Luchthaven Simulatie

Documentsoort:	Behoeftespecificatie
Versie:	2.2
Datum:	22 maart 2018
Auteurs:	Brent van Bladel
Status:	Opgeleverd

1 Samenvatting

Dit document bevat de specificaties voor een informaticasysteem ter ondersteuning van een luchthaven simulatie. Het is geschreven in het kader van het vak "Project Software Engineering" (1ste bachelor informatica - Universiteit Antwerpen).

2 Context

In 2017 is de uitbreiding van de luchthaven van Deurne tot een succesvol einde gebracht. Nu zijn er plannen om in 2018 te starten met een uitbreiding van *Brussels Airport* (beter bekend als Zaventem). Deze uitbreiding van infrastructuur heeft tot gevolg een verhoging van het vliegtuig-verkeer op de taxi- en landingsbanen van de luchthaven. Om luchtverkeersleiders te helpen met deze verhoging heeft het Departement Mobiliteit en Openbare Werken geopteerd een simulatie model te laten ontwikkelen dat dit vliegtuig-verkeer kan simuleren in een luchthaven.

De Universiteit Antwerpen is gevraagd dit systeem te ontwikkelen. In de eerste bachelor informatica zal onder de vakken "Computer Graphics" en "Project Software Engineering" gewerkt worden aan dit project. Tijdens de practica Computer Graphics zal de visualisatie van de simulatie ontwikkeld worden, tijdens de practica Project Software Engineering zal gewerkt worden aan de simulatie applicatie zelf.

3 Legende

De behoeftespecificatie is opgesteld aan de hand van zogenaamde use-cases. Elke use-case beschrijft een klein gedeelte van de gewenste functionaliteit. Het is de bedoeling

dat tijdens elke fase van het project verschillende van die use cases geïmplementeerd worden. Een typische use-case bevat de volgende onderdelen:

- **Refertenummer & titel:**
  Wordt gebruikt om naar een bepaalde use-case te verwijzen.

- **Prioriteit:**
  De specificatie van een systeem vraagt meer dan wat binnen de voorziene tijd op te leveren is. Vandaar dat we per use-case aangeven in hoeverre die functionaliteit belangrijk is. In volgorde van belangrijkheid kan hier staan: VERPLICHT (deze use-case moet opgeleverd worden), BELANGRIJK (niet essentieel maar bij voorkeur toch opleveren), NUTTIG (interessant maar kan weggelaten worden).

- **Doel:**
  Summiere beschrijving van het waarom van de use-case, t.t.z. wat de use-case bijdraagt tot de gehele functionaliteit.

- **Preconditie:**
  Summiere beschrijving van de uitgangspunten bij aanvang van de use-case.

- **Succesvol einde:**
  Summiere beschrijving van wat opgeleverd zal worden als er niks fout is gegaan.

- **Stappen:**
  Een sequentiële beschrijving van hoe de use-case precies zal verlopen als alles goed gaat (het zogenaamde "happy day scenario"). De stappen zijn genummerd en kunnen controle instructies (WHILE, IF, ...) bevatten.

- **Uitzonderingen:**
  Een lijst van mogelijke probleemgevallen en hoe die behandeld zullen worden. Een probleem geval (a) verwijst naar het nummer van de stap waar het probleem kan optreden, (b) bevat een conditie die aangeeft wanneer het probleemgeval optreedt, (c) omschrijft heel kort (een lijn) hoe het probleem behandeld zal worden.

- **Voorbeeld:**
  Een voorbeeld van wat in- of uitgevoerd kan worden.

Soms is een use-case een uitbreiding van een andere use-case, en dan zijn volgende onderdelen relevant:

- **Uitbreiding:**
  Een referte naar de use-case waarvan deze een uitbreiding is.

- **Stappen:**
  Een lijst van extra en/of aangepaste stappen t.o.v de use-case waarvan deze een uitbreiding is.
  Een uitbreiding (a) verwijst naar het nummer van de stap die uitgebreid wordt, (b) zegt of de uitbreiding voor, na of tijdens de normale stap zal gebeuren, (c) omschrijft wat precies in de uitbreiding zal gebeuren.

4 Overzicht

Use-Case	**Prioriteit**
1: Invoer	
1.1. Luchthaven en vliegtuigen inlezen	VERPLICHT
1.2. Landingsbaan met type inlezen	VERPLICHT
1.3. Vliegtuig met type inlezen	VERPLICHT
1.4. Landingsbaan met taxi-route inlezen	BELANGRIJK
1.5. Vliegtuig met vliegroute inlezen	NUTTIG
2: Uitvoer	
2.1. Simpele uitvoer	VERPLICHT
2.2. Communicatie luchtverkeersleider	VERPLICHT
2.3. Grafische impressie	BELANGRIJK
2.4. Integratie met graphics	BELANGRIJK
3: Simulatie	
3.1. Landen van vliegtuigen	VERPLICHT
3.2. Opstijgen van vliegtuigen	VERPLICHT
3.3. Vliegtuig aan gate	BELANGRIJK
3.4. Controle luchtverkeersleider	VERPLICHT
3.5. Automatische simulatie	VERPLICHT
3.6. Botspreventie	BELANGRIJK
3.7. Uitgebreid taxiën	BELANGRIJK
3.8. Realistische tijd	BELANGRIJK
3.9. Planning van vluchten	NUTTIG
3.10. Prioriteitscommunicatie	NUTTIG
3.11. Brandstof verbruik	NUTTIG
4: Gebruikersinterface	
4.1. GUI voor simulatie	NUTTIG
4.2. GUI voor luchtverkeersleiders	NUTTIG

1.1. Luchthaven en vliegtuigen inlezen

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Inlezen van het schema van de luchthaven. De verschillende landingsbanen, hoe die met elkaar verbonden zijn en de verschillende vliegtuigen.

