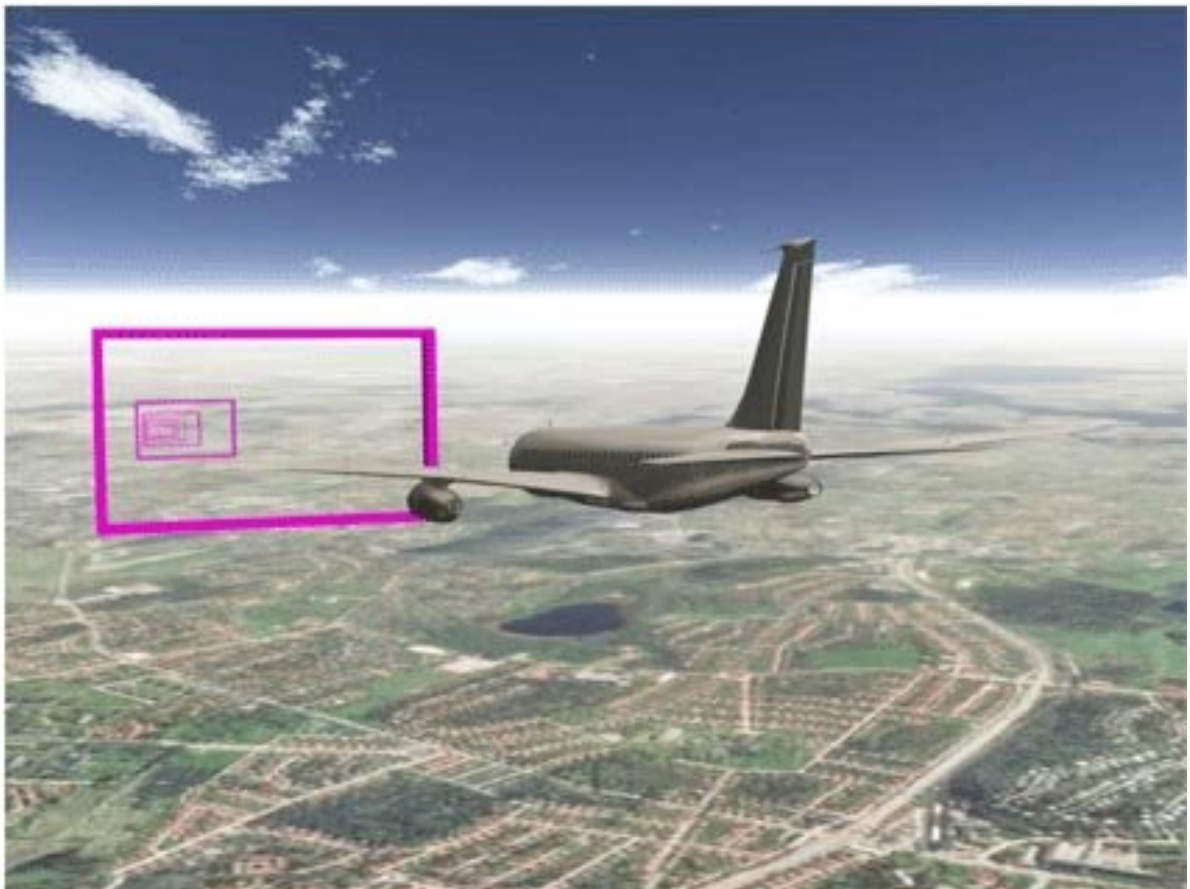


# ATSVIS – Airport Traffic Surveillance and Visual Information System



Examensarbete:  
Magnus Olsson  
Daniel Hunt  
Västerås, Sverige 2006

Examinator: Gustaf Enebog  
MDH.IMA.FLY.0179.2006.C.10p.Sim

Institutionen för matematik och fysik  
MÄLARDALENS HÖGSKOLA I VÄSTERÅS  
Västerås, Sverige 2007

© DANIEL HUNT, MAGNUS OLSSON, 2006.

Institutionen för matematik och fysik  
Mälardalens Högskola i Västerås  
Box 883  
SE-721 23 Västerås  
Sverige  
Telefon +46-021-101300

## Sammanfattning

Det primära målet med examensarbetet var att utforma ett koncept på hur man kan göra flygtrafiken säkrare både på marken och i luften. Konceptet fick namnet ATSVIS, vilket står Airport Traffic Surveillance and Visual Information System. ATSVIS är tänkt att ge anvisningar om vad nya idéer och ny teknologi kan tillföra piloten och trafikledningen. ATSVIS avser även att automatisera och förenkla flygtrafiken, vilket skall leda till säkrare flygtrafik både i luften och på marken. Konceptet ATSVIS kommer att utformas efter egna idéer och från intervjuer med branschfolk. Huvudarbetet av examensarbetet kommer att vara att ta fram en simulator där man kan visa och pröva hur ATSVIS fungerar.

## Abstract

The primary objective with the thesis is to formulate a concept on how to do the air traffic safer, both on the land and in the air. The concept got the name ATSVIS, which stands for Airport Traffic Surveillance and Visual Information System. ATSVIS is intended to give instructions what new ideas and new technology can do, to allocate the pilot and the traffic management. ATSVIS also intend to automate and to simplify the air traffic. The concept is formulated after own ideas and from interviews with people in the flight industry. The central work of the thesis is a simulator in which one can show and to examine how ATSVIS functions work.

## **Förord**

Examensarbetet har utförts på Mälardalens Högskola av Magnus Olsson och Daniel Hunt.

Vi vill tacka Thomas Porathe som med sin forskning på VR för sjöfartsnavigering gett inspiration till detta examensarbete, samt givet oss kunskap om hur man bygger upp en geovisualisering med hjälp av 3ds Max och EON Studio.

Vi vill även ge ett stort tack till Stanley Ekelund på Infotiv Visual Technologies AB som har försett oss med en licens till EON Studio 5.2.

Vi vill även tacka Göran Hasslar som tog emot oss på Luftfartsverket i Norrköping och hjälpte oss att träffa Staffan Törner på ATCC Arlanda samt Björn Gidlund på ATC Arlanda.

# Innehållsförteckning

1.	Inledning .....	1
1.2.	Avgränsningar .....	1
1.3.	Mål med examensarbetet.....	1
1.4.	Metod .....	2
1.5.	Citeringsteknik .....	2
2.	Designen av ATSVIS .....	3
3.	Materialinsamling .....	3
3.1.	Nuvarande flygtrafiksystem.....	3
3.1.1.	Flygtrafik på marken .....	4
3.1.2.	Inflygning och Landning.....	4
3.1.3.	Möte med LVF i Norrköping, ATC och ATCC i Stockholm .....	5
3.2.	Undersökning av tekniska system.....	5
3.2.1.	Virtual Reality och Augmented Reality .....	6
3.2.2.	GPS/Galileo .....	6
3.2.3.	IEEE 802.16 (WiMAX) .....	6
3.2.4.	Head Mounted Display och see-through Head-Mounted Display ..	7
3.2.5.	Motion Tracker.....	7
4.	Planering .....	8
4.1.	Mål .....	8
4.2.	Krav.....	8
5.	Utformning.....	8
5.1.	Mjukvaran .....	9
6.	Tekniken bakom.....	10
6.1.	Den Virtuella världen.....	11
6.2.	Funktioner .....	12
7.	Simulatorn .....	14
7.1.	Noder och Prototyper .....	15
7.2.	Routes.....	15
7.3.	Simuleringen .....	15
7.3.1.	Fysiska lagar .....	16
7.4.	Användargränssnitt .....	17
7.5.	Toppkarta .....	17
7.6.	Stora och lilla världen .....	18
7.6.1.	Trafikgator.....	18
7.6.2.	Problem som är lösta.....	20
7.6.3.	Tänkbara förändringar.....	20
7.7.	Taxning .....	21
7.8.	Cherokee .....	21
7.8.1.	Styrning .....	21
7.8.2.	Användargränssnitt .....	21
7.8.3.	Problem .....	21
7.9.	Problem med EON Studio.....	22
7.9.1.	Simulatorn .....	22
7.9.2.	Programmet.....	22
7.10.	Grafik Problem.....	22
7.11.	Buggar.....	22
7.11.1.	Adaptern.....	22
7.11.2.	Importerings.....	23

7.12.	Kollision.....	23
7.13.	Hastigheten.....	24
8.	Flygoperationer med hjälp av ATSVIS.....	24
8.1.	Inflygning.....	25
8.2.	Taxning .....	26
8.3.	Scenario ATSVIS system.....	27
9.	Utvärdering .....	29

# 1. Inledning

I takt med att flygtrafiken ökar samtidigt som de ekonomiska och miljömässiga kraven på flyget också ökar, ställs det nya krav på flygtrafiksystemen. Nya system håller på att utvecklas som ADS-B, vilket kommer att hjälpa piloten att dels navigera samt hålla uppsikt på övrig flygtrafik. Detta examensarbete är tänkt att med hjälp av ny teknik och nya idéer utforma ett koncept för hur ett framtida flygtrafiksystem skulle kunna se ut.

## 1.1. Bakgrund till examensarbete

Efter att ha läst VR visualisering med läraren Thomas Porathe, där han visade sin forskning kring användandet av VR för sjöfartsnavigering, fick jag inspiration till om man inte kunde använda samma teknik för flygplanstrafik. Med olyckan i Linate färsk i tankarna tänkte jag hur man kan öka pilotens uppmärksamhet dels om sin egen position och dels om annan flygtrafik. Genom att generera en interaktiv virtuell värld som avspeglar verkligheten där piloterna i båda planen samt trafikledningen kunnat se varandra visuellt, skulle olyckan ha kunnat förhindras. Interaktiva pilar och gator skulle kunna leda piloter både på marken och i luften. Det skulle också finnas visuella hjälpmedel för piloten så han kan följa sin givna ”route”.

## 1.2. Avgränsningar

Examensarbetet är på 10 högskolepoäng på Mälardalens Högskola. Arbetet är att begränsas till själva designen av ATSVIS. Designen av ATSVIS innebär att skapa en simulator som visar hur framtidens flygtrafiksystem kan fungera. Avsikten är givetvis att liknande system skall kunna användas i verkligheten för flygtrafik, vi kommer dock inte att pröva systemet annat än i simulatormiljö. Anledningen till detta är att det skulle krävas ny teknisk utrustning för att kunna pröva systemet, det skulle också innebära mycket jobb för att få all teknisk utrustning samt mjukvara att fungera ihop. Det bör noteras att ATSVIS bara är ett koncept!, där vi har varit fria i uppbyggnaden av systemet, det vill säga att vi inte har tagit hänsyn till om det är helt genomförbart i ett verkligt flygtrafiksystem. I rapporten kommer vi i vissa sammanhang använda vedertagna engelska begrepp. Detta eftersom flygvärlden i hög grad präglas av det engelska språket och för att minimera risken för missförstånd för dem som tidigare läst engelskspråkiga rapporter.

## 1.3. Mål med examensarbetet

Genom att tillämpa ny teknik och nya idéer utforma ett koncept på hur flygtrafik kan göras säkrare. Flygsäkerheten skall ökas både i luften och på marken, målet ska uppfyllas med hjälp av de krav vi satt på systemet.

## **1.4. Metod**

### **1.4.1. Forskningens urval**

Efter ett telefonsamtal med Göran Hasslar arrangerades ett studiebesök på Luftfartsverkets utvecklingsavdelning i Norrköping. Syftet med besöket var att få gehör på konceptet ATSVIS och för att få en insikt om hur dagens flygtrafiksystem fungerar samt försöka hitta eventuella brister i dagens system.

Göran Hasslar hjälpte även till att arrangera ett studiebesök på ATC och ATCC på Arlanda. Även här var syftet att få gehör för ATSVIS samt se hur flygtrafiksystemen fungerar samt försöka lokalisera problem i dagens flygtrafiksystem.

Studier och utvärderingar gjordes i den framtagna simulatorm, för att se om det något kan tillämpas i framtida flygtrafiksystem.

### **1.4.2. Datainsamling**

Metoden för datainsamling har varierat för olika delar av examensarbetet. Vid insamling av information om hur dagens flygtrafiksystem fungerar och vilka problem de har, har interjuver och rapporter varit grunden. Vid insamling av information om vilka nya tekniska system som kan användas i ATSVIS har främst Internet använts.

## **1.5. Citeringsteknik**

I rapporten används två typer av citeringsteknik. Samtliga källor finns i referenskapitlet.

