

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 屋内環境における情報・電力伝送統合自営B5G/6Gの研究開発
- ◆受託者 国立大学法人電気通信大学、株式会社山本金属製作所、国立大学法人東京大学、国立大学法人広島大学
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和6年度(3年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和4年度から令和6年度までの総額298百万円(令和6年度100百万円)

2. 研究開発の目標

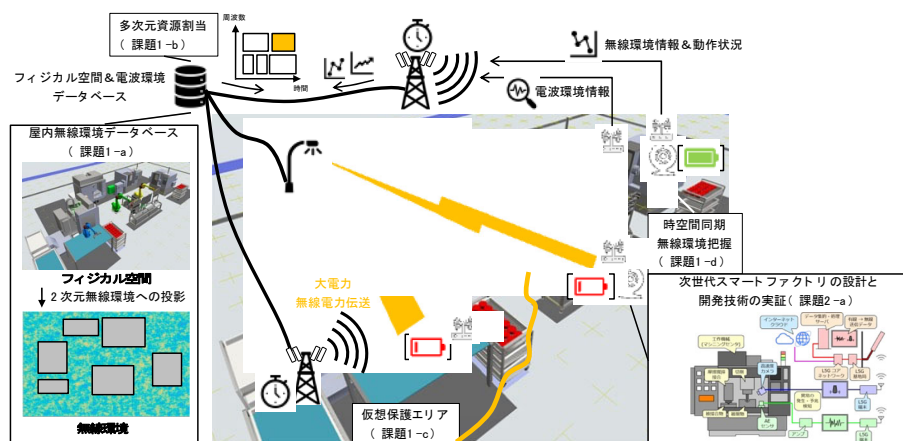
本研究開発では、情報のみでなく電力伝送をも無線化し、時間・周波数・空間・電力などの多次元的な無線資源のダイナミックな割り当てにより周波数の有効利用を実現する技術を確認する。特に、通信状況の過酷な屋内環境における周波数有効利用および情報・電力伝送での周波数共有を目指し、機器や端末の物理的制御と多次元無線資源割当を統合的に行うことで、屋内自営B5G/6Gをターゲットにした情報・電力同時伝送を可能にする技術シーズを創出する。次世代スマートファクトリのデモを設計・構築し、実環境を用いた実証実験によりその将来性を明らかにする。

3. 研究開発の成果

❖ 屋内無線環境における情報伝送・無線電力同時伝送による周波数有効利用を目指した研究課題

❖ 解決すべき課題

1. 高精度な屋内位置測位の実現
2. 屋内無線環境の把握
3. 大電力無線電力伝送の安全かつ効率的実現のための防護エリア設定
4. 屋内無線環境や防護エリアに基づく無線資源の緻密な制御



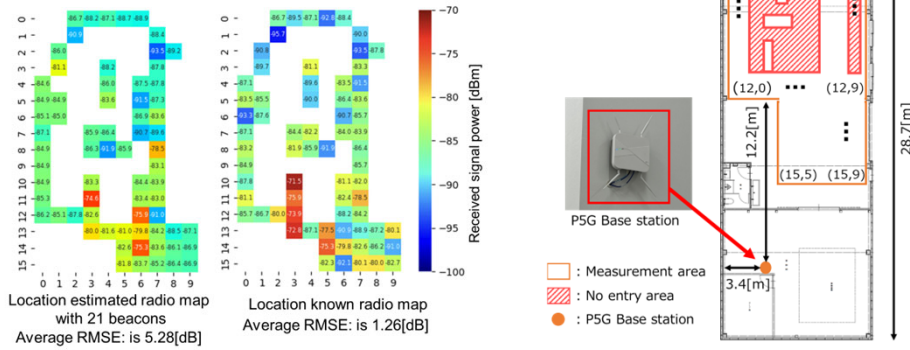
❖ 研究開発成果

- ・高精度な屋内位置測位の実現
 - ビーコン信号及び端末の通信ログを用いた位置推定手法を開発
 - 屋内ビーコン信号を活用した位置推定誤差精度平均値2.5 m以下となり目標値5 m以内を達成。
- ・屋内無線環境把握
 - 時刻同期したスペクトラムモニタ 5 台で用いた**多地点同時無線環境評価システムを構築**し、スマートファクトリ内で電波環境の実測評価を実施
- ・大電力無線電力伝送にむけた防護エリア設定
 - 提案するビームフォーミングによるヌル領域の生成により、仮想保護エリアにおける電波強度の**最大値を約30dB低減し、平均値では40dB以上低減**していることを確認
- ・無線資源の緻密な制御
 - 無線情報伝送と無線電力伝送の統合的な資源割当により、**情報集約精度を40%以上向上**できることを確認
 - 自動搬送ロボットの移動経路と無線資源割当を統一的に行うことで、**パケット破棄率を70%以上低減**できることを確認
- ・屋内環境における要求条件の明確化
 - データ送信速度が300Mbps以上かつ、通信遅延100ms以下

