
IoT eラーニング

近距離通信

(Wi-Fi、Bluetooth、BLE、ZigBee)

国立大学法人 琉球大学

目次

- Wi-Fi
- Bluetooth
- BLE
- ZigBee

Wi-Fi

- 概要

- Wi-Fi はWireless Fidelityの略称である。
- 無線LANとほぼ同義語だが、厳密には、標準規格であるIEEE 802.11シリーズに準拠し、Wi-Fi Allianceの審査を通過した製品で、違うメーカーの無線LAN対応製品でも互換性があることを保証したもので、いわばブランド名と言える。
- 無線LANを構築するための機器が出始めた頃（1990年代前半）は、異なるメーカーの機器同士では接続が難しく、そのため無線LANの普及が進まなかった。
- こうした不都合をなくし、無線LANの普及をすすめようとWi-Fi Alliance（設立当初はWECA : Wireless Ethernet Compatibility Alliance）という団体がWi-Fi認証を推進。
- 実際には、市販の無線LAN機器のほとんどがWi-Fi認証を得ているため、日常生活での使用においては無線LANとWi-Fiはほぼ同じと考えても問題はない。

- 使用される周波数帯

- Wi-Fi規格で使用されている周波数は「2.4GHz 帯」と「5GHz 帯」の2種類。
- 2.4GHz 帯

産業（Industry）、学術（Science）、医療（Medical）の頭文字をとって「ISMバンド」と呼ばれている。

本来は “ 無線通信以外 ” の産業・科学・医療のために割り当てられた周波数帯。

通常、電波を利用するには「免許」が必要だが、「2.4GHz 帯」は免許不要。

そのためこの周波数帯は様々な機器が使用しており、「Bluetooth」、「コードレス電話」、「無線ヘッドフォン」、「キーボードやマウス」、そして「電子レンジ」等に使用されている。

利用する機器が多いため、他の機器の影響を受けやすく通信が不安定になりやすく、特に電子レンジや同じ無線LAN機器があるととても不安定になる。

こうしたデメリットがあるが、「5GHz帯」と比べると電波は遠くに届き、障害物等の影響が少ないメリットもある。

- 使用される周波数帯

- 5GHz 帯

「ISMバンド」とは異なる周波数帯域のため、「2.4GHz帯」と比べて他の機器からの影響を受けにくく、安定した通信が可能。

障害物の透過性が「2.4GHz帯」より劣るため、遮蔽物が多いと電波が届きにくくなる。

日本では「5GHz 帯」を「衛星通信システム」や「気象レーダー」も使っている。

そのため5GHz帯対応無線機器には気象レーダーの周波数を感知して干渉しないようチャンネルを変更するDFS（Dynamic Frequency Selection）機能が搭載されています。

- Wi-Fiのチャネル

- チャネルとは、複数の端末が同時に通信できるように周波数帯域を分割したもの。

- 2.4GHz帯のチャネル

「IEEE802.11b」では14チャネルあるが、「IEEE802.11g/n」では13チャネルとなっている。

チャネルとチャネルの幅は「5MHz」ずれており、1チャネルに割り振られている周波数帯の幅を「チャネル幅」という。

隣り合うチャネルの周波数は少しずつ重なり合っており、実際に干渉せずに使えるのは4チャネル程度となっている。

- Wi-Fiのチャネル

- 5GHz帯のチャネル

5GHz帯は最大「19チャネル」利用できる。

5GHz帯の各チャネルの周波数帯は独立しており、チャネルが干渉しないようになっている。

「W53」「W56」は、「気象レーダー」や「航空機のレーダー」も利用しているため、これらのレーダーに影響を与えないよう「DFS（※1）」と「TPC（※2）」の2つの機能を実装する必要がある。

他にも、レーダー波を検知した場合に一定時間アクセスが禁止や、W52とW53は屋外で使えないといった制約がある。

※1 DFS (Dynamic Frequency Selection) : 気象レーダーの干渉波を検出した場合、他のチャネルへ変更する機能

※2 TPC (Transmit Power Control) : 干渉を回避する為に無線の出力を低減させる機能

- IEEE 802.11 内の通信規格

- 無線LANの規格を定めているIEEE802.11では、伝送規格はIEEE802.11b/11a/11g/11n/11ac、セキュリティ規格はIEEE802.11i、QoS関連の規格はIEEE802.11eで定義している。

規格名・特徴	周波数帯	公称通信速度	チャネル幅	策定期期
IEEE802.11b	2.4GHz	11Mbps/22Mbps	22MHz	1999年10月
IEEE802.11a	5GHz	54Mbps	20MHz	1999年10月
IEEE802.11g	2.4GHz	54Mbps	20MHz	2003年6月
IEEE802.11n	2.4GHz/5GHz	65Mbps – 600Mbps	20/40MHz	2009年9月
IEEE802.11ac	5GHz	290Mbps – 6.9Gbps	80/160MHz	2014年1月

