

測定の再定義

使用事例：研究機関

ID900 タイムコントローラを使用した 波長分散無依存フォトンカウンティング OTDR の設計



电子科技大学
University of Electronic Science and Technology of China

顧客名 情報量子研究所 (InQuLabs)

中国電子科学技術大学 (UESTC)

研究分野 量子理工学・工学

国・地域 中国

Customer need



飽和することなく、
非常に高いカウントレート
で単一光子を検出

Solution



ID900-Master Time
Controller は、100ps の
タイミング分解能で
1チャンネルあたり
最大100cps で検出可能

Results



長距離ファイバリンク用の
波長分散無依存フォトン
カウンティング OTDR
(PC-OTDR) の実証に成功

お客様のニーズ

InQuLabs は、最先端の量子情報科学と技術に特化した実験室です。InQuLabs の単一光子検出と分散センシンググループは、実世界の問題を解決するためにシングルフォトン検出に焦点を当て、光センサー、測定、計量学のための高度な技術を開発しています。

InQuLabs の Single-Photon Detection and Distributed Sensing グループによって行われている重要なテーマの一つは、高性能短パルスレーザーの必要性をなくし、長距離のファイバリンクに沿って空間分解能を変えずに維持して、ファイバ分散効果に影響されない PC-OTDR (Photon Counting OTDR) システムを開発することです。

シングルフォトン検出 (SPD) 技術の発展に伴い、SPD 技術を用いた PC-OTDR は、空間分解能が高く、ダイナミックレンジが広いことから注目を集めています。現在、PC-OTDR の空間分解能はレーザーのパルス幅に直接関係しているため、高い空間分解能を得るために短いパルスが必要とされています。

しかし、短いレーザーパルスはスペクトル帯域幅が広いいため、ファイバの分散によりパルス幅が広がり、特に長距離のファイバリンクの測定の場合には、空間分解能の低下は避けられません。

ファイバ損失プロファイルとして知られるPC-OTDRトレースを得るためには、レーザーパルスの発射からレイリー後方散乱光子の検出、またはフレネル反射光子の検出までの時間遅延を高い時間精度で記録する必要があります。さらに、シングルフォトン数を飽和することなく非常に高いレートで正確に測定する必要があります。最近、従来のOTDR技術に対する新しいアプローチ、いわゆる無限後方散乱技術[1]が提案され、空間分解能の性能を向上させるために、シングルフォトン検出と高速TDCベースのカウントを使用してさらに改良されました。最終的な目的は、分散感応性のない長距離PC-OTDR測定を実現することです[2]。

解決策

同研究所は、IDQのID900タイムコントローラを使用してシングルフォトン検出を行うことを選択しました。ID900は、高速モードで100psの時間分解能、チャンネルあたり100 Mcpsの検出が可能、など市場で入手可能な最高のカウントレート能力を持っているからです。さらに、各入力チャンネルは内部で調整可能なタイミングオフセットを持ち、時間ビンの最大数は16,384で、異なる時間スパンでの入力信号の記録を容易にします。

ID Quantiqueは、非常に直感的で信頼性の高いGUI（グラフィカルユーザーインターフェース）を開発しました。

ID900タイムコントローラの他のデバイスに対する主な利点は、その非常に高いカウントレート能力と、ユーザーフレンドリーなGUIと豊富なデータファイル保存機能にあります。

結果

45km以上の長さの被試験ファイバ（FUT）を測定するために、約30nmのスペクトル幅を持つEDFAを使用しました。ID900タイムコントローラの時間ビン幅を40nsに設定し、EDFAの出力光を周期1.0ms、パルス幅80.0nsのパルスに変調しました。ここでの仮定は、時間ビン幅がパルスエッジよりも小さい場合、空間分解能は、この原理実証では、主にプローブパルスの立ち上がりエッジと立ち下がりエッジによって決定されるということです。空間分解能の、距離に応じた変化とファイバ分散による低下の可能性を測定するために、FUTは、それぞれ50m、10m、25km、20km、10m、50mの長さのコネクタを介して接続された6本のSMFで構成されています。

図1に示すように、ID900タイムコントローラの出力に従った同じデータセットでは、N（Nは正の整数であり、後方散乱光子数を計算するために使用される時間ビンのインデックス間の間隔を表す）の値を増加（減少）させることにより、高いダイナミックレンジ（空間分解能）を有するPC-OTDRを達成することができます。

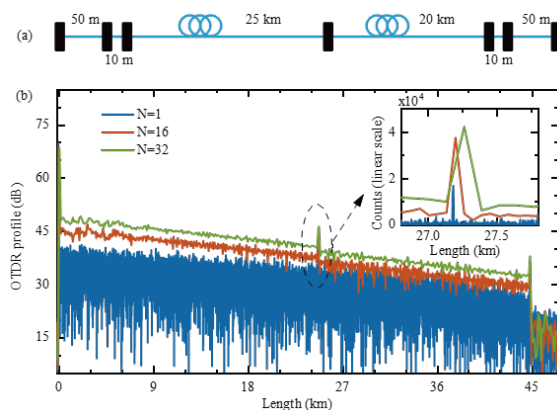


Figure 1. OTDR traces for the FUT of more than 45 km fiber.

