

令和 6 年 5 月 24 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03430

研究課題名（和文）多様なネットワーク環境と変動に適應するAI×人の共創による環境適應技術の研究

研究課題名（英文）A study to adapt to diverse network environments and fluctuations based on AI and human knowledge

研究代表者

妙中 雄三（Taenaka, Yuzo）

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：50587839

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、多様化するアプリケーションとネットワークを環境適應化させる新規技術を考案する上で、AIと研究者の知見を生かす方法を検討した。アプリケーション層では、AIの学習のための適切なデータを収集できることから、AI利用が有効であることを確認できた。一方で、ネットワーク層の技術は、網羅的な状態を含む適切なデータ収集が難しく、研究者による最適化が優位であることを確認した。どちらも複数の事例研究でその有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、多様化するアプリケーションとネットワークを環境適應化させる新規技術を考案する上で、AIと研究者の知見をどのように活かすか？という学術的な問いを探究した。複数の事例研究を通して、環境の状態数が多いネットワークを扱う場合には、網羅的な学習データ収集が困難なことと、状態数が膨大で最適化が難しいという点で、研究者の知見を活かした手法が効果的であることを明らかにした。一方で、目的を限定できる特定のアプリケーション処理に対してはAIを用いる効果が高いことを確認した。

研究成果の概要（英文）：This research examined ways to utilize AI and researcher knowledge in devising new technologies to adapt diversifying applications and networks to their environments. It was confirmed that using AI is effective in the application layer, as it is possible to collect appropriate data for AI learning. On the other hand, it was confirmed that it is difficult to collect appropriate data, including comprehensive states, for network layer technologies, and optimization by researchers is advantageous. The effectiveness of both was confirmed through multiple case studies.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：情報ネットワーク

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

デジタルトランスフォーメーション（DX）の拡大で、AR/MR やウェアラブル機器、車、ロボット、ドローンなどの様々なものがインターネットに繋がり、様々な通信手段（4/5/6G、ミリ波、WLAN など）を駆使して、計算資源やストレージなどの多様な相手と同時多発的に通信する様になる。エンド端末の通信は、経由する通信媒体の特性や変動、ネットワーク上での多様な通信競合などによって益々複雑化するネットワーク環境の影響を受ける。一方でアプリケーション通信では、その通信目的・通信先が多様となり、損失/遅延耐性や必要スループットなどの要求の多様性が増していく。そのため、個々のアプリケーション要求を満足しながら、あらゆるネットワーク特性と変動に環境適応するネットワーク技術が求められる。しかしこれまでは、損失環境下のスループットを最適化するマルチパス TCP や TCP BBR、アプリケーション性能に関わる特定機能を最適化する MQTT や QUIC など、特定環境に特化した部分最適化に留まり、アプリ要求とネットワーク環境の膨大な組み合わせと、それらの変化に対して網羅的・横断的に適応化する事は困難と考えられていた。

それに対して近年、機械学習に代表される AI がデータ解析や最適化に有効な技術として急速に利用拡大し、ネットワーク分野でも技術革新の起爆剤として期待されている。AI は膨大なデータの学習に基づいてあらゆる状況で最適解を得る網羅性を持つことから、世界一のプロ囲碁棋士を破った AlphaGo のように、人類が長年積み上げた叡智を超越する潜在力を持つ。ネットワーク分野においても AI ベースの技術は人が設計した従来技術より優れた機能/性能を獲得する可能性が高く、特に環境適応では、人の想像を超える個々の環境に特化した適応化と多様な状況・変化への網羅性の両方を備えた技術実現への期待が大きい。

2. 研究の目的

原理的に AI はあらゆる状況に適応する最適化ができるが、網羅的で十分な学習データが揃うことが必要条件である。ネットワークにおいて環境適応を行う上ではこの条件の達成が困難、つまりエンド端末（アプリケーション層とトランスポート層）が通信品質に係るネットワーク内の全ての情報を集めることができない。従って本研究では、両エンド端末が収集できる限定的な情報に基づく AI の最適化だけでなく、研究者が持ちうる知見を生かして技術高度化することで AI と人で新たな技術を実現する。

3. 研究の方法

エンド端末間の通信制御にはアプリケーション層とトランスポート層が関与しており、一般的にこれらは独立に設計開発され、個々で環境適応する仕組みを持つ。本研究では、各層の環境適応技術を AI を用いた検討と研究者自身の検討を活用して研究を実施した。

