
BACHELORARBEIT

Frau
Zhujun Shen

**Anwendung von Robotern im
Gesundheitswesen**

Mittweida, 2020

Fakultät Ingenieurwissenschaften

BACHLORARBEIT

Anwendung von Robotern im Gesundheitswesen

Autor:

Frau

Zhujun Shen

Studiengang:

Elektro- und Informationstechnik

Seminargruppe:

EI16sA-BC

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Alexander Lampe

Zweitprüfer:

M. Sc. Jan Roloff

Einreichung:

Mittweida, 30,01,2020

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2020

Faculty engineering sciences

BACHELOR THESIS

Use of robots in healthcare

author:

Ms.

Zhujun Shen

course of studies:

**Electrical engineering and information
technology**

seminar group:

EI16sA-BC

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Alexander Lampe

second examiner:

M. Sc. Jan Roloff

submission:

Mittweida, 30,01,2020

defence/ evaluation:

Mittweida, 2020

Bibliografische Beschreibung:

Shen,Zhujun:

Anwendung von Robotern im Gesundheitswesen

48 Seiten, Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Mittweida, 2020

Referat:

Roboter werden zunehmend im Gesundheitswesen eingesetzt. In dieser Arbeit werden die Roboter in den wichtigsten Forschungsbereichen ausführlich vorgestellt und ihre Funktionen, technischen Hauptindikatoren sowie Vor- und Nachteile verglichen und beschrieben. Darüber hinaus werden auch die praktischen Technologien wie Navigation, SLAM und automatische Hindernisvermeidung analysiert. Abschließend wird die zukünftige Entwicklung von medizinischen Robotern in der Zusammenarbeit mit mehreren Robotern und künstlicher Intelligenz erörtert.

Bacheloraufgabenstellung für Shen Zhujun

Thema: Anwendung von Robotern im Gesundheitswesen

Roboter sind seit Jahrzehnten fester Bestandteil der Industrieautomation. Roboter finden aber nicht nur in der Industrie ihren Einsatz, sondern halten auch mehr und mehr Einzug in den Alltag der Endverbraucher.

Wenn der Roboter im Krankenhaus hilft, befreit man Mitarbeiter von vielen zeitintensiven und monotonen Aufgaben und kann die so gewordenen Ressourcen noch besser einsetzen.

Arbeitspakete:

1. Der mobile Roboter im Krankenhaus
 - Einbau
 - Aufgaben
 - Funktionsweise
2. Anwendungsbeispiele
 - Desinfektionsroboter
 - Serviceroboter
 - Operationsroboter
3. Zukünftige Einsatzgebiete

Hochschulbetreuer:

M. Sc. Jan Roloff

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1. Einleitung.....	1
2. Hintergrund.....	2
2.1. Automatisierungsbedarf im Krankenhaus.....	2
2.2. Die aktuellen Standardformen der automatisierten Logistik	3
2.2.1. Rohrpostanlagen.....	3
2.2.2. Elektrohängebahn	4
2.2.3. Containerfördertechnik.....	5
2.2.4. FTS-Roboter	7
3. Der mobile Roboter im Krankenhaus	10
3.1. Definition der FTS-Roboter.....	10
3.2. Einbau der FTS-Roboter	11
3.2.1. Allseitenrad	11
3.2.2. Sensor.....	13
3.3. Navigation der FTS-Roboter.....	14
3.3.1. Koordinatensysteme der FTS-Roboter.....	15
3.3.2. Spurführung mit kontinuierlicher Leitlinie.....	16
3.3.3. Rasternavigation	17
3.3.4. Lasernavigation.....	18

3.4. Kollisionsvermeidung: der künstlichen Potentialfelder.....	19
3.5. Simultane Lokalisierung und Kartenerstellung	23
4. Beispiele der FTS-Roboter im Krankenhaus	29
4.1. FTS-Roboter in Logistikabteilungen	29
4.2. FTS-Roboter im Operationssaal.....	33
5. Weitere Anwendung der Rotoren im Gesundheitswesen	36
5.1. Anwendung von FTF im Bereich der Desinfektion: Desinfektionsroboter	36
5.2. Ein guter Helfer für Ärzte: Operationsroboter	39
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	42
6.1. Zusammenfassung.....	42
6.2. Ausblick	43
Literatur.....	45
Anlagen.....	47
Selbständigkeitserklärung.....	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:modern Rohrpoststation.....	4
Abbildung 2:Schienen- und Fördersysteme im Krankenhaus	5
Abbildung 3:das mittelgroße kastenartige Logistiksystem	6
Abbildung 4: Ein FTS von Swisslog.....	8
Abbildung 5:Ein FTS von DS AUTOMOTION	8
Abbildung 6:Ein Allseitenrad.....	11
Abbildung 7:Plattform von omnidirektionalen mobilen Robotern	12
Abbildung 8:Schema des Ultraschallsensors.....	13
Abbildung 9: Prinzipdarstellung eines Lasertriangulationssensors	14
Abbildung 10:ein Lasertriangulations-sensor.....	14
Abbildung 11:FTF im ortsfesten und mit seinem eigenen Koordinatensystem [7]	15
Abbildung 12:die Verfahren mit kontinuierlicher Leitlinie [7].....	16
Abbildung 13:Rasternavigation(Rasterpunkte im Boden) [7]	17
Abbildung 14:Lasernavigation [7].....	18
Abbildung 15:Elektrisches Potentialfeld.....	19
Abbildung 16:Schwerkraftpotentialfeld.....	20
Abbildung 17:Der Roboter geht den Karren um.....	22
Abbildung 18:Die Punktwolke	24
Abbildung 19:Übereinstimmung der Karte	25

Abbildung 20:Kartenfusion.....	25
Abbildung 21:Geländeübersicht Klinikum Klagenfurt am Wörthersee [12]	29
Abbildung 22: FTFs für das Versenden von Rollcontainern	32
Abbildung 23: Route-Scan-Zeichnen	33
Abbildung 24:Netzwerktopologie-Diagramm.....	34
Abbildung 25:Der Materialien zu lieferndem Roboter	35
Abbildung 26:Der Desinfektionsroboter im Krankenzimmer[13]	37
Abbildung 27:Das Lichtspektrum[14]	38
Abbildung 28:das DaVinci-Operationssystem[15].....	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:Wachstum der FTS-Roboter von 2011 bis 2016 in China.....	7
Tabelle 2:Allgemeine Beschreibung des Unterfahr-FTF mit Hubeinrichtung[4]	30

Abkürzungsverzeichnis

AGV	Automated Guided Vehicle
CCD	charge-coupled device
EHB	Elektrohängebahn
ERP	Enterprise resource planning
FTF	Fahrerloses Transportfahrzeug
FTS	Fahrerlose Transportsysteme
RFID	Radio Frequency Identification
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
PSD	position sensitive device

1. Einleitung

Roboter sind seit Jahrzehnten fester Bestandteil der Industrieautomation. Roboter finden aber nicht nur in der Industrie ihren Einsatz, sondern halten auch mehr und mehr Einzug in den Alltag der Endverbraucher.

Es wird allgemein angenommen, dass der neue Robotermarkt den Einsatz von Robotern aus industriellen Anwendungen für Fertigungsprozesse auf verschiedene Anwendungen ausgeweitet hat, bei denen mobile Roboter in einer offenen Umgebung eingesetzt werden, in der Menschen anwesend sein können. Da mobile Roboter in der Gesellschaft immer häufiger benötigt werden, werden ständig neue fortschrittliche Technologien entwickelt, und der tatsächliche Einsatz von Robotern wird einen großen Durchbruch bringen.

Ähnlich wie in der industriellen Logistik können mobile Roboter zur Krankenhauslogistik einen signifikanten Beitrag leisten. Wenn der Roboter im Krankenhaus hilft, befreit man Mitarbeiter von vielen zeitintensiven und monotonen Aufgaben und kann die so gewordenen Ressourcen noch besser einsetzen.

Roboter ist ein wichtiges Forschungs- und Anwendungsgebiet in medizinischen Szenarien und eine der wichtigen Entwicklungsrichtungen für die Information und Intelligenz von medizinischen Geräten. Die in Krankenhäusern verwendete Roboter umfassen: mobile Roboter, Desinfektionsroboter, chirurgische Roboter usw.

In dieser Arbeit werden die Roboter in den wichtigsten Forschungsbereichen ausführlich vorgestellt und ihre Funktionen, technischen Hauptindikatoren sowie Vor- und Nachteile verglichen und beschrieben. Darüber hinaus werden auch die praktischen Technologien wie Navigation, SLAM und automatische Hindernisvermeidung analysiert. Abschließend wird die zukünftige Entwicklung von medizinischen Robotern in der Zusammenarbeit mit mehreren Robotern und künstlicher Intelligenz erörtert.

2. Hintergrund

2.1. Automatisierungsbedarf im Krankenhaus

Das Krankenhaus ist eines der wichtigsten Organe der modernen Gesellschaft. Aufgrund des wachsenden Problems der alternden Bevölkerung in der heutigen Gesellschaft müssen Krankenhäuser den Bedarf an medizinischen Arbeitskräften und materielle Ressourcen erhöhen, den Krankenhausbetrieb sowie deren Effizienz und Effektivität verbessern.

Die Hauptleistung eines Krankenhauses ist die Patientenversorgung. Um diesen Service zu erbringen, gibt es eine Reihe von Unterstützungsdiensten, die Aufmerksamkeit im Krankenhaus erfordern. Obwohl die meisten dieser Dienste für Patienten unsichtbar sind, haben sie einen erheblichen Einfluss auf die Erfahrung der Patienten ihr Besuch im Krankenhaus.

Eine der wichtigsten und meist unterschätzten Unterstützungsleistungen in Krankenhäusern ist die Logistik, einschließlich der täglichen Betriebs- und Managementaktivitäten fast aller Geschäftsbereiche des Krankenhauses, wie der Übermittlung von Krankenhausedokumenten, der Versorgung von medizinischem Material, der Lieferung von medizinischen Proben sowie der Beschaffung, Be- und Entladung, Lagerung, Lieferung von Abteilungen der Krankenhauslogistik usw.

Derzeit ist das bestehende Logistiksystem des Krankenhauses noch ineffizient und kostspielig. Studien haben gezeigt, dass 30% bis 46% der Krankenhauskosten in verschiedene logistische Aktivitäten investiert werden¹. Die traditionelle Logistikmethode für Krankenhäuser besteht darin, dass die Zustellung verschiedener Waren im Krankenhaus im Wesentlichen von Patienten, medizinischem Personal oder Vollzeit-Zustellerteams durchgeführt wird. Es gibt keine klare Unterscheidung zwischen Personenströme und Materialfluss. Es besteht die Möglichkeit einer Kreuzinfektion verschiedener Personalarten und das Phänomen der Kontamination, Beschädigung und des Verlusts von Gegenständen. Aus diesen Gründen besteht ein zunehmendes Interesse an der Automatisierung der Krankenhauslogistik.

Manuelle Krankenhaustransportaufgaben sind normalerweise an die Grenzen der verfügbaren menschlichen Arbeitskraft gebunden. Routen, Volumina,

¹ <https://logisticsmanagementandsupplychainmanagement.wordpress.com/2007/03/27/benchmarking-the-hospital-logistics-process/>

Gewichte und Frequenzen werden gemäß den Transportmitteln und Menschen geplant. Aber ein automatisiertes System kann zu einem sehr flexiblen Transportplan führen. Routen können optimiert und häufigere Lieferungen können sowohl für die Nacht- und Tageszeit geplant werden. Die Reaktionsgeschwindigkeit auf Anfragen kann auch verbessert werden, wenn Verfolgungs- und Inventarsysteme sowie das Transportsystem eng integriert sind.

2.2. Die aktuellen Standardformen der automatisierten Logistik

Die Hauptanforderung des Krankenhauses ist eine schnelle, genaue, automatische und sichere Lieferung von Materialien. In Krankenhäusern häufig eingesetzte Logistiksysteme umfassen hauptsächlich Rohrpostanlagen, Elektrohängebahn, Containerförderer und FTS-Roboter. Unterschiedliche Technologien wurden entwickelt, um die Anforderungen des Krankenhauses an unterschiedliche Materialien in Bezug auf Geschwindigkeit und Gewicht zu erfüllen.

2.2.1. Rohrpostanlagen

Rohrpostanlagen ist eines der am häufigsten verwendeten Versorgungssysteme in Krankenhäusern. Es besteht aus einem Rohrnetz, das verschiedene Einheiten in den Krankenhäusern miteinander verbindet. Die Ladung wird in speziellen zylindrischen Behältern abgelegt, an Stationen dem Rohrsystem zugeführt und durch pneumatische Kräfte bewegt, die von den an das Rohrnetz angeschlossenen Ventilatoren und Pumpen erzeugt werden. Es wird normalerweise für kleine Fracht verwendet, wie Papiere, Proben oder Pharmazeutika.

Vorteile der Rohrpostanlagen:

- schnell, effizient (Übertragungsgeschwindigkeit bis zu 5-8 m / s) [1]
- transportieren Waren über große Entfernungen

Nachteile der Rohrpostanlagen:

- geringes Übertragungsvolumen
- begrenzte Arten von zu transportierenden Gegenständen
- schwierige Wartung der Transportausrüstung

Die Krankenschwester kann die benötigten Waren und Mengen über den elektronischen Bildschirm vor modern Rohrpoststation eingeben (siehe Abbildung 1) und dann den Behälter mit den Waren aus der unteren Nut entnehmen.



Abbildung 1:modern Rohrpoststation²

2.2.2. Elektrohängebahn

Elektrohängebahn (EHB) (siehe Abbildung 2), die ein schienengebundenes Fördermittel mit einzeln angetriebenen Fahrzeugen ist, ist auch im Krankenhaus üblich zur Lieferung relativ größeren Lasten. Schienen oder Förderbänder werden in horizontaler oder vertikaler Konfiguration installiert und Materialien werden mit Hilfe von in sich geschlossenen Hebe- und Schleppsystemen zwischen Fußböden und Krankenhauseinheiten transportiert.

