

TTC標準
Standard

JT-Y3804

量子鍵配送ネットワーク - 制御と管理

Quantum Key Distribution Networks - Control and Management

第 2.0 版

2024 年 2 月 15 日制定

一般社団法人

情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、
改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

<参考>	5
要約.....	6
1. 規定範囲.....	6
2. 参照文献.....	6
3. 定義.....	6
3.1. 用語定義.....	6
3.2. 本標準で定義された用語定義.....	8
4. 略語.....	8
5. 表記法.....	8
6. 概要.....	8
7. QKDN の制御、管理及びオーケストレーションの機能アーキテクチャ.....	9
8. QKDN 制御レイヤ.....	9
8.1. ルーティング制御機能.....	10
8.2. 構成制御機能.....	11
8.3. ポリシーベース制御機能.....	11
8.4. アクセス制御機能.....	11
8.5. セッション制御機能.....	12
9. QKDN 管理レイヤ.....	12
9.1. 共通管理機能.....	12
9.2. レイヤ固有の管理機能.....	13
9.2.1. QLM 機能.....	14
9.2.2. KMLM 機能.....	14
9.2.3. QCLM 機能.....	14
9.3. XLMO 機能.....	14
9.3.1. クロスレイヤ管理のためのオーケストレーション.....	14
9.3.2. 外部管理のためのオーケストレーション.....	15
10. QKDN の制御、管理、オーケストレーションの手順.....	15
10.1. 障害管理手順.....	15
10.1.1. 障害管理手順：QKD リンク障害.....	15
10.1.2. 障害管理手順：KM の鍵リレー障害.....	16
10.2. 課金管理手順.....	17
10.3. 構成管理手順.....	18
10.4. パフォーマンス管理手順.....	18
10.5. セキュリティ管理手順.....	19
10.6. 鍵リレー手順.....	20

10.7. 鍵リレー再ルーティング手順.....	21
11. セキュリティ上の考慮事項.....	22
付属資料I 参照点の機能および情報コンポーネント.....	23

<参考>

1. 国際勧告などとの関連

本標準は量子鍵配送ネットワークの制御と管理について規定しており、2020年9月にITU-T SG13において発行されたITU-T勧告Y.3804に準拠している。

2. 上記勧告などに対する追加項目など

2.1 オプション選択項目

なし

2.2 ナショナルマター決定項目

なし

2.3 その他

なし。

2.4 原勧告との章立て構成比較表

章立てに変更なし

3. 改版の履歴

版数	発行日	改版内容
第1版	2021年5月20日	制定
第1.1版	2021年6月11日	図中表記の和訳化、誤記訂正
第2.0版	2024年2月15日	Amendment1の反映、誤記訂正

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権の実施の権利に係る確認書」の提出状況は、TTCホームページでご覧になれます。

5. その他

(1) 参照している勧告、標準など

TTC標準	JT-Y3800, JT-Y3801
ITU-T勧告	Y.3111, Y.3802, Y.3803, M.3400

6. 標準作成部門

Network Vision 専門委員会

要約

量子鍵配送ネットワーク(QKDN)に関して、本標準は、QKDN の制御と管理のための機能および手順を規定する。

1. 規定範囲

本標準は、量子鍵配送ネットワーク(QKDN)のための制御と管理機能と手順を規定する。本標準には、次の内容が含まれる。

- QKDN の制御、管理及びオーケストレーションの機能要素
- QKDN の制御、管理及びオーケストレーションの機能
- QKDN の制御、管理及びオーケストレーションの手順

QKDN 固有ではない従来の障害、構成、課金、パフォーマンスおよびセキュリティ (FCAPS) 機能は、本標準の範囲外である。

2. 参照文献

以下に列挙する ITU-T 勧告およびその他の参照文献は、この本文中の参照を通して、本標準を構成する規定を含む。発行時点では、示された版は有効であった。すべての勧告及び他の参照文献は改訂の対象である。したがって、本標準の利用者は、以下に列挙する勧告及び他の参照文献の最新版を適用する可能性を調査することが推奨される。現在有効な ITU-T 勧告のリストは定期的に発行されている。本標準が文献を参照することは、その文献がそれ単体で勧告となる地位をその文献に与えるものではない。

[ITU-T Y.3111]	ITU-T Y.3111(2017)、IMT-2020 ネットワークの管理とオーケストレーションのフレームワーク
[ITU-T Y.3800]	ITU-T Y.3800(2019)、量子鍵配送ネットワークの概要
[ITU-T Y.3801]	ITU-T Y.3801(2020)、量子鍵配送ネットワークの機能要求条件
[ITU-T Y.3802]	ITU-T Y.3802(2020)、量子鍵配送ネットワークのアーキテクチャ
[ITU-T Y.3803]	ITU-T Y.3803(2020)、量子鍵配送ネットワークの鍵管理
[ITU-T M.3400]	ITU-T M.3400(2000)、通信管理ネットワーク：TMN 管理機能

3. 定義

3.1. 用語定義

本標準では、本標準以外で定義された次の用語を使用する。

- 3.1.1. 鍵データ[ITU-T Y.3803]：ランダムビット列。暗号鍵として使用される。
- 3.1.2. 鍵ライフサイクル[ITU-T Y.3800]：鍵マネージャ (KM) の鍵受信から、暗号アプリケーションでの鍵利用と鍵管理ポリシーによる削除または保存までの一連の処理。
- 3.1.3. 鍵管理[ITU-T Y.3800]：量子レイヤからの受信、格納、フォーマット、リレー、同期、認証、暗号アプリケーションへの供給、鍵管理ポリシーによる削除または保存まで、鍵ライフサイクルで実行されるすべてのアクティビティ。
- 3.1.4. 鍵管理エージェント(KMA) [ITU-T Y.3802]：QKD ノード（トラステッドノード）内の1つまたは複数の QKD モジュールによって生成された鍵を管理するための機能要素。

注 - KMA は、1つまたは複数の QKD モジュールから鍵を取得し、同期、サイズ変更、フォーマット、および格納を行う。また、鍵管理エージェント(KMA)リンクを介して鍵のリレーを行う。

3.1.5. 鍵管理エージェント鍵 (KMA-鍵) [ITU-T Y.3803] : 鍵管理エージェント(KMA)で格納され処理される鍵データ。任意の KMA と組みとなる KMA の間で安全に共有される。

3.1.6. 鍵マネージャ (KM) [ITU-T Y.3800] : 鍵管理レイヤ内で鍵管理を実行する機能モジュールで、QKD ノード内に配置される。

3.1.7. 鍵マネージャ(KM)リンク [ITU-T Y.3800] : 鍵マネージャ(KM) を接続し、鍵管理を行う通信リンク。

3.1.8. 鍵リレー [ITU-T Y.3800] : 中間 QKD ノードを経由し任意の QKD ノード間で鍵を共有する方法。

3.1.9. 鍵供給 [ITU-T Y.3800] : 鍵を暗号アプリケーションに提供する機能。

3.1.10. 鍵供給エージェント(KSA) [ITU-T Y.3802] : 鍵管理エージェント(KMA)と暗号アプリケーションの間に位置し、暗号アプリケーションに鍵を供給する機能モジュール。

注 - 暗号アプリケーション用のアプリケーションインタフェースは、KSA に実装される。KSA は鍵を同期し、暗号アプリケーションに鍵を供給する前に KSA リンクを介してその完全性を検証する。

3.1.11. 鍵供給エージェント鍵 (KSA-鍵) [ITU-T Y.3803] : 鍵供給エージェント(KSA)で格納され処理される鍵データ。任意の KSA と組みとなる KSA の間で安全に共有される。

3.1.12. QKD モジュール [ITU-T Y.3800] : 暗号機能と、QKD プロトコル、同期、鍵生成のための蒸留などの量子光プロセスを実装するハードウェアおよびソフトウェアコンポーネントのセット。定められた暗号境界内に含まれる。

注 : QKD モジュールは、QKD リンクに接続され、鍵を生成するエンドポイントモジュールとして動作する。QKD モジュールには2つのタイプ、すなわち送信器 (QKD-Tx) および受信器 (QKD-Rx) がある。

3.1.13. QKD リンク [ITU-T Y.3800] : QKD を動作させるための2つの QKD モジュール間の通信リンク。

注 : QKD リンクは、量子信号を送受信する量子チャネルと、同期と鍵蒸留のために情報を交換する古典チャネルから構成される。

3.1.14. QKD ネットワーク (QKDN) [ITU-T Y.3800] : QKD リンクを介して接続された2以上の QKD ノードとから構成するネットワーク。

注 : QKD ネットワーク (QKDN) では、QKD リンクで直接接続されていない QKD ノード間でも、鍵リレーによって鍵を共有できる。

3.1.15. QKDN コントローラ [ITU-T Y.3800] : QKDN を制御するために QKDN 制御レイヤに位置する機能モジュール。

3.1.16. QKDN マネージャ [ITU-T Y.3800] : QKDN を監視および管理するために QKDN 管理レイヤに位置する機能モジュール。

3.1.17. QKD ノード [ITU-T Y.3800] : 許可されていない当事者による侵入および攻撃から保護されている1つ以上の QKD モジュールを含むノード。

注 : QKD ノードは、鍵マネージャ(KM)を含むことができる。

3.1.18. ユーザネットワーク [ITU-T Y.3800] : QKDN によって供給される鍵を暗号アプリケーションが利用するネットワーク。

3.2. 本標準で定義された用語定義

無し。

4. 略語

本標準では、以下の略語を使用する。

BSS	ビジネスサポートシステム (Business Support System)
CDR	課金データレコード (Charging Data Record)
FCAPS	障害、構成、課金、パフォーマンス、およびセキュリティ (Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security)
ID	識別子 (Identifier)
IMT	国際移動通信システム (International Mobile Telecommunications)
IP	インターネットプロトコル (Internet Protocol)
KM	鍵マネージャ (Key Manager)
KMA	鍵管理エージェント (Key Management Agent)
KMLM	鍵管理レイヤ管理 (Key management Layer Management)
KSA	鍵供給エージェント (Key Supply Agent)
OSS	運用サポートシステム (Operation Support System)
QBER	量子ビットエラー率 (Quantum Bit Error Rate)
QCLM	QKDN レイヤ管理 (QKDN Control layer Management)
QKD	量子鍵配送 (Quantum Key Distribution)
QKDN	量子鍵配送ネットワーク (QKD Network)
QLM	量子レイヤ管理 (Quantum Layer Management)
QoS	サービス品質 (Quality of Service)
TMN	通信管理ネットワーク (Telecommunications Management Network)
VPN	仮想プライベートネットワーク (Virtual Private Network)
XLMO	クロスレイヤ管理とオーケストレーション (Cross Layer Management and Orchestration)

