

Pound-Drever-Hall 法を用いた光ファイバの長さ変化測定

Optical fiber length change measurement using Pound-Drever-Hall technique

防衛大通信¹ ○上原 知幸¹, 辻 健一郎¹

National Defense Academy¹, °Tomoyuki Uehara¹, Kenichiro Tsuji¹

E-mail: uehara@nda.ac.jp

光ファイバ無線は従来の電波不感地帯へ無線信号を効率的に伝送する技術として期待されているが、光ファイバ長の変化が光位相揺らぎを発生させるため、ファイブドアレイアンテナのような位相を積極的に利用した応用では、光ファイバ長の能動的な制御が必要となる。我々はこれまでに光ファイバ無線における光ファイバ長の能動的な制御を目的として、光ファイバの光路長の変化を光ビート法により測定してきた¹⁾。しかし、本測定法は、光ビート信号の測定時に位相のサイクルスリップが発生することがあり、正確な光路長の変化を測定することができなかった。

本研究では、Pound-Drever-Hall 法²⁾を用いてレーザの周波数をファイバリング共振器の共振周波数に安定化し、レーザと共振器の間に挿入された光ファイバの長さ変化量を誤差信号から見積もる方法を提案する。実験系を図1に示す。レーザから出射された光は、位相変調器により位相変調され(変調周波数: 100 MHz、変調指数: 1.0 rad)、その後サーキュレータを介して被測定光ファイバに入射する。終端の鏡により反射されて被測定ファイバを往復伝搬した位相変調光は、ファイバリング共振器(共振器長: 1 m、フィネス: 5.6)で強度変調信号に変換された後、光検出器で強度変調信号として検出される。この際、強度変調光の一部は 20 dB カプラで分離して光パワーメータにより光強度を測定する。光検出器で検出された強度変調信号は変調信号で復調され、レーザの注入電流に負帰還制御して、レーザの周波数を一定の値に制御する。このときの誤差信号の変化から温度変化に起因する光ファイバの光路長変化を見積もる。

はじめに、誤差信号から光の位相シフト量を見積もるためにレーザの周波数を掃引し、ファイバリング共振器の透過光強度、及び誤差信号を測定した(図2, 3)。この測定結果から光波が1位相シフトした場合の誤差信号の位相弁別特性が1.09 rad/Vであることがわかった。図4に、被測定ファイバを収めた恒温槽の温度を40℃から39℃に変化させた際の、誤差信号の積分値の変化を示す。測定結果より、温度を変化させるとともに誤差信号の積分値が増加し、約300秒後に一定の値に収束することを確認した。このときの収束値から被測定ファイバの光路長変化は $36 \times 10^{-6} \text{ m/m/K}^{-1}$ と見積もられた。

1) 谷垣他, 信学技報, vol. 113, no. 204, MW2013-98, 59-64, 2013.

2) P. Drever 他, Applied Physics B. 31 (2): 97-105, 1983.

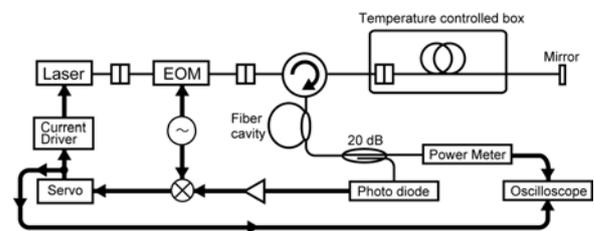


Fig.1 Experimental setup.

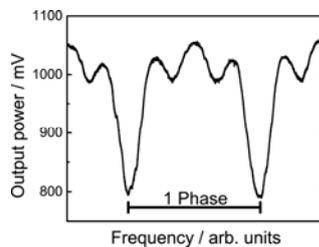


Fig.2 Transmitted signal.

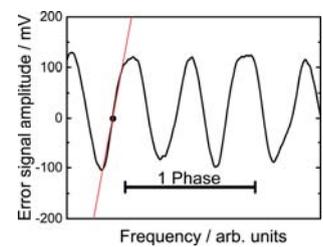


Fig.3 Error signal.

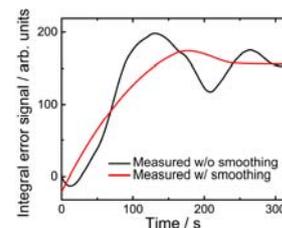


Fig.4 Integral error signal.