

# LoRa 通信における複数周波数を用いた IoT データ収集の高信頼化手法

日大生産工 (学部) ○工藤 光平

日大生産工 新井 雅之

## 1. まえがき

近年, 全ての“モノ”をインターネットにつなぐ IoT (Internet of Things) という考え方にに基づき, 実社会に存在する問題の解決を目指した技術の研究が盛んに行われている. IoT 機器は山間部, 沿岸部といった電波の届きにくい場所において需要があり, 総じて小型の機器である. このことから, IoT はインターネットにセンサ等を接続する通信方法に関して消費電力, 通信距離, 通信可用性の面で課題を抱えている. LPWA (LowPowerWideArea)は IoT の課題を解決すべく開発された無線通信規格のカテゴリであり, 低消費電力で長距離通信に向くといった特色がある. 本研究では, LPWA の一種である LoRa を対象として, 通信可用性を向上させる手法を検討する. 手法実現のためには, 通信可用性, 拡散係数, ボーレート等のパラメータの影響を把握する必要がある. 本論文ではその第一歩として, GPS による位置測定が可能な IoT 機器と LoRa ゲートウェイを用いて実験環境を構築し, LoRa 通信の挙動を確認した.

## 2. LoRa について

LoRa は LoRa Alliance [1]によって策定された, LPWA の無線規格の一種である. LPWA には競合として Sigfox, NBIoT 等があるが, LoRa はサブギガ帯のアンライセンスバンドを使用し, また仕様が開示されているため, 他の LPWA 規格より安価かつ独自にネットワークを構築できる. LoRa の中核となる技術は物理層におけるチャープスペクトラム拡散変調を応用した LoRa 変調と呼ばれる変調技術である. LoRa 変調では拡散係数 (Spectrum Factor: SF) を変更することで受信感度とデータ転送速度の調整が可能である. またその他に符号化率, 送信電力, 搬送波周波数, ボーレートが変更可能である. ただし, これらのパラメータはゲートウェイと IoT デバイスの間で同一の値とする必要がある. SF は 6-12 までの計 7 段階の内でも変更ができ, ボーレートは 34.25 bps~500 bps まで変更できる. SF が高く, ボーレートが小さいほど受信感度が高くなるが, 送信可能なビットレートが下がる. 受信感度は RSSI (Received Signal Strength Indication) で示される. 要求される RSSI 値は IoT ソリューションの要件定義によって異

なる.

## 3. 提案手法

本研究では, IoT デバイスとゲートウェイの間で, データ転送用と制御用に異なる通信チャンネルを用いる LoRa 高信頼手法について提案する.

まず, 最も受信感度が高くなる SF = 12, ボーレート = 500 bps から最も受信感度が低くなる SF = 7, ボーレート 34.25 Kbps までの組み合わせを評価し, 要求される RSSI 値に達する最も低い SF 値, 最も高いボーレートの組を探索する. この探索作業をヘルスチェックと呼称する. クライアントは定期的に制御用チャンネルにヘルスチェックを要求し, ヘルスチェック後はゲートウェイ, IoT デバイスに設定を反映させる. このサイクルを一定の頻度で実施することで通信可用性を向上させる.

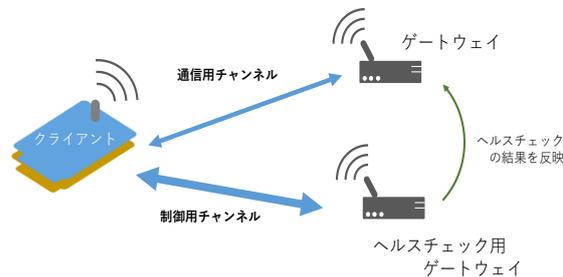


図1 ヘルスチェック概略図

## 4. 実験

提案する手法を実現するには(1)ソリューションごとの RSSI 値の適切な定義手法, (2)SF 及びボーレート等のパラメータ変更による LoRa 通信への影響を調べることが必要である. 今回の実験では調査の前段階として, IoT デバイスに GPS モジュールを接続し, LoRa 通信を試験的に行うことでその挙動を確かめた. 方法としては, IoT デバイスを持って大学を一周し, 機器が受信した GPS データを逐次ゲートウェイに送信した. ゲートウェイが受信したデータを GoogleMAP で表示することで通信の可能な範囲を測定した.

