

## Bluetooth LE モジュールを用いた 無線通信システムの開発

キーワード : Internet of Things (IoT)、Bluetooth LE、ブロードキャスト、WinRT、センサ

### はじめに

現在、スマートフォンを中心に無線通信機能を有する電子機器が広く普及してきました。IoT やスマートホームのような考え方がさらに広まることによって、様々な機器に無線通信機能が搭載され、利用されることが予想されます。身近な無線通信手段として、NFC、Bluetooth、Wi-Fi が挙げられますが、有線通信に比べてプロトコルが複雑なため、手軽に試作品を作製することが困難です。ここでは、Bluetooth Low Energy (LE) の Advertising packet (アドバタイズパケット) を利用して簡易に無線通信を実現する方法を紹介します。最初に、Bluetooth LE のアドバタイズパケットについて解説します。その後、Bluetooth LE モジュールおよびそのモジュールを用いて作製した温度データ送信デバイスについて詳しく述べます。最後に、PC でアドバタイズパケットを受信可能な環境を構築する方法について説明します。

### Bluetooth LE のブロードキャスト通信

Bluetooth は電子機器間の短距離有線通信を無線に置き換えることを目的とした通信技術です。Bluetooth の特徴は、低消費電力、低コストにあります。Bluetooth には二つの形式があり、それぞれ Basic Rate (BR) / Enhanced Data Rate (EDR) および LE と呼ばれています。LE システムは、BR/EDR システムに比べて低消費電力で容易にシステムの実装が行えます。

Bluetooth LE は、通信機器間で接続を確立する前に送信するアドバタイズパケットにデータを含めることで、接続を確立することなくデータを送信できます。これはブロードキャスト通信と呼ばれています。この通信方法ではデータの暗号化が行われなため、通信データの内容には注意が必要です。ブロードキャスト通信には、ここで紹介する環境モニタリング用途の他に、Apple 社の iBeacon のような無線標識用

途があります。

### アドバタイズパケットのフォーマット

パケットフォーマット<sup>1)</sup>を図 1 に示します。パケットは Preamble、Access Address、Protocol Data Unit (PDU) および Cyclic Redundancy error Check (CRC) からなります。先頭の Preamble は受信器において周波数同期やゲインコントロール等に用いられる 1 バイトのデータです。次の Access Address はアドバタイズパケットでは 0x8E89BED6 の 4 バイトデータに固定されます。また、PDU は実際に送信したいデータが格納される部分で、最大 39 バイトあります。なお、パケットの最後 CRC 部に 3 バイトの誤り検出符号が格納されます。

ここで利用する PDU の種類は Non connectable undirected advertising になります。この PDU は Header、Advertising Address (AdvA) および Advertising Data (AdvData) からなります。ここで、Header は PDU の種類やバイト長を示します。AdvA は送信器のデバイスアドレスを示す 6 バイトのデータで、AdvData は送信データが含まれる最大 31 バイトのデータです。AdvData は Length、AD type、AD Data からなる AD Structure の集合です。なお、Length は Data 領域のバイト長を示す 1 バイトのデータで、AD Type は AD Data に格納されるデータの種類を決める 1 バイトのデータです。とくに AD Data に Length-1 バイトのデータを格納することができます。

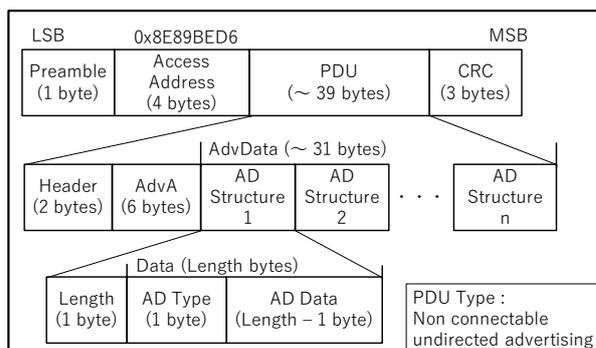


図 1 アドバタイズパケット

## Bluetooth LE モジュール

アンテナやコントローラ等の無線通信に必要な機能が搭載された Bluetooth モジュールが各社から提供されています。ここでは Microchip 社の Bluetooth バージョン 4.1 に対応した RN4020 を使用します。なお、RN4020 はスクリプト機能の利用により、簡易にプログラムを作成することができます。スクリプトはイベントドリブン形式になっており、イベント発生時の処理を順に記述します。送信デバイスの動作例として、センサの出力電圧を取得し、その電圧値を AD Structure にセット、アドバタイズパケットを周期的に送信する手順を組みました。図 2 にブロック図およびそのスクリプトを示します。このような機能であれば、わずか 8 行で記述可能です。

