apod.). Každý vysílač a přijímač jsou "spárovány" a jakmile se tak stane, přijímač už poslouchá pouze signál "svého" vysílače.

Tab. 15. Aggressor - Technické specifikace

Vyzářený výkon	100 mW
Proudový odběr	190 mA
Frekvence	2,4 GHz DSSS
Napájení	8ks AA

### 9.3 Přenosový set Advanced FPV Starter Package: 1,3 GHz



Obr. 18. Přenosový set

#### Obsah balíčku:

- RMRC - 480 kamera
- 1,3 GHz vysílač
- napájecí kabel pro přijímač
- 8 dBi anténa
- 2 ks 11,1 V Li-Po 500 mAh baterií
- odlehčená kabeláž pro vysílač a kameru
- celková váha :76 g (bez baterií), 116 g (s baterií)

### 9.3.1 Kamera RMRC – 480

- 1/3 "Sony Super HAD CCD snímač
- video výstup:
  - rozlišení PAL: 752x582
  - 480 TV-line rozlišení
  - minimální osvětlení 0,5 Lux
  - standardní f3.6 mm optické čočky
- OSD menu pro nastavení parametrů kamery
- integrovaný mikrofon
- váha: 36 gramů
- velikost 30 x 30 mm
- napájení 12 V DC  $\pm$  10% provozu

### 9.3.2 1,3 GHz 100mW vysílač a přijímač

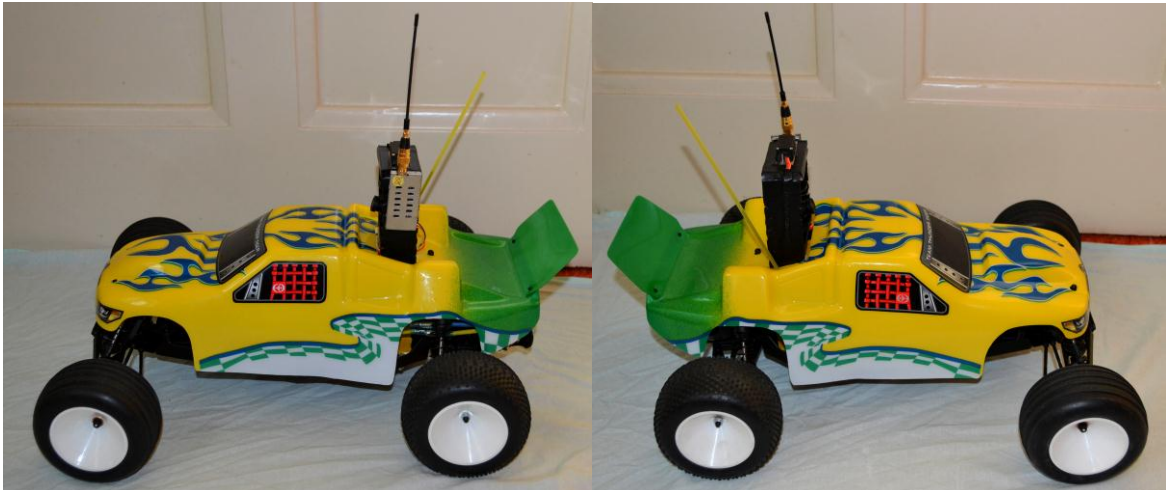
Pro účel přenosu obrazu v uzavřeném prostoru byla zvolena frekvence 1,3 GHz z důvodu lepší prostupnosti terénem, menšího vlivu překážek a hlavně nulového rušení od systému využívající pásmo 2,4 GHz (Bluetooth, Wi-Fi, ovládání modelu).

## 9.4 Celkový pohled



Obr. 19. Pohled I.





Obr. 20. Pohled II.



Obr. 21. Pohled III.



Obr. 22. Pohled IV. – Nosič



Obr. 23. Pohled V. – Detail



## 9.5 Technické specifikace

Tab. 16. Technické specifikace

Rozměry	Délka	397 mm
	Šířka	313 mm
	Výška	215 mm
Váha	2050 g	
Nosnost	500 g	
Maximální dosah <sup>1</sup>	Exteriér	800 m
	Interiér	100 m
Napájení	Model	NiMH 3000 mAh 7,2 V
	Ovladač	NiMH 8 ks AA 9,6 V
	Kamera	LiPo 500 mAh 11,2 V
	Přijímač	NiMH 3000 mAh 12V
Vyzářený výkon	Model	100 mW
	Kamera	100 mW
Frekvenční pásmo	Model	2,4 GHz
	Kamera	1,3 GHz
Modulace	Model	DSSS
Provozní doba	20 minut	

---

<sup>1</sup> Dosah se může měnit v závislosti na konstrukci objektu, počtu stěn a elektromagnetickém rušení.

## 9.6 Využití modelu v praxi

Model, jako nosné zařízení, nám poskytuje výchozí pozici pro další rozšíření jeho sledovacích a monitorovacích vlastností. Po doplnění dalšími čidly, jakými jsou např. detektor kouře, nebezpečných látek a radiace, získáme mobilní detekční zařízení pro zásah na místě průmyslové havárie.

Své využití by toto mobilního zařízení jistě našlo při monitorování skladů, kam má člověk zakázaný přístup z bezpečnostních důvodů, dále při monitorování míst, kde by mohlo dojít ke zranění (např. automatizované výrobní haly), otrávení nebo udušení bezpečnostního pracovníka. Mobilní kamerový systém získává obrovskou výhodu ve flexibilitě oproti klasickým kamerám. Pro tuto kameru v podstatě neexistuje hluché místo které by nemohla kontrolovat. Pokud bychom však chtěli provádět dlouhodobý monitoring, bylo by nutné nahradit stávající akumulátory za jiné s vyšší kapacitou.

