



Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Sledování letového provozu

Petr Majdl

Střední škola informatiky a finančních služeb,
Plzeň, Klatovská 200 G

Anotace

Postavil jsem funkční přijímač na sledování letového provozu technologie ADS-B a MLAT. Dosáhl jsem toho, že celé zařízení není potřeba napájet z elektrické sítě 230 V ale pouze přes UTP kabel. Dále jsem na zařízení dodal pasivní chlazení na procesor abych dosáhl lepších teplot a osadil dodatečný teplotní čidlo pro sledování teploty v montážní krabici. Celé zařízení je postaveno na RaspberryPi s operačním systémem Linux Raspbian. Z pohledu softwarové stránky je zařízení vybaveno monitorovací aplikací RPiMonitor, která sleduje stav zařízení. Pro zobrazování letadel jsem využil aplikaci dump1090 a Virtual Radar Server

Klíčová slova

Letový provoz, ADS-B, Přijímač, RaspberryPi, anténa

Annotation

Here I would like to summarize the whole project I have been dealing with for the issue and what I have achieved. I have built up a functional air traffic receiver for ADS-B and MLAT. I achieved that the whole device does not need to be powered from a 230 V, but only via a UTP cable. I also added passive cooling to the processor to get better temperatures and install an additional temperature sensor to monitor the temperature in the mounting box. The whole device is built on RaspberryPi with Linux Raspbian. From the software side view, the device is equipped with a monitoring application RPiMonitor that monitors the status of the device. For basic imaging of aircraft I used the dump1090 and Virtual Radar Server

Keywords

Flight Traffic, ADS-B, Receiver, RaspberryPi, Antenna

Obsah

1 Úvod	6
2 Teoretická část	7
2.1 Pojmy.....	7
3 Praktická část.....	7
3.1 Hardwarová část	7
3.1.1 Kolineární anténa.....	7
3.1.2 Zesilovač ADS-B + napájení	8
3.1.3 RaspberryPi	8
3.1.4 DVB-T tuner.....	9
3.1.5 Převodník napětí	9
3.1.6 PoE napájení	9
3.1.7 Teplotní čidlo.....	10
3.2 Softwarová část.....	10
3.2.1 Operační systém	10
3.2.2 Dump1090	11
3.2.3 RPi Monitor	13
3.2.4 Virtual Radar Server	15
4 Závěr.....	20
5 Shrnutí	21
Seznam obrázků.....	22
6.Přílohy	23
7 Zdroje.....	24
Příloha 1 – Fotodokumentace	25

1 Úvod

Dlouho jsem přemýšlel, co bych si vybral za téma. Při náhodném hovoru s panem Hamršmídem jsme zavedli řeč na téma sledování letového provozu a došli jsme k závěru, že by nebylo od věci na toto téma vypracovat maturitní práci. Již dříve jsem se zabýval sledováním letového provozu, ale pouze na základní úrovni pouze RaspberryPi + anténa a chtěl jsem se o tomto tématu dozvědět více, ale nikdy jsem k tomu neměl motivaci a toto byla ideální příležitost. Moje práce se zabývá sledování letového provozu za použití mikropočítače RaspberryPi s operačním systémem Linux a vyrobené kolineární antény.

Nejdříve sestavím celé zařízení po hardwarové stránce a následně nastavím u RaspberryPi vše co bude potřeba. Následně budu zobrazovat polohy letadel, která využívají technologie ADS-B a MLAT na mapě a informace o nich do webového prohlížeče za pomoci Virtual Radar Serveru.

2 Teoretická část

Počítač RaspberryPi má velkou komunitu uživatelů, a proto lze na internetu nalézt mnoho různých aplikací a já se zde budu věnovat aplikaci která, umožňuje připojit k RaspberryPi televizní tuner RTL, fungující jako SDR rádio. Díky této aplikaci lze SDR provozovat nenáročně na síti. Lze využít propojení TCP-SDR nebo využít programu pro detekování paketů z leteckých odpovídačů. ¹ Já budu využívat program pro detekování paketů z leteckých odpovídačů.

2.1 Pojmy

V první řadě bychom si měli vysvětlit dva základní pojmy, které budu využívat v celé práci. Jako první pojem je ADS-B – technologie sledování, kde letadlo určuje svou polohu pomocí GPS na frekvenci 1090 MHz a pravidelně vysílá pakety a poskytuje možnost sledování polohy a informací o letadlech. Protokol ADS-B je standardizován a přesně popsán. Proto lze úplně bez problémů vysílané informace přijímat, dekódovat a následně zobrazovat poměrně jednoduchým zařízením.

Jako druhý pojem je MLAT „tedy systém určování polohy v rovině, nebo v prostoru, pomocí několika pozemních stanic“. Základní princip je velmi podobný principu ADS-B. Na rozdíl od ADS-B, který vyšle požadavek – dotaz, na palubu letadla a čeká na odpověď s údaji, MLAT neodesílá požadavek, ale pouze čeká na rádiový signál.“ ²

3 Praktická část

3.1 Hardwarová část

3.1.1 Kolineární anténa

Jako první jednou z nejdůležitějších částí je určitě kolineární anténa. Princip sestavení antény je podle schématu na obrázku. (Obrázek 1) Anténa se skládá z 8 prvků koaxiálního kabelu s určitou délkou. Jednotlivé délky

jsou do sebe střídavě zasouvány svými jádry a stínění koaxiálního kabelu. Tato anténa přijímá na frekvenci 1090MHz. „V případě



Obrázek 1 - Schéma zapojení antény

přijmu dat ADS-B je nutné si uvědomit, že při kmitočtu 1090 MHz na které tato technologie funguje je již potřeba přímé viditelnosti na zdroj, tedy letadlo. Na druhé straně výhodou je, že letadla létají v letových hladinách až do cca 14 000 m n. m., a proto je možné přijímat signál z opravdu velké vzdálenosti. Maximální vzdálenosti dosahu se mohou pohybovat až

okolo 500 km.“³ Impedance koaxiálního kabelu může být 75 Ω nebo 50 Ω, ale v mém případě je lepší použít 75 Ω, protože budu jen přijímat a nebudu vysílat.

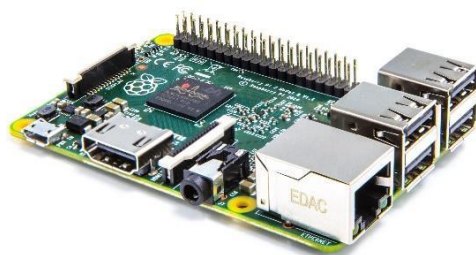
3.1.2 Zesilovač ADS-B + napájení

Tento konkrétní zesilovač má zisk 25 dB a vyžaduje napájení alespoň 12 V, což je silnější verze zesilovače, ale jelikož bydlím na vesnici, tak zde není tak patrné rušení z okolních zdrojů, ale pokud bych měl přijímač někde ve městě doporučil bych osadit pouze 6 dB nebo 10 dB. V případě moc silného zesilovače a velkého rušení může dojít k tzv. zahlcení přijímače, když přelétá letadlo blízko přijímače může „utlumit“ vzdálenější letadla a mohou být prakticky nezobrazitelná. Dále se v zesilovači nachází také filtr s pásmovou propustí na frekvenci 1090 MHz, aby přijímač nebyl zbytečně zahlcen ostatními informacemi, když bude toto zařízení využito pouze pro sledování letového provozu. Pokud bych osazoval pouze filtr, tak nepotřebuju komponent napájet, ale jelikož součástí je i zesilovač už je to nutnost, proto jsem před zesilovač pomocí standartní propojky F konektorů připojil napájecí výhybku a tím jsem zajistil potřebné napájení pro zesilovač. Dále jsem musel zajistit, aby samotná napájecí výhybka měla potřebný proud a napětí, proto jsem ji připojil do převodníku napájení, o kterém budu psát v další části této práce.



