

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

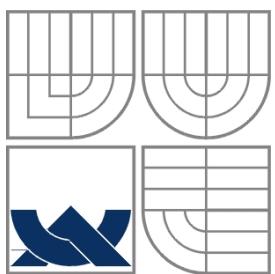
SYSTÉM PRO SPRÁVU SIMULÁTORŮ

SEMESTRÁLNÍ PROJEKT
SEMESTER PROJECT

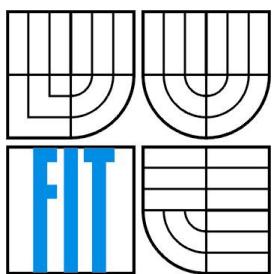
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Ievgen Ragulin

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMŮ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS

SYSTÉM PRO SPRÁVU SIMULÁTORŮ SIMULATOR MANAGEMENT SYSTEM

SEMESTRÁLNÍ PROJEKT
SEMESTER PROJECT

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Ievgen Ragulin

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Mgr. Karol Rydlo

BRNO 2014

Název diplomové práce v jazyce práce

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tento semestrální projekt vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Karola Rydla.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Ievgen Ragulin

14.01.2014

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli při vytváření mého semestrálního projektu. Především
Mgr. Karolu Rydlovi za odbornou pomoc, podporu a rady kam směrovat moji práci.

© Ievgen Ragulin, ROK 2014

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních
technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je
nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů..*

Abstrakt

Tato práce pojednává o základech simulace letu, systémech pro vizualizaci letových dat. Cílem práci je vytvoření systému pro správu simulátorů, umožňujícího zobrazovat současný stav simulátorů a odesílat příkazy na simulátory.

Abstract

This thesis discusses the basics of flight simulation, systems for flight data visualization. The aim of the work is designing a system for simulator management, providing a capability for displaying current state of simulator and sending commands to simulators.

Klíčová slova

Laboratoř SimStar, AeroWorks, Evektor, simulace letu, systém pro správu simulátorů

Keywords

Laboratory SimStar, AeroWorks, Evektor, flight simulation, simulator management system

Citace

Ragulin Ievgen: Systém pro správu simulátorů, semestrální projekt, Brno, FIT VUT v Brně, 2014

Obsah

Obsah	1
1 Úvod.....	2
2 Seznam použitých zkratek	3
3 Problematika simulace letu	4
3.1 Organizace simulátoru letu	4
3.1.1 Pohybové rovnice	4
3.1.2 Aerodynamický model.....	5
3.1.3 Model motoru	5
3.1.4 Získání dat	5
3.1.5 Model podvozku	5
3.1.6 Model počasí.....	5
3.1.7 Vizuální systém	6
3.1.8 Zvukový systém.....	7
3.1.9 Pohybový systém.....	7
3.1.10 Kontrola zatížení.....	8
3.1.11 Displeje instrumentů	8
4 Současné trendy vizualizace letových dat.....	11
4.1 Letové displeje dnešních letadel	11
4.1.1 Letové instrumenty Boeing-737	11
4.1.2 Systém letových instrumentů Garmin G1000.....	14
4.1.3 Systém EFIS&IMS Integra TL-6624.....	15
4.2 Výhled do budoucna	16
4.2.1 Displej vertikální situace (VSD).....	16
4.2.2 SVS	17
5 Návrh systému pro správu simulátorů	19
5.1 Popis architektury	19
5.2 Funkce systému pro správu simulátorů	19
5.3 Databázový model	19
6 Implementace systému pro správu simulátorů v prostředí leteckého simulátoru	21
6.1 Laboratoř EV-97 SportStar RTC	21
6.1.1 Parametry letounu EV-97 Sportstar RTC	22
6.2 Laboratoř Boeing-737-800 NG.....	23
6.2.1 Parametry letounu 737-800.....	24
7 Závěr	26

1 Úvod

Cílem mojí práce je vytvoření a popis systému pro správu simulátorů, který bude mít funkce přidávání, mazání, editace údajů o simulátorech, zobrazení na mapě dráhy pohybu simulátorů, zobrazení a vizualizace informace o probíhajících simulacích (o současném počasí, o letových datech, současném stavu letových přístrojů, motorů, čase), odesílání příkazů na simulátor (např. nastavení množství paliva na nulu nebo na 100%, nastavení počasí, času, polohy letounu).

2 Seznam použitých zkratek

EFIS – Electronic Flight Instrument System

RPM – Revolutions Per Minute

SVS – Synthetic Vision System

PFD - Primary Flight Display

ND – Navigation Display

VSD – Visual System Display

DGPS – Differential Global Positioning System

ATC – Air Traffic Control

TCAS – Traffic Collision Avoidance System

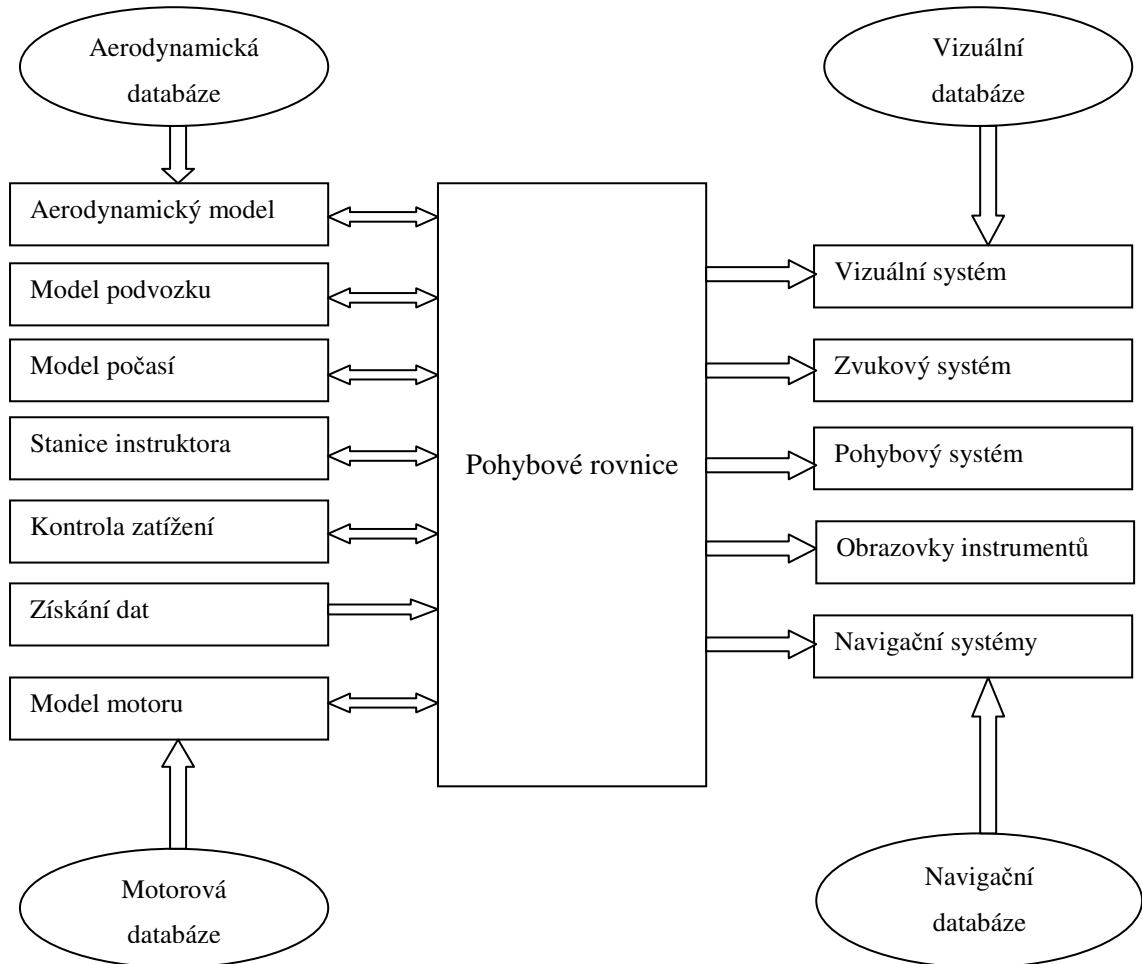
ADS-B – Automatic Dependent Surveillance-Broadcast

HSI – Horizontal Situation Indicator

3 Problematika simulace letu

3.1 Organizace simulátoru letu

David Allerton [1] navrhuje dobrý přehled technik simulací používaných v dnešních simulátorech letu. Nejdůležitější komponenty typického simulátoru jsou uvedeny na Obrázek 1.