Model ve stávajícím stavu je tedy určen převážně pro operativní řešení na místě zásahu. V případě, že si je pracovník nejistý bezpečností v místě zásahu, má možnost jako svůj předvoj vyslat model.

### Možné přídatné zařízení:

- teplotní hlásič
- detektor hořlavých plynů
- detektor toxických plynů
- detektor výbušnin
- detektor úrovně radiace
- GPS

## 10 EXISTUJÍCÍ PROSTŘEDKY PRO MONITORING

### 10.1 Dálkově ovládané prostředky pro monitoring ze vzduchu, země a pod vodou

Pro prezentaci existující techniky v oblasti využití dálkově řízeného modelu pro monitorování areálů a objektů jsem si vybral převážně výrobky firmy QRV Systems, jelikož jako jedna z mála firem vyvíjí a nabízí dálkově řízené modely využitelné ve většině zmíněných prostředích a má na trhu i české zastoupení.

### 10.2 Bezpilotní vrtulníky

Bezpilotní vrtulník (UAV) Microdrone, který byl v České republice poprvé představen na veletrhu obranné a bezpečnostní techniky IDET v květnu 2009, se vyrábí ve dvou variantách. Obě varianty využívají čtyři samostatně řízené vrtule, které s pomocí vyspělé elektroniky nabízí vysokou stabilitu při letu a nekladou tak zvláštní nároky na pilotáž. Menší vrtulník MD4-200 s rozpětím 70 cm a hmotností 585 g unese užitečnou zátěž 200 g a na jeden akumulátor dokáže létat až 30 minut. Větší MD4-1000 o hmotnosti 3,9 kg unese užitečnou zátěž 1,2 kg a na jeden akumulátor dokáže létat přibližně jednu hodinu.

#### 10.2.1 Microdrone MD4-200

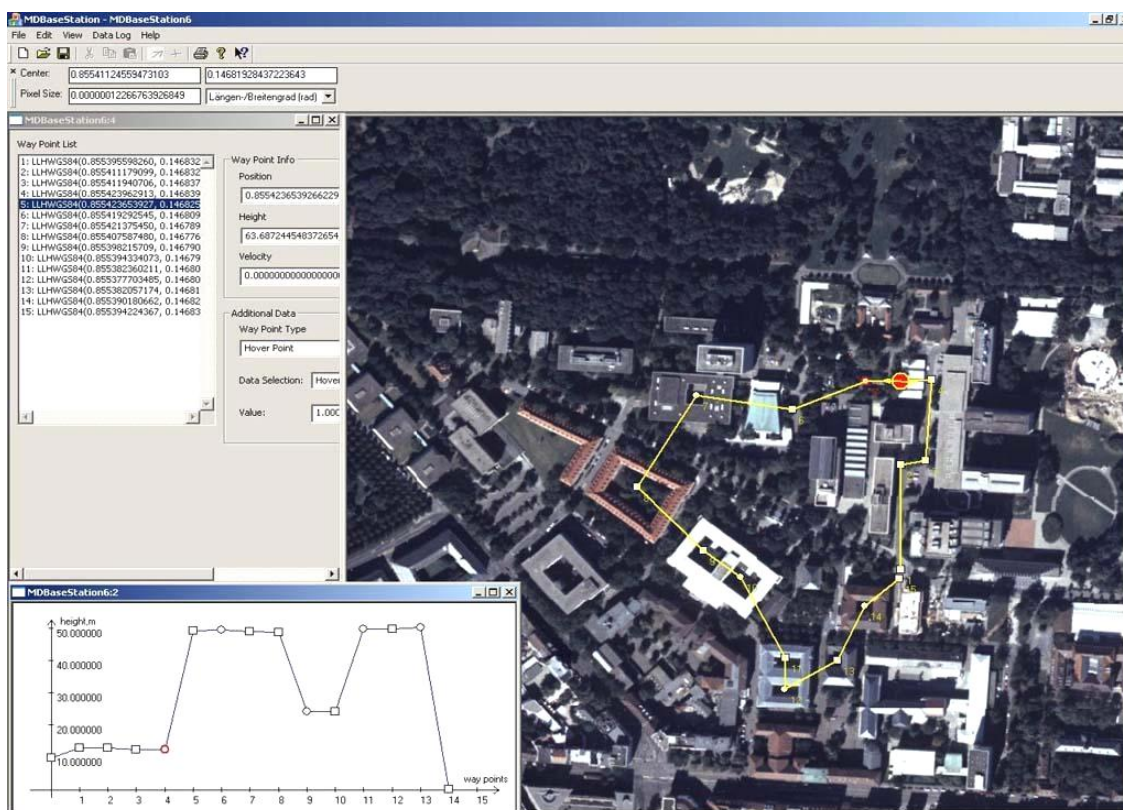


Obr. 24. Microdrone MD4-200

Vrtulník je vybaven nezávisle řízeným polohovacím zařízením sloužícím pro uchycení příslušenství. Portfolio příslušenství je široké, počínaje fotoaparát s rozlišením 12MPx1 se stabilizací obrazu, přes různé druhy videokamer až do rozlišení HD, dále pak např. IR kamera, termo kamera nebo detektor plynů. Nejvyšší variability použití pak systém dosáhne ve spolupráci se základnovou stanicí, kde má obsluha neustálý přehled o stavu okolního prostředí a o všech parametrech zařízení včetně jeho geografické polohy, a která umožňuje krom jiného například předem připravit letový plán pomocí tzv. way-pointů.