Vorteile der Elektrohängebahn:

- Übertragen eine große Anzahl von Elementen (10-15kg pro Transportwagen) [1]
- Lösen etwa 60% des Problems des Warentransfers in Krankenhäusern.

² https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b5/Rohrpost_Station.jpg/330px-Rohrpost_Station.jpg

Nachteile der Elektrohängebahn:

- leicht Drehung der Karosserie
- begrenzte Form der Ladung
- können nicht zerbrechliche Gegenstände transportieren



Abbildung 2: Schienen- und Fördersysteme im Krankenhaus³

2.2.3. Containerfördertechnik

Die Containerfördertechnik (siehe Abbildung 3) verwendet eine Kiste mit großer Kapazität als Transportträger und übergibt sie durch Anheben der Transportausrüstung und der Übertragungsstrecke.

Der Bediener lädt die zu transportierenden medizinischen Artikel in die Umschlagschachtel und liefert die Lieferinformationen an das Logistikinformationssystem. Anschließend ordnet das Lagerleitsystem die Zieladresse dem Barcode oder RFID auf den Kisten gemäß den Anweisungen zu. Das Logistikautomatisierungssystem liest die obigen Informationen und dann heben die Umschaltbox automatisch in die Zieletage.

Vorteile der Containerfördertechnik:

- Übertragen eine große Anzahl von Elementen (30-50kg pro

³ http://www.sohu.com/a/203664755_697417

Transportwagen) [1]

- Lösen etwa 90% des Problems des Warentransfers in Krankenhäusern.
- Sparen Aufzüge und Personalwesen

Nachteil der Containerfördertechnik:

- Bedarf des vertikalen Schachts



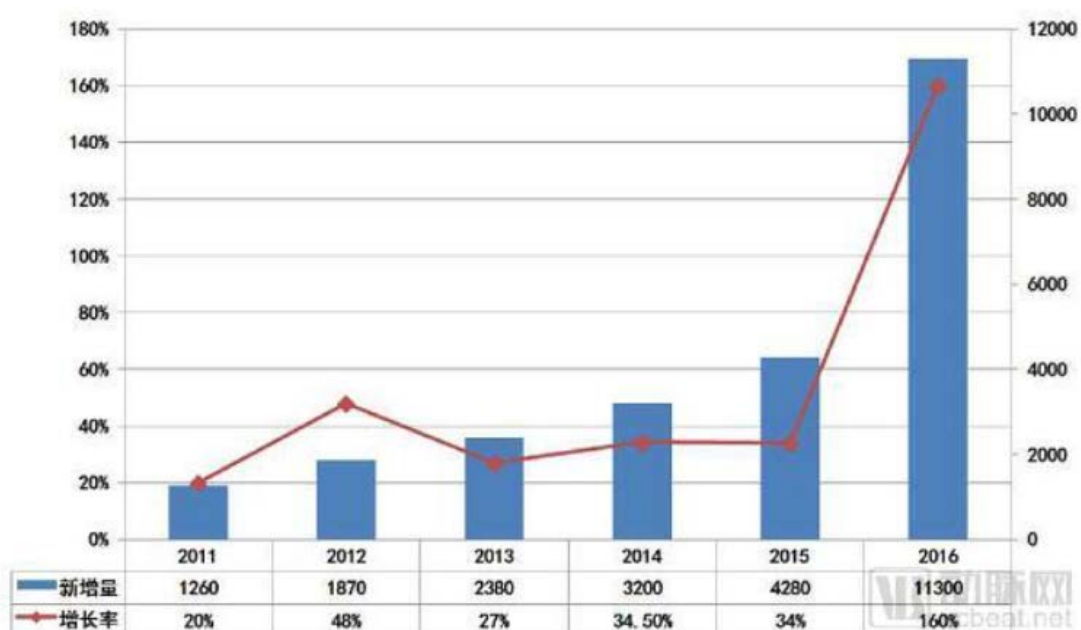
Abbildung 3: das mittelgroße kastenartige Logistiksystem⁴

⁴ http://www.sohu.com/a/270907879_763260

2.2.4.FTS-Roboter

Der mobile Logistik-Roboter, der auch im Mittelpunkt dieser Studie steht, wird auch FTS-Roboter (Fahrerlose Transportsysteme, englisch Automated Guided Vehicle System, AGVS) genannt. Die Verwendung von Roboterfahrzeugen für den Transport ist seit Jahrzehnten in Fertigungsstätten von großem Interesse, in denen die Umwelt häufig geändert werden musste. In den letzten zehn Jahren wurden diese Systeme auch im Krankenhaus populär, da die Lokalisierungstechniken fortschrittlicher und die Entfernungssensoren schneller und präziser sind.

Tabelle 1:Wachstum der FTS-Roboter von 2011 bis 2016 in China⁵



In der Grafik zeigt die blaue Spalte die Zunahme der Anzahl der FTS-Roboter, die jedes Jahr eingesetzt werden. Die rote gestrichelte Linie zeigt die Wachstumsrate von FTS-Robotern an. Es ist zu erkennen, dass die Nachfrage nach FTS-Robotern von Jahr zu Jahr steigt. Neben der Industrie braucht die Medizintechnik auch Logistikroboter.

Die derzeit im Krankenhaus eingesetzten FTS-Roboter ist wie folgt:

Fahrerlose Transportsysteme erledigen Transportaufgaben schnell und effizient und automatisieren so die Abläufe im Lager. Ein FTS von Swisslog (siehe Abbildung 4) kann als eigenständiges System bzw. bei Anbindung an ein ERP oder als voll integriertes Subsystem einer Gesamtanlage agieren⁶. FTS-Lösungen von DS AUTOMOTION (siehe Abbildung 5) garantieren durch eine

⁵ <https://36kr.com/p/5143435>

Koppelnavigation mit Referenzierung als Fahrzeugnavigation über Magnete in Krankenhäusern und Kliniken einen pünktlichen und automatischen Warentransport. Dies erlaubt, gegenüber einer Lasernavigation eine kompakte Bauform der Fahrzeuge. Somit können diese zur Gänze unter die Rollcontainer einfahren und zum Transport anheben⁷.



Abbildung 4: Ein FTS von Swisslog⁶

DS
--- AUTOMOTION



Abbildung 5: Ein FTS von DS AUTOMOTION⁷

Helpmate wurde für den Transport von kleinen Gütern zwischen Abteilungen entwickelt und war in der Lage, autonom innerhalb der Krankenhäuser zu navigieren, Aufzüge zu nehmen und Hindernissen auszuweichen [2].

Seit 2014 lässt sich in China ein enormer FTS-Boom sowohl auf der Anwender- als auch insbesondere auf der Anbieterseite beobachten: innerhalb von nur zwei Jahren (seit 2016) ist die Zahl chinesischer FTS-Hersteller von unter 10 auf über 40 gestiegen. Diese Firmen setzen sowohl auf selbstentwickelte Technik als auch auf Lösungen, die sie bei europäischen oder amerikanischen Anbietern lizenzieren [3].

Die Vorteile des FTS gegenüber der EHB sind [4]:

- Einfache Installation (während des Versorgungs-Betriebs)
- Keine Deckenabhängungen
- Mitbenutzung vorhandener Wege und Einrichtungen
- Flexibler Einsatz, einfache Umprogrammierung
- Ständige Zugriffsmöglichkeit auf jedes einzelne FTF.

Grundsätzlich spricht für einen FTS-Einsatz in Krankenhäusern:

⁶ Quelle: Swisslog

⁷ Quelle: DS AUTOMOTION

- Organisierter Material- und Informationsfluss
- Immer pünktliche und berechenbare Transportprozesse
- Minimierung von Vorratshaltung und Wartebeständen im Produktionsbereich
- Reduzierung der Logistik-Kosten
- Hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit
- Verbessern des Arbeitsumfelds: sichere und angenehme Arbeitsbedingungen durch einen ordnungsgemäßen, sauberen und leisen Transportprozess

3. Der mobile Roboter im Krankenhaus

3.1. Definition der FTS-Roboter

Eine Definition für ein FTF in der VDI-Richtlinie 2510 veröffentlicht [5]:

„Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) sind flurgebundene Fördermittel mit eigenem Fahrtrieb, die automatisch gesteuert und berührungslos geführt werden. Sie dienen dem Materialtransport, und zwar zum Ziehen und/oder Tragen von Fördergut mit aktiven oder passiven Lastaufnahmemitteln. In dieser Richtlinie werden Fahrzeuge mit Radantrieben betrachtet. Ausgeschlossen werden schienengeführte Fahrzeuge, Luftkissenfahrzeuge sowie Laufmaschinen.“

In derselben Richtlinie findet sich auch eine Definition zum FTS:

„Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind flurgebundene Systeme, die innerbetrieblich innerhalb und/oder außerhalb von Gebäuden eingesetzt werden. Sie bestehen im Wesentlichen aus einem oder mehreren automatisch gesteuerten, berührungslos geführten Fahrzeugen mit eigenem Fahrtrieb und bei Bedarf aus

- einer Leitsteuerung,
- Einrichtungen zu Standortbestimmung und Lageerfassung,
- Einrichtungen zur Datenübertragung sowie
- Infrastruktur und peripheren Einrichtungen.

Die wesentliche Aufgabe eines FTS ist der automatisierte Materialtransport. Im weiteren Sinne zählen zu FTS auch solche Systeme, die für Dienstleistungsaufgaben wie z. B. Handhabung, Überwachung, Reinigung, mobile Auskunft und Führung – auch in öffentlich zugänglichen Bereichen – eingesetzt werden. Ausgenommen hiervon und im Weiteren nicht betrachtet werden Geräte, die als Verbraucherprodukte gemäß ProdSG auf dem Markt bereitgestellt werden.“

3.2. Einbau der FTS-Roboter

3.2.1. Allseitenrad

Ein Allseitenrad (auch omnidirektionales Rad) (siehe Abbildung 6), ist ein Rad mit kleinen Scheiben an der Lauffläche, die senkrecht zur Drehrichtung stehen. Das Rad kann mit voller Kraft angetrieben werden, aber auch kann leicht seitlich gleiten.



Abbildung 6: Ein Allseitenrad⁸

Diese Räder werden häufig in mobilen Robotern eingesetzt. Ein Beispiel eines mobilen Roboters, der omnidirektionale Räder verwendet, um Hindernissen auszuweichen:

Die Plattform des Roboters mit omnidirektionalem Radsystem ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Beziehung zwischen der Bewegungsentfernung (dx , dy) des Roboters und der Bewegungsentfernung jedes Rads c_i ($i = 0, 1, 2, 3$) ist wie folgt:

$$\begin{cases} dx = \sin \theta \\ dy = \cos \theta \end{cases} \quad (1)$$

⁸ www.rotacaster.com.au

$$\begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & L \\ \cos\alpha & -\sin\alpha & -L \\ -\cos\alpha & -\sin\alpha & L \\ -\cos\alpha & \sin\alpha & -L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ d\phi \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} dx \\ dy \\ d\phi \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \frac{1}{\cos\alpha} & \frac{1}{\cos\alpha} & \frac{1}{\cos\alpha} & \frac{1}{\cos\alpha} \\ \frac{1}{\sin\alpha} & -\frac{1}{\sin\alpha} & \frac{1}{\sin\alpha} & -\frac{1}{\sin\alpha} \\ \frac{1}{L} & -\frac{1}{L} & -\frac{1}{L} & \frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (4)$$

L ist der Abstand zwischen dem Schwerpunkt des Roboters und dem Rad, und α ist der Neigungswinkel des Rades. In diesem Beispiel (siehe Abbildung 7) beträgt α 45 Grad. Der Geschwindigkeitsbefehl in der Translationsrichtung wird abhängig von der hierarchischen Steuertechnik. Der gewünschte Winkel $d\phi$ wird festgelegt, um Hindernissen auszuweichen und einen sicheren Transport zu erreichen. Der Roboter berechnet den besten Punkt zur geplanten optimalen Route und den Tangentenvektor des Punktes. Der gewünschte Winkel $d\phi$ ist der Winkel zwischen der Richtung des Tangentenvektors und der gegenwärtigen Richtung des Roboters. Wenn der Roboter das Hindernis umgeht, bewegt sich der Roboter gemäß dem gewünschten Winkel.

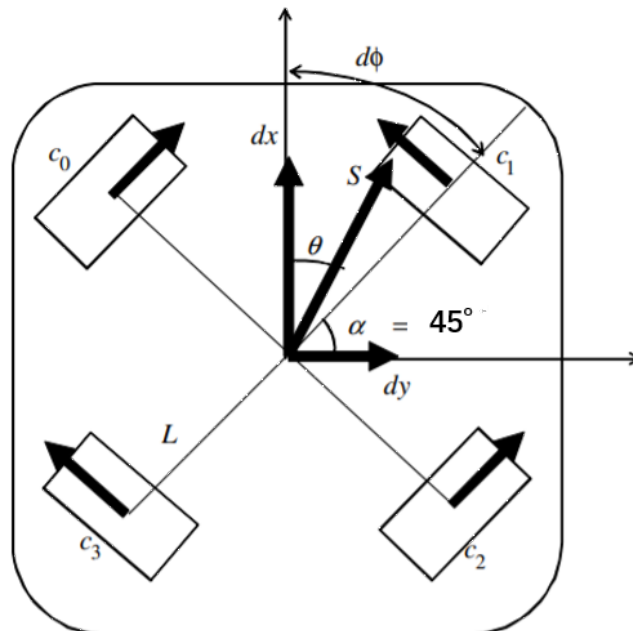


Abbildung 7: Plattform von omnidirektionalen mobilen Robotern

3.2.2. Sensor

Jeder Roboter benötigt Sensoren, um Änderungen in der Umgebung zu erkennen. Insbesondere müssen FTS-Roboter die Ausrichtung und den Abstand möglicher bestehender Hindernisse ständig überwachen, um Hindernissen zu vermeiden.

