Seite 1

Hallo zusammen, Ich bin Haibin ZHAO, und mein Betreuer ist Christian Marzi. Das Thema von meinem Projekt ist „Magnetisches Tracking System“.

Seite 2

Bei diesem Projekt habe ich den ganzen theoretischen Teil für magnetisches Tracking entwickelt, z.B. Die Modellierung des Magnetfeldes, Analyse von Workspace und Spezifikationen des Sensorarrays, Entwicklung von Lokalisierungsalgorithmen.

Außerdem habe ich viele Lokalisierungsversuche in Simulation gemacht, um das System zu analysieren.

Um meine Berechnungen zu validieren habe ich am Ende auch einen Versuchsaufbau erstellt und experimentelle Versuche durchgeführt

Seite 3

Zuerst kommt die Modellierung von zylindrischen Magneten.

Laut Biot-Savart-Gesetz leite ich die analytischen Formeln der MFD Verteilung her.

Danach berechne ich numerisch die MFD vom Magnet in einem 150 \* 300 Quadrat Millimeter Bereich in í2 - i3 Ebene, die Grafik zeigen die MFD in i2, i3 Richtung, sowie ihren Absolutwert

Seite 4

Für den Proof of concept und die Untersuchung der erreichbaren Spezifikationen wollen wir uns zuerst auf kleine Anwendungen beschränken. Daher designen wir das System mit einem Workspace von 10 \* 10 \* 5 cm und einem 5 \* 5 Sensorarray.

Seite 5

Hier analysiere ich die ADC Auflösung und Sensitivität des Sensors. Um die Bewegung des Magnets von 1mm zu detektieren, brauchen wir mindestens z.B 16 bit ADC und eine Sensitivität von 10‰ oder höher.

Natürlich gibt es noch andere Anforderungen auf die Sensoren und Sensorarray, wir werden die Wahl von den Parametern später noch besprechen

Seite 6

Für den Lokalisierungsalgorithmus habe ich 2 Ansätze verglichen: Gradierten Methode und Box Search.

Im Praktisch funktioniert Gradienten Methode nicht so gut, weil es zu viele lokale Minimum gibt.

Deswegen verwende ich das sogenannte Box Search. Wir machen iterative:

Workspace Zerteilen, Minimum Suchen, Workspace Verkleinern

Bis die Endbedingung erreicht.

Diese Methode funktioniert sehr gut gegen die Terminierung in lokalem Minimum, aber braucht mehr Rechenaufwand.

Seite 7

Nach der Realisierung der Simulation des theoretischen Teils, habe ich einige Lokalisierungsversuche simuliert.

Zuerst sample ich zufällig 1000 Test Punkte im Workspace und lokalisiere ich sie mit verschiedene Sensor Spezifikationen, z.B. hier analysiere ich die Verhältnisse zwischen Lokalisierungsfehler und ADC Auflösung und Drift des Sensors

Seite 8

Auf diese Weise komme ich zu dem Ergebnis, dass Je höhere ADC Auflösung ist, desto kleiner die Fehler sind. Wir können schauen, dass 18 bit und 20 bit ADC machen nicht große Unterschied. Grund dafür ist, dass18 bit ADC schon ausreichend ist, um die Bewegung zu detektieren.

Seite 9

Um den Einfluss Positionen auf den Lokalisierungsfehler zu analysieren, sample ich 2500 gleichmäßig verteile Test Punkte

Seite 10

Dann ist anschaulich, dass am Rande die Lokalisierungsfehler groß und in der Mitte klein.

D.h. Bei der Anwendung ist es besser, dass der Magnet sich in dem mitteren Teil des Workspaces bewegen.

Seite 11

Um eine Aussage treffen zu können wieviel besser die Lokalisierung mit vielen Sensoren wird, analysiere ich die Lokalisierungsfehler in Abhängigkeit der Anzahl der Sensoren. Ich probiere 4 Sensorarrays, jeweils mit 3\*3, 4\*4, 5\*5, 7\*7 gleichverteilte Sensoren

Seite 12

Ergebnis ist, dass je mehr Sensoren wir benutzen, desto besseres Ergebnis es gibt. Z.B. wenn der Anzahl der Sensoren von 3 \*3 auf 5 \*5 erhöhet, senkt der Lokalisierungsfehler um 40%. Aber natürlich steigt der Rechenaufwand.

Seite 13

Für die experimentelle Validierung entwarf ich eine Halterung für die gezeigten Sensoren, diesen Magnet und einen Arduino Mega.

Seite 14

Das Grafik zeigt die Verkabelung.

Die linken Pins aller Sensoren werden mit Spannungsversorgung verbindet.

Die mittlen Pins werden mit Ground verbindet.

Die rechten Pins sind die Outputs. Deswegen verbinde ich sie mit jeweils erste bis sechzehnte Input-Pins des Arduinos.

Seite 15 - 18

Das sind die Fotos beim Hardware Verkabelung.

Die sind die Bauelemente, nämlich Sensoren und ihre Halterung, Kabel, Lötzinn, Schrauben usw.

Nach dem Löten und Labeling sieht die Hardware so aus.

Nach dem Ordnen sieht die Hardware so aus.

Schließlich verbinde ich die Hardware mit Computer. Mit der Hardware validiere ich meinen theoretischen Teil.

Seite 19

Ich habe die Lokalisierung an 4 Positionen getestet. Wie gezeigt in der Grafik

Seite 20

Dann berechne ich den Fehler jedes Sensors. Aus diesen Ergebnissen kann man schließen, dass meine Theorie valid ist.

Seite 21

Zusammenfassen, die sind meine Arbeit bei diesem Projekt:

Bei dem theoretischen Teil habe ich die Theorie von Magnetmodellierung bis Tracking-Algorithmen entwickelt. Außerdem habe ich viele Lokalisierungsversuche in Simulation gemacht, um das System zu analysieren.

Bei der Software habe ich mehr als 1000 Zeile MATLAB Codes geschrieben

Bei der Hardware habe ich Halterung entworfen, Löten, Verkabeln, usw.

Seite 22

In der Zukunft kann man das System noch verbessern.

z.B.

Ausführungszeit zu verkürzen

Lokalisierungsgenauigkeit zu erhöhen.

Und wahrscheinlich auch die Verwendung von kodierten Magneten, mehrere Magnete Lokalisierung, oder Tracking nur Positionen ohne Rotationen.