

# Sigfox システムにおける端末移動速度に対する パケット伝送特性の評価

2020SC050 村越 峻人

指導教員：梅比良 正弘

## 1 はじめに

近年, LPWA(Low Power Wide Area)という低消費電力・広範囲通信が可能・低速度が特徴の通信技術があり, 通信距離は携帯電話に使用される通信と同レベルの長距離通信が可能である. しかし, 通信速度では Wi-Fi や携帯電話に使用される通信より非常に遅くなっている. 図 1 が他の通信技術との位置付けとなっている. [1]LPWA の技術を使ったものに Sigfox があり本研究はこの Sigfox を使用する. この通信は, Iot (Internet of Things)の分野で活躍することを注目されている. そこで, 先行研究では室内と屋外で静止状態と 5km/h での実験が行われた. 結果として, 静止時の場合に屋外でフレーム誤り率が 0, 5km/h の場合にフレーム誤り率特性が悪化する結果が得られた. 残された課題として移動速度に対する特性がある. 本研究では, 1~4km/h の速度に対する特性について評価を行いパケットの劣化特性を明らかにする. [2]

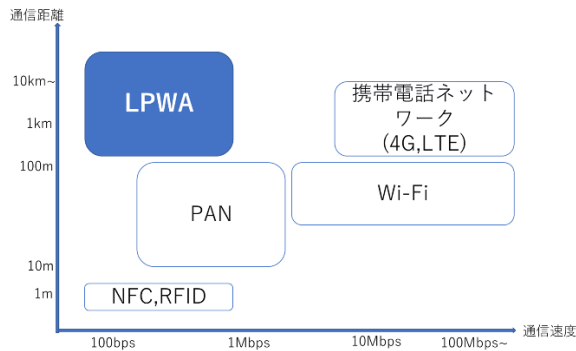


図 1 LPWA の位置づけ

## 2 Sigfox の性能と特徴

Sigfox の性能としては, 上り方向のデータレート 100bps, 周波数帯は 920Mhz 帯, 一日に送れる最大送信回数は 140 回, 1 回ずつの送信で送ることのできるデータ量の最大は 12byte となっている. この性能を超えるデータ量の送信や送信回数での送信はできない.

次に Sigfox の特徴としては 2 つあり, 1 つ目の特徴としては, 周波数を変えながら 3 回送信するというものである. この特徴は Sigfox の受信成功率を向上させる目的である. しかし, Sigfox は基本的に上り方向の通信しか行えないため効率は悪くなるが毎回 3 回送信している. 2 つ目の特徴としては, 受信できる基地局すべてで受信するというものである. この特徴では端末から飛ばしたメッセージを受信可能な基地局すべてで受信を行い少なくとも 1 つ以上の基地局で正しくメッセージを受信された場合送信成

功となる. この特徴をダイバーシティと呼び, これにより受信性能を向上させている.

## 3 研究概要

### 3.1 研究内容

実験の条件を表 1 に示す. 実験の条件としては, 実験場所は川名公園の外周と南山大学の周辺, 川名公園では高低差が少なく, 高い建物も少ない条件である. 南山大学周辺では川名公園とは違い, 高低差が大きくあり, 周りに大きな建物や森林がある条件である. 速度は先行研究で行われていた 5km/h ではフレーム誤り率特性が悪かったため, 1km/h~4km/h の 4 種類, 送信電力は Sigfox の最大の送信電力である 10dBm と 7dBm, 5dBm の 3 種類, データ量は最大のデータ量である 12byte, 2byte の 2 種類の合計 48 種類の実験を行いパケット伝送特性の評価を行う.

表 1 実験条件

条件	内容
場所	川名公園, 南山大学周辺
速度	1km/h, 2km/h, 3km/h, 4km/h
送信電力	10dBm, 7dBm, 5dBm
データ量	2byte, 12byte

### 3.2 実験内容

実験場所を一定の速度で走行しながら 4 台の送信機から合計 560 回のメッセージを送る. この実験の条件を変更して 48 回行う. さらに, GPS による位置情報を収集する. 次にデータ解析を行うデータ解析では, 実験のデータを誤り率とRSSI (Received Signal Strength Indicator) 値の中央値, ダイバーシティが期待できるか知るために最大の受信回数の 10%の 50 回以上受信した基地局数を求める.

### 3.3 評価方法

評価方法については, 3 つあり, 1 つ目は RSSI 値を求める. 求め方としては, 基地局名ごとに RSSI 値の中央値を出すことによって求められる. 2 つ目の評価方法は速度と受信基地局数の比較である. 目的としては, 場所によってダイバーシティが期待できるかを評価している. 3 つ目の評価方法として移動速度と誤り率による比較である. 目的としては, 移動速度の変化に応じて誤り率特性がどのように変化するかを評価する.

