



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

Analýza integrity systému vzdáleného poskytování služby AFIS
System Integrity Analysis of Remote AFIS Provision

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Letecká doprava

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Machula

Ing. Terézia Pilmannová, MBA

Adam Šindelář

Praha 2023

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Adam Šindelář

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – LED – Letecká doprava

Název tématu (česky): **Analýza integrity systému vzdáleného poskytování služby AFIS**

Název tématu (anglicky): System Integrity Analysis of Remote AFIS Provision

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je popsat integritu systému pro poskytování bezpečné a plynulé vzdálené služby AFIS a navrhnout parametry a metody jejího monitorování k zajištění indikace a reakce na degradovaný stav systému.
- Analyzujte obecné požadavky na integritu systému a legislativní základnu v souvislosti se vzdáleným poskytováním služby AFIS.
- Identifikujte a popište parametry použitelné k monitorování integrity provozu vzdálené služby AFIS.
- Stanovte systémové, procesní a provozní požadavky na zajištění minimální integrity provozu vzdálené služby AFIS.
- Analyzujte a navrhňte indikační a informační postupy při degradaci systému vzdálené služby AFIS.
- Na základě získaných poznatků diskutujte požadavky a aplikovatelnost v podmínkách letišť v ČR.



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího závěrečné práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Guidance Material on the implementation of the remote tower concept for single mode of operation, EASA EUROCAE ED 153 - GUIDELINES FOR ANS SOFTWARE SAFETY ASSURANCE
Zásady získání osvědčení provozní způsobilosti LPZ

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vladimír Machula
Ing. Terézia Pilmannová, MBA

Datum zadání bakalářské práce:

7. října 2022

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce:

7. srpna 2023

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Ing. Ondřej Příbyl, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Adam Šindelář
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 7. října 2022



Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou a zhodnocením integrity vzdáleného poskytování letištní letové informační služby na neřízených letištích v České republice. Úvodní část se zabývá samotným pojmem integrita, a to nejen v přímé souvislosti se vzdáleným poskytováním služby AFIS. Dále jsou představeny aktuální legislativní požadavky na službu RADIO a AFIS s přihlédnutím na aktuální evropskou legislativu a doporučené materiály v kontextu r-TWR a r-AFIS. Práce v teoretické a praktické části velmi často čerpá z dokumentu od EUROCAE ED240-A. Dále je představen koncept vzdáleného poskytování ATS z hlediska požadavků na implementaci a integritu vzdálených věží s důrazem na technickoprovozní stránku věci. V praktické části je pomocí diagramů popsáno hardwarové a síťové zapojení jednotlivých instalovaných zařízení systému r-AFIS a následně navrženy a popsány parametry pro zajištění integrity vizuálních i jiných systémů z pohledu bezpečnosti. Na závěr jsou uvedeny postupy a indikace dispečerovi r-AFIS při degradaci systému. Na úplném konci je diskutována otázka realizovatelnosti a aplikovatelnosti navrženého systému na letištích v České republice.

Klíčová slova:

AFIS, r-AFIS, r-TWR, letištní letová informační služba, integrita, degradace, datové spojení



Abstract

The bachelor thesis examines the issue and evaluation of the integrity of remote provision of Aerodrome flight information service at uncontrolled airports in the Czech Republic. The introductory part deals with the concept of integrity itself, not only in the direct context of remote provision of AFIS. Then the current legislative requirements for RADIO and AFIS service are presented, considering the current European legislation and recommended material in context of r-TWR and r-AFIS. The work in both the theoretical and practical part draws heavily on the EUROCAE document ED240-A. Furthermore, the concept of remote ATS provisioning is introduced in terms of implementation and integrity requirements for remote towers and emphasis on the technical and operational side. In the practical part, the hardware and networking of the individual r-AFIS devices is described using diagrams, followed by the design and description of parameters to ensure the integrity of visual and other systems from a perspective of safety. Finally, procedures and indications to the r-AFIS controller in case of system degradation are presented. At the very end the question of applicability of the proposed system to airports in the Czech Republic is discussed.

Keywords:

AFIS, r-AFIS, rTWR, Aerodrome flight information service, integrity, degradation, data connection



Poděkování

Velmi rád bych poděkoval svým vedoucím bakalářské práce paní Ing. Terézii Pilmannové, MBA a panu Ing. Vladimírovi Machulovi za konzultace a poskytnutí materiálů a užitečných rad, ze kterých jsem čerpal a na základě kterých tato práce vznikla.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Analýza integrity systému vzdáleného poskytování služby AFIS“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Praze dne 7. srpna 2023

Podpis



Obsah

Úvod	8
1. Teoretické základy práce	9
1.1 Integrita	9
1.1.1 Využití integrity v oblasti GNSS a PBN	11
1.1.2 Obecná aplikace integrity v implementaci r-AFIS	13
1.2 Legislativní základna AFIS a r-AFIS	15
1.2.1 Aktuální legislativní požadavky na službu AFIS a RADIO jejich implementace na vzdálené poskytování služby r-AFIS	15
1.2.2 Požadavky vycházející z ED-240A	21
1.3 Systém vzdáleného poskytování ATS	28
1.3.1 Zkratky pro popis r-AFIS	28
1.3.2 Módy provozu r-AFIS	31
1.3.3 Stínový provoz	32
1.3.4 Důvody implementace r-AFIS	33
1.3.5 Přínosy implementace r-AFIS	34
1.3.6 Technologické nároky z hlediska přechodu z konvenční věže ke vzdálené	36
1.3.7 Provozní faktory r-AFIS	37
1.3.8 Technická a síťová infrastruktura letiště a RTC	39
2. Praktická část	41
2.1 Struktura instalovaného hardware r-AFIS a systémové požadavky	41
2.1.1 Popis vybavení RTC na FD ČVUT	41
2.1.2 Popis letištního vybavení	43
2.1.3 Popis technického zázemí na letišti	44
2.1.4 Síťové zapojení zařízení	46
2.1 Sledované parametry pro zajištění minimální integrity r-AFIS	48
2.1.1 Definice výkonnostních parametrů pro prvky systému r-AFIS	48
2.1.2 Definice parametrů pro přenosy dat	54
2.2 Degradace systému	55
2.2.1 Vliv degradace prvků na chod systému	55
2.2.2 Indikační a informační systémové postupy pro operátora r-AFIS	57
2.2.3 Provozní postupy pro zachování integrity poskytování služby r-AFIS	58



2.3	Aplikovatelnost v podmínkách letišť ČR	60
3.	Závěr	62
	Seznam použité literatury	64
	Seznam tabulek	67
	Seznam obrázků	68
	Seznam příloh.....	69



Seznam symbolů a zkratk

Zkratka	Český název	Anglický název
ADS-B	Automatické závislé sledování-přenos	Automatic Dependent Surveillance–Broadcast
AFIS	Letištní letová informační služba	Aerodrome Flight Information Service
AFISO	operátor/dispečer služby AFIS	Aerodrome Flight Information Service Operator
AIP	Letová informační příručka	Aeronautical information publication
ANS	Letové navigační služby	Air Navigation Services
A-SMGCS	Pokročilý pozemní naváděcí a kontrolní systém	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
ATM	Uspořádání letového provozu	Air Traffic Management
ATS	Letové provozní služby	Air Traffic Service
ATSEP	Technický personál AFIS	Air Traffic Safety Electronics Personnel
ATZ	Letištní provozní zóna	Aerodrome Traffic Zone
AUP	Plán využití vzdušného prostoru	Airspace Use Plan
CWP	Pracovní stanoviště dispečera r-AFIS	Controller Working Position
DLR	Německé středisko pro letectví a kosmonautiku	German Aerospace Center
EASA	Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví	European Union Aviation Safety Agency
FIS	Letová informační služba	Flight Information Service
GNSS	Globální družicový polohový systém	Global Navigation Satellite System
HMI	Rozhraní člověk-stroj	Human machine interface
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	International Civil Aviation Organization
IFR	Let podle přístrojů	Instrument flight rules
ISP	Poskytovatel internetového připojení	Internet Service Provider
MASPS	Minimální výkonnostní požadavky na letecké systémy	Minimum Aviation System Performance Standard
OPZ	Osvědčení provozní způsobilosti	
OTW	Výhled z okna věže	Out-The-Window
PANS – ATM	Postupy pro letové navigační služby - Uspořádání letového provozu	Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management
RADIO	Poskytování informací známému provozu v omezeném rozsahu	
r-AFIS	Vzdálená Letištní letová informační služba	Remote Aerodrome Flight Information Service
RTC	Centralizovaného operační vzdálené středisko	Remote Tower Center
RTM	Vzdálené operační středisko	Remote Tower Module
r-TWR	Vzdálená věž/ Vzdálená Letištní služba řízení	Remote Tower
SESAR	Jednotné Evropské nebe	Single European Sky ATM Research
SESAR JU	Společný podnik pro výzkum Jednotného evropského nebe	Single European Sky ATM Research Joint Undertaking
TRA	Dočasně rezervovaný prostor	Temporary Reserved Area
TSA	Dočasně vyhrazený prostor	Temporary Segregated Area
ÚCL	Úřad pro civilní letectví	Civil Aviation Authority
VFR	Let za viditelnosti	Visual Flight Rules



Úvod

Bakalářská práce se zabývá problematikou ohledně poskytování vzdálené Letištní letové informační služby (dále jen r-AFIS). Konkrétně praktickým využitím na menších neřízených letištích v podmínkách České republiky. Práce částečně čerpá informace z aktuálního využití a použití vzdáleného poskytování Letištní služby (dále jen r-TWR), se kterou se již dnes lze hojně setkat ve světě. Nicméně všechny dosavadní výzkumy a analýzy provozu ze zahraničí jsou založeny na poskytování r-TWR na řízených letištích, čímž se značně liší od navrhované implementace služby r-AFIS, která je primárně zamýšlena v České republice pro užití jen na neřízených letištích. Tato skutečnost je jedním z limitací této práce, mezi další například patří problematika zřizování ATS na neřízených letištích, kde můžeme vidět jasný trend služby RADIO na úkor služby AFIS. Tím se nabízí místo pro diskusi, zda vzdálené poskytování ATS na neřízených letištích implementovat na základě legislativy RADIO nebo legislativy AFIS. K dnešnímu datu se prozatím nemůžeme na území ČR setkat se vzdálenou službou ATS, což tuto práci do jisté míry předkládá jako výzkum proveditelnosti, která by při úspěšné implementaci r-AFIS a úspěšném pilotním stínovém provozu mohla napomoci certifikaci takového systému.

Hlavním nosným tématem práce je analýza integrity, která se vztahuje nejen k samotnému výčtu jednotlivých zařízení r-AFIS a jejich zapojení, ale také na její aplikaci z hlediska technickoprovozní problematiky. Práce je rozdělena na dvě hlavní části, a to na teoretický základ a praktickou část. V teoretickém základu práce je kladen důraz na popis samotné integrity, výklad aktuální legislativy v rámci služby AFIS/RADIO a využití této legislativní základny pro službu r-AFIS. Kromě národní legislativy se v teoretické části pracuje s evropskými dokumenty v podobě poradních materiálů a výzkumů pro vzdálené služby ATS. V neposlední řadě je přestaven koncept vzdáleného poskytování ATS, neboť celý systém je v českých podmínkách unikátní a ojedinělý a je patřičné tedy představit koncept provozu takového systému. Praktická část se zaměřuje na popis a zapojení instalovaných zařízení na letišti a v centralizovaném operačním středisku (RTC). Velká část je věnována návržení jednotlivých parametrů, které budou sloužit pro monitorování integrity se zaměřením na vizuální kamerový systém a datové přenosy mezi letištem a vzdáleným stanovištěm. Právě bezpečnost připojení a komunikaci mezi zařízeními je klíčová k udržení integrity. Dále jsou navrženy postupy při degradaci systému, tj. když dojde k neočekávaným výpadkům datového spojení, přenášených vizuálních dat, chybám přímo na instalovaných zařízeních atd. Poslední kapitola je věnována úvaze na téma aplikovatelnosti služby r-AFIS na řízených a neřízených letištích v ČR.



1. Teoretické základy práce

1.1 Integrita

Každý navigační systém by měl být posuzován (hodnocen) vůči několika určitým kritériím. Těmito kritérii jsou přesnost, integrita, kontinuita a dostupnost. Samotná integrita, kterou se tato bakalářská práce zabývá z pohledu r-AFIS, je určitý zajištění, že data během svého životního cyklu jsou celistvá a úplná a konzistentní. Pokud systém detekuje narušená data nebo odhalí, že nějaká data nesplňují podmínku integrity a minimální požadavky, tak systém by okamžitě měl mít schopnost včasného varování. Integrita klade nároky na celkový cyklus distribuce dat, konkrétně na správný sběr dat a získání informace, dále na optimální přenos informace ke koncovému uživateli a v poslední řadě na správnou interpretaci dat u koncového uživatele. V rámci tohoto přenosu by také měla integrita zajistit kontrolu dat z pohledu jakosti (termín bude vysvětlen později). Kromě samotného přenosu, který byl stručně popsán výše, integrita by měla být zajištěna i při vyhledávání, uchovávání, až do samotné skončení platnosti nebo vymazání dat.

Přesné definice tohoto termínu se různě liší, nicméně se navzájem nevylučují. Jako důležité považuji uvést výčet definic termínu integrita z Leteckých předpisů i ostatních dokumentů pro bližší seznámení a vyjasnění již zmiňovaného termínu. Níže je tedy uveden výčet definic, jak tento termín nejenom letecké předpisy definují.

L10/I

Letecký předpis L10/1 definuje termín integrita následujícím způsobem:

- *„Míra důvěry, že informace poskytovaná celým systémem může být brána jako korektní. Integrita zahrnuje schopnost systému poskytovat včasné a správné varování pro uživatele (výstrahy)“.* [1]

Pro příklad je uvedena definice Integrity systému ILS, která je převzata ze specifikací radionavigačních zařízení Leteckého předpisu L10/I:

- *„Parametr, vyjadřující předpokládanou správnost informací, poskytovaných zařízením systému. Úroveň integrity ILS LLZ a ILS GP se uvádí jako ukazatel pravděpodobnosti, že nebudou vyzařovány falešné navigační signály“.* [1]



L11

Letecký předpis L11 definuje integritu následujícím způsobem:

- „*Stupeň zabezpečení proti ztrátě nebo pozměnění leteckých dat nebo jejich hodnoty od jejich vzniku nebo schválené změny*“. [2]

Nařízení Komise (EU) č. 73/2010

Nařízení stanovuje požadavky na jakost leteckých dat a leteckých informací pro jednotné evropské nebe. Dále definuje integritu následujícím způsobem:

- „*Integritou se rozumí stupeň zajištění, že datová položka a její hodnota se neztratila ani nezměnila od vzniku nebo schválené změny dat*“. [3]

L15

Letecký předpis L15 definuje pojem následujícím způsobem:

- „*Stupeň zabezpečení proti ztrátě nebo pozměnění leteckých dat nebo jejich hodnoty od jejich vzniku nebo schválené změny*“. [4]

Předpis dále rozděluje (klasifikuje) integritu z pohledu leteckých dat, a to tak, že bere v potaz možné riziko při použití nesprávných a poškozených dat. Samotná klasifikace definuje tři kategorie leteckých dat, jejichž definice jsou pro úplnost uvedeny níže v bodech.

- „*běžná data: existuje velmi malá pravděpodobnost, že při použití poškozených běžných dat dojde k vážnému ohrožení bezpečnosti letu či přistání letadla s možností katastrofy*“ [4]
- „*význačná data: existuje malá pravděpodobnost, že při použití poškozených význačných dat dojde k vážnému ohrožení bezpečnosti letu či přistání letadla s možností katastrofy*“ [4]
- „*kritická data: existuje vysoká pravděpodobnost, že při použití poškozených kritických dat dojde k vážnému ohrožení bezpečnosti letu či přistání letadla s možností katastrofy*“ [4]

Dále se zde setkáváme s pojmem Jakost dat. Pod tímto pojmem se nachází hned několik dalších termínů, obecně se ale pořád jedná o určitou kvalitu dat. Pro úplnost je tedy zase uvedena celá definice z Leteckého předpisu L15:



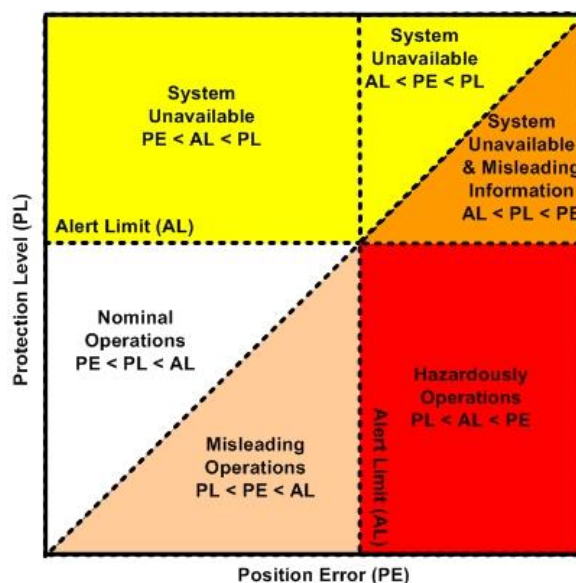
- „*Stupeň nebo úroveň jistoty, že poskytovaná data splňují požadavky uživatele vyjádřené přesností, rozlišením a integritou (nebo rovnocenným stupněm zabezpečení), sledovatelností, včasností, úplností a formátem*“. [4]

1.1.1 Využití integrity v oblasti GNSS a PBN

Nejprve před samotnou aplikací integrity na systém r-AFIS by bylo dobré uvést pár příkladů z letectví, kde se již setkáváme s měřením a posuzováním integrity. Praktickým příkladem využití je například Globální družicový navigační systém (GNSS), u něhož určujeme polohovou chybu. Abychom byli schopni v přijímači stanovit přesnou polohu pomocí GNSS, tak samotný systém musí splňovat čtyři výkonnostní kritéria, jejichž minimální hodnoty jsou předem stanoveny, a podle kterých tedy máme možnost určit polohu a případně návazně určit, zda se systém dopouští nějaké chyby či ne. Těmito čtyřmi základními kritérii jsou přesnost, dostupnost, spojitost a integrita. Opět zde řešíme problematiku ohledně míry pravděpodobnosti, že obdržená data jsou správná neboli že nedošlo k jejich poškození. Pokud ale k nějaké ztrátě či překročení limitu dojde, tak je očekáváno včasné varování systému, abychom zamezili použití nepřesných nebo špatných dat pro navigaci zejména při kritických fázích letu, tj. při vzletu nebo přiblížení a přistání. Nejenom při přiblížení a vzletu jsou kladeny velké nároky na přesnost, navigace musí splňovat určité výkonnostní požadavky ve všech fázích letu. Pro zpřesnění získaných dat a charakteristik je systém GNSS rozšířen takzvanými augmentačními systémy SBAS, ABAS a GBAS. [5], [6]

Integritě v rámci určování polohové chyby je věnováno několik dalších odstavců, kde je pojem rozveden více do detailu. Samotný pojem může být vágní a těžko pochopitelný, proto jsou určeny specifikace, které dále integritu vymezují. Mezi tyto specifikace se řadí Limit výstrahy (Alert-limit), což je limit pro určitý horizontální (HAL) a vertikální (VAL) parametr. Pokud je tento parametr překročen, tak musí být vydána výstraha uživateli. Druhou specifikací je Čas do výstrahy (Time-to-alert), který stanoví maximální dobu mezi chybou a výstrahou pro uživatele. Posledním třetím specifikem je Risk integrity. Termín není sice explicitně definován v leteckém předpisu L10, nicméně ho můžeme popsat jako pravděpodobnost nedosažení potřebné integrity neboli pravděpodobnost, že polohová chyba bude větší, než Limit výstrahy. Dále se s určením polohy pojí Horizontální a Vertikální Úroveň ochrany pod anglickým názvem Protection level. Tato Úroveň ochrany se dále může dělit na horizontální a vertikální (HPL a VPL) a je založena na statistických výpočtech horizontálních a vertikálních chyb, které musí být menší, než je stanovený Risk integrity. [1], [7]

