

令和3年度研究開発成果概要書

採択番号 02401
研究開発課題名 完全ワイヤレス社会実現を目指したワイヤレス電力伝送の高周波化および通信との融合技術

(1) 研究開発の目的

本研究開発ではミリ波帯におけるワイヤレス電力伝送 (WPT: Wireless Power Transfer) と通信の連携・融合を実現し、IoT デバイスの爆発的普及への電力利用インフラ構築する為の基礎検討を完了する。また、WPT セル内において数 100 μ W-数 mW 程度の消費電力を有する受電デバイスを想定したワイヤレス電力伝送システム・デバイス開発の研究を行う。

研究開発項目 1 では、超多素子アンテナシステムの放射近傍界距離での簡易制御手法の適応検討を行う。また、ミリ波多素子アンテナ、高効率ミリ波レクテナ、多素子レクテナなどのデバイス単体での研究を実施する。

研究開発項目 2 では、WPT 装置と通信装置との連携に関する検討を実施する。特に、WPT としては最大 EIRP 75dBm を有するフェイズドアレイアンテナを開発し、時間同期を想定したミリ波送電装置を構築する。

研究開発項目 3 では既存通信基地局からの電力利用の実現を目指した研究開発を実施する。システム全体での最大効率が高得られるようなワイヤレス電力伝送用のダミー信号を生成し、基地局から IoT デバイスに対してワイヤレス電力伝送を行う。

(2) 研究開発期間

令和3年度から令和6年度 (4年間)

(3) 受託者

ソフトバンク株式会社<代表研究者>
国立大学法人京都大学
学校法人金沢工業大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和3年度から令和4年度までの総額 390 百万円 (令和3年度 197 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 : ワイヤレス電力伝送の高周波化・アンテナ大開口化
担当 : 京都大学、金沢工業大学、ソフトバンク

研究開発項目 2 : ワイヤレス電力伝送と通信の連携および融合
担当 : ソフトバンク

研究開発項目 3 : 通信電波の利用
担当 : ソフトバンク

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	3	3
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	2	2

(7) 具
施内容

その他研究発表	29	29
標準化提案・採択	0	0
プレスリリース・報道	6	6
展示会	0	0
受賞・表彰	0	0

体的な実
と成果
・研究開

発項目 1-a 超多素子アンテナシステム簡易制御・高周波化

2021 年度には、1) 進行波型の位相制御回路を用いた制御系の簡易化の検討と 2 次元アレー化、2) 進行波型の位相制御回路の各段の低損失化を行うための、低損失のバラクタダイオードを用いた新しい位相制御回路の検討、3) これまで遠方界・平面波近似での方向制御にしか対応していなかった進行波型の位相制御回路への制御信号の与え方を、より高効率ビーム送電を実現する放射近傍界・球面波での方向制御用のアルゴリズムの開発、等を完了した。

・ 研究開発項目 1-b 高周波・超多素子アンテナの最適ビームフォーミング

2023 年度以降の目標。

・ 研究開発項目 1-c 高周波レクテナの高効率化

- ✓ 0.5 μm GaAs プロセスによる 28GHz 帯 100mW レクテナ MMIC を設計・製造。アンテナインピーダンス 500 Ω 、放射効率 49%、倍電圧整流回路効率 49%。チップ寸法 1.8mm 角で QFN パッケージに収容可能
- ✓ FC 実装による 1mW—10mW 級レクテナ(0.1 μm GaAs)を設計。低電力領域での 10mW 動作において整流効率 49%の整流回路を設計。アンテナインピーダンス 1k Ω かつ放射効率 90%の高利得アンテナを設計
- ✓ 微細プロセス(0.1 μm GaAs プロセス)で低電力領域(mW 級)でのレクテナの高効率動作を実現する電磁結合構造を構想検討中。

・ 研究開発項目 1-d) 微弱電力レクテナの開発

2022 年度以降の目標

・ 研究開発項目 1-e 受電レクテナの多素子化

- ✓ 整流回路接続時の特性変化解析手法を確立
- ✓ 100 素子以上の受電レクテナを対象としたシミュレーションモデルの構築完了
- ✓ 入力電力に電力分布が生じた場合の DC 合成出力劣化の解析完了