För källor på Internet anges konsekvent Oxford-systemet, det sk notsystemet. Exempel på det här är [1]

I övrigt används Harvard-systemet. Det innebär att man sätter hänvisningen inom hakparantes som tidigare men nu anges författaren efternamn och utgivningsår t.ex. [Andersson, 2000].



## 2. Designen av ATSVIS

Som tidigare nämnts i avgränsningar så kommer själva examensarbetet behandla utformandet/designen av ATSVIS. Designen av ATSVIS innehåller fyra steg vilka visas nedan.

1. Materialinsamling
  - Intervjuer branschfolk och läsa rapporter, för att undersöka hur dagens flygtrafiksystem fungerar och ta reda på vilka brister det har
  - Undersöka om ny teknologi som trådlös dataöverföring/VR/AR/GPS kan användas.
2. Planeringsfas
  - Sätta mål vad ATSVIS skall prestera
  - Ställa krav som gör att ATSVIS når beslutat mål
  - Göra enkla skisser på hur systemet skall fungera
  - Planera vilka funktioner systemet ska innehålla.
3. Utformning av ATSVIS
  - Skapa en simulator utefter idéer, sätta mål och krav.
4. Utvärdering
  - Testa hur ATSVIS fungerar genom att köra simulatören
  - Undersöka om systemet uppfyller sitt mål

## 3. Materialinsamling

Materialinsamlingen hade fyra olika syften.

- Undersöka hur dagens flygtrafiksystem fungerar.
- Försöka hitta potentiella problem i dagens system, vilka skulle kunna leda till incidenter eller olyckor.
- Undersöka om man kan förändra dagens system på ett sådant sätt att systemet blir enklare för piloten och trafikledningen
- Undersöka vilka olika tekniker som kan användas i ATSVIS, som GPS (Global Position System), WIMAX (trådlöst datakommunikation), AR (Augmented Reality) osv.

### 3.1. Nuvarande flygtrafiksystem

Utveckling av ett bättre säkerhetssystem på flygplatser och i luften är ett stort område som ständigt måste förbättras. Dagens system för trafikövervakning är i vissa avseenden begränsande. Flygledarna använder oftast radar och piloterna har inget system alls för övervakning utan endast, och i bästa fall ett

kollisionsvarningssystem. För att få en bild av hur trafiken är vid "low visible condition" måste piloten lyssna på radion eller få information om övrig trafik från "Air Traffic Control".

### 3.1.1. Flygtrafik på marken

På marken opererar flygtrafik på landningsbanan, taxibanor och plattan. Till flygtrafik hör flygplan, markfordon som underhållsfordon, snöröjare, friktionstestare osv. Idag navigerar piloten efter ATC efter givna "route's" på marken efter papperskarta och visuella hjälpmedel. Till visuella hjälpmedel hör linjer, skyltar eller ljus. Piloten följer övrig flygtrafik i dess närhet visuellt genom vindrutan. Vid förhållande med dålig sikt (dimma, snö, mörker) har piloten inte några hjälpmedel för att övervaka övrig flygtrafiks position och planerad färdväg. Piloten måste då försöka få en bild av trafiken genom radiotrafiken eller genom direkt information från ATC om trafik i dess närhet. På en aktiv landnings bana vinnns det krav på separation, däremot vid taxning på platta finns inga krav. Vid dålig sikt måste dock separationen mellan planen i båda fallen ökas för att säkerheten ska säkerställas. Trafiken på en stor flygplats är mycket intensiv under vissa tider och detta kan resultera i köbildning. Ökad separation tillsammans med köbildning gör att trafiken inte flyter bra och detta leder ofta till förseningar. Förseningar är något som är mycket kostsamt. På senare tid har ett flertal allvarliga incidenter inträffat på marken. Anledning till dessa situationer är ökad flygtrafik, komplexiteten av stora flygplatser, och den ökade mängden av flygplan i low visibility condition.

### 3.1.2. Inflygning och Landning

Idag finns det två generella regler för flygning, Visual Flight Rules (VFR) och Instrument Flight Rules (IFR). Restriktionen för en pilot som flyger VFR är att han hela tiden ska ha visuell kontakt med marken. En pilot som flyger IFR måste helt och hållet kunna lita på flygplanets instrument för kontroll och navigering. Vid inflygning och landning i "low visible condition" (som dimma, snö, låga moln, regn och mörker) använder piloten ILS (Instrumental Landning System) för att positionera planet för inflygning och landning. ILS är ett VHF/UHF radio navigations hjälpmedel som tillhandahåller två radiovågor. En radiovåg tillhandahåller sidledinformation, denna kallas localizer. Den andra radiovågen tillhandahåller höjdledsinformation och kallas glide slope. ILS är kategoriserad i tre olika steg CAT I, CAT II och CAT III. De tre olika kategorierna är baserade på siktförhållande, där CAT III är den mest exakta. Course Deviation Indicator (CDI) innehåller både Localizer glide slope bars som visar rätt flygväg för piloten [Cundy/ Brown, 1997].

ILS system är kostsamma och kräver mycket underhåll. Andra nackdelar med detta system är att det inte tillåter annat än raka inflygningar (ej krökta flygvägar). Nya system håller på att utvecklas, såsom MLS Microwave Landing System. Detta system kommer att lösa många av de problem som ILS har, men fortfarande måste stora dyra system installeras på en flygplats som tar MLS i bruk [Cundy/ Brown, 1997].

### **3.1.3. Möte med LVF i Norrköping, ATC och ATCC i Stockholm**

Av mötet med Luftfartsverket, framkom att man haft flera incidenter där piloter flugit in i kontrollområden där de inte haft tillträde. Anledningen till flertalet av incidenterna var att piloten inte har haft någon uppsikt var kontrollområdet börjat och slutat. För att följa dessa kontrollområden använder piloten en flygkarta med kontrollområden utritade och med visuell kontroll mot marken. Denna möjlighet försämras vid dålig sikt. Vi berättade hur ATSVIS var tänkt fungera samt visade en demo av vår simulator. LFV framkom med frågan om det fanns möjlighet att använda ATSVIS för att effektivisera inflygningen vid landning, genom att försöka minska avståndet mellan flygplan vid inflygning, landning och taxning, utan att för den skull minska på säkerheten.

ATC uppgift på Arlanda är att leda trafiken vid inflygning landning, taxning, start och utflygning. Taxibanorna runt Arlanda flygplats är indelade i (fyra) kontrollområden där varje kontrollområde har en radiofrekvens. Detta gör att piloten ibland måste ändra frekvens flera gånger under taxning. Anledningen till detta är att man vill dela upp arbetet mellan trafikledarna, där varje trafikledare har uppsikt på endast ett kontrollområde. Björn Gidelund (på ATC Arlanda) förklarade att det största problemet var den köbildningen som blir vid "rusningstrafik" och som blir värre vid dålig sikt, då längre separation måste införas.

ATCC uppgift är att kontrollera lufttrafiken i luftrummet utanför ATC kontrollområde, samt att leda in trafiken till ATC så att inga trafikstockningar uppstår. Vi visade upp ATSVIS för Staffan Törner (på ATCC Arlanda) som tyckte att navigeringen på marken med interaktiva linjer som piloten kan följa var intressant.

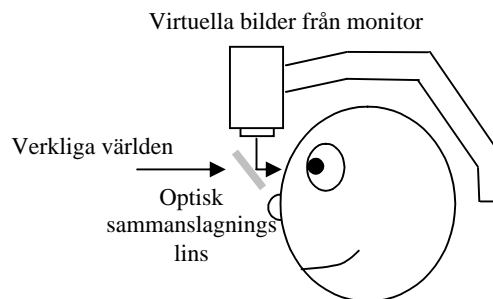
## **3.2. Undersökning av tekniska system**

Undersökning omfattade att ta reda på hur de tekniska systemen fungerar och om de kan användas i ATSVIS. Vi har fokuserat på vad systemen åstadkommer och utifrån detta har vi sedan bedömt om systemen är lämpliga för ATSVIS. Vi har inte tagit hänsyn till vilka olika brister systemen kan ha, detta på grund av att ATSVIS bara är ett koncept!, som ska ge idéer till vad ny teknologi kan tillföra flygtrafiken.

- Virtual Reality
- Augmented Reality
- GPS/Galileo
- WIMAX
- Head Mounted Display och see through head mounted display
- Motion Tracker

### 3.2.1. Virtual Reality och Augmented Reality

Nedan följer en enkel förklaring vad Virtual Reality och Augmented Reality är. Virtual Reality har varit känt ett bra tag och det har skrivits mycket om det i media. Idén är användaren sätts in i en inbillad datorskapad "virtuell värld". Det finns många olika tekniker för att få fram denna effekt, men de delar alla samma resultat: att användares vy är avskärmad från den verkliga världen utanför. Vid användning av Augmented Reality kan användaren se den riktiga världen runt sig, med datagrafik som överlappar eller integrerar med den verkliga världen. I istället för att ersätta den verkliga världen, så kompletteras den. Idealiskt, får användaren en känsla av att virtuella och verkliga objekt samverkar. Ett sätt att förverkliga Augmented Reality är genom en optisk see-through Head-Mounted Display. Apparaten placerar optiska linser framför användarens ögon. Dessa linser visar ljuset från den verkliga världen och det reflekterande ljuset från monitorerna. Resultatet blir en sammanslagning av den verkliga och den virtuella världen [1].



Figur 1: Bilden visar hur verkligt och virtuellt ljus kombineras i see-through Head-Mounted Display.

### 3.2.2. GPS/Galileo

GPS och Galileo är båda satellitnavigeringssystem. GPS eller mer korrekt Navstar GPS är ett amerikanskt system och är i grunden ett militärssystem. Noggrannheten är 10 till 20 meter utan störsignal och 70 – 100 meter med störsignal. För närvarande används inte störsignalen. Med det svenska och finska utvecklade DGPS-systemet fås en noggrannhet på 0,5-2 meter [2]. Galileo är ett Europeiskt system som beräknas vara klart år 2008. Galileo är tänkt vara kompatibelt med GPS, vilket gör att GPS-mottagare kan användas för att ta emot Galileo-signaler. Galileo ska möjliggöra positionsbestämning med meterprecision över hela jordklotet [3].

### 3.2.3. IEEE 802.16 (WiMAX)

IEEE 802.16 är en nätverksstandard för trådlösa nätverk och finns i flera varianter. IEEE 802.16 går även under namnet *WiMAX* som står för *Worldwide Interoperability for Microwave Access*. WiMAX är utformad för trådlös bredbandlösning mellan operatör och användare. De frekvenser som för närvarande godkänds ligger mellan 2,5 GHz och 5,8 GHz. WiMAX är utformad

för att ha en räckvidd på 50 km och en överföring på 70 Mbit/s. Inga undersökningar har gjorts för att undersöka om WiMAX är lämplig för tillämpning i flygsystem, ATSVIS-systemet kräver lång trådlös räckvidd samt hög överförings hastighet, vilket WiMAX klarar av [4].

### 3.2.4. Head Mounted Display och see-through Head-Mounted Display

Head Mounted Display (HMD) är en hjälm med en stor, alternativt två små skärmar placerade ett par centimeter framför användarens ögon. Det finns två generella typer av HMD, den vanligaste avskiljer användaren från att se annat än det som visas på skärmen, den här sorten används ofta i VR-tillämpningar. Den andra typen, som är betydligt ovanligare kallas see-through Head-Mounted Display, den möjliggör att användaren både kan se det som visas på skärmen, samtidigt som användaren kan se som genom ett par glasögon [5].



Figur 2: see-through Head-Mounted Display (vänster) och Head-Mounted Display (höger).

### 3.2.5. Motion Tracker

En ”motion tracker” känner av och registrerar rörelse. Det finns många olika typer av motion tracker. I ATSVIS fyller den funktionen att känna av rörelserna (riktningen) på huvudet [6].



Figur 3: Motion Tracker avsedd för huvudrörelser.

## 4. Planering

### 4.1. Mål

Det första vi gjorde när vi planerade ATSVIS var att sätta ett mål för systemet. Nedan visas det mål vi kom fram till:

- Att genom att tillämpa ny teknik och nya idéer utforma ett koncept på hur flygtrafik kan göras säkrare. Flygsäkerheten skall ökas både i luften och på marken.

### 4.2. Krav

Nästa steg var att sätta de tänkta krav som systemet skulle klara av.

Listan nedan visar de uppsatta kraven. Kraven är fastställda efter vad ATSVIS mjukvaran tillsammans med ny teknik är tänkt att prestera.

