



Simulating Hybrid Location Models for Smart Agriculture Demonstrators

Masterarbeit

im Studiengang Angewandte Informatik der Fakultät Wirtschaftsinformatik und
Angewandte Informatik der Otto-Friedrich-Universität Bamberg

Lehrstuhl für Informatik, insbesondere Mobile Softwaresysteme/Mobilität

Verfasser: David Jares

Prüfer: Prof. Dr. Daniela Nicklas

Abstract

Contents

1	Introduction	1
1.1	Motivation	2
1.2	Problem Statement	2
1.3	Methodology	4
1.4	Outline	5
2	Requirement Analysis	6
3	Background	8
3.1	Project WeideInsight	9
3.2	Location Methods	9
3.2.1	GPS	9
3.2.2	Beacon-Proximity	9
3.2.3	Mioty	9
3.2.4	lateration	9
3.3	Location Models	9
3.3.1	geometric	9
3.3.2	symbolic	9
3.3.3	hybrid	9
3.4	Simulation	9
3.4.1	GPS data	9
3.4.2	animal movement data	9
3.4.3	Existing Simulators	9
3.4.4	Smart SPEC Simulator	9
3.4.5	Pauls Work	9
3.4.6	Simulation Plausibility (scientific Definition)	9
3.5	Demonstration	9
3.6	[Optional] Usability / UI	9
3.7	[Optional] Information Visualization	9
4	Konzeptteil	10
4.1	Model Boundaries	10
4.1.1	Targted at young adults / adults	10
5	Konzeptteil	11
5.1	Model Boundaries	11
5.1.1	Targted at young adults / adults	11

6	Umsetzung	12
6.1	Verwendete Technologie	12
7	Evaluierung	13
8	Fazit	14
	Bibliographie	14

List of Tables

List of Figures

Chapter 1

Introduction

Die Digitalisierung durchdringt alle unsere Lebensbereiche. Es gibt kaum einen Bereich, in welchem Mikrochips und Software nicht zumindest eine unterstützende Rolle spielen. Einerseits ist die Technologie in den vergangenen Jahren sehr gereift. Mikrochips sind so klein wie noch nie, auf einen Quadratzentimeter passen etwa 1 Milliarde Transistoren. Die Geräte sind dadurch kleiner, leistungstärker und verbrauchen zudem weniger Strom. Batteriebetriebene Geräte können dadurch länger betrieben werden, bevor diese erneut geladen werden müssen. Moderne Funktechnologie wie der Übertragungsstandard 5G ermöglichen Hochgeschwindigkeits Datenübertragungen. Bluetooth ermöglicht Datenübertragung mit äußerst geringem Stromverbrauch. Der Fortschritt in der Robotik ermöglicht es, viele Aufgabenbereiche maschinell zu unterstützen, sowohl bei monotonen Aufgaben Tätigkeiten als auch bei gefährlichen oder körperlich anspruchsvollen Aufgaben. Der Fortschritt in der künstlichen Intelligenz Ermöglicht Aufgaben der Software Entwicklung auf eine neue Art zu bewältigen, wodurch Algorithmen, welche sonst äußerst aufwändig und unpräzise zu programmieren wären, nun mithilfe von modernen Methoden automatisiert entwickeln werden können. Die dafür nötige rechenpower, Cloudnfrastruktur als auch die notwendigen Trainingsdaten für diese Datenhungrigen Algorithmen sind nun breit verfügbar. Durch die large Language Models beginnt nun ein neues Zeitalter im Hinblick auf die interaktive Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. Die Vernetzung von vielen kleinen Computergeräten wird als Internet of Things bezeichnet (IoT).Durch die Vernetzung wird es möglich, Systeme zu entwickeln, die sich physisch über eine größere Struktur erstrecken. Sensoren können Daten erfassen und an die Cloud Software zur Verarbeitung senden. Die Software kann dann wiederum Entscheidungen treffen und Handlungsanweisung an vernetzte Akteure weiter senden. So kann schließlich unsere physikalische Welt mit derComputerbasierten Welt vernetzt und vereint werden. Aber die Erhebung und Bereitstellung der für ein System notwendigen realen Datensätze kann dabei umständlich und Ressourcen intensiv ausfallen, und stellt somit potenzielle einen Engpass in der sonst eher agilen Software Entwicklung dar. Aus diesem Grund sind Simulatoren sehr nützlich, welche künstlich erzeugte Datensätze generieren und bereitstellen können. Die Entwicklung eines solchen Datengenerators, welcher qualitativ hinreichende Datensätze generieren kann ist ein Forschungsbereich, mit welchem sich diese Arbeit genauer beschäftigt.

