

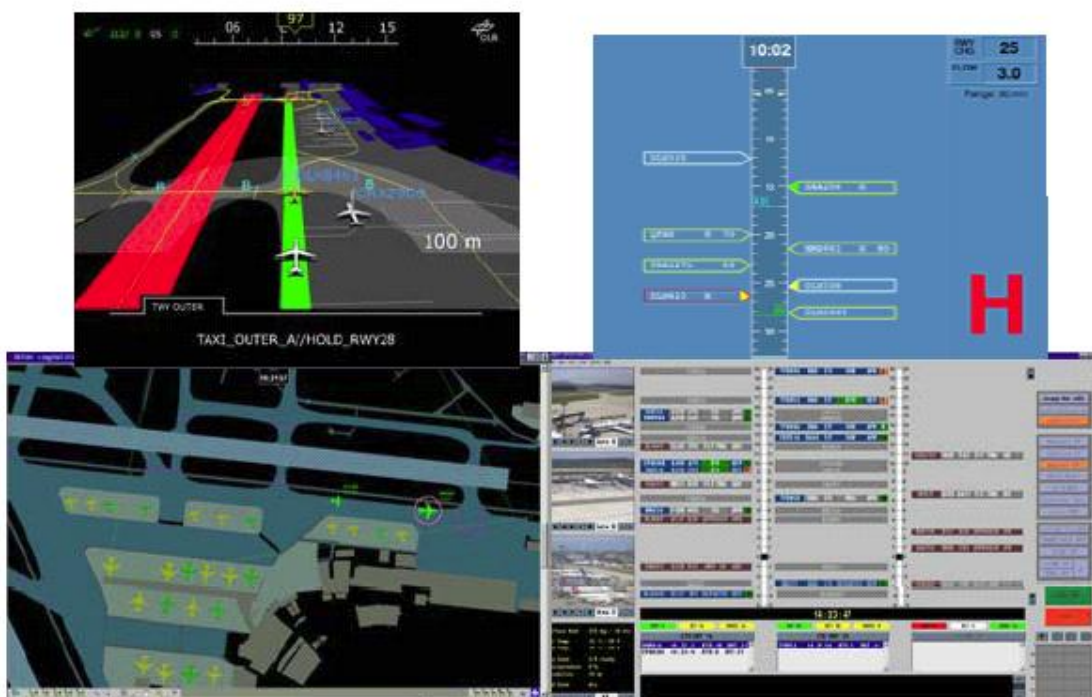


**ČVUT v Praze**  
**Fakulta Dopravní**  
**Katedra Letecké Dopravy**

**PROJEKT SYSTÉMY**  
**ZABEZPEČENÍ A ŘÍZENÍ**  
**LETOVÉHO PROVOZU**

# A-SMGCS

**ADVANCED SURFACE MOVEMENT GUIDANCE AND CONTROL SYSTEM**



**David Přebyla**

**22.1.2006**

## Obsah:

Předmluva.....	1
<b>1. Úvod.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Důvody a cíle zavádění A-SMGCS.....</b>	<b>3</b>
2.1 SMGCS.....	3
2.1.1 Problémy současné situace.....	3
2.1.2 Potřeba optimalizace kapacity.....	3
2.2 Cíle strategie implementace A-SMGCS.....	3
2.2.1 Bezpečnost.....	3
2.2.2 Kapacita.....	4
2.2.3 Ekonomická prospěšnost.....	4
2.2.4 Životní prostředí.....	4
2.3 Dva hlavní projekty zabývající se A-SMGCS.....	4
<b>3. Úrovně A-SMGCS (A-SMGCS levels).....</b>	<b>6</b>
3.1 Přehled úrovní.....	6
3.1.1 Level I.....	6
3.1.2 Level II.....	7
3.1.3 Level III.....	7
3.1.4 Level IV.....	8
3.2 Strategie Implementace.....	9
<b>4. Realizace funkcí A-SMGCS.....</b>	<b>10</b>
4.1 Funkce Surveillance.....	10
4.1.1 Kooperující/nekooperující senzory.....	11
4.1.2 ADS-B a TIS-B.....	12
4.1.3 MLAT (P3D-AS).....	13
4.1.4 Přehledová fúze dat (SDF).....	14
4.1.5 Traffic Context Information.....	14
4.1.6 Traffic Context Database.....	15
4.1.7 NOVA 9000.....	15
4.2 Funkce Control.....	17
4.2.1 RIMCAS (Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert System).....	18
4.2.2 ATOPS.....	18
4.3 Funkce Guidance.....	20
4.4 Funkce Routing.....	21
4.4.1 Plánování.....	21
4.4.2 LEONARDO.....	22
4.4.3 CDM a XMAN.....	24
4.4.4 AMAN.....	25
4.4.5 DMAN.....	25
4.4.6 SMAN - Plánování tras pojiždění.....	26
4.5 Human Machine Interface - HMI.....	27
<b>5. Závěr.....</b>	<b>29</b>
<b>Použitá literatura.....</b>	<b>30</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 3-1: Srovnání zobrazení SMGCS-SMR -detail (vlevo) a A-SMGCS (vpravo).....	6
Obrázek 3-2: Vazby mezi jednotlivými funkcemi A-SMGCS.....	9
Obrázek 4-1: Základní schéma architektury funkce Surveillance.....	10
Obrázek 4-2: Kabinový displej dopravní informace CDTI.....	11
Obrázek 4-3: Senzory použité v LFPG.....	12
Obrázek 4-4: Princip určení polohy systému MLAT.....	13
Obrázek 4-5: Celková architektura funkce surveillance.....	14
Obrázek 4-6: Nova 9000 v LFPG.....	15
Obrázek 4-7: Architektura funkce Control.....	17
Obrázek 4-8: Zobrazení alarmů NOVA 9000 RIMCAS.....	18
Obrázek 4-9: Příklad toku informací mezi všemi objekty podílejícími se na provozu letiště.....	23
Obrázek 4-10: Vazba CDM a A-SMGCS.....	24
Obrázek 4-11: Koncept XMAN letiště.....	24
Obrázek 4-12: Výstup plánovače AMAN.....	25
Obrázek 4-13: Grafický výstup DMAN.....	26

# Předmluva

Tato práce se zabývá systémem A-SMGCS nejen z pohledu aktuální situace, ale snaží se přiblížit koncepci celého systému včetně momentálně nedostupných funkcí a možností. Úvodní kapitola se zabývá důvody zavedení systému a jeho možnými výhodami, systém je dále podrobněji popsán a značná pozornost je věnována jednotlivým funkcím, jejich problémům, potřebám, ale také přínosům. Práce nahlíží do budoucna a snaží se vystihnout to, co bude potřeba pro plné využití koncepce A-SMGCS. V této práci jsem se mimo jiné opíral o projekty EMMA, Eurocontrol A-SMGCS a mnohé další a snažil se podat souhrnnou informaci o celé koncepci systému.

Předem bych rád poděkoval Anetě Keršnerové za mnohé konzultace a panu docentu Volnerovi za vedení v projektu Systémy zabezpečení a řízení letového provozu v jehož rámci práce vznikla a popřál Vám příjemné nahlédnutí do Advanced Surface Movement Guidance and Control System.

David Příbyla

# 1. Úvod

Důvodem zavedení nového systému Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS) je značný nárůst letecké dopravy v posledních letech. Stávající postupy po přistání a následném pohybu po letištních provozních plochách – dodržování rozstupů mezi letadly a mobilními prostředky byly založeny na principu „vidět a být viděn“. Tento postup však nemohl být dostatečně bezpečný a způsobilý pro dodržení dostatečného pohybu „cílů“ po letištních plochách. Docházelo k řadě incidentů a nehod zapříčiněných převážně podmínkami nízké dohlednosti. Veškerá zodpovědnost závisela na řidičích letového provozu, pilotech a řidičích mobilních prostředků, v závislosti na vizuálním pozorování polohy letadel a mobilních prostředků za účelem odhadnutí jejich polohy a možnosti kolize. V případě podmínek nízké dohlednosti byli řidiči letového provozu odkázáni pouze na primární radar SMR (Surface Movement Radar) nebo na hlášení své pozice od pilotů a řidičů vozidel. Museli být schopni rozpoznat potenciální konflikt, čímž docházelo ke zpožděním vzniklým při pohybech na zemi stejně jako zpožděním vzniklým nárůstem provozu. A-SMGCS umožní plný individuální servis v celé šíři meteorologických podmínek vzhledem k intenzitě provozu a letištnímu plánu. Dojde tedy k přesunu zodpovědnosti a snížení zatížení řidičích letového provozu, pilotech a řidičů. Provozní koncept A-SMGCS počítá se snížením komunikačního přetížení, vše je ovšem velice závislé na efektivní spolupráci s ATM plánovací funkcí. Paralelním spojením s ATM systémem se stane součástí konceptu CNS/ATM podporou „gate to gate“ provozu. Primárním cílem A-SMGCS je zajistit bezpečnost a efektivitu provozu v rámci pohybových ploch letiště v prostředí zvyšující se hustoty letového provozu a to za každého počasí.

## Současná situace ATM letiště se vyznačuje:

- Fragmentovanými procesy (například ATC, start-up, push-back, clearance delivery, gate management, de-icing, loading/unloading, refueling, cleaning, catering, accounting, ramp maintenance etc.)
- Duplikátním úsilím (infrastruktura, investice, zdroje,...)
- Neadekvátní odezvou na požadavky účastníků
  - Průměrná komunikace (data exchange)
  - Nedostatečná koordinace (práce s plány ostatních)
  - Příliš málo kooperace (práce s ostatními ve snaze dosažení společného cíle)

## Úkoly / Cíle do budoucna:

- Bezpečnost (RWY-incursions, prevence nebezpečných situací,...)
- Zajištění možnosti růstu provozu a potřebné kapacity
- Orientace na zákazníky a služby (přesné, rychlé, spolehlivé, flexibilní, předvídatelné a stabilní funkce s krátkými „turn-around“ časy,...)
- Ekonomika / Cena / Efektivita / Konkurenceschopnost / Výkonnost
  - Optimalizace struktury příletových a odletových tratí, využití RWYs
  - Maximalizace propustnosti
  - Optimalizace / harmonizace vzdušného prostoru a procedur v rámci letiště
  - Minimalizace časů obsazení RWY a časů pojiždění
  - Minimalizace časů „turn-around“
  - Dochvilnost, dodržování plánů
  - Snížení provozních nákladů
- Životní prostředí (snížení hluku a znečištění,...)
- Bezpečnost

## Jak zvýšit propustnost letiště?

- Udržením stejných časových odstupů (buffer) operací za každého počasí
  - A-SMGCS umožňuje zbavení se současných problémů špatných meteorologických podmínek
  - AMAN a DMAN optimalizují posloupnosti a časování využití RWY a umožňují plynulejší a hustší tok letového provozu
- Snížením časů mezi operacemi
  - Redukce separací při vzletech a přistáních
  - Více letadel na RWY
  - Problém: Jak zajistit bezpečnost a robustnost operací
- Urychlením samotných operací
  - Vyšší rychlosti pojiždění díky palubnímu navádění A-SMGCS
  - Doplnování paliva během výstupu cestujících
  - Problém: Jak zajistit bezpečnost

## 2. Důvody a cíle zavádění A-SMGCS

### 2.1 SMGCS

Přestože už jsou některá velká letiště vybavena A-SMGCS, většina letišť stále spoléhá na dřívější koncept: Surface Movement Guidance and Control System (SMGCS) tak, jak jej definuje ICAO. Tento koncept je postaven na zabezpečení vedení (guidance), řízení (control) a regulace pohybů všech letadel, pozemních vozidel a osob na letišti.

SMGCS zahrnuje patřičné kombinace vizuálních a nevizuálních prostředků, postupů, řízení, regulační management a informační zabezpečení. Procedury SMGCS pro dodržování separace mezi letadly a/nebo vozidly na letištních pohybových plochách jsou založeny na pravidlu „vidět a být viděn“.

Současný přehled na letišti je zajišťován vizuálně řídicím letového provozu. Všechny provozní postupy pro určení relativní pozice a rizika kolize závisí na pozorování okolí letadel a vozidel. Navádění pohybů po letišti je realizováno manuálně řídicím letového provozu, který jednotlivým mobilním prostředkům jednotlivě dává instrukce, využívá stop příčky a osvětlení pojezděcích drah. Piloti a řidiči se tedy spoléhají pouze na vizuální prostředky, které je vedou po trati přidělené řídicím a vizuálně identifikují křižovatky pojezděcích drah a vyčkávací místa.

#### 2.1.1 Problémy současné situace

I přes implementaci SMGCS v oblasti ECAC, několik evropských letišť v nedávné době čelilo kritickým konfliktům na vzletové a přistávací dráze (runway incursions), které končily jako závažné incidenty nebo nehody. Vzrůstající počet nehod a incidentů během pohybu po zemi se stal největší obavou ohledně bezpečnosti letišť. Progresivní nárůst letecké dopravy, komplexní rozložení letišť a vzrůstající množství provozu i za podmínek nízké dohlednosti jsou závažnými faktory přispívajícími ke vzrůstajícímu počtu pozemních incidentů. Ve špatných meteorologických podmínkách jsou zaváděny postupy za nízké dohlednosti. Tyto postupy omezují kapacitu ATM a zdržují aktivity na apronu zejména na letištích nevybavených ke sledování pozemních vozidel. Je jasné, že je třeba aplikovat takové technologie a postupy, aby si letiště udržela svou výkonnost i v době, kdy je viditelnost omezena a řídicí nemohou přímo pozorovat pohyby mobilních prostředků po letištních plochách.

Nejvyspělejší dnešní SMGCS jsou založeny na SMR (surface movement radar), kterým monitorují pozemní pohyby. U této technologie byla ale odhalena řada defektů (ztráta cíle zamaskováním, znehodnocení vykreslení deštěm nebo odrazy od vysoké trávy, přeskokování volaček letadel apod.) a jen málo letišť využívá fúze dat jiného přehledového senzoru. Ještě méně letišť těží ze sledování cílů a korelací s daty letového plánu.

Tyto elementy poukazují na to, že SMGCS není příliš efektivní, což v kombinaci s falešnými alarmy z jakéhokoliv přidruženého konfliktu detekujícího systému vzbuzuje nedůvěru a nespokojenost se systémem ze strany řídicích letového provozu.

#### 2.1.2 Potřeba optimalizace kapacity

Kvůli stále vzrůstajícímu nedostatku kapacity na všech velkých evropských letištích je nezbytné zavedení vybavení, které bude tvořit efektivní toky letadel k/od RWY a umožní tak optimální proudy odletů a přiletů. Funkce A-SMGCS jako jsou planning, routing a guidance by se měly tohoto úkolu chopit a přizpůsobit časování a plánování aktuálnímu toku provozu a maximalizovat tak využití kapacity letiště.

## 2.2 Cíle strategie implementace A-SMGCS

Strategickým cílem A-SMGCS je optimalizace kapacity letiště za současného udržení a případného zvýšení bezpečnosti provozu, minimalizace provozních nákladů a dopadů na životní prostředí.

