

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04171

研究課題名（和文）ネットワーク運用自動化に向けたネットワーク障害情報共有知の研究

研究課題名（英文）Research on network fault information sharing knowledge for network operation automation

研究代表者

北口 善明（Kitaguchi, Yoshiaki）

東京工業大学・学術国際情報センター・マネジメント准教授

研究者番号：30537642

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ネットワーク運用経験が豊富な技術者に頼らずとも、ネットワークシステムにおける障害対応を可能とする環境の実現を目的とし、ネットワークシステム障害情報共有知の構築を提案した。この目的を達成するため、(1) ネットワーク障害事例共有知の構築手法、(2) ネットワーク運用ログを用いたネットワーク状態把握手法、(3) 定常的なネットワーク状態計測手法を利用した変動するネットワーク障害検出、の3つ研究テーマにより複雑なネットワーク系におけるネットワーク運用自動化に向けた研究開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ネットワーク運用における人材不足を補うためにも、ネットワーク運用自動化による運用工数削減が引き続き求められる。本研究にて開発した、ネットワーク品質評価を実現するクライアントおよびサーバ側からの継続的な計測ロギングシステムと、無線LAN環境を多角的に分析・評価するハイブリッド計測手法や無線LAN環境の分析結果により、ネットワーク運用経験の乏しい運用者を支援するシステム構築の実現性を示すことができたと考えられる。また、ネットワーク構成管理システムによるネットワーク運用自動化の検討により、今後複雑化するネットワーク運用に対する問題解決に貢献できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed establishing a knowledge-sharing system for network system failures, aiming to achieve an environment where responses to network failures can be made without relying solely on engineers with extensive network operation experience. To accomplish this goal, we conducted research and development towards the automation of network operation in complex network systems through three research themes: (1) a method for constructing shared knowledge of network failure cases, (2) a method for understanding network status using network operation logs, and (3) the detection of fluctuating network failures using a method for regularly measuring network status.

研究分野：情報通信工学

キーワード：ネットワーク診断 ネットワーク運用自動化 エキスパートシステム

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高度化するネットワーク運用において、障害発生時における迅速な原因特定や対処が重要である。しかしながら、ネットワークにおける障害には、時間経過による変化のために原因特定が困難な障害が存在しており、加えて、複数プロトコルの併用などで複雑化するネットワークの登場もあり、障害対応が困難なものとなっている。これらの問題に対処するためには、経験豊富なネットワーク運用技術者を配置することが求められるが、供給が需要に追いつかない現状となっており、早急な対策が求められている。

2. 研究の目的

前述の課題を解決するため、本研究では、ネットワーク運用経験が豊富な技術者に頼らずとも、ネットワークシステムにおける障害対応を可能とする環境の実現を目的とする。この目的を実現するための手法として、ネットワークシステム障害情報共有知の構築を提案しており、この新しいエキスパートシステムにより障害対応時の負荷を軽減することで経験の乏しい技術者の支援を可能とし、複雑なネットワーク系においてもネットワーク運用自動化を実現するものである。ネットワーク障害情報共有知で取り扱う知識源として、経験豊富な技術者の暗黙知や、既に組織・グループが所有している形式知を想定しており、前者に対しては構造化手法を、後者に対しては機微情報の匿名化手法をそれぞれ確立する。

3. 研究の方法

本研究では、以下の3つの研究テーマを中心に、ネットワーク運用自動化に向けた新しいネットワーク運用手法について研究を進める。

(1) ネットワーク障害事例共有知の構築手法の研究

提案するネットワーク障害事例共有知の構築に際し、既存の形式知に存在する機密情報や機微情報を、障害検知精度を損ねることなく自動的に排除・秘匿する手法の確立のため、様々なネットワーク障害解析につながる情報を扱うための共有知データ構造の定義を行う。次に定義した共有知データ構造形式の評価をプロトタイプ実装による実証実験にて評価を進め、評価結果を元にしたネットワーク制御によるネットワーク運用自動化手法の確立を目指す。ネットワーク運用自動化に向けて、ネットワーク構成管理手法の検討および実環境への展開を実施し、実機による評価を元に必要機能の一般化を進め、適用範囲の拡張を進める。

(2) ネットワーク運用ログを用いたネットワーク状態把握手法の研究

障害対応における作業ログやネットワーク運用者における体系化されていない運用経験や運用ノウハウといった暗黙知から、障害情報データベースを構築する手法を検討する。そのために、日本ネットワークオペレーターズグループ(JANOG)に参加するネットワーク運用者を中心に、運用ノウハウをヒアリング形式で収集し、障害情報データベースの構築を進める。ネットワーク状態把握手法として、利用者側からのアクティブ計測とスピードテストサーバによるインターネット全体の品質計測を連携させたシステムを用い、継続的なネットワーク品質評価を進め、ネットワーク状態把握に必要な計測パラメータの整理を行う。