Bluetooth

- 概要

- Bluetoothは携帯情報機器の接続に使われる短距離無線通信技術で、IEEEによってIEEE 802.15.1として標準化された。
- 免許の必要がない2.45GHz帯の電波を利用し、最高2Mbpsの速度で通信を行うことができる。
- Bluetoothのバージョンは1.1、1.2、2.0、2.1、3.0、4.0、4.1、4.2、5.0がある。
- 「Bluetooth Low Energy (BLE)」と呼ばれる省電力機能は、バージョン4.0の最大の特長で、バージョン3.0と比べて約60%の省電力化を実現している。
- Bluetooth5.0では、BLEのデータレートが2Mbps, 1Mbps, 500kbps, 125kbpsになり、2Mbpsと1Mbpsは従来通り到達距離が100m、125kbpsは到達距離が400mとなった。

- Bluetooth 5.0の特徴

- 2016年12月にBluetooth SIGがリリースした「Bluetooth Core Specification v5.0」(Bluetooth コア仕様 バージョン5.0) によれば、Bluetooth 4.xと同様に低電力通信を志向しながらも、IoT関連の機能を強化するため、Bluetooth 5.0はさまざまな仕様追加、改良が行われている。
- Bluetooth 5.0の特長
 - 通信速度を柔軟に変えることができる
 - 通信距離の延長/通信高速化
 - 同報送信機能の拡充
 - 低消費電力の維持
- 誤り訂正能力を強化したうえで、通信速度を1Mbpsから半分の500kbps、1/8の125kbpsと通信速度を順に落とすことができ、通信可能距離の拡大に成功している。

- Bluetooth5.0の特徴

- 物理層でのデータ転送速度がBLEの2倍となっている。
- 条件さえよければデータ伝送速度をこれまでの2倍の約2Mbpsに引き上げることも可能。
- 通信距離という点では、「メッシュ」という新たな概念が追加された。
- バケツリレーのようにデバイスを経由し、さらに別のデバイスへ中継する機能である。
- これまでBluetoothといえば1対1のダイレクト通信のみだったのが、中継通信で可能になった。
- 中継する機械にはあらかじめ共通鍵を設定しておく必要がある。
- 基本的にリレーの制御をする機構がないためあまり中継段数を増やすことができないという仕様上の弱点はあるが、通信距離を数倍に伸ばせる。

BLE(Bluetooth Low Energy)

- 概要

- Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE, BLE)とは、無線PAN技術である Bluetooth の一部で、バージョン 4.0 から追加になった低消費電力の通信モード。
- Bluetooth は Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR) と Bluetooth Low Energy (LE) から構成される。
- 従来からの BR/EDR と比較して、省電力かつ省コストで通信や実装を行うことを意図して設計されている。
- BR/EDR とは独立しており、互換性は持たないが、BR/EDR と LE の同居は可能である。
- もとの仕様はWibreeという名称で2006年にNokiaによって開発されたものであり、これが2009年12月に Bluetooth 4.0 に Bluetooth Low Energy として統合された。
- パソコン（Windows、macOS、Linuxなど）やモバイル端末（Android、iOS、Windows Phone、BlackBerryなど）で標準でBLEに対応しており広く普及している。
- スポーツとフィットネス、医療、パソコン周辺機器、ビーコンなどに利用されている。

- 通信速度と到達距離

- BLEにおける通信速度の規格値は、Bluetooth 4.0は1Mbps、5.0は2Mbps, 1Mbps, 500kbps, 125kbpsである。
- 様々な制約により、現実的な通信速度は10kbps程度にとどまるが、「省エネルギー」を主眼に置いており、「通信速度を最低限に抑えれば消費エネルギーも少ない」というトレードオフの結果である。
- 到達距離についても、30メートル以上の距離を設定することは可能ではあるが、実際には5メートル程度にまで短くされる。これも通信速度と同様の理由による。
- Bluetooth 5.0 では通信速度を 125 kbps にすることで最大到達距離が400mとなった。

