

平成25年度「セキュアフォトニックネットワーク技術の研究開発」

課題ア 量子鍵配送ネットワーク制御技術

安全な通信網の構築に向けた量子鍵配送技術

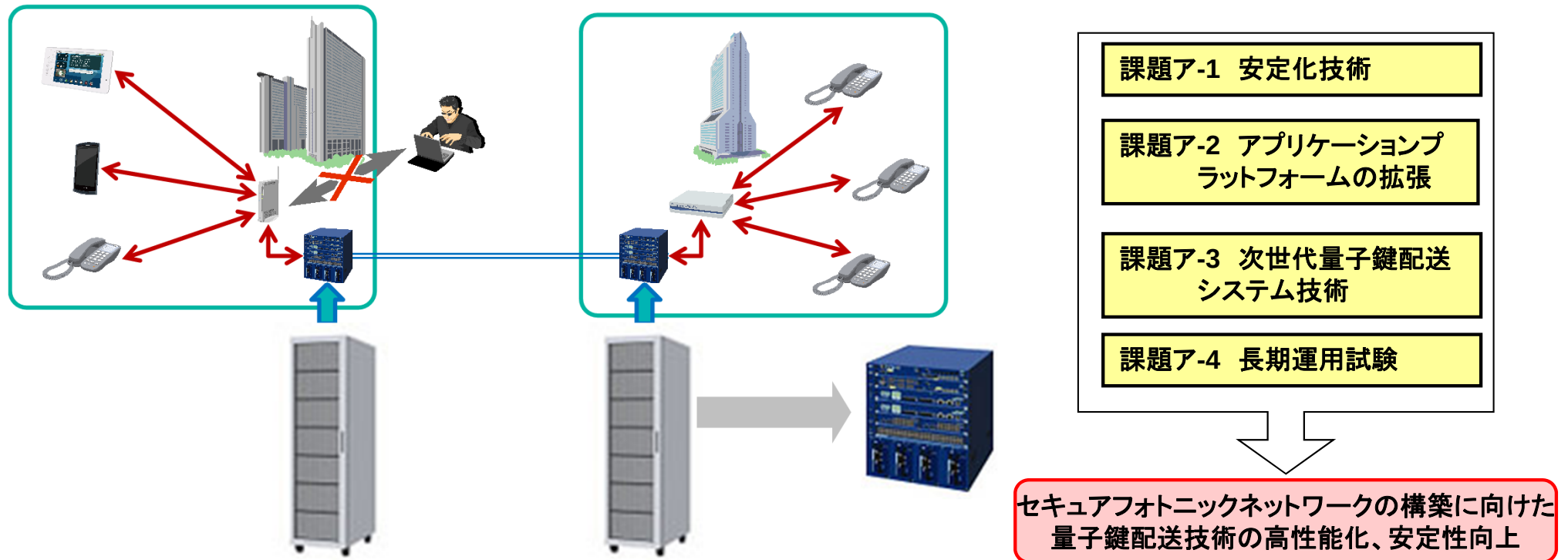
1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- 実施機関 日本電気株式会社(幹事者)
- 研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- 研究開発費 総額 441百万円(平成25年度88百万円)

2. 研究開発の目標

研究開発課題全体の目標としては、物理的安全性が理論的に保証された量子鍵配送技術をベースとして50km圏内の都市圏ファイバネットワーク上に量子鍵配送ネットワークを構築し、500kbps以上の速度で半年以上にわたって鍵を生成し続け長期運転実績を積みむと共に信頼性の確立を行う。そのため、量子鍵配送ネットワーク制御技術を実現する要件より課題ア「(1)安定化技術 (2)アプリケーションプラットフォームの拡張 (3)次世代量子鍵配送システム技術 (4)長期運用試験」の4つの技術課題を抽出し、研究開発を遂行する。

前年度は、安定・小型量子鍵配送装置の設計および試作を行った。また、前年度の設計に基づいて暗号鍵生成状況監視システムを開発し、量子鍵配送装置との連携試験まで完了した。これを基に平成25年度は、量子鍵配送装置の小型化、安定化試作を完了し、暗号鍵生成状況監視システムとの連動、課題(エ)セキュアフォトニックネットワークアーキテクチャとの連携等の長期運転フェーズへの移行準備を完了する。

