

(29-2)

様式1-4-2

平成 29 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 175A01

課 題 名 : 光周波数・位相制御光中継伝送技術の研究開発

個別課題名 : 課題 A 高精度光周波数・位相同期制御技術

副 題 : 周波数利用効率の向上・高速リストレーションを揃って可能とする  
高コヒーレンシ光源技術

(1) 研究開発の目的

本研究開発課題では、Nyquist Filtering を用いたマルチキャリア光パスネットワークにおいてネットワーク機能性を高めつつスケラビリティ（パス容量、伝送距離）を向上させるために、周波数利用効率の向上、高速リストレーションを揃って可能とする高精度光周波数・位相同期制御技術の研究開発を行う。具体的にはキャリア間干渉を低減し稠密なサブキャリア配列を実現する高精度光周波数安定化制御方式、高次変調方式に適用可能なスペクトル線幅狭窄方式、経路切り替え時のサービス復旧時間を短縮する高速光周波数スイッチング制御方式の開発を行う。

これらの光学的な技術革新によりデジタルコヒーレント技術のもつ潜在能力を更に引き出し、光パス容量をテラビット級へ拡大することを目的とする。

(2) 研究開発期間

平成 26 年度から平成 29 年度（4 年間）

(3) 実施機関

三菱電機株式会社<代表研究者>  
国立大学法人大分大学

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 183 百万円（平成 29 年度 42 百万円）  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

課題 A-1 : 高精度光周波数制御技術の研究開発（三菱電機株式会社）  
課題 A-2 : 位相同期制御技術の研究開発（国立大学法人大分大学）

(6) 特許出願、論文発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	6	1
	外国出願	3	0
外部発表	研究論文	1	0
	その他研究発表	41	4
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	6	1
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

[課題A-1] 高精度光周波数制御技術の研究開発

・光周波数制御技術と光源装置試作

課題 A-1 高精度光周波数制御技術の研究開発において、高精度光周波数安定化制御方式とスペクトル線幅狭窄制御方式と高速光周波数スイッチング制御方式を確立した。開発した3つの制御を揃って実現する光源装置を試作し、光周波数安定度 $\pm 12\text{MHz}$ 、スペクトル線幅 $37\text{kHz}$ 、光周波数スイッチング速度 $88\text{ms}$ 以下をそれぞれ達成し、開発の性能目標として掲げた、光周波数安定度 $\pm 100\text{MHz}$ 以下、スペクトル線幅 $100\text{kHz}$ 以下、 $1.25\text{THz}$  ( $10\text{nm}$ ) の範囲にあるITU-T G.694.1に記載されているフレキシブルグリッドに従った光周波数配置に $100\text{ms}$ 以内で定常状態になる光周波数スイッチング速度をクリアし、開発した制御方式が妥当であることを検証した。また、試作した光源装置は19インチラックに収納可能なケースを用いており、実用的な規模に装置が収まることを確認した。

・課題間連携実験による性能検証

試作した光源装置を用い、課題 153 と連携して光信号伝送実験を行い、光信号を稠密に配置することで周波数利用効率が $33\%$ 向上する事を確認した。課題 175B と連携した統合実験で、課題 A で試作した光源装置と課題 B で試作した相補スペクトル反転位相共役変換器を用いることで光信号伝達距離を $1.5$ 倍に延伸出来る事確認した。周波数利用効率-伝送距離積であるSDPの指針に於いて $1.33$ 倍 $\times 1.5$ 倍で従来システム比 $2$ 倍を達成したことを確認し、研究開始時に設定した課題を全て達成した。

光源装置と課題 B で試作したファイバ型パラメトリック増幅器を連携して波長切換実験を行い、波長切換時間が数 $\text{ns}$ でオーバーシュートの無い光出力が得られることを確認した。

[課題A-2] 位相同期制御技術の研究開発

・高精度光周波数安定化

試作したデジタル制御ループフィルタを光源モジュールに適用し、外部基準光に自動で光位相同期動作させる事に成功した。光 QPSK、16QAM 信号のホモダイン検波に成功し、デジタルコヒーレント処理における周波数および位相オフセット処理が削減できることを確認した。

・高速高精度光周波数スイッチング

ホモダイン検波による位相同期を行い、キャリア周波数 $\pm 100\text{MHz}$ の周波数範囲からの自動位相引込時間を $1\text{ms}$ 以下で実現できることを確認した。

課題 A-1 と連携し、光源装置とデジタル制御ループフィルタを組み合わせ波長切換実験を実施し、外部基準光にロックした状態から波長の異なる外部基準光に $76\text{ms}$ で波長切換動作が完了する事を確認した。

・スペクトル線幅狭窄化

ヘテロダイン位相同期技術を用い、課題 A-1 で試作した光源を外部基準光に同期させることで $700\text{kHz}$ の光スペクトル線幅を $20\text{kHz}$ まで狭窄化させることに成功した。

以上