

Proposal zur Bachelorarbeit
Automatisierte Parameterbestimmung eines
Bewegungsmodells für ein autonomes
Unterwasserfahrzeug

Fabio Zachert
(fzachert@tzi.de)

Betreuer:
Dipl.-Inf. Matthias Goldhoorn (Matthias.Goldhoorn@dfki.de)
Prof. Dr. Frank Kirchner (Frank.Kirchner@dfki.de)

4. Juni 2013

1 Einführung

Ein wichtiger Bestandteil von autonomen Unterwasserfahrzeugen (AUVs ¹) ist die Position- und Lagebestimmung des Fahrzeugs, da dieses eine Voraussetzung für die Navigation und die Wegplanung ist. Im Gegensatz zu Landfahrzeugen, ist die Menge der verfügbaren Sensorinformationen bei Unterwasserfahrzeugen stark eingeschränkt, wodurch dieses Teilgebiet entsprechend komplex ist. Die für eine absolute Positionsbestimmung und Geschwindigkeitsbestimmung verfügbaren Sensoren sind daher meist sehr teuer (DVL), erfordern externe Aufbauten (USBL, LBL) oder erfordern, nach aktuellem Stand der Technik, relativ viel Rechenleistung (Visuelle Odometrie). Äußere Faktoren wie Strömungen erschweren die Positionsbestimmungen zusätzlich.

In dem AUV AVALON ², welches in einem studentischen Projekt am DFKI Bremen entstanden ist, stehen diese teuren Sensoren nicht zur Verfügung, wodurch die Geschwindigkeitsbestimmung auf ein Bewegungsmodell angewiesen ist. In diesem Bewegungsmodell wird die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit anhand von Thrusterkräften und physikalischen Fahrzeugparametern geschätzt. Diese geschätzte Geschwindigkeit ermöglicht ein einfaches Lokalisierungsverfahren wie das Dead Reckoning, bildet aber auch die Grundlage für komplexere Lokalisierungsalgorithmen. Dabei kann diese geschätzte Geschwindigkeit genutzt werden, um die Positionsschätzung zu verbessern.

Zudem kann die Geschwindigkeitsschätzung nicht nur ein Ersatz für fehlende Sensorik sein, sondern diese auch zusätzlich unterstützen. So kann das Bewegungsmodell parallel zu einem DVL angewandt werden, um mögliche Sensoraussetzer zu kompensieren.

Der Fokus dieser Bachelorarbeit soll auf diesem Bewegungsmodell liegen.

2 Motivation

Die Parametrisierung eines Bewegungsmodells für Unterwasserfahrzeuge ist ein komplexes Gebiet, da sich Faktoren, wie der Wasserwiderstand und die Trägheit des Fahrzeugs im Wasser, nur sehr schwer und meist nur durch Approximation der Fahrzeugform theoretisch bestimmen lassen. Deshalb werden diese Parameter häufig zeitaufwendig auf experimenteller Basis bestimmt. Da sich mit jeder strukturellen Veränderung des Fahrzeugs auch die physikalischen Eigenschaften des Fahrzeugs im Wasser verändern, sind diese Experimente nach jeder Veränderung durchzuführen.

Im Fall des AUV AVALON kommen derartige Veränderungen relativ häufig vor, da Teile der Sensorik an der Außenhülle befestigt sind und einfach ausgetauscht werden können. Einen größeren Faktor machen zudem die Auftriebskörper an der Außenhülle aus, da diese, je nach dem ob sich das AUV in Süß- oder Salzwasser befindet, ab- oder anmontiert werden müssen. Da mit jeder dieser Veränderungen das Bewegungsmodell angepasst werden muss, ist es wünschenswert, diesen Vorgang zu automatisieren, da eine manuelle Anpassung

¹Autonomous Underwater Vehicle

²Autonomous Vehicle for Aquatic Learning, Operation and Navigation

sehr zeitaufwendig wäre.

Diese Automatisierung würde es erlauben, dass das AUV nach Modifikationen viel schneller für mögliche autonome Missionen einsatzfähig ist. Die Einsatzgebiete für AUVs dieser Art sind vielfältig. Zum einen können AUVs für die Inspektion und Wartung von Schiffen eingesetzt werden. Auch die Erkundung und Erforschung von unbekanntem Seegebieten ist möglich.

3 Inspiration und Ziele

Inspiration für diese Arbeit gab eine vorherige Arbeit³, in der bereits versucht wurde, eine adaptive Lage- und Positionsregelung für das AUV AVALON zu entwickeln. In dieser Arbeit wurde unter anderem versucht, die Fahrzeugparameter online während der Fahrt zu bestimmen. Diese Fahrzeugparameter wurden dann genutzt, um die Parameter der Positions- und Lageregelung zu adaptieren. Da hier bei aber vorausgesetzt wurde, dass gefilterte Sensormessungen der Fahrzeuggeschwindigkeit, -Beschleunigung- und -Orientierung zur Verfügung stehen, konnte die Implementierung nur in einer Simulationsumgebung verwendet werden.

