

BACHELOR THESIS
Leon Chun Wai Yuen

Entwicklung eines Digitalen Zwilling Frameworks für unbemannte Luftfahrzeuge

FAKULTÄT TECHNIK UND INFORMATIK
Department Informatik

Faculty of Engineering and Computer Science
Department Computer Science

Leon Chun Wai Yuen

Entwicklung eines Digitalen Zwilling Frameworks für unbemannte Luftfahrzeuge

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang *Bachelor of Science Informatik Technischer Systeme*
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Thomas Clemen
Zweitgutachter:

Eingereicht am: PLATZHALTER

Leon Chun Wai Yuen

Thema der Arbeit

Entwicklung eines Digitalen Zwilling Frameworks für unbemannte Luftfahrzeuge

Stichworte

Digitaler Zwilling, Human-Drone Interaction, Quadrocopter, Unbemanntes Luftfahrzeug, Jogging, Laufen

Kurzzusammenfassung

PLATZHALTER

Leon Chun Wai Yuen

Title of Thesis

PLATZHALTER

Keywords

Digital Twin, Human-Drone Interaction, Quadrocopter, Unmanned aerial vehicle, Jogging, Running

Abstract

PLATZHALTER

Danksagung

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	viii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	1
1.3 Eingrenzung	2
1.4 Gliederung der Arbeit	2
2 Begriffserklärung	3
2.1 Unbemanntes Luftfahrzeug	3
2.2 Multicopter	3
2.3 Human-Drone Interaction	3
2.3.1 Social Drone	3
2.3.2 Digitaler Zwilling	4
3 Verwandte Arbeit	5
4 Anforderungsanalyse	6
4.1 Funktionale Anforderungen	7
4.1.1 Use Case Beschreibung	8
4.2 Nicht funktionale Anforderungen	9
5 Konzeption	10
5.1 Systemarchitektur	10
5.1.1 Quadroter	10
5.1.2 MARS Framework	10
5.1.3 Konzeptvorschlag des UAV	10

6 Implementierung	12
7 Evaluation	13
7.1 Quellcodeevaluation	13
7.2 Systemevaluation/Case Study	13
8 Abschluss	14
8.1 Zusammenfassung	14
8.2 Diskussion	14
8.3 Ausblick	14
Literaturverzeichnis	15
A Anhang	16
Selbstständigkeitserklärung	17

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

4.1	Funktionale Anforderungen	7
4.2	Nicht funktionale Anforderungen	9

1 Einleitung

1.1 Motivation

Unbemannte Luftfahrzeuge, im englischen Unmanned Aerial Vehicle, kurz UAV, werden vermehrt in verschiedenen Anwendungsfeldern eingesetzt. Besonders sogenannte Social Drones werden UAV eingesetzt, um Menschen in ihrem Alltag zu unterstützen, indem sie beispielsweise für den Menschen Einkaufen gehen (zitat) oder Sachen Transportieren. Außerdem können Social Drones Aufgaben übernehmen, die Menschen mit einer körperlicher Beeinträchtigung nicht mehr können. (Beispiel)

In Zukunft sollen Social Drones komplexere Aufgaben übernehmen und eine Vielzahl von Anforderungen einhalten. In dieser Arbeit wird ein Digitaler Zwilling Framework für unbemannte Luftfahrzeuge vorgestellt, der dieses Problem angeht.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der Bachelorarbeit ist der Entwurf und Implementation eines Digitalen Zwilling Frameworks für unbemannte Luftfahrzeuge im MARS Framework.

Das Framework soll in der Lage sein ein physikalisches UAV in einem virtuellen Modell zu repräsentieren und durch einen kontinuierlichen Datenaustausch den aktuellen Zustand zu simulieren. Ein 3D Modell des physikalischen UAV soll entwickelt werden, damit die Bewegung überwacht und visualisiert werden kann. Des Weiteren soll das Framework eine Schnittstelle anbieten, um das Modell zu erweitern. Das Modell soll dynamisch angepasst und an den physikalischen UAV übertragen werden können. Für die direkte Interaktion des Digitalen Zwilling soll das System über eine Schnittstelle für Benutzereingaben verfügen.

Das fertige System soll zum Schluss ein Anwendungsfall demonstrieren. Es wird ein Jogging Trainer entwickelt, der einen Menschen beim Joggen begleitet. Durch die Analyse von fitnessbezogenen Daten des Benutzers soll das UAV ihr Flugverhalten anpassen. Der Benutzer soll durch das Flugverhalten zum längeren Durchhalten animiert werden,

Das fertige Modell soll in der Lage sein durch zukünftige Anforderungen und Anwendungen erweitert zu werden zu können. Zu den möglichen Erweiterungen gehören zum Beispiel das Hinzufügen neuer Datenquellen oder der Entwicklung weitere und komplexere Aktionen für das UAV.