・ 研究開発項目 1-f ビームフォーミングを用いたターゲット捕捉および選択的給電手法

✓ 2023 年度以降の目標

・ 研究開発項目 2-a ワイヤレス電力伝送装置の API 化

- ✓ イーサネットにより外部制御可能なフェイズドアレイ装置構築の完了
- ✓ アンテナ素子ごとに振幅・位相制御可能な GUI の構築完了

・ 研究開発項目 2-b ミリ波通信とワイヤレス電力伝送の装置間同期制御手法

- ✓ 通信装置との連携を目的とした WPT 用 28GHz フェイズドアレイアンテナの開発完了 (最大 77dBmEIRP 出力を達成)
- ✓ 近傍界で高効率伝搬特性が得られるフォーカスビームの理論モデルを構築完了

- 研究開発項目 2-c 通信・ワイヤレス電力伝送基地局の一体化
✓ 2023 年度以降の目標
- 研究開発項目 3-a 既存基地局に対する WPT 制御
✓ 通信装置を用いて、OFDM を崩さず通信と高効率 WPT を両立する通信・WPT 共存システムの構築完了
✓ 上記システムにおける WPT に適した OFDM 変調信号の理論検討完了
 - 変調波入力による整流回路特性の変化算出方法を確立
 - Zadoff-Chu 系列に基づく低 PAPR な WPT ダミー信号の生成により整流回路高効率化の実証を完了
 - 上記 WPT ダミー信号を通信フレーム内に実装し、ビームフォーミング含めた通信・WPT 共存システム実証の完了

(8) 今後の研究開発計画

<京都大学>

2022 年度は、ビーム簡易制御可能なフェイズドアレイを開発する（研究開発項目 1-a）。2021 年度開発した一次元アレイアンテナを 2 次元に展開し、低損失移相器と組み合わせ、簡易制御回路の構築を実施する。

<金沢工業大学>

2022 年度は 0.1umGaAs プロセスを用いて FC 実装レクテナ並びに AoC レクテナ MMIC を開発する（研究開発項目 1-c）。それらを用いて 4x4 レクテナアレイを樹脂基板上に実装する（研究開発項目 1-e）。SOI-CMOS プロセスを用いた AoC 微弱電力レクテナ MMIC の構想検討および設計、製造を始める（研究開発項目 1-d）。

<ソフトバンク>

2022 年度は、多素子レクテナ負荷特性の理論検証（研究開発項目 1）、2021 年度開発した高出力フェイズドアレイアンテナを用いた外部制御によるビームフォーミング試験および通信装置との連携試験の実施（研究開発項目 2）、Rx 装置からのアップリンク情報を基にした WPT 制御システムの構築（研究開発項目 3）を実施する。

研究項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	担当
研究開発項目1 ワイヤレス電力伝送の高周波化・アンテナの大開口化					
研究開発項目1-a) 超多素子アンテナシステム簡易制御・高周波化	→				京大
研究開発項目1-b) 高周波・超多素子アンテナの最適ビームフォーミング			→	→	京大
研究開発項目1-c) 高周波レクテナの高効率化	→	→			金工大
研究開発項目1-d) 微弱電力レクテナ開発		→	→	→	金工大
研究開発項目1-e) 受電レクテナの多素子化	→	→	→	→	SB,京大,金工大
研究開発項目1-f) ビームフォーミングを用いたターゲット捕捉および選択的給電手法			→	→	SB
研究開発項目2 ワイヤレス電力伝送と通信の連携および融合					
研究開発項目2-a) ワイヤレス電力伝送装置開発とAPI化	→	→			SB
研究開発項目2-b) ミリ波通信とワイヤレス電力伝送の装置間同期制御手法	→	→			SB
研究開発項目2-c) 通信・ワイヤレス電力伝送基地局の一体化			→	→	SB
研究開発項目3 通信電波の利用					
研究開発項目3-a) 既存基地局に対する WPT 制御	→	→	→	→	SB

図 1. 研究開発実施計画マイルストーン