

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3年度29百万円)

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。

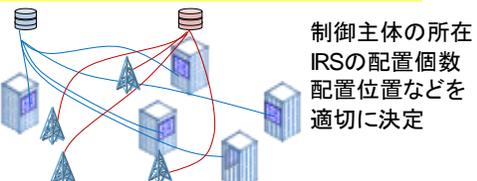
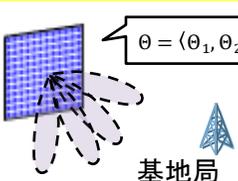
3. 研究開発の成果

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な構成法を確立



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Codebookを生成し、あらかじめ用意した位相パターンを順次試行することで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

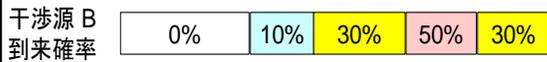
- ・電波伝搬シミュレータWireless Insiteを用いてレイトレースシミュレーションを行い、IRSの有無、配置場所による受信電力の差異を検証。
- ・IRSの配置位置を適切に定めることで面的周波数利用効率を向上させることができることを確認。

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送受信重み生成を行う技術を確立。



干渉波到来確率は機械学習を用いて予測



このような状況で
 ・空間ストリーム割当
 ・送受信重み行列
 ・送信時間を適切に制御する方式を確立



Sub-6 GHz帯マルチポート干渉モニタリング装置を開発

- ・観測帯域幅100 MHz、観測可能周波数9 kHz ~ 6GHz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。干渉測定実験を電波暗室内で行い、干渉到来情報や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基本設計を完了

- ・受信信号に対して特異値分解などの独立成分抽出手法を適用して各到来波を分離し、確率的ニューラルネットワーク(PNN)を適用して各到来波の到来確率を予測する手法の基本設計を完了。
- ・動的環境において高精度な干渉抑圧を行うために、不定期間隔で取得された干渉波の伝搬路値の補間と将来時点の予測を行う手法の基本設計を完了。
- ・周辺ユーザによる複数のIRSの利用状況と利用可能なIRSに応じた達成可能レート予測し、その結果から送受信重みを算出する手法の基本設計を完了。

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 (2)	1 (1)	0 (0)	5 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)

- ※ 成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。
- (1) 国際会議IEICE TCSR SmartCom Virtual WorkshopにてIRSに関するチュートリアル講演
国内外の研究者に向けてIRSに関する最新の研究動向、研究成果を紹介
 - (2) RCS研究会、A3 Foresight Program 2021 Workshopにて研究成果を発表、A3 Foresight Program 2021 WorkshopでBest Presentation Awardを受賞
 - (3) 毎月東北大とATRとで、定期ミーティングを開催。
 - (4) IRS素材メーカーとの間で実証実験に向けた打ち合わせを定期的に行う。

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年度は同技術の詳細設計を進め、上位層からの通信要求を満たす伝搬路を構築可能としつつ、数値解析やシミュレーションによる検証実験によって単独技術の性能として必要なオーバーヘッドを1/5以下に低減可能であることを確認する。最後に2023年度は統合検証実験によって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とともに、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年度は同技術の詳細設計を行う。IRSの配置位置や数量がシステム性能に与える影響を明らかにしつつ、制御外IRSが存在する環境においてもプロアクティブ無線空間制御技術が効果を発揮できる制御手法を確立する。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実験、試作による評価実験を行い、面的周波数利用効率を1.5倍以上に向上できることを確認する。最後に2023年度はシステム設計最適化技術の改良設計を行い、考案した手法について数値解析やシミュレーション実験により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。