

Hochschule München

Fakultät für Elektrotechnik und
Informationstechnik

Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik

Industrie 4.0 - Pathfinding auf einer SPS

Bachelorarbeit von Niels Garibaldi

Bearbeitungsbeginn: xx.xx.2016

Abgabetermin: xx.xx.2016

lfd. Nr.: xxxxx

Hochschule München

Fakultät für Elektrotechnik und
Informationstechnik

Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik

Industrie 4.0 - Pathfinding auf einer SPS

Industry 4.0 - Pathfinding on a PLC

Bachelorarbeit von Niels Garibaldi

betreut von Prof. Dr. K. Ressel

Bearbeitungsbeginn: xx.xx.2016

Abgabetermin: xx.xx.2016

lfd. Nr.: xxxxx

Erklärung des Bearbeiters

1. Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und noch nicht anderweitig zu Prüfungszwecken vorgelegt habe.

Sämtliche benutzte Quellen und Hilfsmittel sind angegeben, wörtliche und sinngemäße Zitate sind als solche gekennzeichnet.

2. Ich erkläre mein Einverständnis, dass die von mir erstellte Bachelorarbeit in die Bibliothek der Hochschule München eingestellt wird. Ich wurde darauf hingewiesen, dass die Hochschule in keiner Weise für die missbräuchliche Verwendung von Inhalten durch Dritte infolge der Lektüre der Arbeit haftet. Insbesondere ist mir bewusst, dass ich für die Anmeldung von Patenten, Warenzeichen oder Geschmacksmustern selbst verantwortlich bin und daraus resultierende Ansprüche selbst verfolgen muss.

München, den xx.xx.2016,

Niels Garibaldi

Zusammenfassung

Zusammenfassungstext hier einfügen

Abstract

Insert abstract text here

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----------|
| Erklärung des Bearbeiters | I |
| Zusammenfassung/Abstract | II |
| Inhaltsverzeichnis | III |
| Abkürzungsverzeichnis | V |
| 1 Einführung in das Thema Industrie 4.0 | 1 |
| 2 Definition der Anforderungen | 2 |
| 2.1 Allgemeine Aufgabenstellung | 2 |
| 2.2 Aufteilung der Themenbereiche | 2 |
| 2.2.1 Fahrerloses Transportsystem | 3 |
| 2.2.2 Dynamische Wegfindung | 3 |
| 2.3 Erwartete Ziele für die Wegfindung | 4 |
| 3 Theoretische Grundlagen Wegfindung | 5 |
| 3.1 Modellierung der Anlagentopologie | 5 |
| 3.2 Dijkstra-Algorithmus | 5 |
| 3.3 A*-Algorithmus | 5 |
| 3.4 Vergleich verschiedener Heuristiken | 5 |
| 4 Technische Implementierung der Algorithmen | 6 |
| 4.1 Kurze Einführung in die Programmiersprache und Programmier- umgebung | 6 |
| 4.1.1 Siemens TIA-Portal | 6 |
| 4.1.2 SCL | 6 |
| 4.1.3 Arbeitsweise einer SPS | 6 |
| 4.2 Beschreibung der Anlagentopologie | 6 |
| 4.3 Implementierung des Dijkstra-Algorithmus | 6 |
| 4.4 Implementierung des A*-Algorithmus | 6 |
| 4.5 Einhaltung der Echtzeitbedingung | 6 |
| 4.5.1 Ausführung bei Systemstart | 6 |
| 4.5.2 Zyklische Ausführung | 6 |
| 5 Besonderheiten der Dynamischen Wegfindung | 7 |
| 5.1 Kommunikation | 7 |
| 5.1.1 Interne Kommunikation | 7 |
| 5.1.2 Externe Kommunikation | 7 |
| 5.2 Algorithmische Kollisionsvermeidung | 7 |
| 5.2.1 Problem des Zeitlichen Indeterminismus | 7 |

| | | |
|----------|--|----------|
| 5.2.2 | Verhinderung von Deadlock-Situationen | 7 |
| 6 | Fazit | 8 |
| 6.1 | Aktueller Stand der Anlage | 8 |
| 6.2 | Komplikationen bei der Implementierung | 8 |
| 6.3 | Ausblick über zukünftige Erweiterungen | 8 |
| 7 | Anhang | i |
| | Literaturverzeichnis | ii |

