

Integration eines Head-Mounted Displays in eine Flugzeugcockpit-Infrastruktur zur Anwendung von Augmented-Reality-Techniken für die Darstellung von Flugführungsinformationen

Franz Mader

5. Januar 2004

Einleitung

Diese Diplomarbeit beschreibt einen ersten Schritt zur Zusammenarbeit zwischen dem Lehrstuhl für angewandte Softwaretechnik (Augmented Reality) und dem Lehrstuhl für Flugmechanik und Flugregelung. Ziel ist es, Augmented-Reality Techniken einem weiteren konkreten Anwendungsfeld, der Flugführung (Mensch-Maschine Schnittstelle im Flugzeugcockpit), verfügbar zu machen.

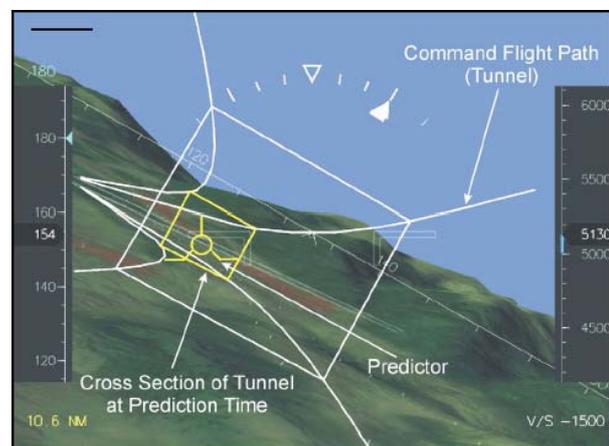
Gegenwärtige Situation

Zur gegenwärtigen Situation ist vorweg zu bemerken, dass die Militärfliegerei ihren zivilen Kollegen um einige Jahre voraus ist. Bei modernen Kampfflugzeugen bzw. Kampfhubschraubern sind sogenannte „head-mounted Devices“ bereits üblich. Hierbei handelt es sich um halbtransparente Helmvisiere, Monokel oder Brillen, in die Informationen (Grafik, Text) eingespiegelt wird. So wird z.B. beim Kampfhubschrauber AH-64 D der US Army die unter dem Rumpf befestigte Bordkanone sowie FLIR-Nachtsichtoptik/Laserdesignator automatisch mit der Kopfbewegung des Copilot/Gunners mitgeführt. Auch bei Kampfflugzeugen setzt sich der Trend weg vom Head-up Display (HUD) hin zum Head-mounted Display (HMD) durch. Grund hierfür sind unter anderem moderne infrarotgesteuerte Luft-Luft Raketen, welche keine direkte Ausrichtung des Flugzeuges auf das Ziel mehr benötigen, sondern unter einem großen ‚off-boresight‘-Winkel abgeschossen werden können. Im Zivilbereich sind mittlerweile Head-up Displays in diversen Cockpits anzutreffen. Diese ermöglichen

dem Piloten, flugrelevante Daten aufzunehmen, ohne den Blick auf die Displays im Cockpit zu richten. Offensichtlich ist dies jedoch nur beim Blick gerade aus gewährleistet. Heutige HUDs decken ein Blickfeld von ca. 20° ab. In der Privatfliegerei sind so gut wie keine HUDs/HMDs anzutreffen.

Zielsetzung

Der Lehrstuhl für Flugregelung und Flugführung (LFR) der TU-München betreibt seit ca. 2 Jahren einen modernen Forschungs-Flugsimulator zur Evaluierung neuer Flugführungstechniken. Momentaner Zustand am Flugsimulator des LFR ist die Darstellung fortschrittlicher Flugführungsinformationen (Highway in the Sky) zusammen mit der Landschaftsprojektion auf 3 Leinwänden (150°).



Ziel ist es jedoch, die Flugführungsinformation unabhängig von der Kopfposition/Blickrichtung des Piloten in ein Head-mounted Display einzublenden.

