

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

IDENTIFIKACE POHYBŮ NA LETIŠTNÍ PLOŠE

MOVEMENTS IDENTIFICATION ON AERODROME GROUND

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR BURIÁN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. VIKTOR SOTONA, MBA

BRNO 2008

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je zpracovat problematiku týkající se Identifikace pohybů po provozních plochách letišť, popsat dostupné technologie, které se při řešení této problematiky dají uplatnit. Dále popsat technické vybavení konkrétního letiště se zaměřením na identifikaci pohybů na letištní ploše a zpracovat ekonomickou analýzu týkající se zavedení těchto systémů na konkrétním letišti a to nejen z hlediska pořizovacích nákladů, ale také z hlediska celoživotního cyklu.

Předložená práce obsahuje analýzu důvodů, proč je zavedení automatizovaných systémů výhodné. Popisuje možnosti použití současných technologií, od těch nejzákladnějších až po ty nejmodernější. Popisuje technické vybavení letiště Praha-Ruzyně systémy se zaměřením na sledování pozemních pohybů a popisuje také postupy složek ŘLP při řízení pozemních pohybů. Ekonomická analýza automatizovaných systému na sledování pohybů na letištních plochách je zpracována pro letiště Praha-Ruzyně.

ABSTRAKT

The diploma thesis objective is to analyze the problematic of movements identification on aerodrome ground, to describe present technologies, which can be used for solving problematic of identification. Describe technical equipment of some airport with concern on problematic of movements identification on aerodrome ground and to elaborate financial analysis about implementation of automatized systems for movements identification, not only in term of purchase costs , but also in term of whole life-cycle of the product.

The focus of my diploma thesis is to analyze the reasons why should be the implementation of this system profitable for the Air navigation services providers. What would be the benefints for them. Describing the possibilities of present technologies, from the basic ones to the most sophisticated technologies. Describing technical equipmnet of Prague – Ruzyne (LKPR) airport an also giving detailed information about operational procedures of Air Traffic Controllers. Cost Benefit analysis is elaborated for the Prague – Ruzyne (LKPR) airport

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

KLÍČOVÁ SLOVA

sledování pohybů po letištní ploše, CNS, automatizované systémy, A-SMGCS

KEY WORDS

movements tracking on aerodrome ground, CNS, automatic systems for identification on aerodrome ground, A-SMGCS

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BURIÁN, P. *Identifikace pohybů na letištní ploše*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Viktor Sotona, MBA.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Identifikace pohybů na letištní ploše“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně 23.5.2008

.....
Petr Burián

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

PODĚKOVÁNÍ

Tímto velmi děkuji všem, kdo se podílel na tvorbě mé diplomové práce, zejména pak mému vedoucím Ing. Viktoru Sotonovi, MBA ze společnosti ERA a.s. za výraznou pomoc v technických aspektech systému A-SMGCS. Dále pak Ing. Janu Kubíčkoví z ŘLP ČR s.p. za cenné rady a připomínky a v neposlední řadě také Ing. Petru Šoulákovi z ŘLP ČR s.p. za rady a náměty ohledně ekonomických aspektů systému A-SMGCS.

OBSAH

OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1. A-SMGCS.....	10
1.1. A-SMGCS Úvod.....	10
1.2. Historie A-SMGCS.....	10
1.3. Koncepce A-SMGCS (Funkce).....	11
1.4. Popis jednotlivých úrovní konfigurace A-SMGCS.....	13
1.4.1. Level I.....	13
1.4.2. Level II.....	14
1.4.3. Level III.....	15
1.4.4. Level IV.....	16
1.5. Základní funkční elementy A-SMGCS.....	17
1.5.1. Přehledová funkce (Surveillance).....	17
1.5.2. Monitorování a Výstraha.....	18
1.5.3. Funkce Naváděcí (Guidance).....	18
1.5.4. Funkce plánování tratě (Route Planning).....	18
1.6. Analýza důvodu zavedení systému A-SMGCS.....	19
1.7. Výhody systému A-SMGCS.....	21
2. Použité technologie.....	22
2.1. Nespolupracující technologie.....	22
2.2. Spolupracující systémy.....	23
2.3. Závislé systémy.....	24
2.4. Systém zpracování dat.....	24
2.5. Pozemní přehledový radar.....	25
2.5.1. Technické aspekty pozemního přehledového radaru (SMR).....	25
2.5.2. Princip činnosti primárního radaru.....	26
2.5.3. Tradiční Letištní Radarová Technologie.....	28
2.5.4. Pozemní přehledový radar DSRM 800.....	28
2.5.5. Pozemní přehledový radar DSRM 800 úvod.....	28
2.5.6. Požadavky na Pozemní přehledový radar.....	29
2.5.7. Milimetrový RADAR.....	30
2.5.8. Systém pozemního přehledového radaru.....	31
2.5.9. Schopnosti pozemního přehledového radaru DSRM-800.....	31
2.5.10. Ostatní aplikace na letištního přehledového systému . Chyba! Záložka není definována.	
2.5.11. Vyplňování mezer v pokrytí.....	31
2.5.12. Bodové sledování nebo sledování kritických míst.....	31
2.5.13. Přírůstkové sledování.....	32
2.5.14. Detekce cizích objektů.....	32
2.5.15. Údržba a Spolehlivost.....	32
2.6. MLAT.....	33
2.6.1. Základní princip Multilaterace.....	33
2.6.2. Princip.....	33
2.6.3. Aplikace na letištích.....	35
2.6.4. Přesnost Multilaterace.....	35
2.7. ADS-B.....	36
2.7.1. Architektura ADS-B.....	37
2.8. SQUID.....	38
2.9. Porovnání systémů ADS-B a MLAT.....	40
2.10. Fúze dat u systému A-SMGCS.....	42
3. Systém A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně.....	43
3.1. Architektura systému A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně.....	43
3.1.1. Přehledové senzory.....	44
3.1.2. NOVA 9000 Systém A-SMGCS.....	44
3.2. Předepsané postupy RLP s použitím A-SMGCS.....	47
3.2.1. A-SMGCS Provozní úroveň.....	47
3.2.2. Provozní stavy A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně.....	47

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

3.2.3.	Činnosti	47
3.2.4.	Identifikace	48
3.3.	Provoz A-SMGCS	49
3.3.1.	Konfigurace zobrazení	49
3.3.2.	Provozní postupy při manuálním označení cíle	50
3.4.	Provozní postupy	51
3.4.1.	Přehledová funkce (Surveillance)	51
3.4.2.	Varovná funkce (Control)	52
3.5.	Povinnosti a práva jednotlivých funkcí	53
3.5.1.	TSC – Tower Senior Controller	53
3.5.2.	CDD – Clearance Delivery Dispatcher	53
3.5.3.	GEC – Ground Executive Controller	53
3.5.4.	TEC – Tower Executive Controller	54
3.5.5.	TPC – Tower Planning Controller	54
3.6.	Nouzové postupy (Provozní poruchy systému A-SMGCS)	55
3.6.1.	Porucha primárního radaru SMR	55
3.6.2.	Porucha P3D-AS	55
3.6.3.	Úplná porucha ASMGCS	55
4.	Ekonomické zhodnocení zavedení automatizovaných systémů	56
4.1.	Pořizovací náklady na systém A-SMGCS	56
4.1.1.	Získání informací od nespolupracujících cílů	57
4.1.1.1.	Pozemní přehledový radar	57
4.1.2.	Získání informací od spolupracujících cílů	58
4.1.2.1.	Náklady na systém MLAT	58
4.1.2.2.	Náklady na vybavení vozidel	58
4.1.3.	Systém zpracování dat / uživatelské rozhraní	59
4.1.3.1.	Systém zpracování dat	59
4.1.3.2.	Náklady na uživatelské rozhraní	60
4.2.	Celkové náklady	61
4.2.1.	Náklady pro poskytovatele letových provozních služeb	61
4.2.2.	Náklady provozovatele letiště	62
4.3.	Finanční zhodnocení přínosu systému A-SMGCS	63
4.3.1.	Zvýšení kapacity letiště	63
4.3.2.	Efektivita poskytovaných služeb	64
4.3.3.	Zvýšení bezpečnosti	65
4.3.4.	Souhrnné zhodnocení přínosů	66
4.4.	Vyhodnocení ekonomické analýzy pro A-SMGCS Level I a Level II	67
ZÁVĚR		69
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		70
SEZNAM PŘÍLOH		73
PŘÍLOHY		74

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

ÚVOD

Tato diplomová práce poskytuje čtenáři přehled o principech funkce systému A-SMGCS, který je využíván k identifikaci pozemních pohybů na letištních plochách. Jedná se o komplexní systém sestávající se z různorodých zařízení, popis těchto jednotlivých zařízení jenž se využívají v systému A-SMGCS jsou součástí této práce také a jsou zde také uvedeny jejich technické specifikace a podmínky, za jakých je možno je sdružit do tak složitého zařízení, jímž bezesporu systém A-SMGCS je. U těchto jednotlivých zařízení je nezbytné zajistit jejich téměř bezchybný provoz, poněvadž se jedná o zařízení na kterých závisí lidské životy a také velké finanční ztráty způsobené jejich nedokonalým či chybným fungováním. A naopak finančními přínosy při jejich bezchybném fungování.

V druhé části mé diplomové práci je popsáno technické a provozní vybavení letiště Praha-Ruzyně týkající se problematiky identifikace pohybů po pozemních plochách letiště, jsou zde také uvedeny příslušné postupy složek řízení letového provozu při využití systému A-SMGCS.

V poslední části mé diplomové práci se zabývám ekonomickým hodnocením zavedení takového systému na Letišti Praha-Ruzyně, dobou návratnosti vložených investic a celkového dopadu na zvýšení bezpečnosti a plynulosti dopravy na pozemních plochách letiště.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

1. A-SMGCS

1.1. A-SMGCS Úvod

Vzhledem k rostoucí hustotě provozu na letištích jsou zaváděny aplikace, které pomáhají řídicím optimálně a bezpečně řídit provoz a v budoucnu budou schopny pomocí propojení s dalšími systémy většinu těchto aktivit od dispečerů převzít. Plánovací podsystémy letištních přehledových systémů - Aplikace, která je částí vyvíjeného systému A-SMGCS na základě informací o stavu letiště, provozu na něm a poloze mobilního prostředku operativně plánuje optimální trasy dopravních prostředků po provozních plochách letiště např. z místa přistání až ke stojánce. Společně se zabezpečovacími aplikacemi systému A-SMGCS má velký vliv na zvýšení bezpečnosti a rychlosti provozu na letišti.

Základním cílem přehledového systému je informovat o pozici a identifikaci všech pohybujících vozidel a letadel v reálném čase, se zajištěnou spolehlivostí poskytovaných údajů. Žádná současná technologie, dokonce ani ten nejsofistikovanější radar, nemůže zobrazovat pozici a identifikaci všech pohybujících se vozidel a letadel v tom samém čase. Prakticky jediná cesta jak dosáhnout tak vysokého stupně pokrytí je použití několika sledovacích technologií a několika doplňujících se technik společně, aby bylo možno dosáhnout požadovaného výsledku. Takto zjištěná data budou nadále použita v různých A-SMGCS modulech.

1.2. Historie A-SMGCS

Základní myšlenky systému, který může poskytovat ucelený nástroj ke kontrolování dopravy na letištní ploše a v jeho blízkosti se objevily v sedmdesátých letech minulého století. Hlavním důvodem vybudování tohoto systému bylo zvýšit přehled a predikci konfliktů. V roce 1974 byly první návrhy takového systému byly prezentovány ICAO a několik nezávislých dokumentů pod souhrnným názvem Surface movement guidance and control system (SMGCS). Předchůdce systému Advanced Movement Guidance and Control system (A-SMGCS) byl publikován v roce 1986 (Doc. 9476 SMGCS). SMGCS postupy byly ustanoveny na základě pravidla "Vidět a být viděn". Za podmínek nízké viditelnosti, byly řídicí letového provozu odkázáni na hlášení poloh od posádek letadel pomocí radiotelefonie. Kromě Radiotelefonie zde ještě byly systémy pozemní světelné soustavy, jako např. STOP příčky, dráhová naváděcí soustava, vozidla FOLLOW ME, které poskytovaly zlepšenou orientaci mobilním prostředkům na letištní ploše. Nicméně, v případě špatné orientace řídicího letového provozu, hlavně při snížené viditelnosti, stupeň bezpečnosti poklesl a to mohlo vést k potenciálnímu konfliktu.

V důsledku zvyšování provozu, jsou také zvyšovány požadavky na úroveň bezpečnosti a také požadavky na spolehlivost jednotlivých systémů. Z tohoto důvodu bylo pozdější rozvíjení systému SMGCS nevyhnutelné, protože jedním z hlavních vstupů do tohoto systému byly údaje z pozemního přehledového radaru (SMR). Avšak na SMR mohou negativně působit vnější vlivy (např. déšť, nebo travnatá plocha letiště), zobrazovaná informace z tohoto důvodu může být chybná, a nejvyšší

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

úroveň kvality poskytovaných služeb nebyl vždy zajištěna. Nové kooperativní technologie, zejména multilaterační systém tj. multilaterace a sekundární přehledový radar (SSR) urychlily vývoj tohoto systému. V odborné terminologii byl systém SMGCS nahrazen termínem Advanced Surface Movement Guidance and Control System(A-SMGCS) v roce 1990. Systém byl sestaven tak, aby řídicímu letového provozu poskytoval přesný obraz situace na letištní ploše za jakýchkoliv povětrnostních podmínek.

Mezinárodní projekty byly spuštěny aby čelily této výzvě. Koncept systému A-SMGCS byl vytvořen pracovními skupinami organizací ICAO, EUROCAE a Evropskou Komisí, která iniciovala projekty (např. DEFAMM, BETA,...). EUROCONTROL Airport Operations Programme (APR), který zahrnoval systém A-SMGCS jako jedno ze čtyř klíčových témat byl spuštěn roku 2002, s cílem zvýšit bezpečnost, kapacitu a v neposlední řadě snížení nákladů všech operací prováděných na letištní ploše.

EMMA (European Airport Movement Managment by A-SMGCS) projekt byl spuštěn roku 2004 a který je součástí programu Evropské komise. Původní cíl tohoto projektu byla konsolidace přehledových funkcí a funkce varování před srážkou (LEVEL I+ LEVEL II), po testech ověření a schválení bylo tohoto cíle dosaženo na třech evropských letištích (Toulouse, Francie; Praha, Česká republika; Milano Malpensa; Itálie). Následující cíle spojené s EMMA projekt byly ustanoveny v podprojektu nazývaném EMMA 2 a zaměřovali se na pokročilou podporu posádek na palubách letadel a podporu plánování pro řídicí letového provozu. (LEVEL III + LEVEL IV). Česká republika zastoupena podnikem Řízení letového provozu a Letištěm Praha, spolupracují na těchto projektech od samého začátku.

1.3. *Koncepce A-SMGCS (Funkce)*

A-SMGCS zahrnuje 4 různé úrovně poskytovaných služeb: sledování, kontrolování, směřování a navádění, tyto funkce jsou úspěšně zaváděny. To znamená že sledování a kontrola mají přednost před směřováním a naváděním. Rozhodnutí která úroveň je na daném letišti nejvíce vyhovující, je kompromisem mezi výší nákladů a pravděpodobností nepovoleného vniknutí na dráhu, která záleží na počtu pohybů obecně, kategorii letiště pro operace za snížené viditelnosti Každá úroveň A-SMGCS poskytuje jinou funkci (viz tab. 1-1)

A-SMGCS LEVELS:	A-SMGCS funkce přístupné pro daný A-SMGCS level
LEVEL I	Zlepšený přehled pro řídicí letového provozu Vizuální pozorování + identifikace a pozice na obrazovce A-SMGCS
LEVEL II	LEVEL I + <u>KONTROLA</u> : Monitorovací funkce a výstrahy pro řídicí letového provozu (RIMCAS), Bezpečnostní sítě(runways, restricted areas)
LEVEL III	LEVEL I + II + Zlepšené navádění (např.: zobrazení mapy letiště a pozice mobilního prostředku posádkám letadel a řidičům) <u>a plánování tratí</u> (pro řídicí letového provozu) + detekce všech konfliktů na pohybových plochách + výstrahy pro řídicí letového provozu
LEVEL IV	LEVEL I + II + III + <u>Směřování a navádění</u> (pro řídicí letového provozu, posádky letadel a řidiče), + (kontrola + funkce rozhodnutí) pro řídicí letového provozu, posádky letadel a řidiče

Tab. 1-1 Úrovně systému A-SMGCS

1.4. Popis jednotlivých úrovní konfigurace A-SMGCS

1.4.1. Úroveň I

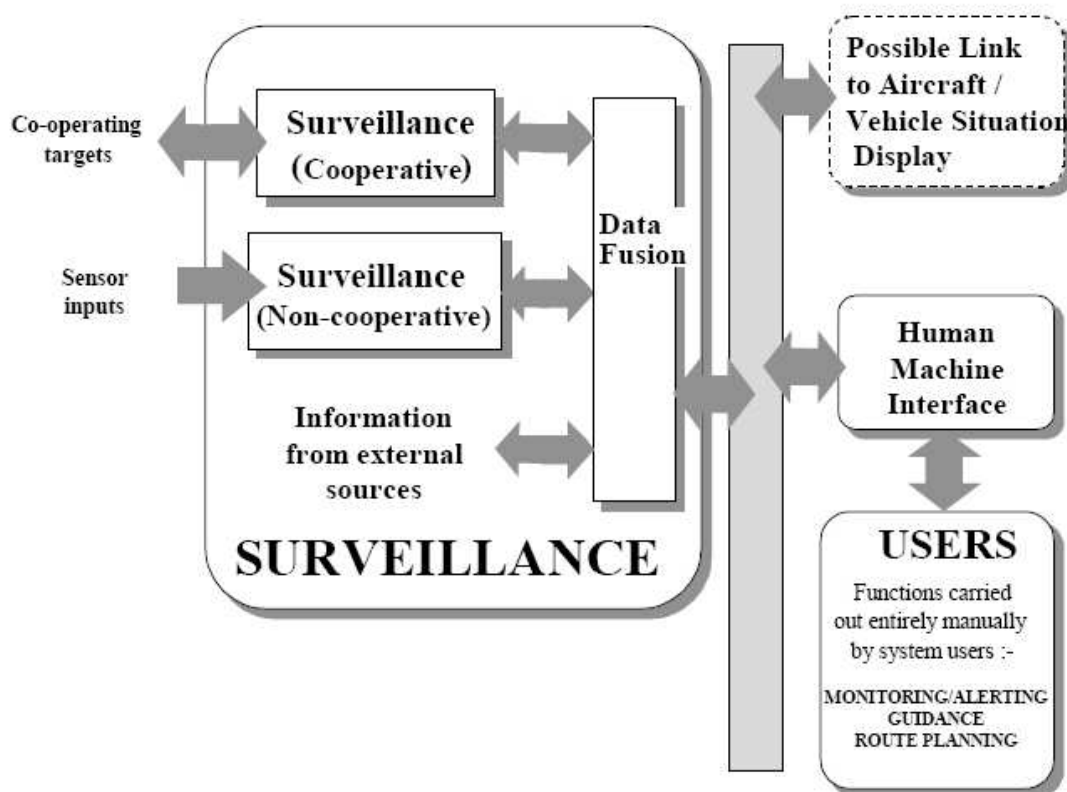
Poskytuje nezbytný přehledový a zobrazovací systém k udržení přehledu o celkové situaci na provozních plochách. Tato úroveň se týká letišť, které hodlají zavést A-SMGCS a už vlastní nějaký systém např. Pozemní pojezdový radar (SMR). Tento systém je pro ně však nedostačující a chtějí přidat některé další přehledové funkce k jejich systému, které zahrnují identifikaci mobilních prostředků a zlepšené pokrytí a přesnost.

Funkční popis:

Systém na této úrovni obsahuje prvek celkového přehledu, který je schopen lokalizovat a klasifikovat všechny pozemní prostředky, jak letadla, tak mobilní prostředky v určené oblasti a také zajistit identifikaci všech kooperujících Letadel a vozidel.

- Celkový přehled o situaci na provozních plochách

Uživatelé jsou piloti a řidiči vozidel, jestliže mají příslušné vybavením. Pokrok v částech jako přesnost, pravděpodobnost detekce, a obnovovací frekvence, by měl být vyvážený s celkovým přehledem o situaci a je celkově méně náročný než vyšší úrovně systému A-SMGCS.



obr. 1-1 Funkční schéma pro A-SMGCS úroveň I [1]

1.4.2. Úroveň II

Představuje automatické monitorování pomocí automatického přehledového systému. Je to logický krok ve vývoji systému a je ve své podstatě rozvíjející, záleží jen na druhu požadované operace. Zahrnuje také monitorování a výstrahu před nepovoleným vstupem na VPD a dalších nebezpečných situací už v jejich zárodku.

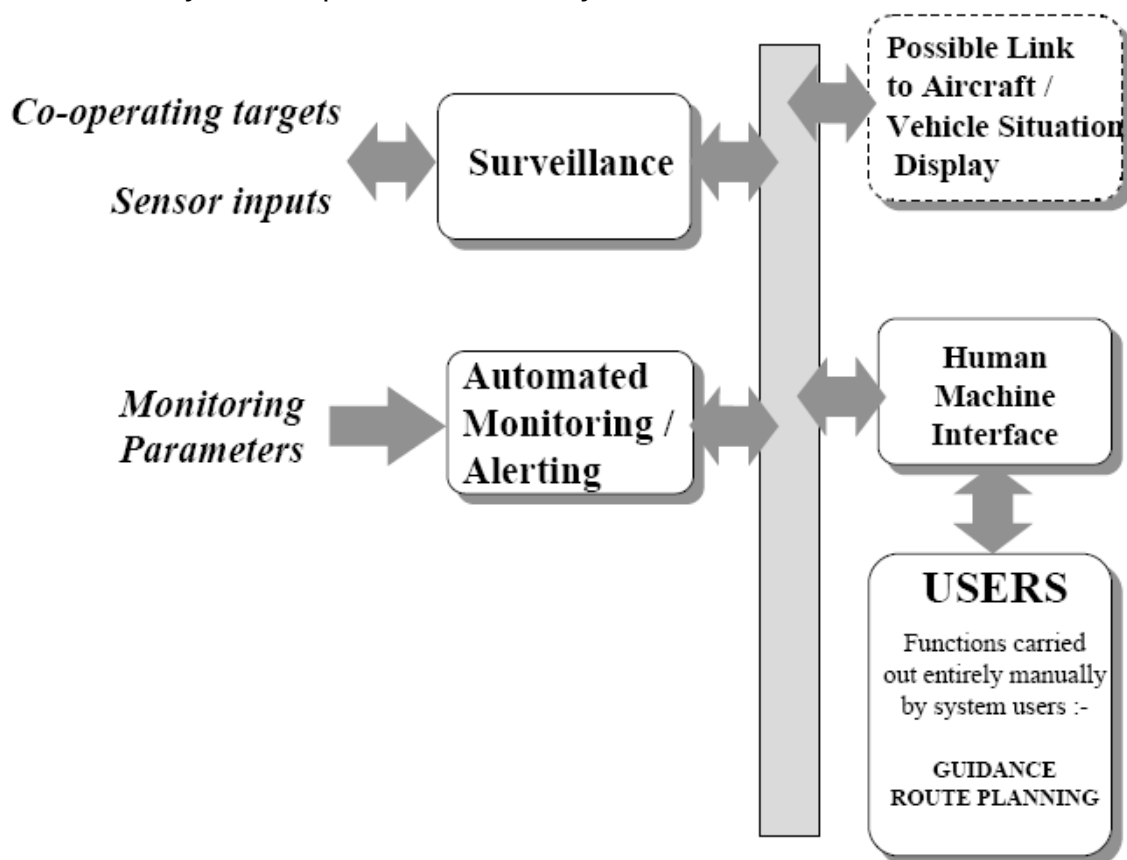
Funkční popis:

V této úrovni A-SMGCS se používají komplexní přehledová data umožňující monitorovat situaci v určené oblasti a na základě přednastavených parametrů Upozornit uživatele na nebezpečnou situaci.

