

Vorrichtung und Verfahren zum Betrieb eines Flugsimulators mit besonderer Realitäts -Anmutung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Betrieb eines Flugsimulators mit besonderer Realitäts – Anmutung.

In der DE 10 2008 023 955 B4 ist ein Verfahren zur Simulation von Ereignissen und Abläufen von Luft-, Land- oder Wasserfahrzeugen und ein Simulationssystem beschrieben. Dieser Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Simulationseinrichtung in Echtzeit anzusteuern, obwohl die zur Ansteuerung erforderlichen Daten lediglich von einem Nichtechtzeit – Simulationsprogramm bereitgestellt werden, wobei eine durch einen Datenmanager verursachte Latenzzeit kompensiert werden soll.

Als Echtzeit wird hierbei diejenige Zeit verstanden, die Abläufe in der realen Welt tatsächlich benötigen. Der Begriff Echtzeit meint nicht eine bestimmte Geschwindigkeit oder Verarbeitungsleistung des Programms oder der Steuerung, sondern legt nur den Zeitrahmen fest innerhalb dem das System reagieren muss. Der Begriff Latenzzeit bedeutet einen Zeitraum zwischen einer Aktion und dem Eintreten der zu erwartenden Reaktion, also eine Verzögerungszeit.

In dieser Patentschrift wird im Wesentlichen unter Schutz gestellt, dass im Falle des nicht rechtzeitigen Eintreffens von Daten die entstehende Datenlücke durch Daten aus Erfahrungswerten oder Daten aus vorangegangenen Simulationsprogrammen ersetzt wird, und diese Daten dann an die Bewegungssteuerung der Echtzeit – Simulationseinrichtung gesendet werden.[0046]. Angaben zur konkreten Verbesserung der mechanischen Ausgestaltung eines Flugsimulators sind hier nicht zu erhalten.

Die DE 600 20 466 T2 beschreibt einen so genannten Parallelroboter mit vier Freiheitsgraden der die Aufgabe löst, eine bewegliche Platte mit vier Freiheitsgraden mit hoher Geschwindigkeit und einer hohen Beschleunigung zu verschieben, und die bewegliche Platte mit hoher Steifigkeit und Genauigkeit zu positionieren. Als Parallelroboter wird hierbei ein Roboter bezeichnet, bei dem eine Vielzahl von

Aktuatoren parallel angeordnet sind, wobei ein solcher Roboter zum Beispiel bei einem Fahrsimulator für ein Motorfahrzeug anwendbar ist.

Zum Stand der Technik sind in dieser Druckschrift Parallelroboter mit sechs Freiheitsgraden genannt, die zum Beispiel in Flugsimulatoren, wie sie aus der US 5 333 514 und der US 5 715 729 offenbart sind, verwendet werden.

Zur Lösung der in der DE 600 20 466 T2 gestellten Aufgabe wird ein Parallelroboter beschrieben der im Wesentlichen aus einer speziellen Anordnung aus einem Parallelgestänge (3), einer sich bewegenden Plattform (4), Kopplungsteilen (42) und kinematischen Elementen (33) besteht. Eine besondere Anwendung eines solchen Roboters in einem Flugsimulator ist hierbei nicht erwähnt.

Aus der WO 96 / 26 512 A (Übersetzung der entsprechenden europäischen Patentschrift unter DE 696 23 410 T2) ist ein verbesserter Flugsimulator bekannt, dem die Aufgabe zugrunde liegt, die echte Bewegung, die ein Pilot bei der Manövrierung eines Flugzeuges verspürt, genauer zu simulieren.

