

EVALUATION OF COMPLEX SITUATIONS FROM AIRPLANE'S AVIONICS

Ondřej Vysloužil

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xvyslo03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Honzík

E-mail: honzikp@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This project takes a look on avionics data more comprehensively and it can be understood as an upper layer over fault monitoring systems providing extra information about flight. As model aircrafts were selected Airbus A320 and Airbus A340 to represent modern, widely used, long-range transport aircrafts. Developed application has to analyze complex situation from avionics dataflow and look for conditions which can lead to abnormal aircraft behaviour.

1. ÚVOD

Moderní letadla mají implementováno mnoho systému, které mohou odhalit závadu v určitém systému nebo senzoru během letu. Kriticky důležité systémy jsou až třikrát zálohovány pro dosažení nejvyšší možné míry bezpečnosti. Tato práce se však zabývá daty v avionice z více komplexního pohledu. Cílem aplikace, kterou lze chápat jako horní vrstvu nad systémy pro sledování poruch, je poskytnout dodatečnou informaci o průběhu letu přímo pilotovi. Komplexní situací se v tomto kontextu rozumí určité abnormální chování letadla, avšak nikoliv porucha, které za daných vstupních podmínek není běžné a může potenciálně ukázat na poruchu. Zadáním firmy Honeywell nebylo popsáno všechny abnormální letové situace, ale zvolit pouze dvě vhodné, vyvinout algoritmus a implementovat jej do prostředí leteckého simulátoru.

Podobné aplikace pracující na této úrovni se v letadlech dosud nevyskytují, bylo proto nutné navrhnout zcela nový koncept k řešení tohoto úkolu s ohledem na specifika leteckého průmyslu. Těmi jsou především bezpečnost a nízké výpočetní nároky.

2. ROZBOR

Zásadním krokem k nalezení vhodného řešení bylo podrobné studium letecké avioniky, letových fází, plánování letu a samotného ovládní letadla. Jako platforma, pro kterou je projekt vyvíjen, slouží letecký simulátor HSS (Host-based Simulation System), který obsahuje model chování současných dopravních letadel a počasí. HSS umožňuje sledovat data, která se vyskytují na sběrnících letadla. HSS je komplexní softwarový nástroj, který je určen pro vývoj a testování programů z mnoha oblastí leteckého průmyslu.

Projekt byl od počátku vyvíjen jako samostatné rozšíření pro v současnosti používaná data a rozhraní s důrazem na vysokou flexibilitu. Jako modelová letadla byly vybrány velmi rozšířené dopravní letouny Airbus A320 a Airbus A340.

V následujících podkapitolách bude vysvětleno jaké komplexní situace aplikace rozpoznává, návrh algoritmu a vývoj konečné aplikace.

2.1. KOMPLEXNÍ SITUACE

Bylo nutné vybrat dvě reprezentativní komplexní situace, na kterých by byla vytvořena a implementována zamýšlená aplikace. K tomu bylo využito simulátoru HSS, na kterém bylo v prvotních fázích projektu zalétáno několik desítek letů, při kterých byly sledovány datové sběrnice.

První situací, která byla vybrána, bylo vybočení letadla z předem vypočítané trajektorie, po které má letadlo, dle letového plánu, letět s jistou přesností. Určité vybočení z letové dráhy není ve své podstatě chybné, pokud k tomu okolní podmínky přispějí, v opačném případě je takové chování nestandardní a může ukazovat na závažný problém. Jako nejdůležitější vstupní proměnné byly vyhodnoceny rychlost větru, změna směru větru během času, aktuální letová fáze a odchylka od trajektorie letu.

Druhou vybranou situací byla zvýšená resp. snížená spotřeba paliva, která neodpovídá aktuálním podmínkám. Spotřeba paliva je proměnná, ale je poměrně přesně definována výrobcem letadla, především počasí způsobuje velké výkyvy. Zde byly nejdůležitějšími proměnnými rychlost větru, směr větru, teplota vzduchu a aktuální spotřeba paliva.

2.2. ALGORITMUS

Samotný rozhodovací algoritmus je založen na fuzzy systému, jehož pravidla byla konstruována s pomocí na zkušenostech získaných při simulovaných letech. Pravidla byla nejdříve zanesena do rozhodovacího stromu, který lépe ukazuje vazby mezi jednotlivými proměnnými. Fuzzy logika je vhodná pro popis vstupních proměnných více než pouhé rozdělení na intervaly, výhodou fuzzy systému, pro tento projekt, je také jeho determinismus.

