

LPWA 無線通信における SIGFOX の信頼性改善法の検討

2019SC066 上村 愛海

指導教員：梅比良正弘, 奥村康行

1 はじめに

近年、身の回りのあらゆるモノをインターネットに接続する技術である IoT(Internet of Things)の普及が急速に拡大している。IoT は医療やインフラ、物流、農業など幅広い分野で活用されており、今後さらなる普及拡大が見込まれている。しかし、IoT に用いるワイヤレス通信は、極めて多数のデバイスを接続するだけでなく、「低消費電力・低コスト・長距離通信」であることが求められる。この要求条件を満たすワイヤレス通信システムとして、LPWA(Low Power Wide Area)という無線通信規格があり、IoT の発展を支えるワイヤレス通信技術として注目されている。

2 LPWA と SIGFOX の概要

2.1 LPWA の規格

Gbps 級の高速通信が可能な 4G や 5G、Wi-Fi 等と比較して、LPWA は通信速度が 100bps~1Mbps と極めて低速であるが、端末は低消費電力であり、1 日 1 回程度の通信では電池寿命を 10 年程度にできる。また、数 km~数十 km の長距離通信が可能で、所要基地局数を小さくできるため低コスト化が可能である。LPWA には、免許不要周波数帯を利用するアンライセンスバンド LPWA と免許周波数帯を利用するライセンスバンド LPWA の 2 種類がある。アンライセンスバンド LPWA には Sigfox や LoRa、ライセンスバンド LPWA には LTE-M や NB-IoT 等がある。本研究では、アンライセンスバンド LPWA で、わが国では人口カバー率 95% のサービスが展開されている SIGFOX を取り上げた。

2.2 SIGFOX の概要

SIGFOX はフランスの Sigfox 社で開発された LPWA 規格で、1 国 1 オペレータの条件でグローバル展開されている。日本では、KCCS(Kyocera Communication System)がオペレータとなり、SIGFOX のサービスを展開している。SIGFOX のネットワーク構成を図 1 に示す。SIGFOX 端末から送信された信号は複数の基地局で受信され、ネットワークを介して端末でセンシングした情報をサーバーに収集するクラウドサービスをユーザーに提供する。表 1 に SIGFOX の無線仕様を示す。SIGFOX は IoT によるセンシングサービスを前提とした端末から基地局への一方通行通信で、1 送信当たりの最大メッセージ長は 12 バイト、1 日の上限送信回数が 140 回に制限されている。SIGFOX では、マルチパスフェージングによる伝送特性を改善する、図 2 の高信頼化技術が用いられている。(1)は複数回送信で、周波数を変更して同じメッセージを 3 回送信する。これにより、下り回線がなくとも、3 回再送信を行う ARQ(Automatic Repeat reQuest)と同じ効果を得る。(2)は、スペースダイバーシティで、SIGFOX 端末は送信専用であるため、全基地局で受信する空間ダイバーシティにより、フレーム誤り率を改善する。



図 1 Sigfox のネットワーク構成

表 1 Sigfox の無線仕様

変調方式	SSB-SC+D-BPSK
伝送速度	100bps
最大ペイロード長	12 バイト
周波数帯域	100 Hz
周波数	932.2 MHz
送信電力	20 mW以下
1 日の通信の上限回数	140 回

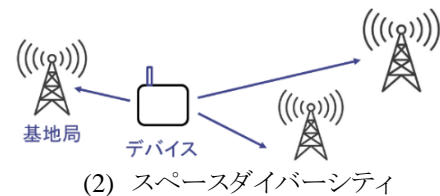
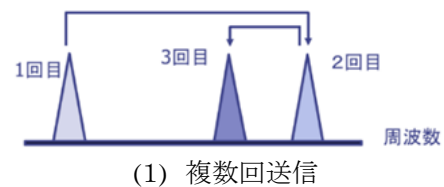