Obrázek 2 - Zesilovač + napájení

3.1.3 RaspberryPi



Obrázek 3 - RaspberryPi

Jako další součást je samotné srdce projektu, a to mikropočítač RaspberryPi verze 2 typu B, které zpracovává přijaté pakety a se svým 1 GB RAM a čtyřmi jádry procesoru na frekvenci 900MHz má plně dostačující výkon k tomu, aby vše zvládlo. Na základní sledování by stačilo i RaspberryPi verze 1, ale pokud bychom přijímač umístili do dobré nadmořské výšky, kde je dobrý výhled na všechny strany mohlo by se stávat, že by se začalo přehřívat a nestíhalo by zpracovávat přijatá data, protože by průtok dat byl příliš velký. Proto pro jistotu doporučuji osadit RaspberryPi verze 2, ale stejně jsem na tuto verzi osadil pasivní chlazení na procesor.

3.1.4 DVB-T tuner

„Tento DVB-T přijímač dokáže kromě televize přijímat kmitočty v rozmezí 24 až 1766 MHz. Tím pádem pokrývá i 1090 MHz.“³ Jedná se o DVB-T tuner s konektorem MCX, který je připojen do napájecí výhybky před zesilovačem přijímače SDR (softwarově definované rádio) a čipsetem RTL2823U. Komunita zabývající se sledováním letového provozu zjistila, že právě DVB-T tuner s tímto čipsetem má nejlepší citlivost

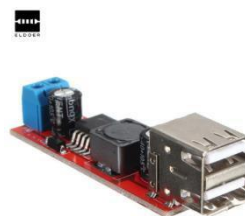


Obrázek 4 - DVB-T tuner

na požadované frekvenci. Pro lepší chlazení celého tuneru do budoucna plánuji, odstranit plastový kryt a zanechat pouze samotnou desku, jelikož tuner dosahuje vyšších teplot.

3.1.5 Převodník napětí

Převodník napětí neboli stepdown, je další důležitý komponent celého zařízení. Má za úkol převést napětí, které přijde po přívodním Ethernetovém kabelu na potřebné napětí pro RaspberryPi tedy maximálně 5 V 3 A. Jak jsem již zmínil na vstup je připojen přívodní kabel a z výstupu vede USB kabel do samotného RaspberryPi.



Obrázek 5 - Převodník napětí

3.1.6 PoE napájení



Obrázek 6 - PoE

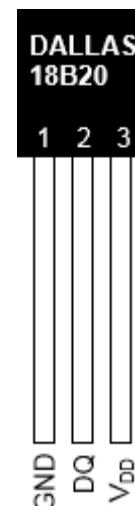
PoE neboli Power over

Ethernet slouží k přívodu napájení po UTP kabelu. Skládá se ze dvou částí, každá část má na jedné straně konečkovku male RJ-45 a klasickou konečkovku pro napájení a na druhé female RJ-45. Jednu část PoE napájení jsem umístil k zařízení, přičemž napájecí část jsem připojil do převodníku napětí a RJ-45 konektor do RaspberryPi pro přístup k internetu. Druhou část PoE jsem umístil k přístupovému bodu k internetu. Celé zařízení je napájeno transformátorem 230/12 AC/DC a výstup 12 V jde přes konektor RJ-45 a UTP kabel. RJ-45

„male“ konektor jsem připojil do přístupového bodu a RJ-45 „female“ na obou stranách byl použit pro spoj mezi přístupovým bodem a zařízením. Tímto jsem docílil toho, že zařízení je napájeno pouze přes UTP kabel.

3.1.7 Teplotní čidlo

Jako poslední součást tohoto zařízení je teplotní čidlo, které mi bude sledovat teplotu uvnitř montážní krabice a bude barevně signalizovat, výši aktuální teploty. Toto teplotní čidlo se připojuje přímo do RaspberryPi na 3 GPIO piny – ground, data a napájení. Nejprve je, ale potřeba mezi napájení a datový konektor čidla připojit odpor o 10kΩ. Teplotní čidlo dokáže snímat teploty od -55 °C až do 125 °C.



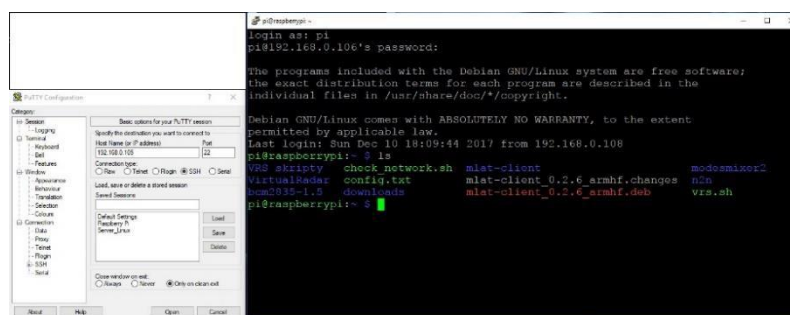
3.2 Softwarová část

3.2.1 Operační systém

Jedná se o upravenou image (obraz) systému Linux určeného pro

Obrázek 8 - Teplotní čidlo

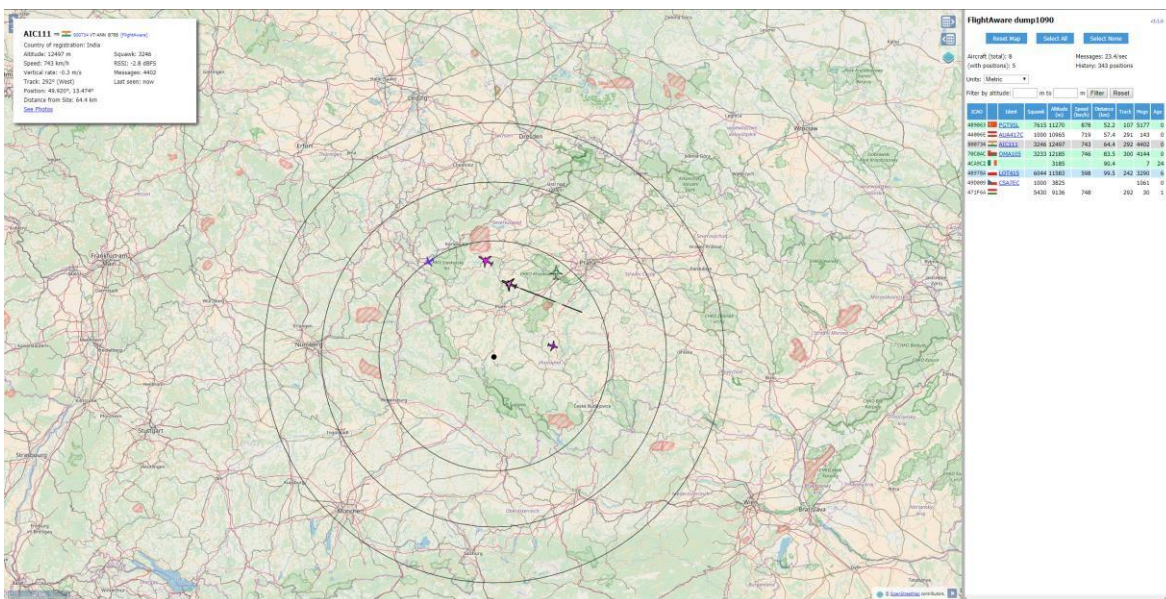
RaspberryPi – Raspbian verze Jessie. Pro instalaci a konfiguraci zařízení jsem využíval SSH klient PuTTY, pro snadnější přenos souborů mezi počítačem a RaspberryPi byl použit program WinSCP oba tyto soubory



