

LPWA の基礎と可能性

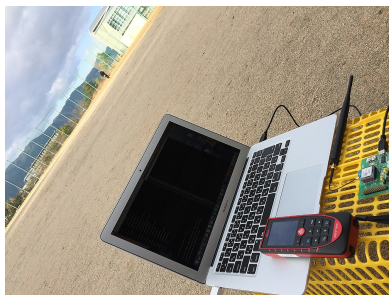
ワイヤレス IoT セミナー

広島市立大学 高橋 賢
2018年3月7日

■ LPWA の可能性

LPWA (Low Power Wide Area) 無線は、誰でも、安価に(低い初期投資と低い維持費)、低消費電力(長い電池寿命)で、遠く離れた(500 m~数 km 以上)場所からの「コンパクトな」データを伝送することに利用できる。LPWA には、いくつかの種類があり、増え続けている。

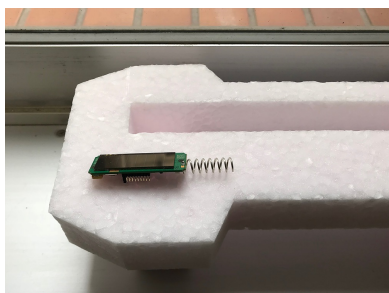
広島市立大学グランド地面近くにて通信実験を行った。地面は水分を含み、また、電波経路の遮へいも増えるため、無線通信には不利な状況である。しかし、LPWA のひとつである Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network) と LoRa (Long Range) では、ともに 200 m 以上の離れたところまで通信を行えた。



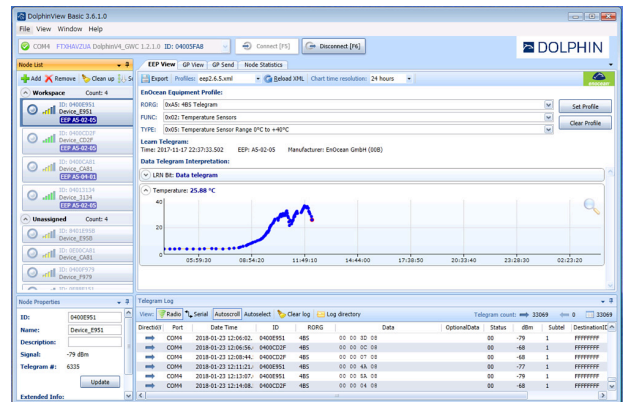
LoRa では、大学屋上から見通すことのできる住宅街(直線距離約 2.8 km)まで通信を行うことができた。



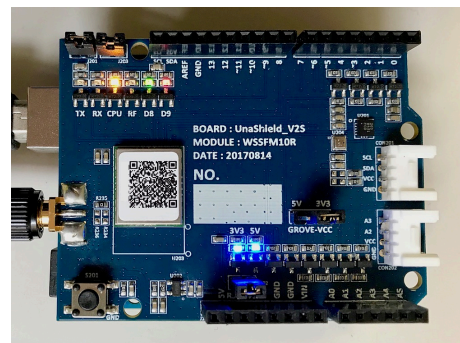
また、センサ機能付き無線 ^{エンオーシャン}EnOcean は、環境(自然光やスイッチを押す力)で発電することで、センサ電池の交換を不要にした LPWA である。



不定期に電波送信して、センサ状態を PC に伝達することができる。



事業者が用意した基地局を利用する ^{シグフォックス}Sigfox もある。端末 1 台から購入でき(10,000 円程度、1 年間の利用料込み)、格安な年間使用料(2,000 円以下)で温度センシングなどを始めることができる。



LPWA は、あらゆる ^{アプリケーション}用途に適合させることよりもむしろ、複数機器からの少ないデータを伝達することを旨とした通信方式といえる。

LPWA の得意なこと

- 小さなデータ(実数値観測データを 3~10 個程度)を遠くまで伝える。
- 小さな電池で運用する(遠くまで届くから)。

LPWA の苦手なこと・できないこと

- データを ^{リアルタイム}リアルタイム伝送する。
- データを連続送信する(送信間隔規定が存在するものもある)。
- データの ^{セキュリティ}機密を保つ。
- 大容量伝送や(緊急時に他端末の発信を抑制させるなどの)優先制御を行う。

