

# **Bluetooth Low Energy - Funktionsweise und Einordnung in den Bereich der IOT Kommunikationsprotokolle**

Thomas Randl  
Fakultät für Informatik

WS 2019/20

In dieser Arbeit wird der Aufbau und die Funktionsweise der Funktechnik Bluetooth Low Energy (BLE) erläutert. Dabei wird zuerst der Protokollstack im Bezug auf die einzelnen Layer und die BLE spezifischen Profile betrachtet. Anschließend wird genauer auf die Kommunikation zwischen den einzelnen Verbindungspartnern eingegangen. Dabei wird insbesondere erklärt, welche Schritte notwendig sind um Datenpakete zu übertragen. Des Weiteren wird erläutert, wie der Verbindungsaufbau zwischen den Kommunikationspartnern abläuft und welche Rollen die jeweiligen Partner dabei einnehmen. Nachdem die Funktionsweise erläutert wurde, wird das „Featureset“ von BLE erklärt und mit aktuellen Internet of Things (IOT) Protokollen verglichen. Anhand der erarbeiteten Informationen wird dann am konkreten Beispiel der „iBeacons“ erläutert, wie BLE in der Praxis Anwendung findet.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Ein Abschnitt der Einleitung . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Technische Grundlagen und Implementierungen</b>	<b>4</b>
2.1	Beispiele für Implementierungen . . . . .	4
2.2	Hardware . . . . .	5
2.3	Frequenzbereich . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Funktionsweise Bluetooth Low Energy</b>	<b>6</b>
3.1	Protokollstack . . . . .	6
3.1.1	Physical Layer . . . . .	6
3.1.2	Linked Layer . . . . .	6
3.1.3	Profile . . . . .	6
3.2	Kommunikation . . . . .	6
3.2.1	Advertisement . . . . .	6
3.2.2	Verbindung . . . . .	6
3.2.3	Datenaustausch . . . . .	6
3.3	Featureset (Kosten, Reichweite, Energieverbrauch, etc... am Titel muss ich noch schrauben) . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Anwendungsbeispiel iBeacon</b>	<b>6</b>
4.1	Funktionsweise . . . . .	6
4.2	Kommunikation . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Vergleich mit anderen Kommunikationsprotokollen</b>	<b>6</b>
5.1	ZigBee . . . . .	6
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>6</b>
<b>A</b>	<b>Erster Abschnitt des Anhangs</b>	<b>7</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

<b>BLE</b>	Bluetooth Low Energy
<b>IOT</b>	Internet of Things

(a) Originalbild

(b) erweitertes Bild

Abbildung 1: Beispiel eines Augmented Reality Systems: es folgt eine Beschreibung (Bilder aus [Sch01])

Sequence	ARTS	wman	stcams	ARTVZ	ARTSUZ
# Frames	190	40	400	270	190
# relative movements	17955	780	79800	36315	17955
# movements after pre-sel.	14336	623	37915	21788	14343
min. angle in seq.	0.233°	5.95°	0.154°	0.00000171°	0.0388°
max. angle in seq.	81.7°	180°	47.3°	80.3°	80.9°
min. angle after pre-sel.	12.9°	21.1°	17.3°	16.3°	12.9°
max. angle after pre-sel.	81.7°	161°	47.3°	80.3°	80.9°

Tabelle 1: Datenselektion für verschiedene Testdatensätze.

## 1 Einleitung

### 1.1 Ein Abschnitt der Einleitung

Einen Überblick findet man z. B. in [Aue00].

Ein Beispiel wird in Abb. 1 gezeigt. Das verwendete Objekt ist in Abb. 1a dargestellt, das Ergebnis in Abb. 1b.

Eine Formel

$$f(x) = \frac{1}{3}x + 5, \quad x \in \mathbb{R}. \quad (1)$$

Und noch eine:

$$M = Ax\pi, \quad A \in \mathbb{R}^{2 \times 2}, x \in \mathbb{R}^2. \quad (2)$$

Tabelle 1 gibt einen Überblick über XYZ.

## 2 Technische Grundlagen und Implementierungen

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über die zentralsten BLE Anwendungen gegeben. Zusätzlich wird die Hardwareebene im Bezug auf die physikalischen Voraussetzungen und die genutzten Frequenzbereiche näher betrachtet.

