

## Mobilfunk

## Die 5G – Evolution

### Teil 1: Das 5G-Ökosystem, Anwendungsfelder und Standardisierungsprozess von Dr. Franz-Joachim Kauffels

5G ist eine transformative Technologie mit weitreichender Bedeutung für ein großes Spektrum von Anwendungsbereichen. Man kann durchaus sagen, dass nicht nur Menschen, sondern auch alle Geräte, bei denen das sinnvoll ist, eine aufgabenorientierte Mobilfunkanbindung bekommen werden.

Diese Dimension der drahtlosen Kommunikation ist neu und erschließt bislang kaum realisierbare Anwendungsfelder. Die quantitative Leistungssteigerung um den Faktor 1000 und die mögliche Versorgung von Milliarden menschlichen und maschinellen Teilnehmern wird wirkungsvoll durch qualitative Verbesserungen in Reaktions-



fähigkeit und Zuverlässigkeit unterstützt. Marktforschungsunternehmen sagen enorme Wertschöpfungsmöglichkeiten voraus. Die Entwicklung ist schon weiter vorangekommen, als viele denken. In diesem Teil betrachten wir die Entwicklung der Mobilfunktechnologie, den Standardisierungsprozess, Anwendungsbereiche und das 5G Ökosystem.

Die Technik von 5G ist nicht völlig neu, sondern das Ergebnis einer stetigen Weiterentwicklung der Mobilfunktechnologie mit den Generationen LTE, LTE Advanced und LTE Advanced Pro.

weiter auf Seite 5

## Bluetooth

## Bluetooth Beacons – Möglichkeiten und Potentiale

### von Dipl.-Inform. Thomas Steil

Bluetooth hat sich in den letzten Jahren rasant verbreitet und nahezu jeder Mensch trägt ein Bluetooth fähiges Gerät in Form eines Smartphones oder Tablets bei sich, das diesen Standard unterstützt. Hier bieten Beacons (zu Deutsch: Signalfener oder Leuchtturm), basierend auf Bluetooth Low Energy

(BLE), eine Vielzahl interessanter Möglichkeiten in der Interaktion zwischen Mensch und Infrastruktur.

Dieser Artikel bietet einen Überblick über die vorhandenen Standards, Protokolle und Geräte und beleuchtet die Potentiale dieser relativ neuen Technologie. Die-

se reichen weit über die Möglichkeiten von Retail oder Indoor-Tracking hinaus und ermöglichen eine effiziente Nutzung von Gebäude-Infrastrukturen, die einerseits Kosten einsparen kann und andererseits die Nutzung näher am echten Bedarf orientiert.

weiter auf Seite 21

## Geleit

## WLAN wird immer wichtiger, kann es das überhaupt leisten?

ab Seite 2

## Standpunkt

## Im Dschungel vernetzter Cloud-Anbieter und Cloud-Services

ab Seite 16

## Aktuelles Seminar

### Sommerschule - Intensiv- Update auf den neuesten Stand der Netzwerktechnik

ab Seite 3

## Neuer Report

### UCC-Lösungen im Wett- bewerb – Cisco versus Microsoft

auf Seite 19

## Aktuelle Sonderveranstaltungen

## UCC-Lösungen im Wettbewerb – Cisco versus Microsoft WebRTC & webbasierte Kollaboration

auf Seite 18 und Seite 20

Geleit

# WLAN wird immer wichtiger, kann es das überhaupt leisten?

In einem seiner letzten Vorträge als Chief Scientist von Baidu zeigte sich Dr. Andrew Ng, seines Zeichens vermutlich der weltweit führende Experte für Künstliche Intelligenz, völlig überrascht ob der Frage, dass es noch Leute gibt, die einen "normalen" Desktop-Computer haben. In seiner Welt dominieren die Laptops und generell Mobilgeräte. Mit dieser Sichtweise ist er nicht alleine. Die Hersteller von WLAN-Access Points und Netzwerk-Komponenten berichten weltweit über einen Trend hin zum WLAN-Zugang. Natürlich gibt es weiterhin Kabel-gebundene Desktops, aber man muss ernsthaft die Frage stellen, welchen Stellenwert diese in fünf Jahren haben werden. Natürlich braucht ein WLAN auch Kabel, MESH-Lösungen gelten im professionellen Markt weiterhin als unbrauchbar, aber diese Kabel liegen an völlig anderen Stellen. Das wirft die interessante Frage auf, wie man denn für ein Neugebäude vorgehen würde. Dies ist allerdings für neue Gebäude nicht die einzige spannende Frage, wie der Artikel über Beacon Technologien im aktuellen Netzwerk Insider zeigt. Ist das nicht alles kalter Kaffee und haben wir das nicht ausführlich schon vor ein paar Jahren diskutiert? Ja, haben wir, aber die Zahlen sprechen im Moment klar für einen deutlichen Trend zum WLAN.