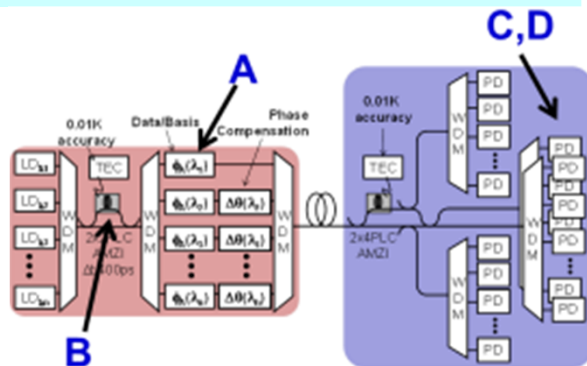


3. 研究開発の成果

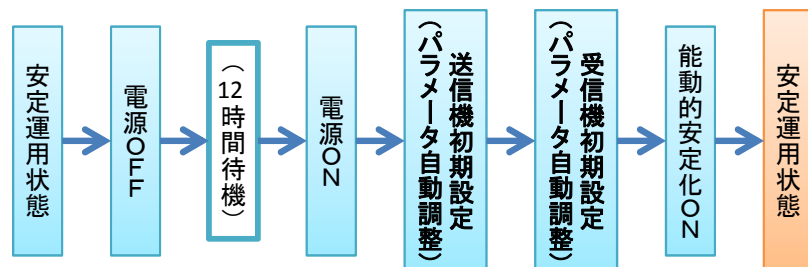
課題ア-1 安定化技術

各種パラメータの自動調整機能

- A) 変調器のバイアス電圧
- B) PLC干渉計の温度
- C) 検出器のゲートパルス位相
- D) 検出器のデータ遅延補正量



システム起動試験



研究開発成果: 安定化技術

【課題】

量子鍵配送システムを長時間にわたって運用する場合には各種パラメータの能動的安定化制御が必要でありH24年度にはその開発を行ったが、パラメータの初期値が最適値にある程度近い値となっている必要がある。H25年度はシステム立ち上げ時の各種パラメータ調整を自動的に行う自動調整機能を追加し、立ち上げから安定運用までを所定のルーチンで実行可能とする。

【成果】

パラメータ自動調整機能の追加

- ・システム立ち上げ直後の状態から下記の各種パラメータの最適値を探索する手順について検討し、自動で最適値に調整するソフトウェアを開発・実装した。
 - ・符号化用変調器のバイアス電圧
 - ・PLC干渉計の温度
 - ・検出器のゲートパルス位相
 - ・検出器の出力データ遅延補正量

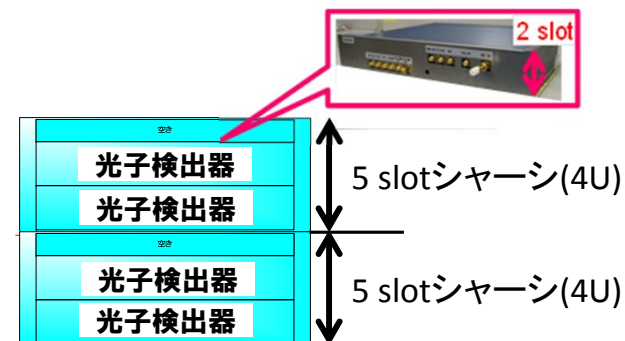
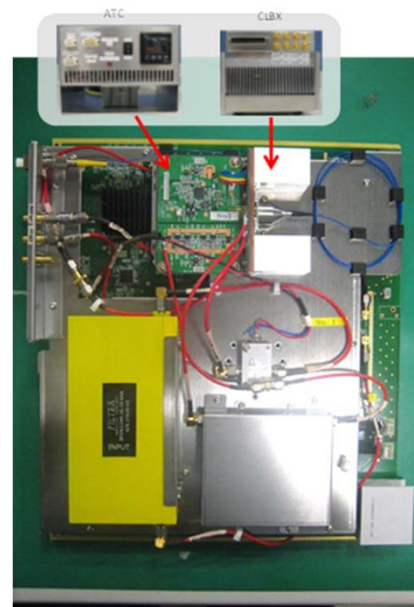
システム起動試験