3.2.2.1. Ultraschallsensor

Ultraschallsensor (siehe Abbildung 8) detektieren mit Ultraschallwellen den Abstand. Der Sensor sendet Ultraschallwellen aus, die vom Zielobjekt reflektiert wird. Dadurch dass wir die Zeit zwischen Senden und Empfangen der Ultraschallwelle messen, können wir den Abstand zum Zielobjekt ausrechnen.

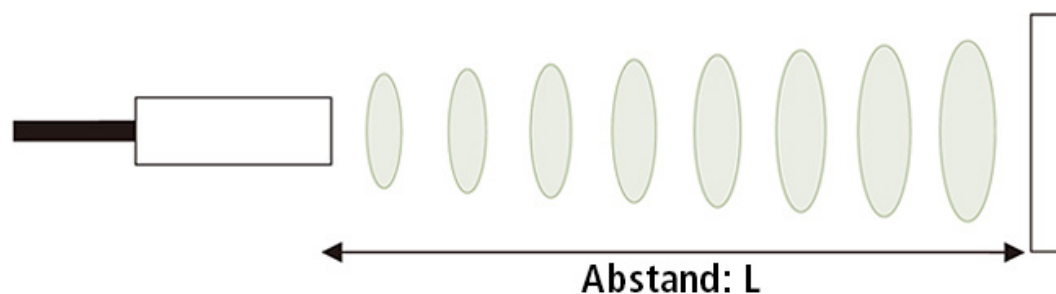


Abbildung 8: Schema des Ultraschallsensors⁹

Der Abstand kann nach der folgenden mathematischen Formulierung berechnet werden:

$$\text{Abstand } L = 1/2 \times T \times C$$

L ist der Abstand, T ist die Zeit zwischen Senden und Empfangen und C ist die Schallgeschwindigkeit.

3.2.2.2. Lasertriangulation

Lasertriangulation (siehe Abbildung 10) bedeutet Abstandsmessung durch Winkelberechnung. In der Messtechnik projiziert ein Sensor einen Laserpunkt auf das Messobjekt. Das dort reflektierte Licht trifft abhängig von der Entfernung unter einem bestimmten Winkel auf ein Empfangselement (siehe Abbildung 9). Durch die Position des Lichtpunktes auf dem Empfangselement und aus der Distanz von Sender zum Empfangselement wird der Abstand

⁹ https://www.keyence.de/Images/sensorbasics_ultrasonic_info_img_01_1547954.jpg

zum Messobjekt im Sensor berechnet.¹⁰

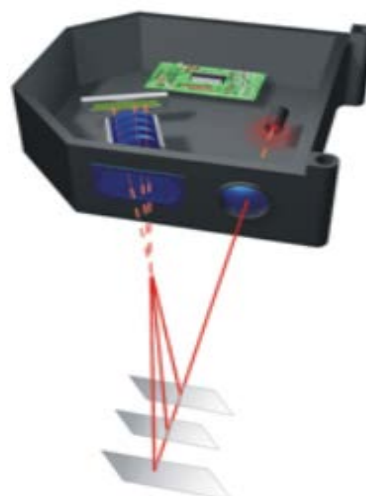
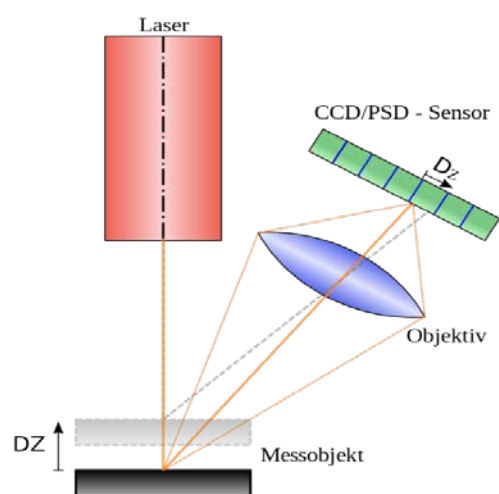


Abbildung 9: Prinzipdarstellung eines Lasertriangulationssensors¹⁰

Abbildung 10: ein Lasertriangulationssensor¹⁰

Der Laserstrahl wird auf das Messobjekt projiziert. Das Objektiv bildet den Lichtfleck auf den CCD- oder PSD-Sensor ab. Eine Verschiebung des Objekts führt auch zu einer Verschiebung des Bildes auf dem Sensor.

3.3. Navigation der FTS-Roboter

Unter Navigation werden nach DIN [6] Maßnahmen zur Fahrzeugführung verstanden, mit deren Hilfe ermittelt wird,

1. wo sich das Fahrzeug befindet,
2. wohin das Fahrzeug gelangen würde, wenn keine seine Bewegung verändernden Maßnahmen ergriffen werden, und
3. was zu tun ist, um ein gewünschtes Ziel sicher zu erreichen, gegebenenfalls auf einem vorgegebenen Weg.

Ein FTF hat keinen menschlichen Fahrer. Dessen Aufgaben müssen nun durch einen Rechner mit Sensoren und Aktoren ausgeführt werden. Um diese Aufgaben zu erfüllen muss auch ein FTF navigieren. Das heißt, es muss ständig die aktuelle Position der FTF ermittelt werden, mit der geplanten Route abgeglichen und ggf. kleine Korrekturen vorgenommen werden. Außerdem muss ein FTF mit Navigation an den richtigen Stellen beschleunigt, gebremst und gelenkt werden.

¹⁰ <https://www.micro-epsilon.de/service/glossar/Laser-Triangulation.html>

3.3.1. Koordinatensysteme der FTS-Roboter

Das FTF fährt in einem stationären Koordinatensystem (siehe Abbildung 11), dessen Grundfläche dem Arbeitsbereich des FTS entspricht. Das ortsfeste Koordinatensystem ist ein kartesisches Koordinatensystem und seinen Ursprung ist üblicherweise in der Regel der Hallenecke oder an der äußersten Ecke des Einsatzbereiches.

Auf dem FTF selbst kann ein Roboterkoordinatensystem aufgespannt werden, dessen Ursprung üblicherweise im Schwerpunkt der Fahrzeugachsen liegt. Innerhalb dieses mobilen Koordinatensystems werden nicht die Fahrzeugbewegungen, sondern Bewegungen relativ zum Fahrzeug, z. B. Lastbewegungen, oder auch die Bewegungen der Fahr- und Lenkmotoren beschrieben. Das FTF bewegt sich dann ausschließlich in der Grundfläche des Koordinatensystems.

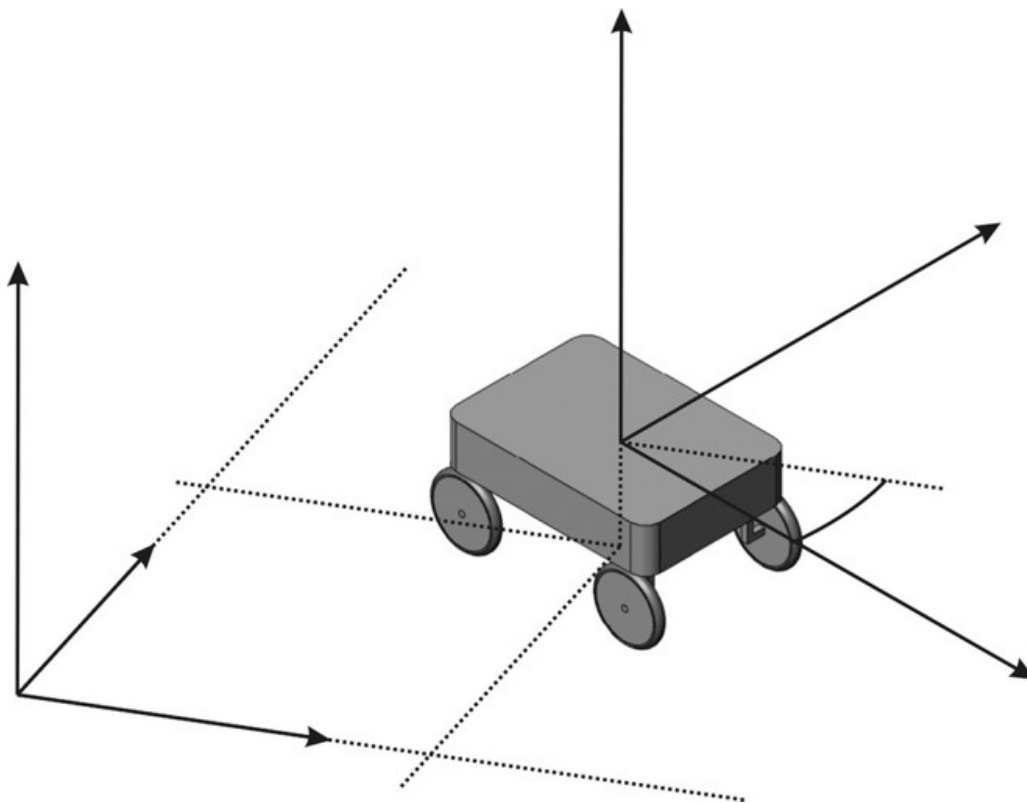


Abbildung 11:FTF im ortsfesten und mit seinem eigenen Koordinatensystem
[7]

3.3.2. Spurführung mit kontinuierlicher Leitlinie

Fahrerlose Transportsysteme, die auf kontinuierlichen Leitlinien navigieren, benutzen Einrichtungen am oder im Fußboden (siehe Abbildung 12). Die gängigsten Varianten sind: Die aktiv-induktive Leitspur, magnetische Leitspur und optische Leitspur.

Der FTF bewegt sich entlang der Induktionsspur. Beim Anfahren der in der Fahrzeugsteuerung gespeicherten Bodenmarkierung (Magnet, Metallstück, Transponder) wird das Signal in der Fahrzeugsteuerung ausgelöst. Mithilfe der im Boden eingelassenen Transponder „erkennen“ der FTF seine aktuelle Position.



Abbildung 12: die Verfahren mit kontinuierlicher Leitlinie [7]

Vorteile der Spurführung:

- bewährte Verfahren
- einfache Fahrzeug-Steuerung

Nachteile der Spurführung:

- unflexibel
- störanfällig wegen Leitdrahtbruch, Beschädigungen des Farbstriches oder des Metallbandes

3.3.3. Rasternavigation

Um Kosten einzusparen sowie Flexibilität der Routeplanung zu erhöhen kann man aus der kontinuierlichen Leitlinie eine diskontinuierliche Leitlinie (wie Rasternavigation) machen. Dabei werden künstliche Rasterpunkte im Boden entlang der Fahrtroute (siehe Abbildung 13) angeordnet. Zwischen diesen Rasterpunkten fahren der FTF „frei“. Deshalb wenn ein Rasterpunkt überfahren wird, muss der aktuelle Lagefehler ermittelt und eine richtige Fahrtroute zum nächsten Rasterpunkt berechnet werden. Die Rasterpunkte können Dauermagnete oder Transponder sein. Die Fahrzeuge sind mit geeigneten Sensoren zum Erkennen der Rasterpunkte ausgerüstet (wie Magnetsensor, Transponder-Lesegerät, Kamera).



Abbildung 13: Rasternavigation (Rasterpunkte im Boden) [7]

Vorteile der Rasternavigation:

- einfachere Bodeninstallation gegenüber Leitdraht
- Leitspurerstellung preiswerter als bei kontinuierlicher Leitlinie
- flexibel innerhalb des Rasterbereiches

Nachteile der Rasternavigation:

- Route Änderungen nur mit Änderungen der Bodeninstallationen möglich
- Schwere Rasterverlegung

3.3.4. Lasernavigation

Die Lasernavigation (siehe Abbildung 14) ist der heutige am weitesten verbreitete Vertreter der freien Navigation und auch der wichtigste Konkurrent der magnetischen Navigation. Auf dem Fahrweg sind mehrere Spiegel an Wänden, Säulen oder Maschinen montiert. Auf dem FTF muss ein drehbarer Laser-scanner in gleicher Höhe installiert werden, weil von einem rotierenden Laserscanner über größere Entfernungen genau vermessen werden. Die Positionen des Spiegels im ortsfesten Koordinatensystem der Halle sind im Voraus eingestellt und in der FTF-Fahrzeugsteuerung gespeichert. Der Laserscanner sendet einen Laserstrahl aus und empfängt einen vom Spiegel reflektierten Laserstrahl. Die augenblicklich genaue Position und Bewegungsrichtung des FTF werden dann von der Bordsteuerung bestimmt.

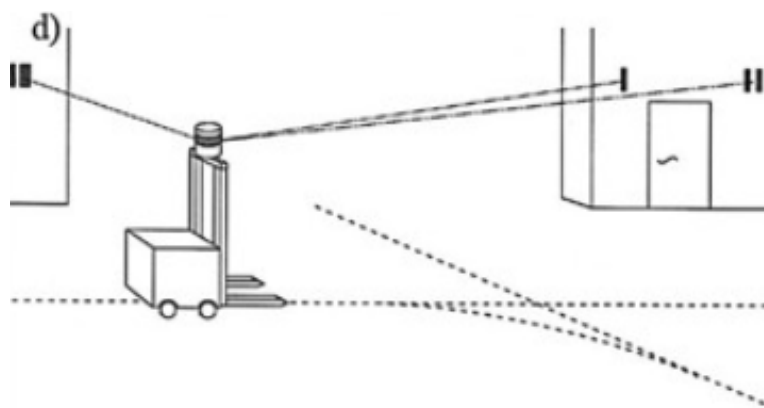


Abbildung 14: Lasernavigation [7]

Vorteile der Lasernavigation:

- absolut messendes Verfahren mit ausreichender Genauigkeit für FTF-Anwendungen
- hohe Flexibilität, Fahrkursänderungen einfach

Nachteile der Lasernavigation:

- Boden im Bereich der Fahrwege muss relativ eben sein
- Reflektoren können verschmutzen

3.4. Kollisionsvermeidung: der künstlichen Potentialfelder

Die Navigation kann Routen für Roboter planen. Aber in einer dynamischen Umgebung wie Krankenhaus mit sich bewegenden Objekten wie Menschen können jedoch spontane Ereignisse auftreten, die nicht vorhergesagt werden können. Deshalb brauchen wir sehr kurzfristige Vorhersagen zu machen, um eine sichere Bewegung zu realisieren.