### 3.4 実験結果

以下に 2byte の受信基地局数と速度の比較を図 2, 速度と誤り率の比較を図 3 に示し速度ごとに補助線を引く。図 2 より南山大学周辺での実験の場合に受信基地局の増加がみられた。図 3 よりRSSI値が南山大学周辺の実験では大きく低下している。原因としては、南山大学周辺に高い障害物が多いため通信強度が弱まったと考えられる。しかし、誤り率には変化が見られなかった。これらの結果より受信成功率が変わらない要因として、南山大学周辺に受信成功率の高い基地局が多くあるため、ダイバーシティが期待できる。12byte の場合も 2byte の実験と同様の特徴を持つ受信基地局とRSSI値の結果であった。

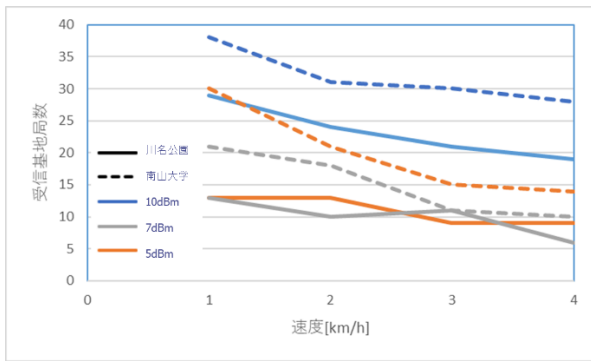


図 2 受信基地局数と速度の比較

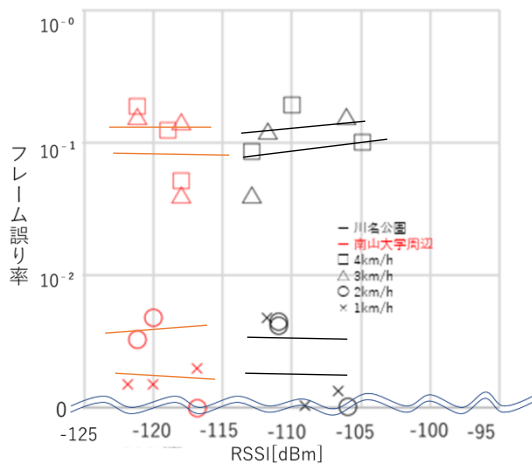


図 3 誤り率とRSSI値による比較

次に、速度と誤り率の比較した図を図 4 に示す。図 3 より、同じ条件で送信電力のみ変えている実験では誤り率特性に大きな変化が見られなかったため、図 4 では、実験場所、データ量、速度の 3 点で比較を行い、誤り率特性は同じ条件の平均を取ることによって図を作成し補助線を入れた。図 4 より、速度が 2km/h より遅くなると誤り率特性が向上していることが読み取れる。さらに、データ量でも差がみられ 12byte の場合に 2km/h と 3km/h で 1 割程度誤り率特性が向上している。2byte の場合は同じ速度の 12byte と比較すると、こちらも 1 割程度の誤り率特性の向上がみられた。

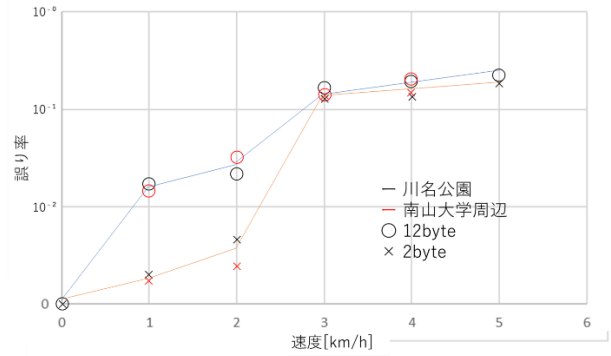


図 4 速度と誤り率による比較

## 4 まとめと課題

今回の研究で実験場所の変化では大きく変わらないという結果が得られた。しかし、実験場所で高低差や周辺に大きな建物がある場合に RSSI 値が大きく低下していることが確認できた。このことよりダイバーシティが効いていることが期待できる。さらに、本題である移動速度とフレーム誤り率の関係については先行研究で行われた 5km/h, 今回の研究の 4km/h, 3km/h と 2km/h, 1km/h でフレーム誤り率に大きな変化が見られ、12byte の場合にフレーム誤り率が 1 割程度、2byte の場合にフレーム誤り率が 0 に限りなく近づくという結果が得られた。

今後の課題としては 2 つ残っており、1 つ目は、本研究では移動速度とフレーム誤り率の関係性、実験場所における変化についての結果を得ることができた。しかし、移動速度と送信電力によるフレーム誤り率の変化を確認することができなかった。そのため、送信電力を下げることによる誤り率の変化を評価していく。2 つ目に残された課題は理論解析である。本研究では、実験による誤り率の評価のみを行ったため、理論上はどの程度のフレーム誤り率特性になるのか判明していない。なので、理論上のフレーム誤り率特性と実際のフレーム誤り率特性でどの程度の差が生まれるのかを評価する必要がある。

## 参考文献

- [1] 京セラコミュニケーションシステム株式会社  
<https://www.kccs.co.jp/sigfox/service/lpwa> 参照  
 September 16, 2023 徳田英幸ほか: ユビキタス空間を融合するネットワーク技術への課題, 情報処理, Vol. 43, No. 6, pp. 623-630 (2002. 6).
- [2] 谷陸将, 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, 卒業論文 2022, pp 4~23