

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11929

研究課題名（和文）通信品質を考慮するサイバー攻撃防御システムに関する研究

研究課題名（英文）A Defense System of Cyber Attacks Considering Communication Quality

研究代表者

前田 香織（Maeda, Kaori）

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：00264953

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では新たなMTD（Moving Target Defense）の方式を提案し、アドレスホッピングなどの防御機構がサーバで動作していても、クライアントとの通信品質が維持できるサイバー攻撃防御システムの開発を行った。提案方式はIPアドレスやルートのホッピング時にIPモビリティ技術のIPアドレス変換機構を用い、ホッピングによってIPアドレス等の変化時も途絶が通信ができる。また、高速パケット処理用にDPDKを用いることによりホッピング時の高速な処理が可能である。実験的評価により、開発システムのMTDの処理が通信スループットや通信遅延へ与える影響について明らかにし、提案方式の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代社会において各種サービスがクラウド利用により提供される中、サービス提供のサーバをサイバー攻撃から防御することは重要な社会的課題と言える。サーバの防御性能を高める技術としてMTDがあるが、MTDの各種防御処理の負荷により、必ずしも本来のサービス継続性の保証や通信品質の維持ができていない。本研究では「MTDの効果を維持しつつ、通信品質を維持、さらに向上する」という課題に対して新たなMTDシステムを研究開発したものである。提案のMTD方式がこの課題解決するために有効であることを示すことができ、本研究の成果は学術的価値をもつとともに、実社会の課題の解決に直結するものであり、社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this research, we proposed a new MTD(Moving Target Defense) method and developed the defense system of cyber attacks so as not to decrease communication quality between servers and clients by processing of MTD defense mechanism such as IP address hopping. The developed system uses IP address translation function of IP mobility technology to continue communication without disruption during IP address hopping and route hopping. Also, the system uses DPDK as high performance packet processing and enables high speed processing of various hopping. Through the experimental evaluations using the prototype system, we showed the effect on communication throughput and latency by MTD processing overhead and effectiveness of the proposed MTD method.

研究分野：情報通信

キーワード：Moving Target Defense 防御性能 IPアドレスホッピング IPモビリティ

1. 研究開始当初の背景

動的に標的システムの構成や識別アドレスを変化させ、標的の特定を困難にする Moving Target Defense (MTD) の研究はプロアクティブなセキュリティ対策の新たな研究として進んでいた。国内では MTD 研究はほぼないが、2009 年 5 月に開催の“National Cyber Leap Year Summit 2009”において MTD の意義がまとめられ、チェアレポートとして発行[1]されて以降、ACM の国際会議が毎年開催されるなど国外では活発に研究が進み、多数の提案が発表されている[2]。

このような状況で研究代表者らは動的なアドレス変更の方式に焦点をあてた MTD の研究を進めてきた[3]。本研究ではアドレスホッピングを採用して防御性能を高めることは関連研究と同じであるが、他で見逃されている「アドレスホッピングに追従できるサービス継続性の保証や通信品質の維持」を視点に入れた MTD 研究である点が他と異なり、既存研究にはない新たなアプローチとして位置付けられる。

[1] “National cyber leap year summit 2009 co-cochairs report,”Tech. Rep., 2009. available <https://www.hsdl.org/?abstract&did=8030>

[2] B.C. Ward, S.R. Gomez, R.W. Skowrya, D. Bigelow et.al.,“Survey of Cyber Moving Targets Second Edition,” MIT Technical Report 1228, Jan 2018.

[3]大島史也,前田香織,大石恭弘,“IP モビリティを用いた IP アドレスホッピングによる MTD の提案,”信学技法, IA2017-24, Nov.2017.