### 2.2.1 Bezpečnost

V oblasti bezpečnosti je cílem snížení podílu na riziku leteckých nehod pro služby řízení letového provozu tak, jak jen to bude možné. A-SMGCS pilotům, řidičům vozidel a řídicím letového provozu zprostředkuje povědomí a okolní dopravní situaci, bude detekovat nedovolené nájezdy na RWY a ostatní nebezpečné situace. Provozovatelé letiště a stanoviště RLP tak budou mít lepší přehled o okolní dopravě a budou upozorněni na potenciální konflikty. Navíc A-SMGCS umožní navádění mobilních prostředků po bezpečných cestách a tím redukuje počet hazardních situací, kdy je řidič nebo pilot ztracen nebo se nenachází tam, kde si myslí.

## 2.2.2 Kapacita

Co se týče kapacity je strategickým cílem umožnit letišťům maximalizaci možného využití pozemní a vzdušné kapacity tak, jak je vymezena místní infrastrukturou, omezeními politickými, omezeními týkajícími se ochrany životního prostředí a ekonomickou reakcí na poptávku po letecké dopravě.

A-SMGCS přispívá k dosažení těchto cílů prostřednictvím efektivnějšího využití možností letiště: dokonalejší přehledová funkce nevyžaduje snížení pozemních pohybů za špatného počasí a mobilní prostředky budou naváděny po výhodnějších cestách tak, že navádění jednotlivého vozidla či letadla bude koordinováno s pohyby ostatních mobilních prostředků. To vše bude realizováno ve spolupráci s AMAN (Arrival Manager), DMAN (Departure Manager) a letištními systémy. Smyslem je zajistit, za normálních okolností, dostatečnou letištní odbavovací kapacitu pro zvládnutí nároků ve špičkových hodinách jak jen to bude možné a to nezávisle na meteorologických podmínkách a nezpůsobující podstatné dopady na životní prostředí nebo problémy provozního a ekonomického charakteru. To znamená zvýšení počtu pohybů na letištích v oblasti ECAC, přičemž bude klíčovým ukazatelem důsledků zavedení A-SMGCS na kapacitu zejména měření zpoždění letů kvůli pojiždění v rámci letiště a to především za nepříznivých podmínek viditelnosti.

## 2.2.3 Ekonomická prospěšnost

Ekonomickým cílem implementace A-SMGCS je minimalizace přímých a nepřímých nákladů na provoz letiště i vozidel vztažená na jedno odbavené letadlo. To znamená, že ne všechna letiště zavedou týž systém a požadovaná úroveň A-SMGCS, a tedy i jeho cena, bude záviset na počtu pohybů na daném letišti.

## 2.2.4 Životní prostředí

Neustále rostoucí poptávka po letecké dopravě vede k vyšší intenzitě provozu letadel na a v blízkosti letiště, kde přitahují nejvíce pozornosti veřejnosti. Přestože se za poslední dvě desetiletí stala letadla mnohem tišší, předpokládané zvýšení hustoty letového provozu po delší doby během dne znamená zvýšení efektu rušení. Tento fakt je hnacím motorem odporu obyvatel, žijících v blízkosti letiště, bránícímu dalším expanzím zařízení a jeho provozu. Současně se zvyšuje vědomí občanských práv a politický vliv aktivistických skupin. Do budoucna se očekává další sílení tohoto trendu. Na některých místech to může znamenat vznik „výbušné směsi“, která by znamenala podstatné riziko pro udržení současného stavu nebo znemožnění dalšího rozvoje a nárůstu letecké dopravy. Pokud to nebude řešeno politickou cestou s pečlivou pozorností, kuráží a upřímností, bude stát faktor životního prostředí v cestě dalšímu rozvoji až do doby objevu nových a méně hlučných kombinací letadel a motorů. Proto je podstatné, aby se správy letišť zabývaly dopady na životní prostředí dříve, než se z nich vyvinou opravdové problémy. Jestliže bude spokojenost a přízeň těch, kteří žijí v blízkosti letiště ztracena, bude to znamenat dlouhou a nákladnou bitvu o její opětovné získání. Je očekáváno, že požadavky ochrany životního prostředí se stanou nejdůležitějšími omezeními dalšího rozvoje civilního letectví.

**Cílem je tedy udržení trvalého rozvoje letiště prostřednictvím využití:**

- aplikace nových technologií
- zlepšení procedur
- efektivnějšího využití zlepšených možností letadel

Hlavním měřítkem efektivity A-SMGCS v tomto směru bude kupříkladu průměrná doba pojiždění nebo průměrná doba vyčkávání.

## 2.3 Dva hlavní projekty zabývající se A-SMGCS

- Eurocontrol A-SMGCS Project (v krátkém období)
- EC EMMA Project (v krátkém a středním období)

Společným cílem obou je:

- Usnadnění harmonizované implementace A-SMGCS Levels 1 a 2
- Vyvinout provozní koncepci, systémy a postupy pro A-SMGCS Levels 3 a 4 (zejména EMMA)

**Eurocontrol A-SMGCS (Level 1 and 2 Validation) Project** je součástí EATMP Airport Operations Programme (APR) a soustředí se na:

- Plné umožnění provozní implementace A-SMGCS Levels 1 a 2
  - Vyvinout a schválit provozní návrhy, požadavky a postupy
  - Stanovit všeobecnou bezpečnost a vliv lidských faktorů
  - Určit výcvik a podmínky schválení

- Identifikovat přínosy
- Zprostředkovat základnu pro
  - Zpětnou vazbu na ICAO etc.
  - Harmonizovanou implementaci
  - Další rozvoj A-SMGCS

**EMMA Project** – European Airport Movement Management by A-SMGCS – Research & Development Project (6<sup>th</sup> Framework) má 26 partnerů v 9 státech, plánovanou činnost rozdělenou do dvou částí ( EMMA 1 2004-2006, EMMA 2 2006-2008) a zabývá se převážně:

- Ověřením úrovní 1 a 2 A-SMGCS
  - Toulouse
  - Praha
  - Milan Malpensa
- Real time simulací a provozními zkouškami
- Otázkami bezpečnosti
- Přípravou A-SMGCS Levels 3 a 4
  - Pokročilé technologiemi
  - Palubní systémy

Plánované kroky do budoucna:

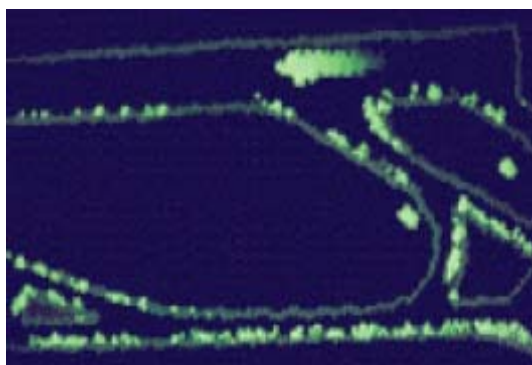
- Další rozvoj A-SMGCS úrovní 1 a 2
  - Zlepšení bezpečnostních sítí RWY
  - Zavedení bezpečnostních opatření na ostatních pohybových plochách
  - Detekce překážek
- Vývoj úrovní 3 a 4
  - Integrace AMAN a DMAN
  - Vývoj SMAN (Surface Manager)
  - Integrace s CDM (Collaborative Decision Making)
  - Palubní systémy (routing, guidance etc.)

## 3. Úrovně A-SMGCS (A-SMGCS levels)

### 3.1 Přehled úrovní

A-SMGCS bude postupně zaveden prostřednictvím hierarchických úrovní, přičemž úrovně I a II budou řešit převážně otázky zvýšení bezpečnosti a efektivita pozemních pohybů bude řešena úrovněmi III a IV. Za základní nultou úroveň může být považován již dříve využívaný SMGCS. Následující kapitola se zabývá jednotlivými úrovněmi a předpokládaným zaváděním jednotlivých funkcí.

V současné době pomáhá lidským operátorům několik technických prostředků, které ale mají spíše omezené možnosti. Kupříkladu funkce surveillance, představovaná SMR, částečně nahrazuje oči řídicího tým, že ukazuje polohu všech objektů na letišti, ale nikoliv jejich identifikaci. Řídicí tak musí mentálně korelovat hlášenou polohu s identifikací získanou jinými postupy a neustále si tyto asociace pamatovat. Podobně ve funkci control musí řídicí vizuálně monitorovat polohu všech pohyblivých objektů a hodnotit tato data tak, aby byl provoz patřičně separován a nevstupoval do zakázaných oblastí. V případě plánování a trasování musí řídicí vědět, která RWY a kdy bude použita pro každý let a které pojezděcí dráhy jsou dostupné k použití na letišti tak, aby byl schopen směřovat letadlo v jakýkoliv čas kamkoliv na letišti. Funkce guidance je realizována tak, že řídicí nebo asistent manuálně volí a zapíná/vypíná prostředky navádění jako jsou světla, značky, stop-příčky atd. tak, aby vedl letadlo po požadované trase.



Obrázek 3-1: Srovnání zobrazení SMGCS-SMR - detail (vlevo) a A-SMGCS (vpravo)

#### 3.1.1 Level I

Level I odpovídá nejzazšímu kroku implementace systému ve smyslu urgentnosti, potřebných technologií a nákladů.

##### Surveillance

Na této první úrovni bude asistenci řídicích letového provozu přehledová funkce taková, která umožní zobrazování následujících informací na přehledovém displeji:

- Rozložení letiště
- Pozici všech vozidel na provozních plochách
- Pozici všech letadel na provozních plochách
- Identifikaci zobrazovaných letadel
- Identifikaci všech patřičně vybavených (spolupracujících) vozidel

Protože právě řídicí je zodpovědný za pohyby na provozních plochách, měla by přehledová funkce pokrývat všechny mobilní prostředky v této oblasti. Současně musí přehledová funkce pokrývat všechna letadla na apronu pro usnadnění rozhodování o přidělení povolení k vytlačení letadel ze stání. V první úrovni by měla být všechna letadla a vozidla kooperující, tedy vybavena potřebnými náležitostmi, potřebnými pro identifikaci kooperujícími senzory tak, aby byla umožněna jejich plně automatická identifikace. Přesto by řídicím mělo být umožněno pracovat i s nízkým omezeným počtem nekooperujících cílů (např. zařízení na sekání trávy, letadla s nefunkčním odpovídáčem), které nebudou na zobrazovacích jednotkách označeny, ale pouze vyznačeny.



## **Guidance**

A-SMGCS level I se zaměřuje zejména na funkci přehledovou a tudíž nebude zavedena žádná funkce navádění (guidance). Navádění tedy bude probíhat stejně jako v současném systému SMGCS.

## **Route Planning**

Funkce route planning vyžaduje nejdříve zavedení funkce plánování, která v této úrovni ještě není dostupná, jelikož je prospěšná spíše z hlediska zvýšení efektivity pozemních pohybů než pro jejich zabezpečení, což je prioritou a planning se týká pouze letišť s komplikovanými provozními plochami. Zavedení funkce plánování se nepředpokládá ani v následující úrovni.

## **Control**

Experimenty se systémem na několika letištích ukázaly, že detekce možných kolizí na RWY (runway incursion) není snadná. Vyžaduje totiž přesné vymezení konfliktních situací v návaznosti na místní provozní postupy a metody. Funkce control dále vyžaduje splnění stanovených technických požadavků, které level I nezaručuje, a proto bude implementována až v level II.

### **3.1.2 Level II**

Přínos druhé úrovně spočívá ve zlepšování funkcí už zavedených v level I a přidání funkcí control a guidance.

#### **Surveillance**

Není doporučeno rozšiřovat přehledovou funkci i pro řidiče a piloty, protože se na této úrovni nepředpokládá dostupnost ADS-B/TIS-B. Funkce surveillance tedy bude stejná jako u level I.

#### **Control**

Počátek funkce control je zaměřen na zabezpečení a předcházení konfliktů na RWY (RWY incursions) prostřednictvím výstražného systému, který by měl být harmonizován s místními postupy (např. multiple line-ups, conditional clearances). Systém v tomto stádiu bude upozorňovat zejména na závažné a nebezpečné situace.

#### **Guidance**

Funkce guidance bude v této fázi zavedena pro řidiče vozidel prostřednictvím palubního displeje, zobrazujícího mapu letiště se všemi pojezdovými dráhami, RWY, překážkami a pozicí konkrétního vozidla danou satelitním navigačním systémem nebo souřadnicemi z příslušného (cooperative) senzoru. Umožní to vizualizaci přesné polohy na letišti i za nízké dohlednosti a omezí tak navigační chyby. Zobrazení pozic okolních mobilních prostředků v rámci level II je doporučeno, ale není povinné.

#### **Route Planning**

Prozatím nebude implementována ze stejných důvodů jako u level I (viz. výše).

### **3.1.3 Level III**

Novinkou třetí úrovně je sdílení povědomí o dopravní situaci i mezi piloty a řidiči a zavedení nové funkce automatického směřování.

#### **Surveillance**

Přehledová funkce v předchozích úrovních dostupná pouze pro řídicího bude zprostředkována pilotům a řidičům, kteří tak na svých displejích získají informace o okolním provozu včetně identifikace všech mobilních prostředků.

#### **Control**

Na základě přehledové funkce level III bude funkce control schopna detekovat jakýkoliv potencialní konflikt na pohybových plochách. Výstraha bude předána navíc i pilotům a řidičům, přičemž bude detekce konfliktů přizpůsobena jednotlivým uživatelům různými způsoby.

#### **Guidance**

Funkce guidance tak, jak byla zavedena v level II bude doplněna o:

- zobrazení pohyblivé mapy letiště s RWYs, TWYs, překážkami a pozicemi všech mobilních prostředků pro piloty i řidiče

- dynamické změny zobrazované mapy v závislosti na aktuální situaci (obsazení RWY atd.)
- automatické přepínání pozemních značení (stop příčky, osvětlení středových čar apod.) v závislosti na plánované dráze přidělené řídicím

### Route Planning

Tato funkce bude na základě funkce plánování přiřazovat nejlepší cesty determinované výpočty pro minimalizaci zpoždění, pravidel pohybu po provozních plochách a potencionálních konfliktech s ostatním provozem. Počítá se s implementací zejména na rozsáhlých a komplexních letištích a v tomto stádiu bude dostupná pouze řídicím letového provozu, kteří ji budou využívat pro vydání potřebných povolení.

### 3.1.4 Level IV

Implementace level IV spočívá ve zlepšování funkcí zavedených v level III.

#### Surveillance

Na této úrovni je přehledová funkce stejná jako na úrovni III.

#### Control

Funkce Control bude přístupná jak řídicím, tak i pilotům a řidičům přímo na pohybových plochách. Mimoto bude zavedeno kompletní automatické řešení konfliktů.

#### Route Planning

Funkce route planning bude na této úrovni rozšířena na všechny patřičně vybavené mobilní prostředky. To znamená, že cesta navržená systémem route planning a následně schválena řídicím bude datově preposílána pilotům a řidičům.

#### Guidance

Funkce guidance bude stejná jako v level III.