V případě narušení integrity například takovým způsobem, že nedojde k iniciování výstrahy v čase kratším než Čas do výstrahy, mluvíme o selhání integrity. Takovýto stav lze graficky evaluovat pomocí Stanfordova diagramu. Tento nástroj velice dobře vyobrazuje výše popsané specifikace integrity a jejich vztahy mezi sebou. Při použití pro grafické znázornění výkonnosti polohového systému, například při posuzování integrity systému SBAS, se často rozděluje na horizontální a vertikální chyby, respektive na horizontální (HPL) a vertikální (VPL) úroveň ochrany na ose „x“ polohovou chybu a na ose „y“ Úroveň ochrany, která se dále rozděluje na vertikální a horizontální. V diagramu rozlišujeme dva typy chyb (událostí), které mohou v rámci určování polohy nastat. První je zavádějící informace pod zkratkou MI z anglického výrazu misleading information. Druhá, nebezpečná zavádějící informace, se zkratkou HMI z anglického výrazu hazardously misleading information. Základní odlišností první od druhé je, že MI je získána při události, kdy polohová chyba je větší, než je úroveň ochrany, ale stále menší než Limit výstrahy. HMI obdržíme v okamžiku, když chyba polohové informace je větší než Limit výstrahy. [7]



Obrázek 1: Stanfordův diagramu [7]

Horizontální a vertikální úsečky nám označují Limit výstrahy a diagonální úsečka nám vymezuje hranice, kdy polohové chyby nad úsečkou jsou pokryty úrovní ochrany (PL), kdežto polohové chyby pod diagonálou již úroveň ochrany (PL) nestačí tyto chyby pokrýt. Díky tomuto systému jsme schopni rychle statisticky určit integritu polohového systému, a to rychlou kontrolou, zda všechny zkoumané body leží pod nebo nad diagonálou. Dle rozložení bodů kolem diagonály lze dále stanovit úroveň bezpečnosti, se kterým dané zařízení pracuje. Pokud tedy například bude rozložení bodů nad, ale zároveň velmi blízko diagonály, bude to



znamenat, že se pohybujeme na hranici optimální dodržení integrity. Výše popsany obrazec by jistě šel použít na další evaluaci integrity, například na datové toky a zajištění minimálních provozních parametrů pro implementaci r-AFIS. Proto je také výše uveden a vysvětlen v rámci použití pro určování polohových chyb GNSS. [7]

PBN

Koncept Navigace založené na výkonnosti – PBN (Performance Based Navigation) byl stanoven v roce 2008, kdy ICAO vydalo DOC 9613 PBN. Tento dokument definuje navigační specifikace, které stanovují úroveň požadavků na Prostorovou navigaci RNAV (Area Navigation) a RNP (Required Navigation Performance), jimiž jsou přesnost, integrita, kontinuita, dostupnost a funkčnost. Hlavním rozdílem mezi RNAV a RNP je takový, že součástí RNP je palubní systém, který monitoruje výkonnost a v případě detekce chyby či poklesu výkonnosti musí posádku upozornit. A to v případech, kdy se jedná o výkonnost podélné a příčné navigace anebo v případě, že navigace není schopna dosahovat integrity 1×10^{-5} za hodinu, tj. 0.0001 %. Díky zlepšení integrity systém RNP umožňuje menší rozestupy a v určitých prostorech použití jenom samotné RNP navigace, čímž významně zlepšuje efektivitu a operační a bezpečnostní faktory používání RNP namísto RNAV. Samotný koncept se skládá ze tří částí; Navigační specifikace, Navigační infrastruktura a Navigační aplikace. Tyto tři části jsou navzájem provázány, a to tak, že Navigační aplikace je tvořena Navigačními specifikacemi, které jsou úzce spjaty s Navigační infrastrukturou. Podle dostupnosti Navigační infrastruktury je v daném vzdušném prostoru vyžadovány různé specifikace, které musí být dodrženy ve všech částech letu. Navigační infrastruktura tvoří pozemní a kosmické systémy. Mezi pozemní se řadí například DME/VOR a mezi kosmické systémy GNSS. Navigační aplikace popisuje způsob dosažení daných specifik, a to podle dostupnosti infrastruktury. Samotné specifikace stanovují minima a výkonnostní požadavky, které musí být dosaženy a dodrženy během letu. [8], [9]

1.1.2 Obecná aplikace integrity v implementaci r-AFIS

Při implementaci systému r-AFIS se především s pojmem integrita setkáme při přenosu dat mezi letištěm a RTC. Stěžejními body pro chod celého systému bude zajistit plynulý, kontinuální, bezpečný a dostatečně rychlý datový přenos právě mezi těmito dvěma středisky. Dle důležitosti výše zmíněných bodů integrity lze všechny použité prvky v rámci systému r-AFIS na primární, sekundární a terciální zařízení. Později v praktické části je z provozního



hlediska a nastavení bezpečnosti během degradace systém rozdělen celkem do 5 kategorií. Zde je použito jednodušší rozdělení za účelem představení celého systému r-AFIS.

Mezi primární a nejdůležitější spadá veškerý kamerový a optický systém, který se podílí na přenosu vizuálních dat a veškerá komunikace, která jen realizována pomocí RoIP a VoIP, tj. VHF rádiová stanice ICOM, telefonická pobočková ústředna a VoIP telefony. Dále server, který slouží ke zpracování přijatých vizuálních a hlasových dat. Posledním prvkem je samotné zařízení pro ovládání celého systému r-AFIS. Je jím výkonný počítač se šesti 4K monitory, myší a klávesnicí.

Do sekundárních skupiny zařízení byly zařazeny všechny prvky systému r-AFIS, u kterých při výpadku (degradaci) nehrozí bezprostřední riziko ohrožení provozu na ploše i v okolí letiště, ale při delším výpadku představují znatelné riziko. Jsou to tedy zařízení, bez kterých se AFISO na určitý čas obejde při poskytování služby r-AFIS. Do této druhé kategorie spadá dálkové ovládání PTZ kamery (tj. ovládací joystick v podobě gamepadu a konzole pro PTZ kameru s celým technickým vybavením), záložní energetický zdroj (UPS) pro PC AFISO, letištní datový rozvaděč a serverový datový rozvaděč. Dále byly do sekundárních kategorie zahrnuty routery a switche pod podmínkou, že bude při implementaci počítáno a instalováno redundantní připojení pro přenos dat (tj. připojení do sítě kabelem/bezdrátově a zároveň připojení přes mobilního operátora v podobě LTE/4G/5G sítě). V rámci celého systému nesmí být opomenuto na zálohování a ukládání získaných dat, jak už těch vizuálních z kamer, tak dalších pro bezpečný chod systému. K tomu slouží dvě online cloudové úložiště (NAS), opět instalovány po jednom kuse na letišti a RTC. Oba datové rozvaděče jsou vybaveny ventilační jednotkou, která bude nastavena na určitou teplotu pro sepnutí ventilace.

Do terciální kategorie spadá zbytek instalovaných zařízení, které při výpadku nebudou mít žádný vliv na bezpečnost r-AFIS. Je možnost dále tyto zařízení úplně odebrat, odpojit a zapojit na jejich místo jiné například doplňkové systémy, které bude například v budoucnu nutné použít. Mezi takovéto zařízení spadá přijímač ADS-B in dat s anténou a GPS dat s anténou. V budoucnu je plánováno rozšíření v podobě zapojení USB Dongle pro příjem FLARM a OGN dat.

Z výše uvedených instalovaných zařízení lze vyzdvihnout, že hlavními parametry pro kontrolu a zachování integrity bude rychlost přenosu dat a kontinuální napájení v podobě 230VAC. Dalšími parametry z hlediska integrity se zabývá část 1.2.2 a 2.2 této práce. Pro úplný výčet jednotlivých instalovaných prvků (zařízení) systému r-AFIS nahlédněte do části 2.1.



1.2 Legislativní základna AFIS a r-AFIS

Dle Leteckého předpisu L11 můžeme rozdělit poskytování letových provozních služeb na 3 kategorie. První kategorií je služba Řízení letového provozu (ŘLP), další Letová informační služba (FIS) a poslední službou je Pohotovostní služba (ALRS). Mezi tyto služby dále řadíme speciální typ FIS, která je poskytována na neřízených letištích, a to Letištní letovou provozní službu (AFIS). Služba s poskytováním informací v omezeném rozsahu (RADIO) nepatří mezi ATS. Zmíněná služba RADIO byla v podmínkách ČR zavedena koncem roku 2011 Nařízením Komise (EU) č. 1035/2011¹ (bylo později nahrazeno Nařízením Komise (EU) 2017/373), kdy služba AFIS byla začleněna mezi letové provozní služby. Na službu AFIS byly zavedeny větší finanční, administrativní, technické a personální nároky a povinnosti, které si většina menších letišť v podmínkách ČR nemohla dovolit. Proto byl zaveden Dodatek S v leteckém předpisu L11, který přesně definuje službu RADIO, jakožto degradovanou službu AFIS, která klade menší nároky na provozovatele letišť. V dnešní době (léto roku 2023) se se službou AFIS můžeme setkat pouze na dvou letištích v ČR, a to v Kunovicích, kde je tato služba k dispozici na vyžádání mimo provozní dobu Letištní služby řízení – TWR a v Českých Budějovicích. [10]

1.2.1 Aktuální legislativní požadavky na službu AFIS a RADIO jejich implementace na vzdálené poskytování služby r-AFIS

K dnešnímu datu letecké předpisy v ČR nedefinují službu r-AFIS, tato služba není certifikována pro využití na letištích, a je tedy otázkou do budoucna, jakým způsobem a za jakých podmínek proběhne certifikace. Aktuálním problémem je jedinečnost každého řešení r-AFIS a r-TWR, což představuje z pohledu legislativy regulační výzvu. Hlavním nosným bodem by měla být snaha všech zúčastněných stran počínaje ICAO, přes národní regulační úřady a poskytovatele ANS až k samotným výrobcům CNS/ATM technologií sjednotit a urychlit vývoj jednotlivých předpisů a standardů. Takovéto sjednocení požadavků na kompletní systém r-TWR nebo r-AFIS by zajistilo interoperabilitu systémů, a především udržení definované bezpečnostní úrovně pro všechny vzdálené systémy. Nicméně výrobci a poskytovatelé letových navigačních služeb musí zajistit shodu s již existující legislativou zřízenou pro konvenční poskytování ATS. Bezpečnostní posouzení a validace jsou základními prostředky pro získání souhlasu certifikace od regulačních orgánů. Co se týče Příloh (Annexů) a Dokumentů od ICAO, tak v Doc 4444 PANS-ATM byla provedena změna v Hlavě 7 – Postupy pro Letištní

¹ PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1035/2011 ze dne 17. října 2011, kterým se stanoví společné požadavky pro poskytování letových navigačních služeb



službu řízení, která vstoupila v platnost konkrétně v roce 2018 a přidala paragraf 7.1.1.2.1., který zní: „Vizuálního pozorování musí být dosaženo přímým výhledem z okna nebo prostřednictvím nepřímého pozorování za využití vizuálního přehledového systému, který je pro tento účel specificky schválen příslušným úřadem ATS“. Požadavky v Evropské unii jsou zajišťovány Evropskou agenturou pro bezpečnost letectví (EASA). Například na posouzení bezpečnosti změn „funkčního systému“ ATS prostřednictvím Prováděcího nařízení (EU) 2017/373, kterým se stanovují požadavky na poskytovatele služeb v oblasti ATM/ANS a dohled nad nimi. Toto nařízení je validní nezávisle na použití pro konvenční nebo vzdálený způsob poskytování ATS. Dále pro podporu regulační činnosti ve vzdáleném poskytování ATS byl představen dokument Annex I pro EASA ED Decision 2019/003/R pod názvem „GM on remote aerodrome air traffic services“, který vysvětluje a doplňuje regulační pokyny pro aplikaci Prováděcího nařízení (EU) 2017/373 při certifikaci vzdáleného poskytování ATS. Konkrétním příkladem může být například seznam provozních rizik pro posouzení bezpečnosti. Ten musí zajistit, že poskytované služby ATS jsou minimálně na stejné úrovni, jako ty poskytované z konvenční věže. [11], [12]

ATZ

Podmínkou poskytování služby AFIS nebo RADIO v ATZ je pouze jedno aktivní stanoviště, které poskytuje letištní letovou a pohotovostní službu veškerému známému provozu, který se nachází v ATZ nebo aktivované RMZ. Zřízení ATZ neboli Letištní provozní zóna se praktikuje na letištích, kde se neposkytuje služba řízení letového provozu (je tedy zřizována na neřízených letištích se službou AFIS/RADIO) a slouží primárně k ochranně letištního provozu, což zahrnuje veškerý provoz na provozních plochách a zároveň letadla nacházející se v blízkosti letiště². Rozměry ATZ se různě liší a každý stát si může stanovit jinak. V České republice Letecký předpis L2 stanovuje rozměry ATZ vztahující se ke vztažnému bodu letiště s rozměry následujícími (ÚCL může rozměry stanovit jinak):[2], [13]

- Horizontálně kružnicí o poloměru 3 NM (5,5 km) od vztažného bodu letiště,
- Vertikálně do výšky 4000 ft (1200 m) nad zemským povrchem.

RMZ je aplikována na neřízených letištích, kde jsou zřízeny IFR postupy pro odlety, přílety a nezdařilé přiblížení. V tomto prostoru je nutné mít a provozovat leteckou palubní radiostanici a udržovat obousměrné spojení se zemí. Aplikace se vztahuje k vzdušným prostorům třídy G a E, kde by VFR provoz nemusel být za normálních okolností na obousměrném spojení. Při aktivaci

² Poznámka: Letadlo je v blízkosti letiště, když je na letištním okruhu, vstupuje do něj nebo jej opouští. [13]



RMZ jsou hranice této oblasti shodné s ATZ. Zasahuje-li do ATZ jiný vzdušný prostor, jako například:

- TRA, TSA plánovaný v AUP,
- Řízený vzdušný prostor třídy C, D,
- Jiný omezený prostor uveřejněný v AIP SUP nebo NOTAMem,
- Zakázaný prostor,

budou hranice ATZ vymezeny tímto zasahujícím prostorem. [2]

Mezi povinné vybavení stanoviště dispečera AFIS, a tudíž i vzdáleného stanoviště dispečera služby AFIS patří předpisy a publikace v tištěné nebo elektronické podobě. Mezi ně patří: [3]

- Prováděcí nařízení (EU) 2017/373
- L 2 – Pravidla létání;
- L 3 – Meteorologie;
- L 11 – Letové provozní služby;
- L 13 – Předpis o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů;
- L 14 – Letiště;
- L 15 – Předpis o letecké informační službě;
- L 4444 – Postupy pro letové navigační služby;
- Letecká informační příručka AIP ČR a VFR příručka;
- Letecké oběžníky (série A a C) podle charakteru letiště;
- platná oznámení NOTAM, která se vztahují k letišti, ATZ anebo RMZ.

Porovnáním s Dodatkem S si lze všimnout, že stanoviště RADIO musí být vybaveno stejnými publikacemi a předpisy, výjimkou je jen absence v nutnosti mít na stanovišti Prováděcí nařízení (EU) 2017/373, které se týká pouze LPS, mezi které se služba RADIO neřadí. [3]

Dalším důležitým faktorem jsou požadavky na potřebné informace, které dané stanoviště musí mít k dispozici. Tyto požadavky pro službu AFIS a RADIO se významně liší v nárocích na vybavenost. Většina neřízených letišť přešla na službu RADIO z důvodu menších nároků, nicméně pro vzdálenou službu AFIS by měli být zachovány požadavky na informace jako pro službu AFIS vyplývající z Dodatku N, neboť zařízení instalovaná na letišti umožní dispečerovi r-AFIS mít takovéto informace k dispozici. Těmito požadavky jsou: [3]



- údaje o QNH na daném letišti;
- údaje o směru a rychlosti přízemního větru a údaj o teplotě vzduchu na daném letišti;
- informace o podmínkách na pohybové ploše včetně výskytu dočasných nebezpečí na letišti, které mohou ovlivnit letový provoz;
- údaj o času UTC a místním času;
- meteorologickou předpověď v rozsahu potřebném pro výkon své funkce a výstrahy pro letiště;
- zprávy SIGMET a AIRMET;

Pro službu RADIO lze mít informace jen orientační pro přízemní vítr (směr, rychlost a nárazy), lze tedy například využít dostupná data z internetových stránek ČHMÚ. Naproti tomu stanoviště AFIS musí mít tyto informace z vlastních přístrojů (teplota, vítr, QNH). Tyto požadované informace budou zajištěny meteorologickou stanicí, která bude instalována současně při implementaci r-AFIS na letišti při stínovém provozu.

Další meteorologické údaje a zprávy, se kterými se lze setkat na stanovišti AFIS jako například oblačnost pod 1500 m, RVR, vertikální dohlednost by neměli být předmětem minimálních požadavků na meteorologické informace z důvodu dalších finančních a technických nároků na dané letiště, které aktuálně poskytuje službu RADIO.

Stanoviště, funkce a činnost

Umístění stanoviště musí zajišťovat co možná nejlepší výhled a přehled letiště a okolí pro dispečera, aby mohl být dodržen bezpečný provoz na provozní ploše i v blízkosti letiště. Pro zachování potřebné bezpečnosti je instalován kamerový systém, který zajistí optimální přehledovou situaci dispečerovy r-AFIS.

Předpis L11 rozděluje funkce a činnosti na stanovišti do dvou funkcí. První funkcí je samotný vedoucí stanoviště AFIS, druhou osobou je poté dispečer AFIS, který je přímo podřízený vedoucímu. Vedoucí odpovídá za organizaci letištní letové a pohotovostní služby, dispečer je odpovědná za poskytování letištní letové informační a pohotovostní služby známému provozu. Pro plynulý a bezpečný chod během stínového provozu je nutné vypracovat metodiku na předávání a pravomoci jednotlivých dispečerů r-AFIS a osob poskytujících informace. Odpovědnost a povinnosti dispečera r-AFIS by měly být stejné jako pro dispečera nebo osobu poskytující informace, neboť samotné procedury při poskytování letištní letové informační služby nebo informací známému provozu budou odpovídat těm, které jsou detailně popsány v Leteckém předpisy L11. Hlavním nosným bodem pro vedoucí i pro dispečery r-AFIS je výcvik



a udržování způsobilosti pro získání kvalifikace dispečera r-AFIS. Taková to osoba bude muset projít procesem získání všech potřebných průkazů, které jsou podle aktuální platné legislativy vyžadovány po dispečerech AFIS a osobách poskytující informace na stanovištích RADIO. Pro úplnou informace je níže výpis potřebných průkazů pro výkon služby AFIS: [3]

- Průkaz způsobilosti dispečera AFIS (D AFIS nebo D AFIS/IFR)
- Průkaz radiotelefonisty letecké pohyblivé služby.
- (doložka jazykových znalostí pro mezinárodní letiště v ČR)

A také pro výkon na pozici osoby poskytující informace na stanovišti RADIO:

- Průkaz radiotelefonisty letecké pohyblivé služby.
- být současným nebo minulým držitelem průkazu pilota, řídicího letového provozu nebo dispečera AFIS, anebo absolvovat výcvik k poskytování informací stanovený ÚCL;
- prokazatelně absolvovat výcvik k poskytování informací na daném letišti;
- být prokazatelně seznámena s aktuální Směrnicí pro poskytování informací.

Kromě výše zmíněných náležitostí k získání oprávnění dispečera AFIS bude nutné celý výcvik upravit a doplnit z hlediska technickoprovozní roviny, aby byl dispečer r-AFIS schopen obsluhovat celý systém ze vzdáleného stanoviště. Nepředpokládá se, že dispečer bude schopen zajistit celý chod systému a bude znát hardware a software serverové části a letištní části, touto problematikou se bude zabývat způsobilý technik (ATSEP), nicméně pro dispečera bude nutné získat školení a doplnění výcviku na všechna zařízení, které bude používat pro přehledovou a komunikační situaci, a které budou situovány na vzdáleném stanovišti v RTM.

Vybavení stanovišť

Samotnou certifikací musí projít každé zařízení, které je použito pro vzdálenou službu AFIS. Legislativa zatím nepředkládá požadavky na zařízení vzdálené služby AFIS, a tím pádem lze vycházet jen z Dodatku N Leteckého předpisu L11, který předkládá níže uvedené povinné vybavení stanoviště: [3]

- hlavní a záložní radiová stanice letecké pohyblivé služby;
- telefon veřejné telekomunikační sítě;
- příslušné meteorologické vybavení (zařízení měřící teplotu vzduchu, rychlost a směr větru, QNH)



- zařízení pro ovládání světelných zařízení (jen pokud je letiště schváleno pro noční provoz VFR),
- tabulka, která pomáhá určit dohlednost,
- zařízení pro záznam radiotelefonní korespondence a telefonních hovorů,
- zařízení s přístupem k veřejným meteorologickým a jiným informacím, včetně elektronické pošty,
- ukazatel času,
- dalekohled,
- mapy (ICAO mapa 1:500 000, letištní mapa, mapa vizuálního přiblížení, v případě IFR postupů mapa těchto postupů, mapa zakázaných a omezených prostorů, mapa okolí letiště)
- tabulka s východy a západy slunce,
- telefonní čísla (veřejný hasičský útvar, záchranná služba, Policie ČR, záchranné koordinační středisko (RCC) Praha atd.)
- provozní deník stanoviště AFIS,
- letištní řád,
- směrnice pro výkon služby na stanovišti AFIS,
- koordinační dohody a směrnice,
- provozní nařízení a pokyny vedoucího stanoviště.

