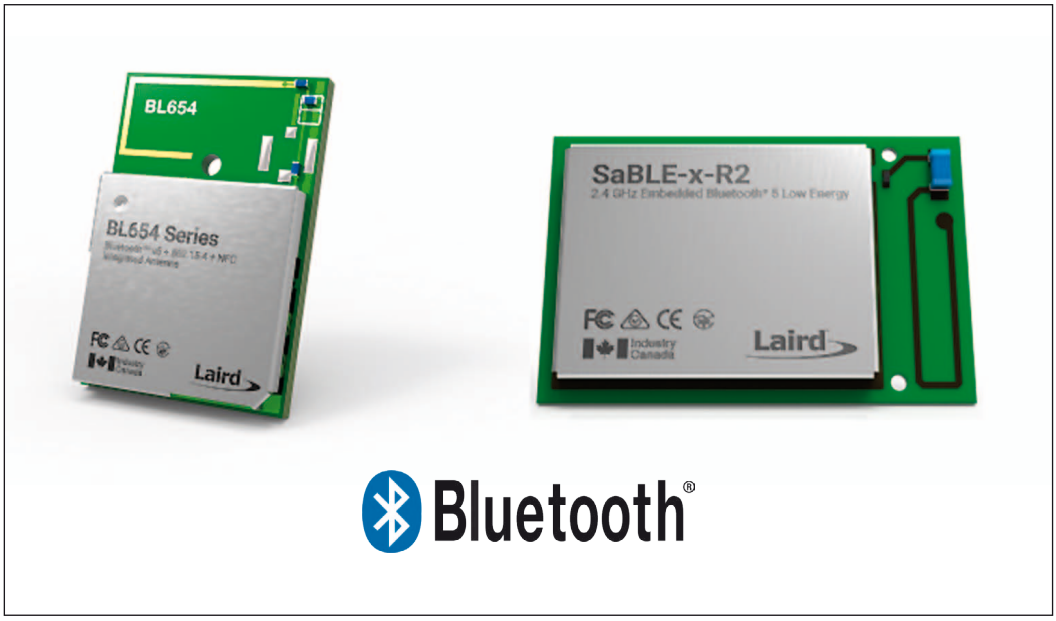
Die Evolution zu Bluetooth 5.1

Kürzlich wurde die Version 5.1 von Bluetooth verabschiedet – mit signifikanten Upgrades bei den Themen Positioning und lokale Services. Besonders IoT-Geräte, die zugleich für Home- und Industrieanwendungen geeignet sind, werden in hohem Maße von diesen Upgrades profitieren.



Bluetooth erfreut sich einer breiten Nutzung in Geräten wie Smartphones und Tablets und wird auch benötigt, um Konnektivität zum Internet of Things herzustellen, also zu Geräten wie drahtlosen Personal-Area-Netzwerken. Veränderungen in Richtung Version 5.0 waren die Steigerung der Datenrate, die Ausweitung des Frequenzbereichs und die Möglichkeit des Informations- und Anzeigenaufkommen (payload) der Bluetooth-Low-Energy-Verbindungen durch höhere Übertragungsgeschwindigkeit und Abdeckung. Kürzlich wurde nun Version 5.1 verabschiedet mit signifikanten Upgrades bei Positioning und lokalen Services. IoT-Geräte, die zugleich für Home- und Industrieanwendungen geeignet sind, werden in hohem Maße von diesen Upgrades profitieren.

Hintergrund/ Vergangenheit

Bluetooth 4.0, eingeführt 2010, wurde um Bluetooth Low Energy (BLE) erweitert im Angesicht von Forderungen nach noch geringerem Energieverbrauch und geringeren Kosten. Bei Einführung war es den Geräten lediglich erlaubt, in einer von zwei Betriebsweisen zu arbeiten, entweder als Hub, der Daten erwartete, oder als peripheres Gerät, welches Daten sendete oder empfängt bzw. verarbeitet.

Bluetooth 4.1, eingeführt 2013, hat vier hauptsächliche Vorteile gegenüber dem Vorgänger, der noch keine geregelte Konnektionstopologie aufwies. Er war gekennzeichnet durch ein geringes Tastverhältnis in Koexistenz mit LTE (auf den Bändern 40 and 41) und einen verbesserten Schutz der Privatsphäre. Die vier Vorteile:

1. Bluetooth 4.1 löschte die Restriktionen bei den Verbindungsregeln aus und erlaubte es den beteiligten Geräten, in sowohl peripherer als auch zentraler Rolle in Erscheinung zu treten - dies auch simultan - und sich mit so vielen anderen Geräten zu verbinden wie möglich.