Obrázek 7 - PuTTY

jsou freeware. V této image jsou již předinstalované některé prvky, které slouží pro příjem ADS-B a MLAT dat. Je zde přidáný mlat-client, jenž slouží k propojení se servery třetí strany pro následný sběr MLAT dat, pro která je potřeba shromažďovat data z několika přijímačů najednou. Toto je také jeden z důvodů, proč toto zařízení potřebuje neustále připojení k internetu. Dále je zde nainstalována aplikace dump1090, sloužící k základnímu zobrazování letadel na mapě, podrobně tuto aplikaci rozeberu později. Jako jedna z posledních aplikací bez, kterých by to ani nefungovalo je rtl-sdr, jde o aplikaci, která spojuje DVB-T tuner s RaspberryPi. Tento software umožňuje určit citlivost DVB-T tuneru, jelikož se kus od kusu liší, je potřeba před připojením provést měření a uvést danou hodnotu do konfiguračního souboru.

3.2.2 Dump1090



Obrázek 9 - dump1090

Toto je již předinstalovaná aplikace pro základní zobrazování letadel na mapě. Primárně tato aplikace běží na portu 8080 TCP. Jak můžeme vidět na obrázku výše, skládá se z mapy a seznamu nalezených letadel. Jednotlivé letadla jsou oddělena barevně – zelená barva (ADS-B data), modrá barva (MLAT), bílá barva (informace o zdroji nebyla zjištěna). Než přejdeme k rozebrání samotných informací o letadlech nachází se zde 3 tlačítka. První tlačítko Reset map – resetuje mapu do původní polohy, tj. oddálený pohled. Druhé tlačítko Select all – označí všechna letadla a zobrazí jejich trasu a třetí tlačítko – Select none odznačí označená letadla. Pod těmito tlačítky se nachází informace o počtu objevených letadel v současné době pod tím údaj o strojích, u kterých je známá i pozice. Dále informace o počtu zpráv za sekundu. Platí čím více objevených letadel tím více zpráv. Poslední informační položka zobrazuje počet pozic z historie v poslední relaci tzn. po aktualizaci stránky se číslo zmenší. V této aplikaci si může změnit jednotky ve kterých chceme zobrazovat informace.

1. Letecké – výška ve stopách, rychlost v uzlech a vzdálenost v námořních mílích.
2. Metrické – výška v metrech, rychlost v kilometrech za hodinu a vzdálenost v kilometrech
3. Královské – výška ve stopách, rychlost v mílích za hodinu a vzdálenost v mílích

Jako poslední s nastavitelných údajů lze vytvořit filtr, který bude filtrovat letadla od určité letové hladiny do určité letové hladiny. Nyní se přesunu k tabulce, ve které jsou zobrazena letadla.

1. ICAO – standard stejnojmenné společnosti, která má na starosti jednoznačné kódy letišť, leteckých dopravců a typů letadel. V tomto případě je zde použitý kód v šestnáctkové soustavě a každé letadlo má unikátní tento kód.
2. Vlajka země – ze které pochází letecká společnost.
3. Ident – Skládá se z prefixu, označení země, odkud stanice vysílá, a jedinečného suffixu, označení stanice. Např. „Značka OK1XYZ znamená: OK1 je prefix. OK je mezinárodní

FlightAware dump1090 v3.1.0

Reset Map Select All Select None

Aircraft (total): 16 Messages: 57.7/sec
(with positions): 10 History: 469 positions

Units: Metric

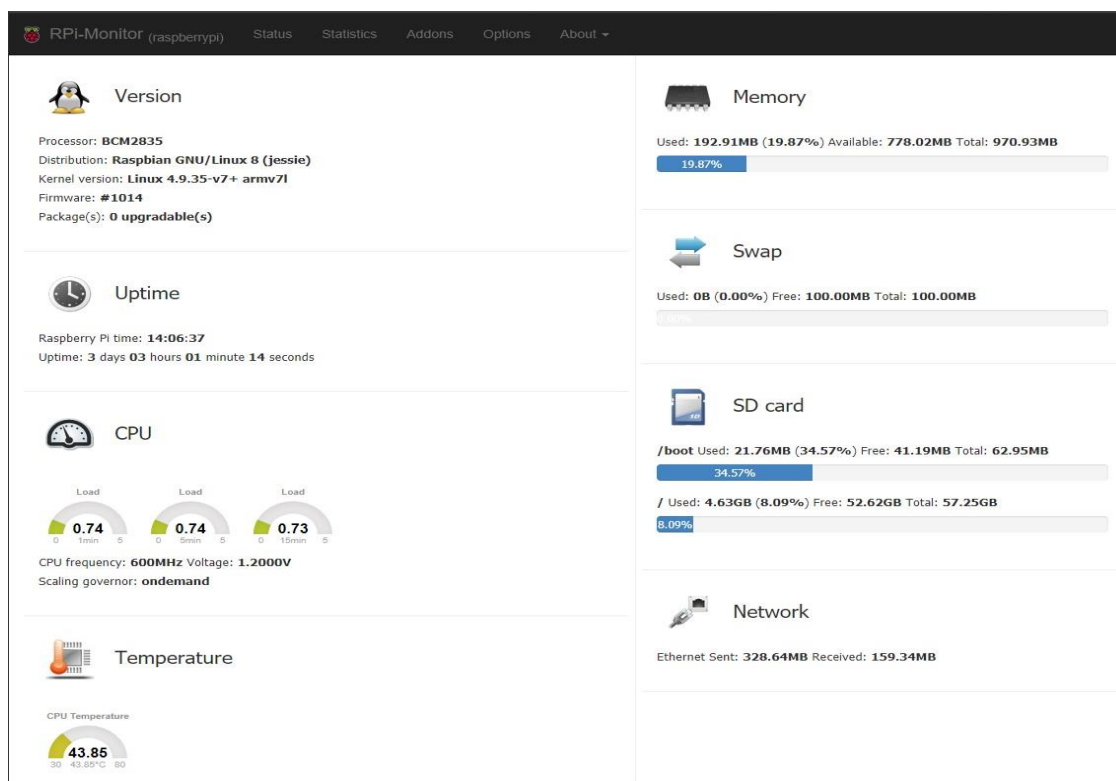
Filter by altitude: m to m Filter Reset

ICAO	Ident	Squawk	Altitude (m)	Speed (km/h)	Distance (km)	Track	Msgs	Age
4A0662	ROT392M	4730	11880	911	27.9	105	1136	0
89639C	UAE57	3257	11583	783	48.9	300	279	3
44006E	AUA417C	1000	10965	715	63.0	291	536	0
489063	PGT9SL	7615	11270	870	70.9	107	5268	42
471F6A	WZZ3XG	5430	9144	733	76.1	292	1093	0
800734	AIC111	3246	12489	754	79.2	292	6768	0
49D009	CSA7EC	1000	4511	304	80.7	273	1779	5
4CA7E6	IBK108Z	7727	11278	930	83.3	29	2067	27
49D2CE		1000	2537	311	87.5	245	139	1
471F5C	WZZ1AG	5413	10981	730	96.6	299	176	0
70C0AC	OMA105	3233	12192	741	99.2	300	5768	56
48978A	LOT415	6044	11583	594	106.9	242	3781	4
48AD09		4573	10973	641	182.1	246	213	2
AC297B		3207	10363				47	14
489786		4626	10973				199	5
3C6582		1307	10973	670		212	17	3