5. 表記法

無し。

6. 概要

本標準は、QKDN の制御と管理のための機能要素及び関連する機能、参照点、手順を定める。QKDN の基本的な制御と管理機能及びレイヤ構造は、[ITU-T Y.3800]で定義されている。より具体的な機能は次の通りである。

- 制御と管理固有の機能 (例:ルーティング制御のためのパス計算、セッション制御のためのアクセストラフィックの転送/切り替え/分配を含むセッション制御、QoS および課金ポリシー制御、各レイヤの FCAPS 管理)。
- 異なるレイヤ間を含む制御と管理機能要素間の制御と管理のための参照点。
- マルチレイヤの制御および管理オーケストレーション機能。QKDN 管理レイヤには、個別レイヤ (量子レイヤ、鍵管理レイヤ、QKDN 制御レイヤ) およびクロスレイヤ管理オーケストレーションを担当する複数の機能要素が含まれる。

- 外部管理システムとの相互接続機能。特にユーザネットワーク管理システム、管理能力公開機能などが挙げられる。

7. QKDNの制御、管理及びオーケストレーションの機能アーキテクチャ

この章は、QKDNの制御と管理機能要素を規定する。図1は、QKDNの制御と管理に関連する機能要素と参照点を強調している。各レイヤは、レイヤ固有の制御と管理機能を有しており、QKDN管理レイヤ内の対応する制御と管理機能と連携する。各レイヤ固有の制御と管理機能は、QKDNマネージャの各レイヤ管理機能とそれぞれのレイヤに存する機能との間の管理エージェント能力を提供する。クロスレイヤ管理オーケストレーション機能は、複数のレイヤ管理機能間のオーケストレーション能力を提供する。参照点 Cx、Ck、Cq、Cops、Cqrp は、QKDN 制御のために、QKDN コントローラとその制御下にある機能要素との間の標準インターフェースとして定義される。参照点 Mq、Mqrp、Mops、Mk、Mc、Mu は、QKDN 管理を目的とした QKDN マネージャとその管理下にある機能要素との間の標準インターフェースとして定義される。

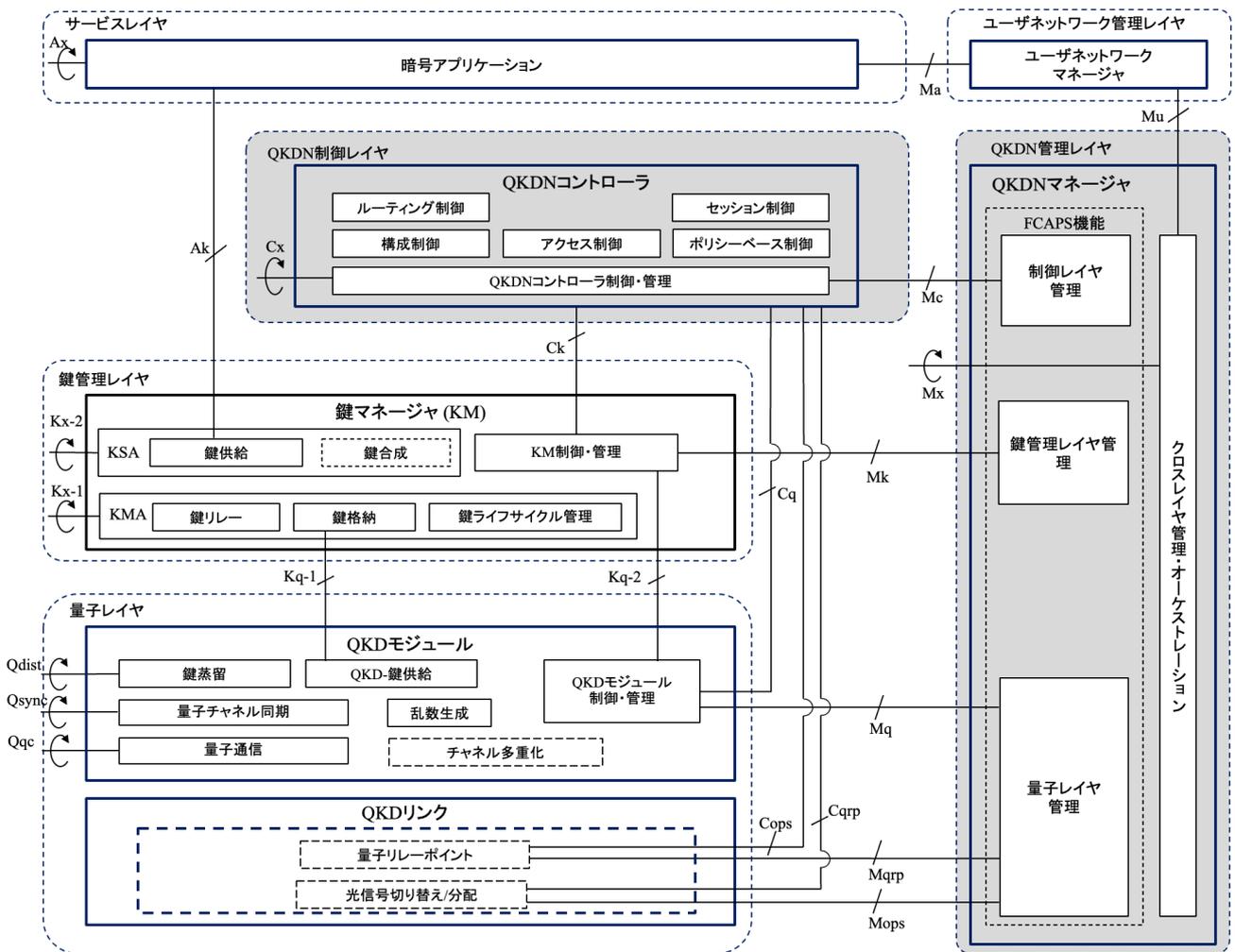


図1. QKDNの制御と管理に関連する機能要素及び参照点

8. QKDN制御レイヤ

QKDNの安全、安定、効率的、堅牢な動作とサービスを実現するために、QKDNコントローラが導入される。QKDNコントローラは、量子レイヤ、鍵管理レイヤを制御し、QKDN管理レイヤとサービスレイヤの機能をサポートする。

QKDN コントローラは、参照点 Ck、Cq、Cqrp、および Cops をそれぞれ介して、KM、QKD モジュールおよび QKD リンクと制御情報を通信する。分散型アーキテクチャでは、QKD コントローラは、参照点 Cx を介して互いに通信する。

QKDN コントローラは、[ITU-T Y.3801]の Req_C7 によって推奨されるように、参照点 Mc を介して QKDN マネージャと管理情報を通信する。この機能は、QKDN の FCAPS をサポートする。

QKDN コントローラは、鍵自体を処理しない。鍵は、KM から参照点 Ak を介して暗号アプリケーションに直接供給される。QKDN コントローラは、次の機能を実行する。

- ルーティング制御
- 構成制御
- ポリシーベース制御
- アクセス制御
- セッション制御

8.1. ルーティング制御機能

[ITU-T Y.3801]の Req_C1 で要求されているように、ルーティング制御機能は、鍵管理レイヤ内の KM の 2 つのエンドポイント間の適切な鍵リレールートを用意する。ルーティング制御機能はまた、鍵管理レイヤおよび/または量子レイヤの状態に応じて鍵リレーの再ルーティングを実行し、鍵供給/鍵リレーの継続的な動作を保証する。このため、QKDN コントローラには次の機能がある。

- QKD ノードアドレスと KM ID に関して必要な情報を含むルーティングテーブルを管理する。
- KM から鍵消費率や鍵残量、QKD モジュールから QKD リンクパラメータ、QKDN マネージャから QKDN トポロジ情報を取得する。
- QKDN マネージャは、QKDN 全体の鍵リレールートの最適化をサポートする。さらに、量子レイヤと鍵管理レイヤの全体の状態を監視し、それをデータベースに登録・更新する

QKDN コントローラは、次の方法で鍵リレールートの準備と再ルーティングを実行する。

1) 鍵リレールートの準備

2 つのエンドポイントの KM は、2 つのエンドポイントの暗号アプリケーションから要求された鍵の量を QKDN コントローラに通知する。QKDN コントローラは、鍵管理レイヤの状態、特に可能性の高い鍵リレールートの候補に沿った関連 KM の鍵消費率と鍵の残量を解析する。次に、QKDN コントローラは、適切な鍵リレールートを見つけて準備する。

2) 鍵リレーの再ルーティング

再ルーティングが行われる典型的な 2 つのケースがある。

ケース 1 : 鍵管理レイヤに起因するもの

- リレーノードの KM の鍵の残量が、閾値を下回る。
- リレーノードの KM およびそのリレーノードに接続された KM リンクで障害が検出される。

ケース 2 : 量子レイヤに起因するもの

- リレーノードに接続された特定の QKD リンクで、QBER が閾値を超えて増加する。

- リレーノードの QKD モジュールで障害が検出される。

いずれの場合も、障害のある KM、KM リンク、QKD モジュール、および QKD リンクを無効にすることが推奨され、QKDN マネージャは適切な原因分析と対策を実施すべきである。