1.1 Motivation

Die Digitalisierung nimmt weiterhin Fahrt auf und eröffnet neue Möglichkeiten für verschiedene Bereiche, auch für die Landwirtschaft. Moderne Technologien wie GPS, Drohnen oder Sensoren sind längst im Einsatz, um die Arbeit zu erleichtern, die Produktivität zu steigern und die Umwelt zu schonen. Das Projekt "WeideInsight" der Universität zeigt als gutes Beispiel die Chancen, welche die Digitalisierung in der Landwirtschaft bietet, um Tierwohl, Umweltschutz und Wirtschaftlichkeit zu verbinden. Dabei wird unter anderem das Verhalten von Milchkühen anhand von Bewegungsdaten analysiert um so Rückschlüsse auf ihren Gesundheits- und Wohlfühlzustand zu ziehen. Dabei werden in erster Linie Positionsdaten verwendet, welche eine bestimmte Kuh zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort erfassen.

Diese Bewegungsdaten können mit Hilfe verschiedener Technologien erfasst werden, beispielsweise mit GPS-Halsbändern welche jede Kuh trägt. Die Halsbänder senden in zeitlichen Abständen ein Signal an eine Basisstation, welche die Identifikationsnummer, die Zeit und die Position der Kuh aufzeichnet. Wenn mehrere dieser Daten über einen Zeitraum zusammengetragen werden ergeben sich als Resultat Bewegungsverläufe der jeweiligen Kühe. Die Daten können dann in die Cloud transferiert und dort gewinnbringend weiterverarbeitet werden. Die Auswertung kann dann das Verhalten der Kühe klassifizieren, ob eine Kuh ruht oder aktiv ist, ob sie steht oder liegt, ob sie frisst oder wiederkäut. Zudem können Anomalien im Verhalten festgestellt werden und als Warnsignal für mögliche Krankheiten oder Stress dienen.

Eine solche Analyse ermöglicht es den Bauern das Wohlbefinden ihrer Kühe besser zu überwachen und rechtzeitig einzugreifen, wenn eine Kuh auffällig wird. Zudem kann der sonst aufwändige manuellen Beobachtungsprozess reduziert werden. Dadurch könnten potenziell mehr Milchkühe gleichzeitig gehalten werden. Darüber hinaus können die individuellen Bedürfnisse jeder Kuh berücksichtigt werden, was zu einer Optimierung der Fütterung und Milchleistung beiträgt.

1.2 Problem Statement

- Das Projekt Weideinsight soll es ermöglichen, das Bauern ihre Kühe sowohl im Stall als auch auf der Weide automatisiert tracken können um im ASnschluss die Daten gewinnbringend zu verwerten. Die Positionen sollen möglichst Präzise sein, robust gegen Störung aufgrund äußerer Bedingungen sein, Und die dazu verwendeten Sender an den Halsbändern der Kühe sollen möglichst wenig Energie verbrauchen, so dass Möglichst wenig Wartungsaufwand zum Aufladen der Sendegeräte anfällt.

Dabei stehen momentan mehrere Technologien, die für das Tracking der Kühe verwendet werden können zur Verfügung. Sie alle haben ihre vor und Nachteile. Tatsächlich sind die Rahmenbedingungen zwischen Stall und Weide so unterschiedlich, dass manche der Technologien besser für den überdachten Stall geeignet sind, andere dafür besser auf der Weide funktionieren. Ein hybrides System aus mehreren Technologien scheint somit vielversprechend wenn es darum einen möglichst hohen Nutzen bei möglichst geringen Kosten für den Bauern zu realisieren. Dieses Konzept wird im Projekt WeideInsight verfolgt. Sobald das System aufgestellt und installiert ist, kann der Benutzer über ein User Interface mit dem System integrieren, egal ob durch ein mobiles Gerät oder über einen

klassischen Computer. Von dem Moment an sollte der Bauer in der Lage sein, das System zu seinem Vorteil zu nutzen.

