

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Telemetrický systém s kamerou pro RC modely s  
Raspberry-pi

Jan Husár

Bakalářská práce

2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Husár**  
Osobní číslo: **I10281**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**  
Název tématu: **Telemetrický systém s kamerou pro RC modely s Raspberry-pi**  
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vytvoření systému přenosu obrazu z kamery, nesené vzdáleným prostředkem do přijímací stanice. Řídící systém do přenášeného obrazu zakomponuje informaci o nadmořské výšce, rychlosti případně další parametry získané z nesených čidel formou HUD. Pro přijímací stanici vytvořte vizualizační SW se schopností ukládat průběžně přijímané informace. Pro systém využijte dostupné vývojové kity a navrhňte prototyp s periferiemi. Součástí práce bude návrh algoritmů přenosu obrazu a sloučení obrazové informace s informacemi ze senzorů.

Práce by měla být realizována ve zhruba následujících etapách:

1. Analýza problematiky a rešerše stávajících způsobů řešení.
2. Zprovoznění WiFi modulu a kamery na vývojovém kitu.
3. Otestování přenosu dat s pozemní stanicí.
4. Vytvoření vizualizačního programu pro pozemní stanici.
5. Ověření funkce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] Forsyth D., Ponce J.: **Computer Vision: A Modern Approach**, Prentice Hall, August 24, 2002, ISBN: 0-130851-98-1
- [2] Castleman K.: **Digital Image Processing**, Prentice Hall, September 2, 1995, ISBN: 0-132114-674
- [3] Russ J.: **The Image Processing Handbook, Fourth Edition**, CRC Press LLC, London, 2002, ISBN: 0-8493-1142-X
- [4] Klíma M., Bernas M., Hozman J., Dvořák P.: **Zpracování obrazové informace**, ČVUT Praha 1999, ISBN: 80-01-01436-3
- [5] Žák L.: **Shluková analýza I.-III.**, Automatizace 3/47 - 5/47., Praha 2004

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Martin Dobrovolný, Ph.D.**

Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2014**



A blue ink signature of prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.

prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan

L.S.

A blue ink signature of Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2014

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 16.5.2014



Jan Husár

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Martinu Dobrovolnému Ph.D., za poskytnuté periferie k zařízení a za odborné konzultace. Dále bych rád poděkoval všem těm, kteří mě jakkoliv podporovali, především mé rodině a přátelům.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a vytvořením systému přenosu obrazu z kamery, nesené vzdáleným prostředkem do pozemní stanice. Řídicí systém do přenášeného obrazu zakomponuje informaci o nadmořské výšce, rychlosti případně další parametry získané z neseného čidla formou *HUD*<sup>1</sup>. Pozemní stanice bude schopna zobrazit tento přenášený obraz a dále bude schopna uvedené informace průběžně ukládat.

## **Klíčová slova**

GPS, WiFi, HUD, Raspberry Pi, kamera, OpenCV

## **Title**

Telemetric System with Camera for RC Models with Raspberry-pi

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with the development of remote video transferring system. The system should be able to capture images from on-board camera and transfer them to the ground control station in a real time. The control system inserts information about current altitude, speed or other parameters obtained from sensors into the transmitted images. On the receiving station is possible to display the transmitted images and store information to the disk.

## **Keywords**

GPS, WiFi, HUD, Raspberry Pi, camera, OpenCV

---

<sup>1</sup> Head Up Display

# Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>10</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>10</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Telemetrické systémy</b> .....	<b>12</b>
1.1 Telemetrie.....	12
1.2 Systémy zpracování telemetrických dat .....	12
1.3 Příklady využití telemetrických systémů.....	13
1.3.1 Ropný a plynárenský průmysl .....	13
1.3.2 Lékařství .....	13
1.3.3 Ekologie a výzkum volně žijících živočichů.....	13
1.3.4 Motorsport .....	13
1.4 Systém přenosu telemetrických dat .....	14
1.4.1 Drátový přenosový systém .....	14
1.4.2 Bezdrátový přenosový systém .....	14
<b>2 Analýza přenosového systému a dostupných řešení</b> .....	<b>15</b>
2.1 Bezdrátový přenosový systém .....	15
2.2 Obecné požadavky na přenosový systém .....	17
2.3 Analýza dostupných řešení.....	19
2.3.1 Vzdálená stanice .....	19
2.3.2 Pozemní stanice .....	21
<b>3 Návrh přenosového systému</b> .....	<b>25</b>
3.1 Základní koncepce.....	25
3.2 Blokové schéma.....	26
3.3 Zhodnocení navrženého řešení .....	28
3.4 Výběr komponent systému vzdálené stanice.....	28
3.4.1 Základní deska.....	29
3.4.2 WiFi adaptér .....	30
3.4.3 USB kamera.....	30
3.4.4 GPS modul.....	31
3.4.5 Paměťová karta.....	31

3.5	Zapojení vzdálené stanice.....	32
<b>4</b>	<b>Programová část .....</b>	<b>33</b>
4.1	Programová příprava .....	33
4.2	Řídící program.....	35
<b>5</b>	<b>Ověření funkce.....</b>	<b>38</b>
5.1	Umístění na RC model .....	38
5.2	Snímky z testovacího letu.....	40
5.3	Měření velikosti přijímaného signálu a dosahu stanice.....	41
	<b>Závěr .....</b>	<b>42</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>43</b>
	<b>Příloha A – Obsah CD.....</b>	<b>45</b>
	<b>Příloha B – Instalace a prvotní nastavení OS .....</b>	<b>46</b>
	<b>Příloha C – Zprovoznění GPS modulu .....</b>	<b>48</b>
	<b>Příloha D – Zprovoznění USB kamery .....</b>	<b>49</b>
	<b>Příloha E – Zprovoznění WiFi adaptéru, nastavení funkce AP .....</b>	<b>50</b>
	<b>Příloha F – Instalace knihovny OpenCV.....</b>	<b>54</b>
	<b>Příloha G – Fotografie zařízení v činnosti.....</b>	<b>55</b>



## Seznam zkratk

AP	Access Point (přístupový bod)
ARM	Advanced <i>RISC</i> machine (zdokonalený počítač typu <i>RISC</i> )
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (protokol k automatické konfiguraci počítačů připojených do počítačové sítě)
DSI	Digital Serial Interface (sériové rozhraní pro přenos obrazu)
FPV	First Person View (vidění z první osoby)
GPS	Global Positioning System (globální družicový polohový systém)
GPIO	General Purpose Input/Output (univerzální programovatelné vývody)
GSM	Global System for Mobile communication (Globální Systém pro Mobilní komunikaci, nejvyužívanější standard pro komunikaci mobilních telefonů)
HDMI	High Definition Multimedia Interface (vysoce kvalitní digitální rozhraní pro přenos audio-video signálu)
HTTP	HyperText Transfer Protocol (hypertextový přenosový protokol)
HUD	Head Up Display (zobrazování informací přímo ve sledovaném obraze)
I2C	Inter-Integrated Circuit (počítačová sběrnice s řídicími a řízenými prvky)
IP	Internet Protocol (internetový protokol)
ISM	Industrial, Scientific, Medical (označení radiového pásma)
JACK	Jack Audio Connection Kit (typ audio konektoru)
JPEG	Joint Photographic Experts Group (skupina standardizace datové komprese)
LED	Light Emitting Diode (světlo emitující dioda)
MMC	Multi Media Card (multimediální paměťová karta)
NMEA	National Marine Electronics Association (národní námořní elektronická asociace, standard popisující strukturu <i>GPS</i> zpráv)
OpenCV	Open Source Computer Vision (svobodná knihovna pro zpracování obrazu)
OSD	On Screen Display (displej zakomponovaný do obrazu zobrazovače)
OS	Operating System (operační systém)

PAL	Phase Alternating Line (televizní norma, systém kódování obrazu)
PC	Personal Computer (osobní počítač)
PS/2	Personal System/2 (typ konektoru o 6 pinech)
RC	Remote Control (dálkové ovládání)
RCA	Radio Corporation of America (konektor pro audio a video signál)
RISC	Reduced Instruction Set Computing (redukovaná instrukční sada)
SD	Secure Digital (paměťová karta s ochranou zápisu)
SIM	Subscriber Identity Module (účastnická identifikační karta mobilní sítě)
SMA	SubMiniature version A (koaxiální konektor minimálních rozměrů)
SoC	System On a Chip (jednočipový počítač, integrovaný obvod obsahující veškeré součásti počítače v jednom čipu)
SPI	Serial Peripheral Interface (sériové periferní rozhraní pro komunikaci)
TCP	Transmission Control Protocol (přenosový řídicí protokol)
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter (univerzální asynchronní přijímač a vysílač)
U-NII	Unlicensed National Information Infrastructure (bezlicenční národní informační infrastruktura, kmitočtové pásmo pro přenos dat)
USB	Universal Serial Bus (univerzální sériová sběrnice)
UTC	Universal Time Coordinated (koordinovaný světový čas)
UVC	USB Video Class (třída video zařízení s rozhraním <i>USB</i> )
WiFi	Wireless Fidelity (komunikační standard pro bezdrátový přenos dat)
ZIP	souborový formát určený pro kompresi a archivaci dat

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Blokové schéma přenosového systému FPV .....	15
Obrázek 2 – Základní struktura vzdálené stanice .....	15
Obrázek 3 – Statická pozemní stanice (PILNÝ, 2014) .....	16
Obrázek 4 – Mobilní pozemní stanice (PILNÝ, 2014) .....	17
Obrázek 5 – Ukázka možného zobrazení dat (2DOGRC, 2014).....	18
Obrázek 6 – Vysílač signálu komerčního FPV systému .....	19
Obrázek 7 – Kamera komerčního FPV systému .....	20
Obrázek 8 – OSD zařízení komerčního FPV systému .....	20
Obrázek 9 – Zapojení vzdálené stanice komerčního FPV systému.....	21
Obrázek 10 – Přijímač signálu komerčního FPV systému .....	22
Obrázek 11 – Zapojení pozemní stanice FPV systému – možnost 1 .....	22
Obrázek 12 – Zapojení pozemní stanice FPV systému – možnost 2 .....	23
Obrázek 13 – Blokové schéma základní koncepce .....	26
Obrázek 14 – Raspberry Pi a dostupné periferie .....	29
Obrázek 15 – WiFi adaptér EW-7811Un .....	30
Obrázek 16 – USB kamera Face Cam 1320 .....	30
Obrázek 17 – GPS modul PGPS-1 .....	31
Obrázek 18 – Paměťová karta s adaptérem .....	31
Obrázek 19 – Zapojení vzdálené stanice systému .....	32
Obrázek 20 – Testovací snímek USB kamery .....	34
Obrázek 21 – Vývojový diagram řídicího programu.....	36
Obrázek 22 – Zobrazení stránky v pozemní stanici .....	37
Obrázek 23 – Vzdálená stanice připevněná k RC modelu .....	38
Obrázek 24 – Detail připevnění kamery .....	39
Obrázek 25 – Snímek se zapnutým vykreslováním .....	40
Obrázek 26 – Snímek s vypnutým vykreslováním .....	40
Obrázek 27 – Grafické vyjádření závislosti velikosti signálu na vzdálenosti .....	41
Obrázek 28 – WiFi adaptér s externí anténou .....	41
Obrázek 29 – Okno formátovacího programu .....	46
Obrázek 30 – Okno programu Win32DiskImager .....	46
Obrázek 31 – Okno nastavení Raspberry Pi .....	47
Obrázek 32 – Příklad vypisovaných NMEA zpráv .....	48
Obrázek 33 – Vypsání připojených USB zařízení .....	49
Obrázek 34 – Vypsání stavu síťových rozhraní .....	50
Obrázek 35 – Minimální obsah souboru dhcpd.conf.....	51
Obrázek 36 – Obsah souboru hostapd.conf .....	52

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Souhrn cen komerčně dostupných systémů.....	23
---	----

## Úvod

Cílem této bakalářské práce je vytvoření systému přenosu obrazu z kamery, nesené vzdáleným prostředkem do pozemní stanice. Tento systém by měl do přenášeného obrazu zakomponovat informace o nadmořské výšce, rychlosti a případně další parametry získané z čidla formou *HUD*. Uvedený obraz by měl systém přenést pomocí bezdrátové technologie do pozemní stanice a dále ho snadno zobrazit na monitoru. Systém by měl obsluhu pozemní stanice umožnit průběžně ukládat data ze senzoru. Zde je nutné uvést, že se tato práce zabývá pouze přenosem obrazu a telemetrických dat. Samotné ovládání *RC* modelu bude provozováno na jiném kanálu a v této práci není řešeno.

První část práce se zabývá teoretickým popisem telemetrického systému, především jsou zde popsány systémy zpracování telemetrických dat a uvedeny jsou příklady použití těchto systémů v praxi. Následně je uvedena analýza bezdrátového přenosového systému, obecné požadavky na přenosový systém a rozbor komerčně dostupných řešení. Rozbor obsahuje praktické řešení, které zahrnuje výběr komponentů vzdálené i pozemní stanice. U tohoto řešení jsou uvedeny celkové náklady na zařízení, výhody a nevýhody systému.

Další část práce se zabývá vlastním návrhem přenosového systému, u kterého je uvedena základní koncepce, blokové schéma a zhodnocení. Poté následuje výběr a popis komponent systému, jehož zapojení je v této části také uvedeno.

Následně je v práci popsáno řešení programové části, ve které je uvedena potřebná programová příprava vzdálené stanice, řídicí program, vývojový diagram a zobrazení přenášeného obrazu v pozemní stanici.

Následující část práce uvádí ověření funkce vytvořeného přenosového systému. V této části je uvedeno připevnění vzdálené stanice na dálkově ovládaný model a poté jsou uvedeny zaznamenané snímky z testovacího letu. Tato část obsahuje také měření a zpracování velikosti a dosahu přijímaného signálu.

V poslední části práce je uveden závěr a shrnutí průběhu a výsledku celé práce.

# 1 Telemetrické systémy

## 1.1 Telemetrie

Původ slova „telemetrie“ vychází z dvou řeckých slov. Prvním slovem je slovo *tele*, což v překladu znamená vzdálené, a druhým slovem je slovo *metron* vyjadřující měřidlo. Telemetrie je tedy technologie, která umožňuje dálkové měření a zaznamenávání informace. Touto informací jsou data získávána z nejrůznějších senzorů, které měří aktuální stav zařízení, objektu či osoby. Měřená data slouží nejčastěji pro dohled operátora nebo jiné oprávněné osoby, ale dají se také využít pro odhalení chyb, nenadálých situací a špatného nastavení. Kromě těchto stavů lze s pomocí telemetrie zlepšit určité vlastnosti či chování sledovaného objektu. Telemetrický systém je také často využíván pro přenos dat v dálkově řízených modelech a průzkumných letounech. Navzdory tomu že se pojem telemetrie dost často vztahuje k bezdrátovému přenosu dat pomocí rádiového či infračerveného signálu, lze telemetrické informace přenášet přes další komunikační systémy, kterými jsou například telefonní a počítačové sítě, optická spojení a další typy metalických spojení.

## 1.2 Systémy zpracování telemetrických dat

Telemetrická data jsou informace o důležitých aspektech sledovaného objektu. Tyto informace jsou získávány ze senzorů, které převádí analogový signál do digitální formy. Z hlediska zpracování těchto dat existují dva systémy, které se liší způsobem činnosti. První systém, který je na vzdáleném objektu, telemetrická data získává a ukládá je do příslušné paměti. Takto fungující systémy využívají zařízení, které se nazývá data-logger. Tento záznamník dat je připevněn ke sledovanému objektu a po stanovenou dobu sbírá údaje o jeho stavu. Po uplynutí stanovené doby je toto zařízení z objektu buď celé odebráno, nebo je z tohoto zařízení pouze vyjmuto paměťové médium, které sloužilo k ukládání telemetrických dat. Následně se zařízení nebo paměťové médium připojí k počítači, kde dochází ke zpracování těchto dat. Výhoda tohoto systému spočívá především v dlouhodobém sběru informací, které nepodléhají nutnosti nepřetržité kontroly. Další výhodou je snadnější návrh a konstrukce záznamového zařízení. Tento systém má však určité nevýhody. Jednou z nevýhod je stav, kdy se záznamové zařízení například porouchá nebo se ze sledovaného objektu odpoutá, a tak dojde ke ztrátě telemetrických dat.