- Öka pilotens "awareness" om övrig flygtrafik och dess planerade färdväg.
- Öka pilotens "awareness" om sin egen position och planerade färdväg.
- Vara fail-proof
- Förenkla för pilot och trafikledning genom automatisering.
- Ekonomiskt och tekniskt genomförbart.
- Kommunikationssäkert.
- Kunna brukas på mindre flygplatser

## 5. Utformning

ATSVIS är inte bara tänkt att vara ett system för att visa information om övrig flygtrafik för piloten och trafikledare, utan ett system som aktivt hjälper piloten att navigera, informera och varna. ATSVIS programvara är tänkt att bestå **bestå eller finnas!?** av två typer **byt till tex typer om du behåller "bestå"**, en pilotvariant som sitter i flygplan och flygfordon och en trafikledningsvariant som trafikledaren använder. I trafikledarens programvara kan man aktivt gå in och styra informationen, t ex kan trafikledaren lägga in *flyggator* som sedan kan skickas till

flygplanet via trådlös datalänk. Hur trafikledarens programvara skall vara uppbyggd och hur gränssnittet skall se ut, tas inte upp i detta examensarbete, utan examensarbetet kommer att rikta in sig på flygplanets programvara och hur denna skall vara utformad för att hjälpa piloten. Piloten kan inte styra informationsflödet mer än att han kan välja hur informationen skall visas.

ATSVIS använder sig av ”Augmented Reality” (se förklaring s.7). Tekniken gör det möjligt för piloten att se sådan han inte skulle kunna se i den verkliga världen. AR tekniken som är intrigerad i ATSVIS är tänkt att förse piloten med olika sorters av information. ATSVIS kan användas för att visa egen position samt andras flygplans position och även deras identitet, fart, riktning och höjd. ATSVIS kan användas för inflygning och landning, då piloten följer gator i luften, vilka inte påverkas av dimma, snö, mörker osv. Flygplatsen behöver inte använda landningslampor, taximarkeringar osv, allt detta visas med hjälp av AR. ATSVIS kan också användas för att visa viktiga meddelande (ATIS, QNH, aktuella frekvenser) eller varningar. Flyginstrumentens information skulle även kunna visas med hjälp av AR.

AR-tekniken tillför en helt ny möjlighet att hjälpa piloten. Idéerna var tidigt att försöka göra systemet fail-proof. Piloten ska inte kunna navigera fel, inte heller ska det finnas möjlighet att komma i konflikter, kollision med annan flygtrafik. Skulle piloten ändå inte följa de visuella hjälpmedlen, ska system varna att han inte längre följer ATC givna route. Om det finns konflikter med att ett flygplan korsar ett annans planerade färdväg i samma tidsintervall, ska varning ske, systemet ska även föreslå ny färdväg så att minivståndet på separation uppfylls.

## 5.1. Mjukvaran

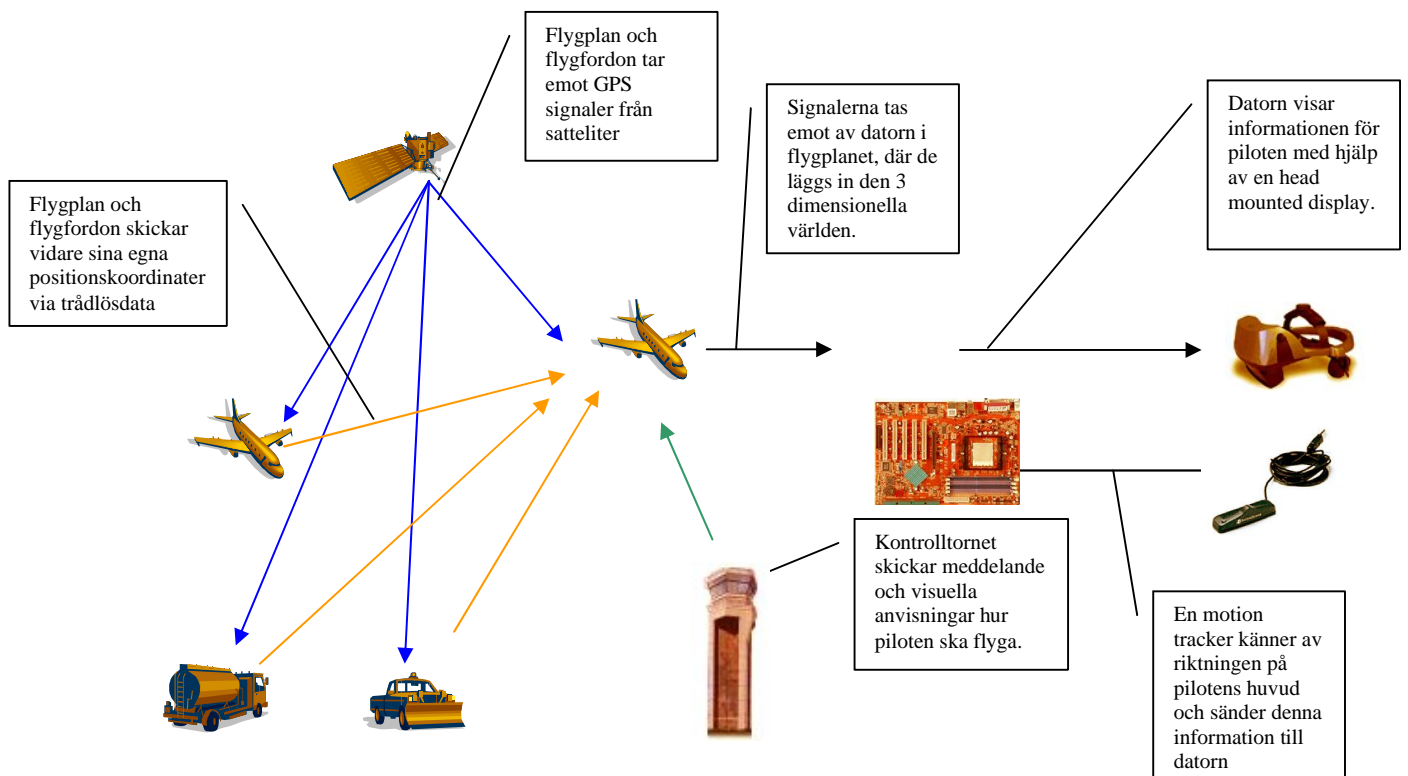
Mjukvaran är den programvara som är tänkt sitta i flygplanets dator, samt i ATC/ATCC dator. Mjukvaran är tänkt att kunna ta information dels från flygplanets instrument dels via datalänk från andra flygplan eller från ATC. Mjukvaran innehåller ett antal funktioner som hjälper piloten, funktionerna ska var utformade så att det höjer flygsäkerheten. För mycket funktioner och information, skulle innebära att piloten får svårt att hitta den aktuella information som behövs, och kanske leda till stress. Därför har vi bara tagit med sådana funktioner och information som är väsentlig för piloten. De funktionerna vi kom fram till och som kunde vara mest nytta för piloten var:

- Information om egen position och planerad färdväg
- Information om andra flygplans position, samt deras planerade färdväg
- Information vilka restriktioner som finns i det aktuella kontrollområdet och i det kontrollområde man planerar att flyga till.
- Markera höga master och eventuella bergstoppar i flygplanets närhet.
- Hjälpmedel för att hålla rätt avstånd till angränsade flygplan.
- Hjälpmedel för att visa de instruktioner ATC rapporterat.
- Varna vid avvikelser mot given rutt
- Varna vid risk för kollision mot flygtrafik, marken och byggnader
- Visa textmeddelande t ex ATIS, QNH, aktuella radiofrekvenser m.m.

- Innehålla en översiktskarta över aktuellt område. Vid taxning på flygplats skall alla taxibanor och byggnader finnas utritade. Kartan skall gå att zooma i flera steg
- En databas med olika flygplanstyper, där varje flygplanstyp har specifika attribut. ATC använder denna databas till att framställa inflygningsgator, utflygningsgator, och taxilinjer osv.
- Möjlighet att kunna lägga in nya funktioner i programvaran.

## 6. Tekniken bakom

ATSVIS är tänkt att fungera enligt följande (se fig.4; sid10). "A" I flygplanet sitter en dator, som tar in data från ATC, övrig flygtrafik och flygplanets inbyggda system. Data kan vara av olika slag som position, fart, höjd, meddelande, planerad färdväg osv. "B" I datorn finns en programvara som tar dessa rådata, omvandlar den till information och lägger in dem i en tre dimensionell värld. Den här 3D världen är en kopia av den verkliga världen, dvs. om ett plan håller på att starta på landningsbanan, så sker detta även här. "C" Datorn är sen kopplad till HMD som visar informationen för piloten. Piloten bär en semitransparent HMD på huvudet tillsammans med en motion sensor som känner av i vilken riktning huvudet är. Skärmen uppdateras när piloten vrider på huvudet och visar aktuell information i den riktning piloten tittar. I bilaga 1; figur 27 visas en schematisk bild hur system skickar och tar emot data.

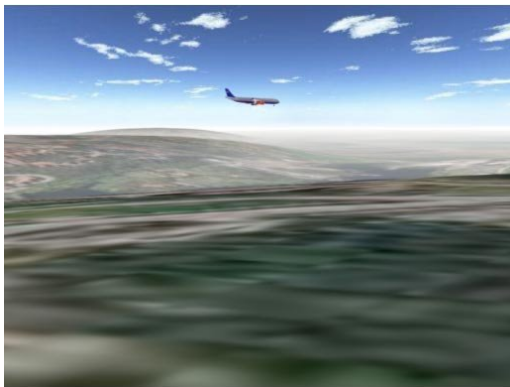


Figur 4: Bilden visar hur flygplanet tar emot data vilket omvandlas i datorn och visas på pilotens see-through Head-Mounted Display. Samtidigt registrerar motion tracker pilotens huvudrörelser, signalerna skickas till datorn som uppdaterar grafiken för det område som piloten tittar.

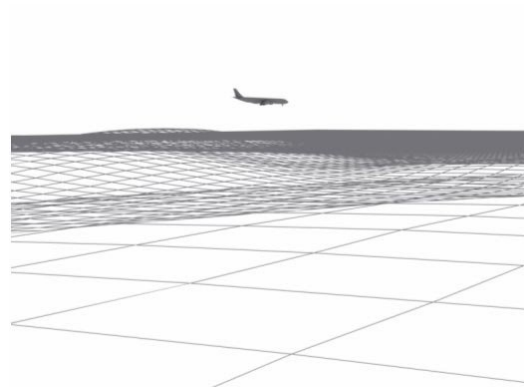


## 6.1. Den Virtuella världen

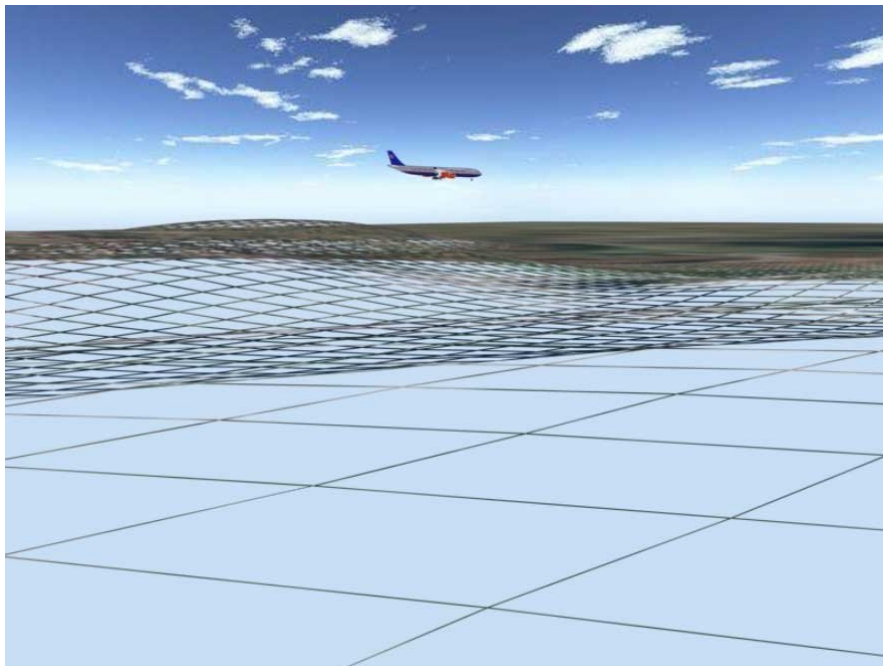
Den virtuella världen i ATSVIS är identisk avbild av den verkliga världen. Den virtuella världen är uppbyggd av speciella terrängkartor, vilket gör att marken följer den verkliga världen. Mindre hus, träd, master och dylikt måste läggas in manuellt vid framställning av den virtuella världen. Marken, byggnader, träd är statiska objekt i den virtuella världen det vill säga att det förändras inte med tiden. Flygplan, flygfordon, flyggator, markeringar, skyltar, osv är däremot objekt som kan ändra tex position, form, färg m.m. Nedanstående figur 5 föreställer ett flygplan som går in för landning i den verkliga världen. Figur 6 visar hur datorn har genererat en terräng och ett flygplan som precis följer den verkliga världen. Figur 7 visar hur exakt de båda världarna stämmer överens.