Tato úroveň systému poskytuje:

- Celkový přehled o situaci na provozních plochách
- Monitorování situace a upozornění na nebezpečí

Uživatelé jsou piloti a řidiči vozidel vybavení patřičným vybavením. Potřeba použití přehledových dat pro předpovědění nebezpečných situací, ovlivní celkovou požadovanou výkonnost přehledové části systému.



obr. 1-2 Funkční schéma pro A-SMGCS úroveň II [1]

1.4.3. Úroveň III

Přináší do systému funkci automatického vedení (Guidance), V podstatě je to prevence před potenciálním incidentem, detekovaným automatickým Monitorovacím/výstražným prvkem, znamená to např. automatické ovládání STOP-příček. Ve vyspělejších systémech to může být automatický systém pozemních vizuálních prostředků nebo palubní zařízení určené ke stejnému účelu.

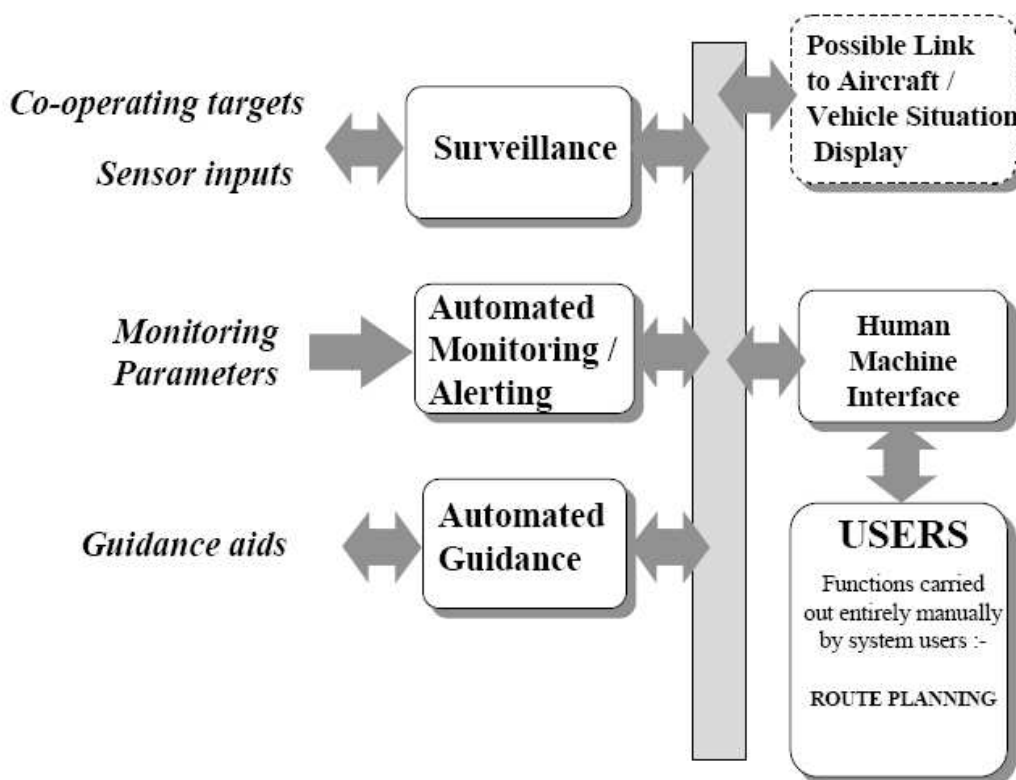
Funkční popis:

V této úrovni systém A-SMGCS zahrnuje automatické vedení, nejméně do takové úrovně, aby bylo zabráněno nebezpečným konfliktním situacím automatickým ovládáním STOP-příček, světel na pojezdových drahách a ostatní druhy výstražných zařízení. Taková zařízení mohou být buď přímo na povrchu letištních ploch nebo v vozidlech či letadlech, záviselí na implementaci systému.

Tato úroveň systému poskytuje:

- Celkový přehled o situaci na provozních plochách
- Monitorování situace a upozornění na nebezpečí
- Automatické navádění k vyřešení nebezpečných situací

Na této úrovni systému, zobrazovací technika na palubě letadla nebo vozidla zvyšuje jistotu pilotů a řidičů a vede ke zvýšení efektivity využití systému. Systém na úrovni III má určitý stupeň automatické kontroly nad pohyby letadla, požadavek na celkovou integritu bude tedy vyšší než u úrovně I a II.



obr. 1-3 Funkční schéma pro A-SMGCS úroveň III [1]

1.4.4. Úroveň IV

Přináší propojení s ostatními systémy ATM zahrnující strategické a taktické plánování tratí.

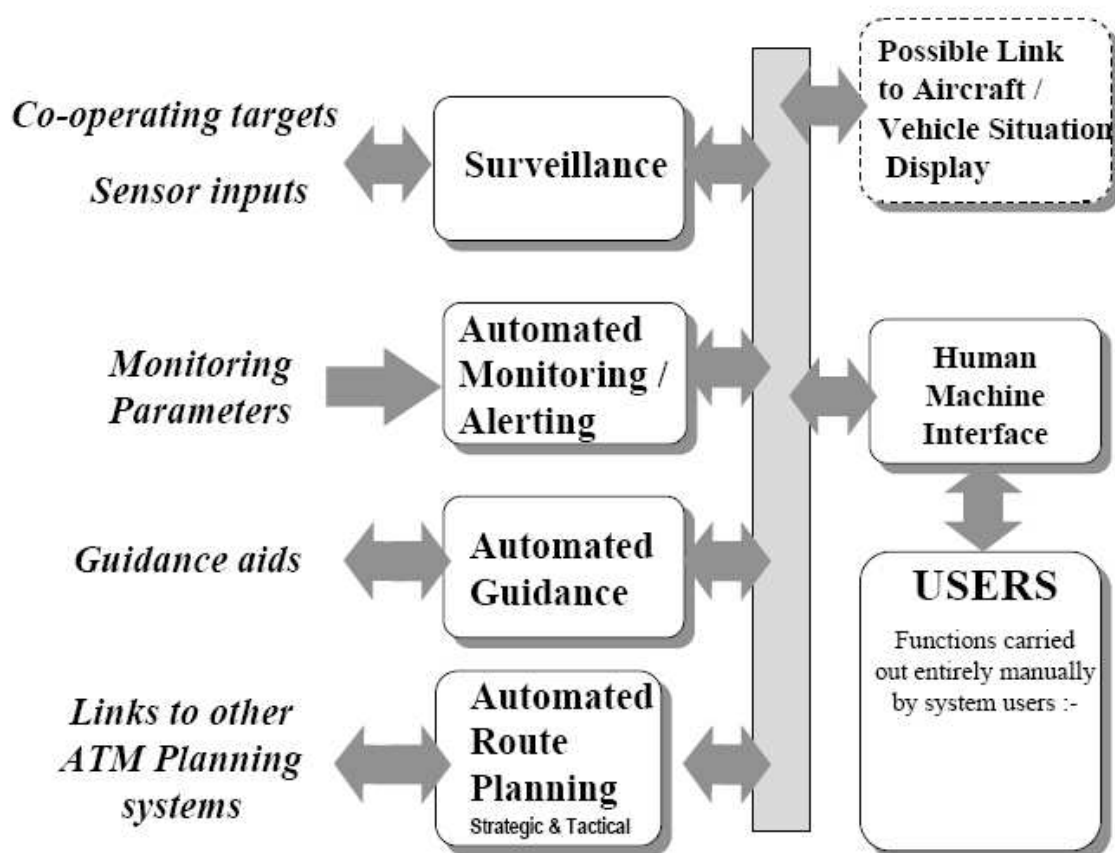
Funkční popis:

Tato úroveň systému A-SMGCS zahrnuje zařízení na automatické plánování tratí, vedoucí k optimalizaci využití VPD, pojezdových drah, pojezdových časů, využití stojánek, atd. Samozřejmě každý z těchto faktorů bude muset získat určitou prioritu, záviselou na provozovateli letiště a které faktory jsou pro něj nejdůležitější a jaký systém bude na tom daném letišti implementován.

Tato úroveň systému poskytuje:

- Celkový přehled o situaci na provozních plochách
- Monitorování situace a upozornění na nebezpečí
- Automatické navádění k vyřešení nebezpečných situací
- Automatické strategické a taktické plánování tratí

Na této úrovni systému, zobrazovací technika na palubě letadla nebo vozidla zvyšuje jistotu pilotů a řidičů a vede ke zvýšení efektivity využití systému. Tato úroveň plánování tratí bude mít vliv na požadovanou minimální výkonnost funkcí přehledových, naváděcích, monitorovacích a výstražných

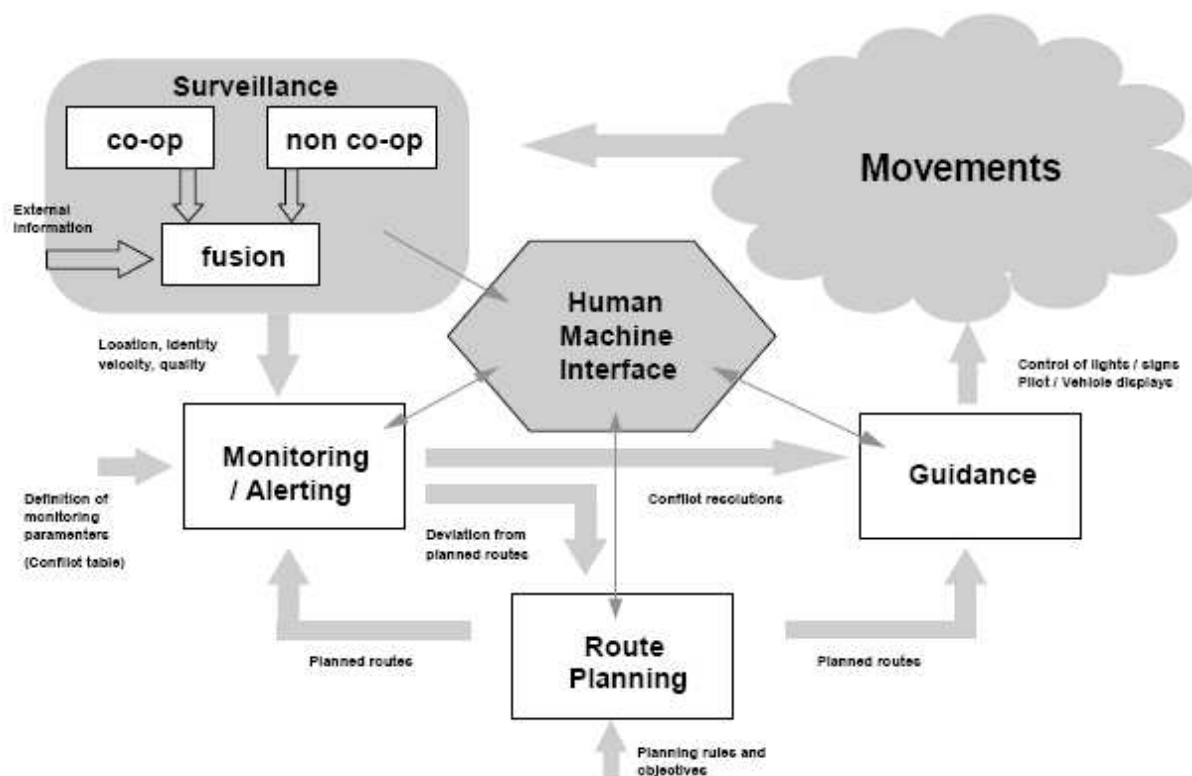


obr. 1-4 Funkční schéma pro A-SMGCS úroveň IV [1]

1.5. Základní funkční elementy A-SMGCS

Na začátku je nutné systém rozdělit do několika logických celků. Základními elementy jsou funkce: přehledová (Surveillance), Monitorovací a výstražnou (Monitoring and Alert), Vedení a plánování tratě (Guidance and Route planning), to všechno společně s příslušným komunikačním vybavením.

Vzájemné propojení těchto prvků je v následujícím obrázku (obr. 2-5)



obr. 1-5 Konceptní blokové schéma pro A-SMGCS [1]

1.5.1. Přehledová funkce (Surveillance)

Nejužitečnější částí každého A-SMGCS systému je přehled o provozních plochách letiště, společně s prvotními a konečnými fázemi letu. Cílem je poskytovat jak identifikaci tak i informaci o poloze veškerých dopravních prostředků na provozních plochách s odpovídajícím obnovováním informací a je-li to požadováno tak získat z těchto údajů rychlost a směr pohybu. K dosažení takovýchto vlastností potřebujeme kooperativní systém.

Při použití kooperativního systému, cílové objekty musí být vybaveny majáky (odpovědači) vysílající jejich identifikaci a při použití systému ADS-B také informaci o poloze. Nepostradatelnou součástí je také schopnost identifikace nekooperujících cílů včetně překážek.

Přehledová funkce v sobě zahrnuje zdroje z několika různých senzorů. Data se pak zpracovávají v procesu fúze dat a výsledkem je plnohodnotný soubor potřebných informací.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

1.5.2. Monitorování a Výstraha

K dalším důležitým součástem A-SMGCS systému patří funkce monitorování a výstrahy před nebezpečnou situací, tento systém využívá dat z přehledové funkce a včas varuje před nebezpečnou situací. V nejednoduší situaci je to tak, že řídicí letového provozu nese zodpovědnost za monitorovací a funkce a funkci výstrahy využívající data z přehledového systému. U více komplexních A-SMGCS systémů, automatizované systémy monitorování a výstrahy identifikují konfliktní situace (nepovolený vstup na VPD, konfliktní povolení atd..) a automaticky spouští výstražný zvukový a vizuální signál řídicímu a případně informuje přímo piloty a řidiče pozemních prostředků. U systémů kde je zahrnuta i funkce plánování tratě, má systém na starost porovnávat současnou trasu s původně plánovanou a v případě neshody vydat výstrahu.

1.5.3. Funkce Naváděcí (Guidance)

U jednodušších systémů bude funkce navádění zastoupena příkazy řídicího nebo ovládáním stop-příchek a dráhových světél. Využívající funkce přehledové a funkce výstrahy a monitorování systému A-SMGCS. Rozšířený systém A-SMGCS zahrnuje přímou navigaci a kontrolu bez jakéhokoli hlášení pilotů či řidičů dopravních prostředků.

1.5.4. Funkce plánování tratě (Route Planning)

Plánování tratě je rozděleno do dvou fází:

- a) Strategické plánování – Fáze plánování, ve které se nebere ohled na současnou situaci provozu na letišti. Takovéto plánování probíhá dlouhou dobu dopředu. Příkladem tohoto plánování může být čas vytlačení letadla, aby stihlo svůj manévru v přiděleném slotu
- b) Taktické plánování - Fáze plánování, která reaguje na aktuální stav provozu a přizpůsobuje se nepředvídatelným okolnostem a udržuje co nejplynulejší tok provozu

Ty nejvíce pokročilé systémy poskytují plně automatické plánování tratí jak strategické tak taktické, aby bylo dosaženo co možná nejvyšší propustnosti pojezdových drah a VPD a zkrátit pojezdové časy na minimum. Takovýto systém využívá data z letištní databáze a také databáze leteckých společností, centra řízení toku (CFMU) atd. Také ovšem data z monitorovacích a přehledových systémů, to dává možnost aktuálně optimalizovat pohyby v závislosti na aktuální situaci na provozních plochách.

Tato část systému A-SMGCS se týká především pohybů letadel, což není cílem této práce a více toto téma nebude probíráno.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	-----------------	--------------------------

1.6. Analýza důvodu zavedení systému A-SMGCS

Letiště představuje jeden z nejvíce zatížených prostředí týkající se problematiky řízení letového provozu. Na provozních plochách letiště se nachází spousta pohyblivých objektů, které je potřeba neustále sledovat ať už se jedná o letadla nebo pozemní mobilní prostředky a v neposlední řadě také překážky, které zasahují do provozu letiště kterým je potřeba se vyhnout. A také monitorování VPD, pojížděcích drah a také stojánek.

Dalším faktorem jsou letecké motory, které jsou vysoce neefektivní při provozu na zemi a spolu s vysokými zplodinami a hlukovými emisemi které produkují. Takovýchto případech jsou požadavky na délku pojížděcího času a času stráveného čekáním na povolení vstupu na VPD neustále zvyšovány, aby tyto prodlevy byly co nejkratší. Letadla pohybující se po zemi nejsou vlastně v prostředí použití na než byla navržena. Výhled z kabiny letadla je omezený a při snížené viditelnosti se manévrování po provozních plochách letiště stává velmi obtížným.

Využívání maximální deklarované kapacity letiště je jak v zájmu provozovatelů letadel a také v zájmu provozovatele letiště pro které je provozování letiště zejména obchodem a mají zájem na tomto obchodování co nejvíce vydělat a nabízet co možná nejlepší služby svým zákazníkům.

Řídicí letového provozu na letištních plochách vyžadují kompletní přehled o situaci na provozních plochách letiště. Dosáhnout tohoto výsledku není zdaleka jednoduché zejména za podmínek snížené viditelnosti. Řídicí musí být schopen kontrolovat zda-li všechna jeho povolení a instrukce byly provedeny správně. Musí být také být okamžitě seznámen se všemi skutečnostmi, které ovlivňují bezpečnost provozu a také jeho efektivní řízení. Udržování povědomí o pozemní situaci z řídicí věže jenom pomocí vizuální kontroly je mnohdy velmi obtížné zejména na velkých letištích jejichž rozměry během let vzrostly na obrovské plochy a v případě snížené viditelnosti je takovéto řízení zcela nemožné. Počet incidentů a nehod ukazuje bezpečnostní riziko vzhledem k tomu když má řídicí nedokonalý přehled o celkové situaci a neexistuje žádný systém varování před nebezpečnými situacemi.

Řešením tohoto problému je systém A-SMGCS. Použití A-SMGCS nahrazuje vizuální pozorování v situacích kdy je potřeba vizuální kontrola pohybů po provozních plochách letiště. Spojeno s technickým vývojem a upravenými postupy identifikace, přidělování ATC povolení a instrukcí a v budoucnu inteligentním systémem plánování jak pro řídicí tak pro piloty generuje obrovské výhody v oblasti bezpečnosti a kapacity letiště.

- Bezpečnostní hledisko – Snížit možný podíl řídicích letového provozu na riziku způsobení incidentu nebo nehody na nejnižší možnou míru. Systém A-SMGCS je významným prvkem ke snižování těchto rizik.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

- **Kapacitní hledisko** – Hlavním cílem je poskytnout co možná nejvyšší kapacitu přistání a vzletů vzhledem k možnostem kapacity letiště (předpisy, ochrana životního prostředí a hlukové normy atd.). Systém A-SMGCS optimalizuje kapacitu letiště při zachování nebo zlepšení stávajících bezpečnostních standardů, snižuje náklady a dopad na životní prostředí.
- **Efektivnost vynaložených prostředků** – Efektivnost vynaložených prostředků je schopnost poskytovat určitou úroveň služeb za méně peněz vzato z dlouhodobějšího hlediska a vzhledem k určené úrovni bezpečnosti a limitům znečištění životního prostředí. Implementace systému A-SMGCS vede ke konečnému snížení vynaložených prostředků a tím se z něj stává velmi atraktivní systém pro každého provozovatele letiště.
- **Znečištění životního prostředí** – Ačkoli letadla jsou s postupem času méně hlučná a emise z motorů také klesají, tak zvýšený počet pohybů v denních i nočních hodinách se neustále zvyšuje a tím pádem se i zvyšuje dopad letecké dopravy na životní prostředí. Hlavním cílem je udržet rozvoj kapacity letiště i navzdory stále více se zpřísňujícím normám na znečištění prostředí pomocí zavádění moderních technologií a zaváděním efektivních postupů. Systém A-SMGCS v tomto hledisku napomáhá zkracování pojížděcích a čekacích časů na letištích.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

1.7. Výhody systému A-SMGCS

Systém A-SMGCS operuje ve velmi náročných podmínkách které jsou ovlivněny několika různými činiteli (piloti, řidiči vozidel, řídící letového provozu). Nicméně dosažení hlavních cílů poskytuje nesporné výhody všem jeho uživatelům. I když v některých případech se tyto výhody mohou projevit až v delším časovém horizontu.

Hustota provozu, kapacita řídicích letového provozu, kapacita VPD a pojížděcích drah, stojánek a terminálů a špatné meteorologické podmínky jsou hlavními činiteli určující kapacitu letiště a zároveň zde také implementace systému A-SMGCS poskytuje své výhody. Nesporné výhody systému A-SMGCS spočívají ve využití jejich uživateli což jsou:

- **Poskytovatelé letových navigačních služeb:**
 - o Zvýšená bezpečnost
 - o Zvýšená propustnost dráhového systému za podmínek snížené viditelnosti
- **Operátoři letadel:**
 - o Zvýšená bezpečnost
 - o Informace o poloze letadla v reálném čase
 - o Snížení doby pojíždění
 - o Snížení zpoždění
 - o Méně odchýlení od plánovaného letiště přistání (diverzí)
- **Operátoři pozemních vozidel:**
 - o Zvýšená bezpečnost
 - o Zlepšení rozmístění a plánování pozemních prostředků
 - o Zlepšení navádění vozidel záchranných složek

2. Použité technologie

K získání indikace zahrnující pozici a identifikaci pohybujícího se vozidla či letadla může být použito různých způsobů. Tyto se způsoby se dělí do několika kategorií.

	Nespolupracující	Spolupracující
Nezávislý systém	Primární pozemní radar	UHF nebo VHF Multilaterace Mód S multilaterace
	Mikrovlnné technologie Optické technologie Akustické technologie Infračervené technologie Magnetické smyčky	Sekundární radar na příletové trati
Závislý systém		ADS ADS/B

Tab. 2-1 Použité sledovací technologie

- Nespolupracující technologie jsou takové, které mohou identifikovat vozidlo nebo letadlo bez potřeby provedení jakéhokoli úkonu letadlem nebo vozidlem (např. Pozemní přehledový radar). Tyto systémy budou vždy velmi výhodné pro identifikaci narušitelů nebo vozidel nebo letadel, které nemají funkční spolupracující systémy.
- Spolupracující technologie zahrnují aktivní prvek odpovídače a mohou poskytnout identifikaci a polohu určeného objektu
- Závislý systém je založen na vybavení vozidla nebo letadla aktivním prvkem který generuje informaci o poloze a identifikaci a tuto informaci vysílá.

2.1. Nespolupracující technologie

Primární Pozemní přehledový radar

Primární pozemní přehledový radar (SMR) stále zůstává jedním z nejefektivnějších systémů na získání informací o poloze vozidel a letadel na letištní ploše. Je to základní prvek monitorování pozemních pohybů po letištních plochách. SMR je zavedená technologie, která navzdory technickému pokroku stále trpí určitými nedostatky. Jsou také oblasti, které použití primárního radaru neumožňují ať už z důvodu zákrytu nebo problémového šíření signálu. Primární radar je také velmi citlivý na změny prostředí zejména při vydatnějších srážkách a také na letištích s velkým objemem travnatých ploch. V minulých letech bylo učiněno pokroku díky použití adaptivního zpracování dat. Přejít na digitální zpracování poloh pohybujících se vozidel nebo letadel umožnil použití sledovacích algoritmů,

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

generujících tratí a konfigurační kritéria umožňující detekci malých objektů, tímto se dosáhlo velkých možností při identifikaci objektů.

