

Konzeption und prototypische Umsetzung
einer Steuerzentrale eines smarten Büros mit
dem Fokus einer einfachen Handhabung der
formalisierten Interaktionen für
Softwareentwickler

MASTER-THESIS

für die Prüfung zum

Master of Science

des Studienganges Professional Software Engineering

an der

Knowledge Foundation @ Reutlingen University

von

Mikka Jenne

Abgabedatum 31. August 2022

Bearbeitungszeitraum

24 Wochen

Teilnehmernummer

800864

Kurs

PSEJG20

ErstprüferIn

Prof. Dr. Natividad Martinez Madrid

ZweitprüferIn

Dr. Robin Braun

Zusammenfassung

Augmented Reality ist eine Technologie, die dem Nutzer ein visuelles Erlebnis mit einer angereicherten Welt voller virtueller Objekte ermöglicht. Das Resultat, eine Kombination aus Realität und Virtualität, bietet dem Benutzer eine neue Art der Wahrnehmung der Gegenwart.

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit der Konzeption und Umsetzung eines industriellen Assistenzsystems unter Verwendung der Augmented Reality Technologie. Dabei soll die Umgebung mit Hilfe des SLAM Verfahrens analysiert werden, um auf dieser Basis dreidimensionale Objekte als Referenz zu realen Objekten im Raum virtuell platzieren zu können. Durch die entstehende Visualisierung können Informationen zu den jeweiligen Objekten in eine Datenbank eingetragen und angezeigt werden, dadurch kann das Überwachen von Industriemaschinen vereinfacht werden.

Zu dem Konzept gehört sowohl die Ausarbeitung der grundlegenden Softwarearchitektur, als auch ein allgemein-gültiges Datenmodell zur Persistierung der generierten Daten. Für die bestmögliche Umsetzung der Augmented Reality Experience werden hierzu bereits schon bestehende Frameworks und Software Development Kits, beispielsweise Google ARCore, verwendet.

Der entstandene Prototyp ist ein eigenständiges System. Die Architektur ist modular aufgebaut, um eine stetige Weiterentwicklung zu gewährleisten.

Abstract

Augmented Reality is a technology that enables the user to have a visual experience with an enriched world full of virtual objects. The result offers the user a new way of perceiving surrounding as an Combination of reality and virtuality.

This bachelor thesis deals with the conception and implementation of an industrial assistance system using augmented reality technology. The environment can be analyzed with the help of the SLAM method in order to be able to place three-dimensional objects virtually as a reference to real objects in space. The resulting visualization enables information on the respective objects to be entered in a database and displayed, which enables the simplified monitoring of Industrial machines.

The concept includes the development of the basic software architecture as well as a generally applicable data model for saving the generated data. Already existing frameworks and software development kits where used for the best possible implementation of the augmented reality experience as Google ARCore.