Abkürzungsverzeichnis

CPPS Cyber-physisches Produktionssystem

CT Corporate Technologies

FTF Fahrerloses Transportfahrzeug

FTS Fahrerloses Transportsystem

IoT Internet of Things

Einführung in das Thema Industrie 4.0

Der Begriff „Industrie 4.0“ ist seit seiner Popularisierung durch die Bundeskanzlerin auf der Hannovermesse 2013 vor allem in den Bereichen Produktion und Fertigung in aller Munde. Da er jedoch je nach Branche unterschiedliche Bedeutungen haben kann, möchte ich als Einführung zunächst einmal erläutern, was Industrie 4.0 im Kontext der Automatisierungstechnik bedeutet. Der Begriff beschreibt die vierte industrielle Revolution und die damit einhergehende Verflechtung von informationstechnisch erhobenen Daten in den Produktionsablauf. Ein interessanter Aspekt ist hier beispielsweise der Bereich der prädiktiven Wartung, bei dem Anhand der Auswertung empirischer Daten mögliche Anlagenausfälle frühzeitig erkannt und behoben werden können. Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit ist vor allem auch ein sogenanntes Cyber-physisches Produktionssystem (CPPS) von Bedeutung. Diese bestehen aus der Verbindung von einzelnen, dezentralen Objekten wie beispielsweise Produktionsanlagen oder Logistikkomponenten, welche mit eingebetteten Systemen ausgestattet und zudem kommunikationsfähig gemacht werden. Durch eingebaute Sensoren und Aktoren kann die Umwelt erfasst und beeinflusst werden. Mittels der Kommunikationskomponenten können Daten aus der Produktion über ein Netzwerk oder das Internet ausgetauscht, beziehungsweise von entsprechenden Diensten ausgewertet, verarbeitet oder gespeichert werden [1]. Sind mehrere Cyber-physische Produktionssysteme an einem Produktionsprozess beteiligt, unabhängig von ihrem Standort, so spricht man auch von einer Smart Factory. Abschließend ist noch zu erwähnen, dass der Begriff „Industrie 4.0“ vor allem im deutschsprachigen Raum verwendet wird. Im internationalen Kontext werden viele der zentralen Punkte von Industrie 4.0 durch das Konzept des Internet of Things (IoT) abgedeckt.

Definition der Anforderungen

2.1 Allgemeine Aufgabenstellung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Entwurf und der Realisierung eines CPPS im Modellmaßstab. Die resultierende Anlage soll unter anderem dazu dienen verschiedene Aspekte von Industrie 4.0 vorzuführen und zu veranschaulichen. Kernpunkte, die dargestellt werden sollen, sind vor allem die Dezentralisierung und Skalierbarkeit der Anlage. Den Rahmen für die Bearbeitung dieser Aufgabe bildet die Fachberatung für Automatisierungstechnik der Siemens AG in München. Um die erwähnten Konzepte demonstrieren zu können, soll die Anlage gemäß ihrer realen Vorbilder bestehen aus Bearbeitungsstationen, an welchen der Bearbeitungsprozess simuliert werden kann, und Werkstückträgern, welche Werkstücke durch die Modellanlage zu den Maschinenplätzen transportieren können. Hauptaufgabe des Modells ist es zu zeigen, wie ein Werkstück seine Fertigung selbst organisiert. Zu Beginn des Fertigungsprozesses wird dem Werkstück ein Fertigungsplan übergeben, anhand welchem es sich durch die Anlage bewegt. Im vorliegenden Fall stellen die Werkstückträger gleichzeitig das Werkstück dar, dass die Produktionsanlage durchfährt. Ebenso werden die Bearbeitungsstationen nur symbolisch dargestellt durch entsprechende Markierungen in der Anlagentopologie. Anhand verschiedener Use-cases und Szenarien soll es nach Fertigstellung der Anlage möglich sein, verschiedene Aspekte von Industrie 4.0 anschaulich darzustellen, zum Beispiel zu Vorführzwecken bei Kunden.

2.2 Aufteilung der Themenbereiche

Wie soeben beschrieben konzentriert sich die Aufgabe vor allem auf die Entwicklung und Implementierung der Werkstückträgerfahrzeuge. Da dies jedoch

noch immer ein recht allgemein gefasstes Themengebiet ist und der zur Realisierung notwendige Aufwand nur schwer abzuschätzen ist, wurde in Rücksprache mit dem Betreuer entschieden, die Hauptaufgabe in zwei Teilaufgaben zu unterteilen. Diese beiden Themenblöcke sind „Autonomes Fahren in industriellen Transportsystemen“ und „Dynamische Wegfindung in einer flexiblen Produktionsanlage“[2]. Die Dokumentation der Implementierung der dynamischen Wegfindung ist Hauptbestandteil der vorliegenden Arbeit. Den Teil des autonomen Fahrens mittels eines Fahrerloses Transportsystem (FTS) wird von Herrn Andreas Meier bearbeitet und wird deshalb nur kurz umrissen.

2.2.1 Fahrerloses Transportsystem

Hauptaufgabe der Werkstückträger, die jeweils durch ein Fahrerloses Transportfahrzeug (FTF) realisiert werden sollen, ist es, einen Weg anhand einer vorgegebenen Route ab zu fahren und somit die Werkstücke zwischen den einzelnen Bearbeitungsschritten zur nächsten Station oder Maschine zu transportieren. Herausforderungen hierbei sind die Spurführung und die Navigation innerhalb der Anlagentopologie, da die einzelnen FTF nicht wie sonst üblich schienengebunden sind, sondern sich frei durch die Anlage bewegen können. Da es sich zudem mehrere Fahrzeuge gleichzeitig in der Anlage befinden können, muss durch geeignete Sensorik eine bevorstehende Kollision erkannt und verhindert werden.