Ostatní technologie

Ostatní systémy mohou být použity k ochraně specifických oblastí, ke zvýšení pokrytí v obtížných terénech, nebo použity ke kontrole vybavení letiště (např. STOP PŘÍČEK). Mohou využívat různých technologií: mikrovlnné, optické akustické, infračervené nebo magnetické senzory. Některé tyto systémy mohou využívat programů s umělou inteligencí rozpoznání druhu vozidla (např. toto je možné při využití informací z magnetických smyček). Systémy používající např. Záběry kamerových systému mají také velký potenciál. S jasností 10 krát vyšší než má lidské oko, je tento systém schopen identifikovat situace, ve kterých je možno automaticky analyzovat druh pohybujícího se vozidla.

2.2. Spolupracující systémy

Spolupracující systémy vyžadují, aby vozidlo nebo letadlo bylo vybaveno odpovídačem (popř. majákem). Ačkoli je to velmi jednoduché u vozidel pohybujících se v okolí letiště, je to však více složité pro letadla, která podléhají mezinárodním úmluvám a standardům.

Vybavení vozidel

Vozidla musí být vybavena specifickým majákem, který buď odpovídá na dotazy sekundárního systému, nebo vysílá informaci o své poloze na určité frekvenci v pásmu UHF nebo VHF. Vozidlo je pak identifikováno pomocí triangulace. Toto vybavení může také sloužit k varování obsluhy pozemního prostředku před neoprávněným vstupem na VPD nebo do zakázaných oblastí.

Palubní odpovídače letadel

Spolupracující systémy u letadel využívají stávající vybavení tj. Odpovídač Sekundárního přehledového radaru, jak v módu A či S.

Mód A odpovídače umožňuje identifikovat letadlo na příletové trati korelací s údaji z letového plánu. Tento způsob identifikace se používá při přistání. Identifikace letadla zůstává přidělena až do úplného zastavení.. Nicméně zobrazovaná informace nám neumožňuje určit v jakém okamžiku letadlo dosedlo na zem (z toho důvodu mód A piloti obvykle vypínají jakmile dosednou na zem).

Multilaterace v módu S

Výhodou odpovídače pracujícího v módu S je schopnost pracovat v selektivním režimu, který značně omezuje fenomén nasycení, což umožňuje jeho použití při kontrole pozemních pohybů.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

Signály módu S tzv. „squittery“ (spontánní asynchronní vysílání) a odpovědi na selektivní dotazování se jeví jako jedno z nejlepších řešení sledování pozemních pohybů. Odpovědí na obecné volání („all call“ mód) se předchází komolením signálu. Příjem a zpracování „squitterů“ dává přístup k adrese módu S určitého letadla. Kvůli pokrytí relativně malého území je krajně nevýhodné použít instalaci kompletního radaru se schopností příjmu módu S, v případě pokrytí letišť je rozhodně lepší variantou systém MULTILATERACE (MLAT), který nepoužívá velký vertikální rozsah. MLAT systémy poskytují daleko více přesnější určení polohy vozidla nebo letadla.

Při použití těchto multilaterálních neboli triangulačních systémů, zpráva (squitter) je odpovídačem vysílána každou sekundu a přijata na několika na sobě nezávislých místech. Toto umožňuje precizní určení polohy a identifikace (s číslem módu S zahrnutém ve „squitteru“). Poté se systém v selektivním módu dotazuje kvůli zjištění druhu pohybu, který záleží na kategorii odpovídače, může to být buď mód A, nebo identifikace letadla (ICAO označení letu např. „CSA 9876“). Pro zjištění identifikace vozidla na letištní ploše se použije naprosto stejných principů, ale všechna vozidla musí být vybavena zjednodušenými odpovídači.

2.3. Závislé systémy

Poslední kategorií systému jsou závislé systémy, které jsou stále ve fázi vývoje. Letadlo nebo vozidlo vypočítají svou pozici a tuto informaci o poloze vysílají pozemní stanici zároveň se svou identifikací. Tento systém je znám pod názvem ADS (Automatic Dependet Surveillance). Tento způsob identifikace je zvláště zajímavý pro použití na pozemní cíle, používá se verze systému ADS/B, protože neustále vysílá svou identifikaci a informaci o poloze. Pro pozemní přehledový systém je postačující když je informace přijata pouze jedním přijímačem, což je z finančního hlediska výhodnější než instalace triangulačních přijímačů, a následných systémů kalkulování a komunikace. Nicméně tento systém nemá zatím širšího využití a některých letištích se používá pouze k identifikaci vozidel.

2.4. Systém zpracování dat

Systém na zpracování dat je klíčovým prvkem celého systému A-SMGCS. Dobré přehledové vlastnosti mohou být dosaženy kombinací různých doplňujících se systémů. Data, která jsou získána z různých snímačů mohou být nesynchronizována, mohou mít různou přesnost nebo být dokonce zavádějící. Důvod komplexního zpracování dat je dostat z každého snímače tu možná nejlepší informaci, kterou nám může poskytnout a odfiltrovat nepřesnosti. Všechno samozřejmě v reálném čase nebo jen s malým zpožděním způsobeným náročnými výpočty.

Kvalita zpracování dat je tím pádem prioritou systému A-SMGCS. Poněvadž má vliv na výslednou výkonnost celého systému a výslednou výši důvěry v systém, se kterou může operátor počítat. Formát této zpracované informace byl standardizován EUROCONTROL v podobě ASTERIX 11.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	-----------------	--------------------------

2.5. Pozemní přehledový radar

V historii bylo řízení pozemních pohybů vykonáváno pouze pomocí vizuální kontroly, tj. že řídící identifikoval letadla a pozemní prostředky výhledem z okna řídící věže. V nynější době je pozemní přehledový radar nejrozšířenějším prostředkem ke sledování pozemních pohybů. Pozemní přehledový radar je klasický primární radar, jenom jeho vyzařovací charakteristika je namířena k zemskému povrchu. Jenomže pozemní prostředí je velmi odlišné od prostředí vyšších výšek, to sebou nese jisté problémy, ať už jsou to vícenásobné odrazy od zemského povrchu nebo problém s pokrytím míst, které jsou v zákrytu letištních budov a nebo jiných překážek (tento problém se nazývá stínování).

SMR poskytuje přehled o všech letadlech a vozidlech na provozních plochách letiště s vysokou obnovovací frekvencí. Antény pozemního přehledového radaru jsou povětšinou instalovány na vrchol řídící věže, což umožňuje dobrý výhled na provozní plochy letiště. Ovšem použití Primárního radaru neumožňuje přiřazení letových proužků (labelů) ke konkrétnímu cíli na radarové obrazovce, příklad zobrazení (obr 2-1). A tím pádem řídící musí použít vizuální identifikace a to je jeden z hlavních faktorů nižší kapacity letiště za snížené viditelnosti.



obr.2-1 příklad zobrazení dat z SMR [2]

2.5.1. Technické aspekty pozemního přehledového radaru (SMR)

Pozemní přehledový radar je důležitou součástí bezpečnostního systému letiště. Systém musí být schopen funkce za všech povětrnostních podmínek, zvláště za podmínek snížené viditelnosti kdy se stává nepostradatelnou součástí při řízení pohybů.

Pozemní přehledový radar se skládá ze dvou hlavních částí:

- Vlastní antény primárního radaru
- Pohonného mechanismu pro otáčení antény

Tyto součásti jsou náročné na údržbu, a jejich váha je také nezanedbatelná, protože při poruše jedné z těchto součástí je nutná nákladná a zdlouhavá demontáž a tím pádem i dlouhodobější odstávka pozemního přehledového systému, pokud je založen pouze na informacích z tohoto radaru.

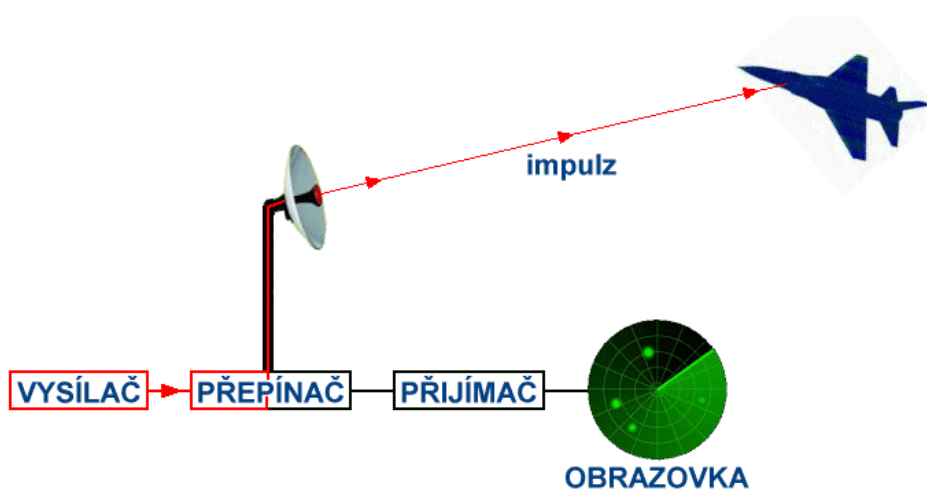
2.5.2. Princip činnosti primárního radaru

„Primární radar vysílá vysokofrekvenční impulsy, které se odrážejí od cíle a vrací se zpět k přijímací anténě. Znamená to tedy, že primární radar pracuje s částí odražené energie, kterou sám do prostoru vyslal a pro svou činnost nepotřebuje už žádná další zařízení. Nevýhodou však je, že odrazem impulsů se získají jen informace o poloze, případně rychlosti cíle.

Radar určuje polohu, rozměry a pohyb objektů pomocí odrazu mikrovln, tj. elektromagnetického vlnění s vlnovou délkou několik centimetrů. Anténa radaru vyšle krátký elektromagnetický impuls, který se odrazí od překážky a vrací se zpět k anténě, kde je zpracován citlivým přijímačem. Rádiový impuls se tam i zpět šíří rychlostí 300 000 km/s. Doba T , která uplyne mezi vysláním původního a návratem odraženého signálu, je přímo úměrná vzdálenosti překážky od antény. S použitím těchto nejjednodušších fyzikálních vzorců snadno odvodíme vztah pro vzdálenost překážky d v kilometrech:

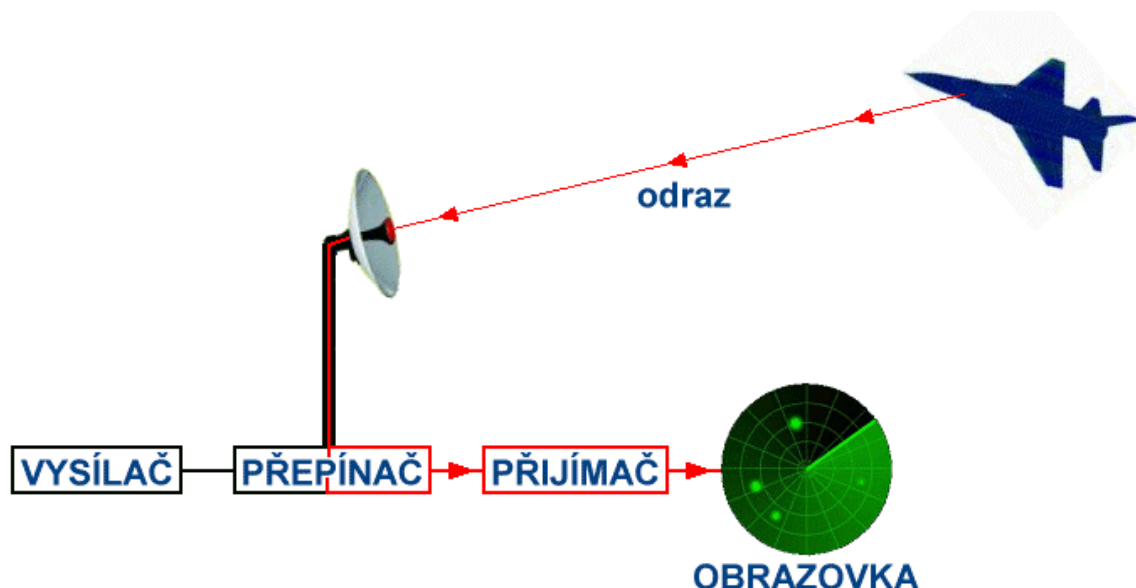
$$d = \frac{T \cdot 300\,000}{2}$$

Fáze I.



Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	-----------------	--------------------------

Fáze II.



obr. 2-2 Princip činnosti primárního radaru [3]

Princip radaru je docela jednoduchý a srozumitelný, o to komplikovanější je však jeho technická realizace. První problém nastává při měření časového intervalu T . Rádiový signál se šíří obrovskou rychlostí a proto je doba mezi vysláním a návratem impulsu nepatrná. Například při zaměření letadla ve vzdálenosti 45 kilometrů je to jen 0,0003 vteřiny. Bez složitých elektronických obvodů by se tak krátké časové rozdíly nedaly vůbec zaregistrovat. Už od dob prvních radiolokátorů se k zobrazení vzdálenosti objektů používají speciální obrazovky, v současnosti jsou doplněny také obvody k získání přesnějších a podrobnějších digitálních údajů.

Další problém nastává při samotném šíření a odrazu signálu od vzdáleného objektu. Zpět k anténě radaru se vrátí jen nepatrný zlomek energie původního impulsu. Fyzikální zákony se totiž nedají „zrušit“ – intenzita záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti. Z toho vyplývají i obrovské rozdíly v konstrukci a ve výkonech různých typů radarů podle požadovaného dosahu. Důležitou roli přitom má anténa, obvykle parabolického tvaru, soustřeďující svazek mikrovlnného záření do požadovaného směru. Zvyšuje se tak přesnost zaměření a snižují se ztráty způsobené rozptylem záření.

Aby byl odraz co nejúčinnější a detekce co nejpresnější, musí mít záření mnohem menší vlnovou délku než jsou rozměry cíle.

SMR používá rotující anténu s frekvencí jedné otočky za sekundu. Obvykle tyto radary operují v I, J nebo K pásmech. Radary s vyšším rozlišením pracují na kmitočtech 92 – 96 GHz.“ [3]

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

2.5.3. Tradiční letištní radarová technologie

Tradiční X-band nebo Ku-Band radary pracují s jedním vysílačem radiolokačních paprsků, velmi často umístěné na věži pro poskytování letištních navigačních služeb. Toto umístění může vést k problémům s pokrytím závisící na rozmístění ostatních budov letiště a také samotnému umístění řídicí věže. Budoucí rozvoj letiště může vést k tomu, že ač nyní se tyto problémy nevyskytují nastanou tyto obtíže v budoucnosti. Mnoho letišť má mezery v pokrytí v bezpečnostně nejrizikovějších oblastech jako je např. křížení pojezdových drah. Toto je jenom logické vyústění problémů s geometrií letiště a obtížností poskytnout stoprocentní pokrytí z jednoho jediného bodu. Tyto technologie jsou náročné na spotřebu elektrické energie a generují obrovské rádiové záření.

Mnoho řídicích věží mělo problém se vyrovnat s velkou váhou samotné radarové hlavy a také váhou otáčecího ústrojí. Fyzické umístění může mít za následek problémy s údržbou daného zařízení a další vedlejší komplikace. Konečný výsledek může být neuspokojivý a neúměrně drahý se stále se zvyšujícími náklady na provoz.

Výpadky způsobené technickými obtížemi nebo špatnou údržbou mohou vést až k úplnému výpadku radarového obrazu a to znamená ke ztrátě přehledu o situaci na provozních plochách letiště. U konvenčních radarů tento výpadek může trvat určitý čas a velké náklady na jeho provozovatele zaleží na druhu poruchy a případné opravě. Mnoho technických obtíží je nad možností údržby přímo na letištích, a vyžadují zásáhnutí přímo výrobce těchto zařízení. Výpadky trvající i několik měsíců nejsou žádnou výjimkou. Dokonce i poruch v otáčecím ústrojí může být velmi nákladný problém, samozřejmě opět záleží na druhu poruchy. Ve výsledku má tradiční letištní radarová technika velmi vysoké pořizovací náklady, vysoké náklady na instalaci a na údržbu. Mohou také mít prázdná místa v pokrytí letištní plochy.

2.5.4. Příklad radaru DSMR 800

Jako příklad pokročilého využití milimetrových vln uvádím. Milimetrový radar nabízí vysoké rozlišení ve vzdálenostech do 800 metrů. Tyto vlastnosti mohou přinést technické a operační výhody a u tohoto typu zařízení je také velmi zajímavá i cena. Vhodným umístěním součástí tohoto zařízení (tzv. Hlav) na letištní ploše, je možné dosáhnout až 100% pokrytí a snížit stínování a jiné problémy spojené s konvenčními radary. DSMR 800 nabízí mnoho dalších výhod, zahrnující spolehlivost a nízké nároky na údržbu. Je vhodným doplňkem tradičního pozemního přehledového radaru.

2.5.4.1. Pozemní přehledový radar DSMR 800 úvod

Pozemní přehledové radary nabízí mnoho užitečných vlastností ke zvýšení bezpečnosti a efektivnosti pohybů na letištní ploše. Poskytují obraz o situaci na pohybových plochách v reálném čase, ať už se to týká vozidel či letadel.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

Nezákladnější úlohou pozemního přehledového radaru, je jeho pomocí udržet přehled o situaci pro řídicího pozemních pohybů (Ground Controller). Tento systém zahrnuje též varování před nepovoleným vstupem na dráhu a pojezdové dráhy. A v neposlední řadě zabraňuje možnosti kolize pozemního prostředku a letadla. Zahrnuje také přiřazení letových informací k jednotlivým cílům z primárního radaru, to všechno působí pozitivně na zátěž řídicího a umožňuje zlepšení poskytovaných služeb za špatných povětrnostních podmínek.

Tradiční letištní radary jsou velmi nákladnou investicí, menší letiště si takovou investici mnohdy nemohou dovolit. Také řešení problému tradiční technologií se může setkávat s překážkami, jako např. špatné pokrytí v důležitých oblastech, kde dochází ke složitým manévřům, jako stínování a podobné problémy.



obr. 2-3 SMR radarová hlava se starším typem radomu [4]

2.5.5. Požadavky na Pozemní přehledový radar

Nejdůležitější úlohou pozemního přehledového radaru jsou bezpečnost a efektivnost. Radar také musí splňovat operační požadavky zadavatele, brát v potaz geometrii letiště, plynulý tok pozemního provozu a musí splňovat požadavky na certifikaci pro daný účel. Musí být také schopen splnit požadavky leteckých předpisů dané země které jsou z celosvětového hlediska velmi rozličné.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

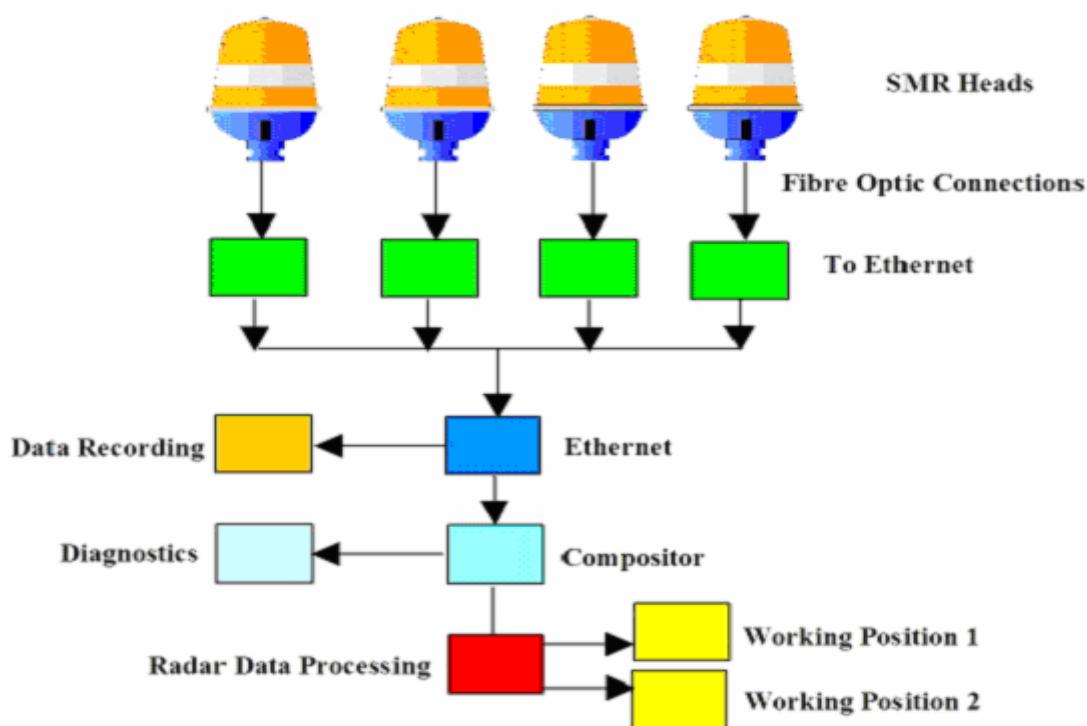
Radarový systém musí být schopen bezpečně splnit zadané funkce: tj. Poskytovat nepřerušovanou, přesnou a spolehlivou detekci letadla nebo pozemního prostředku v daném prostoru, zajistit že jak samotný radar tak informace získané z radaru jsou příslušně chráněny proti nežádoucímu vniknutí, poruše či ztrátě integrity. Radar musí splňovat technické požadavky na pozemní přehledový radar, a tak operační požadavky zadávajícího letiště a v neposlední řadě splňovat předpisy na provoz takovýchto zařízení platné v dané zemi.

2.5.6. Milimetrový RADAR

DSMR-800 milimetrový radar je velmi vyspělý radarový systém, zkonstruován pro použití v průmyslovém prostředí, a jeho nasazení v obtížných podmínkách dnešních letišť. Systém je vysoce spolehlivý, se zabudovaným automatickým testováním jeho vlastní přesnosti a kontroly nastavení. Kryt radarové hlavy poskytuje ochranu před extrémním počasím a chrání ji také před fyzickým poškozením např. malými kamínky atd. Jednotka poskytuje snímání v rozmezí 360 stupňů do vzdálenosti 800 metrů a přesností +/- 0.25m. Typická tloušťka svazku je 1.6 stupně.

Signál radaru je digitalizován a zpracováván jednotkou s vysokorychlostním DSP systémem. Pomocí 100mbit/s síťového kabelu nebo optických vláken jsou data přenášena v reálném čase k poskytovateli letištních navigačních služeb.