Genau hier besteht ein Problem, denn Der Aufwand und die Kosten zur Etablierung eines solchen Systems Sind so hoch, dass in wirtschaftlich vernünftig agierender Bauer Möglichst gut den Mehrwert einschätzen möchte, bevor er diese riskante Investition tätigt. Diese vorherige Einschätzung sollte möglichst maßgeschneidert auf seinen eigenen Bauernhof projizieren können. Am besten wäre es, wenn er das System in Aktion sehen und testen könnte, bevor er den ganzen Aufwand und die Kosten aufbringt.

Für diesen Use Case bietet sich besonders gut die Verwendung einer Simulation an. Simulationen werden in vielen Disziplinen für verschiedenste Zwecke genutzt. Oft ermöglichen sie verschiedene Szenarien durch zu spielen, mögliche Schwachstellen und Optimierungsmöglichkeiten frühzeitig zu erkennen, Aber auch Kosten zu sparen, indem das System betrachtet und genutzt werden kann, noch bevor es in der Realität umgesetzt wird. Statt Bauplaner können zum Beispiel den Verkehrsfluss simulieren, bevor sie Tore Bauprojekte für Straßen und Verkehr umsetzen lassen. Flugpiloten können Flugsimulatoren nutzen, um verschiedene Flugzeuge und Szenarien zu simulieren, welche nur kostspielig und aufwändig in die Realität umzusetzen sind. Ein Bauer könnte den Simulator nutzen, um seinen individuellen Bauernhof abzubilden und die Kühe, ihre Bewegungen und ihr Verhalten betrachten und analysieren zu können. Die physische Ausprägung seines Bauernhofs kann er manuell im Userinterface konfigurieren. Er stellt die Anzahl und Art der Tiere ein, sowie Bestimmte Abläufe die zu bestimmten Zeiten stattfinden. Die Simulation generiert dann künstlich Bewegungsdaten über einen beliebigen Zeitraum für die konfigurierten Kühe. Der Farmer lässt sich die diese Daten dann visuell in einem UI anzeigen und kann dort mit ihnen interagieren.

Ein weiterer UseCase ist die Nutzung der simulierten Daten als Input für die Entwicklungsphasen der eigentlichen Software, denn ein Mangel an benötigten Inputdaten kann die Entwicklung und Auslieferung der Sofwtare erheblich beeinträchtigen. Hier können simulierte Daten als essenziellse Glied im Entwicklungsprozess dienen.

Eine Simulation welche ausreichend authentische Daten simuliert kann sich in der Praxis abhängig von der komplexität der zu modellierenden Problemdomäne und der zur Verfügung stehender Ressourcen als eine einfache oder aber als anspruchsvolle, unter Umständen sogar als unmöglich zu bewältigende Aufgabenstellung erweisen. Oft ist eine Simulationslösung auf einen bestimmten Aufgabenbereich zugeschnitten. Somit werden und wurden für viele Bereiche spezielle Simulatoren entwickelt. Oft existieren in einem konkreten Aufgabenbreich mehrere verschiedene Simulatoren, welche das Problem oder bestimmte Teilaspekte davon mit einem eigenen Ansatz zu bewältigen versuchen. Für das genannte Projekt WeideInsight wäre die Hauptaufgabe der Simulation die Erzeugung von künstlichen Positionsdate von Kühen auf der Farm über einen bestimmten Zeitraum hinweg. Das Layout des Bauernhofes sollte konfigurierbar sein, ebenso wie dessen Besetzung mit Kühen als auch die Erfassung von sich wiederholenden Prozeduren, welche die Kühe absolvieren müssen, wie beispielsweise zur in einem vorgegebenen Zeitrahmen zur Tränke zu gehen. Anhand dieser Inputdaten sollte plausible Datensätze generiert werden können.

In der Forschung wurden bereits einige Simulatoren für die Erzeugung von Positionsdaten für bewegte Objekte, unter anderem auch Tiere und Menschen , präsentiert. Wie sich herausstellt sind einige davon interessant für die Problemstellung im Projekt Weideinsight, wie zum Beispiel der SmartSPEC-Simulator [genaueres]. Dieser ist auf die Gener-

