



Soundmodul Flugsimulator

Project Manager: Alois Sontacchi (sontacchi@iem.at)

Contributors : Helmuth Ploner-Bernard, Robert Höldrich

Das IEM hebt ab ! oder: Entwicklung und Implementierung des Soundmoduls für einen Flugsimulator (Level D).

1. Einleitung

Das IEM entwickelt gemeinsam mit der TU-Graz (Inst. f. Allg. Mechanik, Inst. f. Strömungslehre, Inst. f. Maschinenbau Betriebsinformatik, Thermodynamische Turbomaschinen, Inst. f. Informationssysteme und Computer Medien) und Grazer Firmen, unter Fördergeldern des Landes Steiermark, einen „Level D“ Flugsimulator (höchste Ausbau und Entwicklungsstufe eines Flugsimulators – d.h. maximal realitätsnahe).



Abbildung 1: Das IEM hebt ab! – Die „Flight Simulation Partner“

Das Gesamtsystem wird aus einem Cockpit mit naturgetreuen identischen Bedienelementen (inkl. force feedback), mit einem hochqualitativen realen Vision und Audio System, sowie einer Motion Base ausgestattet sein.



Abbildung 2: Flugsimulator (Level D) – und seine Bestandteile: Cockpit, Audio System, Vision System, Motion Base

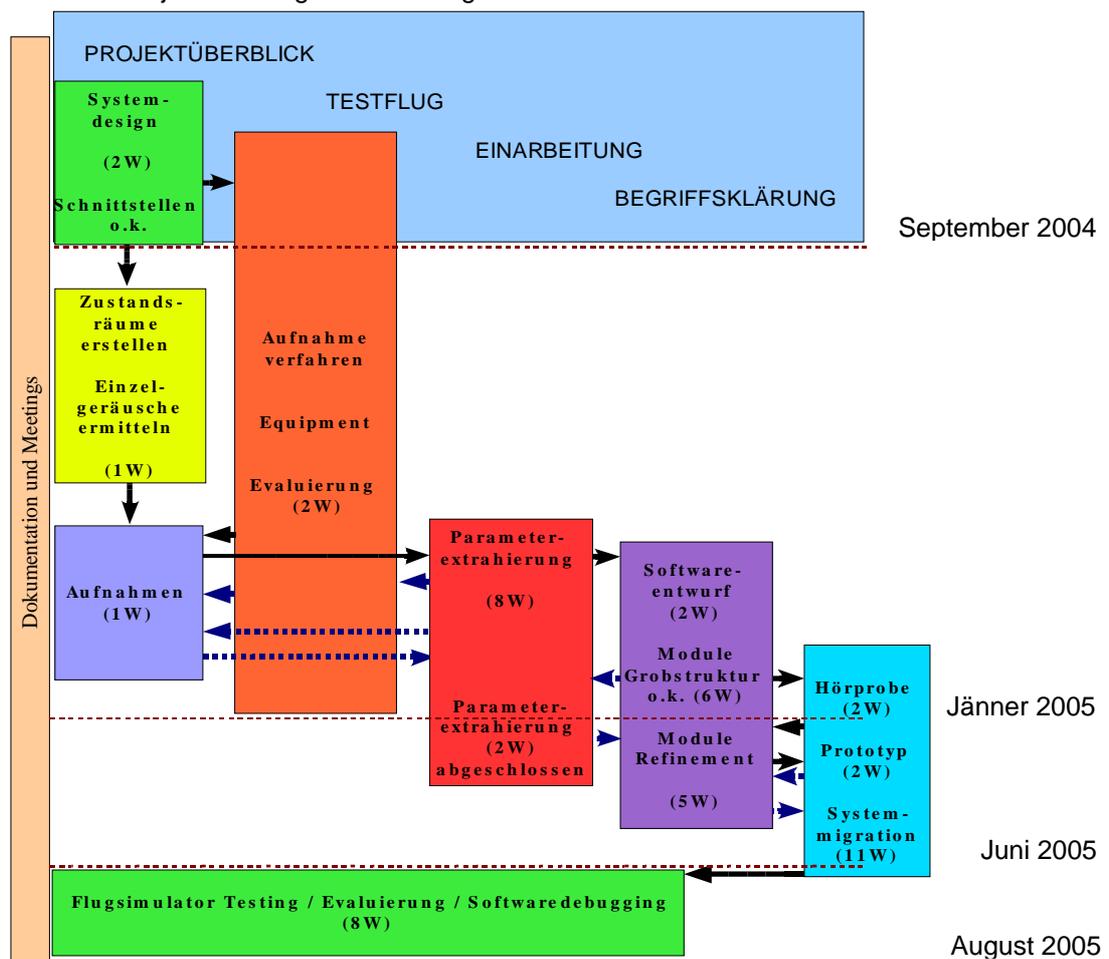
2. Aufgabenstellungen für das Soundmodul

