

Bluetooth Low Energy - Introducing iBeacon

Proseminar Microcontroller und eingebettete Systeme WS 2014/2015

Dennis Maier

Lehrstuhl für Echtzeitsysteme und Robotik

Fakultät für Informatik

Technische Universität München

Email: dennis.maier@tum.de

INHALTSVERZEICHNIS

I	Motivation	2
II	Bluetooth Low Energy	2
II-A	Bluetooth 4.0 - Entstehung und Nutzen	2
II-B	Technologie	2
II-B.1	Architektur - BLE Protocol Stack	2
II-B.2	Eigenschaften	4
II-C	Zigbee	4
II-D	Möglichkeiten	5
III	Anwendung - iBeacon	5
III-A	Was ist iBeacon?	5
III-B	Lokalisierung	5
III-C	Vorteile	6
III-C.1	iBeacons als Werbemedium	6
III-C.2	Bereicherung bei öffentlichen Veranstaltungen	6
III-C.3	Home-Automation	6
III-D	Nachteile	7
III-D.1	Privatsphäre - Big Data	7
III-D.2	Beschränkte Nutzbarkeit	7
III-E	iBeacon vs. NFC	7
III-F	Ausblick	8
IV	Zusammenfassung	8
Literatur		8

Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Bluetooth Low Energy, seinen technischen Aspekten und den Nutzen in aktuellen Technologien, insbesondere in Apples iBeacon.

Schlüsselworte

Bluetooth 4.0 - Bluetooth Smart - Bluetooth Low Energy - BLE - ZigBee - Mikrocontroller - BLE Protocol Stack - iBeacon - NFC

I. MOTIVATION

In der heutigen Zeit spielt Umweltschutz und damit verbunden der Aspekt des Energiesparens eine allgegenwärtige Rolle. Neben dem wachsenden Interesse an elektrischer Fortbewegung in der Automobilindustrie und dem Erschließen erneuerbarer Energien durch beispielsweise Wind- oder Sonnenenergie macht dieser Trend auch im Bereich der Mikrocontroller nicht Halt.

Mit der Einführung von Bluetooth 4.0, insbesondere dem damit verknüpften “Bluetooth Low Energy (BLE)”-Konzept ergibt sich nun die Möglichkeit, extrem energiesparenden Datenaustausch zwischen Geräten zu realisieren.

So kann im Prinzip jeder, der über ein aktuelles Smartphone verfügt von dieser Technik profitieren und sein Leben noch bequemer und intuitiver gestalten. Nicht zuletzt durch den Einsatz von BLE bei den von Apple erdachten iBeacons, die auf verschiedenste Weisen unseren Alltag ergänzen wollen.

II. BLUETOOTH LOW ENERGY

A. Bluetooth 4.0 - Entstehung und Nutzen

Der in den 1990er Jahren von der “Bluetooth Special Interest Group (SIG)” entwickelte Standard zur Datenübertragung “Bluetooth” ist heutzutage kaum noch aus unserem Alltag wegzudenken. So setzt zum Beispiel die Freisprechanlage im Auto sowie auch fast jede drahtlose PC-Peripherie auf die Bluetooth-Technik, um die Verbindung und den Datentransfer drahtlos und schnell zu ermöglichen.

Bluetooth 4.0, welches 2009 angekündigt und schließlich 2010/2011 verfügbar wurde ist der aktuelle Standard, der mit “Bluetooth Low Energy” oder auch “Bluetooth Smart” eine neue Möglichkeit der energieeffizienten Datenübertragung eingeführt hat.

