

LPWA 無線通信における SIGFOX 伝送特性評価システムの開発 と受信性能の評価

2019SC063 谷 陸将
指導教員：梅比良 正弘
奥村 康行

1 研究背景

近年の通信ネットワークの普及拡大に伴い、様々な機器をネットワークに接続して新たなサービスを提供する IoT(Internet of Things)が注目されており、様々な IoT サービスへのニーズに対応できる通信システムが求められている[1]。LPWA(Low Power Wide Area)は LTE や Wi-Fi と比較すると、通信速度が 100bps~1Mbps と低速であるが、低消費電力で電池寿命が 10 年程度、到達距離は 1~数十 km という特徴を有しており、極めて多数の端末を安価にネットワークに接続することに適したワイヤレスシステムとして注目されている。

免許不要周波数帯を用いる LPWA には SIGFOX、LoRaWAN、ELTRES 等があるが、本稿では我が国で広くネットワークサービスが展開されている SIGFOX を取り上げる。SIGFOX はフランスの SIGFOX 社が開発し、各国 1 社のサービス事業者を原則としてサービスが提供されている。我が国でも SIGFOX サービスが提供されており、エリアカバー率 95%とされているが、場所や移動速度に応じたフレーム誤り率特性は公表されていない。SIGFOX を用いたサービス開発には様々な利用環境でのフレーム誤り率特性を明らかにする必要があることから、本研究では静止条件、移動条件で SIGFOX システムのフレーム誤り率特性を実験により評価した。

2 SIGFOX の概要

表 1 に SIGFOX の主な仕様を示す[2]。わが国では免許不要周波数帯である 920MHz帯のうち 923.3MHzを用いており、チャンネル間隔は 100 Hzである。最大ペイロード長は 12 バイトで、通信速度は 100bps と低速である。SIGFOX のフレーム構成はオーバーヘッドが 80bit、Payload が 0~96bit、FCS 等に 16bit 以上用いており、1 フレームの長さは 96bit~192bit で、フレーム当たりの送信時間は 1~2 秒程度となる。SIGFOX は上りリンクのみの利用が中心で到達確認・再送信の機能がなく、信頼性向上のため 1 データを 3 回送信する。フレーム間隔は 0.5 秒以上必要であるため、1 データの送信に要する時間は 4~7 秒程度となる。また、1 日の通信回数は、140 回が上限で、6 フレーム/時間、10 分に 1 回のモニタリング等を想定したシステムと言える。

受信側の基地局は、SIGFOX では携帯電話のような端末が基地局に帰属する処理はなく、全ての基地局が、どの端末からのフレームでも受信可能となっている。この特徴を活かして、ブランチ数の大きな受信ダイバーシティを実現している。

表 1 SIGFOX の仕様

項目	使用
変調方式	SSB-SC+D-BPSK
通信速度	100bps
ペイロード長	最大 12 バイト
キャリア間隔	100Hz
周波数帯	923.3MHz
送信電力	20mW 以下
1 日の通信回数の上限	140 回

3 実験

3.1 実験系の構成

2. で述べたように、SIGFOX は 1 日の最大送信回数が 140 回であり、フレーム誤り率 10^{-2} を評価するためには 1000 フレーム程度必要になることから、SIGFOX のデータ送信に必要な M5stack を 4 台用意した。

SIGFOX では送信周波数をランダムに選択して送信するが、送信前にキャリアセンスを行っており、近接した端末間の衝突を回避できるため、4 台同時送信が可能である。

図 1 に実験装置の外観を示す。移動台車上に SIGFOX を 4 台設置し、SIGFOX デバイスに電力を供給するバッテリーを設置し、フレーム誤り率を評価した。

SIGFOX の基地局で受信されるパケットの受信結果は SIGFOX のサーバーに集約され、ホームページ上で受信時刻、RSSI(Receive Signal Strength Indicator)値、受信データのシーケンス番号等を得ることができる。SIGFOX では送信時に自動的にシーケンス番号を付加してデータ送信を行うため、シーケンス番号の欠落箇所を特定することによってフレーム誤り率を算出できる。RSSI 値は基地局毎に異なるため、基地局毎に RSSI 値の中央値を算出し、最大の RSSI 値を実験場所の RSSI 値とした。また、最大 RSSI 値となる基地局でのフレーム誤り率を、ダイバーシティなしのフレーム誤り率とした。これにより、ダイバーシティの有無によるフレーム誤り率の比較が可能になる。



図 1 実験装置の外観

3.2 実験条件

図2に静止条件での測定実施点と、移動条件での測定コースを示す。黄色は静止条件での測定点、赤色が移動条件での測定コースである。静止条件は①～④と⑬～⑯が壁のあり回折損失が想定される場所、その他は屋内である。移動条件での測定は、周囲に建物が少ない名古屋市昭和区にある「かavanaugh公園」で行った。送信電力を 0dB, -3dB, -5dB と変更し、RSSI 値が異なる場合のフレーム誤り率特性を測定した。また、移動速度は 5km/h とした。



図2 測定実施点と測定コース

3.3 実験結果

図3に各測定場所、測定コースにおいて、メッセージを1回以上受信した基地局数とメッセージを70%以上受信した基地局数を示す。屋外では、基地局数が40以上となっており、多数の基地局でフレームを受信しているが、70%以上受信できた基地局数は10以下であった。以上から、屋外ではダイバーシティのブランチ数が大きいいため、大きなダイバーシティ利得が得られると期待されるが、室内などの遮蔽条件の厳しい場所ではダイバーシティブランチ数が少なくなり、フレーム誤り率が高くなると考えられる。