Jak můžeme z přiloženého obrázku vidět, DSMR-800 radarové hlavy jsou fyzicky malá zařízení, nenáročná na spotřebu elektrické energie a vážící kolem 15-ti kilogramů, jsou montovány na dvoumetrové pilíře, tyto pilíře jsou zabudovány do malého betonového základu. Každá samotná hlava nepředstavuje žádné nebezpečí pro letadlo, které neočekávaně opustí VPD nebo pojížděcí dráhu.



obr. 2-4 Architektura systému DSMR-800 [4]

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

2.5.7. Systém pozemního přehledového radaru

Při použití tohoto systému jako pozemního přehledového radaru, plného pokrytí je dosaženo umístěním několika radarových hlav po letištní ploše. Umístění jednotlivých hlav je voleno s ohledem na nejvyšší možnou kvalitu pokrytí a zajistit stoprocentní pokrytí signálem vzájemnou kombinací umístění těchto hlav. Každá radarová hlava poskytuje proud primárních radarových cílů. Tento proud dat je skombinován se signály z ostatních hlav a jsou vyloučeny duplikáty jednotlivých cílů, aby ve výsledku bylo zadavateli poskytnut přehled primárních cílů v zadaném formátu.

Věžní zobrazovací systém může také poskytnout funkce výstrahy jako:

- Detekce nepovoleného vstupu na VPD nebo pojezdovou dráhu
- Monitorování zahuštění kritických míst
- Varování před konfliktem

Je možné také tento systém skombinovat se sekundárním systémem přidělování letových informací jednotlivým primárním cílům.

2.5.8. Schopnosti pozemního přehledového radaru DSMR-800

- Kompletní radarové pokrytí
- Plné rozlišení cílů
- Lepší než 95% pravděpodobnost určení cíle
- Příslušné hlášení chyb a hlášení o poruše
- Generování méně než jednoho falešného cíle za otáčku
- Rozlišení lepší než 0.5m
- Přesnost vyšší než 2m
- Okruh nejistoty kolem určeného cíle lepší než +/-5m

Výstup z pozemního přehledového radaru je proud dat z primárního radaru ve standardním formátu, uzpůsobený pro přímý vstup do systému zobrazení a zpracování radarových informací. To může být systém řízení letového provozu, nebo jiný zákazníkem preferovaný systém.

2.5.9. Vyplňování mezer v pokrytí

Na letištích kde již mají instalován pozemní přehledový radar, ale stále mají problémy s pokrytím (např. z důvodu stínování budov terminálů), je možné nainstalovat samostatnou radarovou hlavu na pokrytí takovýchto slepých území. Instalace tohoto zařízení je velmi jednoduchá a může poskytnout zákazníkovi radarové data v požadovaném formátu. Takto instalované zařízení zvýší efektivnost a bezpečnost stávajícího Pozemního přehledového radaru.

2.5.10. Bodové sledování nebo sledování kritických míst

Některé letiště nemají potřebu instalovat kompletní pozemní přehledový systém, ale v některých případech může dojít k situaci, že z řídicího stanoviště je

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

špatný výhled na kritické křížení pojezdových drah, Na takovémto křížování mohou být zavedené určité postupy k zajištění bezpečnosti, které ovšem snižují kapacitu VPD. V takovýchto případech je možné poskytnout pouze radarové pokrytí na specifických místech letiště, takže řídící je informován o všech pohybech v dané krizové oblasti a může lépe předcházet vydávání konfliktních povolení. Toto je velmi levné řešení ke zvýšení propustnosti Letiště.

2.5.11. Přírůstkové sledování

Mnoho malých a středně velkých letišť si nemůže z důvodu nákladů dovolit celý systém pozemního přehledu. Vyžaduje pouze pokrytí kritických míst jak bylo popsáno výše. Jakmile provoz na letišti narůstá mohou požadovat pokrytí více kritických míst nebo celkový pozemní přehledový systém. Pomocí systému DSMR-800 jsou schopni dosáhnout toho, že systém je plně rozšiřitelný až do celkového Pozemního přehledového systému.

2.5.12. Detekce cizích objektů

Další možností využití milimetrového radaru je detekce cizích objektů. Překvapivé množství cizích objektů se v dnešní době může dostat na pojezdové dráhy nebo dokonce na VPD. Může to být různé nářadí zanechané mechaniky na povrchu letadla, nebo různé mechanické části upadlé z jak z letadel tak z pozemních prostředků. U letadel může dojít k nasátí těchto cizích předmětů do motoru a jak známo z historie toto v některých případech skončilo katastrofou. I když nedojde k havárii celého letadla, už samotné poškození motoru je velmi nákladnou záležitostí. Velká světová letiště hlásí obrovské množství cizích předmětů nalezených technickou údržbou drah. To samozřejmě k velkému nárůstu inspekčních prohlídek a také k omezení kapacity pojezdových a vzletových a přistávacích drah.

Rozlišení pozemního radaru DSMR-800 je dostačující k odhalení takovýchto předmětů a může tak poskytovat velmi levnou ochranu před tímto nežádoucím jevem na dnešních letištích a zabránit tak poškození letadel.

2.5.13. Údržba a spolehlivost

Pravděpodobně jednou z největších výhod pozemního přehledového systému DSMR-800 je jeho spolehlivost a nízké nároky na údržbu. Každá radarová hlava je velmi spolehlivá a vyžaduje pouze rutinní údržbu. Celý systém je vzájemně nezávislý tzn. i když jedna radarová hlava selže dojde jenom k částečné ztrátě pokrytí a ne k výpadku celého systému, každá radarová hlava může být opravena, trvá to méně než jednu hodinu, takže se jedná o velmi rychlé obnovení původního stavu. Jejich nízká váha umožňuje, že může být hlava ihned poslána k výrobci k opravě. Další variantou je zaškolení pozemního personálu k rutinní údržbě a malým opravám což následně snižuje náklady provozovatele.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

2.6. Multilaterace

Tato část práce je zaměřena na pozemní sledovací systémy využívající Multilaterace a systému ADS-B. Princip multilaterace je vysvětlen níže.

2.6.1. Základní princip Multilaterace

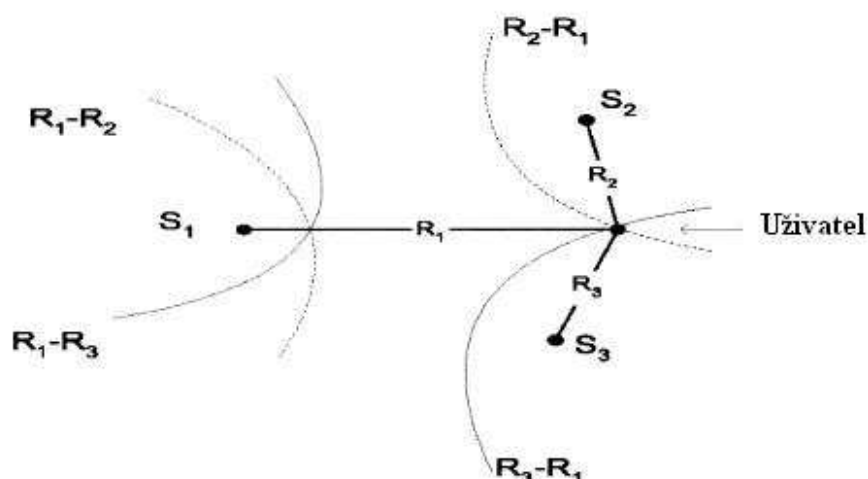
Multilaterace, v angličtině označována také jako hyperbolic positioning, je proces určení polohy předmětu pomocí přesného určení časového rozdílu příjmu signálu (známé více jako TDOA - time difference of arrival) vyslaného od objektu ke třem a více přijímačům. Pojem multilaterace se také vztahuje na určení polohy přijímačů pomocí měření TDOA vyslaného signálu z tří a více synchronizovaných vysílačů.

Multilaterace by neměla být zaměňována s trilaterací, která využívá absolutních měření času příjmu signálu (TOA, time-of-arrival) od tří a více stanic.

2.6.2. Princip

„Multilaterace se běžně využívá v civilních a vojenských „pozorovacích“ aplikacích k určení přesné polohy letadla, vozidla nebo nehybného vysílače pomocí měření TDOA mezi třemi a více stanicemi.

Impuls vyslaný z vysílače dorazí k dvěma přijímacím stanicím (každá se nachází na jiném místě) v nepatrně rozdílných časech. Rozdíl těchto časů je již zmíněný TDOA, který je daný rozdílnými vzdálenostmi přijímacích stanic od vysílače. Pro dva přijímače o známých souřadnicích existuje celá množina bodů možné polohy vysílače při změřeném konstantním TDOA. Tato množina možných poloh je v 3D hyperboloid (těleso, které se dá přibližně popsat jako dva spojené kužely) a ve 2D hyperbola. Takže při dvou přijímačích o známé poloze se vysílač v prostoru nachází někde na povrchu hyperboloidu známého tvaru a velikosti. Důležité je, že přijímače nemusí znát absolutní čas kdy byl impuls vyslán; pouze je nezbytné vědět časový rozdíl příjmu signálů.

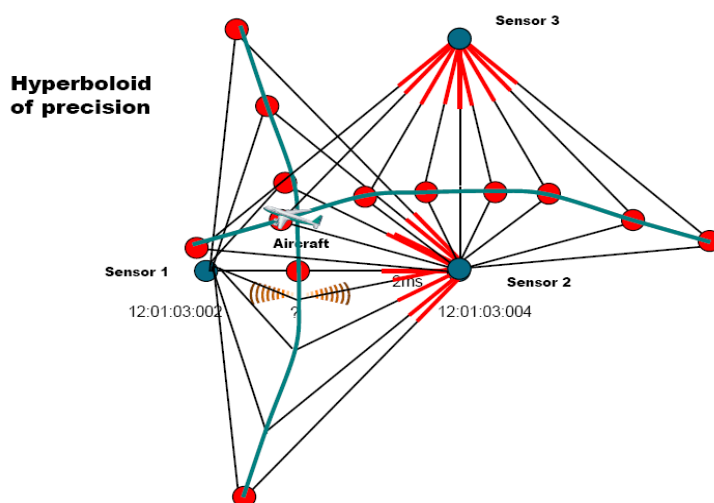


obr. 2-5 Geometrické řešení určení polohy ve 2D pomocí TDOA [5]

Přidáme nyní třetí přijímač na rozdílném místě než předchozí dva. Díky němu vznikne druhé TDOA a vysílač leží někde na druhém hyperboloidu, respektive někde na průniku dvou hyperboloidů, který je charakterizován křivkou.

Pokud se přidá čtvrtý přijímač a je dostupná třetí hodnota TDOA, pak průnikem výše zmíněné křivky a třetího hyperboloidu je jediný bod v prostoru. Poloha vysílače je tak ve 3D přesně určena.

Ve skutečnosti chyby v měření času přijetí impulsu znamenají, že přesnějších výsledků určení polohy se musí dosáhnout s více než čtyřmi přijímači. Obecně N přijímačů poskytne $N-1$ hyperboloidů. Pokud je k dispozici $N > 4$ přijímačů, $N-1$ hyperboloidů (pokud uvažujeme bezchybný model a měření) by se mělo protnout v jednom bodu. V realitě se tělesa stěží protnou v jednom bodě. Je to způsobeno, jak již bylo řečeno, vlivem různých chyb. V tomto případě je nutno polohu vypočítat s vyrovnáním, například pomocí metody nejmenších čtverců anebo pomocí rozšířeného Kalmanova filtru. Vyšší přesnosti se také může dosáhnout zprůměrováním několika TDOA zjištěných z několika měření po sobě následujících“ [5].

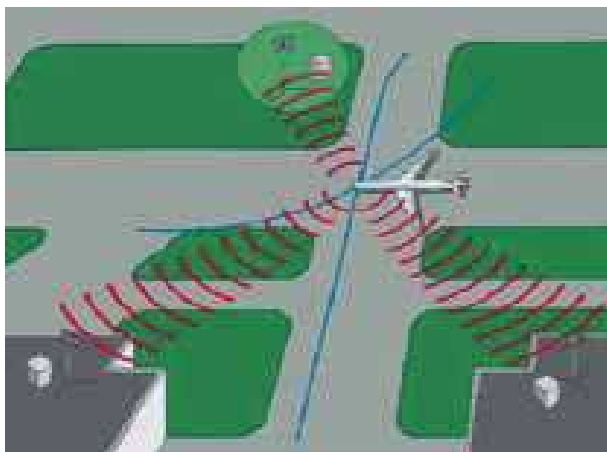


obr 2-6 Princip měření TDOA [2]

2.6.3. Aplikace na letištích

Pozemní systém se skládá z minimálně 3 pozemních stanic (4 pro určení 3-D polohy), referenčního odpovídače a centrální stanice zpracování dat. Ovšem celkový počet pozemních stanic závisí na rozloze letiště.

Multilaterační systém používá více přijímačů k zachycení signálu z odpovídače v módu S. Potom pomocí porovnávání časových rozdílů vypočítává pozici objektu. Pro letadla systém získá identitu pomocí selektivního dotazování v módu A.



obr. 2-7 Aplikace systému MLAT na letištích [6]

2.6.4. Přesnost Multilaterace

Přesnost multilaterace je funkcí několika proměnných, zejména:

- Geometrického uspořádání přijímače(ů) a vysílače(ů)
- Přesnosti registrace impulsů přijímače
- Přesnosti synchronizace vysílacích nebo přijímacích stanic (může být zhoršena neznámými vlivy na šíření signálu)
- Délky vyslaného impulsu
- Nejistoty v poloze přijímačů

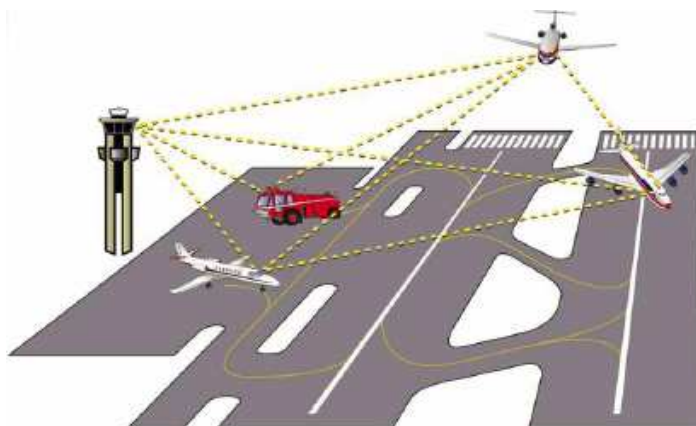
2.7. ADS-B

ADS-B (Automatic dependent Surveillance – Broadcast) Automatic- znamená že systém vysílá požadované informace automaticky bez zásahu pilota či řídicího letového provozu, dependent- znamená závislost systému na systému GPS z něhož získává informace o poloze, broadcast- Vysílání požadovaných informací v pravidelných intervalech.

ADS-B systém slouží k periodickému vysílání polohy, tlakové výšky, identifikace, 24-bitové adresy letadla, rychlosti a ostatních údajů, které jsou určeny ostatními senzory. U pozemních prostředků se vysílá pouze jejich identifikace a informace o poloze.

Typickým senzorem na určení polohy jak letadel tak pozemních prostředků je přijímač GPS. To je zároveň jeho velkou nevýhodou poněvadž tento systém se stává závislým na rozhodování vlády Spojených Států Amerických, potažmo armády Spojených Států.

Pro pozemní aplikace, systém ADS-B využívá nerotující anténu umístěnou v požadované oblasti pokrytí, aby byla schopna přijímat signály od letadel a pozemních prostředků nacházejících se v této oblasti. Pozemní stanice ADS-B nevysílají žádné informace. Tyto stanice jsou také z hlediska jednoduchosti konstrukce a pořizovacích nákladů nejvýhodnější. ADS-B přijímač je obvykle méně než 20 cm vysoký a 80 cm široký a spotřebovává pouhých 200 wattů el. Energie. Tato stanice může být nainstalována do již existujícího komunikačního zařízení VHF. Avšak ADS-B má výhodu v nákladech na pozemní stanici, jeho velkou nevýhodou jsou náklady na vybavení letadel a pozemních prostředků odpovídající systému ADS-B, ovšem při využití jenom pro pozemní provoz jsou tyto náklady srovnatelné s náklady na systém Multilaterace.

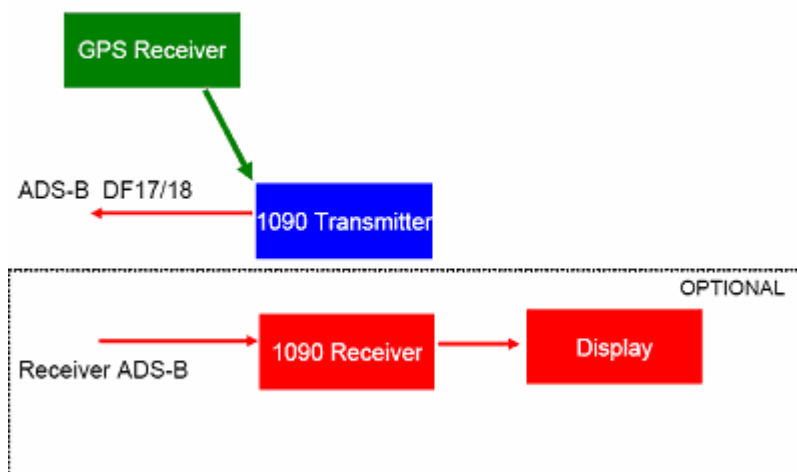


obr. 2-8 Aplikace ADS-B na letištích [2]

2.7.1. Architektura ADS-B

Systém ADS-B se skládá ze tří hlavních částí:

- Přijímač GPS, umístěný ve vozidle nebo na palubě letadla
- Vysílací anténa ADS-B umístěná na vozidle nebo na palubě letadla
- Pozemní přijímač ADS-B



obr. 2-9 Zjednodušený princip systému ADS-B [7]

VTS (Vehicle tracking system)

Jedná se o zjednodušený systém, není zaměřen na celkovou provozní situaci včetně letadel, ale pouze na pozemní prostředky. Tento systém je využitelný na menších letištích, které si nemohou dovolit velkou investici do systému A-SMGCS a provozní požadavky nejsou tak velké aby bylo tento systém potřeba zavádět.

Budoucí technologie pro řidiče pozemních prostředků

Jedná se o zařízení které by v budoucnu mohla být instalována do vozidel za účelem zvýšení bezpečnosti z hlediska vozidel. Je to dáno odlišným pohledem na situaci z pohledu řidiče. Letištní značení je vybudováno tak, aby bylo přehledné z kabiny letadla ovšem pro řidiče pozemního prostředku je orientace snížena, protože se nachází téměř v nulové výšce nad povrchem země a nemá proto dostatečný rozhled. Zařízení, která by mohla řidičům pomoci v orientaci jsou nazývána DISPLAY I a DISPLAY II.

DISPLAY I – Jedná se o zařízení které spolupracuje s letištním přehledovým systémem a poskytuje řidiči informaci o jeho okamžité poloze.

DISPLAY II - Jedná se o zařízení podobné DISPLAY I, ale má navíc funkci toho, že poskytuje řidiči informace o ostatním provozu kolem a ukazuje mu nejednodušší trasu k vytyčenému cíli.

2.8. SQUID

Oba tyto systémy používají zařízení, které by se dalo pospat jako zjednodušený odpovídač, nebo-li tzv. „SQUID“. Toto zařízení je vyráběné společností ERA Pardubice. Tyto systémy jsou zaměřeny na poskytnutí obrazu o celkové provozní situaci na provozních plochách, zahrnující jak letadla tak pozemní prostředky. Pozemní prostředky používají již zmíněný vysílač Módu S a letadla zajišťují komunikaci s tímto systémem pomocí palubního odpovídače v módu S.

Tento vysílač je určený pro podporu unikátního systému identifikace vozidel na provozních plochách (VTS - Vehicle tracking system). Squid vysílá standartizované zprávy módu S zahrnující identifikační adresu a informaci o poloze, identifikaci vozidla, a kód typu.

Squid se skládá z elektronické jednotky spojené s anténou a z krytu vyrobeného z kompozitních materiálů. Kabel je připojen do konektoru nacházejícím se na povrch vysílače. Vysílač může být namontován na vozidlo jak pomocí magnetických úchytů a nebo pevně spojen s vozidlem pomocí šroubů (obr. 4-1)



- Vysílač mód S (DF18 Mód S)
- Zahrnuje 12-ti kanálový GPS přijímač
- Vysílá identifikaci, polohu, druh vozidla....
- GPS výstup
- Možnost konfigurace pomocí přenosného počítače
- Certifikováno ÚCL
- Dodáno přes 1500 kusů

Obr. 2-10 squid by ERA [2]

Přenosný Squitter Beacon (SQUID) je inteligentní zařízení vyhrazené k podpoře přesně stanovených úkonů moderního řízení provozu. Tento systém je speciálně zkonstruován k podpoře přehledových funkcí A-SMGCS a představuje výhodný protiklad k tradičním odpovídačům používaným v letectví z hlediska pořizovacích nákladů a také hmotnosti. Jeho konstrukce zajišťuje snadnou integraci do jakéhokoliv jiného systému MLAT či ADS-B.

Toto zařízení je založeno na samovolném vysílání squitteru módu S na frekvenci 1090 MHz. Adresa módu S má variabilní hodnotu a může být zvolena

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

zákazníkem. SQUID operuje ve dvou módech, záleží na druhu přenášeného signálu. Základní mód je založen na DF11 krátkých squitterech a podporuje všechny MLAT systémy v módu S o frekvenci 1090 MHz a využívající těchto druhů squitterů. Druhý mód je založen na DF18 rozšířených squitterech používaných pro ADS-B. SQUID používá vestavěný GPS přijímač k poskytování dodatečné informace o GPS poloze a identifikaci. Toto zařízení vyhovuje předpisům ICAO Annex 10 a ICAO manuálu na specifické služby módu S.

Možnosti použití:

- Letištní mobilní prostředky
- Dočasné pozemní překážky
- Všeobecné letectví
- Kalibrační zařízení pro jiné druhy prostředků

Výhody použití:

- Levná podpora pro již existující systém MLAT nebo ADS-B
- Adresy módu S libovolné a určované podle lokálních podmínek
- Nízké el.mag vyzařování
- Malé rozměry a nízká váha
- Nízká spotřeba el. Energie
- GPS datový výstup
- Plně automatizovaný, bez nutnosti zásahu člověka
- Pracuje za všech povětrnostních podmínek

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

2.9. Porovnání systémů ADS-B a MLAT

Tato část se zabývá vzájemným srovnáním výhod a nevýhod jednotlivých systémů popsaných výše. ADS-B a MLAT jsou systémy s největším potenciálem rozvojem jedná se o poměrně moderní zařízení, která svými vlastnostmi zaručují vysokou míru spolehlivosti, a z hlediska pořizovacích nákladů jsou mnohonásobně levnější než již zavedené a používané systémy.

Výhody MLAT:

- Používá již zavedené palubní vybavení
- Vysoká pravděpodobnost identifikace nezávislá na povětrnostních podmínkách
- Vysoká obnovovací frekvence
- Rozliší dva objekty stejné pozice (v selektivním módu S)
- Nekonfliktní s jinými zařízeními
- Nižší pořizovací cena než radar
- Data z tohoto systému mohou být převedena do podoby radarových dat (u systémů které nepodporují přímé MLAT data)
- Určení pozice v téměř reálném čase
- Nezávislost na ostatních systémech
- Vysoká přesnost

Nevýhody MLAT:

- Více pozemních stanic
- Vyžaduje více komunikačních kanálů
- Možné identifikování falešných cílů (odražené signály atd...)
- Cena systému zvýšená o náklady na údržbu a pořízení více pozemních stanic
- Požadavek na přímý výhled z několika míst najednou

Výhody ADS-B

- Jednoduchá konstrukce pozemní stanice
- Nekonfliktní s jinými zařízeními
- Nízká pořizovací cena pozemní stanice
- Nižší obnovovací frekvence
- Vynikající rozlišovací schopnost
- Vyšší přesnost údajů z palubních přístrojů, než vypočítaných údajů z MLAT
- Přesnost nezávislá na vzdálenosti od pozemní stanice
- Podpora zobrazení volacích znaků bez nutnosti napojení na systém provozních údajů

Nevýhody ADS-B

- Závislost na palubních zařízeních (GPS)
- Přímý výhled na objekt
- Zpoždění identifikace způsobené procesem zpracování dat a následným vysláním údajů o poloze

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

Nejdůležitějším srovnávacím kritériem je přesnost zobrazovaných informací. U systému MLAT je přesnost na velmi vysoké úrovni, poněvadž informace o poloze, která je při použití v pozemním prostředí nejdůležitější je získávána výpočtem podle již zmíněných principů a takováto informace má jen minimální zpoždění tj. odchylku od reálné polohy.