### Way-point

S pomocí základnové stanice a rozšiřujícího software lze předprogramovat trasu letu po jednotlivých way-pointech. Vrtulník pak sám vykoná let a provede předdefinovanou činnost. Way-point je zadán pomocí GPS souřadnic, výškou a prováděnou činností.



Obr. 25. Way-pointy

## 10.2.2 Základní parametry

### Technické údaje

Tab. 17. MD4-200 – Technické specifikace I.

Váha	< 900 g
Nosnost	< 200 g
Velikost	< 70 cm (vzdálenost osa rotoru/osa rotoru)
Délka letu	max. 20 min. (závisí na zatížení)
Dosah	max. 500 m
Baterie	4 články Li-Po 2300 mAh, 14,8 V
Pracovní vlhkost	< 80%
Pracovní teplota	0 – 40 °C
Odolnost proti větru	ostré snímky při 4 m/s
Výška letu	< 1500 m

### Senzory

Tab. 18. MD4-200 – Technické specifikace II.

Barevná kamera	470 řádků
Ostrost černá/bílá	0,0003 Lux
Digitální fotografie	10 Mega Pixelů

## 10.2.3 Využití

Tato technika je v dnešní době v ČR používána převážně k vytváření leteckých snímků oblasti. V zahraničí je však tento systém hojně využíván jako doplněk či náhrada fyzické ostrahy. Tento vrtulník lze buďto pilotovat tzv. UAV nebo FPV Pro FPV musí být při létání vždy přítomen kvalifikovaný pilot, tudíž pro zabezpečení objektu se nám tato varianta může velmi prodražit. FPV je tedy určeno pro operativní řešení jakékoliv krizové situace která může nastat, např. monitoring při povodních, vzniklé havárii apod. Avšak UAV může být pro nás jako pracovníky bezpečnostní agentury v rámci zajištění ostrahy objektu velmi zajímavá inovace, jelikož vrtulník může být naprogramován na danou trasu,

kteřou poté bude sám automaticky střežit 24/7. Díky možnosti automatického dobíjení, které je prováděno vždy po prolétnutí dané trasy na domácí stanici, získáváme téměř bezúdržbový prostředek pro zabezpečení rozsáhlého objektu.

Největší výhodou je však jeho mobilita a nedosažitelnost pro běžného pachatele. Na rozdíl od statických kamer, které pachatel může jakkoliv poškodit nabízí kvadroptéra velmi vítaný prvek překvapení.

## 10.3 Bezpilotní ponorky

### 10.3.1 Fogala



Obr. 26. Fogala

Folaga je velká bezpilotní ponorka schopná nést variabilní užitečnou zátěž dle potřeb uživatele. Svým vzhledem připomíná torpédo. Původně byla vyvinutá pro monitoring situace pod vodou, ale v současné době nalézá uplatnění např. pro aplikace mapování dna nádrží, vyhledávání apod. Je schopná pracovat zcela autonomně po dobu až 6 hodin při maximální rychlosti pohybu.

Jedním z hlavních charakteristických rysů Folagy je jeho vysoká manévrovatelnost, který se vyznačuje sloučením ovládacích mechanismů, které jsou podobné těm z oceánografických kluzáků a samohybných AUV.

### 10.3.2 Základní parametry

#### Technické údaje

Tab. 19. Fogala – Technické specifikace I.

Maximální hloubka ponoru	80 m
Maximální rychlost	3,7 km/h (možno zvýšit až na 7,4 km/h)
Délka	od 2000 mm
Průměr	155 mm
Hmotnost	31 kg
Provozní schopnost	až 6 hodin autonomního provozu (Ni-MH akumulátory)
Manévrovatelnost	v 5-ti osách

#### Navigační senzory

Tab. 20. Fogala – Technické specifikace II.

GPS přijímač	přesnost: 0.5°
Kompas	přesnost: 0.2°
Rozsah náklonu:	± 80°
Hloubka	0-100 m
Ostatní senzory	Vnitřní teplota, vlhkost, stav baterie

### 10.3.3 Využití

Původně byla vyvinuta pro monitoring situace pod vodou, ale v současné době nalézá uplatnění např. pro aplikace mapování dna nádrží, vyhledávání apod. Je schopná pracovat zcela autonomně po dobu až 6 hodin při maximální rychlosti pohybu. Tato ponorka se používá nejčastěji pro průzkum dna a dále také pro kontrolu celistvosti hrází. Najmutí profesionálních potápěčů jistě vyjde levněji, ale z hlediska dlouhodobé investice a převážně možnosti provádět průzkum i v extrémních chladech se tato ponorka může jevit



jako dobrá investice pro firmu, která zabezpečuje a kontroluje právě vodní plochy, přehrady a hráze.

## 10.4 Bezpilotní katamarány

### 10.4.1 Catarob T-02



Obr. 27. Catarob T-02

Rádiově ovládaný katamarán, určený pro bezpilotní dálkový průzkum na vodě. Jeho otevřená PC - PC architektura umožňuje osazení rozsáhlého příslušenství podle požadavků uživatele. Základnová (ovládací) stanice umístěná na břehu dovoluje kromě řízení katamaránu i kompletní vizualizaci výstupů ze všech nesených snímacích zařízení a jejich záznam.