図 2 SIGFOX における高信頼化技術

3 研究概要

3.1 研究課題

今後 SIGFOX を用いた様々なサービス展開が見込まれるが、SIGFOX のフレーム誤り率特性は明らかにされておらず、100bps と低速であることから、移動時のマルチパスフェージングによるフレーム誤り率の劣化が課題になると予想される。そこで、本研究では SIGFOX のフレーム誤り率を評価し、SIGFOX に適した伝送特性改善法を検討した。

3.2 伝送特性改善法

SIGFOX は一方通行通信であるため、ARQ が利用できず、端末は基地局に帰属しないため、複数の受信基地局の受信信号のダイバーシティ合成や誤り訂正の適用は困難である。そのため、SIGFOX における複数回送信をさらに拡張し、同一メッセージを複数回送信する手法を提案する。送信回数を増やすと速度が小さくなるが、見守りサービス等の信頼性が必要となるサービスへの応用が期待できる。本研究では、2 回送信によるフレーム誤り率改善効果を評価した。SIGFOX では、3 回送信のうち 1 回で

も受信できればフレーム受信成功となる。無線チャネルのフレーム誤り率を P とすると、SIGFOX で誤りが発生する確率は 3 回連続誤りとなる確立 P^3 となる。同一メッセージを 2 回送信すれば、SIGFOX では、6 回送信されることと等価となり、フレーム誤り率は、 $(P^3)^2 = P^6$ となる。 $P < 1$ で $P^6 < P^3$ となり、送信回数の増加により、スループットは低下するがフレーム誤り率が改善できると考えられる。また、移動時には複数回送信時には送信時間、すなわち送信場所が変わり、空間ダイバーシティ効果も期待できる。

4 実験

4.1 実験概要

SIGFOX のフレーム誤り率を明らかにするために静止条件と移動条件でフレーム誤り率の測定を行った。静止条件の測定は、南山大学の構内 12 ヶ所と川名公園 4 ヶ所で行い、移動条件の測定では、南山大学構内の 1 ルートと川名公園の 2 ルートで行った。また移動時では受信 RSSI に対するフレーム誤り率を評価するため、送信電力を 3dB, 5dB 低下させて測定した。実験においては、SIGFOX4台を用いて全 560 回メッセージを送信し、受信結果よりフレーム誤り率を求め、さらに 2 回送信時のフレーム誤り率と比較した。

4.2 実験結果

図 4 に改善前(1回送信)に対する改善後(2 回送信)のフレーム誤り率を示す。2 バイトと 12 バイトの静止条件と移動条件の近似曲線は、改善前と改善後の誤り率が等しい傾き 1 の直線より下にあることから、全ての条件で改善法によりフレーム誤りを改善できていることがわかる。しかし、改善前のフレーム誤り率が大きいと、改善量は小さい。

図 5 に RSSI に対するフレーム誤り率を示す。(1)はペイロード長が 2 バイト、(2)はペイロード長が 12 バイトの場合である。図には静止条件と移動条件の改善前と改善後のフレーム誤り率を示した。2 バイトのときの静止条件では、フレーム誤り率が約 $\frac{1}{5}$ に改善され、移動条件では、約 $\frac{1}{2}$ に改善されている。また、12 バイトでは、静止条件で、フレーム誤り率が約 $\frac{2}{5}$ に改善され、移動条件では、約 $\frac{3}{10}$ に改善されている。サンプル数は少ないが、移動時における改善前と改善後のフレーム誤り率を曲線近似して比較すると、所要 RSSI が 2 バイトのときは 5dB, 12 バイトのときは 4dB 小さくできる効果があることがわかる。

5 まとめ

本研究では、SIGFOX に適したフレーム誤り率改善法として、2 回送信による改善法を提案し、実験によりフレーム誤り率の改善量を評価した。2 バイトと 12 バイトの静止条件と移動条件におけるフレーム誤り率は、伝送特性改善法により、約 $\frac{3}{10}$ に改善されることがわかった。また、改善法により、フレーム誤り率 10^{-1} を得るために必要な所要 RSSI を 4~5dB 小さくできることがわかった。