2. 研究の目的

本研究は「MTD の効果を維持しつつ、通信品質を維持、さらに向上することはできないか?」という学術的問いを解決する新たな MTD システムを研究開発する。MTD における動的なアドレス変更はネットワークレベルでの識別子の変更のため通信相手との通信の維持やサービスの継続が難しくなり、通信品質の低下が課題である。この他に IP アドレスの変更時のアドレスプール、名前解決など実際に MTD をインターネットで適用する場合の課題がある。こうした課題を解決して、本来の通信の品質を維持してインターネット上のサーバを攻撃から防御することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 新たなアドレスホッピング方式の設計と移動透過通信を用いた MTD システムの構築

ホッピングの対象として、IP アドレスやポート番号、ホッピング時間、アドレス空間、通信相手の位置などが考えられる。既存研究の動向を調査するとともに、MTD の技術的条件や課題をまとめて、新たなホッピング方式を提案する。保有の移動透過通信技術を応用して、提案ホッピング方式を組み込んだ MTD システムを設計し、プロトタイプシステムを実装する。このとき、信頼できる通信相手はサーバのホッピングに追従して通信が継続できるよう正規の通信相手の判断に属性を利用する認証機構を組み込む。

(2) 防御性能の評価とホッピング方式の見直し

アドレスホッピング方式を分析し、MTD における IP アドレスの予測困難性や攻撃に対する防御性能に関わる理論的またはシミュレーションによる評価を行う。いくつか攻撃モデル(ワームや DoS など)を用い、アドレスのホッピング率とネットワークスキャンの成功率、ワームの伝搬時間への効果を評価する。

(3) 通信性能に関する評価

実装するプロトタイプシステムを用いた実験を通してアドレスが高頻度で変更しても通信切断が発生しないことや通信品質が低下しないことを示す。MTD システムのオーバーヘッドを実験的に評価する。最初に実験環境を構築する。設計、実装中は研究室内のネットワーク環境で、その後は広域のネットワークからの攻撃のシミュレーションも行う。

(4) 通信安全性やサービス継続性に関する評価

サービス継続のための認証方法の評価や MTD に組み込む認証機構を実験的に評価する

4. 研究成果

研究

(1) 新たな MTD 方式の提案とシステムの開発

移動透過通信 (IP モビリティ) 機構である MAT (研究代表者らの既存研究) をもつ前述 1 の文献[3]を発展させた新たな MTD 方式を提案し、DPDK-MAT MTD システムを開発した。MAT はネットワーク上の位置識別子であるモバイルアドレス (MoA) と端末識別子であるホームアドレス (HoA) を端末で相互変換することで IP モビリティを実現する。提案した MTD 方式では MTD において IP アドレスやルートのホッピングでアドレスが変わる時に MAT のアドレス変換機構を用いて途絶なく通信が継続できる。また、高速パケット処理ソフトウェアである DPDK (Data Plane Development Kit) を高速なアドレス変換等に用いている。これらを用いた MTD システム DPDK-MAT MTD を用いた通信の概観を図 1 に、アーキテクチャを図 2 に示す。

このシステムは以下のような特徴をもつ。

- ① 複数のネットワークをまたがる IP アドレスホッピングとルートホッピングが可能

- ② IPsec によって保護対象サーバとの通信を暗号化
- ③ IP アドレスホッピング時のセッション途絶なく、高速なルートホッピングが可能
- ④ MTD の防御機構のオーバーヘッドによる通信スループット低下を抑制
- ⑤ 保護対象サーバの IP アドレスは FQDN による名前解決が可能で公開可能
- ⑥ MTD 導入によって、保護対象サーバやクライアントの所属ネットワーク構成の変更がない