### 10.4.2 Základní parametry

Tab. 21. Catarob T-02 - Technické specifikace

Ovládání	Dálkové ovládání přes rádio	
Rozměry	Délka x šířka: 170 cm x 100 cm	
Hmotnost	Ve vzduchu: 30 kg bez užitečného zatížení Užitečná hmotnost: 10 kg	
Rychlost	9,25 km/h	
Ponor	Minimální ponor: 0,1 m	
Motory	2 x 250 W elektrické motory, s přímým pohonem	
Vrtule	2 x 3 listy vrtule	
Akumulátory	Ni-MH akumulátory, 3 hodiny	
Externí napájení	AC 110 - 220 V pro nabíjení akumulátorů	
Ovládání	Laptop a / nebo dálkové ovládání	
Komunikace	Wi-Fi, dosah > 1,1 km	
Video/ Sonar display	V laptopu	volitelné
Navigace	Automatické režimy (automatické řízení, automatické nastavení rychlosti)	volitelné
Zobrazení polohy	GPS souřadnice na přenosném počítači, pozice na digitální grafu	volitelné

### 10.4.3 Využití

V současnosti je tento automaticky řízený katamarán jedna z mála možností pro bezpečnostní zajištění velkých vodních ploch. Stejně jako kvadrotéra má režim FPV a UAV. Díky podobnému systému way-pointů jako u kvadrotéry je možná provádět 24/7 střežení jakékoliv vodní nádrže. Po připojení vodě odolné bezdrátové kamery můžeme v kombinaci s kvadrotérou mít tímto přehled o jakémkoli možném narušiteli jak ze vzduchu tak ze země, respektive z vodní plochy.

## 10.5 Pozemní robot

V současnosti se využití pozemních dálkově řízených monitorovacích systémů zaměřuje primárně na vojenské využití v nebezpečných oblastech, převážně v místech ozbrojených konfliktů.

Nejběžnějším robotem, který se v současné době používá, je malý nízký robot umístěný na miniaturních tankových pásech. Tito roboti jsou odolní a schopni překonat téměř jakoukoli překážku, obvykle mají na sobě velkou řádku senzorů – audio/video zařízení a různé detekční senzory. Jsou velmi variabilní, s různými senzory nebo nosiči zbraní mohou provádět různé úlohy. Největší výhodou však je jejich váha, jelikož je lze lehce přenášet bez použití jakékoliv techniky.

### 10.5.1 TALON S.W.O.R.D



Obr. 28. Variace TALONu

Univerzálnost byl hlavní cíl při vývoji TALONu od firmy Foster-Miller. S mnoha možnými kombinacemi, které lze konfigurovat přímo na místě. Základní verze TALON obsahuje audio/video zařízení a mechanickou paži a váží 45 kg. Odlehčená verze (27 kg) neobsahuje mechanickou paži. Roboti byli například využíváni při záchranných a vyprošťovacích akcích po útoku na World Trade Center a nyní jsou používáni v Bosně, Afghánistánu a Iráku pro likvidaci min, bomb v autech, improvizovaných výbušnin a jiných nebezpečných výbušnin.

V současnosti je připravován pro další využití. Všechny TALONy jsou nyní vybavovány chemickými, plynovými, teplotními a radiačními senzory. Armáda nyní provádí testy při kterých TALONy nesou zbraně. Mohou být ozbrojeny M240 nebo M249 těžkým kulometem nebo odstřelovací puškou Barret 50.cal. V budoucnosti by je ráda armáda vybavila granátomety a protitankovými střelami.

