

# 強度変調/直接検波量子鍵配送方式に対する自然ラマン散乱の影響 Effect of Spontaneous Raman Scattering on Intensity Modulation and Direct Detection Quantum Key Distribution

○ 前田 智、井上 恭 (阪大工)

○ Satoshi Maeda, Kyo Inoue (Osaka Univ.)

E-mail: maeda@procyon.comm.eng.osaka-u.ac.jp

[はじめに]

単一光子を用いた QKD(量子鍵配送) は、ラマン散乱光のため通常の光通信系の信号光との WDM(波長分割多重) 伝送が困難とされている。我々は以前、通常の光通信に用いるパワーレベルの信号光を用いた QKD である、IM/DD-QKD(強度変調/直接検波量子鍵配送) を提案した [1]。この方式は、量子信号光パワーが大きいため、ラマン散乱光の影響が微小なことが期待される。QKD 信号を通常の光通信信号光と WDM 伝送できれば、QKD システムの適用性が大きく広がる。そこで本研究では、通常 WDM 伝送光からの自然ラマン散乱光が IM/DD-QKD システムに与える影響について検討した。

[自然ラマン散乱光]

QKD チャンネルに主に影響を及ぼすのは、QKD 光と自然ラマン散乱光の干渉揺らぎである。QKD チャンネルに入り込む自然ラマン散乱光パワーは、次式で表される [2]。

$$P_{S_{PRS}} = \frac{\eta_r(\Delta\lambda)P_{Cch}}{2\alpha} \{1 - \exp(-2\alpha L)\} \times \Delta\lambda_f \times \Gamma_{L_d} \quad (1)$$

$P_{Cch}$  は通常信号送信光パワー、 $\alpha$  はファイバ損失係数、 $L$  は伝送距離、 $\Gamma_{L_d}$ 、 $\Delta\lambda_f$  は、それぞれ QKD 光を取り出すフィルタの損失と帯域幅である。また、 $\eta_r(\Delta\lambda)$  はラマン効率を表し、本論文では実験的に得られた値を用いた。自然ラマン散乱光と QKD チャンネル光との干渉によって生じる受信信号揺らぎの分散は、次式で表される。

$$\sigma_{q_{ch}-S_{PRS}}^2 = B \times 2 \times P_{Q_{ch}} \times P_{S_{PRS}} \times \eta^2 \quad (2)$$

$B$  は受信帯域幅、 $P_{Q_{ch}}$  は QKD チャンネル受信光パワー、 $\eta$  は光受信器量子効率である。

[シミュレーション]

上式を用いて自然ラマン散乱光の影響をシミュレートした。QKD チャンネルは、自然ラマ

ン散乱光の影響が小さい短波長側に配置した。通常光として波長 0.8nm 間隔の 43ch-WDM を想定し、QKD チャンネル/通常チャンネルともに送信光パワーは 2mW として、様々なフィルタ損失/帯域幅について、式 (2) で表される受信信号揺らぎが加わった場合の QKD のシステム性能を評価した。図 1 にフィルタ損失 0dB のときの最終鍵生成率対伝送距離を、図 2 に伝送距離のフィルタ損失/帯域幅依存性を示す。通常光と WDM 伝送した場合の伝送距離は、QKD 単独システムより 10%短くなる程度であり、十分伝送可能であることが示されている。

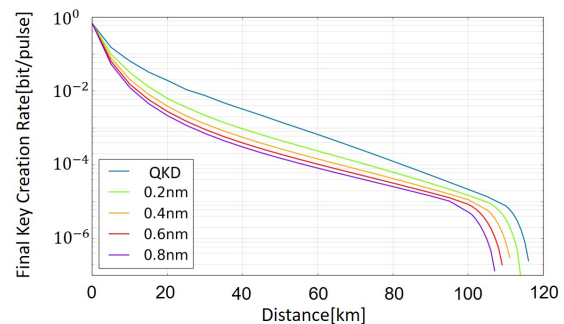


図 1:最終鍵生成率と伝送距離の関係

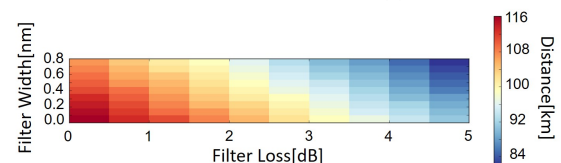


図 2:伝送距離のフィルタ損失/帯域幅依存性

[まとめ]

IM/DD-QKD 光と通常光通信信号光を WDM 伝送が可能であることを示した。

[1] T. Ikuta and K. Inoue, "Intensity modulation and direct detection quantum key distribution based on quantum noise", New J.Phys.,18(2016)013018

[2] H. Kawahara, A. Medhipur, and K. Inoue, "Effect of spontaneous Raman scattering on quantum channel wavelength-multiplexed with classical channel", Opt.Comm.284(2011) pp.691-696