2. Bluetooth 4.1 besaß die Fähigkeit, eine Lowpower-Methode zu nutzen, um ein bestimmtes zentrales Gerät dazu „einzuladen“, eine Verbindung einzugehen.

3. Bluetooth 4.1 erlaubte unmittelbare Koexistenz mit LTE-Funkobjekten auf jeder Seite des 2,4-GHz-ISM-Bands.

4. Bluetooth 4.1 bot eine mehr formelle Definition der Privatsphäre, um die Möglichkeit zu minimieren, ein Gerät für Inserenten und Werbezwecke einzusetzen.

Bluetooth 4.2, eingeführt 2014, erhöhte die Sicherheit quasi auf Basis einer elliptischen Kurve. Denn die Größe jedes nutzbaren Datenpakets war substantiell von 27 auf 251 Bytes vergrößert. Dies reduzierte das Verhältnis von Header-Info zu Payload-Größe und erhöhte signifikant den Datendurchsatz, indem mehr “On-Air”-Zeit ermöglicht und erlaubt wurde, um dem Datentransfer mehr Zeit zu widemen. Diese Vorzüge wurden auch erreicht ohne die Änderung irgendeiner Halbleiterstruktur in Funksystem.

Ende 2016 wurde Bluetooth 5.0 herausgebracht. Dies war verbunden mit drei Erweiterungen, welche das Bluetooth-Spiel entscheidend veränderten:

1. eine Verdopplung in der Geschwindigkeit

2. eine Erweiterung des Zeitbereichs um den Faktor 4

3. eine achtfache Steigerung bei der Payload-Größe für Inserenten, die nun über Datenkanäle senden konnten

Es verwundert nicht allzu sehr, dass diese weitgehenden Änderungen auch eine Verbesse-

Quelle:
Evolution to Bluetooth 5.1
by Mahendra Tailor,
Technology Leader - Laird Connectivity
Laird Technologies
www.everythingrf.com/community/evolution-to-bluetooth-5-1
übersetzt von FS

rung der Hardware erforderlich machten – das erste Mal seit Bluetooth 4.0. Diese neue Version behielt die besten Features der Grundversion bei und blieb zudem rückwärtskompatibel zu den vorhergehenden Versionen.

Und nun: Bluetooth 5.1

Im Januar 2019 hat die Bluetooth Special Interest Group (SIG) ein neues richtungsweisendes Feature innerhalb Bluetooth eingeführt, das die Performance der Ortsservices (location services) bereichert. Zuvor fielen die lokalen Services-Lösungen generell in eine der beiden folgenden Kategorien:

- Nachbarschaftslösungen (proximity solutions) oder
- Positionierungssysteme

Dieses neue Feature ermöglicht Bluetooth Nachbarschaftslösungen, um die Fähigkeit zur Richtungsbestimmung (direction capability) zu verbessern. Um dies zu erreichen, bietet Bluetooth 5.1 zwei Methoden zur Richtungsfestlegung, genannt Angle of Arrival (AoA) und Angle of Departure (AoD).

Bestehende Positionierungssysteme nutzen bereits die Bluetooth-Technologie, um die physikalische Lokalisierung für solche Anwendungsfälle wie Asset Tracking und Indoor-Positionierung zu bewerkstelligen. Durch Nutzung der Signalstärke können Bluetooth-Nachbarschaftssysteme zurzeit approximieren, wie weit entfernt in Metern ein Gerät ist. Das neue Bluetooth-5.1-Richtungsfindungs-Feature kann jedoch die Standortbestimmung so weit verbessern, dass die entfernung sogar in Zentimetern angegeben werden kann.

Mehr Geschwindigkeit oder Reichweite bei Ausweitung der Werbungsmöglichkeiten

Es ist zunächst wichtig, festzuhalten, dass die Verbesserungen bei Geschwindigkeit und Reichweite bei Bluetooth 5.0 nicht gemeinsam erreicht oder genutzt werden können. Wenn sich etwa die Geschwindigkeit erhöht, so reduziert sich die Reichweite.

Die Verdopplung bei der Geschwindigkeit (von 1 auf 2 Mbps) bedeutet offensichtlich eine entsprechend schnellere Datenübermittlung und eine verkürzte Sende- bzw. Empfangszeit. Eventuell nicht sofort erkennbar ist jedoch, dass sich auch der Energieverbrauch reduziert, wenn das System sukzessive für kürzere Zeit on air ist. Jedenfalls wird die Speed-Verdopplung durch eine Verdopplung der Symbolrate erreicht, was bedeutet, dass sich auch die Empfängerempfindlichkeit halbiert; das bedeutet 3 dB Rückgang bzw. 29% Rückgang bei der Signalspannung (0,71 x 0,71 = 0,5).