Ein verbreiteter Ansatz zur Kollisionsvermeidung ohne Unterbrechung der Aufgabenausführung ist die Methode der künstlichen Potentialfelder, die 1985 von Khatib eingeführt wurde[8]. Diese Methode betrachtet die Bewegung eines mobilen Roboters in einer realen Umgebung als in einem virtuellen künstlichen Kraftfeld. Hindernisse werden in abstoßende Kräfte auf den mobilen Roboter überführt, und die Zielpunkte werden in anziehende Kräfte überführt. Entsprechende Potentiale werden um die Anziehungs- und Abstoßungskräfte erzeugt. Der Roboter ist abstrakten Kräften im Potentialfeld ausgesetzt. Die abstrakten Kräfte bewirken, dass der Roboter Hindernisse umgeht.

Wir verwenden zwei Analogien, um den Mechanismus der künstlichen Potentialfeldmethode zu veranschaulichen. Zunächst betrachten wir den Konfigurationsraum als elektrische Potentialfeldebene, und den Roboter als einen Raumpunkt. Wenn der Roboter und das Hindernis positiv geladen sind, ist der Endpunkt negativ geladen. weil gleiche Ladungen sich gegenseitig abstoßen, andere Ladungen sich anziehen, bewegt sich der Roboter unter Einwirkung elektrischer Feldkräfte auf einem Pfad zum Endpunkt und umgeht Hindernisse mit positiver Ladung, wie in Abbildung 15 dargestellt.

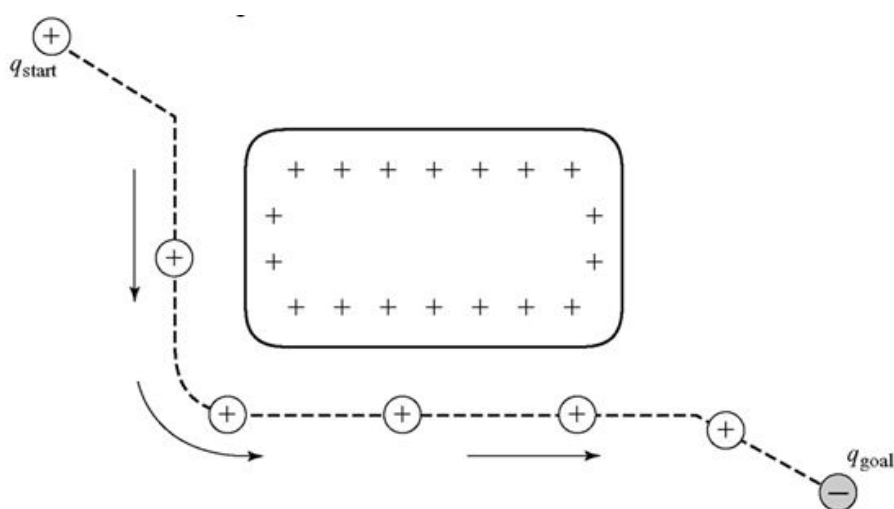


Abbildung 15: Elektrisches Potentialfeld

Ebenso können wir den Konfigurationsraum für einem Bereich mit welligem Gelände halten. Der Startpunkt und die Hindernisse befinden sich im oberen Bereich und der Endpunkt im unteren Bereich. Der Roboter wird als Kugel betrachtet. Dann gleitet der Roboter unter der Einwirkung der Schwerkraft entlang einer bestimmten Flugbahn von einem höheren Startpunkt zu einem niedrigeren Endpunkt und umgeht höhere Hindernisse. Wie in Abbildung 16 gezeigt.

Die obigen zwei Beispiele stellen den Mechanismus des elektrischen Potentialfeldes und des Schwerkraftpotentialfeldes dar. Das elektrische Potentialfeld und das Schwerkraftpotentialfeld sind beide natürliche Potentialfelder. Die künstliche Potentialfeldmethode besteht darin, ein künstliches Potentialfeld zu konstruieren, um diesen Aktionsmechanismus nachzuahmen, wenn der Startpunkt, der Endpunkt und die Position des Hindernisses bekannt sind.

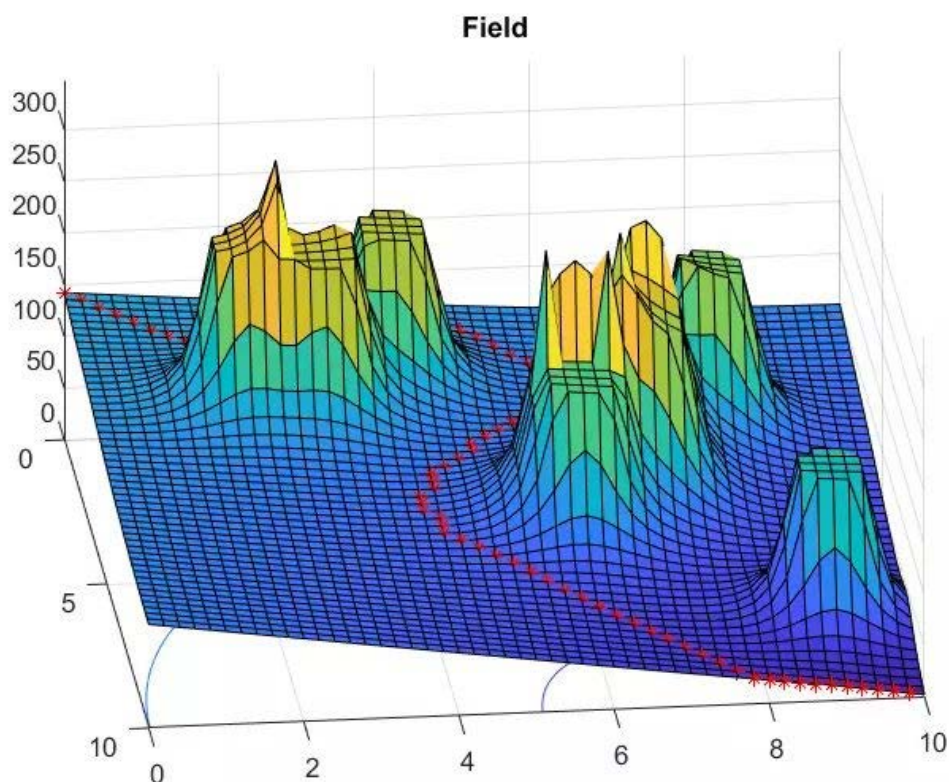


Abbildung 16:Schwerkraftpotentialfeld¹¹

In dieser Studie wurde die potenzielle Funktion auf der Grundlage des von Khatib Bericht entworfen[8]:

$$U = U_{att} + U_{rep} \quad (5)$$

¹¹ <https://www.jianshu.com/p/5fa50090ba99>

wobei U ein künstliches Potentialfeld ist. U_{att} ist ein attraktives Potentialfeld und U_{rep} ist ein abstoßendes Potentialfeld. Das künstliche Potentialfeld umfasst ein Anziehungsfeld und ein Abstoßungsfeld. Die resultierende Kraft an jedem Punkt auf dem Weg entspricht der Summe aller Abstoßungskräfte und Anziehungskräfte an diesem Punkt. Der Schlüssel liegt im Aufbau attraktiver und abstoßender Felder. Wir diskutieren dies wie folgt:

Anziehungsfeld:

Die Potentialfunktion wurde basierend auf dem Anziehungspotential entworfen:

$$U_{att}(q) = \frac{1}{2} k_a \rho^2(q, q_{goal}) \quad (6)$$

k_a ist der Verstärkungsfaktor der Anziehungskraft, $\rho(q, q_{goal})$ ist der Abstand zwischen dem aktuellen Punkt q und dem Zielpunkt q_{goal} .

Abstoßungsfeld:

Die Potentialfunktion wurde basierend auf dem Abstoßungspotential entworfen:

$$U_{rep}(q) = \begin{cases} \frac{1}{2} \eta \left(\frac{1}{\rho(q, q_{obs})} - \frac{1}{\rho_0} \right)^2, & \text{if } \rho(q, q_{obs}) \leq \rho_0 \\ 0 & , \text{if } \rho(q, q_{obs}) > \rho_0 \end{cases} \quad (7)$$

In der Formel ist η der Verstärkungsfaktor der Abstoßungskraft und $\rho(q, q_{obs})$ repräsentiert den Abstand zwischen dem Objekt und dem Hindernis. ρ_0 repräsentiert den Anziehung Einflussradius jedes Hindernisses. Das heißt, wenn der Abstand zwischen dem Roboter und dem Hindernis größer als der Einflussradius ist, hat das Hindernis keine abstoßende Wirkung auf den Roboter.

Gradienten Funktion:

Eine Kraft für den Punkt q des Roboters ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$F(q) = grad(U_q) = -\frac{\partial U}{\partial q} \quad (8)$$

Wird der Wert der Potentialfunktion $U(q)$ an einem Punkt q als Energie des Punktes angesehen, so kann der Gradient $\nabla U(q)$ als Kraftvektor des Punktes angesehen werden.

Aus Gl. (6) und (8) die Anziehungskraft F_{att} welche ermöglicht, dass die Position q des Roboters die Zielposition q_{goal} wie folgt erreicht:

$$F_{att}(q) = -\nabla U_{att}(q) = -k_a(q - q_{goal}) \quad (9)$$

Aus Gl. (8) und (9) die Abstoßungskraft F_{rep} auf das Hindernis q_{obs} ist wie folgt:

$$F_{rep}(q) = \begin{cases} \eta \left(\frac{1}{\rho(q, q_{obs})} - \frac{1}{\rho_0} \right) \frac{1}{\rho(q, q_{obs})^2} \frac{\partial \rho(q, q_{obs})}{\partial x}, & \text{if } \rho(q, q_{obs}) \leq \rho_0 \\ 0, & \text{if } \rho(q, q_{obs}) > \rho_0 \end{cases} \quad (10)$$

Der Befehlsvektor F des Roboters auf Punkt q wird aus Folgendem abgeleitet

Gleichung:

$$F(q) = F_{att}(q) + F_{rep}(q) \quad (11)$$

Wie in den Abbildungen 17(a-f) unten gezeigt, hat der Roboter den Karren erfolgreich mit der Methode der künstlichen Potentialfelder umgangen.

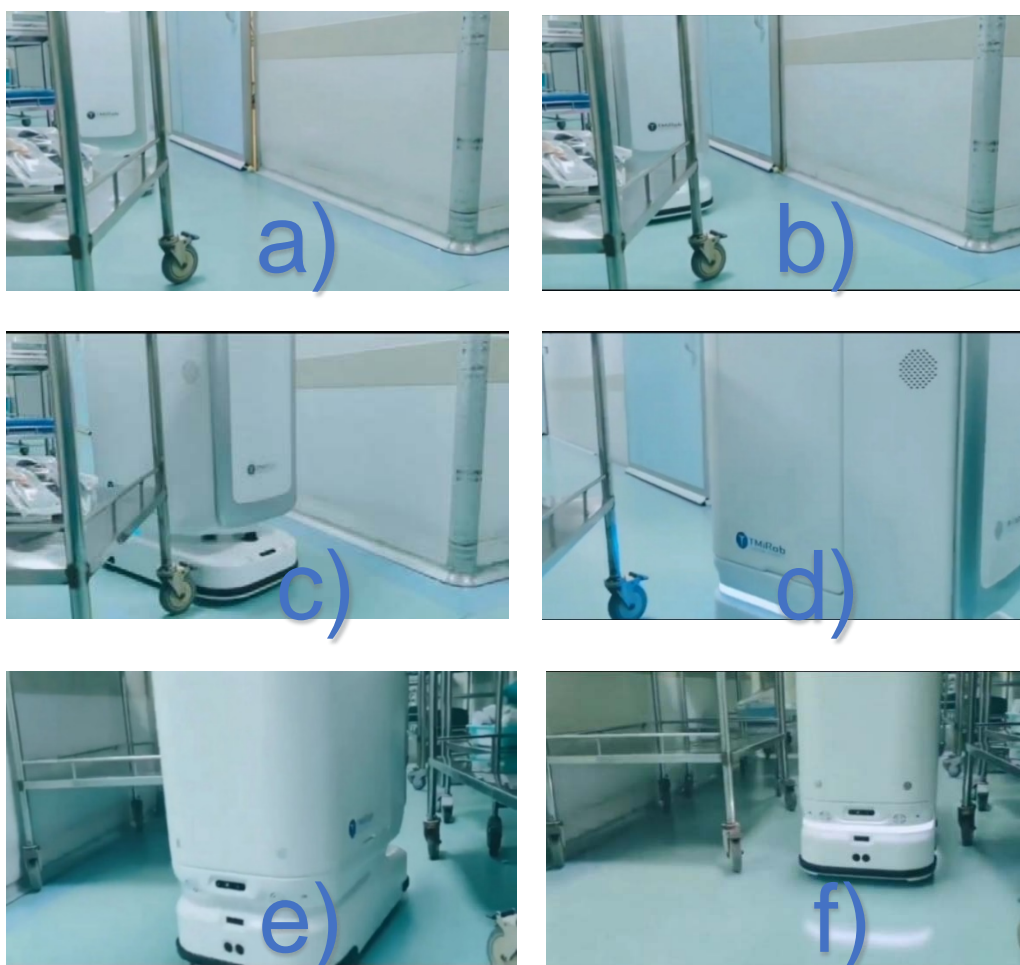


Abbildung 17: Der Roboter geht den Karren um.

3.5. Simultane Lokalisierung und Kartenerstellung

Das Simultane Lokalisierung und Kartenerstellung (englisch: Simultaneous Localization and Mapping, SLAM) des Roboters bezieht sich auf die Positionierung und Kartierung von FTF in einer unbekanntem Umgebung unter Verwendung seiner eigenen Sensordaten, während die konstruierte Karte für die Echtzeitpositionierung verwendet wird[9]. Das Kartenerstellungssystem besteht aus einem Lidar, einem Kilometerzähler, einem Gleichstrommotor und einem Motorantriebsmodul.