Preconditie:
Een ASCII bestand met daarop een beschrijving van de luchthaven en vliegtuigen. (Zie Appendix A voor meer informatie over het XML formaat)

Succesvol einde:
Het systeem bevat een schema met de verschillende landingsbanen, en informatie over alle vliegtuigen.

Stappen:
1. Open invoerbestand
2. WHILE Bestand niet ingelezen
2.1. Herken het soort element (RUNWAY, AIRPLANE, AIRPORT)
2.2. Lees verdere informatie voor het element
2.3. IF Verifieer geldige informatie
2.3.1. THEN Voeg element toe aan de virtuele luchthaven
2.3.1. ELSE Foutboodschap + positioneer op volgende element in het bestand
3. Verifieer consistentie van de luchthaven
4. Sluit invoerbestand

Uitzonderingen:
2.1. [Onherkenbaar element] Foutboodschap + positioneer op volgende element in het bestand ⇒ verdergaan vanaf stap 2
2.2. [Ongeldige informatie] Foutboodschap + positioneer op volgende element in het bestand ⇒ verdergaan vanaf stap 2
3. [Inconsistente luchthaven] Foutboodschap ⇒ verdergaan vanaf stap 4

Voorbeeld:
Een luchthaven met een landingsbaan en een vliegtuig.

```
<AIRPORT>
    <name>Antwerp International Airport</name>
    <iata>ANR</iata>
    <callsign>Antwerp Tower</callsign>
    <gates>10</gates>
</AIRPORT>

<RUNWAY>
    <name>11R</name>
    <airport>ANR</airport>
</RUNWAY>

<AIRPLANE>
    <number>N11842</number>
    <callsign>Cessna 842</callsign>
    <model>Cessna 340</model>
    <status>Approaching</status>
</AIRPLANE>
```

1.2. Landingsbaan met type inlezen

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Een landingsbaan kan enkel gebruikt worden door bepaalde vliegtuigen afhangend van het type (gras of verhard) en de lengte (in meter). Om dit in de simulatie te kunnen opnemen, moet deze data ook ingelezen worden.

Uitbreiding:
Use Case 1.1

Stappen:
[2, tijdens] Hou rekening met extra attributen 'type' en 'length'

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Voorbeeld van verschillende types.

```
<AIRPORT>
    <name>Antwerp International Airport</name>
    <iata>ANR</iata>
    <callsign>Antwerp Tower</callsign>
    <gates>10</gates>
</AIRPORT>

<RUNWAY>
    <name>11R</naam>
    <airport>ANR</airport>
    <type>asphalt</type>
    <length>1510</length>
</RUNWAY>

<RUNWAY>
    <name>11L</naam>
    <airport>ANR</airport>
    <type>grass</type>
    <length>1010</length>
</RUNWAY>
```

1.3. Vliegtuig met type inlezen

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Een specifiek vliegtuig kan enkel bepaalde landingsbanen gebruiken afhangend van het type en de lengte. Om dit in de simulatie te kunnen opnemen, moet deze data ook ingelezen worden. Zie Appendix B voor meer informatie over de verschillende soorten vliegtuig.

Uitbreiding:
Use Case 1.1

Stappen:
[2, tijdens] Hou rekening met extra attributen 'type', 'engine' en 'size'

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Voorbeeld van verschillende types.

```
<AIRPLANE>
    <number>N11842</number>
    <callsign>Cessna 842</callsign>
    <model>Cessna 340</model>
    <type>private</type>
    <engine>propeller</engine>
    <size>small</size>
</AIRPLANE>

<AIRPLANE>
    <number>BAW466</number>
    <callsign>Speedbird 466</callsign>
    <model>Boeing 747</model>
    <type>airline</type>
    <engine>jet</engine>
    <size>large</size>
</AIRPLANE>
```

1.4. Landingsbaan met taxi-route inlezen

Prioriteit:
BELANGRIJK

Doel:
Een landingsbaan heeft een specifieke taxi-route. Om dit in de simulatie te kunnen opnemen, moet deze data ook ingelezen worden. Zie Appendix C voor een voorbeeld van de layout.

Uitbreiding:
Use Case 1.1

Stappen:
[2, tijdens] Hou rekening met extra attributen

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Voorbeeld van taxi-routes.

```
<RUNWAY>
    <name>11R</naam>
    <airport>ANR</airport>
    <TAXIROUTE>
         <taxipoint>Alpha</taxipoint>
    </TAXIROUTE>
</RUNWAY>

<RUNWAY>
    <name>11L</naam>
    <airport>ANR</airport>
    <TAXIROUTE>
         <taxipoint>Alpha</taxipoint>
         <crossing>11R</crossing>
         <taxipoint>Bravo</taxipoint>
    </TAXIROUTE>
</RUNWAY>
```

1.5. Vliegtuig met vliegroute inlezen

Prioriteit:
NUTTIG

Doel:
Een vliegtuig heeft een vaste vliegroute. Om dit in de simulatie te kunnen opnemen, moet deze data ook ingelezen worden.