Stellen wir also den WLAN-Sekt kalt und bereiten die Feiern vor? Das Problem in der neuen rosaroten WLAN-Welt ist definitiv, dass die aktuelle Technologie nie für eine solch intensive Nutzung geschaffen wurde. Und mit dem Aufkommen von immer mehr Teilnehmern, vor allem aus Internet of Things Anwendungen, stößt diese Technologie an seine Grenzen. Anders formuliert: auch mit allen MU-MIMO Verrenkungen bekommen wir mehr Teilnehmer als wir verkraften können. Zwar haben wir im 5GHz Band ausreichend Kanäle zur Verfügung (über 2,4 GHz brauchen wir an dieser Stelle wirklich nicht zu sprechen, Friede seiner Asche, RIP), aber die Limitierungen der Technik bleiben bestehen:

- Überbuchungen einer Zelle können zu einem extrem instabilen Betrieb führen
- Roaming erfolgt durch den Access Point und nicht den Teilnehmer, weiterhin kleben Teilnehmer viel zu lange an einzelnen Access Points, Mikro-Zellen-Architekturen sind damit für mobile Teilnehmer fast unbenutzbar



- wir haben sehr unterschiedliche Anforderungen an Bandbreite zwischen den Teilnehmern: von Gigabit bis Kilobit
- Sprache und Video über WLAN stoßen weiterhin auf mögliche Qualitätsprobleme. Auch wenn wir im LAN in der Regel nicht zwingend QoS brauchen (eventuell als Hilfsmittel der Datenstrom-Klassifizierung), im WLAN ist es ein unverzichtbares Muss
- Ausleuchtungsprobleme und Interferenzen sind technisch einfach unvermeidbar
- Die Physik gibt weiterhin die Grenzen vor: Gigabit wird auch in Zukunft nur in sehr kleinen Zellen gehen und die Ausbreitung der Signale wird von vielen kleinen Faktoren beeinflusst

Auch die Vorträge auf dem ComConsult Netzwerk Forum 2017 machten klar: WLAN entwickelt sich technisch weiter, aber bei allen Fortschritten kommt es an seine Grenzen.

So weit so gut. Was nun? Nun, es gibt eine Reihe von Möglichkeiten damit umzugehen. Alle sollten Teil einer WLAN-Zukunfts-Strategie sein:

- Altlasten müssen zwingend aus dem Netz und zwar so schnell wie möglich
- Der Gastzugang sollte generell in Frage gestellt werden
- Eine Funk-technische Abschirmung von Gebäuden sollte in Betracht gezogen werden

- Mobilfunk muss als eine Alternative der Zukunft gesehen werden

Speziell der letzte Punkt muss an dieser Stelle unterstrichen werden:

- **es kann keine tragfähige WLAN-Zukunfts-Strategie ohne Mobilfunk-Einbeziehung geben.**

Das ist natürlich nicht frei von den damit verbundenen Problemen:

- generell werden wir viele Geräte haben, die sowohl als auch können. Wer trifft die Entscheidung wie und wo welches Gerät welche Technologie benutzt? Auch die Provider sehen dies als Thema, aber in der umgekehrten Richtung. Für sie ist WLAN eine zusätzliche Option
- für neue Gebäude ist in jedem Fall zu diskutieren, ob diese nicht komplett nach außen abgeschirmt werden sollten. Wir werden in Zukunft erhebliche und sehr ernst zu nehmende Frequenz-Überschneidungen aus dem Mobilfunk haben. Ein Unternehmen braucht seine Frequenz-Hoheit und seinen eigenen Frequenzplan. Dazu kommen noch Sicherheits-orientierte Argumente. Das geht nicht, wenn von außen eine völlig unplanbare Frequenzbelegung erfolgt
- das kann nur erfolgreich sein, wenn mehrere Provider eine Gebäude-interne Versorgung beim Kunden aufbauen, aber auch dann wird es sehr unterschiedliche Qualität je nach Standort geben, die eine Planung schwer, wenn nicht unmöglich machen
- Niemand kann im Moment die Wirtschaftlichkeit einer intensivierten Mobilfunk-Nutzung für die nächsten Jahre vorhersagen
- Geräte, die mit Mobilfunk arbeiten und als Ziel Unternehmens-interne Anwendungen haben, kommen damit von außen und sind somit auch immer ein Sicherheits-Thema. Wir müssen in Zukunft mobile Endgeräte unabhängig vom Standort mit einer einheitlichen Sicherheits-Technik auch aus Netzwerksicht versorgen können. Dies wird eine Diskussion von Cloud-Security und Produkten wie Cloud-Gateways unvermeidbar machen

