



DELTA ROBOTER

A Klotz, Nigg, Pirpamer Corporation

EXPOSEE

Der Delta Roboter – ein Meisterwerk der Ingenieurskunst. Alesandro Pirpamer, Johannes Nigg und Stefan Klotz haben sich der Herausforderung angenommen einen eigenen Roboter zu konstruieren, fertigen und inbetriebzunehmen.

Inhalt

1.	Projektentstehung & Projektplanung.....	2
1.1	Projektidee (inkl. Ziel).....	2
1.1	Getätigte Recherchen.....	2
1.2	Meilensteine.....	2
1.2.1	Mechanischer Teil	2
1.2.2	Elektronischer Teil	3
1.3	Aufgabenverteilung.....	3
1.4	Ressourcenplanung	3
2.	Projektbericht.....	4
2.1	Bauart des Roboters	4
2.2	Ortsbestimmung.....	4
2.3	Roboterhand.....	5
2.4	Ansteuerung der Roboterhand	5
2.5	Datenübertragung	6
2.6	Positionsänderung des Roboters.....	7
3.	Bericht des Projektkoordinators	7

1. Projektentstehung & Projektplanung

1.1 Projektidee (inkl. Ziel)

Dass ein mechatronisches Projekt umgesetzt werden soll, war von Anfang an klar. Wir drei haben uns aus diesem Grund für einen Roboter entschieden. Er vereint die Elektronik (Sensorik, Aktorik) und Mechanik (Bau des Roboters).

Nach Absprache mit unserem Betreuungslehrer einigten wir uns auf die Bauart eines Delta-Roboters (siehe Abb. 1)¹, weil die Funktionsweise besonders verblüffend ist und den finanziellen Rahmen nicht sprengt.



Abbildung 1: Delta Roboter ohne Roboterhand

Das Ziel unseres Projekts besteht im Großen und Ganzen aus der Fertigung und erfolgreichen Inbetriebnahme eines Delta-Kinematik Roboters. Der Roboter soll in der Lage sein eine X-,Y- und Z-Positionen im Raum anfahren zu können.

Die Umsetzung von diesem Ziel hat keinen nennenswerten Innovationscharakter - es gibt diese Bauform eines Roboters bereits.

Dieses Projekt unterscheidet sich in der Flexibilität und im Einsatzbereich vom herkömmlichen Delta Roboter. Das System wurde so ausgelegt, dass es möglichst effizient und schnell arbeitet.

Um diesen Voraussetzungen gerecht zu werden, wurden Hochleistungsmaterialien wie kohlefaserverstärkter Kunststoff (CFK) oder Aluminium, das besonders leicht ist und in dieser Form in der Luftfahrt eingesetzt wird, verwendet.

Was unser Vorhaben einen Innovationscharakter verleiht ist das neuartige, intuitive Steuerungskonzept.

1.1 Getätigte Recherchen

Zu Beginn stellten wir Patentrecherchen an und analysierte die Bau- und Funktionsweise der beschriebenen Roboter. Es war uns danach möglich das System als Ganzes zu begreifen und erste Konzepte zu entwerfen.

Zusätzlich wurde das Internet zur weiteren Recherche herangezogen.

Beim Schreiben der Diplomschrift untermauerten wir unsere Erklärungen mit Hilfe von Patenten und suchten passende Literatur zur weiteren Ausführung der Fachgebiete.

1.2 Meilensteine

1.2.1 Mechanischer Teil

- Auflistung der benötigten Bauteile
- Fertigstellung der CAD-Zeichnungen
- Umrechnungen der Koordinaten der Sensoren in Winkel, welche die Schrittmotoren anfahren sollen
- Fertigung des Tripods
- Zusammenbau und Kombination mit elektronischen Bauteilen
- Test des Tripods

¹ <http://www.codian-robotics.com/de/robotics/d4-robots/> , abgerufen am 01.03.2014

1.2.2 Elektronischer Teil

- Auflistung der benötigten Bauteile
- Ansteuerung der Finger der Roboterhand auf Grund der Sensoren auf der menschlichen Hand
- Bestimmung der Koordinaten, welche der Roboter anfahren soll
- Ansteuerung der Schrittmotoren
- Test des Tripods

1.3 Aufgabenverteilung

Alesandro Pirpamer:

