

Vinh Yen Cao

Routing in der Elektromobilität

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2011 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783842818613

Vinh Yen Cao

Routing in der Elektromobilität

Vinh Yen Cao

Routing in der Elektromobilität

Vinh Yen Cao
Routing in der Elektromobilität

ISBN: 978-3-8428-1861-3

Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2011

Zugl. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH), Aachen,
Deutschland, Diplomarbeit, 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und der Verlag, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH
<http://www.diplomica.de>, Hamburg 2011

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein Verfahren für eine Routenberechnung beschrieben, welches die kritischen Aspekte von Elektrofahrzeugen berücksichtigt. Die Wahl einer Strecke basiert dabei auf dem voraussichtlichen Energieverbrauch des Fahrzeugs. Da eine Bewertung nach diesem Kriterium sehr komplex ist, werden die verschiedenartigen Einflussfaktoren des Energieverbrauchs klassifiziert und in ein Fahrzeug- und ein Weltmodell abgebildet. Diese Modelle implizieren die Konstruktion einer gültigen Metrik und bilden zusammen mit einem Graphen, welcher ein Straßennetz repräsentiert, ein Grundgerüst für ein heuristisches Suchverfahren.

Das Verfahren bildet den Kern einer Anwendung, deren Architektur eine Benutzeroberfläche zur Interaktion, ein Logiksegment, welches die Suchroutine implementiert, und ein Datenbanksystem zur Verwaltung geospatialer Daten beinhaltet. Um den theoretischen Ansatz zu verifizieren, werden Daten mithilfe eines Elektrofahrzeugs aufgezeichnet und analysiert, auf deren Basis die Einflussfaktoren konfiguriert und die dazugehörigen Funktionen der Modelle konkretisiert werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Szenario	1
1.2	Ziel dieser Arbeit	3
1.2.1	Entwurf eines Routingalgorithmus	3
1.2.2	Darstellung einer Route	4
1.2.3	Verifizierung des Verfahrens mit einem Elektrofahrzeug	4
1.3	Gliederung dieser Arbeit	4
2	Elektromobilität	7
2.1	Elektrofahrzeugkonzepte	7
2.1.1	Personenkraftfahrzeuge	8
2.1.2	Zweiradfahrzeuge	11
2.1.3	Schienefahrzeuge	12
2.2	Probleme bei Elektrofahrzeugen	12
2.2.1	Leistungsfähigkeit von Traktionsbatterien	12
2.2.2	Reichweitenbeschränkung der Elektrofahrzeuge	14
2.2.3	Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge	15
2.3	Anforderungen für das energiebasierte Routing	16
3	Navigation	17
3.1	Problemstellung in der Navigation	17
3.2	Routing	19
3.2.1	Routingstrategien für treibstoffbetriebene Kraftfahrzeuge	19
3.2.2	Routingstrategien für andere Verkehrsteilnehmer	22
3.3	Suchverfahren in Graphen	23
3.3.1	Uninformierte Suche	24
3.3.2	Heuristische Suche	26

Inhaltsverzeichnis

4	Theoretischer Lösungsansatz	29
4.1	Skizzierung des Lösungsansatzes	29
4.2	Abbilden eines Straßennetzes in eine Graphenstruktur	31
4.3	Aufstellen einer Metrik auf Basis von Einflussfaktoren	32
4.3.1	Fahrzeugspezifische Einflussfaktoren	32
4.3.2	Umweltspezifische Einflussfaktoren	34
4.3.3	Konstruktion eines Fahrzeugmodells aus den fahrzeugspezifischen Einflussfaktoren	36
4.3.4	Konstruktion eines Weltmodells aus den umweltspezifischen Ein- flussfaktoren	39
4.3.5	Komposition einer Metrik zur Bestimmung der gesuchten Route	40
4.4	Auswahl eines Suchalgorithmus	43
4.4.1	Konstruktion einer Heuristikfunktion	43
4.4.2	Beweis für die Gültigkeit der konstruierten Heuristikfunktion . .	45
4.4.3	Algorithmus zur Routenberechnung	47
5	Praktische Umsetzung	49
5.1	Allgemeine Beschreibung der Implementierung	49
5.2	Architektur des Zielsystems	50
5.3	Komponenten des Zielsystems	52
5.3.1	Graphical User Interface	52
5.3.2	Heuristisches Suchverfahren	53
5.3.3	Objektrelationales Datenbanksystem	54
5.4	Verwendete Frameworks und Technologien	54
5.4.1	GeoTools	54
5.4.2	Geographische Daten von OpenStreetMap	56
5.4.3	Höhenbezogene Daten von SRTM	57
5.4.4	PostgreSQL mit PostGIS als geospatale Datenbankerweiterung .	58
5.5	Interaktionsdiagramme der Komponenten	61
5.6	Realisierung	63
5.6.1	Aufbereiten der geodäsischen Daten	63
5.6.2	Entwurf der JAVA-Klassen	65
5.6.3	Darstellung der Route	67
5.7	Probleme	68