Pro vstupní proměnné jsou použity funkce příslušnosti lichoběžníkového průběhu, který byl zvolen kvůli nízké výpočetní náročnosti (například oproti Gaussově křivce), dopad na přesnost pro toto konkrétní nasazení je nepodstatný. Fuzzifikace byla realizována metodou singleton. Méně podstatné proměnné byly rozděleny do tří funkcí příslušnosti, význačnější pak do pěti až sedmi.

Vstupní proměnné jsou po fuzzifikaci porovnávány s vytvořenými pravidly, kterých je pro každou komplexní situaci několik stovek. Jakým způsobem jsou pravidla sestavena bude ukázáno na druhé komplexní situaci (spotřeba paliva): if (rychlost větru je vysoká) and if (směr větru je protivítr) and if (teplota vzduchu je nižší) and if (aktuální spotřeba je velmi vysoká) then (výstup je OK). Silný protivítr rapidně zvedne spotřebu paliva, pokud by však při této teplotě, rychlosti a směru větru byla aktuální spotřeba například nízká, tak by výstupem bylo varování. Taková situace za daných podmínek velmi pravděpodobně ukazuje na závadu.

Výstupem fuzzy systému je zpráva resp. slovní proměnná, která nese informaci o chování letadla. Pro fuzzy systém sledující vybočení letadla z letové dráhy postačují dvě hodnoty: vše v pořádku a varování. Systém, který monitoruje spotřebu paliva, využívá výstupní hodnoty tři: vše v pořádku a varování o vyšší či nižší spotřebě než se dá usuzovat ze vstupních dat.

Na první pohled není potřeba proces defuzzifikace implementovat, protože jako výstup není požadována přesná číselná hodnota. Avšak pro ladění algoritmu je tato konkrétní výstupní hodnota zajímavá. V případě, že bude požadována vyšší (nebo nižší) citlivost vyhodnocování, je nejlepším způsobem odlišné nastavení mezí pro výstupní hodnoty. Stejněho výsledku je možné dosáhnout i změnou vstupních fuzzy množin, avšak tento přístup zasahuje do již verifikovaných dat. Defuzzifikace byla provedena diskrétní metodou COG (Center of gravity), která splňuje podmínku na nízkou výpočetní náročnost.

2.3. APLIKACE

Nejdříve byla testovací aplikace vyvinuta ve vývojovém prostředí programu Matlab, pomocí Fuzzy toolboxu, který poskytl rychlou cestu k ověření správnosti výběru fuzzy systému pro tuto aplikaci. Testování proběhlo úspěšně jak s daty získanými ze simulátoru tak s uměle vytvořenými. Mezikrokem k implementaci aplikace do simulátoru bylo vytvoření této aplikace ve standardním programovacím jazyku bez podpory funkcí z Fuzzy toolboxu. Pro tento účel bylo použito jazyku C++, kde proběhlo odladění fuzzy systému. V konečné fázi byla aplikace naprogramována v rozhraní simulátoru HSS. Ten obsahuje vlastní ladící prostředí s průmyslovým skriptovacím jazykem SSL (Super Script Language). Tento krok umožnil načítání dat ze sběrnic letadla a v reálném čase je vyhodnotit. Vytvořená aplikace běží jako jeden z procesů simulátoru a ve stanovených časových intervalech vyhodnocuje chování letadla.

3. ZÁVĚR

Pro vyhodnocování nestandardního chování letadla v reálném čase bylo využito fuzzy systému, jehož vstupní proměnné a pravidla byla nastavena na základě znalostí získaných během simulovaných letů. Pro ověření tohoto konceptu byl použit Matlab s Fuzzy toolboxem, ve kterém byl systém v prvních fázích projektu testován na základě dat z letecké avioniky. Testování v reálném čase umožnila až závěrečná implementace vyvíjené aplikace do prostředí leteckého simulátoru HSS firmy Honeywell. Proběhlé testy potvrzují správnou volbu fuzzy systému pro tuto aplikaci. Aplikace byla vytvořena dostatečně flexibilně a dovoluje rozšíření o další sledované komplexní situace. Algoritmus je navržen tak aby byl výpočetně co nejméně náročný, což je nezbytné pro implementaci do palubních systémů.

LITERATURA

- [1] A330 & A340 Flight Crew Training Manual, Cathay Pacific
- [2] Flight Management System, Pilot's Guide, Airbus A330/340, Honeywell
- [3] A318/A319/A320/A321 Flight Crew Operating Manual – Systems Descriptions, Airbus
- [4] A318/A319/A320/A321 Flight Crew Operating Manual – Flight Operations, Airbus