①と②により保護対象サーバへの攻撃を困難にする。すなわち、防御性能を高める。定期的またはランダム時間周期でパケットの送信元や宛先アドレスが変動するよう見えるため、インターネット上での中間者攻撃が困難となる。また、パケットは IPsec によってアプリケーションによらず暗号化するため、更に攻撃の難易度が高まる。ルートホッピングは盗聴だけでなく特定のネットワークからのフローをドロップさせるなどの DoS 攻撃にも有効である。これらは研究方法に記したホッピング方法の見直しにより実装したものである。③と④は MTD を備えるサーバのサービスの継続性や品質向上が可能となる。標的となるサーバは多数のアクセスがあるクラウドサービスを提供するものと想定し、サーバは MTD のアドレスホッピング処理や IP モビリティ機構のアドレス変換処理の負荷も加味して、高速に各種サービス进行处理することが必要である。そのため、DPDK を用いた開発をしている。IP モビリティ機構はユーザランド処理で行ったにも関わらず、カーネル処理と同等の性能を出すことを示すことができた。⑤はサーバが SSL 通信を行うために必要であり、⑥によりサーバの MTD の導入のハードルを下げるができる。

(2) 開発した MTD システムの通信性能に関する評価

開発した DPDK-MAT MTD のプロトタイプシステムによる実験的評価を行った。特に本研究課題の目的である通信品質の維持が可能な MTD システムかを示すため、通信スループットに関する評価の結果を示す。

通信性能の評価として、IP アドレスホッピングや IPsec の機能を有効にした場合での通信スループットの測定実験を行い、サーバが既存手法 (DPDK を用いない MAT MTD) の場合や MTD なしの通常通信の場合と比較することにより、開発システムを搭載した MTD 適用のサーバであってもクライアントとの通信スループットが低下しないことを示した。

最初にサーバが DPDK-MAT MTD (開発システム)、MAT MTD (既存 MTD 手法による MTD システム) を適用している場合、MTD 適用なしの場合の 3 通りで、サーバ・クライアント間に 5 つのペイロードサイズの異なる単一セッション (UDP) の通信性能 (サーバの送信と受信スループット) の測定実験を行った。MTD 適用の場合は測定時間中に IP アドレスホッピングを行った場合も測定した。これにより、図 3 のように全てのペイロードサイズで DPDK-MAT MTD が MAT MTD のスループットより高いことが確認でき、MAT・MTD 無しと同等のスループットが得られた。特に IPsec が有効の場合、MAT MTD や通常端末と比較して、最大 32% のスループット向上が確認でき、DPDK を用いて IPsec 機能を実装した効果が見られた。一方、複数セッションの実験では、図 4 のように同時セッション数を増やした場合 (10 から 1000 まで 100 ずつ)、IPsec なしの場合 DPDK-MAT MTD が既存手法の結果を上回るものの、MTD なしと同等の性能を維持することはできなかった。IPsec ありの場合は単一セッションと同様に DPDK-MAT MTD の送信・受信のスループットが他の 2 つの場合に比べて高く、MTD を適用しても通信性能が低下しないことを示すことができた。

次にルートホッピング時のスループットに関する評価を行った。ルートホッピングする場合、遅延 (RTT) の異なる経路でパケットが伝送され、TCP の順序制御や再送制御による処理遅延など通信のオーバーヘッドが生じる。オーバーヘッドがスループットに与える影響を評価した。測定環境の詳細は省略するが、一方の経路に遅延を挿入し、サーバが遅延差のある 2 つの経路をルートホッピングする場合にクライアントでの受信スループットを測定した。装置間のリンク帯域は 1Gbps である。