Inhaltsverzeichnis

6	Evaluation	69
6.1	Konfiguration der Metrik auf Basis eines Elektrofahrzeug	69
6.1.1	Konfiguration der Parameter des Fahrzeugmodells	70
6.1.2	Konfiguration der Funktionen des Fahrzeug- und des Weltmodells	73
6.2	Verifizierung der Metrik auf Basis der Parametrierung	75
7	Diskussion und Ausblick	77
7.1	Ausblick	78
8	Anhang	79
	Abbildungsverzeichnis	85
	Tabellenverzeichnis	87
	Literaturverzeichnis	89

1 Einleitung

In der heutigen Zeit führt die Knappheit an nicht erneuerbaren Energieressourcen in vielen Bereichen zu einem Trend umweltschonender Technologien. Daher ist es nötig, umzudenken und Methoden zu entwickeln, welche das Hauptaugenmerk nicht ausschließlich auf das Erzielen von hohen Geschwindigkeiten und Zeitgewinn legen, sondern vor allem den Aspekt der sparsamen Nutzung von Ressourcen beachten.

Dieser Bereich schließt auch den effizienten Gebrauch von Traktionsbatterien, deren Energie zur Fortbewegung von Elektrofahrzeugen genutzt wird, in der Elektromobilität mit ein. Mit aktuellen Batterietechnologien lassen sich Elektromotoren realisieren, die schon energieeffizienter als Verbrennungsmotoren sind, jedoch ermöglichen sie den Fahrzeugen nur verhältnismäßig geringe Reichweiten. Hauptsächlich liegt dies daran, dass Batterien vergleichsweise viel Platz im Fahrzeug benötigen, da sie eine etwa um den Faktor 100 geringere Energiedichte besitzen als fossile Ressourcen wie Benzin oder Diesel [FWS09]. Daher hat die optimale Ausnutzung der Energie für die Mobilität bei batteriebetriebenen Fahrzeugen eine größere Bedeutung als bei herkömmlichen Fahrzeugen.

Ein möglicher Ansatzpunkt für eine Verbesserung ist, eine für Elektrofahrzeuge optimal geführte Navigation durch energiebasiertes Routing zu nutzen. Dies hat den Vorteil, dass im Gegensatz zur Berechnung von kürzesten oder schnellsten Routen auf die Minimierung des Energieverbrauchs geachtet wird. Ein solches Routing ist jedoch sehr komplex und von vielen Faktoren abhängig, wie das folgende Szenario aufzeigt.

1.1 Szenario

Viele Elektrofahrzeuge haben durch die begrenzte Batteriekapazität im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor nur eine geringe Reichweite. Das Fahrzeugmodell *smart fortwo electric drive* des Herstellers *Smart*, welches vollständig elektrisch angetrieben wird, besitzt eine Reichweite von etwa 135 km mit einer vollen Batterieladung¹, was beispielsweise einer Fahrt von Aachen nach Antwerpen entspräche. Dieser Wert wird jedoch nur vom Hersteller als Richtwert angegeben: In der Praxis werden solche Angaben sehr selten erreicht, in den meisten Fällen liegen sie darunter. Es gibt viele Gründe dafür, warum die Richtwerte des Herstellers bezüglich des Energieverbrauchs und der Reichweite oft nicht mit den Erfahrungen aus der Praxis übereinstimmen.

- **Steigungen**

Bei hohen Steigungen wird erheblich mehr Energie für die Anfahrt benötigt. Ebene

¹<http://www.smart.de/>