Man unterscheidet hier drei Arten von Geräten: “Bluetooth Smart Ready”-Geräte können mit allen Partnern kommunizieren, auch wenn diese lediglich im Smart-Modus betrieben werden können. Diese sogenannten “Bluetooth Smart”-Geräte benötigen jedoch einen Partner des Typs Smart Ready, was auf die Betriebsart zurückzuführen ist. Ein normales Bluetooth-Gerät ohne jegliche Smart-Spezifikation kann folglich nicht mit “Smart”- jedoch mit “Smart Ready”-Partnern eine Verbindung herstellen. [1] [2]

B. Technologie

1) Architektur - BLE Protocol Stack:

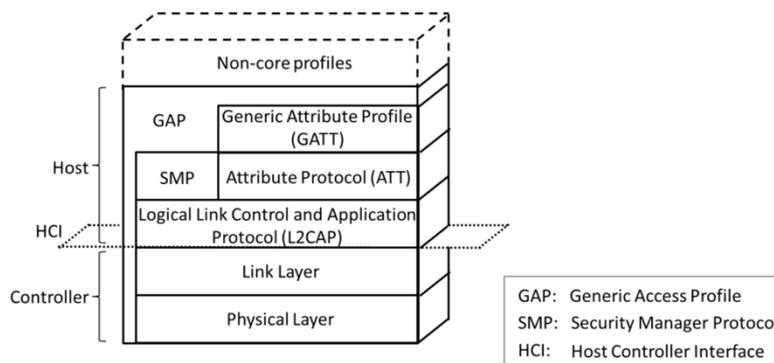


Abb. 1: Bluetooth Low Energy Protocol Stack [3]

Der Mikrocontroller von BLE besteht aus zwei Teilen (Abb. 1): Dem Controller, welcher die technische Ebene realisiert und dem Host, der für die Implementierung verschiedener Protokolle zuständig ist. Beide werden durch ein “Host-Controller-Interface” (HCI) verknüpft.

Die physikalische Schicht des Controllers wird zusammen mit der Datenübertragungsschicht (“link layer”) als System-on-a-chip implementiert, d.h. alles befindet sich auf einem einzigen Chip. Auch ein Radio,

welches schließlich die drahtlose Übertragung ermöglicht, wird auf diesem Chip realisiert.

Auf physikalischer Ebene wird das 2,4GHz ISM-Band genutzt um insgesamt 40 Frequenzen für zwei Kanal-Typen bereitzustellen. Drei dieser Frequenzen (“advertising channels”) werden von BLE-Geräten genutzt, um andere potentielle Partner zu erkennen und dann mithilfe der restlichen 37 Frequenzen (“data channels”) Kontakt aufzunehmen und den eigentlichen Datenaustausch auszuführen. Hier wird dann ständig zwischen verschiedenen Frequenzen gewechselt, um z.B. Interferenzen zu vermeiden. Alle Kanäle werden dabei mithilfe des “Gaussian Frequency Key Shiftings” (GFSK) moduliert.

In der Datenübertragungsschicht wird die Kommunikation in “Master-Slave”-Strukturen organisiert. Der Master ist hierbei meistens ein mobiles Gerät wie ein Smartphone oder Tablet, während die Rolle des Slaves der damit verbindenden Peripherie wie z.B. Headset oder Funksender zugeteilt ist.

Sobald der Master eine Verbindung zum Slave hergestellt hat (“connection event”) tauschen sich beide über einen identischen Data Channel aus. Dabei versendet zuerst der Master an den Slave und muss dann ebenso Daten vom Slave erhalten. Der Slave wiederum bekommt nicht zwingend eine Antwort vom Master. Solange sie nicht angesprochen werden bleiben die Slaves in einem Ruhezustand, um Energie zu sparen und prüfen in bestimmten Intervallen, ob sie “aktiv” werden müssen.

Die unterste Schicht im Host ist das sogenannte “Logical Link Control and Adaption Protocol” (L2CAP). Das L2CAP ermöglicht es, eigene Protokolle zu definieren und verwaltet die darüberliegenden Protokolle. Das “Generic Attribute Protocol” (GATT) legt fest, wie Attribute aus dem “Attribute Protocol” (ATT) in bestimmten Diensten verwendet werden. Die Entwicklung von Low-Energy-Profilen wird erleichtert, da die Umgebung bereits geschaffen ist und somit keine Neuimplementierung erfolgen muss. Außerdem benutzt ATT so wenig Bytes wie möglich und trägt so zur Effizienz von BLE bei.