- ・前述のパラメータ自動調整機能を用い、システム立ち上げから安定運用までを煩雑なパラメータ調整作業を含まず所定のコマンド操作のみで実行する試験を行った。システム停止から12時間以上の間隔があった場合にも正常に起動できることを実証した。

課題ア-3 次世代量子鍵配送システム技術

一体型光子検出器

- ・APD冷却用筐体や温度コントローラー、電源などの外部機器を検出回路と一体化
- ・ATCAシャーシに收容可能(2スロット幅)
- ・体積、消費電力ともに従来の1/3以下
- ・安定性、可用性、操作性が大幅に向上



研究開発成果: 次世代量子鍵配送システム技術

【課題】

波長多重量子鍵配送装置では光子検出器の必要数が波長数に比例して増大するため、光子検出器の小型化が課題であった。冷却機構を内蔵した受光素子(APD)を使用することにより冷却機構と検出回路を一体化し、H24年度試作の小型光子検出器をより一層小型化した一体型検出器の試作・評価を行う。

【成果】

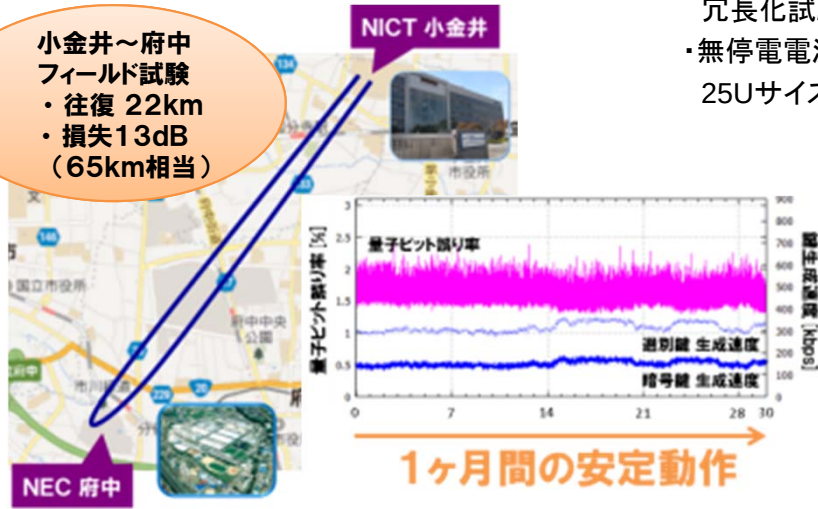
一体型光子検出器の試作および評価

- ・H24年度に試作した光子検出器は受光素子であるAPDを冷却するための冷却機構と、信号処理のための検出回路とが別々の筐体に分けられていたが、小型の冷却機構を内蔵したAPDを検出回路に組み込み1つの筐体とした光子検出器の設計・試作を行った。
- ・試作した一体型光子検出器を量子鍵配送システムに組み込み、従来の光子検出器と同等の良好な特性を、再現性よく得ることができた。
- ・これにより光子検出器は体積、消費電力ともに1/3以下に小型化された。さらに、光子検出器を構成する冷却器や電源などの外部装置は全てATCAシャーシに収納され、安定性・可用性・操作性が大幅に向上した。

課題ア-4 長期運用試験

光ネットワークテストベッド上での 量子鍵配送システム連続運転

小金井～府中
フィールド試験
・往復 22km
・損失13dB
(65km相当)