Levels	Surveillance		Control		Route Planning	Guidance	
	Users	Mobiles and areas covered	Users	Conflicts detected	Users	Users	Type
<b>0</b>	Strict application of SMGCS						
	Surveillance						
	Controller	All vehicles in the manoeuvring area All aircraft in the movement area					
<b>II</b>							
	Controller	All vehicles in the manoeuvring area All aircraft in the movement area	Control			Guidance	
			Controller	RWY incursions		Drivers	Airport Static Map & mobile position on a screen as an option
<b>III</b>							
	Controller All participating mobiles	All vehicles in the manoeuvring area All aircraft in the movement area	Controller Equipped mobiles	All conflicts	Route Planning Controller	Pilots Drivers	Airport Dynamic Map (with runway status,...), mobile position on a screen Automatic switch of ground signals
<b>IV</b>							
	Controller All participating mobiles	All vehicles in the manoeuvring area All aircraft in the movement area	Controller All participating mobiles	All conflicts + Conflict Resolution	Controller Equipped mobiles	Pilots Drivers	Airport Dynamic Map (with runway status,...), mobile position & route from route planning function on a screen Automatic switch of ground signals

tabulka 3-1: Úrovně A-SMGCS a odpovídající funkce

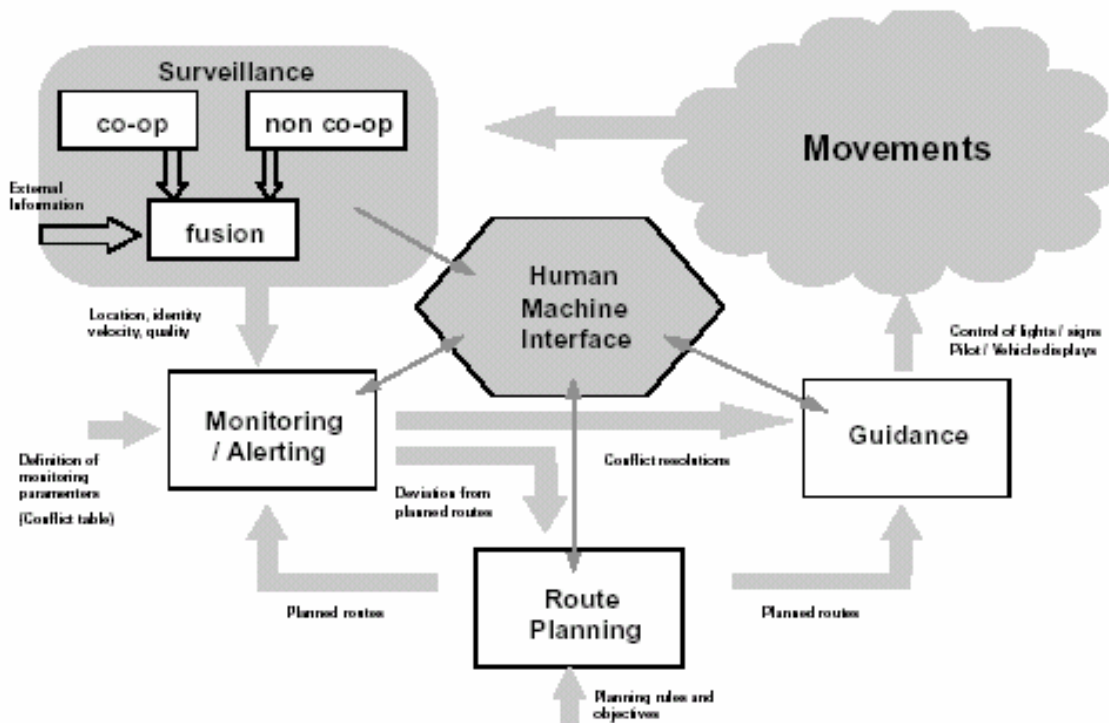
### 3.2 Strategie Implementace

Potřeby implementace různých úrovní A-SMGCS na daném letišti pramení z poměru ceny příslušného vybavení a pravděpodobnosti runway incursion, které záleží na následujících charakteristikách: počet pohybů, provozní kategorie za zhoršených meteorologických podmínek a složitost letiště. Definice implementace A-SMGCS v Evropě vede ke kategorizaci tohoto systému (low, medium, high cost) a rozdělení topologie letišť (mid size airport, high size airport). Toto rozdělení je základem návrhu úrovně A-SMGCS a vytváří rovnováhu mezi cenou a účinnou využitelností funkcí. Na cestě k implementaci zamýšlené úrovně však musí každé letiště začít s úrovní první a postupně systém zlepšovat.

Airport type	A-SMGCS cost	Surveillance	Control	Route Planning	Guidance
Light	No (full) A-SMGCS	partly	partly	-	-
Medium	Low cost	I / II	II	-	II
Medium with complex layout or more than 15 low visibility days	Medium cost	I / II	III	III	III
Heavy	High cost	III / IV	IV	IV	IV

tabulka 3-2: Cenová kategorizace A-SMGCS

Hlavním kritériem implementace A-SMGCS jsou provozní požadavky. Jako první by tedy měly být zavedeny funkce, které je třeba zavést z provozního hlediska urgentněji. To znamená, že například funkce Control směřující spíše k bezpečnosti má přednost před route planning, jenž představuje zefektivnění pozemních pohybů. Dalším faktorem ovlivňujícím souslednost zavádění jednotlivých funkcí je jejich vzájemná závislost. Například pro implementaci funkce control je nezbytná přítomnost surveillance apod. (viz obrázek 3-2)



Obrázek 3-2: Vazby mezi jednotlivými funkcemi A-SMGCS

## 4. Realizace funkcí A-SMGCS

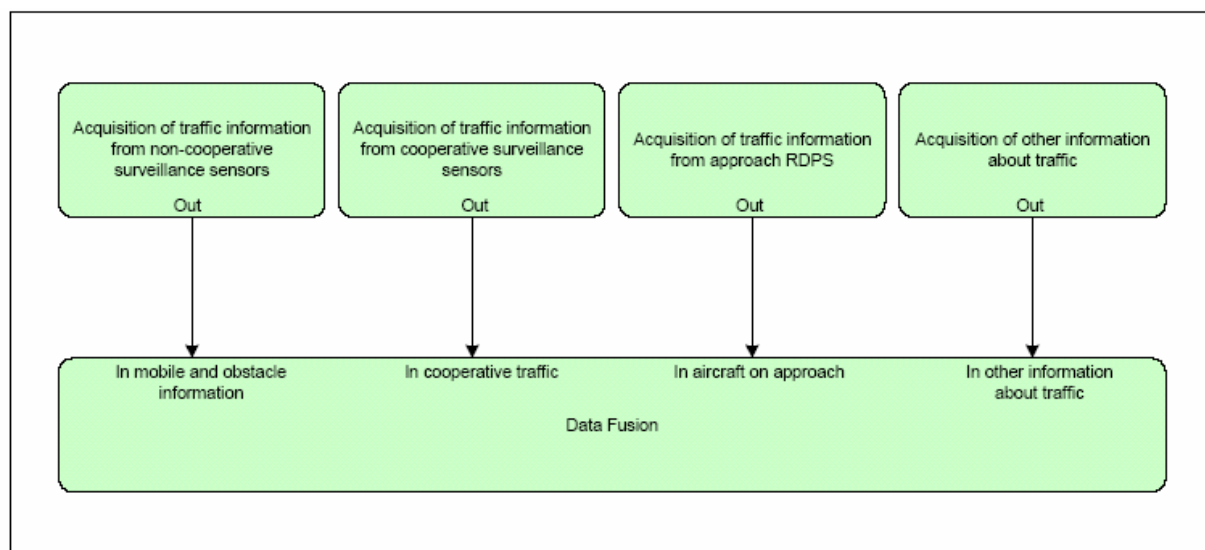
V současné době je podstatná implementace A-SMGCS Level I a II. Tyto úrovně jsou nezbytné pro případné zavedení vyšších levelů a jsou velice žádoucí na některých současných letištích. Projekt A-SMGCS Eurocontrolu se zaměřuje na koncepci a požadavky na systém level I a II a ostatní úrovně označuje za „medium or long-term implementations“ a dále uvádí, že tyto budou řešeny, až to bude požadováno. Pohledem do budoucna se více zabývá výše zmiňovaný projekt EMMA, ale konkrétní jednotná vize realizace vyšších úrovní prozatím neexistuje. Do roku 2020 se však předpokládá až zdvojnásobení hustoty leteckého provozu, což zejména pro Evropu bude pravděpodobně znamenat přechod na nový systém připravovaný pod názvem project Sesar, který by měl umožnit zvládnutí tak razantního nárůstu. Přirozeně se vynořuje otázka, jak bude možné takový provoz zvládnout v koncových řízených oblastech, v řízených okřscích nebo na samotných pohybových plochách letiště. Jak tedy zajistit bezpečnost a jak optimalizovat tok letového provozu do budoucna? A-SMGCS, a to především jeho nejvyšší úrovně, se zdají být cestou schůdnou, avšak neprobádanou. Samotné A-SMGCS tento úkol splnit nemůže, protože bude potřeba komplexní řešení, které bude zajišťovat nejen bezpečnost na provozních plochách letiště, ale také patřičně přesné a optimalizované navádění na přistání a navádění po vzletu. Bude také potřeba zavést účinnější způsoby sledování spojené se zprostředkováním informací přímo na palubu letadel a také využití datových spojů bude nezbytné. Samotná implementace A-SMGCS Level III/IV bude vyžadovat využití nových technologií, na které se nyní pokusíme více soustředit.

### 4.1 Funkce Surveillance

Tato funkce má na starosti zprostředkování informace o provozu (pozice a identifikace mobilních prostředků). Tyto informace mohou být shromážděny z různých systémů: cooperative/non-cooperative sensorů, approach surveillance systems a dalších systémů. Z analýzy provozních požadavků vychází to, že je potřeba zavést:

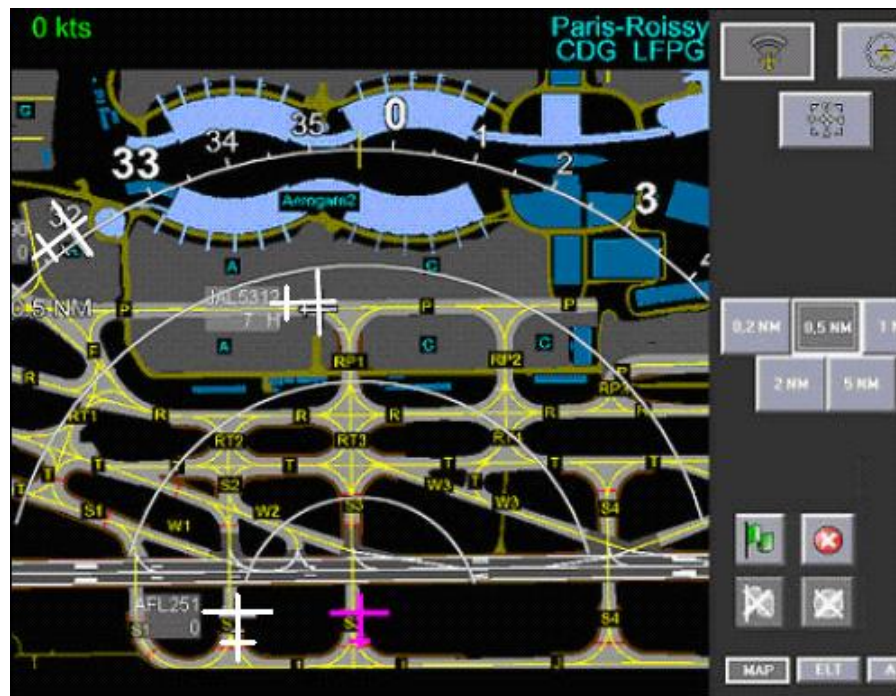
- Alespoň jeden non-cooperative (nespolupracující) přehledový senzor, pro detekci všech objektů na pohybových plochách včetně „vetřelců“.
- Alespoň jeden cooperative (spolupracující) přehledový senzor pro zajištění identifikace zúčastněných mobilních prostředků v rámci letiště.
- Approach surveillance system pro zprostředkování polohy a identifikace odlétávajícího a přilétávajícího provozu.
- Další systémy pro poskytnutí dalších potřebných informací.

Všechny informace dodané těmito různými zdroji musí být počítačově zpracovány tak, aby výsledkem byl konzistentní obraz o provozu. To se děje v části systému zvané „Data Fusion“ (fúze dat).



Obrázek 4-1: Základní schéma architektury funkce Surveillance

Level III přináší do systému sdílení informací a přehledu o provozu mezi řídicími letového provozu, piloty a řidiči ostatních mobilních prostředků v rámci letišť. Informace budou presentovány pomocí palubního kabinového displeje dopravní informace CDTI (Cockpit Display of Traffic Information). Přehledová funkce si vyžádá vhodný a dostatečně spolehlivý datový přenos. Datový přenos by měl fungovat mezi pohyblivými objekty a pevnou pozemní stanicí, ale také mezi pohyblivými objekty navzájem. Předávání informací do mobilních prostředků na pohybových plochách letišť se dnes realizuje pomocí WiFi nebo WiMAX. Aktuální poloha objektu získaná z GPS (Galileo) je periodicky odesílána na server, kde je dále zpracována. Ze serveru jsou zpět načítány informace o všech pohyblivých objektech na letišti, které jsou následně zobrazovány. Tyto sítě, zejména WiFi, jsou ale veřejně přístupné a dá se říci, že nejsou certifikovatelné pro složitější funkce, kde se požaduje vysoká úroveň integrity. WiFi jsou oceňovány provozovateli letišť, protože představují opravdu levnou variantu datového spoje. Takto postavené systémy jsou ale omezeny a to zejména množstvím vysílaných dat a jejich integritou. Funkce sledování pomocí WiFi je realizovatelná pouze pro omezené množství mobilních prostředků, hrozí zde přetížení sítě, nebo její rušení. WiFi a WiMAX jsou tedy vhodné jako levný prostředek pro zprostředkování informací o provozu do nízkého omezeného množství vozidel na letištních plochách. Jejich široké využití i v kokpitech letadel je pravděpodobně nemožné a informace by tak byly zprostředkovány pouze v dosahu potřebných pozemních stanic. Při velkém toku letového provozu bude vhodný datový spoj klíčovou záležitostí pro zavedení funkcí Control, Guidance a Route Planning tak, aby tyto funkce byly použitelné pro řízení pohybů po letištních provozních plochách a ne pouze pro funkce informativního a monitorujícího charakteru.



Obrázek 4-2: Kabinový displej dopravní informace CDTI

Kabinový displej dopravní informace (CDTI) – může být realizován prostřednictvím již zmíněného WiFi či WiMAX nebo ADS-B a jeho největší výhodou je, že poskytuje pilotovi používajícímu CDTI situační povědomost. To znamená, že displej v kabině může pilotovi ukázat pozice všech ostatních letadel v jeho nejbližším okolí až do vzdálenosti 200 námořních mil (ADS-B). Dopravní informace pro CDTI mohou být získány z jednoho nebo více zdrojů včetně ADS-B a TIS-B. Informace mohou být na CDTI také přenášena prostřednictvím datového spoje z pasivních sledovacích systémů letiště nebo z pozemního přehledového radaru. CDTI tvoří základní prvek koncepce vyšších úrovní sledování, ale také, jak se později dovíme, navádění (guidance) a řízení (control).