2.2.2 Dynamische Wegfindung

Für die Wegfindung ist es wichtig, dass das Werkstück die Ablaufreihenfolge der benötigten Arbeitsschritte kennt. Diese sollen in einer Art Rezept festgehalten werden und als Grundlage für die Berechnung der Teilrouten zu den Bearbeitungsstationen dienen. Für die Bestimmung der Routen wird zudem eine geeignete Beschreibung der Anlagentopologie benötigt. Innerhalb der Anlage können mehrere Bearbeitungsstationen die gleiche Funktionalität liefern. In diesem Fall soll die Wegfindung eine geeignete Station auswählen können. Diese sollte universell gehalten sein, damit sie auch von dem FTS genutzt werden kann. Die Wegfindung soll so realisiert sein, dass sie auch auf einer der leistungsschwächeren Steuerungen der Siemens S7-1200er Reihe lauffähig ist, falls dies nicht realisierbar ist, sollen so wenig Komponenten wie möglich auf ein PC-System ausgelagert werden.

Bei der Berechnung von Routen sollen zudem folgende dynamische Ereignisse berücksichtigt werden:

- Persistente Blockaden und länger andauernde nicht permanente Änderungen der Standard-Anlagentopologie.

- Dynamische Blockaden von Teilstrecken durch andere Fahrzeuge zur Kollisionsvermeidung.

2.3 Erwartete Ziele für die Wegfindung

Da bei der Planung des Arbeitsauftrags noch nicht absehbar war, wie zeitaufwendig die Realisierung der Aufgabe sein würde, wurde die Funktionalität der Wegfindungskomponente der Anlage in mehrere Stufen unterteilt:

Grundstufe: Es können detaillierte Teilrouten generiert werden auf der Basis von Anfangs- und Endpunkten.

Stufe 1: Es können komplette Routen bestehend aus Teilrouten anhand eines einzigen Fertigungsplans generiert werden, es existiert pro Funktionalität nur eine Bearbeitungsstation. Mehrere FTF erhalten die gleiche Route und reihen sich hintereinander ein.

Stufe 2: Es wird werden komplette Routen anhand eines einzigen Fertigungsplans generiert, pro Funktionalität existieren mehrere Bearbeitungsstationen. Die FTF können unterschiedliche Wege nehmen und sich gegenseitig überholen.

Stufe 3: Analog zu Stufe 2, es können jedoch im laufenden Betrieb Störungen in der Form von persistenten Blockaden auftreten, die bei der Wegfindung berücksichtigt werden.

Stufe 4: Analog zu Stufe 3, verschiedene Fahrzeuge können unterschiedliche Fertigungspläne und somit andere Routen verfolgen.

Als zusätzliches Ziel wurde die Visualisierung der geplanten und bereits zurückgelegten Fahrstrecken der verschiedenen FTF definiert, zur besseren Darstellung der einzelnen Aspekte der definierten Stufen. Die Anlage wird zudem in Kooperation mit der Siemens Entwicklungsabteilung Corporate Technologies (CT) entwickelt wird, welche parallel die gleiche Anlage als Simulation testet und die ermittelten Ergebnisse mit dem Resultat der physikalischen Anlage vergleicht.

Theoretische Grundlagen Wegfindung

- 3.1 Modellierung der Anlagentopologie**
- 3.2 Dijkstra-Algorithmus**
- 3.3 A*-Algorithmus**
- 3.4 Vergleich verschiedener Heuristiken**

Technische Implementierung der Algorithmen

4.1 Kurze Einführung in die Programmiersprache und Programmierumgebung

4.1.1 Siemens TIA-Portal

4.1.2 SCL

4.1.3 Arbeitsweise einer SPS

4.2 Beschreibung der Anlagentopologie

4.3 Implementierung des Dijkstra-Algorithmus

4.4 Implementierung des A*-Algorithmus

4.5 Einhaltung der Echtzeitbedingung

4.5.1 Ausführung bei Systemstart

4.5.2 Zyklische Ausführung

5

Besonderheiten der Dynamischen Wegfindung

5.1 Kommunikation

5.1.1 Interne Kommunikation

5.1.2 Externe Kommunikation

5.2 Algorithmische Kollisionsvermeidung

5.2.1 Problem des Zeitlichen Indeterminismus

5.2.2 Verhinderung von Deadlock-Situationen

6

Fazit

- 6.1 Aktueller Stand der Anlage**
- 6.2 Komplikationen bei der Implementierung**
- 6.3 Ausblick über zukünftige Erweiterungen**

7

Anhang

Literaturverzeichnis

- [1] T. Bauerhansl, M. ten Hompel, and B. Vogel-Heuser, *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Springer Vieweg, 2014.
- [2] B. Pottler, "Industrie 4.0 - modell zusammen mit ct." Präsentation Siemens AG, Oct. 2015. Version 3.