(3) 定常的なネットワーク状態計測手法を利用した変動するネットワーク障害検出の研究

センサデバイスやクライアント端末などで収集した計測情報と、ネットワーク障害事例共有知における障害事例を比較することで、時間で変動するネットワーク障害を検知する手法の確立を目指し、複数の実証実験により適用手法の評価・検証を行う。特に、環境変動が著しい無線ネットワークにおいて、クライアント端末における無線ネットワーク環境情報の取得手法を検討し、クライアント端末で評価可能な計測項目および通信パラメータの選定を進める。

4. 研究成果

本研究における3つの研究テーマにおいて、以下の研究成果を得た。

(1) ネットワーク障害事例共有知の構築手法の研究

本研究での提案手法は、複雑なネットワーク系においてもネットワーク運用自動化を実現することを目的としている。当初予定していた大規模イベントネットワークを用いた実証実験がCOVID-19の影響により困難となったこともあり、先にネットワーク運用自動化手法に関する検討・評価を進める研究方針に変更した。そこで、ネットワーク運用自動化に向けたネットワーク構成管理システムの実装を進め、構成管理に NetBox を使い ansible による実機制御を実現するプロトタイプ実装による実環境への展開および評価を進めた[7][11]。キャンパスネットワークの運用に適用したネットワーク構成管理システムの定常運用による知見収集と一般化による適用範囲の拡張に関して継続的に研究を進め、無線 LAN のモニタリングシステムの開発[3]と、その運用から得られた統計分析とその結果からの事例収集[10]をおこない、また他大学のキャンパスネットワークへの展開に関して継続的な検討を行う目処が立つに至った[13]。

(2) ネットワーク運用ログを用いたネットワーク状態把握手法の研究

ネットワーク障害情報共有に向けたワーキンググループ設立に向けた取り組みに関しては、COVID-19による制約により、ネットワーク運用者との議論を密に実施することが困難となった。そこで、ネットワーク状態を継続的に収集する仕組みの確立に重きを置き、ネットワーク状態把握手法の研究を進めた。ネットワーク状態を把握する手法として、クライアント側、サーバ側双方を連携する手法に取り組み、クライアント側においては、多数のセンサデバイスを統合制御する仕組みを構築、サーバ側においては、インターネット上に配置した性能計測サイト:iNonius スピードテストサイトと連携し、継続的なネットワーク品質計測を実施する仕組みを確立し、インターネットの状態分析、特にIPv6の性能に焦点を当てて評価を実施した[1][2][4]。本研究におけるサーバ側とクライアント側双方の計測ログを活用したネットワーク状態把握手法に関しては、分析手法の評価を継続的に進めており、2024年度にサービス公開と実環境における継続的な運用開始を目指している。

(3) 定常的なネットワーク状態計測手法を利用した変動するネットワーク障害検出の研究

本研究の課題として、ネットワーク障害の発生を推定するため、時系列に収集したさまざまな計測結果の統計分析を実施し、その実装と有効性の評価をおこなった。無線ネットワークの状態を把握する手法として、従来のエンドポイント側からのアクティブ計測に加えて、無線 LAN フレームキャプチャを行い、アクティブ計測およびパッシブ計測を組み合わせる無線 LAN 環境の推定を行う手法を用い、実環境における通信キャパシティと品質を低コストで評価することを実現した[12]。また、このパッシブ計測は無線 LAN のフレームキャプチャと IP パケットキャプチャによって実施するが、近年普及している 802.11ac/ax 環境での無線 LAN キャプチャについて評価試験をおこない、本提案の根幹となる無線 LAN キャプチャの実用性に関して言及した[9]。加えて、本研究課題で必要となる利用状態を模倣した実無線 LAN 環境のエミュレーションのため、無線 LAN デバイスを集積したシングルボードコンピューティングデバイスによる高負荷の無線 LAN 環境の再現手法について研究開発を行い、その評価をおこなった[6][8]。また、様々な角度から定常的な計測データを取得し、それらを多角的に分析することでネットワーク障害の早期発見および予兆検出の可能性を評価した[5]。本課題で新たに提案をした計測手法や、複数の計測手法を組み合わせる分析を用いることで、従来では発見が難しかった一時的なネットワーク障害や、無線などの低レイヤの起因する問題を発見することが可能となった。

- [1] 豊田 安信, 岩本 裕真, 加藤 良輔, 北口 善明, 中川 あきら, 永見 健一, 西野 大, 通信品質計測 Web サービスを活用した日本の IPv6 インターネット環境の分析と考察, 情報処理学会研究報告, Vol.2021-IOT-52, No.32, pp.1-6, 2021, 査読なし
- [2] 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, SINDAN システムを利用したコンテナプラットフォームにおけるネットワーク環境の計測, 情報処理学会研究報告, Vol.2021-IOT-52, No.33, pp.1-6, 2021, 査読なし
- [3] 石原 知洋, 関谷 勇司: 時系列 DB を利用した無線基地局およびクライアント統計情報の継続的な収集と可視化, 情報処理学会研究報告, Vol.2021-IOT-55, No.5, pp.1-6, November 2021. 査読なし
- [4] 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢, IoT コンピューティングデバイスを用いた低コストな無線 LAN 環境計測システム, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス (TDP), Vol.2, No.3, pp.1-10, 2021, 査読あり
- [5] 新 麗, 豊田 安信, 北口 善明, ユーザ視点による IPv6 インターネット環境の調査, 情報処理学会研究報告, Vol. 2022-IOT-56, No.13, pp.1-6, 2022, 査読なし

