

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 Intelligent Reflecting Surface によるプロアクティブな無線空間制御と耐干渉型空間多重伝送技術の研究開発
- ◆受託者 国立大学法人東北大学, 株式会社国際電気通信基礎技術研究所
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和5年度 (3年間)
- ◆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100百万円 (令和4年度72百万円)

2. 研究開発の目標

・本研究開発では、基地局や端末から発せられる電波の伝搬路を制御するIRS(Intelligent Reflecting Surface)を用いたシステムの最適化によるプロアクティブな無線空間制御技術、及び干渉波の到来時間や伝搬路行列の確率的予測結果を用いて周波数利用効率を最大化する干渉抑圧・空間多重伝送技術を確立する。

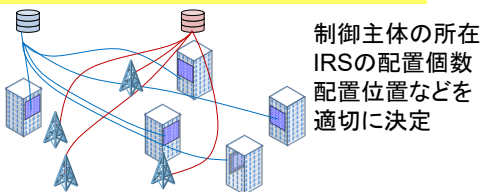
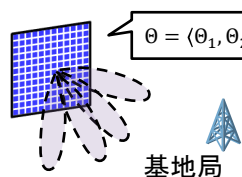
3. 研究開発の成果

研究開発項目1:IRSによるプロアクティブな無線空間制御システム最適化技術

低オーバーヘッドなIRSの制御方法およびIRSを用いた通信システムの伝搬路モデル化及び最適設計方式を確立。

研究開発項目1-a) 低オーバーヘッドで位相制御を行う方式を開発

研究開発項目1-b) IRSを用いた通信システムの最適構成法を確立



項目1-A 低オーバーヘッドなプロアクティブ無線空間制御手法

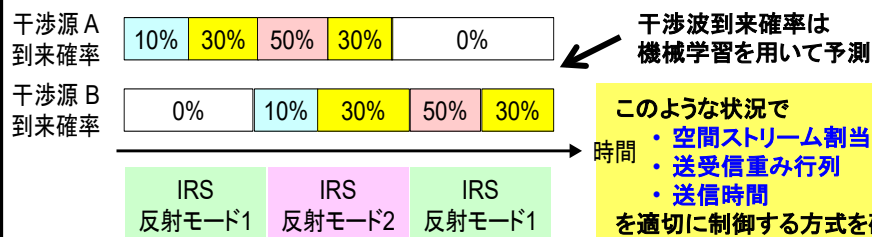
- ・本研究開発では、ベクトル量子化に基づいて位置情報とIRS制御を紐づけたCodebookを生成し、CSIの取得を不要とすることでチャネル推定に必要なオーバーヘッドを削減する方法を考案。
- ・制御オーバーヘッドを1/5以下に削減しつつ受信電力対雑音比を50%程度改善させることが可能であることを確認。

項目1-B IRSによる無線空間制御のためのシステム設計最適化方式

- ・Wireless Insiteを用いて複数のIRSを集中配置した場合と分散配置した場合の受信電力の差異を検証。
- ・昨年度検証した、IRS配置位置による通信性能改善の結果と併せ、**面的周波数利用効率を1.5倍以上に改善することを確認。**

研究開発項目2:確率的干渉到来予測を用いた干渉抑圧技術の研究開発

干渉波の到来を確率的に予測し、その結果とIRSの反射モードからMIMO伝送のリンクアダプテーションと最適受受信重み生成を行う技術を確認。



60 GHz帯マルチポート干渉モニタリング装置を開発

- ・60 GHz帯で4ポートでの同時観測が可能な干渉モニタリング装置の構築を完了。電波暗室内の伝送実験を通じて**伝搬路情報を抽出するためのデータを取得。**

干渉到来予測・重み制御アルゴリズムの詳細設計を完了

- ・受信信号のMUSICスペクトラムを学習して干渉波の有無と干渉源位置を特定し、その結果から各到来波の到来予測を行う手法の詳細設計を完了。**約50%の確率で干渉源の横・縦位置の推定誤差を1 m以内に抑えられることを確認。**
- ・干渉波の伝搬路予測手法の詳細設計を完了。**直接伝搬路推定した場合に対して21%程度の誤差で予測できることを確認。**
- ・確率的干渉到来情報を用いたMIMO伝送のリンクアダプテーション手法を考案。**干渉波到来確率が20%以内の予測誤差を持つ場合であっても、理想的に検出できる場合に対して92%の周波数利用効率が達成できることを確認。**

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
5 (3)	1 (0)	2 (2)	19 (14)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	2 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- ・研究成果に基づく特許出願5件を実施。
- ・査読付き国際学術論文2件の発表を実施。
- ・ICACT 2023, 電子情報通信学会 RCS研究会、SRW研究会、総合大会にて研究成果を発表。
- ・電子情報通信学会短距離無線通信研究会研究奨励賞を受賞。
- ・ATR OPEN HOUSE 2022 にて研究開発成果のポスター展示を実施。

5. 今後の研究開発計画

国立大学法人東北大学

- ・ 研究開発項目1-a) 2022年度に単独技術として数値解析やシミュレーションを用いた検証実験により技術確立の見通しを立てた、低オーバーヘッドなプロアクティブ無線空間制御技術に関する考案手法について、研究開発項目1-b) および研究開発項目2との統合検証実験により、必要なオーバーヘッドを1/10以下に低減可能であることを確認する。併せて、他課題の技術と連携動作するための設計及び検証を実施する。
- ・ 研究開発項目1-b) 2022年度に単独技術として数値解析やシミュレーションによる検証実験により技術確立の見通しを立てた、システム設計最適化技術に関する考案手法の改良設計を行うとともに、研究開発項目1-a)における開発技術との連携動作を達成する。また考案した手法について数値解析やシミュレーション、試作を用いた統合検証実験を行い、面的周波数利用効率を2倍以上に向上できることを確認する。

株式会社国際電気通信基礎技術研究所

- ・ 確率的干渉到来予測手法の改良設計を行い、実環境あるいはその模擬環境にて取得した干渉到来データを用いたシミュレーション評価を通じて、干渉波到来確率の平均予測誤差10%以内、干渉波ベクトルの振幅レベルでの平均予測誤差10%以内を達成できることを確認する。
- ・ 確率的干渉到来情報を用いた送受信重み制御手法の改良設計を行い、干渉到来データを用いたシミュレーション評価を通じて、干渉波の到来およびその伝搬路行列を理想的に検出できる場合に達成可能な周波数利用効率に対して80%以上の周波数利用効率を達成できることを確認する。
- ・ IRS制御技術と確率的干渉到来予測を用いた干渉抑圧技術を連携させ、従来技術比2倍以上の面的周波数利用効率を実現できることをシステムレベルシミュレーションにより確認する。
- ・ IRS制御技術と確率的干渉到来予測を用いた干渉抑圧技術とが連携動作するPOC(Proof of Concept)検証系を構築し、伝送実験を通じて考案技術の有効性を検証する。