

平成27年度研究開発成果概要書

課題名 : 光トランスペアレント伝送技術の研究開発（入リーチ）
 採択番号 : 153ア01
 個別課題名 : 課題ア メトロ・アクセス広域・大容量化技術に関する研究
 副題 : 適応変調と非線形補償による周波数利用効率とトランスペアレント領域の拡大

(1) 研究開発の目的

本研究では、課題ア、イ、ウの技術を連携し、メトロコア・アクセスネットワークにおける10～100 Gbps超のデータ伝送のトランスペアレント伝送領域を従来の100倍に拡大する光ネットワークの実現を目標とする。

課題アでは、具体的なトランスペアレント領域(ファイバあたりの伝送容量×リンク長)として、伝送容量とリンク長をそれぞれ2倍以上変化させ、4 Pbps×km以上までのエリア拡大の実現を行うために、適応変復調伝送技術と非線形補償信号処理技術の2つの要素技術を2015年までに開発することを目的とする。適応変復調伝送技術では、光ネットワークの伝送路の状況に応じてビットレートや変復調方式を適応的に変化させることにより、周波数利用効率を3 dB以上拡大する。また、非線形補償信号処理技術では、光ファイバ伝送路の光非線形効果による伝送特性劣化を克服し3 dB以上のSN比改善を実現する。

(2) 研究開発期間

平成23年度から平成27年度（5年間）

(3) 実施機関

日本電信電話株式会社<代表研究者>、富士通株式会社、
 国立大学法人大阪大学（実施責任者 准教授 丸田章博）

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 882 百万円（平成27年度 155 百万円） ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題ア-1：適応変復調伝送技術（日本電信電話株式会社）

課題ア-2：非線形補償信号処理技術

ア-2-1. 非線形補償信号処理方式構成技術（富士通株式会社）

ア-2-2. 非線形伝送解析技術（国立大学法人大阪大学）

(6) これまで得られた成果（特許出願や論文発表等）

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	17	1
	外国出願	25	8
外部発表	研究論文	5	1
	その他研究発表	128	24
	プレスリリース・報道	6	0
	展示会	8	2
	標準化提案	1	0

(7) 具体的な実施内容と成果

・課題ア-1 適応変復調伝送技術

【最終目標】

課題ア-2 で検討する非線形補償信号処理技術を前提とし、10 ~ 100 Gbps 超の伝送速度において、累積光雑音、光フィルタリング特性などの伝送路の状態に応じて最適な変復調方式を判定するための、適応変復調伝送要素技術を確認する。適応変復調伝送が可能な送受信機構成および信号処理アルゴリズムを明確化し、偏波多重 QPSK 方式に比べて2倍の周波数利用効率が改善可能な適応変復調伝送を実証する。

【実施内容および最終成果】

適応変復調伝送技術において、累積光雑音などの伝送路の状態を高精度に推定するための伝送路品質推定法を提案し、適切な変復調方式を選択するアルゴリズムを確認した上で、適応変復調伝送が可能な送受信機構成および信号処理アルゴリズムを実験で確認した。また、フィールド実験を実施して偏波多重 QPSK 方式に比べて2倍の周波数利用効率が実現可能なことを確認した。上記により、最終目標を100%達成した。さらに、課題間統合実験系の中で適応変復調伝送を実証することにより、ノードを含む伝送系での有効性を確認し、最終目標を100%以上達成した。

・課題ア-2 非線形補償信号処理技術

ア-2-1. 非線形補償信号処理方式構成技術

【最終目標】

提案している非線形補償信号処理方式と要素アルゴリズム仕様に基づく光送受信信号処理回路の設計・試作・評価を完了し、リアルタイム光伝送に適用することによって、非線形光学効果に起因する数十 μ 秒以下の高速波形歪み変動に対して3 dBに迫る補償能力を実現することが可能であることを実証する。

【実施内容および最終成果】

非線形補償信号処理によって3 dBに迫る特性改善を可能とする非線形補償処理方式と要素アルゴリズム仕様を策定した上で、光送受信信号処理回路の設計・試作を完了し、実験および数値シミュレーションの両側面からその詳細な性能評価を行った。非線形光学効果に起因する数十 μ 秒以下の高速波形歪み変動に対して3 dBに迫る補償能力の実現が可能であることを実証するために、試作した信号処理回路を適用したリアルタイム光伝送実験系を構築し、実機による特性評価を実施して最終目標である3 dBを上回る改善を確認した。さらに、課題間統合実験を行うことで、最終年度の目標を100%以上達成した。

ア-2-2. 非線形伝送解析技術

【最終目標】

課題ア-1 で検討する適応変復調方式での利用が想定される多値 PSK、多値 APSK (QAM) などの多値デジタル変復調方式および OFDM などの広帯域光アナログ変復調方式が光ファイバの非線形性から受ける影響を理論的に明らかにし、その知見を課題ア-2-1 で検討する非線形補償信号処理技術に活かすことを目標とする。

【実施内容および最終成果】

多値光信号に対する光ファイバの非線形性の影響の系統的分析を行った。特に、チャンネル間隔の狭い、多数の波長チャンネルから成る多値光信号が光ファイバの非線形性の影響を受けて、時間的にも空間的にも局在した非常に振幅の大きな波が発生するローグウェーブ現象の発生機構についての解析を行った。また、多値光信号をファイバ中の非線形効果を用いて生成する方法を提案し、原理確認実験を行った。それらの従来の多値光信号の伝送特性に対する考察から、従来の変調方式では非線形性の影響を低減するには多大な計算量が必要となることが判明した。そこで、非線形性の影響下においても、伝送途中で変化しない固有値に情報を載せる固有値通信方式について、デジタルコヒーレント方式を用いた復調法を提案し、その大容量伝送への適用性について検討を行った。