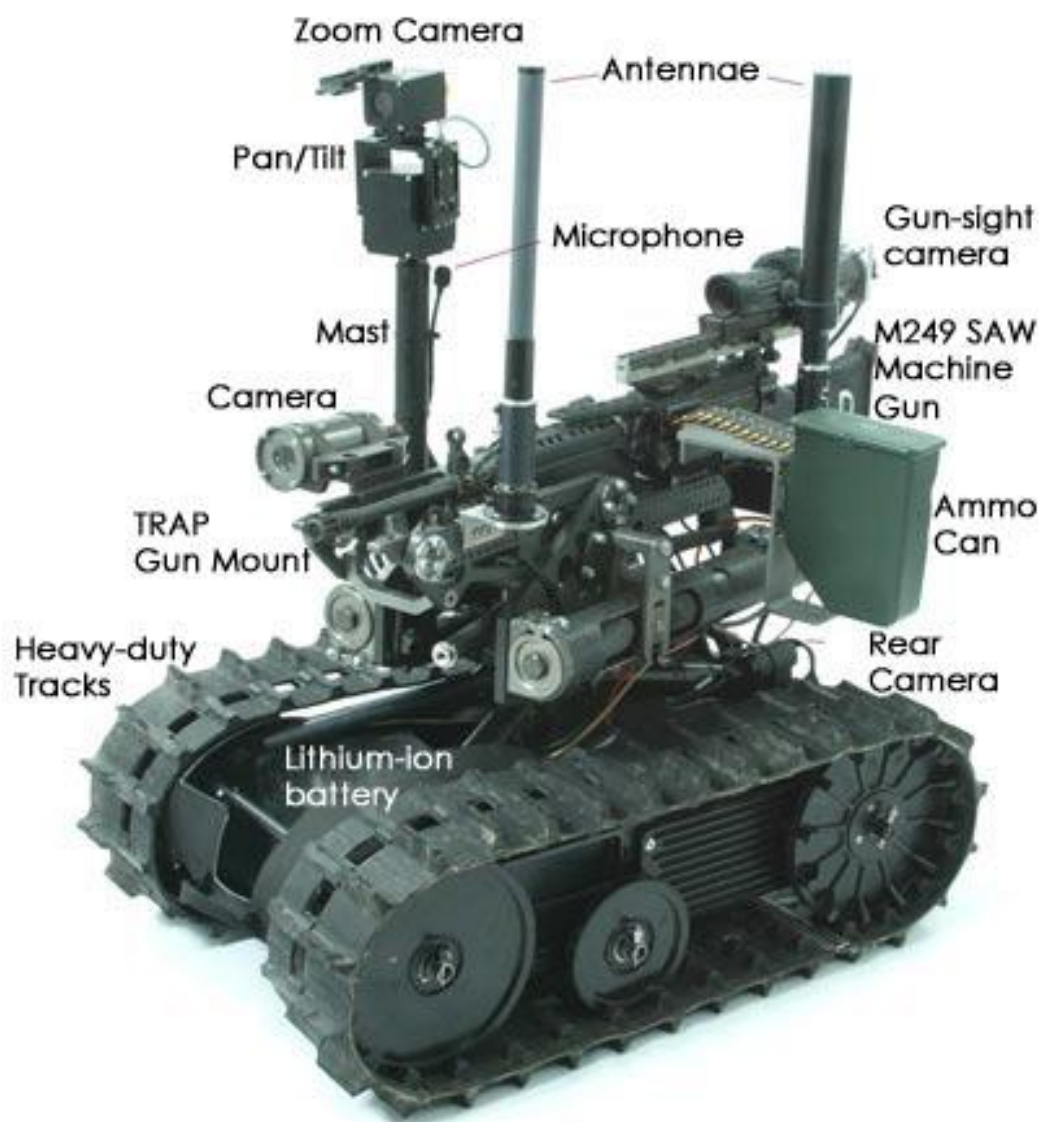
## 10.5.2 Základní parametry

Tab. 22. TALON S.W.O.R.D – Technické specifikace

Hmotnost (odlehčená verze)	45 kg (27 kg)
Rozměry	délka x šířka: 86,4 cm x 57,2 cm výška: 42,7 cm (zatažené rameno) 1,3 m (vytažené rameno)
Nosnost	110 kg
Rychlost	8,5 km/h
Dojezd	32 km
Provozní schopnost	
Běžný provoz	4,5 hodiny (+4 přídatná baterie)
Stand-by režim	7 dní
Dosah	800 m s běžnou anténou 1200 m s rozšířenou anténou 300 m při propojení kabelem
Kamery	Tři infračervené světelné kamery (ruka, rameno, zadní kamera). NTSC: 510 x 492 Automatický zoom : 300:1 (12x optický - 25x digitální) Osvětlení poháněné akumulátorem.



Obr. 29. Průzkumný TALON



Obr. 30. Bojový TALON

## ZÁVĚR

V teoretické části se práce zabývá oblastí bezdrátového přenosu a technologiemi využívající tento způsob přenosu. Oblast technologií bezdrátového přenosu se stále vyvíjí a nejenom tomu je i pro jejich aplikaci a použití v oboru bezpečnostního průmyslu. Zajištění bezporuchovosti provozu je však hlavním požadavkem. S tím souvisí potřeba zařízení, která nejsou rušeny ostatními zařízeními. Tato zařízení také samy nesmí způsobovat rušení. Bakalářská práce obsahuje výtah rádiových technických parametrů z norem, které jsou podstatné pro bezdrátové bezpečnostní technologie. Informačními zdroji byly normy a vyhlášky Českého telekomunikačního úřadu, ETSI a IEEE.

V praktické části práce řeší výběr a použití kmitočtů a jejich modulaci. Pro přenos řídicích povelů byla zvolena frekvence 2,4 GHz, upravená DSSS modulací, z důvodu menší náchylnosti k rušení a vyšší prostupnosti překážkami (viz. kapitola 8.2.2). Pro přenos dat z bezdrátové kamery byla zvolena frekvence 1,3 GHz, jelikož nižší kmitočtové pásmo zaručuje nižší rušení způsobené překážkami (viz Tab. 12). Hlavním tématem však byla bezesporu tematika využití bezdrátové kamery jiným, než standardním způsobem. Toho bylo docíleno tak, že využívá komponenty z technologií bezpečnostních, bezdrátových a informačních a spojuje je ve funkční celek, použitelný pro vzdálený dohled. Neprovádí se zde tedy vlastní zdlouhavý vývoj jednotlivých prvků, ale používají se celé funkční bloky, vhodně naprogramované. Miniaturizace, snížení spotřeby a vývoj zdrojových soustav může posunout možnosti monitorování pomocí kamerových systémů do oblastí dříve nemyslitelných. Mobilní kamerový systém má obrovskou výhodu ve flexibilitě oproti klasickým kamerám. Pro tuto kameru v podstatě neexistuje hluché místo které by nemohla kontrolovat. Využití mobilního kamerového systému je velmi pestré. Kamera by se mohla využívat k monitoringu nepřehledných skladů, v elektrárnách (únik radiace, elektrický výboj, únik plynu), v plynárnách, na kontrolu elektrických vedení či pro kontrolu celistvosti potrubí.

Při technické realizaci došlo k problémům s nákupem vybrané kamery a modelu (opoždění dodávky), proto byl model dokončen pouze ve formě mobilního kamerového systému. Práce však alespoň krátce teoreticky naznačuje další vývoj a možnosti modelu.