Das “Security Manager Protocol” (SMP) ermöglicht die Durchführung der drei Phasen, die zugunsten der Sicherheit zur Kommunikation durchlaufen werden müssen. Zunächst bestimmen die beiden Komponenten aufgrund ihrer Kapazitäten eine geeignete Methode für die zweite Phase, in der mithilfe eines temporären Schlüssels ein sogenannter “Short Term Key” (STK) generiert werden kann, der in der letzten Phase benötigt wird um schließlich über einen LTK (Long Term Key) kommunizieren zu können.

Das “Generic Access Profile” (GAP) legt schließlich fest, wie die Geräte miteinander kommunizieren. Dabei gibt es vier unterschiedliche Rollen: Der “Broadcaster” kann keine Verbindung zu andere Geräten aufbauen und benutzt lediglich advertising channels, um Daten auszusenden. Der “Observer” ist das Gegenstück zum Broadcaster und empfängt dessen Daten. Die zentrale Rolle (Central Role), die verschiedene Verbindungen gleichzeitig verwaltet, hat hierbei in der Regel ein Smartphone, Tablet o.Ä. inne. Im Gegensatz dazu existiert die periphere Rolle (Peripheral Role), die in den Geräten zum Einsatz kommt, die mit Geräten in der Central Role in Verbindung stehen und nur eine einzige Verbindung aufbauen können (siehe Master/Slave).

Zusätzlich können neue Profile, die alle Voraussetzungen der anderen Profile erfüllen, ergänzt werden. [4]
[3] [5] [6] [7] [8]

2) Eigenschaften:

a) Energieverbrauch:

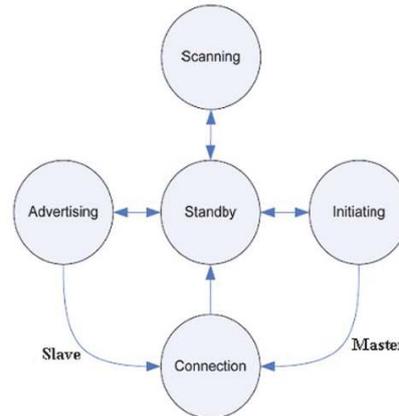


Abb. 2: Zustände eines BLE-Controllers [9]

Der Stromverbrauch bei BLE hängt sehr vom gegenwärtigen Zustand ab (Abb. 2). Im Initiating- oder Advertising-Zustand ist der Verbrauch höher als im Standby-Zustand. Aber auch der Verbrauch in den einzelnen Zuständen kann variieren, da zwischen verschiedenen Betriebsarten gewechselt wird. Beispielsweise wird beim Advertising während des Sendens mehr Strom verbraucht als während des Empfangens. Da der "worst-case" am aussagekräftigsten ist, ist es sinnvoll beim Stromverbrauch den Wert des maximalen Stromflusses anzugeben. Dieser liegt bei BLE je nach Bauart und Sendeleistung in etwa bei 12 - 30mA. Mit dem geringeren Stromverbrauch gegenüber klassischem Bluetooth (bis zu 40mA) geht aber auch einher, dass z.B. keine Audiodaten übertragen werden können.

Ein zusätzlicher Faktor ist das Intervall, in dem überprüft wird, ob eine Aktion ausgeführt, der Mikrocontroller also "aktiv" werden muss. Ist dieser Abstand sehr gering gewählt wird selbstverständlich mehr Strom verbraucht, dafür gewinnt man eine bessere Reaktionszeit und kann dynamischer eine Verbindung herstellen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass längere Intervalle zwar helfen, Energie zu sparen, die Kommunikation mit dem Gerät jedoch "langsamer" ist, da man erst das Ende der Zeitspanne abwarten muss, bevor der Controller eine Verbindung eingehen kann. [10] [11] [5]

b) Reichweite & Übertragungsrate:

Im Gegensatz zum klassischen Bluetooth mit einer Reichweite von ca. 10m kann durch Bluetooth 4.0 auch eine Reichweite von 30m erreicht werden. Allerdings variiert die maximale Reichweite je nach Chip. So berichten manche Quellen von 10-20 Metern, während andere von über 50 Metern ausgehen. Eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt hierbei natürlich auch die Umgebung, in der die Kommunikation stattfindet. Wird das Signal durch Wände hindurch geschickt, beispielsweise in Büros oder im eigenen Zuhause, so verringert sich die maximale Reichweite natürlich dementsprechend. Man kann also sagen, dass die 50 Meter mehr eine optimistische Obergrenze darstellen, die in der Realität so gut wie nie erreicht werden kann.