その結果、表 1 と 2 のとおり TCP の場合は TCP の輻輳制御アルゴリズム (実験では CUBIC

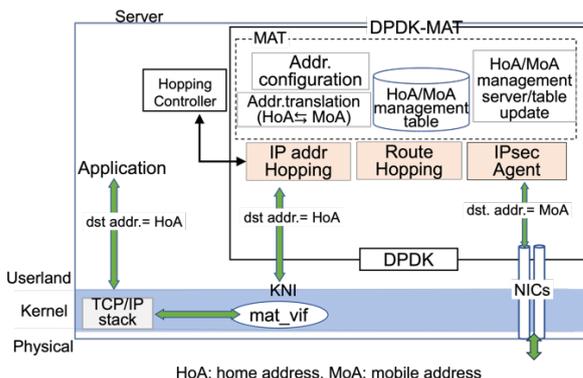


図 1 DPDK-MAT MTD のアーキテクチャ

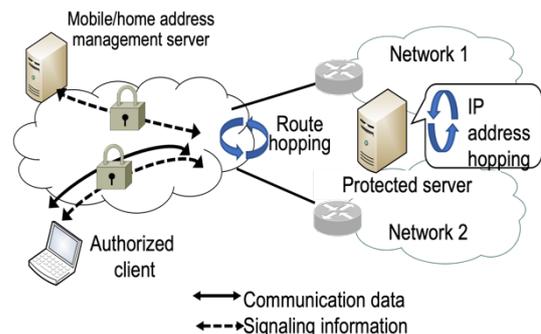


図 2 DPDK-MAT MTD の通信概要

とBBR)によってスループットの差が出ることを示した。この差はDPDK-MAT MTDの動作の影響によるものではないことを確認しており、ルートホッピングに対して開発システムが通信スループットに影響を及ぼすことはないことを示すことができた。

(3) DPDK-MAT MTDの防御性能

ルートホッピングの防御性能に関して、提案方式はインターネット上で複数経路を切り替えて通信を行う既存研究NAH[4]と同様に振る舞うことが可能であり、この既存研究と同程度の防御性能があることを示した。ただし、DPDK-MAT MTDはサーバからのパケットの送信元アドレスを変更するのみであるため、送信元、宛先アドレス両方の変更を行うNAHと比較すると受信側に近い箇所では経路集約により、中間者攻撃の対象となる確率が高くなる。そのため、DPDK-MAT MTDはルートホッピングに加えてIPsecによる標準暗号化機能を追加することで、防御性能を高めている。

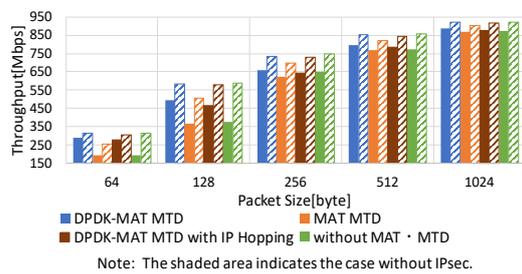
IPアドレスホッピングの防御性能に関しては既存研究であるMAT MTD[3]と同様の防御性能であることを示した。これは定義された攻撃対象サーバの発見確率の式を用いて、保護対象サーバの発見に成功するまでにどれくらいのネットワークスキャンの試行回数が必要かを示すスキャンに対する耐性を示す。

[4]. Yan, X. Huang, M. Ma, P. Zhang, Y. and Ma, "A novel efficient address mutation scheme for ipv6 networks," IEEE Access, 5, pp.7724-7736, 2016.

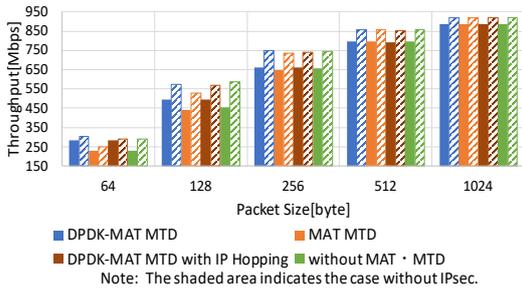
(4) MTD方式の評価指標とそれを用いた評価方法の提案

提案内容は攻撃の複雑化度合い、通信品質、可用性を共通の評価指標として提案し、これらの評価指標に対して、スキャンベース攻撃への耐性、DDoS攻撃への耐性、ホッピングによる通信断、一点障害回避の4つの評価基準を設け、これらの複数の評価基準を用いた階層分析法による各MTD方式の比較評価するものである。提案した比較評価法を用いて、7つの既存提案手法と比較し、提案した評価方法の妥当性を検討した。

以上の研究成果により、「MTDの効果を維持しつつ、通信品質を維持、さらに向上することはできないか?」という学術的問いを解決する新たなMTDシステムを研究開発するという目的を達成することができたと考えている。