再ルーティング方式には、[ITU-T Y.3803]の 8.2 節「鍵管理レイヤにおける KMA-鍵と KSA-鍵の管理」に記述されているように、固定レート再ルーティング、データトラフィック適応再ルーティング、およびスケジュール再ルーティングが含まれる。

8.2. 構成制御機能

[ITU-T Y.3801]の Req_C2 で推奨されているように、構成制御は次の機能を実行する。

- 量子レイヤの QKD モジュール、QKD リンク、鍵管理レイヤの KM、KM リンクの制御に関する構成情報を取得する。
- これらのコンポーネントの状態（稼働中、停止中、待機中、または予約済み）を制御する。
- アラームまたは障害診断が通知された場合に、QKD リンクおよび KM リンクを再構成する。

特に、QKD リンクのアラートと障害診断は QBER の増加を含んでおり、これは量子チャネルに対して盗聴が開始されるか、あるいは量子チャネルの損失が増加することを意味する。QKD リンクの再構成は、光信号切り替え/分配や量子リレーポイント内のモジュールを制御することによって、またはバックアップ量子チャネルを使用可能にすることによって行われる。

KM リンクの再構成は、主に障害が発生した古典チャネルを新しいチャネルに置き換えてサービスを開始することであり、これは従来の通信ネットワークと同様である。

8.3. ポリシーベース制御機能

ポリシーベース制御機能は、サービス品質、鍵管理および暗号アプリケーションの課金のポリシーに基づいて QKDN を制御する。ポリシーの決定は、QKDN マネージャと連携して行う。

8.4. アクセス制御機能

[ITU-T Y.3801]の Req_C5 によって推奨されているように、アクセス制御機能は、QKDN コントローラによって制御およびサポートされる機能要素が主張する識別情報を検証し、機能要素を事前に許可された動作または役割に制限する機能を提供する。確認された識別情報とその認可された権限および役割が、QKDN による安全な動作とサービスの基盤を提供する。

アクセス制御機能には、QKD ノード、QKD モジュール、KM、および暗号アプリケーションのアクセス制御リポジトリがある。アクセス制御リポジトリには、許可された役割、これらの機能要素のアクセス権、および適用されたポリシーに基づく優先順位も含まれる。このリポジトリに基づいて、アクセス制御は次の機能を実行する。

- 機能要素の ID を登録および削除する。
- 登録された機能要素に証明書を発行する。
- QKDN コントローラと機能要素との間で、その証明書を参照して認証を実行する。
- 証明書とアクセス制御リポジトリに従って、機能要素間の認証をサポートする。

アクセス制御機能の詳細なセキュリティメカニズムは、本標準の範囲外である。

8.5. セッション制御機能

[ITU-T Y.3801]の Req_C6 で推奨されているように、セッション制御機能は、KMA をサポートしてエンドツーエンド鍵を確立し、および/または KSA をサポートしてユーザネットワークのサービスレイヤ内の暗号アプリケーションに鍵を提供する。これらは、[ITU-T Y.3802 および Y.3803]で規定されている。KMA は鍵管理ポリシーに基づいてセッションを制御し、KSA はポリシーベース制御機能(8.3 節を参照)によって適用される課金ポリシーに基づいて複数の暗号アプリケーションのための鍵供給サービスのフローのセッション手順を制御する。

9. QKDN管理レイヤ

QKDN 管理レイヤは、QKDN 全体を管理し、ユーザネットワーク管理をサポートする機能を提供する。QKDN 管理機能は、他のネットワークと同様に FCAPS 管理という 5 つの機能領域に分類される。

FCAPS 管理の一般的な機能的側面は、例えば、通信管理ネットワーク (TMN) のための[ITU-T M.3400]及び国際携帯通信 (IMT-2020) のための[ITU-T Y.3111]によって既に詳細に規定されている。これらの仕様の中には、QKDN 管理機能の仕様に直接導入できるものもあれば、鍵管理と QKDN 管理の機能ですでにカバーされているものもある。

本標準は、QKDN の FCAPS 管理面に焦点を当てている。

9.1. 共通管理機能

FCAPS の QKDN 特有の側面は、特に、QKD のポイントツーポイントの性質による量子レイヤの構成上の制限、および鍵を確立するインフラストラクチャの性質によるセキュリティ上の懸念から生じる。したがって、これらの側面は、主に量子レイヤと鍵管理レイヤに関係している。これらの側面を考慮すると、QKDN の量子レイヤ、鍵管理レイヤ、QKDN 制御レイヤに共通する FCAPS 管理機能は次のとおりである。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M1 で要求されているように、QKDN マネージャは次の障害管理機能をサポートする。

- QKD モジュールをサポートして QKD リンクの再設定や鍵リレールートの再ルーティングなどの適切な復旧処理をするために、QKD リンクの障害を監視する。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M2 で推奨されているように、QKDN マネージャは次の障害管理機能をサポートする。

- 量子レイヤ、鍵管理レイヤ、QKDN 制御レイヤに対して、障害検出、根本原因分析や故障診断の能力を提供する。
- 障害解決ポリシーの決定と生成を行い、復旧処理のために各レイヤと連携する。
- 各レイヤの管理対象リソースと機能を検索し、ブートストラップ・ポリシーに基づいてそれらを始動準備させる。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M3 で要求されているように、QKDN マネージャは次の構成管理機能をサポートする。

- 各レイヤの管理対象リソースをプロビジョニングする。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M4 で推奨されているように、QKDN マネージャは次の構成管理機能をサポートする。

- 各レイヤの構成状態を管理する。
- 各レイヤのネットワークトポロジを管理する。
- 各レイヤのすべての QKDN リソースの目録管理を行う。
- 各レイヤのリソースリポジトリのライフサイクルを管理する（作成、保存、取得、変更、削除など）。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M5 で推奨されているように、QKDN マネージャは次の課金管理機能をサポートする。

- 各レイヤのリソース使用状況データ（量子レイヤの鍵の使用状況など）を測定し、課金ポリシーを生成する。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M6 で要求されているように、QKDN マネージャは次のパフォーマンス管理機能をサポートする。

- 各レイヤのパフォーマンスデータとステータスを収集し、パフォーマンスデータベースに登録して更新する。
- 収集されたパフォーマンスデータの分析し、パフォーマンスレポートを生成する。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M7 で推奨されているように、QKDN マネージャは次のパフォーマンス管理機能をサポートする。

- 鍵供給サービスポリシーを管理する。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M8 および要求条件 Req_M9 で要求されているように、QKDN マネージャは次のセキュリティ管理機能をサポートする。

- セキュリティの異常を検出するために、メタデータ、イベントログ、監査記録などの管理情報を各レイヤから収集する。
- KM による鍵ライフサイクル管理をサポートし、ログデータベースを使用して鍵のトレーサビリティを確保する。

[ITU-T Y.3801]の要求条件 Req_M10 で推奨されているように、QKDN マネージャは次のセキュリティ管理機能をサポートする。

- QKDN コントローラにルート証明書を発行するルート認証局となる。アクセス制御のために QKDN コントローラをサポートする。
- 鍵管理ポリシーを管理し、それを QKDN コントローラに送信する。

9.2. レイヤ固有の管理機能

QKDN マネージャは、各 QKDN レイヤ(量子レイヤ、鍵管理レイヤ、および QKDN 制御レイヤ)に FCAPS 管理機能を提供する。したがって、QKDN マネージャには、次の3つのレイヤ固有の機能がある。

- 量子レイヤ管理(QLM)機能
- 鍵管理レイヤ管理(KMLM)機能
- QKDN 制御レイヤ管理(QCLM)機能

上記の3つの機能が、FCAPS 管理を実行する。また、調整、クロスレイヤ、外部管理の問題に対して、3つのレイヤの管理機能は、

- クロスレイヤ管理オーケストレーション(XLMO)機能

によってオーケストレートされ、これはユーザネットワーク管理もサポートする。

9.2.1. QLM機能

量子レイヤ固有の QKDN マネージャの FCAPS 管理機能は次のとおり。

- 量子チャネルに対する盗聴の試みを検出する。
- 鍵生成レートなど QKD 固有のパフォーマンス情報の収集と分析を行う。
- 量子レイヤによって提供される QKD リンクの冗長性に基づいて、量子鍵配送の可用性と信頼性を管理する。

注 - QKD リンクの可用性と信頼性のための冗長性は、QKDN オペレータによって十分に受け入れられた慣行であると想定される。そのため、関連する要求条件を明示的に定義する必要はない。

- 量子レイヤでのデバイスの相互運用性のために、デバイスに依存するデータをデバイスに依存しないデータにマッピングするためにメタデータ抽象化をサポートする。

9.2.2. KMLM機能

鍵管理レイヤ固有の QKDN マネージャの FCAPS 管理機能は次のとおり。

- 鍵リレー、鍵供給サービス、および鍵ライフサイクル管理のために、KM 内の使用可能な鍵の量の収集と分析を実行する。

9.2.3. QCLM機能

QKDN 制御レイヤ固有の QKDN マネージャの FCAPS 管理機能は次のとおり。

- 障害またはパフォーマンス劣化によって引き起こされるポリシーおよびルールの指示を含む鍵リレーのルーティングおよび再ルーティングのために、QKDN コントローラをサポートする。
- QKDN が構成管理機能として鍵リレーをサポートする場合、鍵リレールートルーティングおよび再ルーティングのプロビジョニングのために QKDN コントローラをサポートする。

9.3. XLMO機能

XLMO は、量子レイヤ、鍵管理レイヤ、QKDN 制御レイヤの管理機能をオーケストレートする。また、制御と管理機能をオーケストレートする。さらに、外部の管理機能と管理情報を交換する。ユーザネットワーク管理レイヤは、QKDN 管理の観点からは外部管理機能である。また、必要に応じて他の管理機能(オペレータの OSS、BSS など)と連携して調整することもできる。