Hierbei wird ausgegangen von einem Bewegungssimulator mit einer Stützeinrichtung (102) und einem Nickbewegungsholm (114) mit einer Nickbewegungsachse, wobei der Nickbewegungsholm (114) mit der Stützeinrichtung drehbar verbunden ist, und wobei der Bewegungssimulator folgendes umfasst:

einen Rollbewegungsholm (134) mit einer Rollbewegungsachse , die senkrecht zur Nickbewegungsachse ist und mit dem Nickbewegungsholm (114) drehbar verbunden ist , und eine Teilnehmerkabine (160) mit einem Schwerpunkt , wobei die Teilnehmerkabine (160) vom Rollbewegungsholm derart gehalten wird, dass der Schwerpunkt der Teilnehmerkabine von der Nickbewegungsachse getrennt ist.

Zur Lösung der obigen Aufgabe wurde bei diesem Flugsimulator unter Schutz gestellt, dass Rollbewegungsholm (134) mit dem Nickbewegungsholm (114) derartig drehbar verbunden ist, dass der Rollbewegungsholm (134) sich in einer Ebene senkrecht zur Nickbewegungsachse vollständig um den Nickbewegungsholm (114) drehen kann. Abgesehen davon, dass dieses Merkmal lediglich Angaben enthält die eine zu erzielende Wirkung betreffen ohne eine Angabe zur konkreten Ausführung, erscheint der hier beschriebene Flugsimulator verbesserungswürdig.

Der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bzw. dem entsprechenden Verfahren, liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren vorzustellen mit dem der Betrieb eines Simulators mit besonderer Realitäts – Anmutung zum Erlernen der Beherrschung eines sich in der dreidimensionalen Realität bewegendes Fahrzeugs, insbesondere eines Fluggeräts, erreicht werden kann. Zudem soll auch für den, den Lernvorgang begleitenden, Lehrer die Möglichkeit bestehen, die Lernfortschritte und den Belastungsgrad seines Schülers objektiv überwachen zu können.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung nach Anspruch 1 bzw. einem Verfahren nach Anspruch 6 gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird im Folgenden näher beschrieben, Es zeigen dabei im Einzelnen:

Fig. 1: eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Simulators,

Fig.2: eine Seitenansicht der Projektions – Verhältnisse

Fig.3: eine Darstellung der realisierten zusätzlichen Simulationseinrichtungen und Systeme zur Erfassung der menschlichen Reaktionen.

Die grundlegende Idee der vorliegenden Erfindung besteht darin, einerseits mittels eines speziellen zweidimensional verfahrbaren 6 – Achs – Roboters die Verhältnisse in einer Fahrzeugkabine, speziell eines Fluggeräts, so zu simulieren, wie sie in der Realität tatsächlich auftreten. Andererseits soll dem Schüler mittels einer realistischen Darstellung der im Betrieb zu erwartenden Umgebung eine reale Simulation der zu erwartenden Schwierigkeiten geboten werden.

Der Lehrer wiederum soll mittels, den körperlichen Zustand des Schülers repräsentierender, Daten jeder Zeit einen realistischen Eindruck über die physische und psychische Belastung und / oder der Belastbarkeit eines Schülers erhalten.

Die in der Fig. 1: gezeigte Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Simulators lässt die hauptsächlichen Neuheiten des erfindungsgemäßen Konzepts erkennen. Ein 6 – Achs – Roboter 1 ist hierbei einerseits direkt über eine Adapterplatte 3 mit einer Fahrzeugkanzel 4, mit dem Einstieg 2, und andererseits fest mit einer Einrichtung 6

für translatorische Querbewegung verbunden. Die mit dieser Einrichtung 6 möglichen Querbewegungen sind mittels der gebräuchlichen Pfeilsymbole gekennzeichnet. Die Fahrbewegungen einer Einrichtung 5 für translatorische Längsbewegung, auf der die Einrichtung 6 installiert ist, sind mittels des gezeigten Doppelpfeils dargestellt.

Diese Kombination der Einrichtungen 6 und 5 ermöglicht beschleunigte Bewegungen der Flugzeugkabine 4 zugleich in Längsrichtung und in Querrichtung, unabhängig von den Bewegungen des Roboters 1. Die Längsrichtung ist hierbei durch die Längsausrichtung des Flugzeugs, also der Flugzeugkabine 4 definiert.