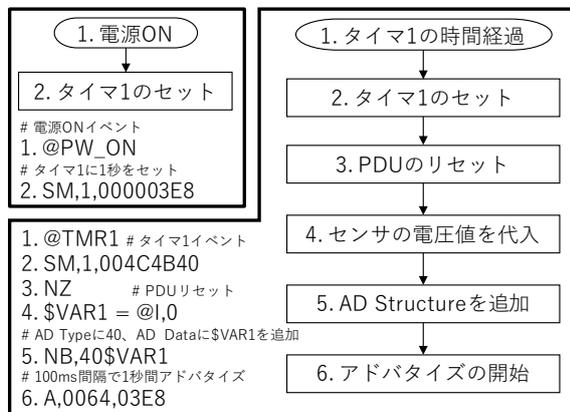


図 2 ブロック図とスクリプト

## 試作回路

図 3 に試作回路を示します。主要な部品は前述の Bluetooth モジュール、電気抵抗変化型の温度センサおよび CR2032 タイプのコイン電池です。参照抵抗と温度センサの分電圧を Bluetooth モジュールのアナログ入力ピンに接続しています。消費電流は約 2 mA です。

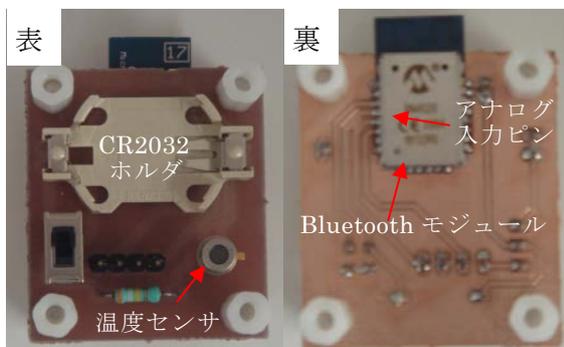


図 3 試作回路の写真

## WinRT API

アドバタイズパケットを受信するソフトウェアを Windows PC で開発する場合、Windows Runtime (WinRT) Application Program Interface (API) が便利です。なお WinRT API は、Windows が搭載されるデバイスであれば、PC だけでなくタブレットや IoT 機器でも動作できるソフトウェアを開発するための API であり、Bluetooth LE をサポート<sup>2)</sup>しています。

受信ソフトウェアの開発環境には、Windows 10、Visual Studio 2017 およびプログラミング言語として C++ を用いました。受信器には PC に USB 接続が可能な Bluetooth ドングルを使用しました。WinRT API には、Bluetooth LE のアドバタイズパケットを受け取るクラス BluetoothLEAdvertisementWatcher があります。パケット受信時の処理を記述した受信関数を設定後、スタートメソッドを呼び出すと、パケット受信イベントが発生する度に受信関数が呼び出されます。引き続いて、専用の引数にアクセスすることで、パケットに格納されたデータを取得できます。

試作回路を二日間、室内に配置し温度をモニタリングしました。図 4 に温度モニタリングを示します。空調が休止した 18:00 以降室内の温度が緩やかに低下する状況および空調が稼働した 9:00 以降に急激に上昇する状況が確認できます。

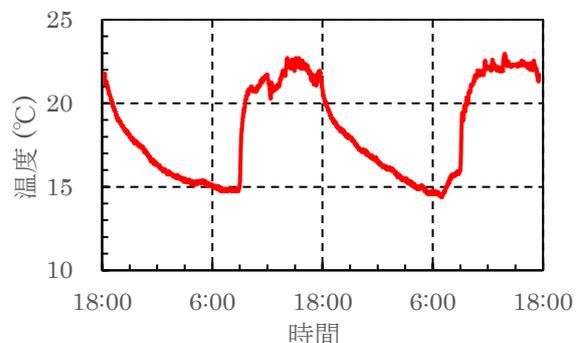


図 4 温度モニタリング

## おわりに

当研究所では、モニタリングシステムに係る試作品の開発支援を実施しています。ここで紹介したシステムをはじめ、開発にご興味がある方はお気軽にお問い合わせ下さい。

## 参考文献

- 1) BLUETOOTH SPECIFICATION Version 4.1 [Vol.6] p.37 <https://www.bluetooth.com/ja-jp/specifications/archived-specifications/>
- 2) “Bluetooth 低エネルギー”. Microsoft Docs. <https://docs.microsoft.com/ja-jp/windows/uwp/devices-sensors/bluetooth-low-energy-overview>