

1. 研究課題・実施機関・研究開発期間

- ◆課題名 : 量子もつれ中継技術の研究開発
- ◆個別課題名 : 課題ア 量子もつれ中継システムの設計・評価理論
- ◆副題 : 量子中継ネットワークシステム設計とデバイスの技術仕様
- ◆実施機関 : 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所
- ◆研究開発期間 : 平成23年度から平成27年度(5年間)

2. 研究開発の目標

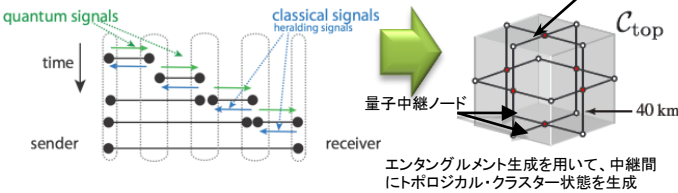
日本全土をカバーする回線長50kmから3000kmまでの量子通信ネットワークの実現を目指した、段階的な実装を可能にする量子中継システムのアーキテクチャの構築と実装プロトタイプ提案。量子中継システムに要請されるデバイスの技術仕様と、設計指針の明確化。量子中継システムの評価理論の構築とシミュレータの開発

3. 研究開発の成果

①量子通信システム技術

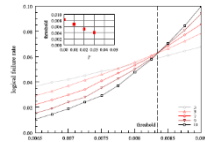
量子メモリー・ベース量子中継システム

段階的な開発が可能量子中継システムの基本形

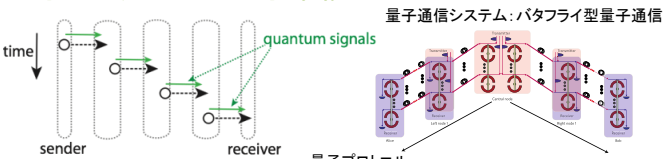


誤り耐性のある量子通信が可能に

エンタングルメント配信により、トポジカル誤り訂正符号が実装可能になり、誤り耐性を持った量子通信が可能となる。古典通信を操作することで、情報処理と通信をシームレスに融合。



量子メモリー・レス量子中継システム



長時間メモリーを必要としない量子中継が可能に (量子メモリーからくる限界を突破することに成功)

②量子中継ノード技術

量子中継のエンタングルメント配信とゲート操作のための機能

基本形:

エンタングルメント配信: 光子量子インターフェースと量子メモリー
ゲート: エンタングルメント配信による測定ベース・ゲート



Bellペア源の導入による拡張

- 配信効率の向上
- 異なる技術に基づくシステム間の融合性の向上

量子通信アプリケーション:

エンタングルメントに基づく2体ユニタリ操作の実装と量子暗号 (量子位置検証) への応用

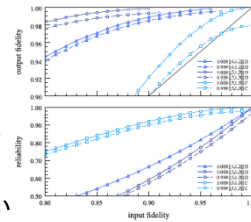
量子中継のための量子プロトコル

純粋化プロトコル

- 量子誤り訂正符号を誤り判定モードを量子中継の純粋化へ応用
- トポジカル符号を量子通信へ応用
- 光損失の為のリダンダンシー符号化の導入・開発

技術レベルに応じた段階的な効率の良い純粋化に役立つ

限定されたリソースで可能となるシステムの構築が可能に



様々な量子誤り訂正符号で誤り判定モードと誤り訂正モードを用いて純粋化を行った場合の比較

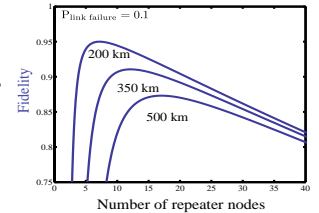
③量子中継システム評価

線形量子中継システムの評価

初期の量子中継モデルとなる最小リソースの線形量子中継システムについての評価

通信距離をそれぞれ200km、350km、500kmとした場合のシステム性能についての評価:

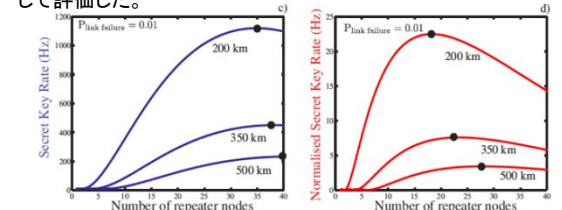
- それぞれの通信距離に対してエンタングルメント忠誠度のノード数依存性を示す。
- ノード数が極端に少ない領域では、量子中継によるゲインが明確に示された。



量子中継システムの統合的評価

量子中継システムの性能評価

従来は生成レートで比較してきたが、量子通信には、生成レートの他にエンタングル対の忠実度も重要な要素である。これを統合して評価した。



生成レートと忠実度を安全鍵レート(エントロピー尺度)で統合的に評価する。右図はリソース(全量子デバイス数)で標準化したもの。

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
量子もつれ中継技術の 研究開発	0 (0)	0 (0)	12 (2)	45 (7)	6 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は資料作成時点での累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 研究成果発表会等の開催について

- NII湘南会議を開催(共催:NTT) Quantum Information Devices
- 2011年11月5～9日、湘南国際村センター

(2) 国際会議ICQIT(2013)とQCrypt(2015)を開催

- The International Conference on Quantum Information and Technology (ICQIT) 2013を開催(協賛:NICT)
- 2013年1月16日～18日、国立情報学研究所12階会議室
- 会合概要:情報通信研究機構で平成24年10月16日(火)～10月19日(金)の4日間にわたって開催された「量子ICTフォーラム」と連動して行った国際シンポジウム。量子ICTフォーラムでは量子暗号ネットワーク(Tokyo QKD Network)から量子通信までを中心に、国内の最新研究成果に主軸を置く一方、国際シンポジウムでは海外からの招へい者を交えて、量子情報処理に関連する重要なテーマをより広く議論する場とした。
- 国際会議QCrypt(2015)を2015年9月28日から10月2日にかけて、学術センターでNICTと共催した。国内外から量子暗号をはじめ、広く量子通信技術の最新の成果が集まり、該当分野のトップコンファランスとして注目を集めた。