Die mögliche Reichweitensteigerung um den Faktor 4 wird erreicht durch das Hinzufügen von Bit-Redundanz und Forward-Fehlerkorrektur sowie zwei neue Codierungs-Schemata (2 und 8 bit). Dieses macht natürlich die Datenpakete länger, erfordert also mehr On-Air-Zeit, was wiederum den Leistungsverbrauch erhöht. Die Codierungs-Schemata nutzen entweder 2 oder 8 codierte Bits pro Quellen-Bit, was sich in einer Reduktion bei der Standard-Datenrate von 1 Mbps auf beispielsweise 500 oder 125 kbps niederschlägt. Für das 2-Bit-Coding-Schema erhöht sich die Empfängerempfindlichkeit um 4,5 dB, was theoretisch einem Reichweitengewinn von 68 % entspricht. Beim 8-Bit-Coding-Schema gibt es gar eine 12-dB-Verbesserung bei der Empfindlichkeit entsprechend 400 % Reichweitenzunahme. Doch diese Zunahmen bei der Reichweite sind mit reduziertem Datendurchsatz verbunden. Die höchstmöglichen vorgesehenen Vergrößerungen bei der Reichweite gelten für den Freiraum bei Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger; diese Voraussetzungen werden natürlich mit größerer Entfernung praktisch immer unwahrscheinlicher. Jedenfalls kann der erweiterte Bereich zu robusteren und

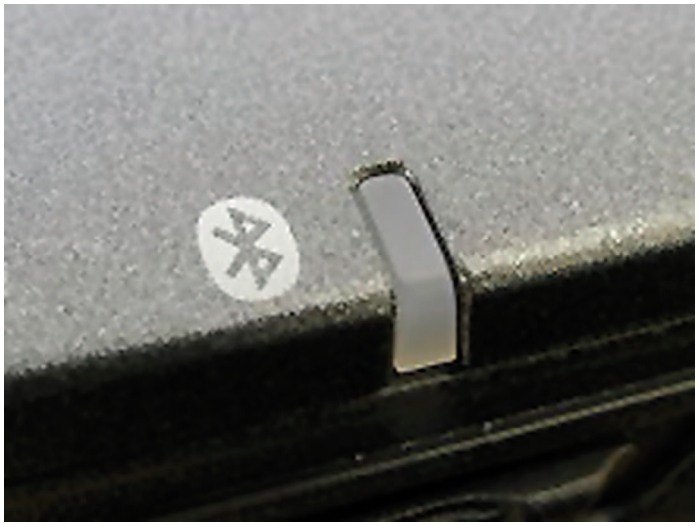
Quelle: Wikimedia Common License, Photograf Ed g2s

zuverlässigeren Verbindungen sowohl indoor als auch outdoor führen.

Die achtfache Zunahme beim der Nachrichtenfähigkeit führt zu einer größeren Nutzlastkapazität (payload capacity) bei den Verbindungsservices. Von den 40 Kanälen, welche bei BLE vorgesehen wurden, werden drei als primäre Werbekanäle (advertisement channels) genutzt bei Restriktion auf die Größe von 31 Bytes. Die verbleibenden 37 Kanäle sind sekundäre Datenkanäle zu 255 Bytes. Bluetooth 5.0 stellt zwei Formen von Anzeigenerweiterung (advert extension) zur Verfügung:

Die erste Form ist ein Advert-Extension-Paket (ADV_EXT_IND). Dieses wird auf einem der drei primären Kanäle gesendet. Es enthält keine Nutzerdaten, jedoch verrät es die Nummer des Datenkanals und den Zeitversatz (timing offset), der über das Wo und Wann des folgenden Hilfsdatenpakets Auskunft gibt. Das AUX_ADV_IND-Paket enthält die Daten und kann auch die Kanalnummer und den Timing Offset für zusätzliche Pakete preisgeben, falls mehr Platz erforderlich ist.

Die Verkettung dieser Datenpakete mit AUX_CHAIN_IND-Paketen erfolgt kontinuierlich, bis die Datenübertragung abgeschlossen ist. Ungefähr sieben Datenpakete lassen sich verketten für insgesamt 1650 Bytes von Daten, wobei etwas Platz für die



Logo auf einem Notebook (rechts daneben eine Status-LED)
Von Standardizer - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3374248

Information zur Kanalnummer und zum Timing Offset benötigt wird. Das Wiederzusammenfügen der verketteten Daten erfolgt am Ende des Empfangsvorgangs.