### 2.1 Beispiele für Implementierungen

Im einundzwanzigsten Jahrhundert steigt die Verwendung von Geräten, welche drahtlos mit einem Empfangsgerät kommunizieren können. Vor allem die Einführung des Smartphones hat an diesem Punkt die drahtlose Kommunikation vorangetrieben. Nutzer wollen viele Funktionen zur Verfügung gestellt bekommen, um den persönlichen Alltag einfacher gestalten zu können.

Schon vor der Einführung des Smartphones war das Kommunikationsprotokoll „Bluetooth“ auf Mobiltelefonen verfügbar. Dabei wurde es hauptsächlich zum Datentransfer zwischen zwei Bluetoothfähigen Endgeräten verwendet. Das Hauptproblem, welches der Nutzer dabei erfahren musste, ist, dass diese Form der Datenübertragung sehr viel Zeit in Anspruch genommen hat. Dies lässt sich auf die geringe Datenmenge zurückführen, die pro Paket möglich ist.

Nachdem das Smartphone immer mehr an Beliebtheit gewonnen hat und sich der Begriff des IOT entwickelt hat, reagierte die „Bluetooth Special Interest Group“, indem sie ein Protokoll erarbeiteten, welches einen möglichst geringen Stromverbrauch, eine geringe Bandbreite und niedrige Komplexität bietet [Tow14].

Mit der Einführung von BLE kam die Möglichkeit kleine Datensignale zwischen Geräten auszutauschen. Ein aktuell sehr bekanntes Beispiel sind dabei sogenannte „Smartwatches“. Diese bieten neben der Möglichkeit die Uhrzeit bereitzustellen viele weitere Funktionen, wie beispielsweise die Steuerung von Telefongesprächen, oder die Fernsteuerung der Musikwiedergabe. Der Nutzer erhält durch ein derartiges Gerät die Möglichkeit, sein Smartphone in gewissen Bereichen fernzusteuern.

Beinahe jeder Mensch in der heutigen Zeit besitzt und nutzt ein Smartphone. Jedes Smartphone ist dabei mit einer Bluetoothschnittstelle ausgestattet. Dieser Sachverhalt liefert die Möglichkeit, nicht nur eine „Smartwatch“ mit dem Smartphone zu verbinden, sondern jegliches Empfangsgerät, welches der Nutzer benötigen könnte. Besonders beliebt sind dabei Fitnessgeräte, die dem Nutzer Informationen über sein Fitnesslevel liefern.

Allerdings liefert der Sachverhalt, dass beinahe jeder Nutzer Bluetooth nutzt auch andere „Use-cases“. Mit sogenannten „Bluetooth beacons“ (siehe Kapitel 4) kann man beispielsweise mittels Triangulation die Position einer Person in einem Raum bestimmen. Dies kann beispielsweise bei der Umsetzung von autonomen Supermärkten behilflich sein, um zu bestimmen, welche Lebensmittel der Kunde besucht hat. Auch für die Marktforschung kann das sehr interessant sein.

## **2.2 Hardware**

Lorem psum

## **2.3 Frequenzbereich**

# **3 Funktionsweise Bluetooth Low Energy**

## **3.1 Protokollstack**

### **3.1.1 Physical Layer**

### **3.1.2 Linked Layer**

### **3.1.3 Profile**

## **3.2 Kommunikation**

### **3.2.1 Advertisement**

### **3.2.2 Verbindung**

### **3.2.3 Datenaustausch**

## **3.3 Featureset (Kosten, Reichweite, Energieverbrauch, etc... am Titel muss ich noch schrauben)**

# **4 Anwendungsbeispiel iBeacon**

## **4.1 Funktionsweise**

## **4.2 Kommunikation**

# **5 Vergleich mit anderen Kommunikationsprotokollen**

## **5.1 ZigBee**

# **6 Fazit**

## **A Erster Abschnitt des Anhangs**

In diesem Anhang wird . . .

## Literatur

- [Aue00] T. Auer. *Hybrid Tracking for Augmented Reality*. Dissertation, Technische Universität Graz, Graz, Austria, 2000.
- [Sch01] J. Schmidt, I. Scholz und H. Niemann. Placing Arbitrary Objects in a Real Scene Using a Color Cube for Pose Estimation. In B. Radig und S. Florczyk, Hg., *Pattern Recognition, 23rd DAGM Symposium*, Bd. 2191 von *Lecture Notes in Computer Science*, S. 421–428. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2001.
- [Tow14] K. Townsend, C. Cufi, Akiba und R. Davidson. Getting Started with Bluetooth Low Energy. In *Tools and techniques for lowpower networking*, S. 1. O'Reilly Media Inc., Sebastopol, United States of America, 2014.