

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料
〔事後評価用〕

平成16年度採択分

平成21年 3月31日現在

研究課題名（和文）光フーリエ変換を用いた新しい超高速無歪み光伝送技術の確立

研究課題名（英文）Establishment of novel ultrahigh-speed distortion-free optical transmission technology using optical Fourier transformation

研究代表者

中沢 正隆（NAKAZAWA MASATAKA）

東北大学・電気通信研究所・教授



研究の概要：

本研究では時間領域光フーリエ変換法という新たな無歪み光伝送技術を確認し、この技術により 160~320 Gbit/s OTDM 信号の 500~1,000 km の長距離超高速伝送、ならびに 320 Gbit/s OTDM 信号の大容量 WDM 伝送を世界に先駆けて実現した。さらに、超高速光パラボラパルスの発生とそれを用いたパラボラ変調型の理想的な全光フーリエ変換に成功した。これらの成果は、時間領域光フーリエ変換法が超高速光伝送の長距離化とシステムマージンの拡大に極めて有効であることを明らかにしたもので、超高速光通信の実用化に大きく貢献するものである。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学 通信・ネットワーク工学

キーワード：時間領域光フーリエ変換、高速光伝送、光時分割多重、超短光パルス

1. 研究開始当初の背景

ブロードバンド回線が家庭にまで急速に普及するにつれて、快適なコミュニケーション環境を提供するユビキタスネットワークの実現が大変重要になってきている。超高速光通信技術はそのネットワークを支える中核技術である。将来予想される 160 Gbit/s 以上の高速伝送においては、信号パルスの時間幅が数ピコ秒以下と大変狭くなるため、光ファイバの波長分散だけでなく偏波分散ならびにそれらの時間変動が伝送特性に大きな影響を及ぼす。これらの歪みを個別に補償する様々な技術がこれまでに開発されてきたが、一つの装置で一括してこれらの多様な波形歪みを除去することは困難であった。

2. 研究の目的

本研究は、超高速光伝送において信号光パルスに生じる波形歪みを一括して除去する新たな光伝送の基盤技術の確立を目的とする。具体的には、時間領域光フーリエ変換 (OFT: Optical Fourier Transformation) という新しい方法により、光ファイバの伝搬特性に依存しないで情報を正確に伝送させる無歪み光伝送技術を実現する。

3. 研究の方法

本伝送方式における主要技術としてフーリエ変換限界パルス光源技術ならびに光フーリエ変換回路技術を確認し、伝送実験を通じて 160 Gbit/s 級の超高速伝送における OFT

法の有用性を実証する。さらに波長多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) と組み合わせて大容量無歪み伝送技術の実現を目指す。また、OFT の性能を向上させるために、理想的なパラボラ位相変調を実現可能な全光による OFT 技術を確認する。

4. 研究の主な成果

4.1 時間領域光フーリエ変換を用いた 160 Gbit/s OTDM 伝送

40 GHz ピコ秒パルス光源および光フーリエ変換装置を作製し、これらを 160 Gbit/s 超高速伝送実験に適用して OFT 法による長距離化と伝送距離の拡大を実証した。光の有る・無しに情報を乗せる OOK (On-Off Keying) 伝送においては、従来数百 km 程度であった伝送距離を OFT 法により 600 km まで拡大することに成功した。その実験系と OFT による波形歪み除去を図 1 に示す。伝送性能の劣化要因である分散スロープによる波形歪み (リップル) を OFT を用いて抑制することにより、600 km 伝送後も安定なエラーフリー伝送を実現した。さらに、OOK に比べて長距離化・高性能化が可能な DPSK (Differential Phase Shift Keying: 差動位相変調) 伝送に対しても OFT 技術が利用できることを明らかにし、160 Gbit/s-1,000 km の長距離超高速伝送に成功した。これは単一偏波 160 Gbit/s OTDM 信号の直線路伝送としては世界最長の伝送距離を実現したものである。さらに、JGNII 光