Im Allgemeinen umfasst die SLAM-Technologie ungefähr drei Prozesse: Wahrnehmung, Positionierung und Kartenerstellung:

1. Wahrnehmung: Roboter verwenden Sensoren (Lidar- oder Vision-Sensoren), um Informationen über ihre Umgebung zu erhalten.
2. Positionierung: Roboter erhalten ihre eigene Position und Haltung in Echtzeit durch Sensoren.
3. Kartenerstellung: Roboter beschreiben die aktuelle Umgebung auf der Grundlage ihres Standorts und der von Sensoren erhaltenen Informationen.

Der Kernprozess der SLAM-Technologie umfasst hauptsächlich drei Hauptschritte: Vorverarbeitung, Matching und Kartenfusion¹².

1. Vorverarbeitung:

Lidar kann wie andere ähnliche Geräte jeweils nur Umgebungsinformationen über seinen Standort abrufen.

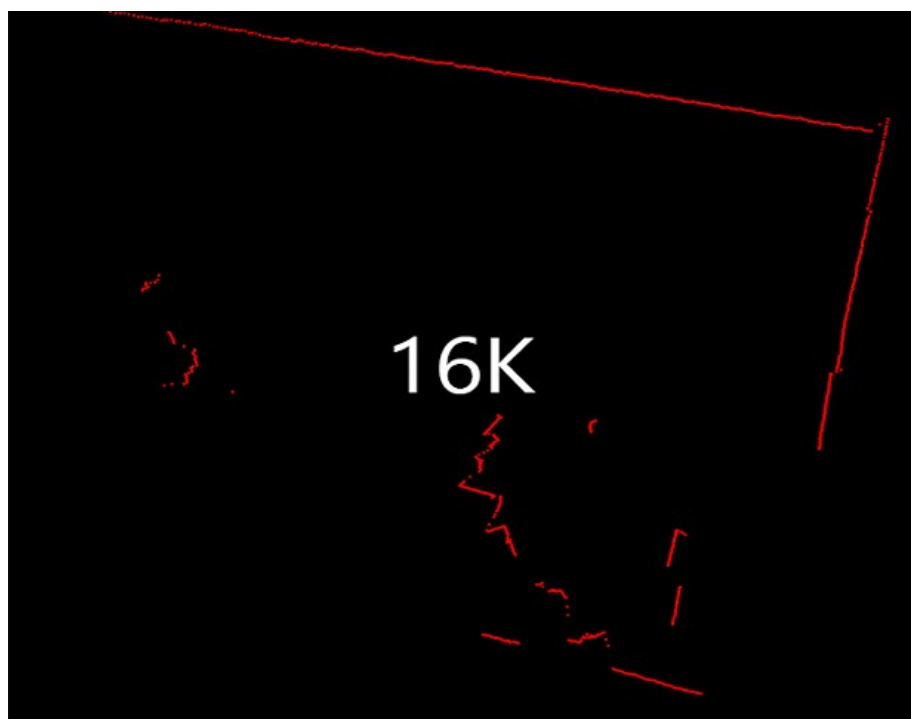


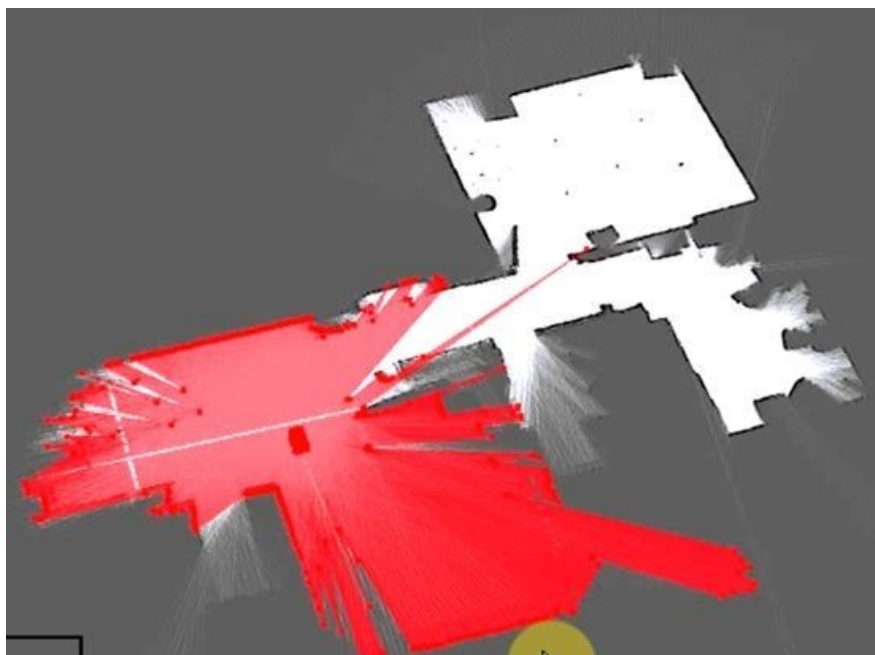
Abbildung 18: Die Punktwolke¹²

Das obere Bild (siehe Abbildung 18) ist eine Punktwolke, die nur einen Teil der Umgebung widerspiegeln kann, in der sich der Roboter befindet. Die Vorverarbeitung dient hauptsächlich dazu, die Rohdaten des Lidars zu optimieren und einige problematische Daten zu filtern.

2. Matching

Das Matching stellt einen entscheidenden Schritt dar. Seine Qualität wirkt sich direkt auf die Genauigkeit der von SLAM erstellten Karte aus. Er bezieht sich hauptsächlich auf die Punktwolkendaten, die sich derzeit in der lokalen Umgebung befinden, und ermittelt die entsprechende Position auf der festgelegten Karte. Es ähnelt dem Puzzlespiel, das wir spielen. Finden Sie die Ähnlichkeiten in den bereits zusammengestellten Bildern und legen Sie fest, wo die neuen Puzzles platziert werden sollen. Im SLAM-Prozess muss die aktuell vom LIDAR gesammelte Punktwolke (roter Teil) mit der Originalkarte abgeglichen und zusammengefügt werden (siehe Abbildung 19).

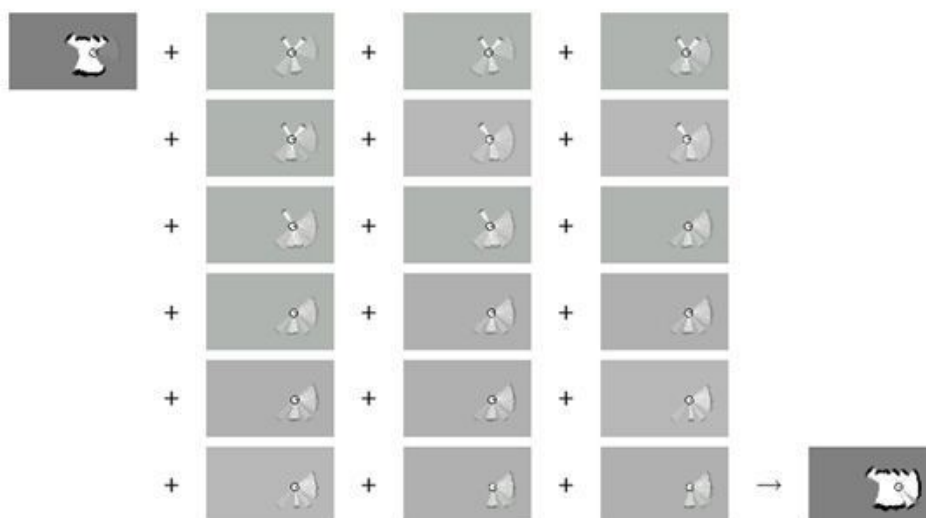
¹² <http://www.slamtec.com/cn/News/Detail/379>

Abbildung 19: Übereinstimmung der Karte¹³

3. Kartenfusion

Durch die Kartenfusion werden neue Daten aus LIDAR in die ursprüngliche Karte eingefügt und schließlich die Kartenaktualisierung abgeschlossen.

Wie unten gezeigt (siehe Abbildung 20), wird dieser Prozess immer vom SLAM-Prozess begleitet.

Abbildung 20: Kartenfusion¹⁴

¹³ <http://www.slamtec.com/cn/News/Detail/379>

¹⁴ <http://www.slamtec.com/cn/News/Detail/379>

Kernalgorithmus[10]:

Die Berechnung der folgenden mathematischen Formel basiert auf einem mobilen autonomen Roboter, der mithilfe seiner Sensoren den Standort verschiedener Landmarken bestimmen kann.

Betrachten wir nun die Zustandsübergänge im Modell: Es ist zu beachten, dass die Zustandsänderungen in Form von Roboterbewegungen immer voller Unsicherheiten sind. Um diese Unsicherheit auszugleichen, beschreibt das Modell diese Beziehung in probabilistischer Form. Fehlerzustandsübergänge werden durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen dargestellt. Die Lösung des Problems der gleichzeitigen Erstellung von Karten und der Positionierung entspricht daher der Bestimmung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Zuerst soll die folgende mathematische Formulierung des SLAM Problems nach Durrant-Whyte[11] beschrieben werden:

$$P(x_k, M | z^k, u^k) = N(\mu_k, \Sigma_k) \quad (12)$$

x_k ist der Zustandsvektor, der die Position und Orientierung des Roboters darstellt. M ist eine Reihe von Merkmalen (Landmarkenpositionen) in der Karte. z^k ist der Umgebungstransientenvektor, der Positionen der Landmarken relativ zur Roboter Pose darstellt. u^k ist der Steuervektor.

Extended Information Filtering (EIF) ist eine duale Form des erweiterten Kalman-Filters und verwendet reguläre Parameter zur Darstellung der Gaußschen Verteilung. Die posteriore Wahrscheinlichkeitsdichte ist wie folgt verteilt:

$$P(x_k, M | z^k, u^k) = N(\mu_k, \Sigma_k) = N^{-1}(\eta_k, \Lambda_k) \quad (13)$$

Die Route Wiederherstellung unter Verwendung von EIF besteht im Allgemeinen aus dem Prognose- und Aktualisierungsprozess.

1) Prognoseprozess:

Der Vorhersageprozess der erweiterten Informationsfilterung ist wie folgt: Zuerst wird die vorhergesagte Roboterpose x_{k+1} erhalten und zu dem Umgebungstransientenvektor addiert. Der Umgebungstransientenvektor X_k wird zu einem Inkrementalvektor \bar{x}_{k+1} , d.h.

$$X_k \rightarrow \bar{x}_{k+1} = [X_k^T X_{k+1}^T M^T]^T \quad (14)$$

dann finde die Kantenwahrscheinlichkeit von x_{k+1} , Entferne x_k von \bar{x}_{k+1} , um den Vektor

$$X_{k+1} = [X_{k+1}^T M^T]^T \quad (15)$$

zu erhalten.

Angenommen, die Bewegungsgleichung lautet:

$$X_k = g(x_k, u_{k-1}) + w_k \approx g(\mu_k, U_{k-1}) + G(x_{k-1}, \mu_{k-1}) + w_k \quad (16)$$

wobei G die Funktion g ist Vergleichbare Matrix, μ_k ist der geschätzte Wert von x_k , w_k ist eine additive Gauß'sche Störung.

$$P(x_k, x_{k+1}, M | z^{k-1}, u^k) = N^{-1}(\hat{\eta}_{k+1}, \hat{\Lambda}_{k+1}) \quad (16)$$

Bestimme die Kantenwahrscheinlichkeit von x_{k+1}

$$P(x_{k+1}, M | z^k, u^{k+1}) = \int_{x_k} P(x_k, x_{k+1}, M | z^k, u^{k+1}) dx_k = N^{-1}(\hat{\eta}_{k+1}, \hat{\Lambda}_{k+1}) \quad (17)$$

$$\hat{\Lambda}_{k+1} = \begin{bmatrix} \Psi & Q^{-1}G\Omega^{-1}\Lambda_{k,M} \\ \Lambda_{M,k}\Omega^{-1}G^TQ^{-1} & \Lambda_{M,M} - \Lambda_{M,k}\Omega^{-1}\Lambda_{k,M} \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$\hat{\eta}_{k+1} = \begin{bmatrix} Q^{-1}G\Omega^{-1}\eta_k + \Psi u \\ \eta_M - \Lambda_{M,k}\Omega^{-1}(\eta_k - G^TQ^{-1}u) \end{bmatrix} \quad (19)$$

Wobei

$$\begin{cases} \Psi = (Q + G\Lambda_k^{-1}G^T)^{-1} \\ \Omega = (\Lambda_k + G^TQ^{-1}G) \\ u = G^TQ^{-1}(g - G\mu_x) \end{cases} \quad (20)$$

2) Aktualisierungsprozess:

Angenommen, die Beobachtungsgleichung lautet:

$$l_k = h(x_k, z_k) + v_k = h(\mu_k) + H(x_k - \mu_k) + v_k$$

Dabei ist l_k der zunehmende Merkmalspunkt und h die Beobachtungs-funktion. Die Messfunktion, H ist die Jacobi-Matrix, v_k ist eine additive Gauß'sche Störung, μ_k ist der geschätzte Wert von x_k . Zum Zeitpunkt k ist das entsprechende EIF-Update:

$$P(x_k, M, M' | z^{k-1}, u^k) = N^{-1}(\hat{\eta}_k, \hat{\Lambda}_k)$$

Nach der Bayes'schen Formel gibt es:

$$P(x_k, M | z^k, u^k) \propto P(z^k | x_k, M) P(x_k, M | z^{k-1}, u^k)$$

Daher ist

$$P(x_k, M | z^{k+1}, u^k) = N^{-1}(\eta_k, \Lambda_k)$$

nach der Aktualisierung.

Erweitertes Informationsfiltern aktualisiert kontinuierlich die Informationsmatrix Λ und den Informationsvektor η durch den Vorhersage- und Aktualisierungsprozess, wodurch die aktuelle Position des Roboters aktualisiert wird.

4. Beispiele der FTS-Roboter im Krankenhaus

4.1. FTS-Roboter in Logistikabteilungen

Das Klinikum Klagenfurt (siehe Abbildung 21), als das drittgrößte Krankenhaus Österreichs, verfügt über 1344 Betten und weiteren 126 Betten für Chronisch Kranke[12].