[ITU-T Y.3801]の Req_M11 で推奨されているように、XLMO は次の管理機能をサポートする。

9.3.1. クロスレイヤ管理のためのオーケストレーション

XLMO はクロスレイヤ管理のために以下の機能を有する。

- 量子レイヤ、鍵管理レイヤ、QKDN 制御レイヤの管理調整を提供する。

- QKDN 制御レイヤと QKDN 管理レイヤの管理オーケストレーションを提供し、QKDN コントローラが異常な状況（障害、パフォーマンス低下、セキュリティ攻撃など）に対して必要な動作を取ることをサポートする。
- QKDN 全体のプロビジョニング全体のために、プロビジョニング情報を 3 つのレイヤ(量子レイヤ、鍵管理レイヤ、および QKDN 制御レイヤ)それぞれの初期化および構成情報に分割し、レイヤごとにプロビジョニング処理を順番に実行する。

9.3.2. 外部管理のためのオーケストレーション

XLMO は外部管理のために以下の機能を有する。

- 外部管理システム、特にユーザネットワーク管理システム、及び同じ QKDN 内の 2 つの QKDN マネージャ間との管理オーケストレーションを提供する。
- QKDN のトポロジを収集、格納、表示する。
- QKDN リソースの利用状況を提供する。
- ユーザネットワークマネージャによって要求された QKDN リソースのプロビジョニングをサポートする。
- ユーザの代わりにユーザネットワークマネージャとの密接に連携する。

10. QKDNの制御、管理、オーケストレーションの手順

本章では、QKDN の制御、管理及びオーケストレーションの典型的な動作手順の例を含む。各手順の内容は、QKDN の実装やサービスの利用形態に応じて調整や変更されるものとする。

10.1. 障害管理手順

10.1.1. 障害管理手順 : QKDリンク障害

QKD リンク障害に対する障害管理手順の一例を図 2 に示す。

- 1) リンク障害が発生すると、QLM は QKD リンク上のアラートを受信する。
- 2) QLM は、リンク診断の開始を決定する。
- 3) オプションとして、QLM は、必要に応じて QKD リンク診断要求を QKD モジュールに送信し、QKD モジュールは追加の QKD リンク診断情報を報告する。
- 4) QLM は、QKD リンク診断情報を解析する。
- 5) QLM は、QKD リンク診断情報に基づいて QKD リンク状態を XLMO に報告する。
- 6) XLMO は、QCLM に QKD リンク診断情報を送信する。
- 7) QCLM は、アラートに対処するための適切な制御を決定する。
- 8) QCLM は、必要な動作のためにそれを QKDN コントローラに送る。

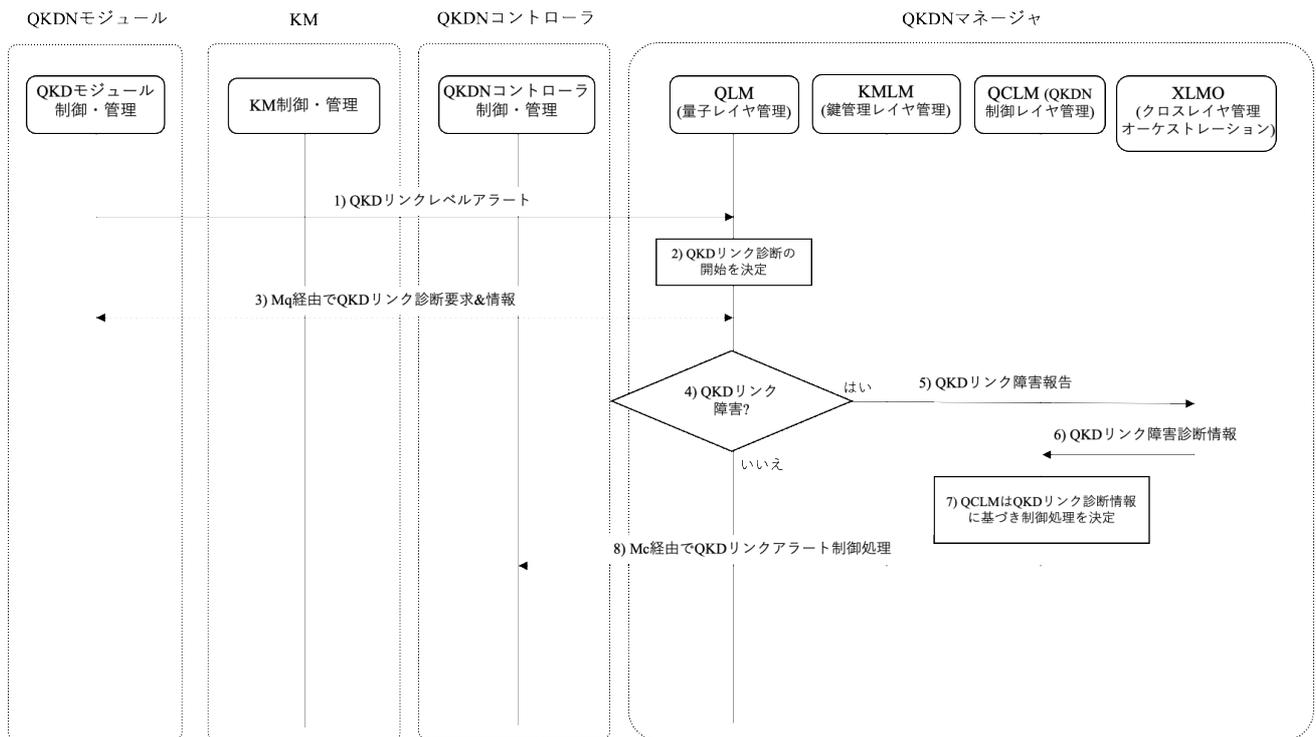


図 2. 障害管理手順の一例：QKDリンク障害

10.1.2. 障害管理手順：KMの鍵リレー障害

KMにおける鍵リレー障害に対する障害管理手順の一例を図3に示す。

- 1) KM障害が発生すると、KMLMはKMリレーアラートなどのアラートを受けとる。
- 2) KMLMは、KMリレー診断の開始を決定する。
- 3) オプションとして、KMLMは、KMにKMリレー診断要求を送信し、必要に応じてKMリレー診断情報のレポートを受信する。
- 4) KMLMは、KMリレーの診断情報を解析し、障害が鍵リレーに関連しているかどうかを確認する。
- 5) 鍵リレーに関係するの場合、KMLMは、KMリレー診断情報に基づいてKMの鍵リレー障害をXLMOに報告する。
- 6) XLMOは、それをQCLMに送る。
- 7) QCLMは、アラートに対処するための適切な制御を決定する。
- 8) QCLMは、必要な動作のためにそれをQKDNコントローラに送る。

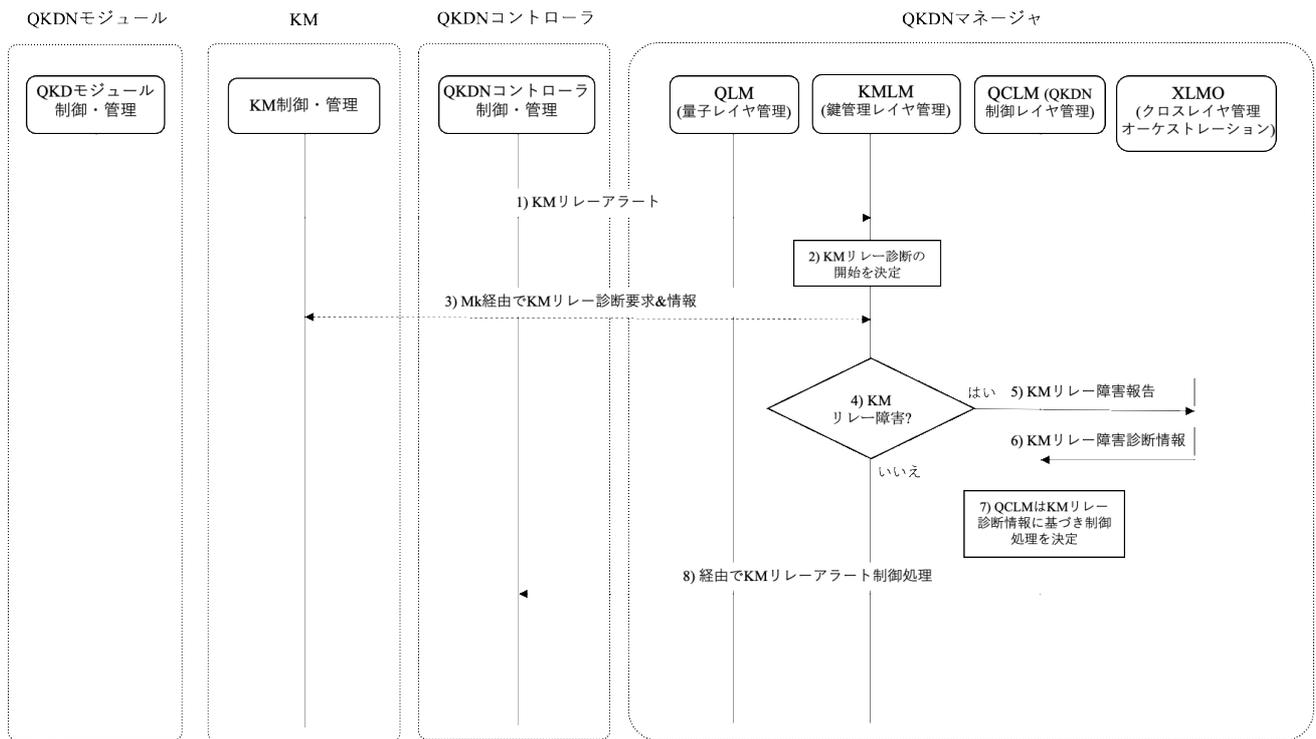


図3. 障害管理手順の一例：KMの鍵リレー障害

10.2. 課金管理手順

課金管理手順の一例を図4に示す。

- 1) KMLMは、参照点Mkを経由してKMからの課金情報を計測する。
- 2) KMLMは、計測した課金情報を加工してレポートを生成する。
- 3) KMLMは、さらなる課金プロセスのために報告をXLMOに送付する。
- 4) XLMOは、計測した鍵管理レイヤの課金レポートに基づいて課金データレコード(CDR)を作成および格納し、要求があれば料金請求システムと連携する。