Die zweite Form der Advert Extension ist das Audio-Streaming. In diesem Fall verweist jedes AUX_ADV_IND-Paket auf einen Stream von AUX_SYNC_IND-Paketen, welcher kompressierte Audiodaten enthalten kann. Diese werden in einem kontinuierlichen Stream in bekannten Zeitintervallen abgespielt, bis das Bluetooth-Gerät seinen Funkabdeckungsbereich verlässt.

Bedeutung für per Bluetooth verbundene Geräte

Die Verbesserungen bei Geschwindigkeit, Reichweite und Advert Payload bei Bluetooth 5.1 erlaubten es Designern, einige Maßnahmen vorzunehmen, um diese Features auch für IoT-Applikationen bereitzustellen. Version 5.1 ist ziemlich vielseitig: Sie macht es möglich, verschiedene Nutzeransprüche mit der selben Hardware zu erfüllen.

Die höheren Datenraten, welche Bluetooth 5.1 möglich macht, unterstützen jene Applikationen, die einen höheren Datendurchsatz erfordern. Solche Applikationen können etwa Sicherheitssysteme umfassen oder industrielle Maschinen oder medizinische Gerätschaften. Anwendungen bei Notfallmaßnahmen profitieren besonders von höheren Übertragungsgeschwindigkeiten.

Die höhere Reichweite, welche Version 5.1 erlaubt, wird eine große Rolle in IoT-Applikationen wie Smart Homes und Smart Offices spielen. Die höhere Reichweite zusammen mit der Fähigkeit, die verschiedensten Geräte zu verbinden, ermöglicht es den kommenden Lichtanwendungen, Küchengeräten, Waschmaschinen, Türschließ- und Sicherheitssystemen innerhalb eines Hauses oder Haushalts, den robustesten und zuverlässigsten Link für die Kommunikation zu nutzen. Oder smarte Beleuchtungs- und Security-Anlagen innerhalb einer Bürolandschaft können von einer einzigen Gruppe aus gesteuert werden. Museen oder Verkaufsgeschäfte können nun das Audio-Streaming einsetzen, um Besuchern oder Kunden besser über bestimmte Ausstellungsstücke oder Produkte zu informieren. Das AUX_SYNC_IND-Paket verbindet sich mit einem Smartphone und spielt zunächst auf unbegrenzte Zeit die ersten AUX_EXT_IND- und AUX_ADV_IND-Pakete, bis das Smartphone aus dem Reichweitenbereich kommt. Das ADV_EXT_IND-Paket spielt in regelmäßigen Abständen, um jeden neuen Zuhörer anzusprechen, sobald er in den Reichweitenbereich gerät. Oder auch smarte Navigationssysteme in öffentlichen Gebäuden und auf Flughäfen könnten von den erweiterten Adverts in Version 5.1 profitieren, indem sie sich mit Smartphones oder Tablets verbinden, um den Besitzern Raumaufteilungen, Lagepläne oder Audioinformationen zukommen lassen.

By Mmckinley - Own work, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5761910

Eine weitere potentielle Anwendung sind schmale Parklücken, wobei Version 5.1 für das Einpark-Management (gestütztes oder selbständiges Ein- und Ausparken) herangezogen werden könnte.

Die Firma Laird bietet zwei Module an, die Entwicklern dabei helfen sollen, Bluetooth in ihre IoT-Applikationen zu implementieren. Das SaBLE-x-R2 ist ein 2,4-GHz-BLE-Module und als Drop-in-Ersatz für Modelle der Reihe SaBLE-x geeignet, um einen nahtlosen Upgrade-Pfad zu realisieren. Das Modul BL654 hat einen ultrakleinen Footprint (10 x 14 mm) und ist Teil eines vollausgestatteten Entwicklungs-Kits. Hier ist alles vorhanden, was die BLE-Integration vereinfacht und die Time-to-Market minimiert.

Fazit

Von der höheren Datenübertragungsrate, der höheren Reichweite und den erweiterten Informations-, Anzeige- und Werbemöglichkeiten, welche Bluetooth 5.1 bietet, werden in besonderem Maße IoT-Geräte profitieren. Die einfache und unkomplizierte Interaktion zwischen Smartphone oder Tablet-Controller und den verschiedensten per Funk angeschlossenen Geräten wird auf einfachere Art Smart Homes und Smart Offices ermöglichen.

Die Flexibilität bei Geschwindigkeit, Reichweite, Anzeigenaufkommen (advert payload) und Security, angeboten von Bluetooth Version 5.1, wird IoT-Geräte vervollkommnen und bereichern in einem breiten Szenario von Anwendernutzfällen (end use cases) und Umgebungen. ◄