Meteorologická zařízení musí mít platnou kalibraci a dále splňovat požadavky vycházející z Leteckého předpisu L3 – Meteorologie. Pokud jsou data a informace z meteorologické stanice instalované na letišti využívána pro zajištění služby AFIS, musí být toto zařízení schváleno k použití v souladu s §16 a instalování a provozováno v souladu s §17 zákona č. 49/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Je tedy nutné obdržet OPZ a mít zařízení schválené k od ÚCL. Pokud takováto stanice slouží k poskytování informací známému provozu, není nutné získání OPZ, a tím pádem zařízení není třeba mít schválené od ÚCL. Na stanovištích služby RADIO je požadováno zařízení pro záznam korespondence jenom tehdy, když je požadavek uveden ve směrnici pro poskytování informací. Naproti tomu stanoviště AFIS musí být vždy vybaveno zařízením pro záznam dat a informací komunikace a musí splňovat legislativní požadavky již zmíněné v předchozí odstavci §16 a §17 zákona č. 49/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů a dále splňovat požadavky běžně kladené na záznamová zařízení používaná v letových provozních službách. [3]



Z výše zmíněného výtahu z legislativy o službách AFIS a RADIO lze vyčíst, že nároky na služby AFIS jsou mnohem více technicky, legislativně, certifikačně a tím pádem i finančně náročné. Certifikační proces r-AFIS bude jistě náročný, bude nutno zajistit mnoho bezpečnostních rizik spojených s provozem všech přehledových zařízení, ale také přenosu dat. Certifikační specifikace by měl jednoznačně vycházet z národních předpisů stanovených v Dodatku N předpisu L11 o poskytování služby AFIS. Nicméně bude nutné do této oblasti zapojit evropské a mezinárodní regulace a předpisy stavěné jak v tradičních předpisech jako například ICAO Doc 4444, tak i Validační Reporty a Řešení programu SESAR nebo například technické specifikace na výkonnost systémů vypracovávané společností EUROCAE, konkrétně skupinou WG-100 zabývající se dalším výzkumem vzdálených a virtuálních řídicích věží. Na definování validačních postupů a opatření by se měly podílet všechny zapojené strany do vzdáleného poskytování ATS. Mezi tyto subjekty se řadí: [14]

- Poskytovatelé leteckých navigačních služeb (ATM/AFIS personál)
- Uživatelé vzdušeného prostoru (obchodní letecká doprava / všeobecné letectví)
- Provozovatelé letišť
- Národní úřady i mezinárodní regulátoři

Služba RADIO by neměla být jakýmsi konvenčním zrcadlem služeb služby r-AFIS, nýbrž degradovanou službou ze vzdálené služby AFIS z hlediska použitého technického vybavení stanoviště. V budoucnu by zavedením vzdálené služby AFIS na letištích, kde je momentálně poskytována služba RADIO mělo dojít ke zvýšení bezpečnosti a atraktivnosti ATS.

1.2.2 Požadavky vycházející z ED-240A

Organizace EUROCAE založená roku 1963 je neziskovou organizací, která má za cíl sdružovat jednotlivé výrobce, regulační orgány a další zainteresované orgány v letectví za účelem vývoje a prosazování společných norem a standardů ohledně leteckého vybavení. Přijímání těchto standardů na mezinárodní úrovni má zajistit lepší interoperabilitu leteckých systémů a zařízení a v neposlední řadě též větší bezpečnost a spolehlivost. Rada organizace EUROCAE zřizuje takzvané Pracovní skupiny (Working Groups – WG), které se zabývají určitou problematikou v letectví.

WG-100/Remote & Virtual Towers (RVT) je skupina zabývající se vývojem standardů pro vzdálené a virtuální věže s přihlédnutím již k existujícím dokumentům společností jako například SESAR atd. Právě dokument „ED-240A MASPS for Remote Tower Optical Systems“ předkládá minimální požadavky a výkonnostní specifikace pro prezentaci přehledových dat



získaných z optických senzorů systému. Zkratka MASPS (Minimum Aviation System Performance Standard) definuje jednu z celkem devíti kategorií dokumentů, které organizace EUROCAE vydává. Ve zkratce tyto dokumenty (jako například v této kapitole zmiňovaný a používaný dokument ED-240A) popisují a specifikují provozní a funkční požadavky na celý end-to-end systém, který může zahrnovat segmenty pozemní, vzdušné nebo i vesmírné. Dokument by měl dále zajišťovat vysokou úroveň popisu architektury jednotlivých komponentů a dále přesně určit výkonnostní a bezpečnostní požadavky na zajištění interoperability a integrity. Pro bližší seznámení je možno zmínit další kategorii dokumentů OSED (Operational Services and Environment Definition), které jsou do jisté míry ekvivalentem MASPS, přičemž se zaměřují na popis konceptu provozu; definice jednotlivých služeb a prostředí, kde jsou tyto služby poskytovány. Jako příklad druhého dokumentu lze uvést OSED pro zajištění operací v rámci poskytování vzdálených letových provozních služeb na letištích od SESAR JU. [15], [17]

Dokument ED-240 MASPS z roku 2016 neobsahuje žádné rozšiřující funkce nebo senzory jiné než kamerový systém. Dokument ED-240A z roku 2018 byl již publikován s výkonnostními požadavky na vizuální sledování z hlediska funkcionality a rozšíření zařízení. Současně pokračuje rozšíření dokumentu na verzi ED-240B, která by již měla zahrnovat výkonnostní požadavky související se začleněním přehledových systémů, které nejsou založeny na interpretaci dat z optických senzorů (PSR, SSR, WAM/MLAT nebo ADS-B atd.). [15], [18]

Důležité poznatky z dokumentu EUROCAE ED-240A:

- Dokument lze aplikovat na 1. optické (kamerové) systémy, 2. vizuální sledovací systémy a 3. automatické PTZ kamery
- Dokument lze aplikovat na všechny typy konfigurací kamerových systémů pro vzdálené poskytování ATS (r-TWR/r-AFIS)
- Získaná data z kamerového systému lze použít pro následující typy poskytování ATS:
 - Single remote Tower mód, Multiple remote Tower mód
 - Contingency remote Tower mód v případě předvídatelných i nepředvídatelných situací
 - Jako doplněk konvenční věže v podobě digitální přehledové situace letiště

Z hlediska aplikace dokumentu EUROCAE ED-240A lze instalované zařízení vzdáleného poskytování ATS rozdělit na jeden základní optický systém a dva volitelné pro vylepšení a rozšíření získávaného obrazu:



Optický kamerový systém

Systém zajišťující kompletní řetězec od sběru vizuálních dat až po prezentaci vizuálních dat operátorovy r-AFIS. Vizuální data jsou zobrazována na monitorech v CWP a zobrazují celou oblast zodpovědnosti operátora r-AFIS. Tyto data jsou získána z kamerového systému skládajícího se z panoramatické kamery, která je pevně fixována na jednom místě a zajišťuje širokoúhlý pohled. Druhým typem kamer je PTZ, která disponuje funkcí otáčení kolem svislé (horizontální rotace – pan) a vodorovné osy (vertikální náklon – tilt) a přiblížení (zoom). V kontextu vzdálené věže nahrazuje užití dalekohledu. Součástí prezentace vizuálních dat mohou být i tzv. virtuální data, která zobrazují počítačové zpracovávaná data z přehledových systémů ADS-B nebo multilaterace. Při zpracování vizuálních dat z letiště lze prezentace na monitorech vylepšit například rozšířeným zobrazením, které se skládá z 2D/3D grafických symbolů, textu nebo grafických dat, které jsou vloženy přímo do zobrazení formou PiP (Picture-in-Picture) přehledové situace na monitorech ve formě labelů nebo indikátorů. [16]

Vizuální sledovací systém

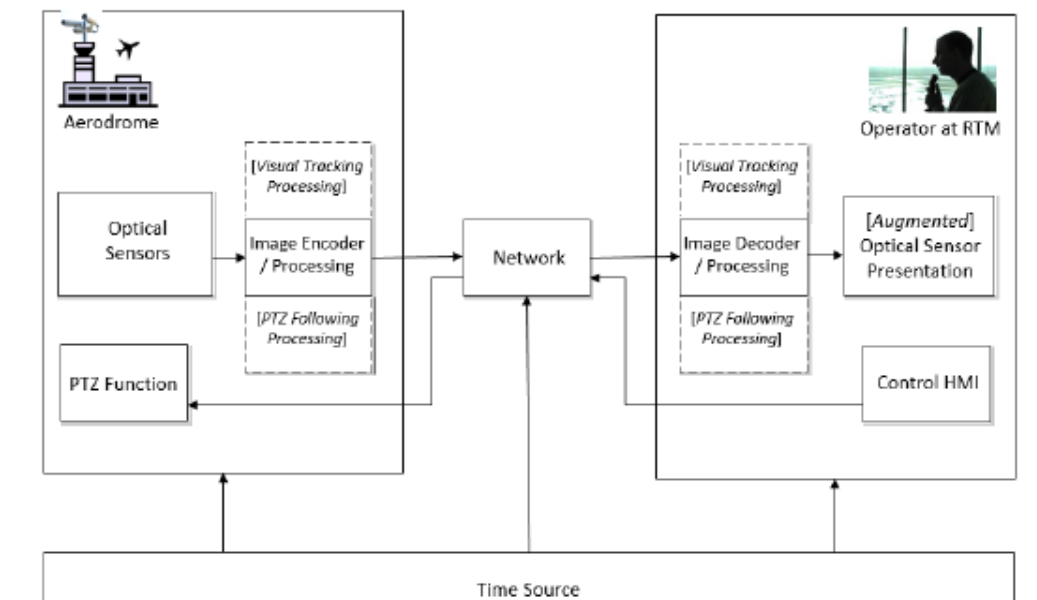
Prezentace vizuálních dat může být rozšířena o vizuální sledovací systém. Tento systém využívá funkce „Box-and-Follow“, kdy se systém udržuje asociaci mezi cíleným objektem (letadlem) a jeho pixely v obraze v posloupnosti po sobě jdoucích snímků přenášeného videa. V praxi to znamená, že operátorovi pro větší situační orientovanost je žádaný objekt znázorněn pomocí obrazce individuálně stanovených rozměrů kolem žádaného objektu (letadla). Hlavní funkcí systému je určení, zda má objekt být zvětšen na monitoru a případně doplněn o virtuální data v podobě geometrického obrazce kolem objektu, symbolu vedle objektu, nebo šipky odkazující se na cílové objekt zájmu, nebo naopak zda se jedná o objekt který není bodem zájmu operátora, a tím pádem nemá být zvětšen a doplněn o virtuální a rozšířená data. [16]

Automatická PTZ kamera

Kamerový systém vylepšen o automatické sledování objektu. Pohyb kamery může být zajištěn fyzicky – pohyb celého senzoru, nebo pouze digitálně na monitorech operátora, tj. bez samotného fyzického pohybu pouzdra PTZ kamery. Stejně jako u sledovacího systému, PTZ musí zajistit, že objekty, které jsou bodem zájmu operátora, budou automaticky sledovány, nebo naopak nebudou. Mezi tyto objekty nejčastěji patří samotná letadla za letu i při pojezdění na zemi. Kromě letadel mohou být takto automaticky sledovány i letištní vozidla, letištní personál, nebo například nežádaný pohyb zvěře po provozních plochách. [16]

Pro implementaci r-AFIS z finančních důvodů bude použit pouze Optický kamerový systém, Sledovací systém a Automatická PTZ kamera může být v budoucnu aplikována volitelně na základě získaných zkušeností a validací ze stínového provozu.

Popis prvků systému vzdáleného poskytování ATS dle ED-240A



Obrázek 2: Zjednodušený návrh komunikace prvků systému vzdálené věže pro Optický kamerový systém [16]

Na Obr. č. 2 je znázorněn zjednodušený vztah přenosu dat mezi letištěm a operátorem v RTC. Obrazová data jsou získána z optických senzorů na letišti a dále posílána ve streamu obrazových dat do RTC. Důležité parametry z hlediska videa jsou: kvalita obrazu, použité rozlišení, frekvence snímků hloubka barev a úhel, který je kamera schopna zachytit. Pokud je použito vícero kamer v jednom čase s vysokou kvalitou obrazu, je možné, že bude šířka pásma pro přenos dat nebude stačit a kapacita instalované telekomunikační sítě bude přeplněna. V takovém případě je nezbytné použití softwarového nebo hardwarového video kodeku pro kompresi objemu datového toku a zajištění optimálního využití dostupné šířky pásma telekomunikační sítě. Telekomunikační síť musí zajistit integritu přenosu vizuálních dat. Nezachování integrity sítě v podobě ztráty přenášených paketů, zpoždění přenosu či výskytu jitteru snižuje kvalitu sítě samotné, což v důsledku negativně ovlivňuje prezentaci obrazových dat v RTC. Optimálně telekomunikační síť může být přímo uzpůsobena jenom pro provoz vzdálenému poskytování ATS. Pokud je telekomunikační síť sdílena i jinými externími uživateli, je nutno tuto síť implementovat mechanismy pro určení prioritního přenosu a kontrolu kvalit dat. Struktura technické infrastruktury a přenosu dat přes síť je popsána níže v kapitole



1.3.8. Na straně RTC jsou přenášená data zpracována a popřípadě dekódována, pokud prošly před samotným odesláním kompresí. V obou fázích přenosu, při kódování a dekódování videa lze upravit dle požadavků kvalitu videa, začlenit do přenášeného obrazu další informace pro lepší situační orientovanost operátora r-AFIS. Hlavním parametrem pro sledování integrity PTZ kamery je rychlost otáčení v obou osách. Může být buď ovládána pomocí kontroleru nebo joysticku (Control HMI), nebo implementována v rámci vylepšeného systému s automatickým sledováním objektu. Nad celým systémem a všemi interoperabilními prvky r-AFIS je nejdůležitější časová synchronizace k jednomu zdroji tzv. master času a následná synchronizace všech zařízení podle něho zajistí, aby integrita přenosu vizuálních dat mohl být kontrolována na základě časových značek ve video streamu. [16]

Požadavky na interoperabilitu

Požadavky na interoperabilitu neboli schopnost všech zařízení vzájemně spolupracovat a komunikovat tak, aby celý systém fungoval efektivně a spolehlivě, jsou definovány jenom pro vizuální kamerové systémy. Pokud interoperabilita není zajištěna, operátor r-AFIS musí být odpovídajícím způsobem upozorněn a zároveň být schopen vykonat určitou akci v podobě předem definovaných procedur při degradaci systému. Požadavky na interoperabilitu a spolehlivost jsou obvykle zajištěny: [16]

- Integritou systému r-AFIS,
- Dostupností a kontinuitou služeb systému r-AFIS,
- Synchronizací dat v rámci celého r-AFIS.

Při vzdáleném poskytování ATS je kladen velký důraz na doručení informací v obou směrech RTC – letiště a naopak. Je důležité, aby tyto informace byly prezentovány s dostatečnou integritou odpovídající provozním podmínkám letiště a RTC. ED-240A klade nároky na výrobce systémů vzdálených věží, aby každý systém již obsahoval kontrolu integrity a výkonnosti. Do systému r-AFIS a následné prezentaci vizuálních dat z kamer mohou vstupovat informace a data z různých externích zdrojů a zařízení. Proto je nutné každý zdroj přispívající k chodu systému r-AFIS monitorovat a v případě deaktivace nebo degradace podniknout vhodné kroky dle již výše zmiňovaných bezpečnostních procedur. Systém vzdálené věže z hlediska zajištění interoperability a integrity by měl zajistit: [16]



- Monitorování statusu všech subsystémů a datových zdrojů a při zjištění chybovosti subsystému³ zjistit, do jaké míry jen ovlivněn celkový systém r-AFIS,
- Odpojení všech chybných externích zdrojů dat a subsystémů,
- Při vyžádání operátorem r-AFIS zobrazit stav systému a ostatních subsystémů,
- Při vypnutí bezpečnostních prvků a safety nets a samotné degradaci zajistit předání okamžité informace operátorovi r-AFIS,
- Předat informace technickému a/nebo provozním personálu o stavu systému.

Ověření Integrity podle ED-240A

Výkonnostní požadavky na optický kamerový systém, vizuální sledovací systém a automatickou PTZ kameru jsou seskupeny a uvedeny níže v tabulce č. 1. Tyto požadavky jsou převzaty z Dodatku 1 z dokumentu ED-240A. Dokument kromě stanovení těchto požadavků také přichází s unikátním návrhem a řešením, jak tyto požadavky při implementaci a verifikaci ověřit. Kapitola 5 ED-240A detailně popisuje jednotlivé referenční testy integrity, jejichž formát je vždy detailně vysvětlen z hlediska cílových hodnot, přístupu k testu a popisu celé procedury měření. Testy slouží pro porovnání a validaci naměřených výsledků a demonstraci, zda naměřené hodnoty odpovídají a vyhovují hodnotám tohoto MASPS dokumentu. Nutno podotknout, že ne všechny zkoumané testy integrity mají jasně daný minimální parametr, často u některých testů je vyžadováno, aby si provozovatel/operátor stanovil své vlastní minimální výkonnostní parametry na základě provozu a okolností typických pro dané letiště. [16]

Tím dokument ED-240A dává jasně najevo, že pro optimální implementaci r-TWR/r-AFIS nechává volné ruce poskytovatelům ATS, aby nároky na systém mohli specifikovat dle vlastního uvážení a podmínek letiště.

Požadavky na výkonnost systému převzaty (Appendix 1): [16]

Tabulka 1: Výkonnostní parametry na Optický kamerový systém dle ED-240A

Název	Hodnota
Detekce a vzdálenost rozpoznání (DRRP)	Operátor schválí danou hodnotu
Latence	≤ 1 s

³ Subsystémem je myšlen jeden celek r-AFIS v podobě serverového nebo datového racku, který sdružuje vícero zařízení do jednoho celku.



Rychlost aktualizace videa	> 1 fps
Rychlost aktualizace videa	Operátor schválí danou hodnotu
Upozornění na chybu obrazu	<= 2 s
Latence PTZ kamery	<=250 ms
Rychlost otáčení PTZ kamery	>= 60°/s
Rychlost náklonu PTZ kamery	>= 60°/s
PTZ polohování – otáčení	<= 2 s
PTZ polohování – náklon	<= 2 s
Časová synchronizace	<= 100 ms
Video jitter – vyrovnávací paměť	N/A
Video jitter – práh	Operátor schválí danou hodnotu
Monitoring ztráty paketů	N/A
Práh ztráty paketů	Operátor schválí danou hodnotu
Výkonnost vizuálního sledování	Operátor specifikuje a schválí min. hodnotu
Počet nežádoucích indikací objektů	Operátor schválí danou hodnotu
Frekvence pro aktualizaci obrazových dat při sledování objektu	>= 1 Hz
Časový limit pro obnovení pozice po posledním zaznamenaném pohybu	Operátor specifikuje a schválí min. hodnotu
Čas zahájení augmentace objektu	Operátor specifikuje a schválí min. hodnotu
Pravděpodobnost ztráty sledovaného objektu PTZ kamerou	Operátor specifikuje a schválí min. hodnotu
Doba odezvy integrity (IMRT)	<= 10 s
Průměrný čas mezi kritickým selháním	>= 20 000 hodin
Průměrný čas do opravy	<= 2 hodiny



Analýzy spolehlivosti a interoperability dle ED-240A

Kromě testů integrity a výkonnostních parametrů dokument ED-240A dále předkládá různé návrhy na verifikaci spolehlivosti, udržovatelnosti a dostupnosti použitého systému, které lze provést skrze definované analýzy během různých fází implementace systému. Mezi takovéto analýzy patří například sběr dat skrze delší dobu, použití a následné statistické vyhodnocení dat. Dále například analýza rizik spojená s návrhem systému r-AFIS, testy spolehlivosti zařízení nebo analýza udržovatelnosti instalovaných zařízení (časová náročnost na opravu, výměna krytů, logistika atd.). [16]

Pro systém r-AFIS jsou v aktuální fázi návrhu a implementace nejdůležitější normy vztahující se k bezpečnosti software, na který odpovídá dokument od EUROCAE ED-153 „GUIDELINES FOR ANS SOFTWARE SAFETY ASSURANCE“, popřípadě národní Směrnice SP vypracované Úřadem pro civilní letectví „Metodický materiál k prokazování zajištění bezpečnosti SW“ a dále pro získání OPZ Směrnice SP „Zásady získání Osvědčení provozní způsobilosti pro nově instalovaná nebo modifikovaná letecká pozemní zařízení“. Právě polední dokument je stěžejní pro naplnění vyžadované způsobilosti ze strany ÚCL k získání OPZ, neboť všechna zařízení r-AFIS budou nově implementována bez předchozích zkušeností s provozem a budou muset projít certifikací a získat OPZ.