Dependability Improvement of IoT Data Collection with Multiple Frequency LoRa Communications

Kohei KUDO and Masayuki ARAI

## 4.1 実験機器及び構成

作成した IoT 機器を及びゲートウェイの構成と実装したプログラムについて説明する。

### (a) LoRa ゲートウェイ

LoRa ゲートウェイとして Dragino 社製の LG01P-JP [2] を用いた。LG01P-JP 内部には LoRa アンテナが接続された Arduino YUN と、組み込み Linux (OpenWrt Linux) が動作するマイコン AR9331 が搭載されており、これらは UART 通信で接続されている。また、本機には USB ポートがあり、USB メモリや追加デバイスを接続可能である。

### (b) IoT デバイス

IoT デバイスとして、Dragino 社製 LoRa GPS Shield for Arduino [3] を Arduino UNO に装着し用いた。LoRa GPS Shield for Arduino は Arduino で LoRa 通信、GPS 通信を可能にするモジュールである。LoRa モジュールは ICSP ピンで Arduino と接続され、SPI 通信にて Arduino 側から制御されている。GPS はシリアル通信、SPI 通信のいずれかにより Arduino と通信可能である。今回は図 2 のように Arduino UNO に搭載し、Arduino 側の (0, 1) 番ピンを Rx, Tx として用いて、ハードウェアシリアルによる通信を行うこととした。またゲートウェイ側からの ACK (200 OK) を受信した際に目視で確認できるように 13 番ピンと GND ピンを用いて LED を接続した。



図 2 LoRa ゲートウェイと IoT デバイス

図 3 に実験システムの構成を示す。IoT デバイスは GPS から電波を受信し、NEMA 形式で位置情報を取得する。取得したデータから緯度、経度情報のみを取り出し、ゲートウェイに送信する。ゲートウェイは IoT デバイスと同じ SF、搬送波周波数、ボーレートで受信を待機しており、データを受信した場合には IoT デバイスに ACK を送信する。また、受信し

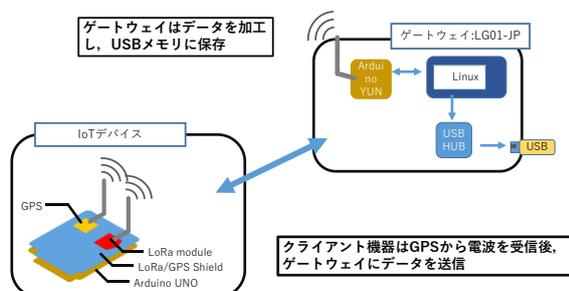


図 3 実験システム構成

た緯度、経度の情報に現在時刻を付与し、USB メモリに CSV 形式で追記する。IoT デバイスは一定時間ごとに位置情報を取得し、ゲートウェイに送信する。このサイクルを実験が終わるまで繰り返す。

## 4.2 実験手順と結果

まず、ゲートウェイを生産工学部 37 号館 8 階北向きの窓際に設置し、ノートパソコンからゲートウェイに SSH 接続した。ゲートウェイと IoT デバイスのパラメータは SF = 7, ボーレート = 125 Kbps, 搬送波周波数 = 920.6 KHz, 送信電力 = 13 dBm に合わせた。データは IoT デバイスを携帯し自転車で大学周辺を一周し採取した。

実験結果を図 4 に示す。黒いラインが自転車で回ったルートであり、青い点は IoT デバイスがゲートウェイにデータを送ることに成功した点を示している。設置点より低い建物が多い東側ではおよそ 100m ごとに通信ができていたが、研究棟や実験棟等の高い建物がある北西方面 (東邦大学側, 済生会病院側) では送受信がなされていないことが見て取れる。



図 4 実験結果

## 5. まとめ

本研究では LoRa 通信によるデータ収集の高信頼化を目的として、制御用チャンネルを用いたヘルスチェックによるパラメータ最適化手法を提案した。手法検証の準備として IoT デバイスの組み立て、プログラムの実装を行い、ある設定における LoRa 通信の挙動を確かめた。今後は制御用チャンネルを実装し、提案手法の実現を目指す。

## 参考文献

- [1] LoRa Alliance 公式サイト: <https://lora-alliance.org/>
- [2] Dragino LG01P-JP: <http://www.dragino.com/products/lora-lorawan-gateway/item/117-lg01-p.html>
- [3] Dragino LoRa GPS Shield for Arduino: <http://www.dragino.com/products/lora/item/108-lora-gps-shield.html>