#### 4.1.1 Kooperující/nekooperující senzory

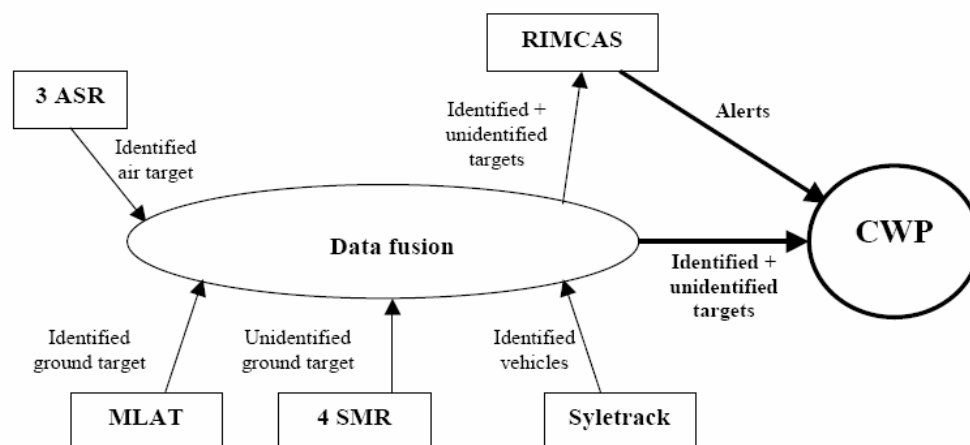
Jednou z hlavních otázek implementace je výběr senzoru zprostředkujícího přehledová data. Je třeba zavést senzor jenž nevyžaduje žádné speciální vybavení instalované do mobilních prostředků, který by umožnil detekci jakéhokoliv mobilního prostředku a tedy i vozidel bez autorizace vstupu na pohybové plochy nebo vozidel s nefunkčním vybavením. Tento „non-cooperative“ senzor musí mít globální pokrytí, následkem čehož se nemůže spoléhat na prostředky jako je magnetická indukce, krátkodosahový radar nebo optické detekční buňky, které by vykrývaly jen určité omezené oblasti. Takovýto senzor musí být schopen podávat informaci za

každého počasí a proto nesmí být ovlivňován přítomností mlhy nebo deště. Bereme-li v úvahu současné technologie, ukazují tyto požadavky na využití SMR (Surface movement radar). SMR je osvědčenou technologií a je na většině letišť dostupný, jakožto část SMGCS. Je ale možné, že na konkrétních letištích bude potřeba zavedení více těchto radarů tak, aby bylo dosaženo požadovaného pokrytí.

Nicméně SMR je primární radar a tudíž neumožňuje identifikaci detekovaných cílů. Je tedy třeba zavést spolupracující senzor umožňující automatické značkování (labeling) pro monitorování vstupu autorizovaných (čili patřičnými palubními odpovídači vybavených) mobilních prostředků na vyhrazené plochy letiště.

Výběr kooperujícího senzoru záleží na typu mobilního prostředku, který je sledován. Na jednu stranu by měl být senzor starající se o letadla stejný na všech letištích pro zajištění inter-kompatibility. Na druhou stranu výběr senzoru pro sledování pozemních vozidel je ponechán na správy konkrétních letišť, jelikož má vliv jen na omezený počet letištních vozidel.

Dále musí být pro A-SMGCS doplněna informace o provozu ve vzduchu. To je realizováno existujícím approach surveillance radar. Aby byla zajištěna přehledová funkce pro spolupracující a nespolečující cíle, bude se tento přehledový systém běžně skládat z primárního a sekundárního přehledového radaru (PSR a SSR), které budou poskytovat data multi-senzorovému Radar Data Processing System (RDPS). Navíc mohou být přehledová data sbírána a doplňována různými senzory jako MLAT nebo ADS.



Obrázek 4-3: Senzory použité v LFPG

#### 4.1.2 ADS-B a TIS-B

ADS je definován ICAO jako sledovací technika ve které letadlo automaticky poskytuje, přes datový spoj, data odvozená z palubních navigačních systémů a polohových fixů, zahrnující identifikaci letadla, 4D pozici a další vhodná data. V současné době dochází k vývoji systémů ADS-B a ADS-C, založených na systémech ICAO SARPs. Plné zavedení se předpokládá v horizontu 2010+. ADS-B pravidelně vysílá identitu letadla či vozidla, dále jeho pozici, nadmořskou výšku, záměry a vektorové informace pro použití jinými uživateli mobilních i pevných stanic.

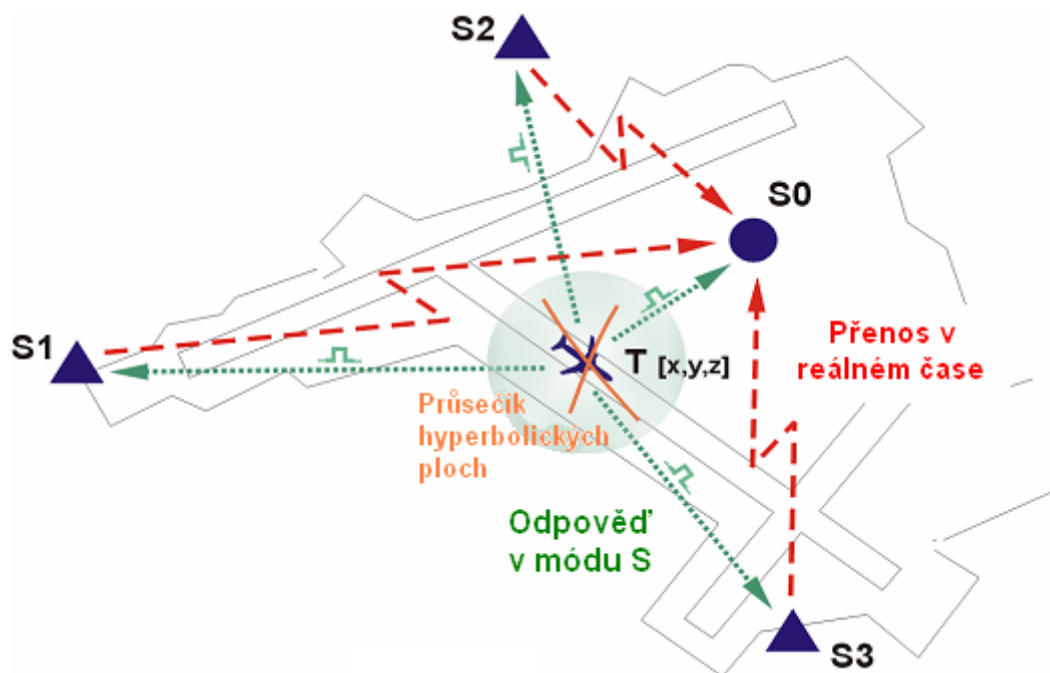
Dopravní informační služba (TIS - Traffic Information Service) je ATM funkce, která užívá datového spoje k vysílání dat sledovacího radiolokátoru ze země k letadlu pro doplnění zpráv ADS-B. TIS-B je funkce důležitá pro využití výhod ADS-B v částečně vybaveném prostředí a během přechodu z prostředí založeného na radaru k ADS-B střeženému prostoru. Zprávy TIS-B jsou typicky omezené na informaci o pozici letadla nevybaveného ADS-B. To znamená, že na začátku přechodového procesu bude CDTI na palubě letadla založen převážně na TIS-B. Podíl zpráv ADS-B se bude časem postupně zvětšovat. TIS-B bude poskytovat informace o zvláštních vozidlech na pohybových plochách a neautorizovaných vozidlech (tzv. intruders).

Největší nevýhodou ADS-B je podsystém navigace a přenosu informací. Současný navigační systém GPS, který se nejčastěji používá k určení pozice cíle, obnovuje informace o poloze a přeposílá je cíli 1x za sekundu ⇒ Mobilní prostředek vysílá svou polohu o 0,99 s zpožděně, což se při rychlosti 60km/h rovná odchylce 16,7m (100km/h = odchylka 27,8m). V budoucnu s nástupem GNSS (resp. Galileo) by měl být tento problém odstraněn a tudíž ADS-B zůstává relativně levným systémem, který v budoucnu bude zajišťovat větší bezpečnost a zvýšení propustnosti letišť díky poskytování detailních informací v reálném čase jak řidičům, tak i pilotům a řidičům mobilních prostředků.

### 4.1.3 MLAT (P3D-AS)

Jako velmi účinná se ukazuje možnost zavedení kooperujícího senzoru typu pasivního třídimenzionálního sledovacího systému pracujícího na principu multilaterace. Takovým systémem je např. P3D – AS v současné době ve zkušebním provozu na letišti Praha Ruzyně. Multilaterací (Time Difference Of Arrival – TDOA) systém určuje polohu cíle výpočtem z časových rozdílů příchodu signálů na jednotlivé přijímací stanice. Polohové rovnice definují v kartézském prostoru hyperbolické plochy (přesněji povrchy rotačních hyperboloidů s ohnisky v místě antén přijímacích stanic), které jsou geometrickými místy řešení polohy cíle. Cíl pak leží v průsečíku tří hyperbolických ploch definovaných třemi vzájemně nezávislými časovými rozdíly. Přidáním dalšího, čtvrtého, přijímače lze získat polohu cíle v trojrozměrném prostoru (3D). V případě členitého terénu pro vykrytí žádaného prostoru je třeba instalovat mnohonásobně více přijímacích stanic. P3D – AS je určen primárně pro sledování horizontální polohy cílů na provozních plochách a při letu v blízkosti RWY (do vzdálenosti 2,5NM), při vzletu a přistání, při pojíždění a stání. Sledování cílů za letu není sice vyloučeno, ale jedná se o podružnou funkci, pro kterou není systém konfigurován.

Přijaté kódové skupiny příslušné k jednomu cíli jsou statisticky zpracovány s cílem získat věrohodné kódy přijaté od cíle. Zpracováním většího počtu odpovědí od jednoho cíle je možné vyhodnotit i kódy odpovědí SSR a identifikovat kód 3/A, C a mód S. Z kódu 3/A se určí identifikační kód (alfa) cíle, z módu S jedinečná 24-bitová adresa. Poté se provádí sekundární zpracování signálu – tracking a sestavení výstupní zprávy o cílech. Systém P3D je bezobslužný, tzn. neobsahuje žádné operátorské pracoviště. Systém je doplněn dvěma dotazovači DUB vysílající adresné dotazy všesměrovými anténami s nízkou opakovací frekvencí pro získání kódu „alfa“ u cílů vysílajících pouze adresu módu S v tzv. krátkém nebo dlouhém squitteru. Tyto dotazovače pracují též jako kontrolní odpovídače, takže mají i vlastní S módovou adresu. Informace získané pasivním sledovacím systémem tedy doplňují informace z SMR a ADS-B data a zpřesňují tak polohu cílů.



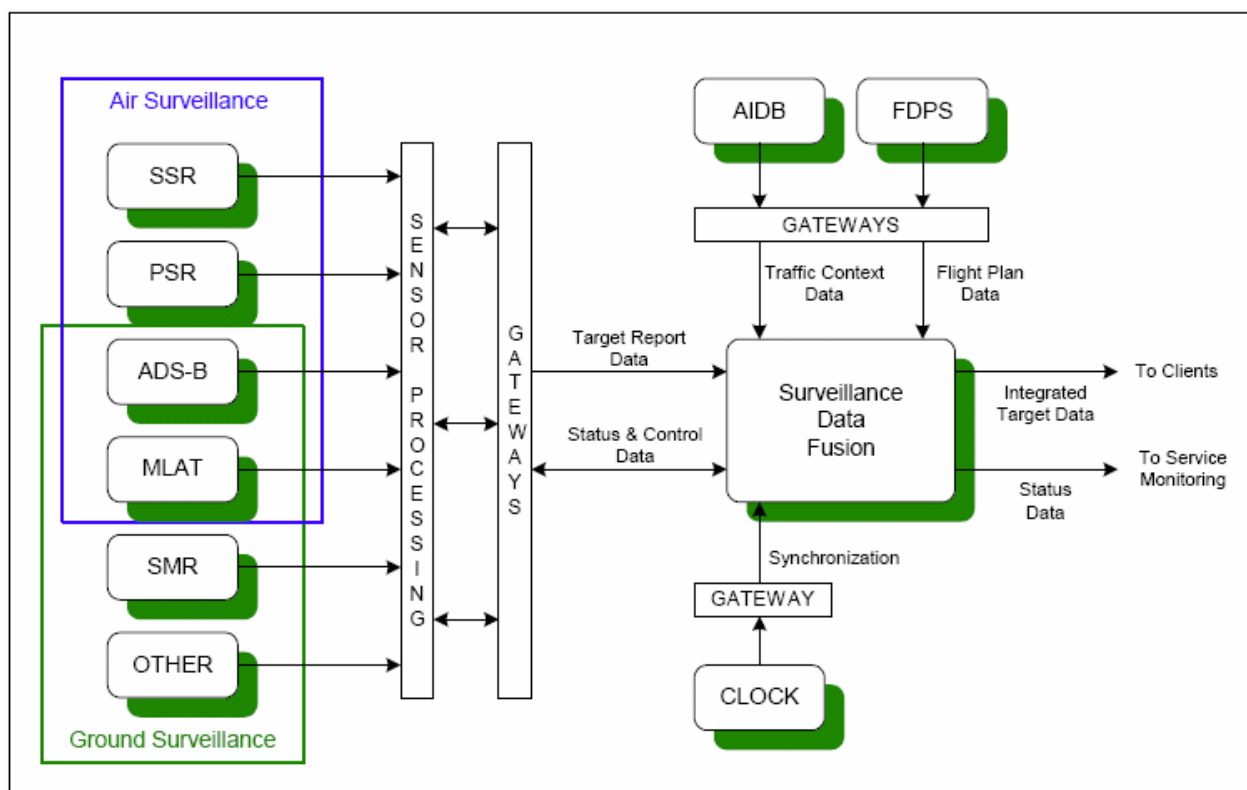
Obrázek 4-4: Princip určení polohy systému MLAT

#### 4.1.4 Přehledová fúze dat (SDF)

Data přehledových sensorových systémů a ostatních zdrojů přehledových informací jsou přeposílána do Surveillance Data Fusion (SDF) prostřednictvím vhodných sítí LAN. Procesy fúze dat kombinují informace získané různými způsoby a vytváří tak všeobecný přehledový balíček. Tyto procesy tedy dávají dohromady všechna dostupná data o konkrétním mobilním prostředku. Přehledové senzory dávají SDF informaci o poloze cílů (všech mobilních prostředků a překážek). V SDF probíhá sledování cílů (Target track processing) tak, že SDF určuje polohu cíle na základě předcházející polohy a nově obdržených dat sensorových systémů.

Flight data processing system zprostředkovává SDF všechna dostupná data o současných a plánovaných pohybech, která jsou potřeba pro asociaci každého cíle s jeho letovým plánem. Pokud je to pak možné, informace jednoznačně identifikující letadlo pomocí volačky (callsign) je připojena jednotlivým cílům. Kompletní informace o provozu ve formě integrovaných dat o cílech je distribuována klientům pro prezentaci a další zpracování.

SDF také monitoruje status všech připojených sensorových systémů a informačních zdrojů a odesílá hlášení, včetně hlášení o vlastním statusu, do centrálního A-SMGCS Service Monitoring System.



Obrázek 4-5: Celková architektura funkce surveillance

#### 4.1.5 Traffic Context Information

Přehledová funkce dále vyžaduje informace o dopravním kontextu (např. mapy pokrytí sensorů) Tyto kontextové informace (rozložení letiště, konfigurace, status RWY, etc.) potřebné pro funkčnost A-SMGCS budou dodávány jedním nebo více systémy jako Airport Information Database (AIDB), Meteorologickými systémy (MET) atd.