本研究は、課題 1 としてアプリケーションの環境適応、課題 2 としてトランスポート層の環境適応、並びに課題 3 としてアプリケーション層・トランスポート層の両方を意識した通信の環境適応として実施した。

4. 研究成果

本研究の成果をアプリケーション層の環境適応（課題 1）とトランスポート層の環境適応（課題 2）、アプリケーション層・トランスポート層の両方を意識した環境適応のそれぞれについて概説する。

4. 1. アプリケーション層の環境適応

本研究課題では、第一次産業の支援や屋内における人の行動観測といった具体的なアプリケーションを想定して、AI を活用したデータ解析を実施するエンド/エッジ側で収集できる限定的な情報をもとに、ネットワーク上のエッジ/クラウドに配備する機能を動的に制御するオーケストレーションの機能を研究開発した。

4. 1. 1. 第一次産業のアプリケーションを対象とした環境適応

第一次産業として、水耕栽培と陸上養殖を組み合わせた効率的な循環型農業であるアクアポニックスに着目し、様々なセンサから得られた生育環境の情報に加えて、作物や魚の生育度についても併せて分析することで、微生物・作物・魚と環境の相互作用を明確化し、管理者によるアクアポニックスの運用を効率化することを目的として観測システムを設計した。さらに、圃場に設置するノードへ提案システムで必要とされる複数のアプリケーションを動的に配備するコンテナオーケストレーションプラットフォームを備えることで、管理者が手動で行っていたデバイスの管理作業を削減する、より効率的なシステムの管理手法を提案した。特に、エンド/エッジ側で観測できるネットワークの通信状態に応じてエッジ処理とクラウド処理を自動的に切り替える協調処理を実現することで、通信状態が変動する圃場に対する可用性の高いアーキテクチャを提案した（図 1）。

また、提案システムが、ネットワークの通信状態（特に、帯域）に応じてアプリケーションのコンテナを動的に再配備出来ることを確認するための実証実験を実施した。本実験では、ネットワ

一つの帯域が十分に確保出来ない場合を再現するために、エッジノードが接続しているネットワークの帯域を制限し、センサデータを生成しているエッジノードにおいて、コンテナが正しく再配置されることを確認した。図2のように、ネットワークの通信状態がセンサデータの送信に不十分と判断された場合には、まずセンサデータの収集・送信間隔を変化させることで対処を試み、それでも不十分なほどネットワークの通信状態が悪化した場合にはエッジへ AI による解析機能を配備し、解析結果のみをクラウドへ送信することで対処している様子が確認された。

4. 1. 2. 屋内での行動観測アプリケーションを対象とした環境適応

フリーアドレス化されたオフィス内で、快適な場所を把握するなどの社員の働き方を支援するために、オフィスにおける歩行者の観測や、屋内の状況を仮想空間で再現するためのセンシング技術を研究開発している。特に、プライバシーに配慮したセンサである LiDAR を屋内や移動ロボットに設置し、LiDAR で計測した点群データを解析することで屋内の状態を再現した 3D モデルを生成する技術を提案した。加えて、ネットワークの状況に応じてエッジ・クラウドサーバが担当する処理を最適化するオーケストレーションのアーキテクチャを設計し、リアルタイムな状態を把握できるデジタルツインの実現を検討した(図3)。

点群データの位置合わせ・合成、人物検出処理までをエッジで行い人物追跡・特定をクラウドサーバで行う場合と、点群データの位置合わせ・合成をエッジで行い人物検出処理から人物追跡・特定までをクラウドサーバで行う場合の処理時間とエッジ・クラウドサーバ間の送信データ量を比較する実証実験を実施した。その結果、エッジでの処理を多くすると、クラウドで多く処理した際と比較して処理時間は遅くなるが、データ送信量を大幅に減少できることを確認した。

4. 2. トランスポート層の環境適応

4. 2. 1. ネットワーク環境に適応したトランスポート層制御技術

アプリケーションからの要求とネットワーク内部の状態の両方を意識した送信制御技術高度化の取り組みとして、アプリケーション毎の詳細な要求を送信制御に反映可能な QUIC プロトコ