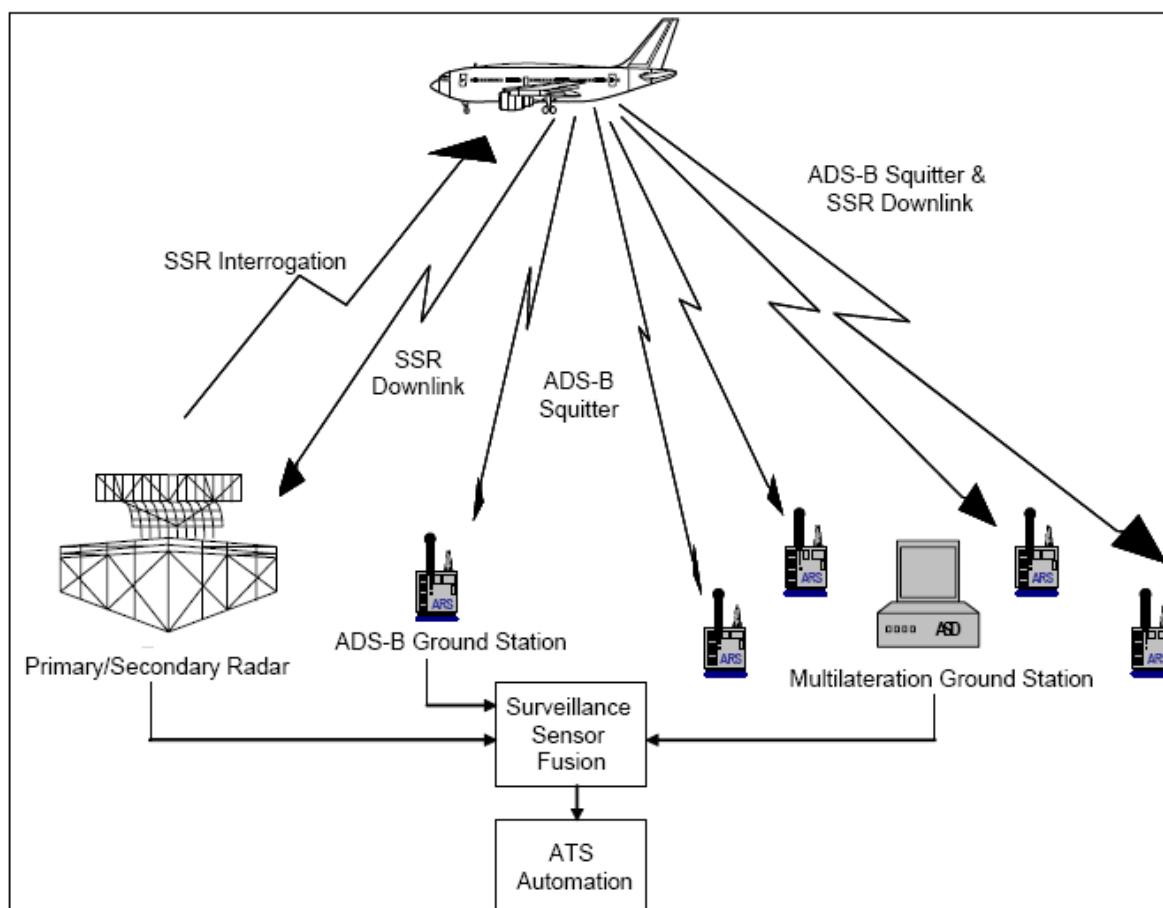
U systému ADS-B je situace poněkud komplikovanější. A to z hlediska potřebného času na zpracování údajů, nejprve se systém dotazuje na polohu z GPS poté dochází ke zpracování informací, jejich modulaci na přenosovou vlnu a poté již v pozemní stanici zase k jejímu demodulování a následnému zpracování až k výslednému zobrazení na obrazovce. A tím pádem odchylka od reálné polohy je daleko větší než u systému MLAT. Samozřejmě výsledná chyba je závislá na rychlosti určeného objektu a v závislosti se zvyšující se rychlostí roste taky chyba určení polohy. Výsledek tohoto srovnání je patrný z (obr. 5-1).



obr. 2-11 Srovnání určení polohy ADS-B a MLAT [2]
(červená pozice je ze systému MLAT, modrá pozice ze systému ADS-B)

2.10. Fúze dat u systému A-SMGCS

Fúze dat u systému A-SMGCS je jedním z klíčových problémů v zavádění takového systému. Data jsou získávána z různých senzorů které jsou na konkrétním letišti dostupné, jako např. SMR, MLAT, Přibližovací radar a řada dalších. Samozřejmě všechny tyto senzory mají různou kvalitu úrovně přesnosti a spolehlivosti jak již bylo zmíněno výše a tím pádem data získaná z těchto senzorů mohou být různorodá. A tady nastává hlavní úkol zpracování dat, který spočívá v tom z každého dostupného zdroje vyselektovat co možná nejpřesnější informaci o poloze daného objektu a udat kvalitu této informace. Kvalita zpracování dat významně ovlivňuje celkovou kvalitu celého systému. V praxi tento modul vyžaduje velmi přesnou konfiguraci vzhledem k možnostem jednotlivých senzorů. Formát výsledných dat je standartizován EUROCONTROL v protokolu ASTERIX 11. Příklad zpracování dat je patrný z (obr. 6-1)



obr. 2-12 Příklad zpracování dat systému A-SMGCS [8]

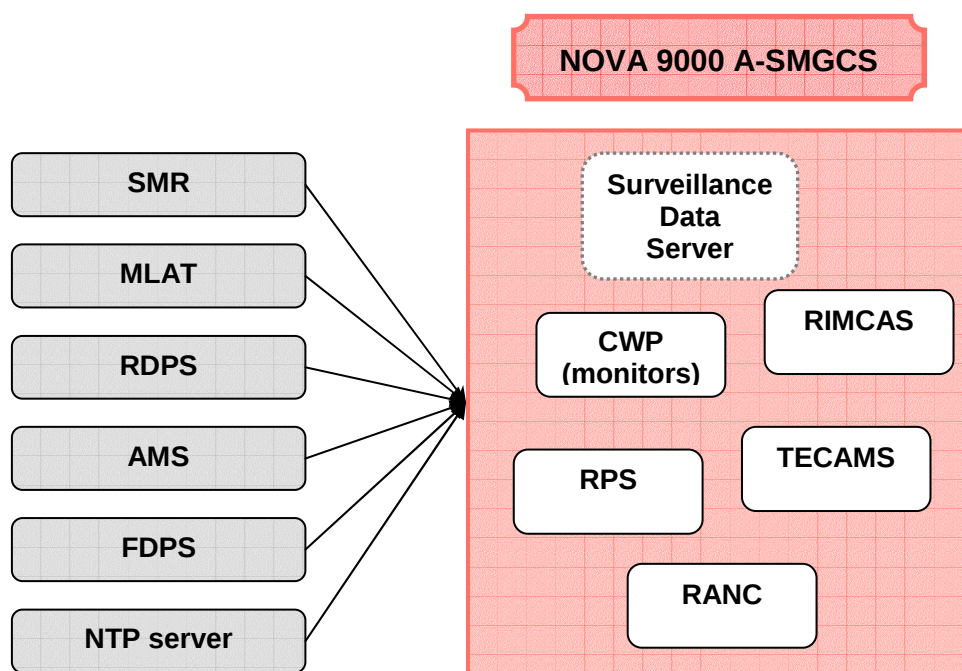
Návrhová Část:

Návrhová část se zabývá analýzou systému A-SMGCS na konkrétním letišti pro svou práci jsem si vybral letiště Praha – Ruzyně (LKPR). Druhá polovina této části se skládá z analýzy postupů při využití A-SMGCS.

3. Systém A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně

3.1. Architektura systému A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně

A-SMGCS se skládá z přehledových senzorů a systému řízení letového provozu pro kompletní kontrolu pozemních pohybů na letištní ploše. Systém řízení letového provozu s názvem NOVA 9000 A-SMGCS od norské společnosti Park-Air Systems byl instalován na letišti Praha-Ruzyně v roce 2004. NOVA 9000 A-SMGCS systém zahrnuje ostatní podsystémy zajišťující klíčové funkce A-SMGCS jako výstražný systém varování před srážkou. V případě letiště Praha-Ruzyně NOVA 9000 RIMCAS představuje tento již zmíněný systém. (obr 7-1)



obr. 3-1 Architektura systému A-SMGCS [9]

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

3.1.1. Přehledové senzory

Přehledové senzory na letišti Praha-Ruzyně zahrnují Pozemní přehledový radar (SMR), systém Multilaterace (MLAT) a systém zpracování radarových dat (RDPS). Velký počet letadel, která nejsou vybavena odpovídačem v módu S jako např. soukromé VFR lety se stále objevují na letišti Praha-Ruzyně. Při potřebě detekce takovýchto cílů je pozemní přehledový radar základní součástí takového systému.

Pozemní přehledový radar je schopen detekovat cíle, které mají odrazovou plochu větší než 1m^2 , ale musí být bráno v potaz, že pozemní přehledový radar neposkytuje žádnou identifikaci k určenému cíli a který je spolu s nepřesností při špatných povětrnostních podmínkách jeho hlavní nevýhodou.

Systém Multilaterace, s obchodním označením P3D-AS, byl zakoupen od společnosti ERA a.s v roce 2004. Systém se skládá z 20 přijímacích stanic umístěných na letišti Praha-Ruzyně. Systém Multilaterace zpracovává signál z odpovídačů v módu S z letadel a ze zařízení SQUID u pozemních prostředků. Kalkuluje jejich pozici na principu TDOA, který je popsán výše v kapitole zabývající se systémem MLAT. Přesnost tohoto zařízení je velmi vysoká a pohybuje se okolo hodnoty 3,5 m na pojezdových drahách a VPD. Na letišti Praha-Ruzyně je vybaveno 75 vozidel zařízením SQUID.

Systém zpracování radarových dat, na letišti Praha-Ruzyně představuje systém EUROCAT 2000 (E2000) je systém pro radarová data, data letových plánů a zpracování letových informací a v neposlední řadě zajišťuje pracovní rozhraní pro řídicí letového provozu. Systém zpracování dat automaticky přiřazuje příslušné kódy odpovídače sekundárního radaru ke konkrétním údajům z letových plánů, organizuje uspořádání letového provozu v daném prostoru a dokáže pracovat s elektronickými letovými proužky (stripy). Je schopen detekovat blížící se konflikty (STCA) nebezpečné přiblížení k terénu (MSAW) a také varovat před nebezpečným přiblížením k zakázanému prostoru (DAIW). Obnovovací frekvence zobrazení je 6 sekund což není zcela obvyklé vzhledem k přehledové funkci systému A-SMGCS. Situace by se měla zlepšit postavením zamýšleného pasivního radaru ve středních Čechách, který bude také pokrývat oblast letiště Praha-Ruzyně. Pasivní radar má obnovovací frekvenci 1 sekundu. Maximální kapacita systému je 250 aktivních letových plánů.

3.1.2. NOVA 9000 Systém A-SMGCS

NOVA 9000 A-SMGCS je schopen poskytovat přehledové funkce, kontrolu, navádění a podporu plánování pro řízení letového provozu. Systém byl vyvinut, aby byl nastavitelný jak pro kontrolu pozemních pohybů tak i kontrolu přiblížovací.

V případě letiště Praha-Ruzyně následující základní moduly systému NOVA 9000 zahrnují:

- 4 pracovní pozice řídicího (CWP) (obr. 7-2)
- Jednotku zpracování dat z pozemního přehledového radaru (RANC)

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

- Server přehledových dat (SDS): Centrální server NOVA 9000 A-SMGCS
- Podsystem varování před nepovoleným vstupem na VPD a varování před srážkou (RIMCAS)
- Záznamový systém (RPS)
- Technický podsystem kontroly a monitorování (TECAMS)

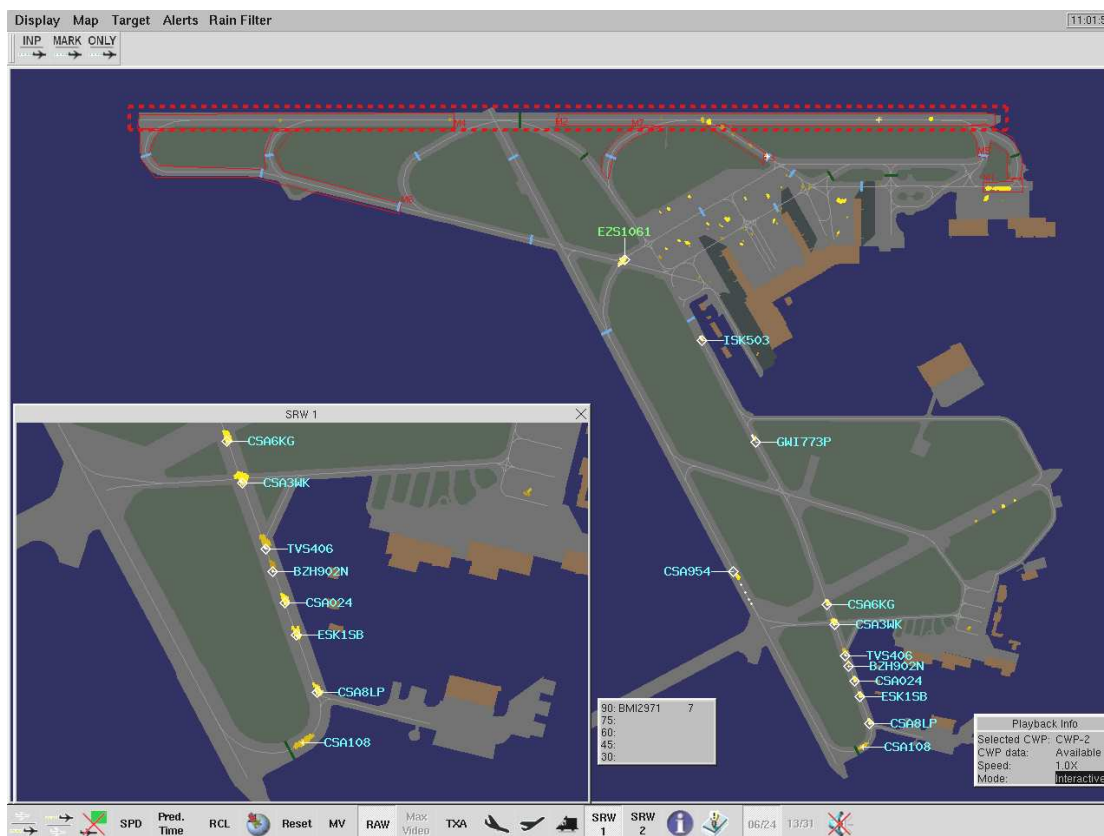
Za účelem získání a výměny přehledových dat, letových plánů a ostatních relevantních informací, NOVA 9000 A-SMGCS poskytuje rozhraní pro radar a ostatní letištní systémy jako:

- Pozemní přehledový radar (SMR)
- Přehledový přibližovací radar (ASR)
- System Multilaterace módem S (MLAT)
- System ADS-B
- System zpracování letových dat (FDPS)
- System pozemních světelných návěstidel (AGL)
- Letištní referenční hodiny (TIME)

Údaje ze všech přehledových senzorů jsou shromažďována v jednotce fúze dat, která také funguje jako tzv. Pozemní multitacker. Tato jednotka počítá co možná nejpresnější polohu daného objektu a poté tyto výsledná data poskytuje uživatelskému podsystemu. V tomto případě údaje z pozemního přehledového radaru jsou zpřesněny z informací ze systému multilaterace (MLAT) a ostatních systémů. Výsledná pozice mobilního prostředku letadla nebo mobilního prostředku jsou zobrazena na obrazovce řídicího pozemních pohybů (obr.7-2). V případě že jeden z přehledových senzorů je mimo provoz, zobrazují se informace z ostatních přehledových senzorů. Nicméně musí být bráno v potaz že přesnost určení polohy z jednotlivých senzorů může být velmi rozdílná.

Kapacita systému NOVA 9000 A-SMGCS umožňuje zpracování a zobrazení až 1200 cílů, ať už se jedná o cíle ve vzduchu nebo na zemi. Údaje o pozici daného objektu se obnovují každou sekundu.

NOVA 9000 A-SMGCS také zajišťuje funkci tzv. "Safety Nets". Softwarový modul na letišti Praha-Ruzyně vyvinutý pro monitorování pohybů na letištních plochách s cílem předcházet konfliktním situacím se nazývá: Podsystem varování před nepovoleným vstupem na VPD a varování před srážkou (RIMCAS). System dává řídicímu pozemních pohybů možnost reagovat v reálném časovém horizontu. V případě konfliktní situace system vyšle varovnou zprávu, která obsahuje informaci o identifikaci a poloze daných objektů a o vážnosti konfliktní situace.



obr. 3-2 CWP: Praha ATC TWR - A-SMGCS obrazovka [9]

3.1.3. Ostatní Systémy

Další možný vstup do systému představuje systém pro zpracování letových údajů (FDSP) také nazývaný ESUP (Eurocat Support System). Systém přijímá letové plány z centrální databáze letových plánů (IFPS) kde se také ověřuje správnost zadaných údajů letového plánu. Systém ESUP poskytuje údaje letových plánů systému A-SMGCS který zpracovává nejen data z letových plánů, ale také data z CFMU (TACT, CASA) týkající se zpráv CTOT a výměny informací o letadlech nacházejících se na provozních plochách letiště Praha-Ruzyně.

Letištní Monitorovací systém (AMS) jako vstup do systému NOVA 9000 A-SMGCS kontroluje a signalizuje stav letištních systémů jako např. letištních světelných návěstidel, monitorovacího systému pro operace za snížené viditelnosti. Monitoruje a kontroluje také stav systému ILS.

Dalším vstupem do systému NOVA 9000 A-SMGCS je "Network Time Protocol server" (NTP server). NTP je protokol pro synchronizaci hodin počítačových systémů (Pracovních stanic, serverů a spojovacích uzlů pracujících v síti TCP/IP) který je sestaven obzvláště k tomu aby odolal efektům spojeným se zpožděním jednotlivých senzorů systému A-SMGCS.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

3.2. Předepsané postupy ŘLP s použitím A-SMGCS

3.2.1. A-SMGCS Provozní úroveň

- ASMGCS Level I Přehledová funkce (Surveillance)
- ASMGCS Level II Level I + Varovná funkce (Control) (Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert Sub-system)

3.2.2. Provozní stavy A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně

Jednotlivé provozní stavy jsou:

- **PROVOZ LEVEL 1**

Provozní stav, kdy je zobrazení A-SMGCS využíváno pro radarové řízení na pohybové ploše letiště za všech meteorologických podmínek na letišti a kdy řídící může kontrolovat plnění vydaných povolení pomocí radarového zobrazení. Řídící využívá „Varovnou funkci“ pouze ke zjišťování přejetí zapnuté „STOP PŘÍČKY“.

- **PROVOZ LEVEL 2**

Provozní stav, kdy je zobrazení A-SMGCS využíváno pro činnosti „Přehledová funkce“ a „Varovná funkce“ bez provozního omezení. (Varovná funkce není prozatím na letišti Praha-Ruzyně v operačním stavu a prozatím je ve fázi testování).

3.2.3. Činnosti

Informace zobrazené na radarovém displeji se smí při poskytování letových provozních služeb používat k výkonu následujících činností:

- monitorování, zda letadla a vozidla na provozní ploše dodržují vydaná povolení a instrukce.
- zjištění, že dráha je volná před přistáním nebo vzletem.
- poskytování informací o místním význačném provozu na provozní ploše nebo v její blízkosti.
- určování polohy letadel a vozidel na provozní ploše.
- poskytování směrových informací pro pojíždění letadla, požaduje-li tak pilot nebo považuje-li to řídící za nezbytné. S výjimkou mimořádných okolností, například nouzí, by takové informace neměly být vydávány formou instrukcí stanovujících určitý kurs.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

- poskytování pomoci a rad pohotovostním vozidlům.
- zjištění, že na dráze nejsou žádné cíle.
- potvrzení, že přilétávající letadlo opustilo dráhu.
- přesvědčení se, že odlétávající letadlo zahájilo rozjezd.
- pomoc při řešení možného konfliktu na provozní ploše letiště.
- poskytování pomoci a rad letadlům.
- ověření hlášené polohy cíle.
- sledování provozní plochy a identifikování optimální trasy poježdění pro snížení nahromaděného provozu a napomáhání urychlení toku letového provozu v době zhoršených meteorologických podmínek.
- poskytnutí informace o přejetí zapnuté stop příčky. Vyjma případu nouze nepoužívejte radarové zobrazení A-SMGCS k poskytování kursových informací pro pomoc při poježdění.

3.2.4. Identifikace

Při využívání A-SMGCS mohou být letadla a vozidla identifikována korelací volacího znaku známého letištního pohybu se zobrazeným cílem na obrazovce přehledového zobrazení A-SMGCS.

Identifikace cíle je zajištěna:

- Automatickým označením cíle systémem A-SMGCS u letadel vybavených Modem-S.
- Přímým označením (ukázáním prstem/tužkou) indikace polohy v systému A-SMGCS.

Porovnáním určité indikace radarové polohy s:

- o Polohou letadla vizuálně pozorovanou řídícím.
- o Polohou letadla hlášenou pilotem, nebo identifikovanou indikací radarové polohy zobrazené na displeji přehledového radaru.
- o Předáním radarové identifikace.
- o Automatickým označením vozidla vybaveného vysílačem SQUID.