Obrázek 10 - Seznam letadel

- prefix přidělený České republice. Číslice v prefixu OK označovala do roku 2005 území, kde je sídlo stanice: OK1 Čechy, OK2 Morava, do rozdělení Československa OK3 Slovensko a do začátku 2. světové války OK4 Podkarpatská Rus (nyní součást Ukrajiny). Od května roku 2005 je rozdělení trochu jiné. Prefixy OK1 až OK7 jsou stanice s plným oprávněním. Prefix OK8 se přiděluje cizincům, OK9 jsou stanice začátečníků s omezeným výkonem. XYZ je suffix, jedinečná část volací značky. Suffixy jsou jedno až třípísmenné. Pokud třípísmenný suffix po prefixu OK1 a OK2 začíná K nebo R nebo O, jedná se o značku radioklubu. Jednopísmenné suffixy a stanice s prefixem OL jsou zvláštní značky (krátkodobé příležitostné, značky pro mezinárodní radioamatérské závody).“⁴
4. Squawk – „4 ciferný kód, zvaný SQUAWK, který umožňuje řídicímu identifikovat letadlo na obrazovce radaru. Přidělením kódu, může řídicí identifikovat letadlo, skupinu letadel nebo typ letu. Kódy také umožňují řídicímu snadněji rozlišit letadlo deklarované jako letadlo např. v nouzi. Každá číslice kódu představuje číslo od 0 pouze do 7. Celkem od 0000 do 7777 je k dispozici 4096 kódů.“⁵
 5. Altitude – Výška, ve které se dané letadlo nachází od zemského povrchu.
 6. Speed – Rychlost, kterou se letoun pohybuje.
 7. Distance – Udává vzdálenost vzdušnou čarou letadla od přijímače, tj. zařízení.
 8. Track (stopa) – Určuje, jakým směrem letadlo letí hodnota 0 = sever; 180 = jih
 9. Msgs – Počet zpráv, které byly přijaty od doby kdy bylo letadlo objeveno.
 10. Age – Čas v sekundách, jak dlouho je letadlo objeveno.

3.2.3 RPi Monitor

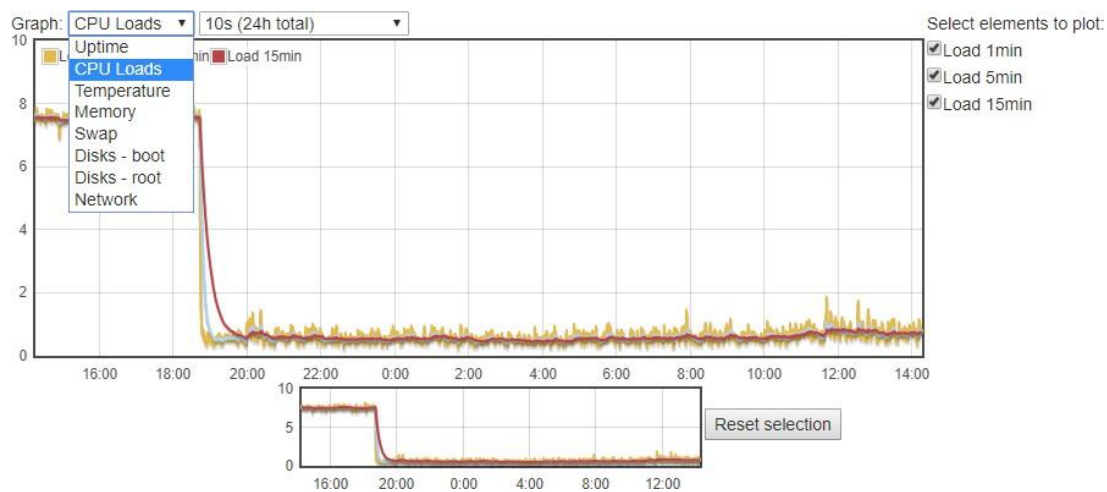


Obrázek 11 - RPi Monitor

Monitorovací aplikace třetí strany, jež se musí do systému doinstalovat. Jde o aplikaci, sloužící ke sledování stavu RaspberryPi. Aplikace běží na portu 8888 a skládá se z několika podoken a funkcí.

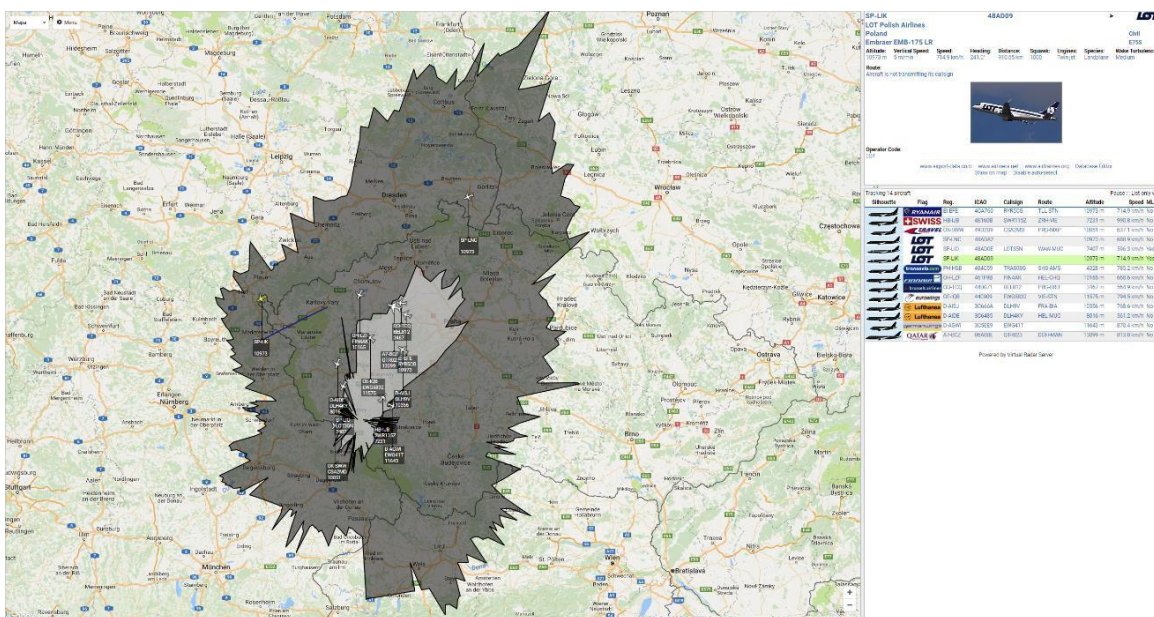
1. Version – Typ procesoru, distribuce Linuxu a co je potřeba updatovat
2. Uptime – Čas nastavený v RaspberryPi a čas od startu zařízení
3. CPU – Zatížení procesoru ve jednotlivých časových obdobích od 1 minuty až po 15 minut znázorněny na výsečích s hodnotou zatížení které jsou zároveň barevně odlišeny. Dále se zde nachází frekvence procesoru + napětí
4. Temperature – Teplota procesoru
5. Memory – Využití RAM paměti
6. Swap – Využití swap prostoru. Bude použito právě tehdy, když dojde místo v RAM pamětech
7. SD card – Využití místa na vložené SD kartě. Zobrazují se dva oddíly /boot – slouží k naboťování systému a / - slouží k ukládání uživatelských dat + uložený samotný systém
8. Network – Množství odeslaných a přijatých dat