*Figur 5: Föreställer ett plan som går in för landning i den verkliga världen.*



*Figur 6: Bilden visar hur datorn genererar en virtuell värld av den verkliga världen.*

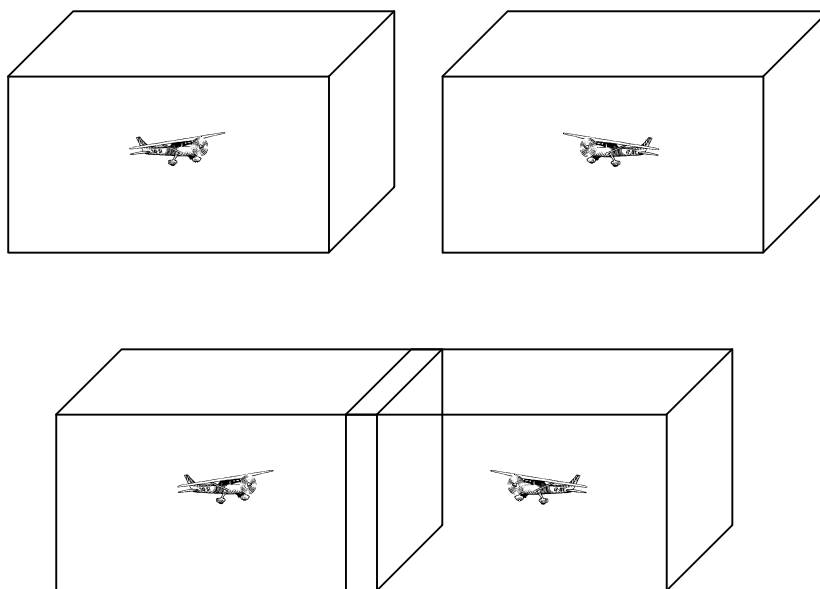


*Figur 7: Visar en sammanslagning av de två världarna där de passar perfekt.*

För att kunna använda ATSVIS vid inflygningar, taxning osv. i både "visible" och i "non visible condition" krävs att de båda världarna stämmer överens exakt. Statiska objekt t.ex. terrängen i den virtuella världen måste riktas in så att den stämmer överens med den verkliga världen. Inga undersökningar har gjorts hur detta skall gå till, men vi antar att den virtuella världen kan riktas in på samma sätt kartorna riktas in i dagens GPS mottagare. Dynamiska objekt (objekt som kan förflyttas i den virtuella världen) riktas in i den virtuella världen med hjälp av positionskoordinater. Figur 4 sida 10 visar hur data från andra flygobjekt (t.e.x positions koordinater) tas emot och läggs in i den virtuella världen med hjälp av flygplanets mjukvara.

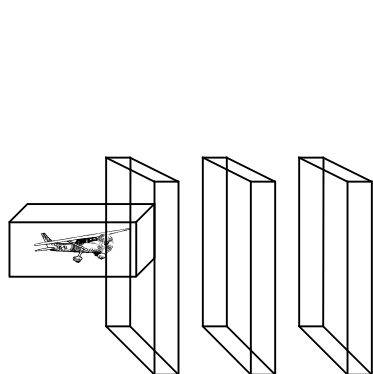
## 6.2. Funktioner

När datorn väl har genererat den virtuella världen kan den användas i många av de funktioner som ATSVIS är tänkt innehålla. Kollisionsvarning är en av dessa funktioner som datorn skulle kunna övervaka, dels mot marken, byggnader, flygfordon och andra flygplan. Kollisionsvarning kan fungera på många olika sätt mer eller mindre avancerade, de mer avancerade systemen tenderar att ofta bli mycket beräkningskrävande. Själva beräkningen skulle dels kunna utföras av datorn i planet. Ett annat alternativ är att ha kollisionsdetekteringen på marken då skulle man kunna få ett mer avancerat system och om risk för konflikt uppstår så skickas en varning till flygplanet, eventuellt med ett förslag på alternativt flygväg. I bilden nedan visas hur ett enkelt kollisionsvarningssystem kan fungera, runt flygplanet finns en stor rektangel som följer flygplanet. När någon av sidorna skär sidorna en på en annan rektangel skickas en varning (vid kollisionsvarning). Fördelen med denna typ av kollisionsdetektering är att den inte är så beräkningskrävande då en rektangel bara har 6 sidor.

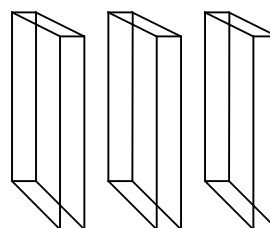
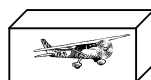


Figur 8: Bilden föreställer hur kollisionsberäkningar utförs med hjälp av boxar.

Programvaran skulle även kunna innehålla funktioner som varnar om man avviker från planerad färdväg, även detta kan göras på många olika sätt. Det enklaste är antagligen att använda sig av samma kollisionsdetektering som i fig 8. Fast varning skickas om rektanglarna inte överlappar varandra (se fig.9 och fig.10).

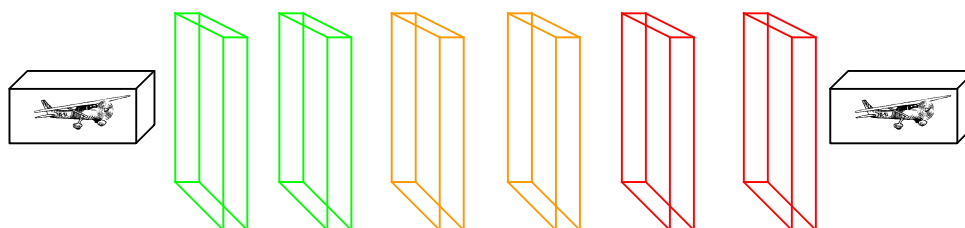


Figur 9: Bilden visar ett flygplan som flyger utefter datagenererade flyggator. Eftersom flygplanets rektangel skär flyggatan sker ingen varning.



Figur 10: Bilden visar ett flygplan som missar de datogenererade flyggatorna, piloten får en varning att han inte följer angiven rutt

En annan funktion datorn skulle kunna utföra med hjälp av den virtuella världen är optimering av inflygning. Med optimering menas att försöka minska avståndet mellan flygplanen vid inflygning, landning och taxning i både bra som dåligt väder. Detta kan ske på flera olika sätt. Vi har utformat ett system där väganvisningarna ändrar färg och därigenom kan piloten i största möjliga mån optimera avståndet till angränsande flygplan. Det fungerar enligt följande, när ett flygplan har passerat en markering så ändras markeringens färg till röd och därefter till orange för att sedan övergå till grön. Hur lång tid denna övergång är beror på hur avancerat system man vill använda sig av. Ett enkelt system kunde fungera enligt följande när flygplanet korsar en markering ändras denna färg till röd, samtidigt startar en klocka som räknar ner under ett visst antal sekunder är rektangeln röd och sedan orange, när klockan räknat ner helt övergår markeringen till grön. Problemet är att avståndet bestäms i vissa fall av flygplanstypen som korsar markeringen, t.ex. så kan två lika stora plan ligga tätare än en ett stor flygplan följt av ett litet flygplan. Detta beror på den turbulens som bildas bakom större flygplan. För att lösa detta krävs ett mer avancerat system där markeringarna registrerar vilken typ av flygplan som har korsat markeringen.



Figur 11: Bilden visar hur separationen minimeras med hjälp av att flyggatorna ändrar färg

## 7. Simulatoren

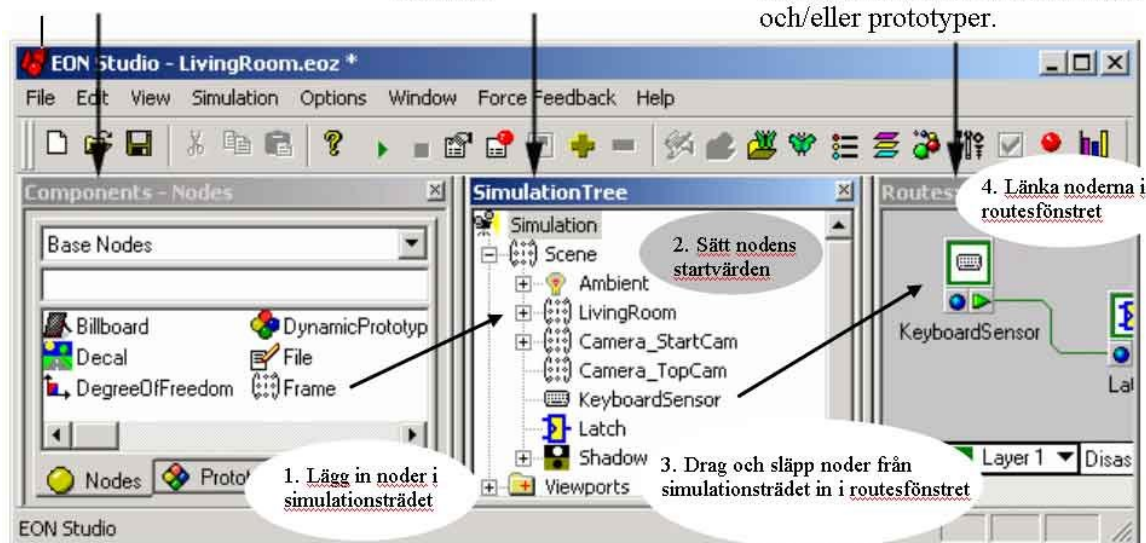
För att bygga upp simulatoren användes programmet EON Studio. EON Studio har skapats av EON Reality Inc. i USA som inriktar sig på Virtual Reality och 3D-applikationer på Internet [7].

För att få använda programmet EON Studio så kontaktades EON för att få tillgång till programmet och en licens för en viss tidsperiod. I utbyte ville de ha tillgång till projektet när det är klart. EON studio är ett objektorienterat, händelsebaserat program för 3D simulering där objekten (tex. flygplan) kan göras beroende av varandra genom direkt input från användaren. I EON så finns det ett objekträd (Simulationsträd) precis liknande dem i Windows. Högst upp i trädet finns själva scenen där objekt, noder, prototyper, material, mesher och effekter läggs in i en hierarki för att påverka scenen. Till vänster om objekträdet finns komponentfönstret där val av önskad nod eller prototyp väljs. Det tredje fönstret som används regelbundet är Routesfönstret där ihopkoppling av noder och prototyper sker.

Komponentfönster  
som listar alla noder  
och prototyper.

Simulationsträdsfönster  
som ger simulationen en  
struktur.

Routsfönster som används för att  
skapa och definiera länkar som  
skickar information mellan noder  
och/eller prototyper.



Figur 12: Bilden visar de 3 grundläggande fönstren i EON studio som behövs för att kunna skapa en EON applikation. (Introducing the EON Studio workspace (från EONs hjälpfil))

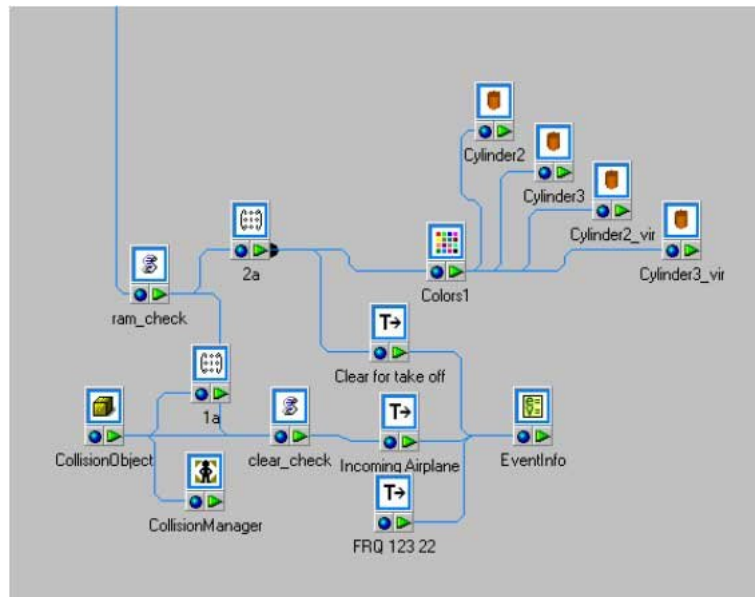
Eon används i detta projekt enbart för att illustrera våra idéer, en senare implementering av ett program skulle troligen ej vara lämpligt att göras i Eon. Då krävs det programmering från grunden för att få ett så rent och effektivt program/system som möjligt.