The created prototype is an standalone system. The architecture is modular in order to ensure continuous further development.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|------------------------------------|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Motivation | 1 |
| 1.2 | Forschungsfragen | 3 |
| 1.3 | Zielsetzung der Arbeit | 3 |
| 1.4 | Aufbau der Arbeit | 3 |
| 1.5 | CGI | 3 |
| 2 | Grundlagen | 4 |
| 2.1 | IoT - Internet der Dinge | 4 |
| 2.1.1 | IIoT | 5 |
| 2.1.2 | Cloud Computing | 5 |
| 2.2 | Smart Home | 6 |
| 2.3 | Technologien | 7 |
| 2.3.1 | Protokolle | 7 |
| 2.3.2 | MQTT | 7 |
| 2.4 | Roboter | 8 |
| 2.4.1 | Service Roboter | 8 |
| 2.4.2 | Temi - Roboter | 8 |
| 2.5 | Home Assistant | 9 |
| 2.5.1 | Konzept | 9 |
| 2.5.2 | Architektur | 9 |
| 2.5.3 | Ziele und Schwerpunkte | 9 |
| 2.5.4 | Stärken und Schwächen | 9 |
| 2.6 | openHAB | 10 |
| 2.6.1 | Konzept | 10 |
| 2.6.2 | Architektur | 10 |
| 2.6.3 | Ziele und Schwerpunkte | 10 |
| 2.6.4 | Stärken und Schwächen | 10 |
| 3 | Stand der Technik | 11 |
| 3.1 | Theorien | 11 |
| 3.2 | Methoden | 11 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.3 | Techniken | 11 |
| 4 | Anforderungsanalyse | 12 |
| 4.1 | Use Cases | 12 |
| 4.1.1 | Check in mit Temi | 12 |
| 4.1.2 | Notfallevakuierung mit Temi | 12 |
| 4.2 | Anforderungen | 12 |
| 5 | Konzept | 13 |
| 5.1 | Abzudeckende Funktionen | 13 |
| 5.2 | Architektur | 13 |
| 5.2.1 | Schnittstellen | 13 |
| 5.2.2 | Interfaces | 13 |
| 6 | Umsetzung | 14 |
| 6.1 | Implementierung | 14 |
| 6.1.1 | Aufbau der Architektur | 14 |
| 6.1.2 | Einbindung der Funktionen abgeleitet von der Konzeption | 14 |
| 7 | Ergebnis | 15 |
| 8 | Diskussion und Evaluation | 16 |
| 8.1 | Analyse des Konzepts der Eigenentwicklung | 16 |
| 8.2 | Vergleich zwischen Eigenentwicklung und bestehenden Softwarelösungen | 16 |
| 9 | Fazit | 17 |
| 10 | Ausblick | 18 |
| | Anhang | I |
| | Index | I |
| | Literaturverzeichnis | V |

Kapitel 1

Einleitung

Die folgende Master-Thesis befasst sich mit der Konzepterstellung einer zentralen Steuerzentrale, die dem Entwickler die formalen Interaktionen, weitere Funktionen hinzuzufügen, erleichtern soll. Hierfür werden bereits bestehende Plattformen für Smart Home analysiert und daraus ein Konzept erstellt, die den Anforderungen entsprechend einen größeren Mehrwert in der Weiterentwicklung der Plattform bietet. Die Umsetzung des ausgearbeiteten Konzeptes wird nur in sehr geringem Maß behandelt.

In diesem Teil der Arbeit wird auf die Motivation des Themas eingegangen. Darüber hinaus werden sowohl die Forschungsfragen als auch die Zielsetzung der Arbeit genauestens dargelegt. Darauf folgend findet eine Übersicht über die Arbeit im Gesamten statt, mit der die Inhalte angerissen werden. Eine nähere Betrachtung des Standes der Technik untermauert die Beweggründe dieser Themenwahl und Ausarbeitung dessen.

1.1 Motivation

Jede neu entwickelte Technologie durchlebt im Laufe der Entstehung und Publikation ein enormes Aufsehen. So lange bis diese Technik eine standardisierte Verwendung in der Gesellschaft findet oder sich als unpraktikabel erweist und nicht weiter vorangetrieben oder eingestellt wird. Es wird in der Zeit des Aufkommens und der Forschung viel darüber fantasiert, debattiert und geplant, ohne jedoch die Ausmaße und Resultate der Forschungen und Praktiken abwägen zu können. Durch fehlende Erfahrung und nicht ausgereifte Konzepte werden Höhepunkte und Illusionen erwartet, die zu diesem Zeitpunkt technisch nicht umsetzbar sind. Um solche kühnen Versprechungen und Übertreibungen, sogenannte Hypes, die jede neue technologische Idee mit sich bringt, von dem zu differenzieren was wirtschaftlich umsetzbar ist, werden bestimmte Phasen der Entwicklung durchlaufen. [GARTNER 2022]

Die oben erwähnten Phasen der Entwicklung sind in einem sogenannten Hype-Zyklus, engl. Hype-Cycle, dargestellt. Dieser Zyklus ist ein visualisiertes Modell, das die Entwicklung einer neuen Technologie von der Innovation und Entstehung über die Forschung und Umsetzung bis hin zur ausgereiften Marktfähigkeit repräsentiert und so diese Phasen der Entwicklung versinnbildlicht.