Uitbreiding:
Use Case 1.1

Stappen:
[2, tijdens] Hou rekening met extra attributen

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Voorbeeld van een vliegroute.

```
<AIRPLANE>
    <number>BAW466</number>
    <callsign>Speedbird 466</callsign>
    <model>Boeing 737</model>
    <type>airline</type>
    <engine>jet</engine>
    <size>medium</size>
    <FLIGHTPLAN>
        <destination>LCY</destination>
        <departure>15</departure>
        <arrival>45</arrival>
        <interval>1</interval>
    </FLIGHTPLAN>
</AIRPLANE>
```

Merk op dat een vliegroute vertrekt van de gesimuleerde luchthaven en gaat naar de `destination` luchthaven.

De `departure` tijd is de vertrektijd op de gesimuleerde luchthaven, de `arrival` tijd is de aankomsttijd op de gesimuleerde luchthaven. Beide zijn in minuten, de `interval` tijd is in uur. Dus, in dit voorbeeld, komt er voor deze vlucht een vliegtuig aan elk uur om kwart na en vertrekt dit vliegtuig terug een half uur later om kwart voor.

2.1. Simpele uitvoer

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Uitvoer van alle informatie in de virtuele luchthaven.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor de virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Het systeem heeft een tekstbestand (ASCII) uitgevoerd, waarin de informatie over de virtuele luchthaven netjes is uitgeschreven.

Stappen:
1. Open uitvoerbestand
2. WHILE Nog luchthavens beschikbaar
2.1. Schrijf luchthaven-gegevens uit
3. WHILE Nog vliegtuigen beschikbaar
3.1. Schrijf vliegtuig-gegevens uit
4. Sluit uitvoerbestand

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Gegeven de input van 1.1

```
Airport: Antwerp International Airport (ANR)
 -> gates: 10
 -> runways: 1

Airplane: Cessna 842 (N11842)
 -> model: Cessna 340
 -> type: private
 -> engine: propeller
 -> size: small
```

2.2. Communicatie luchtverkeersleider

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Om een realistische simulatie te bekomen moet de communicatie tussen de luchtverkeersleider en de vliegtuigen ook worden weergegeven. Zie Appendix E voor een gedetailleerd overzicht van de verschillende berichten.

Preconditie:
Het systeem bevat een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Het systeem heeft een tekstbestand (ASCII) uitgevoerd, waarin de communicatie tussen de luchtverkeersleider en de vliegtuigen netjes is uitgeschreven.

Stappen:
1. Open uitvoerbestand
2. WHILE simulatie is lopend
2.1 Schrijf communicatie tussen luchtverkeersleider en vliegtuigen uit
3. Sluit uitvoerbestand

Uitzonderingen:
Geen

2.3. Grafische impressie

Prioriteit:
BELANGRIJK

Doel:
De toestand van de luchthaven wordt grafisch weergegeven. Zie Appendix C voor een voorbeeld van de layout van een luchthaven.

Preconditie:
Het systeem is correct geïnitialiseerd.

Succesvol einde:
Het systeem heeft een tekstbestand (ASCII) uitgevoerd, waarin de toestand van de luchthaven staat beschreven.

Stappen:
1. Open uitvoerbestand
2. Teken gegevens uit voor de toestant van de luchthaven
3. Sluit uitvoerbestand

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Indien twee landingsbanen (11R en 11L), twee taxipoints (TPA en TPB) en twee vliegtuigen (V).

```
11L | ====V=====
TPB |
11R | ==========
TPA |
Gates [ V    ]
```

2.4 Integratie met graphics

Prioriteit:
BELANGRIJK

Doel:
Onze klant had graag een 3D vizualisatie gehad van het vliegtuigverkeer op de luchthaven. Hiervoor kan je een standaard interface voor je graphics engine gebruiken.

Preconditie:
Het systeem is correct geïnitialiseerd.

Succesvol einde:
Elke beweging van vliegtuigen wordt weergegeven in een 3D omgeving.

3.1. Landen van vliegtuigen

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Simuleren van het landen van een vliegtuig.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven. Er is een vliegtuig met als status `Approaching`.

Succesvol einde:
Het vliegtuig is geland op een landingsbaan waarop dat soort vliegtuig kan landen. (Zie Appendix B voor meer informatie over de verschillende soorten vliegtuig.) Het vliegtuig bevindt zich aan een gate in de luchthaven. Het systeem heeft een boodschap afgedrukt met de details van de landing.

Stappen:
0. Aankomende vliegtuigen vliegen op een hoogte van 10000 ft.
1. WHILE vliegtuig hoger dan 1000 ft.
1.1 Vliegtuig daalt 1000 ft.
2. Vliegtuig landt op een vrije landingsbaan
3. Vliegtuig taxiet naar een vrije gate

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Gegeven de input van 1.1

```
Cessna 842 is approaching Antwerp International Airport at 10.000 ft.
Cessna 842 descended to 9.000 ft.
Cessna 842 descended to 8.000 ft.
Cessna 842 descended to 7.000 ft.
Cessna 842 descended to 6.000 ft.
Cessna 842 descended to 5.000 ft.
Cessna 842 descended to 4.000 ft.
Cessna 842 descended to 3.000 ft.
Cessna 842 descended to 2.000 ft.
Cessna 842 descended to 1.000 ft.
Cessna 842 is landing at Antwerp International Airport on runway 11R
Cessna 842 has landed at Antwerp International Airport on runway 11R
Cessna 842 is taxiing to Gate 1
Cessna 842 is standing at Gate 1
```

3.2. Opstijgen van vliegtuigen

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Simuleren van het opstijgen van een vliegtuig.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven. Er is een vliegtuig met als status `Standing at gate`.