1.3 Systém vzdáleného poskytování ATS

Základem konceptu vzdáleného poskytování služeb ATS je upuštění od konvenční věže umístěné na letišti a následná relokační služby r-AFIS mimo letiště do RTC. Cílem je zajistit poskytování celého spektra ATS definovaného v dokumentech ICAO DOC 4444 (ATM), 9426 (ATS Planning Manual) a AFIS Manuálu od EUROCONTROLu pro účely vzdáleného řízení letového provozu nebo pro služby r-AFIS tak, aby služby ATS byly poskytovány pro všechny uživatele vzdušného prostoru na minimálně stejné úrovni jako při použití konvenční služby ATC nebo AFIS (tj. bez využití vzdálené věže). [17]

1.3.1 Zkratky pro popis r-AFIS

K celému systému se též váže několikero zkratk a pojmů, které definují jednotlivé části vzdáleného systému poskytování letových provozních služeb, a tudíž je důležité se tyto termíny vysvětlit: [16], [17]



Konvenční věž

- Budova situována na letišti, odkud jsou pro dané letiště a okolí letiště poskytovány ATS pomocí vizuální reference přímým výhledem z okna (OTW)

Vzdálená věž (r-TWR)

- Budova, která je z geografického pohledu nezávislá na letišti, může tedy být situována jak na letišti, tak i mimo. Hlavní rozdíl spočívá v poskytování ATS založeným na nepřímém výhledu na letištní plochy a okolí. Vizuální reference je tedy získána pomocí optických sledovacích systémů, tj. kamerový systém a další doplňující systémy. Vzdálenou věž tvoří pracovní stanoviště dispečera (CWP), které dohromady s ATM systémy a obrazovkami s přehledovou situací z kamerových systémů dohromady tvoří jeden celek vzdáleného operačního střediska (RTM).

Digitální věž/ Virtuální věž

- Zaměnitelný termín se Vzdálenou věží (r-TWR), označující použití vizuálních dat generovaných kamerovým systémem.
- Digitální věž může také označovat jen doplněk klasické konvenční věže, kdy digitální zařízení poskytují podporu dispečerovi v podobě lepší vizuální reference například mrtvých míst, které jsou těžko viditelné pouhým okem.
- Virtuální věž lze dále také označit například výcvikové simulační středisko TWR, odkud jsou poskytovány ATS na základě počítačově generovaných dat a modelů letištních ploch, letadel, pozemních prostředků, přehledových zařízení atd.

RTM (Remote Tower Module)

- Vzdálené operační středisko, odkud jsou poskytovány ATS danému letišti nebo letišťům. Na tomto místě působí jeden nebo i více operátorů (dispečerů r-AFIS), kteří mají před sebou k dispozici plně vybavené zařízení pro obsluhu celého systému (CWP). a zároveň obrazovky s výstupem vizuálních senzorů. RTM se může nacházet přímo na letišti, nebo může být dislokováno do jiných vzdálených lokalit.

RTC (Remote Tower Center)

- Budova centralizovaného operačního střediska, pod které spadají všechny RTM, které poskytují ATS. Pokud je použita stejná technologie poskytování ATS a instalována



stejná technická zařízení, je doporučeno sjednotit všechny RTM do jednoho integrovaného RTC, a tím docílit maximální efektivity ve využití nejen personálních zdrojů.

Operátor

- Operátor je člen personálu RTC, který je odpovědný za vzdálené řízení letového provozu, tedy řídicí (ATCO), nebo poskytování služby r-AFIS, tedy dispečer (AFISO).

OTW (Out-The-Window)

- Tento termín odkazuje na vizuální referenci, kterou může AFISO získat po výhledu z oken konvenční věže.

CWPs (Controller Working Positions)

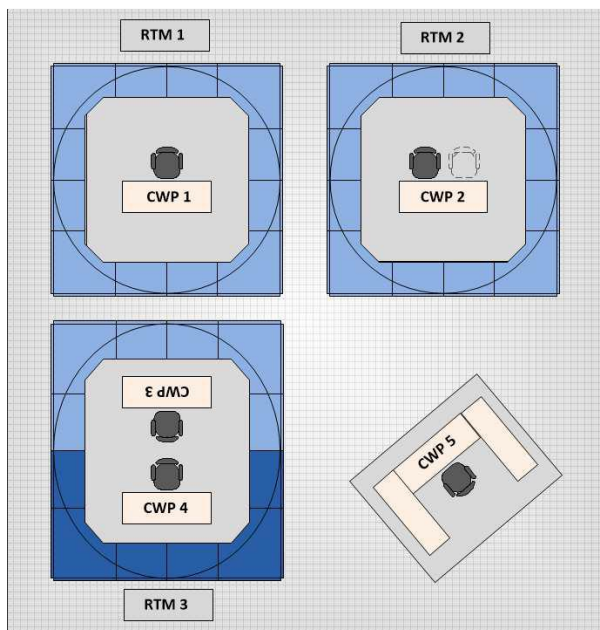
- Plně vybavené pracovní stanoviště jednoho operátora (ATCO/AFISO) pro poskytování ATS. Takovéto pracoviště může být obsazeno jedním nebo dvěma operátory, kdy druhý je například v roli supervizora). Další možnosti rozsazení jednotlivých operátorů v rámci jednoho CWP i celého RTM jsou znázorněny na Obr. č.3.

Hlavním přínosem v poskytování vzdálených letových provozních služeb formou vzdálené věže je větší schopnost a flexibilita v porovnání s konvenční věží nebo stanovištěm AFIS. Tato relativně nová technologie poskytování ATS přináší poskytovatelům letových navigačních služeb a letištním operátorům možnosti, jak překonat současné nedostatky a problémy, se kterými se letiště potýkají. Mezi tyto problémy patří například jak nedostatek financí na provoz ATS, tak i personální podstav, který může vést k přetížení dispečerů. A právě tato technologie by měla zlepšit bezpečnostní úroveň v porovnání konvenční věží v podobě lepší situační orientovanosti dispečerů a přinést možnost poskytování ATS i v době, kdy to dosud nebylo možné prostřednictvím konvenční věže ze stanoviště AFIS/RADIO. Jednotlivé technologické zařízení mohou například zlepšit i vybavení samotné konvenční věže a tím doplnit klasický tzv. „OTW“ (Out Of Window) přehled, který má k dispozici dispečer z konvenční letištní věže, který může být dále doplněn přehledovým zařízením jako například A-SMGCS. [17]

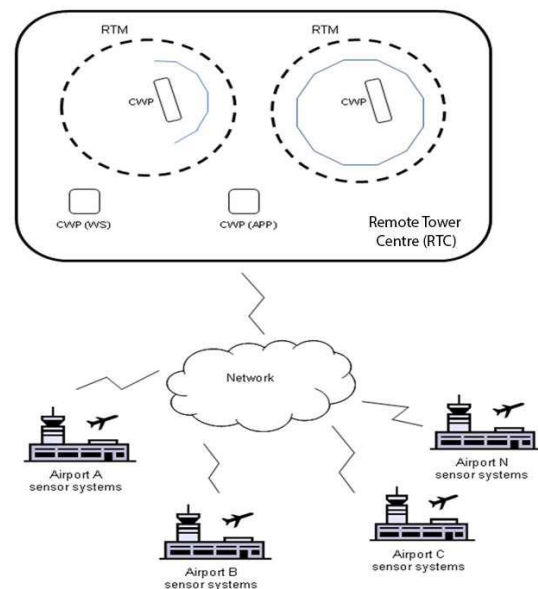
Implementace vzdáleného systému může být provedena několika způsoby. Mezi ty více nákladné patří výstavba nové věže v podobě jednoho stožáru, na kterém budou optické senzory (kamerové zařízení) instalovány a ze kterého bude zajištěn panoramatický pohled na letiště, který dále bude prezentován na několika obrazovkách na vzdáleném stanovišti.

Druhým možným řešením je umístění hlavní přehledové kamery na již existující konvenční věž a dále instalace několika dodatečných kamer kolem letiště, a tím získat ucelený obraz více pohledů na provozní plochy letiště. Nejvíce komplexním a optimálním řešením je pak kombinace obou navrhovaných možností, a to ucelený až 360° panoramatický obraz zobrazující RWY a TWY a poté dodatečné pohledy z kamer na místa, které již nejsou zachyceny hlavním přehledovým kamerovým zřízením, tj. například odbavovací plochy, hangáry atd. [14]

1.3.2 Módy provozu r-AFIS



Obrázek 4: Různé módy CWP v rámci jednoho RTM [17]



Obrázek 3: Schématické znázornění Multiple remote TWR provozu vzdálené věže [17]

Z hlediska poskytování ATS SESAR program definoval tři základní typy provozu vzdálené věže: [17]

- Single remote TWR;
- Multiple remote TWR;
- Contingency remote TWR.

V operačním módu Single je z jednoho CWP (nebo i vícero CWP) a jednoho RTM řízeno jedno letiště. ATS jsou poskytovány jenom jednomu letišti z RTM. Tento mód bude pro aplikaci a zkušební stínový provoz použit pro r-AFIS. Z hlediska prvotní implementace se jedná o finančně nejpříjemnější koncept a také nejjednodušší k vyzkoušení všech zařízení a prvků



systému vzdáleného poskytování letištní letové informační služby. V módu Multiple remote TWR jsou jednotlivými operátory z CWP poskytovány ATS na dvou a vícero letištích najednou. Letištní provoz může být řízen jedním i více operátory v závislosti na provozu a zároveň jeden operátor může být zodpovědný za dvě a více letišť v jednu chvíli dle množství provozu na daném letišti. Dle vytížení dispečera je zřízeno buď sekvenční poskytování ATS vícero letištím, které spočívá v poskytování ATS právě jednomu letišti v daný čas. Následně dojde k přechodu z jednoho letiště na druhé. Druhý typ poskytování ATS vícero letištím umožňuje operátorovi řídit provoz na vícero letištích najednou v jeden čas. Každý z obou typů provozu vzdálené věže si žádá přesně navržené CWP i monitory interpretující kamerová data tak, aby bylo řízení pro operátora co nejvíce flexibilní a intuitivní. Contingency mód (pohotovostní mód) je speciální konfigurací vzdálené věže, kdy CWP slouží jako redundantní „back-up“ řešení pro fungující konvenční věž, a to jak v případě pohotovosti, kdy může běžet jako paralelní věž poskytující ATS (zde by se musela upravit legislativa Leteckého předpisu L11 Dodatku N, neboť dle platné aktuální legislativy lze poskytovat ATS pouze z jednoho stanoviště, nikoliv zároveň z vícero stanovišť), anebo v krizové situaci poskytování ATS na letišti rovnou převzít formou r-AFIS. Další způsob využití Contingency módu je přechod z konvenční věže na tu vzdálenou v podobě náhrady v době mimo klasické provozní hodiny letiště v obou módech Single a Multiple. Z dokumentu od SESAR JU „D02/D04 OSED for Remote Provision of ATS to Aerodromes“ vyplývá, že použití Contingency remote Tower módu pro službu r-AFIS v podobě záložní věže se nepředpokládá. Cílové letiště pro tuto aplikaci by mělo mít službu r-TWR a zároveň splňovat alespoň 40 000 pohybů za rok. Zřízení Contingency módu na menších letištích s ročním pohybem do 40 000 by bylo velmi nákladné a zároveň do budoucnosti finančně neefektivní. [14], [17]

1.3.3 Stínový provoz

Důležité je rozeznávat a vysvětlit rozdíl mezi stínovým provozem (shadow mode) a Contingency módem, neboť samotná implementace těchto dvou módů poskytování ATS se může zdát velmi podobná, ačkoliv tomu tak vůbec není. Contingency mód slouží v případě jakékoliv neplánované pohotovosti, kdy poskytovatel ATS není schopen tuto činnost nadále vykonávat z konvenční věže situované na letišti. Dochází ke koordinaci a v co nejkratším čase se ANSP snaží obnovit poskytování ATS ze vzdálené věže. U stínového provozu také dochází pomocí již předem naplánované koordinace k předávání odpovědnosti ohledně poskytování ATS z konvenční letištní věže do vzdáleného RTC. Nicméně tato změna není založena na pohotovosti či jiné události ohrožující bezpečnost poskytování ATS provozu na letišti a v okolí



letišť, ale naopak na předem naplánovaná za účelem zkušebního provozu vzdálené věže služby r-TWR nebo r-AFIS.

Pro validaci služby r-AFIS je nutné nejprve celý sestavený systém vyzkoušet a zjistit všechny bezpečnostní rizika, které je třeba ještě před zpuštěním ostrého provozu identifikovat a pokud je to možné, tak odstranit. Pro prvním stupněm takové validace může být použita simulace bez účasti v provozu, kdy se může simulovat zátěž pro dispečera r-AFIS, způsob vzdáleného poskytování ATS a z technické stránky také softwarové simulace přenosu dat z letiště do RTC a naopak. Po testování přichází na řadu stínový provoz, kterým se již RTC i letištní zařízení uvede do aktuálního provozu a jsou mu poskytnuta aktuální „živá“ data provozu. V tuto chvíli je provoz paralelní, kdy je na letištním stanovišti přítomen dispečer AFIS (nebo osoba poskytující informace v omezeném rozsahu), který je ve spojení se dispečerem služby r-AFIS. Z hlediska kompetence a zapojení dispečera služby r-AFIS do vzdáleného poskytování ATS na letišti lze vytyčit tři druhy stínového provozu:

- pasivní (passive),
- aktivní (aktiv),
- pokročilý (advanced/hot).

V pasivním provozu nejsou přenášena žádná data z letiště do RTC, a tudíž pokud jsou poskytovány ATS službou AFIS nebo informace v omezeném rozsah, tak pouze delegovanou osobou na letištním stanovišti RADIO nebo AFIS. V aktivním provozu jsou v chodu všechny systémy zajišťující služby r-AFIS, letištní a vzdálené stanoviště jsou aktivní v paralelním režimu a operátor v RTC má k dispozici aktuální data z vizuálního přehledového systému, a tím pádem se může aktivně zapojovat do poskytování informací na letišti. V pokročilém stínovém provozu vzdálené stanoviště je primárním poskytovatelem ATS, zatímco konvenční letištní věž je sice také paralelně v provozu, nicméně jenom z bezpečnostního hlediska jako záloha. [18]

1.3.4 Důvody implementace r-AFIS

Důvodů implementace vzdáleného systému poskytování Letištní letové informační služby může být hned několik. Strategie zavedení vzdáleného poskytování ATS se odvíjí od činitele, který stojí za samotným přechodem z konvenční věže. Tyto činitele ať už jsou pozitivní či negativní, tak do jisté míry zásadně ovlivní například provozní mód použitý pro dané letiště, lokaci technologických zařízení a v konečném důsledku i benefity, které časem mohou vzejít z takového vzdáleného systému.



V následujících bodech je uvedeno několik důvodů, kvůli kterým se poskytovatelé letových navigačních služeb nebo i samotná letiště mohou rozhodnout k přechodu z konvenčních věží na virtuální vzdálené: [18]

- Zkrácení provozní doby konvenční věže poskytující službu AFIS;
- Přechod z konvenční věže z důvodu konce životnosti/zastarání;
- Finanční tlak na budoucí životaschopnost provozu letiště;
- Dočasná neprovoznost konvenční věže (rekonstrukce, stavební úpravy);
- Územní růst a rozvoj letiště v podobě nových RWY a TWY, které se nachází v příliš vzdálených a špatně dohledných místech letiště;
- Nově postavené letiště, kde se jeví r-AFIS jako optimální řešení naproti konvenčnímu poskytování AFIS;
- Integrace nových projektů v rámci ATM a UTM v rámci neřízených letišť
- Zlepšení celkového profilu dispečera AFIS

1.3.5 Přínosy implementace r-AFIS

A) Finanční efektivita

Provozovatelé letišť často musí řešit problémy s nedostatkem financí na pokrytí nákladů na udržení provozuschopnosti letiště. Příjmy v podobě přistávacích poplatků, handlingových služeb, tankování nebo například parkování letadel nemusí stačit, a proto je nutné výše zmíněné fixní náklady například na letové provozní služby nějakým způsobem omezit. Aby nedocházelo k šetření financí, které může vést až ke snížení bezpečnosti, zkrácení provozní doby nebo dokonce otevření letiště jenom v určité dny (například o víkendech), tak připadá v úvahu zavést systém r-AFIS na neřízených letištích, čímž by do jisté míry mělo dojít k omezení nákladů spojených s poskytováním ATS: [18]

- Fixní ATS náklady
- Personální náklady na osoby poskytující ATS
- Rekonstrukce a investice do současné letištní věže současně s náklady na údržbu
- Náklady na školení v rámci jednoho určitého letiště

Ačkoliv aktuální implementace r-AFIS je zamýšlena pouze v módu Single remote TWR, tak v budoucnu by ještě k větším finančním úsporám mohlo dojít zavedením r-AFIS v módu Multiple remote TWR, kdy by se ATS poskytovali vícero letištím z jednoho RTM jedním dispečerem, tím letišti odpadnou problémy s nedostatkem personálu v místě letiště. Nutnost



lidských zdrojů se sníží a větší časová flexibilita umožní dispečerům se zaměřit ve volném čase na plnění ostatních úkolů. Samotná budova konvenční věže může být dále využita pro jiné účely letiště, a tím pádem ušetřit například na výstavbě nových kanceláří či jiných provozních místností. Při sjednocení instalovaných zařízení a následném použití stejného vybavení pro vícero letišť a RTC by mělo vést k úspoře na údržbě jednotlivých zařízení a zároveň ke zjednodušení budoucí implementace r-AFIS pro vícero letišť. Zároveň odpadnou náklady potřebné k výstavbě konvenční věže, jejíž místo může být návazně letišťem či jakýmkoliv jiným subjektem na letišti lépe využito. Dalším významným důsledkem zavedení r-AFIS je centralizace řídicího operačního střediska, serverových a datových center, administrativních a monitorujících zařízení do jednoho RTC, a navíc ubude nutnosti údržby plnohodnotné konvenční věže, místo které bude pouze stožár s kamerami a senzory (v případě, že kamerový systém není instalován přímo na konvenční věži).

B) Vzdálené středisko RMC

Budova centralizovaného operačního střediska, kde jsou kromě samotných CWPů soustředěny i IT systémy zajišťující přenos datové komunikace mezi letišťem a RTC, může být umístěna do více atraktivních a osídlených oblastí, a tím zajistit lepší dostupnost a větší počet edukovaného a vyškoleného personálu. Takovéto uzpůsobení může do budoucna být více efektivní a atraktivní pro zaměstnaný personál namísto nutnosti být dislokován na letišťě mnohdy několik desítek až stovek kilometrů vzdálené od populace. [18]

C) Flexibilita & Dostupnost

Při poskytování r-AFIS ze vzdálené věže je dosaženo větší flexibility ATS na letišti a zároveň může být služba orientována na aktuální vytížení a situaci na letišti dle počtu pohybů. Malá regionální letišťě s menším počtem pohybů se mohou často potýkat s nedostatečnou personální kapacitou. Tyto letišťě i přes malý počet pohybů a malou hustotu provozu musí mít permanentně v otevírací době na stanovišti dispečera, což letišti generuje personální náklady. Implementace r-AFIS by zajistila lepší vytížení dispečerů a zároveň by lépe řešila dostupnost služby r-AFIS, jejíž využití by se orientovalo dle požadavků uživatelů vzdušného prostoru, aby se zachoval plynulý tok provozu.