Tento program si také uchovává statistiky z výše zmíněných funkcí a ve zvoleném období od 24 hodin až do 1 roku je poté vykresluje do grafů. Máme zde také možnost přiblížit si na jednotlivé období, které by nás zajímalo.



Obrázek 12 - RPi Monitor statistiky

3.2.4 Virtual Radar Server



Obrázek 13 - Virtual Radar server

Neboli ve zkratce VRS. Open source .NET aplikace, která běží jako lokální webový server v základu na portu 8080, ale protože v mém zařízení na portu 8080 běží už dump1090, tak jsem pomocí jednoduchého skriptu, který se nachází na stránkách Virtual Radar Serveru port změnil na 8181. Pokud chceme přistoupit do Virtual Radar serveru nestačí zadat pouze port, ale je potřeba adresu zadat takto <http://IPadresaZarizeni:8181/VirtualRadar>. Taktéž se jedná o aplikaci pro zobrazování letadel na mapě. Vzhled a rozložení oken je velice podobné, ale zde už bylo za potřebí instalace a konfigurace. Jako první se zaměřím, na obsah a nastavení menu dané aplikace.

V horní části se nacházejí detailně rozepsané informace o letounu. V hlavičce můžeme vidět registrační značku letounu, leteckou společnost, země původu, typ letounu, ICAO kód a volací značku. Niže jsou menším písmem zobrazeny informace jako je letová hladina, rychlost stoupaní, rychlost a vzdálenost od přijímače. Všechny tyto informace se nechají libovolně upravovat. Ve spodním okně se nachází list všech nalezených letadel. V prvním sloupci jsou vyobrazeny siluety letounů a ty

OE-LBI
440665
Austrian

Austrian
AUA418G



Austria
Civil

Airbus A320 214
A320

Altitude: 10676 m
Vertical Speed: -20 m/min
Speed: 903.8 km/h
Heading: 109.0°
Distance: 18.40 km
Squawk: 1000
Engines: Twin jet
Species: Landplane















Wake Turbulence: Medium

Route: CDG Charles de Gaulle, Paris, France
VIE Vienna, Austria

Operator Code: AUA

Tracking 12 aircraft Pause: : List only visible

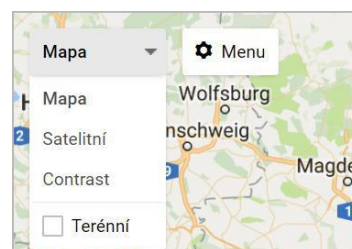
Silhouette	Flag	Reg.	ICAO	Callsign	Route	Altitude	Speed MLAT
		SP-LIN	48AD0D	LOT375	WAW-MUC	6713 m	570.4 km/h Yes
		D-AIPF	3C6606	DLH5PH	AMS-MUC	7574 m	587.1 km/h No
		EC-MFT	34468E	TAY591R	BRQ-LGG	8565 m	
		D-AIDP	3C6490	DLH7AF	TXL-MUC	8633 m	705.6 km/h No
		G-EZFL	40612E	EZY93CD	QLB-ORY	8877 m	705.6 km/h No
		EI-HAA	4CA83D	TAY097N	BUD-LGG	9754 m	664.9 km/h No
		VP-BID	4242A8	AFL2594	SVO-MUC	10356 m	701.9 km/h No
		EC-MKX	345205	VLG8657	PRG-BCN	10523 m	709.3 km/h No
		OE-LBI	440665	AUA418G	CDG-VIE	10676 m	903.8 km/h No
		G-EZTH	406012	EZY92CA	LGW-ZRH	10973 m	779.7 km/h No
		A6-EEZ	896199	UAE32	LHR-DXB	11278 m	979.7 km/h No

Obrázek 14 - VRS

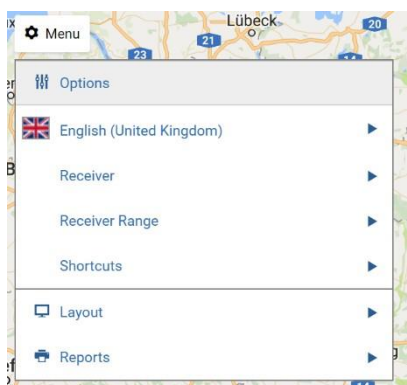
jsou brány z databáze, jenž je nahrána na RaspberryPi. Ve druhém sloupečku se nachází vlajka letecké společnosti. Ta je taktéž brána z databáze, která je nahrána na RaspberryPi a je dosazována podle Operator Code. Dále se zde nacházejí informace jako třeba registrační značka, ICAO kód, volací značka, pokud je udáno tak i cesta. Všechny tyto informace jsou taktéž upravitelné.

Nastavení Virtual Radar Serveru

Prvním tlačítkem lze nastavit styl mapy, který se bude zobrazovat. Já sám osobně využívám „Mapa“ pro mě je nejvíce přehledný a tvoří světlé pozadí. Dále zde máme tlačítko Menu, které zobrazí rolovací menu, kde se nachází nastavení, volba jazyka čeština se bohužel nenachází tak jsem použil angličtinu. Dále záložka Receiver a receiver range tyto dvě záložky spolu úzce souvisí. V Receiver máme seznam všech nastavených přijímačů a v záložce receiver range máme seznam přijímačů, pro které byla udána poloha a mohou tak zobrazit výšeč. Po rozkliknutí přijímače jsou jednotlivé výšeče odděleny barvou podle letové



Obrázek 15 - VRS Mapa

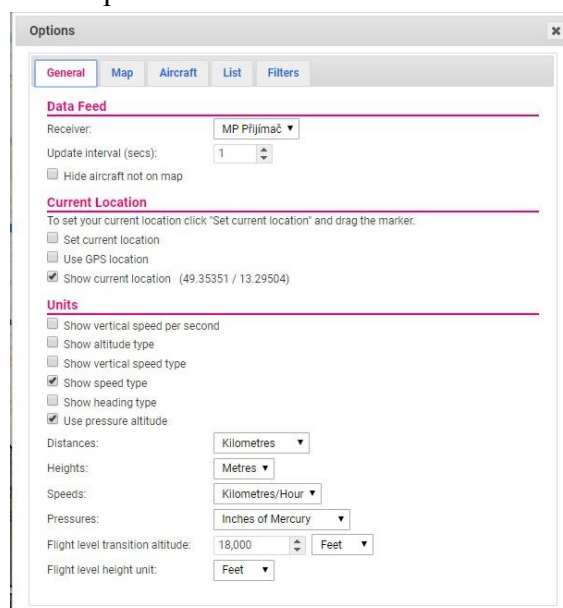


Obrázek 16 – VRS Options

hladiny, ve které se letadlo nacházelo a „vykreslilo danou výšeč“. Shortcuts neboli zkratky zde se nachází funkce jako pohybující se mapa s vybraným letadlem nebo zobrazení rozsahu kruhů od polohy přijímače. Layout zde lze nastavit zobrazení, jak budou rozmístěna okna a poslední záložka Reports zde se nachází zprávy z provozu Virtual radar serveru tzn. kolik letadel za celý den zobrazil a informace o nich.