Das *Sound-Modul* ist zusammen mit dem Audio-Modul, welches die Aufgabe der Interkommunikation und Generierung der Eigengeräusche der Bordenlemente – falls nicht vorhanden - hat, für eine möglichst *naturgetreue Nachbildung* aller Schallereignisse im Cockpit von Flugzeugen in einem Flugsimulator zuständig. Basierend auf einem funktional motiviertem Ansatz wird hierzu ein *Schallfeld resynthetisiert*, welches dem realen Schallfeld möglichst nahe kommen soll. Mit diesem System ist es prinzipiell möglich, die Schallereignisse jedes beliebigen Flugzeugmodells auf Simulatoren abzubilden. Weil sich die verwendete Technik jedoch auf Aufnahmen eines ganz bestimmten Flugzeuges stützen muss, wird das fertige Produkt lediglich auf Maschinen eines festgelegten Typs eingehen können.

Auflistung der notwendigen Arbeitsschritte:

- Voraufnahmen und Begriffs Screening
- Strategien für die Aufnahmen im Flugzeugcockpit
- Analyse der aufgenommenen Schalle.
- Synthesestrategien
- Spatialisierung
- Implementierung
- Dokumentation

Daraus resultiert das Projektflussdiagramm wie folgt:



In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen wesentlichen Punkte jedoch nur oberflächlich und zum Teil noch unvollständig besprochen.

3 Das Aufnahme Equipment

Das Schallfeld im Cockpit wird durch mehrere Geräuschquellen hervorgerufen, die sich zeitlich, spektral sowie auch örtlich (z. T. zeitvariant) überlagern. Die Schallausbreitung erfolgt über Körper- als auch Luftschall (structure-borne & airborne sound). Unter diesen Gesichtspunkten resultieren unterschiedliche Auswahlkriterien für das Aufnahme Equipment bzw. Setup, wobei Vor- und Nachteile entsprechend abzuwiegen sind. Dazu zählen Kalibrierbarkeit, Qualität bzgl. des verfügbaren Übertragungsbereiches, SNR, Grenzschalldruck, Speicheraufwand, Hardwareaufwand, etc..

Folgende Lösungsansätze werden verfolgt:

- Einzel(mess)mikrofon Aufnahmetechnik
- Binaurale Aufnahmetechnik
- Arraytechnologie

Ein wesentlicher Punkt beim Aufnahme Equipment ist auch dessen Halterung bzw. Anbringung im Cockpit. Während die Anbringung und Befestigung eines Einzelmikrofons noch eine relativ einfache lösbare Aufgabe darstellt, geben sich bei den anderen Verfahren, vor allem bei der Verwendung von Aufnahmen bei Linienflügen größere Hürden. Als eine innovative Entwicklung kann das Halterungssystem für ein Mikrofonarray, welches zusammen mit dem MBI entwickelt wurde genannt werden.



Abbildung 3: Speziell entwickeltes Mikrofonarray (IEM) und Halterung (IEM&MBI) für den Einsatz bei Linienflügen im Flugzeugcockpit.

4 Analyse

Der Hauptaufgabe der Analyse ist die Trennung von stochastischen (geräuschartigen) und deterministischen (harmonischen) Komponenten und deren Zuordnung bzw. Einordnung in den Flugzustandsraum und deren Zuordnung von bestimmaren oder unbestimmaren Schallereignisorten. Der Flugzustandsraum wird durch relevante Flugdaten wie: Drehzahlen der Triebwerke, Flughöhe, Fluggeschwindigkeit, Orientierung, Stellung der Flaps usw. beschrieben.

Dabei werden folgende Aspekte zusätzlich unterschieden:

- Zeitliche Abläufe
- Spektrale Unterscheidung
- Räumliche Separation / Zuordnung

5 Synthesestrategien

Grundsätzlich kann die Synthese nicht unabhängig von der Analyseseite betrachtet werden. Jedoch ergibt sich hier im vorliegenden Projekt die zusätzliche Erschwernis, dass im realen Cockpit die Aufnahmen nicht für alle möglichen Zustände im Flugzustandsraummodell – wie diese bei einem Flugsimulator erwartet werden - erhoben werden können (bedingt durch extremen zeitlichen Aufwand und auch durch Sicherheitsgründe). Diese Zustände müssen im Sinne der Level D Vorgaben weitest gehend aus den vorhandenen Daten extrapoliert werden oder aber auch sinngemäß generisch synthetisiert werden.