Succesvol einde:
Het vliegtuig is opgestegen van een landingsbaan waarop dat soort vliegtuig kan opstijgen. (Zie Appendix B voor meer informatie over de verschillende soorten vliegtuig.) Het vliegtuig heeft de luchthaven verlaten. Het systeem heeft een boodschap afgedrukt met de details van het vertrek.

Stappen:
1. Vliegtuig taxiet naar een vrije landingsbaan
2. Vliegtuig stijgt op
3. WHILE vliegtuig lager dan 5000 ft.
3.1 Vliegtuig stijgt 1000 ft.

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:
Gegeven de input van 1.1

```
Cessna 842 is standing at Gate 1
Cessna 842 is taxiing to runway 11R
Cessna 842 is taking off at Antwerp International Airport on runway 11R
Cessna 842 ascended to 1.000 ft.
Cessna 842 ascended to 2.000 ft.
Cessna 842 ascended to 3.000 ft.
Cessna 842 ascended to 4.000 ft.
Cessna 842 ascended to 5.000 ft.
Cessna 842 has left Antwerp International Airport
```

3.3. Vliegtuig aan gate

Prioriteit:
BELANGRIJK

Doel:
Simuleren van het staan van een vliegtuig aan een gate.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven. Er staat een vliegtuig aan een gate.

Succesvol einde:
Het vliegtuig is klaar om te vertrekken.

Stappen:
1. IF vliegtuig is net geland
1.1. laat passagiers afstappen
1.2. technische controle van het vliegtuig
2. IF vliegtuig gaat vertrekken
2.1. vul brandstof bij van het vliegtuig
2.2. laat passagiers opstappen

Uitzonderingen:
Geen

Voorbeeld:

```
4 passengers exited Cessna 842 at gate 1 of Antwerp International Airport
Cessna 842 has been checked for technical malfunctions
Cessna 842 has been refueled
4 passengers boarded Cessna 842 at gate 1 of Antwerp International Airport
```

3.4. Controle luchtverkeersleider

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
De luchtverkeersleider controleert dat alles goed verloopt.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Het landen, opstijgen en taxiën van vliegtuigen gebeurde met toestemming van de luchtverkeersleider. Zie Appendix D voor de volledige procedures die gevolgd moeten worden.

Uitbreiding:
use case 3.1
use case 3.2

3.5. Automatische simulatie

Prioriteit:
VERPLICHT

Doel:
Simulatie automatisch laten lopen.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Alle vliegtuigen hebben het luchtruim rond de luchthaven verlaten en de simulatie stopt.

Stappen:
1. WHILE vliegtuigen op luchthaven
1.1 FOR elk vliegtuig op de luchthaven
1.1.1 voer een stap uit van use case 3.1, use case 3.3, of use case 3.2

3.6. Botspreventie

Prioriteit:
BELANGRIJK

Doel:
Vliegtuigen kunnen niet tegelijk dezelfde landingsbaan gebruiken. De luchtverkeersleider zorgt ervoor dat dit niet gebeurd.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Een vliegtuig die een landingsbaan wilt gebruiken moet van de verkeersleider wachten tot deze vrij is.

Uitbreiding:
use case 3.1
use case 3.2
use case 3.4

Opmerkingen:
Een landingsbaan is niet vrij als:

- een vliegtuig "on final approach" is van de landingsbaan.
- een vliegtuig aan het landen is, of net geland is, op de landingsbaan.
- een vliegtuig op de landingsbaan staat om op te stijgen.
- een vliegtuig aan het opstijgen is, of net opgestegen is, op de landingsbaan.
- een vliegtuig de landingsbaan oversteekt tijdens taxiën.
- een vliegtuig stil staat op de landingsbaan na een noodlanding.

Er mag dus maar 1 van deze acties tegelijk gebeuren voor een specifieke landingsbaan. Wel mogen vliegtuigen de "holding short" status hebben bij de landingsbaan tijdens deze acties.

Opmerking: het oversteken van de landingsbaan kan wel gebeuren terwijl een ander vliegtuig stil staat op de landingsbaan (klaar om op te stijgen of na noodlanding).

De luchtverkeersleider moet ervoor zorgen dat deze condities voldaan zijn door middel van de verschillende procedures in Appendix D.

3.7. Uitgebreid taxiën

Prioriteit:
BELANGRIJK

Doel:
Vliegtuigen taxiën via de taxi-route van en naar een landingsbaan. Zie Appendix C voor de layout en Appendix D voor het taxi-protocol. Hiervoor moet je ook use case 1.4 implementeren.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Vliegtuigen taxiën van en naar een landingsbaan via de taxi-route.

Uitbreiding:
Use case 3.1
Use case 3.2

Opmerkingen:
De communicatie met de luchtverkeersleider moet dit ook weergeven (zie use case 2.2). Indien use case 3.6 is geïmplementeerd mogen vliegtuigen enkel een landingsbaan oversteken wanneer deze vrij is.