Der hier zu implementierende Ansatz verfolgt schwerpunktmäßig folgende Zielsetzung:

- Geringes Gewicht des Gesamtsystems
- Stabiles optisches Tracking mittels aktiver Marker (IR-Bereich)
- Leicht durchzuführende Installation bzw. Adaption auf verschiedene Cockpittypen

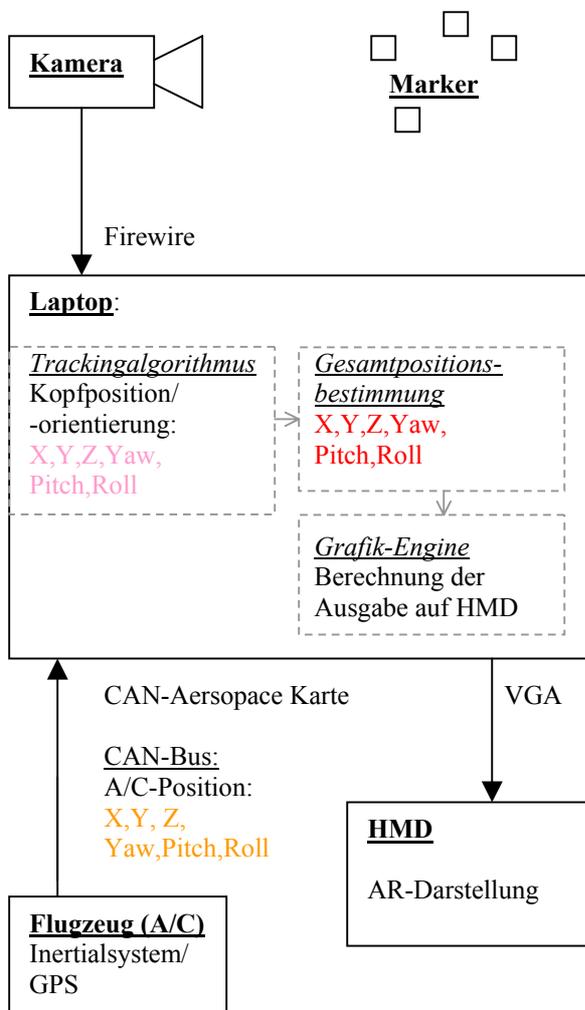
Ist dieses Ziel im Simulator erreicht, wäre der nächste Schritt, das System in das Forschungsflugzeug des Lehrstuhls zu portieren, was jedoch u. U. nicht mehr im Rahmen dieser Diplomarbeit durchzuführen ist. Folgende Schritte sind hierzu erforderlich:

- Anbindung an den CAN Aerospace Bus des Flugzeugs
- Anpassung an das Cockpit
- Test der Immunität des Trackings auf Störeinflüsse (z.B. direkte Sonneneinstrahlung)

Architektur

Das System soll auf einem handelsüblichen Laptop Computer mit CAN-Aerospace Karte und leistungsfähiger Grafikkarte laufen.

Es besteht zudem aus einer Mini-Kamera, welche am Helm des Piloten montiert ist, aktiv leuchtender IR-Markern, welche im Cockpit zu installieren sind und dem optical-see-through Head-mounted Display.



Vorgehensweise

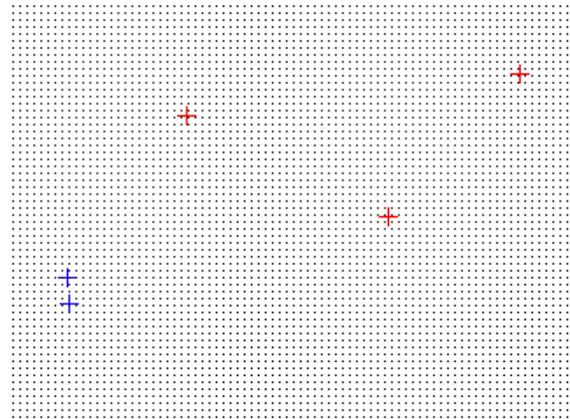
Die vorrangige Aufgabe besteht darin, das Tracking-System unter den gegebenen Rahmenbedingungen (Cockpit, Blickrichtung und Bewegungsspielraum des Piloten durch Sitzposition etc. stark eingeschränkt) zu entwickeln.