- Benötigte Bauteile für mechanischen Teil
- CAD-Zeichnungen
- Umrechnung Koordinaten in Winkel
- Fertigung des Tripods
- Test des Tripods

Johannes Nigg:

- Benötigte Bauteile für elektronischen Teil
- Bestimmung der Koordinaten
- Fertigung der Box für die Steuerhand
- Fertigung des Tripods
- Test des Tripods

Stefan Klotz:

- Benötigte Bauteile für elektronischen Teil
- Ansteuerung der Roboterfinger
- Ansteuerung der Schrittmotoren
- Fertigung des Tripods
- Test des Tripods

1.4 Ressourcenplanung

Da dieses Projekt auf Grund von vielen qualitativ hochwertigen Bauteilen hohe finanzielle Kosten verursacht, wurde es freundlicherweise von

- Fördervereintechnik Tirol
- Kuratorium Innsbruck
- Mastel Aluminium-Halbzeuge GmbH
- Maschinenbau Grisseemann GmbH
- igus®

unterstützt.

2. Projektbericht

2.1 Bauart des Roboters

Beim Roboter, welcher im Rahmen dieser Diplomarbeit gefertigt wurde, handelt es sich um einen Delta Roboter. Jener Roboter gehört zur Gruppe der deltakinematischen Mechanismen und verfügt über insgesamt drei Translationsfreiheitsgrade (kann sich um X-, Y- und Z-Achse bewegen) und einen Rotationsfreiheitsgrad (Roboterhand kann sich um Z-Achse drehen).

Abb. 2 zeigt ein Renderbild unserer Computerzeichnungen. Die bumerangförmige Platte nennen wir Kopfplatte, auf der drei Winkel als Motorhalterung fixiert sind. Die Motorwellen sind mit den Oberarmen verbunden, welche aus kohlefaserverstärktem Kunststoff bestehen. Verbindungsstück zwischen Ober- und Unterarme ist ein Aluminiumprofil mit quadratischer Grundfläche. Auf diesem Bauteil sind jeweils zwei Kugelgelenke befestigt, welche für die besondere Geometrie des Roboters sorgen. Die Arbeitsplatte, welche ebenfalls zwei Kugelgelenke besitzt, bleibt durch die ausgeklügelte Geometrie immer parallel zur Kopfplatte. Auf der Arbeitsplatte ist über eine spezielle Aufhängung die Roboterhand montiert (nicht in Abb. 2 ersichtlich).

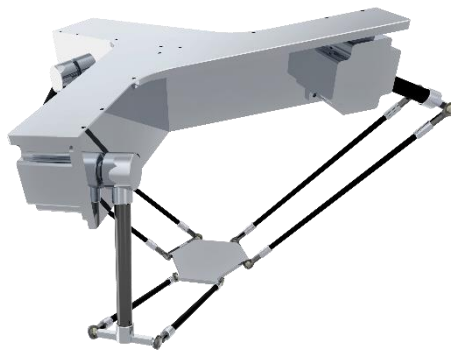


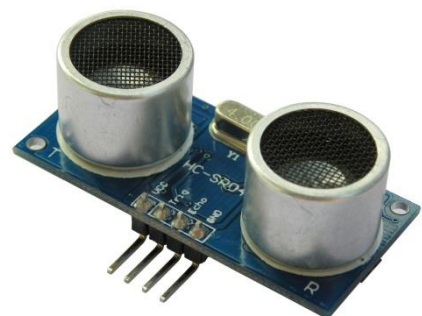
Abbildung 2: Rendering des Roboters

2.2 Ortsbestimmung

Für die Bestimmung der Koordinaten, welche der Roboter anfahren soll, werden drei Ultraschallsensoren (siehe Abb. 3)² verwendet, jeweils ein Sensor für jede der drei Richtungsachsen. Diese Sensoren werden anschließend auf der menschlichen Hand befestigt und von einem Mikrocontroller ausgewertet.

Ein Ultraschallsensor sendet ein Echosignal aus und misst die Zeit, bis dieses Signal von einem Objekt reflektiert wird und wieder beim Sensor angekommen ist.

Aus diesem Grund wurde eine Box aus ITEM-Profilen und durchsichtigem Acrylglas gefertigt, in welcher sich die menschliche Hand befindet. Somit können die Abstände zu den Wänden der Box bestimmt und an das Koordinatensystem des Roboters angepasst werden.