3.8. Realistische tijd

Prioriteit:
BELANGRIJK

Doel:
Om een meer realistische simulatie te bekomen moet er rekening gehouden worden met de tijd. De kleinste tijdsstap is de simulatie is 1 minuut, de simulatie begint om 12:00. In Appendix F is er een overzicht voorzien van de verschillende acties en de bijhorende tijd.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
De simulatie gebeurt met realistische tijd.

Uitbreiding:
Use case 3.5

Opmerkingen:
Indien use case 1.5 is geïmplementeerd moeten vliegtuigen aankomen en vertrekken op de ingelezen tijden volgens het interval.

3.9. Planning van vluchten

Prioriteit:
NUTTIG

Doel:
Luchtverkeersleiders kunnen vluchten op tijd laten vertrekken door rekening te houden het andere verkeer op de luchthaven. Hiervoor moet je ook use case 1.5 en use case 3.8 implementeren.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Een vliegtuig begint met opstijgen op het voorziene vertrek uur. De tijd dat passagiers in het vliegtuig zitten wordt geminimaliseerd.

3.10. Prioriteitscommunicatie

Prioriteit:
NUTTIG

Doel:
Een luchtverkeersleider kan maar 1 vliegtuig tegelijk beantwoorden. Als meerdere vliegtuigen tegelijk proberen te communiceren zal het vliegtuig met de hoogste squawk code eerst beantwoord worden. Bovendien zullen vliegtuigen met een hogere squawk code voorang krijgen op het gebruik van een landingsbaan.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Communicatie tussen vliegtuigen en luchtverkeersleiders gebeurt volgens de prioriteit van de squawk code. Luchtverkeersleiders geven voorang aan vliegtuigen met een hogere squawk code voor het gebruik van een landingsbaan.

Uitbreiding:
Use case 2.2

Opmerkingen:
In Appendix B is een overzicht voorzien van de verschillende mogelijke squawk codes voor elk type vliegtuig. De squawk code wordt door de luchtverkeersleider willekeurig toegekend aan een vliegtuig volgens dit overzicht, en de squawk code moet uniek zijn. De squawk code is octaal, en kan dus enkel de cijfers 0 tot en met 7 bevatten.

De volgende squawk codes zijn voorbehouden voor specifieke gebeurtenissen:

- **7500** Aircraft Hijacking
- **7600** Radio Failure
- **7700** Emergency

3.11. Brandstof verbruik

Prioriteit:
NUTTIG

Doel:
Simulatie van realistisch brandstof verbruik. In Appendix G is er een overzicht voorzien van de verschillende acties en het bijhorende brandstof verbruik.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
De hoeveelheid brandstof in een vliegtuig gaat omlaag tijdens het vliegen.

Opmerkingen:
Indien een vliegtuig geen brandstof meer heeft tijdens het vliegen zal het beginnen dalen aan 500 ft. per tijdstap. Zijn squawk code mag dan op 7700 gezet worden. In Appendix D.4 is het protocol beschreven dat gevolgd moet worden.

4.1. GUI voor simulatie

Prioriteit:
NUTTIG

Doel:
Een gebruiksvriendelijke userinterface hebben voor het uitvoeren van de simulatie.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
De simulatie kan beheerd worden aan de hand van een grafische userinterface.

4.2. GUI voor luchtverkeersleiders

Prioriteit:
NUTTIG

Doel:
Een gebruiksvriendelijke userinterface hebben voor het beheren van vliegtuigen: tussen simulatiestappen kan je instructies geven als luchtverkeersleider.

Preconditie:
Het systeem bevat een grondplan voor een virtuele luchthaven.

Succesvol einde:
Vliegtuigen kunnen manueel aangepast worden aan de hand van een grafische user-interface.

A Invoer formaat

Het invoerformaat voor de virtuele luchthaven is zodanig gekozen dat nieuwe attributen en elementen makkelijk kunnen worden toegevoegd.

```
AirportSim = { Element }
Element = "<" ElementType ">" AttributeList "</" ElementType ">"
ElementType = "AIRPORT" | "RUNWAY" | "AIRPLANE" | "TAXIROUTE" | "FLIGHTPLAN"
AttributeList = Attribute { Attribute }
Attribute = "<" AttributeType ">" AttributeValue "</" AttributeType ">"
AttributeType = "name" | "iata" | "callsign" | "gates" | "airport"
                | "number" | "model" | "status" | "passengers"
                | "fuel" | "type" | "length" | "engine" | "size"
                | "taxipoint" | "crossing" | "destination"
                | "departure" | "arrival" | "interval"
AttributeValue = Integer | String
Integer = Digit { Digit }
Digit = "0" ... "9"
String = Character { Character }
Character = "a" ... "z" | "A" ... "Z" | Digit
```

Merk op dat de attribuutlijst een relatief vrij formaat heeft wat sterk zal afhangen van het soort element dat gedefinieerd wordt. De volgende tabel toont de verplichte en optionele attributen voor elk element:

ElementType	Attribute (mandatory)	Attribute (optional)
AIRPORT	name, iata, callsign, gates	-/-
RUNWAY	name, airport, type, length	TAXIROUTE
AIRPLANE	number, callsign, model, status, type, engine, size	passengers, fuel, FLIGHTPLAN
TAXIROUTE	taxipoint	crossing
FLIGHTPLAN	destination, departure, arrival, interval	-/-

Bovendien zal afhankelijk van het attribuuttype slechts een bepaalde attribuutwaarde toegelaten zijn:

AttributeType	AttributeValue
name, iata, callsign, airport, number, model, status, type, engine, size, taxipoint, crossing, destination	String
gates, passengers, fuel, lentgth, departure, arrival, interval	Integer

Bovendien moet de openings tag steeds overeenkomen met de sluitingstag. Vandaar dat tijdens de invoer moet gecontroleerd worden of de invoer al dan niet geldig is.