Automatická identifikace je zajištěna pouze u letadel, na jehož let byl podán letový plán a letadlo je vybaveno odpovídáčem módu S a má správně nastaven mód

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

A. Identifikace vozidla je zajištěna u spolupracujícího cíle automatickým označením vozidla volacím znkem.

3.3. Provoz A-SMGCS

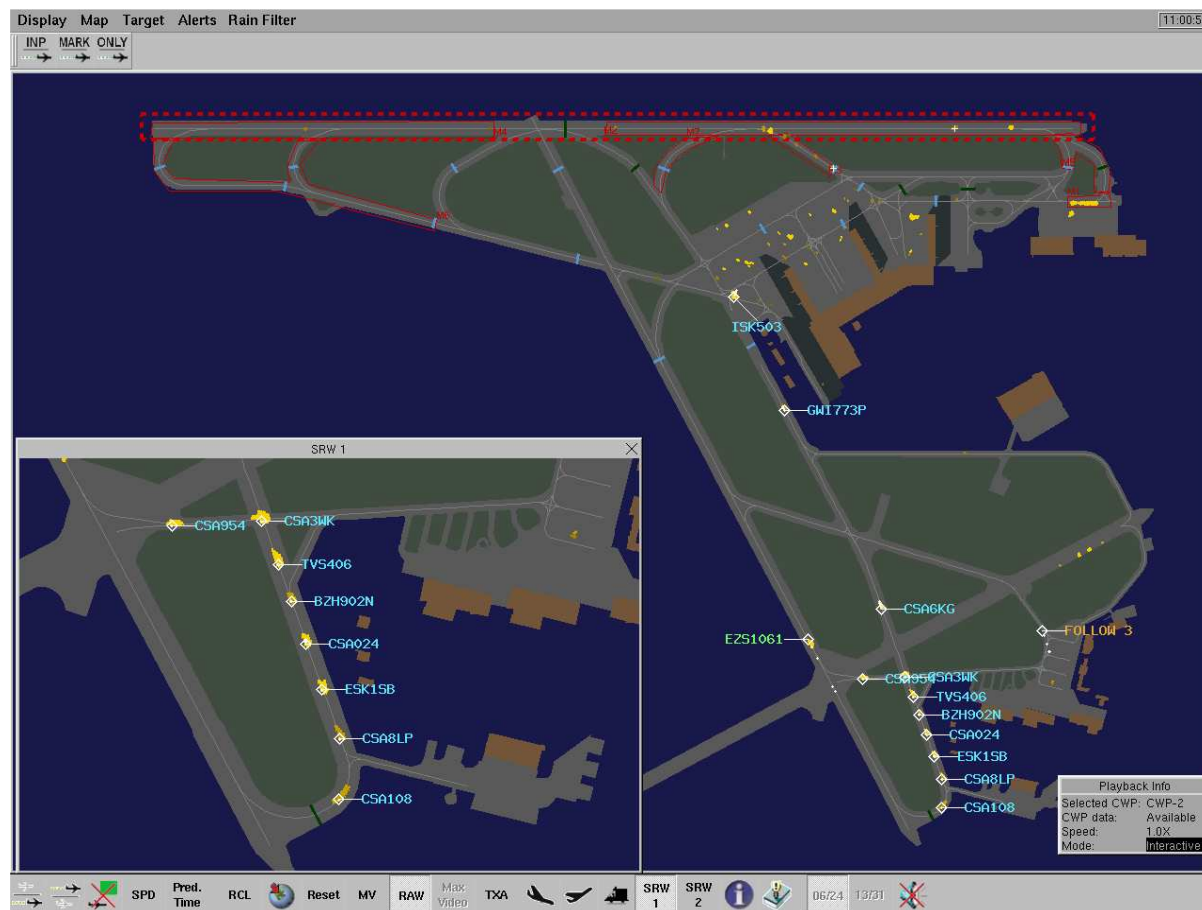
Provozní postupy stanovují využitelnost systému A-SMGCS při zajišťování letového provozu na letišti. Postupy umožňují řídícím na TWR Ruzyně vydávat instrukce a letová povolení letištnímu provozu na základě informací ze systému A-SMGCS. Mimo povinností vyplývajících z této směrnice je řídící letového provozu povinen dodržovat ustanovení ostatních českých leteckých předpisů a provozních dokumentů.

3.3.1. Konfigurace zobrazení

Systém má v základním nastavení 4 pracovní pozice. Jedná se o umístění stanic na pracovištích:

- TPC – Tower Planning Controller
- TEC – Tower Executive Controller
- GEC – Ground Executive Controller
- CDD – Clearance Delivery Dispatcher

Každá pracovní stanice má stejné základní nastavení HMI. Toto základní nastavení je pevně definované. Na radarovém zobrazení je indikován aktuální stav stop příček. Na radarovém zobrazení je možné zobrazit zakázané prostory na VPD, pojezdnicích drahách a na odbavovacích plochách. Stav těchto úseků je vyznačen červeným orámováním prostoru (Temporary map). Na radarovém zobrazení je možné zobrazit prostor odpovědnosti za provoz na VPD. Stav těchto úseků je vyznačen přerušovaným červeným orámováním (obr. 3-3).



obr. 3-3 Zobrazení prostoru odpovědnosti za provoz na RWY [9]

3.3.2. Provozní postupy při manuálních označení cíle

Následující postupy mají za cíl snížit pravděpodobnost nezjištění přeskočení formuláře na RWY:

- Manuální označení cíle formuláře se nesmí provádět u pohybujícího se cíle na RWY.
- Manuální označení musí být vyznačeno v letovém proužku písmenem M.

Provozní omezení manuálního označení cíle

Systém ASMGCS pracuje ve smíšeném prostředí, to je v prostředí, kdy nejsou všechna vozidla nebo letadla vybavena odpovídáčem Módu S nebo mají Mód S mimo provoz.

Fyzická blízkost cílů na zemi může způsobit přeskočení formuláře mezi cíli navzájem.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

Je nepravděpodobné, že dojde k přeskočení mezi dvěma označenými cíli. Je pravděpodobnější, že může dojít k takovému přeskočení z jednoho označeného primárního cíle (SMR) na druhý primární cíl, který nebyl označen. V tomto případě řídící pro zrušení označení cíle použije funkci TRACK RELEASE.

Před manuálním označením cíle, který má řídící v pravomoci, a u kterého nedošlo k automatickému označení formulářem nebo došlo ke ztrátě formuláře, nebo z důvodů nedodržení postupů ovládání odpovídače posádkou letadla, použijte dále stanovenou frazeologii.

Existuje reálný předpoklad, že řídící, který manuální označení cíle provedl, **zjistí** případné přeskočení formuláře manuálně označeného cíle na jiný neoznačený cíl. Určité nebezpečí **nezjištění**, že došlo k přeskočení formuláře, může nastat v době přechodu odpovědnosti z jednoho řídicího pracoviště na jiné řídicí pracoviště, kdy si přebírají pracoviště neuvědomí, že došlo k přeskočení formuláře letadla.

Příletové okno

Volací znak přilétávajícího letadla je zobrazen v okně IAW (Impending Arrival Windows) v intervalech 30, 45, 60, 75 a 90 sekund před příletem nad THR příslušné RWY.

3.4. Provozní postupy

Provozní postupy jsou popsány pro odlet, přílet a pro mobilní prostředky na provozní ploše letiště.

3.4.1. Přehledová funkce (Surveillance)

Odlet

V případě, že letadlo je automaticky nebo jiným způsobem identifikováno mohou být údaje z tohoto zobrazení využívány pro následující činnosti:

- Provádění manuálního označení letadla na pohybové ploše letiště mimo prostor RWY, v případě, že nedošlo k automatickému označení
- Využívání informace o přejetí zapnuté STOP Příčky pro případné povolení k přistání letadla
- Využívání informace při vzletu o poloze ve vztahu k vzdálenosti od THR pro aplikaci snížených rozstupů na stejnou RWY.

Přílet

V případě, že letadlo při přistání je automaticky nebo jiným způsobem identifikováno mohou být údaje z tohoto zobrazení využívány pro následující činnosti:

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

- Využívání informace o uvolnění ochranného prostoru CAT I, popřípadě CAT II/III
- Provádění manuálního označení letadla na pohybové ploše letiště mimo prostor RWY v případě, že nedošlo k automatickému označení
- Využívání informace o překřizování RWY nebo TWY bez nutnosti žádosti o ohlášení takového překřizování

Provoz mobilních prostředků

V případě, že vozidlo je automaticky nebo manuálně označeno mohou být údaje z tohoto zobrazení využívány pro následující činnosti:

- Nepovolení křížovat nebo vstoupit na RWY vozidlu, které nemá vysílač SQB a nedošlo k automatickému označení. Cíl musí mít symbol „◇“
- Využívání informace o přejetí zapnuté STOP Příčky pro případné povolení k přistání letadla
- V případě údržby RWY stačí, když je pouze označeno vozidlo, které řídí údržbu na příslušné RWY.

3.4.2. Varovná funkce (Control)

Popis varovné funkce bude doplněn před uvedením této funkce do řádného provozu. Z varovné funkce se provozně využívá pouze kontrola neoprávněného přejetí STOP PŘÍČKY.

Monitorování STOP PŘÍČEK

Systém monitoruje neoprávněné přejetí zapnuté STOP PŘÍČKY před vstupem na RWY. Neoprávněné přejetí STOP PŘÍČKY je zobrazeno na monitoru ASMGCS vypínatelným zvukovým signálem a zobrazením informace u příslušné STOP PŘÍČKY.



V případě zobrazení této informace se řídící dotáže posádky letadla zda stojí na vyčkávacím místě a ověří případný pohyb respektive polohu letadla na přehledovém zobrazení ASMGCS. V případě, že A/C narušilo vyčkávací místo CAT II/III nebo CAT I, předá řídící letového provozu informaci přistávajícímu letadlu. Informace o případném narušení ochranné zóny LLZ musí být předána posádce přistávajícího letadla pokud se nachází ve větší vzdálenosti než 1 NM od THR.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

3.5. Povinnosti a práva jednotlivých funkcí

3.5.1. TSC – Tower Senior Controller

TSC při řízení letištního provozu na pohybové ploše letiště s využitím systému ASMGCS má za povinnost provádět následující činnosti:

- S konečnou platností rozhoduje o provozním stavu využití systému ASMGCS
- Informuje ASC a ŘPL/ČSL o provozním stavu využití systému ASMGCS
- S konečnou platností rozhoduje o úplné neprovozuschopnosti systému ASMGCS na letišti

3.5.2. CDD – Clearance Delivery Dispatcher

CDD při využívání systému ASMGCS má za povinnost následující činnosti :

- Do tabulky DEP pomocí funkce EDIT zadává volací znak letu VFR bez letového plánu.

3.5.3. GEC – Ground Executive Controller

GEC při řízení letištního provozu na pohybové ploše letiště využívá přehledové zobrazení ASMGCS pro následující činnosti:

Odlety:

- U letadel, která žádají o vytlačení nebo o pojíždění a mají již zobrazený formulář zkontroluje jestli poloha formuláře odpovídá hlášenému číslu stání
- U letadel, která nemají zapnutý odpovídač Módu S požádá o zapnutí
- U letadel, která nejsou automaticky označena formulářem provede po identifikaci manuální označení
- Neprovádí manuální označení letadel, pokud nejsou v jeho pravomoci nebo pokud takovéto manuální označení není zkoordinováno se sousedním pracovištěm
- Zapisuje do LP (letových proužků) manuální označení cíle písmenem M.

Přílety:

- U letadel, která nemají zapnutý odpovídač Módu S požádá o zapnutí

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

- U letadel, která nejsou automaticky označena formulářem provede po identifikaci manuální označení
- Neprovádí manuální označení letadel, pokud nejsou v jeho pravomoci nebo pokud takovéto manuální označení není zkoordinováno se sousedním pracovištěm
- Zapisuje do LP manuální označení cíle písmenem M

3.5.4. TEC – Tower Executive Controller

TEC při řízení letištního provozu na provozní ploše letiště využívá přehledové zobrazení ASMGCS pro následující činnosti:

- Na základě žádosti TPC, stisknutím ikony příslušné dráhy RWY, předává odpovědnost za její využívání na TPC
- U letadla, které přistálo a po uvolnění RWY vypnulo odpovídač požádá o opětovné zapnutí
- Řídící má právo v případě neprovozuschopnosti P3D-AS přestat využívat ASMGCS pro řízení provozu na provozní ploše letiště a přehledovou informaci využívat pouze pro monitorování primárních odrazů

3.5.5. TPC – Tower Planning Controller

TPC při řízení letištního provozu na provozní ploše letiště využívá přehledové zobrazení pro následující činnosti:

- U vozidel, která nejsou vybavena vysílačem SQUID a nemají automatické označení, provádí manuální označení vozidla při vstupu na provozní plochu letiště (mimo RWY) z předem nastavené tabulky
- Povoluje křížovat RWY spolupracujícím cílům, to znamená pouze vozidlům, která jsou vybavena vysílačem signálu squitteru Módu S
- Předává zpět odpovědnost za využívání RWY na TEC, stisknutím příslušné ikony
- Řídící má právo v případě neprovozuschopnosti P3D-AS přestat využívat ASMGCS pro řízení provozu na provozní ploše letiště a přehledovou informaci využívat pouze pro monitorování primárních odrazů

Provádění manuální označování cílů záleží na rozhodnutí TSC ve vztahu k množství provozu na letišti. Pro zajištění kvalitní přehledové informace je žádoucí aby řídící GEC v maximální možné míře prováděl manuální označení letadel.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

Manuální označení vozidel, která nejsou vybavena vysílačem SQUID na provozní ploše není povinné. Signalizace přejetí zapnuté stop příčky před vstupem na RWY neznamena ještě zákaz přistání na stejnou RWY. Přejetí STOP PŘÍČKY CAT II/III netvoří bezprostřední nebezpečí pro přistávající letadlo, „pouze“ může dojít k narušení signálu LLZ pro přistávající letadlo na CAT III a výpadku autopilota.

3.6. *Nouzové postupy (Provozní poruchy systému A-SMGCS)*

3.6.1. Porucha primárního radaru SMR

ASMGCS může být využíváno pouze s využitím polohové informace z P3D-AS.

Provoz nespolupracujících cílů nebude zobrazován !

3.6.2. Porucha P3D-AS

ASMGCS může být využíváno pouze s využitím polohové informace ze SMR.

Provoz spolupracujících cílů nebude zobrazován !

3.6.3. Úplná porucha ASMGCS

Na letišti je letištní provoz řízen procedurálně bez využití jakékoliv radarové informace.

Nebudou zobrazeny žádné cíle !

V případě poruchy Tower Senior Controller musí neprodleně informovat příslušné technické oddělení.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	-----------------	--------------------------

4. Ekonomické zhodnocení zavedení automatizovaných systémů

Při výběru určité technologie přehledu o pozemní situaci na provozních plochách letiště je zejména kladen důraz na to, aby zvolená technologie splňovala operační požadavky a aby byla schopná provozu v podmínkách prostředí ve kterém se konkrétní letiště nachází. V některých případech si zákazník vybírá jenom jednu určenou technologii ke zobrazení přehledu o situaci na provozních plochách letiště. Nicméně ve většině případů se jedná o kombinaci různých technologií jak již bylo zmíněno v předcházející části práce. Jedním z hlavních faktorů výběru konkrétních zařízení jsou technické parametry takového zařízení, ale v neposlední řadě je to také výsledná cena produktu. Cena se skládá z několika částí, které jsou popsány níže.

4.1. Pořizovací náklady na systém A-SMGCS

Pořizovací náklady jsou většinou hlavní faktorem výběru konkrétního zařízení tj. zda-li bude vůbec instalováno, která technologie bude vybrána. Pro stanovení ceny systému A-SMGCS je nutná znalost celkové struktury nákladů a poté připočítat náklady které jsou nám známy nebo tyto náklady odhadnout.

Odhadnutí nákladů dosáhneme rozložením A-SMGCS na základní funkce:

- Získání informací od nespolupracujících cílů
- Získání informací od spolupracujících cílů
- Systém zpracování dat
- Uživatelské rozhraní

Struktura nákladů:

Tato kapitola se zabývá vynaloženými náklady na zavedení úrovně I a II systému A-SMGCS.

- Pořizovací náklady
- Náklady na instalaci
- Údržba
- Náklady na vzdělání řídících při přechodu na systém A-SMGCS
- Finanční náklady

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

4.1.1. Získání informací od nespolupracujících cílů

4.1.1.1. Pozemní přehledový radar

Pozemní přehledový radar je nepostradatelnou součástí systému A-SMGCS. Na letišti Praha-Ruzyně byl instalován v roce 1997. Pro úroveň I systému A-SMGCS je jeden pozemní přehledový radar dostačující, avšak pro úroveň II je nutno údaje ze SMR zpřesnit, většinou řešeno pomocí instalace druhého pojezdového radaru, což v případě letiště Praha-Ruzyně ale neplatí, poněvadž spolehlivost údajů z SMR na letišti Praha je dostačující i pro úroveň II.

- **Pořizovací náklady:**

Pořizovací cena SMR závisí zejména na výkonu a spolehlivosti takového zařízení, cena SMR se pohybuje v rozmezí 300 000€ – 500 000€. Jak již bylo řečeno SMR je jednou z nejdůležitějších součástí systému A-SMGCS, proto cena v případě koupě dražšího radaru bude vykoupena vyšší spolehlivostí.

- **Náklady na instalaci**

Náklady na instalaci představují druhou největší položku v rámci pořizovacích nákladů na SMR. Záleží na umístění SMR je-li instalován přímo na řídicí věži, a nebo instalován na samostatné věži z důvodů dosáhnoutí lepšího krytí. Náklady na instalaci na letištích ECAC se pohybují v rozmezí 100 000€ – 400 000€.

- **Náklady na údržbu**

Náklady na údržbu představují 5% z pořizovací ceny radaru, tj. asi 20 000€

- **Náklady na vzdělání pozemního personálu**

Náklady na vzdělání pozemního personálu budou vyčísleny v kapitole uživatelské rozhraní a fúze dat.

- **Finanční náklady**

Tyto náklady jsou hrazeny poskytovatelem letových provozních služeb

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

4.1.2. Získání informací od spolupracujících cílů

4.1.2.1. Náklady na systém MLAT

- **Pořizovací náklady**

Náklady na tento systém jsou přímo úměrné s počtem použitých přijímačů na systému MLAT. Počet přijímačů závisí na geografii letiště (na počtu budov, překážek atd...) Na letišti Praha- Ruzyně je nainstalován systém P3D-AS od společnosti ERA, a.s., celkový počet stanic je 20 a celkové náklady na instalaci systému P3D-AS v Praze byly ve výši 800 000€, což představuje náklady na jednu stanici zhruba 40 000€

- **Náklady na instalaci**

Náklady na instalaci závisí na hodně faktorech zejména na počtu rozmístěných přijímacích stanic a na již vybudované infrastruktuře (musí být na místo instalace dotažen optický kabel) nicméně budování infrastruktury nebude v této kalkulaci zahrnuta.Náklady na instalaci 20 stanic na letišti Praha-Ruzyně jsou 120 000€ a ještě dodatečné náklady na výstavbu sledovacích míst, z nichž kontroluje funkčnost systému.

- **Náklady na údržbu**

Náklady na údržbu představují u systému MLAT zhruba 10% pořizovací ceny systému (3500€ - 8500€ za jednu stanici/rok) což v případě letiště Praha-Ruzyně představuje částku v rozmezí 70 000€ - 170 000€ za rok.

- **Náklady na vzdělání pozemního personálu**

Náklady na vzdělání pozemního personálu budou vyčísleny v kapitole uživatelské rozhraní a řízení dat.

- **Finanční náklady**

Tyto náklady jsou hrazeny poskytovatelem letových provozních služeb

4.1.2.2. Náklady na vybavení vozidel

- **Pořizovací náklady**

Do všech vozidel které se budou pohybovat po řízených plochách letiště se musí nainstalovat zařízení SQUID, které je popsáno v kapitole 2.8 cena tohoto zařízení je kolem 2000€

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

- **Náklady na instalaci**

V případě letiště Praha-Ruzyně se to týká 75 vozidel a cena instalace je 18500€

- **Náklady na údržbu**

Náklady na údržbu 75 vozidel se pohybují kolem 18500€ a s přibývajícím stářím zařízení přirozeně vzrůstají. Nicméně náklady na údržbu se do pořizovacích nákladů nezahrnují

Jestliže vozidlo není vybaveno zařízením Display I nebo Display II jsou náklady na vzdělání pozemního personálu vyčísleny v kapitole uživatelské rozhraní a systém zpracování dat.

- **Náklady na přechod na nový systém**

U řidičů pozemních prostředků se stávající postupy nemění.

- **Finanční náklady**

Tyto náklady jsou rovnoměrně rozloženy mezi provozovatele letiště a poskytovatele letových provozních služeb.

4.1.3. Systém zpracování dat / uživatelské rozhraní

4.1.3.1. Systém zpracování dat

- **Pořizovací náklady**

Hlavní součástí jednotky zpracování je výkonný centrální počítač, síťové prvky a konektory k jednotlivým zařízením systému A-SMGCS. Programová část zpracovává vstupy ze všech zařízení zapojených do systému A-SMGCS a výsledná data poskytuje uživateli. Pořizovací náklady na jednotku zpracování dat jsou závislé na počtu připojených zařízení a jejich druhu a pohybují se v rozmezí (1 500 000€ - 2 000 000€).

- **Náklady na instalaci**

Instalace systému zpracování dat je časově velmi náročná jak z hlediska zajištění spolehlivosti tak také z hlediska následné certifikace. Do odhadu instalačních nákladů se musí zahrnout:

- o Příprava realizace
- o Vytvoření příslušného rozhraní
- o Náklady na lidské zdroje (technici instalující komponenty)

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

o Testování a certifikace

Značná část nákladů na instalaci je tvořena náklady na proces certifikace, z důvodu rozdílnosti zařízení z nichž se mají získávat informace. Po zahrnutí všech těchto aspektů se výsledné náklady na systém zpracování dat pohybují kolem 200 000€.

- **Náklady na údržbu**

Uvedené náklady na instalaci zahrnují také náklady na aktualizaci softwaru a celkovou údržbu systému

- **Náklady na školení při přechodu na nový systém**

Proškolování zaměstnanců na provoz systému na zpracování dat se počítá s jednorázovou částkou 100 000€. Náklady na přechod na nový systém jsou posouzeny v kapitole uživatelské rozhraní.

- **Finanční náklady**

Náklady jsou hrazeny poskytovatelem letových provozních služeb

4.1.3.2. Náklady na uživatelské rozhraní

- **Pořizovací náklady a náklady na instalaci**

Náklady na pořízení nového uživatelského rozhraní jsou v takovém případě velmi vysoké, budeme uvažovat, že postačí pouze aktualizace současného uživatelského rozhraní. Na aktualizaci systému zpracování je vynaložena částka 30 000€.

- **Náklady na údržbu**

Uvažujeme pouze aktualizaci softwarového vybavení a náklady na takové aktualizace už nejsou značné, počítáme s částkou 1000€ za rok.

- **Náklady na zaškolení**

Náklady na proškolení personálu na nový systém představuje částka 1000€ na uživatele.

- **Náklady na přechod na nový systém**

Při přechodu na systém A-SMGCS úroveň I a II se musí navrhnout nové postupy pro složky ŘLP zvláště pak kvůli detekci nepovolených vniknutí na VPD. Odhadovaná částka činí 111 000€ za rok na jednoho řídícího.

- **Finanční náklady**

Náklady jsou hrazeny poskytovatelem letových provozních služeb.

4.2. Celkové náklady

4.2.1. Náklady pro poskytovatele letových provozních služeb

Velká část Nákladu pro poskytovatele letových provozních služeb při zavedení systému A-SMGCS přechází na uživatele letištního prostoru zejména aerolinky formou servisních poplatků. V následující tabulce jsou uvedeny střední náklady pro letiště Praha-Ruzyně.

Poskytovatelé letových provozních služeb	ÚROVEŇ I			Celkem
	Zisk informací od spolupracujících cílů	Systém zpracování dat	Uživatelské rozhraní	
Jednorázové náklady	660 000€	1 750 000€	150 000€	2 560 000€
Náklady na instalaci	185 000€	200 000€	83 000€	468 000€
Školení		100 000€	25 000€	125 000€
Celkem dopředu	845 000€	2 050 000€	258 000€	3 153 000€
Provozní náklady (roční)	66 000€	200 000€	5 000€	271 000€/rok

Tab. 4-1. Rozpis středních nákladů pro letiště Praha-Ruzyně

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

4.2.2. Náklady provozovatele letiště

Náklady v tomto ohledu zahrnují vybavení vozidel, které se pohybují po řízených plochách zařízením SQUID. Tyto náklady jsou v kompetenci provozovatele letiště, i když v konečném důsledku jsou náklady rozděleny mezi provozovatele letiště a poskytovatele letový provozních služeb. Vyčíslení těchto nákladů je uvedeno v následující tabulce.