² http://letsmakerobots.com/files/field_primary_image/HC-SR04-lg.jpg , abgerufen am 02.03.2014

Zudem wird ein „9 Degrees Of Freedom“-Sensorstick (9 DOF-Sensor, siehe Abb. 4)³ von Sparkfun verwendet, welcher aus einem 3-Achsen Beschleunigungssensor, einem 3-Achsen Gyroskop und einem Magnetometer besteht.

Mit diesem Sensor soll mit Hilfe einer „6-DOF“-Library die Winkellage der Hand bestimmt werden. Je nachdem wie groß diese Winkel sind, werden die Ultraschallsensorwerte nicht mehr beachtet und stattdessen ein Schrittmotor angesteuert, welcher die Roboterhand zum drehen bringt

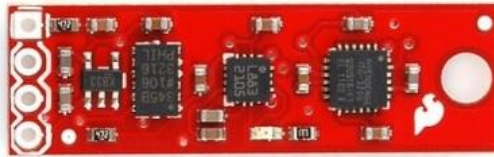


Abbildung 4: 9DOF Stick

2.3 Roboterhand

Die metallische Roboterhand ist eine Nachahmung der menschlichen Hand. Damit sich die einzelnen Finger bewegen lassen, sind insgesamt fünf (alle Finger) Servomotoren montiert.

Es lässt sich für jeden Finger ein gewisser Winkel anfahren.

Abb. 5 zeigt die Sensorik und Aktorik der Roboterhand.

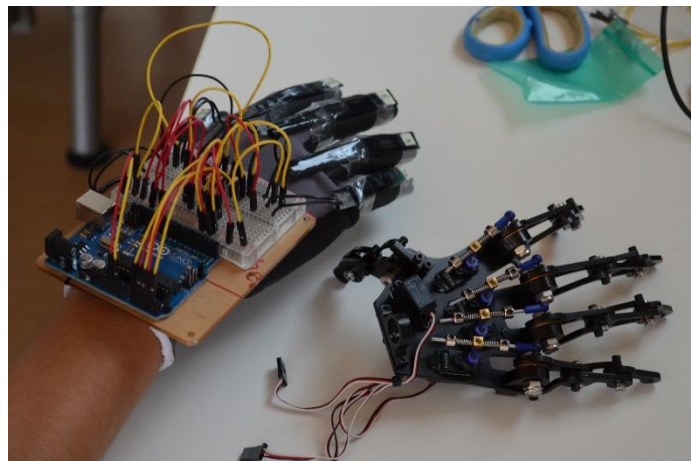


Abbildung 5: Intelligenter Handschuh (links) und Roboterhand (rechts)

2.4 Ansteuerung der Roboterhand

Die Roboterhand, welche auf der Arbeitsplatte befestigt ist, wird über einen intelligenten Handschuh (siehe Abb. 6) gesteuert. Es werden für diese Anwendung fünf Biege Widerstände (für jeden Finger ein variabler Widerstand), drei Ultraschallsensoren (für die Ermittlung der Position im Raum) und ein Gyroskop (ermittelt die Drehung (Winkelgeschwindigkeit) um eine Achse).

³ <http://blog.oscarliang.net/wp-content/uploads/2013/06/9DOF-Stick-Front.jpg> , abgerufen am 02.03.2014

Recheneinheit ist ein Arduino, der die Daten sammelt und anschließend über ein von uns definiertes Protokoll über Bluetooth an den entfernten Roboter schickt.

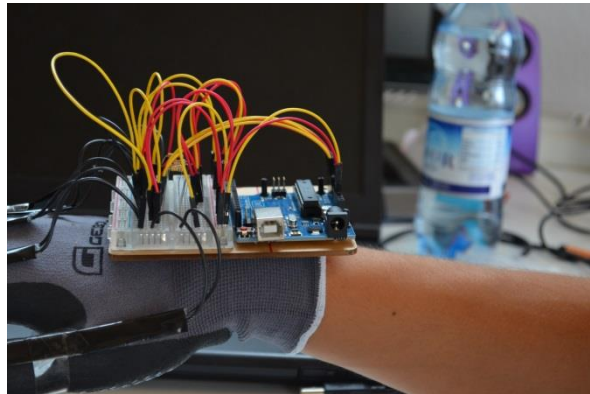


Abbildung 6: Intelligenter Handschuh

2.5 Datenübertragung

Um die Daten der Sensoren auf der menschlichen Hand an den Roboter schicken zu können, werden zwei Bluetooth-Modems (siehe Abb. 7)⁴ von „Sparkfun“ verwendet. Diese Modems unterstützen Bluetooth 2.0 + EDR⁵ und können mit Hilfe eines Mikrocontrollers und dessen seriellen Pins konfiguriert werden.