Die Übertragungsrate der physikalischen Schicht liegt bei 1Mbps. Im relevanten Bereich der Applikationsschicht liegt sie ca. bei maximal 235kbps. Es hängt von äußeren Umständen ab, inwieweit dieser Wert tatsächlich erreicht werden kann. So spielt die Art der Implementierung, sowie auch die Menge an Daten in der Applikationsschicht eine entscheidende Rolle. [3]

C. Zigbee

Ein weiterer Standard zur Datenübertragung ist "ZigBee", der von der 2002 gegründeten "ZigBee-Allianz" entwickelt wurde und ebenso einen sehr geringen Energieverbrauch als Spezifikation vorweist. Im Vergleich zu BLE jedoch verbrauchen Geräte, die mittels ZigBee kommunizieren mehr Energie. Geht

man zum Beispiel von einem fünfsekündigen Intervall aus, in dem eine Information gesendet wird, so wird beim Einsatz von BLE während den Sleep-Phasen nur rund $0.78\mu A$ verbraucht, während der Energiekonsum bei ZigBee deutlich höher bei $4.18\mu A$ liegt. Im aktiven Zustand spiegelt sich dieser Trend auch wieder. BLE liefert einen Wert von $4.5mA$, während ZigBee $9.3mA$ beansprucht. Der Nachteil von BLE ist, dass es aufgrund des ständigen Frequenzwechsels länger als ZigBee benötigt, um eine Verbindung aufzubauen. [12]

D. Möglichkeiten

Geräte, die sowohl das klassische Bluetooth unterstützen, als auch für Bluetooth 4.0 mit BLE ausgelegt sind können die Vorteile beider Arten kombinieren (Dual-Mode). Für den Datenaustausch ist z.B. das herkömmliche Bluetooth mit seiner höheren Übertragungsrate und der damit verbundenen Qualitätssteigerung des Signals (z.B. Headset) von Vorteil, während von den Energiesparvorteilen von BLE ebenso profitiert wird.

Aufgrund des geringen Energieverbrauchs können BLE-fähige Geräte gezielt genutzt werden, um über einen langen Zeitraum hinweg mit Geräten wie Smartphones, Tablets etc. zu kommunizieren, ohne dass dabei ständig die Batterien erneuert werden müssen. Viele Firmen haben das Potential von BLE erkannt und dieses in neuen Entwicklungen verwirklicht. So setzt z.B. Apple mit ihren "iBeacons" auf die BLE-Technologie, welche in der zweiten Hälfte dieser Arbeit näher betrachtet werden. [13]

III. ANWENDUNG - iBEACON

A. Was ist iBeacon?

Die von Apple mit ihrem mobilen Betriebssystem iOS7 im Jahr 2013 eingeführten "iBeacons" sind kleine Funksender, die mithilfe der Bluetooth Low Energy Technologie mit ihrer Umgebung kommunizieren können. Im Zusammenspiel mit einem Smartphone kann so durch die zum Beacon gehörige Applikation eine Push-Nachricht auf dem Gerät angezeigt werden, oder auch dessen Standort bestimmt werden.

Apple selbst lässt die rund 15-25 Euro teuren Beacons von Drittanbietern herstellen und kümmert sich lediglich um die Verbreitung sowie den Einsatz der Technologie.