Druhý systém, taktéž umístěný na vzdáleném objektu, je kromě ukládání telemetrických dat schopen tato data zároveň i odesílat v reálném čase pomocí některého komunikačního systému. Takovýto telemetrický systém tedy umožňuje obsluze sledovat aktuální stav vzdáleného zařízení. Zároveň systém umožňuje okamžitou reakci na nečekanou událost nebo změnu stavu či ovládnutí vzdáleného objektu. Výhodou tohoto zpracování telemetrických dat je schopnost ukládat na pozemní stanici velké množství dat z několika sledovaných objektů současně. Tento systém je z uvedených důvodů vhodné použít v situacích, kdy je nutná okamžitá reakce na změnu stavu objektu nebo v případech zpracování telemetrických dat z velkého množství sledovaných objektů.

### 1.3 Příklady využití telemetrických systémů

V této podkapitole je uvedeno několik příkladů využití telemetrických systémů. V dnešní době se tyto systémy díky mnoha typům senzorů využívají v různých odvětvích. Zastoupení systémů poskytujících telemetrická data je například v ropném a plynárenském průmyslu, dále pak v lékařství, ekologii, meteorologii, zemědělství a třeba i v motorsportu, kde jsou využity především v prestižních soutěžích rallye a Formule 1.

#### 1.3.1 Ropný a plynárenský průmysl

V tomto odvětví jsou telemetrické systémy využity především k zasílání informací o aktuálním technickém stavu vrtacích strojů a samotného vrtu v reálném čase (SCHLUMBERGER, 2009). Tyto systémy dovolují podrobně měřit a zaznamenávat veličiny během vrtání. Těmito veličinami jsou například směr provádění vrtu, sklon vrtu od svislé přímky, rychlost otáčení vrtáku a další. Tato telemetrická data jsou použita k přesnému vrtání v předem naplánovaném směru. Informace získané ze senzoru, které jsou často umístěny i několik tisíc metrů pod povrchem, jsou komprimovány a odesílány do pozemní stanice několikrát za sekundu.

#### 1.3.2 Lékařství

V tomto oboru mohou být telemetrické systémy nápomocné při záchraně mnoha životů, neboť slouží k monitorování stavu pacientů. Zejména pak u pacientů, kterým hrozí akutní zástava srdce nebo u pacientů na jednotce intenzivní péče (NAJAFI, a další, 2012). Na monitorovaných pacientech je připojeno několik senzorů, které poskytují různé informace zařízením pro měření, zaznamenání a odesílání telemetrických dat. Zaznamenávání těchto dat je užitečné především k lékařské diagnóze pacientova stavu. Sběr dat slouží k okamžitému upozornění personálu nemocnice na náhlý kritický stav pacientů.

#### 1.3.3 Ekologie a výzkum volně žijících živočichů

Telemetrické systémy jsou hojně využívány i oblasti výzkumu a ochrany životního prostředí. Telemetrie je užitečná pro studium volně žijících živočichů, hlavně ohrožených druhů, v jejich přirozeném prostředí. Telemetrický systém je co nejšetrněji připevněn ke sledovanému zvířeti, které je poté vypuštěno zpět do přírody. Systém zaznamenává v první řadě polohu a pohyb zvířete, ale může zaznamenávat i informace o fyziologii zvířete. Tato telemetrická data dávají vědcům příležitost lépe porozumět chování a stavu zvířat, která je jinak obtížné sledovat (KENWARD, 2001).

#### 1.3.4 Motorsport

V moderním a populárním světě motoristických soutěží je v dnešní době telemetrie klíčovým prvkem rozhodujícím o úspěchu či neúspěchu týmů a jezdců. Telemetrické systémy slouží závodním inženýrům k odhalení závad a zejména k vylepšení výkonu a stability závodního stroje. V sérii Formule 1 během uplynulých let došlo k snad nejmarkantnějšímu rozvoji telemetrických systémů, které dospěly do bodu, kdy je možné vypočítat čas na kolo, kterého by měl monopost dosáhnout. Systém v reálném čase zasílá přes 100 parametrů, které jsou zpracovávány na několika PC (BEASLEY, a další, 2002).

## 1.4 Systém přenosu telemetrických dat

### 1.4.1 Drátový přenosový systém

Pokud telemetrický systém slouží pouze pro záznam telemetrických dat, pak je přenos těchto dat do *PC* realizován pomocí klasických počítačových rozhraní. Jedním z těchto rozhraní je standard pro sériovou komunikaci označován jako RS-232. Toto sériové rozhraní používají především starší počítače a další výpočetní technika. Rozhraní se vyznačuje nižšími přenosovými rychlostmi, ale pro přenos telemetrických dat je plně postačující. Dalším sériovým rozhraním je dnes opravdu značně rozšířené rozhraní univerzální sériové sběrnice označené zkratkou *USB*. Rozhraní *USB* jako nástupce spíše průmyslového rozhraní RS-232 přináší krom vyšší přenosové rychlosti poněkud komplexnější komunikaci mezi zařízeními. Přenos telemetrických dat je tedy s použitím *USB* rozhraní rychlejší a snadnější.

### 1.4.2 Bezdrátový přenosový systém

Pro telemetrický systém, který odesílá naměřená telemetrická data v reálném čase, se dnes pro bezdrátové spojení využívá krom jiného i systém *GSM*. Tento systém se využívá hlavně z důvodů vysokého pokrytí území signálem. S rozvojem technologií došlo také k výraznému zvýšení přenosových rychlostí, které dosahují jednotek megabitů za sekundu. *GSM* systém se používá k přenosu telemetrických dat, která mohou informovat o stavu vzdáleného objektu. Systém může zaslat pomocí sítě *GSM* stav zabezpečovacího systému, závadu nebo polohu objektu. Pokud například dojde k vniknutí cizí osoby do střeženého objektu a snímač tuto skutečnost odhalí, systém vybaven *SIM* kartou odešle stav alarmu přes síť operátora automaticky a okamžitě. Spolehlivý přenos dat je dán využitím telekomunikačních služeb, které jsou však placené a jejich cena je dána nabídkou operátora.

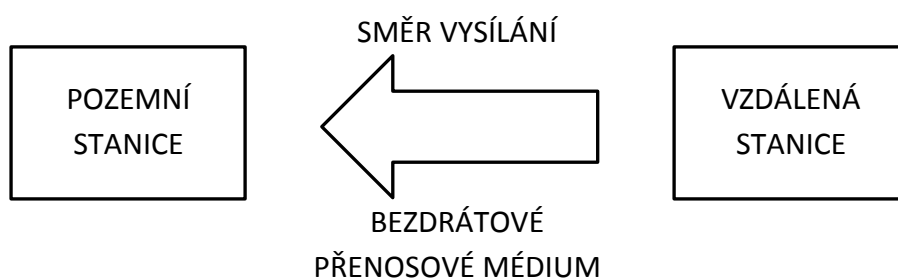
Pro bezdrátový přenos telemetrických dat je možné využít síť *WiFi*. Tato síť k přenosu informace používá elektromagnetické rádiové vlny v kmitočtových pásmech řádu jednotek gigahertz. Pro provoz této sítě existují dvě bezlicenční pásma označovaná zkratkami *ISM* a *U-NII*. První z uvedených pásem pracuje s kmitočty o hodnotách 2,4 GHz a druhé pásmo využívá kmitočty v rozmezí 5,15 až 5,825 GHz. V obou případech však platí, že přenos informace je sice bezplatný, ale přenosové médium je sdílené s dalšími uživateli, a tak může docházet k vzájemnému rušení těchto sítí. Přenosové rychlosti této bezdrátové sítě se v dnešní době pohybují ve stovkách megabitů za sekundu, a tak síť dokáže přenášet velké množství dat.

Tato práce je zaměřena na přenos obrazu a telemetrických dat z *RC* modelu, který je vzdálený od řídicí části, a tak je v práci využít bezdrátový přenosový systém popsany v následující kapitole.

## 2 Analýza přenosového systému a dostupných řešení

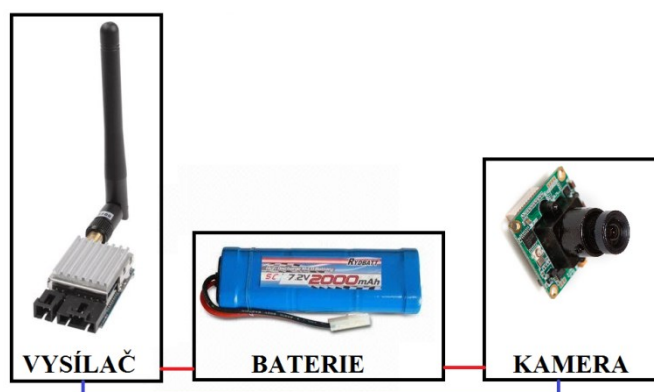
### 2.1 Bezdrátový přenosový systém

Jedním z možných systémů pro přenos obrazu a telemetrických dat je bezdrátový přenosový systém. Každý přenosový systém je tvořen minimálně ze dvou stanic. Jedna stanice systému představuje stranu vysílající data a je označovaná jako vzdálená stanice a druhá stanice tato data přijímá a její označení je pozemní stanice. Mezi těmito stanicemi se v tomto případě nachází bezdrátové přenosové médium. Blokové schéma naznačující tento přenosový systém je uvedeno níže (Obrázek 1). V případě systému pro dálkově ovládané modely hovoříme o takzvaném systému *FPV*, což je zkratka z anglických slov First Person View, která by se dala přeložit jako pohled z první osoby. Systém tedy obsluhuje dálkově řízeného modelu poskytuje obraz z místa vzdálené stanice.



Obrázek 1 – Blokové schéma přenosového systému FPV

Vzdálená stanice v tomto *FPV* systému je nejčastěji umístěna v dálkově ovládaném modelu, kterým může být jak model letecký, tak model pozemní. Tato vzdálená stanice je v základním provedení vybavena kamerou, baterií a bezdrátovým vysílačem. Struktura toho základního provedení je naznačena níže (Obrázek 2). Vysílač je schopen přenášet nejběžněji analogový obraz pouze do určité vzdálenosti, která je určena mnoha faktory. Kromě vyzařovaného výkonu vysílače je jedním z určujících faktorů bezesporu typ a tvar antény vysílače. Vzhledem k pozici pozemní stanice, která se během pohybu modelu vůči vzdálené stanici mění, bývá u vysílačů obvykle použita všesměrová dipólová anténa (PILNÝ, 2014).



Obrázek 2 – Základní struktura vzdálené stanice



Pozemní stanice systému *FPV* je nejběžněji umístěna na zemi v místě, kde se nachází obsluha dálkově řízeného modelu. Tato pozemní stanice může být řešena staticky, tedy tak že se nepohybuje a jejími částmi jsou anténa, přijímač signálu, zobrazovací zařízení ve formě notebooku či monitoru a také zdroj elektrické energie. Výhodou toho řešení je možnost použití složitějších zařízení, jak pro zpracování přijímaného signálu, tak pro realizaci letů na velké vzdálenosti. Těmto požadavkům navíc pomáhá vhodně zvolený typ a tvar antény, která může mít o poznání větší rozměry než v případě vzdálené stanice. Tyto antény jsou dost často směrové, a k tomu mohou být natáčeny do optimálního směru (PILNÝ, 2014). Na níže uvedeném obrázku (Obrázek 3) je možné vidět praktické zapojení statické pozemní stanice systému *FPV*, která obsahuje výše uvedené části.



Obrázek 3 – Statická pozemní stanice (PILNÝ, 2014)

Pozemní stanice existuje také v mobilním provedení, které taktéž obsahuje anténu, přijímač signálu, zobrazovací zařízení a zdroj elektrické energie. Ovšem v tomto provedení se zmíněné prvky podstatně liší. Pro příjem signálu se používá více všesměrových antén. Přijímač signálu je společně se zdrojem elektrické energie, v tomto případě baterii, umístěn ve speciálním batohu, a tak obsluha dálkově řízeného modelu pozemní stanici nese na zádech. Zobrazovací zařízení je zde tvořeno speciálními projekčními brýlemi, které mohou být doplněny o sluchátka. Výhodou tohoto řešení, tedy pohybu obsluhy modelu, je možnost zaznamenávat obraz i v jinak špatně dostupných místech a složitém terénu. Pokud se obsluha pohybuje zároveň s *RC* modelem, dá se také docílit vyššího doletu modelu nesoucího vzdálenou stanici (PILNÝ, 2014). Na níže uvedeném obrázku (Obrázek 4) je uvedena praktická ukáзка mobilní pozemní stanice.



**Obrázek 4 – Mobilní pozemní stanice (PILNÝ, 2014)**

V každém případě však platí, že by měla být zachována přímá viditelnost mezi pozemní a vzdálenou stanicí. Pokud by toto pravidlo bylo porušeno, nejen že dojde ke ztrátě přenášeného obrazu, ale nastane také ztráta kontroly nad modelem, což může vést k havárii nebo dokonce i ztrátě celého zařízení.

## **2.2 Obecné požadavky na přenosový systém**

Hlavním požadavkem na přenosový systém je především dosah a spolehlivost přenášeného signálu. S tímto požadavkem úzce souvisí další neméně důležitý faktor, kterým je velikost především vzdálené stanice. Jelikož bude vzdálená stanice nesena leteckým modelem o určitých rozměrech a především specifické nosnosti, požadavkem na tuto stanici je co nejnižší hmotnost, která určuje samotnou schopnost vzletu modelu. Vzdálená stanice by měla mít co nejmenší rozměry, které mohou ovlivnit chování a ovládání modelu. Do hmotnosti vzdálené stanice by měla být započítána také hmotnost baterie pro napájení samotného systému. Pokud by byl systém vzdálené stanice napájen z baterie dálkově řízeného modelu, mohlo by docházet k nežádoucímu ovlivňování chodu motoru modelu a také ke zhoršenému či přerušovanému příjmu signálu. V takovém případě by bylo ovládání modelu prakticky nemožné. Dalším požadavkem na přenosový systém by mohla být kvalita přenášené obrazové informace. Tento požadavek se zcela odvíjí od záměru

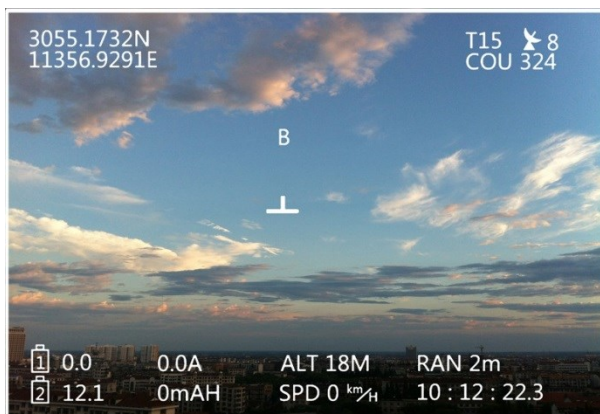
použití přenosového systému a je značně relativní. Vzdálená stanice je někdy schopna ukládat přenášený obraz na paměťové médium, kterým nejčastěji bývá paměťová karta typu *SD* či *MMC*. Zatímco kvalita zaznamenávaného obrazu při tomto použití může být vysoká, naproti tomu bývá kvalita přenášeného obrazu nižší a slouží pouze k orientaci obsluhy dálkově řízeného modelu. Druhou možností je přenášet pouze obraz, přičemž zde by měla být kvalita poněkud vyšší. Jedním z dalších požadavků na systém by mohla být rozšiřitelnost, tedy schopnost doplnit systém o další užitečné příslušenství a senzory. Poté je vhodné telemetrická data z těchto senzorů zasílat společně s obrazem pozemní stanici, která je následně schopna jejich zpracování. Jeden z nejvyužívanějších senzorů je modul *GPS*, který s pomocí satelitů získává údaje o aktuální poloze, rychlosti a nadmořské výšce.

Dalšími senzory mohou být měřiče napětí baterie, měřiče spotřeby proudu a například i měřiče teploty, tlaku a přetížení. Jedním z posledních požadavků na přenosový systém bývá samozřejmě cena tohoto systému. Od této položky se odvíjejí prakticky všechny ostatní požadavky, neboť cena zásadně určuje kvalitu, rozměry, rozšiřitelnost a další vlastnosti jednotlivých dílů. Cena by měla být volena s ohledem na zamýšlené použití, avšak měla by být, vzhledem k možným opravám či výměnám dílů, co možná nejnižší.

Zde jsou uvedeny obecné požadavky na přenosový systém:

- dosah signálu dle požadovaných kritérií,
- malé rozměry vzdálené stanice,
- nízká hmotnost vzdálené stanice,
- vysoká kvalita obrazové informace,
- dobrá rozšiřitelnost systému,
- nízká cena.

Zde je důležité zmínit, že tyto požadavky se dají uzpůsobit záměru použití a nejsou tedy pevně dané. Stejně podstatné je tyto požadavky rozumně skloubit, aby výsledný systém byl co možná nejlépe vyvážený. Pro úplnost je níže uveden příklad (Obrázek 5), jak by mohlo vypadat výsledné zobrazení na pozemní stanici.



