

LoRa における動的拡散率制御を用いた 時分割多元接続方式の研究

石川 柊斗† 向井 宏明†

金沢工業大学 工学部†

1. はじめに

近年, IoT システムの利用が広まる中, 省電力遠距離通信が可能な Low Power Wide Area (LPWA) を用いた低コスト化ネットワークの構築が行われている [1]. LPWA の一種である LoRa 通信は実用距離が数キロメートルあり, プライベート LoRa のような開発の自由度が高く, 通信コストがかからない規格も提供されている. LoRa 通信では MAC 層に ALOHA 方式を用いていることから, 複数のノードの通信時刻が重なると通信衝突が発生することがある. そこで, 通信衝突を防ぐために時分割多元接続方式を用いる方法が研究されてきた [2]. しかし, 低速度な LoRa 通信では 1 ノードに対する通信間隔が大きく開き, システムのリアルタイム性が損なわれてしまう. 本稿では, 時分割多元接続方式をベースに, 通信の信頼性と速度に関わる LoRa 拡散率の動的制御を用いて伝送遅延を低減できる通信方式の提案と検証結果を述べる.

2. 関連研究

LoRa 通信で多く採用されている ALOHA 方式では各ノードが任意の時刻にデータを送信するため, 通信衝突が発生し送受信に失敗することがある. 特にデータの送信頻度やノード数の増加によって発生率も共に増加してしまう. 通信衝突の発生を防ぐために「時分割多元接続方式による無線通信システム及び無線通信方法」が研究されてきた [2]. 既存の研究では, 衛星測位システムから時刻情報をデバイスのデータ送信タイミングに転用している. その時刻情報をもとにデバイスごとスケジューリングされたタイミングでデータの送信を行い, 通信衝突の発生を防いでいる.

3. 動的拡散率制御を用いた時分割多元接続方式の提案

既存の時分割多元接続方式による無線通信では,

Study on Time Division Multiple Access with Dynamic Spreading Factor Control in LoRa

† Shuto Ishikawa † Hiroaki Mukai

† College of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

低速度通信な LoRa において 1 ノードにおける通信間隔が拡大し, システムのリアルタイム性が損なわれてしまう. 本稿では LoRa 拡散率の動的制御を用いることで通信の信頼性とリアルタイム性のバランスを維持したシステムを提案する.

3.1. 動的拡散率制御を用いた時分割多元接続の提案

図 1 に提案方式を採用したシステムの概要を示す. 提案方式では, デバイスと間の LoRa 通信において LoRa 拡散率を通信環境に合わせ動的に制御し, 設定された拡散率における転送時間を参考に時分割多元接続方式のスケジューリングを行っている. LoRa パラメータの一種である拡散率の値は送信データ速度と拡散符号速度の比を表しており, 値を上げることで干渉に強く低速度な通信を行い, 値を下げることで干渉に弱く高速度な通信を行うことができる. すなわち, LoRa 拡散率を適正な値にすることで通信の信頼性とリアルタイム性を環境に適した状態で維持する事が可能になる.

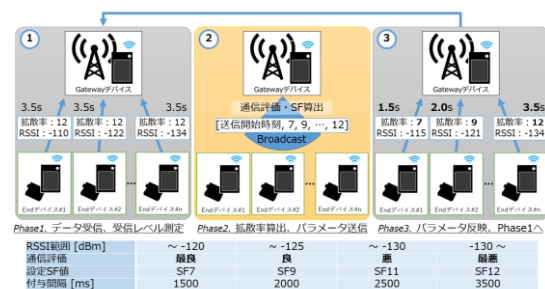


図 1 システム概要図

3.2. 試作システムのハードウェア構成

本システムは, センサデータを取得し LoRa 通信でパケット送信を行う End デバイスとパケットの受信と格納を行う Gateway デバイスを用いて構成されている. End デバイスは GPS モジュールを用いて現在時刻を取得しシステム内のスケジューリングに転用している. LoRa 通信には RF-LINK 社の RM-92A モジュールを用いており, RM-92A モジュールは AT-Command モードを用いてコマンド方式でモジュールを制御することができる. 全デバイスのマイコンピ

