

ホワイトペーパー

低消費電力無線通信として Bluetooth® Low Energy による高データスループット化の実現

2019 年 12 月

概要

IoT 化が叫ばれて久しい昨今、様々な機器がネットワークに繋がってきている。近距離無線通信としてほとんどのスマートフォンに Bluetooth が搭載されており、中でも低消費電力無線通信である Bluetooth Low Energy の需要が高まってきている。また、Bluetooth Low Energy 通信ではスマートフォンでも 2Mbps (高速化) もサポートされ、それに伴いスマートフォンへの接続機器に対しても高データスループット化が求められており、機器メーカーとしても対応が急務となっている。

はじめに

Bluetooth の規格がでて以来、スマートフォンに Bluetooth Low Energy が搭載され始め、現在ではほとんどのスマートフォンに Bluetooth は搭載されています。とりわけ Bluetooth Low Energy に関しては低消費電力の通信であることからスポーツ/フィットネスむけのウェアラブル機器や、家電、ビル、産業機器、玩具や PC 周辺機器、位置情報を出力するビーコンとしてセンサデバイスや見守り機器など様々な分野に拡大してきています。

このホワイトペーパーでは、Bluetooth 5.0 Low Energy の特長およびその導入方法を解説します。

Bluetooth Low Energy の基本

Bluetooth Low Energy は、標準化された近距離無線ネットワークの一つで他の無線規格と比べて低消費電力であることが特長です。

Bluetooth Low Energy は従来からある音声通信に使われている Bluetooth (クラシック) とは Bluetooth の名前を使用していますが別物です。2,400 MHz から 2,480 MHz までの 80 MHz の帯域を、2MHz 幅で分割して、40 のチャンネルにして利用しています。40 のチャンネルは、2 種類にわかれています。

- **アドバタイズチャンネル**： デバイス発見・接続、3 チャンネルを利用
- **データチャンネル**： コネクション通信、37 チャンネルをホッピングして使用

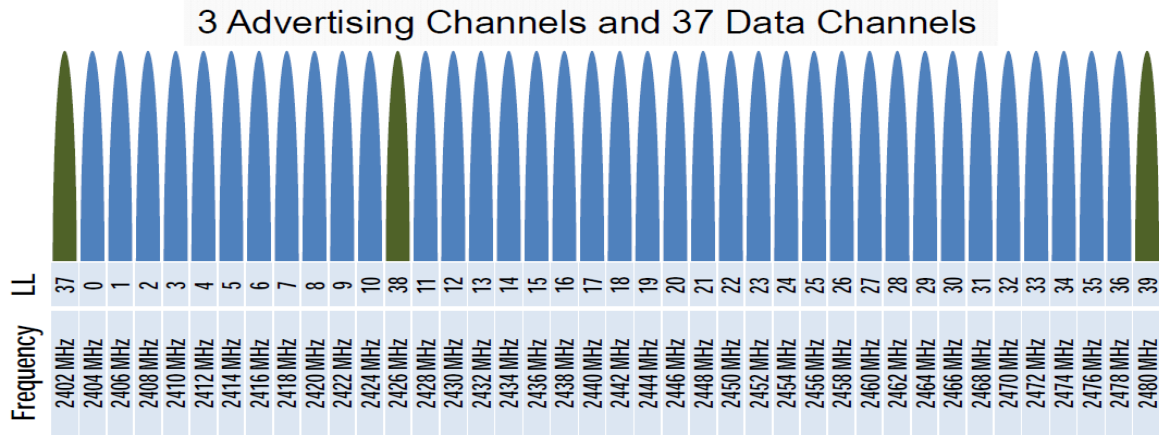


図 1. Bluetooth Low energy 通信の周波数チャンネル

それぞれのチャンネルの使い方を説明します。

周辺機器は、アドバタイジング・チャンネルでアドバタイズメント・パケットを送信します。

アドバタイズメント・パケットは、自分の存在を周囲に伝えるために、アドバタイズ・インターバル毎に、3 チャンネルにそれぞれブロードキャスト（送信）します。そして、デバイスの発見と接続に使います。なお、BT5 仕様ではアドバタイズで使うチャンネルの仕様拡張があり、セカンダリチャンネルとして他の 37 チャンネルの使用も可能です。

データチャンネルは接続完了後のデバイス同士の通信で使用します。データチャンネルは、適応型周波数ホッピング方式 (AFH) と呼ばれる通信をします。コネクション・インターバル時間で次々にチャンネルを切り替えて使用します。また適応型と言われるのは、混雑している周波数を使用しないように変更して利用することができる為です。また、タイムアウト時間を持ち、例えば混信で通信できない場合でも、タイムアウト時間はホッピングをして通信をし続けます。そのため、一部のチャンネルで混信をうけても通信を断絶しない仕組みとなっています。