Běžné budou dva stupně kontextových dopravních dat z různých zdrojů:

- Statická (nebo semi-statická) data, která se mění jen zřídka (např. rozložení letiště) a která vyžadují provedení aktualizace operátorem
- Dynamická data, která se často mění (status RWY, meteorologické podmínky) a mohou být automaticky získána z ostatních systémů.



#### 4.1.6 Traffic Context Database

Databáze informací dopravního kontextu zahrnuje všechna data, kromě informací o provozu (police a identifikace mobilních prostředků), která jsou nezbytná pro ATC a jejich přehled nad letištěm.

Traffic context database minimálně obsahuje:

- Rozložení letiště: geografickou reprezentaci jednotlivých částí letiště (TWY, RWY, etc.)
- Referenční body: ARP, polohu přehledových senzorů, práhy RWY, vyčkávací místa, stop-příčky, polohy stání.
- Fixní překážky
- Zakázané oblasti
- Citlivé a zakázané oblasti ILS

Dále může obsahovat:

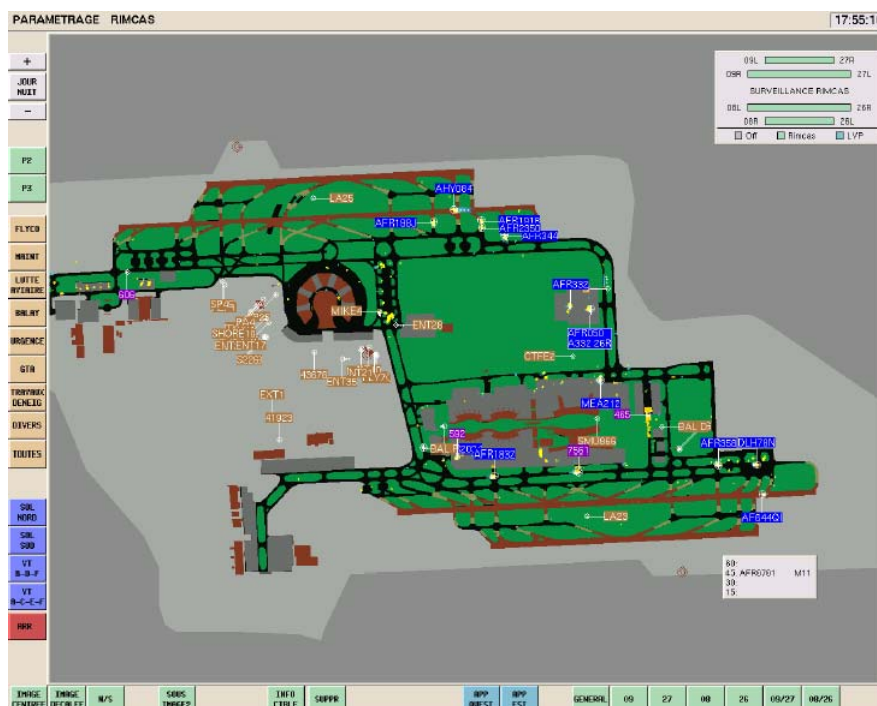
- Provozní status RWYs a TWYs
- Provozní status systémů ATS: prostředky pro přiblížení na přistání, ATIS...
- Ostatní data: meteorologické podmínky

Tato databáze rovněž obsahuje proměnlivé systémové parametry potřebné pro adaptaci systému místním požadavkům a změnám v provozu a provozních postupech na konkrétním letišti. To zahrnuje prostředky pro modifikaci topologických a topografických informací a parametrů apod.

#### 4.1.7 NOVA 9000

NOVA9000 společnosti Park Air Systems byla prvním systémem pro prezentaci a umožnění využití možností A-SMGCS pro řídicí letového provozu. Jedná se tedy o softwarové vybavení CWP (Controller Working Position). Základní funkcí je zobrazování mapy letiště, sledovaných cílů a jejich identifikace a ostatních relevantních cílů na a v blízkosti pohybových ploch letiště. Systém nabízí možnosti zobrazení i jiných potřebných informací v různých podobách a poskytuje tak řídicímu letového provozu přehled o pohybech po letišti. Nova 9000 se skládá z následujících základních modulů:

- Controller Working Position (CWP)
- Surface Movement Radar (SMR) Data Processing unit (RANC)
- Surveillance Data Server (SDS)
- Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert Subsystem (RIMCAS)
- Recording and Playback Subsystem (RPS)
- Technical Control and Monitoring Subsystem (TECAMs)



Obrázek 4-6: Nova 9000 v LFPG

**NOVA 9000 A-SMGCS je v provozu na těchto mezinárodních letištích:**

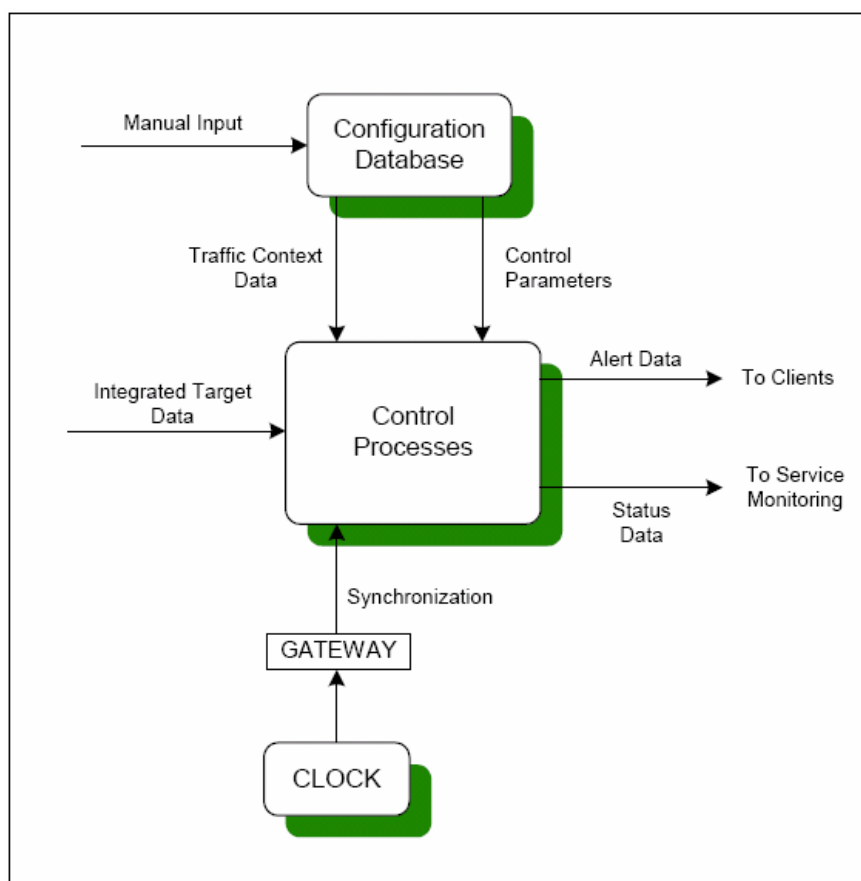
- Paris Orly & CdG
- Sydney
- Milano-Linate
- Hong Kong
- Kuala Lumpur
- Incheon, Korea
- Toronto, Vancouver, Montreal, Ottawa, Quebec
- London Heathrow and Gatwick, Birmingham, Newcastle
- Prague
- Köln/Bonn
- Madrid
- Stavanger
- Athens
- Abu Dhabi
- Zürich and Geneva
- Sao Paulo
- Guangzhou
- Brussels

## 4.2 Funkce Control

Doposud jsme se zabývali zavedením funkce surveillance a technickým požadavkům, potřebným pro maximalizaci přehledových informací. Nyní se podíváme, jak by mohla vypadat funkce Control na letišti s plným využitím nejvyšších úrovní A-SMGCS.

Funkce Control vyhodnocuje informace o provozu a vstupní data traffic context information a generuje výstrahy v případě, že je detekována situace (Conflict/Infringement) podle přednastaveného scénáře.

Vstupy pro funkci Control jsou informace o provozu ve formě integrovaných dat z výstupu SDF a řada výstrahových parametrů a pravidel z podpůrné konfigurační databáze. Na úrovních III a IV bude potřeba zavést jako další vstup povolení a přidělené trasy z funkce planning a to především tam, kde bude pohyb monitorován na všech plochách. Výstupy z funkce Control budou přeměrovány do různých klientských systémů (především Controller Human-Machine Interface HMI) a funkcí planning a guidance. Control tak umožní zobrazení alarmů na stanovištích řídicích letového provozu a to pouze na těch místech, pro které je daná výstraha relevantní. Proces Control je časově synchronizován s referenčními hodinami letiště a každá výstraha je opatřena příslušnými časovými hodnotami.



Obrázek 4-7: Architektura funkce Control

První fáze implementace funkce Control v rámci A-SMGCS level II je zaměřena na zabezpečení a předcházení konfliktů na RWY prostřednictvím výstražného systému, který by měl být harmonizován s místními postupy. Pro Control na 3.úrovni A-SMGCS se předpokládá schopnost detekovat jakýkoliv potenciální konflikt na pohybových plochách. Výstraha bude předána navíc i pilotům a řidičům, přičemž bude detekce konfliktů přizpůsobena jednotlivým uživatelům různými způsoby. V level IV se navíc předpokládá zpřístupnění funkce jak řidičům, tak i pilotům a řidičům přímo na pohybových plochách. Mimoto bude zavedeno kompletní automatické řešení konfliktů.

Nezákladnější funkcí je kontrola přejezdu stop-příček. Systém monitoruje neoprávněné přejetí zapnuté STOP PŘÍČKY před vstupem na RWY. Neoprávněné přejetí STOP PŘÍČKY je zobrazeno na monitoru

ASMGCS a je doplněné vypínatelným zvukovým signálem a zobrazením informace u příslušné STOP PŘÍČKY. Ostatní funkce se postupně zavádějí od nejdůležitější ochrany RWY (RWY incursions) až po detekci možných konfliktních situací v závislosti na tratiích přidělených funkcí route planning. Jak již bylo řečeno, je základním zobrazovacím softwarem pro A-SMGCS NOVA 9000 společnosti Park Air Systems. Programovým modulem, který řeší konflikty na dráze je RIMCAS.

#### 4.2.1 RIMCAS (Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert System)

- Dvě programovatelné úrovně výstrahy (Stage One and Stage Two alert)
- Monitorování přiblížení
- Sledování obsazenosti RWY
- Monitorování pojižděcích drah
- Zabezpečení zakázaných oblastí
- Sledování křížení RWY
- Nastavení citlivosti výstražných funkcí v závislosti na aktuální viditelnosti



Obrázek 4-8: Zobrazení alarmů NOVA 9000 RIMCAS

NOVA 9000 RIMCAS software modul detekuje konflikty, které jsou častým důsledkem nedostatečného povědomí situace. Systém řídicímu umožňuje reagovat v realistické a efektivní době. Rimcas monitoruje pohyby po letištních plochách a blízkém vzdušném prostoru, přičemž využívá výstupní data SDF. Na základě těchto dat detekuje a identifikuje možné konfliktní situace v rámci oblasti pokrytí a zprostředkovává varování/alarmování operátorů CWP (Control Working Position). RIMCAS je přitom plně konfigurovatelný pro konkrétní pracoviště.

Jakmile je potenciálně hazardní situace detekována, vzhledem k nastaveným konfigurovatelným pravidlům, RIMCAS vysílá uživatelům alarmující zprávu informující o charakteru a lokaci problému, týkající se cíle a naléhavosti situace. Na každé pozici CWP je tato zpráva dekodována a řídicí letového provozu obdrží patřičné audio-vizuální varování. Výstrahy jsou prezentovány na dvou úrovních dle naléhavosti a vážnosti situace: Stage 1 (jantarová) a Stage 2 (červená).

RIMCAS využívá předem definovaných oblastí na letištní ploše, přičemž je každé oblasti přidělena skupina parametrů, která určuje, jak bude systém na pohyby v této oblasti reagovat.

#### 4.2.2 ATOPS

ATOPS (A-SMGCS Testing of Operational Procedures by Simulation) byl jedním z kontraktů udělených Evropskou komisí (European Commission - DG VII in the 4th R&D Framework Programme). Plánované trvání projektu bylo 18 měsíců a začal v lednu 1999.

Hlavní cíle ATOPS byly:

- identifikovat s pomocí koncových uživatelů a provozovatelů, provozní postupy využívající A-SMGCS, které by bezpečným způsobem zvýšily efektivitu a kapacitu pozemních pohybů.
- provést simulační testy pomocí platformy SAMS (SMGCS Airport Movement Simulator) a umožnit pilotům a řídicím letového provozu vyhodnotit zvolené postupy a zaznamenat výstupní data.

## Identifikace a potvrzení identifikace

Program ATOPS ukázal, že je důležité pro budoucí systémy vyvinout a prozkoumat následující problémy:

- V jakém formátu by měly být identifikované stavy prezentovány řídicímu letového provozu (barva, označení, elektronický flight strip apod.) a které identifikační znaky jsou pro danou pozici relevantní.
- Jak může v rámci systému být zjednodušen proces záznamu potvrzení identifikace.
- Jaké jsou minimální požadavky na integritu a přesnost systému tak, aby řídicí mohli A-SMGCS spolehlivě využívat pro identifikaci a potvrzení identifikace. (přesnost pozice, přeskoky značek, ztráty označení apod.)
- Musí být proveden další vývoj v oblasti multi-senzorové simulace. Konkrétně je třeba se zaměřit na zpoždění různých senzorů na základě jejich výkonnosti a parametrů. Spolehlivost jednotlivých detekčních senzorů musí být rovněž zahrnuta do simulace tak, aby byla uživatelům simulátoru prezentována realistická situace se všemi možnými havarijními stavy systému.

## Detekce konfliktů a varování

Konzultace s provozovateli letišť a řídicími letového provozu zapojenými do simulace potvrzuje potřebu detekčních/varovných systémů. Oblasti k nimž je potřeba směřovat v těchto systémech jsou:

- Návrh alarmujících systémů pro konkrétní oblasti letiště tak, aby řídicí viděl pouze výstrahy relevantní k jeho oblasti zodpovědnosti a řízení.
- Prezentace alarmů a přidružených varování (včetně formátu a způsobu zobrazení)

## Podmínkové plánování pohybů a podmínkové povolení (conditional clearances)

Program ATOPS v tomto oboru specifikuje potřeby vyšetření následujícího:

- Jak řídicímu zprostředkovat systémem generované plány pohybu a ulehčit mu tak plánování (např. otázka optimálního zobrazení plánů )
- Jak řídicímu umožnit modifikovat a schvalovat plány pohybu za účelem optimalizace toku pozemního letového provozu.
- Jak prezentovat podmínkové plány pohybu a podmínkové instrukce v nejvyšší možné stručnosti. (např. „cross after...“, „give way to...“)
- Grafické vyjádření přidělených povolení a příkazů (včetně podmínkových instrukcí) mobilním prostředkům (informace ve značkách, elektronický záznam postupu letu a pohybů) a to tak, aby si byl řídicí schopen přidělené povolení snadno zapamatovat.
- Jak ulehčit zaznamenávání rozhodnutí řídicího a přidělená povolení do systému (kliknutím na waypointy, výběrem časových slotů na obrazovce zobrazující pohyby nebo elektronickém záznamu postupu letu)

## Pokročilé procedury A-SMGCS

„Advanced“ procedury a postupy do budoucna stále vyžadují mnoho šetření:

- Interakce řídicích a těchto pokročilých nástrojů A-SMGCS si žádají mnoho výzkumu. Jedná se především o automatické trasování a plánování, které mají velice významný vliv na to, jakým způsobem bude řídicí vykonávat své povinnosti.
- Jinou neprobádanou oblastí je zahrnutí ostatních uživatelů do pokročilých postupů. Tím je myšlena především spoluúčast pilotů při automatickém trasování a zobrazení s tím souvisejících informací.
- Je také třeba mít na paměti, že pokud se bude používat palubní vybavení a palubní prostředky, nikdy nebudou všechna letadla těmito systémy vybavena a A-SMGCS bude muset pracovat se směsí adekvátně vybavených a nevybavených letadel.