## Mobilfunk

## Die 5G – Evolution

### Teil 1: Das 5G-Ökosystem, Anwendungsfelder und Standardisierungs- prozess

Fortsetzung von Seite 1



Dr. Franz-Joachim Kauffels ist Technologie- und Industrie-Analyst und Autor. Seit über 30 Jahren unabhängiger, kritischer und oft unbequemer Bestandteil der Netzwerkszene. Verfasser von über 20 Büchern in über 70 Ausgaben sowie über 2000 Artikeln, Videos und Reports.

Natürlich ist 5G aus der Sicht eines normalen Verbrauchers eine schöne neue Mobilfunkgeneration mit wiederum verbesserter Sprachqualität und noch schnelleren Möglichkeiten zur Datenübertragung, die z.B. zu noch intensiveren Video-Erlebnissen in UHD führen und neue Anwendungen in AR und VR unterstützen. Betrachtet man das allerdings nur aus dieser Perspektive, sieht man lediglich die Spitze des Eisbergs. Wesentlich an 5G sind die völlig neuen Möglichkeiten zur Unterstützung der M2M-Kommunikation und der für kommerzielle Funknetze noch nie da gewesene Grad an Realzeitfähigkeit und Zuverlässigkeit bei missionskritischen Anwendungen wie z.B. autonomen Fahrzeugen. In einem anderen Teil der Reihe werden wir die Techniken für 5G näher beleuchten. Eigentlich noch spannen-

der sind aber die Möglichkeiten und die aktuelle Entwicklung, auch in der Standardisierung. Ohne diese zusätzlichen Möglichkeiten wäre 5G nicht dazu geeignet den neuen Herausforderungen der IT wirkungsvoll entgegen zu treten. (siehe Abbildung 1)

Bevor wir uns diesen Themen zuwenden, gehen wir der Frage nach, wie revolutionär 5G tatsächlich sein wird.

#### 1. 5G als transformative General Purpose Technologie

Die Druckerpresse, die Dampfmaschine, die Beherrschung der Elektrizität, Telefon und das Internet sind Entdeckungen oder Erfindungen, die jeweils eine Reihe sozio-ökonomischer Bewegungen ausgelöst ha-

ben. Es sind „General Purpose Technologien“, eben Entwicklungen, die man letztlich für sehr viele sehr unterschiedliche Zwecke nutzen kann. GPTs sind häufig Katalysatoren für transformative Änderungen, die Arbeitsprozesse neu definieren und die Regeln für Wettbewerbsvorteile ändern. Die Effekte, die von solchen Innovationen ausgehen, können einen extremen Bereich abdecken, von positiven Einflüssen auf die Produktivität von Menschen und Maschinen oder zur Förderung besserer Lebensumstände für die gesamte Weltbevölkerung bis hin zu hinlänglich bekannten negativen Einflüssen wie z.B. Arbeitslosigkeit oder Umweltverschmutzung. Gutenberg entwickelte 1440 die Druckerpresse. Zuvor konnten Bücher nur abgeschrieben werden. Erst die Massen-Herstellung von Büchern konnte politische und religiöse Ideen durch Europa verbreiten. Vor der Erfindung der Dampfmaschine mussten Fabriken in die Nähe von Flüssen gebaut werden, um an Energie für die durch Wasserkraft betriebenen Maschinen zu kommen. Mit der Dampfmaschine mussten die Maschinen für die Fabrikation um ein System von Transmissionsgurten angeordnet werden. Erst die Erfindung der Elektrizität erlaubte es, die Maschinen mit eigenen Netzteilen auszustatten und deutlich günstiger anzuordnen. Dadurch wurde die automatisierte Herstellung weltweit revolutioniert. Vor der Erfindung des Telegraphen 1880 konnten Nachrichten nur so schnell befördert werden, wie ein Mensch mit ihnen reisen konnte. Der Telegraph eliminierte praktisch die Zeitbeschränkungen bei der Fernkommunikation und bildete die Basis für die heutigen modernen Kommunikations-Infrastrukturen. Weitere GPTs sind Eisenbahn, Auto und Internet.