Práce dále seznamuje s vlastnostmi a využitím již existujících prostředků pro vzdálený dohled. Tyto systémy jsou schopny monitorovat situaci ze země, vzduchu, z vodní plochy,

či provádět podvodní průzkum. Tyto prostředky nejsou zatím v ČR příliš rozšířené a jejich praktické využití v oboru bezpečnostních technologií zatím není využíváno. Postupné snižování cen a miniaturizace nám naznačuje budoucí možnost využití těchto systémů pro dálkově řízený dohled na areálem či objektem.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

In the theoretical part, the work deals with the wireless technologies and application of this methods of transmission. Area of wireless technology is still evolving as well as their application and use in the field of security industry. Reliability of operation is a key requirement. Endurance against interference is the basic requirement of appliances. Those devices themselves can't also cause interference. Work also includes a list from the technical parameters of radio standards, which are essential for wireless security technology. Basic information resources were standards issued by the Czech Telecommunication Office, ETSI and IEEE.

The practical part deals with the selection and use of the frequency and their modulation. For transmission of control commands was chosen frequency of 2,4 GHz with DSSS modulation for lower susceptibility of interference and increased permeability of barriers (see Section 8.2.2). For transfer of data from the wireless camera was chosen frequency 1,3 GHz as a lower frequency band provides less chance of interference caused by obstacles (see Table 12.). The main theme, however, was undoubtedly the theme of the use of wireless cameras for non standard applications. This was achieved by the use of the technology components of security, wireless and information technologies and connects them to a functional unit. The standard produced functional blocks suitably programmed were applied instead of a lengthy development of custom features. Miniaturization, lower power consumption and resource development systems can move monitoring by CCTV to areas previously unthinkable. Mobile CCTV system has an advantage in flexibility compare to static conventional cameras. For this camera basically there is no weak link that could not be controled. Using a mobile camera system is very diverse. The camera could be used to monitor blind stores in power plants (leakage of radiation, electric shock, gas leaks), the gasworks, to check electrical wiring and integrity of pipes.

There was the problem with buying the camera and the model (delay in delivery). The model was completed only in the form of a mobile CCTV system. However, work briefly suggest further development of model and its options.

The work also introduces us characteristics and use of existing resources for remote monitoring. These systems are able to monitor the situation from the air, water surface and deepwater exploration. Those systems are not yet very widespread in the Czech Republic



and their practical application in the field of security technology is rare. However, continual price reductions and miniaturization shows us the future possibility of using these systems for remote-controlled surveillance of the premises and buildings.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Monografie:

- [1] ČANDÍK, Marek. *Objektová bezpečnost II : Kamerové systémy*. první. UTB - Academia centrum Zlín : [s.n.], 2004. 100 s. ISBN 80-7318-217-3.
- [2] NĚMEČEK, Milan, *CCTV kamery a jejich využití v zabezpečení objektu*, Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2008, 105 s. Diplomová práce.
- [3] KLIMEŠ, Jiří, *Bezdrátové bezpečnostní technologie z pohledu kmitočtové legislativy*, Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2010, 46 s. Bakalářská práce.
- [4] PAVLÍK, Peter, *Monitorování objektu pomocí mobilní kamery*, Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2010, 53 s. Bakalářská práce.
- [5] PETROV, David, *Systém pro komunikaci mezi vozítkem a počítačem PC*, Brno : Vysoké učení technické, 2009, 47 s. Bakalářská práce
- [6] ZAPLETAL, Petr. *Video-technika-kamery*. Olomouc, 1996. ISBN 80-85839-12-1

### Normy a všeobecná oprávnění:

- [7] ČSN ETSI EN 300-328 Elektromagnetická kompatibilita a rádiové spektrum
- [8] ČSN EN 50132-7-2 Polachové systémy – CCTV pokyny pro aplikaci
- [9] *Všeobecné oprávnění č. VO-R/10/06.2009-9*. [cit. 2010-03-10]. K využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu. Praha : Český telekomunikační úřad, 16. červen 2009. 19 s.
- [10] *Všeobecné oprávnění č. VO-R/12/08.2005-34* [cit. 2010-03-10]. K využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení pro širokopásmový přenos dat na principu rozptřeného spektra nebo OFDM v pásmech 2,4 GHz a 5 GHz. Praha : Český telekomunikační úřad, 9. srpen 2005. 5 s.

### Internetové zdroje:

- [11] ČTÚ [online]. 2011 [cit. 2011-05-09]. *Český telekomunikační úřad*. Dostupné z WWW: <<http://www.ctu.cz/o-ctu/povinne-informace.html>>.

- [12] *DSSS and FHSS - Spead Spectrum tutorials* [online]. 2011. Dostupné z WWW: <[http://www.arcelect.com/dsss\\_fhss-spead\\_spectrum.htm](http://www.arcelect.com/dsss_fhss-spead_spectrum.htm)>.
- [13] *FPV video pilot* [online]. 2011. Dostupné z WWW: <<http://fpvpilot.com/>>.
- [14] *How stuff works* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://science.howstuffworks.com/military-robot2.htm>>.
- [15] *QRV Systems* [online] 2010. Dostupné z WWW: <<http://www.qrv.cz/>>.
- [16] *Specifikace technologie Bluetooth, oficiální stránky*[online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Building/Specifications/>>.
- [17] *RC-Eagleeye* [online]. 2011. Dostupné z WWW: <<http://www.rc-eagleeye.cz/>>.
- [18] *RC Modely: Frekvence, antény a spol.* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://rcm.mwft.org/video-fpv/frekvence-anteny-a-spol.html>>.
- [19] *RCM Pelikán.* [online]. 2010. Dostupné z WWW: <<http://www.rcm-pelikan.cz>>.
- [20] *Sluneční energie* [online] 2011. Dostupné z WWW: <<http://slunecni-energie.divoce.cz/spektrum/>>.
- [21] *Wi-Fi Wireless LAN - IEEE 802.11* [online]. 2011. Dostupné z WWW: <<http://wi-fi.unas.cz/ieee-802-11.php>>.
- [22] *Záchranná služba* [online] 2011. Dostupné z WWW: <[http://www.zachrannasluzba.cz/odborna/0310\\_radsite.htm](http://www.zachrannasluzba.cz/odborna/0310_radsite.htm)>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AM	Amplitude Modulation
BPSK	Binary-Phase Shift Keying
ČTÚ	Český Telekomunikační Úřad
DSSS	Direct frequency spread spectrum
DV	Dlouhé vlny
e.i.r.p.	Equivalent Isotropically Radiated Power
EN	Evropská norma
EHF	Extra High Frequency
EKV	Extrémně krátké vlny
FFHSS	Fast FHSS
FPV	First Person Viewing
FHSS	Frequency hoopping spread spectrum
FM	Frequency Modulation
GPS	Global Positioning Systém
HD	High Definition
CCD	Charge-Coupled Device
ISM	Industry, Science, Medical
IR	Infra Red
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
KV	Krátké vlny
LCD	Liquid Crystal Display
Li-Po	Lithium Polymerový akumulátor
MIMO	Multiple input – Multiple Output

