

## 審査の結果の要旨

氏名 朱桂兵

本論文は、「Leveraging Concurrent Transmission for Efficient Mesh LoRa Networks (同時送信型フラディングを用いた高効率メッシュ LoRa ネットワークに関する研究)」と題し、低電力広域無線通信技術 LoRa を用いた同時送信型フラディング高効率マルチホップ無線ネットワークについて論じたものである。

第1章「序論」では、研究の背景と目的、および本論文の構成について述べている。低電力広域無線通信技術の代表的な通信規格である LoRa では、チャープスペクトラム拡散技術 (Chirp Spectrum Spreading, CSS) を用いることで通信範囲を拡大している。しかし、通常 LoRa ではシングルホップのスタートポロジを使用するため、障害物の多い屋内、地下などの環境においては通信が不達となることも稀ではない。一方、同時送信技術 (Concurrent Transmission, CT) は、経路制御を要しないため、トポロジの変化に対して頑健なメッシュネットワークを構築可能である。上記を踏まえ、本論文では、低コストかつ頑健な自営網の実現に向け、LoRa 物理層と同時送信型フラディングの親和性を明らかにするとともに、同時送信型フラディングによる LoRa ネットワーク (CT-LoRa) の高効率化手法を確立することを述べている。

第2章「関連研究」では、シングルホップおよびマルチホップの LoRa ネットワークに関する既存研究を調査し、通信範囲の拡大と効率の向上に向けて解決すべき課題をまとめている。次に同時送信技術に基づいたマルチホップネットワークの既存研究を調査している。特に同時送信技術の物理層の観点から、同時送信技術を LoRa に適用した場合の課題について議論している。最後に異なる拡散因子 (Spreading Factor, SF) に基づく多重通信方式を実現するための既存研究を比較し、本論文の位置付けを明らかにしている。

第3章「同時送信における LoRa 受信機性能評価」では、同時送信における LoRa 受信性能劣化の諸要因を定量的に分析している。特に時間オフセットと周波数オフセットによるエネルギー分散効果が得られること、同一の SF 間だけでなく異なる SF 間においても、同時送信におけるパケット衝突に十分耐えられる

ことを明らかにしている。同時送信技術を用いた LoRa のマルチホップネットワーク構築を行い、各 SF についてシミュレーション結果と大規模実機実験結果との整合性を確認している。

第 4 章「CT-LoRa に向けた SF 割り当て手法」ではネットワークスループットを向上させるために、CT-LoRa における SF を利用した多重通信方式および SF 割り当て手法を提案している。ネットワークスループットを最大化するためには、SF ごとに通信速度が大きく異なることを考慮する必要がある。CT-LoRa における SF 割り当て問題を定式化し、ツリーベースの SF 割り当てアルゴリズムを提案している。提案したアルゴリズムは、各 SF についてそれぞれの通信速度、最大ホップ数によってネットワークスループットおよびノードの接続性に基づいてノードごとに SF 割り当てを行っている。最後にシミュレーションと大規模実機実験の結果から、提案したアルゴリズムの性能を評価している。

第 5 章「結論」では、本論文で提案した手法の主たる成果についてまとめ、さらに今後の課題と展望について議論し、本論文をまとめている。

以上、これを要するに、本論文は、同時送信における LoRa 受信機性能評価を行い、同時送信型フラッディングとの親和性、および同時送信型フラッディングを用いたことによるメッシュ LoRa ネットワークの高効率化を実現するものであり、電子情報工学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（学術）の学位請求論文として合格と認められる。