Obrázek 5 – Ukázka možného zobrazení dat (2DOGRC, 2014)

## 2.3 Analýza dostupných řešení

V zahraničí, zejména v Americe a v západní Evropě, vznikly, díky velké oblibě těchto systémů mezi modeláři, specializované internetové obchody. A tak dnes existují na trhu spousta řešení vzdálených i pozemních stanic od různých firem. Tyto firmy se snaží vyhovět zákazníkům, a proto přicházejí se stále novějšími a dokonalejšími systémy. Tento koníček se postupně dostává i do České republiky, a tak je snazší tyto systémy koupit. V této podkapitole bude uveden příklad dostupných komerčních částí, které budou tvořit vzdálenou a pozemní stanici. Budou zde také zhodnoceny vlastnosti produktů, tedy jejich výhody a nevýhody.

### 2.3.1 Vzdálená stanice

Jak již bylo uvedeno dříve, vzdálená stanice přenosového systému se v základním provedení skládá z audio-video vysílače, kamery, baterie a případně i mikrofonu. Z těchto komponent je zřejmě nejdůležitější kvalitní vysílač, který ovlivňuje dosah signálu. Tento vysílač by měl být schopen poskytovat napájení pro kameru a případně i pro mikrofon. Dále by měl vysílač obsahovat příslušné konektory pro externí anténu a pro vstup samotných audio-video dat. Podstatnými parametry každého vysílače jsou vyzařovaný výkon a vysílací frekvence. Hodnoty těchto parametrů podléhají všeobecnému oprávnění č. VO-R/10/04.2012-7 vydaného Českým telekomunikačním úřadem (Český telekomunikační úřad, 2012). Toto oprávnění uvádí, že stanici lze provozovat bez individuálního oprávnění k využívání rádiových kmitočtů pro pásmo 2400 až 2483,5 MHz a pro pásmo 5725 až 5875 MHz, kde v obou případech smí být vyzářený výkon o maximální hodnotě 25 mW. Na trhu je spousta audio-video vysílačů, ale jen některé vyhovují výše uvedeným požadavkům, a proto je jejich výběr nutně pečlivě zvážit.

Z dostupných řešení je proto vhodný například produkt firmy ImmersionRC (TRANSMITTER, 2014). Tento vysílač disponuje 5 V napájecím konektorem pro kameru, jedním vstupem pro video signál, dvěma vstupy pro audio signál, z nichž jeden může být použit pro přenos telemetrických dat. Vysílač má kromě zmíněného také anténní konektor, malé rozměry a nízkou hmotnost, která činí 22 g. Vysílač splňuje veškeré legislativní požadavky, a tak je jeho použití na území Evropské unie zcela legální. Vysílač by měl být podle výrobce napájen napětím o hodnotě 7 až 12 V. Cena vysílače je přibližně 50 dolarů. Vysílač je zobrazen na následujícím obrázku (Obrázek 6).



Obrázek 6 – Vysílač signálu komerčního FPV systému

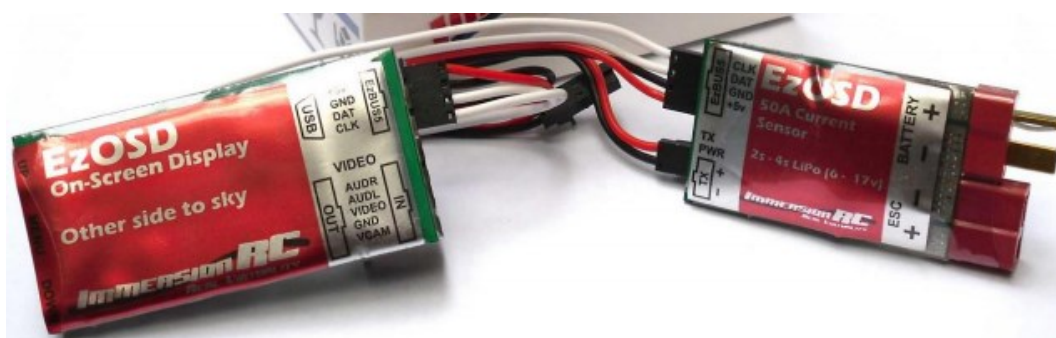
Další komponentou vzdálené stanice je snímač obrazu tedy kamera. Konkrétně jde o kameru Pilot Cam od firmy Fat Shark (CAMERA, 2014), která je stejně jako tvůrce uvedeného vysílače renomovaným výrobcem *FPV* zařízení. Tato kamera obsahuje snímač od firmy Sony, který má nízkou spotřebu elektrické energie a malé konstrukční rozměry. Kamera poskytuje obraz v normě *PAL* o rozlišení 590 krát 582 obrazových bodů. Kamera je umístěna v praktickém pouzdru umožňujícím připojení kamery k servomechanismu, který může zajišťovat její otáčení a klopení. Kamera by měla být dle specifikací napájena napětím o hodnotě 3,3 až 5 V. Tento předpoklad splňuje vybraný vysílač, se kterým má kamera kompatibilní konektor sloužící současně pro napájení i přenos video signálu. Cena kamery se pohybuje okolo 70 dolarů. Kamera je na obrázku (Obrázek 7) uvedeném níže.



Obrázek 7 – Kamera komerčního FPV systému

Pokud by byly uvedené komponenty správně zapojené, stačilo by připojit baterii, nastavit základní parametry a systém by byl schopen vysílat signál. Tento systém lze rozšířit o získávání a přenos telemetrických dat, tak jak bylo uvedeno v podkapitole 2.2.

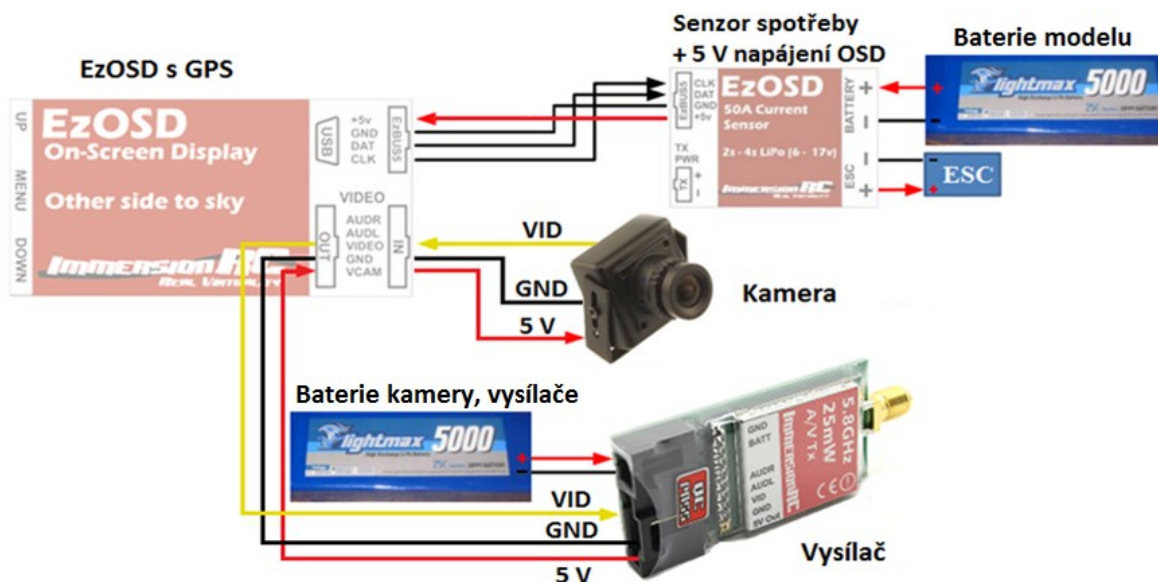
Pro tento účel by se dalo použít zařízení nazývané EzOSD (EzOSD, 2009) od stejné firmy, která produkuje výše popsaný vysílač. Primárním úkolem tohoto produktu je zakomponování telemetrických dat do přenášeného obrazu. Zařízení se skládá ze dvou částí, které jsou vzájemně propojené. První a zároveň hlavní část je určena k řízení a zpracování dat. Tato část obsahuje *GPS* modul s integrovanou anténou a obnovovací frekvencí dat 10 Hz. Nastavit lze metrické či imperiální jednotky, hodnoty stavu baterie, vzdálenosti a výšky, při kterých dochází k varování obsluhy modelu. Druhá část zařízení je snímač spotřeby proudu v rozvodu elektrické energie modelu. Celkově je zařízení robustní konstrukce a obsahuje ochrany proti přepětí a přepólování. Výhodou může být automatická detekce televizní normy a snadná obsluha. Cena zařízení s veškerým příslušenstvím je přibližně 160 dolarů. Toto zařízení je zobrazeno na obrázku (Obrázek 8) níže.



Obrázek 8 – OSD zařízení komerčního FPV systému



Zapojení vzdálené stanice se všemi výše uvedenými komponentami systému *FPV* je zobrazeno níže (Obrázek 9). Z toho obrázku je patrné, že baterie modelu napájí krom motoru modelu i řídicí část zařízení *OSD*. Druhá baterie napájí vysílač, ze kterého je napětí vedeno do řídicí části. Zde dochází pouze k převodu napájecích a datových linek z vysílače do této kamery. U takto zapojené vzdálené stanice nedochází k vzájemnému ovlivňování přenosu obrazu a chodu motoru modelu.



Obrázek 9 – Zapojení vzdálené stanice komerčního FPV systému

### 2.3.2 Pozemní stanice

Při výběru komponentů pro pozemní stanici existují v podstatě dvě možnosti. První možností je složit pozemní stanici systému *FPV* z několika vzájemně kompatibilních částí. Jako zřejmě nejobvyklejší kombinace se zdá použití monitoru s analogovým *PAL* vstupem, připojeným do stolního přijímače signálu opatřeného anténou, přičemž jejich napájení zajišťuje olovený akumulátor o napětí 12 V. Stejně jako je důležitý vysílač pro vzdálenou stanici, je pro pozemní stanici neméně důležitý zmíněný stolní přijímač bezdrátového signálu. Tyto prvky systému totiž bezesporu ovlivňují celkovou kvalitu a dosah přenášeného signálu. Jako klasický stolní přijímač byl vybrán produkt od firmy ImmersionRC, konkrétně druhá verze modelu UNO 5800 (UNO5800V2, 2014). Tento vysoce citlivý přijímač pracuje se standardními kmitočty kanálů v oblasti 5,8 GHz. Výběr kanálu se provádí snadným stisknutím jediného tlačítka. Kvalitní audio-video výstup je přijímač schopen dodávat až třem zobrazovacím, či nahrávacím zařízením pomocí dvou čtyřpólových konektorů typu 3,5 mm *JACK* a pomocí jednoho konektoru typu *PS/2*. Jako celek má přijímač kompaktní rozměry a je uložen v hliníkovém pouzdře, které napomáhá jeho chlazení. Přijímač je dle specifikací možné napájet napětím o hodnotě 6 až 13 V. Při poklesu napětí pod nastavitelnou mez, vydá přijímač zvukové upozornění. Cena přijímače, který je zobrazen na obrázku (Obrázek 10) níže, je přibližně 60 dolarů.



Obrázek 10 – Přijímač signálu komerčního FPV systému

Druhou částí tohoto řešení je zobrazovací jednotka. Jako optimální se jeví monitor 888 od firmy Fieldview s osmipalcovou úhlopříčkou (LCD 888, 2014). Tento monitor je doporučován právě k použití v *FPV*, což dokládá nejen příslušenství v podobě krytu monitoru před slunečními paprsky a možnosti použít stativ, ale také provozní teplota monitoru od -20 do 60 °C. Monitor má rozlišení 800 na 480 pixelů a je podsvícený technologií *LED*, díky které se vyznačuje nízkou spotřebou elektrické energie. Nadstandartní vlastností je také podpora všech dnes známých obrazových norem a matná povrchová úprava displeje. Pro vstup audio-video signálu používá monitor klasické analogové konektory *RCA*. Monitor je možné napájet napětím o hodnotě 6 až 18 V. Cena monitoru, který je uveden v zapojení pozemní stanice na obrázku (Obrázek 11) níže, je přibližně 100 dolarů.

Po správném zapojení, které je naznačené na obrázku níže (Obrázek 11), a nastavení několika parametrů, by měl být systém schopen přijímat signál.



Obrázek 11 – Zapojení pozemní stanice FPV systému – možnost 1

Druhou možností při výběru komponent vzdálené stanice je použití kompletního systému, který v jednom zařízení zahrnuje vše potřebné, jako zobrazovací zařízení, přijímač signálu, ovládání a baterii. Takovým zařízením může být náhlavní souprava Dominator třetí generace firmy Fat Shark (DOMINATOR, 2014). Ve své podstatě jde o speciální brýle představující jeden z nejlepších dostupných systémů na trhu. K zobrazení přenášeného obrazu jsou využity dva miniaturní, barevné displeje o rozlišení 640 na 480 obrazových řádků. Přijímačem signálu je vysoce citlivý modul s kmitočty kanálů v oblasti 5,8 GHz. Tento modul, jehož cena je přibližně 50 dolarů, je prodáván zvlášť, avšak po jeho nainstalování do brýlí tvoří souprava celek. Ovládání je zajištěno pomocí čtyř tlačítek, které slouží k výběru kanálu, nastavení hlasitosti, kontrastu a jasu. Napájení by měl poskytovat zdroj s hodnotou napětí 7 až 13 V. Cena samotných brýlí je zhruba 290 dolarů. Náhlavní souprava vybavená přijímačem signálu je po připojení baterie a základním nastavení schopna přijímat přenášený obraz. Následující obrázek (Obrázek 12) ukazuje příklad zapojení této stanice.



Obrázek 12 – Zapojení pozemní stanice FPV systému – možnost 2

V následující tabulce (Tabulka 1) jsou uvedeny ceny běžně dostupných komponent, ze kterých se dá realizovat komerční systém *FPV*.

Tabulka 1 – Souhrn cen komerčně dostupných systémů

Komerční systém FPV – vzdálená stanice		
Název komponenty	Popis	Cena
TRANSMITTER 5.8GHz	audio-video vysílač	50 \$
PILOT CAM	kamera	70 \$
EzOSD	snímače	160 \$
Cena vzdálené stanice:		280 \$ ≈ 5600 Kč*
Komerční systém FPV – pozemní stanice – možnost 1		
Název komponenty	Popis	Cena
UNO5800V2	audio-video přijímač	60 \$
LCD 888	Monitor	100 \$
Cena vzdálené + pozemní stanice možnost 1:		440 \$ ≈ 8800 Kč*
Komerční systém FPV – pozemní stanice – možnost 2		
Název komponenty	Popis	Cena
DOMINATOR 5.8GHz	audio-video přijímač	50 \$
DOMINATOR 3RD	náhlavní souprava	290 \$
Cena vzdálené + pozemní stanice možnost 2:		620 \$ ≈ 12400 Kč*

\* přepočít 1 \$ = 20 Kč



Z výše uvedené tabulky (Tabulka 1) jdou vyčíst pouze celkové náklady při pořízení komerčně dostupných řešení pro bezdrátový přenos obrazu, nicméně v tabulce nejsou nijak zhodnoceny výhody a nevýhody těchto řešení, proto budou uvedeny následovně.

#### **Výhody komerčně dostupných řešení**

- prověřená a obecně spolehlivá funkčnost – platí pro přední výrobce *FPV* systémů,
- malé rozměry a nízká hmotnost – umožňuje osazení systému na různé modely,
- poměrně snadná obsluha – snaha o zjednodušení ovládání pro uživatele,
- podpora výrobce – aktualizace řídicích programů, vydání nových verzí.

#### **Nevýhody komerčně dostupných řešení**

- vyšší pořizovací náklady – počáteční investice je poměrně značná,
- jednosměrná komunikace – nemožnost ovládat vzdálenou stanici,
- jednoúčelovost – nemožnost využít zařízení jiným způsobem,
- analogový přenos obrazu – obraz je dán kvalitou přenosu,
- vyšší napájecí napětí – nutnost použití větších baterií.

### 3 Návrh přenosového systému

V této kapitole je uveden obecný návrh vlastního přenosového systému. Tento návrh vychází z výsledků analýzy současně dostupných komerčních řešení uvedených v podkapitole 2.3. Zde popsaný návrh maximálně využívá většinu kladů komerčních řešení a zároveň potlačuje jejich nedostatky.