Obrázek 1. Organizace simulátoru létu [1]

3.1.1 Pohybové rovnice

Pohybové rovnice jsou ústředním bodem všech simulátorů letu. Určují stavy simulátoru. Po získání všech vstupů, včetně těch od pilota, simulátor spočítá proměnné, které popisují stav simulovaného letadla, zejména síly, momenty, polohu, nadmořskou výšku, kurs a rychlosti [1].

3.1.2 Aerodynamický model

Aerodynamický model dává možnost vypočítat aerodynamické síly a momenty. Například, koeficient vztlaku může být získán pomocí funkce úhlu náběhu, kde konkrétní aerodynamické koeficienty jsou definované v aerodynamické databázi [1].

3.1.3 Model motoru

Data motoru jsou závislá na stavu letadla. Implementace modelu motoru potřebuje přístup k proměnným spočítaným v leteckém modelu. Model motoru používáme na získání tahu motoru, průtoku paliva, motorového tlaku, rychlosti otáček atd. [1].

3.1.4 Získání dat

Plný letecký simulátor pilotní kabiny je přesnou kopí kabiny letadla. Navíc primární ovladače letu (řídící paky, kormidla, brzdy, klapky, podvozek atd.), obecně každá páka a přepínač musí být propojeny s odpovídajícím modulem simulátoru. Každý ovladač poskytuje digitální nebo analogová data o svém stavu. Současná poloha ovladačů musí být vzorkována pro každý simulační krok a předána odpovídajícímu modulu simulátoru. Plný letecký simulátor může mít několik stovek vstupů [1].

3.1.5 Model podvozku

Během rolování se podvozek dotýká země a vzájemná působení mezi vzletovou a přistávací dráhou, pneumatikami, koly a vzpěrou podvozku vedou k různým dynamikám letadla během letu. Obvykle se poskytuje dodatečný model pro simulaci efektu pneumatik a podvozku. Simulace ovládání letadla během vzletu, přistání a rolování je kritickým momentem z hlediska přesnosti. Nouzové situace, které procvičují piloti, zahrnují pozemní incidenty: prasknutí pneumatik, selhání motoru, námraza vzletové a přistávací dráhy, selhání zpětného tahu, přehřátí brzd, aquaplaning a další [1].

V praxi jsou do simulace dodány přechody mezi stavy před vzletem a hned po přistání, kde je aerodynamický vliv podvozku propojený s dynamikou podvozku [1].

3.1.6 Model počasí

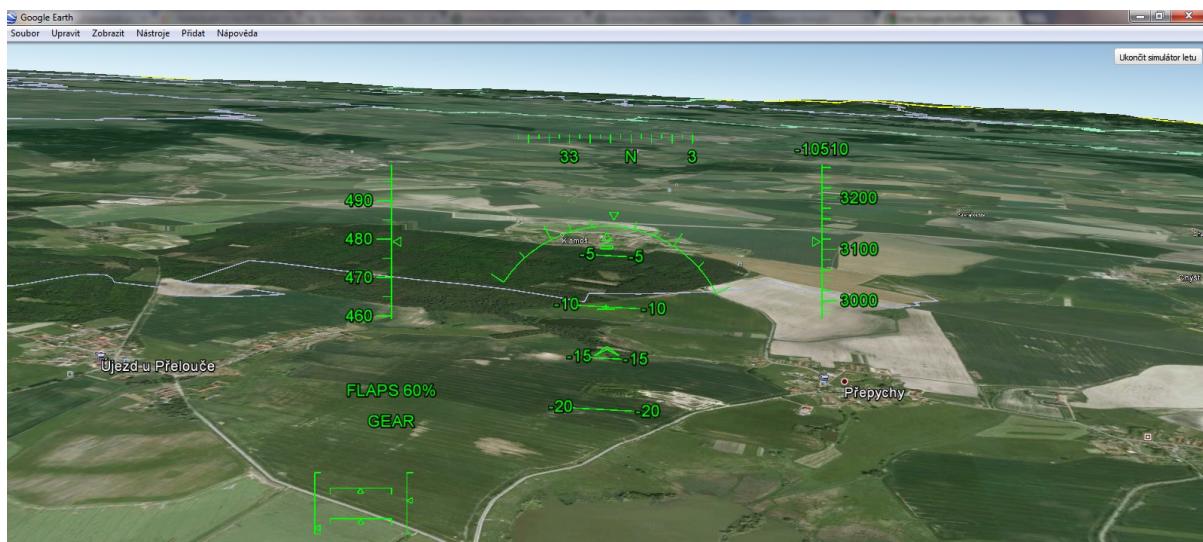
Atmosféra má významný vliv na výkonnost letadla. Rovnice pro vypočítání tlaku vzduchu, hustoty vzduchu, teploty vzduchu jsou dobře známé a přímočaré pro implementaci. Tyto složky se používají v aerodynamickém modelu a modelu motoru. Kromě toho se modelují:

- Vítr. Vítr hraje důležitou roli při plánování letu operátorem letecké společnosti, takže model větru musí být prostorový a měnící se v čase.

- Turbulence. Turbulence také hraje důležitou roli při výcviku pilotů. Piloti potřebují demonstrovat schopnost ovládaní letadla za podmínek turbulence. Normálně se turbulence generuje jako množina pseudonáhodných procesů, způsobujících odchylky ve třech lineárních osách letadla.
- Stříh větru.
- Nebezpečné letové podmínky, zejména, námraza a hustý dešť. Námraza na draku letadla a rozbředlý sníh na vzletové a přistávací draze může zvýšit odpor během vzletu, zatímco sníh a voda na vzletové a přistávací draze mohou snížit účinnost brzdění a řízení [1].

3.1.7 Vizuální systém

Vizuální systém poskytuje řadu kanálů obrazů, které se generují v reálném čase, viditelných z pozice pilota. Z počátku je databáze objektů nahrána do paměti vizuálního systému. Databáze může obsahovat pole, letiště, silnice, jezera, pobřežní čary, dopravní prostředky, budovy, stromy, lesy a letadla. Existují rozličné standardy pro generování těchto objektů, kde např. OpenFlight je jedním z nejpoužívanějších formátů. V závislosti na vzdálenosti k objektům se zobrazují různé úrovně detailů [1]. Příklad vizuálního systému simulátoru je vidět na Obrázek 2.



Obrázek 2. Google Earth simulátor letu

Když letadlo manévruje, pozice oka pilota a směr se vypočítají pomocí rovnic pohybu a scéna je renderována pro jednotlivé snímky [1].

Každý video výstup má jistý posun. Například, máme tři video výstupy, pokrývající úhel 180° . Přední kanál má offset 0° , dva zbývající mají -60° , $+60^\circ$. V praxi se projektované kanály překryvají o několik stupňů, abychom se vyhnuli viditelným mezerám [1].

