

量子中継を用いた量子暗号伝送速度を1000倍に高速化

平成 18 年 6 月 19 日

国立情報学研究所

(要点)

国立情報学研究所（所長：坂内正夫（さかうち まさお）以下、NII）の量子情報科学グループは、英国ヒューレットパッカード研究所およびスタンフォード大学と共同で、量子中継を用いた量子暗号システムにおいて、従来の量子中継の方法に比べて伝送速度が約1000倍速くなる新方式を提案しました。この成果は、6月21日刊行の米国の著名な物理学誌 Physical Review Letters に掲載される予定です。

新方式の技術的なポイントは、光で量子中継点をつなぐ量子中継システムにおいて、コヒーレント光と原子を用いて効率良く量子もつれ状態を生成することによって、「量子操作の困難さ」の桁違いな改善を達成したことです。新方式の実用化によって、量子暗号網を構築することが可能となり、量子暗号の普及による個人情報の盗難防止などにも威力を発揮することが期待されています。

(背景)

これまでの光ファイバーを用いた量子暗号システムの最大回線長は50キロから150キロメートル程度で、数百キロ程度までが限界と推定されています。この限界を超えて超長距離量子暗号システムを光ファイバー伝送方式として実現するためには、量子中継という技術を用いざるを得ないことが知られています。従来の量子中継システムには、大きく分けて光のみを用いる方法と、光を中継点間の伝達のみを用いる方法が提案されています。前者は、量子もつれ光子対を発生させ、中継点でベル測定を行うことで量子もつれを中継する方法ですが、成功確率が回線長と共に指数関数的に減少するため長距離化は困難であることが指摘されています。一方、光を中継点間の伝達のみを用いる方法で代表的なものは、原子をポンプ光パルスで励起し、散乱された単一光子を中間点で検出することで生成した量子もつれ状態を用いる方式です。このような方式では成功確率の指数関数的減少は回避できるものの、量子もつれ状態の生成の成功確率が低いなど実用には困難が伴うと考えられています。

(研究成果・開発概要)

今回開発されたのは光を中継点間のみを用いる方法の一種で、コヒーレント光とマイクロキャビティに閉じ込めた原子を使う方法です。今回の提案は、従来の方法と比べて、中継点間の量子もつれ状態の生成レートと、中継点で行う量子操作の速さの2点で大きく異

URL:<http://www.nii.ac.jp/>

National Institute of Informatics

なります。中継点間に十数個の量子ビットを用意し、この間をコヒーレント光で結んで量子もつれ状態を確実に生成します。ファイバー中の損失やスワッピングの影響で質が落ちた量子もつれ状態を高品質化するために純粋化を施しますが、この際の量子操作も同じような原理を用いるので高速で処理できます。これにより、従来の問題点であった低い量子もつれ状態生成確率は約 100 倍に高速化し、中継点での量子操作も高速で行うことができるので、1280km 間での高品位な量子もつれ状態（99%）の生成レートで比較すると、システム全体では、概算で 1000 倍程高速化が可能になります。

□ 用語解説

量子暗号： 量子力学的な重ね合わせや絡み合いの状態を用いた新しい暗号技術。量子特有の性質をうまく利用することで、原理的に盗聴不可能な安全性の高い暗号技術が可能になる。

量子中継： 長距離で量子暗号を用いる際に不可欠と考えられている技術。中継点で、量子性を壊さないようにしながら、量子もつれ状態の距離を徐々に長くすることで、長距離間での量子暗号を可能にする。

スワッピング： 2組の量子もつれ状態をつなげて、1組の量子もつれ状態を作っていく操作。これを繰り返すことにより、もつれている2つの量子ビット間の距離を伸ばしていくことができる。

□ 原論文

“Hybrid Quantum Repeater with bright coherent light”

P. van Loock, T. D. Ladd, K. Sanaka, F. Yamaguchi, K. Nemoto, W. J. Munro, and Y. Yamamoto (Phys. Rev. Lett.)

□ 本件問合せ先

NIIQIS グループ <http://qis.ex.nii.ac.jp>

根本 香絵 (ねもと かえ)

山本 喜久 (やまもと よしひさ)

国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系

取材窓口／その他問合せ

国立情報学研究所 (NII: エヌアイアイ)

国際・研究協力部 広報普及課 企画・広報係 担当：小野・早川

〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2 (学術総合センター 18階)

TEL: 03-4212-2135 (直通) FAX: 03-4212-2150

e-mail: kouhou@nii.ac.jp

WEB: <http://www.nii.ac.jp/>