D) Safety & Security

Letišťě je součástí kritické infrastruktury a může se stát cílem pokusů jakéhokoliv útoku. Dislokování celého operačního střediska s personálem včetně ATS a IT systémů a pokrytí celé



letošní plochy a okolí letiště kamerovým systémem je základem pro bezpečností management v rámci security vzdáleného poskytování služby AFIS. [18]

Z pohledu safety nesmí být zavedením systému r-AFIS snížena bezpečnost v porovnání s konvenčním poskytováním letištní letové informační služby, což je základním požadavkem na jakékoliv změny procedur nebo vybavení pro poskytování ATS. Proto musí být kladen důraz na důkladnou instalaci a následnou validaci a verifikaci všech zařízení, které slouží pro poskytování r-AFIS. Tyto zařízení poskytující OTW pohled skrze vizuální systém vzdáleně přenášený na monitory dispečera by měly zajistit lepší situační orientovanost, odstranění slepých míst a zajistit včasnou detekci při narušení dráhového systému. Ke snížení pracovní zátěže může dispečer profitovat ze zavedení fúze informací o provozu z vícero zdrojů přehledových zařízení nebo například instalací kamerového systému s infračerveným viděním a automatickou detekcí objektů na RWY. Kontinuální analýzou potřebné integrity a zavedením safety nets je zajištěn bezpečný a kontinuální provoz. Informace o integritě z hlediska datových přenosů a vizuálního výstupu z kamer by měly být prezentovány dispečerovi na monitoru a v případě překročení určité hranice nebo maximální povolené hodnoty by měl být spuštěn alarm upozorňující na ztrátu integrity a z hlediska safety nets by mohlo dojít k automatickému návrhu dalšího postupu pro dodržení požadované bezpečnosti.

1.3.6 Technologické nároky z hlediska přechodu z konvenční věže ke vzdálené

Na základě programu SESAR JU byly stanoveny základní nároky na technické vybavení letišť a vzdálených RTM v rámci posuzování bezpečnosti ve změnách poskytování ATS. Vybavení není založeno na jednotném unikátním systému, ale je pouze dáno výčtem základních funkcí, které by vzdálený systém měl splňovat. Takováto interpretace na jednu stranu nutí poskytovatele ATS provést své vlastní analýzy funkčnosti navrhovaného systému, na druhou stranu jim nechává otevřené ruce a možnosti ve výběru jimi potřebného vybavení, pro provoz vzdálené věže. Níže je uvedeno Základní vybavení (funkce), které by mělo umožnit provozování vzdálené věže a kterým by se poskytovatelé vzdálených ATS měli řídit při implementaci provozního módu Single, tj. provoz vzdálené věže pouze na jednom letišti: [19]

- vizuální prezentace (OTW),
- funkce dalekohledu (PTZ kamera),
- hlasová/datová komunikace,
- vizuální komunikace,



- ovladatelnost letištního vybavení, pokud je zřízeno (letištní osvětlení, stav navigačních prostředků, meteorologická data atd.).

Pokud to bezpečnostní analýzy a posouzení požadují, měla by být dále implementována funkce přenosu zvuku z letiště do RTM operátorovi r-AFIS. [19]

Kromě minimálních požadavků k provozování vzdálené věže v Single módu je dále možné celý systém r-AFIS technicky obohatit o následující Vylepšené vybavení (funkce): [19]

- infračervené kamery
- Prostředky pro usnadnění detekce, poznání, identifikace a sledování letadla (např. speciální labely přímo na obrazovce vizuální prezentace dat z kamer)
- Prostředky pro usnadnění detekce a sledování vozidel na provozní ploše letiště
- Prostředky pro usnadnění detekce překážek a cizích předmětů na provozní ploše
- Funkce, které napomáhají operátorovi r-AFIS při posuzování polohy nebo nadmořské výšky letadla

Dle analýz a validačních postupů bylo programem SESAR prokázáno, že v kontextu provozu dle níže zmíněných faktorů je Základní vybavení dostačující, aby byl umožněn provoz vzdáleného poskytování ATS a zachována bezpečnost alespoň na takové úrovni, jako tomu je v aktuálních provozních podmínkách při užití konvenční věže. Pokud analýzou těchto faktorů je zjištěno, že Základní vybavení není dostačující, je třeba zvážit užití dodatečných technologií v podobě výše zmíněných Vylepšených funkcí, který by měly zmírnit nebo úplně vyloučit nově objevená provozní rizika. [19]

1.3.7 Provozní faktory r-AFIS

Z již předchozích zkušeností se zavedením vzdálené služby ATS je známo, že důležitým prvkem je určit faktory ovlivňující proveditelnost takové implementace, podle kterých se dále odvíjejí výkonnostní požadavky. Analýza by měla brát v potaz několik níže uvedených faktorů, které přispějí ke správnému výběru technických a technologických zařízení a také k výběru optimálního módu provozu (Single, Multiple, Contingency).

A) Hustota provozu a charakteristika provozu

Hlavním ukazatelem v rámci objemu a hustoty provozu je počet pohybů za určitou časovou jednotku (za den, měsíc, nebo rok) a také komplexita provozu letadel a letištních vozidel, a to, pokud je letiště uzpůsobeno na oba typy provozu VFR/IFR. SESAR JU program definoval



měřítka k dělení letišť podle provozu na letiště s malým provozem a letiště se středním provozem. Pro vysvětlení těchto dvou termínů je níže uvedená interpretace, která je používána v dokumentech EASA a SESAR: [20]

- Letiště s malou hustotou provozu: letiště s malým využitím své kapacity, kde převládající provoz je většinou pohyb jen jednoho letadla a zřídka kdy je překročeno dvou pohybů letadel současně.
- Letiště se střední hustotou provozu: letiště se středním využitím své kapacity a současným pohybem vícero letadel, častý výskyt pohybu více jak jednoho letadla v jeden moment.

Dle hustoty lze určit požadavky na instalované vybavení letišť a RTM z hlediska vizuálních senzorů a dalších technických zařízení. Dle SESAR je výše vypsání Základní vybavení dostačující pro letiště s malou hustotou provozu. Pro letiště s větší, než malou hustotou provozu je již nutné zvážit implementaci Vylepšeného vybavení. Nicméně stěžejním a hlavním prvkem r-AFIS je samotný kamerový systém, který když bude zdrojem vysoké kvality přenášeného obrazu, tak v mnoha případech menších letišť bude implementace Základního vybavení dostačující. [19]

C) Charakteristika rozložení letiště

Míra rozlohy letiště a konfigurace RWY a TWY a rozložení odbavovací plochy musí být brána v potaz při implementaci vizuálního systému r-AFIS. Uspořádání celého letiště je hlavním východiskem pro určení umístění stožárů s kamerovým systémem a dále určení, zda a případně na jakých místech bude nutné instalovat další statické kamerové systémy pro získání maximálního přehledu na letišti a v okolí. [19]

Základní vybavení bylo na základě provedených testů validováno na letištích s konfigurací; jedna RWY, jeden až tři vstupy na RWY, jeden až čtyři odbavovací plochy. Rozsah výzkumu projektu SESAR v rámci validace charakteristiky letiště je v každém případě dostačující pro implementaci r-AFIS v podmínkách neřízených letišť v ČR. [19]

D) Charakteristika a Klasifikace vzdušného prostoru

Dle projektu SESAR je cílovým letištem pro implementaci vzdáleného poskytování služeb ATS takové letiště, které se nachází ve vzdušném prostoru klasifikovaného písmenem C a méně restriktivní, tj. D, E, F a G. Nicméně není zakázána implementace vzdálené věže v prostoru třídy A a B, pokud to výsledky bezpečnostního posouzení dovolí. [19]



E) Infrastruktura letiště a okolí

Týká se dopravní obslužnosti letiště jeho napojení na okolní vesnice či města. Zároveň do této kategorie spadá množství a umístění jednotlivých budov a staveb v okolí letiště.

F) Enviromentální charakteristiky

Podnebí a přírodní podmínky (teplota, vítr, úhrn srážek, roční období) v místě letiště mají velký vliv na konečný vizuální výstup z kamer, a proto by měly tyto charakteristiky být individuálně z hodnoceny pro každé letiště zvlášť, kde se uvažuje nebo již implementuje služba r-AFIS.

1.3.8 Technická a síťová infrastruktura letiště a RTC

Před samotnou implementací služby r-AFIS musí být na daném letišti proveden průzkum technické infrastruktury, která klade specifické požadavky na poskytovatele služeb. Mezi nejdůležitější služby spadá samotný poskytovatel internetu, který by měl zaručovat bezproblémový a dostatečně rychlý datový přenos dat mezi letištěm a RTC. Objem datového toku je při poskytování ATS vzdáleně mnohonásobně vyšší než při aplikaci konvenčního systému a s ním spojených nároků na data ohledně VHF radia, ovládání a kontroly letošních systémů, meteorologických dat, radarových dat a jiných informací týkajících se ATM. Kamerový systém stojí za vysokými nároky na infrastrukturu celé datové sítě, a proto musí být realizován s přihlédnutím k možnostem zabezpečení, kvality a dostupnosti služeb v daném místě letiště. Umístění RTC se předpokládá ve městě či regionu, kde bude dostupné velmi rychlé připojení (řádově několik desítek až stovek Mbit/s), a proto se samotná problematika připojení týká spíše letišť, která jsou často zřízena kolem menších měst a vesnic, kde jen stěží bude možno dostat skrze optickou síť na přenosové rychlosti jako v místě RTC.

Základní podmínkou je nejen zajištění místního připojení do sítě skrze vícero a zcela na sobě nezávislých typů připojení, ale též využití možnosti připojení skrze vícero místních/regionálních nebo i celonárodních poskytovatelů internetového připojení. Základní připojení by mělo být obstaráno použitím fyzického kabelu, tudíž pomocí sítě optických kabelů nebo pomocí pevné metalické sítě kabelů nazývanou xDSL (skrze pevnou telefonní linku). Optimálním řešením, ale také nejnákladnějším, by bylo použití přímého spojení mezi letištěm a RTC v podobě instalace optického kabelu mezi těmito dvěma budovami. Tento systém lze z hlediska safety managementu využít například pro službu r-TWR, nicméně pro implementaci a stínový provoz služby r-AFIS toto spojení nebude možné. Druhým řešením je bezdrátové připojení, kde ale musí být zajištěna přímá viditelnost mezi přístupovým vysílačem a přijímací anténou na



straně letiště. To může sloužit jako primární spojení v případě, že připojení optickým nebo metalickým kabelem není na letiště realizovatelné (není zde vůbec kabel zaveden, nebo se ani implementace kabelu nepředpokládá), nebo jako duální / redundantní řešení připojení k již stávající fyzické kabelové síti. V každém případě by nedílnou součástí letištních zařízení r-AFIS měl být router, který bude sloužit jako záloha a bude umožňovat přístup do sítě skrze mobilního operátora. Toto mobilní připojení by mělo být realizováno skrze SIM kartu od daného operátora a zajišťovat tak mobilní připojení přes 4G/LTE/5G v případech, kdy přístup nebude umožněn skrze primární infrastrukturu, tj. kabelem nebo bezdrátově. Přenosová rychlost a latence závisí na vytíženosti sítě, počtu připojených uživatelů, a hlavně na místě, kde je tato služba využita. U letišť, kde není dostupné rychlé 5G připojení a dojde tím pádem ke snížení přenosové kapacity, bude nutné při přechodu na mobilní připojení snížit kvalitu obrazových dat z kamer. Kamerový systém zajišťuje hlavní přehledovou informaci pro operátora r-AFIS, a proto se jedná o nepostradatelný systém, který musí být pro bezpečný provoz r-AFIS vždy dostupný. Právě pro zachování plynulosti poskytování ATS formou r-AFIS je nutné při velkém vytížení šířky pásma například snížit výstupnou kvalitu obrazových dat přenášených z letiště do RTC, a tím umožnit využití šířky pásma i pro jiné systémy r-AFIS jako například přenosu hlasu formou VoIP a RoIP.

Mezi další neméně důležité služby řadíme bezpečnostní správu a technickou údržbu fyzických objektů (kde budou zařízení r-AFIS instalována) i celé infrastruktury sítě a zároveň i fyzického a datového zabezpečení. Nemalé nároky musí být též kladeny na prověření a zabezpečení energetické sítě včetně použití záložních energetických zdrojů v podobě UPS a instalaci větracího zařízení buď v podobě ventilátorů, které zajistí dostatečný průtah vzduchu, nebo i chladících klimatizací pro udržení předem stanovené teploty zařízení v podmínkách provozu při vysokých letních teplotách. Naopak během zimního období je nutné zajistit vyhřívání PTZ kamerového systému a meteorologické stanice, která bude dislokována mimo letištní budovy do okolí letiště.

Infrastruktura vzdáleného centralizovaného střediska by měla v ideálním případě zahrnovat kromě pracovišť operátorů r-AFIS současně i zařízení na centrální zpracování a místní ukládání a prezentaci dat, tj. servery. Dle počtu letišť, na kterých jsou vzdáleně poskytovány ATS (Single i Multiple mód), je třeba zvážit velikost a počet datových rozvaděčů, které tvoří hlavní páteř infrastruktury datových center. V ideálním případě může být sekundárně instalováno redundantní datové centrum, kdy server i další vybavení bude dislokován mimo RTC na geograficky jiné místo. Toto redundantní řešení podléhá mnoha faktorům a požadavkům na poskytovatel internetu, ANPS i samotná letiště, ale obecně lze říci, že při



implementaci služby r-AFIS v módu Single záložní serverové centrum nebude z finančních i technických nároků možno instalovat. [14]

2. Praktická část

2.1 Struktura instalovaného hardware r-AFIS a systémové požadavky

Pro implementaci systému r-AFIS byla zvolena varianta umístit co možná nejvíce zařízení pospolu, aby byl celý systém modulární a snadno přenositelný. Proto je celý systém rozdělen na dva základní celky z pohledu hardwarového vybavení, a to na letištní subsystém a subsystém vzdáleného stanoviště AFIS (RTC). Zařízení jsou instalována ve speciálních datových rozvaděčích pro servery. Hlavní výhodou takovéto sestavy je možnost nenáročného přemístění a převozu všech zařízení pohromadě buďto z letiště na letiště nebo z jednoho operačního střediska do jiného, aniž by se musela zajišťovat přeprava všech zařízení individuálně. Zejména při prvotní instalaci zařízení a následném prvotním zkušebním stínovém provozu.

Subsystém vzdáleného stanoviště (RTC) je situován na fakultě v místnosti pro operátora. Dělí se na datový rozvaděč, který zajišťuje komunikaci se zařízeními na letišti. Druhou částí je poté samotný ovládací modul operátora r-AFIS (RTM) sestávající z výkonného stolního počítače se šesti monitory a dalšího příslušenství pro vzdálenou obsluhu kamer a hlasové komunikace.

Letištní subsystém se skládá z datového rozvaděče, který je připojen do místní datové sítě na letišti a v němž se nacházejí zařízení komunikující se vzdáleným stanovištěm. Dále do rozvaděče je přiveden externě instalovaný kamerový systém čítající celkem 5 kamerových zařízení a meteorologická stanice.

2.1.1 Popis vybavení RTC na FD ČVUT

Vybavení serverové části:

Jak již z předchozí podkapitoly vyplývá, vybavení vzdáleného stanoviště na fakultě se skládá celkem se dvou částí. Níže v je v tabulkách uveden rozpis všech zařízení, jak v rámci datového rozvaděče serverové části, tak i v rámci vybavení vzdáleného stanoviště. Je uveden název použitého zařízení a dále výrobce. Zařízení označena fialovou barvou ve schématu nejsou součástí systému r-AFIS, nicméně byly též umístěny do datového rozvaděče za účelem sjednocení zařízení ULD ATM LAB.



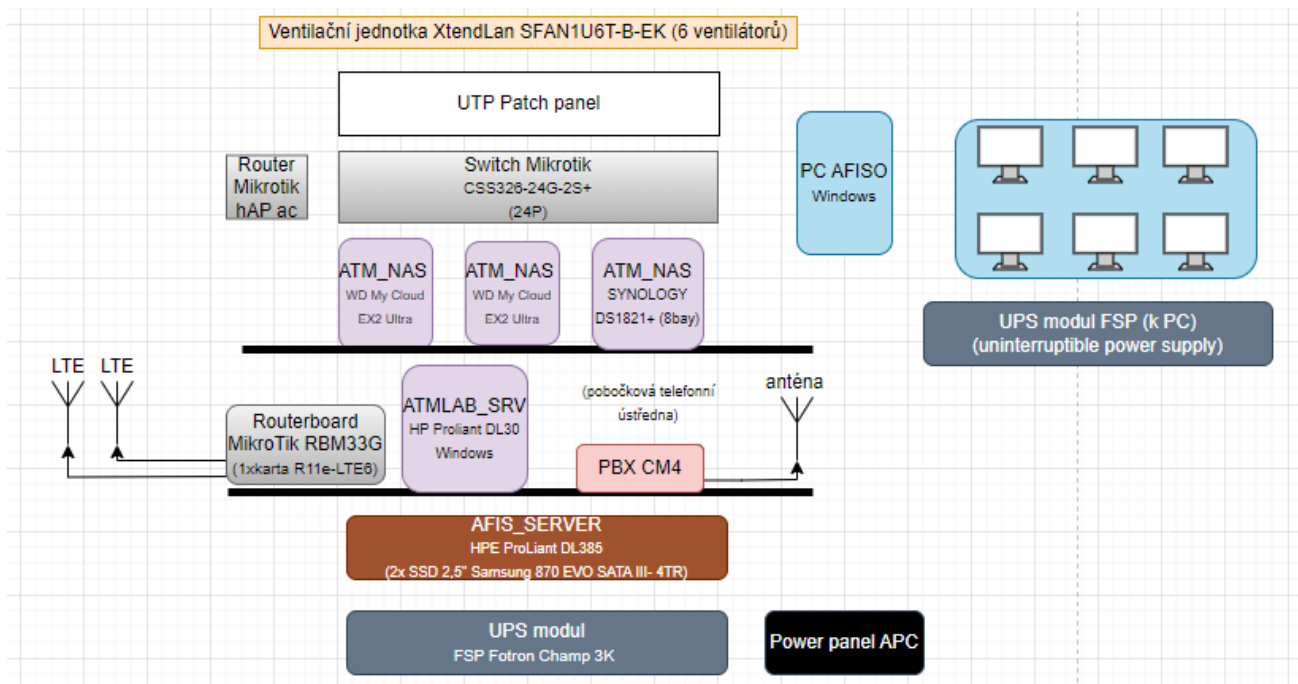
Tabulka 2: Výpis prvků serveru v RTC

RTC – datový rozvaděč server 27U	
zařízení	výrobce
Ventilační jednotka s termostatem (6 ventilátorů)	XtendLan
UTP patch panel	-
Cloud Router Switch CSS326-24G-2S+	MicroTik
Router hAP ac	MikroTik
Routerboard RBM33G (R11e-LTE6)	MikroTik
Pobočková telefonní ústředna (PBX) - RoIP	Raspberry Pi (CM4)
AFIS Server ProLiant DL385 (2x 3TR SSD disky)	HPE
UPS modul	FSP Fotron Champ 3K
Power panel	APC

Vybavení RTM:

Tabulka 3: Výpis prvků RTM

RTC – RTM	
název zařízení	výrobce
PC (2x 500 GB SSD + 3TR HDD)	Individual. sestava
UPS modul	Eurocase
6x monitor SE2723DS	Dell
myš	Dell
klávesnice	Dell
sluchátka	Jabra
reproduktory	Genius
VoIP Telefony (3x)	Grandstream
gamepad ovladač PTZ	-
multifunkční kontroler	-



Obrázek 5: Schéma datového rozvaděče v RTC [Zdroj: vlastní]

2.1.2 Popis letištního vybavení

Letištní hardwarové vybavení je seskupeno stejně, jako tomu je u vybavení vzdáleného operačního stanoviště. Datový rozvaděč síťového a výpočetního vybavení je zapojen do sítě v místě letiště a je umístěn v zázemí daného letiště, kde bude dostatečně ochráněn před okolními vlivy (vysoké nebo naopak moc nízké teploty, voda, sníh atd.). Další zařízení spadající do letištního vybavení jsou optické přehledové systémy v podobě pěti kamer (1x PTZ, 2x Panoramatická kamera, 2x statická kamera). Poslední letištní částí je kompletní systém senzorů pro měření počasí – meteorologická stanice, která poskytuje informace pro AFISO o směru a rychlosti větru, teplotě a rosném bodu, relativní vlhkosti, tlaku QNH. Součástí meteostanice je instalační krabice, která zajišťuje přenos dat mezi meteostanicí a letištním rozvaděčem. Kvůli externímu umístění v okolí letiště se předpokládá napájení pomocí solárních panelů.