## Funkce Control na letišti Heathrow

Řídicí letového provozu na letišti London Heathrow jsou s výstražnou funkcí RIMCAS velmi spokojeni. Alarmy jsou vázány jen na RWY (tzv. RWY incursions) a momentálně není zavedena ani predikce ani detekce konfliktů na pojižděcích drahách. Protože je účinnost výstražné funkce závislá na kvalitě přehledových informací, mají řídicí i na tomto letišti problémy s falešnými alarmy způsobenými nechtěnými či falešnými cíli. Falešné výstrahy jsou velmi rušivé v noci nebo za nízké dohlednosti, protože mohou být jen velmi obtížně potvrzeny nebo vyvráceny pouhým pohledem z okna řídicí věže. Také bylo pozorováno zdvojení cílů při startu letadla a následné spuštění příslušného alarmu. Právě proto NATS rozhodla, že výstražná funkce bude vázána pouze na kooperující cíle. Neodhalená konfliktní situace, tedy reálný konflikt, který nebyl detekován, se doposud nikdy nevyskytl.

### 4.3 Funkce Guidance

Na letištích nevybavených pozemními naváděcími systémy je vedení zajišťováno řídicím (ground nebo apron). Pilotovi je dán pokyn sledovat určitou trasu a sám je pak zodpovědný za navigaci letadla po letišti pomocí mapy a značení pojezděcích drah. V určitých situacích ale může být do značné míry snížena bezpečnost a to zejména když:

- Pilot není dostatečně obeznámen s letištem a jeho rozložením
- Letiště je velmi komplexní
- Je nízká dohlednost

Tyto situace často vedou ke zvýšení komunikace pilot-řídicí, která má za následek negativní důsledky na bezpečnost a efektivitu. Proto bylo představeno několik technických možností pro zlepšení navádění letadel po provozních plochách:

- Osvětlování trasy, kterou má pilot následovat pomocí pozemních světel
- Využití stop-příček pro ochranu RWY
- Přenos popisu pozemní trasy datalinkem.
- Palubní zobrazení dynamické mapy letiště.

Funkce Guidance – vedení po TWY a RWY bude pilotům zobrazována na displeji. Zde budou vyznačeny všechny překážky, mobilní prostředky, světla, označení pojezdových drah, stojánky apod. Od levelu 2 se guidance liší tak, že mapa letiště na displeji bude dynamická = okamžité změny na ploše letiště budou zaneseny do map letiště (rozsvícení světel, stop příčky, porucha světel atd.)

Dalším evropským projektem byl DEFAMM (Demonstration Facilities for Airport Movement Management), který se soustředil na demonstraci funkcí A-SMGCS na skutečných pracovištích a téměř provozních podmínkách. Funkce Guidance byla v rámci tohoto projektu realizována pozemními prostředky (přepínatelné osové řady světel) a palubními prostředky (pomocný displej pilota/řídiče) a byla vysoce hodnocena řídicí i piloty. Zúčastněné strany shodně předpokládaly, že prostředky funkce guidance v budoucnu budou kombinací pozemního a palubního vybavení, ale nenahradí plně hlasovou komunikaci mezi řídicími a piloty. Mluvená interakce, jakožto základní způsob lidské komunikace bude i nadále užívána k navázání základního kontaktu mezi řídicími, piloty a řídicí. Dále je třeba podrobněji zpracovat otázky ohledně velikosti segmentů osových řad, časování jejich aktivace a další.

#### **Guidance by měla plnit tyto funkce:**

- Manuální nebo automatické přepínání středových světelných řad a stop-příček
- Datové spojení a palubní zobrazovací systém pro vyřízení povolení a automatický přenos pojezděcích instrukcí
- Palubní vybavení, ukazující pozici mobilního prostředku na přidělené trase, přidělenou trasu a časové sloty.

#### **Světelné navádění v EGLL**

Zelené pojezdové osové řady letiště Heathrow mohou být zapínány po segmentech. Každý segment je ohraničen dvěma stop-příčkami. Když je stop-příčka nastavena na červenou, zelená osová světla jsou automaticky rozsvícena od aktuální pozice letadla až po aktivovanou stop příčku. Tento způsob vedení se používá jen v noci nebo za nízké dohlednosti a ovládají jej dva tzv. Light Board assistant, kteří monitorují frekvence řídicích ve funkci Ground movements controller.

## 4.4 Funkce Routing

Funkce Routing je závěrečná a nejsložitější funkce, která bude zavedena jako poslední. Na úrovni 3 systém sám automaticky vypočte a vyměří nejkratší a nejrychlejší trasu všech prostředků na ploše v závislosti na požadované bezpečnosti a konfliktních situacích. Dojde k urychlení provozu i za LVC (Low Visibility Conditions). Plánovaná trasa je zobrazena pouze řidičům, který ji musí sdělit pilotům a řidičům. Naopak finální úroveň level IV zajišťuje optimální trasy (jejich přenos) i na displeje pilotům a řidičům mobilních prostředků. Konečnou čtvrtou fází dojde k úplné automatizaci systému na pozemních plochách letiště. Řídicím letového provozu se sníží zodpovědnost a přejde na stranu systému (strojů). Lidský faktor zde bude pouze kontrola systému a upřesnění směrnic (v případě neporozumění, chybného manévru atd.) = koordinace letadel, ostatních mobilních prostředků a systému A-SMGCS. Pro implementaci funkce routing je ale naprosto nezbytná předchozí existence funkce plánování pohybů v rámci letiště a její koordinace s managementem příletů a odletů.

### 4.4.1 Plánování

Obecně se na pohyby v rámci letiště vztahují tyto plánovací funkce:

- Plánování příletů (Arrival Planing), které spadá do oblasti odpovědnosti střediska přibližovací služby řízení a tudíž je na první pohled mimo pole působnosti A-SMGCS. Přesto je ale potřeba bedlivé koordinace mezi plánováním příletů a plánovacími (a tudíž i trasovacími) funkcemi A-SMGCS ve smyslu dosažení optimálního využití RWY pro vzlety a přistání.
- Přidělování stání (gate/stand allocation), které spadá do oblasti řízení v rámci apronu, správy letiště nebo aerolinek a je v dnešní době realizováno manuálně nebo s pomocí gate management systémů.
- Plánování odletů (Departure planning), které se ve spolupráci s arrivals management zabývá využitím RWY pro vzlety a případně odhaduje časy nahození motorů a vytačení.
- Plánování pozemních pohybů (Surface movement planning), které plánuje trasy poježdění od RWY ke stání a naopak.

Několik aplikací bylo zvažováno a testováno pro zlepšení plánování v rámci letiště:

- Poskytnutí predikce situace na pohybových plochách
- Poskytnutí řidičům příletové a odletové sekvence a přesné časování (off-block, on-block, take-off, landing, taxi time etc.)
- Monitorování shody s plánem (například výstraha v případě nedodržení slotu CFMU)
- Umožnit řidičům dynamicky zasahovat do odletové sekvence a off-block časů
- Managementová správa v měřítku celého TMA a přilehlé oblasti
- Plánování tras poježdění pro optimalizaci toku provozu na rozsáhlých a komplexních letištích

Většina těchto aplikací je běžně prováděna řídicím letového provozu a tudíž celkové výsledky plánování značně závisí na kvalifikaci a zkušenostech konkrétní osoby, možnostmi koordinace s ostatními pracovišti, dostupností a spolehlivostí informací na jejichž základě je rozhodováno a momentálním pracovním a psychickým vytížením. Plánování se do značné míry týká i aerolinek a to zejména na velkých letištích, kde konkrétní aerolinka tvoří velkou část provozu a pro vlastní potřeby optimalizace potřebuje možnost přidělení priorit vlastním letům, což s sebou přináší další potřebné koordinace a tudíž další vytížení řídicích letového provozu. Je jasné že je nutné zavést vyšší úroveň sdílení informací a dříve jmenované plánovací funkce a jejich vzájemné propojení pro umožnění dalšího rozvoje letiště.

Zavedení funkce plánování ale není jednoduché. Projekt DEFAMM ukázal, že funkce plánování a související interakce nebyly řídicími přijaty, protože obsluha route planning se neshoduje se současnými pracovními postupy a návyky. Potřebné vstupy do systému potřebné pro správné využití plánovací funkce jsou považovány za ztrátu času. Proto potřebují plánovací funkce A-SMGCS další výzkum s důrazem na novou úlohu řídicího v procesu plánování a vyjednávání. Nepřijetí funkce plánování řídicími letového provozu vede k dilematu, protože funkce planning je předpokladem pro zavedení některých dalších funkcí. Guidance a některé možnosti funkce Control jsou možné pouze v případě, že cesty a plánování pohybů budou systému známy. Dokud nebude spolupráce systému a řídicích na přijatelné úrovni, nemůže A-SMGCS zprostředkovávat žádné plánování.

#### Routing/Planning v rámci A-SMGCS:

- Úkolem řídicích bude vyhodnotit plány připravené systémem
- Řidiči budou moci inicializovat tvorbu plánů poježdění, editovat a přijímat plány, které systém nabídne, a potvrdit plány prezentované na obrazovce CWP (Controller working position)

Specifickým předmětem výzkumu pro budoucí gate-to-gate koordinaci letového provozu je právě plánování. Nejdůležitější je vyřešit problém nalezení plánovacích prostředků a algoritmů a optimalizace souvisejících interakcí tak, aby byly přijaty řídicími v jejich nové pozici v rámci procesu řízení.

#### 4.4.2 LEONARDO

LEONARDO (Linking Existing ON ground, ARrival and Departure Operations) je jedním z kontraktů udělených Evropskou Komisí v rámci 5<sup>th</sup> R&D Framework Programme. Projekt trval 24 měsíců a začal v prosinci 2001.

Analýza současné situace na letištích a jejich okolí ukazuje, že řada okolností ovlivňuje efektivitu uspořádání toku letového provozu. Hlavní problém, který se projekt LEONARDO pokoušel řešit je nedostatek koordinace a efektivity ve smyslu příletů, odletů a pozemního provozu, která vede k nepříjemným zpožděním a provozním nákladům. Předpovědi říkají, že letiště a jeho okolí se stanou hlavním limitujícím faktorem celého systému ATM. LEONARDO se zaměřil na následující problémy:

- Nedostatek integrace existujícího vybavení v provozu, které pomáhá spravovat přílety, odlety a pozemní pohyby. Všechny tyto prostředky, užívané k managementu provozu letiště, pracují nezávisle. Každé z nich využívá vlastní kritéria pro optimalizaci provozu a nebere ohled na informace a kritéria ostatních systémů. Ve skutečnosti jsou pouze jednotlivé operace optimalizovány (přílety, odlety, přidělování stání, pojiždění), což však neznamená celkové zvýšení efektivity letiště.
- Různí účastníci provozu na letišti (řídicí letového provozu, aerolinky, provozovatelé letiště, společnosti zabývající se handlingem atd.) nemají vždy informace, které by potřebovali s určitou úrovní spolehlivosti. Zlepšení informační výměny mezi těmito subjekty by mohlo znamenat zlepšení managementu a plánování dostupných zdrojů.

Hlavním cílem projektu LEONARDO bylo definovat metody a demonstrovat uskutečnitelnost integrace existujících nástrojů managementu příletů a odletů s funkcí plánování a trasování pozemních pohybů. Projekt nabídl propojení existujících a nových nástrojů ATM letiště prostřednictvím CDM (Collaborative Decision Making).

Ve skutečnosti je integrace různých plánování pohybů nedílnou součástí samotné koncepce CDM. Úroveň systémového propojení je odrazem úrovně požadovaného CDM. Prvním krokem integrace je sdružení plánování příletů a odletů do tzv. tactical operations. Dalšími kroky by mělo být adaptace odletů na aktuální situaci vzdušného prostoru okolo letiště a prodloužení časového horizontu plánovacích funkcí do fáze pre-tactical. Od sdružení plánování příletů a odletů s pozemním managementem (SMAN a TMAN) jak v tactical tak pre-tactical fázi se očekává optimalizace využití dostupných zdrojů a zajištění stabilní propustnosti letiště. Tímto řešením se předpokládá zvýšení celkové efektivity, přičemž bude zachována nebo zvýšena úroveň bezpečnosti a kapacity.

Úspěšné testování této koncepce již proběhlo na letištích Madrid/Barajas a Paříž/CdG a do budoucna se uvažuje se zaváděním na dalších letištích.

#### **Bezpečnost**

Co se týče bezpečnosti provozu, je důležité demonstrovat fakt, že integrace plánovacích systémů a nových postupů, jenž projekt LEONARDO zahrnuje, nesníží bezpečnost pohybů po plochách letiště. Projekt LEONARDO to dostatečně dokázal a ukázalo se, že v určitých situacích může tento nový koncept bezpečnost zvýšit, zejména tím, že řídicí Ground bude mít k dispozici lepší povědomí o situaci prostřednictvím ALDT (Actual landing time), AIBT (Actual in block time) a MLDT (Managed landing time) a tudíž může předcházet složitým situacím na pojezdových drahách.

#### **Kapacita**

Výsledky zkoušek soustředících se na dopady na kapacitu letiště ukázaly, že dokonalejší sdílení informací nemá vliv na zvýšení propustnosti RWY pro přílety, protože AMAN (Arrivals management) je primární a DMAN (Departures management) je mu podřízen. Situace ale může být jiná v případě vyšších požadavků na stanovenou kapacitu pro odlety. Uvedení AMAN a DMAN na stejnou úroveň by do budoucna vyžadovalo nové postupy pro přiblížení na přistání tak, aby bylo možno vzlety i přistání vzájemně přesně časovat, což u současného vektorování není jednoduché, ale je potenciálně možné u přiblížení pomocí GNSS nebo MLS.