ュータにはRaspberryPi 3 model B+ を用いており、Python プログラムによってシステムが構成されている。

3.3. 試作システムの動作

LoRa における動的拡散率制御は、通信状況の評価・パラメータと通信スケジュールの設定・LoRa モジュールの制御の3つの機能で構成されている。

(1) 通信状況の評価

通信状況の評価は Gateway デバイスが行っている。Gateway デバイスは End デバイスから送られてきたパケットを受信する際、通信の受信強度を示す RSSI を測定する。本システムは取得した RSSI に閾値を設け通信状況を4段階に評価する。

(2) パラメータと通信スケジュールの設定

本システムでは(1)の通信状況の評価に適した拡散率を設定している。通信のスケジューリングは各デバイス間の拡散率を参考に自機の通信タイミングを算出し通信を開始している。通信タイミングの算出は、各拡散率における転送時間、ARIB の 920MHz 帯における標準規格で決められているキャリアセンス時間と休止時間をもとに行っている[3]。

(3) LoRa モジュールの制御

本システムでは、通信毎に LoRa モジュールを設定された拡散率に変更する必要がある。LoRa モジュールのパラメータを再設定するには、モジュールをリセットし初期設定をし直す方法とモジュール固有の機能やコマンドを用いて再設定する必要がある。

4. 提案方式の評価

本章では既存の時分割多元接続方式による通信と3章で述べた LoRa における動的拡散率制御を用いた時分割多元接続通信の比較検証結果を示す。

4.1. 評価方法

図2に検証方法の概要を示す。LoRa における動的拡散率制御を用いた時分割多元接続方式の効果を検証するために、2章で述べた既存の時分割多元接続方式を用いた LoRa 通信と比較検証を行った。検証では、10分間の通信におけるパケット受信率と通信回数を参考に、通信の信頼性とリアルタイム性の変化を測定した。検証場所は金沢工業大学やつかほりサーチャキャンパス内において受信強度の簡易測定を行い、3.2. で述べたシステム内で使用する通信環境の各評価に合わせた場所に End デバイスと Gateway デバイスを設置し通信を行った(図2左)。

4.2. 評価結果

表1に既存システムと試作したシステムを比較した検証結果を示す。3.1 で述べたように、拡散率の

値が低い SF=7 から高い SF=12 に変更するとともにパケット受信率が上がるのに対し、パケットの総送信回数が増えていることがわかる。本システムを用いた表1の Auto 列では、各デバイスが通信状況に適した動的拡散率制御を行っているため、SF=12 に近い十分なパケット受信率を保ちつつ SF=12 よりパケットの総送信回数を増加させている。以上の点から、LoRa における動的拡散率制御を既存の時分割多元接続方式に用いることで、十分な通信の信頼性を保ちつつリアルタイム性を保持したデータ収集することができる。図2



図2 検証方法の概要図

表1 既存システムと提案システムの比較検証結果

	既存			提案
	SF=7	SF=9	SF=12	Auto
パケット平均受信率[%]	47.0	74.0	97.7	96.7
パケット総送信回数[回]	400	300	171	182

5. おわりに

本稿では、LoRa 拡散率の動的制御を用いることで、時分割多元接続方式による無線通信において低速度な LoRa 通信を用いた場合に、通信の信頼性とリアルタイム性を向上させることを提案し、その試作方法と評価結果を述べた。今後は、移動体通信における通信状況が変動する環境下における本システムの有効性を検証する。

参考文献

[1] Sakauchi Ryotaro, Shuto Ishikawa, Hikaru Yabe and Mikiko Sode Tanaka, "Multi-channel Communication of LoRa using Time Division Multiple Access" IWIN2021, 2021/9/11-14.
 [2] 学校法人金沢工業大学. 向井 宏明, 平櫻 瞭太郎. 時分割多元接続方式による無線通信システム及び無線通信方法. 特開 2020-178156. 2020/10/29
 [3] 920MHz-BAND TELEMETER TELECONTROL AND DATA TRANSMISSION RADIO EQUIPMENT, ARIB STD-T108 Version 1.4