Basierend auf den Aufnahmedaten und den extrahierten Features können z. T. quasi-stationäre Schalle z.B. durch einfache Quelle-Filter Modelle nachgebildet werden. Dabei ändert sich zeitlich nur das Filter jedoch das Quellen- oder Generatorsignal bleibt unangetastet.

Außerdem müssen Zustandsraum (relativ) unabhängige Ereignisse, die einem speziellen zeitlichen Verlauf unterworfen sind wiederum anders behandelt werden (z.B. Öffnen der Fahrwerksklappen und Ausfahren des Fahrwerks durch variable geloopte Samples)

6 Spatialisierung

Das Schallfeld in der Kabine setzt sich aus richtungsunabhängigen (Druckkabine) und richtungsabhängigen Komponenten (lokalisierbare Quellenrichtung) zusammen.

Für die Wiedergabe im Flugsimulator sind mindestens 8 Lautsprecherpositionen (unabhängige Wiedergabekanäle) vorgesehen. Diese werden an möglichst unauffälligen Positionen maximal effizient angebracht.

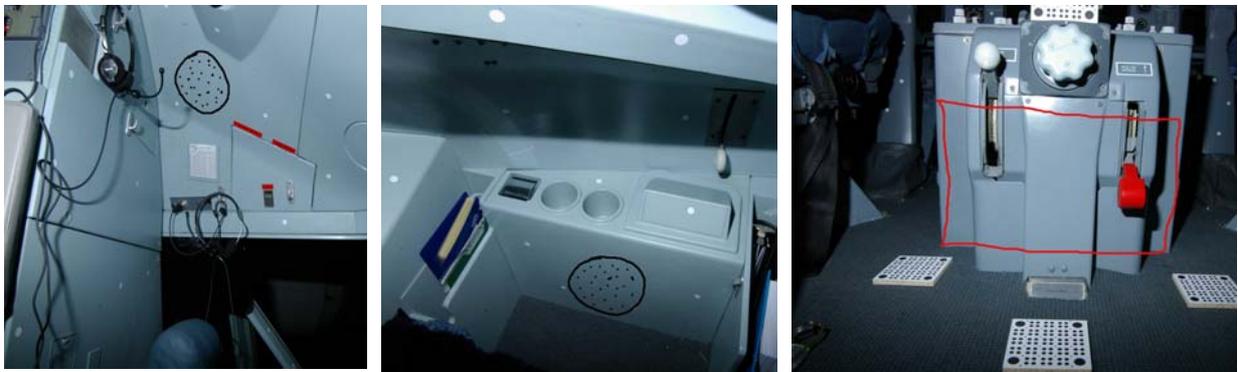


Abbildung 4: Einzelne voraussichtliche Lautsprecherpositionen.

Da die Kabine beim Flugsimulator nur bedingt identisch nachgebaut wird (z.B. Instruktorplatz hinter dem Cockpit), kann bei der akustischen Nachbildung nicht von einer gleichen Wiedergabebedingung wie im realen Cockpit ausgegangen werden. Daher werden unterschiedliche Wiedergabestrategien zum Einsatz kommen. So werden z.B. breitbandige Geräusche die keine deterministische Abbildungsrichtung besitzen durch eine Kombination von vollständig korreliert (Druckkammer – für tiefe Frequenzen) und weitestgehend dekorreliert (Einhüllendes Ambiente – für mittlere bis hohe Frequenzen) extrahierten Geräuschkomponenten zusammengesetzt.

7 Implementierungsvorgaben

Die Implementierung erfolgt unter PD (pure data) auf einem handelsüblichen PC unter Linux mit einer RME Soundkarte.

Das Sound-Modul muss auf ein angefordertes Geräusch (bedingt durch andere Module/Bedienelemente) vor Ablauf einer gewissen Zeit mit der Ausgabe eines entsprechenden Geräusches reagieren können. Die Anforderungen bzgl. minimaler Systemlatenz sind durch die Synchronisierung mit der Motion Base vorgegeben und beträgt somit 31ms.

Die minimale Systemlatenz setzt sich aus folgenden Größen zusammen:

- Garantierte obere Schranke des UDP für Send-Receive: 5ms
- Verzögerung des Videosystems: 10ms
- Verzögerung der Motion Base zu Videosystem: 16ms

8 Dokumentation

Die Dokumentation erfolgt in Teildokumenten parallel zu den einzelnen Arbeitsschritten, wobei diese neben den üblichen schriftlichen Aufzeichnungen, Vereinbarungen, Konzepte und Lösungsstrategien auch aus originalen und strukturierten Schallaufzeichnungen, Softwareskripts, Fotos, Filme und dergleichen bestehen. Diese Unterlagen dienen als Vorlage für Gesamtdokumentation.