



## Masterarbeit

# Lighthouse Keeper

## Ein neues Verfahren für Indoor-Lokalisierung mit adaptiven iBeacon Konfigurationen

von

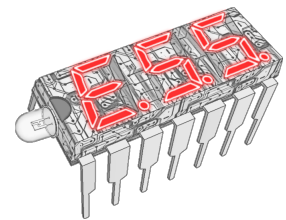
André Pieper

Geb. 28.03.1988 in Berlin

Matrikelnummer: 184960

31. März 2015

Erstprüfer: Jun.-Prof. Dr.-Ing. Sebastian Zug  
Otto-von-Guericke-Universität  
Fakultät für Informatik  
Institut für Verteilte Systeme  
Lehrstuhl Embedded Smart Systems  
Universitätsplatz 2, D-39106, Magdeburg



Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Abbas Omar  
Otto-von-Guericke-Universität  
Fakultät für Elektro- und Informationstechnik  
Institut für Informations- und Kommunikationstechnik  
Lehrstuhl für Hochfrequenz- und Kommunikationstechnik  
Universitätsplatz 2, D-39106, Magdeburg





## Kurzdarstellung

Satellitengestützte Navigationssysteme sind in der heutigen Zeit ein fester Bestandteil des alltäglichen Lebens. Sie ermöglichen zum Beispiel die Orientierung eines Autofahrers auf für ihn fremden Straßen und sind mittlerweile serienmäßig in Autos, Smartphones und sogar Kameras fest integriert. Aber die Signale der satellitengestützten Lokalisierungs-Systeme wie GPS, GLONASS und Galileo verlieren sich in Gebäuden, da sie durch deren Strukturen absorbiert, bzw. reflektiert werden. Dabei soll, so wie die „Outdoor“-Navigationssysteme den Straßenverkehr revolutionierten, ein neues „Indoor“-System das Vorankommen von Menschen in Gebäuden verändern: die iBeacons. Während es viele Unternehmen gibt, die diese Systeme bereits herstellen und vermarkten, gibt es jedoch noch keine geeignete Strategie, wie für die Lokalisierung nötige Infrastruktur erstellt werden kann. Zudem fehlt für die Planung von Aufbau und Instandsetzung der iBeacon-Lokalisierungsfeldern eine optimale Umsetzung. Gegenstand dieser Arbeit soll es sein, ein mögliches Verfahren dafür zu entwickeln und sich dabei verstärkt auf Automation mithilfe von Robotern zu konzentrieren, um das Potential dieser jungen Technologie weiter auszuschöpfen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Entwicklungsgeschichte . . . . .	1
1.2 Aufbau und Funktionsweise von Beacons . . . . .	1
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>2</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Offizielles Bluetooth Smart Logo [3]	1
1.2	Offizielles iBeacon Logo [1]	1
1.3	Explosionszeichnung Beacon [5]	2

# Abkürzungsverzeichnis

BLE - Bluetooth Low Energy

RSSI - Received Signal Strength Indication

# 1 Einleitung

Ein neues System zur innerräumlichen Lokalisierung stellt das sogenannte iBeacon-Verfahren (z. Dt. Leuchtfeuer) dar. Die Vorteile dieses Systems gegenüber bisherigen Indoor-Lokalisierungslösungen sind zum einen die geringen Kosten, sowie die hohe Flexibilität/Autonomie der einzelnen Elemente. Denn viele andere Ansätze, wie z.B. die Indoor-Positionierung mit künstlichen Magnetfeldern [6], die WLAN-basierte Ortung [8] oder andere hochfrequenz-basierte Entfernungsmessungen benötigen eine teure und aufwendige Infrastruktur, welche auch eine bauliche Änderung am Gebäude benötigen. Die Einfachheit der Anbringung der Beacons und die weitere Verbreitung des verwendeten Bluetooth-Protokolls auf mobilen Geräten sorgen für ein großes Einsatzspektrum und fördern dabei dessen Verbreitung.

## 1.1 Entwicklungsgeschichte

Der Grundstein für die Beacon-Technologie legte die Firma Nokia im Jahre 2006. Damals entwickelte die Firma den neuen Standard *Wibree* für die Funkübertragung, der den alten Bluetooth-Standard ersetzen sollte. Mit der Neuentwicklung versprach man sich im Gegensatz zu Bluetooth einen geringeren Stromverbrauch und geringere Kosten, bei einem gleichbleibenden Kommunikationsbereich. Ab dem Jahr 2009 wurde der Bluetooth-Standard um Wibree ergänzt, unter dem Namen *Bluetooth Low Energy (BLE)* darin aufgenommen [2] und anschließend unter *Bluetooth Smart* vermarktet.



Abb. 1.1: Offizielles Bluetooth Smart Logo [3]



Abb. 1.2: Offizielles iBeacon Logo [1]

Die Idee der Nutzung von Bluetooth Low Energy zur Indoor-Lokalisierung stammt dabei von der Firma Apple Inc. und wurde von ihr im Jahre 2013 auf der WWDC (Worldwide Developers Conference)[4] unter dem Namen *iBeacon* angekündigt. Obwohl zu dem Zeitpunkt noch kein fertiges Gerät zur Verfügung stand, wurde diese Technologie als Neuerung in Apples mobilen Betriebssystem iOS 7 vorgestellt. Jedoch verzichtet Apple seither auf die Produktion von iBeacons, was andere Unternehmen nutzen um selbst in den Markt einzusteigen. Deren Produkte unterstützen dabei zusätzlich die mobilen Betriebssysteme Android ab Version 4.3 und Windows Phone 8. Somit wäre die Beacon-Technologie mittlerweile in über 99,5% aller mobilen Geräte (Smartphones, Tablets, Smartwatches, etc.) weltweit nutzbar [7].