Warum kann ausgerechnet 5G zu einer solch bedeutenden transformativen Technologie werden? Die Abbildung 2 fasst



Abbildung 1: Herausforderungen der nächsten Jahre.

Grafik: forbes.com

## Die 5G – Evolution: Teil 1 - Das 5G-Ökosystem, Anwendungsfelder und Standardisierungsprozess



Abbildung 2: Transformation unserer Welt durch verbundene intelligente Plattformen

Quelle: Qualcomm Investor Präsentation anlässlich der Ankündigung der Übernahme von NXP

das gut zusammen. In den letzten 30 Jahren hat man eigentlich primär daran gearbeitet, Menschen untereinander zu verbinden. Diese Verbindungen wurden immer komfortabler, besser und letztlich auch billiger. Das Smartphone (genau genommen das iPhone) war dann die bahnbrechende Erfindung, die die Menschen nicht nur untereinander, sondern auf komfortable Weise auch mit digitalen Dienstleistungen verbunden hat. Die Benutzer-zentrierte Kommunikation war geboren. Das kann man jetzt substantiell auch nicht mehr wesentlich verbessern. Mittlerweile hat sich aber das IoT entwickelt. Und das ist nicht nur ein Konzept für die Verbindung hochwertiger und komplexer Maschinen in entfernten Fabriken untereinander, sondern vielmehr auch ein Konzept für Dutzende Helferlein im täglichen Leben, es werden täglich mehr. Dadurch entsteht sozusagen um jeden Menschen herum eine Umgebung von sehr unterschiedlichen Geräten vom Wärmehalter bis zum autonomen Fahrzeug. Die Herausforderung ist es, Menschen systematisch mit ihren Umgebungen zu verbinden. Dabei ist aber eines definitiv notwendig:

- ein Spektrum unterschiedlicher Verbindungsklassen in Quantität und Qualität

Das wird sofort klar, wenn man z.B. die Anforderungen des Streamens von Musikstücken mit der Kommunikation eines autonomen Fahrzeugs mit seiner Umgebung vergleicht.

*Und genau das wird 5G bieten!*

Auch viele Analytiker sehen in 5G das Potential, ebenfalls zu einer GPT mit weitreichender Wirkung zu werden. Es gibt eine Vielzahl von Anwendungsfällen, die die Produktivität betreffen und die wirtschaftliche Aktivität in einem breiten Bereich industrieller Sektoren erhöhen werden. 5G

wird die bisherige Mobilfunk-Technologie kontinuierlich deutlich erweitern und stärken. Bestimmte Analysen gehen davon aus, dass dies zu einem substantiellen wirtschaftlichen Wachstum auf der ganzen Welt führen kann. Auch wenn 5G noch einige Jahre benötigen wird, um sich völlig zu entfalten, darf man nicht übersehen, dass es bereits heute kommerzielle Anwendungen im Testbetrieb gibt, die schon vor 2020 zu deutlich positiven Ergebnissen führen werden.

Es gibt eine Reihe von Prognosen führender Marktforschungsinstitute, was die Aussichten von 5G betrifft. Spannend sind eigentlich nicht die Zahlen an sich, sondern die erhebliche Größenordnung und natürlich die Frage, wie diese Prognosen erreicht werden können bzw. mit welchen Anwendungen und Technologien das geschehen soll. Bevor wir uns das genauer ansehen, blicken wir einmal auf einen Satz Prognosen, als Beispiel von IHS:

In 2035 wird 5G 12,3 Mrd US\$ globalen wirtschaftlichen Output unterstützen. Das ist etwa äquivalent zu den Konsumausgaben der US-Amerikaner in 2016 und mehr als die Konsumausgaben von China, Japan, Deutschland, UK und Frankreich in 2016 zusammen.