Entwickelt wurde der Hype Cycle von der Gartner Inc. Forschungsgruppe. Durch die Mitarbeiterin Jackie Finn wurden die Definitionen der Entwicklungsphasen¹ geprägt. Diese sind wie folgt in fünf Phasen dargestellt:

1. *Innovationsauslöser, engl. Innovation Trigger*: Ein potentieller technologischer Durchbruch löst die Dinge aus. Frühe Proof-of-Concept (PoC) Ansätze und ein großes Medieninteresse lösen eine erhebliche Publizität aus. Oft gibt es keine brauchbaren Produkte und die Marktreife ist nicht bewiesen. [GARTNER 2022]
2. *Höhepunkt überhöhter Erwartungen, engl. Peak of Inflated Expectations*: Frühe Publizität bringt eine Reihe von Erfolgsgeschichten hervor – oft begleitet von zahlreichen Misserfolgen. Einige Unternehmen ergreifen Maßnahmen; viele nicht. [GARTNER 2022]
3. *Trog der Ernüchterung, engl. Trough of Disillusionment*: Das Interesse schwindet, da Experimente und Implementierungen nicht liefern. Hersteller der Technologie reißen es heraus oder scheitern. Investitionen werden nur fortgesetzt, wenn die überlebenden Anbieter ihre Produkte zur Zufriedenheit der frühzeitigen Anwender verbessern. [GARTNER 2022]
4. *Steigung der Erleuchtung, engl. Slope of Enlightenment*: Mehr Beispiele dafür, wie die Technologie dem Unternehmen zugute kommen kann, beginnen sich zu herauszukristallisieren und werden allgemeiner verstanden. Produkte der zweiten und dritten Generation erscheinen von den Technologieanbietern. Mehr Unternehmen finanzieren Pilotprojekte; Konservative Unternehmen bleiben vorsichtig. [GARTNER 2022]
5. *Plateau der Produktivität, engl. Plateau of Productivity*: Mainstream-Akzeptanz beginnt sich abzuheben. Kriterien zur Bewertung der Lebensfähigkeit des Anbieters sind klarer definiert. Die breite Markteinsatzbarkeit und Relevanz der Technologie zahlen sich eindeutig aus. [GARTNER 2022]

Nachdem ein innovativer Gedanke den *Höhepunkt überhöhter Erwartungen* passiert hat, z.B. die Revolutionierung der Softwareentwicklung oder Szenarien, wie z.B. die Vollautomatisierung eines Gebäudes oder Service-Roboter die uneingeschränkt interagieren können, die man in der Form nur aus Science-Fiction Filmen kennt, folgt der *Trog der Ernüchterung*. In Folge dessen wird festgestellt, dass die Erwartungen nicht in Gänze übertragbar sind, bzw. nur zu einem geminderten Teil in die Realität umgesetzt werden können und der verfolgte Gedanke an Interesse verliert. Nach erneutem Aufgriff der Technologie findet eine realistischere Beurteilung der Innovation statt, die dazu beiträgt, dass die Technologie wieder an Interesse gewinnt. Die objektive und realitätsnahe Betrachtungsweise formt ein neues und realistisches Bild der Potentiale, als auch der Grenzen. Mit dem neu gewonnenen Maßstab geht die ehemals neue innovative Idee in eine routinierte Technologie über, die an Anerkennung gewinnt und in der breiten Masse akzeptiert wird. Die Technologie erfährt mit steigender Zuwendung eine stetigere Weiterentwicklung, die dann zu einer Community geformt wird. Mit der Erreichung dieses Status befindet sich die Innovation, bezogen auf den Hype Cycle, in der letzten Phase, dem *Plateau der Produktivität*, und bestätigt so die Marktreife. Dieser Zeitpunkt löst

¹Die Entwicklungsphasen der Gartner Inc. ist unter folgender URL zu finden: "<https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>"

die Zukunftsvision auf und es handelt sich um eine am Markt etablierte Technologie.