Der Ansatz dieser Arbeit soll es sein, das Verfahren der Fahrzeugparameterbestimmung so weiterzuentwickeln, so dass es auch auf realen AUVs mit fehlerbehafteten Sensoren zum Einsatz kommen kann. Dieses Verfahren soll beispielhaft auf dem AUV AVALON angewendet werden, jedoch soll das Verfahren so allgemeingültig sein, dass es auch auf anderen AUV angewendet werden könnte. Dabei soll die Parameteridentifizierung nicht online während der Durchführung einer autonomen Mission geschehen. Es ist ausreichend, wenn nach einer Fahrzeugmodifikation ein Parametrisierungsprogramm gestartet werden kann, damit zu einem späteren Zeitpunkt die Fahrzeugparameter für eine Mission zur Verfügung stehen.

Als Bewegungsmodell wird eine bereits vorhandene Implementierung von Sankaranarayanan Natarajan genutzt, welche auf dem Fahrzeugdynamik-Modell von Fossen aufbaut⁴.

Für die Parametrisierung von AVALON kann zum einen eine Visuelle Odometrie genutzt werden, welche die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit schätzt. Da die Rechenleistung von AVALON für eine Echtzeitanwendung momentan nicht ausreichend ist, kann diese erst nach der Fahrt offline angewendet werden, was für unseren Anwendungsfall aber in Ordnung ist. Durch technische Weiterentwicklungen wäre eine zukünftige Echtzeitanwendung denkbar. Wenn das AUV während der Fahrt kurzzeitig auftaucht, ermöglicht es ein GPS-Empfänger⁵, den Drift der Visuellen Odometrie zu eliminieren und über längere Strecken eine Geschwindigkeit zu schätzen. Mittels IMU⁶ und FOG⁷ ist es möglich, die aktuelle Ausrichtung und angulare Geschwindigkeit zu bestimmen. Ein Tiefensen-

³Keßeler, Florian: Adaptive Positions- und Lageregelung eines autonomen Unterwasserfahrzeugs mittels online optimierter, physikalischer Fahrzeugmodelle

⁴Fossen, Thor I.: Nonlinear modelling and control of underwater vehicles, Diss., Juni 1991

⁵Global Positioning System

⁶Inertial Measurement Unit

⁷Fiber Optical Gyro

sonar bieten uns noch zusätzlich Tiefeninformationen. Eine Variation und Erweiterung der Sensoren ist möglich. So kann beispielsweise auch noch ein Sonar hinzugenommen werden, mit dem in bekannten Unterwasserumgebungen zusätzlich eine absolute Position bestimmt werden kann.

Ziel ist es, einen passenden Optimierungsalgorithmus zu finden und zu implementieren, um die oben genannten Sensorinformationen zu fusionieren und ein Fahrzeugmodell zu bestimmen, welches einen möglichst kleinen Fehler zu den Messwerten besitzt. Weiteres Ziel ist es, eine Trajektorie zu entwickeln, mit der automatisch die benötigten Sensordaten aufgenommen werden können. Dabei soll ermittelt werden, welche Merkmale eine geeignete Trajektorie haben muss und unter welchen Bedingungen der Optimierungsalgorithmus die besten Ergebnisse liefert

Die ermittelten Fahrzeugparameter sollen dann auf dem AUV AVALON in Form eines Bewegungsmodells angewendet werden. Ziel ist es hierbei, die Güte der Fahrzeugparameter zu bestimmen.

4 Nötige Arbeiten

- 1. Recherche und Analyse bestehender Optimierungsalgorithmen:**
Es werden bestehende Optimierungsalgorithmen darauf untersucht, in wie weit sie sich für unseren Anwendungsfall des Bewegungsmodells eignen. Die Algorithmen werden gegeneinander bewertet und der am besten passende ausgewählt.
- 2. Implementierung oder Adaptierung eines Optimierungsalgorithmus**
Der im ersten Schritt gefundene Algorithmus wird, so fern vorhanden, aus einer bestehenden Bibliothek adaptiert, oder, wenn nicht vorhanden, selbst implementiert.
- 3. Entwicklung einer Trajektorie**
Es wird eine Trajektorie entwickelt, mit welcher die Sensordaten für die Parametrisierung aufgenommen werden können.
- 4. Evaluierung und Tests**
In diesem Schritt werden die Fahrzeugparameter von AVALON automatisiert bestimmt. Die Güte dieser Parameter soll bestimmt werden, in dem diese für bekannte, gefahrene Fahrstrecken in einem Bewegungsmodell angewendet werden.

5 Zeitplan

- 1. Juli: Beginn der Bachelorarbeit
- bis 14. Juli: Recherche und Analyse bestehender Optimierungsalgorithmen
- bis 7. August Implementierung oder Adaptierung eines Optimierungsalgorithmus

- bis 21. August: Entwicklung einer Trajektorie
- bis 14. September: Evaluierung und Tests
- bis 25. September: Fertigstellung Dokumentation
- 30. September: Abgabe Bachelorarbeit