LPWA が低消費電力で長距離通信できる理由は、通信方法をできるかぎり単純化したためである。

LPWA が低消費電力な理由

- 誤り訂正や積極的な通信制御をしない
- さらにひとつの周波数しか使わない (EnOcean)
- 一方向の情報伝達に限定する (EnOcean・Sigfox)
- 同じ内容のデータを複数回送信する (Sigfox・EnOcean)

LPWA が長距離通信できる理由

- 通信速度^{レート}に対してより広い帯域幅を使い、その帯域幅の余^{マージン}裕を電波強度の余裕に変換する (LoRa)
- それとは逆に、帯域幅をできる限り狭くすることにより熱雑音を小さくして、強度の弱い電波をキャッチしやすくする (Sigfox)

LPWA に適した用途の例

- 電気・ガス・水道の利用量伝達
- 温湿度・土壌水分・水位・橋梁・地すべりの監視
- 自動販売機の在庫通知

LPWA の種類により構成や「得意なこと」が異なるために、種類の選択または組み合わせが必要になるかもしれない。

種類による特徴

LoRa 複数台の無線機間で対等に遠距離通信できる。ゲートウェイ (LoRaWAN) を自ら、または、事業者にて用意して、ネットワークに情報を集めることもできる。

EnOcean 電池交換不要な子機から、PC に接続した親機への片方向通信である。子機では環境光やスイッチの押す力をエネルギーに変える。同一フロア内や同一建物内の、温度、湿度、スイッチ状態の変化を監視する。データ表示の方法などは自らで準備する。データ送信頻度は電池状態などで変化する。

Sigfox 利用者の子機から、事業者が用意した基地局への、原則として片方向通信である。送信1回につき実数値3データ (12バイト) まで、送信間隔は10秒以上必要で、1日に140回までの送信制限 (約10分20秒に1回の等間隔送信に相当) がある。使用料が安価である。

Wi-SUN 親機と複数子機との間で対等に通信できる。電気メータ通信などの公益通信を目的にしているので、通信の認証機能や暗号化機能がある。

■ LPWA のはじめかた

LPWA 評価のために、機器を購入して実験するまでにかかる費用の一例を示す。なお、これらは例であり、推奨するものではなく、また、価格が異なることもありうる。

Sigfox の例

- ソラコム UnaShield V2S 約 8,200 円 (税送料込み)
- Arduino Uno 約 3,300 円 (税込)
- PC 1 台 (別途用意)

EnOcean の例

- 電池レス無線マイコン EnOcean IoT 開発キット (送/受信基板+解説書+CD) 8,640 円 (税込)
- Windows PC 1 台 (別途用意)

Wi-SUN の例

- Jorjin WSR35A1-00 約 20,000 円 (税込) × 2 台
- PC 2 台 (別途用意)

ソフトウェアは自らで開発する必要があるが、インターネット上に Python や Ruby で書かれたプログラムが多数、公開されている。

LoRa の例

- LoRa 評価キット LS920LRSDK1 約 67,000 円 (税込)
- PC 2 台 (別途用意)

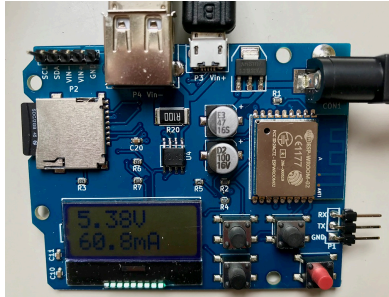
これにフリーソフトウェア (teraterm) を組み合わせ、試してみることができる。

海外製品の中には、非常に安価な LPWA モジュールがある (例えば LoRa では 850 円程度)。日本で利用するためには「技術基準適合証明 (技適)」を受けたものを使用する必要がある。