Da bei der Simulation der Verhältnisse in einem Fluggerät, wie beispielsweise einer Passagiermaschine, die höchsten Anforderungen an den Simulator zu erwarten sind, wird dieser Fall im Folgenden näher betrachtet.

Der Schwerpunkt einer Passagiermaschine, oder jeden anderen Fluggerätes mit Tragflächen, liegt etwa im Bereich der Mitte dieser Tragflächen. Der Schwerpunkt ist der Punkt in dem man sich das gesamte Gewicht eines solchen Fluggeräts vereinigt denken kann und um den sich gewissermaßen die gesamte Maschine drehen kann. Der Sitz des Piloten befindet sich jedoch in der Regel, vom Schwerpunkt der Maschine entfernt, einmal in Flugrichtung nach vorne versetzt und, im Relation zum Schwerpunkt der Maschine, nach oben gerückt. Das bedeutet zum Beispiel beim Start einer Maschine, dass der Pilot nicht nur die normale Bewegung des Schwerpunktes seiner Maschine mitmacht sondern weiter noch ein zusätzliches Drehmoment erfährt, das sich im Wesentlichen aus dem Abstand seines Pilotensitzes zum Schwerpunkt der Maschine ergibt.

Im Beispiel der Fig. 1 entspricht dies etwa dem Abstand von der Mitte der Einrichtung 5 für eine translatorische Längs – Bewegung zum Sitz 4 in der Flugzeugkanzel des Flugsimulators. Zur Simulation eines Startvorgangs ist es deshalb mit dem erfindungsgemäßen Simulator möglich die Fahrzeugkanzel 4 mittels der Einrichtung 5 für translatorische Längs – Bewegung in Längsrichtung zu verfahren. Der 6 – Achs – Roboter 1 vollführt dabei die normale kombinierte Hubbewegung und Schenkbewegung eines startenden Flugzeugs. Zu diesem Zweck kann die Einrichtung 5 mit natürlicher Beschleunigung translatorisch bewegt werden. Dadurch dass die Einrichtung 6 für translatorische Querbewegung auf der Einrichtung 5 für translatorische Längsbewegung verfahrbar installiert ist, sind kombinierte beschleunigte Bewegungen beider Einrichtungen einzeln und gemeinsam möglich.

Zum Einsatz der Einrichtung 6 für translatorische Quer – Bewegung wird auf folgendes Beispiel hingewiesen.

Soll in diesem Fall eines normalen Startvorgangs noch simuliert werden, dass das Flugzeug während des Startvorgangs von Scherwinden, einer gefährlichen Form von Seitenwinden, erfasst wird, kann dies mittels des zusätzlichen Einsatzes der Einrichtung 6 für translatorische Querbewegung realitätsnah simuliert werden. Es ist hierbei selbstverständlich dass eine solche Simulation mittels der Einrichtungen 5 und 6 für translatorische Längs – bzw. Querbewegung nur solange erfolgen kann als der Fahrweg der jeweiligen Einrichtung ausgelegt ist. In der Praxis wird jedoch der Fahrweg der Einrichtung 5 für translatorische Längsbewegung länger ausgelegt sein als der der Einrichtung 6 für translatorische Querbewegung. Dies entspricht auch insofern den realen Anforderungen, da Scherwinde meist kurzzeitig und böenartig auftreten.

Gerade das unerwartete Auftreten von Scherwinden beim Start oder der Landung von Flugzeugen führt leicht zu Unfällen und ist mittels des erfindungsgemäßen Simulators realitätsnah zu simulieren.

In der Fig.2: ist eine Seitenansicht der Projektions – Verhältnisse der simulierten Außenansicht in der Fahrzeugkanzel 4 skizziert.

