

NAVIGACE V LETECKÉ DOPRAVĚ S VYUŽITÍM MLAT SYSTÉMŮ

AIR TRAFFIC NAVIGATION USING MULTILATERATION SYSTEMS

Marcela Ujcová¹

Anotace: Článek popisuje prostorovou navigaci a využití multilateračních systémů právě pro tento druh navigace. Práce zahrnuje popis principu činnosti multilateračních systémů. Dále práce obsahuje popis principu prostorové navigace a popis jednotlivých zdrojů navigačních dat pro RNAV. Závěr práce je věnován prostorové navigaci, která získává data právě z multilateračních systémů.

Klíčová slova: multilaterace, prostorová navigace

Summary: This article describes area navigation and the usage of the multilateration systems just for this kind of navigation. The work includes a description of working principles of the multilateration system. The work includes also a description of working principles of area navigation and a description of individual sources of navigation dates for RNAV. Conclusion of this work is devoted to area navigation, which obtains the dates just from the multilateration systems.

Key words: Multilateration, Area navigation

1. ÚVOD

Cílem této práce je popis principu multilateračních sledovacích systémů (MSS – Multilateration Surveillance System) a jejich dopad na zvyšování bezpečnosti a kapacity vzdušného prostoru. MSS poskytují certifikované, vysoce výkonné a cenově výhodné nezávislé sledování. Tento systém překonává stávající monopolní sekundární sledovací radary (MSSR – Monopulse Secondary Surveillance Radar). Multilaterační systémy poskytují přesnou a spolehlivou polohu a identifikaci všech letadel, vozidel a dalších objektů vybavených odpovídáčem módu A/C/S. Prostorová navigace (Area Navigation – RNAV) je systém navigace, který dovoluje pilotovi letět po zvolené trati na předem určený bod bez nutnosti přeletu pozemního radionavigačního zařízení. RNAV systémy využívají jako zdroje dat celou řadu navigačních systémů mezi které by v budoucnosti mohla patřit i multilaterace.

2. MULTILATERAČNÍ SLEDOVACÍ SYSTÉMY (MSS)

2.1 Princip činnosti MSS

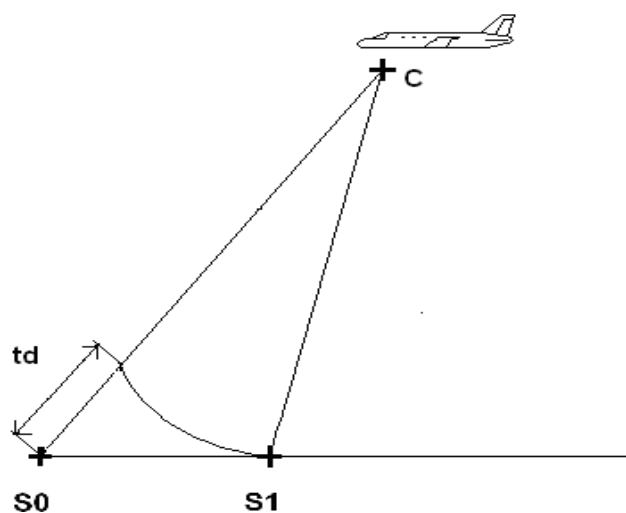
Multilaterační systém určuje polohu cíle časově-hyperbolickou metodou (TDOA) na základě příjmu a zpracování signálů palubních odpovídačů systému sekundární radiolokace

¹ Ing. Marcela Ujcová, VŠB-TUO, Fakulta strojní, Institut dopravy, Ústav letecké dopravy, tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Tel: +420 737 143 343, Fax: 59 691 6490, E-mail: marcela.ujcova@centrum.cz