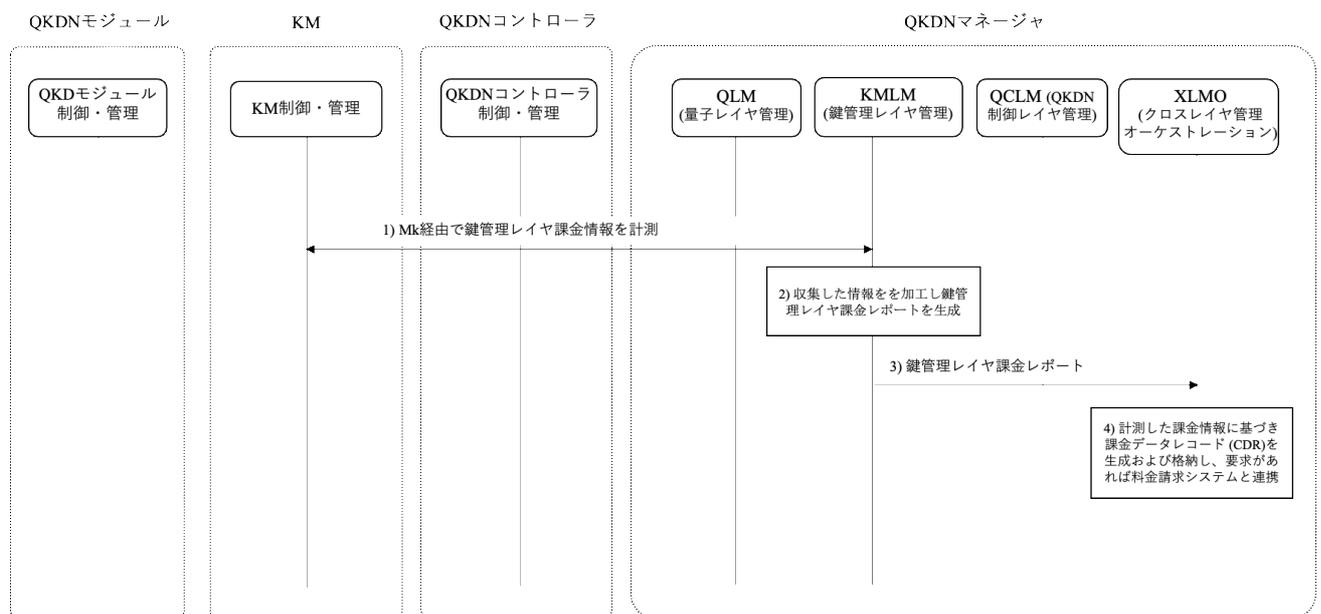


図4. 課金管理手順の一例

10.3. 構成管理手順

構成管理手順の一例を図 5 に示す。

- 1) QLM は、参照点 M_q を介して QKD モジュール制御・管理機能により、量子レイヤ構成情報を検索して収集する。
- 2) QLM は、量子レイヤのトポロジを生成し、量子レイヤのリソース目録を生成する。
- 3) QLM は、量子レイヤ構成レポートを XLMO に送信する。
- 4) KMLM は、参照点 M_k を経由して鍵管理レイヤの構成情報を検索して収集する。
- 5) KMLM は、鍵管理レイヤのトポロジを生成し、鍵管理レイヤのリソース目録を作成する。
- 6) KMLM は、鍵管理レイヤ構成レポートを XLMO に送信する。
- 7) XLMO は、受信した量子レイヤと鍵管理レイヤのトポロジ情報を関連づけることにより QKDN 全体のトポロジを生成し、構成エラーをチェックする。

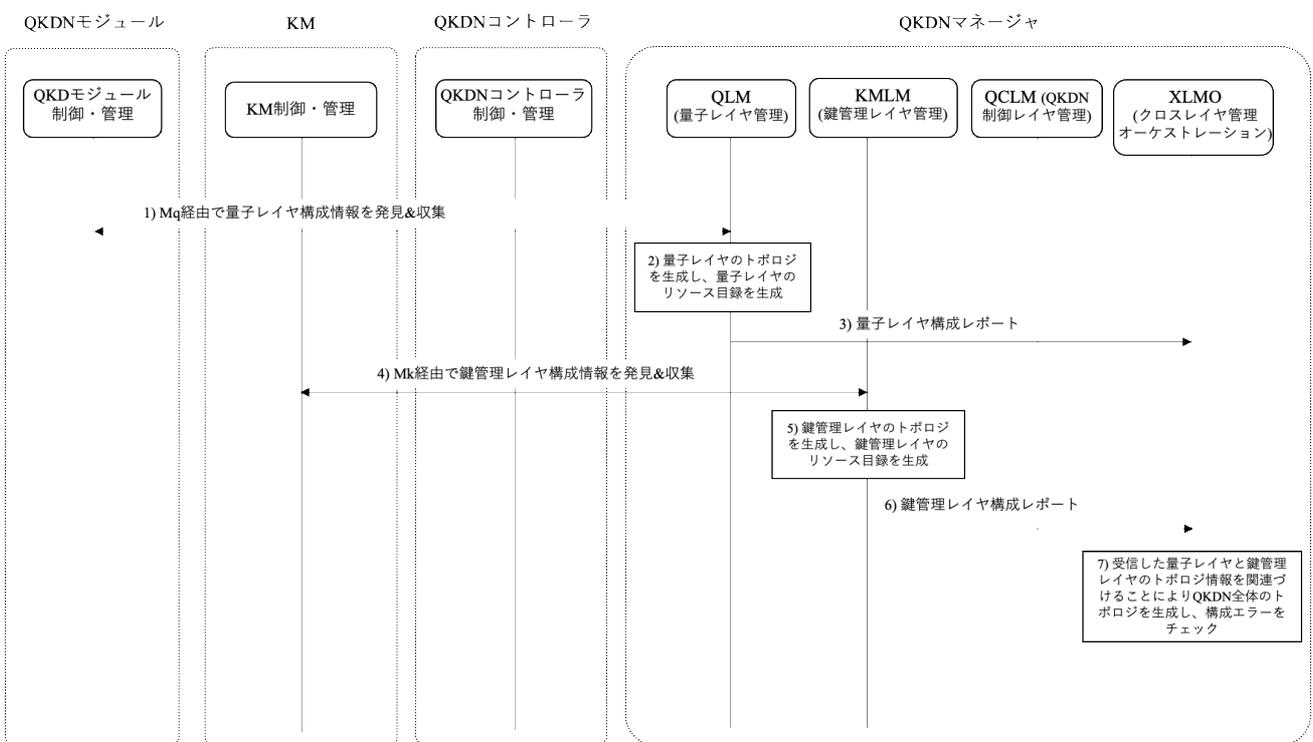


図 5. 構成管理手順の一例

10.4. パフォーマンス管理手順

パフォーマンス管理手順の一例を図 6 に示す。

- 1) QLM は、参照点 M_q を介して QKD モジュール制御・管理機能より、量子レイヤのパフォーマンス情報を収集する。
- 2) QLM は、収集したパフォーマンス情報を解析し、レポートを生成して保存する。
- 3) QLM は、量子レイヤのパフォーマンス劣化問題をチェックし、QLM はパフォーマンスレポートを XLMO に送信する。

KMLM は、(1)~(3)と同様に鍵管理レイヤのパフォーマンス管理を行う。

注 1 - 収集処理の順序は重要ではない。実装に応じて、並行して実行することも、任意の順序で実行することもできる。

- 4) XLMO は、量子レイヤと鍵管理レイヤのパフォーマンス情報の関連づけを行い、レイヤ間でのパフォーマンス劣化問題を見つけ出す。次に、量子レイヤと鍵管理レイヤの両方について、復旧処理のポリシーを作成する。
- 5) XLMO は QCLM に復旧処理の内容を通知し、QCLM はそれを QKDN コントローラに通知する。オプションとして、XLMO は、必要に応じてパフォーマンス低下の問題を取り除くために制御処理も送信する。
- 6) QKDN コントローラは、QKD モジュール及び KM 内の制御・管理機能に対して復旧処理を転送する。

