

LoRaWANにおけるマルチキャリア WPT 干渉除去法に関する検討

Multi-Carrier WPT Interference Cancellation in LoRaWAN

熊田 遼汰
Ryota Kumada

安達 宏一
Koichi Adachi

電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター
Advanced Wireless and Communication Research Center (AWCC), The University of Electro-Communications

1 まえがき

モノのインターネットの急速な発展に伴い、無線センサーネットワーク (WSN) は益々注目を集めている。特に、LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) は省電力で長距離通信が可能な通信規格であることから盛んに研究が行われている [1]。加えて、アンライセンスバンドを利用していることから導入への敷居が低く、様々な環境での利用が期待されている。また、空間中に存在するエネルギーから電力を集めることでメンテナンスフリーの無線システムを実現する環境発電、特に、無線電力伝送 (WPT) を WSN へ導入する検討が進んでいる [2]。しかしながら、WPT に用いられる電波は大電力であることから、他システムへ干渉し性能を劣化させてしまう恐れがある。以前、我々は、LoRa 受信機における簡易な WPT 干渉除去法を提案した [3]。しかし、文献 [3] では、LoRa の信号帯域内に 1 つの WPT 干渉信号のみが存在する環境を想定していた。そこで本稿では、WPT マルチキャリア干渉における逐次干渉除去法を提案する。計算機シミュレーションより、WPT マルチキャリア干渉環境下においても提案法が有効であることを示す。

2 システムモデル

図 1 に想定するシステムモデルを示す。ここで、LoRa システムと WPT システムは互いに独立しているものと仮定する。Energy Transmitter は U 本のアンテナを具備し、各アンテナで I 個の無変調正弦波を多重して電力伝送する [2]。LoRa 受信機では、受信信号に対して、LoRa の復調処理を行う [1]。この時、WPT 干渉が加わるためシンボル検出性能が劣化する [3]。本稿では、WPT に用いられる I 個のサブキャリアが LoRa の帯域内干渉となる場合について検討する。

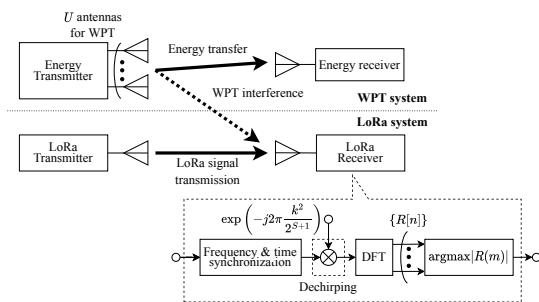


図 1 システムモデルの概要図

3 提案手法

LoRa 受信機において、WPT 干渉除去に必要な未知パラメータは、帯域内干渉サブキャリア数、LoRa の中心周波数と WPT サブキャリアとの差分を LoRa 信号帯域幅で正規化した正規化周波数オフセット、各サブキャリアの電力及び位相である。本稿では、マルチキャリア WPT 干渉に対して逐次的に干渉を除去するアルゴリズム

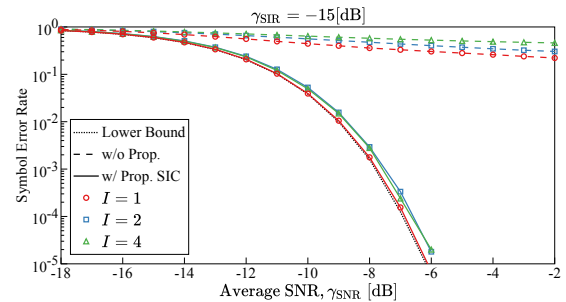


図 2 SIR $\gamma_{\text{SIR}} = -15[\text{dB}]$ における SER 特性

を提案する。初めに複数プリアンブルシンボルを用いて WPT サブキャリア数を推定し、推定サブキャリア数に基づいて以下の提案アルゴリズムを実行する。

1. 第 i サブキャリアの正規化周波数オフセット推定
2. 推定した正規化周波数オフセットに基づいて、第 i サブキャリアの電力及び位相推定 [3]
3. 推定した正規化周波数オフセット、干渉電力、位相に基づいて干渉レプリカ生成し受信信号から減算

4 計算機シミュレーション

提案法の効果について議論するため、シンボル誤り率 (SER) を評価する。拡散率 $S = 7$ 、LoRa 帯域内の WPT サブキャリア数 $I = \{1, 2, 4\}$ 、信号対干渉電力比 (SIR) $\gamma_{\text{SIR}} = -15.0[\text{dB}]$ とした。WPT サブキャリアは周波数が等間隔に配置されているものと仮定する。また、LoRa フレームのプリアンブルは理想的に検出できるものとする。図 2 に、提案法を適用した場合と適用しなかった場合の平均信号対雑音電力比 (SNR) 対 SER 特性を示す。干渉除去を行わない場合 (w/o Prop.), SER は大幅に劣化していることがわかる。一方で、提案法を適用した場合 (w/ Prop. SIC), 帯域内サブキャリア数に関わらず SER の劣化を大幅に低減できていることがわかる。特に、干渉が存在しない場合に近い性能を達成出来る。

5 まとめ

本稿では、LoRaWAN におけるマルチキャリア WPT を逐次的に干渉を除去する手法を提案した。提案法により、LoRa 信号帯域内に存在する WPT サブキャリア数に関わらず、干渉がない場合と同等の性能まで劣化を低減出来ることが示された。

謝辞 本研究の一部は JSPS KAKENHI Grant Number 22K04086 によって行われた。

参考文献

- [1] L. Vangelista, "Frequency Shift Chirp Modulation: The LoRa Modulation," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 24, no. 12, pp. 1818-1821, Dec. 2017.
- [2] B. Clerckx, K. Huang, L. R. Varshney, S. Ulukus and M. -S. Alouini, "Wireless Power Transfer for Future Networks: Signal Processing, Machine Learning, Computing, and Sensing," *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.*, vol. 15, no. 5, pp. 1060-1094, Aug. 2021.
- [3] 熊田 遼汰, 安達 宏一, "LoRaWAN における WPT 干渉除去法" 信学技報, vol.122, no.164, RCS2022-112, pp.84-89, 2022 年 8 月.