---

Ni-Cd	Nikl Kadmiový akumulátor
Ni-MH	Nikl Metal Hydridový akumulátor
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RC	Radio Contoled
RFID	Radio Frequency Identification
RGB	Red Green Blue
RTG	Rentgen
SFHSS	Slow FHSS
SDM	Spatial Division Multiplexing
SKV	Středně krátké vlny
SV	Střední vlny
SHF	Super High Frequency
ETSI	The European Telecommunications Standards Institute
UKV	Ultra krátké vlny
UV	Ultra Violet
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VDV	Velmi dlouhé vlny
VKV	Velmi krátké vlny
WLAN	WIFI Local Area Network
WIFI	Wireless Fidelity

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Elektromagnetické spektrum .....	11
Obr. 2. Viditelné světlo .....	12
Obr. 3. Logo Wi-Fi .....	21
Obr. 4. Logo Bluetooth .....	24
Obr. 5. CCD čip .....	27
Obr. 6. Schéma přenosové jednotky .....	29
Obr. 7. Schéma vysílací jednotky .....	30
Obr. 8. CCD mikrokamera.....	31
Obr. 9. Schéma přijímací jednotky .....	32
Obr. 10. Mobilní pozemní stanice .....	33
Obr. 11. Video brýle pro FPV řízení.....	33
Obr. 12. UAV - Predator.....	35
Obr. 13. Princip FHSS .....	39
Obr. 14. Způsob přímého rozprostírání spektra .....	40
Obr. 15. Princip rozprostření spektra.....	40
Obr. 16. PHOENIX ST II 2WD .....	42
Obr. 17. AGGRESSOR 3DS .....	43
Obr. 18. Přenosový set .....	44
Obr. 19. Pohled I.....	46
Obr. 20. Pohled II.....	47
Obr. 21. Pohled III. ....	47
Obr. 22. Pohled IV. – Nosič.....	48
Obr. 23. Pohled V. – Detail .....	48
Obr. 24. Microdrone MD4-200.....	51
Obr. 25. Way-pointy .....	52
Obr. 26. Fogala .....	54
Obr. 27. Catarob T-02.....	56
Obr. 28. Variace TALONu .....	58
Obr. 29. Průzkumný TALON .....	60
Obr. 30. Bojový TALON .....	61

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Extrémně dlouhé vlny .....	14
Tab. 2. Velmi dlouhé vlny .....	14
Tab. 3. Dlouhé vlny .....	14
Tab. 4. Střední vlny.....	15
Tab. 5. Krátké vlny .....	15
Tab. 6. Velmi krátké vlny .....	15
Tab. 7. Ultra krátké vlny .....	16
Tab. 8. Super krátké vlny.....	16
Tab. 9. Extrémně krátké vlny.....	16
Tab. 10. VO-R/10/06.2009-9.....	19
Tab. 11. VO-R/12/08.2005-34.....	22
Tab. 12. Výběr kmitočtů .....	37
Tab. 13. Princip DSSS – Praktická ukázka.....	41
Tab. 14. Rozměry modelu.....	42
Tab. 15. Aggressor - Technické specifikace .....	43
Tab. 16. Technické specifikace.....	49
Tab. 17. MD4-200 – Technické specifikace I.....	53
Tab. 18. MD4-200 – Technické specifikace II. ....	53
Tab. 19. Fogala – Technické specifikace I.....	55
Tab. 20. Fogala – Technické specifikace II. ....	55
Tab. 21. Catarob T-02 - Technické specifikace .....	57
Tab. 22. TALON S.W.O.R.D – Technické specifikace.....	59

## SEZNAM PŘÍLOH

P I Instrukce pro nabíjení

P II Instrukce pro zapojení kamerového systému



## **PŘÍLOHA P I: INSTRUKCE PRO NABIJENÍ**

**Kapacita** - udává velikost elektrického náboje (množství energie) uloženého v akumulátoru. Udává se v ampérhodinách (Ah) nebo v praxi častěji v miliampérhodinách (mAh). Akumulátor o kapacitě 1 Ah (=1000 mAh) je teoreticky schopen dávat proud 1 ampér po dobu jedné hodiny.