(SSR). Multilaterační systém určuje polohu cíle časově-hyperbolickou metodou (TDOA) na základě příjmu a zpracování signálů palubních odpovídačů systému sekundární radiolokace (SSR). V terénu jsou na dvou různých místech umístěny přijímače S0 a S1, určené pro příjem signálu z palubních odpovídačů. V určitém okamžiku palubní odpovídač cíle vyšle impulsní signál, který se k oběma přijímačům šíří rychlostí světla po dvou různých úsečkách (C-S0 a C-S1). Protože rychlost šíření elektromagnetických vln je konstanta, jsou délky úseček úměrné době šíření signálu. Kromě jediného případu signál dospěje ke každému z přijímačů v jiný časový okamžik. Časy příchodu signálu na každý z přijímačů se měří a zaznamenávají, takže je možné stanovit jejich rozdíl t_d . Pro konstantní rychlost světla a neměnnou polohu přijímačů S0 a S1 pak ze základů geometrie vyplývá, že cíl se musí nacházet na hyperbole s ohnisky S0 a S1 a délkou reálné osy t_d . Z časové souslednosti příchodu signálů (tj. zda signál přijde dříve na S0 nebo na S1) lze určit, na které větvi hyperboly cíl leží.

Přidáním dalšího přijímače se získá stejným postupem druhá hyperbola (s ohnisky S1 a S2). Průsečík obou hyperbol pak určuje polohu cíle ve dvoudimenzionálním (2D) systému.

Stejným postupem (přidáním dalšího přijímače) lze pak získat polohu cíle v trojrozměrném prostoru (3D). Oproti 2D systému získává 3D systém další užitečnou vlastnost – může pracovat jako všesměrový (celokruhový). Odstraňování víceznačnosti polohy řeší použitý software. Pro správnou činnost systému je nutné, aby stejný impulsní signál byl přijat na všech stanovištích. Rozdíl času příchodu signálu na vzdálené stanoviště a času příchodu na střední stanoviště definuje hyperboloid s ohnisky S0, Sn. Výsledná poloha cíle C je tedy určena průnikem všech hyperboloidů, které mají jedno společné ohnisko S0.



Obr. 1 - Základní princip hyperbolické navigace

2.2. Výhody MLAT systémů

Výhody multilateračních systémů lze shrnout následovně:

- Certifikované, vysoce výkonné a cenově výhodné nezávislé sledování;
- Poskytují přesnou a spolehlivou polohu a identifikaci všech letadel, vozidel a dalších objektů vybavených odpovídačem módu A/C/S;

- ČR je v oblasti multilaterace na světové špičce vývoje - firma Era a.s., Pardubice;;
- Překonávají stávající monopulzní sekundární sledovací radary;
- Zvyšují kapacitu a propustnost vzdušného prostoru při zachování vysoké bezpečnosti;
- Vyšší přesnost;
- Větší obnovovací rychlost;
- Lepší pokrytí;
- Zlepšená spolehlivost;
- Nižší počáteční cena s nižšími každoročními udržovacími náklady;
- Možnost v budoucnu pro využití v prostorové navigaci.

3. PROSTOROVÁ NAVIGACE (RNAV)

3.1 Charakteristika prostorové navigace

Prostorová navigace je způsob, který umožňuje, aby letadlo bylo řízeno po jakékoliv požadované letové trajektorii buď v oblasti pokrytí pozemními referenčními prostředky, nebo v rozsahu schopností soběstačného navigačního prostředku, nebo kombinací obou těchto metod. Základem RNAV je vybavení paluby letadla odpovídajícím zařízením, které automaticky určuje polohu s využitím informací z jednoho nebo více navigačních senzorů a vede letadlo po trati.

Prostorová navigace RNAV umožňuje lepší využití vzdušného prostoru při stejné nebo lepší přesnosti dodržování trati a dovoluje:

- Přímější tratě mezi letišti a tím zmenšení letěné vzdálenosti;
- Zdvojené nebo paralelní tratě a tím umožňuje větší tok provozu při letu po tratích;
- Vytvoření tratí pro předlétnutí letadla v letištních okrcích s vysokou hustotou provozu a tím zlepšení toku provozu;
- Optimální příletové a odletové tratě a tím zlepšení toku provozu mezi přilétávajícími a odlétávajícími letadly;
- Výběr optimálních míst pro vyčkávání;
- Předvolbu alternativních tratí pro ATC k urychlení provozu;
- Přístrojová přiblížení na RWY nevybavená pozemními prostředky pro přiblížení.



Obr. 2 - Základní porovnání navigace po klasické a RNAV trati

3.2 Zdroje navigačních dat pro RNAV

RNAV systémy využívají jako zdroje dat následující navigační systémy:

- VOR/DME,
- DME/DME,
- GNSS,
- ILS,
- IRS (INS),
- OMEGA,
- LORAN C.