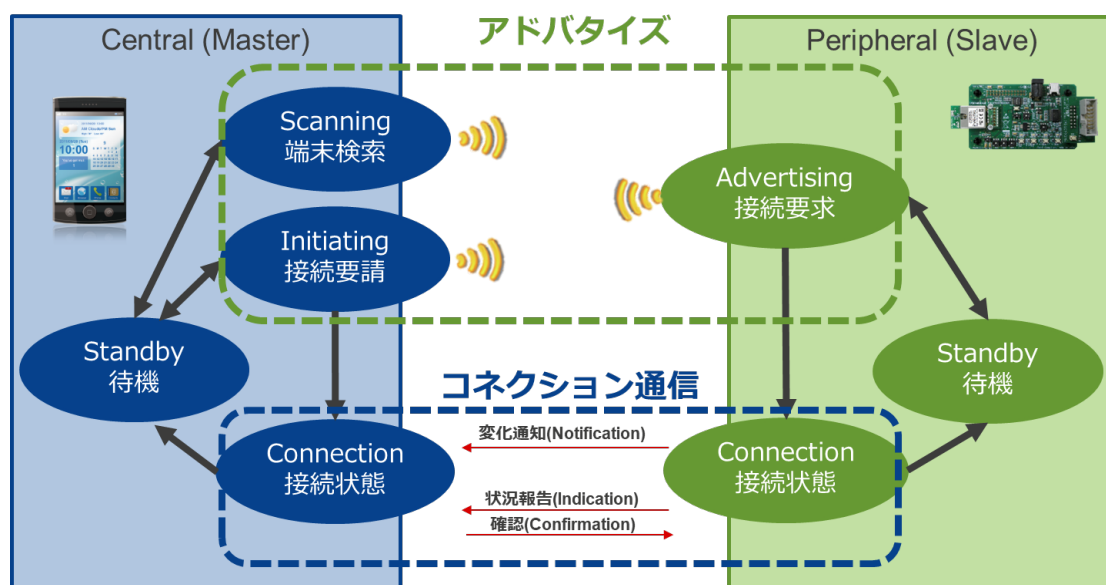


図 2. アドバタイズとコネクション通信

このようにアダプタイズで自デバイスの存在を周囲に知らせ、コネクション通信にて一定時間間隔でデータを送受信します。

アプリケーションデータの通信はクライアント/サーバモデルで行います。パケットの種類は以下の 6 種類があります。

パケット種類	送り手	説明
Request	クライアント	クライアントはサーバにRequestを送信。
Response	サーバ	サーバはクライアントからの要求にResponseを返信。
Command	クライアント	クライアントはサーバにCommandで指示送信。Responseはありません。
Notification	サーバ	サーバはデータをNotificationで通知。Confirmationは不要です。
Indication	サーバ	サーバはデータをIndicationで通知。クライアントからのConfirmationで確認あり。
Confirmation	クライアント	クライアントはサーバにConfirmationで応答。

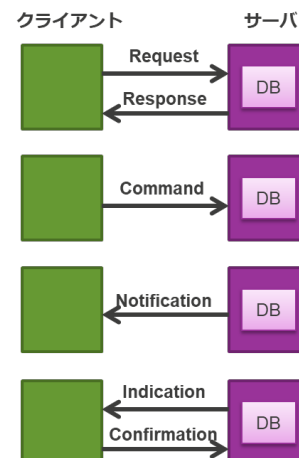


図 3. クライアント／サーバモデルによる通信プロトコル

コネクション通信においてクライアントとサーバの間でデータを共有するために、汎用属性プロファイル（汎用アトリビュートプロファイル Generic Attribute Profile、GATT）仕様にしながら GATT データベースをサーバの中に定義します。GATT データベースは Attribute（属性）を最小単位として構成され、Attribute は以下の情報をもっています。

Handle: 16 ビットの値。クライアントはデータアクセスする時に使います。

Type: データ型。UUID (Universal Unique Identifier)によって指定されます。

Value: データそのもの。

GATT では Attribute を「特性宣言」、「特性値」「特性記述子」として定義し、これらをまとめてコネクション通信の共有データである「特性」を構成します。サーバは「特性」を集めて「サービス」を構成し GATT データベースとしてクライアントに公開します。

コネクション接続後、クライアントはまず属性ハンドルを入手するためにサーバの データベースからサービス情報を取得し、クライアントはその後、そのハンドルを使ってデータベースにアクセスします。