3. 研究開発の成果 (詳細)

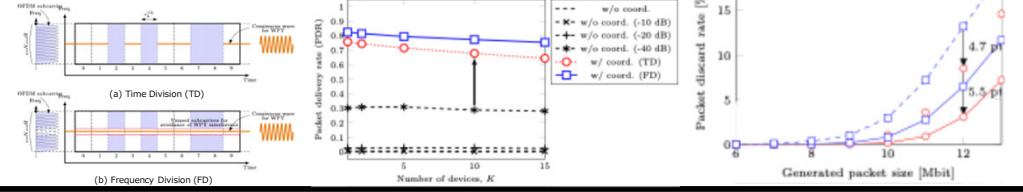
研究開発項目1-a) 屋内無線環境データベース化技術の検討 (電気通信大学)

- 工場環境におけるローカル5G基地局及び無線LANアクセスポイント(AP)の信号電力の観測を実施し、観測値から屋内電波マップを作成
- ビーコン信号及び端末の通信ログを用いた位置推定手法を開発
- 無線機位置情報既知の場合の受信電力推定誤差平均値3[dB]以内位置情報推定手法を使った場合誤差平均値6[dB]以内を達成



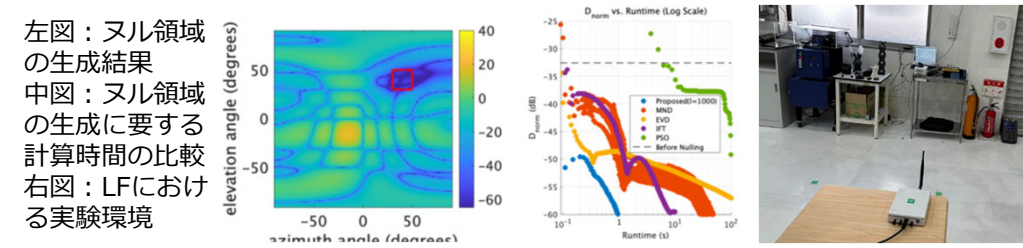
研究開発項目1-b) 情報・電力同時伝送における多次元資源割当の検討 (電気通信大学)

- 無線情報・電力伝送を周波数軸でスケジューリングすることで、最終目標 (30%) を上回るパケット配信率 (PDR) の向上を計算機シミュレーションにて確認 (左図)
- 経路設計とパケットスケジューリングの実施により、パケット破棄率を既存手法と比較して70%以上低減可能であることを確認 (右図)



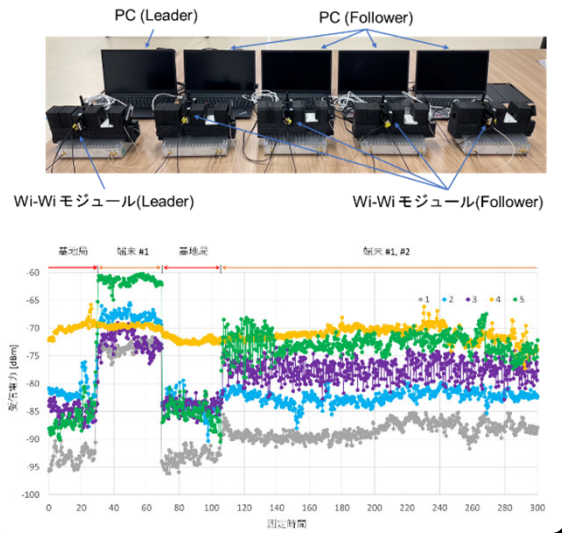
研究開発項目1-c) 電波の仮想保護エリア確保手法の検討 (東京大学)

- ヌル領域を有する高速ビームフォーミング方式の研究開発を実施し、1秒以下の計算時間で平均3dB以上の電波強度低減効果を確認
- ビームフォーミング方式の特性を踏まえた送電アンテナ分散配置方式を開発し、ビームフォーミング方式による効果も含めて平均6dB以上の電波強度低減効果を確認
- ラーニングファクトリ (LF) における実測により電波強度低減効果を確認



研究開発項目1-d) 時空間同期を用いた無線環境把握技術の検討 (広島大学)

