

平成23年度 新規委託研究課題
「デジタル位相光制御による
低消費電力高速コヒーレント伝送技術の研究開発」
研究計画書



1. 研究開発課題

『デジタル位相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』

2. 研究開発の目的

現在、コヒーレント光通信技術に関する研究開発が盛んに進められている。その中心は、いわゆるデジタルコヒーレント技術によるもので、光信号を高速の AD 変換器によりデジタル化したのちに高速の信号処理により光位相の揺らぎなどを補正するというものである。デジタルコヒーレントは信号復調に高度なデジタル信号処理を活用し光の波動としての特性を活かした多値変調による高速伝送を実現し、周波数利用効率、伝送特性の向上を目指すものである。LSI 技術の飛躍的な向上を背景に今後の高速光通信を支える重要な要素技術として期待される。一方で、AD 変換器、信号処理部分での計算量増大による消費電力増大への対策が課題となり得る。

情報通信研究機構（以下、「機構」という。）は、デジタル信号処理のメリットを活かしつつ所要計算量を削減する復調方式としてデジタル PLL（位同期ループ）によるコヒーレント復調を開発した。この方式では、光の位相揺らぎ補正に必要な情報のみをサンプリングし、少ない計算量でコヒーレント復調を実現する。これにより機能は限定されるものの消費電力が小さく、高速信号に対応可能な光受信が達成される。現在、コヒーレント技術に関する研究開発では、受信部分を、信号をメモリーに保存した後にコンピュータで復調器を模擬した信号処理を行ういわゆるオフライン処理としているものが多い。もちろん、実際の通信システムではリアルタイムに復調を行う必要があり、現在、コヒーレント信号を瞬時に復調するためのリアルタイムコヒーレント復調器の開発が大きな課題となっている。

本研究開発では、機構で開発したデジタル PLL をベースとした所要計算量の少ないリアルタイムコヒーレント復調器の開発を行う。

3. 採択件数、研究開発期間及び予算

採択件数：1 件。

研究開発期間：契約締結日から平成 25 年度までの 3 年間。

予算：平成 23 年度は総額 60 百万円を上限とする。提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。なお、平成 24 年度以降は対前年度比で 6% 削減した金額を上限として提案を行うこと。

4. 研究開発の到達目標

局発光位相を入力信号に合わせるようにフィードバック制御するために、サンプリング回路、光 PLL システムを開発し、ボーレート 10Gbaud 以上の超高速光変調信号の復調動作を評価して、消費電力を含めた性能比較を確認する。以下の課題を通じ、本目標を達成する。

- 1) 超広帯域サンプリング回路の研究開発
- 2) 光 PLL システムの研究開発
- 3) 光 PLL を用いた光伝送技術の研究開発

尚、具体的な到達目標について、提案の際に定量的に記載すること。

1) 超広帯域サンプリング回路の研究開発

20Gbaud の信号をサンプルして、100Msps 以下のレートの出力を得るサンプリング回路の研究開発を行う。サンプリング回路は信号処理部と連携して動作するように制御されていること。

2) 光 PLL システムの研究開発

上記のサンプリング回路からの出力をもとにしてデジタル光 PLL システムを開発する。AD 変換部、信号処理部は 100Msps 以下の動作速度のものとする。信号処理部は 4 値位相変調に対応可能なものとする。

3) 光 PLL を用いた光伝送技術の研究開発

上記光 PLL システムを用いて、光伝送実験を擬似的に行い、本開発の効果を確認する。変調方式としては 4 値位相変調、変調速度は 10Gbaud 以上とする。また、高速化検討のために、分解の 1 ps 程度の光波形観測と上記デジタル PLL 復調器の動作を同時に行うための評価装置の開発を行う。

5. 研究開発の運営管理及び評価について

研究開発に当たっては、機構が自ら行っている高速信号の復調に関する研究（光ネットワーク研究所光通信基盤技術研究室）との連携を図るものとする。また、平成 25 年度に事後評価を行う。

6. 参考

既存のデジタルコヒーレント方式の復調部は、受信光信号と受信機側で生成した局発光とをミキシングしてベースバンド信号に変換したのち、超高速 AD 変換器にてデジタル値に変換する。局発光と受信光信号の光位相差を前記超高速 AD 変換器に縦続接続するデジタル信号処理（DSP）回路にて補正計算して、信号復調する。この方法ではデジタル信号処理にて上記補正以外にも様々な機能が実現できる反面、リアルタイムでの高い信号処理能力が要求され、大規模集積回路が必要となる。また、伝送速度は増大させるが全体の消費電力は下げていく大きな方向性の中、低消費電力かつ大規模演算回路の実現はハードルの高いものとなっている。

一方、上記局発光と受信光信号の光位相差は、デジタル信号処理を用いなくてもフ

ィードバック的手法で局発光の制御を行うことで補正することが可能である。すなわち、受信光信号と局発光とをミキシングした後の広帯域信号を低速サンプリングし、局発光の光周波数を適切に変えるような光 PLL システムを実現すればよい。通常、局発に用いる光源は半導体レーザーであり、その光位相の変化速度は 10KHz～10MHz 程度と低速である。したがって、前記サンプラのサンプリング速度はこの変化を PLL によってフィードバックできる速度でよく、既存のデジタルコヒーレントシステムに用いられる AD 変換器や DSP よりもずっと低速のものでよい。そのため位相を補正するための演算のための回路の消費電力を低減することができる。DSP での処理アルゴリズムは適用するフォーマットによって大きく異なるが、例えば、無線システムで用いられているコスタスループをベースとした手法をあげることができる。局発光の周波数、位相制御には光位相変調、光単側波帯変調などの技術の適用が可能である。

ただし、サンプリング回路の入力部分はデータ変調された超広帯域信号であり、その信号をサンプリングするサンプラ回路に要求される特性は、入力回路の超広帯域特性である。このために、高速のサンプリングダイオードなどを用いたサンプリング回路を実現する必要がある。