今後の課題として、さらに送信回数を増加させることによる改善効果の評価、移動速度の違いによる改善効果を評価する必要がある。

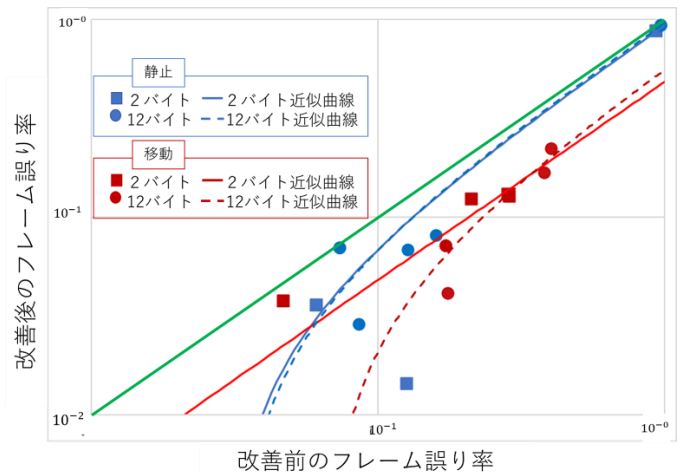
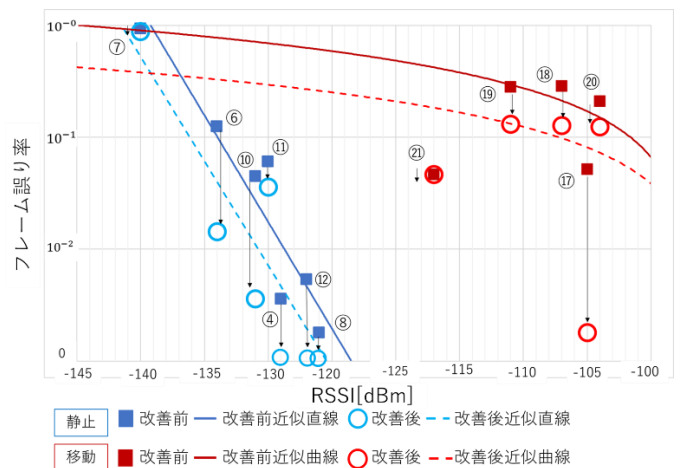
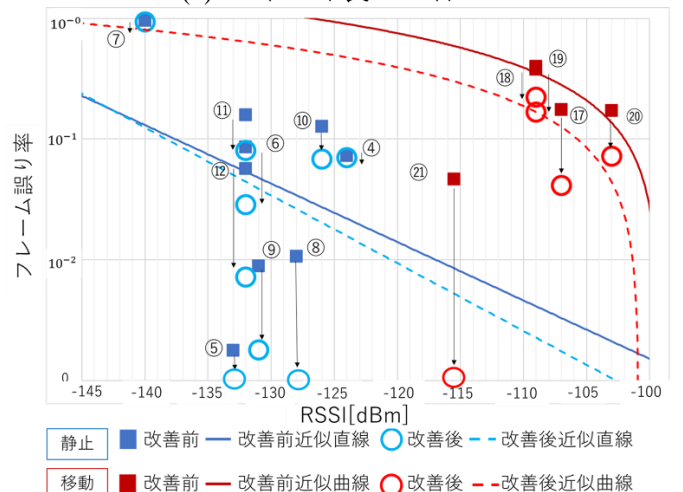


図 4 改善前に対する改善後のフレーム誤り率



(1) ペイロード長 2 バイト



(2) ペイロード長 12 バイト

図 5 RSSI に対するフレーム誤り率の測定結果

参考文献

- [1] KCCS. “Sigfox とは”. IoT ネットワーク「Sigfox」. <https://www.kccs.co.jp/sigfox/service/>, (参照 August 31, 2022)