VOR/DME určuje polohu z informace o geografické poloze přijímaného radiomajáku VOR, radiálu na kterém se nachází letoun a vzdálenosti od radiomajáku zjištěnou DME.

DME/DME je systém zajišťující navigační informaci z měření vzdáleností ke dvěma předem definovaným odpovídacům DME.

GNSS je v překladu globální navigační družicový systém. Nyní je využíván americký systém GPS a ruský systém GLONASS. Nenáročnost tohoto systému a jeho výhodná cena i velikost umožňuje jeho využití téměř u všech systémů RNAV.

ILS přiblížení není RNAV postup.

IRS (INS) se využívá většinou jako součást FMS pro vykrytí doby, kdy vnější signály neumožňují určení přesné polohy.

OMEGA je globální navigační systém. Přesnost závisí od geometrie rozmístění a kvality příjmu signálů systému OMEGA. Systém je také ovlivňován anomáliemi při šíření vln.

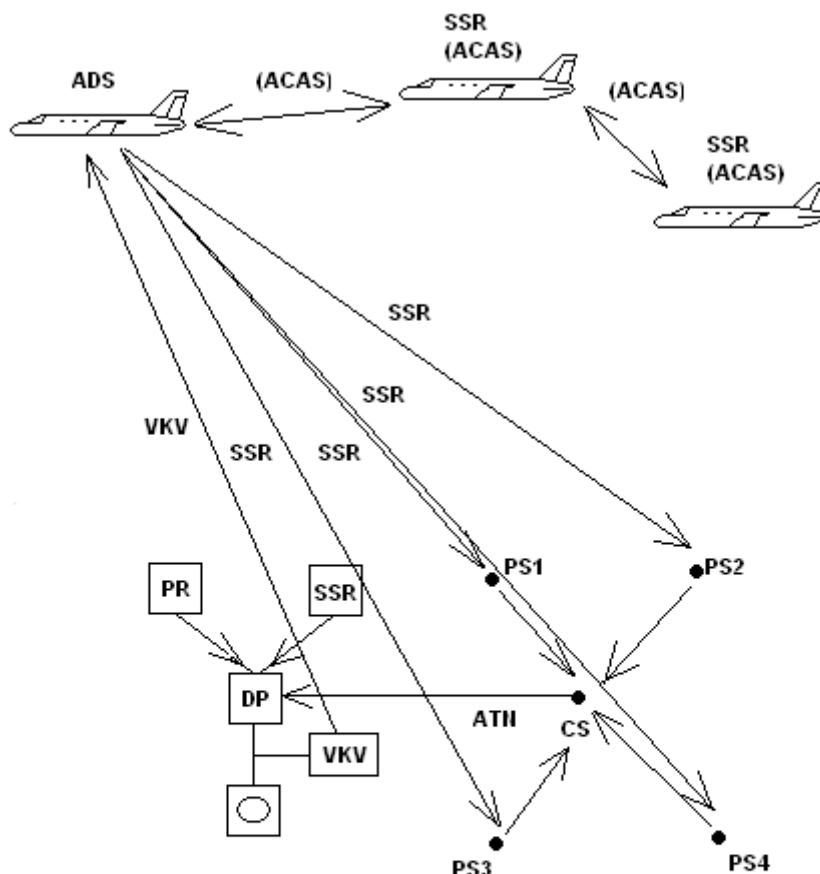
LORAN C umožňuje dostatečné určení polohy pro lety po tratích, ale jeho další rozvoj, zvláště pro využití v oblastech s dostatečnou sítí vysílačů DME a dostatečným pokrytím GPS, se jeví jako neperspektivní.

4. APLIKACE MLAT SYSTÉMŮ PRO RNAV

Multilaterační systémy budou představovat dobré řešení ve všech fázích letu.