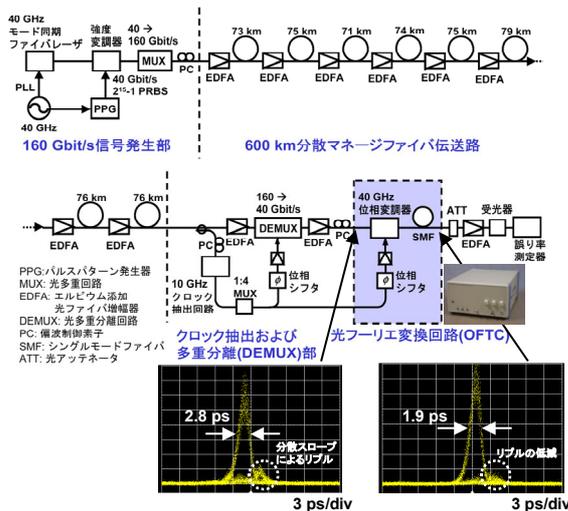


図1 OFTを用いた160 Gbit/s-600 km OTDM-OOK 伝送系および伝送後のパルス波形

テストベッド(つくば-大手町、往復200 km)を用いて160 Gbit/s 現場伝送実験を行ない、OFT 法による波形歪み除去効果を実環境下で実証している。

4.2 320 Gbit/s への高速化とWDMによる大容量化

本方式は伝送速度を高速化する程有効な方法であることが判ってきたため、次に伝送速度を320 Gbit/s に高速化し長距離伝送を試みた。その結果、OFT 法の適用により525 km の長距離伝送に世界で初めて成功した。その実験系と符号誤り率測定結果を図2に示す。OFT 法を用いない場合は、同図(a)に示すように、ファイバの偏波分散ならびにその時間変動により伝送後の符号誤り率特性に時間的なばらつきが生じ、伝送システムとしての性能を著しく低下させる。一方、OFT を用いた場合には、その原理により歪みの時間変動を大幅に抑えることができるため、同図(b)のように時間に対して安定な誤り率特性が得られ、全てのチャンネルで 10^{-9} 以下の誤り率を達成している。さらに320 Gbit/s の超高速大容量 WDM 伝送に世界で初めて成功し、320 Gbit/s \times 5波-525 km 伝送を達成した。OFT 法の適用により全チャンネルに対して1.3~2.1 dB という低いペナルティで 10^{-9} の誤り率が得られており、WDM にもOFT 法が有効であることを実証している。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

本研究ではOFT 法により160 Gbit/s-1,000 km ならびに320 Gbit/s-500 km という世界最高の伝送性能を達成した。さらに世界で初めて320 Gbit/s 信号の大容量 WDM 伝送に成功している。これらの成果は、OFT 法が超高速光伝送システムの長距離化・システムマージンの拡大に有効であり、160~320 Gbit/s の信

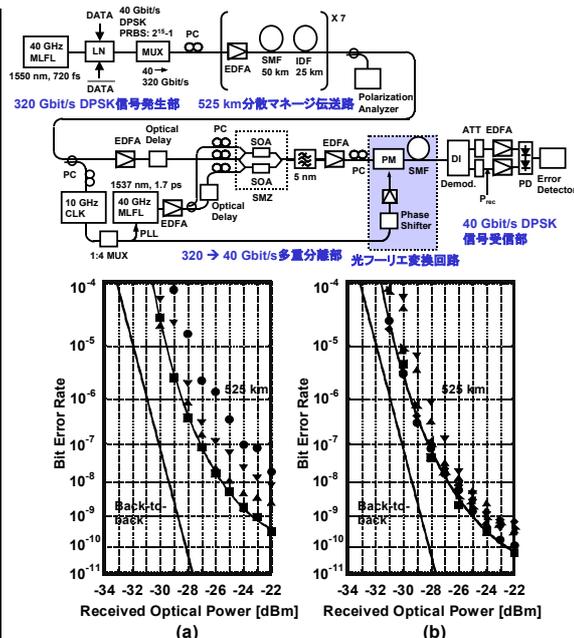


図2 OFTを用いた320 Gbit/s-525 km OTDM-DPSK 伝送系および525 km 伝送後の符号誤り率特性

号が実際に国内の主要都市を結ぶ基幹通信網を伝送可能であることを明らかにしたという意味で、超高速光通信システムの実用化に大きく貢献する成果である。

6. 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者は二重下線、連携研究者は一重下線)

- [1] **M. Nakazawa** and T. Hirooka, "Distortion-free optical transmission using time-domain optical Fourier transformation and transform-limited optical pulses," J. Opt. Soc. Am. B, vol. 22, pp. 1842-1855, September (2005).
- [2] T. Hirooka, M. Okazaki, and **M. Nakazawa**, "A straight-line 160-Gb/s DPSK transmission over 1000 km with time-domain optical Fourier transformation," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 20, pp. 1094-1096, July (2008).
- [3] T. Hirooka, M. Okazaki, P. Guan, and **M. Nakazawa**, "320-Gb/s single-polarization DPSK transmission over 525 km using time-domain optical Fourier transformation," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 20, pp. 1872-1874, November (2008).
- [4] M. Okazaki, P. Guan, T. Hirooka, **M. Nakazawa**, and T. Miyazaki, "160-Gb/s 200-km field transmission experiment with large PMD using a time-domain optical Fourier transformation technique," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 20, pp. 2192-2194, December (2008).

ホームページ等

<http://www.nakazawa.riec.tohoku.ac.jp>