

Institut für Informatik

Bachelorarbeit

Indoor Positionierung mittels Bluetooth Low Energy

Kevin Seidel

24.09.2013

Erstgutachter: Prof. Dr. Oliver Vornberger

Zweitgutachterin: Prof. Dr. Elke Pulvermüller

Danksagungen

Hiermit möchte ich allen Personen danken, die mich bei der Erstellung der Arbeit unterstützt haben:

- Herrn Prof. Dr. Oliver Vornberger für die Tätigkeit als Erstgutachter und für die Bereitstellung der interessanten Thematik.
- Frau Prof. Dr. Elke Pulvermüller, die sich als Zweitgutachterin zur Verfügung gestellt hat.

Zusammenfassung

Bluetooth

Abstract

Bluetooth

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziele der Bachelorarbeit	2
2	Technologien	3
2.1	Bluetooth 4.0	3
2.2	Bluetooth Low Energy	3
2.2.1	iBeacons	4
2.3	iOS und Xcode	5
2.4	CoreLocation-Framework	5
2.4.1	iBeacons-API	5
2.4.2	Weitere API's	5
2.5	CoreData-Framework	5
3	Werkzeuge	7
3.1	Xcode	7
3.2	Versionsverwaltung mit Git	7
3.3	iPhone	7
4	Daten und Messungen	9
4.1	Mobile iBeacons	9
4.2	Stationäre iBeacons	9
4.3	Außenmessungen	9
4.4	Innenraummessungen	9
5	Umsetzung und Implementation	11
5.1	Ansatz zur Positionsbestimmung	11
5.2	Trilateration	11
5.3	Fingerprinting	11
6	Fingerprinting	13
6.1	Positionsbestimmung	13
6.1.1	Nearest-Neighbor-Verfahren	13
6.1.2	Prohabilitisches-Verfahren	13
7	Fazit und Ausblick	15
	Bibliography	16

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die GPS-Navigation ist seit Jahren aus keinem Auto mehr wegzudenken. Wo früher Karten genutzt wurden und nach Straßennamen geschaut wurde, wird heute die Zieladresse in das Navigationssystem eingegeben und das System bestimmt selbstständig die aktuelle Position, die Zielposition und errechnet die bestmögliche Route. Ein Problem der GPS-Navigation ist jedoch, dass diese nur unter freiem Himmel akzeptabel funktioniert. In der Realität verbringen wir jedoch den Großteil unserer Zeit in Gebäuden, wo uns dieser Ansatz wenig weiterhilft.

Daher wäre es sinnvoll, eine Alternative zu GPS zu schaffen, welche diese Funktionen in Innenräume realisiert. Da man jedoch für Innenräume kein eigenes Navigationssystem kaufen möchte, liegt die Idee nahe, dieses Konzept auf einem Gerät zu realisieren, das sowieso schon viele Leute besitzen und auch schon für die GPS-Navigation nutzen. Das Smartphone. Wie in Abbildung 1 zu sehen, hat die Verbreitung der Smartphones in den letzten Jahren sehr stark zugenommen, sodass man annehmen kann, dass ein Großteil der potentiellen Nutzer der Indoor Positionierung auch ein Smartphone besitzt.