	Počet vozidel	Pořizovací náklady	Náklady na instalaci	Celkem	Provozní náklady
Letiště Praha-Ruzyně	75 vozidel	148 000€	18 500€	166500€	18500€/rok

Tab. 4-2 Přehled nákladů provozovatele Letiště Praha

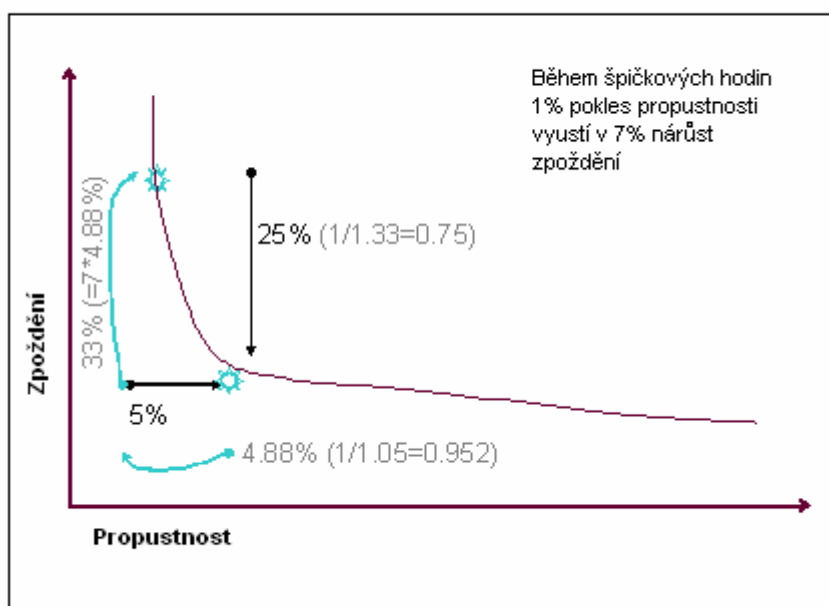
4.3. Finanční zhodnocení přínosu systému A-SMGCS

Hlavním přínosy zavedení systému A-SMGCS spočívají ve zvýšení bezpečnosti a kapacity letiště a menší množství diverzí a snížení zpoždění během špatných povětrnostních podmínek.

4.3.1. Zvýšení kapacity letiště

V tomto ohledu je hlavní přínos systému A-SMGCS pro provozovatele leteckých společností a znamená pro ně menší množství diverzí a zrušených odletů.

Během nejvytíženějších časů v provozu letiště tzv. špičkových hodinách je znám „faktor elasticity“ během zpoždění mezi 7 až 10 minutami. Tato definice říká, že 1% snížení propustnosti letiště má za následek 7% zvýšení zpoždění. 5% snížení propustnosti vede k 35% zvýšení zpoždění a v opačném případě dojde-li k 5% zvýšení propustnosti zpoždění se redukuje o 25%.

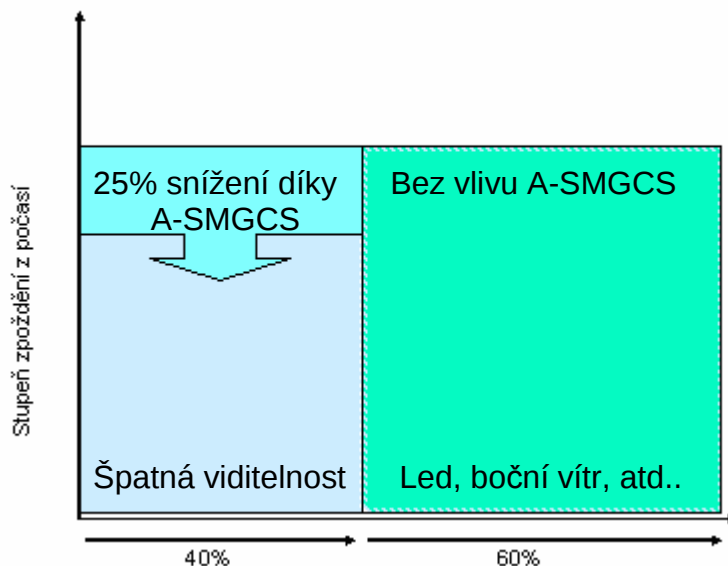


obr. 4-1 Vliv propustnosti na zpoždění [10]

Výchozím předpokladem je to, že 40% veškerých zpoždění na letištích je způsobeno vlivem počasí a 60% způsobeno ostatními nežádoucími vlivy. Což se dá vyjádřit že u 40% zpožděných letů dokáže systém A-SMGCS snížit jejich zpoždění o 25%. Celkově vzato má systém A-SMGCS vliv celkem asi na 10% zpožděných letů.

U letiště Praha-Ruzyně s průměrným ročním zpožděním kvůli počasí 35 000 minut je celková úspora při zavedení systému A-SMGCS 252 000€. Počítáme s tím, že náklady na zpoždění trvající déle než 15 minut jsou 72€ za minutu.

U velkých světových letišť může být úspora ještě význačnější. Vezmeme např. letiště LFPG kde zpoždění kvůli počasí představuje hodnota z roku 2005, 566 000 minut zpoždění, a za předpokládané úspory 10% je uspořena částka 4 100 000€ za rok.



Obr. 4-2 Schéma snížení zpoždění pomocí A-SMGCS [10]

4.3.2. Efektivita poskytovaných služeb

Finanční obnos uspořený provozovateli leteckých společností se počítá z následujících hlavních faktorů.

- Počet minut o který je zkráceno pojiždění během podmínek snížené viditelnosti
- Počet hodin po které trvají podmínky snížené viditelnosti
- Počet vzletů a přistání za podmínek snížené viditelnosti
- Cena jedné minuty zpoždění během pojiždění

Na letišti Praha-Ruzyně dosahuje průměrná hodnota zkrácení pojižděcích časů za podmínek snížené viditelnosti hodnot 8% - 12%. Cena 1 minuty během pojiždění pokud zpoždění nepřesahuje 15 minut je u letiště střední velikosti zhruba 5€. Za předpokladu že na letišti Praha-Ruzyně dojde ke zkrácení pojižděcích časů za podmínek snížené viditelnosti o 8% a při počtu 210 600 pohybů za rok (105 300 odletů) a průměrná doba pojiždění má hodnotu 9,3 minuty. Výsledkem je zkrácení jednoho pojiždění o 44 sekund. Výsledná ušetřená částka je.

$$0,08 * 9,3 \text{ min} * 105300 * 5\text{€} = \mathbf{391761\text{€}}$$

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

4.3.3. Zvýšení bezpečnosti

Finanční zhodnocení zajištění bezpečnosti je celkem obtížné vyjádřit. Tato analýza počítá s čistě statistickými výsledky a vede vždy jen k umělým výsledkům. Není zaručeno že po implementaci systému A-SMGCS by se taková nehoda neudála a naopak že před jeho implementací by se rozhodně stala. Bezpečnostní přínos můžeme posoudit ze dvou hledisek.

- Předpokládat průměrný počet a odhadnout míru snížení nehod jako výsledek zavedení systému A-SMGCS a vyčíslit hodnotu nákladů kterým se zavedením systému předešlo.
- Předpokládat určitou úroveň provozu, za rok nesmí počet přesáhnout určitou míru a se zavedením A-SMGCS dochází ke snížení počtu nehod a to následně umožní nárůst provozu do určité základní míry.

Výnosy odvíjející se z hlediska prevence nehod které jsou důsledkem nepovoleného vstupu na VPD závisí na:

- Pravděpodobnosti způsobení nehody
- Pravděpodobnosti předcházet nehodám pomocí A-SMGCS
- Náklady na nehodu

Ve státech ECAC je pravděpodobnost nepovoleného vstupu na VPD dána 1:66600000 ze všech pohybů Při zavedení systému A-SMGCS zejména LEVEL II se zvyšuje pravděpodobnost odhalení nepovoleného vstupu na dráhu o 50% to znamená že nehodě předejdeme 4krát lépe než bez použití systému A-SMGCS. Ve výsledku to znamená že pokud by byl systém A-SMGCS instalován na všech letištích ECAC došlo by k 50% snížení nehod způsobených nepovoleným vstupem na dráhu. Podíl nehod zabráněných systémem A-SMGCS LEVEL II je:

$$7,5 * 10^{-9} \text{ pohybů} * 18\,000\,000 = \mathbf{0,135 \text{ za rok}}$$

Pro jednotlivá letiště je podíl vlastních nehod příliš malý, proto použijeme náhradu v podobě počtu nepovolených vstupů na VPD. Podíl těchto vpádů jena evropských letištích stanoven na 3 na 1 000 000 pohybů. Na letišti Praha-Ruzyně, které má počet pohybů za rok 210 600 to znamená jeden nepovolený vstup na VPD během 1,5 roku a při použití A-SMGCS je možné 50% těchto nepovolených vstupů na VPD zabránit takže pravděpodobnost vpádu na VP se snižuje na 1 za 3 roky.

Náklady na způsobenou nehodu se skládají z několika částí:

- Zničení draku letadla
- Zničení vozidla nebo pozemního vybavení letiště
- Zranění a ztráty na lidských životech
- Zvýšení plateb pojistného
- Snížení zájmu o leteckou dopravu z důvodu nedůvěryhodnosti u veřejnosti

Součet přímých a nepřímých nákladů na nehodu letadla je vyčíslen průměrně na hodnotu 104 000 000€.

To znamená že výsledné úspory se pohybují kolem 14 000 000€ za rok pro letiště členských států ECAC pokud by všude byl instalován systém A-SMGCS LEVEL II.

$$0,135 * 104\,000\,000\text{€} = 14\,040\,000\text{€}$$

Pro letiště Praha-Ruzyně použijeme podobné úvahy. Pravděpodobnost nehody je jednou za 100 let. Instalací systému A-SMGCS se tato pravděpodobnost zvýší na hodnotu jednou za 200 let a počítáme s tím že během nehody přijde o život 60 lidí což představuje 3 lidi zachráněné za 10 let a to znamená roční úsporu 310 000€/rok.

4.3.4. Souhrnné zhodnocení přínosů

	Praha-Ruzyně €/rok
Level I	
Zpoždění z důvodu počasí	252 000€
Efektivita	392 000€
Celkem Level I	644 000€
Level II	
Bezpečnost	310 000€

Tab. 4-3 souhrn ekonomických přínosů

4.4. Vyhodnocení ekonomické analýzy pro A-SMGCS Level I a Level II

Použité odhady a předpoklady vycházely z toho, že náklady ponese poskytovatel letových provozních služeb a plynule po zavedení systému přejdou na provozovatele leteckých společností formou servisních poplatků. Všechny přínosy jsou hodnoceny pro období po instalaci A-SMGCS stejně tak náklady na proškolení na nový systém. Náklady zahrnují investice do vybavení pozemních prostředků zařízením SQUID a instalací pozemních přijímačů, systému na zpracování dat a aktualizaci uživatelského rozhraní.

Výnosy představují:

- Snížení doby zpoždění za podmínek snížené viditelnosti
- Lepší efektivita poskytovaných služeb během pojiždění za podmínek snížené viditelnosti
- Zvýšení efektivity pojiždění za podmínek dobré viditelnosti

Výsledky této analýzy jsou založeny na analýze dopadu na letecké společnosti na letišti Praha-Ruzyně, které má průměrné roční zpoždění způsobeno podmínkami snížené viditelnosti a vlivu počasí 35 000 minut

A-SMGCS LEVEL I:

Tyto výsledky jsou zpracovány pouze pro Level I systému A-SMGCS, který byl na letišti Praha-Ruzyně zaveden v roce 2005. Pozemní pojezdový radar už byl na LKPR instalována do celkových nákladů není započítán.

	A-SMGCS Level I
Náklady	3 153 000€
Provozní náklady	271 000€/rok
Výnosy	644 000€/rok
Míra výnosnosti	12%
Rok návratnosti	2013

Tab. 4-4 Výsledky pro A-SMGCS level I

A-SMGCS Level I+II

Tyto výsledky jsou zpracovány pro level I a level II systému A-SMGCS, level I byl instalován v roce 2005 a level II bude v operačním nasazení v roce 2008.

	A-SMGCS Level I+II
Náklady Level I+II	3 153 000€
Provozní náklady Level I+II	271 000€/rok
Výnosy level I (2005-2008)	644 000€/rok
Výnosy Level I+II (2008 a dále)	954 000€/rok
Míra výnosnosti Level I+II	20%
Rok návratnosti	2011

Tab. 4-5 Výsledky pro A-SMGCS Level I + II

Interpretace výsledků

Z výsledných hodnot ekonomických analýz pro systém A-SMGCS Level I a Level II je zřejmé že zavedení systému A-SMGCS je z ekonomického hlediska poskytovatele letových provozních služeb výhodné. Ať už se jedná pouze o úroveň I a nebo instalaci jak úrovně I tak i úrovně II.

Z výsledku pro úroveň I je patrné, že návratnost této investice je v horizontu 8 let, což představuje dlouhodobější návratnost.

Ovšem z výsledků pro úroveň I + II je patrné že za pomoci téměř nulových nákladů na implementaci úrovně II. Je zvýšení výnosů zhruba o 50% a doba návratnosti investice do systému A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně se zkrátí o 2 roky, za předpokladu že úroveň II bude spuštěna do operačního provozu v roce 2008.

Zavedení systému A-SMGCS s sebou nese zvýšení bezpečnosti provozu na letištních plochách. Je to investice do budoucnosti a z ekonomického hlediska se jedná o investici návratnou.

Pro případ letiště Praha-Ruzyně bylo ovšem hlavním důvodem zavedení systému A-SMGCS nikoliv ekonomický prospěch, ale snížení zátěže řídicích letového provozu.

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

ZÁVĚR

Úkolem mé diplomové práce bylo popsat současné technologie použitelné ke sledování pohybů po pozemních plochách letiště, a celkově popsat systém A-SMGCS, který se uvedenou problematikou zabývá

První část mé diplomové práce dává ucelený pohled na problematiku systému A-SMGCS dále popisuje současné technologie, které lze do takového systému zapojit. Jedná se zejména o nejmodernější technologie v oblasti pozemních přehledových radarů a také systémů multilaterace a ADS-B. Popisuje jednotlivé technické specifikace takovýchto systémů a je zde uveden ucelený přehled o výhodách a nevýhodách spojených se zavedením jednotlivých systémů. Je zde také uveden koncept systému A-SMGCS funkční rozdělení jednotlivých úrovní systému. V současné době na stále vytíženějších letištích plochách se zavedení takového systému stává pro provozovatele letových navigačních služeb nezbytností a v neposlední řadě také zvyšuje efektivnost poskytovaných služeb.

Druhá část mé diplomové práce popisuje technické vybavení letiště Praha-Ruzyně jeho technické vybavení od Pozemního přehledového radaru až po systém zpracování dat z jednotlivých senzorů z nichž se získává výsledná informace poskytnutá radarovému řídicímu na příslušném stanovišti.

Jsou zde také uvedeny postupy složek ŘLP pro poskytování pozemních navigačních služeb za využití systému A-SMGCS. Z těchto postupů je patrná snížená zátěž řídicího pracovníka, týkající se problémů identifikace a informace o poloze jednotlivých objektů a jejich možné efektivní řízení

V poslední části mé diplomové práce je uvedena ekonomická studie zavedení systému A-SMGCS na letišti Praha-Ruzyně. Jsou zde uvedena hlediska pořizovacích nákladů a nadále výnosů pro provozovatele aerolinek z důvodu zkrácení pojezdů za použití systému A-SMGCS a také snížení zpoždění z důvodů podmínek snížené viditelnosti. Dále jsou zde také zhodnoceny kritéria zvýšení bezpečnosti a vyčísleny možná rizika při zavedeném systému A-SMGCS a bez něj.

Systém A-SMGCS je systémem budoucnosti a po jeho plné implementaci je možné nadále zvyšovat kapacitu letišť, zejména kapacitu provozních ploch, také optimalizovat postupy za snížené viditelnosti, což bez tohoto systému bylo nemyslitelné. Zvláště významné je zavedení tohoto systému pro řidiče vozidel, u kterých je orientace na provozních plochách letiště výrazně omezena z důvodu umístění návěstidel pro piloty letadel a ne pro řidiče vozidel a také skutečnost, že vizuální identifikace je pro řídicího na větší vzdálenosti značně ztížená. Jsou také z historie známy případy nepovolených vjezdů na dráhu právě řidiči vozidel, kdy lze uvést incident na letišti Milano-Linate kdy bylo usmrceno 100 lidí a škody se vyšplhaly do výše 104 milionů €. A v neposlední řadě zvýšení propustnosti při identifikaci všech vozidel je důležitým faktorem při zavedení systému A-SMGCS

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] EUROCAE, 2001, *Minimum Aviation System Performance Specification for ASMGCS*, Doc. ED-87A, Paris, France.
- [2] SOTONA, V. prezentace ERA a.s.
- [3] Autor neznámý [online]
<<http://press.amic.cz/content/image.php?uid=47cd1e9a810a0>>
- [4] O'NEIL, K. *DSMR – 800 Surface movement radar*[online]
<<http://www.aatl.net/products/radar.htm>>
- [5] ŠUNKEVIČ, M. *Multilaterace* [online]
<http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aktuality-GPS-Glonass/GNSS-urcovani-polohy/multilaterace>
- [6] HAWKES, D. *JAA/FAA International Conference Reykjavik 2003 presentation*
- [7] DUNSTONE, G. *ADS-B and Multilateration tutorial presentation*, Airservices Australia [online] http://www.icao.int/icao/en/ro/apac/2005/ADSB_SITF4/sp01.pdf
- [8] SMITH, A. *Methods to provide system-wide ADS-B back-up, validation and security*. [online]
<<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/4106227/4106228/04106287.pdf?tp=&isnumber=&arnumber=4106287>>
- [9] KERŠNEROVÁ, A. *Diplomová práce* ČVUT FD, 2007
- [10] ŠOULÁK, P. *Diplomová práce* ČVUT FD, 2007
- [11] *Advanced Surface Movement Guidance & Control System (A-SMGCS) - 2002-2006* [online]
http://www.eurocontrol.int/airports/public/standard_page/APR1_Projects_ASMGCS.html
- [12] ŘLP ČR s.p., *Postupy pro využívání systému ASMGCS při poskytování ATS na letišti Praha/Ruzyně*, 2006, Praha
- [13] ICAO, *European manual on advanced surface movement guidance and control system (A-SMGCS)*

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Anglický význam	Český význam
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance And Control System	Pokročilý systém navádění a kontroly pozemních pohybů
A/C	Aircraft	Letadlo
ADS	Automatic Dependent Surveillance	Automatické Závislé sledování
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast	Automatické Závislé sledování - Vysílání
AGL	Aerodrome Ground Lightning	Systém pozemních světelných návěstidel
AMS	Aerodrome Monitoring System	Letištní monitorovací systém
APR	Airport operations programme	Program letištních operací
ASR	Approach Surveillance Radar	Přehledový přibližovací radar
ATC	Air Traffic Control	Řízení letového provozu
CASA	Computer Assisted SLOT allocation	Přidělení SLOTu pomocí počítačového systému
CAT I-III	ILS Category I-III	ILS Kategorie I - III
CDD	Clearance Delivery Dispatcher	Pracovní pozice na TWR
CFMU	Central Flow Managment Unit	Centrální jednotka řízení toku
CTOT	Calculated Take-Off Time	Spočítaná čas vzletu
CWP	Controller Working Position	Pracovní pozice řídicího
DAIW	Dangerous Area Intruder Warning	Varování před narušením zakázaného prostoru
DSMR	Differential Surface Movement Radar	Diferenční pozemní přehledový radar
DSP	Digital Signal Processing	Digitální zpracování dat
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropská komise pro civilní letectví
E2000	Eurocat 2000	Eurocat 2000
EMMA	European Airport Movement Managment by A-SMGCS	Evropský koncept řízení pozemních pohybů pomocí A-SMGCS
ESUP	Eurocat Support System	Podpůrný systém systému Eurocat 2000
EUROCAE	European Organization For Civil Aviation Equipment	Evropská organizace pro zařízení používaná v civilním letectví
FDSP	Flight Data Processing System	Systém zpracování letových dat
GEC	Ground Executive Controller	Pracovní pozice na TWR
GPS	Global Positioning System	Globální poziční systém
HMI	Human Machine Interface	Uživatelské rozhraní
IAW	Impending Arrival Windows	Příletové okno
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace civilního letectví
IFPS	International Flight Plan System	Mezinárodní systém Letových plánů
ILS	Instrument Landing System	Systém přístrojového přiblížení
LFPG	ICAO code Paris-Charles De Gaulle	ICAO kód letiště Paříž – Charles De Gaulle
LKPR	ICAO code Prague-Ruzyně	ICAO kód Praha-Ruzyně
LLZ	Localizer of ILS	Localizer systému ILS
MLAT	Multilateration	Multilaterace
MSAW	Minimum Safe Altitude Warning	Varování před minimální bezpečnou výškou
RANC	Surface Movement Radar Data Processing Unit	Jednotka zpracování radarových dat ze SMR
RDPS	Radar Data Processing System	Systém zpracování radarových dat
RIMCAS	Runway Incursion Monitoring And Colision Alert System	Systém varování před nepovoleným vstupem na VPD a před potenciálním konfliktem
RPS	Replay And Playback System	Systém nahrávání a přehrávání
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

ŘLP	Air Navigation Services	Řízení letového provozu
SDS	Surveillance Data Server	Server přehledových dat
SMR	Surface Movement Radar	Pozemní přehledový radar
SSR	Secondary Surveillance Radar	Sekundární přehledový radar
STCA	Short Term Collision Alert	Varování před blížící se srážkou
TDOA	Time Difference Of Arrival	Časový rozdíl příjmu signálu
TEC	Tower Executive Controller	Pracovní pozice na TWR
THR	Threshold	Práh dráhy
TOA	Time Of Arrival	Čas příjmu signálu
TPC	Tower planning controller	Pracovní pozice na TWR
TWR	Tower	Letištní řídicí věž
TWY	Taxiway	Pojížděcí dráha
ÚCL	Civil Aviation Authority	Úřad pro civilní letectví
VFR	Visual Flight Rules	Let za podmínek viditelnosti země
VPD	Runway	Vzletová a přistávací dráha
VTs	Vehicle tracking system	Systém sledování vozidel