Variabilita tohoto programu je velice rozsáhlá a nechá se zde nastavit opravdu vše a zde toto v rychlosti stručně představím.

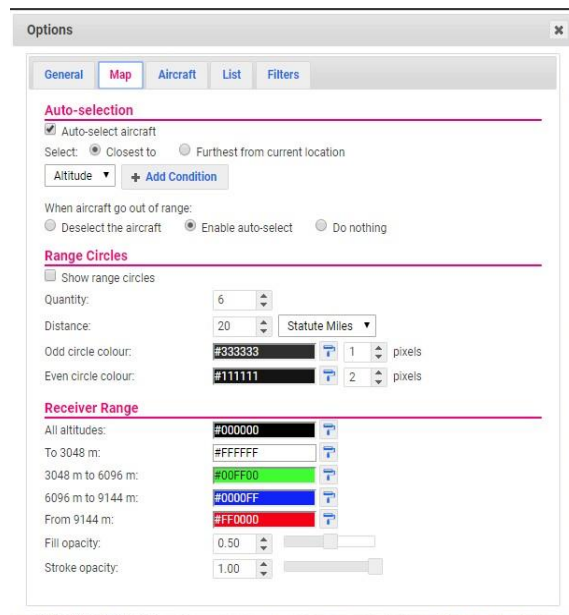
1. General
 - a) Receiver – zobrazí na mapě data z vybraného přijímače
 - b) Update interval – jak rychle se bude obnovovat poloha letadel.
 - c) Current Location – Udání polohy přijímače. Máme 2 varianty – nastavení ručně přetažením bodu na mapě nebo použití polohy GPS.
 - d) Units – zobrazení typů jednotek a rolovací tlačítka na výběr preferovaných jednotek



Obrázek 17 - VRS General

2. Map

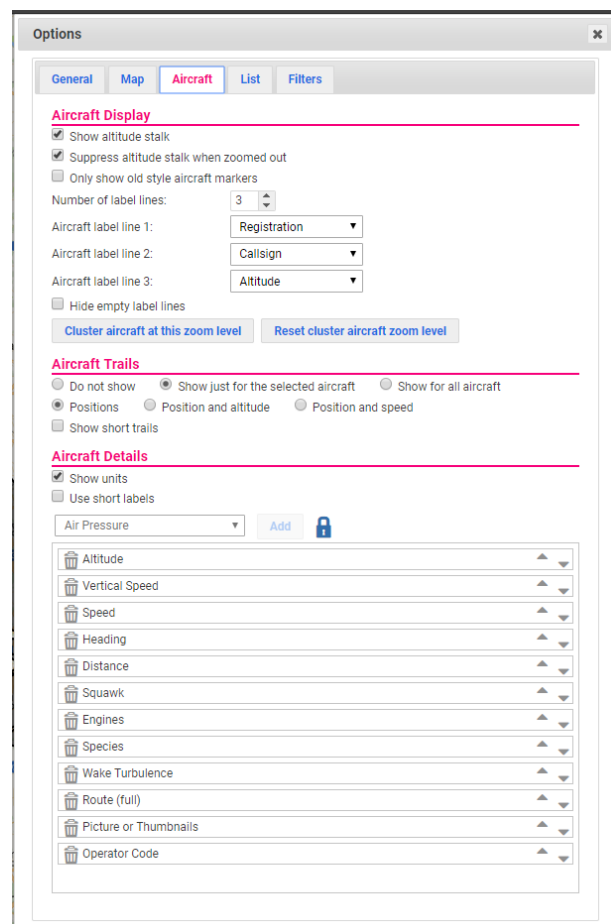
- a) Auto-selection – automaticky bude vybírat letadlo na mapě. Toto lze upřesnit podle kritéria které si vybereme např. Výška, vzdálenost od přijímače atd.
- b) Range circles – Zobrazení rozsahu kruhů, lze nastavit počet kruhů po kolika kilometrech se budou zobrazovat a jejich barvu.
- c) Receiver Range – Zde lze nastavit barvu a neprůhlednost pro jednotlivé výšece podle letové hladiny. Např. V tomto případě letadla, která se pohybují v letové hladině do 3048 m tak budou dělat bílou výšeč.



Obrázek 18 - VRS Map

3. Aircraft

- a) Aircraft Display – nastavení zobrazování letadel na mapě. Zde lze nastavit informace které budou zobrazené u každého letadla přímo v mapě pod letadlem.
- b) Aircraft Trails – Nastavení zobrazení dráhy letu. Můžu nastavit, zda se dráha bude zobrazovat u všech letadel nebo jen u vybraných anebo jak ji chci zobrazit, jestli pozice s letovou hladinou nebo jen pozici
- c) Aircraft Details – Nastavení detailních informací o letadle po rozkliknutí. Zde si lze přidat ze široké škály možností. Samotné zobrazení rozeberu později, protože je jednou z hlavních oken z Virtual Radar Serveru



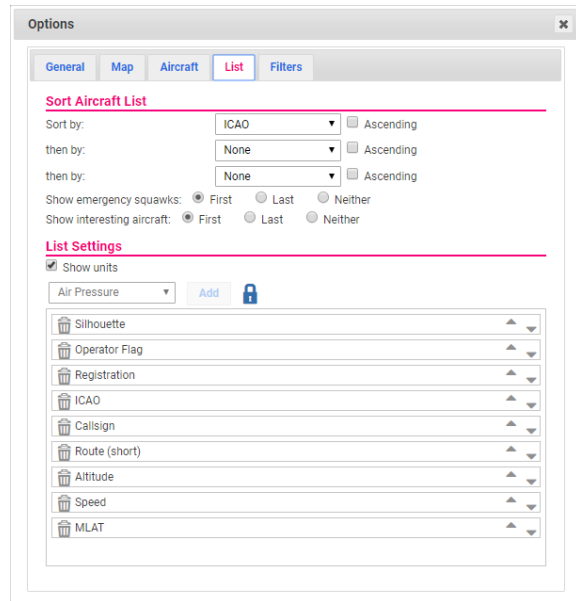
Obrázek 19 - VRS Aircraft

4. List

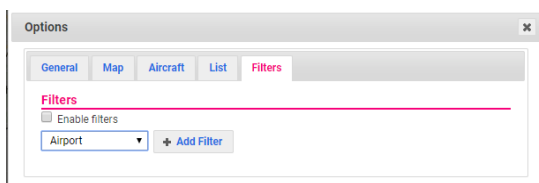
- a) Sort Aircraft List – Nastavení třízení letadel v listu nalezených letadel
- b) List Settings – Nastavení zobrazených položek v seznamu nalezených letadel.

