

平成 26 年度研究開発成果概要書

課題名 : 光周波数・位相制御光中継伝送技術の研究開発
 採択番号 : 175A01
 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・高速リストラク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、高速リストラク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（実施責任者 助教 水鳥明）

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 183 百万円（平成 26 年度 50 百万円）
 ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

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) 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	4	4
	外国出願	1	1
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	4	4
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	2	2
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

[課題 A-1]

• 高精度光周波数安定化制御方式

光周波数の高精度安定化制御の基準となる光周波数モニタの高精度化に関して、理論検討と原理検証を実施した。光周波数モニタに複数光線を用いることで、光周波数変動量を強度変動量に変換する光学フィルタが受ける周囲環境の影響を物理的に低減する方式を検討した。原理検証実験により、光周波数の検出精度を従来の約 5 倍に向上できることを示し、本方式の有効性を確認した。

• スペクトル線幅狭窄方式

光のスペクトル線幅狭窄方式の理論検討と原理検証を実施した。光学フィルタを用いて光の周波数変動を強度変動に変換した信号と、同時サンプリングした光の強度変動との差を一定とする光周波数制御フィードバックを光源制御に対して行うスペクトル線幅の狭窄方式を検討した。原理検証実験によりスペクトル線幅狭窄効果を確認した。

• 高速光周波数スイッチング制御方式

光周波数スイッチング制御の高速化について、理論検討と原理検証を実施した。LD 電流量を操作して光周波数を変更し、それに伴う LD チップ発熱量変化を補償する方式を検討した。検証実験を実施し特定の波長から 25GHz 以上離れた目標光周波数へ 100msec 以下の時間で周波数収束することを示し、本方式の有効性を確認した。

• 光源制御インタフェース仕様策定

高精度光周波数安定化制御方式、スペクトル線幅狭窄方式、高速光周波数スイッチング制御方式を揃って実現しつつ位相同期制御技術も取り込むことのできる光源制御インタフェースを策定した。

[課題 A-2]

• デジタル・ループフィルタの設計・シミュレーション

本年度の目標であったデジタル・ループフィルタの設計については、フィルタ次数を低次数にすることで高速性が期待でき、積分特性 IIR フィルタ、ローパス特性を FIR フィルタのいずれも低次数で設計を行った。その結果、これまでに光 PLL を実現しているアナログ・ループフィルタと同等な周波数特性をもつデジタル・ループフィルタを設計できた。

• 半導体レーザの FM 変調特性の測定

光位相同期制御において位相誤差を小さくするためには最適なループフィルタを設計する必要がある。この設計をする上で重要な点は、光源モジュールの FM 変調特性を正確に把握し、制御設計上の位相補償機能を与えることで位相余裕を確保することである。本年度の目標である AWG を用いた FM 変調特性の測定システムを構築し、平成 27 年度に課題 A-1 より供給される予定の光源モジュールの原型となるモジュールに対して FM 変調特性を測定できた。

• 周波数自動引込の基礎実験

本年度の目標であった周波数自動引込の検討については、デジタル・ループフィルタボード上の周波数引込用 DAC と位相同期用 DAC を用いて実現することを検討した。QPSK 信号の受信には局発光を信号光に位相同期させるホモダイン検波方式を採用した。従来ループ長の約半分を占めていた QPSK 用 COSTAS 回路を 1 ボード化することによりその経路長を短縮し、ループ遅延を削減した。