Mit der Bezeichnung 15 ist hier eine mögliche OLED – Ansicht dargestellt, die sich als biegsamer Bildschirm den Konturen der jeweiligen Fahrzeugkanzel 4 anpassen lässt. OLED steht hier für „organic light emitting diode“ und bezeichnet ein dünnflüssiges, leuchtendes Bauelement aus organischen halbleitenden Materialien das sich von den anorganischen Leuchtdioden dadurch unterscheidet, dass einerseits die Stromdichte und die Leuchtdichte geringer sind und andererseits keine einkristallinen Materialien erforderlich sind. Die OLED – Technologie ist vorrangig für Bildschirme und Displays geeignet. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die großflächige Raumbeleuchtung.

Eine alternative Möglichkeit zur Darstellung der simulierten Außenansicht besteht darin, dass diese Außenansicht mittels Projektoren auf Projektionsflächen projiziert wird die sich außerhalb der Fahrzeugkanzel 4 befinden.

Siehe dazu: http://en.wikipedia.org/wiki/Cave_Automatic_Virtual_Environment

In der gezeigten Seitenansicht sind in diesem Fall die Projektionsfläche 9 des Frontanteils, die Projektionsfläche 8 des rechten Seiten – Anteils und die

Projektionsfläche 7 des Decken – Anteils zu erkennen. Diese Projektionsflächen können mit der Fahrzeugkabine 4 verbunden sein oder im Simulationsraum installiert werden. Im letzteren Fall müssen diese Projektionsflächen natürlich in den räumlichen Abmessungen entsprechend groß ausfallen.

Es gibt hierfür geeignete Projektionsverfahren die eine Darstellung einer Szene mit Tiefencharakter auf geraden aneinander stoßenden Projektionsflächen mit geradlinig verlaufenden Stoßkanten ermöglichen, wobei diese geradlinig verlaufenden Stoßkanten für die Darstellung eines Gesamtbildes mit relativ geringem Rechenaufwand unsichtbar gemacht werden können. Dieses Unsichtbarmachen erfolgt mittels rechnerischem „Herausrechnen“ der relativ genau definierten Stoßkanten der verwendeten Projektionsflächen.

Für den Einsatz des erfindungsgemäßen Flugsimulators zur Schulung von Helikopterpiloten kann in einer besonderen Ausgestaltung noch eine weitere Projektionsfläche vorgesehen sein die den Boden – Bereich abbildet. In diesem Fall ist die Flugzeugkanzel 4 mit einer zusätzlichen durchsichtigen Bodenplatte ausgerüstet.

Die Fig.3 zeigt eine Darstellung der realisierten zusätzlichen Simulationseinrichtungen und Systeme zur Erfassung der menschlichen Reaktionen. Zu dem Zweck der Simulation eines an Bord ausgebrochenen Feuers ist ein zentraler Raucherzeuger 12 mit einer steuerbaren Rauchverteilung 11 vorgesehen. Mit dieser Anlage ist es dem Bediener der Simulationsanlage möglich an bestimmten, für den praktischen Einsatz wichtigen, Stellen der Fahrzeugkanzel 4 eine Rauchentwicklung von definierter Art und Intensität zu erzeugen. Zusätzlich ist es in einer besonderen Form der Ausgestaltung möglich, die gesamte Fahrzeugkanzel 4 auf eine definierte und im praktischen Alltag vorkommende Art und Weise Rüttelbewegungen auszusetzen, wie sie zum Beispiel durch einen sich abzeichnenden Triebwerksschaden verursacht werden. Um solche auftretenden Schadensfälle noch realistischer simulieren zu können werden in dieser Ausführungsform noch zusätzliche akustische Untermalungen mittels eines aufwendigen Lautsprechersystems dem Flugschüler dargeboten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden entsprechende Einrichtungen nicht extra dargestellt. Die Anlage 14 zur Kabinenbeleuchtung lässt sich entsprechend der simulierten

Realitäten hinsichtlich der Farbe und Intensität (Flackerlicht) direkt gesteuert oder programmiert verändern.

