

LPWA 移動通信におけるフェージング影響を考慮した 最適パラメタ自動調整手法に関する研究

佐藤 剛至[†] 滝沢 賢一[†] 坂本 淳平[‡] 野林 大起[‡] 池永 全志[‡] 塚本 和也[‡]

情報通信研究機構レジリエント ICT 研究センター[†] 九州工業大学大学院[‡]

1. 背景

一般的な無線ネットワークによるパケット通信では、ビット誤り率が 10^{-4} よりも悪い通信環境においては、単位時間あたりのデータ転送量に対して最適なペイロード長が生じることが示されている[1]. Low Power Wide Area (LPWA)通信を移動通信環境へ適用すると、無線機の移動によって生じるフェージング（振幅の変動）から、ペイロード長が秒オーダにもなるためビット誤り率が劣化する可能性がある。よって、[1]で示されているように、時々刻々と変化するフェージングに応じて、ペイロード長を最適値に調整すれば、データ転送量の最大化につながるものと考えた。

LPWA のうち LoRa のように時間方向に周波数を掃引するチャープ変調を用いた方式では、フェージングによって一部の周波数に対する信号強度が減少しても、周波数ダイバーシティ効果による補償が期待できる。しかしながら、LoRa のようにペイロード長が長い LPWA では、フェージング周期よりもペイロード長のほうが長く、移動速度に対してスループットが最大となるペイロード長が存在すると考えた。

本論文では、LoRa を対象として、移動通信環境を模擬するフェージングエミュレータを用いた実験により、ペイロード長の最適点が存在するかを確認し、提案手法の有効性を検証する。

2. 提案手法と実験

無線機の移動速度に対して、スループットを最大化するペイロード長の最適長を見つけてあげることができれば、移動速度の変化に応じてペイロード長を動的に調整し、スループットを最大化する事ができる。今回の報告では、移動速度に対する単位時間あたりの伝送データ量について実験機を利用した評価結果を示す。

2.1. 実験概要

本実験は、各移動速度において無線ペイロード長の長さの違いによりスループットが最適となる点が存在するかどうか確認することを目的とする。

2.2. 実験系の構成



図1 実験系の構成図

実験系を図1に示す。LoRa 無線機として大井電気製の OINET928 を用い、電波伝搬フェージングエミュレータとして Spirent Communications 製の SR5500 を使用する。実験系において、受信側の LoRa の受信感度付近に受信機に入力する RF 信号の強度を設定する必要があるため、エミュレータからの RF 信号出力に対して 20dB の固定減衰器を挿入した。また、外来干渉等の外的要因を排除するため、受信機はシールドボックス内に設置し、同軸ケーブルによる有線接続によって実験を行った。

2.3. 実験系の諸元

表1 実験系諸元

出力レベル	-80dBm(+減衰器-20dB)
送信回数	1000 フレーム
符号化率(CDR)	4/5
帯域幅	125KHz
拡散率(Spreading Factor)	7
フェージングモデル	Rician (Rice factor = 0dB)
中心周波数	920.6(24ch) MHz

実験系に関する諸元については表1に示す通りである。エミュレータ上で設定する移動速度は、時速 3 km, 10 km, 30 km, 60 km, 90 km の 5 パターンについてそれぞれ測定を行った。

A Study on Automatic Optimal Parameter Tuning Method for LPWA Mobile Communications Considering Fading Effects

[†] National Institute of Information and Communications Technology, Resilient ICT Research Center