ierung von Bewegungsdate für Menschen in modernen Gebäudekomplexen ausgerichtet. Es gibt auch eine Forschungsarbeit für das Projekt WeideInsight, welche diesen SmartSPEC-simulator als Kernsystem einbindet und zugleich erforscht ob das System plausible Daten für Kühe im Stall eines Landwirts generieren kann. Die Ergebnisse der Arbeit scheinen dies soweit zu bestätigen. Da das System aber nur einen Teilaspekt der UseCases bedient, ist noch weitere Forschungsarbeit notwendig um die Tüchtigkeit des Systems im Hinblick auf das Gesamtprojekt zu evaluieren. Es stellt gegenwärtig eine funktionierende Basis für die Einbindung des SmartSPEC-simulators in eine Cloudarchitektur bereit, welche in ihrem Kern auf Microservices setzt. Das Resultat demonstriert eine funktionsfähige Implementierung und Verwendung des Systems, auf welche sich prinzipiell aufbauen lässt. Die Funktionalität ist jedoch sehr eingeschränkt, wenn Sie tatsächlich die oben beschriebenen UseCases bedienen und zur Demonstration von hybriden Bewegungsdaten verwendet werden sollte. Zum einen werden zwar Positionsdaten im Stallbereich generiert, es fehlt jedoch die Generierung von Positionsdaten für die Außenbereiche. Zum zweiten werden noch keine Abläufe unterstützt, welche die Tiere zu bestimmten Zeiten an bestimmten Orten durchführen. Wenn die Simulation zu Demonstrationszwecken für die Bauern dienen können soll, sind noch essenzielle Erweiterungen hinsichtlich der Datenvisualisierung und den Interaktionsmöglichkeiten mit dem System in der Benutzeroberfläche erforderlich.

Die vorliegende Forschungsarbeit versucht deshalb die folgende Forschungsfrage zu beantworten: "How can a plausible simulation of hybrid location-systems support the demonstration of smart agriculture applications?"

[(Probleme -j, echte Inputdaten als GroundTruth hilfreich/erforderlich)]

1.3 Methodology

Wir werden versuchen das Softwaresystem insofern zu erweitern, als das die Simulations-Funktionalität den grundlegenden UseCases bezüglich der Demonstration der Anwendung für echte Bauern genüge tut.

Dazu werden wir vorerst versuchen diejenigen Aspekte herauszuarbeiten, welche für eine hinreichende Demonstrierung des Systems zu Zwecken der Überzeugung der Bauern beachtet werden müssten. Als Fundament werden wir deshalb zuerst die UseCases zu unserer Fragestellung erarbeiten.

Im Anschluss betrachten wir relevante Forschungsarbeiten und Hintergrundwissen, welche beim Entwerfen von mögliche Problemlösungsansätzen für uns wichtig sind.

Danach werden wir eine abstrakte Softwarearchitektur herleiten, mit welcher wir zur Lösung der Problemstellung gelangen möchten.

Erst dann werden wir uns der konkreten Implementierung des Systems widmen. Es soll ein funktionaler Protoyp entstehen, der die formulierten UseCases möglichst hinreichend unterstützt.

Im Anschluss wird ein quantitave und auch qualitative evaluation des Prototypen durchgeführt, welche uns helfen soll zu beurteilen, in welchem Maß die Arbeit zur Beantwortung der Forschungsfrage beiträgt.

Die Resultate werden uns schließlich dazu dienen, um mögliche Aspekte für zukünftige Forschung aufzuzeigen.

1.4 Outline

[TODO]

Chapter 2

Requirement Analysis

—— Unser Ziel ist es, die Frage zu beantworten, wie mithilfe von plausiblen Simulationen von hybriden Positionssystemen die Demonstrierung von Smart-Farming-Applikationen unterstützt werden kann. Um dies zu erreichen, haben wir einen Kernansatz und eine Reihe von Anforderungen definiert, die unser System erfüllen muss.

Der Kernansatz besteht darin, dem Bauern einen optimalen Mehrwert zu bieten. Das bedeutet, dass die Kosten für das System tragbar sein sollten und der Mehrwert im Verhältnis zu den Gesamtkosten möglichst hoch sein sollte. Der Mehrwert ergibt sich aus der Verbesserung der Effizienz, der Qualität und der Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Praxis durch die Nutzung der Simulationen.

Die Anforderungen umfassen die Kernfunktionalität, die Zugänglichkeit, das User Interface, die Konfiguration, das Simulation Learning, die Simulation Generierung und die Resultate. Diese Aspekte werden im Folgenden näher erläutert.