Nyní se zaměřím na popis prostorové navigace, která využívá multilateračních systémů. Letadla vybavená systémem ACAS vysílají dotazy na odpovídače SSR přibližně každou sekundu. Signál z dotazovačů zachytí jednak okolní letadla, která pak na tento dotaz vyšlou odpověď. Dotazující letadlo pak pomocí systému ACAS vidí všechna ostatní letadla vybavená odpovídači. Zároveň je i toto letadlo dotazováno jinými letadly a odpověď zachytí přijímací stanice multilateračního systému na zemi. ACAS vysílá periodicky dotazovací signály, takže odpadá potřeba instalace pozemních dotazovačů. Předpokladem ale je, že v daném vzdušném prostoru bude dostatek letadel, aby k dotazování vůbec mohlo dojít. Signál je veden do dispečerského pracoviště pomocí datové sítě. V dispečerském pracovišti vidí řídicí letového provozu na monitoru letadlo i s příslušnými informacemi o poloze. Pro prostorovou navigaci je ale potřeba, aby letadlo přijímalo údaje o své poloze vůči různým radionavigačním prostředkům na zemi, mezi něž se bude řadit i MLAT systém. Ten bude vysílat ve VHF pásmu (Very High Frequencies - Velmi krátké vlny) údaj o poloze letadla. Přitom pilot vidí na displeji v letadle všechna letadla v okolí - to vychází z principu činnosti

systému ACAS. VHF se šíří přímočaře, proto mají dosah jen o něco větší jako optický. Jejich výhodou jsou poměrně malé potřebné výkony, malé antény, lehké soustředění vln do paprsků (důležité hlavně pro navigační soustavy) a malé rušení příjmu z atmosférických poruch. Pro přesnější určení polohy se v dispečerském pracovišti systému přidávají výstupy z dalších systémů, jako je primární nebo sekundární radiolokace. Z dispečerského stanoviště jsou pomocí multiplexu přeneseny na palubu letadla. Multiplex je využití jednoho přenosového kanálu či frekvence pro společný přenos více druhů informací. To vše, spolu i s použitím družicové navigace, zvyšuje přesnost určení polohy. Předpokladem pro tento postup ovšem je, že v daném prostoru bude dostatečný provoz, aby mohlo docházet k dotazování.



- PR.....primární radar
- SSRsekundární radar
- CS.....centrální stanice
- PS.....přijímací stanice
- DP.....dispečerské pracoviště
- VKV.....přenos velmi krátkými vlnami
- ATN..... datová síť

Obr. 3 - Princip MLAT systému použitého pro prostorovou navigaci

5. ZÁVĚR

Budoucí generace řízení letového provozu bude muset být schopná dosáhnout větší bezpečnosti a efektivnosti. Hustota letového provozu bude v roce 2020 bude dvakrát větší než v roce 1997, což bude mít za následek přesycení letových cest.

Prostorová navigace je v dnešní době hlavním prostředkem navigace v obchodní letecké přepravě. Umožňuje státům navrhovat a plánovat tratě nezávisle na předem stanovených navigačních bodech, které jsou odvozeny od navigačních zařízení. To umožní větší pružnost v projektování vzdušného prostoru a leteckým provozovatelům přínosy z úspory času, zpoždění a především z úspory pohonných hmot.

Přínos multilateračních systémů je hlavně v tom, že umožňují zvyšovat kapacitu a propustnost vzdušných prostorů při zachování vysoké bezpečnosti. Díky nízké ceně jsou vhodnou alternativou pro chudší státy, aby docílily pokrytí svého vzdušného prostoru.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] JALOVECKÝ, M. *Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů - ATPL(A) - Navigace (dle předpisu JAR-FCL 1 – část 060)*. Brno: CERM, s.r.o., 2002. 129-148 s. ISBN 80-7204-246-7.
- [2] *Učební text pro řídící letového provozu - Letecká navigace*. ŘLP ČR, s.p., 2005.
- [3] KUTINA, O. *Přínos pasivních sledovacích systémů pro bezpečnost ŘLP* (diplomová práce). Praha: ČVUT, 2005.
- [4] UJCOVÁ, M. *Aplikace multilateračních systémů pro RNAV* (bakalářská práce). Praha: ČVUT, 2007.
- [5] *Wide Area Multilateration* [online]. [cit. 2010-08-22]. Dostupné z <http://www.eurocontrol.int/surveillance/gallery/content/public/documents/WAM_study_report_1_1.pdf>.
- [6] *Transforming Air Traffic Management & Airport Operations* [online]. c2010 [cit. 2010-08-22]. Dostupné z <<http://www.sra.com/era/mss/>>.