## 7.1. Noder och Prototyper

I EON finns många olika objekt eller noder som det heter och som kan användas för att skapa en interaktiv värld. Varje nod (se bilaga 2) är unik och man kan skapa olika prototyper (se bilaga 2) av en eller flera noder. Saknas den prototyp som är nödvändig så kan egna prototyper skapas genom att lägga in de noder som behövs i en framenod och koppla dem på rätt sätt. Om det skulle behövas så kan egna script med egen skriven kod skapas för att få prototypen att utföra de händelser eller skicka de värden som behövs.

## 7.2. Routes

För att få två noder att integrera med varandra så läggs de in i routesfönstret där de kopplas ihop så att en kan skicka information eller ett kommando till det andra om vad den andra ska göra. T.ex. kan kopplingen mellan en tangentryckning och ett objekt göra så att objektet blir osynligt eller att en händelse inträffar som gör att ett objekt ändrar färg.

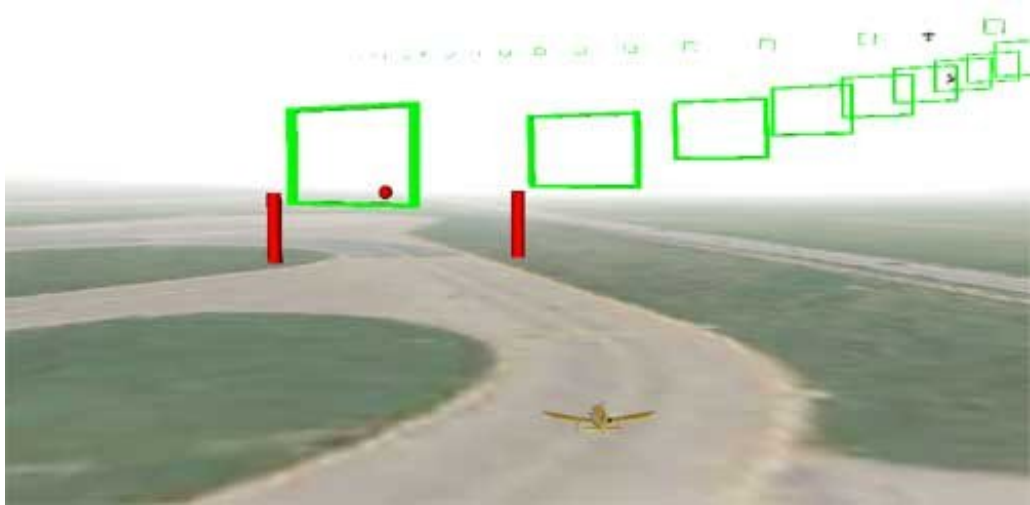


Figur 13: Bilden visar en del av routes fönstret där kollisionsboxar och kontroller kopplats ihop med textmeddelanden och färgändringar på objekt.

## 7.3. Simuleringen

Tanken med att skapa denna simulation var att kunna testa hur säkerheten skulle kunna förbättras på och runt flygplatser generellt. Detta gäller vid inflygning, landning, taxning och start. Fördelen är att man kan se var andra flygplan befinner sig i luftrummet och på marken även vid mycket tät dimma. Piloten ska veta var landningsbanan befinner sig i förhållande till flygplanet med hjälp av toppkartan och trafikgatorna. Vid taxning så finns det markeringar i marken till hjälp för att visa till vilken gate eller startbana flygplanet skall köra till och om det kommer ett

korsande plan så ska ett av planen få en röd markering som betyder att den måste stanna och vänta på sin tur.



Figur 14: Visar en markering när ett flygplan måste vänta på att ett annat ska landa/starta innan det är dess tur.

### 7.3.1. Fysiska lagar

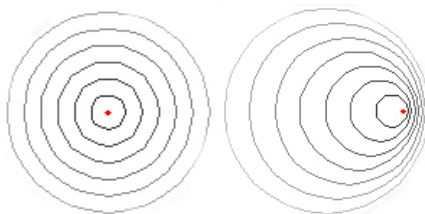
I programmet så används vissa fysiska lagar och effekter.

#### ○ Ljud

Ljud från motorer och andra ljudkällor kommer att höras från rätt högtalare, dvs om ljudkällan är till höger om bilden så hörs ljudet mest från höger högtalare. Om ett flygplan flyger förbi från vänster till höger så kommer ljudet vandra från vänster till höger.

#### ○ Dopplereffekt

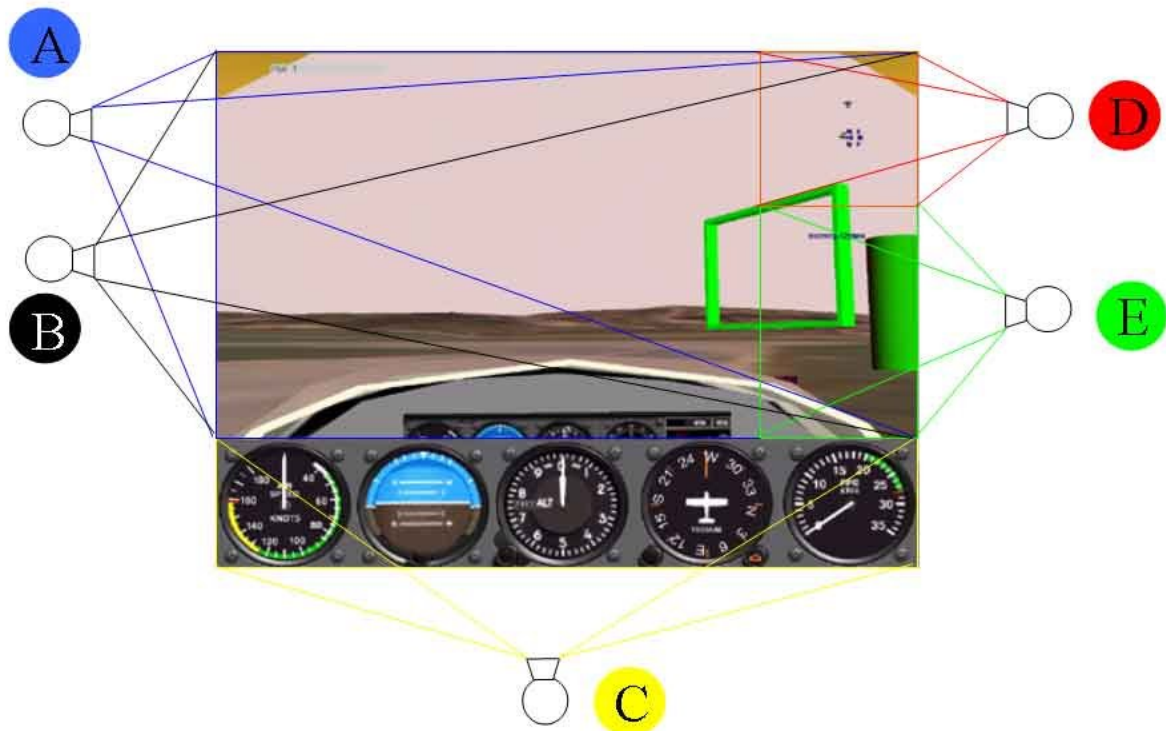
Dopplereffekt uppstår när en kropp som skickar ut ljudvågor rör sig. I den vänstra bilden står den röda pricken stilla och därför blir ljudvågorna lika stora. I den högra bilden så rör sig pricken med 75 % av ljudhastigheten (Figur 15). På vänstra sidan av bilden är avståndet mycket längre emellan vågorna än till höger och därför blir ljudet annorlunda.[8]



Figur 15: Till vänster är hastigheten 0, till höger 75% av ljudhastigheten.

## 7.4. Användargränssnitt

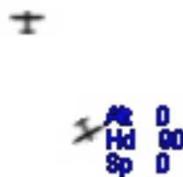
Information som ska vara tillgänglig för piloten är en översiktkarta (D), toppkarta, i övre högra hörnet. Ett informationsfönster där viktig information ska visas för piloten (E). Längs ner i fönstret ligger instrumentbrädan (C) där hastighet, varvtal, gyro, höjd och riktning visas. Instrumentbrädan är inlagd för simuleringens skull, den kommer inte synas i den HMD som piloterna har. Över hela instrumentbrädan visas både den riktiga världen (A) och ovanpå den ligger den lilla (virtuella) världen med trafikgatorna (B). Det är B, D och E som är grunden i systemet där information och trafikgatorna visas i pilotens synfält.



Figur 16: Visar hur användargränssnittet är upplagt. (A) Riktiga världen, (B) Virtuella världen med trafikgator och hjälpmedel, (C) Instrumentpanel, (D) Toppkarta och (E) Informationsfönster för textmeddelanden.

## 7.5. Toppkarta

D delen i fig 16. Här visas egen position och angränsande flygplan inom en viss given radie. Information som visas är riktning, hastighet och höjd.



Figur 17: Visar egen position och angränsade flygplan inom ett område.

## 7.6. Stora och lilla världen

Den stora världen i simulatorm motsvarar den riktiga världen där allt påverkas av dimma och andra visuella effekter (Figur 18). För att få in trafikgator, hinder, andra flygplan och hjälpmedel som inte påverkas av visuella effekter så skapades den lilla världen (Figur 21), (Figur 19 visar hur det ser ut när trafikgator påverkas av dimman). Den lilla världen är den som kommer visas på HUDen eller head mounted display.

Den lilla världen i denna simulation är en nerskalad version i den stora världen där x, y och z koordinaterna är dividerade med 250. Z koordinaten är även nerflyttad med 1000 så att de ligger en bit under stora världens markplan. För att kunna visa både den stora världen och den virtuella världen i simulationen så har även en kamera lagts in i den virtuella världen. Denna kamera är också den nerskalad med samma algoritmer för att kunna förflytta sig med en lägre hastighet som motsvarar den virtuella världens storlek. De båda kamerorna filmar nu samtidigt och visas på samma ställe på skärmen så det ser ut som de tillhör samma kamera (Figur 19).

Hjälpmedel i den virtuella världen (figur 24-26).

- Trafikgator (i luften och på marken)
- Hinder
- Markering runt andra flygplan
- Textinformation
- Toppkarta

### 7.6.1. Trafikgator

Trafikgator hjälper piloten att navigera rätt vid flygning vid dålig sikt, de kan även användas vid klar sikt för att underlätta vid inflygning. Fördelen med trafikgatorna är att piloten ska kunna navigera utan att behöva titta ner på instrumenten i flygplanet. Han ska kunna ha blicken i flygriktningen hela tiden och få den information som behövs. Även om det är natt eller tät dimma så ska dessa trafikgator synas som om det var mitt på dagen.

Ett annat syfte med trafikgatorna är att få tiden mellan landningar att bli så liten som möjligt. När ett flygplan flyger igenom en gata så kommer gatan att ändra färg från grönt till rött i ett visst antal sekunder beroende på vilken flygplanstyp som flyger igenom och vilken flygplanstyp som kommer efter. Ett annat alternativ till ett direkt omslag av färgen (mellan grön/röd) kan vara att den gradvis går tillbaka till sin ursprungliga färg, då det blir lättare att beräkna hur lång tid det tar för nästkommande flygplan att få tillåtelse att flyga igenom. Liknande system kan användas vid starter.





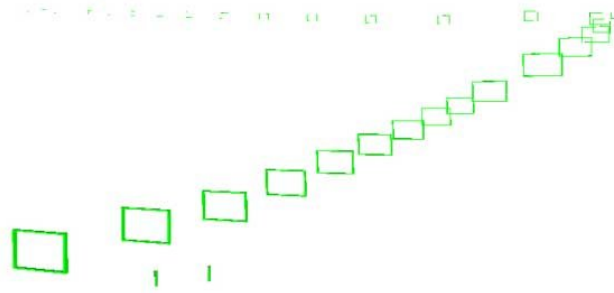
Figur 18: Visar del av landningsbanan utan trafikgator.