3.1.8 Zvukový systém

Pro generování zvuků v pilotní kabině se používají dvě metody. První způsob spočívá v nahrávání reálných zvuků letadla uvnitř pilotní kabiny. Nedostatek toho přístupu spočívá v počtu záznamů, nutných pro obsáhnutí všech letových podmínek. Například, zvuky motorů se mohou měnit podle rychlosti, výšky, stavu motorů (otáček a tahu), a tudíž by bylo zapotřebí pokrýt všechny možné kombinace [1].

Alternativním a používanějším způsobem generování zvuků je analyzovat zdroj všech zvuků a vygenerovat pro ně odpovídající zvukovou stopu. Tyto zvuky se zkombinují s bílým šumem. Synteticky generované zvuky můžeme porovnat se skutečnými zvuky pomocí Fourierovy transformace (FFT) [1].

3.1.9 Pohybový systém

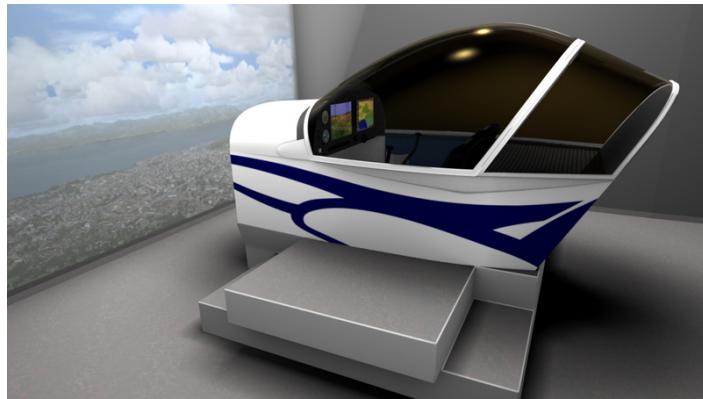
Během manévrování simulovaným letadlem, bude pilot očekávat pocit akcelerací, který by zažil během skutečného letu. Akcelerace se vypočítají v modelu letu a předávají se pohybovému systému. Pro standardní pohybovou platformu obsahující šest hydraulických aktuátorů, každý aktuátor se přesouvá na novou pozici, aby zkoušel replikovat akcelerace na tělo pilota [1].

Opravdový pohyb samozřejmě nemůže být generován. Nicméně pohybové senzory člověka se dají oklamat. Mozek reaguje na začátek pohybu, ale nemůže detektovat velmi malé míry pohybu. Navíc, kvůli vizuálnímu systému pilot může cítit pohyb, který se skutečně na pohybovou platformu neapplikoval [1].

Simulátor s pohybovým systémem je na Obrázek 3. Také existují simulátory bez pohybového systému, příklad je na Obrázek 4.



Obrázek 3. ATR 42-300 - simulátor s pohybovým systémem [16]



Obrázek 4. Simulátor Evektor SportStart bez pohybového systému [17]

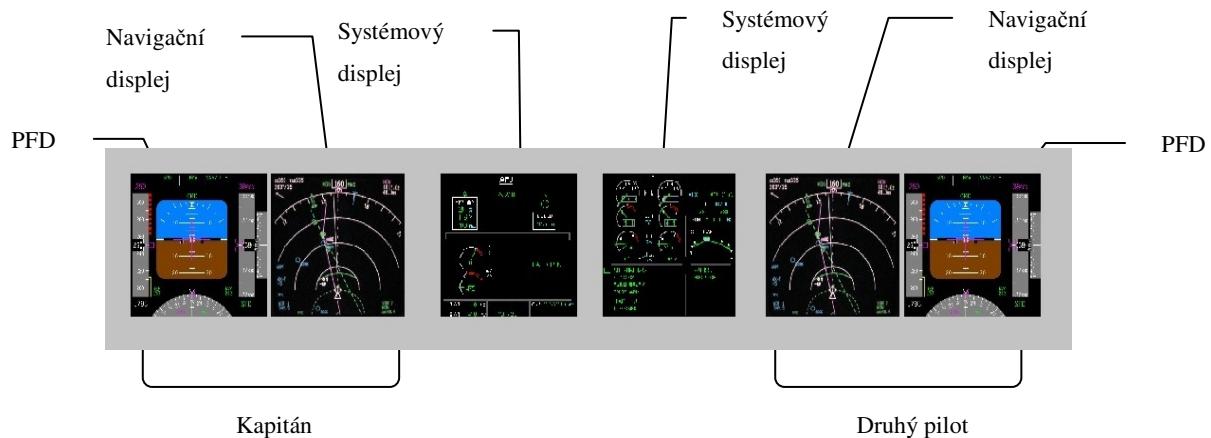
3.1.10 Kontrola zatížení

Když letadlo letí, vzdušný proud obtéká povrch ovladačů a to ovlivňuje stupeň zatížení na těch povrchách, zejména na primárních letových ovládačích: výškových kormidlech, křídélkách, kormidlech. Síla, kterou musíme aplikovat na ovladač, se zvětšuje se stoupající rychlosti. Tyto efekty se také musí simulovat a to je funkce systému kontroly zatížení. Kontrola zatížení se provádí spojením aktuátorů s ovladači letu v simulátoru takovým způsobem, aby aktuátor poskytoval odpor k pohybu; odpor se obecně mění s rychlostí [1].

3.1.11 Displeje instrumentů

Avionické systémy slouží pro zobrazení fyzikálních veličin a důležitých parametrů letu. Avionické systémy zahrnují dvě období letu. Před rokem 1980 měla, většina letadel mechanické systémy. Mnohé z těchto přístrojů obsahovaly komplikované mechanismy. Od roku 1980, mnohá civilní a vojenská letadla používají elektronické systémy (EFIS). EFIS displeje jsou založeny na počítačové grafice s osmipalcovými monitory, obecně s obrazovkami, které se aktualizují nejméně dvacetkrát za vteřinu (20 Hz) [1].