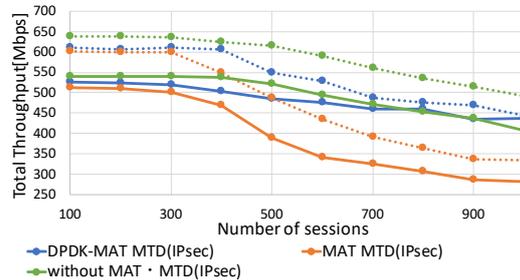


(a) サーバ送信

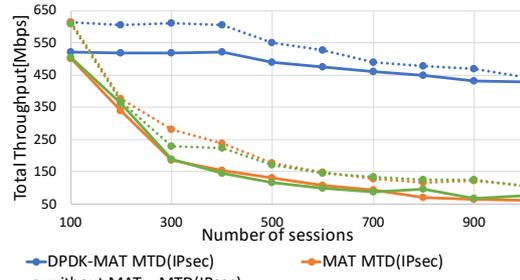


(b) サーバ受信

図3 単一セッションのスループット



(a) サーバ送信



(b) サーバ受信

図4 複数セッション時スループット

表1 TCP(CUBIC)の場合スループット(Mbps)

		IPsec 有り		IPsec 無し		
		ホッピング周期				
		1秒	5秒	1秒	5秒	ホッピング無
遅延 [msec]	0	866	858	883	889	900
	20	514	569	533	583	301
	200	440	451	449	466	43

表2 TCP(BBR)の場合スループット(Mbps)

		IPsec 有り		IPsec 無し		
		ホッピング周期				
		1秒	5秒	1秒	5秒	ホッピング無
遅延 [msec]	0	858	858	888	891	900
	20	442	428	462	445	301
	200	422	411	437	429	43