- ネットワーク構成

- BLEでは、デバイスとデバイスが通信をおこなう方法として、ブロードキャストとコネクションという2つの方法を定義している。

- ブロードキャスト

あるBLEデバイスから別のBLEデバイスに対して、一方的にデータを送信するための通信方法である。

あるBLEデバイスが、一定周期でデータを発信し続け、別のBLEデバイスがそれをスキャン・受信することによって、データのやり取りをおこなう。

この通信方法において、データを発信するデバイスをブロードキャスター、データを受信するデバイスをオブザーバーと呼ぶ。

ブロードキャスターが発信しているデータのことをアドバタイズパケットと呼ぶ。

- ネットワーク構成

- ブロードキャスト

アドバタイズパケットには、仕様に定められた範囲内で、自由なデータを設定することができる。

あるひとつのブロードキャスターが、不特定多数のオブザーバーに対して、同時に同じデータを発信できるため、機密性を要求されるようなデータのやり取りには不適である。

「測定した温度データを一定周期に発信し続ける温度計（ブロードキャスター）」と、「受信した温度データを利用者に通知するアプリケーション（オブザーバー）」といったような利用法がある。

現実に利用されている例にAppleによって策定されているiBeaconがある。

- ネットワーク構成

- コネクション

コネクションは、あるBLEデバイスと別のBLEデバイスとの間で、相互にデータを送受信するための通信方法である。

ブロードキャストとことなり、データの送受信は、コネクションに参加したデバイス間のみで、プライベートにおこなわれる。

この通信方法において、通信のホスト（コネクションを開始する側）となるデバイスをセントラルもしくはマスター、セントラルからのコネクション開始要求を受け付け、以降セントラルによって定められたタイミングでデータの送受信をおこなうデバイスをペリフェラルもしくはスレーブと呼ぶ。

一般にセントラルはスマートフォンやタブレット、PCが担当する。ペリフェラルは、それらのデバイスが利用する周辺機器が担当する。

- ネットワーク構成

- コネクション

意図的に、セントラルよりもペリフェラルのほうが実装要件が安易・安価となるよう設計されている。

これはペリフェラルデバイス（BLEに対応した周辺機器）が多く開発される理由にもなっている。

通信には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）というデータ構造定義を用いている。

GATTは広範な拡張性をもつため、各種デバイスは様々な目的のためにコネクションという通信方法を利用することができる。

ZigBee

- 概要

- ZigBee（じぐびー）とは、センサーネットワークを主目的とする近距離無線通信規格の一つである。
- この通信規格は、転送可能距離が短く転送速度も非常に低速である代わりに、安価で消費電力が少ないという特徴を持つ。
- 電池駆動可能な超小型機器への実装に向いている。
- 基礎部分の（電氣的な）仕様はIEEE 802.15.4として規格化されている。
- 論理層以上の機器間の通信プロトコルについては「ZigBeeアライアンス（ZigBee Alliance）」が仕様の策定を行っている。
- データ転送速度は20Kbps-250kbpsである。

- 概要

- 使用する無線周波数帯によって異なり、2.4GHzでは250Kbps、902-928MHzでは40Kbps、868-870MHzでは20Kbpsとなる。
- 900MHz帯を用いたものは主に米国向け、800MHz帯を用いたものは主に欧州向けの仕様であり、電波法の関係から日本国内で利用できるのはISMとして開放されている2.4GHz帯を用いた仕様のみである。
- 日本でZigBee機器を使用するには、その機器の性能が特定無線設備として技術基準適合証明または工事設計認証により、電波法で定められた技術基準を満たしていることの証明が必要である。
- ZigBee端末には中継機能があり、中継を繰り返す事でZigBee素子同士が通信を行える限り情報を伝える事が出来る。
- 送受信の頻度にもよるが、乾電池程度の電力で100日～数年間稼動し、電源も含めて完全に無配線で家電ネットワークを構築する事が出来る。

- 概要

- ひとつのZigBeeネットワークには、最大で65,536個(アドレスで0x0000～0xFFFF)のZigBee端末を接続することが出来る。
- これは単にアドレスの割り振り最大値であり、ひとつのZigBeeネットワークで実用的に使用できる端末数は通信頻度等に依存するため個々の最終商品によって異なる。

- ZigBeeのネットワーク構成

➤ ZigBeeの端末は以下の3種類に分類される。

- ZigBee Coordinator(ZC)

ネットワーク内に1台存在し、ネットワークの制御を行う端末。IEEE 802.15.4-2003ではPAN coordinatorとしてのFFD(Full-Function Device)にあたる。

- ZigBee Router(ZR)

データ中継機能を含むZigBee端末。IEEE 802.15.4-2003ではCoordinatorとしてのFFDにあたる。

- ZigBee End Device(ZED)

データ中継機能を持たないZigBee端末。IEEE 802.15.4-2003ではRFD(Reduced-Function Device)、またはFFDにあたる。

- ZigBeeのネットワーク構成

- ZigBeeの特徴は、メッシュ型やツリー型のネットワークを構成し、ZigBee Routerがデータを中継することで、直接電波の届かない端末間でも通信が可能な点にある。
- これにより一部の端末が停止した場合にも、迂回経路を使って通信を継続できる他、低消費電力で広範囲で通信を行う事が出来る。