

量子鍵配送システムとそれを実現するフォトニクス技術 Quantum key distribution system and photonics technology

日本電気株式会社スマートエネルギー研究所

南部 芳弘

NEC Corporation, Smart Energy Research Laboratories, Yoshihiro Nambu

E-mail: y-nambu@ah.jp.nec.com

量子鍵配送技術は、盗聴者の利用しうる技術に依存せず安全な秘密鍵を正規利用者間で生成可能とする技術であり、セキュリティ意識の高まりに伴って各国で精力的に開発が進められている。その安全性は量子力学と統計理論により理論的に証明可能であり、量子情報技術の最もシンプルかつ具体的成果であると評価されている。この技術を将来の社会インフラ基盤技術として確立していくためには、量子鍵配送システムの信頼性、保守性、耐故障性の向上や、既存ネットワークインフラ基盤との融合を進めていくことが重要と思われる。

近年、様々な最新フォトニクス技術を活用することにより、Gbit/sec 帯域の光子伝送を基盤とした量子鍵配送リンクを現実の光ファイバー網上に長期間にわたって安定に構築することが可能になり、量子鍵配送は実用段階に近づきつつある。特に、日本では NICT を中心とした国家プロジェクトの下で、高速量子暗号鍵配送システム開発の国際的アドバンテージを獲得している[1]。

本講演では、このような高速量子鍵配送システムを実現する鍵となったフォトニクス技術をいくつか取り上げ、紹介したい。我々は、信頼性、保守性、耐故障性の観点から、システムに必要な光学干渉系を固体化することが有効であると考え、早くから平面光回路 (PLC) を用いた量子エンコーダーやデコーダーの開発に力を注いできた。当初光学ロスなどの点で不利かと思われたが、伝送路による偏波擾乱フリーの量子鍵伝送を可能とする PLC ベースの量子鍵配送システムの開発に成功した[2]。Gbit/sec 帯域の光子伝送を可能とするためには、同帯域で光子検出を可能とする光子検出器の開発が重要であったが、アバランシェフォトダイオードを用いることにより、安定かつ精密に高速光子検出を行うことに成功した[3]。システム構築に必要な送受信装置間の時間同期については、同期信号光の波長多重伝送により鍵生成に干渉フリーの時間同期に成功した[3]。高速鍵配送のためには、波長多重による量子鍵の多重伝送も有効である[4,5]。また、安全性の保証のためには、理論的に保証された基準での安全鍵抽出処理の実装も重要である[4]。NEC と NICT は、これらの諸機能を実装した量子鍵配送システムを用いて 1 ヶ月に渡るフィールドテストを行い、期間にわたる平均量子ビットエラーレート~1.7%の優れた値を得た[6]。講演に於いては、通信波長帯量子ドット単一光子光源を用いた量子鍵配送の取り組みについても紹介したい。

[1]. M. Sasaki et al., Opt. Express **19**, 10387 (2011). [2]. Y. Nambu, K. Yoshino, and A. Tomita, J. Mod. Optics **55**, 1953 (2008). [3]. Y. Nambu et al., Opt. Express **19**, 20531 (2011). [4]. A. Tanaka et al., IEEE J. Quantum Electron. **48**, 542–550 (2012). [5] K. Yoshino et al., Opt. Lett. **37**, 223 (2012). [6]. K. Yoshino et al., Opt. Express **21**, 31395 (2013).