**Vnitřní odpor** - udává schopnost akumulátoru dávat větší nebo menší vybíjecí proud. Pro názornost si představte dvě láhve (akumulátory) na-plněné stejným množstvím vody (se stejnou kapacitou). Jedna má hrdlo o průměru 1 cm (velký vnitřní odpor) a druhá hrdlo o průměru 5 cm (malý vnitřní odpor). Pokud se je rozhodneme vyprázdnit, bude to samozřejmě láhvi s malým hrdlem trvat déle (dává menší vybíjecí proud).

**Jmenovité napětí akumulátoru** - pro NiCd a NiMH akumulátory je to 1,2 V, pro olověné 2 V na článek. V provozu se toto napětí mění v rozmezí 0,8 - 1,5 V u NiCd a NiMH a asi 1,7 - 2,3 V u olověných.

**Nabíjecí proud, vybíjecí proud** - udává se v ampérech (A) nebo miliampérech (mA). Důležitý údaj je proud, jehož velikost odpovídá číselné hodnotě kapacity akumulátoru - označuje se jako 1C (např. pro akumulátor 1700 mAh je 1C=1,7 A)

**Pomalé nabíjení** („nabíjení přes noc“) - nabíjení proudem 0,1C (např. 50 mA pro akumulátor 500 mAh). Používá se pro úvodní zformování akumulátorů a pro akumulátory do vysílačů a pro přijímače. Výhodou je, že není třeba přesně hlídat konec nabíjení. Pokud nabíjíme déle, proud se sice mění na teplo, ale je tak malý, že akumulátor není ohrožen.

**Zrychlené nabíjení** - nabíjení proudem 0,3-0,6C - stále ještě poměrně šetrná metoda, vyžaduje už spolehlivý způsob ukončení nabíjení (aspoň časovým spínačem). Vhodné pro Tx a Rx akumulátory.

**Rychlonabíjení** - nabíjení proudem 1-2C nebo více, nezbytně vyžaduje automatické ukončení nabíjení (delta-peak, měření teploty, dodaného náboje atd.). Časový spínač je nevhodný.

**Samovolné vybíjení, samovybíjení** - akumulátor není schopen trvale udržovat jednu nabitý náboj, protože - jak už jsme si řekli - je reakce na elektrodách vratná. Nabité akumulátor se samovolně vybíjí - u NiCd akumulátoru ztrácíme asi 1% elektrického náboje

denně (akumulátory s větším vnitřním odporem se vybíjejí méně, s nízkým vnitřním odporem více), u NiMH akumulátorů může jít až o 3 - 4% za den.

**Akumulátorové sady („packy“)** - jen vyjimečně se akumulátory používají jednotlivě (kompaktní žhavicí koncovky pro spalovací motory), většinou jsou spájeny v sadě. Čtyř- a pětičlánekové sady se používají pro napájení přijímačů a serv, šestičlánekové v modelech aut a lodí, sedmi a vícečlánekové sady v modelech letadel. Akumulátory se vždy zapojují do série (za sebou), nikdy paralelně (vedle sebe). Kapacita takové sady se rovná kapacitě jednotlivého článku, jmenovité napětí je součtem jmenovitých napětí jednotlivých článků.

**Formování akumulátorů** - je obdobou záběhu spalovacích motorů. Nový nebo dlouho nepoužívaný akumulátor je třeba podrobit nejméně třem (lépe pěti) cyklům pomalého nabití proudem 0,1C a pomalého vybití proudem max. 1C. Tento pomalý postup „rozhybe vnitřnosti“ článků a zároveň umožní článkům v sadě vyrovnat svoje parametry. Další cykly už mohou probíhat s rychlonabíjením a vybíjením v normálním provozu.

**Provoz akumulátorů** - všeobecným problémem akumulátorových sad je to, že jednotlivé články nejsou nikdy úplně stejné. V provozu potom dochází k tomu, že jeden článek se vybije nejdříve, načež se ho zbytek sady snaží dobíjet. Tento článek se více ohřívá a v průběhu opakovaných vybíjecích cyklů se jeho parametry stále více zhoršují a odchyľují od zbytku sady. Navenek se to projeví poklesem náboje, který je sada schopna dodat, nárůstem vnitřního odporu, který způsobuje větší ohřev sady při vybíjení a poklesem maximálního vybíjecího proudu, který je akumulátor schopen dávat. Postupem času tento proces může vést až ke zničení článku. Je třeba říci, že „současná medicína“ není schopna tomuto jevu zabránit, lze jej jen omezit. Musíme se prostě smířit s tím, že akumulátorová sada, kterou my modeláři nutíme pracovat na hranici možností, nevydrží věčně. Můžeme ale hodně udělat pro to, aby vydržela déle.

## **PŘÍLOHA P II: INSTRUKCE PRO ZAPOJENÍ KAMEROVÉHO SYSTÉMU**

Kroky k zprovoznění:

1. Nabíjejte baterie pomocí nabíječky určené pro nabíjení lithium-polymerových baterií. Dodržujte všechny standardní bezpečnostní pravidla pro nabíjení Li-Po baterie.
2. Nainstalujte anténu na vysílač.
3. Nainstalujte anténu na přijímač.

Poznámka: Pro nejlepší výkon antény by měly být orientovány stejným směrem.

4. Připojte kabel označený "CAM" na kameru. Ověřte správné připojení.
5. Připojte vlastní kabel označený "TX" k vysílači. Ověřte správné připojení.
6. Propojte audio / video konektory do přijímací jednotky a k zobrazovacímu zařízení.
7. Ověřte, že vysílač a přijímač jsou na stejném kanálu.
8. Zapojte baterii do konektorů přijímače.
9. Zapojte baterii do vysílače

V tomto okamžiku byste již měli mít obraz na Vašem zobrazovacím zařízení.