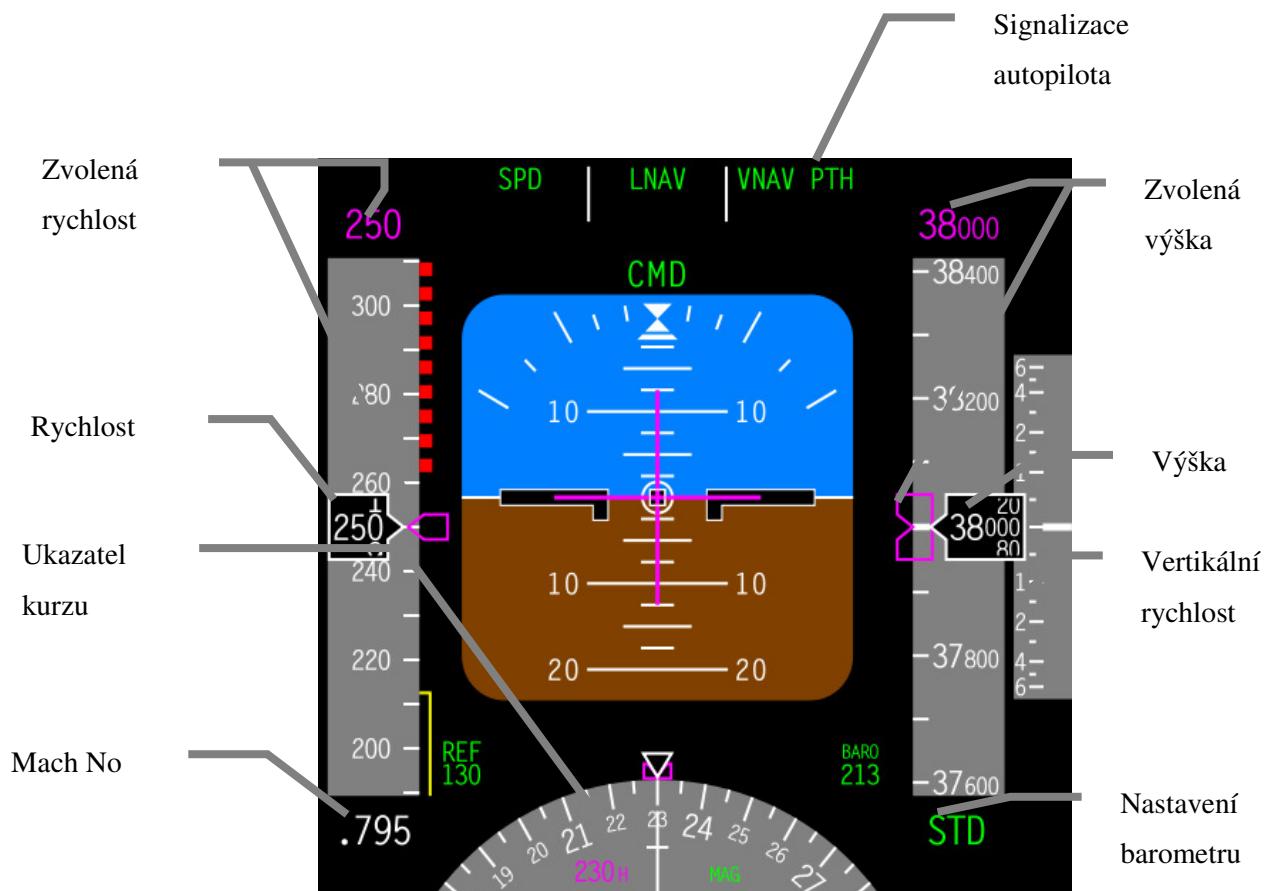
V 70. letech britská vláda podporovala program známý po názvem Advanced Civil Flight Deck (ACFD), neboli pokročila přístrojová deska pro civilní dopravní letouny. Tento systém měl demonstrovat použití přístrojové desky s PFD (Primary Flight Display) a ND (Navigation Display) displeji. Rozložení takových displejů je vidět na Obrázek 5. Pokročilá civilní přístrojová deska [2]. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Jedním z prvních testovacích strojů byl letoun BAC 1-11, který obsahoval jeden primární letový displej a jeden navigační displej. To byl začátek expanze elektro-optických přístrojů do kokpitů moderních letounů.



Obrázek 5. Pokročilá civilní přístrojová deska [2].

3.1.11.1 Hlavní letový displej (PFD)

Hlavní letový displej je moderní letecký instrument pro zobrazení letových dat. Na palubní desce jsou dva hlavní letové displeje: pro prvního a druhého pilota. Detaily rozložení displejů se mohou lišit v závislosti na letadle, ale většina PFD dodržuje podobné konvence. Popis jednotlivých přístrojů můžeme vidět na Obrázek 6.



Obrázek 6. Hlavní letový displej PFD, Boeing 747-400 [18]

3.1.11.2 Navigační displej (ND)

Navigační displej poskytuje navigační, směrové, provozní a povětrnostní informace. Na palubní desce jsou dva navigačních displejů: pro prvního a druhého pilota. Příklad navigačního displeje je na Obrázek 7.



Obrázek 7. Navigační displej Boeing 777 [20]

4 Současné trendy vizualizace letových dat

4.1 Letové displeje dnešních letadel

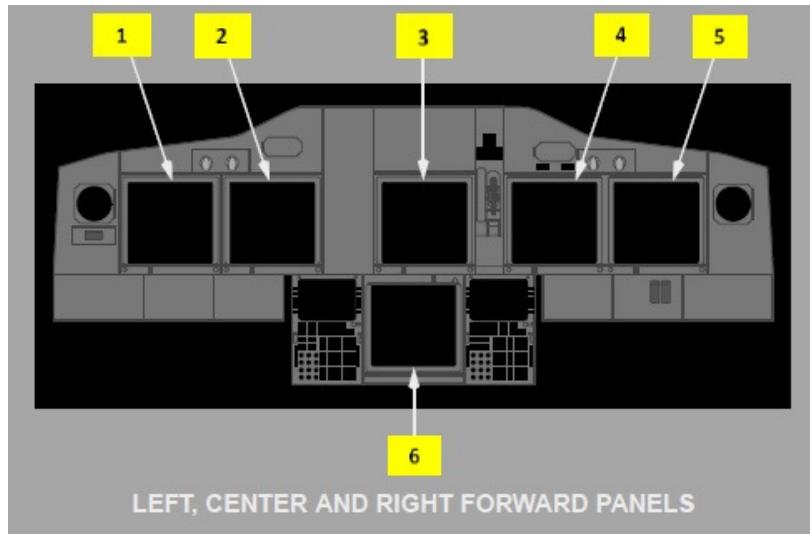
V této kapitole prozkoumáme, jak vypadají letové displeje velkých letadel (Boeing 737), střední třídy (na příkladu displeje Garmin G1000) a menší třídy (na příkladu displeje EFIS&EMS Integra TL-6624).

4.1.1 Letové přístroje Boeing 737 NG

Na příkladu letových instrumentů Boeing 737 podíváme se, jak v současné době vypadají letové instrumenty letadel větších rozměrů.

4.1.1.1 EFIS/Map displejový systém – přehled

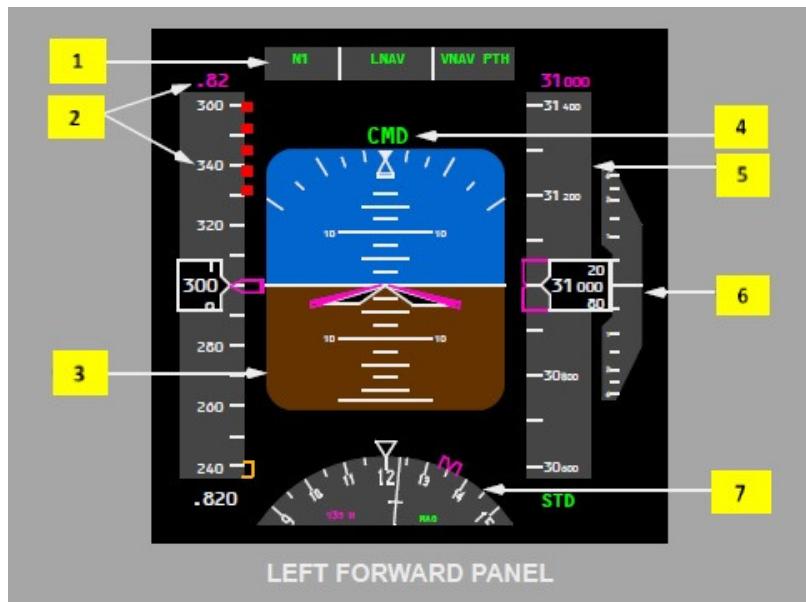
Na Obrázek 8 je zobrazená schéma displejového systému Boeing 737 NG.



Obrázek 8. PFD/ND displejový systém – přehled [6]

- 1) Vnější displej prvního pilota. Viz Obrázek 9.
- 2) Vnitřní displej prvního pilota. Viz Obrázek 10.
- 3) Horní displej.
- 4) Vnitřní displej druhého pilota. Viz Obrázek 11.
- 5) Vnější displej druhého pilota. Viz Obrázek 12.
- 6) Dolní displej.