Die globale 5G Wertschöpfungskette wird 3,5 Trillionen (Billiarden) US\$ in 2035 generieren und dabei 22 Millionen Jobs schaffen. Das ist mehr als der Wert der gesamten mobilen Wertschöpfungskette bis heute und ungefähr der kombinierte Umsatz der Top 13 der 2016 Fortune Global 1000, zu denen z.B. Walmart, China National Petroleum, Royal Dutch Shell, Exxon Mobile, VW, Toyota, Apple, Berkshire Hathaway und Samsung gehören.

Die 5G Wertschöpfungskette investiert durchschnittlich jährlich 200 Mrd. US\$ um

die technologische Basis im Rahmen der Infrastruktur für Netzwerk- und Business-Anwendungen technisch auszuweiten und zu stärken.

Schließlich wird 5G für ein lang anhaltendes Wachstum des globalen Brutto-Sozialprodukts sorgen. Der Gesamt-Betrag zum globalen GDP wird äquivalent zu dem einer Volkswirtschaft z.B. der Größe Indiens sein.

Bei diesen Prognosen fällt natürlich auf, dass der Zeitraum, in dem sich dies alles entwickeln soll, mit fast 20 Jahren sehr lang ist. Natürlich sind durch die Länge viele Aussagen mit erheblichen Unsicherheiten belegt, die sich in sehr unterschiedlicher Weise über die Zeit abhängig von den Randbedingungen manifestieren können. Andererseits gibt es mit derart langlaufenden Prognosen auch ganz positive Erfahrungen. Selbst „wüste“ Prognosen, die etwa 1990 hinsichtlich des Internet-Handels für 2010 gemacht wurden, wurden von der Realität massiv in den Schatten gestellt. Begünstigend war hier u.a. die fulminante Entwicklung der Smartphones, die 1990 beim besten Willen nicht abzusehen war.

Es liegt auch kaum ein Sinn darin, diese Prognosen und ihr Eintreffen wie ein Buchhalter penibel zu verfolgen und in eine Kladde einzutragen.

Vielmehr ist es spannend, sich anzusehen:

- welche Technologien, Geschäftsideen und Leistungsangebote in naher und fernerer Zukunft tatsächlich zu dem genannten Wachstum beitragen können
- welche technischen Voraussetzungen dafür erfüllt sein müssen
- welche besondere Rolle speziell 5G-Technologie hierbei spielt und was vielleicht auch schon mit einer erweiterten LTE-Technologie zu erreichen sein wird
- welche Phasen der 5G Entwicklung es geben wird und wie sie sich im Einzelnen auswirken

## 2. Nutzungsarten für 5G, erster Überblick

Man kann drei grundsätzliche Arten der Nutzung von 5G identifizieren, die letztlich dazu beitragen werden, dass 5G zu einer GPT wird:

**Enhanced Mobile Broadband EMBB.** Zwei wesentliche Eigenschaften von EMBB werden die Akzeptanz von 5G und seine Nutzung erheblich voranbringen. Zum einen wird die zelluläre Funkabdeckung in einen breiteren Bereich von Gebäuden ausgedehnt, wie z.B. Bürogebäu-

## IT-Endgeräte

# Bluetooth Beacons – Möglichkeiten und Potentiale

Fortsetzung von Seite 1



Dipl.-Inform. Thomas Steil ist bei der ComConsult Beratung und Planung GmbH für die konzeptionelle Planung in den Bereichen Netze und IT-Infrastruktur zuständig. Neben seiner Tätigkeit als Berater und Projektleiter ist er Autor diverser deutscher und englischsprachiger Artikel.



## Stand der Technik und Funktion

Beacons sind eine sehr junge Technologie und kamen erstmals 2013 als Produkt auf den Markt, sind aber in Form von Bluetooth Low Energy bereits seit 2009 Teil des Bluetooth Standards 4.0. Sie nutzen das 2,4GHz RF-Band, in welchem sie in festen Intervallen, beispielsweise einmal pro Sekunde, ihre ID senden. Die Reichweite beträgt hierbei bis zu 80m. Diese Signale können dann von einem Bluetooth fähigen Gerät empfangen und ausgewertet werden. Dabei erhält der Sender allerdings keinerlei Rückmeldung, ob das Signal von einem Gerät empfangen wurde, genau wie der Leuchtturm, der nicht weiß, ob er von Schiffen gesehen wird oder nicht.