Tabulka 4: Výpis prvků letištního vybavení

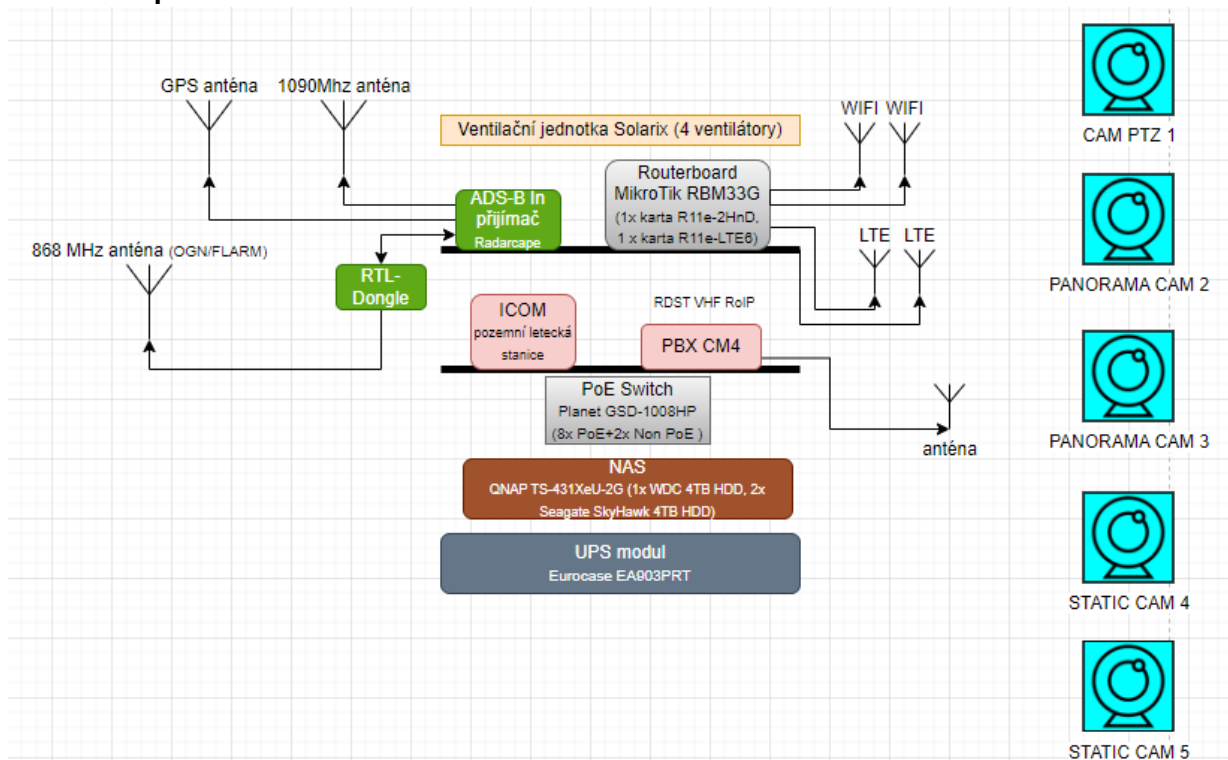
Letištní datový rozvaděč 18U	
název zařízení	výrobce
Ventilační jednotka + s termostatem (4 ventilátory)	Solarix
ADS-B in přijímač + antény GPS, 1090 Mhz	Radarcape
TRL-Dongle + 868 Mhz anténa	-
RouterBoard RBM33G (karta R11e- LTE6+2HnD)	MikroTik

2x pozemní letecká radiostanice	ICOM
Pobočková telefonní ústředna (PBX)	Raspberry Pi (CM4)
Poe Switch GSD-1008HP	Planet
NAS (3 x 4TR HDD)	QNAP
UPS modul	Eurocase

Tabulka 5: Externí přehledový systém + Meteorologická stanice s elektroinstalací

Kamerový + Meteo systém	
zařízení	výrobce
PTZ kamera DS-2CD3686G2-IZS	Hikvision
2 x Panorama kamera DS-2CD3686G2-IZS	Hikvision
2 x static kamera DS-2CD2083G2-IU	Hikvision
Meteo zařízení	u[sonic]WS6 Modbus
Instalační krabice Meteo s elektronikou	Schneider Electric

2.1.3 Popis technického zázemí na letišti



Obrázek 6: Schéma datového rozvaděče na letišti s kamerovým vybavením [Zdroj: vlastní]

Pro prvotní zkušební provoz systému r-AFIS bylo zvoleno veřejné vnitrostátní letiště Moravská Třebová (LKMK). Samotné letiště se nachází na území obce Staré město, které leží severně



od Moravské Třebové. Provozovatelem a zároveň majitelem je Aeroklub Moravská Třebová. Na letišti probíhá provoz VFR den a výsadková činnost. Aeroklub zde dále pořádá soutěže v plachtařských disciplínách, a to i na celorepublikové úrovni. Za zmínku stojí například i Letecké akrobatické centrum, které sídlí na letišti a podílí se na přípravě a výcviku sportovců jak na národní, tak i na mezinárodní úrovni v motorové třídě i na kluzácích. [21]

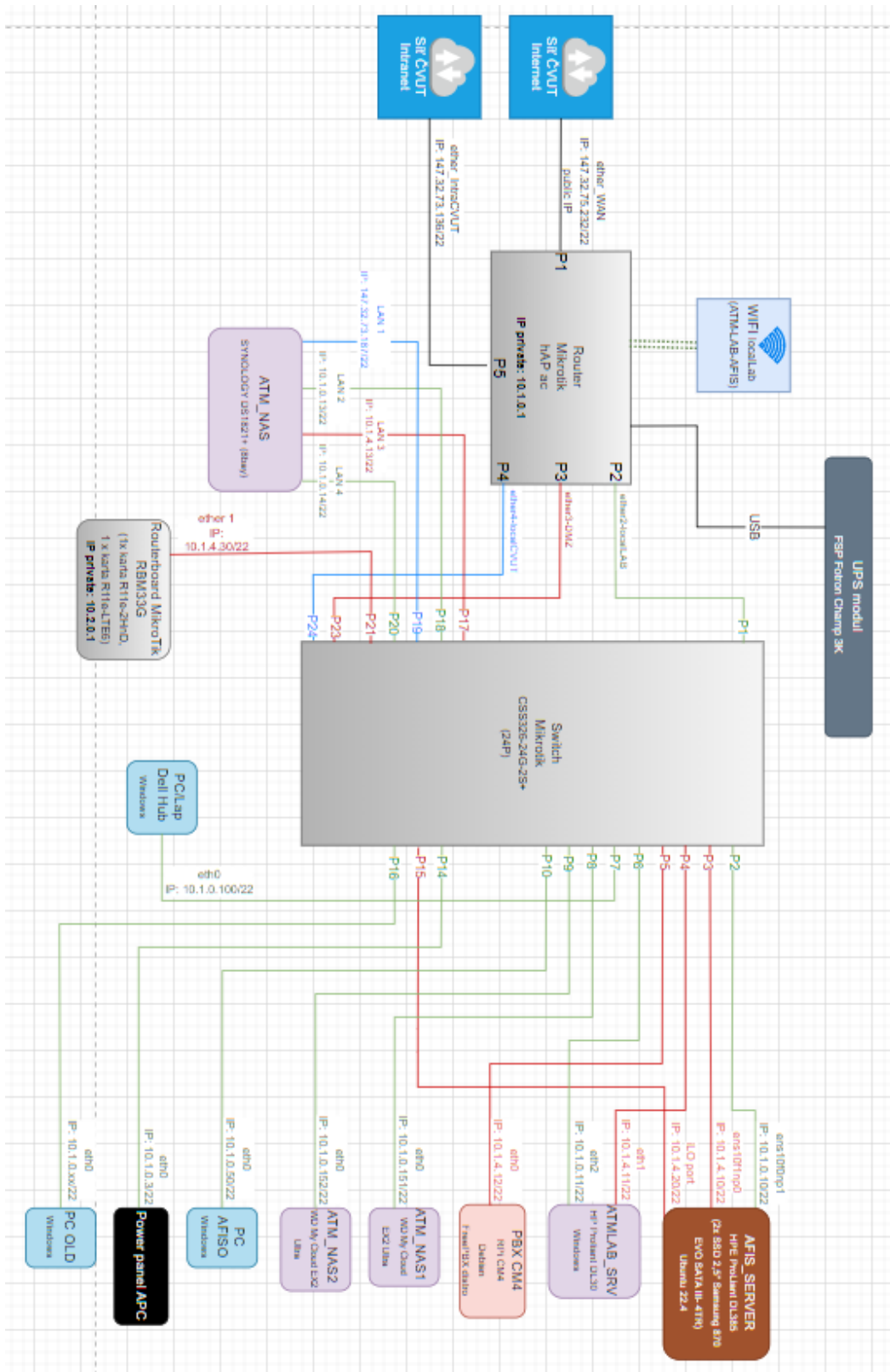
Na letišti jsou k dispozici dvě paralelní vzletové a přistávací dráhy. Asfaltová 08L/26R s rozměry 714x23 m a travnatá 08R/26L s rozměry 720x60 m. Kolem VPD je zřízen pás dráhy s rozměry 810x145 m. K pojiždění slouží travnatá plocha a asfaltová pojezdová dráha TWY A, která slouží pro vstup na dráhu 08L. Z pohledu ATS je letiště neřízeným letištem a jsou zde poskytovány informace známému provozu v omezeném rozsahu službou RADIO v ATZ na frekvenci 130,540 s nutností obousměrného rádiového spojení. Letištní věž se nachází na jihozápadní straně vedle hangárů. Před ní se nachází pojezdová dráha „TWY A“ a odbavovací plocha. [22]

Pro dostatečně rychlou a bezpečnou komunikaci mezi letištem a vzdáleným serverem a stanovištěm operátora bude nutné zajistit dostatečně kvalitní redundantní datové spojení, které zajistí přenos vizuálních toků dat z kamer, komunikaci, ovládání PTZ kamery a informace o počasí z meteostanice instalované přímo na letišti. Připojení se bude řešit redundantně, kdy při výpadku jednoho typu připojení bude okamžitě datový tok přesměrován přes jiný typ připojení. Pro primární připojení bude použit stávající poskytovatel internetu na letišti LKMK v podobě pevného nebo bezdrátového připojení vzduchem. Výše zmíněné redundantní připojení je řešeno z veřejně dostupných dat pokrytí mobilním internetem.

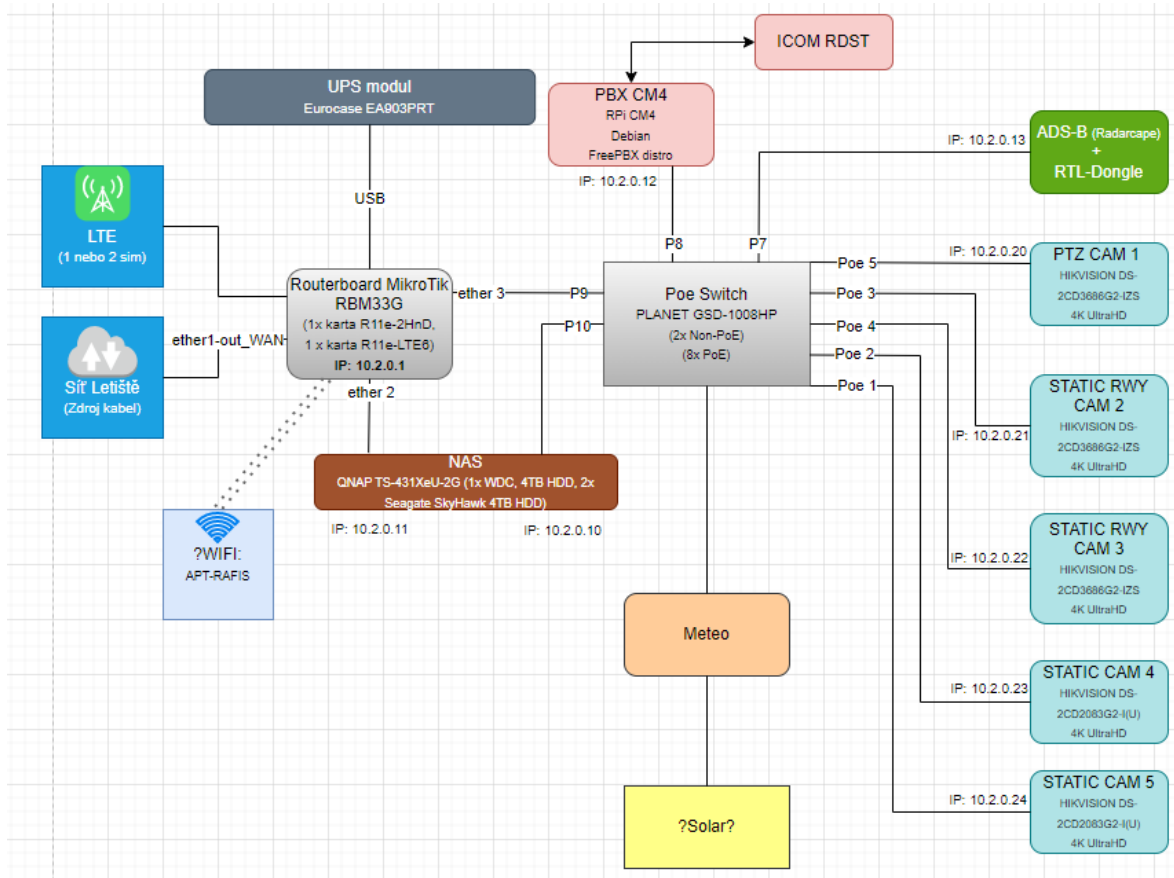
Dostupné připojení na LKMK:

- Pevná síť Cetin – do 2Mbit/s
- Bezdrátové připojení přes místního ISP
- O2 – 4G 1800 (až 200Mbit/s)
- Vodafone – možné 5G (až 110 Mbit/s), 4G 800 až 100 Mbit/s
- T mobile – LTE

2.1.4 Síťové zapojení zařízení



Obrázek 7: Síťové zapojení prvků v RTC [Zdroj: vlastní]



Obrázek 8: Síťové zapojení prvků na letišti [Zdroj: vlastní]



2.1 Sledované parametry pro zajištění minimální integrity r-AFIS

Pro zajištění minimální integrity bylo vybráno několik parametrů definovaných v dokumentu od EUROCAE ED-240A. Tyto minimální požadavky a výkonnostní specifikace se týkají pouze prezentace přehledových dat z kamerových systémů za předpokladu dohlednosti minimálně 20 km. Jelikož zařízení sestaveného systému r-AFIS nejsou unifikována pod jednou značkou a definována jednotným vybavením jako tomu bývá například u implementací r-TWR společností Saab AB, Frequentis Group nebo například Kongsberg, je třeba navrhnout další parametry, jakým způsobem sledovat integritu systému. Tyto parametry odpovídají přímo instalovaným zařízením na letišti, kde je r-AFIS navrhnout pro zkušební provoz. [16]

2.1.1 Definice výkonnostních parametrů pro prvky systému r-AFIS

Vzdálenost pro detekci a rozpoznání

Analýza integrity v rámci Vzdálenosti pro detekci („D“) a rozpoznání („R“) objektu bude provedena v rámci stínového provozu pomocí PTZ kamery a panoramatických kamer. Detekcí objektu se rozumí schopnost vidět objekt na přehledovém monitoru, rozpoznáním objektu se rozumí jakákoliv detailnější identifikace letadla v podobě rozlišení letounu od vrtulníku nebo poté více podrobně například zjištění imatrikulace, typu letadla atd. „D“ a „R“ hodnoty vyjadřují minimální hodnotu vzdálenosti, do které musí být objekt detekován nebo poté rozpoznán. Hodnoty by měly být určeny poskytovatelem ATS v podobě r-AFIS tak, aby odpovídaly podmínkám místního letiště. Tyto výsledné parametry by měly být zapsány v přehledné tabulce (pro názornost byla vytvořena tabulka č.6), která bude sloužit jako nástroj pro minimální hodnoty, které nesmějí být překročeny pro zachování integrity kamerového systému a bezpečnosti poskytování ATS. [16]

Jelikož pro PTZ a panoramatické kamery je použit jeden den typ kamer Hikvision DS-2CD3686G2-IZS, je možno měření provést pouze pro jednu kameru, nicméně různé výsledky mohou být obdrženy v případě, že parametry kamer (především snímková frekvence, rozlišení a kvalita detailů) budou nastaveny odlišně například kvůli nutnosti snížení datového toku.

Metoda se skládá vždy ze čtyř sledovaných parametrů, které slouží pro stanovení výsledné vzdálenosti detekce a rozpoznání: [16]

- Oblast sledování (pohybové plochy, odbavovací plochy, letištní okruh, fáze konečného přiblížení – finále)
- Sledovaný objekt (letadlo, vozidlo, osoba, zvěř, překážky a návštěvníci)



- Druh použitého systému – PTZ/panoramatická kamera
- Získaný kvalitativní výsledek vzdálenosti detekce a rozpoznání

ED-240A rozděluje získané hodnoty pro letadla dle turbulence v úplavu, nicméně pro použití pro VFR letiště budou brány v potaz pouze letadla lehká (tj. kategorie „Light“ do 7000kg včetně).

Tabulka 6: Návrh tabulky pro provedená analýzy zjištění vzdálenosti detekce a rozpoznání

Oblast	Objekt	Panorama		PTZ	
		D [m]	R [m]	D [m]	R [m]
Finální přiblížení	Letadlo				
Letištní okruh	Letadlo				
Pohybová plocha	letadlo				
Pohybová plocha	vozidlo				
Pohybová plocha	osoba/zvěř				
Pohybová plocha	překážka				
Odbavovací plocha	letadlo				
Odbavovací plocha	vozidlo				
Odbavovací plocha	osoba/zvěř				
Odbavovací plocha	překážka				

Po umístění celého letištního subsystému na LKMK byl celý kamerový systém vyzkoušen v místních podmínkách. Vizuelní výstup PTZ kamery a obou Panoramatických kamer lze vidět v Příloze 2 této bakalářské práce. Pro zobrazení vizuelních dat bylo použito webového rozhraní, které je dostupné od výrobce kamer Hikvision. Budoucí zobrazení vizuelních dat se v tomto webovém rozhraní nepředpokládá, bude vyvinut vlastní software, který bude sdružovat všechny pohledy z kamer, a navíc je doplňovat daty z meteorologické stanice a ostatními daty dle přání AFISO. Výhoda zobrazovacího prostředí společnosti Hikvision je možnost plného nastavení parametrů kamer, čímž velmi zjednodušuje prvotní instalaci. Cílem vyzkoušení PTZ a Panoramatické kamery bylo zhodnotit jejich kvalitu a možnost využití s přihlédnutím na místní podmínky a možnosti letištního datového připojení. Pro nastavené parametry jednotlivých



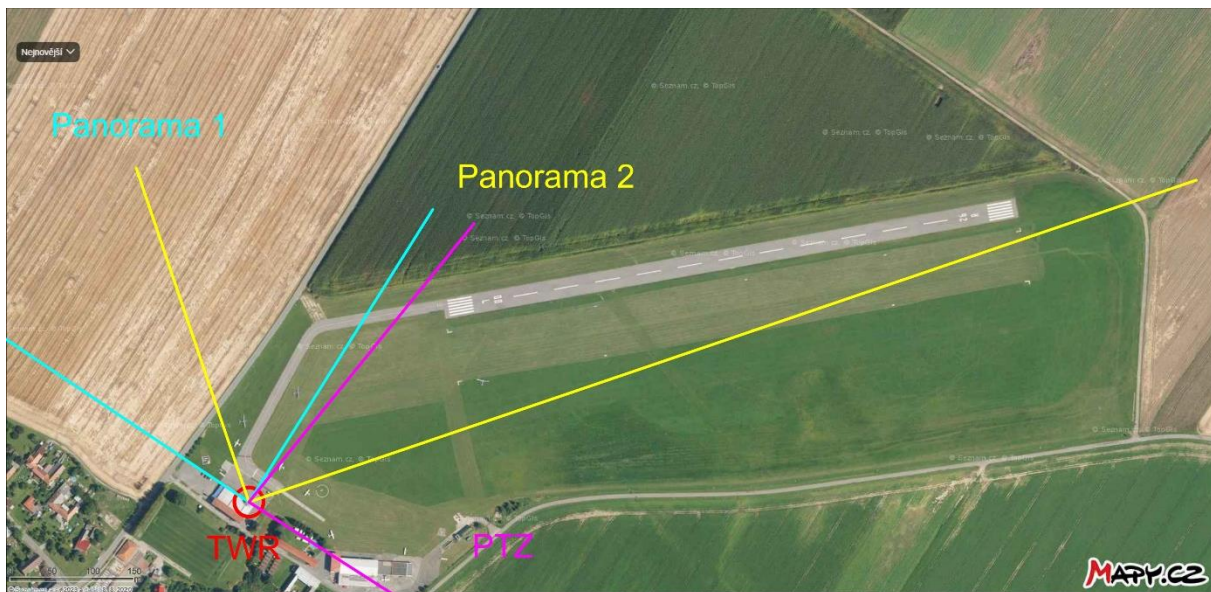
kamer v tabulce č. 7 bylo zjišťováno, zda nastavená kvalita videa bude dostačující pro detekci a rozeznání objektů. Z provedené analýzy vyplývá, že okolní georeliéf letiště na východ ve vzdálenosti přibližně 3,5 km je dostatečně identifikovatelný. Dopravní prostředky na silniční komunikaci na západní straně letiště posloužily pro posouzení nastavení snímkové frekvence tak, aby bylo možné identifikovat pohybující se objekt a zároveň aby tento objekt byl na výstupu vizuálního systému dostatečně plynulý. Místo na letišti s největší vzdáleností od letištní věže bylo identifikováno v podobě východního okraje letiště v blízkosti prahu dráhy 26L a 26R ve vzdálenosti 1,14 km od letištní věže. Vizuální výstup z kamer byl též dostatečný, aby byla zajištěna dostatečně přesná detekce a rozpoznání objektů v této části letiště.