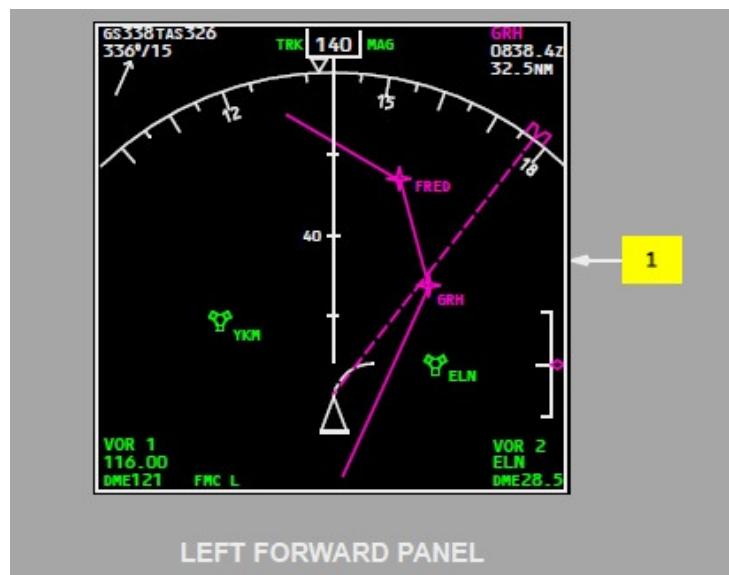
4.1.1.2 Vnější displej prvního pilota



Obrázek 9. Boeing 737 – vnější displej prvního pilota [6]

- 1) Flight Mode Annunciator
- 2) Indikátor machu/rychlosti letu.
- 3) Umělý horizont.
- 4) Autopilot, Flight Director Systém Status.
- 5) Indikátor nadmořské výšky.
- 6) Indikátor vertikální rychlosti.
- 7) Ukazatel kurzu.

4.1.1.3 Vnitřní displej prvního pilota



Obrázek 10. Boeing 737 – vnitřní displej prvního pilota [6]

- 1) Indikátor vertikální rychlosti

2) Navigační displej

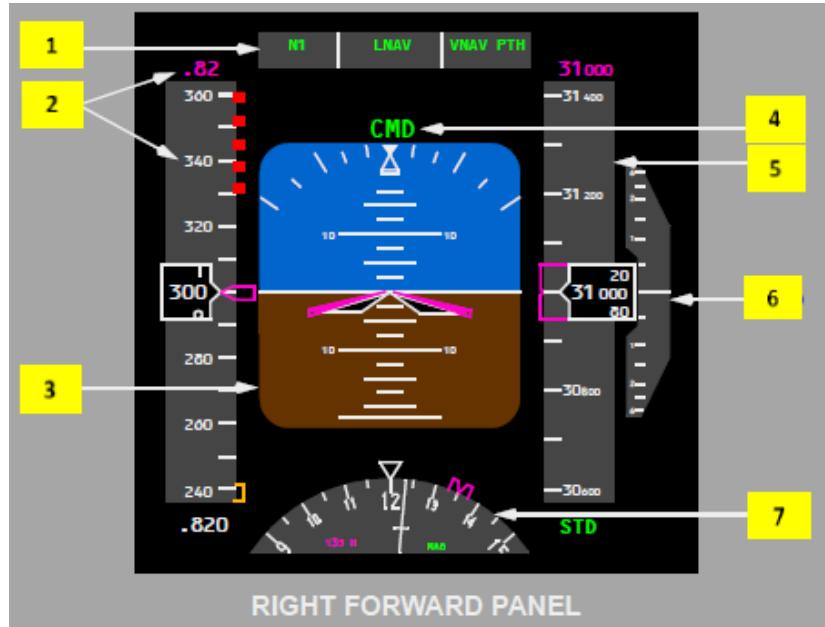
4.1.1.4 Vnitřní displej druhého pilota



Obrázek 11. Boeing 737 – vnitřní displej druhého pilota [6]

1) Navigační display.

4.1.1.5 Vnější displej druhého pilota



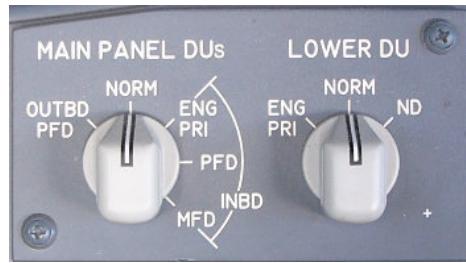
Obrázek 12. Boeing 737 – vnější displej druhého pilota [6]

- 1) Flight Mode Annunciator
- 2) Indikátor machu/rychlosti letu.
- 3) Umělý horizont.
- 4) Autopilot, Flight Director Systém Status.
- 5) Indikátor nadmořské výšky.

- 6) Indikátor vertikální rychlosti.
- 7) Ukazatel kurzu.

4.1.1.6 Horní a dolní displeje

Horní displej je primární displej motorů, dolní je sekundární displej motorů. V případě poruchy horního displeje, lze displej motorů zobrazit na dolním displeji. Můžeme také nastavit přepínač Lower DU v polohu ENG PRI (viz Obrázek 13), a tím pádem zobrazit displej motorů na dolním displeji namísto na horním.



Obrázek 13. Boeing 737 DU selektor [7]

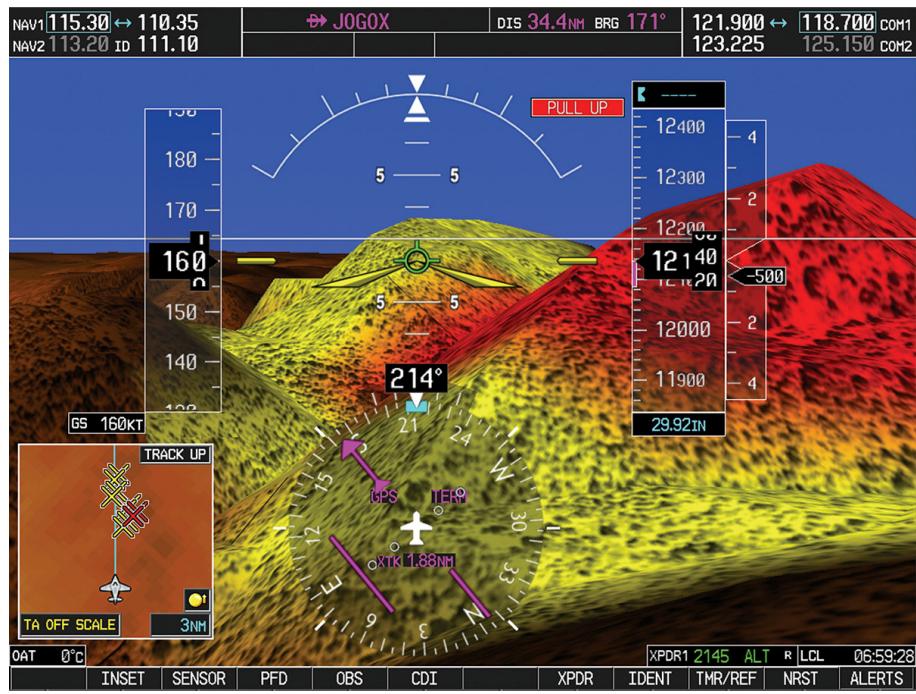
4.1.2 Systém letových instrumentů Garmin G1000

Garmin G1000 je integrovaným systémem letových instrumentů, který se používá ve mnoha dnešních letadlech střední třídy, jako třeba Cessna [8][9], Diamond [9], Beech King Air [9]. G1000 může mít 2 nebo 3 LCD displejů, každý z nich se může používat jako hlavní letový displej (PFD) nebo multifunkční displej (MFD) [9]. Na Obrázek 14 je ukázka letových instrumentů G1000 v letadle Cessna 182.



Obrázek 14. G1000 v Cesna 182 [9].