5. Filters

- a) Zde můžeme filtrovat letadlo podle zadaných pravidel. Pravidel může být více



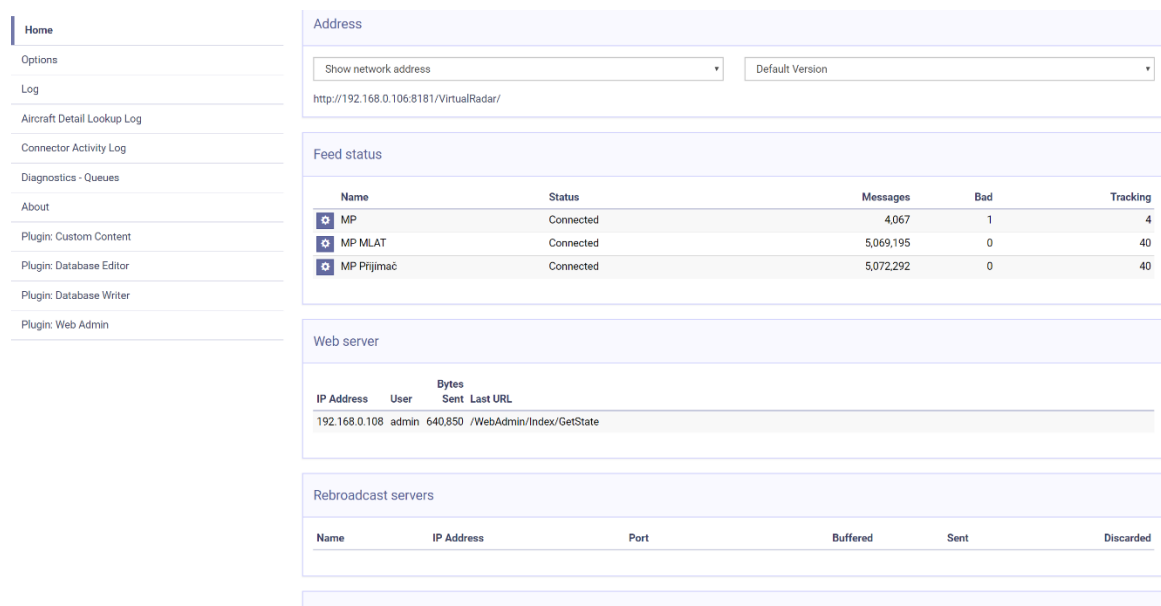
Obrázek 20 - VRS List



Obrázek 21 - VRS Filters

Jelikož je nainstalovaný operační systém Linux pouze CLI je tedy nutné si do VRS vložit Web Admin plugin, který nám umožní spravovat VRS z pohledu administrátora a spravovat nastavení co se týče přijímačů. Do tohoto nastavení se dostaneme přes port 8181/VirtualRadar/WebAdmin/Index.html

Na úvodní stránce můžeme vidět obecné údaje o zařízení, tj. Adresy v lokální síti, internetu a pro různá zobrazení např. mobilní zařízení nebo staré prohlížeče. Dále se zde nachází údaje o připojených přijímačích, jejich název, status, počet přijatých zpráv a počet nalezených letadel a poslední je údaj o tom kdo je nyní připojený v tomto nastavení.



Obrázek 22 - VRS Web Admin - Home

Samotné nastavení je velice obsáhlé a některé věci jsem ani nevyužil proto tedy popíši jen ty nejdůležitější. Jako první je záložka Data Source, zde se nachází adresářové cesty v RaspberryPi k databázi, kam se zaznamenávají zachycená letadla a dále cesty ke složkám s obrázky, siluetami letadel a vlajek společností. Záložka Recievers, zde je uložený seznam připojených přijímačů v mém případě je to pouze jeden přijímač, ale musí být složený ze dvou „zařízení“, jelikož MLAT data a ADS-B data nepracují na stejném portu. Položka Reciever Locations, zde jsou pouze uloženy souřadnice přijímačů. Merged feeds, tady se spojují již zmiňované dvě „zařízení“ do jednoho, aby se zobrazovali na jedné mapě jak data ADS-B tak i MLAT abychom nemuseli přehazovat mezi nimi. Jako poslední důležitější záložka je Users zde se nacházejí účty pro uživatele. Další položky jsou již podrobnější nastavení jak samotného Web Admin Pluginu nebo VRS.

Položky jako jsou Log, Aircraft detail lookup log, Connector aktivity log, Diagnostics a about nemá cenu popisovat, jelikož obsahují pouze záznamy z běhu zařízení.

Jako první plugin je Custom Content plugin ten umožňuje přidávat vlastní skripty na úpravu VRS. Další plugin je Database Editor tento plugin umožňuje upravovat databázi a přidávat nové záznamy o letadlech, jelikož informace často bývají neúplně a musí se doplňovat a také s tím spojený Database Writer, do kterého se ukládají upravené informace a

přidané nové. Database Editor

Options

Data Sources
Receivers
Receiver Locations
Merged Feeds
Rebroadcast Servers
Users
Raw Feed Decoding
Web Server
Web Site
Initial Settings
General

Obrázek 23 - VRS Web Admin - Menu

ICAO	<input type="text" value="406CCE"/>	<input type="button" value="Search"/>
http://www.airframes.org/		
<input type="checkbox"/> Interesting		
Registration	<input type="text" value="G-EZOB"/>	
Model ICAO	<input type="text" value="A320"/>	
Model	<input type="text" value="Airbus A320 214SL"/>	
Operator ICAO	<input type="text" value="EZY"/>	
Operator	<input type="text" value="easyJet"/>	
Serial number	<input type="text" value="6416"/>	
Manufacturer	<input type="text" value="Airbus"/>	
Year built	<input type="text" value="2014"/>	
Tag	<input type="text" value="Tag"/>	
Notes	<input type="text" value="Notes"/>	

Obrázek 24 - VRS Database editor

4 Závěr

Závěrem bych chtěl zhodnotit celý tento projekt, zmínit své názory a případně něco doporučit. Jak jsem již zmiňoval v úvodu, tento projekt byla příležitost prohloubit si znalosti o sledování letového provozu. Toto mi dalo určitě hodně zkušenosti určitě jak z oblasti operačních systémů, kde jsem se více naučil se systémem Linux a taktéž z pohledu elektroniky a elektrotechniky, tam jsem se naučil pracovat s koaxiálním kabelem při výrobě antény.

Největší problém se kterým jsem se setkal bylo určitě při instalaci Virtual Radar Serveru, kdy jsem řešil spuštění na pozadí abych nemusel mít pořád spuštěný PuTTY klient. Což jsem nakonec vyřešil vytvořením spouštěcího příkazu do skriptu se spouštěcím parametrem a vše fungovalo.

Velkým přínosem pro mě je, že mám vedoucího práce pana Hamršmída, který se tomuto tématu věnuje a doporučil mi několik lidí, s kterými jsem mohl konzultovat případné problémy v průběhu práce.

5 Shrnutí

Zde bych chtěl shrnout celý projekt, co jsem zde řešil za problematiku a k čemu jsem dospěl. Postavil jsem funkční přijímač na sledování letového provozu technologie ADS-B a MLAT. Dosáhl jsem toho, že celé zařízení není potřeba napájet z elektrické sítě 230 V ale pouze přes UTP kabel. Dále jsem na zařízení dodal pasivní chlazení na procesor abych dosáhl lepších teplot a osadil dodatečný teplotní čidlo pro sledování teploty v montážní krabici.

