

平成 25 年度研究開発成果概要書

課題名 : デジタル位相型光制御による低消費電力
高速コヒーレント伝送技術の研究開発
採択番号 : 15401
個別課題名 : -
副題 : デジタル光 PLL を用いた省演算化を可能にする
低消費電力コヒーレント復調技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

現在主流であるデジタルコヒーレント技術では、実ファイバ回線にて発生する偏波変動、波形歪劣化、光位相揺らぎなどをデジタルシグナルプロセッサ(DSP)にて補償(計算)している。しかし、膨大な信号処理を必要とするため、大規模で高機能な DSP を必要とし、消費電力の増大、それに伴う冷却装置など、システムの大型化・消費電力増大が課題となっている。本課題ではデジタル光 PLL を適用することによって、伝送品質を維持したまま、信号処理に伴う計算量を削減することによって小型・低消費電力化が可能なデジタル光 PLL システムを実現することを目的としている。

(2) 研究開発期間

平成 23 年度から平成 25 年度 (3 年間)

(3) 委託先

(株) アルネアラボラトリ <代表研究者>
沖電気工業 (株)、
国立大学法人 東北大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 169 百万円 (平成 25 年度 53 百万円)

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題 1 : 超広帯域 Sampler 回路の研究開発

1-1. サンプラ回路および駆動するサンプラ駆動回路の開発
(株アルネアラボラトリ)

課題 2 : 光 PLL システムの研究開発

2-1. 小型かつ高安定な光 Local Oscillator (LO) の開発
(東北大学)

2-2. デジタル信号処理によるキャリア再生技術の研究開発
(沖電気工業株)

課題 3 : 光 PLL を用いた光伝送技術の研究開発 (株アルネアラボラトリ)

3-1. 光 PLL システムのプロトタイプ製作

3-2. 光 PLL システムを用いた光伝送評価

3-3. 光波形観測とデジタル PLL 復調器のための評価装置の開発

(6) これまで得られた研究開発成果

(累計) 4 件

(当該年度) 4 件

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

(7) 具体的な成果実施内容と成果

課題 1 : 超広帯域 Sampler 回路の研究開発

1-1. サンプラ回路および駆動するサンプラ駆動回路の開発

本課題の目標値である 20Gbps の Non Return to Zero (NRZ) 信号を波形の劣化なく伝送する為には一般的には 14GHz 程度の帯域が必要と言われている。本課題では帯域 14GHz 以上、かつサンプリング速度 100MHz を目標仕様とした。トラックアンドホールド (T&H) 型のサンプラを選定し 18GHz の帯域を有していることを確認した。同時に送信信号からクロック抽出した 100MHz のサンプリングクロックによって 10Gbps の信号から 100Mbps の信号を生成し、最終目標である 80km の伝送に成功した。

課題 2 : 光 PLL システムの研究開発

2-1. 小型かつ高安定な光 Local Oscillator (LO) の開発

外部共振器半導体レーザの発振周波数を線幅 500 MHz の HCN (シアン化水素) 吸収線へ安定化し、周波数安定度 4×10^{-10} (積分時間 1 s)、線幅 9 kHz の狭線幅周波数安定化 LO を実現した。また、本周波数安定化レーザの外部に光位相変調器、RF-VCO からなる光 VCO 機構を付加し、FM 帯域約 4 MHz の周波数安定化光 VCO を開発した。本光 VCO を LO として用いたアナログ光 PLL 回路により、SSB 位相雑音が 0.6 度 (10 Hz ~ 1 MHz) と非常に低雑音な IF 信号を生成することに成功した。

2-2. デジタル信号処理によるキャリア再生技術の研究開発

本課題の最終目標は、以下の前提条件のもとデジタル光 PLL により、安定な復調を実現することである。

光源線幅 (和) : 10kHz

キャリア周波数オフセット : 1MHz

シンボルレート : 10Gbaud

変調方式 : QPSK

これに対し、80km の伝送評価において 3 時間以上のエラーフリー動作を実現し、6 時間以上の高安定な位相同期を実現したことにより、100% 目標性能を達成した。

課題 3 : 光 PLL を用いた光伝送技術の研究開発

3-1. 光 PLL システムのプロトタイプ製作

20Gbps QPSK 信号を 80km 伝送し、安定して復調を行うことに成功した。装置のサイズは 19 インチラックで、5U (光 PLL システム) と 2U (クロック抽出装置) の計 2 台 (7U) の構成とした。これは拡張性およびメンテナンスの容易さを考慮した結果 2 台とした結果であり、19 インチラック 6U (3U を 2 台分) の大きさにすることは可能である。

消費電力は本研究課題開始時のシステムに対して冷却設備を含めて 1/10 の消費電力を実現した。2014 年 1 月現在の実働のシステムに対しても約 4 割の消費電力で動作可能であり、本課題のねらいである計算負担を減らしたことによる低消費電力化が顕著に表れている。

3-2. 光 PLL システムを用いた光伝送評価

デジタル光 PLL を搭載し、安定動作する光送受信システムの開発に成功した。20Gbps の QPSK 信号を、80km 伝送し、3 時間のエラーフリー、6 時間の位相同期に成功した。光 PLL を搭載して長時間動作させた実験例はほとんどなく、極めて大きな成果であると考ええる。

3-3. 光波形観測とデジタル PLL 復調器のための評価装置の開発

本研究課題で開発した光 PLL の製品展開例としてコンスタレーション測定器を開発した。現行の同測定器では復調信号をデジタル信号処理して表示する為にリアルタイムな波形観測は困難である。観測したコンスタレーション波形にはフェーザ（遷移状態の軌跡）が見られるものの、一方で送信と受信側の周波数差や偏波変動などによるコンスタレーションの回転はほとんどなかった。光 PLL を適用することによってリアルタイムでコンスタレーション波形の観測に成功した。