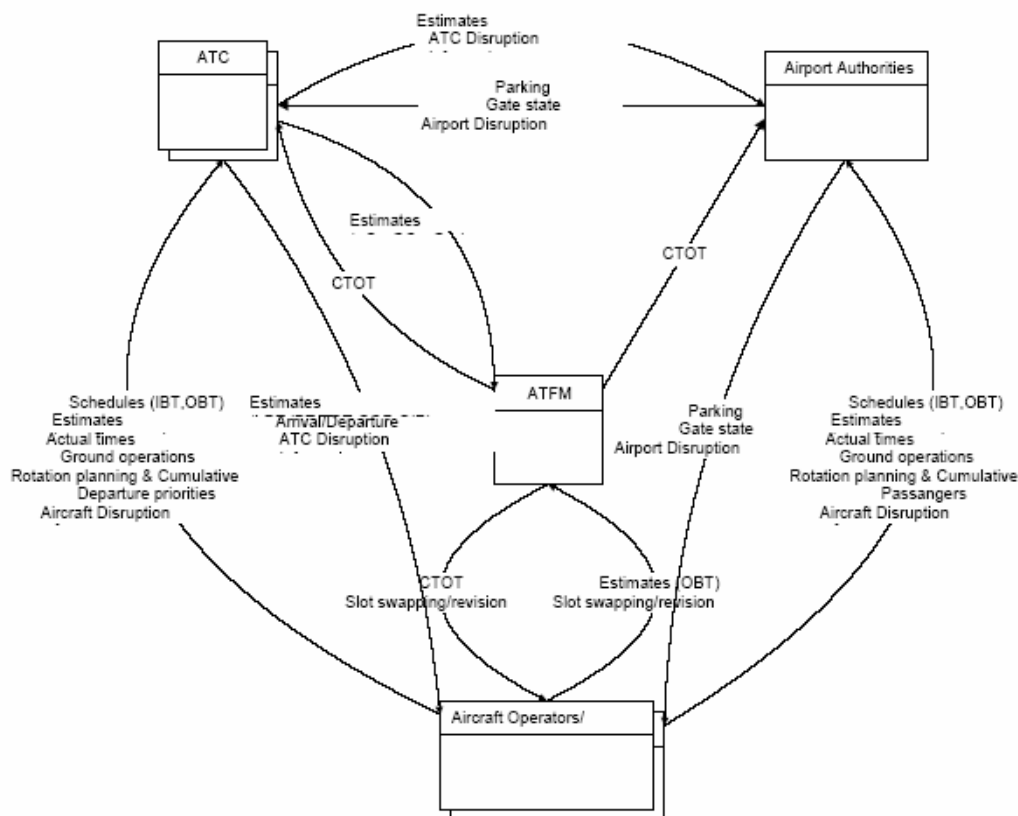
Pozitivním faktorem se zde ukázalo snížení množství koordinací a komunikací mezi řídicími a tedy snížení jejich vytížení. Departure controller vybavený systémem CDM má k dispozici více informací a není odkázán převážně na aktivní flight stripy a tudíž je také méně vytížený. Využití lepšího DMAN, který využívá CDM informace, zvýší spolehlivost tohoto management systému a tudíž bude více využíván řídicími a bude znamenat zvýšení propustnosti RWY.



## Efektivita

Dalším úkolem LEONARDO bylo zprostředkovat kvantifikovatelná měření prospěšnosti CDM a projektovat účinnější postupy. Hlavní sledované cíle byly:

- Zlepšení odhadů flight estimates:
  - Odhad času přistání
  - Předpovědi času dosažení stání
  - Předpovědi opuštění stání
  - Odhady času vzletu
- Informační vylepšení rozhodování v provozu aerolinek
- Usnadnění rozhodování o provozu pro provozovatele letiště (např. přidělování stání)
- Usnadnění rozhodování ATC
- Umožnění sledování a plnění předem navrženého plánu provozu (snížení zpoždění apod.)



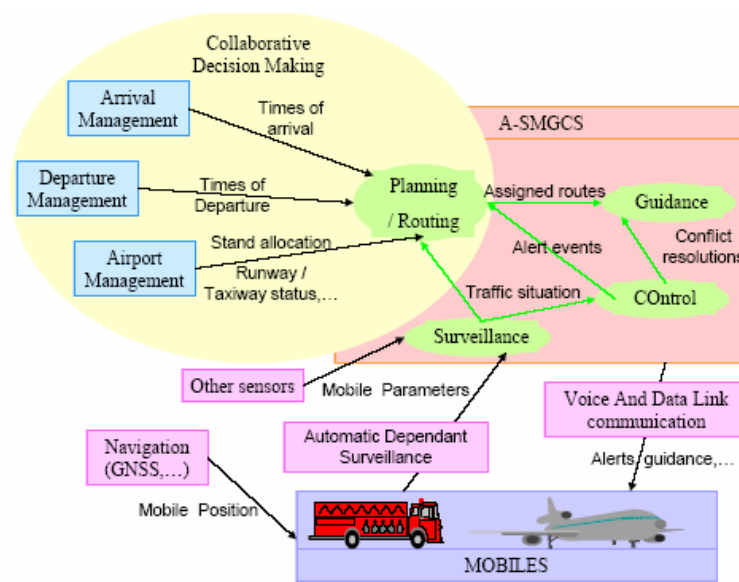
Obrázek 4-9: Příklad toku informací mezi všemi objekty podílejícími se na provozu letiště

## Závěry a poznatky projektu LEONARDO

- Experimenty LEONARDO se soustředily zejména na demonstraci přínosů sdílení informací a určitého stupně spolupráce jednotlivých prostředků plánování toku letového provozu. Dosažené výsledky byly uspokojivé, ale je potřeba jít dále ve smyslu adaptace kolaborujících postupů.
- Jak již bylo řečeno, představených přínosů by bylo dosaženo obecnou a souhrnnou cestou. Je ale nezbytné podotknout, že změna ve srovnání s aktuální situací musí být dostatečně významná tak, aby bylo dosažených výhod možno použít pro rozhodování a implementaci nových postupů. V mnoha případech totiž nebyl přínos sledán dostatečným pro usnadnění provozu.
- Nová řešení navržená projektem LEONARDO mohou být potenciálními uživateli viděna jako postradatelná, protože jejich dosavadní přesnost vychází ze současných provozních postupů. Současně existující procedury jsou přizpůsobeny stávajícímu systému a momentálně dostupným informacím, je tedy třeba změnit postupy a způsoby jakými lidé pracují tak, aby bylo umožněno plné využití potenciálních výhod a užitků. Proto musí pohled na situaci směřovat od zavedení nových procedur k vyhodnocení provozních přínosů.

### 4.4.3 CDM a XMAN

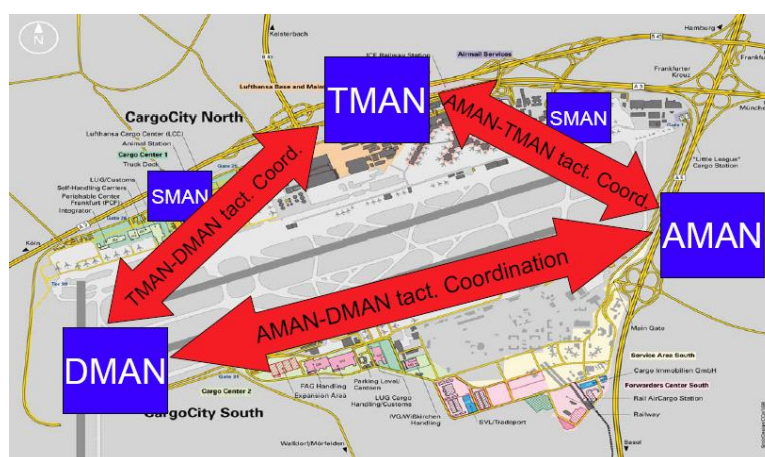
Je nezbytné vyvinout určitou úroveň integrace informačních toků. Jedině tak je možno realizovat plánování a trasování pro A-SMGCS. Krokem kupředu nejen pro tyto účely, ale pro celkové zlepšení koordinace a kooperace jednotlivých účastníků provozu na letišti je zavedení CDM (Collaborative Decision Making). Jedná se o společné úsilí, jehož cílem je zlepšení ATM „spolupracujících“ technologií a postupů tak, aby bylo dosaženo přínosů pro všechny zúčastněné. Principem CDM je maximální sdílení aktuálních informací, které povede k efektivnějšímu ATM.



Obrázek 4-10: Vazba CDM a A-SMGCS

CDM v sobě zahrnuje pro potřeby A-SMGCS a funkce plánování především integraci jednotlivých plánovačů příletů a odletů a plánovače pohybů po letišti. Tyto plánovače jsou souhrnně nazývány XMAN a jsou to Nástroje podpory rozhodování na základě plánovacích algoritmů. Patří zde:

- AMAN (Arrival Manager)
- DMAN (Departure Manager)
- SMAN (Surface Manager)
- TMAN (Turn-around Manager)
- EMAN (En-route Manager)
- ADCO (Arrival Departure Coordination Layer)



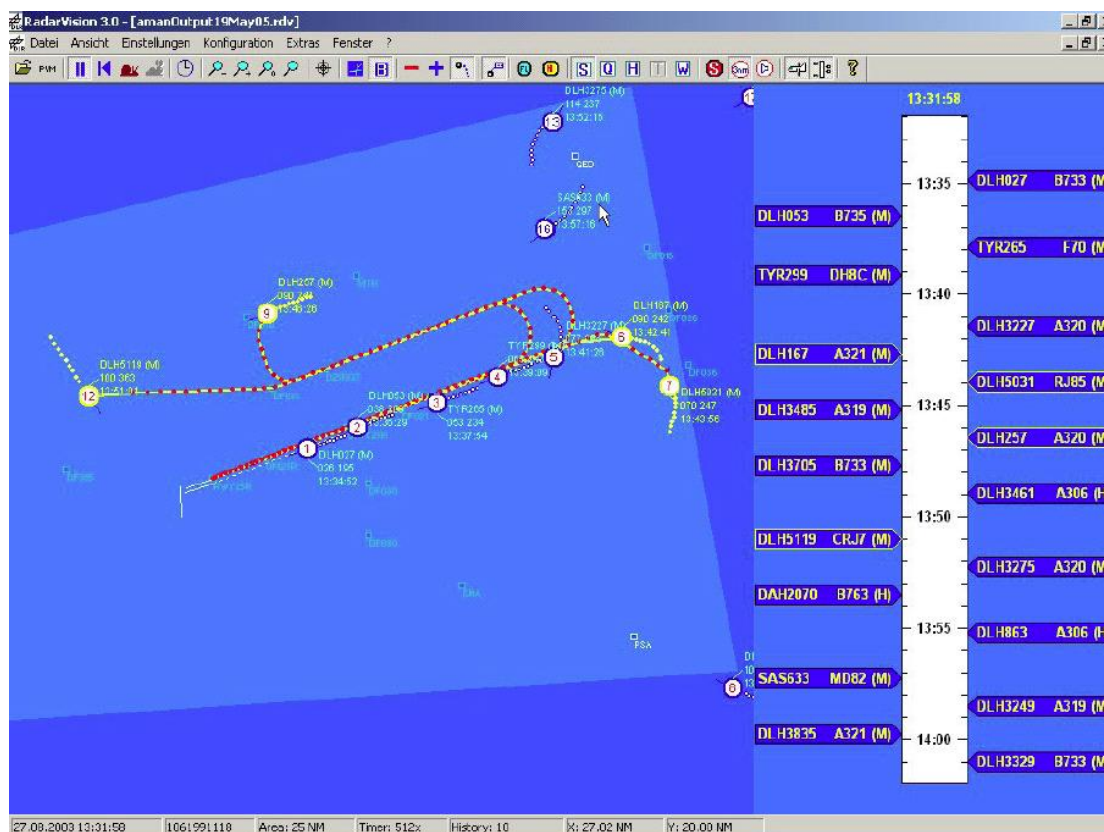
Obrázek 4-11: Koncept XMAN letiště

Přístup XMAN nabízí využití automatizovaných nástrojů, jež mají pomoci řídicím v plánování a taktickém rozhodování a je součástí programu Eurocontrolu ASA (Automated Support to ATS). Hlavními cíli je zvýšení efektivity, propustnosti (využití kapacity), předpovědatelnosti a snížení dopadů na životní prostředí. CDM a XMAN nejsou konkurenční, ale vzájemně se podporující koncepce. (Příkladem může být „lepší“ plánování na základě více spolehlivých, konsistentních a kompletních informací.

#### 4.4.4 AMAN

AMAN je nástroj, jenž automaticky počítá optimální příletovou sekvenci letiště. Optimálním pořadím se zde myslí takové pořadí, jehož výsledkem je minimalizace odchylek (zpoždění) od požadovaných časů přistání pro všechna letadla v pořadí. Pořadí příletů je stanoveno s ohledem na dostupnost RWY a preferované časy příletů. Výsledkem pak je vypočítané pořadí plánovaných příletů a RWY pro přistání každého letadla směřujícího na spravované letiště.

Optimální sekvence příletů je přepočítávána pokaždé, když se objeví nový vstup do plánovacího systému (nový přílet) nebo proběhla aktualizace preferovaného času přistání dříve již naplánovaného příletu nebo v případě, že řídicí letového provozu zasáhne do pořadí změnou preferovaného času přistání nebo RWY pro přistání konkrétního letadla. Řídicí také může přizpůsobit tok příletů na zamýšlenou RWY tak, aby například rezervoval určitý počet slotů pro odlety z konkrétní dráhy v užívání apod..



Obrázek 4-12: Výstup plánovače AMAN

#### 4.4.5 DMAN

Úkolem DMAN jsou výpočty pořadí odletů (sequence), které umožňují předcházení vzniku zpoždění letadel od nahození motorů po odlet. Dále tento systém počítá optimální časy nahození motorů letadel tak, aby byly dodrženy předem přidělené sloty pro odlet. DMAN se tedy soustředí na maximalizaci odletové kapacity letiště aniž by zvyšoval zátěž řídicích letového provozu a udržení a případně zvýšení úrovně bezpečnosti.

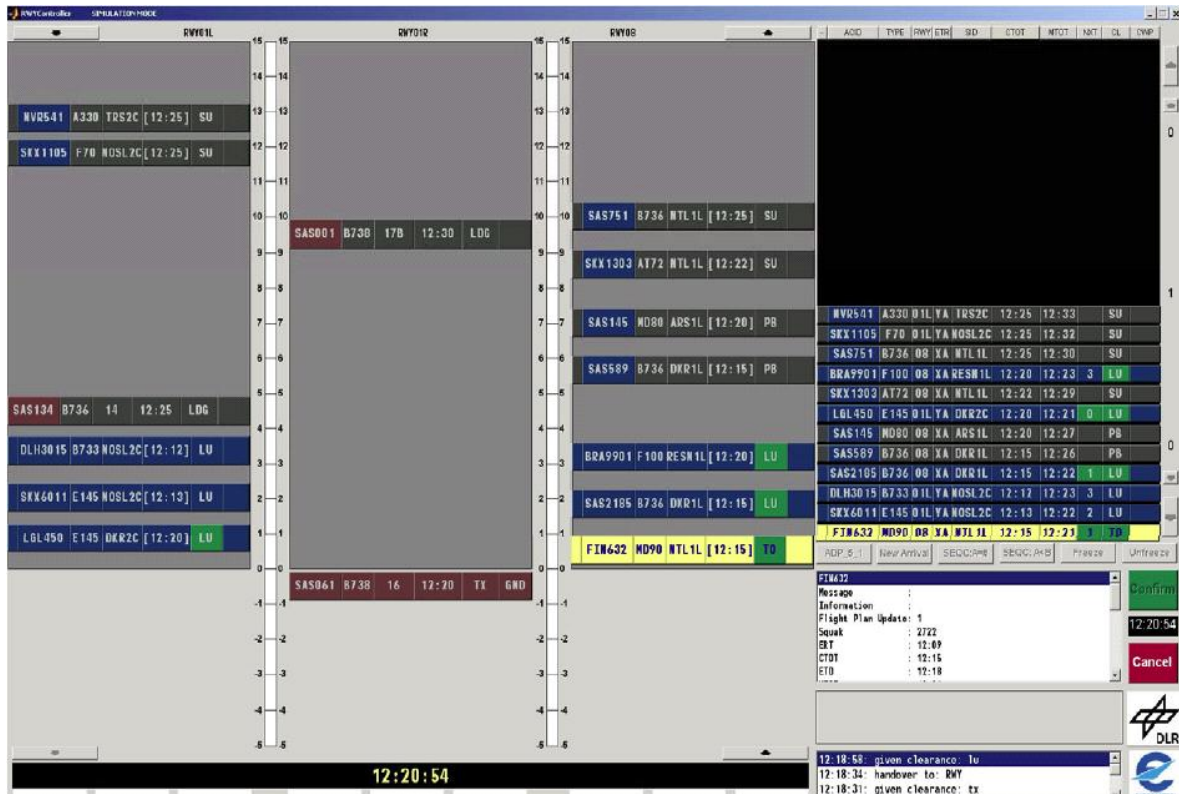
DMAN plní tyto funkce:

- Poskytuje seznam letů časově uspořádaný pro optimální sekvenci v závislosti na předpokládaných časech vzletu pro maximalizaci kapacity RWY, přičemž bere v úvahu i odletové postupy (kategorie letadel, odletové tratě...).
- Poskytuje optimální časy nahození motorů (start-up time) pro minimalizaci čekací doby od nahození po vzlet a to převážně na vyčkávacích místech RWY.
- Pro lety regulované CFMU (Central Flow Management Unit) poskytuje řídicímu informace o tom, zda je konkrétní letadlo schopno dodržet svůj CTOT nebo ne.
- Předpovídá počet odletů za hodinu čímž umožňuje přijetí potřebných opatření s dostatečným předstihem.

