

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 結合モードを用いた空間多重伝送のための多重数フレキシブルなソフトウェアによる並列信号処理技術の研究開発
- ◆副題 汎用計算プラットフォームを活用した空間モード数に柔軟な空間多重光伝送のための並列信号処理技術の研究開発
- ◆受託者 日本電気株式会社、NTT株式会社
- ◆研究開発期間 令和7年度～令和9年度(3年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和7年度から令和8年度までの総額200百万円(令和7年度100百万円)

2. 研究開発の目標

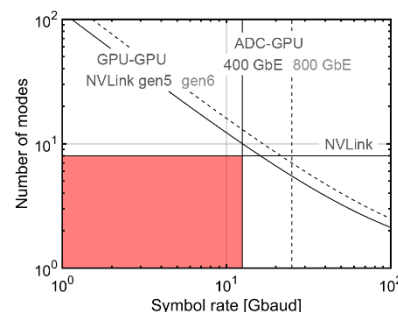
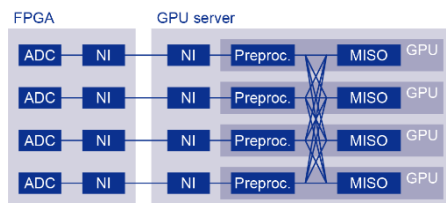
本課題では、将来の空間多重数の拡大を実現する結合型の空間多重伝送システムの導入に向けて、GPU(Graphics Processing Unit)などの汎用計算機の活用によるソフトウェア実装を想定した空間多重数に柔軟かつ高効率な送受信信号並列処理要素技術の研究開発を行う。空間多重数4程度の結合型マルチコアファイバを用いた伝送実験で、汎用計算プラットフォームを用いてソフトウェア実装したMIMO(Multiple Input Multiple Output)信号処理の、単一コア単一モードファイバでの信号処理と比較して10倍以上のスループット領域での安定的な動作を実証する。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1

汎用計算プラットフォームを活用した柔軟な送受信信号処理技術の研究開発

- MIMO信号処理に適した汎用計算プラットフォームとしてGPUを選定、時間方向・空間方向の並列化を踏まえて適応MIMOフィルタおよびキャリア位相補償の構成を策定し、キャリア位相補償がGPU 1 warp相当の32並列処理でも性能劣化が小さいことを確認
- GPUへの入力帯域とGPU間通信帯域を検討し、プラットフォームの計算ハードウェア構成とシンボルレート・空間多重数に対するスケール性を明確化



研究開発項目2

空間/周波数冗長を利用した超並列信号処理技術の研究開発

送受信デジタル信号処理を機能ブロックごとに分割し、各ブロックに対して空間冗長性、周波数冗長性、推定共通化、安定動作の4つの観点から重要度を定量評価し、GPU等の並列信号処理の適用有効性が期待できる検討ブロックを選定(関連特許1件を出願)。

結合モード用並列信号処理回路

検討ブロックとして選定

...	処理ブロック A	処理ブロック B	処理ブロック C	...
空間冗長性	○	○	△	
周波数冗長性	×	○	△	
推定共通化	○	○	△	
安定動作における重要度	中	高	高	

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

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

研究開発項目1: 汎用計算プラットフォームを活用した柔軟な送受信信号処理技術の研究開発
結合型MCF伝送におけるMIMO信号処理のソフトウェア実装に適した汎用計算プラットフォームとしてGPUが適していることを明確化。GPU上での高速信号処理に必要な時間方向・空間方向の並列化を考慮し、適応MIMOフィルタならびにフィルタ内部で動作するキャリア位相補償の並列化構成を策定し、偏波多重QPSK信号の結合型4コアファイバ6000km伝送シミュレーションにおいて、GPUの1 warpに相当する32並列処理においても性能劣化が小さいことを確認。さらにMIMO信号処理のGPUを用いたソフトウェア実装プラットフォームの構築にむけて、現在入手可能なモジュールを対象として検討し、シンボルレート約10Gbaud、空間多重数4までの対応が可能であると見積った。

有川 他, “空間多重伝送向け適応MIMOフィルタ並列処理のためのキャリア位相補償方式の比較,” 2026年電子情報通信学会総合大会, B-10B-06.

研究開発項目2: 空間/周波数冗長性を利用した超並列信号処理技術の研究開発
空間・周波数冗長性を活用し効率的な並列信号処理方式を実装可能な信号処理等機能ブロックの選定を行い、次年度以降に取り組む信号処理機能について明確化した。また、選定した信号処理ブロックの動作を評価するためのファイバ伝送実験系の構築を完遂した。加えて、検討対象の空間・周波数冗長性を持つ物理量について、シミュレーションと実験を用いて冗長性の定量評価を実施し、またそれを利用した補償技術の動作原理の検証を行った。

講演1件: PIF・PN研チュートリアル講演にて結合モード信号用信号処理技術に関する招待講演を実施
(同講演会として過去最高の聴講者数を達成)。その他、特許1件を出願完了

5. 今後の研究開発計画

研究開発項目1: 汎用計算プラットフォームを活用した柔軟な送受信信号処理技術の研究開発
今年度選定した、GPUを用いたソフトウェア実装プラットフォームの計算ハードウェア構成に基づき、MIMO信号処理をプラットフォーム上に実装し、空間多重数4まで対応可能なソフトウェア実装プロトタイプを構築する。
信号処理モジュール間を高速通信で相互接続する構成を確立し、空間多重数1の領域において伝送実験系を構築する。構築した実験系を用いて空間多重数1でのMIMO信号処理動作を実験的に評価・実証するとともに、空間多重数4へ拡張した場合の伝送実験評価に必要な要素を明確化する。

研究開発項目2: 空間/周波数冗長性を利用した超並列信号処理技術の研究開発
令和8年度は、結合チャネル特性及び回路実装パラメータ制限を検証可能な光伝送シミュレーションにより、選定した信号処理ブロックに対して少なくとも空間多重数4まで適用可能な信号処理回路規模削減化を達成する並列信号処理方式の提案と策定を行う。