1.3 Eingrenzung

Zu einem Digitalen Zwilling gehört, nach Grieves Idealvorstellung, eine virtuelle Umgebung hinzu, die die physikalische Umgebung des physikalischen Objekts nachahmt.

Jedoch wird diese Komponente bewusst in dieser Bachelorarbeit außen vor gelassen, weil sie den Umfang der Arbeit überziehen würde.

Der Mittelpunkt der Arbeit ist die Entwicklung einer ersten Architektur in MARS, in der ein Informationsaustausch zwischen physikalischen und digitalen Zwilling möglich sein soll und eine Schnittstelle für die Entwicklung von autonomen Aktionen anbietet.

1.4 Gliederung der Arbeit

2 Begriffserklärung

2.1 Unbemanntes Luftfahrzeug

Ein unbemanntes Luftfahrzeug, im englischen als Unmanned Aerial Vehicle, sind Luftfahrzeuge, die von Piloten ferngesteuert werden oder autonom sind.

2.2 Multicopter

Unter der Multicopter werden unbemannte Luftfahrzeuge bezeichnet, die im Flug von mindestens zwei vertikalgerichteten Rotoren getragen werden. Wegen der Ausrichtung der Rotoren können Multicopter im drei dimensionalen Raum in alle Richtungen fliegen. Der Vertikalflug ermöglicht dem Multicopter an einer festen Position zu bleiben und zu schweben.

2.3 Human-Drone Interaction

Die Human-Drone Interaction ist ein Forschungsfeld der Human-Robotic Interaction [3] und beschäftigt sich mit der Erforschung und Evaluation neuer Interaktionswege mit einem UAV. Als Drohne sind in Human-Drone Interaction meistens Multicopter gemeint.

2.3.1 Social Drone

mulcom Social Drones. Die Absicht dieser Forschungsrichtung ist der Einsatz von UAV zur Unterstützung von Menschen im Alltagsleben. [1].

2.3.2 Digitaler Zwilling

Das Konzept des Digitalen Zwillings wurde 2002 von Micheal Grieves eingeführt und beschreibt die Modellierung eines physikalischen, nicht domainspezifischen Objekts in einem virtuellen Raum.

Die virtuelle Repräsentation des physikalischen Objekts ermöglicht die Simulation unterschiedlicher Szenarien, um die bestmögliche Konfiguration des Systems für den gegebenen Zustand vorzunehmen und sie auf das physikalische Objekt anzuwenden.

Physikalischer Raum

Virtuelle Raum

Modell des Digitalen Zwillings

Physikalischer Umgebung

Virtuelle Umgebung

3 Verwandte Arbeit

4 Anforderungsanalyse

4.1 Funktionale Anforderungen

ID	Komponente	Beschreibung
F01	Digitaler Zwilling	Der DZ fragt in periodischen Abständen Statuswerte des physikalischen UAV.
F02	Digitaler Zwilling	Der DZ speichert alle erfassten Statuswerte des physikalischen UAV ab.
F03	Digitaler Zwilling	Der DZ seinen letzten Zustand wiederherstellen, wenn der Zustand mit dem des PZ übereinstimmt.
F04	Digitaler Zwilling	Endet oder bricht die Kommunikation zwischen dem PZ und dem DZ ab, wird der letzte Zustand des UAV gespeichert und der UAV landet zum automatischen Landen befohlen.
F05	Digitaler Zwilling	Fall der physikalischen UAV seinen Zustand ändert, passt sich der Zustand des DZ an.
F06	Phys. UAV	Falls der DZ seinen Zustand aktualisiert, wird die Änderung an den physikalischen UAV gesendet und ausgeführt.
F07	Phys. UAV	Falls die Batterie der PZ bei 10Prozent liegt, wird der UAV automatisch gelandet.
F08	Visualisierung	Das virtuelle UAV besitzt die gleichen kinetischen und physikalischen Eigenschaften wie die des physikalischen UAV.
F09	Visualisierung	Alle Bewegungen und Zustandsänderungen des physikalischen UAV werden vom virtuellen UAV gespiegelt.
F10	Visualisierung	Für die Visualisierung des physikalischen UAV im virtuellen Raum wird ein virtueller UAV erstellt.
F11	Kommunikation	Falls der DZ gestartet wird, verbindet sich der DZ mit dem physikalischen UAV.
F12	Kommunikation	Falls der DZ sich nach 5 Sekunden keine Verbindung zum PZ aufbauen kann, wird der Prozess beendet.
F13	Benutzerausgabe	Die Videoübertragung des physikalischen UAV wird in Echtzeit übertragen.
F14	Benutzerausgabe	Der Zustand und die Attributel des physikalischen UAV werden auf dem Rechner angezeigt.
F15	Fehlerzustand	Falls das physikalische UAV nach 5 gesendeten Befehlen keine Antwortnachricht zuruckliefert, wird der physikalische zum Landen befohlen.