#### 3.1 Základní koncepce

Návrh přenosového systému mohl být řešen použitím mikroprocesoru bez operačního systému, který by jej přímo kontroloval. Tento způsob využívají z větší míry právě běžně dostupné komerční systémy. Mikroprocesor by v tomto případě vyžadoval připojení veškerých zařízení pomocí datových sběrnic, které obsahuje. Komunikace vysílače a mikroprocesoru vzdálené stanice by tedy musela být nízkourovňová. S tímto poznatkem se dá konstatovat, že by zřejmě bylo nutné složité programování, které by muselo obsahovat alespoň základní komunikační protokol. Tento způsob řešení není zcela vhodný, jeho nevýhoda je především v jednoúčelovosti celého návrhu.

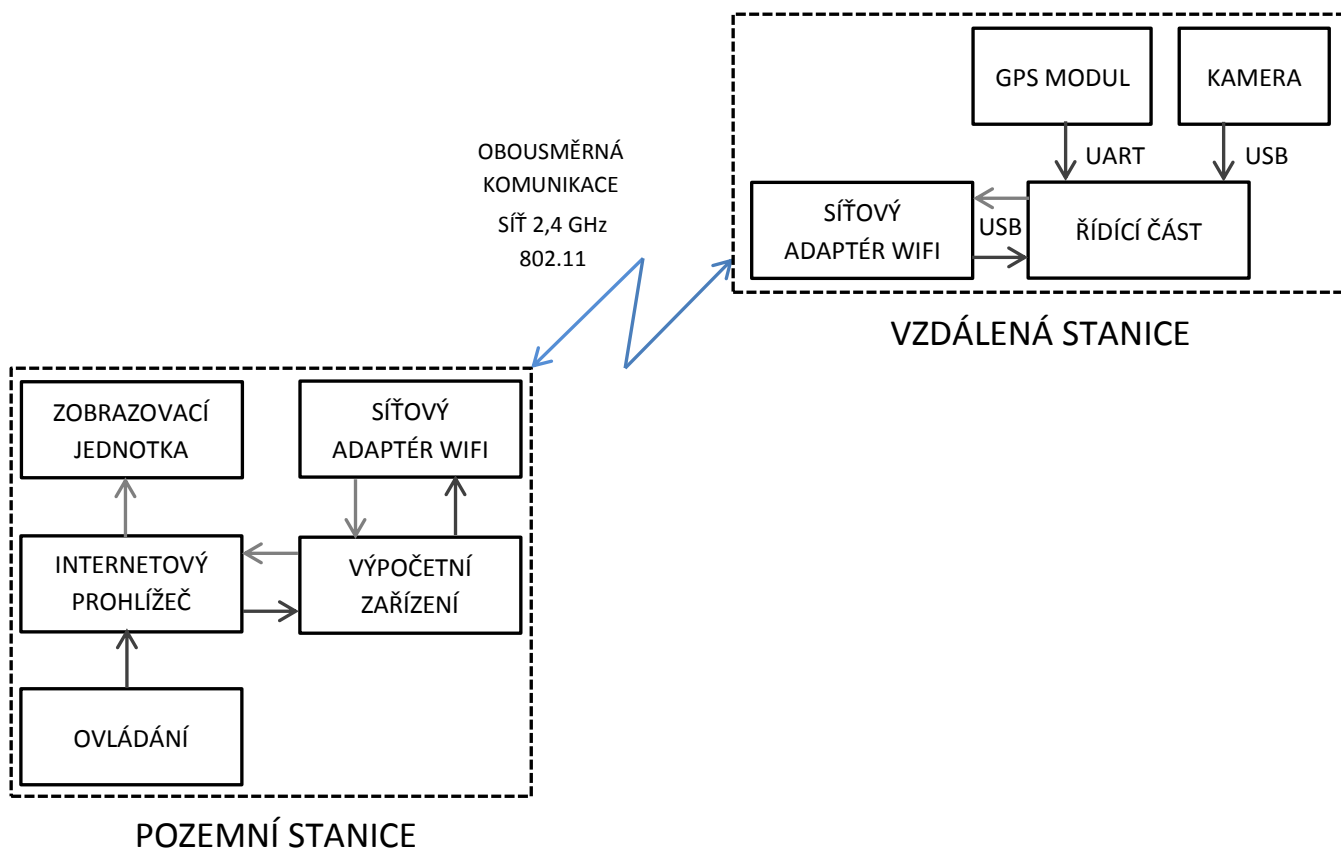
Další nevýhodou vyplývající z analýzy současných řešení je cena celého systému. Systém využívající periferie s nestandardními způsoby připojení je obecně vždy dražší. Tato skutečnost vyplývá z cen samotných komponent, které kvůli těmto konektorům nejsou vyráběné v ohromných sériích a které nejsou tak rozšířeny mezi běžné uživatele. Schopnost určitou komponentu používat i k jinému než primárnímu účelu je dnes poměrně důležitý aspekt. Proto je tedy vhodné, aby použité komponenty obsahovali standardní a rozšířená rozhraní, jakým je například univerzální sběrnice označovaná zkratkou *USB*.

Kvůli zde uvedeným nevýhodám se tato kapitola bude dále věnovat přenosovým systémům, které využívají mikroprocesor řízený *OS*. Donedávna kategorie zařízení obsahující mikroprocesor, který by umožňoval využití *OS*, v podstatě neexistovala. Avšak s rozvojem výrobních technologií, miniaturizace a zvyšování výkonu komponent nejen že toto odvětví vzniklo, ale dokonce jde o jedno z nejrychleji rostoucích odvětví. Tento fakt je opodstatněn především výkonností a univerzálností, kterou tyto zařízení disponují. Možnost použít jedno zařízení ve vykonávání několika funkcí současně či snadným přehráním programu naprosto změnit účel zařízení je opravdu dokonalá. Stejně tak může působit opravdu vysoká rozšiřitelnost zařízení o jakoukoliv periférii, která obsahuje dnes již standardní *USB* port nebo jiné běžně používané rozhraní. V současnosti existuje několik výrobců nabízejících svá zařízení, která se liší výkonem, použitým rozhraním, připojitelnými perifériemi, cenou a dalšími specifikacemi. Tyto zařízení ovšem spojuje schopnost využití operačního systému a všech jeho nesporných výhod. Těmito výhodami mohou být například kontrola nad zařízením, přístup k jednotlivým perifériím pomocí symbolických jmen, nastavení určitých funkcí systému pomocí systémových souborů, nainstalování užitečných programů a také použití programovacích jazyků.

S využitím programovacích jazyků nabízí zařízení v podstatě neomezené možnosti využití. V případě FPV systémů je možné naprogramovat vzdálenou stanici tak, aby byla schopna nejrůznějších úkonů. Krom získávání údajů ze senzorů a jejich vkládáním do přenášeného obrazu, je možné stanici doplnit o schopnost automatického návratu modelu v případě vybití baterií nebo náhlé ztráty ovládacího signálu. Model může být také schopen předem definovaného či samostatného letu uskutečněného s využitím senzorů snímajících polohu a další parametry letu.

### 3.2 Blokové schéma

Následující obrázek (Obrázek 13) představuje blokové schéma základní koncepce přenosového systému. Z obrázku jasně vyplývá, že v návrhu bude využita bezdrátová síť WiFi standardu 802.11 na kmitočtech 2,4 GHz bezlicenčního pásma ISM. Tato bezdrátová síť umožňuje obousměrnou komunikaci, čímž odpadá jedna z nevýhod komerčně dostupných systémů. Výhodou tohoto řešení je možnost pomocí sítě ovládat zařízení na vzdálené stanici nesené dálkově ovládaným modelem. Těmito zařízeními mohou být například servomotory ovládající pohyb nebo optické přiblížení kamery. Další výhodou při použití bezdrátové sítě WiFi je rychlost, kterou je síť schopna přenášet velký objem dat. Použití WiFi adaptéru s rozhraním USB je výhodné díky široké nabídce produktů, které se liší především rozměry, výkonem, zabezpečením, počtem antén a rozhraním.



Obrázek 13 – Blokové schéma základní koncepce

Stejné rozhraní je použito i pro snímací prvek vzdálené stanice systému, jak je možné vyzorovat z právě uvedeného obrázku (Obrázek 13). Výběr kamery s rozhraním *USB* je opět podporován několika výhodami. Jedna z těchto výhod je univerzálnost, tedy možnost využít jakékoliv běžně dostupné kamery, které se využívají zejména pro komunikaci přes internet. Na trhu existuje celá řada výrobců, kteří nabízejí kamery pro různá využití. Kamery se liší především svou konstrukcí, odolností, rozměry, kvalitou, rozlišením a dalšími specifickými vlastnostmi. Ve většině případů však platí, že kamery s rozhraním *USB* jsou značně levnější a dostupnější než kamery používané v *FPV* systémech. Kromě této nezanedbatelné skutečnosti, jsou *USB* kamery napájené nižším napětím, což umožňuje použití menších a zejména lehčích baterií nebo podstatné prodloužení doby letu, při zachování stejné baterie. Tyto kamery poskytují snímaný obraz v digitální formě, a tak odpadá nutnost použití převodníků z analogového do digitálního signálu. Samotný přenos digitálního signálu by měl být, při porovnání s analogovým signálem, méně náchylný na chyby. Tento návrh umožňuje použít kameru vzdálené stanice i s dalšími zařízeními obsahujícími *USB* konektor. Komerčně dostupné kamery tuto vlastnost nemají, a tak je jejich využití omezeno pouze na systém *FPV*.

Dalším navrhovaným zařízením použitým ve vzdálené stanici je senzor určující polohu a rychlosti modelu. Jak lze zjistit z předchozího obrázku (Obrázek 13) zmíněným zařízením je modul *GPS*, který tato data poskytuje pomocí rozhraní *UART*. Uvedené rozhraní je u modulů *GPS* poměrně rozšířené, avšak jeho použití vyžaduje schopnost nadřazeného zařízení s tímto rozhraním komunikovat. Globální systém pro určení polohy vykazuje určitou míru nepřesnosti, která je ovlivněna mnoha faktory. Mezi vlivy způsobující odchylku od skutečnosti patří zejména ovlivnění ionosférou, počasím, zpožděním signálu, nedokonalostí vysílače a přijímače signálu a v neposlední řadě také počtem a rozmístěním satelitů, které poskytují přijímači potřebnou informaci. Modul *GPS* však není schopen dodávat některé další užitečné informace. Pro získávání nebo zpřesnění těchto dat je vhodné využít další senzory, kterými mohou být například snímače typu gyroskop, kompas, akcelerometr, inklinometr, barometr a teploměr. Pro připojení těchto i dalších senzorů by mělo být nadřazené zařízení univerzální a rozšiřitelné. Tento požadavek by mohlo splňovat například rozhraní *GPIO*.

V předchozích řádcích byl popsán systém vzdálené stanice, avšak je potřeba uvést i druhou část přenosového systému tedy pozemní stanici. Touto stanicí může být, díky využití bezdrátové sítě *WiFi*, prakticky jakékoliv zařízení, které je schopné se na tuto síť připojit a zobrazit přijímaný obraz. Pozemní stanicí tedy může být patřičně vybavený notebook, mobilní telefon nebo tablet. U těchto zařízení je také vyřešeno napájení, které zajišťuje interní baterie, jež je schopna vydržet po celou délku letu modelu. K zobrazení přenášeného obrazu navíc uživatel nemusí stahovat a složitě instalovat programy, které by snižovali uživatelský komfort. V tomto případě pro zobrazení přenášeného obrazu postačuje mít v pozemní stanici prohlížeč internetu, který dnes obsahuje v podstatě každé zařízení opatřené bezdrátovým adaptérem *WiFi*. Toto řešení je vhodné také proto, že dále nezvyšuje náklady na pořízení celého systému. Návrh řešení také umožňuje ukládat průběžně přijímané informace.

Takto koncipované řešení má následující výhody:

- **obousměrná komunikace,**
- **rychlý přenos digitálních dat,**
- **univerzálnost,**
- **dostupnost komponent,**
- **nízké napájecí napětí,**
- **rozšiřitelnost,**
- **SW řešení vizualizace,**
- **nízká cena.**

Tento návrh však není zcela ideální, stejně jako i jiné návrhy má několik nevýhod.

Nevýhody tohoto návrhu jsou následující:

- **možná nestálost,**
- **komplikovanější nastavení.**

### **3.3 Zhodnocení navrženého řešení**

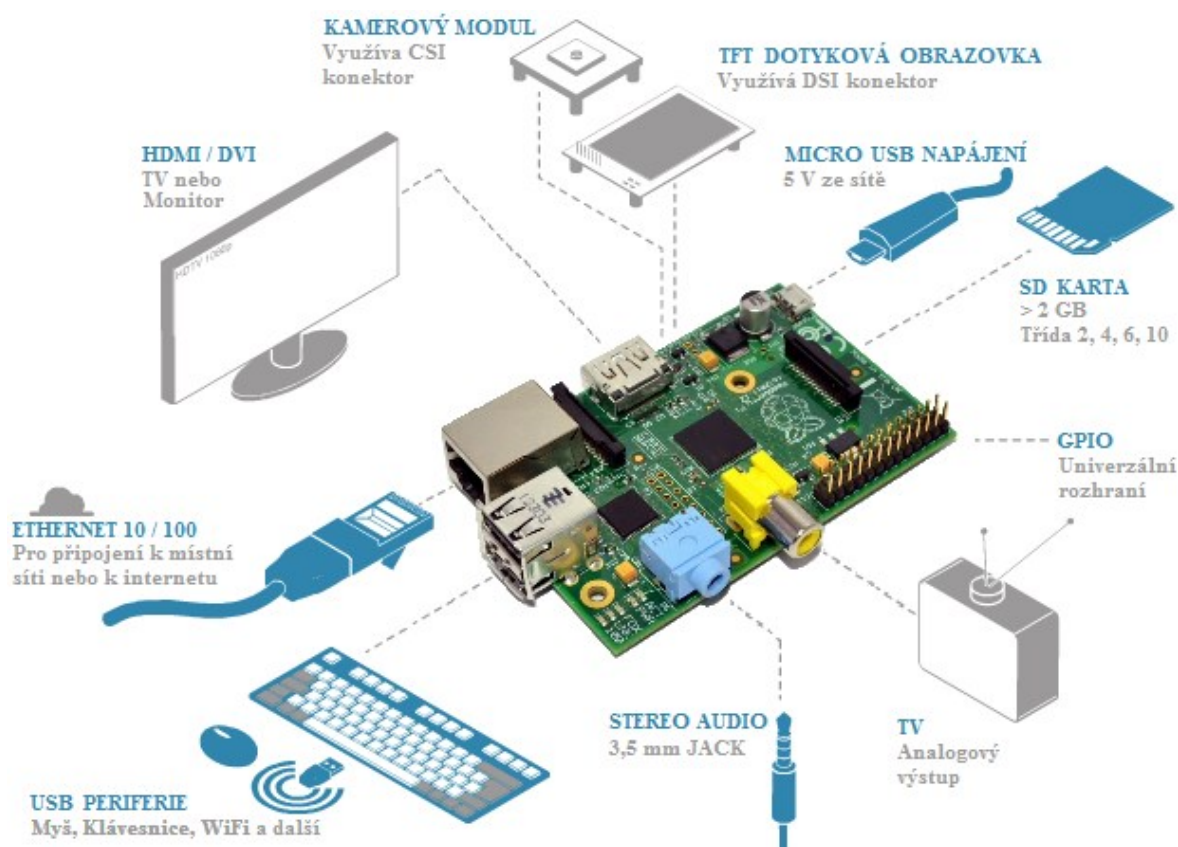
Zde uvedený návrh řešení je jako celek univerzální, rozšiřitelný, kompaktní a poměrně levný. Systém je tak možné využít i pro jiné účely, než pro které byl primárně navržen. Tento fakt podporuje koncepcce zařízení, které je vybaveno standardními konektory. Systém umožňuje přenos řídicích povelů z pozemní stanice do stanice vzdálené a dovoluje změny vizualizace, bez nutnosti výměny komponent. Systém může vykazovat určitou míru nestálosti a prvotní nastavení může být poněkud komplikovanější. Pokud je systém správně nastaven a otestován, jsou tyto nevýhody pouze zdánlivé a odpovídají nízké pořizovací ceně.

### **3.4 Výběr komponent systému vzdálené stanice**

V této podkapitole jsou uvedeny všechny potřebné součásti systému vzdálené stanice. Tyto součásti jsou voleny tak, aby odpovídali požadavkům na přenosový systém uvedených v podkapitole 2.2, a zároveň odpovídají blokovému schématu a zhodnocení v předcházejících podkapitolách.