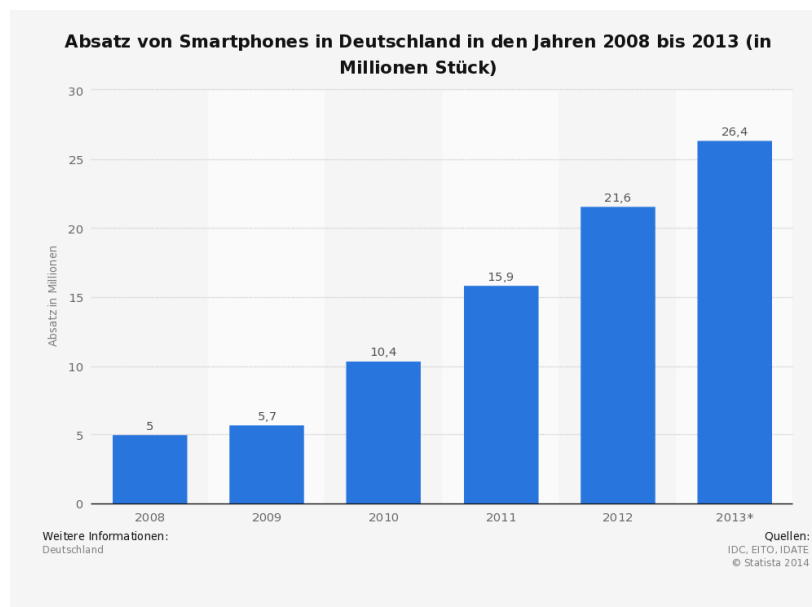


Abbildung 1.1: Smartphoneabsatz in Deutschland

Für die Indoor Positionierung würden verschiedene Technologien in Frage kommen, wie zum Beispiel Wireless LAN, RFID oder Bluetooth. Diese Technologien bieten sich an, da sie schon von Haus aus in vielen Smartphones integriert sind und so kein Bedarf an neuen Geräten oder Erweiterungen besteht.

Schlussendlich viel die Entscheidung der zu verwendenden Technologie auf Bluetooth, da dieses die höchste Verbreitung bietet und auch weitere Vorteile mit sich bringt. Zum einen ermöglicht Bluetooth eine schnelle und einfache Einrichtung und zum anderen benötigen die Bluetooth-Sendestationen nicht zwingend einen Stromanschluss, sondern erlauben auch einen Batteriebetrieb über mehrere Monate bis Jahre.

Die Positionierung in Innenräumen mittels Bluetooth ist ein relativ neuer Ansatz, welcher jedoch seit der Präsentation von Bluetooth Low Energy und der Vorstellung der iBeacons-Technologie von Apple immer mehr an Aufmerksamkeit gewonnen hat.

1.2 Ziele der Bachelorarbeit

Das Hauptziel dieser Arbeit ist es zu untersuchen, in wie weit sich Bluetooth Low Energy beziehungsweise die darauf basierende iBeacons-Technologie für eine akzeptable Indoor Positionierung eignet, um Endgeräte zum Beispiel in Verkaufsräumen zu orten und zu identifizieren.

2 Technologien

2.1 Bluetooth 4.0

Die Bluetooth-Version 4.0, oder auch Bluetooth Smart genannt, wurde 2009 final spezifiziert und wird seit Ende 2010 in Endgeräten eingesetzt. Dieser Standard beinhaltet neben dem klassischen Bluetooth, eine neue Version, mit dem Namen Bluetooth Low Energy, welche, wie der Name schon andeutet, einen sehr viel geringeren Stromverbrauch vorweist. Dabei ist der Stromverbrauch zwischen zwei und 100 mal geringer als beim klassischen Bluetooth.

2.2 Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy wurde Anfangs von Nokia unter dem Namen "Wibree" entwickelt. Die Zielsetzung dabei war es eine Technologie zu entwickeln, mit der sich Computer und Mobilgeräte schnell und einfach mit Peripherie-Geräten verbinden lassen. Das Hauptaugenmerk galt dabei dem geringen Stromverbrauch, kompakter Bauweise und den Kosten für die benötigte Hardware. Im Jahr 2007 wurden diese Spezifikationen dann in den, sich in der Entwicklung befindenden, Bluetooth-Standard 4.0 aufgenommen und daraufhin in Bluetooth Low Energy, oder kurz BLE umbenannt.

Bluetooth Low Energy arbeitet wie das klassische Bluetooth im 2,4 GHz Band, bringt aber in der Funktionsweise einige Unterschiede mit sich.

So wurde, im Vergleich zum klassischen Bluetooth, die Datenrate von bis zu 3 Mbit/s auf maximal 1 Mbit/s reduziert. Dies führt dazu, dass BLE zum Beispiel nicht für Headsets genutzt werden kann, da die zur Verfügung stehende Übertragungsrate nicht für die Audioübertragung ausreicht.

Die Vorteile die BLE mit sich bringt, liegen vor allem in der niedrigen Latenz, welche von 100ms auf bis zu unter 3ms reduziert wurde, und, wie bereits erwähnt, der Energieverbrauch drastisch gesenkt wurde.