Figur 19: Visar del av landningsbanan med trafikgator som påverkas av dimman.



Figur 20: Visar del av landningsbanan med trafikgator som inte påverkas av dimman.



Figur 21: Visar trafikgatorna i den lilla världen (virtuella världen). Slås Fig 18 och Fig 21 ihop så visas Fig 20.

### 7.6.2. Problem som är lösta

Som beskrivs i 7.6 så är den lilla världen en nerskalad version av den stora världen. Den skapades för att trafikgatorna påverkades av dimma då de var inlagda i den stora världen. I den lilla världen påverkas trafikgatorna fortfarande av dimma men det syns inte då avstånden är så små.

Ett nytt problem som uppstod var att trafikgatorna syntes inuti flygplanet när man kom nära en trafikgata. Ett försök till att lösa problemet var att flytta flygplanet till den virtuella världen men de nerskalade koordinaterna gjorde att flygplanet hackade fram vid flygning. Problemet löstes istället genom att ändra värdena för kamerans brännvidd.

### 7.6.3. Tänkbara förändringar

Förändringar på trafikgatorna kan bli aktuella då färgen och formen kanske inte är helt bra. Det beror på vad som passar piloterna bäst.

- Färgen  
Nu är trafikgatorna röda när det är otillåtet att flyga igenom och gröna när det är tillåtet. Färgen skulle kunna ändras beroende på vad piloten tycker passar bäst eller vilket som blir bäst kontrast för dåvarande väder och synförhållanden.
- Formen  
Nu används fyrkantiga trafikgator för att hålla ner polygonantalet så mycket som möjligt. Andra former som kan bli aktuella är runda, polygoner med 5 eller fler kanter, mer varierande tjocklek.

## **7.7. Taxning**

Vid taxning så finns det en annan typ av gator som ligger platt mot marken. Även dessa är gröna när det är fritt fram att köra och ska leda flygplanet rätt till antingen gaten eller startbanan.

## **7.8. Cherokee**

Är det flygplan som i huvudsak använts i modellen som används i detta program för att få en lite mer realistisk simulation. Det är denna man flyger omkring med och kan påverka världen.

### **7.8.1. Styrning**

För att få en mjuk styrning på flygplanet har det testats, justerats och gjorts många ändringar. Meningen var att det skall se äkta ut, men ändå kännas lättstyrt. Styrning i sidled sker med "A" och "D" knapparna. För att stiga används "+" och "-" på "numpadden". Problemen som fanns med flygplanet var att låta styrningen i roll och gir planet vara oberoende av varandra (till skillnad från hur det faktiskt är i verkligheten) för att underlätta styrningen då det var lätt att tappa kontrollen vid svängning. De olika hastigheterna regleras genom 1-9 knapparna och på 0 så stannar flygplanet.

### **7.8.2. Användargränssnitt**

Som med alla datorprogram och simulationer måste det finnas ett bra användargränssnitt. Systemet här ska kunna visa det mesta som piloten behöver veta men han bestämmer själv vilken information som ska komma upp på displayen. Varningsmeddelanden kommer alltid komma upp och sen ska piloten kunna välja om han vill se trafikgatorna och annat beroende på väder och siktförhållanden.

### **7.8.3. Problem**

Det har varit ett stort problem att få hastigheten att fungera som den ska. I EON finns en prototyp som gör att det är lätt att hastigheten med hjälp av knapparna 0-9. Tillsammans med en funktion (smoothoperator) som gör att ett tal gradvis ökar eller minskar till ett slutvärde under en viss tid, kunde hastigheten ändras till lämplig nivå under simulationens gång. Hastighetsökning/-sänkning gav då en verklighetstrogen känsla. Problemet med denna hastighetsprototyp är att knapparna inte alltid fungerar utan flygplanet fastnar på en viss hastighet även om man vill byta.

## **7.9. Problem med EON Studio**

Vid användning av EON har vissa problem och buggar påträffats.

### **7.9.1. Simulatoren**

När simulatoren är igång och samtidigt någon ändring görs i själva EON programmet finns risken att programmet stänger ner sig. Det kommer ibland upp en förfrågan om man vill spara det pågående arbetet men inte alltid. Om det nu kommer upp en förfrågan och sparning sker så är det svårt eller omöjligt att veta var filen sparats någonstans. Detta problem kan uppstå när man antingen tar bort en nod eller prototyp i trädet eller om en länk i routefönstret skapas eller kapas.

### **7.9.2. Programmet**

Vid kopiering mellan två EON applikationer så kan det uppstå problem med länkar till olika noder vilket yttrar sig i att det inte går att spara. Detta är en stor nackdel då det är två eller fler som arbetar på olika håll med ett program som förr eller senare ska slås samman. Nu måste varje ändring som görs i en annan fil återskapas i den slutgiltiga versionen för att programmet ska kunna sparas och fungera.

## **7.10. Grafik Problem**

Försök att använda kontrollzoner har gjorts i programmet men gränserna mellan zonerna blev flimriga och det var svårt att se hur långt avståndet till en zon var. När flygplanet flög in i en zon blev det även mörkt då zonerna bröt det naturliga ljuset.

## **7.11. Buggar**

### **7.11.1. Adaptern**

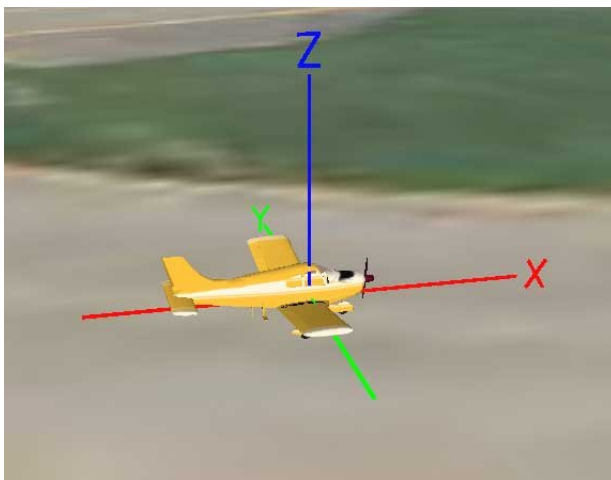
Vid användning av noden adapter som kan dela upp eller skapa positions koordinater så uppkom ett konstigt problem. Då världskoordinaterna till kameran som följer flygplanet skickas in i en adapter där koordinaterna delades med ett värde för att kunna styra en annan kamera i den virtuella världen så fungerade inte z koordinaten. Så länge z koordinaten inte var med, det vill säga att den blev 0, så fungerade det fint förutom att kameran låg fel i höjd. Användes z-koordinaten så hoppade kameran för virtuella världen ut till samma position som kameran i den stora världen. Detta kan inte vara annat än en bugg i noden som inte kunde lösas. Första lösningen på problemet var att lägga in tre andra adapterar som delade upp x, y och z-koordinaten och sedan sammanföra dem i en fjärde adapter. För att lösa problemet på detta sätt innebär det att, det blir väldigt många onödiga noder i routes fältet och även i programmet. Nuvarande lösning är ett eget skrivet script

som först delar upp världskoordinaterna och sedan lägger ihop dem igen. På detta sätt används ett mindre antal noder och överblicken i routefönstret blir bättre.

### 7.11.2. Importering

Importering av nya flygplan, trafikgator och luftvägar kan ibland påverka de redan befintliga material i simulationen. Det sker på grund av att EON känner av om det redan finns en nod med ett specifikt namn, den varnar om att det sker och ett alternativ finns att byta namn på noden men av någon anledning så ändras den befintliga noden ändå.

Ett annat problem med importeringar har varit att pivotpunkten (ett objekts origo och den punkten som den roterar runt) på vissa objekt ligger på fel ställe och vid rotation på objektet så uppstår rörelser som inte är önskade. Detta löses antingen genom att gå tillbaka till föregående program och flytta pivotpunkten där och importera på nytt eller att använda sig av en ytterligare framenod i EON som objektet läggs in i och flyttar den till den nya framenodens pivotpunkt.



Figur 22: Visar pivotpunkten på ett flygplansobjekt. Vid roll vrids flygplanet runt x axeln, vid gir vrids flygplanet runt z axeln och vid tip vrids flygplanet runt y axeln.

### 7.12. Kollision

Att använda sig av kollisionsnoder var ganska invecklat då det inte fanns någon som fungerade på önskat sätt. Att behöva använda sig av 40 stycken noder för att kolla 40 stycken trafikgator då det behövts en nod som skulle kunna urskilja vilken trafikgata som genererade händelsen. Istället används nu flera noder av samma sort som drar upp uppdateringstiden i simulationen på grund av väldigt mycket beräkning. För att kunna ändra färg på varje enskild trafikgata så används noden i ISector som skickar ut en stråle åt sidan som skapar en händelse då strålen bryts mot ett valt objekt.

Det finns även kollisionsboxar som känner av om ett annat redan valt objekt kolliderar med boxen. Även här måste det finnas flera noder för att kunna skapa flera olika händelser. Den fungerar väldigt bra när en och samma händelse ska inträffa på flera olika ställen. T.ex. om det finns flera olika områden runt omkring

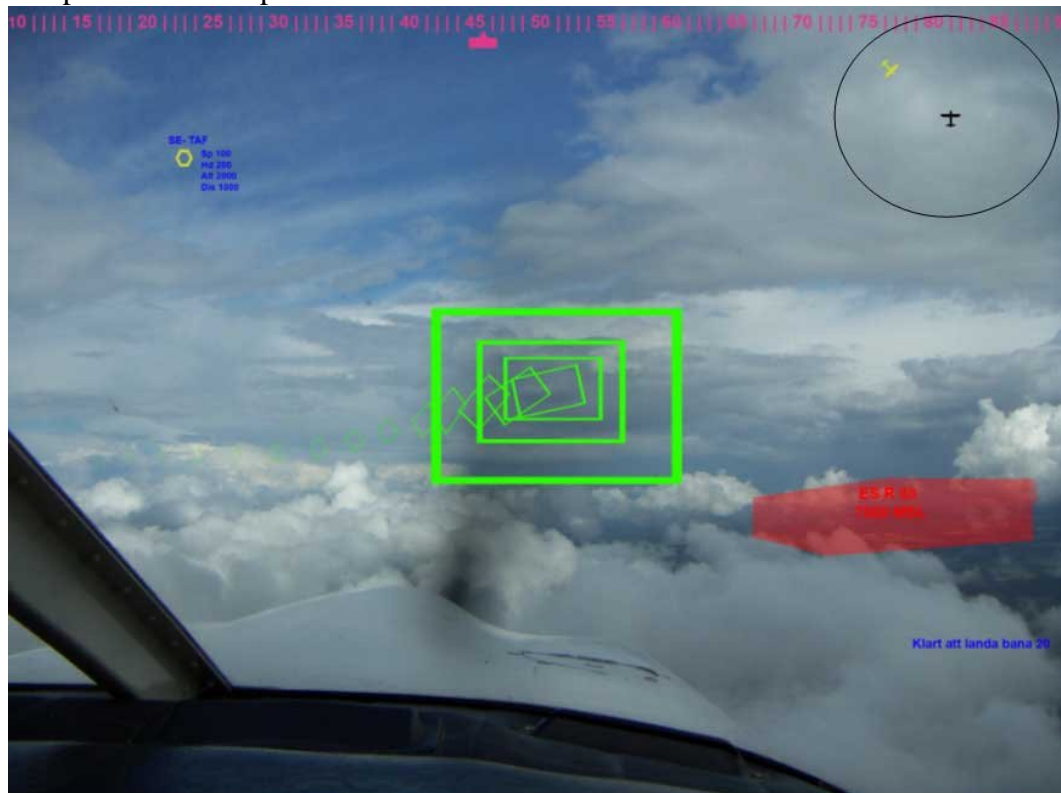
flygplatsen som har flygförbud, så kan ett och samma meddelande skickas till flygplanet då den åker in i en av dessa kollisionsboxar .

### 7.13. Hastigheten

Flygplansobjektet ligger i en nod som kallas frame som lätt kan orienteras i 3D världen. Problemet här var att vid skalning av framen, för att få rätt storlek på flygplanet, påverkades hastigheten på flygplanet mot världen som den flyger i. Med det menas att vid en hastighet på t.ex. 100 m/s på flygplanet så blev utslaget i världen inte mer än 90 m/s då flygplanet blivit förminskat till 90% av originalstorleken. Lösningen på detta problem var att lägga in ytterliggare en framenod, som den föregående läggs in i, som inte skalas, men den används till att påverka hastigheten så att det överensstämmer med världen.