### 3.4.1 Základní deska

Jako základní deska byla zvolena deska počítače Raspberry Pi vyvíjeného britskou nadací Raspberry Pi Foundation. Ve své podstatě jde o miniaturní jednodeskový počítač, jehož hlavním prvkem je SoC BCM2835 od firmy Broadcom. Tento integrovaný obvod obsahuje veškeré součásti počítače, kterými jsou procesor se základním taktom 700 MHz, grafická výpočetní jednotka o taktu 250 MHz a sdílená operační paměť o velikosti 256 MB. Raspberry Pi pro zavedení systému a uchování dat využívá SD kartu, která se zasouvá do slotu na spodní straně desky. Raspberry Pi poskytuje obrazové výstupy pomocí rozhraní DSI, RCA a HDMI. Pro výstup audio signálu je využit klasický konektor JACK o průměru 3,5 mm. Z hlediska plánovaného využití jsou však mnohem důležitější konektory pro připojení systémových komponent. První z těchto konektorů je univerzální rozhraní GPIO, které umožňuje připojit v podstatě libovolné zařízení. Toto rozhraní obsahuje několik vývodů, které slouží pro napájení, nízkoúrovňové programování a pro komunikaci se zařízeními, které disponují rozhraním SPI, I2C nebo UART. Pro připojení dalších zařízení má tento model Raspberry Pi dva USB porty verze 2.0. Pro chod zařízení nabízí výrobce několik linuxových distribucí ve verzi pro procesor ARM. Zařízení má být napájeno kvalitním zdrojem, který má dodávat přes micro-USB konektor až 1,2 A pro napájení všech k němu připojených periférií. Stav napájení je stejně jako stav přístupu k paměťové kartě a stav připojení k místní síti či internetu zobrazen pomocí barevných LED. Na níže uvedeném obrázku (Obrázek 14) je názorná ukázka Raspberry Pi a dostupných periférií, které se k němu dají připojit.



Obrázek 14 – Raspberry Pi a dostupné periferie

### 3.4.2 WiFi adaptér

Jeden *USB* port Raspberry Pi bude využit pro *WiFi* adaptér. Zmíněným bezdrátovým adaptérem je model EW-7811Un od firmy Edimax. Tento *WiFi* adaptér byl zvolen především kvůli malým rozměrům a nízké hmotnosti. V konečném návrhu není adaptér díky integrované anténě zcela vhodný a je potřeba použít adaptér s externí anténou. Adaptér splňuje bezdrátové standardy 802.11 b/g/n a je schopen komunikovat rychlostí až 150 Mb/s v kmitočtovém pásmu 2,4 GHz. Výhodou toho adaptéru je nejen ovladač pro systém Linux, ale také dostupnost a cena, která je v rozmezí 200 až 300 Kč. Pro indikaci aktivity slouží modrá *LED*. Adaptér je zobrazen na následujícím obrázku (Obrázek 15).



Obrázek 15 – WiFi adaptér EW-7811Un

### 3.4.3 USB kamera

Dalším zařízením, které bude využívat v pořadí druhý *USB* konektor Raspberry Pi, je snímací prvek v podobě webkamery. V této bakalářské práci byla použita *USB* kamera firmy Genius konkrétně produktový model FaceCam 1320. Tato kamera obsahuje senzor obrazu o rozlišení 1,3 megapixelů a je schopna snímat obraz o frekvenci 30 snímků za vteřinu v rozlišení 640 na 480 pixelů a v rozlišení 320 na 240 pixelů. Kamera má relativně malé rozměry a poměrně nízkou hmotnost zhruba 50 g. Výhodou této kamery je nativní podpora všech běžně užívaných operačních systémů, kterými jsou Linux, Mac a systémy Windows 7, Vista a XP. Cena kamery je přibližně 200 až 300 Kč. Pro úplnost je níže uveden obrázek (Obrázek 16) samotné kamery.



Obrázek 16 – USB kamera Face Cam 1320

### 3.4.4 GPS modul

Další součástí systému je *GPS* modul tedy zařízení, které slouží primárně k určení polohy pomocí systému družic. Jako přijímač *GPS* signálů byl zvolen vývojový modul PGPS-1 od firmy Pandatron (PGPS-1, 2014). Jeho základem je průmyslový vysoce citlivý modul L10 od předního výrobce bezdrátových modulů firmy Quectel. Modul je schopen současně komunikovat až s 22 satelity a umožňuje integraci s dalšími bezdrátovými systémy jako *WiFi*, *GSM* a další. Modul L10 pracuje s pasivními a aktivními anténami a rozsah jeho provozních teplot je od -40 do 85 °C. Modul, který má spotřebu jen 38 mA při použití pasivní antény, má být napájen napětím o hodnotě 3,0 až 4,3 V. Samotný vývojový modul PGPS-1 je poměrně jednoduchý a slouží primárně k rozvodu malých vývodů modulu L10. Pro komunikaci s modulem jsou k dispozici vývody rozhraní *I2C* a *UART* a k připojení antény slouží konektor *SMA*. Modul je dále osazen dvěma indikačními *LED*, které zobrazují přítomnost napájecího napětí a dostupnost polohy. Prvotní nalezení signálu trvá přijímači přibližně 15 minut. Modul PGPS-1 je na níže uvedeném obrázku (Obrázek 17).



Obrázek 17 – GPS modul PGPS-1

### 3.4.5 Paměťová karta

Pro chod výše uvedených komponent, které tvoří vzdálenou stanici, je potřeba Raspberry Pi vybavit paměťovou kartou na kterou se nainstaluje operační systém. Pro tento systém byla vybrána paměťová karta typu *micro-SD* od firmy Kingston o kapacitě 4 GB, třídě 4 a ceně přibližně 80 Kč. Pro provoz karty v Raspberry Pi byl zakoupen adaptér *micro-SD* na *SD* s cenou 30 Kč. Paměťová karta je společně s adaptérem zobrazena na obrázku (Obrázek 18) níže.

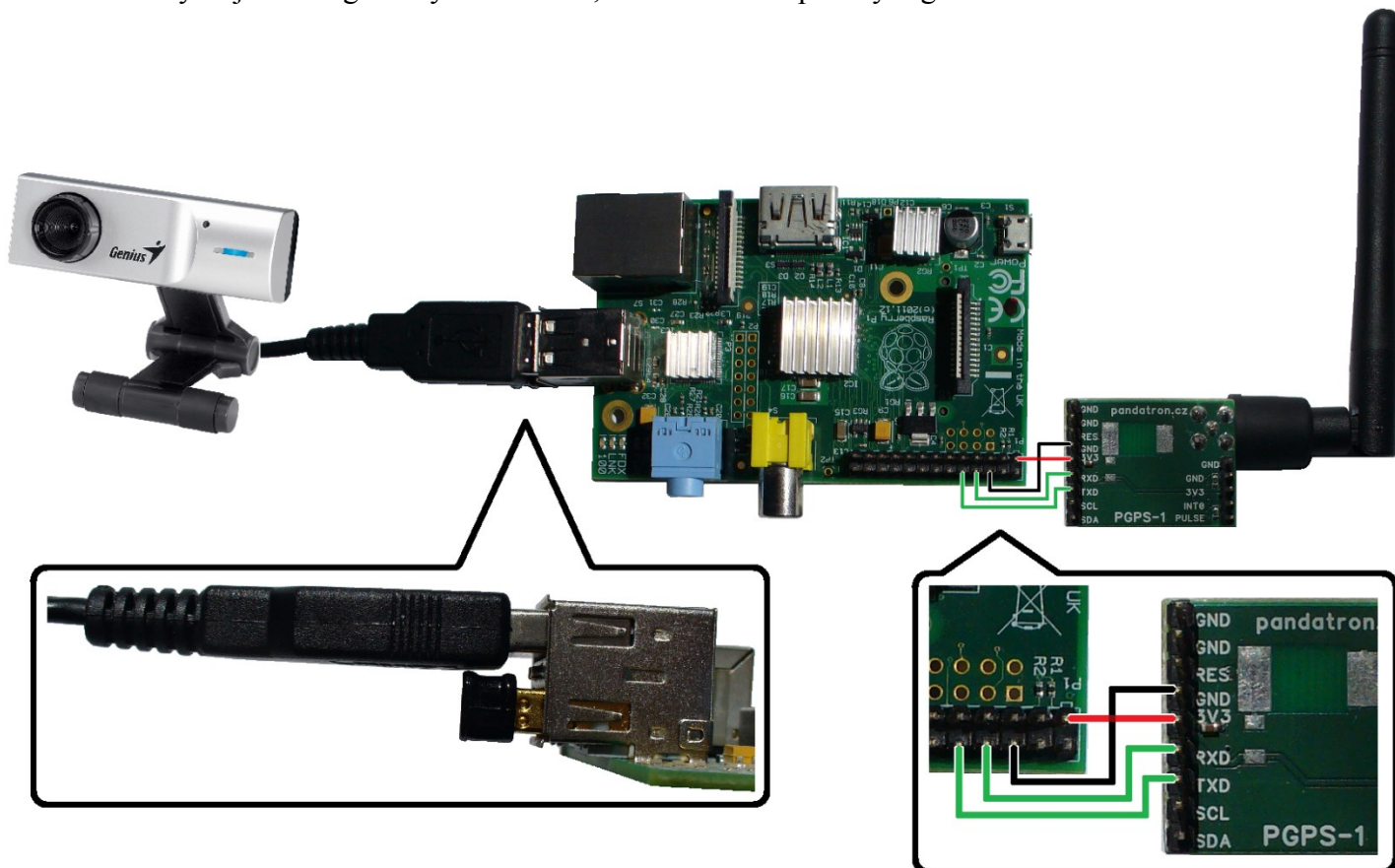


Obrázek 18 – Paměťová karta s adaptérem



### 3.5 Zapojení vzdálené stanice

Na obrázku uvedeném níže (Obrázek 19) je možné spatřit zapojení vzdálené stanice. Do základní desky, tedy do Raspberry Pi, je přes *USB* konektor připojena kamera a *WiFi* adaptér. Jejich připojení je vidět v detailu v levém dolním rohu obrázku. Dalším připojeným zařízením je *GPS* modul, který je připojen přes rozhraní *UART*, což je možné ověřit v pravém dolním rohu obrázku, kde je toto připojení v detailním zobrazení. Raspberry Pi je navíc opatřeno třemi chladiči, které odvádí teplo od důležitých prvků, kterými jsou integrovaný obvod *SoC*, řadič *USB* a napěťový regulátor.



Obrázek 19 – Zapojení vzdálené stanice systému

## 4 Programová část

Tato kapitola se zabývá řešením programové části vzdálené stanice, která je uvedena na obrázku (Obrázek 19) v podkapitole 3.5. Nejprve je popsána programová příprava, která je nutná pro chod základní desky a všech připojených periférií. Následně kapitola obsahuje popis a vývojový diagram řídicího programu. Dále je v této kapitole popsáno zobrazení v internetovém prohlížeči, který slouží jako vizualizační software.

### 4.1 Programová příprava

Pro oživení základní desky a připojených periférií je potřeba několika důležitých kroků.

#### Instalace operačního systému

Prvním z nich je instalace operačního systému na paměťovou kartu a úvodní nastavení. Výrobce zařízení na oficiálních stránkách<sup>2</sup> umožňuje stažení pěti verzí linuxových systémů a jedné verze nelinearového systému nazvaného *RISC OS*. Z těchto systémů byl zvolen linuxový systém Raspbian, jehož instalace je společně se základním nastavením uvedena v příloze B. Tento systém je univerzální a nabízí základní programy pro práci se zařízením.

#### Zprovoznění GPS modulu

Dalším krokem v programové přípravě je zprovoznění modulu *GPS*. Tento modul využívá pro komunikaci rozhraní *UART*, které je potřeba v Raspberry Pi správně nastavit. Podrobně popsáný návod tohoto nastavení je uveden v příloze C. Po správném nastavení modul *GPS* poskytuje data v podobě takzvaných zpráv *NMEA*, které jsou uvedeny následovně.

```
$GPRMC,132520.000,A,5001.6463,N,01547.5633,E,0.32,155.85,150114,,,A*63
$GPVTG,155.85,T,,M,0.32,N,0.60,K,A*36
$GPGGA,132520.000,5001.6463,N,01547.5633,E,1,6,1.95,245.8,M,44.3,M,,*5F
$GPGSA,A,3,23,02,10,20,04,13,,,,,,,,,2.15,1.95,0.92*04
$GPGSV,3,1,09,13,75,246,21,23,69,064,27,04,52,265,24,20,39,120,23*76
$GPGSV,3,2,09,10,39,294,31,07,23,184,,02,21,315,24,16,10,092,*71
$GPGSV,3,3,09,32,06,111,*46
$GPGLL,5001.6463,N,01547.5633,E,132520.000,A,A*59
```

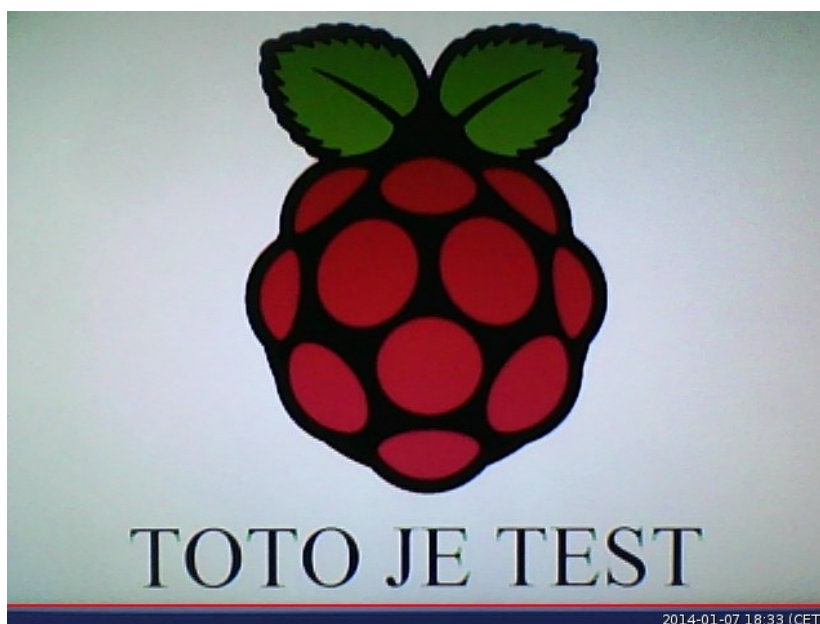
V prvním řádku jsou například uvedeny informace o aktuálním času ve formátu *UTC*, zeměpisné šířce, zeměpisné délce, rychlosti v uzlech a datu. Druhý řádek opět obsahuje rychlost v uzlech, ale navíc i rychlost pohybu v kilometrech za hodinu. Ve třetím řádku je znovu uveden aktuální čas, zeměpisná šířka a délka a navíc nadmořská výška v metrech. V pořadí čtvrtý řádek poskytuje identifikační čísla satelitů a přesnost určení polohy v třech osách. Další tři řádky slouží k výpisu počtu viditelných satelitů, u kterých je uvedena informace o elevaci, azimutu a odstupu signál-šum. Poslední řádek obsahuje minimální informace pro určení polohy a času.

---

<sup>2</sup> <http://www.raspberrypi.org/downloads/>

### **Zprovoznění kamery**

Programová příprava obsahuje také postup zprovoznění vybrané *USB* kamery. Tento postup je obsahem přílohy D. K ověření správné funkce kamery slouží testovací snímek, který je uveden na obrázku (Obrázek 20) níže.



Obrázek 20 – Testovací snímek USB kamery

### **Zprovoznění a nastavení WiFi adaptéru**

Dalším krokem programové přípravy je zprovoznění a nastavení *WiFi* adaptéru. Z Raspberry Pi se po provedení všech příkazů uvedených v přesném postupu v příloze E stane přístupový bod. Síťový adaptér poté vytváří zabezpečenou bezdrátovou síť, která obsahuje *DHCP* server. Uživatel, který se chce do této sítě připojit a který zadá správné heslo, je pomocí tohoto *DHCP* serveru přidělena *IP* adresa z rozsahu adres 10.0.0.2 až 10.0.0.10. Počet aktuálně připojených uživatelů může být tedy celkem devět. Kromě toho uvedené řešení umožňuje poskytovat připojení k internetu všem připojeným uživatelům, pokud je Raspberry Pi do této sítě připojeno pomocí ethernetového kabelu. Takto nastavené řešení poskytuje uživatelům komfortní a jednoduché připojení.