Het bestand met de in te lezen luchthaven wordt met de hand geschreven. Om de ingelezen luchthaven te kunnen simuleren moet de informatie consistent zijn.

Een luchthaven is consistent als:

- Elke landingsbaan is verbonden met een bestaande luchthaven.
- Er maximaal 1 vliegtuig aan elke gate staat.
- Elk vliegtuig voldoet aan de specificatie in Appendix B.
- Elke crossing verwijst naar een bestaande landingsbaan op dezelfde luchthaven.

Opmerkingen:

- Gates worden gewoon genummerd van 1 tot n, waarbij n het aantal gates.
- De iata code wordt gebruikt als unieke identificatie van een luchthaven.
- De registratienummer (number) wordt gebruikt als unieke identificatie van een vliegtuig.
- De combinatie van naam en bijhorende luchthaven wordt gebruikt als unieke identificatie van een landingsbaan.
- De attributen “fuel” en “passengers” geven de maximale hoeveelheid weer. We gaan er van uit dat vliegtuigen altijd vliegen met maximale hoeveelheid.

B Vliegtuig Types

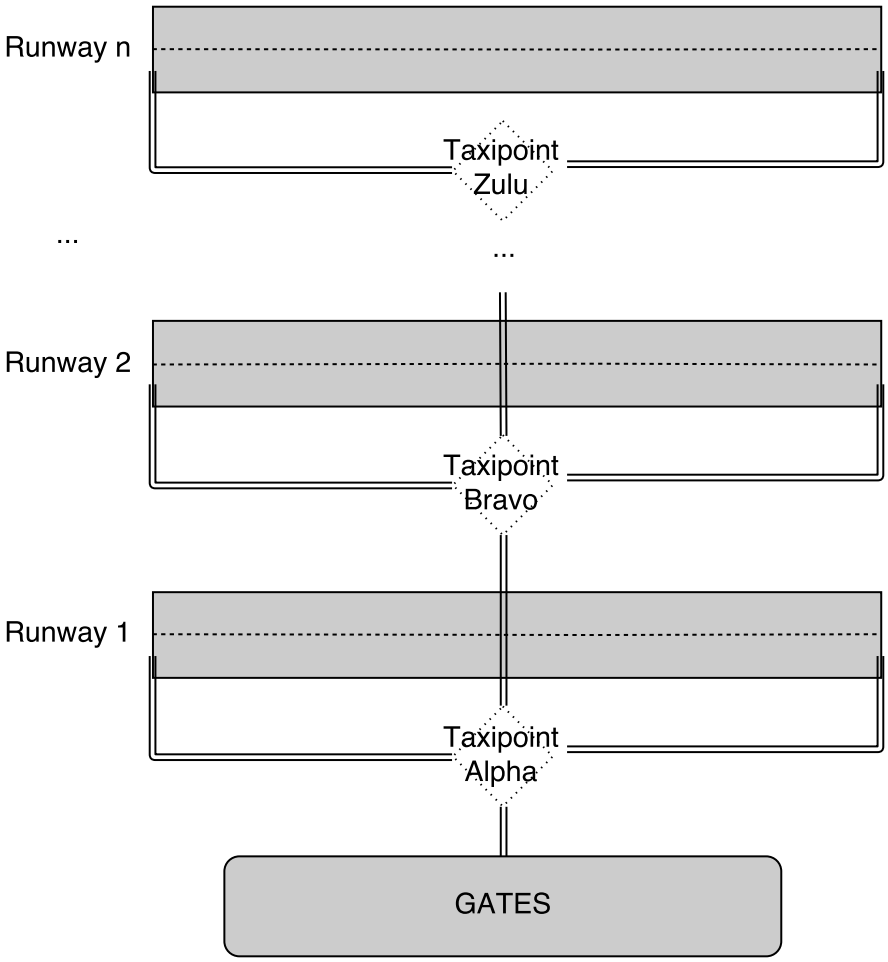
Overzicht van de verschillende soorten vliegtuig en hun eigenschappen:

Type	Size	Engine	Squawk codes	Example
private	small	propeller, jet	0001-0777	Cessna 340
private	medium	jet	1000-1777	Hawker 800
airline	medium	propeller	2000-2777	Fokker 50
airline	medium	jet	3000-3777	Boeing 737
airline	large	jet	4000-4777	Boeing 747
military	small	jet	5000-5777	F16
military	large	propeller	5000-5777	Airbus A400M
emergency	small	propeller	6000-6777	Beechcraft B200T

Overzicht van bruikbare landingsbanen voor de verschillende soorten vliegtuig:

Size	Engine	Grass?	Length (meters)
small	propeller	yes	500
small	jet	no	1000
medium	propeller	no	1000
medium	jet	no	2000
large	propeller	no	1500
large	jet	no	3000

C Luchthaven Layout



D Luchtverkeersleider Procedures

D.1 Landen

De landingsprocedure begint met het aankomende vliegtuig op een hoogte van 10.000 ft.