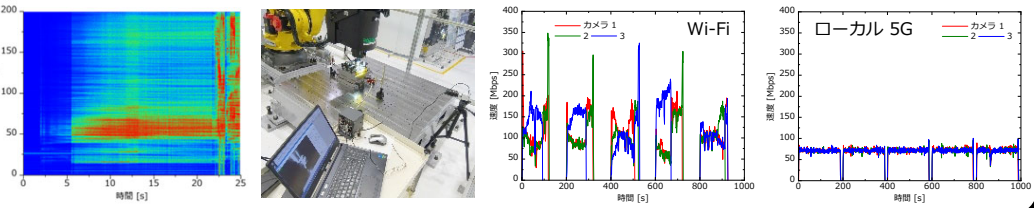
- 同時センシングのために当初目標台数を超えるスペクトラムモニタ 5 台を用いた同時センシングシステムの詳細設計・実装ならびにそのシステムを用いた実測評価を実施
- LF にてスペクトラムモニタ 5 台による同時センシングを実施し、目標である同時 3 点以上の同時センシング、ミリ秒オーダ以下の時刻同期精度を達成
- センシング 3 点以上に囲まれた位置で 10 dB 以下の受信信号電力推定誤差を達成



上図：多地点・複数周波数同時無線環境センシングシステム
下図：LF における L5G 同時測定例

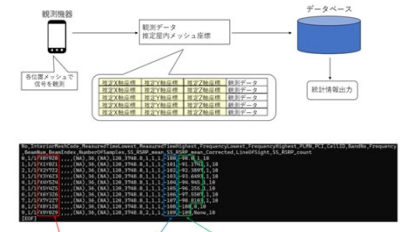
研究開発項目2-a) 次世代スマートファクトリの設計と開発技術の実証 (山本金属製作所)

- アコースティックエミッションならびに高速度カメラを使用し、可聴域よりも高周波ならびに低周波の領域で、異常検知を行う技術を開発
- 高速サンプリングならびに画像データをローカル5G環境で送信し、異常検知後に工作機械を外部制御するために十分な応答速度が得られる事を確認
- 異常検知機能をプラットフォームソフトウェアに実装・販売する予定



研究開発項目2-b) 実環境を用いた無線環境認識に関する検証 (電気通信大学・東京大学・広島大学)

- 屋内無線環境データベースの構築を行い、実際のラーニングファクトリの電波環境の把握を実施、指向性利得補正法を実装
- 無線電力伝送の実験試験局を使って、指向性アンテナによる干渉抑制と、指向性利得情報とデータベースから情報伝送受信機位置での干渉量の予測を山本金属のラーニングファクトリで実証



4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
2 (0)	0 (0)	0 (0)	35 (24)	0 (0)	1 (0)	3 (2)	3 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

・国内研究会における招待講演や依頼講演

無線通信に関する最新の研究成果を議論する電子情報通信学会無線通信システム(RCS)研究会やスマート無線(SR)研究会において依頼講演を行い、本研究課題の内容や成果を国内の研究者に対して紹介した。2024年11月にドイツ・アーヘンで行われた国際ワークショップSmartCom2024では、「屋内工場環境における情報・電力統合伝送自営B5G/6Gに向けた検討」というタイトルで招待講演をし、ドイツ・フラウンホーファーIPTやアーヘン工科大学の研究者に本研究課題の取り組みについて紹介した。その結果として、今後国際共同研究の機会を積極的に模索していく同意に至っている。また、2025年1月にはNICT主催の「The 5th Germany-Japan Beyond 5G/6G Research Workshop」において、本研究課題の代表者である安達宏一准教授(電通大)がドイツと日本の研究者によるパネルセッションにパネリストで登壇し、議論を行なった。また、同ワークショップでは、本研究課題の研究成果をポスターセッションにて発表した。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

研究分担者である山本金属製作所が本研究開発で得られた知見を導入したクリエーションラボ(大規模Learning Factory)が2025年8月に完成予定となっており、そこで製造ラインを立ち上げてビジネスを開始する予定である。製造ラインの生産能力検証・顧客生産拠点への移管・遠隔データ分析サービスにおいて、本事業の成果を活用していく予定である。その際には、販売・レンタル・サブスクリプションでの提供を検討中である。温度・加速度・力・AE・モータ負荷などのセンシングと、検査結果の対応を学習し、異常検知・不具合回避システムを実装することで、生産能力の継続的な向上を支援し、2030年を目標に、主にASEANを対象とした海外での製造業支援に注力していく。本研究課題の成果として得られた成果物の一つであるセンシングデバイスに関する知的財産権については、ライセンスングによって協業企業にデバイスコア部分を提供し、組立て・販売を許可することで研究成果の普及に繋げていく予定である。