### **Instalace a nastavení knihovny OpenCV**

Poslední částí programové přípravy je instalace a základní nastavení knihovny *OpenCV*, která je využita v řídicím programu zařízení. Tato multiplatformní a otevřená knihovna je určena k manipulaci s obrazem. Její primární určení je především počítačové vidění a zpracování obrazu v reálném čase. Po provedení všech nezbytných kroků, které jsou obsahem přílohy F, je možné otestovat funkci knihovny na ukázkových programech, které jsou umístěné v adresáři „home/pi/downloaded/OpenCV-2.3.1/build/bin“. Pro zobrazení je však potřeba být v grafickém prostředí operačního systému, které se zapne pomocí příkazu:

startx

## 4.2 Řídicí program

Následující řádky popisují hlavní řídicí program, který využívá systém vzdálené stanice. Na začátku programu dochází k nastavení potřebných proměnných, symbolických konstant, fontů a dalších parametrů, které program využívá. Následně je zahájena komunikace s kamerou a rozhraním na kterém je připojen *GPS* modul. U kamery je poté nastaveno rozlišení a u rozhraní *GPS* modulu parametry komunikace.

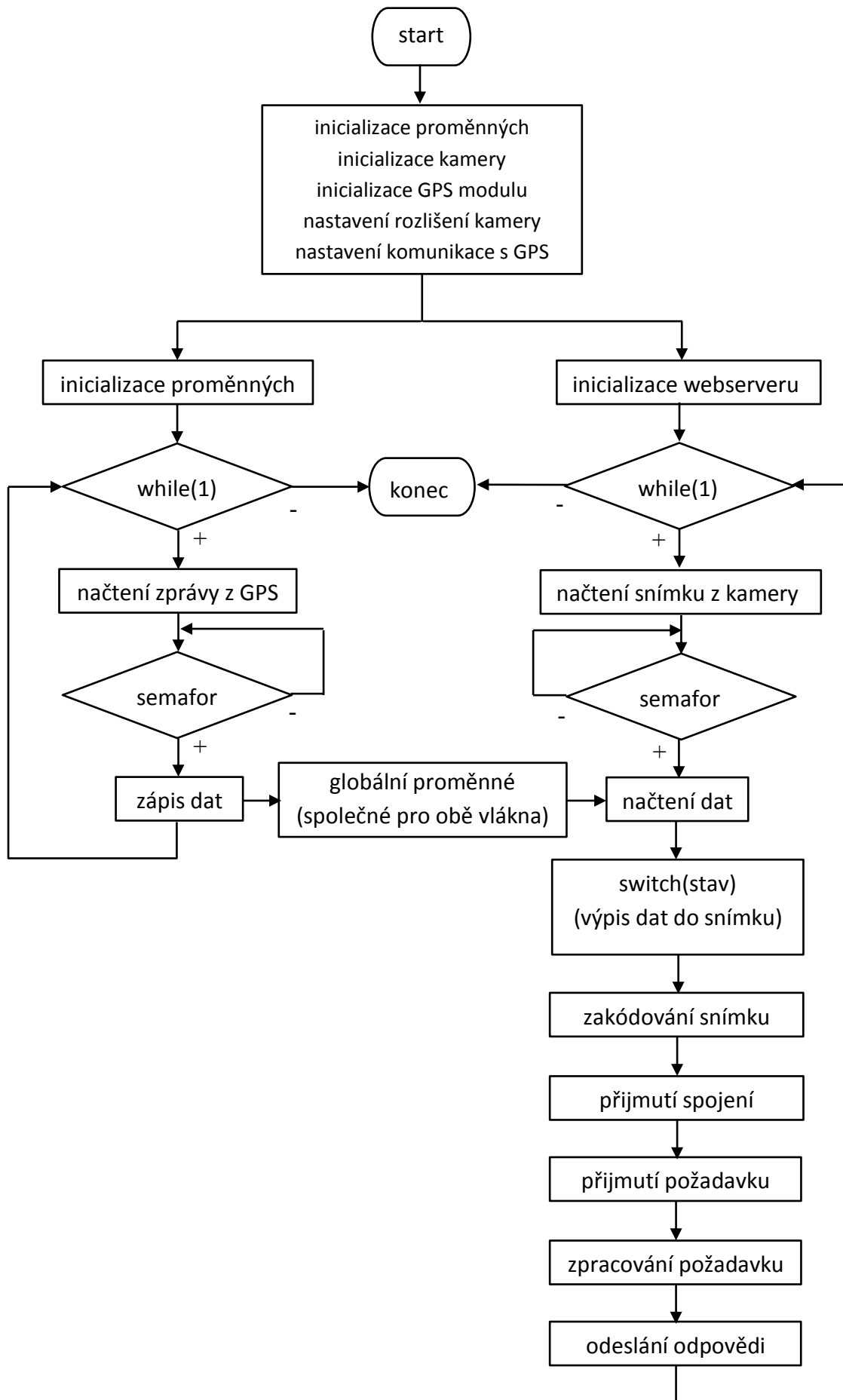
Poté program vytvoří nové vlákno, které obsluhuje pouze vyčítání a ukládání dat z modulu *GPS* v nekonečné smyčce. K ukládání dat jsou využity globální proměnné, které jsou při zápisu a čtení chráněné pomocí takzvaného semaforu. Při úspěšném požadavku vlákna pracovat s těmito proměnnými dochází ke snížení semaforu. Pokud je semafor snížen, přístup k datům má pouze jedno vlákno. Po ukončení práce těmito proměnnými je semafor zvýšen, což zpřístupní tyto proměnné. Vícevláknová aplikace musela být využita, protože vyčítání *NMEA* zpráv bylo několikrát pomalejší než vyčítání obrazu kamery. Pokud by byl program psán sekvenčně, docházelo by tedy k nepřípustnému zpomalení.

Zároveň s vyčítáním zpráv dochází v hlavním vláknu aplikace k inicializaci webového serveru. Poté program vstoupí do nekonečné smyčky, ve které je z kamery vyčítán obraz, který je podle potřeby doplněn telemetrickými daty v cyklu „switch“, který tato data také ukládá. Následně je tento obraz zakódován a komprimován do formátu *JPEG*. Po tomto kroku čeká program na navázání spojení s klientem pomocí protokolu *TCP*. Klient toto spojení iniciuje přihlášením do vytvářené *WiFi* sítě s názvem „Pi\_AP“ a zadáním *IP* adresy 10.0.0.1:8080 do adresního řádku internetového prohlížeče. Po příchodu nového spojení program přijímá klientský požadavek, který je podle obsahu následně zpracován.

Při prvním spojení odešle program pomocí protokolu *HTTP* klientovy *HTML* stránku, přes kterou uživatel zadává případně další požadavky. Poté se smyčka opakuje v nekonečném cyklu. Zmíněná *HTML* stránka obsahuje skript, který automaticky zasílá serveru požadavky na nové snímky z kamery. Server tyto požadavky zpracovává a odesílá tyto snímky zpět klientovi. Program dále dovoluje klientovy pomocí internetového prohlížeče, kde je otevřená zaslaná *HTML* stránka, průběžně stahovat *GPS* data, zobrazit v pouze jeden snímek v novém okně, přepnout barvu pozadí a textu stránky a vypnout či zapnout vykreslování telemetrických dat do obrazu. Pro lepší představu je na následujícím vývojovém diagramu (Obrázek 21) znázorněn princip programu. Zmíněný kód je spouštěn pomocí skriptu, jehož řádky jsou uvedeny následovně:

```
#!/bin/bash
until "/home/pi/TemetrickySystem"; do
  echo "Server 'TemetrickySystem' crashed with exit code $?. Respawning.." >&2
  sleep 1
done
```

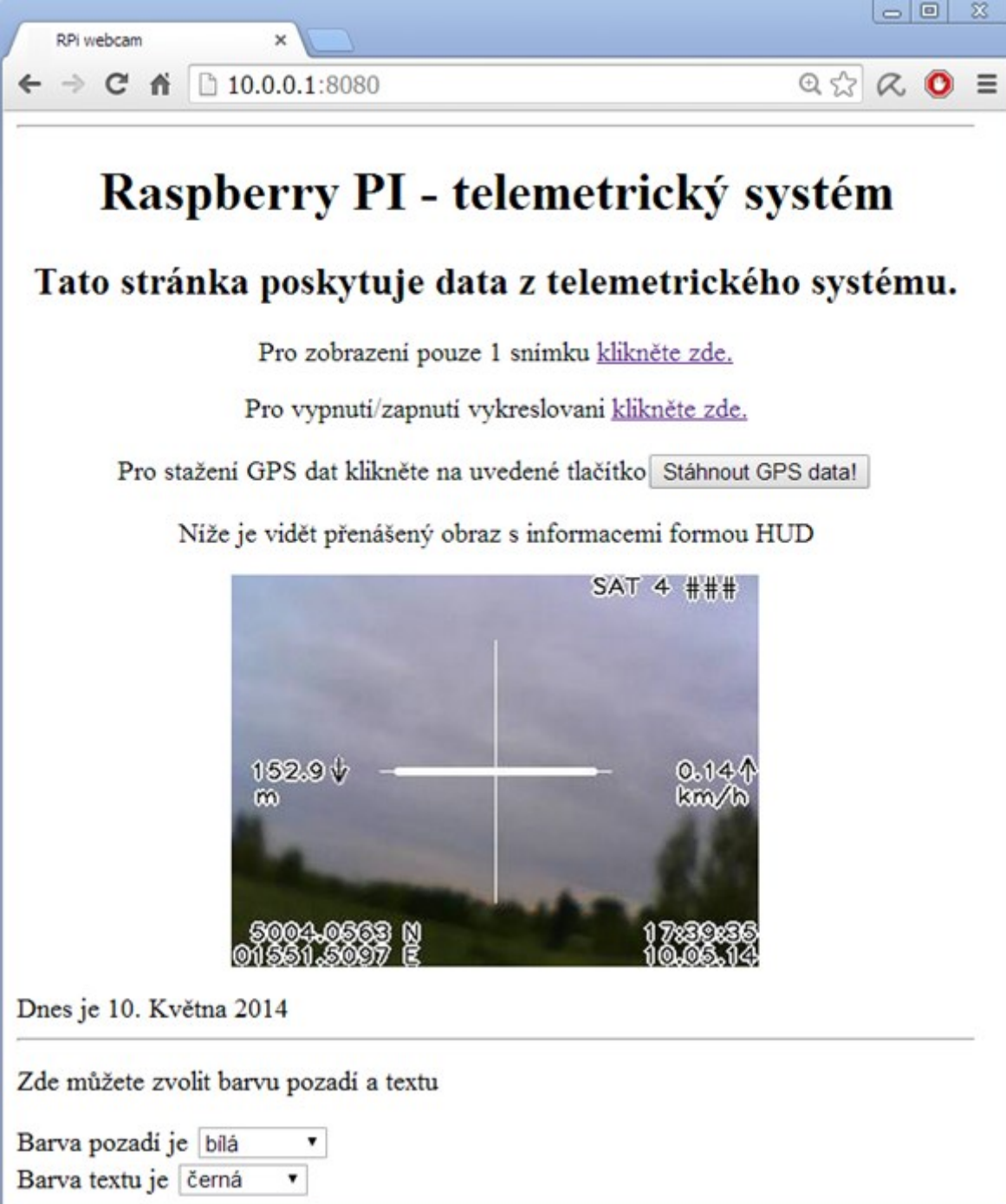
Skript spustí program v cestě uvedené na druhém řádku. Pokud program skončí je vypsán návratový kód, poté skript vyčká jednu sekundu a program je opět spuštěn. Zdrojový kód programu a spouštěcího skriptu je uveden v příloze A.



Obrázek 21 – Vývojový diagram řídicího programu

Na následujícím obrázku (Obrázek 22) je pro úplnost uvedeno zobrazení *HTML* stránky v internetovém prohlížeči, který je nainstalován v pozemní stanici. Stránka umožňuje zobrazit pouze jeden snímek, vypnout či zapnout vykreslování telemetrických dat, stáhnout *GPS* data a změnit barvu pozadí či textu.

V obraze jsou přehledně zobrazeny údaje o aktuální poloze, datu, času, nadmořské výšce, rychlosti a počtu satelitů, ze kterých je *GPS* signál přijímán. Síla tohoto signálu je zobrazena v pravém horním rohu pomocí znaků „#“. Změna rychlosti a nadmořské výšky je indikována šipkami, které jsou vedle příslušných hodnot.



RPI webcam x

10.0.0.1:8080

## Raspberry PI - telemetrický systém

**Tato stránka poskytuje data z telemetrického systému.**

Pro zobrazení pouze 1 snímku [klikněte zde.](#)

Pro vypnutí/zapnutí vykreslování [klikněte zde.](#)

Pro stažení *GPS* dat klikněte na uvedené tlačítko

Niže je vidět přenášený obraz s informacemi formou HUD

SAT 4 ###

152.9 ↓  
m

0.14 ↑  
km/h

5004.0563 N  
01551.5097 E

17:39:35  
10.05.14

Dnes je 10. Května 2014

Zde můžete zvolit barvu pozadí a textu

Barva pozadí je

Barva textu je

Obrázek 22 – Zobrazení stránky v pozemní stanici



## 5 Ověření funkce

Tato kapitola slouží k ověření navrženého systému přenosu obrazu a k otestování řídicího programu vzdálené stanice. V této kapitole jsou uvedeny fotografie, které zobrazují připevnění vzdálené stanice k dálkově ovládanému modelu. Dále jsou v této kapitole uvedeny zaznamenané snímky obrazovky pozemní stanice při testování systému. Kapitola obsahuje také výsledky měření síly signálu, který od staticky umístěné vzdálené stanice přijímala stanice pozemní.

### 5.1 Umístění na RC model

Na následujícím obrázku (Obrázek 23) je zobrazeno připevnění celé vzdálené stanice k dálkově ovládanému testovacímu modelu. Vzdálená stanice byla připevněna k modelu tak, aby bylo jeho ovládání a chování co nejméně ovlivněno.



Obrázek 23 – Vzdálená stanice připevněná k RC modelu

Na následujícím obrázku (Obrázek 24) je zobrazen detail umístění snímacího prvku vzdálené stanice. Nejčastěji bývá kamera umístěna v kabině modelu, kterou však tento model nedisponuje, a tak byla kamera umístěna na přední část modelu do těsné blízkosti vrtule.



Obrázek 24 – Detail připevnění kamery



## 5.2 Snímky z testovacího letu

Na následujících obrázcích (Obrázek 25) (Obrázek 26) jsou uvedeny snímky zaznamenané během letu *RC* modelu. Horizontální pruhy, které jsou ve snímcích vidět, jsou způsobeny snímáním rychle se otáčející vrtule.



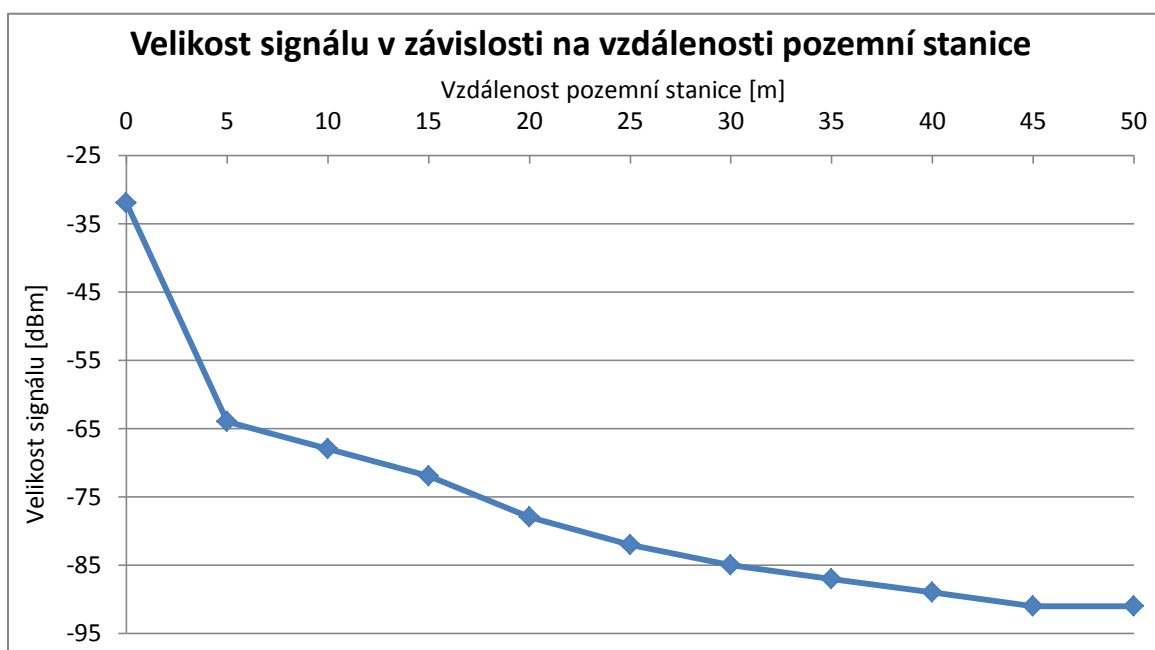
Obrázek 25 – Snímek se zapnutým vykreslováním



Obrázek 26 – Snímek s vypnutým vykreslováním

### 5.3 Měření velikosti přijímaného signálu a dosahu stanice

Pro zjištění velikosti a dosahu signálu, který vysílal miniaturní *WiFi* adaptér s integrovanou anténou velice malých rozměrů, bylo provedeno měření. Vzdálená stanice byla umístěna staticky na volném prostranství a pozemní stanice byla přesunována po předem daných pětimetrových vzdálenostech. Na pozemní stanici byla měřena velikost signálu, který podstatně ovlivňuje dosah a odezvu sítě. Naměřené hodnoty byly zpracovány a vyneseny do grafu, který je uveden níže (Obrázek 27). Z grafu je patrné, že při vzdálenosti pouhých pěti metrů síla signálu značně klesne. Poté již klesá rovnoměrně až do vzdálenosti 45 metrů, od které je dále útlum signálu konstantní. Při testu byla také změřena vzdálenost při, které dochází k výpadku přenášeného obrazu. Tato vzdálenost má hodnotu 20,7 m. Pro tyto důvody je vhodné použít *WiFi* adaptér opatřený externí anténou. Pro příklad je na obrázku (Obrázek 28) níže takovýto *WiFi* adaptér uveden.