DMAN pracuje tak že pro potřebné výpočty bere v úvahu:

- Informace letového plánu (SID, rychlost, priority)
- Rozstupy letadel v závislosti na turbulenci v úplavu
- Regulace CFMU
- minimalizaci celkového zpoždění
- ne-penalizovatelné lety

Pro potřeby přesných výpočtů potřebuje DMAN přesné a aktuální časy pojiždění. Ty mohou být do systému zavedeny jako interní parametry (neměnné) nebo mohou být získány z aktuální situace koordinací se SMAN.



Obrázek 4-13: Grafický výstup DMAN

#### 4.4.6 SMAN - Plánování tras pojiždění

Plánovač pozemních pohybů (SMAN) je plánovacím nástrojem usnadňujícím rozhodování, jejichž cílem je maximalizace efektivity pohybů letadel po letištních plochách. Přiděluje každému letadlu optimální pojižděcí tratě pro maximalizaci kapacity letiště, přičemž bere v úvahu nejlepší provozní konfigurace letiště a současný a předpokládaný provoz. Výstupem systému SMAN tedy budou optimální trasy pojiždění a předpokládané časy pojiždění pro všechna přilétávající a odlétávající letadla.

SMAN bude zahrnovat model letiště složený z uzlů a úseků mezi těmito uzly. Uzly budou představovat stání, vyčkávací místa a křižovatky a úseky TWYs. Je také důležité modelovat případné fronty a kongesce. Modelu budou větknuty vlastnosti reálného letiště prostřednictvím základních charakteristik (proměnných) jak pojižděcích drah tak i toku pohybujícího se provozu.

- Obecně budou úseky orientované, ale model bude podporovat i obousměrné úseky lokalizované v určitých oblastech.
- Tok provozu bude respektovat orientaci úseků.
- Letadlům nebude umožněno předjíždění, vyjma oblastem určeným pro vyčkávací.
- Každý uzel a úsek bude mít atributy pro vyjádření kapacity tak, že plánovaný tok tyto hodnoty nebude moci překročit.
- Každé letadlo bude mít přiděleno řadu atributů jako je velikost, rychlost, minimální separace a povolené prvky sítě tak, aby bylo možno určit všechny možné trasy v síti.

## 4.5 Human Machine Interface - HMI

Pod pojmem Human Machine Interface rozumíme zejména vybavení Controller Working Position (CWP) a také palubní vybavení pro piloty a řidiče. CDTI se už zabývaly předchozí kapitoly, zde se budeme soustředit především na CWP.

Předpokládá se, že CWP bude obsahovat zařízení pro vstup dat a zobrazovací zařízení, které poskytnou povědomí o provozu současně s informacemi nezbytnými pro příslušnou úroveň A-SMGCS. Design HMI pro řídicí letového provozu musí brát v úvahu pracovní prostředí řídicího za různých provozních podmínek. Z toho důvodu se po HMI požaduje adaptabilita na okolnosti konkrétního uživatele. Například dobré podmínky dohlednosti s vysokou cílovou propustností vyžadují jiné nastavení A-SMGCS a jeho CWP než při snížené dohlednosti a vyšších požadavcích na zajištění bezpečnosti. Funkce A-SMGCS a jejich zobrazování musí být navrženy tak, aby poskytovaly spolehlivé a vyhovující výsledky jak při řízení vizuálním, tak při špatných podmínkách a non-vizuálním přehledu o provozu.

Počítá se s vývojem HMI systému A-SMGCS prostřednictvím těchto počátečních etap:

- Základní situační přehled
- Výstrahy vyžadující zásah uživatele
- Výzvy pro uživatele, které poskytnou doporučené činnosti a eventuálně prezentaci dříve provedených rozhodnutí a přidělených povolení.

Fundamentálními principy CWP HMI:

- Umožnit rychlý a snadný přehled o situaci na pohybových plochách
- Využít důvěrně známé a „user friendly“ způsoby zadávání dat
- Minimalizovat množství požadovaných vstupů od uživatele
- Umožnit a usnadnit uživateli rozhodovat o činnostech za něž je zodpovědný
- Zajistit nižší úroveň vytížení uživatele při více efektivních procesech
- Udržet rovnováhu mezi funkcemi člověka a funkcemi stroje
- Umožnit přechod na plně manuální provoz v případě poruchy automatických funkcí nebo kdykoliv je manuální přístup požadován
- Harmonizovat A-SMGCS HMI s ATM HMI
- Okamžitě šířit výstrahy uživatelům v případě poruchy nebo nedostatečné funkčnosti systému.

HMI řídicího letového provozu musí minimálně poskytovat základní situační povědomí, možnost upozornění uživatele na provozní i systémové události a schopnost uživatele zadávat do systému data. Funkce by měly být konfigurovatelné podle úkolu, který konkrétní uživatel vykonává a integrovatelné tam, kde to usnadňuje využití systému.

Je nutné použít barevné obrazovky vysokého rozlišení sledovatelné za všech úrovní okolního osvětlení v prostředí ATC. Informace, které by měly být zobrazovány zahrnují následující:

Na úrovních 1 a 2:

- Statická mapa zobrazující celé letiště včetně speciálních zobrazení adekvátní vykonávané činnosti
- Dynamické zobrazování symbolů s identifikací zobrazující pozici letištního provozu v reálném čase
- Symboly historie trasování jak jen bude potřeba
- Varovné signály (grafické, textové a verbální tak, jak bude požadováno)
- Grafické a textové vyjádření možností, menu a ikon pro volby managementu A-SMGCS
- Informace plánování (uspořádané seznamy příletů, odletů, vozidel, letových plánů apod.)
- Informace o počasí
- Data o stavu systému
- Přesný čas

Doplňkovými funkcemi vyšších úrovní A-SMGCS budou:

- Stav pozemních naváděcích prostředků (osvětlení taxiway centre-line, stop příčky atd.)
- Nabízené a přidělené trasy pojiždění
- Informace o typu pohybu (např. vytlačení, pojiždění, vyčkávání)
- Status RWY a pojižděcích drah (closed/active etc.)

Vstupní zařízení HMI musí umožňovat přinejmenším přístup k těmto možnostem A-SMGCS managementu:

Na úrovních 1 a 2:

- Nastavení možností zobrazení (range scale, pan/zoom, brightness, map overlays)
- Práce s označením (labels) letadel (obsah, rušení konfliktní signalizace)
- Možnost zavádění dynamických změn (změny RWY v užívání, denní/noční postupy a postupy za nízké dohlednosti, zakázané oblasti)
- Možnost potvrzení výstrah

Na vyšších úrovních pak:

- Možnost přijetí/odmítnutí nabízených tras
- Možnost přidělení trasy

## 5. Závěr

A-SMGCS přináší velkou řadu výhod, z nichž je nejčastěji vyzdviháváno zvýšení bezpečnosti a povědomí o situaci na pohybových plochách. To je také důvodem první fáze implementace A-SMGCS, která představuje nové nástroje pro řízení letového provozu a nahrazuje tak již zastaralou a neúčinnou koncepci SMGCS. Bezesporu další výhody A-SMGCS představují pokročilé funkce jako je plánování tras a navádění. Jejich zavedení, ale není zcela jednoduché, protože A-SMGCS sám o sobě, bez propojení s ostatními systémy, je schopen poskytovat jen přehled o provozu a případné výstrahy. Pro zvýšení propustnosti letiště a umožnění efektivnějšího toku letového provozu je tedy potřeba nejen implementovat A-SMGCS, ale také jej propojit s ostatními systémy (CDM). Jedině tak totiž může vzniknout relace, která umožní využití informací poskytovaných A-SMGCS systémy „ostatními“ a naopak A-SMGCS může pro optimalizaci provozu využívat přesná data plánovacích systémů a to v nejrůznějších časových obdobích. Informační propojení tohoto druhu by mohlo razantně zvýšit propustnost letiště. Realizace je ale obtížná a jedná se o vizi do budoucna, protože v současné době jsou ohniskem událostí funkce surveillance a control. Přehledová funkce totiž poskytuje data všem ostatním funkcím a je tedy nezbytné zajistit její kvalitní provedení. Control pak zvyšuje bezpečnost tím, že řídicím usnadňuje identifikaci kolizních a jinak nebezpečných situací. I v těchto oblastech ale zbývá mnoho otázek k vyřešení. Výzkum a vývoj se soustředí na 1. a 2. úroveň implementace a zbylé úrovně a jejich funkce jsou do jisté míry odsunuty do pozadí. Do budoucna se předpokládá zavedení nových postupů pro řídicí letového provozu, kteří budou více spolupracovat se systémem A-SMGCS a přestanou je využívat jen jako náhradu pozemního radaru. Tento krok kupředu ale musí být důkladně promyšlený a předem dostatečně odzkoušený, jinak se pravděpodobně setká s nepřijetím ze strany řízení letového provozu. Nové postupy musí být dostatečně podloženy přínosy jejich možného zavedení. Pokud se to podaří a A-SMGCS bude dostatečně provázán s ostatními systémy plánování, teprve pak bude možno zavést funkce routing a guidance tak, aby přinesly opravdu znatelný přínos pro letiště.

Letišť na kterých se A-SMGCS dnes zkouší a postupně zavádí do praxe je poměrně málo, ale do budoucna jich bude přibývat, protože potřeba systému s časem poroste a jeho možnosti se budou zvyšovat. Implementace A-SMGCS si ještě bezpochyby vyžádá spousty finančních prostředků a výzkumu, na které musí být dnešní relevantní autority připraveny. V budoucnu se snad A-SMGCS stane podobnou samozřejmostí jako ILS a bude plnit četné funkce směřující k vyšší efektivitě provozu v oblastech letišť, které se pravděpodobně stanou hlavním limitujícím faktorem rozvoje civilního letectví. A-SMGCS může v kombinaci s dalšími systémy umožnit odstranění, nebo alespoň zmírnění kapacitních nedostatků letišť, dopadů na životní prostředí a zvýšení bezpečnosti na letišti a to za každého počasí. A-SMGCS může navíc důrazně přispět ke zlepšení plynulosti toku letového provozu. Správy letišť a orgány řízení letového provozu by měly mít na paměti, že A-SMGCS není pouze náhradou SMGCS, ale představuje zcela nové možnosti, jejichž realizace pomůže připravit letiště na požadavky, jež na něj budou kladeny v budoucnu.

Having a Vision without Implementing it is: Day-Dreaming

Implementing without having a Vision is: Nightmare

David Příbyla

## Použitá literatura

- [1] ADAMSON, P.: A-SMGCS Project Strategy, <http://www.eurocontrol.int/airports/projects/asmgcs/index.html>, 2003
- [2] ADAMSON, P.: Definition of A-SMGCS Implementation Levels, <http://www.eurocontrol.int/airports/projects/asmgcs/index.html>, 2003
- [3] ADAMSON, P.: Draft A-SMGCS Operating Procedures, <http://www.eurocontrol.int/airports/projects/asmgcs/index.html>, 2004
- [4] TYKAL, M.: Postupy pro využívání systému ASMGCS při poskytování ATS na letišti Praha/Ruzyně, ŘLP s.r.o., 2005, Praha
- [5] KREJČÍ, V.: Směrnice pro výkon služby na TWR Ruzyně Směrnice číslo: 01/01/DPRO/058, ŘLP s.r.o., 2004, Praha
- [6] Svítek, M. – Krása, J. – Dedecius, K. Monitorování a řízení pohybu pohyblivých objektů po pohybové ploše letiště pomocí GNSS. Popis pilotního projektu. Praha, 2002
- [7] A-SMGCS Project Strategy. Eurocontrol EATMP, 2003  
[http://www.eurocontrol.int/airports/downloads/asmgcs\\_project\\_strategy.pdf](http://www.eurocontrol.int/airports/downloads/asmgcs_project_strategy.pdf)
- [8] Operational Concept & Requirements for A-SMGCS Implementation Level I. Eurocontrol EATMP, 2003  
[http://www.eurocontrol.int/airports/downloads/ocd\\_requirements\\_impl\\_level1.pdf](http://www.eurocontrol.int/airports/downloads/ocd_requirements_impl_level1.pdf)
- [9] Operational Concept & Requirements for A-SMGCS Implementation Level II. Eurocontrol EATMP, 2004  
[http://www.eurocontrol.int/airports/downloads/ocd\\_requirements\\_impl\\_level2.pdf](http://www.eurocontrol.int/airports/downloads/ocd_requirements_impl_level2.pdf)
- [10] Salvatore Carotenuto: State of the Art in A-SMGCS, SICTA, EMMA Document No: D1.1.1, 2005  
[http://www.dlr.de/emma/temmaDocs/doc-SP1/D111\\_SAD\\_V1.0.pdf](http://www.dlr.de/emma/temmaDocs/doc-SP1/D111_SAD_V1.0.pdf)
- [11] U. Völckers, Ch. Meier: Technical Vision for Airport Airside Traffic Management, 5th ATM R&D Symposium, Oct. 10-13, 2005; DLR-Braunschweig, Germany  
[http://atmsymposium.dlr.de/Vortraege/Voelckers\\_Meier/](http://atmsymposium.dlr.de/Vortraege/Voelckers_Meier/)
- [12] A. Gilbert: Technical Requirements Document Part a – GROUND, Park Air Systems AS, EMMA Document No: D1.4.2a, 2005  
[http://www.dlr.de/emma/temmaDocs/doc-SP1/D142a\\_TRD-GND\\_V007.pdf](http://www.dlr.de/emma/temmaDocs/doc-SP1/D142a_TRD-GND_V007.pdf)