Na Obrázek 15 je ukázka hlavního letového displeje Garmin G1000. PFD ukazuje základní letové instrumenty jako rychlosť letu, výškoměr, ukazatel kurzu, umělý horizont, vertikální rychlosť atd.



Obrázek 15. Garmin G1000 hlavní letový displej [9].

Multifunkční displej Garmin G1000 typicky zobrazuje hýbající se mapu po pravé stráně a informace o motorech po levé stráně. Jiné možné obrazovky zahrnují informace o nejbližších letištích, navigačních pomůckách, XM rádio, programování plánu letu a jiné [9]. Na Obrázek 16 je ukázka multifunkčního displeje Garmin G1000.



Obrázek 16. Garmin G1000 multifunční displej [10].

4.1.3 Systém EFIS&IMS Integra TL-6624

Příkladem instrumentů letadel malé třídy je EFIS&EMS Integra TL-6624. EFIS&EMS Integra TL-6624 je multifunkční systém který se používá pro sledování letu a motorů. TL-6624 integruje všechny hlavní letové instrumenty (výškoměr, indikátor vertikální rychlosti, indikátor rychlosti letu, kompas,

chronometr, indikátor úhlu náběhu, vnitřní teplotu vzduchu, vnější teplotu vzduchu). EFIS Integra také zahrnuje navigační systémy (HSI – indikátor horizontální situace) a celosvětové mapy terénu. Také integruje všechny primární motorové instrumenty (otáčky za minutu, indikátor průtoku paliva, indikátory teploty, množství paliva atd.) [12]. Na Obrázek 17 je ukázka EFIS&EMS Integra displeje.



Obrázek 17. EFIS&EMS Integra TL-6624 [11].

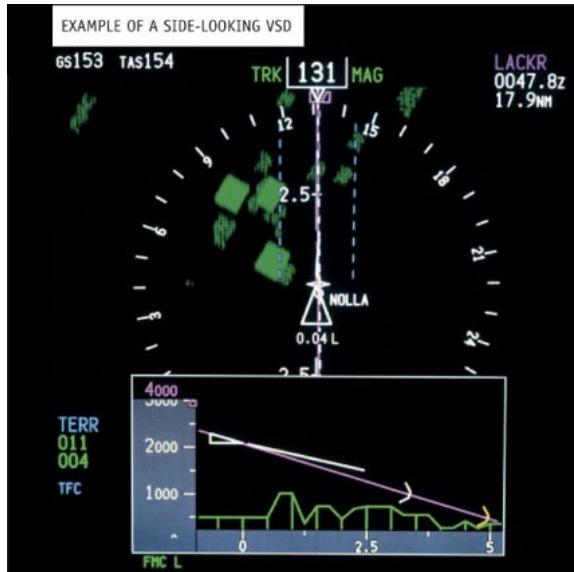
4.2 Výhled do budoucna

4.2.1 Displej vertikální situace (VSD)

V současné době, musí posádka letadla získávat informace z různých zdrojů pro pochopení vertikální situace letu. Tyto zdroje zahrnují barometrické a radiolokační výškoměry, indikátor vertikální rychlosti, ground proximity warning systém, navigační informace, navigační grafy [2].

Pro účely prevence řízeného letu do terénu a nehod při přistání, vytvořil Boeing VSD - grafický obraz vertikální dráhy letadla, který zlepšuje celkové povědomí posádky letadla o situaci. Když je vybrán posádkou letadla, VSD se zobrazuje v dolní části navigačního displeje [3].

Obrázek 18 ukazuje příklad VSD na Boeingu. Základními prvky VSD jsou výšková informace a škála horizontální vzdálenosti, symbol letadla, vektor vertikální dráhy pohybu, vyobrazení terénu, zvolená výška, zvolená vertikální rychlosť, navigační pomůcky a rozličné informace, zvolené posádkou letadla [3].



Obrázek 18. Displej vertikální situace [3]

4.2.2 SVS

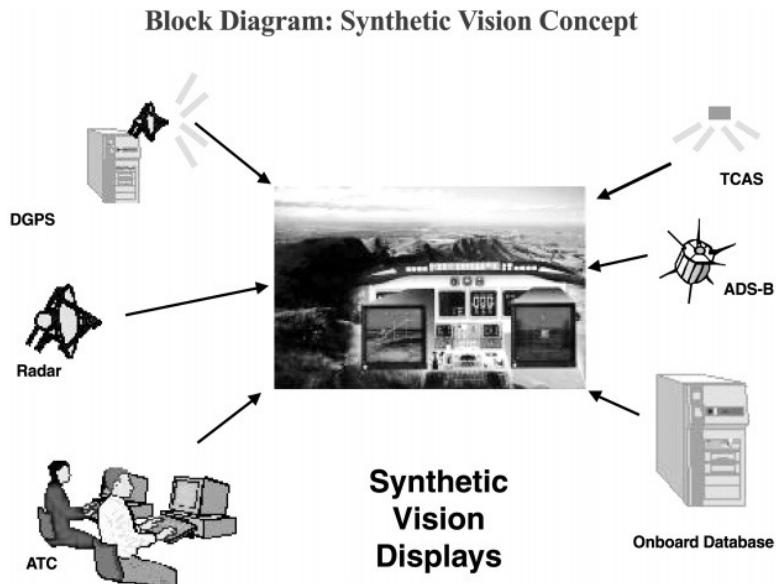
Současné displeje mají velké množství čísel, písmen, a symbolů. Tyto popisy parametrů jsou odvozené od nástrojů používaných vědci a inženýry pro abstrakci principů reality pro matematickou analýzu. Vyhovují těmto účelům dobře, ale pilot pořád potřebuje přemýšlet, aby pomocí 2D informace, která se poskytuje na PFD a ND displejích, vytvořil v hlavě 3D/4D obraz reálného světa [2].

Cílem SVS je poskytovat pilotům intuitivní 3D informace v reálném čase. Díky přesné znalosti současné pozice letadla, databázi terénu a dnešním možnostem počítačové grafiky, je možný vytvořit přesnou 3D reprezentaci terénu, který je vidět z pilotní kabiny [2]. SVS systémy jsou určeny také pro snížení pravděpodobnosti nehod zlepšením situačního a prostorového povědomí pilota za špatné viditelnosti [4]. Obrázek 19 ukazuje příklad SVS displeje.



Obrázek 19. SVS displej vyvinutý NASA [5]

Obrázek 20 ilustruje koncept potenciálního SVS. Tento koncept displeje umožnuje prezentace 3D scén, které obsahují nutnou a dostačující informací a realismus, aby vygenerovaný obraz byl skoro ekvivalentní reálnému za denního světla. Symbolická informace, například, prezentace umělého horizontu, směru pohybu, indikátory výšky, může být přidána na SVS displej pro zvětšení situačního povědomí [4].



Obrázek 20. Možný synthetic vision systém [4].

4.2.2.1 4D displeje situačního povědomí

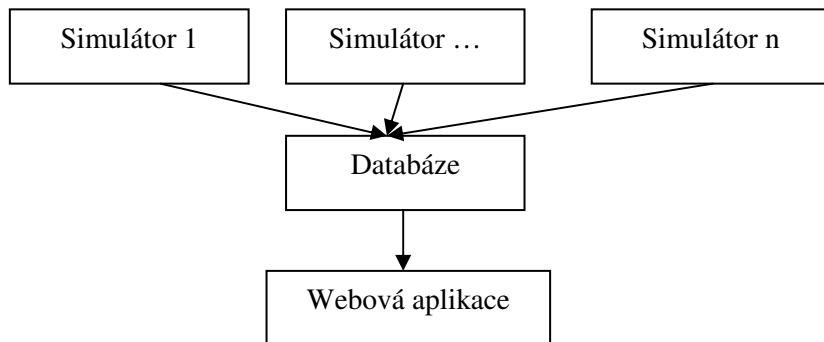
Pokud je na displeji zobrazen předpovězený výsledek manévrů, dá se říci, že displej je reprezentací 4D scény, protože zahrnuje časovou složku. V 1995 roce Mnichovská univerzita v Německu spolu s VDO Luftfahrtgerate Werk of Frankfurt realizovala program, v důsledku kterého bylo letadlo vybaveno 4D displeji, na kterých se zobrazovala vyhodnocení pojezdové dráhy, přistání, vzlétnutí, přiblížení a manévrů vyhýbaní terénu [2].