## 1.2 Aufbau und Funktionsweise von Beacons

Die Grundbausteine eines Beacon sind ein Mikrocontroller, ein BLE-Sendemodul und eine Batterie. Anschaulich wird dies in Abbildung XXX, wo ein *Estimote Beacon* der Firma Estimote

Inc. in mehreren Schichten zu sehen ist. Die Estimote Beacons sind repräsentativ für die Produkte der gesamten Branche, weswegen sie auch als Referenzprodukt für diese Arbeit dienen.

(Foto von einem nackten Beacon mit Erklärung, bzw. Linien einzeichnen und nummerieren (Antenne, Mikrocontroller, Batterie))

Die Beacons haben eine Sendeleistung von ... bis ... und senden in Intervallen von ... bis ... ms. Unidirektionale Übertragung.

Dabei sendet ein beacon im Bluetooth Low Energy Protokoll Zur Lokalisierung senden die Beacons drei Informationen:

- Identifikationsnummer
- eingestellte Signalstärke
- zusätzliche Angaben

(Bilder)

Änderbar sind die:

- Identifikationsnummer
- eingestellte Signalstärke
- Sendeintervall
- zusätzliche Angaben

iBeacons sind kleine Bluetooth-Sender die im Raum platziert werden und anhand des Verlustes der Signalstärke über die Distanz wird die Position relativ vom Empfänger zum Beacon berechnet. Die Strukturen in Gebäuden, wie Wände, Decken und Raumelemente, haben dabei einen negativen Einfluss auf die Signale und erschweren die Berechnung der Position. Es gilt nun ein Verfahren zu entwickeln, welches die Positionierung der iBeacons

Hier könnten theoretische Annahmen beschrieben und erklärt werden. Zum Beispiel ließe sich hier die Funktionsweise von iBeacons erklären, zusammen mit einer kleinen Einleitung in WLAN und Bluetooth (also welche Kanäle benutzt Bluetooth LE, sind die Beacons so schlau und suchen vor einer Signalsendung den Raum ab, ob gerade jemand anderes sendet und warten somit auf einen freien Raum). Desweiteren warum 2,4 Ghz als Frequenz beim Bluetooth LE-Format verwendet wird (Politik mit Vergabe der Sendefrequenzen, bei 2,4 Ghz ist die Eigenschwingung von Wasser, deswegen ist diese Frequenz frei, usw.).

Als Referenzprodukt für Beacons dient in dieser Arbeit das *Estimote Beacon* von der Firma *Estimote Inc.*. Als Auswahlkriterium diente zum einen die Verfügbarkeit des Produktes, sowie eine funktionierende SDK, um den Entwicklungsaufwand so gering wie möglich zu halten.

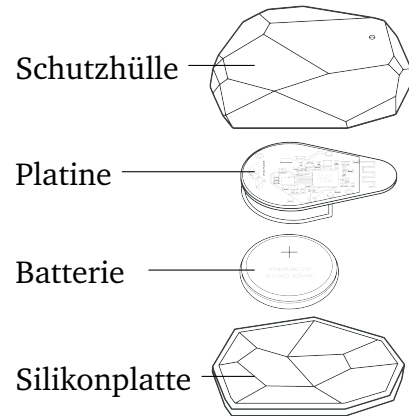


Abb. 1.3: Explosionszeichnung Beacon [5]



## Literaturverzeichnis

- [1] APPLE INC.: iBeacon Logo. <https://developer.apple.com/ibeacon/>. Version: 2015
- [2] BLUETOOTH SIG, INC: SIG INTRODUCES BLUETOOTH LOW ENERGY WIRELESS TECHNOLOGY, THE NEXT GENERATION OF BLUETOOTH WIRELESS TECHNOLOGY. In: bluetooth.com (2009). <http://www.bluetooth.com/Pages/Press-Releases-Detail.aspx?ItemID=4>
- [3] BLUETOOTH SIG, INC: Bluetooth Smart Logo. <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Brand.aspx>. Version: 2014
- [4] D. E. DILGER: Inside iOS 7: iBeacons enhance apps' location awareness via Bluetooth LE. In: appleinsider.com (2013). <http://appleinsider.com/articles/13/06/19/inside-ios-7-ibeacons-enhance-apps-location-awareness-via-bluetooth-le>
- [5] ESTIMATE INC.: Estimate Beacon Illustration 2. <http://estimote.com/assets/gfx/press/press-beacon-illustration-2.cd71f93a.png>. Version: 2015
- [6] J. BLANKENBACH AND A. NORRDINE: Indoor-Positionierung mit künstlichen Magnetfeldern. In: zfv 1 (2013). [geodaesie.info/sites/default/files/privat/zfv\\_2013\\_1\\_Blankenbach\\_Norrdine.pdf](http://geodaesie.info/sites/default/files/privat/zfv_2013_1_Blankenbach_Norrdine.pdf)
- [7] MOBILE-STUDIEN.DE: Marktanteile mobiler Betriebssysteme Q1 2014. <http://mobile-studien.de/marktanteile-betriebssysteme/marktanteile-mobiler-betriebssysteme-q1-2014/>. Version: 2014
- [8] P. BAHL AND V. N. PADMANABHAN: RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system. In: INFOCOM '00. Proceedings of 19th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies 2 (2000), 775–784. <http://research.microsoft.com/pubs/68671/infocom2000.pdf>