Das Klinikum Klagenfurt verfügt über ein riesiges Logistiksystem, einschließlich Bettenhäuser, eine Küche, eine Wäscherei, Apotheken usw. Alle Bereiche sind unterirdisch miteinander verbunden, sodass ein 14 km langes Streckennetz entstand.

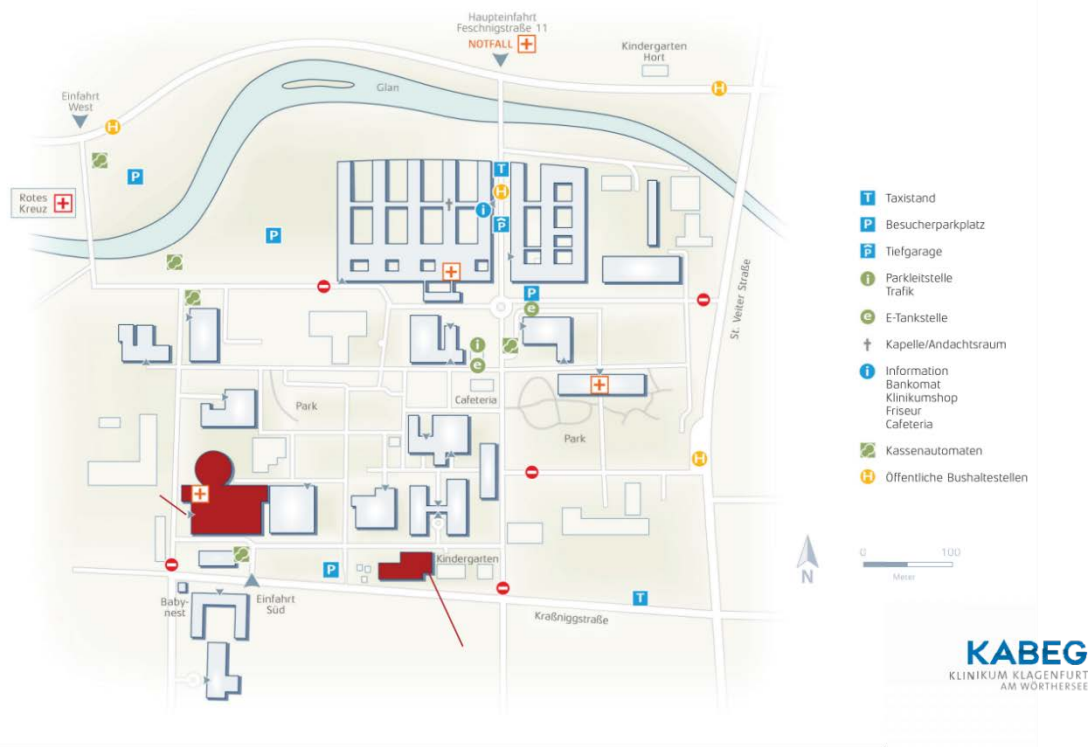


Abbildung 21: Geländeübersicht Klinikum Klagenfurt am Wörthersee [12]

60 Fahrerlose Transportfahrzeuge übernehmen die diverse Transportaufgaben der Logistikbereichen. In Bezug auf Designkonzepte ist eine umfassende Planung erforderlich, um das gesamte System voll funktionsfähig zu machen. Das Ringkonzept und die Redundanz sind zwei wesentliche Voraussetzungen.

Durch das Ringkonzept wird jeder Funktionsbereich als Logistikring angelegt.

Alle Materialflüsse fließen immer in eine Richtung: Das Material erreicht eine Seite, passiert dann den Funktionsbereich und bleibt dann auf der anderen Seite. Auf diese Weise wird der entgegengesetzte Materialfluss vermieden: So sind beispielsweise Küche, Wäscherei und Lager sehr sauber und die Produktionseffizienz wird verbessert.

Das Vorsehen der Redundanz ist auch ein wichtiger Bestandteil der Designkonzept. Beim Entwerfen der Abläufe wird alle möglichen Fehler der beteiligten Komponenten und Ressourcen berücksichtigt. Wenn beispielsweise ein Aufzug oder ein Fördersystem ausfällt, sind alternative Lösungen erforderlich. Für jeden denkbaren Notfall müssen im Voraus Pläne erstellt werden, damit Ausfälle der technischen Abteilung im zukünftigen täglichen Betrieb keine unvorhergesehenen schwerwiegenden Probleme verursachen.

Beispielsweise ist ein Feueralarm eine besondere Notfallsituation. Wenn dieser Vorgang ausgelöst wird, wechselt das FTF auch in einen spezielleren Modus, um sicherzustellen, dass das FTF entsprechend der Situation arbeiten kann. Das bedeutet, dass der Lift nicht mehr benutzt wird. Die automatische Tür nicht mehr durchgegangen wird und kann normal geschlossen wird.

Nach Abschluss des Gesamtentwurfs müssen Sie das Robotersystem verwenden, um in der tatsächlichen Szene zu arbeiten. Im Folgenden wird die Anwendung von FTS in einem Krankenhaus erörtert.

In Bezug auf die Hardware kann der Gesamtaufbau des FTF der folgenden Tabelle 2 entnommen werden:

Tabelle 2:Allgemeine Beschreibung des Unterfahr-FTF mit Hubeinrichtung[4]

Abmessungen und Gewichte	LxBxH: ca. 1.800 × 600 × 330 mm Max. Zuladung: 500 kg
Fahrgeschwindigkeit	1,6 m/s bidirektional, d. h. die Fahrzeuge können in beide Richtungen uneingeschränkt gleich schnell und gleich beweglich fahren
Positioniergenauigkeit	±10 mm
Steigung	Kurze Streckenabschnitte sind mit 7 % fahrbar, bei „sanften“ Übergängen (25 m Radius; es gibt eine solche Steigung am Übergang des Neubaus in das Bestandsgebäude)
Navigation	Magnet-Navigation
Sicherheit	Blinker, Notaus-Taster (vorne und hinten), akustische Warneinrichtung, programmierbare Sprachausgabe
Personenschutz	Sicherheitslaserscanner mit berufsgenossenschaftlicher Zulassung für den

	Personenschutz, vorn und hinten mit mehreren Warn- und Schutzfeldern
Datenübertragung	Jedes Fahrzeug ist mit einem WLAN-Client ausgerüstet
Fahrwerkskinematik	Drehzahl-Differenzlenkung: 2 fest montierte Fahrtriebe +2 Lenk-/Stützrollen vorn/hinten Motoren: wartungsfreie Drehstromantriebe, bürstenlose AC-Radnabenantriebe, 24 V Räder: nicht-kreidende Vulkollan-Reifen
Hülle	Alle Außenabdeckungen in Edelstahl, von oben Schutzklasse IP54
Hubeinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromechanisch betätigte Hubplattform mit Last-erkennungsabfrage • Hub: 80 mm • Mit Transponderlesegerät und Lichtsensoren zur Identifizierung und Lokalisierung der Container
Energiekonzept	Die Fahrzeuge sind mit einer Traktionsbatterie (Blei-Gel, 200 Ah) ausgestattet, die im FTF verbleiben. Die Batterieladung erfolgt automatisch an speziellen Batterie-Ladestationen mit Hilfe von Ladekontakten an der Fahrzeug-Unterseite. Für jedes FTF ist eine automatische Batterie-Ladestation vorhanden.

Die Navigationstechnologie von FTS ist eine weitere Schlüsseltechnologie. Das FTF nutzt magnetische Navigationstechnologie, um autonomes Fahren in Krankenhäusern zu ermöglichen. Diese Technologie bettet einen Metalldraht oder Magnetstreifen in den Fahrweg des FTF ein und lädt einen niederfrequenten Niederspannungsstrom, um ein Magnetfeld um den Draht zu erzeugen. Ein Sensor, bestehend aus zwei bis drei Magnetfeldsensoren unterhalb des Fahrzeuges, erkennt die Feldänderung an den Kanten des Metallbands. Das Sensorausgangssignal entspricht damit wieder der seitlichen Abweichung des Sensors von der Mitte des Metallbands und kann zur Ansteuerung des Lenkmotors genutzt werden.

Roboterantriebstechnologie ist eine wichtige Technologie für FTF. Das FTF fährt mit 1,6 m / s in beide Richtungen. Das Fahrzeug kann mit der gleichen Geschwindigkeit und der gleichen Manövrierfähigkeit in beide Richtungen fahren. Bei Steigung ist einen kurzen Streckenabschnitt mit einer Geschwindigkeit von 7% durch einen "glatten" Übergang fahrbar.

Um die Genauigkeit und Sicherheit des FTS-Fahrens weiter zu erhöhen, sind vorne und hinten an jedem FTS Laserscanner angebracht. Dies ermöglicht das

frühzeitige Erkennen von Hindernissen auf der Strecke und gewährleistet die Sicherheit von Personen und Systemen. Auf diese Weise kann das Fahrzeug seine Fahrgeschwindigkeit an die Umgebung anpassen und in den Betrieb integrieren. Diese persönliche Schutzausrüstung verhindert zuverlässig Kollisionen mit Personen und Einrichtungen.

Diese FTFs verfügen nicht nur über fortschrittliche Straßensensoren, sondern das Material des FTFs, das auch entsprechend der Krankenhausszene optimiert ist. Das FTF ist komplett aus Edelstahl gefertigt und besitzt die Schutzart IP54. Alle Paneele und Aufzüge sind allseitig abgedichtet. FTFs können von allen Seiten, auch von unten, leicht gereinigt und desinfiziert werden. Daher kann der FTF die strengen Krankenhaushygienevorschriften einhalten.

Einige Details, wie die Höheneinstellung des sich bewegenden Objekts, sollen ebenfalls beachtet werden: Wenn das FTF unter dem Rollcontainer fährt, hebt ihn einige Zentimeter auf den Boden und fahren ihn zum Ziel. Während der Fahrt liest er den Transponder auf dem Containerboden und überprüft die Rationalität des Transports.

Für den Benutzer ist die Bedienung dieser FTF sehr einfach. Die zu transportierenden Güter werden alle in Rollcontainern transportiert (siehe Abbildung 22), und das Krankenhauspersonal kann sie für den automatisierten Transport in dafür vorgesehene Abgabestellen schieben und dort ablegen. Diese Punkte sind mit Lünetten am Boden markiert und mit Sensorsensoren ausgestattet. Dann gibt der Mitarbeiter nur den Bestimmungsort der Sendung auf dem Eingabeterminal ein, und der Rest wird automatisch ausgeführt. Diese hochintelligente Betriebsart spart dem Krankenhaus eine Menge Arbeitskosten.



Abbildung 22: FTFs für das Versenden von Rollcontainern¹⁵

¹⁵ Quelle: DS AUTOMOTION

4.2. FTS-Roboter im Operationssaal

Das erste angegliederte Krankenhaus der Xi'an Jiaotong Universität ist eines der besten Krankenhäuser in Xi'an, China. Es verfügt über insgesamt 29 Operationssäle, davon 22 in der gleichen Region und 7 ambulante Operationssäle. Derzeit ist es die Aufgabe des FTF-Roboters, Verbrauchsmaterial im Operationssaal 13-22 zu liefern. Die folgende Abbildung 23 zeigt das Route-Scan-Zeichnen, wenn der Roboter die Lieferung simuliert:

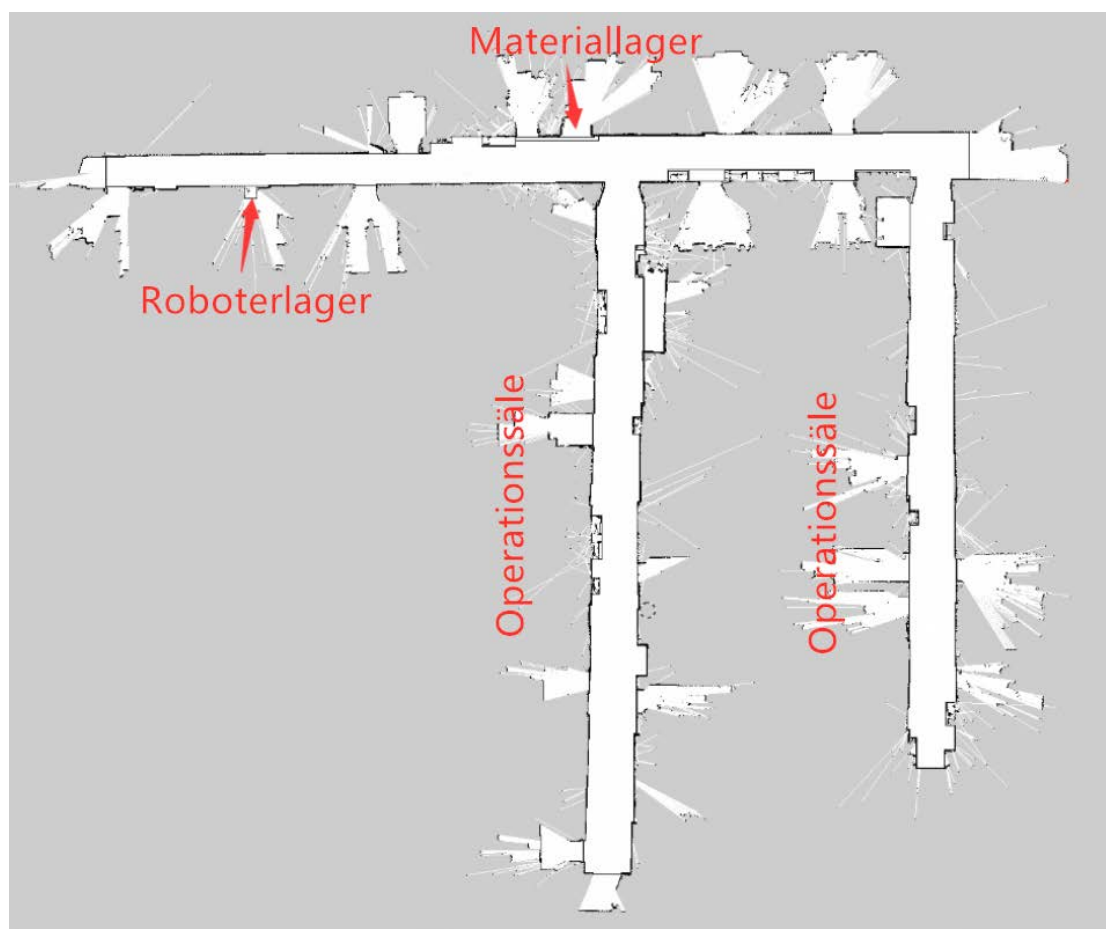


Abbildung 23: Route-Scan-Zeichnen

Die Netzwerklösung (siehe Abbildung 24) des Roboters besteht darin, ein lokales Netzwerk mit Routern einzurichten, und die Router werden in der Nähe des Roboterlagers platziert. Das Roboterlager befindet sich ca. 10 Meter vom Materiallager entfernt. Es dauert ungefähr 20 Sekunden von dem Zeitpunkt, an dem der Roboter gerufen wird, bis er im Materiallager ankommt. Beim Testen ist das Netzwerksignal gut und kann die Verwendungsanforderungen erfüllen.