注 2 – 詳細な復旧決定と関連する処理内容は、本標準の範囲外である。

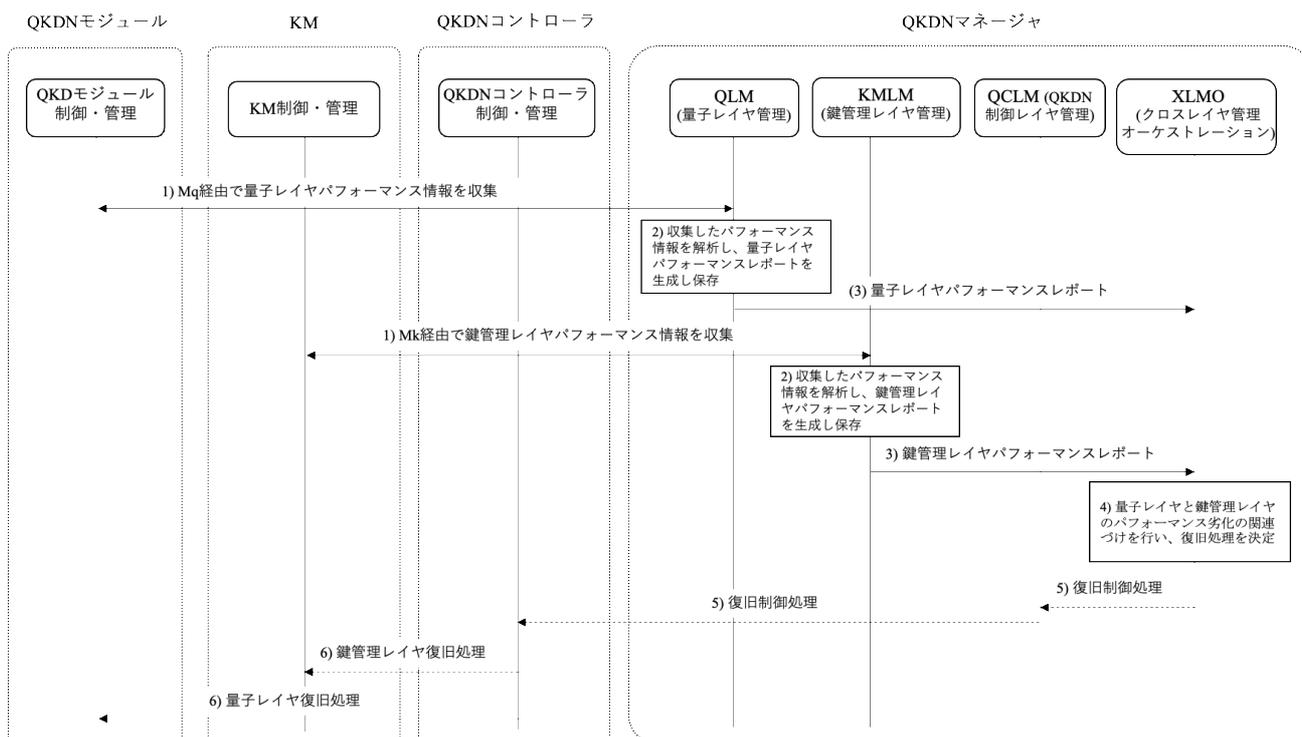


図 6. パフォーマンス管理手順の一例

10.5. セキュリティ管理手順

セキュリティ管理手順の一例を図 7 に示す。

- 1) QLM は、参照点 Mq を介して QKD モジュール制御・管理機能より、量子レイヤのセキュリティ情報を収集および/または受信する。
- 2) QLM は、収集したセキュリティ情報を解析し、レポートを生成して格納する。
- 3) QLM は、量子レイヤのセキュリティ情報を XLMO に転送する。

QKDN マネージャは、鍵管理レイヤおよび QKDN 制御レイヤからもセキュリティ情報を収集する。セキュリティ情報を収集する順序は、QKDN の実装によって異なる。

- 4) XLMO は、収集したセキュリティ情報に基づいてセキュリティ異常を解析し、セキュリティ異常の解決策を決定するとともに、セキュリティ異常を復旧するためのポリシールールを制御する。

5) XLMO は、その結果得られたセキュリティ異常復旧ポリシールールを QCLM に報告し、QCLM はそれを QKDN のコントローラに送信する。

6) QKDN コントローラは、QKD モジュール及び KM 内の制御・管理機能に対して復旧処理を転送する。

注 - 詳細な復旧の決定と関連する処理は、本標準の範囲外である。

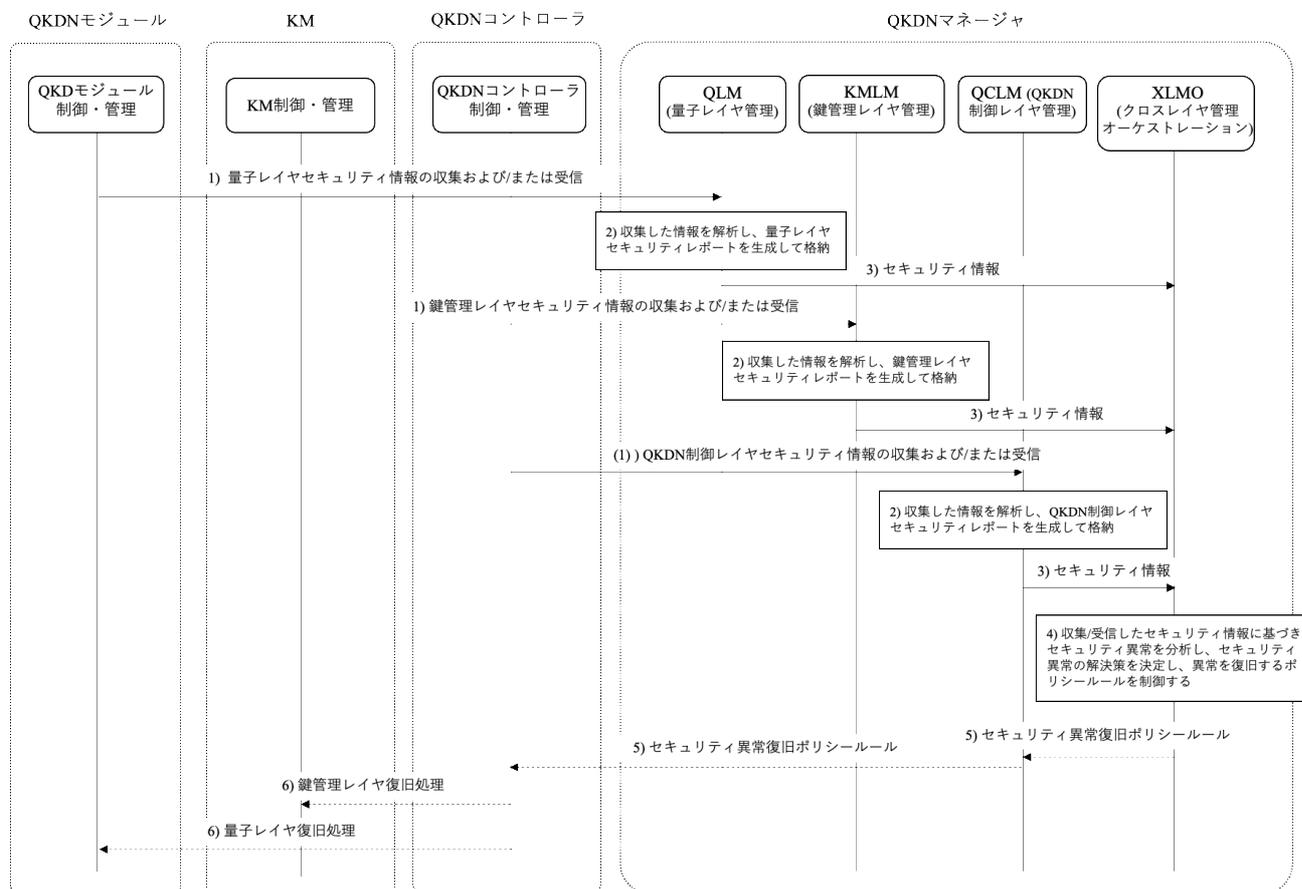


図 7. セキュリティ管理手順の一例

10.6. 鍵リレー手順

鍵リレー制御手順の一例を図 8 に示す。

- 1) KM は、QKDN コントローラ内のセッション制御機能へ鍵リレールートに要求する。
- 2) セッション制御機能は、送信元 QKD ノードと送信先 QKD ノードとの間にセッションが存在するか否かをチェックする。
- 3) セッションがない場合、セッション制御機能は、ルーティング制御機能に鍵リレールートを問い合わせる。
- 4) ルーティング制御機能は、構成制御機能へ構成情報を問い合わせる。
- 5) 構成制御機能が設定情報を回答する。
- 6) ルーティング制御機能は、回答された構成情報に基づいて最適ルート进行评估する。
- 7) ルーティング制御機能は、セッション制御機能にルート情報を返信する。
- 8) セッション制御機能は、ルート情報を KM に返信する。

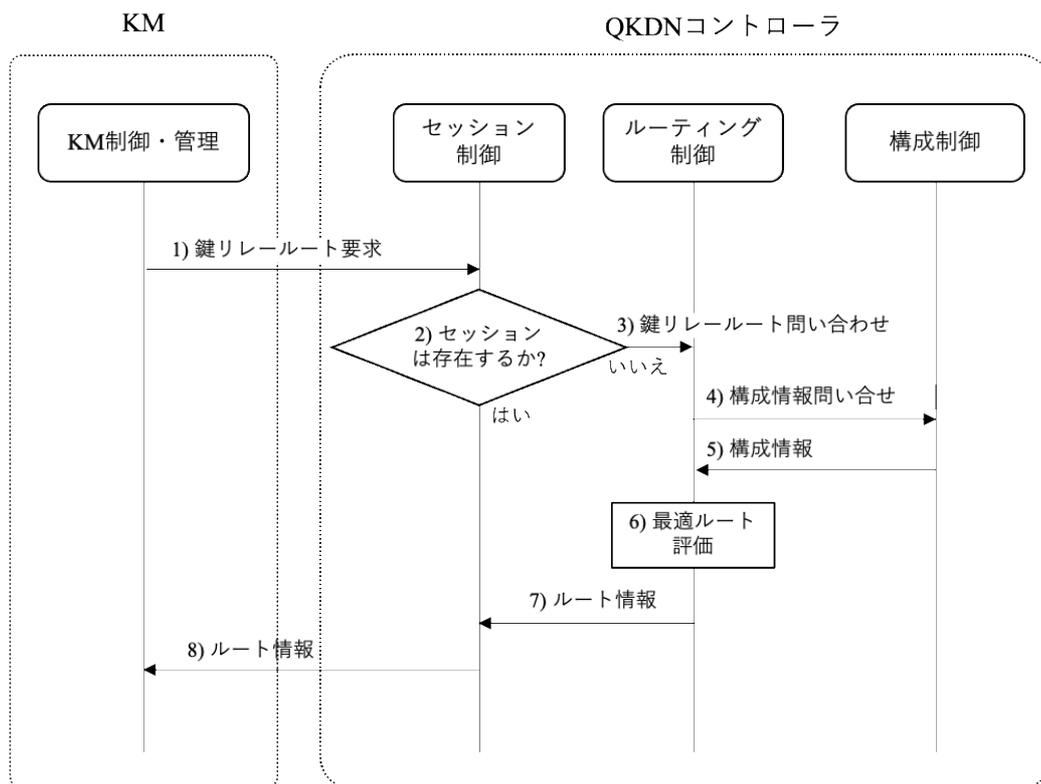


図 8. 鍵リレー手順の一例

10.7. 鍵リレー再ルーティング手順

鍵リレー再ルーティング手順の一例を図 9 に示す。

- 1) QCLM は、QKDN コントローラ制御・管理機能から鍵リレールーティングおよび再ルーティングサポート情報の要求を受信する。
- 2) QCLM は、XLMO にネットワークトポロジ情報を要求し、XLMO は QCLM に報告する。
- 3) QCLM は、一致する鍵リレートポロジ情報およびその他の補足情報を分析して選択する。
- 4) QCLM は、鍵リレーのルーティングおよび再ルーティング動作を制御するために、QKDN コントローラに結果の補足情報を報告する。