- [6] 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢, WebRTC を利用した動画配信利用時の無線 LAN 品質測定, 情報処理学会研究報告, Vol. 2022-IOT-56, No.19, pp.1-6, 2022, 査読なし
- [7] 北口 善明, 金 勇, 友石 正彦, OSS を活用したキャンパスネットワークの構成管理システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-IOT-58, No.16, pp.1-6, 2022, 査読なし
- [8] 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢, 教室環境における 802.11ax および 802.11ac の性能調査, 情報処理学会研究報告, Vol.2022-IOT-59, No.10, pp.1-5, 2022, 査読なし
- [9] 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢, 802.11ax 環境下における無線フレームキャプチャの検討, 情報処理学会 インターネットと運用技術シンポジウム (IOTS) 2022 論文集, Vol.2022, pp.25-30, 2022, 査読あり
- [10] 石原 知洋, Wi-Fi 計測システムによるキャンパス無線 LAN の統計情報の分析, 情報処理学会研究報告, Vol.2023-IOT-60, No.1, pp.1-5, 2023, 査読なし
- [11] 北口 善明, 金 勇, 友石 正彦, キャンパスネットワーク運用自動化に向けた構成管理システムの実装と評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2023-IOT-62, No.17, pp.1-6, 2023, 査読なし
- [12] 石原 知洋, 北口 善明, 無線 LAN 環境の品質分析のためのアクティブ・パッシブ複合計測手法, 情報処理学会研究報告, Vol.2024-IOT-65, No.24, pp.1-8, 2024, 査読なし
- [13] 大森 幹之, 北口 善明, 異なるキャンパスネットワークにおける VLAN 設定手順の共通要素の抽出と自動化の一検討, 情報処理学会研究報告, Vol.2024-IOT-65, No.25, pp.1-6, 2024, 査読なし

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 豊田 安信, 岩本 裕真, 加藤 良輔, 北口 善明, 中川 あきら, 永見 健一, 西野 大	4. 巻 Vol.2021-IOT-52, No.32
2. 論文標題 通信品質計測Webサービスを活用した日本のIPv6インターネット環境の分析と考察	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博	4. 巻 Vol.2021-IOT-52, No.33
2. 論文標題 SINDANシステムを利用したコンテナプラットフォームにおけるネットワーク環境の計測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋, 関谷 勇司	4. 巻 Vol.2021-IOT-55
2. 論文標題 時系列DBを利用した無線基地局およびクライアント統計情報の継続的な収集と可視化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢	4. 巻 Vol.2, No.3
2. 論文標題 IoTコンピューティングデバイスを用いた低コストな無線LAN環境計測システム	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス (TDP)	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新 麗, 豊田 安信, 北口 善明	4. 巻 Vol. 2022-10T-56, No.13
2. 論文標題 ユーザ視点によるIPv6インターネット環境の調査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢	4. 巻 Vol. 2022-10T-56, No.19
2. 論文標題 WebRTCを利用した動画配信利用時の無線LAN品質測定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北口 善明, 金 勇, 友石 正彦	4. 巻 Vol. 2022-10T-58
2. 論文標題 OSSを活用したキャンパスネットワークの構成管理システム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢	4. 巻 Vol. 2022-10T-59, No.10
2. 論文標題 教室環境における802.11axおよび802.11acの性能調査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋, 北口 善明, 阿部 博, 金子 直矢	4. 巻 Vol.2022
2. 論文標題 802.11ax環境下における無線フレームキャプチャの検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会 インターネットと運用技術シンポジウム (IOTS) 2022論文集	6. 最初と最後の頁 25-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋	4. 巻 Vol.2023-IOT-60, No.1
2. 論文標題 Wi-Fi計測システムによるキャンパス無線LANの統計情報の分析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北口 善明, 金 勇, 友石 正彦	4. 巻 Vol.2023-IOT-62, No.17
2. 論文標題 キャンパスネットワーク運用自動化に向けた構成管理システムの実装と評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原 知洋, 北口 善明	4. 巻 Vol.2024-IOT-65, No.24
2. 論文標題 無線LAN環境の品質分析のためのアクティブ・パッシブ複合計測手法	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大森 幹之, 北口 善明	4. 巻 Vol. 2024-10T-65, No. 25
2. 論文標題 異なるキャンパスネットワークにおけるVLAN設定手順の共通要素の抽出と自動化の一検討	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	石原 知洋 (Ishihara Tomohiro) (60588242)	東京大学・大学院総合文化研究科・准教授 (12601)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	阿部 博 (Abe Hitoshi)		
研究協力者	高嶋 健人 (Takashima Taketo)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------