Um die übertragenen Daten wieder trennen zu können, wurde hierfür ein eigenes Protokoll entwickelt.



Abbildung 7: Bluetooth Mate Silver

⁴ <http://mikrocontroller-praxis.de/media/images/info/SF-WRL-10393.jpg> , abgerufen am 02.03.2014

⁵ EDR = Enhanced Data Rate

2.6 Positionsänderung des Roboters

Damit der Roboter sich bewegt, werden drei Schrittmotoren (siehe Abb. 8)⁶ von „Leadshine“ verwendet. Auf Grund der erforderlichen Dreh – und Haltemomente sind stärkere Motoren erforderlich, welche neben einer entsprechenden Endstufe für die Ansteuerung auch ein Netzgerät für die erforderliche Spannung benötigen. Um aus den Koordinaten der Ultraschallsensoren die entsprechenden Winkel für die drei Schrittmotoren zu erlangen, werden selbst aufgestellte Berechnungen verwendet.

Für die Ansteuerung der Schrittmotoren wird die „Stepper“-Library von Arduino verwendet.



Abbildung 8: Leadshine 86HS45

3. Bericht des Projektkoordinators

Die Zusammenarbeit innerhalb der Projektgruppe funktionierte in den meisten Fällen sehr gut. Da das Team sich in den vorherigen Jahren angefreundet hat, war es relativ einfach Termine und Arbeiten gemeinsam festzulegen.

Selbstverständlich kam es zu teilweise zu heftigen internen Diskussionen, insbesondere was die Ästhetik oder Umsetzung der Elektronik angeht.

In solchen Momenten versuchten wir die besten Entscheidungen durch demokratische Beschlüsse zu treffen.

Mit den Betreuungslehrern konnte ein freundliches und konstruktives Arbeitsverhältnis aufgebaut werden. Bei eventuellen Fragen konnte man sich auf die fachliche Hilfe der Lehrer verlassen.

Noch nie zuvor haben wir ein derart großes Projekt umgesetzt, daher erstaunte uns der erfolgreiche Zusammenbau des Roboters.

Alle Teile passten perfekt zusammen, kein Maß zu groß oder zu klein, alle Toleranzen eingehalten. Weil wir uns in der glücklichen Lage befinden, einen so erfolgreichen Projektverlauf verzeichnen zu können, möchten wir mit der Präsentation dieser Diplomarbeit bei "Jugend Innovativ" gleichzeitig anderen Diplomarbeitsteams und dem Publikum sowie der Jury zeigen, was mit gutem Teamwork, Engagement und Know-How möglich ist.

Was unser Projekt von Anderen unterscheidet, ist die Vielfalt an verschiedenen Teilbereichen, die zur Umsetzung notwendig sind. Jeder einzelne von uns musste sich in unzähligen Stunden mit Teilgebieten vertraut machen, die zuvor noch absolut unbekannt waren.

Unser Projekt beinhaltet Teile aus der Mechanik, Elektrotechnik, Netzwerktechnik, Programmierung, Betriebstechnik, Projektmanagement etc. Des Weiteren zeichnet unser Projekt die Tatsache aus, dass

⁶ <http://www.leadshine.com/productdetail.aspx?type=products&category=stepper-products&producttype=2-phase-stepper-motors&series=86HS&model=86HS45> , abgerufen am 03.03.2014

alles ohne fremde Hilfe und in eigener Hand geplant, konstruiert, gefertigt, zusammengebaut, programmiert, getestet und in Betrieb genommen wurde.

Zu guter Letzt wollen wir uns ganz persönlich, im Rahmen dieser Wettbewerbsteilnahme, vor einer Fachjury beweisen und im besten Fall sogar dafür belohnt zu werden.