Zum aktuellen Zeitpunkt befindet sich die Technologie rund um Plattformen für intelligente Geräte im privaten Bereich, engl. *Smart Home* oder *Connected Home*, im Anfangsstadium der letzten Phase, dem sogenannten *Plateau der Produktivität*. Mit zunehmender Akzeptanz werden im Umfeld des Internets der Dinge, engl. *Internet of Things*, stetig Szenarien entwickelt, die das Wachstum und die Verwendung von solchen Plattformen vorantreibt. Mit einer immer tiefer gehenden Forschung und Umsetzung von Anwendungsbeispielen werden Bereiche offenbart, die eine solche Plattform im privaten als auch im geschäftlichen Umfeld immer attraktiver gestaltet. Mit steigender Konnektivität und Kompatibilität mehreren Geräten und Gegenständen können Bereiche und Szenarien, wie die Steuerung von Service-Robotern, umgesetzt werden. Der jetzige technologische Fortschritt und die über die Forschungsjahre gesammelten Erfahrungen bringt das Segment der intelligenten Geräte der IoT den ursprünglich angedachten Visionen und Ideen näher, sodass ein weiterer Ausbau dieser Technologie und dessen Anwendung stattfindet und sich vollständig in den Markt etabliert. Der finale Schritt der endgültigen Marktreife ist ein faszinierender und wichtiger Grund für meine Motivation, mich dieser Technologie und der dahinterstehenden Theorie zu widmen.

Ein weiterer Punkt meiner Motivation ist die Vereinfachung der Erweiterung einer solchen Zentrale. Somit soll dem Entwickler bei einer stetigen Erweiterung der Plattform Zeit und Aufwand erleichtert werden. So können weiter Anwendungsszenarien und Objekte integriert werden, ohne einen zu großen Entwicklungsaufwand zu erzeugen.

Die Einsatzgebiete von intelligenten Geräten, beziehungsweise die damit zu verwendende Steuerzentrale beschränkt sich räumlich auf Gebäude, Häuser und Wohnungen, bieten trotz dessen viele Verwendungs- und Einsatzmöglichkeiten. Diese sehen wie folgt aus:

- Komfort
- Entertainment
- Überwachung und Sicherheit
- Steuerung von Prozessen
- Management von Automationen

1.2 Forschungsfragen

1.3 Zielsetzung der Arbeit

1.4 Aufbau der Arbeit

1.5 CGI

Kapitel 2

Grundlagen

In diesem Kapitel werden die für diese Thesis relevanten Grundlagen geschaffen, um ein Grundverständnis und fundiertes Wissen über verwendete Technologien zu erlangen und die nachfolgende Recherche, Konzeption und Umsetzung besser verstehen zu können.