5 Návrh systému pro správu simulátorů

5.1 Popis architektury

Po spouštění simulace simulátor přidává do databáze záznam o začátku simulace. Pak pravidelně zapisuje informaci o průběhu simulace.

Pomocí webové aplikace si zvolíme simulátor. Pokud simulace právě probíhá, aplikace zobrazí dráhu letu na mapě, základní informace o simulaci, současný stav zařízení, motorů, hlavního letového displeje.



Obrázek 21. Architektura systému pro správce simulátorů

5.2 Funkce systému pro správu simulátorů

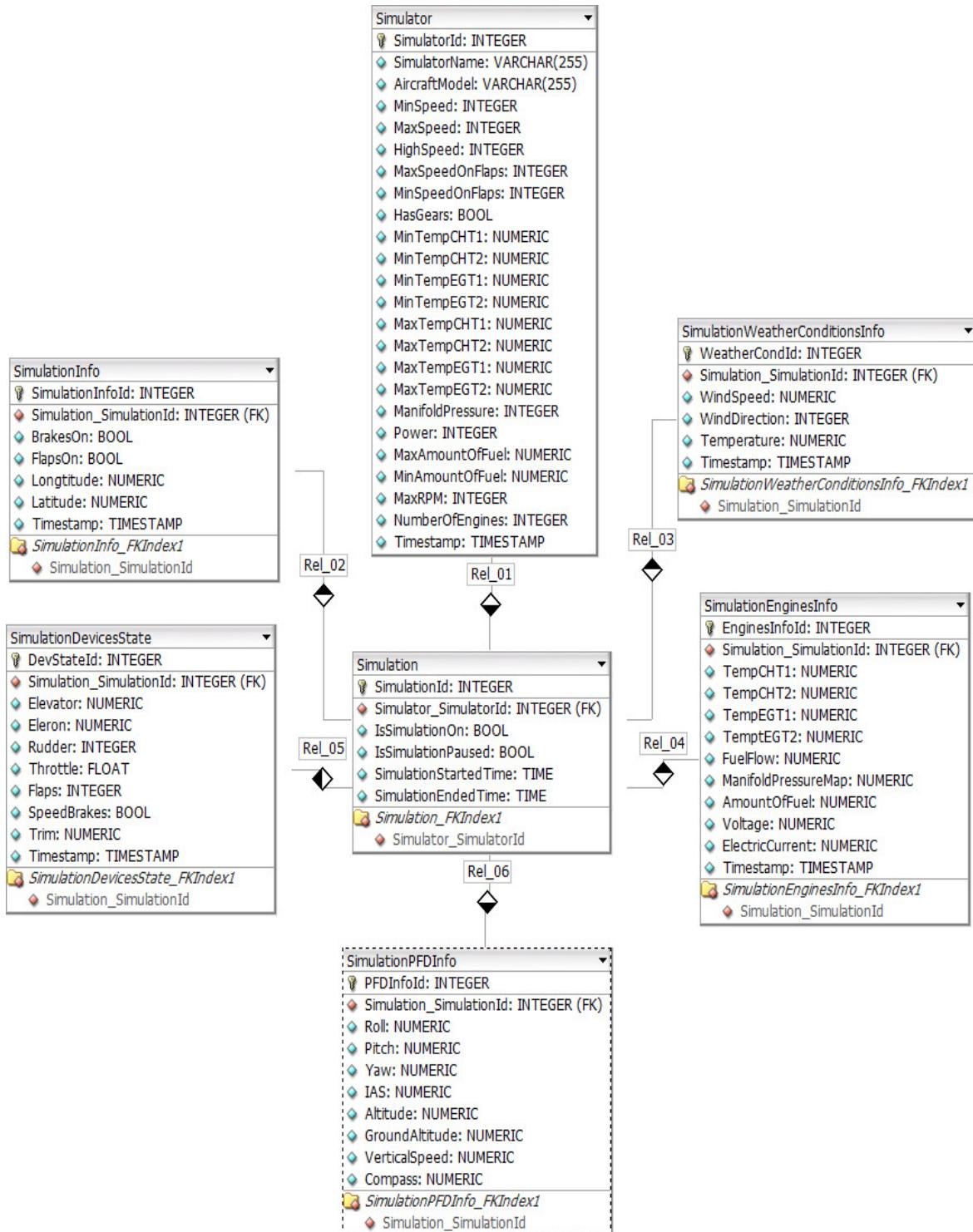
Po implementaci bude mít systém pro správu simulátorů následující funkce:

- Přidání, mazání, editace údajů o simulátorech.
- Zobrazení dráhy pohybu na mapě.
- Zobrazení informace o probíhající simulaci.

5.3 Databázový model

- Tabulka Simulator obsahuje informace o simulátorech.
- Tabulka Simulation obsahuje základní informace o simulacích, které probíhají nebo probíhaly na simulátorech.
- Tabulka SimulationWeatherConditionsInfo obsahuje informace o povětrnostních podmínkách během simulace.
- Tabulka SimulationDeviceState obsahuje informace o stavu zařízení na simulátoru během simulace.

- Tabulka SimulationEnginesInfo obsahuje informace o stavu motorů na simulátoru během simulace.
- Tabulka SimulationPFDInfo obsahuje informace o stavu hlavního letového displeje na simulátoru během simulace.
- Tabulka SimulationInfo obsahuje ostatní informace o stavu simulátoru během simulace.



Obrázek 22. Databázový model pro správce simulátorů

6 Implementace systému pro správu simulátorů v prostředí leteckého simulátoru

Systém pro správu simulátorů bude implementován v prostředí leteckých simulátorů EV-97 SportStar RTC a Boeing-737 NG. Pro systém pro správu simulátorů je zapotřebí vědět rozsahy vstupních parametrů jednotlivých letounů. V této kapitole je přehled jednotlivých modelů simulátorů a jejich technické parametry.

6.1 Laboratoř EV-97 SportStar RTC

Jedná se o laboratoř na VUT FIT kde se nachází kokpit letounu EV-97. Má trup ze skutečného letadla EV-97 SportStar. Obsahuje projekční systém 4m:3m. V této laboratoři se dají řešit projekty v oborech designu letecké elektrotechniky, rozšířené reality, počítačové grafiky, designu systémů řízení letu, hardware designu, modelování a simulace, zpracování signálů, vývoje software. Na Obrázek 23 je ukázka skutečného letouna EV-97 SportStar RTC. Na Obrázek 24 je simulátor z laboratoří VUT FIT.



Obrázek 23. EV-97 SportStart RTC [19][20].



Obrázek 24. Simulátor EV-97 Sportstar RTC na VUT FIT [21].

6.1.1 Parametry letounu EV-97 Sportstar RTC

Následující data jsou převzata z [14].