Mit der Detektoreinrichtung 16 zur Detektion einer Personenbewegung und / oder zur Erfassung der Physiognomie lassen sich die Reaktionen eines Flugschülers erfassen und / oder aufzeichnen für eine spätere Bewertung der menschlichen Reaktionen (Manöverkritik).

Einem vergleichbaren Zweck dient die Messeinrichtung 10 zur Messung des Hautwiderstandes eines Flugschülers. Am leichtesten lässt sich der Hautwiderstand im Bereich des Steuerknüppels oder einer sonstigen Steuerungseinheit messen. Auch die Oberfläche eines eventuell vorhandenen Notschalters eignet sich für diesen Zweck.

Zur Erfassung der tatsächlich realisierten Bewegungen der Fahrzeugkanzel 4 dient der Sensor 17. Die Ausgangssignale des Sensors 17 dienen der Aufzeichnung des gesamten Verlaufs einer Trainingseinheit des jeweils gefahrenen Simulationsprogramms.

Mittels des Modulsystems 13 lässt sich das verwendete Bedienfeld dem jeweils simulierten Flugzeugtyp oder Fahrzeugtyp über leicht austauschbare Einschub - Einheiten rasch anpassen.

Es ist ersichtlich, dass sich der erfindungsgemäße Flugsimulator auch zum Einsatz bei militärischen Projekten eignet, da es gerade in diesem Bereich zur Vorbereitung auf gefährliche Einsätze auf ein erhebliches Erfahrungspotenzial eines Kampfpiloten ankommt. Ein solches Erfahrungspotenzial lässt sich mit einem Flugsimulator mit besonderer Realitäts – Anmutung ohne den Einsatz von Menschenleben kostengünstig antrainieren.

Die Steuerung der komplexen Bewegungsvorgänge und die Signalverarbeitung der verwendeten Sensoren erfordert ein spezielles Steuerungsprogramm.

Bezugszeichenliste

- 1 6 – Achs – Roboter
- 2 Einstieg
- 3 Adapter - Platte
- 4 Fahrzeugkanzel, Flugzeugkanzel
- 5 Einrichtung für translatorische Längs – Bewegung
- 6 Einrichtung für translatorische Quer – Bewegung
- 7 Projektionsfläche des Decken – Anteils
- 8 Projektionsfläche des rechten Seiten – Anteils
- 9 Projektionsfläche des Frontanteils
- 10 Messeinrichtung zur Messung des Hautwiderstands
- 11 Rauchverteilung
- 12 Raucherzeuger
- 13 Modulsystem zum Wechsel des Bedienfeldes
- 14 Anlage zur Kabinenbeleuchtung
- 15 OLED - Display
- 16 Detektoreinrichtung zur Detektion einer Personenbewegung und / oder zur Erfassung der Physiognomie
- 17 Sensor zur Detektion der Kanzel – Bewegung

Patentansprüche

Anspruch 1:

Vorrichtung zum Betrieb eines Simulators mit besonderer Realitäts – Anmutung zum Erlernen der Beherrschung eines sich in der dreidimensionalen Realität bewegendes Fahrzeugs, insbesondere eines Fluggeräts,

dadurch gekennzeichnet, dass sie die folgenden Merkmale aufweist:

- a) eine dem zu simulierenden Fahrzeug nachgebildete Fahrzeugkabine (4) mit realen Bedienelementen ist einerseits mit einem 6 – achsigen – Industrieroboter (1) und andererseits über eine Einrichtung (6) für translatorische Querbewegung, die auf einer Einrichtung (5) für translatorische Längsbewegung im rechten Winkel verfahrbar montiert ist, mit dem Boden verbunden,
- b) zur Übermittlung einer simulierten Außenansicht dient ein, den Konturen der Fahrzeugkabine (4) nachgebildetes, Display auf der Basis der OLED – Technologie,
- c) zur Simulation von in der Praxis vorkommender Gefahrensituationen sind steuerbare Anlagen zur künstlichen Raucherzeugung (12), Rüttelbewegungen, Schallerzeugung und Lichterscheinungen (14) vorgesehen,
- d) zur Erfassung von menschlichen Stressreaktionen sind steuerbare Anlagen zur Erfassung des Hautwiderstandes (10) und der Detektion von Personenbewegungen und der Physiognomie (16) vorgesehen,
- e) einen Sensor (17) zur Erfassung der tatsächlichen Bewegungen der Fahrzeugkabine,