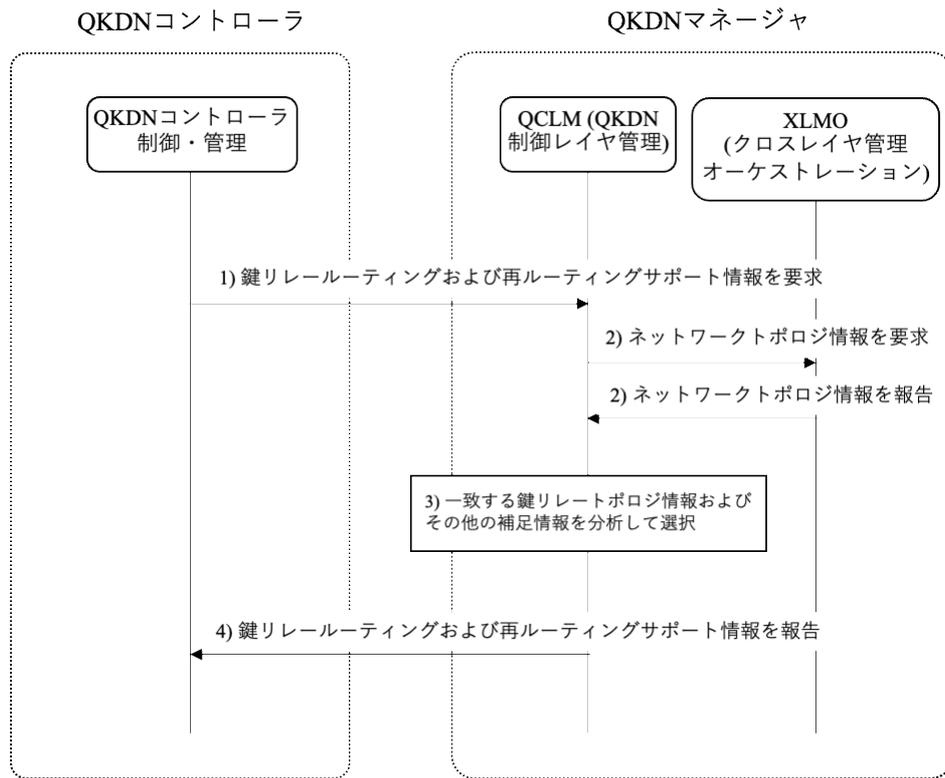


図 9. 鍵リレー再ルーティング手順の一例

11. セキュリティ上の考慮事項

セキュリティ上の脅威及び潜在的な攻撃を緩和するために、機密性、完全性、真正性、否認防止、可用性及び追跡可能性の問題に対処する必要があり、また、QKDN、ユーザネットワーク及び2つのネットワーク間のインタフェースにおいて適切なセキュリティ及びプライバシー保護スキームが考慮されるべきである。詳細は本標準の範囲外である。

付属資料I
参照点の機能および情報コンポーネント

(この付属資料は本標準の不可欠な一部を構成しない)

I.1. QKDN の制御、管理及びオーケストレーションの参照点

I.1.1. セッション処理機能

管理参照点全体で QKDN 管理セッションオペレーションの信頼性とパフォーマンスを保証するために、次の機能が提供される。

オーバーロード制御：参照点は、交換される情報メッセージのオーバーフローを防止するための過負荷制御をサポートする機能を提供する。

同期と監査：参照点は、リカバリおよびオペレーション情報の統計と監査をサポートするために、QKDN 管理セッションステータスの同期と監査をサポートする機能を提供することが要求される。

セッションステートのメンテナンス：参照点は、ソフトステートまたはハードステートのアプローチを使用してセッションステートを維持できることが要求される。

I.1.2. 情報交換機能

この節では、参照点の情報交換機能について簡単に説明する。

要求-応答トランザクション：参照点は、要求側 QKDN 管理機能が、応答側 QKDN 管理機能によって実行されるべきトランザクションを要求し、その結果として応答（要求と関連づけることができる）を得ることを可能にし、またその逆も可能にする。

通知：参照点は、2つのレイヤで管理機能間の非同期イベントの通知をサポートする。

信頼できる配信：参照点は、メッセージの信頼できる配信を提供する。

能力：各レイヤは、対応する適切なレイヤ管理機能の能力を決定する。

セキュリティ：参照点は、非認証ソースからの要求が実行されないように、また各レイヤが送信された通知のソースを検証できるように、2つの交換レイヤ間の認証をサポートする。

1対多/多対1：2つのモードがサポートされる。1) 1対多モード：QKDN 管理機能は QKDN のレイヤの複数の管理機能と通信する。2) 多対1モード：複数の QKDN 管理機能が特定の QKDN 管理機能に要求する。

I.2. 参照点共通情報コンポーネント

この章は、すべての管理参照点に適用できる共通の情報コンポーネントを提供する。

表 II.1 共通情報コンポーネント

情報コンポーネント	記述
ユーザ識別子	単一の要求者の同じ管理ドメイン内のレイヤ管理機能(QCLM、KMLM、QLM)の一意の識別子
管理オペレーション要求セッション識別子	QKDN レイヤ(QKDN 制御レイヤ、鍵管理レイヤおよび量子レイヤ)に送信される管理オペレーション要求のセッションの識別子。識別子は、同じ制御レイヤ内で一意である必要がある。

情報コンポーネント	記述
グローバルに一意的な IP アドレス情報(オプション)	各レイヤの制御および管理機能が管理オペレーションを要求しているネットワークの場所を特定するために使用される IP アドレス情報のセット
ユニーク IP アドレス	各レイヤの制御・管理機能を識別するための IP アドレス
アドレス領域	IP アドレスのアドレス指定ドメイン(例: サブネットプレフィックスまたは VPN ID)
管理オペレーション要求者識別子	各レイヤ管理サービスの要求者の識別子。 これは、各レイヤ管理機能(CLM、KLM、QLM)の要求を送信する要求者に対して一意である。
管理オペレーション要求の優先度(オプション)	管理オペレーション要求の重要性の表示。これは、優先度レベルに基づいた各レイヤ管理機能(QCLM、KMLM、QLM)による同時要求の処理に使用できる。
管理オペレーション要求結果	管理オペレーション要求の結果の表示(同期要求とスケジュールされた要求の両方の結果を含む)
イベント通知	要求された管理オペレーションに対して適切な処理を実行する必要があるイベントについて、各レイヤが QKDN マネージャ内のレイヤ固有の管理サポート機能に通知を送信できるようにする。

1.3. 参照点 Mc

参照点 Mc は、QKDN マネージャの QCLM 機能と QKDN 制御レイヤの QKDN コントローラ制御・管理機能との間の管理要求/応答をサポートする必要がある。

参照点 Mc は、ドメイン内参照点として動作する。

1.3.1. QCLM の Mc 機能

参照点 Mc は、QCLM に対して次の機能を提供する。

- QKDN 制御レイヤ機能のプロビジョニング
- QKDN 制御レイヤ機能のパフォーマンスの監視
- QKDN 制御レイヤ機能のアラーム情報の収集
- 制御処理(パス構成情報など)の管理決定の要求
- ネットワークオペレーションのステータス(ルーティングステータスなど)の要求
- 制御オーケストレーション処理(ロードバランシングのためのパス変更など)の実行

1.3.2. 情報コンポーネント

参照点 Mc 間で交換される情報コンポーネントは、次のように分類される。

表 II.2 参照点 Mc の情報コンポーネント

情報コンポーネント	記述
制御オーケストレーション処理記述	制御オーケストレーション処理に関連する情報コンポーネントの説明
制御オーケストレーション処理タイプ	制御オーケストレーション処理のタイプの表示(パスの変更、パスの再プロビジョニングなど)
制御オーケストレーション処理優先度	処理の優先度の表示
制御オーケストレーション処理値	処理タイプ毎の制御オーケストレーション処理の指定

I.4. 参照点 Mk

Mk 参照点は、QKDN マネージャの KMLM 機能と鍵管理レイヤの KM 制御・管理機能との間の管理要求/応答をサポートする。

Mk 参照点は、ドメイン内参照点として動作する。

I.4.1. KMLM の Mk 機能

Mk 参照点は、KMLM に対して以下の機能を提供する。

- 鍵管理レイヤ機能のプロビジョニング
- 鍵管理レイヤ機能のパフォーマンスの監視
- 鍵管理レイヤの機能に関するアラーム情報の収集(鍵生成の失敗など)
- 鍵ライフサイクル管理情報、QKD リンクパラメータステータスなどの収集

I.4.2. 情報コンポーネント

Mk 参照点で交換される情報コンポーネントは、次のように分類される。

表 II.3 Mk 参照点の情報コンポーネント

情報コンポーネント	記述
鍵管理レイヤリソース記述	管理のための鍵管理レイヤリソースの説明
鍵管理レイヤの管理対象リソースID	管理対象の鍵管理レイヤ管理リソースの識別子
鍵管理レイヤのパフォーマンス記述	鍵管理レイヤの管理対象リソースのパフォーマンス情報の説明
鍵管理レイヤのパフォーマンス情報タイプ	パフォーマンス情報のタイプの表示(例えば、鍵リレー遅延、鍵データ損失など)
鍵管理レイヤパフォーマンス情報ターゲット管理オブジェクトID	パフォーマンス情報を収集するためのターゲット管理オブジェクトの識別子
鍵管理レイヤのパフォーマンス情報値	収集されたパフォーマンス情報の値