2.1 IoT - Internet der Dinge

Internet of Things (IoT), im Deutschen *Internet der Dinge (IdD)*,

Das Internet der Dinge ist ein neuartiger Paradigmenwechsel in der IT-Arena. Der Begriff „Internet of Things“, kurz auch als IoT bekannt, setzt sich aus den beiden Wörtern zusammen, d.h. das erste Wort ist „Internet“ und das zweite Wort „Things“. Das Internet ist ein globales System miteinander verbundener Computernetzwerke, die die Standard-Internetprotokollsuite (TCP/IP) verwenden, um Milliarden von Benutzern weltweit zu dienen. Es ist ein Netzwerk von Netzwerken, das aus Millionen privater, öffentlicher, akademischer, geschäftlicher und staatlicher Netzwerke von lokaler bis globaler Reichweite besteht, die durch eine breite Palette elektronischer, drahtloser und optischer Netzwerktechnologien verbunden sind [3]. Heute sind mehr als 100 Länder über das Internet in den Austausch von Daten, Nachrichten und Meinungen eingebunden. Laut Internet World Statistics gab es zum 31. Dezember 2011 weltweit schätzungsweise 2.267.233.742 Internetnutzer (aufgerufene Daten vom 06.06.2013: von der Universal Resource Location <http://www.webopedia.com/TERM/I/Internet.html>). Dies bedeutet, dass 32,7 % der Gesamtbevölkerung der Welt das Internet nutzen. Sogar das Internet wird in den kommenden vierten Jahren durch das Internet Routing in Space (IRIS)-Programm von Cisco in den Weltraum gehen (Zugriff am 05.10.2012: Zu den Dingen, die beliebige Gegenstände oder Personen sein können, die von der realen Welt unterscheidbar sind, zählen nicht nur elektronische Geräte, denen wir täglich begegnen und die wir täglich verwenden, sondern auch technologisch fortschrittliche Produkte wie Geräte und Gadgets, sondern „Dinge“, die wir normalerweise überhaupt nicht als elektronisch betrachten – wie Lebensmittel, Kleidung und Möbel; Materialien, Teile und Ausrüstung, Waren und Spezialartikel; Sehenswürdigkeiten, Denkmäler und Kunstwerke und all das Verschiedenes aus Handel, Kultur und Raffinesse [4] Das heißt, hier können Dinge sowohl Lebewesen sein wie Menschen, Tiere – Kuh, Kalb, Hund, Tauben, Kaninchen usw., Pflanzen – Mangobaum, Jasmin, Banyan und so weiter und nicht - Lebewesen wie

Stuhl, Kühlschrank, Röhrenlampe, Vorhang, Teller usw. jedes Haushaltsgerät es oder Industriegerät. An diesem Punkt sind die Dinge also reale Objekte in dieser physischen oder materiellen Welt.

Definitionen Es gibt keine eindeutige Definition für das Internet der Dinge, die von der weltweiten Benutzergemeinschaft akzeptiert wird. Tatsächlich gibt es viele verschiedene Gruppen, darunter Akademiker, Forscher, Praktiker, Innovatoren, Entwickler und Geschäftsleute, die den Begriff definiert haben, obwohl seine ursprüngliche Verwendung Kevin Ashton, einem Experten für digitale Innovation, zugeschrieben wurde. Allen Definitionen gemeinsam ist die Idee, dass es in der ersten Version des Internets um Daten ging, die von Menschen erstellt wurden, während es in der nächsten Version um Daten ging, die von Dingen erstellt wurden. Die beste Definition für das Internet der Dinge wäre: „Ein offenes und umfassendes Netzwerk intelligenter Objekte, die in der Lage sind, sich automatisch zu organisieren, Informationen, Daten und Ressourcen auszutauschen und auf Situationen und Veränderungen in der Umgebung zu reagieren und zu handeln.“ Das Internet der Dinge reift und ist nach wie vor das neueste und am meisten gehypte Konzept in der IT-Welt. In den letzten zehn Jahren hat der Begriff Internet of Things (IoT) Aufmerksamkeit erregt, indem er die Vision einer globalen Infrastruktur vernetzter physischer Objekte projizierte, die jederzeit und überall Konnektivität für alles und nicht nur für irgendjemanden ermöglicht [4]. Das Internet der Dinge kann auch als globales Netzwerk betrachtet werden, das die Kommunikation zwischen Mensch zu Mensch, Mensch zu Dingen und Dingen zu Dingen ermöglicht, was alles auf der Welt ist, indem es jedem Objekt eine einzigartige Identität verleiht [5]. IoT beschreibt eine Welt, in der so gut wie alles vernetzt werden kann und so intelligent kommuniziert wie nie zuvor. Die meisten von uns denken an „verbunden sein“ in Bezug auf elektronische Geräte wie Server, Computer, Tablets, Telefone und Smartphones. Im sogenannten Internet der Dinge werden Sensoren und Aktuatoren, die in physische Objekte eingebettet sind – von Straßen bis hin zu Herzschrittmachern – über kabelgebundene und drahtlose Netzwerke verbunden, wobei sie häufig dieselbe Internet-IP verwenden, die das Internet verbindet. Diese Netzwerke produzieren riesige Datenmengen, die zur Analyse an Computer fließen. Wenn Objekte sowohl die Umgebung wahrnehmen als auch kommunizieren können, werden sie zu Werkzeugen, um Komplexität zu verstehen und schnell darauf zu reagieren. Das Revolutionäre dabei ist, dass diese physischen Informationssysteme nun beginnen, eingesetzt zu werden, und einige von ihnen funktionieren sogar weitgehend ohne menschliches Zutun. Das „Internet der Dinge“ bezeichnet die Kodierung und Vernetzung von Alltagsgegenständen und Dingen, um sie im Internet individuell maschinenlesbar und rückverfolgbar zu machen [6]-[11]. Viele bestehende Inhalte im Internet der Dinge wurden durch codierte RFID-Tags und IP-Adressen erstellt, die mit einem EPC-Netzwerk (Electronic Product Code) verknüpft sind [12].