Poslední ověření kamerového systému se týkalo rozboru maximálního úhlu horizontálního záběru. Výsledky jsou publikovány na Obr. č. 9. Červenou kružnicí je vyznačena letištní věž s umístěním kamerového systému. Barvami jsou odlišeny jednotlivé úhly horizontálního záběru. Bylo zjištěno, že úhel záběru je přibližně 90°. Malý nedostatek v přerytí dvou krajních kamer bude vyřešen umístěním PTZ mezi tyto kamery a tím dojde k úplnému panoramatickému pokrytí zorného úhlu 180° s možností vizuální kontroly celého okolí v 360° pomocí otáčení PTZ. Případným nasměrováním statických kamer instalovaných pro přehled na odbavovací ploše též může být zajištěno plné pokrytí zorného pole.

Instalovaný zkušební systém kamer je tedy kvalitativně dostačující pro zapojení do r-AFIS a účasti na stínovém provozu.

Tabulka 7: Parametry Panoramatické a PTZ kamery

Hikvision DS-2CD3686G2-IZS			
Parametr	PTZ	Panorama 1	Panorama 2
rozlišení	3840 x 2160	1920 x 1080	1920 x 1080
snímková frekvence [fps]	15	10	10
kvalita videa	vysoká	střední	střední
max. datový tok [Kbps]	12288	8192	8192
max. průměrný datový tok [Kbps]	6144	4096	4096
komprese	H.265+	H.265+	H.265+
napájení	PoE	PoE	PoE



Obrázek 9: horizontální pokrytí zorného úhlu kamerovým systémem [Zdroj podkladu: Mapy.cz]

Parametry pro přenos a interpretaci videa

Latence videa

Latence neboli časová prodleva mezi záznamem události a následnou prezentací této události operátorovi r-AFIS by měla být zachována co nejnižší, konkrétně dle ED-240A do 1 sekundy viz. tabulka č. 1. Latence by měla být kontrolována v rámci veškerého přenosu dat týkajících se r-AFIS, ne jenom na kamerový vizuální přenos, ale také na přenos zvuku a hlasu. [16]

Snímková frekvence (fps)

Snímková frekvence by měla být na takové úrovni, aby operátor r-AFIS mohl adekvátně poskytovat ATS, mít dostatečný vizuální kontakt s letištěm a okolím letiště a byl schopen dodržet stanovené hodnoty pro detekci a rozpoznání viz. kapitola 2.2.1 „Vzdálenost pro detekci a rozpoznání“.

Poskytování ATS prostřednictvím rTWR bylo regulačně povoleno s 25 a 30 fps. Naproti tomu z výzkumu Německého střediska pro letectví a kosmonautiku (DLR) provedeného pomocí záznamu ze vzdálené věže na letišti Braunschweig-Wolfsburg v rámci snížení snímkové frekvence na 15 fps, 10 fps, 5 fps plyne, že i při takto významném snížení může být zachována integrita vizuálních dat. Pouze při snížení na 2fps účastníci průzkumu uvedli, že provozuschopnost systému a vnímaná kvalita videa není dostačující. [16], [22]



Pro implementaci r-AFIS bude tedy zajištěna minimální snímková frekvence 5 fps pro všechny kamerové systémy. Při pasivním stínovém provozu by mělo být vyzkoušeno do jaké míry lze dělat kompromis mezi snímkovou frekvencí a rozlišením videa.

Upozornění na chybu obrazu

Notifikace dispečerovi r-AFIS je zobrazena, pokud dojde k chybě obrazu, která výrazně ovlivní použitelnost samotného videa. Upozornění by nemělo přijít později než 2 sekundy od doby softwarového zjištění degradace videa. [16]

Parametry pro PTZ

Latence PTZ kamery

Latence neboli prodleva by neměla být větší jak 250 milisekund. [16]

Pohyb PTZ

PTZ kamera Hikvision DS-2CD3686G2-IZS je usazena do pouzdra vyrobeného pomocí 3D tisku. V rámci toho pouzdra jsou použity dva elektro motory, které zajišťují náklon a otáčení kamery. (podrobnější popis a návrh systému PTZ je v Příloze 1). Rychlost otáčení nejspíše nebude dosahovat hodnot stanovených v ED-240A, nicméně použitím výkonnějších motorů by PTZ kamera měla být schopna dosahovat podobných parametrů. Požadavek na polohování a rychlost jsou následující:[16]

- Rychlost otáčení: 60°/s kontinuálně
- Rychlost náklonu: 60°/s kontinuálně
- Polohování – otáčení: maximálně 2 sekundy
- Polohování – náklon: maximálně 2 sekundy

Rychlost otáčení a náklonu je vztažena ke kontinuální otáčení/náklonu kamery. Polohování je určeno maximálním časem, za který PTZ změní polohu o 60° z klidového režimu do klidového režimu bez započítání latence PTZ kamery. [16]

Parametry pro Vizualní sledovací systém a Automatickou PTZ kameru nejsou dále v bakalářské práci stanoveny a rozebrány, neboť se pro pilotní projekt a stínový provoz nepočítá se zapojením těchto vylepšujících technologií.



Parametry integrity celého systému

Doba odezvy integrity

Je doba mezi selháním nebo degradací systému (jakékoliv větší části systému nebo subsystému r-AFIS) a následnou akcí k nápravě systému včetně varování operátora. Doba dle tabulky č. 1 je stanovena na 10 sekund a méně. [16]

Průměrný čas mezi kritickým selháním

Vyjadřuje minimální dobu v délce 20 000 hodin a více mezi ztrátou kriticky důležité funkce systému. [16]

Průměrný čas do opravy

Vyjadřuje maximální dobu v délce 2 hodin a méně mezi lokací daného problému a následnou opravou systému. [16]

Poslední dva parametry jsou určeny doporučenou hodnotou (tyto hodnoty vycházejí z MASPS dokumentu ED-87C pro systém A-SMGCS) namísto minimálního výkonnostního požadavku. Min. požadavek musí být určen s přihlédnutím na strukturu instalovaného r-AFIS samotným operátorem nebo poskytovatelem ANS. [16]

Energetická náročnost (odběr ele. proudu)

Výpočtem odběru celkového odběru ele. proudu a výkonu všech zařízení v RTC a na letišti se zjistí parametr, který později bude využit pro identifikaci výdrže záložního energetického zdroje. [16]

Doba zálohy UPS

Do UPS (uninterruptible power supply) neboli záložního energetického zdroje v podobě baterií jsou zapojeny všechny subsystémy r-AFIS. Zajišťuje okamžité nepřerušované napájení připojených zařízení a nemůže se tedy stát, že krátkodobý výpadek dodávky elektrického proudu z veřejné sítě ochromí systém a znemožní plynulý chod zařízení. Výhodou je také dvojitá konverze elektrického proudu, automatické dobíjení baterií, a hlavně též automatický přechod (by-pass) v případě poruchy baterií, který odpojí baterie a ele. proud tedy teče rovnou z elektrické sítě do zařízení.



Celkem jsou implementovány 3 záložní zdroje:

- UPS FSP Fotron Champ 3K pro datový server v RTC
- UPS Eurocase pro RTM operátora r-AFIS
- UPS Eurocase pro letištní část (přehledový systém, kamerový systém, meteorologická stanice)

Podle zvětšujícího se výkonu zapojených zařízení do UPS lze očekávat menší výdrž při napájení z baterií. Při 100 % zátěži je výdrž pohybuje v nízkých minutách, naopak při zátěži kolem 25 % lze chod čistě jenom na baterie udržet po dobu přibližně 30 minut. Výdrž kolem půl hodiny by už měla být dostačující pro dispečera AFIS, aby mohl po nutnou dobu zachovat vzdálené poskytování ATS, vyhlásit nouzový stav na letišti, uzavřít na nutnou dobu letiště a informovat pověřený technický personál (ATSEP) a pokusit se chybu nebo dodávku elektrické energie obnovit.

2.1.2 Definice parametrů pro přenosy dat

Integrita přenosu dat bude sledována na základě dostupných parametrů používané sítě, přes kterou bude probíhat výměna dat mezi RTC a letištěm. S výše popisovaných možností zajištění optimálního spojení mezi letištěm a RTC bylo vybráno spojení skrze lokálního poskytovatele prostřednictvím bezdrátového připojení. Možnost redundantního přesnou bude v případě výpadku primárního datového zdroje realizována prostřednictvím mobilního internetu, který bude zajišťovat Mikrotik RouterBOARD RBM33G pomocí síťové karty (LTE modemu) R11e-LTE6. RouterBOARD nabízí 2 místa pro simkarty, a proto lze využít dvou rozdílných operátorů pro mobilní připojení. Místo R11e-LTE6 lze slot miniPCI-e RouterBOARDu osadit WIFI kartou a vytvořit tak lokální WIFI připojení. Takovéto redundantní řešení v rámci připojení k internetu je aplikováno jak na letištní subsystém, tak i na subsystém vzdálené věže (RTC včetně serverového a datového centra). Další výhodou použití RouterBOARDu od Mikrotiku je operační systém RouterOS, ke kterému je možné stáhnout aplikaci WinBox a v ní provádět přímo samotná nastavení routeru a analýzy sítě.

Níže jsou uvedeny sledované parametry, které by měly být automaticky monitorovány pro zachování požadované integrity a na vyžádání operátora r-AFIS by měla být možnost tyto aktuální parametry sítě zobrazit na monitorech:

- Objem přenášeného toku dat
- Šířka pásma



- Aktuální dostupná rychlost připojení
- Aktuální poskytovatel internetu (ISP)
- Druh připojení (fixní/bezdrátový/mobilní internet)
- Ztráta paketů – identifikace přetížení datové sítě

Separátně jenom pro přenos vizuálních dat ze všech 5 kamer byla stanovena přibližná maximální hodnota pro objem datového toku na 5 Mbit/s, aby tok nepřekročil maximální šířku pásma, které má být dále ještě využito pro přenos VoIP a RoIP, dat z meteorologické stanice a dat z přehledových systémů ADS-B a Flarm. Datový tok posledních třech zmíněných zařízení již nebude tak velký jako u kamerových systémů. Největší nároky na datový tok bude mít ADS-B s předpokladem do 1 Mbit/s, meteorologická stanice s VoIP telefony a radiostanicemi se předpokládá v rámci desetin Mbit/s.

V rámci kamerového systému je přenášen velký objem paketů kamerového záznamu a je těžké určit a přesně definovat hodnotu maximální ztráty. Řešením by mohlo být použití opakovaného přenosu dat (Retransmission), nicméně kvůli požadované vysoké latenci to není možné. [16]

Zabezpečení datového spojení mezi letištěm a RTC je realizováno zřízenou Virtuální privátní sítí (VPN), která slouží k šifrování a následně poskytuje zabezpečenou soukromou síť a vytváří jakýsi tunel, přes který data mezi letištěm a RTC putují.

2.2 Degradace systému

Degradací systému se obecně rozumí zhoršení kvality systému přes různě frekventované výpadky až po úplnému selhání systému. Z hlediska bezpečnosti není ani jeden typ degradace přípustný, nicméně dosahovat funkčnosti, dostupnosti, kontinuity a integrity ze 100 % je téměř nemožné. Proto je nutné všechny zařízení systému r-AFIS uvažovat s určitou chybovostí, které v mnoha případech nelze předejít, ale po důkladně vypracovaných bezpečnostních analýzách mohou být stanoveny patřičné procedury a postupy, jak zmírnit dopady degradace zařízení na plynulý chod poskytování ATS.

2.2.1 Vliv degradace prvků na chod systému

Před spuštěním stínového provozu je třeba připravit bezpečnostní analýzy, v rámci kterých je nutné evaluovat všechna začleněná zařízení do systému r-AFIS. Pomocí těchto analýz lze



následně stanovit procedury a provozní postupy při degradaci jednotlivých prvků, které budou sloužit dispečerovi r-AFIS jako metodika pro stanovení závažnosti a kritičnosti poruch.

Tabulky níže obsahují plný výčet instalovaných zařízení. Následně jsou tyto zařízení ohodnocena od 1 do 5 podle své důležitosti pro chod celého systému, respektive kritičnosti při výpadku. Číslem 1 jsou označeny prvky systému s nejvyšší důležitostí, čísla 2-5 jsou odstupňovány až po ty nejméně kritické pro chod systému při degradaci a výpadku.

Tabulka 8: Rozdělení prvků serverového a datového rozvaděče RTC dle kritičnosti při degradaci

RTC – datový rozvaděč server	
Kritičnost	zařízení
5	Ventilační jednotka
5	UTP patch panel
1	Cloud Router Switch CSS326-24G-2S+
1	Router hAP ac
2	Routerboard RBM33G (R11e-LTE6)
2	Pobočková telefonní ústředna (PBX)
2	AFIS Server ProLiant DL385
1	UPS modul
5	Power panel

Tabulka 9: Rozdělení prvků v RTM dle kritičnosti při degradaci

RTC – RTM	
Kritičnost	zařízení
1	PC
1	UPS modul
1	6x monitor Dell SE2723DS
4	myš
4	klávesnice
4	sluchátka
4	reproduktory
2	VoIP Telefony (3x)
4	gamepad ovladač PTZ
4	multifunkční kontroler



Tabulka 10: Rozdělení prvků v letištním rozvaděči dle kritičnosti při degradaci

Letištní datový rozvaděč	
Kritičnost	zařízení
5	Ventilační jednotka
5	ADS-B in přijímač + antény GPS, 1090 Mhz
5	TRL-Dongle + 868 Mhz anténa
2	RouterBoard RBM33G (karta R11e-LTE6+2HnD)
2	2x pozemní letecká radiostanice ICOM
2	Pobočková telefonní ústředna (PBX)
1	Poe Switch GSD-1008HP
3	NAS
1	UPS modul

Tabulka 11: Rozdělení prvků přehledového systému dle kritičnosti při degradaci

Kamerový + Meteo systém	
Kritičnost	zařízení
1	PTZ kamera DS-2CD3686G2-IZS
1	2 x panorama kamera DS-2CD3686G2-IZS
3	2 x statická kamera DS-2CD2083G2-IU
2	Meteo zařízení
2	Instalační krabice Meteo s elektronikou

2.2.2 Indikační a informační systémové postupy pro operátora r-AFIS

Pokud delší dobu na letišti nebude zaznamenán pohyb a meteorologické podmínky se nebudou výrazně měnit, operátor r-AFIS může mít pocit, že přenos videa není aktuální a že se například dívá na zaseknutý snímek videa. Proto je nutné formou PiP (Picture in Picture) zavést do přijímaného obrazu indikátor aktuálnosti videa (Stay live indicator), který bude informovat operátora, že má k dispozici živý kamerový přenos. Indikátor například může vycházet z testování latence sítě mezi rozhraním letištním a serverovým v RTC pomocí testu odezvy (ping). Jednou za určitou dobu (v řádu sekund) se vyšle pomocí funkce ping dotaz na zařízení (například na místní router) v datovém rozvaděči na letišti a pokud server v RTC obdrží zpětnou odpověď, znamená to, že letištní rozhraní je připojeno a komunikuje.

Indikace z meteostanice bude řešena formou PiP, kdy se na monitorech prezentující vizuální OTW pohled na letiště zobrazí malé okno s meteorologickými informacemi. Takovéto řešení



operátorovi r-AFIS usnadní a vylepší situační orientaci, kdy meteorologické informace nebude nucen hledat na jiných monitorech a budou vloženy přímo v přenosu videa.

Dle výše navržené bezpečnostní analýzy v podobě přiřazení každému prvku systému určitou číslici označující kritičnost a závažnost situace by systém měl obsahovat software pro evaluaci dané poruchy a následné signalizaci operátorovi. Software by měl sám vyhodnotit dle přiděleného očíslování závažnost situace a okamžitě indikovat na monitorech nastalou degradaci. Při využití vylepšeného a pokročilého software v podobě safety nets uzpůsobeného pro provoz r-AFIS by software měl automaticky kontrolovat výše zmíněné parametry pro přenosy dat současně s funkčností a připojením všech zařízení a na základě predikce dopředu operátora informovat o možné blížící se degradaci formou výstražného okénka doplněného o zvukový alarm.

2.2.3 Provozní postupy pro zachování integrity poskytování služby r-AFIS

V případě degradace prvků systému r-AFIS musí být určeny přesné postupy pro operátora, aby byla zajištěna především bezpečnost provozu na letišti a v jeho okolí. Při stínovém provozu a při pilotních zkouškách bude nutné zajistit během provozních hodin letiště přítomnost technického personálu na letišti (ATSEP), který bude schopen v případě degradace zařízení na letišti reagovat na daný problém. Takováto osoba by měla být vyškolená a schopna obsluhovat letištní zařízení r-AFIS. Ke spojení s operátorem v RTC by měl postačovat mobilní telefon, neboť radiostanice nebo telefony VoIP mohou být právě postiženy degradací systému.

Procesní a provozní postupy při degradaci na základě navrženém systematickém posouzení kritičnosti degradace a integrity:

Degradace prvků s kritickým číslem 1:

Do této kategorie spadají nejdůležitější zařízení, bez kterých zachování provozu a minimální integrity není možné. Patří sem kamerový systém (PTZ a panoramatické kamery), PC s monitory, routery a switch pro datové připojení a UPS neboli záložní energetický zdroj. Při výpadku těchto zařízení by operátor okamžitě zareagovat a informovat ATSEP na letišti, případně předat řízení konvenční věži na letišti a dočasně ukončit vzdálené poskytování ATS.



Degradace prvků s kritickým číslem 2:

Zařízení spadající do kritické kategorie 2 jsou instalována tak, aby při degradaci bezprostředně neohrozili bezpečnost a chod zařízení kategorie 1, nicméně též platí nutnost informovat ATSEP v rámci letištního vybavení. Patří sem meteorologická stanice a elektrotechnická výbava k ní, veškerá zařízení pro hlasovou komunikaci, RouterBoardy jako záložní přístup k datové mobilní síti a AFIS server s úložištěm dat. Meteorologické informace lze převzít z jiných meteorostanic v okolí, případně pomocí PTZ kamery lze pozorovat též letištní ukazatel směru a rychlosti větru TWI nebo vizuálním kontaktem s okolním georeliéfem lze přibližně určit přízemní dohlednost. Mobilní telefon bude zajišťovat náhradní ground-to-ground komunikaci, pro komunikaci air-to-ground je možno implementovat vzdáleně ovládanou světlometku blízkosti stožáru s kamerami.

Degradace prvků s kritickým číslem 3:

Kritická kategorie zařízení s číslem 3 obsahuje pouze obě statické kamery, které slouží pro vizuální kontakt s odbavovací plochou a NAS (Network Attached Storage) neboli chytré datové úložiště na letišti, kde je přístup k zálohovaným datům kamer a hlasové komunikace. Obě zařízení se nacházejí na letišti, tudíž je opět nutnost informovat ATSEP a případně regulovat provoz na odbavovacích plochách v případě, že PTZ kamerou není možné tyto plochy dostatečně vizuálně pokrýt místo statických kamer.