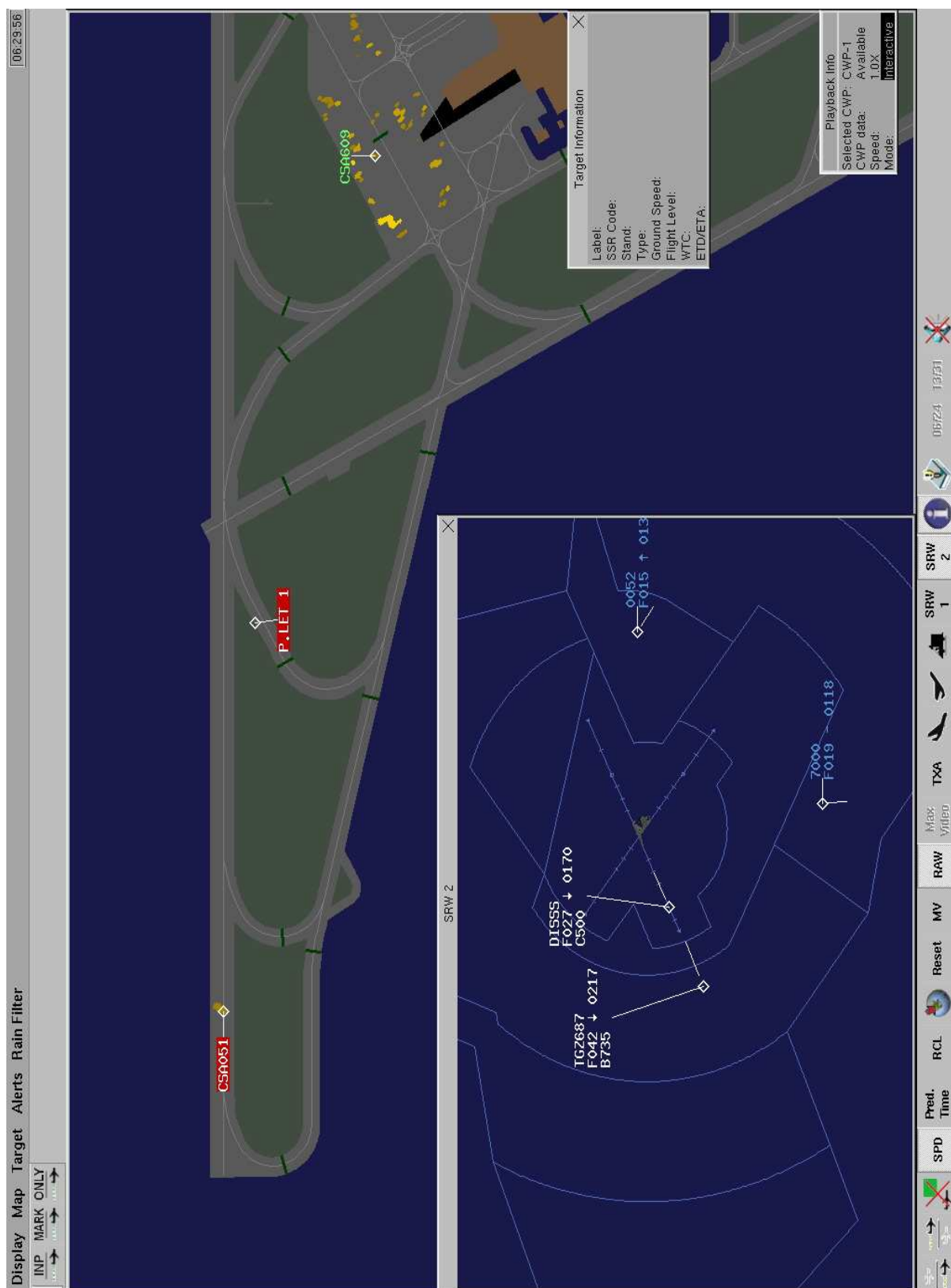
Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

SEZNAM PŘÍLOH

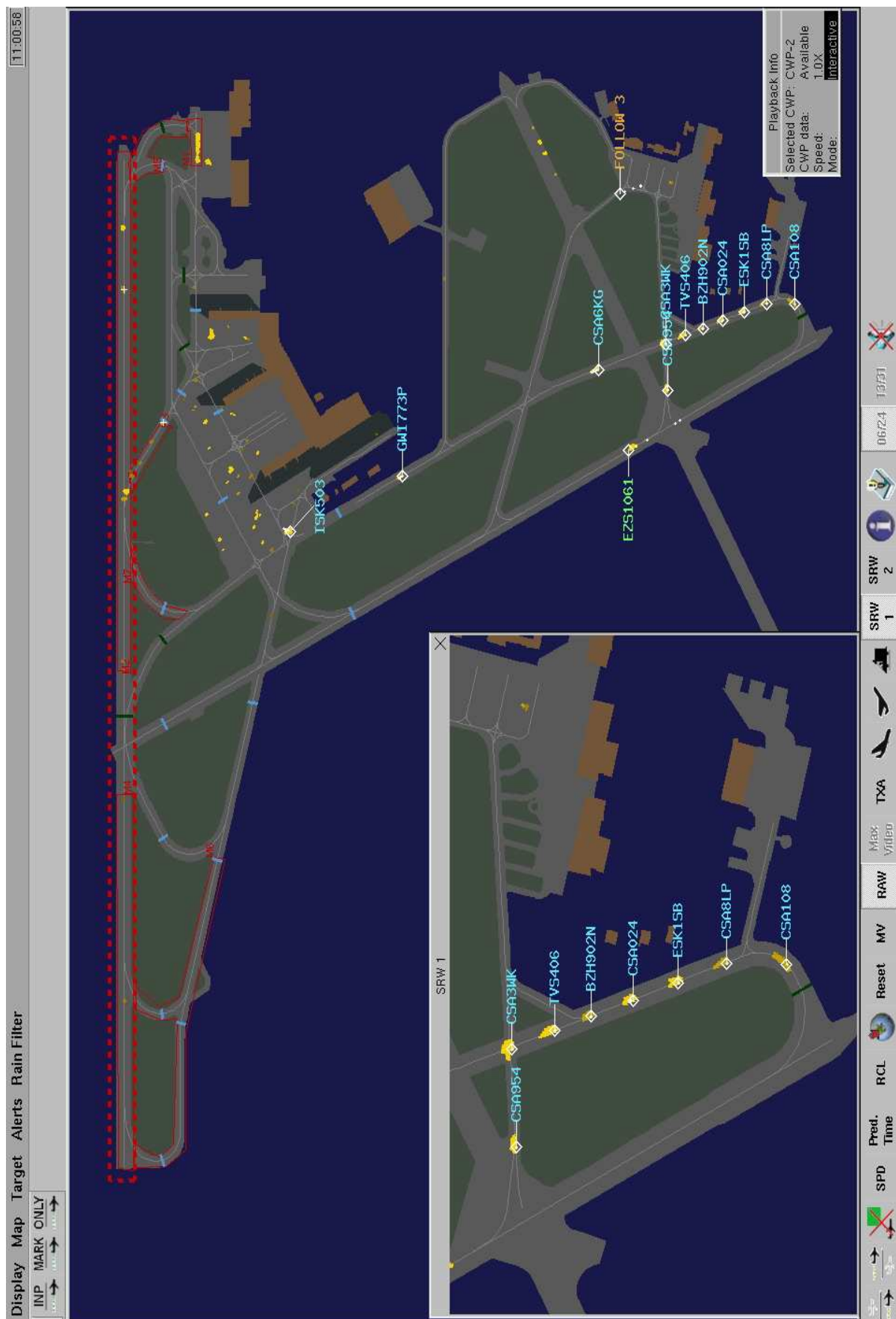
- Příloha č.1 – Obrazovka A-SMGCS LKPR „Přejetí STOP příčky“
- Příloha č.2 – Obrazovka A-SMGCS LKPR „Uzavření Dráhy 24“
- Příloha č.3 – Obrazovka A-SMGCS LKPR „Odletová sekvence + vozidla“
- Příloha č.4 – Obrazovka A-SMGCS LKPR „Vydáno konfliktní povolení dvou příletů Dráhy 24 a 13“
- Příloha č.5 – Obrazovka A-SMGCS LKPR „Zobrazení varovné funkce systému A-SMGCS o potencionálním konfliktu příletů na dráhy 24 a 13“
- Příloha č.6 – Obrazovka A-SMGCS LKPR „Vyřešení konfliktu příletů na dráhy 24 a 13 vektorováním jednoho z letadel, varovná funkce vypnuta“
- Příloha č.7 – Certifikát ÚCL pro zařízení SQUID
- Příloha č.8 – Podklady pro výpočet Ekonomické analýzy

PŘÍLOHY

Příloha č.1 Obrazovka A-SMGCS LKPR „Přejetí STOP příčky“



Příloha č.2 Obrazovka A-SMGCS LKPR „Uzavření Dráhy 24“



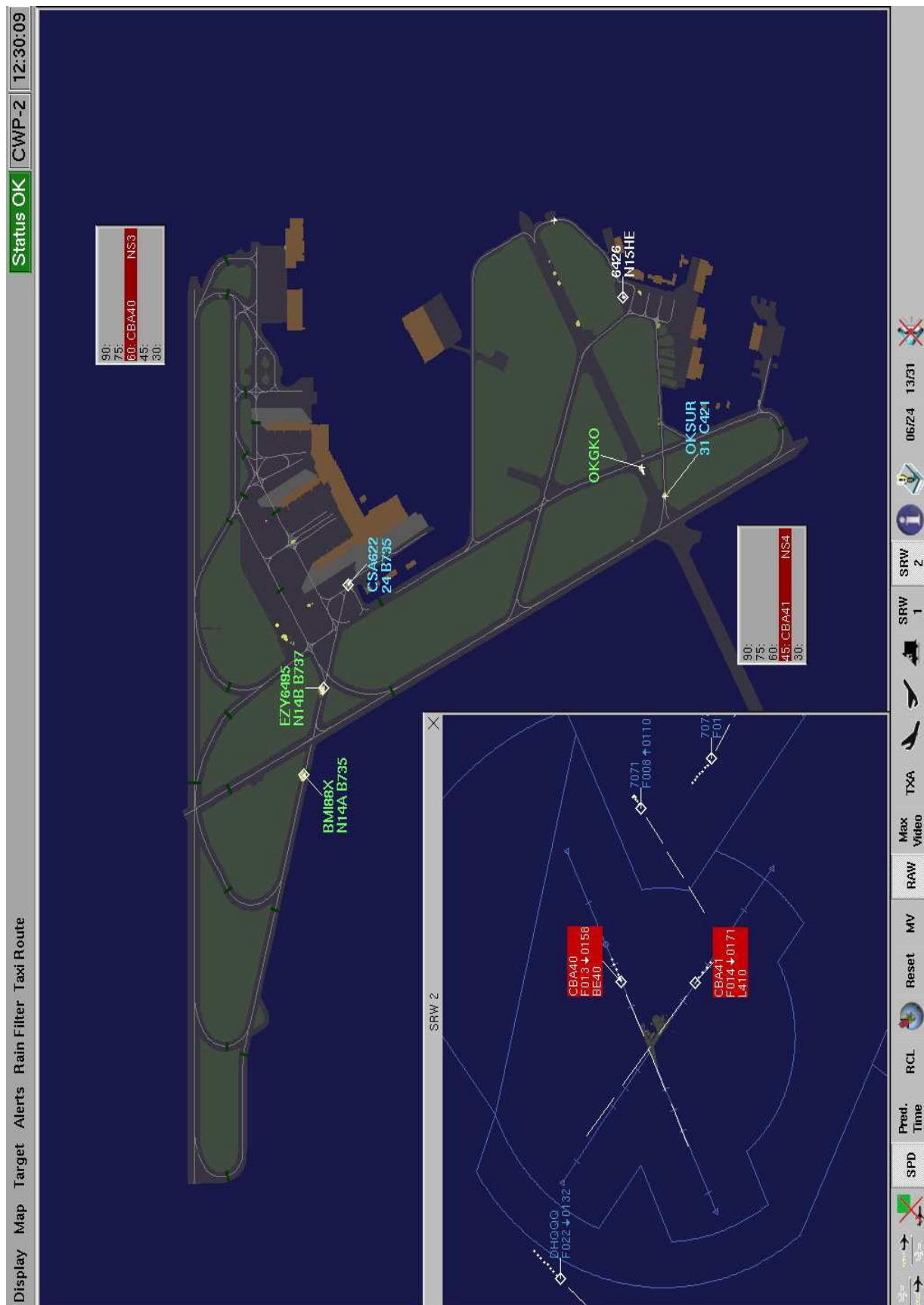
Příloha č.3 Obrazovka A-SMGCS LKPR „Odletová sekvence + vozidla“



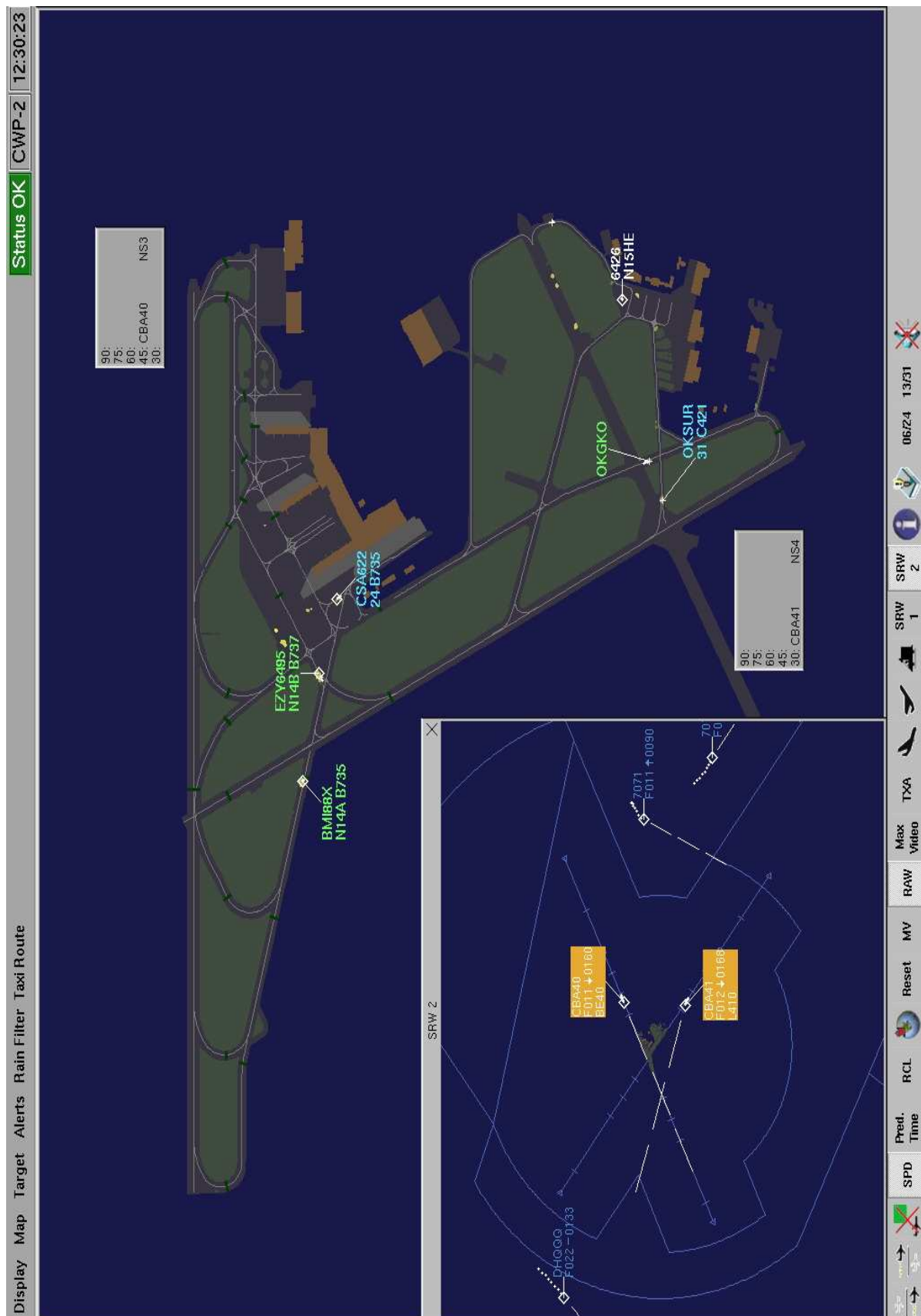
Příloha č.4 **Obrazovka A-SMGCS LKPR „Vydáno konfliktní povolení dvou přiletů Dráhy 24 a 13“**



Příloha č.5 Obrazovka A-SMGCS LKPR „Zobrazení varovné funkce systému A-SMGCS o potencionálním konfliktu přiletů na dráhy 24 a 13“



Příloha č.6 Obrazovka A-SMGCS LKPR „Vyřešení konfliktu přiletů na dráhy 24 a 13 vektorováním jednoho z letadel, varovná funkce vypnuta“



Příloha č.7 Certifikát ÚCL pro zařízení SQUID

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ CIVIL AVIATION AUTHORITY

ČESKÁ REPUBLIKA



CZECH REPUBLIC

SOUHLAS S POUŽITÍM VÝROBKU V CIVILNÍM LETECTVÍ

TYPE APPROVAL

Č. / No.: **OTZ - 34 - 04**

Tímto dokumentem se ve smyslu ustanovení §16 zákona č.49/1997 Sb. a Přílohy č.1 k vyhlášce č.108/1997 Sb. osvědčuje, že uvedený výrobek letecké techniky (letecké pozemní zařízení) je schválen/uznán k obecnému použití v civilním letectví v rámci Technické specifikace uznané Úřadem pro civilní letectví České republiky.

This document certifies that the here mentioned type of article is approved for use in civil aviation in general within Technical Specification accepted by Civil Aviation Authority of the Czech Republic.

Žadatel Applicant	ERA, a.s., Průmyslová 387, 530 03, Pardubice, Česká republika
Výrobce Manufacturer	ERA, a.s., Průmyslová 387, 530 03, Pardubice, Česká republika
Název výrobku Article Designation	Vysílač SQB Transmitter SQB
Typové označení Type Designation	SQB XX
Technická specifikace Technical Specification	TS-ER0201-04, vydání I.
Použitý předpis Certification Basis	ICAO Annex 10, Volume IV, 3rd Edition, July 2002 Závěrečná zpráva o typové certifikaci č.17-04 Type Certificate Final Report Nr.17-04
Poznámky Notes	recertifikace do/recertification until: 31.01.2008

Popis, technické údaje, výkonnosti, vlastnosti, omezení a pokyny pro zástavbu, obsluhu, údržbu a opravy jsou uvedeny v platné dokumentaci. Tento dokument není souhlasem se zástavbou tohoto výrobku. Tento dokument zůstává v platnosti, dokud se jej žadatel nevzdá nebo dokud jeho platnost Úřad pro civilní letectví České republiky nepozastaví, nezruší či nestanoví ukončení platnosti jinak. Tento dokument je nepřenosný.

The description, technical data, performances, features, limitations and instructions for installation, servicing, maintenance and repairs are stated in the valid documentation. This document is not the installation approval for this article. This document remains in effect until surrendered, suspended, revoked or a termination date is otherwise established by the Civil Aviation Authority of the Czech Republic. This document is not transferable.

17-01-2005

Datum vydání - Date of issue
(dd-mm-rrrr) - (dd-mm-yyyy)



[Signature]
Podpis - Signature

Příloha č.8 Podklady pro výpočet Ekonomické analýzy

Kalkulace Bezpečnostních Přínosů:

Přínos bezpečnosti = $P(\text{nehody}) \cdot P(\text{A-SMGCS zabrání nehodě}) \cdot \text{střední náklady na nehodu}$

Stupeň nehodovosti:

$$P(\text{nehody}) = P(\text{vážného incidentu})/100 + P(\text{závažného incidentu})/10\,000$$

(platí, že 1:100 vážných incidentů může mít za následek nehodu a taktéž 1:10 000 závažných incidentů).

Ve státech ECAC dojde k jednomu vážnému vpádu na dráhu každých 14 dní a k závažnému incidentu jednou za 3 dny. (Vpád na dráhu je dán jako jakákoli událost na letišti zahrnující nesprávnou pozici letadla, pozemního vozidla nebo osoby v chráněné oblasti vzletu/přistání.)

Z toho vyplývá stupeň nehodovosti 1:1400 dnům + 1:30 000 dní (nebo 1:4 let + 1:85 let), nebo tedy jednou za 3,7 let. Na jednotlivých letištích záleží $P(\text{nehody})$ na podílu vjezdů na dráhu na daném letišti.

Podle výsledků simulací je z každých 100 vpádů na dráhu 30 detekováno a 70 nikoli. Jeden z těchto je brán jako nehoda.

$30x + 70y = 1$ (kde x je $P(\text{detekovaných incidentů})$ a y je $P(\text{nedetekovaných incidentů})$)

Pro Level II platí:

$$80x + 20y = \text{počet nehod ze 100 vjezdů s Level II}$$

Pokud odhadneme, že nehodě předejdeme 4krát pravděpodobněji pokud řídící nehodu odhalí, potom se $x = y/4$,

$$30y/4 + 70y = 1 \quad \Rightarrow \quad y = 1/77,5$$

a

$$80y/4 + 20y = 40 \cdot 1/77,5 = 0,51$$

Takže na každých 100 vážných vpádů na dráhu připadá 0,51 nehod. Jinak řečeno, téměř polovině nehod můžeme předejít díky systému A-SMGCS Level II a tedy

$$0,5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-8} = 7,5 \cdot 10^{-9}.$$

Pokud by A-SMGCS Level II bylo instalováno ve všech státech ECAC, předešlo by se

$$7,5 \cdot 10^{-9} \cdot 18 \text{ mil.} = 0,135 \text{ nehod ročně} \Rightarrow \text{jedna každých 7,5 roku}$$

DATA pro Analýzu:

	Min	Střed	Max
Životnost v letech	12	10	8
Doba instalace v letech	1	1	2
Příprava instalace	1	1	1

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

A-SMGCS Level I. – Praha Ruzyně

Jednotku fúze dat a uživatelské rozhraní (Mil €)	1,575	1,9	2,25
Multilaterální systém (Mil €)	0,535	0,66	0,785
Jednorázové náklady na instalaci (Mil €)	0,329	0,38	0,431
Přizpůsobení systému (Mil €)	0,0555	0,083	0,111
Vyškolení pracovníků (Mil €)	0,113	0,125	0,138
Sledovací systém v pozemních prostředcích (Mil €)	0,133	0,148	0,163
Jednorázové náklady na pozemní prostředky (Mil €)	0,012	0,014	0,015
Provozní náklady (% ceny)	0,09	0,1	0,11

A-SMGCS Level II – Praha-Ruzyně

Protože se v Praze zatím nepočítá s instalací 2. pojezdového radaru, a Level II má dostatečnou přesnost i bez něj, nejsou s Level II spojeny žádné náklady na instalaci.

Cena SMR (Mil €)	0	0	0
Jednorázové náklady SMR (Mil €)	0	0	0
Provozní náklady %	0	0	0
Roční nárůst letů %	5	7	10

A-SMGCS Level I – Praha-Ruzyně

Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Max	0,74	1,00	0,74	0,80	0,85	0,91	0,96	1,01	1,00	0,93	0,86
Střed	1,13	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,71	0,74	0,73
Min	0,95	0,37	0,39	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,49	0,50	0,52

Fakulta Strojního Inženýrství VUT Brno Letecký Ústav	Diplomová práce	Petr Burián 2007/2008
--	------------------------	--------------------------

% Uspořeného času pojiždění	8	10	12
Cena za minutu pojiždění €	4	5	6
Odletů za hodinu (Vis 2)	31	36	41
Hodin při horší viditelnosti za rok	300	300	300
Roční nárůst letů	5	7	10
Doba pojiždění na let	6	9	13
Roční zpoždění z počasí v minutách	30 000	35 000	40 000
Zkrácení prodlev %	5	10	20
Cena za minutu zpoždění (€)	48	72	72

A-SMGCS Level II – Praha-Ruzyně

Protože se v Praze zatím nepočítá s instalací 2. pojezdového radaru, a Level II má dostatečnou přesnost i bez něj, nejsou s Level II spojeny žádné náklady na údržbu.

Roční nárůst letů %	5	7	10
Náklady na nehodu (Mil €)	52	104	208
Míra zabráněných nehod	0,25	0,5	0,75
Počet nebezpečných vjezdů na dráhu za rok	0,4	0,75	1,1