Es fehlte lange Zeit ein konkretes Anwendungsgebiet für diese Technologie. Erst mit der Vorstellung der iBeacons von Apple im Jahr 2013 wurde ein Interesse an dieser Technologie geweckt. Dies führte zu einer Vielzahl von weiteren Beacon-Protokollen, wobei das bekannteste neben iBeacon das Eddystone-Protokoll der Firma Google von 2015 sein dürfte. Doch auch wenn das iBeacon-Protokoll an sich proprietär ist, sind nahezu alle Geräte, unabhängig vom Betriebssystem, in der Lage iBeacons zu verwenden. So wird das iBeacon Protokoll seit iOS 7 und Android 4.3 unterstützt. Auch Windows-Phones haben keine Probleme die iBeacon Signale zu empfangen.

Das Konkurrenzprotokoll Eddystone geht da sogar noch einen Schritt weiter und lässt den interessierten Anwender das gesamte Protokoll online bei GitHub (Google, 2017) einsehen. Darüber hinaus liefern viele Hersteller der Beacons eigene Softwareentwicklungsumgebungen mit ihren Geräten aus, die es ermöglichen, innerhalb kürzester Zeit eine eigene App unter Verwendung von Beacons zu entwickeln. So zeigt Abbildung 1 eine selbst entwickelte Android-App zum Auslesen der Beacon-Werte, die mit Hilfe des mitgelieferten Software Development Kits (SDK) entwickelt wurde.

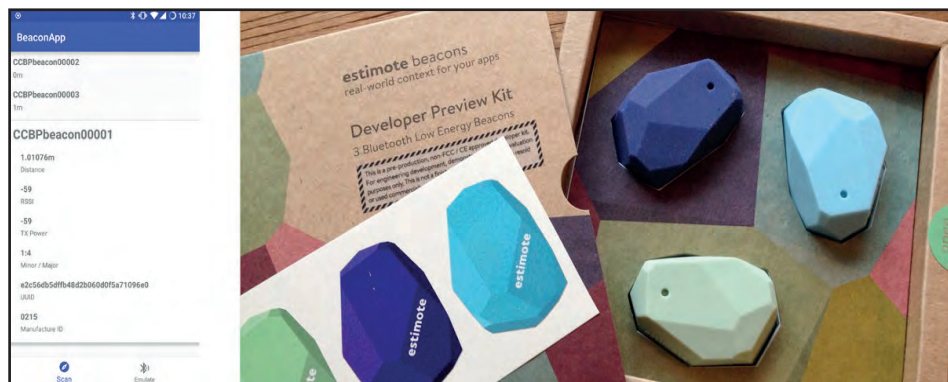


Abbildung 1: Selbst entwickelte Debug App (links); estimate Developer Kit (rechts)

Ein weiteres nennenswertes Protokoll ist AltBeacon der Firma Radius Networks, das ebenfalls quelloffen vorliegt und erstmals 2014 vorgestellt wurde. Ob sich dies jedoch gegen die Übermacht der Global-Player Apple und Google durchsetzen kann, bleibt abzuwarten. Aktuell sind Eddystone und iBeacon die am häufigsten anzutreffenden Varianten.

Der Bluetooth Low Energy Standard nutzt, wie das normale Bluetooth, das 2,4GHz ISM Band. Allerdings nutzt Bluetooth Low Energy hier nur 40 Kanäle gegenüber 79 beim normalen Bluetooth. Von den 40 Kanälen mit einer Bandbreite von zwei MHz werden drei als Advertising-Kanäle verwendet (2402 MHz, 2426 MHz und 2480 MHz) wie in Abbildung 2 dargestellt.

Um eine Koexistenz von Bluetooth Low Energy mit anderen Wireless-Technologien zu gewährleisten verfügt Bluetooth Low Energy ebenfalls über Adaptive Frequency Hopping (AFH) (Chen, Elvino, & Subbarayan, 1996) und (Cormio & Kauschik, 2010).

Darüber hinaus bietet BLE die Möglichkeit des Channel-Blacklistings an, um die Interferenz mit benachbarten WLAN-Infrastrukturen zu minimieren. Aufgrund der geringen Datenmenge sind die verbleibenden Kanäle ausreichend um die Informationen zuverlässig zu übertragen.

Abbildung 3 zeigt die freien Kanäle für die Nutzung von Beacons bei gleichzeitiger Nutzung der WLAN-Kanäle 1,6 und 11.