Obrázek 27 – Grafické vyjádření závislosti velikosti signálu na vzdálenosti



Obrázek 28 – WiFi adaptér s externí anténou

## Závěr

V této práci byl nejprve popsán telemetrický systém, následně zpracování telemetrických dat a příklady využití tohoto systému v různých odvětvích. Poté byla v práci uvedena analýza bezdrátového přenosového systému, ze které vycházejí obecné požadavky na tento systém. V teoretické části byly také uvedeny komerčně dostupné komponenty, které tvoří vzdálenou a pozemní stanici přenosového systému. Uvedeny byly také pořizovací náklady a zhodnocení systému s výhodami a nevýhodami tohoto řešení. Tyto veškeré postupně uvedené poznatky sloužily k vlastnímu návrhu přenosového systému, který se skládá z blokového schématu a samotného výběru komponent.

Při návrhu přenosového systému byly využity výsledky analýzy komerčně dostupných řešení, z kterých vlastní řešení využívá většinu výhod a zároveň potlačuje jejich nedostatky. Komponenty vzdálené stanice byly poté voleny, tak aby tato stanice měla co nejnížší hmotnost a rozměry. Dále bylo hlavním záměrem výběru komponent univerzálnost a rozšiřitelnost systému s ohledem na nízkou pořizovací cenu.

Systém vzdálené stanice tvoří základní deska Raspberry Pi vybavena *WiFi* adaptérem a kamerou s rozhraním *USB* a *GPS* modulem s rozhraním *UART*. Tyto komponenty splňují výše uvedené požadavky.

Navržené zařízení pracuje plně automaticky. Systém vytváří bezdrátovou síť, ke které se klient snadno připojí. Odpadá proces složitého nastavování, protože tento systém automaticky přiděluje připojeným klientům veškeré potřebné údaje pomocí *DHCP* serveru. Uživateli poté postačuje otevřít internetový prohlížeč, ve kterém se po zadání *IP* adresy objeví *HTML* stránka, která poskytuje především přenášený obraz doplněný telemetrickými daty. Tato stránka dále umožňuje uživateli vypnout či zapnout vykreslování těchto dat do obrazu, a dále stránka dovoluje uživateli průběžně stahovat *GPS* data.

Během práce došlo k několika drobným problémům, které bylo nutné vyřešit. Jedním z problémů například bylo pomalé vyčítání *GPS* dat, kvůli kterému musela být aplikace řešena jako vícevláknová. Dále bylo nutné kvůli dlouhé komprimační době snížit rozlišení kamery. Tyto problémy byly zdárně vyřešeny a tak systém splňuje uvedené zadání.

Na závěr bych zde rád uvedl doplnění, kterými by se dal systém do budoucna vylepšit. Při řešení práce se projevila nevýhoda miniaturního bezdrátového adapteru, který má integrovanou anténu. Dosah tohoto adapteru je značně omezen, a tak pro další využití systému doporučuji využít adapter, který je vybaven externí anténou. Dalším vylepšením se zdá být použití *USB* kamery, která má komprimovaný výstup. Kamera využitá v práci tuto funkci nemá, a tak je nutné obraz před odesláním komprimovat v programové smyčce, což vyčerpává prostředky operačního systému.

## Literatura

- 2DOGRCS. 2014.** AEO G-OSD3 OSD with GPS and Current Sensor. *2 DOGRCS WAREHOUSE*. [Online] 2014. [Citace: 18. 4 2014.] <http://www.2dogrc.com/aeo-g-osd3-osd-with-gps-and-current-sensor.html>.
- BEASLEY, Stephen, a další. 2002.** Remote Diagnostics for Data Acquisition Systems. *Profiles in Industrial Research Knowledge & Innovation*. 2002, 2002.
- CAMERA, FATSHARK. 2014.** 420L/700L Pilot CAM. [Online] 2014. [Citace: 18. 4 2014.] <http://www.fatshark.com/uploads/pdf/1746-1.pdf>.
- Český telekomunikační úřad. 2012.** Český telekomunikační úřad. *Všeobecná oprávnění*. [Online] 2012. [Citace: 18. 4 2014.] [http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok\\_2012/vo-r\\_10-04\\_2012-07.pdf](http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok_2012/vo-r_10-04_2012-07.pdf).
- DOMINATOR, FATSHARK. 2014.** DOMINATOR SPECIFICATION DOCUMENT REV A. [Online] 2014. [Citace: 19. 4 2014.] <http://www.fatshark.com/uploads/pdf/1722-2.pdf>.
- EzOSD, IMMERSIONRC. 2009.** EzOSD Manual. [Online] 4 2009. [Citace: 19. 4 2014.] [http://www.immersionrc.com/downloads/manuals/EzOSDOperatorsManual\\_EN\\_v1.0.pdf](http://www.immersionrc.com/downloads/manuals/EzOSDOperatorsManual_EN_v1.0.pdf).
- KENWARD, Robert E. 2001.** *A manual for wildlife radio tagging*. San Diego : Academic Press, 2001. 9780080574202.
- LCD 888, FIELDVIEW. 2014.** *Fieldview 888 TFT LCD 8" HD FPV Monitor with Backlight*. [Online] 2014. [Citace: 18. 4 2014.] [https://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_\\_42319\\_\\_Fieldview\\_888\\_TFT\\_LCD\\_8\\_34\\_HD\\_FPV\\_Monitor\\_with\\_Backlight.html](https://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__42319__Fieldview_888_TFT_LCD_8_34_HD_FPV_Monitor_with_Backlight.html).
- MICROSD 4GB, KINGSTON. 2014.** SECURE DIGITAL MICRO 4GB microSD Card (SDHC) class 4 - King. *Alfacomp*. [Online] 2014. [Citace: 27. 4 2014.] <http://www.alfacomp.cz/php/product.php?eid=10514000000000FWJ>.
- MODEL B, RASPBERRY PI. 2014.** Raspberry Pi Model B 512 MB RAM. *element14*. [Online] 2014. [Citace: 25. 4 2014.] <http://piregistration.element14.com/raspberryPi1.html>.
- NAJAFI, Nader a AUERBACH, Andrew. 2012.** Use and Outcomes of Telemetry Monitoring on a Medicine Service. *Archives of Internal Medicine*. 172, 24. 9 2012, 17.
- PGPS-1, PANDATRON. 2014.** PGPS – GPS modul s L10. *Pandatron*. [Online] 2014. [Citace: 26. 4 2014.] [http://pandatron.cz/?shop&pn=90108&tx=pgps\\_%96\\_gps\\_modul\\_s\\_110](http://pandatron.cz/?shop&pn=90108&tx=pgps_%96_gps_modul_s_110).

**PILNÝ, Roman. 2014.** Úvod do teorie FPV. *RC-EAGLE EYE*. [Online] 2014. [Citace: 17. 4 2014.] <http://www.rc-eagleeye.cz/rc-eagleeye/5-Theory-Trocha-teorie/4-Introduction-Uvod>.

**SCHLUMBERGER. 2009.** Schlumberger - new drilling telemetry. *Digital energy journal*. Duben, Máj, 2009, 18.

**TRANSMITTER, IMMERSIONRC. 2014.** 5.8GHz 25mW Tx. [Online] 2014. [Citace: 18. 4 2014.] [http://www.immersionrc.com/product-details.php?fpv\\_product=11&fpv\\_product\\_name=5.8GHz%2025mW%20Tx](http://www.immersionrc.com/product-details.php?fpv_product=11&fpv_product_name=5.8GHz%2025mW%20Tx).

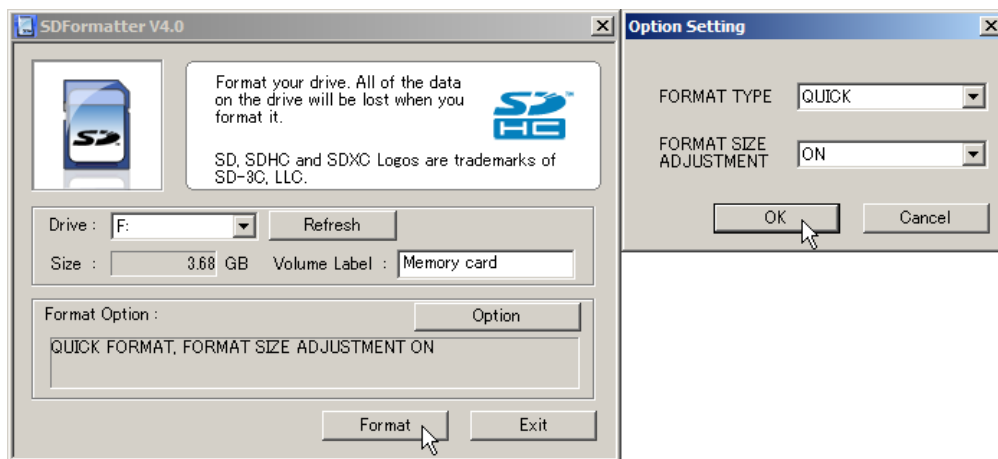
**UNO5800V2, IMMERSIONRC. 2014.** Uno 5800 A/V Receiver. [Online] 2014. [Citace: 20. 4 2014.] [http://www.immersionrc.com/downloads/manuals/Uno5800\\_Manual.pdf](http://www.immersionrc.com/downloads/manuals/Uno5800_Manual.pdf).

## **Příloha A – Obsah CD**

- Text práce: HusarJ\_Telemetrickysystem\_MD\_2014.pdf
- Adresář Software
  - Zdrojový kód v C: TemetrickySystem.c
  - Bash script: Monitor-Telsystem.sh

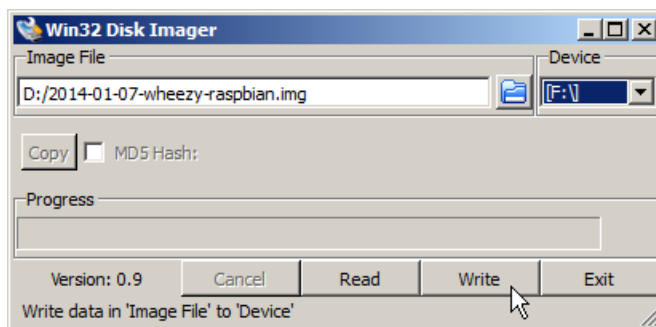
## Příloha B – Instalace a prvotní nastavení OS

Zde je uveden postup instalace operačního systému Raspbian s využitím *PC* se systémem Windows. Na oficiálních stránkách<sup>3</sup> nadace je nutné stáhnout archiv *ZIP* s příslušným *OS*. Poté následuje extrakce souborů v něm uložených a vložení paměťové karty o minimální kapacitě 4 GB do čtečky paměťových karet v *PC*. Pro zformátování karty je vyžadován program *SD Formater* dostupný na stránkách<sup>4</sup> organizace *SD Association*. Po nainstalování programu je potřeba ho spustit a nastavit, tak jak je uvedeno na obrázku (Obrázek 29) níže.



Obrázek 29 – Okno formátovacího programu

Pro nahrání obrazu disku je vhodné použít aplikaci Win32DiskImager, kterou je možné stáhnout ze stránek<sup>5</sup> obsahujících zdrojové kódy volně šiřitelných programů. Doporučeno je stáhnout místo instalátoru archiv *ZIP*, který obsahuje všechny potřebné soubory a pro jeho spuštění se nemusí program instalovat. Po stažení a extrakci archivu by mělo dojít ke spuštění programu Win32DiskImager v režimu „Spustit jako správce“. Poté je v programu potřeba vybrat v příslušné kolonce obraz disku a označení paměťové karty, na kterou má být systém nainstalován. Po jejich výběru, naznačeném na obrázku (Obrázek 30) níže, stačí kliknout na tlačítko *Write* a vyčkat na dokončení zapisovacího procesu.



Obrázek 30 – Okno programu Win32DiskImager

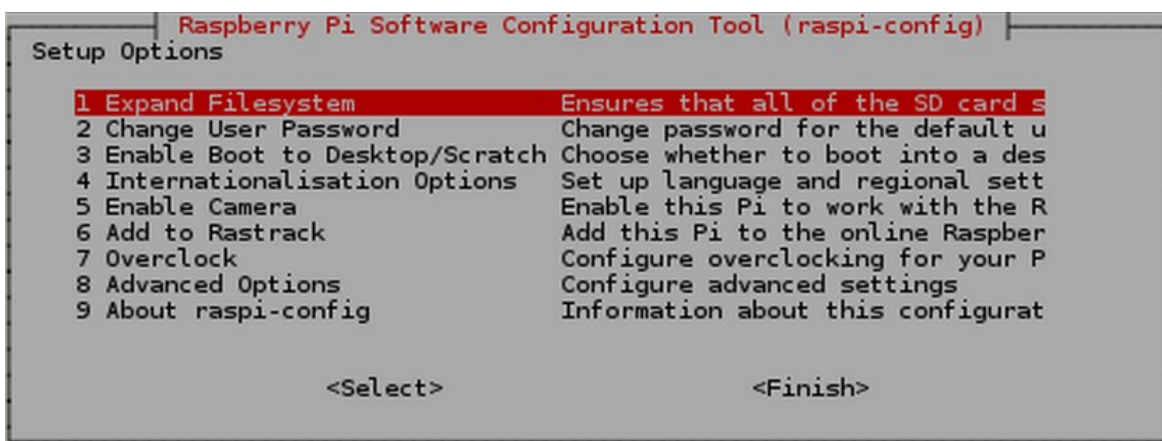
<sup>3</sup> <http://www.raspberrypi.org/downloads/>

<sup>4</sup> [https://www.sdcard.org/downloads/formatter\\_4/eula\\_windows/](https://www.sdcard.org/downloads/formatter_4/eula_windows/)

<sup>5</sup> <http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/files/Archive/>

Nyní by měl být vybrán operační systém na paměťové kartě. V systému Windows bezpečně odebereme paměťovou kartu a vložíme ji do Raspberry Pi. Pro základní nastavení je potřeba připojit Raspberry Pi k zobrazovacímu zařízení jedním z dříve popsaných konektorů. Dále je nutné do *USB* portu Raspberry Pi připojit klávesnici a pomocí *micro-USB* konektoru přivést příslušné napájení.

Při prvním zapnutí Raspberry Pi je na připojeném monitoru zobrazeno okno (Obrázek 31), které slouží k základnímu nastavení systému. V tomto okně jsou postupně uvedeny možnosti pro rozšíření souborového systému na celou kapacitu paměťové karty, změny uživatelského hesla, zavádění přímo do pracovní plochy, změny jazyku a místního nastavení, povolení využití *CSI* kamery, přidání polohy Raspberry Pi do mapy, zvýšení frekvence procesoru a další nastavení a informace o zařízení.