Ein iBeacon ist im Grunde ein BLE-Mikrocontroller, der in seiner Rolle als Broadcaster stets "advertising" betreibt, das heißt er kann keine Daten empfangen und teilt seiner Umwelt ausschließlich bestimmte Informationen mit. [14]

B. Lokalisierung

Doch wie sehen diese vom iBeacon verschickten Informationen aus? Der Funksender sendet lediglich ein Signal aus, das dem empfangenden Gerät mitteilt, welcher Beacon gerade versucht, in Verbindung zu treten. Dieses Signal besteht neben dem stets gleichen iBeacon-Präfix zunächst aus einem "Universally Unique Identifier (UUID)", welcher eine 16 Byte Hex-Zahl ist und für die allgemeine Identifikation zuständig ist. Außerdem beinhaltet das Signal noch zwei, jeweils zwei Byte große Zahlen im Bereich von 2^0 bis 2^{16} , Major und Minor genannt, die ebenfalls hexadezimal kodiert werden und schließlich die exakte Identität des Beacons bestimmen.

Beispielsweise könnte eine UUID die TU München repräsentieren, während Major das jeweilige Gebäude und Minor den Standort des Beacons (z.B. MI Hörsaal 1) bestimmt.

Das letzte Informationsfeld des iBeacon-Formats ("TX Power") gibt die Stärke des Signals in einer Entfernung von einem Meter an. Diese "Received Signal Strength Indication" (RSSI) lässt sich nun durch das Smartphone auch für die aktuelle Position bestimmen und so kann aufgrund der Differenz der beiden Werte die ungefähre Entfernung des Smartphones zum Beacon bestimmt werden.

Unter iOS erfolgt dadurch eine Einteilung in vier Zonen: "out of range" (kein Signal), "far", "near" (wenige Meter) und "immediate" (wenige Zentimeter).

Die auf dem Smartphone angezeigte Information wird also nicht vom iBeacon direkt empfangen sondern im Zusammenspiel mit dessen ausgesendetem Code aufgrund der in der App hinterlegten Daten oder bei vorhandener mobilen Netzverbindung über einen Server ermittelt. Dies ermöglicht es, die Funksender bequem anzupassen, ohne diese dabei direkt programmieren zu müssen, da deren Aufgabe, das Senden ihres Signals, immer dieselbe bleibt. [14] [15] [16]

C. Vorteile

1) *iBeacons als Werbemedium:*

So werden iBeacons vor allem in Shops installiert, um direkt und individuell Kontakt zum Kunden aufbauen zu können. Hierbei werden im Supermarkt beispielsweise aktuelle Angebote oder auch nützliche Informationen gesendet, die an den aktuellen Standort des Besuchers angepasst sind. Befindet man sich in der Umgebung der Wursttheke, so erhält man einen Hinweis auf mögliche Sonderangebote im Sortiment, während man z.B. in der Getränkeabteilung darauf hingewiesen wird, dass der Vorrat eines bestimmten Produkts zur Neige geht.

Auch in größeren Umgebungen wie z.B. Einkaufszentren kann die Technologie benutzt werden, beispielsweise für Indoor-Navigation. Der Kunde wählt per App, welchen Laden er besuchen möchte und wird dann anhand der vorhandenen iBeacons zu seinem Ziel gelotst.

Ebenso ist eine Realisierung des Bezahlvorgangs nur über iBeacons theoretisch möglich. [17]

2) *Bereicherung bei öffentlichen Veranstaltungen:*

Auch bei großen Ereignissen wie Konzerten oder Ausstellungen bringt der Einsatz von iBeacons einen gewaltigen Mehrwert. So ist es mithilfe der passenden Applikation möglich, sich zum Beispiel näher über den Aussteller auf einer Messe und dessen Angebot zu informieren oder auf einem Festival schnell die nächste Toilette zu finden. Die Stadien der höchsten Baseball Liga in den USA (MLB) nutzen die Technik bereits, um den Gästen beispielsweise mitzuteilen, welche die kürzeste Schlange am Eingang ist.

Mithilfe der gesammelten Daten ist es zudem möglich, das Verhalten der Besucher genau zu analysieren und zukünftige Veranstaltungen dementsprechend anzupassen.