(a) The connection structure of the FUT.
(b) OTDR traces with different dynamic range (main figure) and spatial resolution (inset) for various resolution configurations

Dispersion independent long-haul photon counting optical time-domain reflectometry. *Opt. Lett.* 45(9), (2020)

<https://doi.org/10.1364/OL.391394>

PC-OTDR スキームがファイバ分散特性に依存しないことを示すために、図2に示すように、FUTの前端部と後端部で10m SMFを2つ接続した場合に生じる反射イベントを確認しました。

図2 (a) 及び (b) (前端部及び後端部の両方のカウント/時間ビンインデックス分布を示す) は、我々のPC-OTDRスキームを使用しても、FUTに沿って空間分解能が変化しないことを明確に示しています (示されている例では8.18m)。

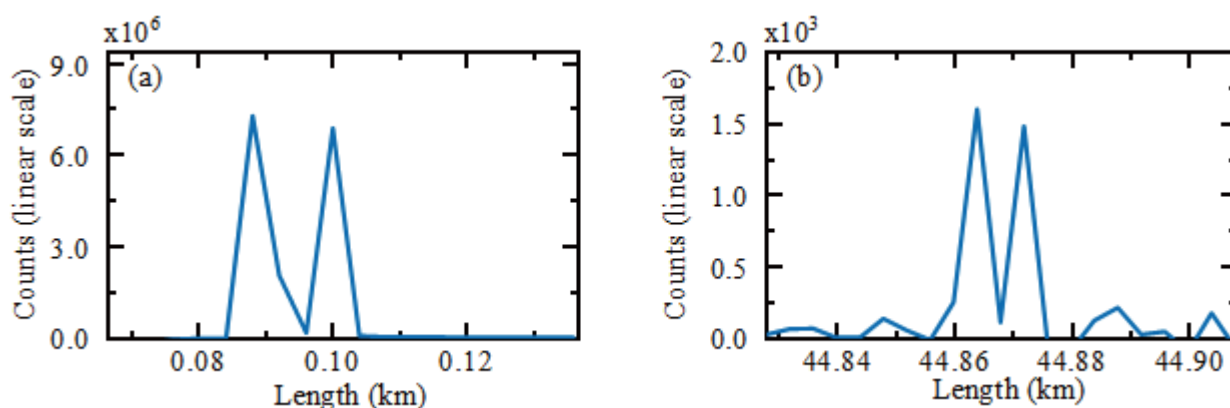


Figure 2. Reflective events caused by two pieces of 10 m SMF at both ends of a 45 km long FUT (arxiv : 1910.13040 Dispersion independent long-haul photon counting OTDR)

この実験では、ID900 タイムコントローラはヒストグラムモードで動作するため、時間ビンの最大数の制限により、長い FUT の増加に伴い、時間ビン幅が大きくなるはずですが、しかし、タイムタギングモードを使用することで、測定精度を大幅に向上させることができます。ID900のタイムスタンプモードでは、タイムチャンネル数に関係なく、100psという高い時間分解能でシングルフォトンカウントを記録することができます。

“ ID Quantique 社の ID900 タイムコントローラを1年以上前から使用しています。これは私たちのフォトンカウンティング実験をより効率的にし、実験結果を大幅に改善してくれます。また、その豊富な機能は InQuLabs の他のグループのニーズにも対応しており、マルチ入力とマルチ出力の設計により、異なるグループで同時に使用することができます。さらに重要なことに、ID Quantique はタイムリーな技術サポートを提供し、デバイスのパフォーマンスを向上させるための継続的なファームウェアアップデートを提供しています ”

ビン・リー博士
中国電子科学技術大学

[1] D. Devicharan, T. Zahnley, S. Dahl, A. Gurusami, and I. McClean, “Low optical power embedded OTDR,” in Optical Fiber Communication Conference, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2015), W4D.4.

[2] Dispersion independent long-haul photoncounting optical time-domain reflectometry. Opt. Lett. 45(9), (2020)
<https://doi.org/10.1364/OL.391394>

免責事項：本書に記載されている情報や仕様は、ID Quantique によって予告なく変更されることがあります。
Copyright© 2020 ID Quantique SA - All rights reserved - InQuLabs

Ver.1.0_2005