Die Kernfunktionalität bezieht sich darauf, dass das System funktionieren und tun soll, was es laut WeideInsight soll. Das heißt, dass es in der Lage sein sollte, realistische und plausible Simulationen von hybriden Positionssystemen zu erzeugen und anzuzeigen, die verschiedene Szenarien und Parameter berücksichtigen.

Die Zugänglichkeit bezieht sich darauf, dass das System leicht zugänglich und über ein Mobiltelefon (App oder Browser) erreichbar sein sollte. Das ermöglicht es dem Bauern, das System jederzeit und überall zu nutzen.

Das User Interface bezieht sich darauf, dass das System für die Fachdomäne des Bauern verständlich sein sollte (kein IT-Wissen erforderlich) und den Benutzer leiten sollte. Das User Interface sollte intuitiv erfassbar sein und verschiedene Modi anbieten (simple mode und advanced mode), je nach dem Grad der Komplexität und Personalisierung, den der Benutzer wünscht. Das User Interface sollte auch Hilfestellung geben und Fehleingaben von vornherein verhindern.

Die Konfiguration bezieht sich darauf, dass das System dem Benutzer ermöglichen sollte, verschiedene Aspekte der Simulation anzupassen, wie zum Beispiel das Farmlayout (Indoor und Outdoor), die Kühe, die Events/Abläufe usw. Das erhöht die Realitätsnähe und die Relevanz der Simulation für den Bauern.

Das Simulation Learning bezieht sich darauf, dass das System dem Benutzer helfen sollte, die Grundlagen und die Vorteile der Simulation zu verstehen. Das sollte ein einfacher Zwischenschritt sein, bevor der Benutzer mit der eigentlichen Simulation beginnt.

Die Simulation Generierung bezieht sich darauf, dass das System dem Benutzer ermöglichen

sollte, die Simulation auszuführen, zu interagieren und leicht zu bedienen. Das System sollte auch keine langen Wartezeiten erfordern, um die Simulation zu generieren oder zu aktualisieren.

Die Resultate bezieht sich darauf, dass das System dem Benutzer nützliche Informationen und Feedback aus der Simulation liefern sollte. Der Mehrwert der Simulation für den Bauern sollte aus den Resultaten hervorgehoben oder offensichtlich werden. Das bedeutet, dass das System die Daten einfach oder automatisch analysieren sollte und nützliche Daten für den Bauern gut sichtbar machen sollte. Das System sollte auch Feedback geben, indem es Problembereiche aufzeigt und Optimierungsmöglichkeiten vorschlägt. Das System sollte auch verschiedene Konfigurationen speichern und Simulationsvergleiche ermöglichen. Der Bauer sollte verschiedene Simulationen oder Konfigurationen vergleichen können und quantitative Unterschiede sollten vom System aufgezeigt werden. Das System könnte zum Beispiel mehrere Simulationen quantitativ auswerten und die Resultate als sortierbare Tabelle anzeigen. —

Chapter 3

Background

3.1 Project WeideInsight

3.2 Location Methods

3.2.1 GPS

3.2.2 Beacon-Proximity

3.2.3 Mioty

3.2.4 lateration

3.3 Location Models

3.3.1 geometric

3.3.2 symbolic

3.3.3 hybrid

3.4 Simulation

3.4.1 GPS data

3.4.2 animal movement data

3.4.3 Existing Simulators

3.4.4 Smart SPEC Simulator

3.4.5 Pauls Work

3.4.6 Simulation Plausibility (scientific Definition)

3.5 Demonstration

3.6 [Optional] Usability / UI

3.7 [Optional] Information Visualization

Chapter 4

Konzeptteil

4.1 Model Boundaries

4.1.1 Targeted at young adults / adults

Chapter 5

Konzeptteil

5.1 Model Boundaries

5.1.1 Targeted at young adults / adults

Chapter 6

Umsetzung

6.1 Verwendete Technologie

Chapter 7

Evaluierung

Chapter 8

Fazit

Bibliography

Henrich, A., Six, H., and Widmayer, P. (1989). The LSD tree: Spatial access to multidimensional point and nonpoint objects. In Apers, P. M. G. and Wiederhold, G., editors, *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Very Large Data Bases, August 22-25, 1989, Amsterdam, The Netherlands*, pages 45–53. Morgan Kaufmann.

Erklärung

[TODO: Fügen Sie hier die Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung gemäss Ihrer Themabestätigung ein]

Datum

Unterschrift