

# センター型セキュリティ分析のためのジッタ制約を考慮した 高速マルチレイヤ経路設計アルゴリズム

村上 隆太<sup>†</sup> 栗本 崇<sup>†</sup> 岡本 聡<sup>†</sup> 山中 直明<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学 大学院理工学研究科 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区 3-14-1

<sup>‡</sup> 慶應義塾大学 理工学部情報工学科 〒223-8522 神奈川県横浜市港北区 3-14-1

E-mail: <sup>†</sup> ryuta.murakami@yamanaka.ics.keio.ac.jp

あらまし Beyond 5G 時代における高信頼なネットワーク基盤実現のために、センター型セキュリティ分析手法である“Reconfigurable In-Network Security Sensor Network (REINS Network)”の提案を行っている。REINS Network では、ネットワーク内に分散配置されたセンサから Network Operation Center (NOC)へ Ultra Reliable Low Latency Probing (URLLP)パスを経由してリアルタイムにデータを収集し、NOC で分析を行うことをコンセプトとしている。データ収集のためにセンサが要求する帯域や遅延ジッタを満たす必要があるため、URLLP パスはセンサが要件する要件を満たすようパケットスイッチングパスと光スイッチングパスを組み合わせられて構成される。URLLP パスの最適な経路は整数線形計画問題(Integer Linear Programming: ILP)を解くことで得られるが、ILP ではノード数の増大によって計算時間が増大してしまうという課題が存在する。本論文では、高速に URLLP パスを計算するヒューリスティックなアルゴリズムを提案し、ブロッキング率や計算時間についての比較評価を行うことで、その有用性を示す。

キーワード セキュアネットワーク, マルチレイヤ, 経路設計, ジッタ制約, ILP

## A Jitter-Constrained High-Speed Multilayer Combined-Path Design Algorithm for Center-Based Security Analysis

Ryuta MURAKAMI<sup>†</sup>, Takashi KURIMOTO<sup>†</sup>, Satoru OKAMOTO<sup>†</sup>, and Naoaki YAMANAKA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Technology, Keio University 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 223-8522 Japan

<sup>‡</sup> Department of Information and Computer Science, Keio University 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 223-8522 Japan

E-mail: <sup>†</sup> ryuta.murakami@yamanaka.ics.keio.ac.jp

**Abstract** In order to realize a highly reliable network infrastructure in the Beyond 5G era, we have proposed the “Reconfigurable In-Network Security Sensor Network(REINS Network)” as a centralized security analysis method. The REINS Network concept is to collect data from sensors distributed in network to Network Operation Center (NOC) via Ultra Reliable Low Latency Probing (URLLP) path in real-time, and to analyze collected data in NOC. The URLLP path uses for collecting data must satisfy required bandwidth and delay-jitter by sensors, and it is constructed by packet switching path and optical switching path. Its optimal solution can be found by solving an Integer Linear Programming (ILP) problem. However, the increase in computation time associated with an increase in the number of nodes becomes an issue. In this paper, we propose some high-speed algorithms to design URLLP path and show their usefulness by comparing them with ILP.

**Keywords** Secure Network, Multilayer, Path Design, Jitter-Constrained, ILP

### 1. はじめに

Beyond 5G 時代における高信頼なネットワーク基盤を実現するために、センター型セキュリティ分析手法である“Reconfigurable In-Network Security Sensor Network (REINS Network)”の提案を行っている[1-2]. REINS Network では、ネットワーク内にネットワークセンサが分散配置され、センサから得られたデータを

Network Operation Center (NOC)へ、ハイパープロービングレイヤ[1]内の Ultra Reliable Low Latency Probing (URLLP) パスを経由して、リアルタイムに収集することをコンセプトとしている。図 1 に REINS Network における URLLP パスの概要を示す。

通常時は、全パケットに対してメタデータを生成し、URLLP パスを通じてそのデータが NOC へ送られる (Coarse Probing)。一方、センサが脅威を検出した場合