4.1.1 Use Case Beschreibung

Name	Digitalen Zwilling und UAV verbinden
Actor	UAV, Benutzer, System
Description	Starten und verbinden der Drohne mit dem Digitalen Zwilling
Precondition	Das UAV ist eingeschaltet. Der Computer ist über WLAN mit dem UAV verbunden
Scenario	<ol style="list-style-type: none">1. System show something2. User do this3. System do that
Result	Digitaler Zwilling und UAV sind verbunden.
Extensions	3a If something do something
Exceptions	<ol style="list-style-type: none">2.1 System message: "Nope"2.2 System message: "Bad action"

4.2 Nicht funktionale Anforderungen

ID	Beschreibung
NF01	Der Digitale Zwilling akzeptiert nur aktuelle Nachrichten und verwirft alle Nachrichten, die älter als 2 Sekunden sind.
NF02	Der Digitale Zwilling kann durch benutzerspezifische Anforderungen erweitert werden

Tabelle 4.2: Nicht funktionale Anforderungen

5 Konzeption

5.1 Systemarchitektur

5.1.1 Quadroter

Für den Entwicklung des Systems wird eine Tello Drohne von Rize verwendet. Die Drohne verfügt über einen Höhenmesssensor und eine Monokamera.

5.1.2 MARS Framework

5.1.3 Konzeptvorschlag des UAV

Grundkonzept eines Digitalen Zwilling Frameworks

Zu den Komponenten eines Digitalen Zwilling Frameworks gehören ein realer Raum, ein virtueller Raum und einem Kommunikationsschnittstelle, die die beiden Räume verbindet [2]. Der Digitale Zwilling setzt sich aus mehreren virtuellen Räumen zusammen, die das Verhalten und die Eigenschaften des physikalischen Objekts im physikalischen Raum widerspiegelt. Verbunden durch eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle können sich beide Systemen gegenseitig austauschen und ihren aktuellen Zustand synchronisieren. Über Sensoren nimmt physikalischen Objekt seine Umgebung und sich selbst wahr und übermittelt diese Attribute an den Digitalen Zwilling, der seinen Zustand ändert. Wiederum kann der Digitale Zwilling im virtuellen Raum Prozesse optimieren und sie an das physikalische Objekt zurückschicken. Basierend auf dieses Prinzip soll das vorgestellte Framework ein Modell für UAV besitzen und modelliert im virtuellen Raum die Eigenschaften des physikalischen UAV nach. Der UAV übermittelt kontinuierlich seine Zustandsinformationen an den Digitalen Zwilling. Im Virtuellen Raum können Funk-

tionalitäten entwickelt werden, die die Parameter optimieren können. Die modifizierten Parameter können anschließen an das physikalische Objekt zurückgesendet werden. Eine Visualisation bietet dem Benutzer die Bewegungen des physikalischen UAV zu verfolgen und seine Aktivitäten zu überwachen.

Konzeptvorschlag des DTUAV

6 Implementierung

7 Evaluation

7.1 Quellcodeevaluation

Das System wird mit Unit Testes überprüft. Das Testen soll Fehlelr und Bugs frühzeitig identifizieren und gewährleisten, dass das System die Anforderungen korrekt erfüllt. Für das überprüfen der Testszenarien wird das NUnit Framework verwendet.

7.2 Systemevaluation/Case Study

(Beschreibung des Versuchs)

8 Abschluss

8.1 Zusammenfassung

8.2 Diskussion

8.3 Ausblick

Literaturverzeichnis

- [1] GHAFURIAN, Moojan ; ELLARD, Colin ; DAUTENHAHN, Kerstin: Social Companion Robots to Reduce Isolation: A Perception Change Due to COVID-19. In: ARDITO, Carmelo (Hrsg.) ; LANZILOTTI, Rosa (Hrsg.) ; MALIZIA, Alessio (Hrsg.) ; PETRIE, Helen (Hrsg.) ; PICCINNO, Antonio (Hrsg.) ; DESOLDA, Giuseppe (Hrsg.) ; INKPEN, Kori (Hrsg.): *Human-Computer Interaction – INTERACT 2021*. Cham : Springer International Publishing, 2021, S. 43–63. – ISBN 978-3-030-85616-8
- [2] GRIEVES, Michael: Origins of the Digital Twin Concept. (2016), 08
- [3] TEZZA, Dante ; ANDUJAR, Marvin: The State-of-the-Art of Human-Drone Interaction: A Survey. In: *IEEE Access* 7 (2019), S. 167438–167454

A Anhang

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Ort

Datum

Unterschrift im Original