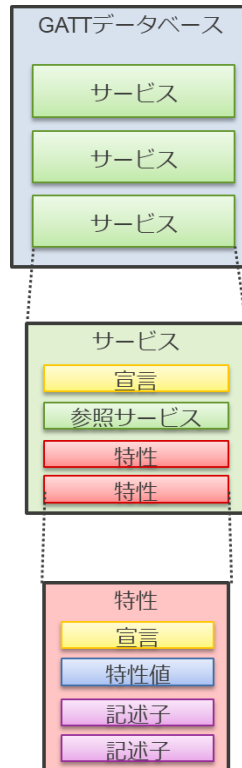


図 4. GATT データベースの構成

Bluetooth 5 の新仕様

Bluetooth 5 の新仕様を表 1 に示します。Bluetooth 5 ではデータレート的高速化により高データスループット化を実現すると共に Long Range の対応により通信距離が拡大しています。

項目	内容	目的
2 Mbps LE	2Mbps PHY データレート	高データスループット
LE Long Range	500kbps と 125kbps の PHY データレート	通信距離拡大
LE Advertising	セカンダリチャネルによるアドバタイズ アドバタイズデータ長の拡大, 最大 1650B	無線干渉低減 ビーコン情報拡大 (URL など)
Extensions	Long Range によるアドバタイズ 周期的アドバタイズ	長距離でのコネクション確立 セカンダリチャネルの活用

Channel Selection Algorithm #2	チャネルホッピングアルゴリズムの改良	無線干渉低減
High Duty Cycle NC Advertising	最小アドバタイズ間隔短縮 100ms → 20ms	ビーコン送信の高頻度化

表 1. Bluetooth 5 の新仕様

Bluetooth 5 対応と表記されているものでもこれらすべてに対応していない物もある為注意が必要です。

Bluetooth 5 の導入

ここまで紹介した Bluetooth 5 の機能をユーザの機器に導入する前に次の 3 つを検討してください。

1 点目は Bluetooth 5 のアドバンテージを取り込むための機能をサポートしたデバイスの選択、2 点目は通信専用の IC を使用した場合、システムコントローラと合わせて部品点数が多くなり実装面積に制約が出てくる為、その削減方法、3 点目は Bluetooth Low Energy と合わせた周辺機能の開発を容易にする手段です。

結論

これらの課題を解決するためには Bluetooth Low Energy と共にシステム開発も容易とする開発環境を有し、Bluetooth 5 のフルファンクションを搭載した製品を導入する必要があります。

ルネサスの RX23W ではすべての Bluetooth 5 の新仕様に対応しています。Bluetooth Low Energy の通信機能と合わせて高性能/低消費な CPU 豊富な周辺機能を内蔵しており、Bluetooth Low Energy の通信とは別に独自の暗号カギの管理モジュール等も搭載してセキュリティ機能も強化しています。また、GUI 操作により Bluetooth Low Energy および他の周辺機のプロトコルスタック、ドライバを生成可能な開発環境を準備しています。

RX23W の仕様詳細は以下を参照して下さい。

<https://www.renesas.com/products/microcontrollers-microprocessors/rx/rx200/rx23w.html>

Bluetooth® ワードマークおよびロゴは登録商標であり、Bluetooth SIG, Inc. が所有権を有します。ルネサス エレクトロニクス株式会社は使用許諾の下でこれらのマークおよびロゴを使用しています。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

©2019 ルネサスエレクトロニクスアメリカ Inc. (REA) 無断複写・転載を禁じます。Bluetooth は米国 Bluetooth SIG, Inc. の登録商標です。ルネサスはこの商標の使用を許諾されています。その他のすべての商標および商品名はそれぞれの所有者のもです。REA は、ここに記載された情報は提供された時点で正確であると確信していますが、その品質や用途に関していかなるリスクも負っていません。すべての情報は、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行から生じるかにかかわらず、いかなる種類の保証もなしにそのまま提供されます（商品性、特定目的への適合性、または非侵害に関する制限なし）。REA は、そのような損害の可能性について助言されたとしても、ここでの情報の使用またはそれに依存することから生じるいかなる直接的、間接的、特殊的、間接的、付随的、またはその他のいかなる損害についても責任を負いません。REA は、予告なしに、製品を中止したり、その製品の設計や仕様、あるいはその他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際的な著作権法によって保護されています。ここに特に許可されている場合を除き、ルネサスエレクトロニクスアメリカの書面による事前の許可なしに、閲覧者またはユーザーは、いかなる公的または商業目的のために、この資料の修正、配布、公開、送信、派生作品の作成をすることは許可されていません。