- f) eine Anlage zur externen Bedienung und Steuerung des Simulators, die auch die Reaktionen eines Flugschülers registriert.

Anspruch 2:

Vorrichtung zum Betrieb eines Simulators nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Übermittlung einer simulierten Außenansicht anstelle der OLED – Technologie nach Merkmal b) eine Darstellung verwendet wird die mittels Projektoren auf Projektionsflächen projiziert wird, die sich außerhalb der Flugzeugkanzel (4) befinden.

Anspruch 3 .

Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich mittels des Modulsystems (13) das verwendete Bedienfeld der Flugzeugkabine (4) dem jeweils simulierten Flugzeugtyp, leicht austauschbar, rasch anpassen lässt.

Anspruch 4 .

Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Schulung, insbesondere von Helikopterpiloten, noch eine weitere Projektionsfläche vorgesehen ist die den Boden – Bereich abbildet, und dass die Fahrzeugkanzel 4 mit einer durchsichtigen Bodenplatte ausgerüstet ist.

Anspruch 5:

Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Schulung im militärischen Bereich zur Simulation von in der Praxis vorkommender, Gefahrensituationen militärtechnisch relevante Parameter akustischer, optischer und mechanischer Art im Trainingsprogramm vorgesehen sind.

Anspruch 6 .

Verfahren zum Betrieb eines Simulators mit besonderer Realitäts – Anmutung zum Erlernen der Beherrschung eines sich in der dreidimensionalen Realität bewegendes Fahrzeugs, insbesondere eines Fluggeräts,

dadurch gekennzeichnet, dass sie die folgenden Merkmale aufweist:

- a) eine dem zu simulierenden Fahrzeug nachgebildete Fahrzeugkabine (4) mit realen Bedienelementen lässt sich mittels eines 6 – achsigen Industrieroboters (1), der bodenseitig in zwei orthogonalen Richtungen verfahrbar ist, mittels einer externen Bedieneinheit bewegen,
- b) dem Flugschüler wird eine simulierte Außenansicht mittels eines Displays in OLED – Technology anstelle der normalerweise durchsichtigen Flugzeugkanzel, übermittelt,
- c) zur Simulation von, in der Praxis vorkommender, Gefahrensituationen sind steuerbare Anlagen zur künstlichen Raucherzeugung (12), Rüttelbewegungen, Schallerzeugung und Lichterscheinungen (14) vorgesehen,
- d) zur Erfassung von menschlichen Stressreaktionen sind steuerbare Anlagen zur Erfassung des Hautwiderstandes (10) und der Detektion von Personenbewegungen und der Physiognomie (16) vorgesehen,
- e) mittels eines Modulsystems 13 lässt sich das verwendete Bedienfeld dem jeweils simulierten Flugzeugtyp rasch anpassen.

Anspruch 7:

Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Übermittlung einer simulierten Außenansicht anstelle der OLED – Technologie nach Merkmal b) eine Darstellung verwendet wird

die mittels Projektoren auf Projektionsflächen projiziert wird die sich außerhalb der Flugzeugkanzel (4) befinden.

Anspruch 8:

Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung der Verfahrensschritte nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wenn das Programm in einem Computer ausgeführt wird.

Anspruch 9:

Maschinenlesbarer Träger mit dem Programmcode eines Computerprogramms zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wenn das Programm in einem Computer ausgeführt wird.