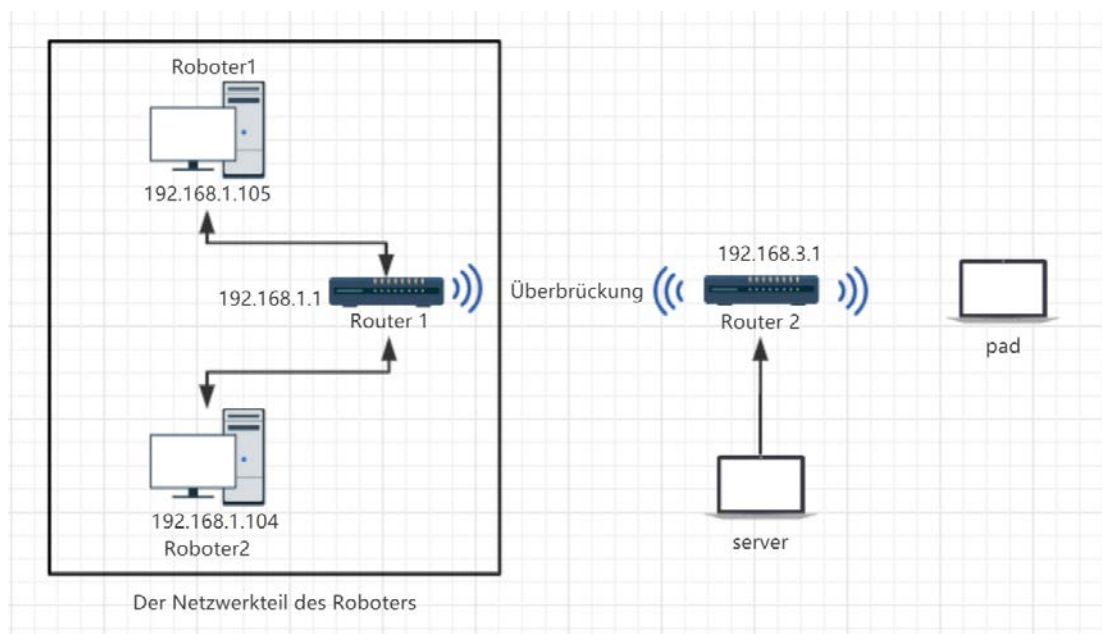


Abbildung 24:Netzwerktopologie-Diagramm

Die ursprüngliche Methode zur Verteilung von Verbrauchsmaterialien:

Vier medizinische Mitarbeiter des Lagers sind für die Lieferung der Verbrauchsmaterialien verantwortlich. Der Operationssaal hat durchschnittlich 150 Operationen pro Tag (maximal 200 Operationen). Jede Operation sind drei Lieferungen erforderlich. Die Arbeitsbelastung der vier Lagerverwalter liegt bei 450 bis 600. Im Durchschnitt muss jeder Lagerverwalter mehr als 100 Liefern pro Tag durchführen. Die Arbeitsbelastung ist sehr hoch.

Ein Workflow der manuellen Lieferung:

Im Operationssaal informierte der Arzt das Lager über die für die Operation benötigten Verbrauchsmaterialien, und dann bereitete das medizinische Personal im Lager die Waren vor und liefern an den Operationssaal sie an. Das medizinische Personal registriert schriftlich die Menge der im Betrieb verwendeten Verbrauchsmaterialien der Operation und tritt manuell in das Logistikmanagementsystem ein.



Abbildung 25: Der Materialien zu lieferndem Roboter

Mithilfe von Robotern hat sich der Arbeitsdruck des medizinischen Personals der Lagerverwaltung erheblich verringert (siehe Abbildung 25): Gegenwärtig liefert der Roboter ungefähr 80 Mal pro Tag, was nahezu der Arbeitsbelastung eines medizinischen Personals pro Tag entspricht. Außerdem wird das Problem der Krankenhauslogistikverwaltung gelöst: Der Arzt kann die zu liefernden chirurgischen Verbrauchsmaterialien direkt in dem Tablet eingeben und den Transport mit Roboter auswählen. Die Aufzeichnung wird automatisch in das Logistikmanagementsystem eingegeben. Nach Erhalt der Anweisung fährt der Roboter automatisch ins Lager. Auf dem Bildschirm des Roboters wird eine Liste der zu liefernden Verbrauchsmaterialien angezeigt. Das medizinische Personal bereitet den Roboter entsprechend der Liste vor. Nach der Lagerhaltung folgt der Roboter dem geplanten Weg zum Operationssaal. Nach der Auslieferung kehrt der Roboter auf dem ursprünglichen Weg ins Lager zurück.

5. Weitere Anwendung der Rotoren im Gesundheitswesen

5.1. Anwendung von FTF im Bereich der Desinfektion: Desinfektionsroboter

Krankenhaus-Infektionen verursachen erhebliche Kosten im Gesundheitswesen: In der EU summieren sich diese Ausgaben auf 7 Milliarden Euro[13]. Infektionsquellen können dabei andere Patienten, Mitarbeiter oder sogar Geräte und Einflüsse aus dem Krankenhausumfeld sein. Bei der manuellen Desinfektion kann die Aerosolbildung der Desinfektionslösung grundsätzlich nicht vollständig vermieden werden, so dass die Wirkstoffe leichter über die Atemwege aufgenommen werden und den menschlichen Körper schädigen.

In diesem Szenario ist der Roboter als Träger eine bessere Lösung für die Desinfektion.

Wenn der Desinfektionsroboter läuft, ist die Desinfektionsmethode derzeit relativ gebräuchlich: Das Desinfektionsgas wird innerhalb des Desinfektionssystems des Roboters erzeugt, und das Pneumatik System des Roboters wird verwendet, um das Desinfektionsgas schnell in den Innenraum zu diffundieren und die Abdeckung und Gleichmäßigkeit der Desinfektion zu erhöhen. Der Desinfektionsroboter kann die Epidemie gemäß der festgelegten Route automatisch, effizient und genau desinfizieren und verhindern.

In Kombination mit der oben verwendeten AGV-Robotertechnologie ist dieser neue Desinfektionsroboter mit **UV-C-Licht** (siehe Abbildung 26) möglicherweise eine bessere Lösung. Der Desinfektionsroboter fährt autonom im Krankenhaus und strahlt UV-C-Licht aus, um Bakterien und andere schädliche Mikroorganismen zu beseitigen. Der Desinfektionsroboter fährt selbständig durch die Zimmer und lokalisiert sich autonom in seiner Arbeitsumgebung. Der Desinfektionsroboter behandelt dabei mehreren Oberflächen in einer Krankenraum mit Licht aus verschiedenen Winkeln und geringer Entfernung. Der Roboter desinfiziert alle Kontaktflächen und bleibt auch an vordefinierten Hotspots für eine längere Verweildauer. Infolgedessen erreicht das Krankenhaus eine Desinfektionsrate von 99,99 % [11], wodurch das Risiko für Patienten, Personal und Besucher verringert werde, sich mit gefährlichen Krankheitserregern zu infizieren.

Um die schädlichen Auswirkungen von UV-C-Licht auf Menschen zu vermeiden, verfügt der Roboter über zahlreiche Sicherheitsfunktionen: So kann beispielsweise ein Tablet mit einem Bewegungssensor an der Tür einer Krankenstation angebracht werden. Wenn jemand während der Arbeitszeit des Roboters das Zimmer betritt, schaltet sich das UV-C-Licht automatisch aus.

Daraus kann man ersehen, Desinfektionsroboter reduziert nicht nur das Risiko, dass Patienten an Infektionen im Krankenhaus erkranken, sondern schützt auch in erheblichem Maße Besucher und das Krankenhauspersonal.



Abbildung 26: Der Desinfektionsroboter im Krankenzimmer[13]

Was ist UV-C-Licht?

Ultraviolettes (UV) Licht ist eine Komponente des elektromagnetischen Spektrums, das in den Bereich zwischen sichtbarem Licht und Röntgenstrahlen fällt.

Diese unsichtbare Strahlung umfasst den Wellenlängenbereich von 100 nm bis 400 nm. UV-Licht kann weiter unterteilt und in vier separate Bereiche unterteilt werden (siehe Abbildung 27):

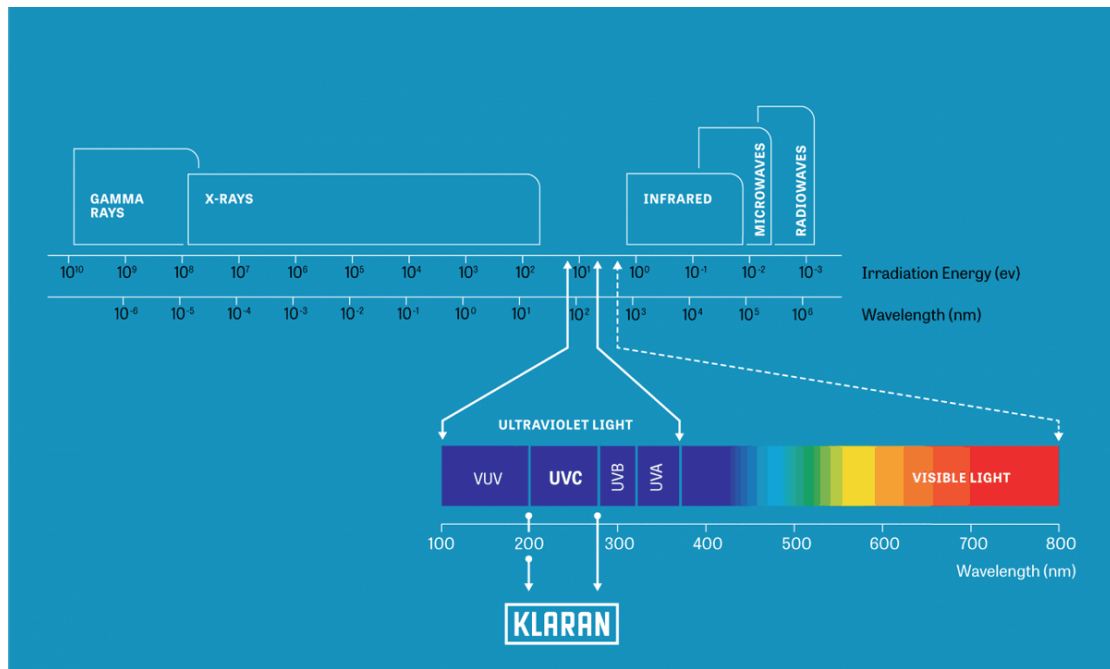


Abbildung 27: Das Lichtspektrum [14]

100 nm bis 200 nm

Far UV oder Vakuum UV (diese Wellenlängen breiten sich nur im Vakuum aus)

200 nm bis 280 nm

UVC - nützlich für Desinfektion und Sensorik

280 nm bis 315 nm

UVB - nützlich zum Aushärten, Bräunen und für medizinische Anwendungen

315 nm bis 400 nm

UVA (oder "nahes UV") - nützlich für Druck-, Härtings-, Lithografie-, Sensor- und medizinische Anwendungen

Wie aus mehreren Forschungsstudien und Berichten hervorgeht, wird ein biologischer Organismus, wenn er tiefem UV-Licht im Bereich von 200 nm bis 300 nm ausgesetzt wird, von DNA, RNA und Proteinen absorbiert. [14]

Die Aufnahme durch Proteine kann zum Aufbrechen der Zellwände und zum Tod des Organismus führen. Es ist bekannt, dass die Absorption durch DNA oder RNA (speziell durch Thymin) eine Inaktivierung der DNA- oder RNA-Doppelhelix Stränge durch die Bildung von Thymindimeren verursacht. Wenn genug dieser Dimere in der DNA erzeugt werden, wird der DNA-Replikationsprozess unterbrochen und die Zelle kann nicht replizieren.

5.2. Ein guter Helfer für Ärzte: Operationsroboter

Roboter haben ausgereifere Anwendungen in den beiden Bereichen Transport und Desinfektion abgeschlossen, optimieren ihren kontinuierlich Iterationen und beschleunigen die Vermarktung davon. Der Einsatz von Robotern in komplexeren Situationen wie der medizinischen Chirurgie deutet die Möglichkeit an, dass Roboter im menschlichen Leben eine größere Rolle spielen. Als typischer Vertreter medizinischer High-Tech-Geräte können Operationsroboter Ärzte bei der Durchführung komplexer diagnostischer und therapeutischer Operationen unterstützen, aber für herkömmliche Methoden und Geräte ist es schwierig. Die Entstehung von Operationsrobotern ist das Ergebnis der Kombination von traditionellen medizinischen Geräten mit Informationstechnologie und Robotik.