[‡] Kyushu Institute of Technology

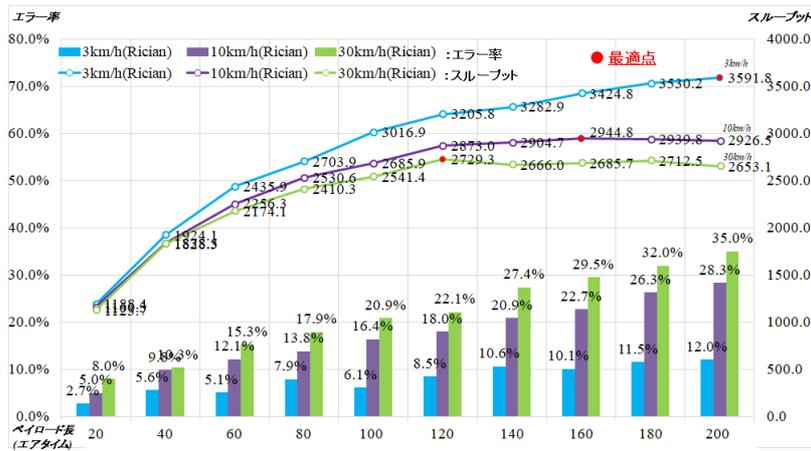


図2 時速 3km, 10km, 30km の測定結果

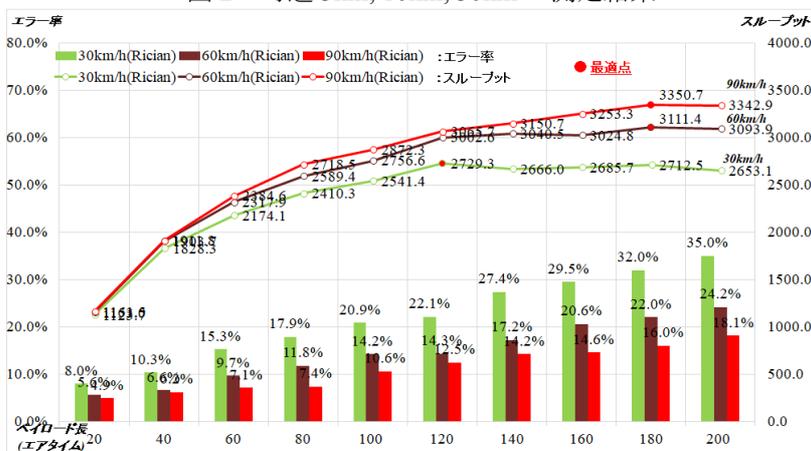


図3 時速 30km, 60km, 90km の測定結果

ペイロード長毎にエラー率を計測し、その際の単位時間あたりのスループットを算出する。なお、エラー率は LoRa パケットのロス数と、ビット誤りを起こしたペイロードを含むパケットの数をカウントし算出している。

また、今回の実験では再送を考慮していないため、ペイロード長ごとに規定回数送信するのに必要な時間は決まっており、エラー率を加味してスループットを算出している(総受信成功データ量 / 総通信時間)。

2.4. 測定結果

各移動速度に対するペイロード長毎のエラー率とスループットを測定した結果を図 2 及び 図 3 に示す。図の赤点が最大スループットとなる点あり、比較的低速な時速 3 km の状態ではペイロード長を長くするにつれてスループットも高くなるが、車両街中走行程度の時速 30 km ではペイロード長を 120 byte 以上にするとスループットが低下することがわかり、移動速度によってペイロードの最適長が存在することが確認できた。

一方、時速 60 km, 90 km の測定では、ペイロードの最適長が存在することは確認できたが、時速 30 km のときと比べてエラー率やスループットのスコアが改善するという現象も確認した。当初の想定では、速度が速ければ速いほどフェージングの影響を強く受けることになるため、スループットが低下していくと予想していたが、想定とは違う結果となっている。この現象に関しては、LoRa の信号波形を観測するなどして、引き続き調査を続けていく。

3. まとめ

本論文では、移動環境への LPWA の適用に向けて、スループットを評価指標として、移動速度に対するペイロード長の最適長を実験によって評価した。結果から、移動速度によって最適なペイロード長があることが確認できたが、移動速度が高速になるにつれてスループットが向上することも観測されたため、今後も検証を重ねていく。

参考文献

[1] 池川隆司, “無線ネットワークにおける動的ペイロード長方式の研究動向”, 神奈川工科大学研究報告, B-44(2020)