Außerdem können Besucher anhand ihrer gegenwärtigen Position auf bestimmte Ereignisse aufmerksam gemacht werden oder Belohnungen erhalten, wenn sie zum Beispiel in einer Schlange warten oder viele Stände besucht haben. [18]

3) *Home-Automation:*

Den meisten Nutzen für den privaten Verbraucher werden iBeacons aber im Bereich des automatisierten Eigenheims mit sich bringen. Die Einsatzmöglichkeiten sind hierbei vielfältig.

iBeacons erkennen, wann der Haus-/Wohnungsbesitzer zuhause ist und können ihm die Haustür öffnen und das Licht im betretenen Raum anschalten.

Oder man sieht sich ein Fußballspiel im Fernsehen an und möchte sich etwas zu Essen aus der Küche holen oder auf die Toilette gehen. Das System erkennt das sich entfernende Smartphone, deaktiviert den TV im Wohnzimmer und gibt das Spiel auf einem Bildschirm, oder nur das Audio-Signal über Lautsprecher, in Küche/Bad wieder. Zurück im Wohnzimmer wird natürlich das Fernsehgerät wieder angeschaltet und man kann bequem weiterschauen.

Bei einer Familie kann man somit auch erfahren, wann jemand das Haus betreten/verlassen hat und Informationen erhalten, wo sich die Kinder/Ehepartner etc. befinden. [19]

D. Nachteile

1) Privatsphäre - Big Data:

Der Einsatz von iBeacons bringt aber auch seine Nachteile mit sich, da die Systeme ständig wissen, wo man sich befindet und auch ständig Push-Nachrichten an die Endgeräte senden können.

Rechtliche Einigung darüber, wann Werbung als Push-Nachricht auf das Smartphone geschickt werden darf, besteht noch nicht. So müssen beispielsweise alle relevanten Fakten zu bestimmten Angeboten angegeben werden, es darf also keine Information verschwiegen werden. Das ist aber bei den kleinen Displays der Smartphones nicht gut lösbar.

Datenschutzrechtliche Probleme treten ebenso auf: iBeacons bestimmen den Standort nicht wie GPS-Sender, sondern die durch die Beacons erhaltenen Informationen werden mit einer Datenbank abgeglichen, um so die Position bestimmen zu können. Deshalb muss beim Entwickeln einer App dafür gesorgt sein, dass diese Ortung deaktiviert werden kann, da die gängige Deaktivierung der Ortungsdienste am Smartphone nur für GPS gilt und die iBeacons nicht daran gehindert werden, Standorte zu bestimmen.

Laut Gesetz muss im Vorherein eine Einwilligung zur Bestimmung des Standorts erfolgen, was weitere Hürden für die Entwickler und die Vision der iBeacons als Marketing-Mittel mit sich bringt. [20]

2) Beschränkte Nutzbarkeit:

Ein weiterer Nachteil ist, dass die Technologie heute noch nicht allen zugänglich ist. So ist zum Beispiel ein Endgerät erforderlich, auf dem iOS7 bzw. Android 4.3 oder eine aktuellere Version läuft und das Bluetooth 4.0 unterstützt. So wird ein nicht zu vernachlässigender Teil an potentiellen Benutzern bereits bei der benötigten Hardware ausgeschlossen. Dieses Problem wird zwar in Zukunft stetig schrumpfen, doch die Vorstellung, mit der Technologie jeden Kunden erreichen zu können kann rein strukturell noch lange nicht verwirklicht werden.

Hinzu kommt, dass das Zusammenspiel der beiden Komponenten erst dann funktioniert, wenn der Kunde auf seinem Gerät die entsprechende Applikation installiert hat, die mit den vorhandenen iBeacons kommunizieren kann und die entsprechenden Berechtigungen erteilt hat. Während das für große Konzerne vielleicht noch zu bewerkstelligen ist können sich vor allem kleinere Betriebe eine solche Investition nicht leisten, da sowohl das Entwickeln der App, als auch die Verbreitung dieser ein echtes Hindernis darstellt und man durch iBeacons letztendlich nur schwer neue Kunden gewinnen kann. [21]

E. iBeacon vs. NFC

Der große Vorteil, der Apples iBeacons von der Konkurrenz (z.B. NFC) augenscheinlich abhebt, ist die deutlich erhöhte Reichweite der Sender. Während NFC nur auf eine Entfernung von wenigen Zentimetern funktioniert, können durch die BLE-Technik bei iBeacons auch noch Geräte, die über 30 Meter entfernt sind miteinander kommunizieren.