Das Vorgehen möchte ich nun kurz skizzieren:

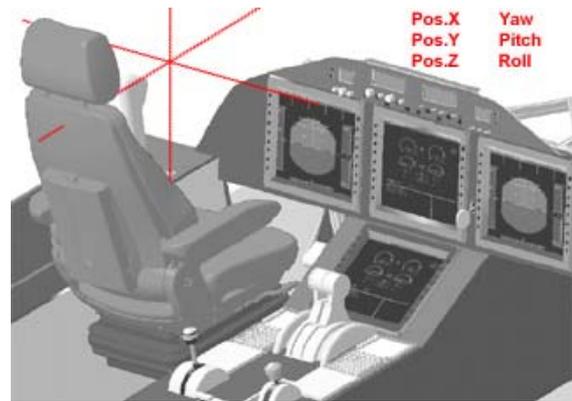
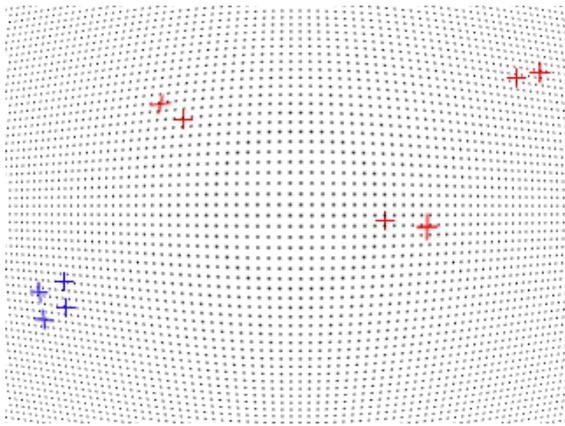
1. Einlesen eines Kamera-Frames (z.B. 640x480, greyscale) und Vorfilterung.



2. Positionsbestimmung der Marker im Bild: Hierzu muss ein performanter Algorithmus die Leuchtdioden im Frame finden und mittels einer Schwerpunktberechnung subpixelgenaue Koordinaten jedes Markers in bildeigenen Koordinaten zurückliefern.



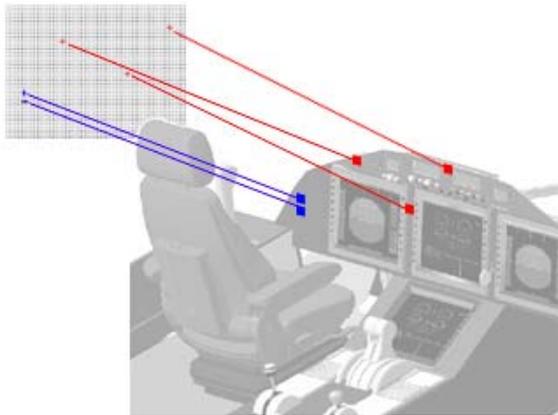
3. Entzerrung der durch die Kamera entstandene Distortion: Abhängig von der verwendeten Kamera und deren Einstellung müssen in einem a priori durchzuführenden Kalibrierungsprozess die zur Entzerrung des Bildes notwendigen Parameter der Kamera (intrinsische Kamera-Parameter) bestimmt werden.



4. Identifikation der einzelnen Marker anhand eines internen Referenzmodells: Mittels mathematischer Verfahren müssen die einzelnen Marker eindeutig identifiziert werden. Hierzu gibt es verschiedene Lösungsansätze, welche abhängig von Fehleranfälligkeit und Ausführungsgeschwindigkeit zu wählen sind.

Sind diese Werte bekannt, so können sie mit den Flugzeug-Positionsdaten verrechnet werden und als Viewport-Vorgaben an die Grafikengine weitergereicht werden.

Zusätzlich ist jedoch noch die Kalibrierung des HMD durchzuführen.



5. Pose Estimation:
 Berechnung der vollständigen Kopfposition und Orientierung des Piloten - diese wird benötigt, um abhängig von der Blickrichtung die entsprechenden Daten einzuspiegeln. Hierbei wird jedoch die höchste Präzisionsanforderung an die Rotationswinkelbestimmung um die Lateralachse gestellt. (Genauigkeit der Winkelbestimmung der Blickrichtung nach links/rechts).
 Die relative Position des Kopfes (Translation) innerhalb des Bewegungsspielraums des Piloten wird aufgrund der Projektion relativ weit entfernter Objekte eine eher untergeordnete Rolle spielen.