情報コンポーネント	記述
鍵管理レイヤアラーム記述	鍵管理レイヤ管理対象リソースのアラーム情報の記述
鍵管理レイヤのアラームタイプ	障害または異常なイベントに関連付けられた鍵管理レイヤアラームのタイプの表示
鍵管理レイヤアラームID	障害または異常なイベントに関連付けられた鍵管理レイヤアラームの識別子
鍵管理レイヤアラームソースID	鍵管理レイヤアラームのソースの識別子
鍵管理層のアラーム値	鍵管理レイヤアラームの値

1.5. 参照点 Mq

参照点 Mq は、QKDN マネージャの QLM 機能と量子レイヤの QKD モジュール制御・管理機能との間の管理要求/応答をサポートする。

参照点 Mq はドメイン内参照点として動作する。

1.5.1. QLM の Mq 機能

参照点 Mq は、QLM に対して次の機能を提供する。

- 量子レイヤの QKD モジュール機能のプロビジョニング
- 量子レイヤの QKD モジュール機能のパフォーマンス監視
- 量子レイヤの QKD モジュール機能のアラーム情報の収集

1.5.2. 情報コンポーネント

参照点 Mq 間で交換される情報コンポーネントは、次のように分類される。

表 II.4 参照点 Mq の情報コンポーネント

情報コンポーネント	記述
量子レイヤのQKDモジュールリソースの説明	管理のための量子レイヤのQKDモジュールリソースの説明
量子レイヤのQKDモジュール管理リソースID	管理対象の量子レイヤのQKDモジュール管理リソースの識別子
量子レイヤのQKDモジュールパフォーマンス記述	量子レイヤのQKDモジュールの管理対象リソースのパフォーマンス情報の説明
量子レイヤのQKDモジュールパフォーマンス情報タイプ	パフォーマンス情報のタイプの表示(例えば、鍵リレー遅延、鍵データ損失など)

情報コンポーネント	記述
量子レイヤのQKDモジュールパフォーマンス情報ターゲット管理オブジェクトID	パフォーマンス情報を収集するためのターゲット管理オブジェクトの識別子
量子レイヤのQKDモジュールパフォーマンス情報値	収集されたパフォーマンス情報の値
量子レイヤのQKDモジュールアラーム記述	量子レイヤのQKDモジュール管理対象リソースのアラーム情報の記述
量子レイヤのQKDモジュールアラームタイプ	障害または異常イベントに関連付けられた量子レイヤのQKDモジュールアラームのタイプの表示
量子レイヤのQKDモジュールアラームID	障害または異常なイベントに関連付けられた量子レイヤのQKDモジュールアラームの識別子
量子レイヤのQKDモジュールアラームソースID	量子レイヤのQKDモジュールアラームのソースの識別子
量子レイヤのQKDモジュールアラーム値	量子レイヤのQKDモジュールアラームの値

1.6. 参照点 Mops

参照点 Mops は、QKDN マネージャの QLM 機能と量子レイヤの QKD リンクにおける光スイッチング/スプリット機能との間の管理要求/応答をサポートする。

参照点 Mops は、ドメイン内参照点として動作する。

1.6.1. QLM の Mops 機能

参照点 Mops は、QLM に対して次の機能を提供する。

- 量子レイヤの QKD リンク機能のプロビジョニング
- 量子レイヤにおける QKD リンク機能のパフォーマンス監視
- 量子レイヤにおける QKD リンク機能のアラーム情報の収集

1.6.2. 情報コンポーネント

参照点 Mops で交換される情報コンポーネントは、次のように分類される。

表 II.5 参照点 Mops の情報コンポーネント

情報コンポーネント	記述
量子レイヤのQKDリンクリソースの説明	管理のための量子レイヤのQKDリンクリソースの説明

情報コンポーネント	記述
量子レイヤのQKDリンク管理リソースID	管理対象の量子レイヤのQKDリンク管理リソースの識別子
量子レイヤのQKDリンクパフォーマンス記述	量子レイヤのQKDリンクの管理対象リソースのパフォーマンス情報の説明
量子レイヤのQKDリンクパフォーマンス情報タイプ	パフォーマンス情報のタイプの表示(例えば、鍵リレー遅延、鍵データ損失など)
量子レイヤのQKDリンクパフォーマンス情報ターゲット管理オブジェクトID	パフォーマンス情報を収集するためのターゲット管理オブジェクトの識別子
量子レイヤのQKDリンクパフォーマンス情報値	収集されたパフォーマンス情報の値
量子レイヤのQKDリンクアラーム記述	量子レイヤのQKDリンク管理対象リソースのアラーム情報の記述
量子レイヤのQKDリンクアラームタイプ	障害または異常イベントに関連付けられた量子レイヤのQKDリンクアラームのタイプの表示
量子レイヤのQKDリンクアラームID	障害または異常なイベントに関連付けられた量子レイヤのQKDリンクアラームの識別子
量子レイヤのQKDリンクアラームソースID	量子レイヤのQKDリンクアラームのソースの識別子
量子レイヤのQKDリンクアラーム値	量子レイヤのQKDリンクアラームの値

1.7. 参照点 Mu

参照点 Mu は、QKDN マネージャの XLMO 機能とユーザネットワーク管理レイヤのユーザネットワークマネージャとの間の管理要求/応答をサポートする。

参照点 Mu は、ドメイン内参照点として動作する。

1.7.1. XLMO の Mu 機能

参照点 Mu は、XLMO に対して次の機能を提供する。

- ユーザネットワーク管理レイヤ機能のプロビジョニングステータスの要求
- ユーザネットワーク管理レイヤ機能のパフォーマンスの要求
- ユーザネットワーク管理レイヤ機能のアラーム情報の要求(ユーザネットワークノード/リンク障害など)
- ユーザネットワークマネージャからの QKDN 管理オペレーション要求への非同期通知の応答および/または送信
- ユーザネットワークマネージャ以外の外部管理エンティティ(存在する場合)に対する QKDN 管理オペレーションの要求/応答。

1.7.2. 情報コンポーネント

参照点 Mu で交換される情報コンポーネントは、次のように分類される。

表 II.6 参照点 Mu の情報コンポーネント

情報コンポーネント	記述
ユーザネットワーク管理レイヤリソースの説明	管理のためのユーザネットワーク管理レイヤリソースの説明
ユーザネットワーク管理レイヤ管理リソースID	管理対象のユーザネットワーク管理レイヤ管理リソースの識別子
ユーザネットワーク管理レイヤパフォーマンス記述	ユーザネットワーク管理レイヤの管理対象リソースのパフォーマンス情報の説明
ユーザネットワーク管理レイヤパフォーマンス情報タイプ	パフォーマンス情報のタイプの表示(例えば、鍵リレー遅延、鍵データ損失など)
ユーザネットワーク管理レイヤパフォーマンス情報ターゲット管理オブジェクトID	パフォーマンス情報を収集するためのターゲット管理オブジェクトの識別子
ユーザネットワーク管理レイヤパフォーマンス情報値	収集されたパフォーマンス情報の値
ユーザネットワーク管理レイヤアラーム記述	ユーザネットワーク管理レイヤ管理対象リソースのアラーム情報の記述
ユーザネットワーク管理レイヤアラームタイプ	障害または異常イベントに関連付けられたユーザネットワーク管理レイヤアラームのタイプの表示
ユーザネットワーク管理レイヤアラームID	障害または異常なイベントに関連付けられたユーザネットワーク管理レイヤアラームの識別子
ユーザネットワーク管理レイヤアラームソースID	ユーザネットワーク管理レイヤアラームのソースの識別子
ユーザネットワーク管理レイヤアラーム値	ユーザネットワーク管理レイヤアラームの値

1.8. 参照点 Mx

参照点 Mx は、2つの QKDN マネージャーの XLMO 機能間の管理要求/応答をサポートする。

参照点 Mx は、ドメイン内参照点として動作する。

1.8.1. XLMO の Mx 機能

参照点 Mx は、XLMO に対して次の機能を提供する。

- QKDN 管理レイヤ機能のプロビジョニングステータスの要求

- QKDN 管理レイヤ機能のパフォーマンスの要求
- QKDN 管理レイヤ機能のアラーム情報の要求(ユーザネットワークノード/リンク障害など)
- QKDN マネージャからの QKDN 管理オペレーション要求への非同期通知の応答および/または送信
- 他の QKDN マネージャ以外の外部管理エンティティ(存在する場合)に対する QKDN 管理オペレーションの要求/応答。

1.8.2. 情報コンポーネント

参照点 Mx で交換される情報コンポーネントは、次のように分類される。

表 II.6 参照点 Mx の情報コンポーネント

情報コンポーネント	記述
QKDN管理レイヤリソースの説明	管理のためのQKDN管理レイヤリソースの説明
QKDN管理レイヤ管理リソースID	管理対象のQKDN管理レイヤ管理リソースの識別子
QKDN管理レイヤパフォーマンス記述	QKDN管理レイヤの管理対象リソースのパフォーマンス情報の説明
QKDN管理レイヤパフォーマンス情報タイプ	パフォーマンス情報のタイプの表示(例えば、鍵リレー遅延、鍵データ損失など)
QKDN管理レイヤパフォーマンス情報ターゲット管理オブジェクトID	パフォーマンス情報を収集するためのターゲット管理オブジェクトの識別子
QKDN管理レイヤパフォーマンス情報値	収集されたパフォーマンス情報の値
QKDN管理レイヤアラーム記述	QKDN管理レイヤ管理対象リソースのアラーム情報の記述
QKDN管理レイヤアラームタイプ	障害または異常イベントに関連付けられたQKDN管理レイヤアラームのタイプの表示
QKDN管理レイヤアラームID	障害または異常なイベントに関連付けられたQKDN管理レイヤアラームの識別子
QKDN管理レイヤアラームソースID	QKDN管理レイヤアラームのソースの識別子
QKDN管理レイヤアラーム値	QKDN管理レイヤアラームの値