Auf Veranstaltungen mit beschriebener Indoor-Lokalisierung oder auf Konzerten/Festivals ist dies von großem Vorteil.

Man muss sich jedoch auch darüber im Klaren sein, dass durch die Möglichkeit des Bezahlvorgangs per iBeacons auch Gefahr droht, wenn z.B. Sicherheitslücken im System ausgenutzt werden.

iBeacon sendet Push-Nachrichten an das Smartphone während man bei NFC selbst entscheidet, wann man welche Inhalte empfangen möchte. In Hinblick auf den Energiespar-Aspekt kann man schließlich festhalten, dass iBeacons trotz der Verwendung von Bluetooth Low Energy mehr Energie des Endgeräts verbrauchen als NFC-Tags und auch Wartungs-intensiver sind, da iBeacons per Knopfzellen, die ca. alle zwei Jahre ausgetauscht werden müssen, mit Energie versorgt werden, während NFC-Tags keine aktive Energiequelle benötigen. Allerdings müssen die NFC-Komponenten stets vor Ort programmiert werden, da sie selbst die Informationen übermitteln, im Gegensatz zu ihrem Bluetooth-Pendant, welches ja lediglich sein immer identisches Signal aussendet.

Je nach Einsatzgebiet können somit beide Technologien ihre Vorteile haben. [22]

F. Ausblick

Die Zukunft der iBeacons ist also ungewiss: Die Verbreitung kompatibler Geräte ist noch nicht gewährleistet und auch der Nutzen für Firmen muss noch weiter erschlossen werden. Aufgrund der Nutzung von Bluetooth und der damit verbundenen Vorteile könnten uns iBeacons in Zukunft jedoch vor allem bei großen Events und im Bereich der eigenen vier Wände das Leben um Einiges erleichtern. Jedoch wird sich erst zeigen müssen, wie weit wir als individuelle Personen dazu bereit sind, iBeacons in unser (Privat-)Leben zu integrieren oder ob wir doch noch selbst in der Lage sein wollen, ein Fernsehgerät zu bedienen oder beim Brötchenkauf in Ruhe unsere Wahl treffen zu können.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

In der heutigen Zeit, in der das "Internet of Things" eine immer größer werdene Rolle spielt, ist es mit Sicherheit sinnvoll, die Entwicklung von Bluetooth, insbesondere Bluetooth Low Energy, zu verfolgen, nicht zuletzt wegen des Energiesparansatzes.

Technologien wie iBeacons können uns schon jetzt im Alltag unterstützen und werden künftig vermutlich noch viel stärker beeinflussen, wie wir unsere Umwelt wahrnehmen.

Letztlich birgt aber auch dieser Ansatz seine Risiken und so muss man beim Umgang mit BLE und vor allem iBeacons immer auch die damit verbundenen Nachteile miteinbeziehen und rechtliche, sowie individuelle Grenzen wahren.