Degradace prvků s kritickým číslem 4:

Kategorie 4 obsahuje všechny ovládací prvky operátora r-AFIS připojené k PC. Chybu některého ze zařízení si dispečer bude řešit sám například výměnou vadného prvku nebo redundantním řešením ovládní. Funkce ovládní PTZ je ze všech nejdůležitější, proto by mělo být dostupné redundantní ovládní například pomocí kontroleru, joysticku, klávesnice a případně pomocí myši použitím softwarového rozhraní pro ovládní.

Degradace prvků s kritickým číslem 5:

U degradace zařízení se stupněm integrity 5 se nepředpokládá jakékoliv bezprostřední nebezpečí ohrožení vzdáleného poskytování ATS. UTP panel může být z instalace zcela vynechán, ventilační jednotka v rozvaděči poskytuje informaci o teplotě zařízení a v případě výpadku jí lze nahradit externí klimatizací, kterou lze ovládat vzdáleně. Přijímač ADS-B dat je dodán pouze pro zlepšení pokrytí v okolí letiště v rámci začlenění do současné sítě ADS-B přijímačů laboratoře ATM Ústavu letecké dopravy na ČVUT. Jelikož se využití přehledových



dat z přijímače pro poskytování informací na stanovišti r-AFIS neočekává, tak v případě poruchy nebo nadměrného toku dat lze zařízení na určitou dobu odstavit z provozu. Nevyžaduje se tedy žádná bezprostřední aktivita od operátora.

2.3 Aplikovatelnost v podmínkách letišť ČR

Možné využití služby r-AFIS na řízených letištích

Pokud na letišti je poskytována vzdálená Letištní služba řízení r-TWR, tak by finančně, ani provozně nedávalo smysl použití služby r-AFIS pro takovéto letiště. Pokud na řízeném letišti bude poskytována Letištní služba řízení konvenční věží, tak by například dávalo smysl omezit dobu Letištní služby řízení a v době nečinnosti této služby poskytovat službu r-AFIS, jak už v režimu Single remote Tower, tak i například v režimu Multiple remote Tower.

V Kunovicích najdeme neveřejné mezinárodní letiště – LKKU, které by do takového formátu zapadalo, tedy kde se poskytuje služba TWR po omezenou dobu a po zbytek provozní doby je zřízena služba AFIS na vyžádání. Při zřizování vzdáleného poskytování ATS by v úvahu přicházela implementace služby r-TWR, která by například mohla pokrýt celou provozní dobu letiště a odstranila by požadavky na případnou koordinaci mezi TWR a službou r-AFIS.

Dalším takovýmto příkladem pro implementaci vzdáleného poskytování ATS prostřednictvím služby r-AFIS by v budoucnu mohlo být veřejné vnitrostátní letiště a neveřejné mezinárodní letiště v Českých Budějovicích (LKCS), kde je aktuálně v provozní době poskytována služba AFIS pro provoz VFR i IFR, čímž je toto letiště unikátní, neboť je aktuální jediným neřízeným letišťem v České republice, kde se využívají publikované IFR postupy. Nicméně dle dostupných informací a údajů bude v budoucnu na letišti instalována služba r-TWR, která bude poskytována ze vzdáleného RTC. LKCB budou tak prvním letišťem v ČR, kde bude tato vzdálená služba zavedena a v budoucnu by tedy mohlo v rámci úspor dojít i k Multiple remote Tower režimu, kdy by RTC mohlo vzdálenou Letištní službu řízení poskytovat více regionálním letištím, mezi které se řadí Karlovy Vary (LKKV), Brno (LKTB) a Ostravu (LKMO).

Možné využití služby r-AFIS na neřízených letištích

Využití služby r-AFIS je v podmínkách letišť ČR hlavně přizpůsobeno pro neřízená letiště s malým až středním velkým VFR den provozem. Prvotní nákup potřebných zařízení a instalace se jeví jako finančně náročná pro menší letiště vybavena službou RADIO. Nicméně pokud by došlo k certifikaci provozního módu Multiple remote Tower, kdy by z jednoho RTC mohlo být poskytováno ATS vícero letištím jedním dispečerem najednou, poté by



implementaci pro neřízená letiště mohla být finančně zajímavá. Na výběr letišť pro implementaci lze pohlížet dvěma způsoby ohledně délky provozní doby. Pokud letiště mají provozní dobu například jenom dva dny v týdnu o víkendových dnech (LKZM, LKUO, LKCH atd.), tak mohou mít problém pouze na tyto dva dny pokrýt provozní dobu, nebo naopak je snaha jejich provozní dobu rozšířit. Oběma možnostem by provoz r-AFIS pomohl ve vyřešení jejich problému/požadavku. Zde se naskýtá provést analýzu a kontaktovat jednotlivá neřízená letiště, zda by měly o vzdálené poskytování ATS zájem, nicméně prvotním krokem je dokončit prvotní pilotní projekt, úspěšně projít stínovým provozem a nabýt nové zkušenosti a ty opět zakomponovat do systému, který by poté měl být připraven k certifikaci. V takovém stavu již bude větší možnost oslovit více neřízených letišť a systém r-AFIS jim z technickoprovozní stránky ukázat v reálném provozu.



3. Závěr

V bakalářské práci bylo zhodnoceno několik aspektů týkajících se poskytování ATS formou r-AFIS. Většina práce představuje systém r-AFIS z pohledu integrity, tj. celistvosti systému. Na základě výše popsaných prvků systému hardwaru a softwaru použitého pro vzdálenou službu AFIS lze vidět, že použitím levnějšího vybavení oproti r-TWR lze dosáhnout dostačující kvality. V práci byly představeny technologické informace získané z aktuálně dostupných evropských dokumentů pro vzdálené věže od společností SESAR, EASA atd. Stěžejním a velmi důležitým prvkem práce bylo zakomponování dokumentu od EUROCAE ED-240A, ze kterého byly využity parametry pro zajištění minimální integrity a výkonnosti vizuálních kamerových systémů r-AFIS. Kromě samotné náplně zadání bakalářské práce byl v práci v malé míře představen koncept provozu pro lepší a snadněji osvětlení základní problematiky vzdáleného poskytování ATS, jak už formou r-TWR, tak i nově navrhovanou formou r-AFIS.

V praktické části byl navržen výčet parametrů pro identifikaci minimální integrity a výkonnosti zařízení. Dále byla provedena analýza kritičnosti výpadku zařízení při degradaci prvků systému r-AFIS. V poslední řadě byl celý letištní subsystém umístěn na letišti LKMK, ze kterého proběhly první simulační testy pro přenos dat a zhodnocení kvality kamerového systému.

V závěru by bylo patřičné zmínit, že bakalářská práce se nepřímo účastní na projektu AFISTECH, na kterém se FD ČVUT, Ústav letecké dopravy podílí formou hlavního řešitele a spolupracuje s dalšími spoluúčastníky. Cílem toho projektu je zlepšit kvalitu služeb AFIS a RADIO, a to pomocí analýzy a výzkumu v rámci digitalizace a automatizace těchto služeb. Projekt by měl v poslední fázi, kdy budou všechna zařízení nakoupena a simulačně vyzkoušena, projít validací formou vzdáleného poskytování služby AFIS na letišti v Benešově (LKBE).

Práce byla zhotovena za účelem nejen přispět do projektu AFISTECH, ale také ukázat zase jiný pohled na vzdálené poskytování ATS a jeho možnou budoucí implementaci na neřízených letištích v České republice. Práce položila technické základy systému r-AFIS, a tím zároveň otevřela dveře dalším tématům, která budou zajisté hlavním nosným bodem při následné certifikaci a validaci r-AFIS v ČR. Například může jít o kompletní výzkum z hlediska lidské výkonnosti a lidského faktoru při umístění dispečera r-AFIS do RTM namísto konvenční letištní věže nebo soupis kompletního provozního konceptu r-AFIS s přímým návrhem legislativních a regulačních změn národních předpisů za účelem certifikace. S velký pokrokem digitalizace



v ATS již bylo ve světě představeno a úspěšně implementováno několika funkčních zařízení r-TWR. Dveře jsou tedy otevřeny novým možnostem a záleží, jak se k těmto novým změnám postaví letiště a zda budu ochotny tyto nové technologie zahrnout do svých služeb na letišti.



Seznam použité literatury

- [1]. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, Aim.rlp.cz. Letecký předpis L 10/I: O civilní letecké telekomunikační službě svazek i – radionavigační prostředky [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-10i/index.htm>
- [2]. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. Aim.rlp.cz. Letecký předpis L 11 [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-11/index.htm>
- [3]. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 73/2010, kterým se stanoví požadavky na jakost leteckých dat a leteckých informací pro jednotné evropské nebe [online]. 2010, 27.1.2010 [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R0073>
- [4]. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, Aim.rlp.cz. Letecký předpis L 15: O letecké informační službě [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-15/index.htm>
- [5]. The EU Space Programme: What is GNSS? EUSPA [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://www.euspa.europa.eu/european-space/eu-space-programme/what-gnss>
- [6]. ICAO. *Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual: Doc 9849* [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://www.icao.int/meetings/anconf12/documents/doc.%209849.pdf>
- [7]. ESA NAVIPEDIA. Integrity. ESA [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://gssc.esa.int/navipedia/index.php?title=Integrity>
- [8]. SKYbrary: PBN [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: [https://www.skybrary.aero/index.php/Performance_Based_Navigation_\(PBN\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Performance_Based_Navigation_(PBN))
- [9]. ICAO. Performance-based Navigation (PBN) Manual: Doc 9613, Third Edition — 2008 [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://www.icao.int/sam/documents/2009/samig3/pbn%20manual%20-%20doc%209613%20final%205%2010%2008%20with%20bookmarks1.pdf>
- [10]. PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1035/2011: Úřední věstník Evropské unie [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1035&qid=1691356996419>
- [11]. PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/373: Úřední věstník Evropské unie [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0373&from=IT>



- [12]. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, Aim.rlp.cz. *Letecký předpis L4444: Postupy pro letové navigační služby uspořádání letového provozu* [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0373&from=IT>
- [13]. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, Aim.rlp.cz. *Letecký předpis L2: Pravidla létání* [online]. [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/index.htm>
- [14]. FREQUENTIS. Whitepaper: Introduction to remote virtual tower [online]. 2016 [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2018-02/RVT_whitepaper.pdf
- [15]. Working Groups. EUROCAE [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.eurocae.net/about-us/working-groups/>
- [16]. EUROCAE WG-100 "Remote & Virtual Tower (RVT)": ED-240A – Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for Remote Tower Optical Systems. October 2018.
- [17]. SESAR JU. D02/D04 OSED for Remote Provision of ATS to Aerodromes, including Functional. Specification [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/solution/Sol71%204_Single_Remote_Tower_OSED.pdf
- [18]. CANSO. CANSO Guidance Material for Remote and Digital Towers [online]. 2021 [cit. 2023-08-06]. Dostupné z: <https://canso.org/publication/canso-guidance-material-for-remote-and-digital-towers/>
- [19]. EASA. Guidance Material on the implementation of the remote tower concept for single mode of operation: Annex to ED Decision 2015/014/R [online]. 2015 [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/18782/en>
- [20]. EASA. Guidance Material on remote aerodrome air traffic services: Issue 3 [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/gm-remote-tower-operations-1>
- [21]. Aeroklub Moravská Třebová: O aeroklubu [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <https://www.lkmk.com/>
- [22]. ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU ČR, S. P. VFR příručka: LKMK–Moravská Třebová [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/lkmk_text_cz.html



- [23]. JAKOBI, Jörn a Maria HAGL. Effects of Lower Frame Rates in a Remote Tower Environment: MMEDIA 2018: The Tenth International Conference on Advances in Multimedia. ISBN 978-1-61208-627-9.
- [24]. FSP/Fortron UPS CHAMP 3K rack 2U, 3000 VA/2700 W, online: RunTime [online]. [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: https://www.optima.cz/fsp-fortron-ups-champ-3k-rack-2u-3000-va-2700-w-online_i748069



Seznam tabulek

Tabulka 1: Výkonnostní parametry na Optický kamerový systém dle ED-240A	26
Tabulka 2: Výpis prvků serveru v RTC	42
Tabulka 3: Výpis prvků RTM.....	42
Tabulka 4: Výpis prvků letištního vybavení	43
Tabulka 5: Externí přehledový systém + Meteorologická stanice s elektroinstalací	44
Tabulka 6: Návrh tabulky pro provedená analýzy zjištění vzdálenosti detekce a rozpoznání	49
Tabulka 7: Parametry Panoramatické a PTZ kamery	50
Tabulka 8: Rozdělení prvků serverového a datového rozvaděče RTC dle kritičnosti při degradaci	56
Tabulka 9: Rozdělení prvků v RTM dle kritičnosti při degradaci.....	56
Tabulka 10: Rozdělení prvků v letištním rozvaděči dle kritičnosti při degradaci	57
Tabulka 11: Rozdělení prvků přehledového systému dle kritičnosti při degradaci.....	57



Seznam obrázků

Obrázek 1: Stanfordův diagramu [7]	12
Obrázek 2: Zjednodušený návrh komunikace prvků systému vzdálené věže pro Optický kamerový systém [16]	24
Obrázek 3: Schématické znázornění Multiple remote TWR provozu vzdálené věže [17]	31
Obrázek 4: Různé módy CWP v rámci jednoho RTM [17]	31
Obrázek 5: Schéma datového rozvaděče v RTC [Zdroj: vlastní]	43
Obrázek 6: Schéma datového rozvaděče na letišti s kamerovým vybavením [Zdroj: vlastní]	44
Obrázek 7: Síťové zapojení prvků v RTC [Zdroj: vlastní]	46
Obrázek 8: Síťové zapojení prvků na letišti [Zdroj: vlastní]	47
Obrázek 9: horizontální pokrytí zorného úhlu kamerovým systémem [Zdroj podkladu: Mapy.cz]	51



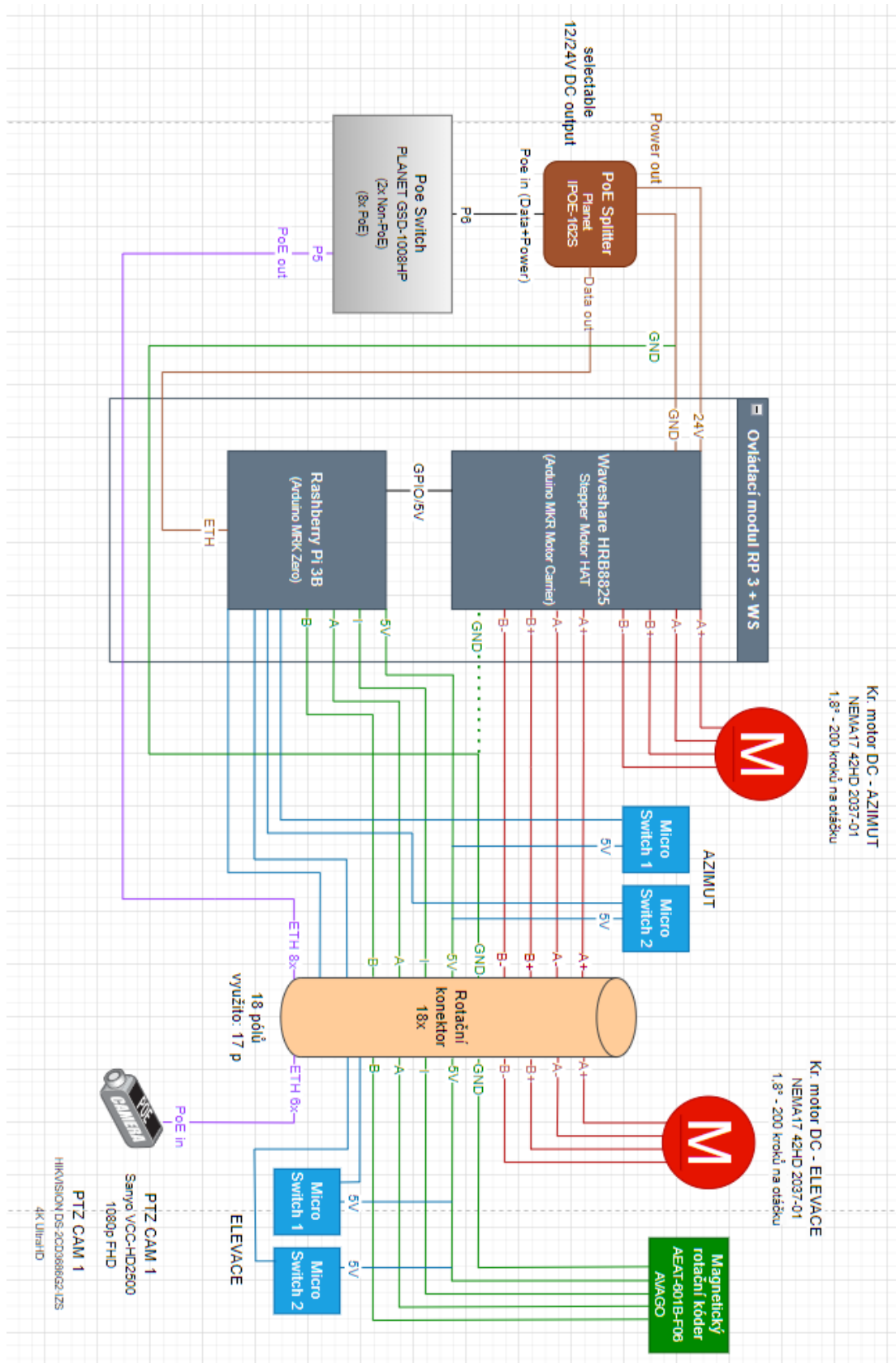
Seznam příloh

Příloha 1 – Návrh systémových prvků pro zapojení PTZ kamery

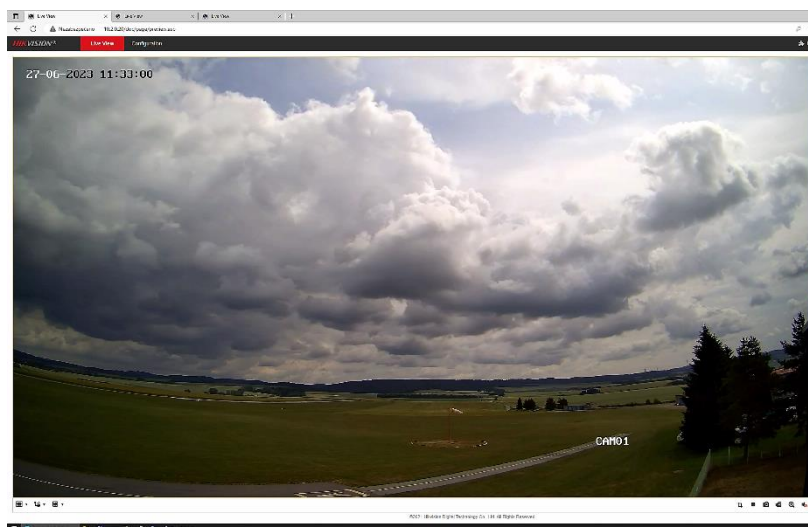
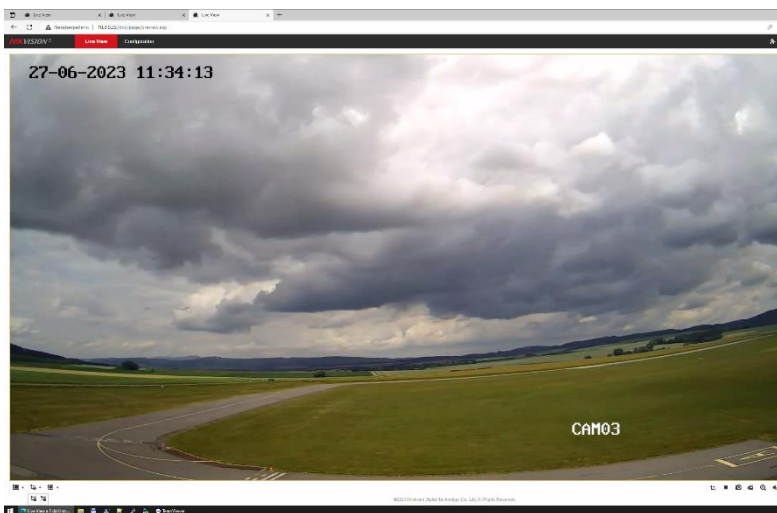
Příloha 2 – Presentace PTZ a Panoramatické kamery Hikvision zapojené na LKMK

Příloha 3 – Síťové zapojení přehledového systému ADS-B Radarcape na letišti

Příloha 1 – Návrh systémových prvků pro zapojení PTZ kamery



Příloha 2 – Prezentace PTZ a Panoramatické kamery Hikvision zapojené na LKMK



Příloha 3 – Síťové zapojení přehledového systému ADS-B Radarscape na letišti