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 15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 多々納啓人, 前田香織, 近堂徹, 高野知佐	4. 巻 IA2021-75
2. 論文標題 データフロー処理の広域展開を可能にするプラットフォームコントローラの開発と実装	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術報告	6. 最初と最後の頁 94-100
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 田邊優人, 前田香織, 大石 恭弘, 相原玲二, 高野 知佐	4. 巻 IA2021-75
2. 論文標題 高スループット通信を実現するMTDシステムの開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術報告	6. 最初と最後の頁 107-114
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 土手貴裕, 近堂徹, 前田香織, 今村光良, 高野知佐	4. 巻 2022-10T-56
2. 論文標題 マイクロサービスにおけるコンポーネント間の依存関係に 着目した障害原因箇所特定手法の提案	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 249-255
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 多々納啓人, 前田香織, 近堂徹, 高野知佐	4. 巻 1
2. 論文標題 ユーザの要求を反映するデータフロー処理基盤の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02021)シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 1492-1497
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 土手貴裕, 近堂徹, 前田香織, 今村光良, 日野 悠平, 高野知佐	4. 巻 1
2. 論文標題 マイクロサービスにおけるコンポーネントの依存関係を考慮した障害原因特定手法の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02021)シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 1486-1491
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 田邊優人, 前田香織, 大石 恭弘, 高野 知佐	4. 巻 1
2. 論文標題 ネットワーク処理性能を考慮したMTD手法の設計	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02021)シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 1237-1242
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 Tohru Kondo, Hiroki Murakami, Kaori Maeda	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of a window positioning method considering network characteristics for a mobile tiled display	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 IEEE 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)	6. 最初と最後の頁 671-674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CCNC49033.2022.9700620.	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 大柿かほる, 高野知佐, 前田香織	4. 巻 J104-D, No.4
2. 論文標題 リンク・ノード特性とトポロジー情報を考慮した経路選択コスト算出法の提案と実験的評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌D	6. 最初と最後の頁 285-296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transinfj.2020PDP0033	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 内海祐真, 前田香織, 高野知佐, 大石恭弘	4. 巻 vol.2020
2. 論文標題 Moving Target Defense 手法の偵察攻撃の複雑化に関する比較評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第22 回IEEE 広島支部学生シンポジウム(HISS) 論文集	6. 最初と最後の頁 84-86
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 東優介, 高野知佐, 前田香織	4. 巻 vol.2020
2. 論文標題 SNS 上で発生する爆発的事象の特性分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第22 回IEEE 広島支部学生シンポジウム(HISS) 論文集	6. 最初と最後の頁 80-83
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 Yuto TANABE, T Kaori MAEDA, Yasuhiro OHISHI, Reiji AIBARA	4. 巻 IA2019
2. 論文標題 A Userland Implementation of an IP Mobility Support Function using Data Plane Development Kit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Technical Report (Workshop on Internet Architecture and Applications)	6. 最初と最後の頁 33-37
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 Kaoru Ogaki, Chisa Takano, Kaori Maeda	4. 巻 IA2019
2. 論文標題 A Proposal of a routing method based on cost calculation method considering multiple metrics and its evaluation using OpenFlow networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Technical Report (Workshop on Internet Architecture and Applications)	6. 最初と最後の頁 27-32
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 内海 祐真, 前田 香織, 大島 史也, 大石 恭弘	4. 巻 CQ2019-21
2. 論文標題 IPモビリティを用いたMTDの拡張と性能評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術報告	6. 最初と最後の頁 49-54
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 Thoru Kondo, Kaori Maeda	4. 巻 1
2. 論文標題 Cloud-based Dynamic Tiled Display Adapting to Grouping by Distinction of Mobile Devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 Twelfth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU)	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) 10.23919/ICMU48249.2019.9006637	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 多々納啓人, 前田 香織, 近堂 徹, 高野 知佐	4. 巻 64/3
2. 論文標題 コンテナ仮想化に基づく広域分散データフロー処理基盤の開発と評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌6	6. 最初と最後の頁 650-658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00225258	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 土手貴裕, 近堂徹, 前田香織, 高野知佐	4. 巻 64/3
2. 論文標題 マイクロサービスにおけるコンポーネント間の依存関係に着目した障害原因箇所特定システムの開発と評価	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会論文	6. 最初と最後の頁 650-658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00225257	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 田邊優人, 前田香織, 大石 恭弘, 相原玲二, 高野 知佐	4. 巻 J106-B
2. 論文標題 MTDを備え高スループット通信を実現するサーバの開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 342-352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2022JBP3034	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 奥田尚樹, 前田香織, 高野知佐, 市原英行	4. 巻 63/9
2. 論文標題 拡散型フロー制御を用いるDDoS攻撃緩和方式の有効性評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1410-1418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00220079	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 Naoki Okuda, Kaori Maeda, Chisa Takano and Hideyuki Ichihara	4. 巻 1
2. 論文標題 A Resource Estimation Method in Multi-Cloud Environment with a Model based on a Repairable-Item Inventory System	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 COMPSAC 2023 workshop The 11th IEEE International Workshop on Architecture, Design, Deployment & Management of Networks & Applications	6. 最初と最後の頁 -
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 Tohru Kondo, Hiroki Murakami, Kaori Maeda	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of a window positioning method considering network characteristics for a mobile tiled display	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 IEEE 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)	6. 最初と最後の頁 679-682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CCNC49033.2022.9700620	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 多々納 啓人, 前田 香織, 近堂 徹, 相原 玲二
2. 発表標題 ポリシベースマイグレーションを備えるクラウドアプリケーション共有基盤の提案
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土手 貴裕, 前田 香織, 近堂 徹
2. 発表標題 障害につながる状態変化を表現可能なFITシステムの提案
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大柿 かほる, 高野 知佐, 前田 香織
2. 発表標題 複数メトリックを考慮したコスト算出法の提案とOpenFlowへの適応性の評価
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuma Yokoo, Kaori Maeda, Tohru Kondo
2. 発表標題 A Proposal of an Estimation Method of Network Resources using SRv6 for Dataflow Platform Management
3. 学会等名 The 17th Asian Internet Engineering Conference
4. 発表年 2022年

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------