■ LPWA の消費電力

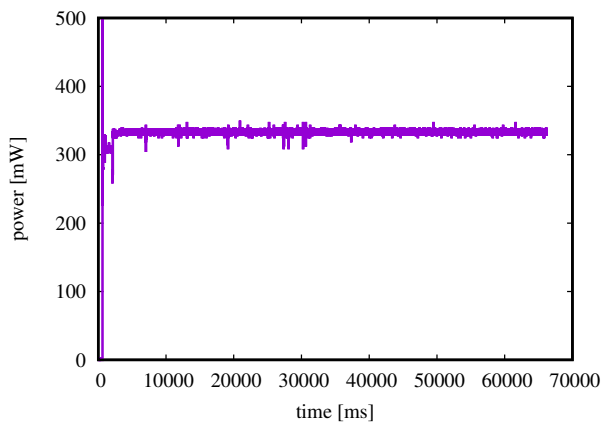
消費電力測定方法

電圧、電流、電力モニター基板を用いて消費電力を測定した。電圧・電流測定 IC である INA219 を使用したもので、ミリ秒オーダーにて測定できるものである。



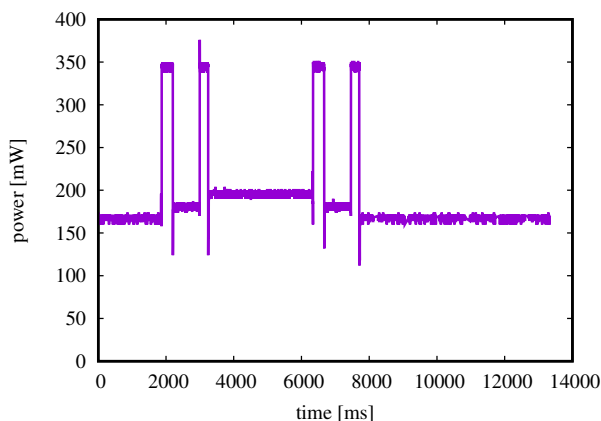
Sigfox 開発ボード+Arduino マイコンの例

Sigfox 開発ボードとそれを制御するマイコン (Arduino) の消費電力を示す。電波送信時には消費電力が数十ミリワット以上、増加するはずであるが、マイコンの消費電力が大きいため、電波送信の有無による消費電力変化は観測できなかった。



LoRa 開発ボード (マイコンつき) の例

LoRa 開発ボードでも同様に消費電力を測定した。この例では、電波送信時に消費電力が増加していることがわかる。



LPWA を応用するためにはマイコンが必要になり、マイコンの消費電力が機器の電池寿命に大きな影響を与える。無線 LAN (Wi-Fi) 機能付きの超低消費電力マイコンも登場したことから、同様の LPWA 機器が登場する可能性がある。

■ LPWA の電波到達距離

受信感度、アンテナ利得、周囲環境が電波到達距離を決定する。周囲環境と距離から決まる「伝搬損」を用いて、単位「デシベル」で表した受信電力

$$\boxed{\text{受信電力}} = \boxed{\text{送信電力}} + \boxed{\text{送信アンテナ利得}} - \boxed{\text{伝搬損}} + \boxed{\text{受信アンテナ利得}}$$

が受信感度以上のときに通信できると考えられる。

受信感度 -137 ^{デビーエム} dBm、送信出力 13 dBm、送受信アンテナ利得がともに 3 ^{デビーアイ} dBi の LoRa の例では、伝搬損として

$$\boxed{\text{伝搬損}} = 137 + 13 + 3 + 3 = 156 \text{ ^{デシベル} dB}$$

よりも小さいときに通信可能になると仮定する。

フリスの伝送公式

周囲に何も無いとき、伝搬損は距離の 2 乗に比例し、また、周波数の 2 乗にも比例する。

$$L = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

L 伝搬損 (真値)

λ 電波の波長、周波数 920 MHz の LPWA では約 0.32 m

d 送受信アンテナ間距離 [m]

周波数 920 MHz のとき、デシベルを使って書き直すと

$$10 \log_{10}(d) \doteq -15.9 + \frac{1}{2} \{10 \log_{10}(L)\}$$

となり、 $10 \log_{10}(L)$ に伝搬損 156 dB を代入すると、電波到達距離は

$$d \doteq 1,622 \text{ km}$$

である。予想される電波到達距離よりもかなり大きな値になったのは、周囲に何も無いことを仮定したためである。実際には「遮へい損」などのために、電波到達距離は数 100 m から数 10 km に制限される。

■ まとめ

- LPWA が低消費電力で長距離通信できるのは「コンパクトなデータ」を効率的に伝達すると割り切ったから。複数種類の LPWA があるのは、目指すものがちがうから。

- コンピュータと無線の知識があれば、LPWA は比較的安価に、すぐにでも始められる。たくさんの資料がインターネット上にある。
- LPWA 機器としての消費電力は、搭載されるマイコンに大きく依存する。消費電力がとても小さいWi-Fi付きマイコンもあるので、将来は同様なLPWA 機器が登場する可能性がある。
- 電波到達距離は、周囲状況や遮へい状況に大きく依存する。

謝辞 本資料のLoRaとWi-SUNの実験において、広島市立大学センサシステム研究室2017年度卒業生の窪田昂平氏をはじめ、ラボメンバ諸氏にご協力いただいた。