

農工大鋸歯状光パルスを用いたパケット単位の波長変換

Wavelength conversion of optical packets using saw-tooth pulse

農工大院工, ○柏木 謙

Tokyo Univ. of Agri. and Tech. ○K. Kashiwagi

E-mail: kakash@cc.tuat.ac.jp

1. はじめに

急激に拡大する通信トラフィックの要求を満たすため、ネットワークノードの高速化が求められている。さらなる通信容量拡大のためには、ルーティングの全光化の必要性が増しており、波長多重した通信網では信号衝突を避けるために、パケット単位での波長変換が求められる。代表的な波長変換の方法としては四光波混合が挙げられるが、制御光の波長変更に時間を要する[1]。また、実効的な制御光の強度がブリルアン散乱で制限され、変換効率が低い。

我々は光パルスシンセサイザ(OPS)を用いて生成した鋸歯状パルスを生成し、そのパルスが誘起する相互位相変調(XPM)を利用して、全光型の波長変換について報告した[2]。本方式では、波長変換幅が制御光パルスの強度勾配に依存するため、強度変調のみで変換後の波長を高速に変更可能である。本稿では、本技術を用いてパケット単位での波長変換を行ったので報告する。

2. 鋸歯状光パルスによる波長変換の原理

光ファイバ中での XPM による位相変調量 ϕ_{XPM} は、

$$\phi_{\text{XPM}} = 2\gamma P(t)L \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 γ はファイバの非線形定数、 L はファイバ長、 $P(t)$ は制御光の強度波形である。光の角周波数は位相の時間微分のため、XPM による周波数変化は、

$$\Delta\omega = \frac{d\phi_{\text{XPM}}}{dt} = 2\gamma L \frac{dP(t)}{dt} \quad (2)$$

で表せる。周波数変化幅は、制御光波形の傾きに比例する。本研究の鋸歯状の制御光では、傾きが一定であるため、信号光スペクトルが拡散せずに中心周波数がシフトし、波長変換が実現できる。

3. 実験系

Fig. 1 に実験系を示す。単一周波数の光を 2 台の LN 位相変調器で位相変調して鋸歯状パルスの元となる 10 GHz 間隔の光周波数コムを発生し、光パルスシンセサイザ(チャンネル数 30, 周波数間隔 10 GHz)に入射した。光パルスシンセサイザはアレイ導波路、強度変調器、位相変調器からなり、入射光をアレイ導波路で周波数成分ごとに分離し、それぞれ独立に強度変調、位相変調をかけてパルスを合成する。強度変調は光スペクトラムアナライザで強度スペクトルを観測して変調を行い、位相は帯域 500 GHz の光サンプリングオシロスコープで時間波形を観測しながら、遺伝的アルゴリズムを用いて目標波形となるように位相スペクトルを最適化し、鋸歯状の制御光パルスを生成した。

信号光は制御光と同期した繰り返し周波数 10 GHz のパルスレーザからの光をパケット状に強度変調した。鋸歯状の制御光は高出力光ファイバ増幅器(EDFA)で増幅した後信号光と合波し、高非線形ファイバ(HNLF)へ入射し、波長変換を行った。HNLF からの出力光を波長可変フィルタで切り出して波長変換前後のパケットを観測した。

4. 実験結果

生成した鋸歯状パルス波形は、半値幅が 10 ps の傾きの比が 1:2 の非対称な三角波(立ち上がり, 立ち下がり時間が

各 6.7, 13.3 ps)とした。制御光の波長と平均パワーは 1542.3 nm と 25.25 dBm であり、信号光は 1555 nm, -9.56 dBm とした。信号光のパルス幅は 3 ps とした。HNLF の長さ、非線形定数、零分散波長はそれぞれ 310 m, 26 /W/km, 1557 nm であった。

2 種の 16 bit 長のパケットを 8bit 分(800 ps)のガードタイムを挿入して交互に生成した。HNLF 出力のスペクトルを Fig.2 に示す。制御光を入れることにより、2 種のパケットの内の片方が 3 nm 長波長側へ波長変換されたため、元の波長である 1555 nm の強度がそのパケット分の強度 3 dB 程度低下した。Fig. 3 はその波長変換前後での信号波形であり、交互に生成されている 2 種のパケットのうち 1 種のみ波長変換することができた。

5. まとめ

鋸歯状の強度波形を持つ制御光を用いて、HNLF 中での XPM による波長変換手法を用いて、パケット単位の波長変換を実現した。交互に生成した 16 bit 長の 2 種パケットの内の 1 種を、ガードタイム 800 ps で波長変換することに成功した。本研究は SCOPE 若手 ICT 研究者等育成型研究開発(122103012)の支援による。

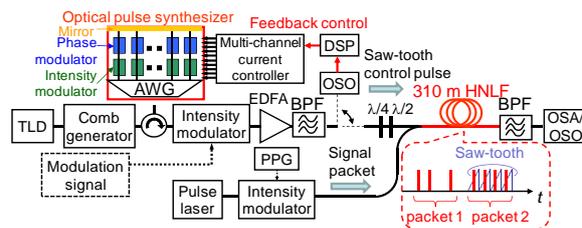


Fig. 1 Experimental setup

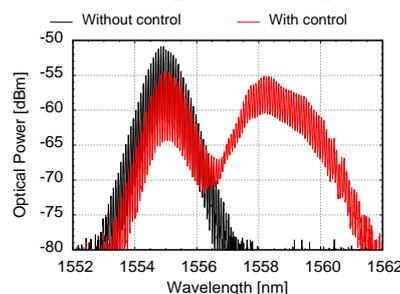


Fig. 2 HNLF output with and without control pulse.



Fig.3 (a) Signal waveform, (b) Converted signal waveform.

参考文献

- [1] K. Tanizawa, et al., Opt. Lett. 35(18), 3039, 2010.
 [2] 長谷川ら, 第 60 回応用物理学学会春季学術講演会, 29p-B3-2, 2013.