Rozměry		
Délka	19 ft 7 1/2"	5.98 m
Výška	8 ft 2"	2.48 m
Rozpětí křídel	28 ft 5"	8.65 m
Šířka kabiny	46 1/2"	1.18 m
Objem zavazadlového prostoru	10.1 cu.ft	285 l
Hmotnosti a množství		
Maximální vzletová hmotnost	1320 lb	600 kg
Prázdná hmotnost (základní letounu)	683 lb	310 kg
Prázdná hmotnost (vybavený letoun)	756 lb	343 kg
Maximální zatížení zavazadlového prostoru	55 lb	25 kg
Násobky konstrukční	+6 / -3 g	+6 / -3 g
Násobky provozní	+4 / -2 g	+4 / -2 g
Objem palivových nádrží	31.7 USgal	120 l
Letové výkony	Rotax 912 ULS (100 HP)	Rotax 912 ULS (100 HP)
Nepřekročitelná rychlosť	146 KIAS	270 km/h
Max. rychlosť vodorovného letu	115 KCAS	213 km/h
Cestovní rychlosť (75 % výkonu)	108 KCAS	200 km/h
Pádová rychlosť VS1	45 KCAS	83 km/h
Pádová rychlosť VS0 (plné klapky)	40 KCAS	74 km/h

Rychlosť stoupáni	1 020 ft / min	7.5 m/s
Praktický dostup	15 500 ft	4 720 m
Délka rozjezdu (betonová RWY)	620 ft	190 m
Délka dojezdu (betonová RWY)	590 ft	180 m
Dolet	700 nm	1 300 km

Pohonná jednotka

Motor	Bombardier Rotax 912 ULS
Počet válců	4
Maximální výkon	100 hp
Doba do GO	2000 hrs
Spotřeba paliva	15 l / hr
Bezolovnatý automobilový benzín RON95 nebo AVGAS 100LL	
Vrtule	Na zemi nebo za letu stavitelná s možností konstantních otáček

6.2 Laboratoř Boeing 737-800 NG

V této laboratoři se nachází kokpit letounu Boeing 737 NG, je tam možné řešit projekty v oblasti počítačové grafiky, vestavěných systémů, sítí, bezpečnosti. Je tam cylindrický projekční systém, který má 5 metrů v průměru a 3 metry na výšku. K osvětlení této plochy jsou použity 3 projektoru. Pro komunikaci s displeji a simulaci je použit protokol AWCom. Na Obrázek 25 je ukázka kokpitu skutečného Boeing 737-800 NG. Na Obrázek 26 je simulátor z laboratoří FIT VUT.



Obrázek 25. Kokpit skutečného Boeing-737-800 NG [13].



Obrázek 26. Simulátor Boeing-737-800 NG na FIT VUT [21].

6.2.1 Parametry letounu 737-800

Následující data jsou převzata z [15].

Pasažéry	
Typická konfigurace 2. třída	162
Typická konfigurace 1. třída	189
Náklad	44 cu m
Motory (maximální tah motoru)	CFMI CFM56-8 (27,300 lb)
Maximalní kapacita paliva	26,020 L
Maximalní vzletová hmotnost	79,010 kg
Maximální vzdalenost	5,765 km
Typická rychlosť jízdy	0.785 mach
Základní rozměry	
Rozpětí křídel	34.3 m
S winglety	35.8 m
Celková délka	39.5 m
Výška ocasu	12.5 m
Vnitřní šířka kabiny	3.53 m

7 Závěr

Kapitola 3 této práce popisuje problematiku simulace letu, a organizace simulátoru letu. V kapitole 4 jsou popsány současné trendy vizualizace letových dat, uvedené příklady toho jak probíhá vizualizace letových dat na dnešních letounech. V kapitole 5 je návrh systému pro správu simulátorů, a popis jeho architektury. V kapitole 6 je popsáno prostředí, ve kterém se bude implementovat systém pro správu simulátorů.

V další fázi je naplánována implementace systému pro správu simulátoru Boeing 737 a EV-97 SportStart a případně dalších.

Cílem práce je potom vytvoření a popis systému pro správu simulátorů, který bude mít funkce přidávání, mazání, editace údajů o simulátorech, zobrazení dráhy pohybu simulátorů na mapě, zobrazení a vizualizace informace o probíhajících simulacích, odesílání příkazů na simulátory (např. nastavení množství paliva na nulu nebo na 100%, nastavení počasí, času, polohy letounu).

Semestrální projekt slouží zároveň jako souhrn informací nutných k dalšímu postupu práce.

Literatura

- [1] ALLERTON, David. *Principles of flight simulation*. Chichester, U.K.: Wiley, 2009, xx, 471 p. Aerospace series (Chichester (England)). ISBN 04-707-5436-2.
- [2] JUKES, Malcolm. *Aircraft display systems*. Reston: AIAA, c2004, xxi, 338 s. ISBN 15-634-7657-6.
- [3] *AERO: Vertical situation display for improved flight safety and reduced operating costs* [online]. ColorGraphics, 2002 [cit. 2014-01-11]. Dostupné z: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_20/vsd_story.html
- [4] SPITZER, Cary R. *The avionics handbook*. Boca Raton: CRC Press, c2001, 1 v. (various pagings). ISBN 08-493-8348-X.
- [5] NASA. *No More Flying Blind* [online]. 2005 [cit. 2014-01-11]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/vision/earth/improvingflight/svs_reno.html
- [6] THE BOEING COMPANY. *737 Flight Crew Operations Manual* [online]. 2005 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://www.smartcockpit.com/plane/BOEING/B737NG.html>
- [7] BRADY, Chris. NG Flight Instruments. In: *THE BOEING 737 TECHNICAL SITE* [online]. 1999 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://www.b737.org.uk/flightinsts.htm>
- [8] KAN, OLATHE. Garmin® G1000® Certified for Cessna CitationJet. In: *Garmin: blogs* [online]. 2010 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://garmin.blogs.com/pr/2010/07/garmin-g1000-certified-for-cessna-citationjet.html>
- [9] GARMIN. *Garmin* [online]. 2014 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://www.garmin.com/en-US>
- [10] Garmin G1000. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Garmin_G1000
- [11] TL-6624 EFIS & EMS INTEGRA. *Avionics&Pilot supplies* [online]. 2014 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://www.aeroshop.eu/efis-ems-integra-tl-6624.html>
- [12] EFIS & EMS INTEGRA TL-6624. *TLELECTRONIC* [online]. 2014 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://www2.tl-elektronic.cz/>
- [13] Flightsimulator. *Flightsimulator* [online]. 2004 [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://www.petershemsida.net/flightpage1.html>
- [14] SportStar RTC. Technická data. *Evektor aerotechnik* [online]. 2014 [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: <http://www.evektoraircraft.com/cs/letadla/sportstar-rtc/technicka-data>
- [15] 737-800 Technical Charachteristics. *Boeing* [online]. 2014 [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: http://www.boeing.com/boeing/commercial/737family/pf/pf_800tech.page
- [16] ATR 42 - FULL FLIGHT SIMULATOR. *BalticAviationAcademy* [online]. 2014 [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: <http://www.balticaa.com/en/facilities-and-services/full-flight-simulators-ffs/atr-42---full-flight-simulator/>
- [17] AeroWorks. *AeroWorks* [online]. 2014 [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: <http://merlin.fit.vutbr.cz/AeroWorks/>
- [18] Electronic flight instrument system. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_flight_instrument_system
- [19] Aircraft D-ERTC Photo. *Airport-data.com* [online]. 2004- [cit. 2014-01-15]. Dostupné z: <http://www.airport-data.com/aircraft/photo/000761964.html>
- [20] 777 Navigation Display: by jerome meriweather. *Jerome Meriweather* [online]. 2014 [cit. 2014-01-16]. Dostupné z: <http://www.meriweather.com/flightdeck/777/fwd/nd.html>
- [21] AEROWORKS, VUT-FIT. *Foto simulátoru Boeing 737 NG a EV-97 SportStar*.