Bluetooth Low Energy bietet darüber hinaus eine Vielzahl sogenannter GATT-Profile (Generic Attribute Profile). Die bereitgestellten GATT-Profile sind Richtlinien für die Bluetooth-Funktionalität, sprich, welche Daten übertragen werden und in welcher Form. Dies erlaubt eine einfache und schnell Interoperabilität zwischen verschiedenen Geräten. Ein Beispiel für ein GATT-Profil wäre zum Beispiel das "Heart Rate Profile", welches beispielsweise die Verbindung und Kommunikation eines Pulsmessgurtes mit einem Endgerät beschreibt. So wird sichergestellt, dass dieser Gurt mit jedem Endgerät auf die selbe Weise funktioniert.

2.2.1 iBeacons

Die iBeacons-Technologie wurde am 10. Juni 2014 von Apple auf der Worldwide Developers Conference vorgestellt. Diese basiert auf Bluetooth Low Energy und arbeitet mit einem von Apple entwickelten GATT-Profil.

Beacon bedeutet übersetzt "Leuchtfeuer" und die Funktionsweise der Beacons ist dem sehr ähnlich. Einmal in Betrieb genommen, sendet das Beacon kontinuierlich ein Signal, in welchem sich Daten zur Identifizierung des Beacons befinden.

Neben den Identifikationsdaten kann das Empfangsgerät noch weitere Größen bestimmen. Es ist so zum Beispiel möglich die ungefähre Entfernung einzuschätzen. In der iBeacons-API sind dafür vier verschiedene Zustände definiert: *Far*, *Near*, *Immediate* und *Unknown*. Diese Werte erlauben eine grobe Entfernungseinschätzung und für eine genauere Bestimmung lässt sich noch eine weitere Kenngröße bestimmen, der *Accuracy*-Wert. Dabei handelt es sich um eine ungefähre Entfernungsangabe in Metern, welche jedoch ausdrücklich nur zur Differenzierung zwischen zwei Beacons genutzt werden soll und keinesfalls eine genaue Entfernung angibt.

Daten	Format	Beschreibung	Beispiel
UUID	16-stellige Hexadezimalzahl	Identifizierung	3F4
Major	Integerzahl	Identifizierung einer Region	12
Minor	Integerzahl	Identifizierung eines einzelnen Beacons	132
Proximity	Drei Entfernungsstufen	Ungefähre Entfernung	Far, Near, Immediate und Unknown
Accuracy	Wert in Meter	Bestimmung der ungefähren Entfernung	1.243 m
RSSI	Signalstärke in dBm	Signalstärke des empfangenen Signals	-42 dBm



Abbildung 2.1: Außenhülle

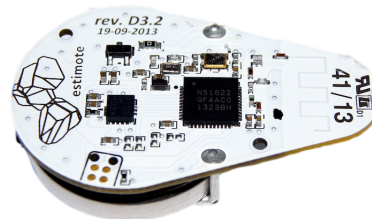


Abbildung 2.2: Chipsatz mit Bluetooth-Modul

Abbildung 2.3: Ein iBeacon der Firma "estimote"

2.3 iOS und Xcode

2.4 CoreLocation-Framework

2.4.1 iBeacons-API

2.4.2 Weitere API's

2.5 CoreData-Framework

3 Werkzeuge

3.1 Xcode

3.2 Versionsverwaltung mit Git

3.3 iPhone

4 Daten und Messungen

4.1 Mobile iBeacons

4.2 Stationäre iBeacons

4.3 Außenmessungen

4.4 Innenraummessungen

5 Umsetzung und Implementation

5.1 Ansatz zur Positionsbestimmung

5.2 Trilateration

5.3 Fingerprinting

6 Fingerprinting

6.1 Positionsbestimmung

6.1.1 Nearest-Neighbor-Verfahren

6.1.2 Prohabilistisches-Verfahren

7 Fazit und Ausblick

Erklärung

Ich versichere, dass ich die eingereichte Bachelor-Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe verfasst habe. Anderer als der von mir angegebenen Hilfsmittel und Schriften habe ich mich nicht bedient. Alle wörtlich oder sinngemäß den Schriften anderer Autoren entnommenen Stellen habe ich kenntlich gemacht.

Osnabrück, den 24.09.2013

(Kevin Seidel)