LITERATUR

- [1] Bluetooth SIG, "Welcome to Bluetooth Technology 101 - A brief tutorial on Bluetooth wireless technology." [Online]. Available: <http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.aspx>
- [2] Z. Ghadialy, "Different flavours of Bluetooth: 4.0, 4.1, Low Energy, Smart, Smart Ready..." April 2014. [Online]. Available: <http://blog.3g4g.co.uk/2014/04/different-flavours-of-bluetooth-40-41.html>
- [3] C. Gomez, J. Oller, and J. Paradells, "Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology," August 2012. [Online]. Available: <http://www.mdpi.com/1424-8220/12/9/11734/htm>
- [4] S. Patrick, "Bluetooth 4.0 (Ultra-Low-Power-Bluetooth)." [Online]. Available: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1805171.htm>
- [5] R. Heydon, "Bluetooth® low energy." [Online]. Available: https://www.bluetooth.org/DocMan/handlers/DownloadDoc.aspx?doc_id=227336
- [6] J. Decuir, "Bluetooth 4.0: Low Energy," 2010. [Online]. Available: <http://chapters.comsoc.org/vancouver/BTLER3.pdf>
- [7] E. Pfütenreuter, "Bluetooth: ATT and GATT," 2011. [Online]. Available: https://epx.com.br/artigos/bluetooth_gatt.php
- [8] K. Townsend, "Bluetooth Smart: GAP," März 2014. [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/introduction-to-bluetooth-low-energy/gap>
- [9] Bluetooth Developer Portal, "Technical Considerations for Bluetooth Smart Application Developers." [Online]. Available: <https://developer.bluetooth.org/DevelopmentResources/Pages/Bluetooth-Smart-Optimizations.aspx>
- [10] K. Zühlke, "Bluetooth Low Energy: Ein Standard setzt sich durch," Juni 2012. [Online]. Available: <http://www.energie-und-technik.de/energieeffiziente-elektronik/artikel/89392/>
- [11] Florian Herrman and Karsten Aalders, "Bluetooth für Spezialfälle," 2014. [Online]. Available: <http://www.med-eng.de/fachartikel/bluetooth-fuer-spezialfaelle.html>
- [12] A. Dementyev, S. Hodges, S. Taylor, and J. Smith, "Power Consumption Analysis of Bluetooth Low Energy, ZigBee and ANT Sensor Nodes in a Cyclic Sleep Scenario," 2013. [Online]. Available: <http://research.microsoft.com/pubs/192688/IWS%202013%20wireless%20power%20consumption.pdf>
- [13] D. Myers, "Why dual-mode Bluetooth makes sense," Januar 2013. [Online]. Available: <http://www.ecnmag.com/articles/2013/01/why-dual-mode-bluetooth-makes-sense>
- [14] T. Kaufmann, "iBeacon ist mehr als ein Leuchtfener," März 2014. [Online]. Available: <http://www.golem.de/news/bluetooth-low-energy-ibeacon-ist-mehr-als-ein-leuchtfener-1403-105331.html>
- [15] A. Warski, "How do iBeacons work?" Januar 2014. [Online]. Available: <http://www.warski.org/blog/2014/01/how-ibeacons-work/>
- [16] ts (MacTechNews.de-Redaktion), "Was ist iBeacon?" Mai 2014. [Online]. Available: <http://www.mactechnews.de/news/article/Was-ist-iBeacon-159730.html>
- [17] C. Ebert, "iBeacon - Apples Geheimwaffe für Location-Based-Marketing und Mobile Payment," November 2013. [Online]. Available: <http://webmagazin.de/business/marketing/iBeacon-Apples-Geheimwaffe-fuer-Location-Based-Marketing-Mobile-Payment-168740>
- [18] J. Solaris, "Will iBeacons Change Events for Good?" Januar 2014. [Online]. Available: <http://www.eventmanagerblog.com/ibeacons-for-events>

- [19] M. Elgan, "Why I Want Apple's iBeacon At Home," Dezember 2013. [Online]. Available: <http://www.cultofmac.com/257248/why-i-want-apples-ibeacon-at-home/>
- [20] K. Schürmann, "iBeacon Marketing: Unternehmen und Entwickler aufgepasst!" April 2014. [Online]. Available: <http://webmagazin.de/mobile/ibeacon-marketing-unternehmen-und-entwickler-aufgepasst-1799000>
- [21] J. Hill, "USA im iBeacon-Fieber," Februar 2014. [Online]. Available: <http://www.derwesten.de/agenturmeldungen/usa-im-ibeacon-fieber-id9014909.html>
- [22] W. Gaulke, "IBEAON VERSUS NFC," 2014. [Online]. Available: <http://www.nfc-tag-shop.de/info/ueber-nfc-tags/ibeacon-vesus-nfc.html>

Alle zuletzt aufgerufen am 10.12.2014