Da die unterschiedlichen Beacon-Protokolle alle Teil des Bluetooth Low Energy Standards sind, ist der Aufbau sehr ähnlich. In der folgenden Abbildung wird daher stellvertretend das iBeacon Datenpaket näher erläutert. Dieses ist ein Teil der Bluetooth Low Energy Payload, die wieder-

## Bluetooth Beacons – Möglichkeiten und Potentiale

rum ein Teil der Protocol Data Unit (PDU) des eigentlichen BLE-Frames ist. Somit sind 31 von 47 Bytes für die iBeacon Daten innerhalb eines BLE-Frames nutzbar. Die Datenmenge erscheint gering, allerdings setzt das Konzept von Beacons voraus, dass die Intelligenz in der App und nicht in dem Beacon selbst steckt.

Unabhängig von den einzelnen Protokollen bieten Beacons immer mehrere Informationen, die sie in festen Intervallen aussenden. Dies sind die Werte für den Universally Unique Identifier (UUID), Major, Minor und TX Power. Ersteres hat einen Datenumfang von 128bit. Major und Minor jeweils 16bit. Somit ergeben sich 160bit an Nutzdaten, die man mit Hilfe eines Beacons übertragen kann. Dies ermöglicht eine gute Strukturierung unterschiedlicher Informationen für eine Vielzahl von Anwendungen. So kann beispielsweise die UUID auf die Firma verweisen, Major auf ein Gebäude und Minor auf eine bestimmte Position innerhalb des Gebäudes.

Eine entscheidende Information wird im letzten Byte übertragen. Der Wert TX Power ist dafür verantwortlich, dass das Endgerät die Entfernung zum Beacon schätzen kann. Das Gerät überträgt dort die Angabe zur eigenen Signalstärke in Form des Zweierkomplements. Somit ergibt beispielsweise der Wert  $0xC8 = 200$ , Zweierkomplement =  $256 - 200 = -56$  dBm den Dämpfungswert des Beacon-Signals. Dies ist ein Indikator für die Empfangsfeldstärke „Received Signal Strength Indicator (RSSI)“ und gibt an, wie stark das Signal ein sollte, wenn es einen Meter vom Objekt gemessen wird. Hierbei werden natürlich nicht die wirklich vorhandenen Begebenheiten berücksichtigt. So kann eine Wand oder eine Person zwischen Beacon und Empfänger die gemessene Feldstärke stark beeinflussen. Für den Empfänger des Signals ist dabei nicht zu erkennen, ob das Signal weit entfernt ist, es sich um das Echo eines eigentlich näheren Signals handelt oder ob sich ein Hindernis zwischen Sender und Empfänger befindet.

Dies hat direkten Einfluss auf die Ausstattung der Umgebung mit Beacons. Es müssen genug Beacons für das Gerät sichtbar sein, um bei bekannter Beaconposition die eigene Position mittels Trilateration zu schätzen. Trilateration schätzt, im Gegensatz zur Triangulation, die Position nicht mit Hilfe von Winkeln, sondern des Abstandes zu drei Punkten. Daher muss auch auf eine sinnvolle Positionierung der Beacons geachtet werden. Will man beispielsweise eine Indoor-Navigation ermöglichen, bietet es sich an, die Beacons in einer Höhe zu montieren, die dafür sorgt, dass vorbeigehende Menschen