2.1.1 IIoT

2.1.2 Cloud Computing

2.2 Smart Home

Draft

2.3 Technologien

2.3.1 Protokolle

2.3.2 MQTT

Draft

2.4 Roboter

2.4.1 Serviceroboter

2.4.2 Temi - Roboter

Draft

2.5 Home Assistant

2.5.1 Konzept

2.5.2 Architektur

2.5.3 Ziele und Schwerpunkte

2.5.4 Stärken und Schwächen

Draft

2.6 openHAB

2.6.1 Konzept

2.6.2 Architektur

2.6.3 Ziele und Schwerpunkte

2.6.4 Stärken und Schwächen

Draft

Kapitel 3

Stand der Technik

Stand der Technik

3.1 Theorien

3.2 Methoden

3.3 Techniken

Draft

Kapitel 4

Anforderungsanalyse

4.1 Use Cases

4.1.1 Check in mit Temi

4.1.2 Notfallevakuierung mit Temi

4.2 Anforderungen

Draft

Kapitel 5

Konzept

5.1 Abzudeckende Funktionen

5.2 Architektur

5.2.1 Schnittstellen

5.2.2 Interfaces

Draft

Kapitel 6

Umsetzung

6.1 Implementierung

6.1.1 Aufbau der Architektur

6.1.2 Einbindung der Funktionen abgeleitet von der Konzeption

Draft

Kapitel 7

Ergebnis

Draft

Kapitel 8

Diskussion und Evaluation

- 8.1 Analyse des Konzepts der Eigenentwicklung
- 8.2 Vergleich zwischen Eigenentwicklung und bestehenden Softwarelösungen

Draft

Kapitel 9

Fazit

Draft

Kapitel 10

Ausblick

Draft

Abbildungsverzeichnis

Draft

Tabellenverzeichnis

Draft

Liste der Code-Beispiele

Draft

Abkürzungsverzeichnis

| | | |
|------------|------------------------------|---|
| IoT | Internet of Things | 4 |
| IdD | Internet der Dinge | 4 |

Draft

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Master-Thesis mit dem Thema: „*Konzeption und prototypische Umsetzung einer Steuerzentrale eines smarten Büros mit dem Fokus einer einfachen Handhabung der formalisierten Interaktionen für Softwareentwickler*“ selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle wörtlichen oder sinngemäß übernommenen Stellen in der Arbeit gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde noch keiner Kommission zur Prüfung vorgelegt und verletzt in keiner Weise Rechte Dritter.

Ort, Datum

Unterschrift