Die Vorteile von medizinischen Robotern liegen auf der Hand. Die erste besteht darin, die chirurgische Methode zu verbessern. Beispielweise während einer laparoskopischen Operation muss ein Assistent das Endoskop halten und die Absicht des Chirurgen genau kennen, um das Endoskop in die richtige Richtung zu bewegen. Da das angezeigte Bild vergrößert wird, kann ein kleine Zittern des Arms zu Jitter auf dem Bildschirm führen. Die Verwendung eines Roboters zum Halten eines Endoskops kann die oben genannten Probleme grundlegend lösen.

Zweitens können Operationsroboter neue Arten von Operationen durchführen: Durch die Kombination von Robotik und Chirurgie kann die präzise Positionierung von Robotern den Einschnitt des Patienten sehr klein machen und minimal invasive Zwecke erreichen. Gleichzeitig können Operationsroboter das medizinische Personal vor Infektionen schützen und das Leiden der Patienten verringern. Es wird gute Anwendungsaussichten in der Telemedizin, im klinischen Unterricht und in der chirurgischen Ausbildung haben.

Übliche Operationsroboter in diesem Stadium umfassen orthopädische Operationsroboter, Dentalassistentenroboter und gastroscopische Roboter. Am bekanntesten ist der von der amerikanischen Firma Intuitive Surgical entwickelte DaVinci-Operationsroboter (siehe Abbildung 28). Derzeit handelt es sich um ein seltenes und ausgereiftes chirurgisches Robotersystem, das eine von einem Arzt gesteuerte Plattform, einen multifunktionalen Operationstisch, verschiedene chirurgische Instrumente und Bildverarbeitungsgeräte umfasst. Das DaVinci-System bietet Ärzten die gleiche intuitive Steuerung, Bewegungsfreiheit und Gewebeverarbeitung wie die offene Chirurgie und kann Fehler automatisch korrigieren und Fehlbedienungen aufgrund von Armzittern vermeiden.

Es funktioniert wie folgt:

Erstens erreicht der mit den Roboterarmen verbundenen DaVinci-Operationsroboter den Operationsbereich über 2-3 kleine Einstiche in der Bauchdecke. Auch sind eine Punktion im Bereich des Nabels für die robotergesteuerte Kamera sowie 1-2 weitere Punktionen für Hilfsinstrumente erforderlich. Zweitens, der Bediener steuert die mit Roboterarmen gekoppelten Instrumente auf einer Konsole, wo er ein dreidimensionales Bild des Operationsbereichs betrachtet. Mit zunehmender Präzision werden die Handbewegungen des Chirurgen auf Präparier- und Nähinstrumente ersetzt. Dank einer skalierten, computergestützten Übertragung und der optimalen Beweglichkeit der Instrumente können kleinste Hand- und Fingerbewegungen millimetergenau und mit hoher Präzision ausgeführt werden. Die Kamerabewegung, das Bildfeld und die bis zu 12-fache Vergrößerung werden ebenfalls vom Bediener auf der Konsole gesteuert.



Abbildung 28: das DaVinci-Operationssystem[15]

Gegenüber den herkömmlichen Methoden bietet eine Operation mit dem DaVinci-Operationsroboter diese folgenden Vorteile:

Postoperative Komplikationen und Blutverlust waren signifikant reduziert. Eine hochpräzise Operation kann gute funktionelle Ergebnisse erzielen (z. B. die Wirksamkeit einer radikalen Prostatektomie erhalten). Patienten erzielen nicht nur bessere kosmetische Ergebnisse, sondern kleinere Schnitte bedeuten eine schnellere Wundheilung und weniger Wundschmerzen. Dies ermöglicht es den Patienten, schneller zu mobilisieren, was postoperative Komplikationen wie Thrombosen und Lungenkomplikationen wie Entzündungen reduzieren kann.[16]

Bei der Operationssterblichkeit zeigte sich ein wesentlicher Vorteil für die roboterassistierte Operation mit 0,04 % im Vergleich zur offenen Operation mit

0,18 %. Am ungünstigsten war der Verlauf nach laparoskopischem Vorgehen mit 0,21 %. Bei den Komplikationsraten zeigten sich signifikante Vorteile für das da Vinci Verfahren sowohl bei der Gabe von Blutprodukten (12,36 % nach offener Operation; 2,57 % nach da Vinci Operation) als auch bei der Gesamtkomplikationsrate (offen: 23,49 % vs. da Vinci: 11,96 %) ¹⁶.

Mit der Entwicklung der Technologie werden Roboter alle Bereiche der medizinischen Industrie durchdringen, einschließlich Chirurgie, Krankenhausdienstleistungen, Behindertenhilfe, häusliche Pflege und Rehabilitation. Es entstehen verschiedene medizinische Roboter, wie beispielsweise chirurgische Roboter, chirurgische Roboterwerkzeuge, autonome Fahrzeugsysteme für den Krankenhausdienst, virtuelle Trainingssysteme, intelligente Rollstühle und intelligente Rehabilitationsgeräte. Durch die ständige Weiterentwicklung der mikroelektromechanischen Technologie haben Mikroroboter auch gute Anwendungsaussichten. Sie können direkt in das Innere menschlicher Organe gelangen und dort chirurgische Eingriffe und andere Aufgaben ausführen, z. B. Gewebeproben entnehmen, Blutgefäße öffnen, Medikamente nachweisen und einnehmen Zelle Gefangennahme und andere Arbeit. Darüber hinaus werden nanoskalige Roboter und Bioroboter Realität und spielen eine wichtige Rolle in der Biotechnologie.

¹⁶ Daten stammen von <https://e-health-com.de/details-news/studien-belegen-vorteile-von-prostata-ops-mit-da-vinci-operationsroboter/>

6. Zusammenfassung und Ausblick

6.1. Zusammenfassung

Aufgrund der kontinuierlichen Reifung von Robotersystemen wie FTF-Robotern, Desinfektionsrobotern und medizinischen Robotern sowie der Durchbrüche in Kerntechnologien wie der autonomen Navigation und der Vermeidung von Hindernissen haben Robotertechnologien im medizinischen Bereich erhebliche Fortschritte erzielt und praktische Ergebnisse erhält.

Die oben erwähnten Vermeidungs-, Navigations- und SLAM-Technologien stellen gute Beispiele dar. Bei tatsächlichen Roboterverhalten wie Roboterbewegungen werden diese Technologien gut angewendet, was die Sicherheit von medizinischen Robotern erheblich verbessert. Aus der Perspektive der Technologietrends wird die Medizinrobotertechnologie einen größeren Durchbruch bringen, wenn in Zukunft ausgereifere Technologien mit der Medizinindustrie kombiniert werden und die für die medizinische Szene neue Technologien abgeleitet werden. Aus einigen Gründen, insbesondere aus psychologischen Gründen der Menschen (medizinische Roboter wurden von einigen Patienten als gefährlich angesehen) und aus anderen nichttechnischen Gründen (wie Kosten, Lizenzerteilung), gibt es jedoch immer noch viele Schwierigkeiten bei ihrer Entwicklung.

Mit der Weiterentwicklung der Technologie hat der Einsatz von Robotern in der medizinischen Industrie gute praktische Ergebnisse erzielt, und auch das Verständnis der Menschen hat sich geändert, wie zum Beispiel der Einsatz von Operationsrobotern in Zusammenarbeit mit Ärzten, um Operationswunden kleiner und leichter heilen zu können. Gleichzeitig können fortschrittliche Algorithmen und Technologien die ursprüngliche komplexe Technologie und die teure Ausrüstung ersetzen, die Kosten des Roboters wirksam senken. Beispielweise kann die Verwendung der SLAM-Technologie zum Scannen der Karte anstelle der ursprünglichen Spurverlegungsmethode viel Ausrüstungskosten einsparen. Dadurch werden Roboter in Krankenhäusern noch beliebter. Verschiedene medizinische Roboter und ihre medizinischen Hilfstechnologien werden eingehender erforscht und angewendet, und ihre Perspektiven werden sehr weitreichend sein.

6.2. Ausblick

Mit der kontinuierlichen Erweiterung der mobilen Roboteranwendungen ist die Zusammenarbeit mehrerer mobiler Roboterteams zu einem wichtigen Forschungsgebiet geworden. Das Kommunikationsproblem zwischen mehreren heterogenen mobilen Robotern ist ein kritischeres und dringenderes Problem. Da verschiedene Roboter im Team unterschiedliche Strukturen, Kommunikationsfähigkeiten und Informationsausdrücke haben und unterschiedliche Aufgaben erfüllen, ist es sehr schwierig, eine universelle Beschreibungssprache zu entwerfen.

Darüber hinaus kann ein heterogenes multimobiles Roboterteam mehr verschiedene Sensoren tragen und somit verschiedene Funktionen haben, um verschiedene Aufgaben zu erfüllen. Wenn ein so heterogenes Team zusammenarbeitet, ist die Informationsintegration unvermeidlich, um das endgültige Ziel zu erreichen. Die heterogene Informationsintegration umfasst die Informationsübertragung verschiedener Sensoren auf einem einzigen Roboter und die Informationsübertragung zwischen Robotern. Wenn beispielsweise heterogene Teams gemeinsam die Umgebungserkennung durchführen, werden die visuellen Informationen mit Lidar- oder Sonarinformationen kombiniert, um eine lokale Karte eines einzelnen Roboters zu generieren, und dann werden die lokalen Karteninformationen mehrerer Roboter zu einer globalen Karte verschmolzen. Die Informationsintegration zwischen heterogenen Multirobotern beinhaltet daher schwierige Themen wie Informationsdarstellung, Matching, Korrelation, Umgang mit Unsicherheiten und Verbesserung der Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Andererseits ist auch die Anwendungsperspektive der künstlichen Intelligenz im Bereich der medizinischen Roboter sehr breit. Die Krankenhausanalysen basieren auf integrierten strukturierten Daten: Durch Echtzeitüberwachung, Risikovorhersage und rechtzeitiges Eingreifen können die Qualität der Diagnose und Behandlung sowie die operative Effizienz erheblich verbessert werden. Die aktuellen Anwendungsszenarien der Big-Data-Analyse in der Krankenhausinformationsversorgung umfassen folgende Aspekte:

Die erste handelt von der Diagnose, bei der mithilfe der Deep-Neural-Network-Technologie medizinische Bilder verarbeitet und eine Reihe von Krankheiten diagnostiziert werden. Wie Untersuchungen zeigen, aufweist künstliche Intelligenz eine diagnostische Genauigkeit, die mit der von normalen Ärzten vergleichbar ist[17].

Zweitens werden Big-Data-Analysen klinischer Aufzeichnungen eingesetzt, um Patienten zu helfen, die eine frühzeitige Intervention und Versorgung benötigen. Wir haben festgestellt, dass es sowohl in entwickelten als auch in sich

entwickelnden Märkten möglich ist, Vorhersagemodelle auf der Grundlage von Verhaltens-, medizinischen und Schadensdaten zu erstellen, um Hochrisikopatienten für die Wiederaufnahme in ein Krankenhaus oder für das Fortschreiten einer chronischen Krankheit zu identifizieren. Wirtschaftlich sinnvolle Präventionsprogramme oder Interventionen können dann für bestimmte Patientensegmente entworfen werden. In sich entwickelnden Märkten ist das Fehlen qualitativ hochwertiger Daten eine häufige Herausforderung. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass es möglich ist, auch mit nur wenigen Jahren Schadensdaten ein einigermaßen genaues Risikomodell zu erstellen, das eine bessere Gestaltung von Programmen für das Bevölkerungsgesundheitsmanagement ermöglicht.

Drittens kann die Big-Data-Analyse auch eine Vielzahl von Variablen aus Krankenhausakten (z.B. die Zeit, die für die Durchführung verschiedener Verfahren und die Zeit für den Patiententransport erforderlich ist) integrieren, um die Operationssaalpläne zu verbessern.

Bestehende SLAM-, Navigations- und andere Technologien haben das Verhaltensmodell mobiler Roboter erheblich bereichert: Wenn diese Technologien in Zukunft mit künstlicher Intelligenz kombiniert werden können, wird das technische Niveau mobiler Roboter weiter verbessert und der Einsatz mobiler Roboter wird erheblich erweitert. Mobile Roboter werden in medizinischen Szenarien besser eingesetzt.

Literatur

- [1]. <https://mp.weixin.qq.com/s/cXgutaSscyWZVdkwXz0C0w>
- [2]. JF ENGLEBERGER, „Health-care robotics goes commercial: the HelpMate experience “
- [3]. Günter Ullrich, Thomas Albrecht, „Geschichte der Fahrerlosen Transportsysteme" Verlag: Springer Fachmedien Wiesbaden
- [4]. Günter Ullrich, Thomas Albrecht, „Anwendungsgebiete" Verlag: Springer Fachmedien Wiesbaden
- [5]. VDI-Richtlinie 2510
- [6]. DIN 13312:2005-02 „Navigation – Begriffe, Abkürzungen, Formelzeichen, graphische Symbole“
- [7]. Günter Ullrich, Thomas Albrecht, „Technologische Standards“ Verlag: Springer Fachmedien Wiesbaden
- [8]. Khatib. Real-time obstacle for manipulators and mobile robot [J].
- [9]. DURRANT-WHYTER HUGH, BAILEY TIM, „Simultaneous localization and mapping“
- [10]. Lv Penghao, Zhu Jing, „Forschung am AGV Map Construction System basierend auf Lidar“
- [11]. H. Durrant-Whyte and T. Bailey. Simultaneous localization and mapping: part i. Robotics and Automation Magazine, IEEE, 13:99–110, 2006.
- [12]. <http://www.klinikum-klagenfurt.at/>
- [13]. <https://automationspraxis.industrie.de/news/uv-desinfektionsroboter>
- [14]. <https://www.klaran.com/klaran-university/about-uvc>

- [15]. <https://e-health-com.de/>
- [16]. <https://www.uniklinikum-jena.de/urologie/Operationsroboter.html>
- [17]. Hosny A et al. Artificial intelligence in radiology. Nature Reviews Cancer. 2018;18(8):500-10.

Anlagen

Eine CD-ROM mit Bachelorarbeit

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, den 21.01.2019

Unterschrift: _____

Shen, Zhujun