Celé zařízení je postaveno na RaspberryPi s operačním systémem Linux Raspbian. Z pohledu softwarové stránky je zařízení vybaveno monitorovací aplikací RPiMonitor, která sleduje stav zařízení. Pro základní zobrazování letadel jsem využil aplikaci dump1090, ve které jsem hlavně testoval funkčnost zařízení.

Dále je zařízení vybaveno Virtual Radar Serverem, ve kterém se vykreslují zobrazená letadla do výšece kam až přijímač dosáhne. Virtual Radar Server jsem upravil pomocí pluginů, které zpřístupnili tvoření databáze a následnou úpravu zaznamenaných letadel a přidávání nových.

Here I would like to summarize the whole project I have been dealing with for the issue and what I have achieved. I have built up a functional air traffic receiver for ADS-B and MLAT. I achieved that the whole device does not need to be powered from a 230 V, but only via a UTP cable. I also added passive cooling to the processor to get better temperatures and install an additional temperature sensor to monitor the temperature in the mounting box.

The whole device is built on RaspberryPi with Linux Raspbian. From the software side view, the device is equipped with a monitoring application RPiMonitor that monitors the status of the device. For basic imaging of aircraft I used the dump1090, in which I tested the functionality of the device.

The device is equipped with a Virtual Radar Server, in which displayed aircraft. I have modified the Virtual Radar Server using plugins that made database creation and next editing of recorded aircraft and adding new one.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma zapojení antény	7
Obrázek 2 - Zesilovač + napájení	8
Obrázek 3 - RaspberryPi.....	8
Obrázek 4 - DVB-T tuner	9
Obrázek 5 - Převodník napětí	9
Obrázek 6 - PoE.....	9
Obrázek 7 - PuTTY	10
Obrázek 8 - Teplotní čidlo.....	10
Obrázek 9 - dump1090	11
Obrázek 10 - Seznam letadel	12
Obrázek 11 - RPi Monitor	13
Obrázek 12 - RPi Monitor statistiky.....	14
Obrázek 13 - Virtual Radar server.....	15
Obrázek 14 - VRS.....	15
Obrázek 15 - VRS Mapa	16
Obrázek 16 – VRS Options	16
Obrázek 17 - VRS General.....	16
Obrázek 18 - VRS Map	17
Obrázek 19 - VRS Aircraft.....	17
Obrázek 20 - VRS Aircraft.....	18
Obrázek 21 - VRS Filters	18
Obrázek 22 - VRS Web Admin - Home.....	18
Obrázek 23 - VRS Web Admin - Menu	19
Obrázek 24 - VRS Database editor.....	19
Obrázek 25 - Výroba antény.....	25
Obrázek 26 - Výroba antény.....	25
Obrázek 27 - Výroba antény.....	25
Obrázek 28 - Zařízení	26
Obrázek 29 - ADS-B	26
Obrázek 30 - Zařízení	27

6. Přílohy

Příloha 1 – Fotodokumentace

7 Zdroje

[1] Radioamatérské stanice: Za tajemstvím radiových vln. Web radioamatérské stanice OK5TVR: Za tajemstvím radiových vln. [online]. 2007, 15. července 2013 [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: <http://www.ok5tvr.cz/?p=622>

[2] SOLAŘ, Erik. Systém multilaterace – MLAT [online]. , 2 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: lmk.vsetin.org/dokumenty/system-multilaterace.docx

[3] Jak se loví letadla aneb Přijímáme ADS-B. <https://blog.brighthouse.net/> [online]. 2015 [cit. 2017-12-09]. Dostupné z: <https://blog.brighthouse.net/jak-se-lovi-letadla-aneb-prijimame-ads-b/>

[4] Volací značka. Cs.wikipedia.org [online]. [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Volac%C3%AD_zna%C4%8Dka

[5] IVAO Czech Division. IVAO Czech Division [online]. 2000 [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: http://www.iviao.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=148

<https://www.rtl-sdr.com/adsb-aircraft-radar-with-rtl-sdr/>

<https://www.aliexpress.com/item/Hot-POE-Cable-Passive-Power-Over-Ethernet-Adapter-Cable-POE-Splitter-Injector-Power-Supply-Module-12/32695459204.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.LOa8UX>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RealTek_RTL2838_DVB-T_USB_Stick.jpg

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Raspberry_PI.jpeg

Příloha 1 – Fotodokumentace



Obrázek 25 - Výroba antény



Obrázek 26 - Výroba antény



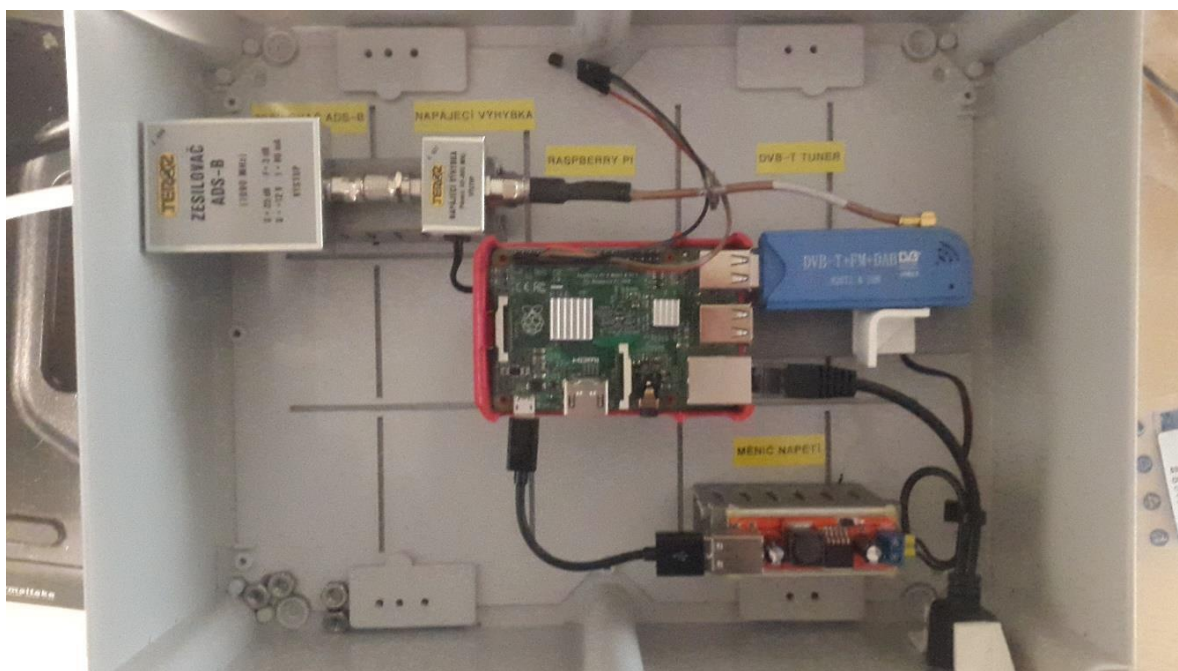
Obrázek 27- Výroba antény



Obrázek 28 - Zařízení



Obrázek 29 - ADS-B



Obrázek 30 - Zařízení