コンパクトなデモシステムの構築

- ・潜在ユーザーへのデモンストレーションや冗長化試験に使用
- ・無停電電源装置(UPS)も含めて25Uサイズのラックに収容可能

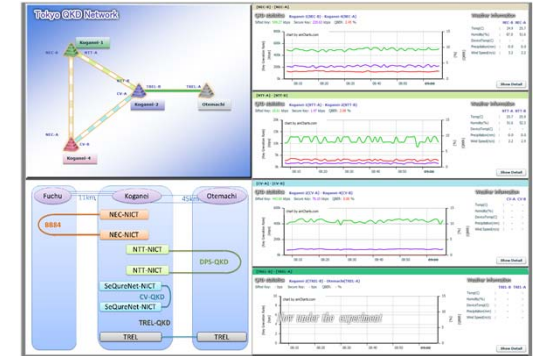
量子鍵配送装置



無停電電源装置(UPS)



暗号鍵生成状況監視システム



NEC

NTT

SeQureNet

東芝

- ・東京QKDネットワーク上の全リンクを収容
- ・鍵蓄積量もリアルタイムに監視可能とすることにより、アプリケーションの使用可否を容易に判断可能

研究開発成果:長期運用試験

【課題】

量子鍵配送の信頼性を確立するためには、実運用に近い環境で長時間にわたる特性評価試験を行う必要がある。H23年度に敷設ファイバ網に設置した量子鍵配送システムを用いて一週間程度の連続運転を行うと共に、H23年度に試作した公開用基盤ソフトウェアにより暗号鍵生成状況監視システムを構築して量子鍵配送システムとの連携試験を行う。

【成果】

光ネットワークテストベッド上での量子鍵配送システム連続運転

- ・H24年度までに開発した能動的安定化ソフトウェアを導入した2チャンネルの波長多重システムによる、NICT小金井～NEC府中事業場間の光ファイバ(往復22km)を用いたフィールド試験を行った。その結果、1ヶ月にわたって誤り率3%以下の長期間連続安定運転を達成した。

コンパクトなデモシステムの構築

- ・潜在ユーザーへのデモンストレーションや複数の量子鍵配送装置による冗長化試験を行うため、1チャンネルに限定したコンパクトなデモシステムを構築し、既存システムと同等の特性を得た。

暗号鍵生成状況監視システム

- ・H24年度に開発した鍵生成状況監視システムに監視対象の量子鍵配送リンクを追加し、東京QKDネットワーク上に組み込まれている全てのリンクをリアルタイムに監視可能とした。
- ・鍵生成速度や誤り率だけでなく、暗号鍵の蓄積量もリアルタイムで表示可能とした。これにより大量に暗号鍵を消費するアプリケーションの使用可否を容易に判断できるようになった。

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	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	展示会	標準化提案
新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発	4 (2)	2 (2)	1 (1)	9 (2)	1 (1)	0 (0)	0 (0)

5. 研究成果発表会等の開催について

(1)国際学会における発表

2013年7月3日 CLEO-PR 2013 “Long-term Field Demonstration of WDM Quantum key Distribution System with Stabilization Control” を発表

(2)国内学会における発表

2013年9月17日 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 「波長多重による高速量子鍵配送システムの長期間フィールド試験」を発表

(3)論文発表

2013年12月16日 Optics Express “Maintenance-free operation of WDM quantum key distribution system through a field fiber over 30 days” を発表

(4)情報誌掲載

2013年4月21日 日経ヴェリタス【4/21(月)発売号】「サイバー攻撃と戦う「光の鍵」」掲載

6. 今後の研究開発計画

課題ア-1 安定化技術

最新の安全性理論を適用した鍵蒸留処理を行った場合の特性変動要因について解析し、これに対応した安定化技術を開発する。

課題ア-2 アプリケーションプラットフォームの拡張

前年度に課題エの中で具体化した技術を量子鍵配送ネットワーク上で継続して運用する。

課題ア-3 次世代量子鍵配送システム技術

量子鍵配送の安全性を向上するため、最新の安全性理論を適用した鍵蒸留処理を行うための制御FPGAやソフトウェアを課題イと連携して開発する。

課題ア-4 長期運用試験

前年度までに開発した小型化・安定化技術を取り入れた量子鍵配送システムを用いて1ヶ月程度の長期運用試験を複数回行う。さらに、量子鍵配送ネットワーク上での冗長化運用試験に向けた量子鍵配送装置を追加試作する。