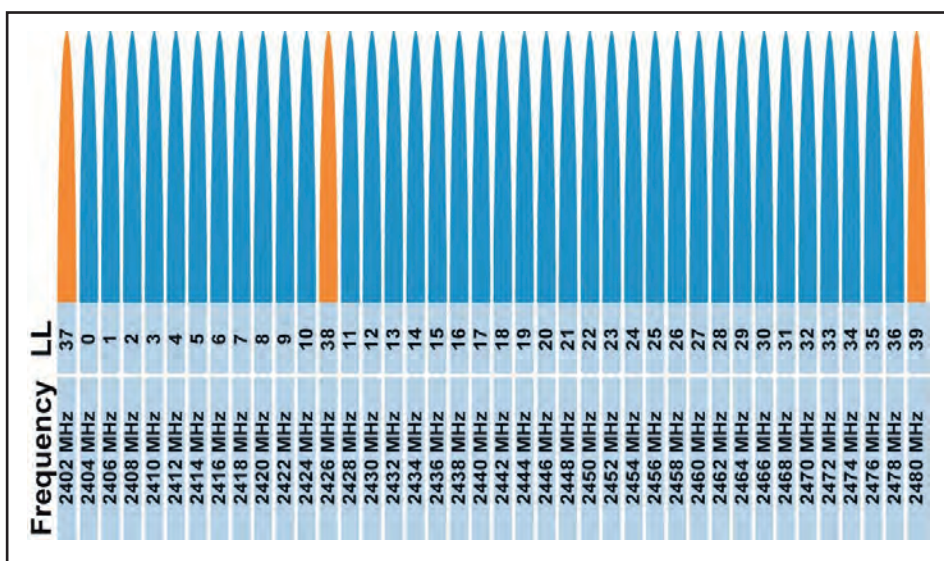


Abbildung 2: Kanalaufteilung von BLE im 2,4 GHz Band mit Advertising Kanälen (orange)

Quelle: <http://www.connectblue.com>

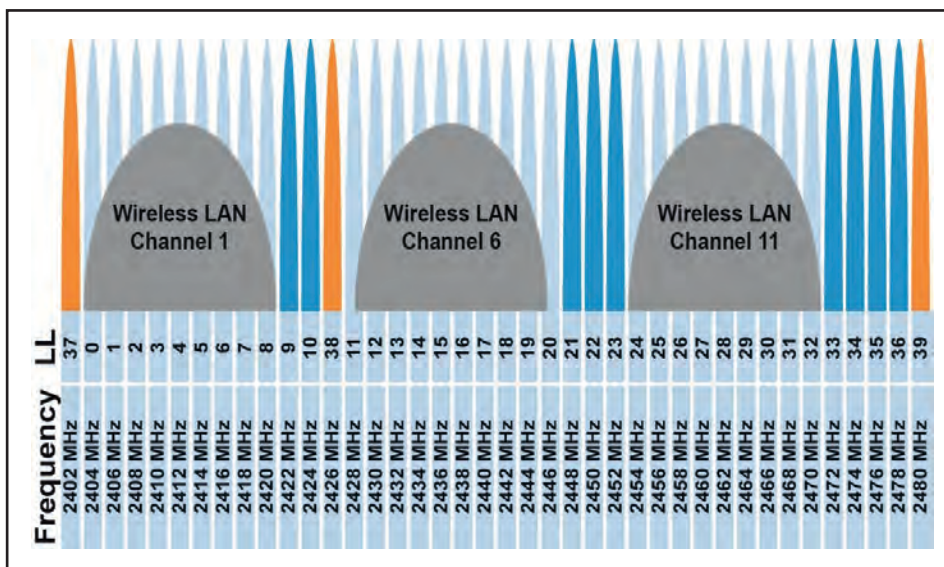


Abbildung 3: Freie BLE Frequenzen bei gleichzeitiger Nutzung von WLAN

Quelle: <http://www.connectblue.com>

die Beacons nicht verschatten und dadurch zu stark schwankenden Empfangsfeldstärken führen. Allerdings gilt hier nicht immer, dass mehr Beacons eine bessere Abdeckung ermöglichen. Wenn man zu viele Beacons installiert, kann dies zu einem Übersprechen führen und sich dadurch die Positionsschätzung verschlechtern. Hierzu empfehlen (Li, Jian, & Chunyan, 2015) einen Abstand der Beacons, der dem Zweifachen der gewünschten Positionsgenauigkeit entspricht. Dabei handelt es sich natürlich nur um einen groben Richtwert, der in einem konkreten Fall abweichen kann. Wenn man beispielsweise eine große Halle mit Signalen versorgen möchte und dabei die Möglichkeit hat die Beacons deutlich über den Besuchern zu

platzieren, können die Beacons ihre maximale Reichweite von bis zu 80 Metern besser ausnutzen und man kommt vermutlich mit deutlich weniger Beacons aus um eine Positionsbestimmung zu ermöglichen.

Um eine Position innerhalb einer Beacon Struktur zu bestimmen, muss einerseits die App über das Wissen verfügen wo sich die Beacons befinden, andererseits ein Algorithmus dafür sorgen, dass die App erkennt, ob es sich bei dem empfangenen Signal um eine direkte Verbindung, ein Echo oder ein abgeschwächtes Signal handelt. Diese Information ist essentiell für eine genaue Positionsbestimmung. Darin unterscheiden sich auch Beaconhersteller stark, die in den mitgelieferten Ent-