Obrázek 31 – Okno nastavení Raspberry Pi

Z uvedené nabídky bylo použito rozšíření souborového systému, změna hesla pro jednoduchost na „pi“ a nakonec změna rozložení klávesnice na české. Po nastavení všeho potřebného stačí zvolit možnost „Finish“ a Raspberry Pi provede restartování. Po restartu a zavedení systému je vyžadováno zadání uživatelského hesla a jména. V základním nastavení je pro systém Raspbian uživatelské jméno nastaveno na „pi“ a heslo na „raspberry“. Pokud však uživatel v předchozím kroku heslo změnil, zadá tedy místo „raspberry“ heslo nové. Přihlašovací údaje jsou následně ověřeny, a pokud jsou správné, dojde k přihlášení uživatele a vypsání příkazové řádky. Systém je po těchto krocích nastaven a umožňuje zadávání příkazů. Systém je vhodné aktualizovat, protože instalační balíčky jsou obnovovány jen několikrát za rok. Pro aktualizaci systému je potřeba připojit Raspberry Pi k internetu. To lze provést pouhým zapojením ethernetového kabelu z routeru, který je připojen k internetu a má povolený protokol *DHCP*. Pro samotnou aktualizaci stačí zadat tyto dva příkazy:

`sudo apt-get update` – tento příkaz zjistí, pro které programy jsou dostupné aktualizace

`sudo apt-get upgrade` – tento příkaz provede samotnou aktualizaci zastaralých programů



## Příloha C – Zprovoznění GPS modulu

Zde je uveden postup zprovoznění modulu *GPS*, který je připojen na sériový port Raspberry Pi. Tento port je v základním nastavení využit pro výpis zaváděcích informací a pro přihlašování uživatele. K využívání sériového portu pro vlastní potřebu je nutné upravit dva systémové soubory. První soubor se jmenuje „inittab“ a je umístěn v adresáři „etc“. Pro úpravu toho souboru slouží textový editor, který se spustí pomocí příkazu:

```
sudo nano /etc/inittab
```

V tomto editoru se pomocí šipek přesune kurzor na konec souboru a na začátek posledního řádku se přidá znak „#“. Soubor po úpravě obsahuje tento řádek:

```
#T0:23:respawn:/sbin/getty -L ttyAMA0 115200 vt100
```

Ukládání změn v souborech je vždy provedeno stiskem kláves „CTRL +X“, „Y“ a „ENTER“.

Druhý soubor je opět otevřen v uvedeném textovém editoru, nyní pomocí příkazu:

```
sudo nano /boot/cmdline.txt
```

V tomto souboru je nutné upravit text, tak aby odpovídal tomuto příkladu:

```
dwc_otg.lpm_enable=0 console=tty1 root=/dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4 elevator=deadline rootwait
```

Po provedení výše uvedených úprav je nutné systém restartovat pomocí tohoto příkazu:

```
sudo shutdown -r now
```

K ověření správné funkce *GPS* modulu je vhodné využít program *minicom*, který se do systému nainstaluje pomocí následujícího příkazu:

```
sudo apt-get install minicom
```

Po provedení instalace je možné uvedený program okamžitě používat. K výpisu zpráv poskytovaných *GPS* modulem stačí zadat tento příkaz:

```
minicom -b 9600 -o -D /dev/ttyAMA0
```

Parametry příkazu udávají hodnotu modulační rychlosti a název sériového rozhraní. Po zadání příkazu se začnou v okně vypisovat v sekundovém intervalu zprávy *NMEA*, které je možné vidět na obrázku (Obrázek 32) níže. Nutno poznamenat, že příklad zpráv byl zaznamenán v budově, kde přijímač neměl signál ani z jedné družice.

```
$GPRMC,000345.036,V,,,,,0.00,0.00,060180,,,N*45
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$GPGGA,000345.036,,,,,0,0,,,M,,M,,*4F
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,1,1,00*79
$GPGLL,,,,,000345.036,V,N*7D
```

Obrázek 32 – Příklad vypisovaných NMEA zpráv

## Příloha D – Zprovoznění USB kamery

Jelikož vybraná kamera podporuje ovladač Linux *UVC*, stačí ji pouze připojit do volného *USB* konektoru Raspberry Pi. Připojení a rozpoznání kamery lze zjistit zadáním příkazu:

```
lsusb
```

Tento příkaz vypíše připojená *USB* zařízení, viz obrázek (Obrázek 33) níže.

```
Bus 001 Device 002: ID 0424:9512 Standard Microsystems Corp.  
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub  
Bus 001 Device 003: ID 0424:ec00 Standard Microsystems Corp.  
Bus 001 Device 004: ID 0458:707b KYE Systems Corp. (Mouse Systems)  
Bus 001 Device 005: ID 7392:7811 Edimax Technology Co., Ltd EW-7811Un  
802.11n Wireless Adapter [Realtek RTL8188CUS]
```

Obrázek 33 – Vypsání připojených *USB* zařízení

Kamera je ve výpisu uvedena jako „KYE Systems Corp. (Mouse System)“. Informaci o rozpoznání kamery lze potvrdit zobrazením obsahu adresáře „/dev“ pomocí příkazu „ls /dev“, kde by měla být kamera uvedena jako „video0“. Ověření funkce kamery je možné provést pomocí programu *fswebcam*, který není mezi základními programy *OS* a je nutné ho nejprve nainstalovat pomocí tohoto příkazu:

```
sudo apt-get install fswebcam
```

Po nainstalování je možné program ihned využívat, viz následující příkaz:

```
fswebcam -d /dev/video0 -r 640x480 TestWebcam.jpg -S 2
```

Parametry toho příkazu udávají označení kamery v systému, rozlišení snímku, název ukládaného souboru a počet snímku, které program přeskočí. Výsledkem práce programu je snímek formátu *JPEG* uložený v aktuálním adresáři.

## Příloha E – Zprovoznění WiFi adaptéru, nastavení funkce AP

Stejně jako *USB* kamera tak i *WiFi* adaptér nepotřebuje pro chod instalovat vlastní ovladač, protože je podporován okamžitě po připojení do Raspberry Pi. Následující řádky obsahují postup<sup>6</sup>, který z Raspberry Pi vytvoří přístupový bod takzvaný Access Point. Přístupový bod je zařízení, které vytváří bezdrátovou síť a poskytuje bezdrátovou komunikaci připojeným klientům. Pro tento postup je nutné připojit Raspberry Pi k internetu, což bylo uvedeno v příloze B. Ověřit stav síťových rozhraní je možné pomocí příkazu:

```
ifconfig
```

Tento příkaz vypíše informace a stav síťových rozhraní, viz obrázek (Obrázek 34) níže.

```
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr b8:27:eb:0d:90:d6
          inet addr:192.168.0.108  Bcast:192.168.0.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)

wlan0     Link encap:Ethernet  HWaddr 80:1f:02:46:16:be
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)
```

Obrázek 34 – Vypsání stavu síťových rozhraní

Z uvedeného obrázku (Obrázek 34) je zřejmé, že byl *WiFi* adaptér správně rozpoznán jako rozhraní „wlan0“. Dále je možné zjistit, že drátovému síťovému rozhraní, které je označeno jako „eth0“, byla přidělena *IP* adresa 192.168.0.108. Pro ověření připojení k internetu se v textovém režimu používá níže uvedený příkaz:

```
ping www.google.cz
```

Tento příkaz spustí program, který zasílá požadavky na uvedenou internetovou doménu. Pokud program obdrží příslušnou odpověď, je zařízení připojené k internetu. Kvůli úpravám nastavení je vhodné pozastavit bezdrátové síťové rozhraní tímto příkazem:

```
sudo ifdown wlan0
```

Dalším krokem v tomto postupu je instalace *DHCP* serveru, který slouží k automatické konfiguraci počítačů připojených do sítě. Instalace se provede následujícím příkazem:

```
sudo apt-get install hostapd isc-dhcp-server
```

Po provedení instalace je nutné upravit konfigurační systémové soubory. Prvním soubor se pro úpravu otevře v textovém editoru následujícím příkazem:

```
sudo nano /etc/dhcp/dhcpd.conf
```

<sup>6</sup> <https://learn.adafruit.com/setting-up-a-raspberry-pi-as-a-wifi-access-point?view=all>

V tomto souboru je nutné provést změny, tak aby soubor odpovídal následujícímu obrázku (Obrázek 35). Jde především o přidání znaku „#“ před řádky začínající slovem „option“ a o smazání stejného znaku před slovem „authoritative“. Nakonec souboru se poté přidá definice nové sítě a všech jejích parametrů.

```
ddns-update-style none;
#option domain-name "example.org";
#option domain-name-servers ns1.example.org, ns2.example.org;
default-lease-time 600;
max-lease-time 7200;
authoritative;
log-facility local7;
subnet 10.0.0.0 netmask 255.255.255.0 {
range 10.0.0.2 10.0.0.10;
option broadcast-address 10.0.0.255;
option routers 10.0.0.1;
default-lease-time 600;
max-lease-time 7200;
option domain-name "local";
option domain-name-servers 8.8.8.8, 8.8.4.4;
}
```

Obrázek 35 – Minimální obsah souboru dhcpd.conf

Následně je nutné otevřít další soubor pro úpravu pomocí příkazu:

```
sudo nano /etc/default/isc-dhcp-server
```

Pomocí šipek dojde k přesunutí na konec souboru a přeepsání textu „INTERFACES=“ na text „INTERFACES=wlan0“. Dále je potřeba nastavit bezdrátové rozhraní na statickou IP adresu, což se provede v textovém editoru pomocí následujícího příkazu:

```
sudo nano /etc/network/interfaces
```

V souboru je nutné přidat v posledních třech řádcích znak „#“ na začátek každého řádku. Dále se na řádek, který následuje za řádkem s textem „allow-hotplug wlan0“, napíše řádky uvedené níže a soubor se uloží.

```
iface wlan0 inet static
address 10.0.0.1
netmask 255.255.255.0
```

Následuje vytvoření nového souboru, který slouží pro nastavení přístupového bodu. Nový soubor se otevře pomocí příkazu:

```
sudo nano /etc/hostapd/hostapd.conf
```

Do souboru je nutné napsat řádky zobrazené na obrázku (Obrázek 36) níže:

```

interface=wlan0
driver=rtl871xdrv
ssid=Pi_AP
hw_mode=g
ieee80211n=1
wmm_enabled=1
ht_capab=[HT40-] [SHORT-GI-20] [SHORT-GI-40]
country_code=CZ
channel=6
macaddr_acl=0
auth_algs=1
ignore_broadcast_ssid=0
wpa=2
wpa_passphrase=Raspberrry
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
wpa_pairwise=TKIP
rsn_pairwise=CCMP

```

**Obrázek 36 – Obsah souboru hostapd.conf**

Dále je potřeba sdělit Raspberry Pi, kde má hledat tento konfigurační soubor. Tato akce se provede zadáním příkazu:

```
sudo nano /etc/default/hostapd
```

V tomto souboru je uveden řádek „#DAEMON\_CONF=""“, který je nutno přepsat na tento text „DAEMON\_CONF="/etc/hostapd/hostapd.conf“ a soubor opět uložit. Následovně je vhodné nastavit překlad síťových adres mezi rozhraními „eth0“ a „wlan0“. Nejprve je nutné otevřít příslušný soubor v textovém editoru pomocí příkazu:

```
sudo nano /etc/sysctl.conf
```

Na konec souboru se na novou řádku přidá text „net.ipv4.ip\_forward=1“ a soubor se uloží. Tento příkaz povolí předávání paketů z jednoho síťového rozhraní na druhé. Pro automatické nastavení, které bude probíhat vždy po zavedení systému, je nutné použít následující příkaz:

```
sudo sh -c "echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward"
```

Příkaz zapíše do speciálního souboru jedničku a tak změní chování jádra. Pro samotné nastavení překladu síťových adres je nutné zadat následující příkazy:

```

sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
sudo iptables -A FORWARD -i eth0 -o wlan0 -m state --state RELATED,ESTABLISHED -j ACCEPT
sudo iptables -A FORWARD -i wlan0 -o eth0 -j ACCEPT

```

První řádek v tabulce „nat“ nastaví tzv. maškarádu, což je přepisování příchozích a odchozích IP adres pro přístup do jiné sítě například k internetu. Další dva řádky určují přeposílání paketů ze síťového rozhraní „eth0“ na rozhraní „wlan0“ a opačně. Pro stálé uložení toho nastavení se nejprve použije následující příkaz:

```
sudo sh -c "iptables-save > /etc/iptables.ipv4.nat"
```

Následně je potřeba otevřít již upravovaný soubor pomocí textového editoru příkazem:

```
sudo nano /etc/network/interfaces
```

Na konec souboru a nový řádek se přidá tento text „up iptables-restore < /etc/iptables.ipv4.nat“ a soubor se opět uloží.

Dále je nutné aktualizovat soubor „hostapd“ pomocí série následujících příkazů:

```
wget http://www.adafruit.com/downloads/adafruit_hostapd.zip
unzip adafruit_hostapd.zip
sudo mv /usr/sbin/hostapd /usr/sbin/hostapd.ORIG
sudo mv hostapd /usr/sbin
sudo chmod 755 /usr/sbin/hostapd
```

Tyto příkazy postupně vykonají stažení a následnou extrakci nové verze souboru z archivu *ZIP*. Poté dojde k záloze stávající verze a přesunu nové verze na místo původní. Poslední řádek přidělí nové verzi patřičná oprávnění.

Ke spuštění služeb nastavujících parametry přístupového bodu slouží tyto příkazy:

```
sudo service hostapd start
sudo service isc-dhcp-server start
```

Pro nastavení spouštění těchto služeb při startu systému je potřeba zadat tyto příkazy:

```
sudo update-rc.d hostapd enable
sudo update-rc.d isc-dhcp-server enable
```

Kvůli uložení změn a k otestování má být proveden restart pomocí příkazu:

```
sudo reboot
```

Po restartování by se měla vytvořit bezdrátová síť s názvem „Pi\_AP“. S pomocí dalšího zařízení vybaveného adaptérem *WiFi* se dá tato síť vyhledat. Po zadání hesla („Raspberry“) dojde k autentifikaci a přihlášení do sítě.

## Příloha F – Instalace knihovny OpenCV

Následující řádky uvádějí postup instalace knihovny *OpenCV*, která slouží pro zpracování obrazové informace. Pro instalaci knihovny je potřeba rozšířený souborový systém na paměťové kartě. Toto rozšíření souborového systému je popsáno v příloze B. Před samotnou instalací knihovny je nutné zadat následující příkazy:

```
sudo apt-get -y install build-essential cmake cmake-qt-gui pkg-config libpng12-0 libpng12-dev libpng++-dev libpng3 libpnglite-dev zlib1g-dbg zlib1g-dev pngtools libtiff4-dev libtiff4 libtiffxx0c2 libtiff-tools
```

```
sudo apt-get -y install libjpeg8 libjpeg8-dev libjpeg8-dbg libjpeg-progs ffmpeg libavcodec-dev libavcodec53 libavformat53 libavformat-dev libgstreamer0.10-0-dbg libgstreamer0.10-0 libgstreamer0.10-dev libxine1-ffmpeg libxine-dev libxine1-bin libunicap2 libunicap2-dev libdc1394-22-dev libdc1394-22 libdc1394-utils swig libv4l-0 libv4l-dev python-numpy libpython2.6 python-dev python2.6-dev libgtk2.0-dev pkg-config
```

Tyto příkazy nainstalují řadu podpůrných knihoven, které knihovna *OpenCV* využívá. Dále je potřeba stáhnout zdrojové soubory knihovny *OpenCV* následujícím příkazem:

```
wget http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/files/opencv-unix/2.3.1/OpenCV-2.3.1a.tar.bz2
```

Tento příkaz stáhne z uvedených stránek komprimovaný archiv. Pro další zpracování je potřeba zadat následující příkazy:

```
tar -xvjp OpenCV-2.3.1a.tar.bz2
cd OpenCV-2.3.1/
mkdir build
cd build
```

Tyto příkazy extrahují data z archivu, změní adresář na „OpenCV-2.3.1“, vytvoří nový adresář „build“ a změní aktuální adresář na adresář „build“. K vytvoření standardní konfigurace a instalaci knihovny slouží následující příkazy:

```
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local -D BUILD_PYTHON_SUPPORT=ON -D BUILD_EXAMPLES=ON ..
```

```
make
sudo make install
```

Pro nastavení je nutné vložit text „/usr/local/lib“ na konec souboru otevřeného příkazem:

```
sudo nano /etc/ld.so.conf.d/opencv.conf
```

K uložení této změny je nutné zadat následující příkaz:

```
sudo ldconfig
```

Nakonec je nutné otevřít systémový soubor pomocí tohoto příkazu:

```
sudo nano /etc/bash.bashrc
```

Na konec tohoto souboru se přidá následující text a soubor se uloží.

```
PKG_CONFIG_PATH=$PKG_CONFIG_PATH:/usr/local/lib/pkgconfig
export PKG_CONFIG_PATH
```



## Příloha G – Fotografie zařízení v činnosti