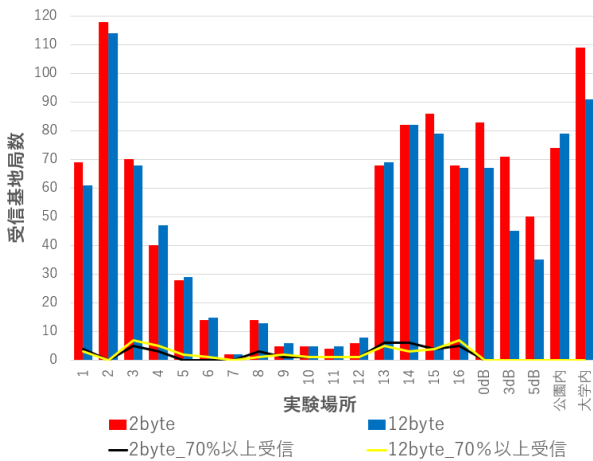
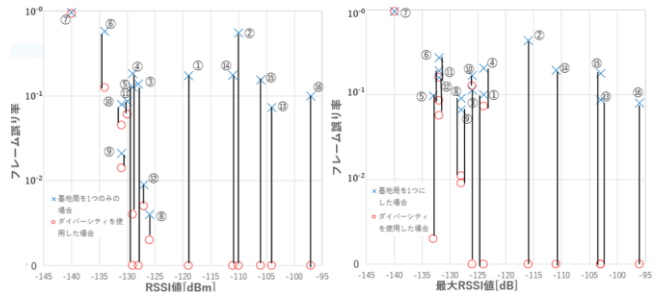


図3 測定地点における受信基地局数

図4に静止条件でのRSSI値が最も高くなる基地局のダイバーシティなしのフレーム誤り率、並びに全受信基地局を用いたダイバーシティありのフレーム誤り率をRSSIに対して示す。図より、送信メッセージ2byteの場合はRSSI値-125dBm以下、12byteは-123dBm以下になるとフレーム誤り率が0より大きくなっていることがわかる。これ以下のRSSI値では、受信基地局数が少なくなっており、ダイバーシティなしの場合と、フレーム誤り率に差は小さい。一方、RSSI値が-125dBm以上であれば、ダイバーシティなしでフレーム誤り率が 10^{-1} 程度であっても、ダイバーシティによりフレーム誤り率が0となっている。以上より、静止条件では、RSSI値が-125dBm以上で十分なダイバーシ

ティ効果を得ることができ、ダイバーシティ無の場合に比べ、所要RSSI値を30dBm程度小さくできることがわかった。



(1) 送信メッセージ長 2byte (2) 送信メッセージ長 12byte

図4 ダイバーシティあり・なしのフレーム誤り率特性

図5に静止条件、移動条件でのRSSIに対するフレーム誤り率を示す。○が静止条件、×が移動条件の結果であり、測定データを基にした1次近似直線を併せて示した。静止条件と移動条件を比較すると、静止条件ではRSSIが-125dBm以下になるとフレーム誤り率が発生するのに対し、移動条件ではRSSIが-100dBmでも 10^{-1} 程度となった。静止条件で 10^{-1} のフレーム誤り率になるのはRSSIが-130dBm程度であるので、移動によって所要RSSI値が30dBほど大きくなることがわかった。

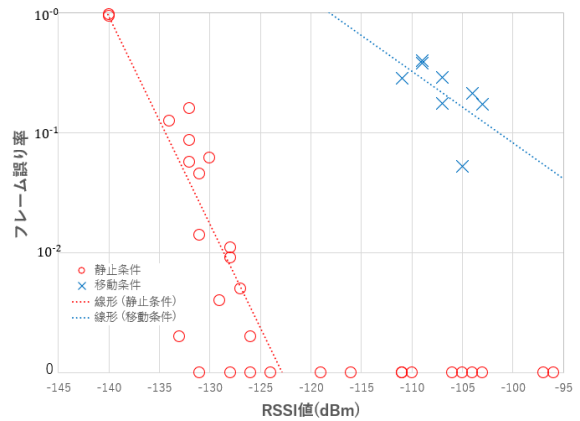


図5 静止、移動条件でのRSSI値に対するフレーム誤り率

4 まとめ

本研究ではSIGFOX伝送特性評価システムを開発し、静止条件と移動条件の場合のRSSIに対するフレーム誤り率を評価した。その結果、静止条件では屋外においてはフレーム誤り率を0にでき、遮蔽条件の厳しい所であってもダイバーシティにより、フレーム誤り率を 10^{-1} 以下にできること、移動条件では、静止条件に比べ所要RSSIが30dB大きくなることがわかった。

実験では静止条件に比べ、移動条件での誤り率劣化が大きいことから、今後は異なる移動速度でのフレーム誤り率特性を評価する必要がある。

参考文献

[1] 高橋幹, 垣内勇人, “LPWA(Low Power Wide Area)の規格と技術動向,” 電子情報通信学会誌, Vol.100, No.9, pp.982-986, 2017

[2] “SIGFOX ネットワークのご紹介,” 情報通信審議会情報通信技術文科会陸上無線通信委員会 920MHz 帯電子タグシステム等作業班, 総務省, 平成28年.