## 8. Flygoperationer med hjälp av ATSVIS

ATSVIS ger piloten information genom att generera grafikbilder i en dator som visas för piloten med hjälp av en semi transparent Head-Mounted-Display (HMD). Tekniken som används för att visa bilderna kallas Augmented Reality (AR). Vid användning av AR ser piloten den verkliga världen tillsammans med virtuella världen. Med hjälp av tekniken kan visuella linjer, gator, skyltar och ljus leda piloten i luften och på marken. Den visuella grafiken ger vägledning i både dåliga och bra siktförhållande. Nedanstående bild visar ett förslag på hur informationen kan presenteras för piloten.



Figur 23: Bilden visar ett flygplan som använder ATSVIS vid inflygning de gröna rektanglarna visar hur piloten ska navigera.

## 8.1. Inflygning

Bilden visar ett flygplan som använder ATSVIS. Flygplanet håller på att göra sin inflygning. De gröna rektanglarna åskådliggör för piloten hur han ska positionera sig, för att komma rätt vid inflygningen. Piloten har fått klartecken att landa vilket visas som text i höger nedre synfält. Längst upp i pilotens synfält visas en kompass med en markering vilken kurs piloten håller. Piloten kan även se att det finns ett angränsande flygplan vid 22 grader. Runt detta plan ligger en gul hexagon, vilket gör det lättare för piloten att upptäcka flygplanet. Ovanför hexagonen står SE-TAF, vilken är identiteten för aktuella flygplanet. Till höger om hexagonen finns fyra rader, Sp 100, Hd 200, Alt 2000 och Dis 1000. På den översta står det Sp 100. Sp är en förkortning av Speed, enheten är knop. Sp 100 betyder att flygplanet flyger med en hastighet av 100 knop. Hd är en förkortning av Heading. Hd 200 visar att planet håller riktningen 200 grader. Alt är en förkortning av altitud, enheten är i foot, Alt 2000 visar då höjden 2000 foot. Dis står för distansen till det angränsande flygplanet enheten är i nautiska mil. Dis 1000 visar då att det är 1000 Nm till det angränsande flygplanet. Det angränsande flygplanet visas även i toppvyn (höger övre synfält). Toppvyn kan liknas vid en radar bild där angränsande flygplan visas inom en viss räckvidd. Till höger nedanför toppkartan finns ett rött avgränsat område. Detta är ett flygområde där man inte får flyga, hur högt området sträcker sig visas i text.



Figur 24: Visar hur ATSVIS hjälper piloten vid dålig sikt att positionera sig och att visa övrig flygtrafik i dess närhet.

## 8.2. Taxning

Nedanstående bild visar hur ATSVIS är tänkt att leda piloten vid taxning. Gröna rektanglar längs med marken hjälper piloten att navigera.



Figur 25: hur piloten kan navigera på marken med hjälp av ATSVIS.

Planerad färdväg är tänkt att vara en streckad grön linje längst med marken. Om det finns risk för fel, incident eller kollision kan ATC ändra färg på gatorna, tex skulle röd betyda "STANNA". ATC har även möjlighet att ändra färdvägarna, en ny uppdaterad färdvägs skickas via datalänk från ATC till flygplanets dator, där den läggs in i 3D världen och visas på pilotens HMD. Piloten ska även kunna se övrig trafik inom ett bestämt avstånd och deras identitet, riktning, höjd, fart och avstånd. Observera att toppvyn inte innehåller några taxibanor eller inte visar några byggnader, vilket beror på att just detta fält är väldigt litet.



### 8.3. Scenario ATSVIS system

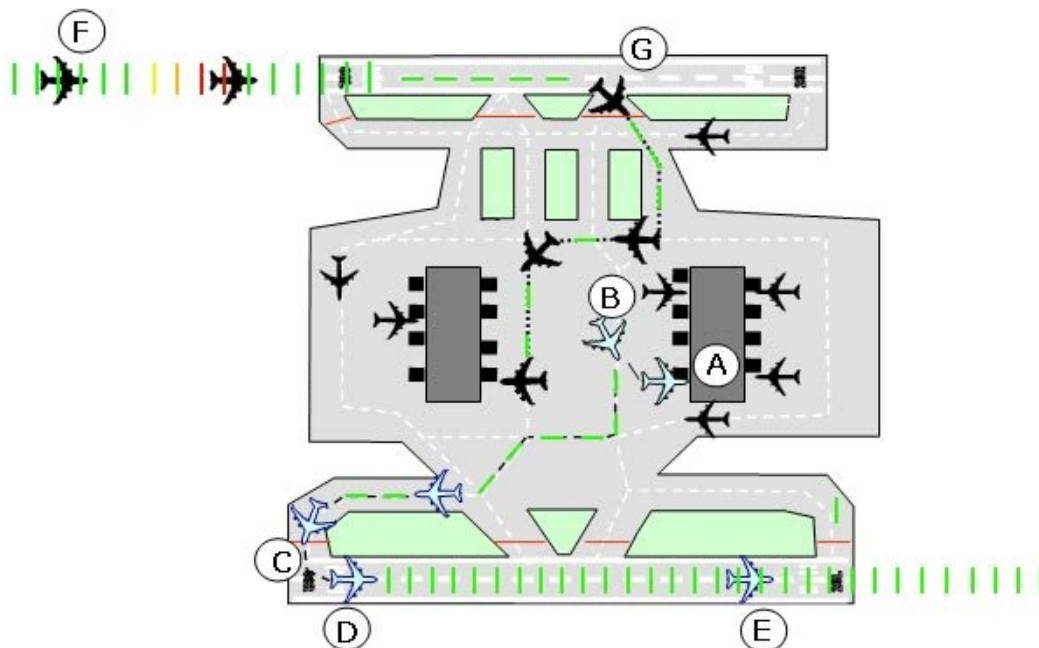


Fig 26: ATSVIS flygtrafiksystem

Förberedelser till flygning. Piloten har ett par timmar innan flygning lämnat in en färdplan till (ATC).

- (A) Piloten placerar en HMD på huvudet, där de datorgenererade grafikbilderna visas. På HMD sitter även en motion sensor som känner av riktningen på huvudet. Piloten slår sen på ATSVIS systemet, vilket uppdateras omedelbart och visar trafiken både på marken, och i luften runt flygplatsen. Piloten ber nu ATC om att skicka över färdvägen, denna väg är unik för varje flygplan och skapas av ATC utefter pilotens färdplan. Färdvägen innehåller information hur piloten ska navigera på marken och i luften. Färdvägen visas som linjer på marken och i luften som ramar. När överföringen är klar kommer en bekräftelse om den lyckades eller inte. Efter överföringen kommer aktuell ATIS/FIS-B data i textfönstret.
- (B) När piloten får klartecken från ATC om backa och taxa till första vänteläge, så ändras färdlinjen färg på marken hit till grön. Piloten bekräftar att han fått meddelandet. Piloten navigerar dels efter toppkartan eller via de datorgenererade linjerna på marken. Toppkartan är inställd för taxning vilket gör att piloten ser byggnader på flygplatsen och sin planerade färdväg. Piloten behöver inte titta ner på instrumentpanel för att navigera, utan all information visas på HMD. Systemet känner av så att flygplanet följer linjerna på marken, följer piloten inte linjerna på marken kommer en varning upp i fönstret, och ett meddelande visas att piloten inte följer planerad färdväg.

- Ⓒ **Taxa.** När piloten fått tillstånd att taxa till landningsbanan, visas detta i textfönstret Ex ”*Ställ upp innan landningsbanan*”. Färdlinjen på marken ändrar färg från blå till grön, vilket visar att det är klart att taxa. Piloten kan följa flygtrafiken dels genom att titta ut genom fönstret, och genom toppkartan. Toppkartan kan ändras, så skalan i toppvyn ger en bättre överblick över trafiken på plattan och taxibanorna. Vid varje flygobjekt visas information som fart, riktning, höjd samt identitet. Han navigerar sen efter de streckade linjerna på marken fram till landningsbanan. Skulle det vara köbildning på taxibanan, känner systemet av det så att separationen mellan planen uppfylls, genom att gatorna närmast angränsande flygplanet ändrar färg till gul (varningsfärg). Den här beräkningen görs i datorn i flygplanet [se kollision].
- Ⓓ **Innan takeoff.** Vid väntplatsen innan landningsbanan har piloten stannat framför HOLD skylten. Piloten väntar på att ATC ger klartecken för att taxa ut på landningsbanan. Under tiden övervakar piloten om det ligger några flygplan på inflygning och landning på toppkartan. När piloten får tillåtelse försvinner HOLD skylten och den blå streckade färdlinjen ändrar färg till grön.
- Ⓔ **Takeoff.** De gröna rektanglarna visar precis hur piloten ska flyga för att lämna flygplatsen och komma in på sin planerade flygväg. Information gällande angränsade kontrollområde kommer upp i textfönstret, när flygplanet närmar sig det.
- Ⓕ **Inflygning.** Piloten använder de gröna rektanglarna för att positionera sig. Genom att ändra färg, hjälper rektanglarna piloten att anpassa avståndet till framförvarande flygplan.
- Ⓖ **Taxning.** Vid taxning följer piloten datagenererade markeringar på marken, även dessa kan ändra färg. Med hjälp av toppkartan kan piloten få en översikt på taxibanor, övrig flygtrafik och byggnader.

## 9. Utvärdering

- ATSVIS hjälper piloten att navigera efter färdplan eller utefter ATC givna route med hjälp av visuella linjer, skyltar och ljus på marken och i luften.
- ATSVIS hjälper aktivt piloten under hela flygrutten genom kontinuerligt kontrollera att piloten flyger rätt, följer inte piloten färdplan eller ATC givna rutt kommer system direkt att varna piloten. Systemet är tänkt att användas vid både dålig och bra sikt. Det är uppenbart att ATSVIS ökar pilotens uppmärksamhet om sin egen position och planerade färdväg, vilket kommer att leda till färre incidenter och olyckor.
- ATSVIS hjälper även piloten att visa övriga flygplans position, identitet och deras planerade färdväg. Att piloten kan övervaka övrig flygtrafik och även kan se deras planerade färdväg kommer att leda till färre fel, incidenter och kollisioner.
- ATSVIS hjälper aktivt piloten med att kontrollera kollisioner med andra flygplan, flygfordon och byggnader, master, osv. Om incident föreligger kommer systemet att varna. Kollisionsvarningen kommer att förebygga många olyckor.
- ATSVIS kan användas vid inflygning där hela inflygningsbanan visas i form av ramar. Inflygning med ATSVIS är tänkt att kunna utföras även vid en sikt på 0 meter. Dessa visuella gator hjälper även piloten att hålla separationen till framförande flygplan, genom att ändra färg. Systemet kommer att effektivisera inflygningar genom att avstånden inte behöver ökas mellan flygplanen i vid dålig sikt.
- Fördelen med ATSVIS gentemot planerade system som Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) med displayer på instrumentpanelen är att piloten slipper titta ner på instrument panel. De försök som gjorts med ADS-B har en del piloter upplevt det som negativt att det tillbringar åtskilligt med tid på att ner på instrumentpanel, andra nackdelar med detta system är att det inte visar aktivt hur piloten ska navigera, det visar heller inte andra flygplans planerade förflyttningar.
- Trafikledarens roll kommer troligen att minska med ATSVIS som flygtrafikledningen system eftersom piloten kommer att tillgång till mer information än i dagens flygtrafiksystem och att systemet aktivt hjälper piloten (med kollisionsvarning, väganvisningar o s v.). Hur stor del av arbetet som trafikledaren kommer att utföra beror delvis hur man bygger upp trafikledningsmodulen d v s hur många funktioner man överlåter till trafikledningsmodulen att utföra. Pilotmodulen utformas så att trafikledaren aktivt skickar information (väganvisningar och dylikt) eller så kan den utformas så att systemet och datorn sköter detta automatiskt. I det senare fallet blir trafikledarens roll blir mer en övervakare över system och som ingriper om något fel föreligger.
- Vi har inte gjort någon undersökning över kostnaden för ATSVIS blir, eftersom inte tekniken med AR ännu inte är redo för att användas i flygsammanhang. Antagligen kommer den tekniska utrustning med ATSVIS innebära en kostnadsökning mot nuvarande flygplans utrustning, där HMD kommer att bli den dyraste enheten. Investeringarna och kostnaderna på en flygplats kommer däremot sannolikt att bli mindre än dagens system. Dyra inflygningsystem som ILS och MLS kommer ersättas av ATSVIS. ATSVIS kräver inga omfattande installationer på flygplatsen

utan det ända som krävs är antenner som kan överföra data till flygplanen. Detta medför att även mindre flygplatser kan få möjlighet till avancerade inflygningshjälpmedel.

