

平成 27 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（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 27 年度 47 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	3	0
	外国出願	1	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	26	21
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	3	2
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

[課題A-1] 高精度光周波数制御技術の研究開発

・高精度光周波数安定化制御方式

光周波数の安定化制御方式の要素技術試作および検証実験を実施した。複数光線を用いる高精度波長モニタ構造と光周波数変動を検出してレーザ光源注入電流にフィードバックする制御方式を用いる事で、環境条件変化による $\pm 4.5\text{GHz}$ の波長変化を $\pm 70\text{MHz}$ まで安定化できることを確認した。本方式を用いることで光源スペクトルの光周波数安定性目標値である $\pm 100\text{MHz}$ 以下を達成可能な見通しを得た。

・スペクトル線幅狭窄方式

スペクトル線幅狭窄方式の要素技術試作および検証実験を実施した。光学フィルタを用いて短期的なスペクトル変化を検出し LD 注入電流にフィードバックする制御手法において、 $12.5\%/\text{GHz}$ の傾斜を持つ光フィルタを用い制御帯域 1MHz で線幅狭窄化制御を行う事で、線幅 1MHz の光スペクトルを 58kHz まで狭窄化できることを確認した。本方式を用いることで光源スペクトルの線幅目標値である 100kHz 以下を達成可能な見通しを得た。

・高速周波数スイッチング制御方式

高速光周波数スイッチング制御について、要素技術試作および検証実験を実施した。DFB アレイ LD を用い、LD 注入電流操作と熱補償を組み合わせた光周波数スイッチング制御を行う事で、使用する LD の組み合わせに依らず所望の周波数スイッチング時間が得られることを確認した。本方式を用いることで 1.25THz (10nm) の範囲内にあるフレキシブルグリッドに光源スペクトルを 100ms 以内にスイッチング可能である見通しを得た。

・光源装置-Digital OPLL 間インタフェース

制御帯域拡大の為回路の見直しを行い、インタフェースの仕様改訂を行った。

・伝送能力検証

試作中の高精度光周波数安定化光源を用い、先行するプロジェクト課題 153 光トランスペアレント伝送技術の研究開発(λリーチ)と連携し、信号伝送能力の検証を行った。光ファイバを用い光信号を伝送し、QPSK 変調で 516km 、16QAM 変調で 216km のそれぞれ距離で実用的な信号 Q 値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

・周波数自動引込の基礎実験

平成 27 年度は平成 26 年度に策定した光源モジュールとのインタフェース仕様を基に試作した OPLL 用 FPGA ボードによる周波数引込の基礎実験を実施した結果、目標である $\pm 100\text{MHz}$ 範囲からの周波数引込には及ばないが離調周波数 $-93\text{MHz}\sim+20\text{MHz}$ 範囲からの周波数引込に成功した。

・稠密配置多波長伝送時のクロストーク量評価

単純な光周波数安定化を目指した狭帯域 Digital OPLL を光キャリアならびに局発光で適用することによるシステムインパクトの見通しを得るため、矩形型 Nyquist filtering による稠密配置多波長伝送時に隣接キャリアからのクロストーク(XT)量を計算した結果、ガードバンド無し・許容 XT 量 -20dB ・ロールオフ・フィルタ係数 $\alpha=0.04$ の条件下でキャリア周波数が $\pm 100\text{MHz}$ 揺らいだ時 XT 量は $+5\text{dB}$ 増大するが本課題目標である周波数揺らぎ $\pm 1\text{MHz}$ 以内であれば増大する XT 量は $+0.1\text{dB}$ 以下であることを確認した。