- **Op 10.000 ft:** Het vliegtuig contacteert de luchtverkeersleider. De luchtverkeersleider geeft toestemming om te dalen tot 5000 ft.
- **Op 5.000 ft:** De luchtverkeersleider contacteert het vliegtuig en beslist of (a) het vliegtuig toestemming heeft om te dalen tot 3000 ft.; of (b) het vliegtuig een wachtpatroon rond de luchthaven moet vliegen op 5000 ft.
- **Op 3.000 ft:** De luchtverkeersleider contacteert het vliegtuig en beslist of (a) het vliegtuig toestemming heeft om te landen; of (b) het vliegtuig een wachtpatroon rond de luchthaven moet vliegen op 3000 ft.
- **Minder dan 3.000 ft:** Het vliegtuig is "on final approach" van de landingsbaan. De landing kan niet meer afgebroken worden.
- **Na de landing:** Het vliegtuig verlaat de landingsbaan om andere vliegtuigen niet te blokkeren, en contacteert vervolgens de luchtverkeersleider. De luchtverkeersleider geeft taxi-instructies aan het vliegtuig (zie sectie D.3).

Opmerking: Om veiligheidsredenen kan er maar 1 vliegtuig tegelijk een wachtpatroon vliegen op een bepaalde hoogte. In totaal kunnen er dus maximaal 2 vliegtuigen wachtpatronen vliegen: 1 op 5000 ft en 1 op 3000 ft.

D.2 Opstijgen

De vertrekprocedure begint met het vliegtuig aan de gate.

- **Aan de gate:** Het vliegtuig contacteert de luchtverkeersleider. De luchtverkeersleider geeft toestemming voor de vlucht en om de gate te verlaten.
- **Van de gate:** Het vliegtuig contacteert de luchtverkeersleider. De luchtverkeersleider geeft taxi-instructies aan het vliegtuig (zie sectie D.3).
- **Wachtend aan de landingsbaan:** Het vliegtuig contacteert de luchtverkeersleider. De luchtverkeersleider beslist of (a) het vliegtuig moet wachten; of (b) het vliegtuig toestemming heeft om de landingsbaan op te rijden; of (c) het vliegtuig toestemming heeft om de landinsbaan op te rijden en onmiddelijk daarna te vertrekken.

- **Wachtend op de landingsbaan:** De luchtverkeersleider contacteert het vliegtuig en geeft toestemming om te vertrekken.

Opmerking: Om veiligheidsredenen kan er maar 1 vliegtuig tegelijk wachten aan een landingsbaan. Er kan ook maar 1 vliegtuig wachten op een landingsbaan.

D.3 Taxiën

Indien Use case 3.7 niet geïmplementeerd is zal de luchtverkeersleider onmiddelijk alle taxi-instructies geven. Het vliegtuig volgt deze instructies volledig tot aan landingsbaan of tot aan de gate.

Indien Use case 3.7 wel geïmplementeerd is zal de luchtverkeersleider taxi-instructies geven tot de eerste landingsbaan crossing (indien aanwezig in de taxiroute). Het vliegtuig volgt deze instructies en wacht aan de landingsbaan op toestemming om deze over te steken, waarna verdere taxi-instructies gegeven worden.

D.4 Noodgeval

Wanneer een vliegtuig geen brandstof meer ontstaat er een noodsituatie. Er zijn twee mogelijkheden.

- **3000 ft. of hoger:** Het vliegtuig contacteert de luchtverkeersleider en meldt het noodgeval. De luchtverkeersleider bevestigt en zal een landingsbaan vrij houden voor het vliegtuig. Eens het vliegtuig veilig geland is zullen de passagiers moeten uitstappen. Daarna zal een technische controle worden uitgevoerd, en vervolgens kan het vliegtuig getankt worden. Pas hierna kan het vliegtuig de landingsbaan verlaten naar een gate.
- **Minder dan 3000 ft.:** Het vliegtuig contacteert de luchtverkeersleider en meldt het noodgeval. De luchtverkeersleider contacteert de hulpdiensten. Het vliegtuig maakt een noodlanding buiten de luchthaven.

E Luchtverkeersleider Communicatie

Elk bericht moet worden weergegeven in deze vorm:

```
[<time>][<source>]
$ <message>
```

met `time` de huidige tijd, `source` de zender van het bericht, en `message` het bericht zelf. Bijvoorbeeld:

```
[12:15][BAW466]
$ This is Speedbird four six six.
```

De volgende secties geven een overzicht van de communicatie. Hierbij zal `air` het vliegtuig zijn en `atc` de luchtverkeersleider. Wat tussen visgraathaakjes staat moet vervangen worden door de correcte data.

Opmerking: Communicatie met luchtverkeersleiders gebruikt het NATO alfabet voor letter en cijfer combinaties, alsook voor getallen. Voor een volledig overzicht van het NATO alfabet, zie:
`https://en.wikipedia.org/wiki/NATO_phonetic_alphabet`

E.1 Landen

Initiele communicatie op 10.000 ft:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, arriving at <airport-name>.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, radar contact, descend and maintain five thousand
feet, squawk <squawk-code>.
[3][AIR]
$ Descend and maintain five thousand feet, squawking <squawk-code>,
<air-callsign>.
```

Communicatie voor wachtpatroon:

```
[1][ATC]
$ <air-callsign>, hold south on the one eighty radial, expect
further clearance at <time>.
[2][AIR]
$ Holding south on the one eighty radial, <air-callsign>.
```

Communicatie op 5.000 ft, toestemming tot dalen:

```
[1][ATC]
$ <air-callsign>, descend and maintain three thousand feet.
[2][AIR]
$ Descend and maintain three thousand feet, <air-callsign>.
```

Communicatie op 3.000 ft, toestemming tot landen:

```
[1][ATC]
$ <air-callsign>, cleared ILS approach runway <runway-name>.
[2][AIR]
$ Cleared ILS approach runway <runway-name>, <air-callsign>.
```

Communicatie na het landen:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, runway <runway-name> vacated.
[2][ATC]
$ <taxi-instructions>
```

E.2 Opstijgen

Communicatie aan de gate:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, requesting IFR clearancy to
<destination>.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, <atc-callsign>, cleared to <destination>, maintain
five thousand, expect flight level one zero zero - ten minutes after
departure, squawk <squawk-code.>
[3][AIR]
Cleared to <destination>, initial altitude five thousand, expecting
one zero zero in ten, squawking <squawk-code>, <air-callsign>.
```

Communicatie aan de gate na IFR toestemming:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign> at gate <gate-number>, requesting
pushback.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, <atc-callsign>, pushback approved.
[3][AIR]
Pushback approved, <air-callsign>.
```

Communicatie van de gate:

```
[1][AIR]
$ <air-callsign> is ready to taxi.
[2][ATC]
$ <taxi-instructions>
```

Communicatie aan de landingsbaan, wachten:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, holding short at <runway-name>.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, hold position.
[3][AIR]
$ Holding position, <air-callsign>.
```

Communicatie aan de landingsbaan, toestemming om de landingsbaan te betreden:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, holding short at <runway-name>.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, line-up runway <runway-name> and wait.
[3][AIR]
$ Lining up runway <runway-name> and wait, <air-callsign>.
```

Communicatie aan de landingsbaan, toestemming om de landingsbaan te betreden en te vertrekken:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, holding short at <runway-name>.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, runway <runway-name> cleared for take-off.
[3][AIR]
$ Runway <runway-name> cleared for take-off, <air-callsign>.
```

Communicatie op de landingsbaan, toestemming om te vertrekken:

```
[1][ATC]
$ <air-callsign>, runway <runway-name> cleared for take-off.
[2][AIR]
$ Runway <runway-name> cleared for take-off, <air-callsign>.
```

E.3 Taxiën

Communicatie taxi-instructies naar crossing:

```
[1][ATC]
$ <air-callsign>, taxi to holding point <runway-name> via
<taxipoint-name>.
[2][AIR]
$ Taxi to holding point <runway-name> via <taxipoint-name>,
<air-callsign>.
```

Communicatie taxi-instructies naar landingsbaan:

```
[1][ATC]
$ <air-callsign>, taxi to runway <runway-name> via <taxipoint-name>.
[2][AIR]
$ Taxi to runway <runway-name> via <taxipoint-name>, <air-callsign>.
```

Communicatie taxi-instructies naar gate:

```
[1][ATC]
$ <air-callsign>, taxi to gate <gate-number> via <taxipoint-name>.
[2][AIR]
$ Taxi to gate <gate-number> via <taxipoint-name>, <air-callsign>.
```

Communicatie aan crossing:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, holding short at <runway-name>.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, cleared to cross <runway-name>, <taxi-instructions>
[3][AIR]
$ Cleared to cross <runway-name>, <taxi-instructions>
```

Communicatie aan crossing, wachten:

```
[1][AIR]
$ <atc-callsign>, <air-callsign>, holding short at <runway-name>.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, hold position.
[3][AIR]
$ Holding position, <air-callsign>.
```

E.4 Noodgeval

Communicatie noodgeval op 3000 ft of meer:

```
[1][AIR]
$ Mayday mayday mayday, <atc-callsign>, <air-callsign>, out of fuel,
request immediate landing, <passengers> persons on board.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, roger mayday, squawk seven seven zero zero,
cleared ILS landing runway <runway-name>.
```

Communicatie noodgeval op minder dan 3000 ft:

```
[1][AIR]
$ Mayday mayday mayday, <atc-callsign>, <air-callsign>, out of fuel,
performing emergency landing, <passengers> persons on board.
[2][ATC]
$ <air-callsign>, roger mayday, squawk seven seven zero zero,
emergency personal on standby, good luck!
```

F Overzicht Tijdverbruik

Overzicht van tijdsduur voor verschillende activiteiten:

Action	Plane	Time (minutes)
Changing altitude (1000 ft.)	propeller	2
Changing altitude (1000 ft.)	jet	1
Landing	any	2
Take-off	propeller	3
Take-off	jet	2
Communication (per message)	any	1
Pushing back	small	1
Pushing back	medium	2
Pushing back	large	3
Taxiing (per step)	any	5
Lining up	any	1
Crossing runway	any	1
Boarding airplane	small	5
Exiting airplane	small	5
Boarding airplane	medium	10
Exiting aiplane	medium	10
Boarding airplane	large	15
Exiting airplane	large	15
Technical Check	small	1
Technical Check	medium	2
Technical Check	large	3
Fueling (per 10.000 units)	any	1

G Overzicht Brandstofverbruik

Overzicht van brandstof gebruik per tijdseenheid in de lucht voor de verschillende soorten vliegtuig:

Size	Engine	Fuel Cost
small	propeller	10
small	jet	25
medium	propeller	50
medium	jet	175
large	propeller	100
large	jet	250