- Augmented Reality har fel som man måste tas bort eller reduceras innan man kan tillämpa det i flygsammanhang. Det främsta felet är registreringsfel. Ett registrerings fel är när virtuella objekt inte är riktade in med objekt i den verkliga världen. Detta skulle yttra sig i att piloten får en känsla av att de objekten inte hör samman, i värsta fall om piloten inte skulle upptäcka felet, att piloten blir missledd.
- Ett annat problem är uppdatering av grafiken, när användaren rör på huvudet, känner rörelse sensorer av förändringarna och skickar signaler till datorn.

# Referenser

## **Litteraturförteckning**

Cundy, Dale R / Brown, Rick S. (1997) *Introduction to avionics*  
Prentice Hall

(2004) *Package I; Enhanced Traffic Situational Awareness on the Airport Surface (ATSA-SURF) Application Description*

## **Studiebesök / Presentation**

Göran Hasslar, 050427, *Luffartsverkets utvecklingsavdelning, Norrköping*  
Staffan Törner, 050525, *ATCC, Arlanda*  
Björn Gidelund, 050525, *ATC, Arlanda*

## **Internetkällor**

1. Virtual Reality och Augmented Reality  
URL: <http://www.se.rit.edu/~jrv/research/ar/introduction.html>
2. GPS  
URL: <http://www.gps-navigation.se/>
3. Galileo  
URL: [http://www.esa.int/export/esaNA/GGGMX650NDC\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/export/esaNA/GGGMX650NDC_index_0.html)
4. IEEE 802.16 (WiMAX)  
URL: <http://www.wimaxforum.org/about>
5. Head Mounted Display och see-through Head-Mounted Display  
URL: [http://www.eri.harvard.edu/faculty/peli/papers/HMD\\_registration.pdf](http://www.eri.harvard.edu/faculty/peli/papers/HMD_registration.pdf)
6. Motion Tracker  
URL: <http://www.engineeringtalk.com/news/igo/igo100.html>
7. EON Studio  
URL: <http://www.eonreality.com/>  
<http://www.eonreality.com/products/files/eonstudio.pdf>
8. Doppler effekt  
URL: <http://www.mna.hkr.se/fysik/resurser/physlets/doppler.html>

## **Övriga referenser**

Tomas Phorat, Mälardalens Högskola  
Stanley Ekelund, Infotiv Visual Technologies AB

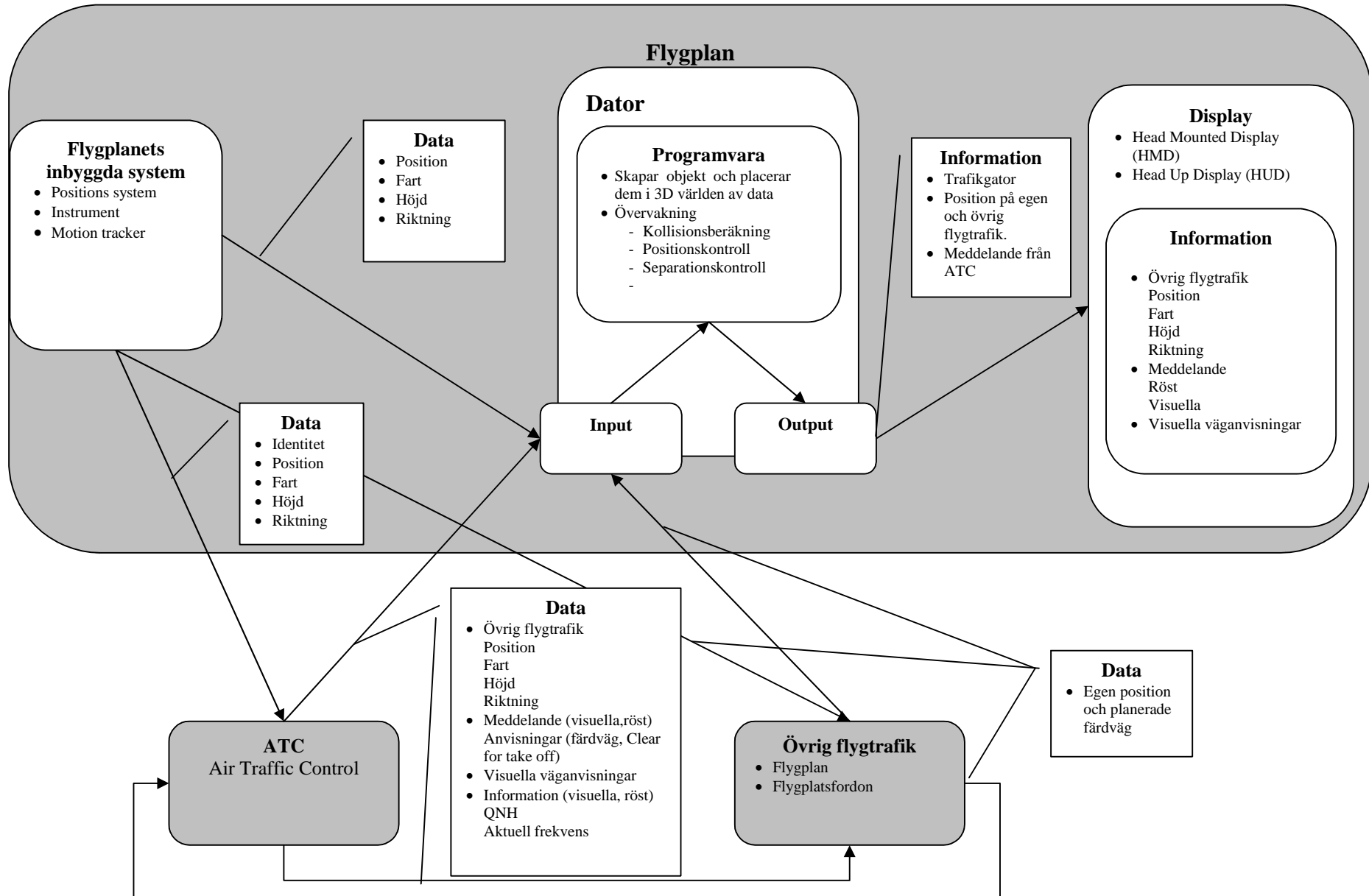


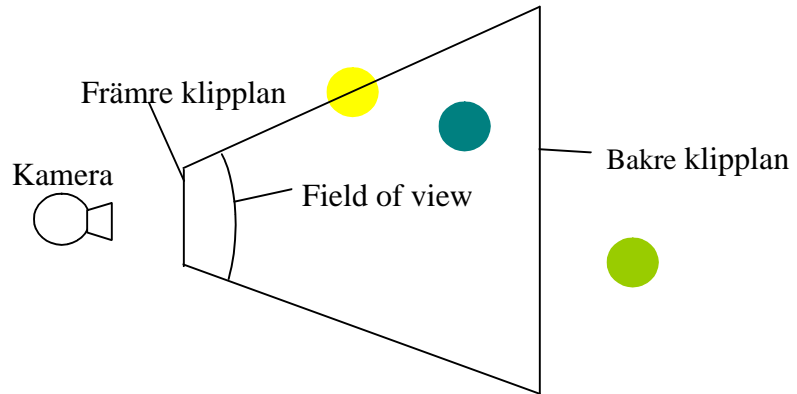
Fig 27: Figuren visar hur ATSVIS är uppbyggd. Den visar också hur data skickas och omvandlas till information för piloten

## Bilaga 2

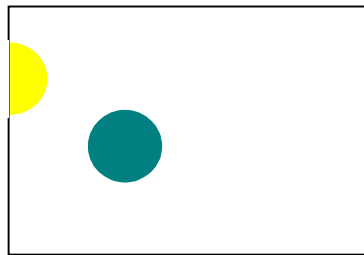
### Noder och prototyper

- Nod
  - Färdiga byggstenar i EON som används för att skapa interaktivitet i scenen.
  - Finns ett 100-tal noder.
  - Till varje nod finns det ett antal in och utgångar som kan kopplas till andra noder.
  
- Prototyp
  - Består av en eller flera noder för att skapa en mer avancerad funktion. Noderna är ihopkopplade i routesfönstret.
  - Har ofta ett script is sig med kod, Java eller Visual Basic, som knyter ihop funktionerna i noden.
  
- Routes
  - Är ett särskilt fönster där noder som finns i trädet kan läggas in för att skapa länkar till och från andra noder.
  - Det är på detta sätt man får de flesta funktioner i simulationen att fungera.
  - Varje prototyp har en egen route ??? fönster som den kan koppla ihop noder i.
  
- Frame
  - En nod som fungerar som positionsobjekt.
  - Används rikligt i programmet.
  - Kan ändra x, y, z-koordinater och även riktning, roll och tiplanet.
  - Kan lägga flera i varandra för att få pivopunkten att sammanfalla med origo
  
- Script
  - Används för att skriva egen kod om det inte finns en nod eller prototyp som passar in på de händelser som ska uppstå.
  - Fungerar för både Visual Basic och Java.
  
- SmoothOperator
  - Används för att få en mjuk övergång mellan 2 värden på en viss tid.
  - Används i programmet för ett få en mjuk styrning och en mjuk acceleration för flygplanet.
  
- KeyboardSensor
  - En knapp på tangentborde kopplas till en sådan här och varje gång man trycker på knappen när simulationen är igång så genereras en händelse som kan skickas vidare till andra noder.
  
- Kollision
  - Kollar om ett eller flera objekt kolliderar med varandra och orsakar då en händelse som kan tas till vara på önskvärt sett.

- Kamera (Figur 28 och 29)
  - Är en "framenod" som länkas till en "viewport".
  - Lägg in i simulationen för att kunna se scenen från en specifik plats som bestäms själv.



Figur 28: Visar hur kameran är uppbyggd och hur man kan påverka vad den ska visa.



Figur 29: Här ser man det som syns i kameran ovanför.

- Viewport
  - I simulationsfönstret kan det visas flera stycken "viewports" på samma gång. (se 2.1 Användargränssnitt)
  - Den definierar FOV, bakre och främre **mellanslag** klipplan och var någonstans på skärmen den ska visas.
- Light
  - Används för att lysa upp simulationen eller saker i simulationen.
  - Kan ställas in på olika sätt för att ge olika sorters ljus.
- Material
  - Bestämmer de olika effekterna på materialen på objekten. Färg, blankhet, osynlighet bland annat.
- Textures
  - Används för att lägga olika typer av bilder på objektens yta.



- Mesh
  - Det är denna nod som innehåller själva definitionen av 3D-modellen.
  - Kopplat med ett material så kan 3D-modellen ses.
- Level Of Detail
  - Används när det finns många olika detaljer i scenen.
  - Val av hur hög upplösning som ska visas av objektet/objekten och på vilket avstånd från kameran. Ju närmre kameran ett objekt är ju bättre detaljerat är det.
- Degree Of Freedom
  - Fungerar som en framenod fast kan även sätta gränser för vilken position/orientation noden kan anta.
- Shape
  - Måste användas för att para ihop en mesh med ett material så att 3D-figuren kan visas.
- Adapter
  - Används till att omvandla värden från t.ex. ett flyt tal till en positions koordinat.
- Event Info
  - Används för att visa text, värden eller vilken händelse som har startats på skärmen.
- Walk
  - Används för att kunna orientera och flytta sig i simulationen.
- Position
  - Används tillsammans med vilken annan nod som helst som har både position och orientationsfält.
  - Har möjligheten att flytta sin "parent frame" nod med en hastighet till en position som användaren väljer
- 3DPointer
  - Används för att se hur objekt ligger i rymden. Visar x, y och z axlarna i olika färger
- Colors
  - Används för att snabbt kunna ändra färg på objekt.
- Timesensor
  - Ger ifrån sig signaler efter valda tider som används till att kontrollera eller starta andra noder.
- Decal
  - En decalnod applicerar en textur till en virtuell rektangel som alltid visas vinkelrät mot Viewporten.

## Egna prototyper

- Isector
  - Består av 40 stycken ISectorer där varje ISector är kopplad till varsin trafikgata.
  -
- Hastighet
  - 9 olika smoothoperators för att få hastighetsändring från nuvarande värde till nytt värde på ett visst antal sekunder.
  -
- Adapter
  - Omprogrammerad adapternod för att få koordinaterna mellan den riktiga och virtuella världen att funka som de ska utan att behöva använda massor med olika noder.