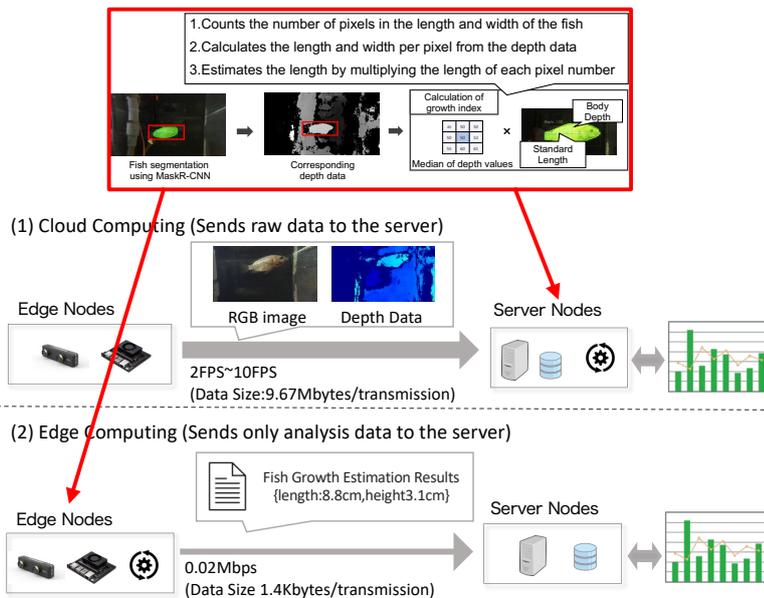


図1 アクアポニックスを対象としたアーキテクチャ

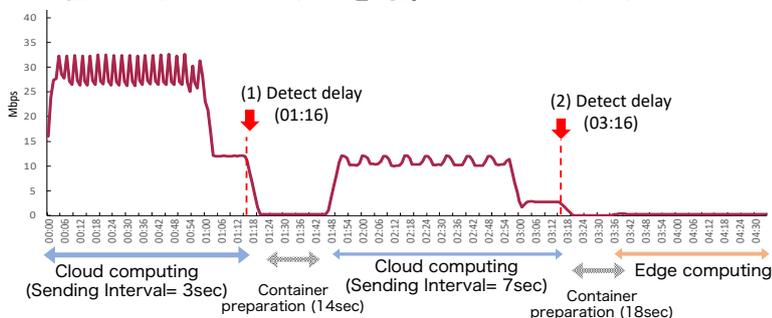


図2 ネットワークの通信状態に応じたオーケストレーション

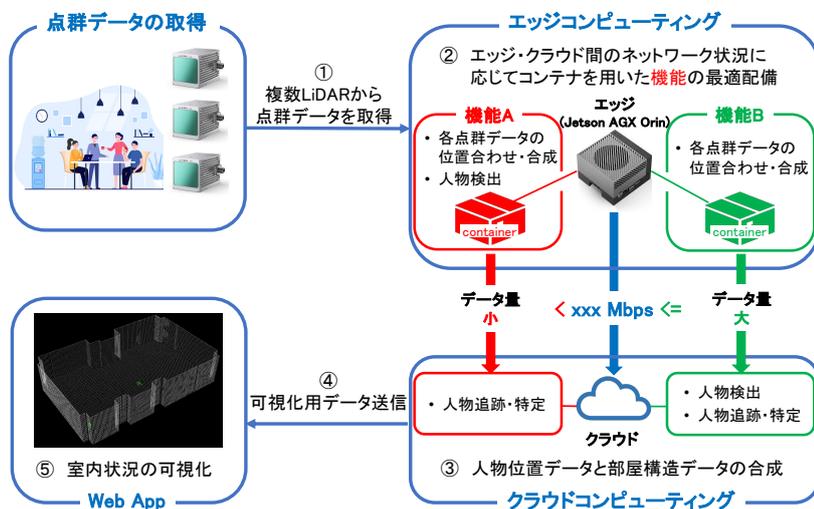


図3 屋内デジタルツインのためのアーキテクチャ

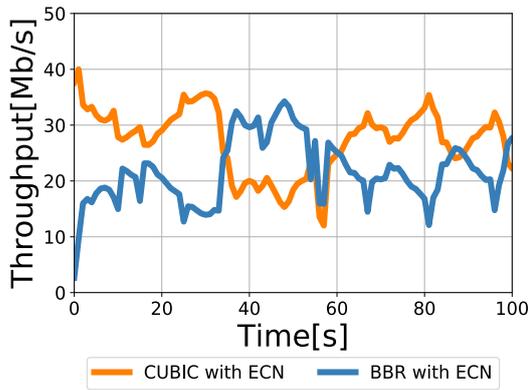


図4 提案手法におけるスループットの変化(1BDP)

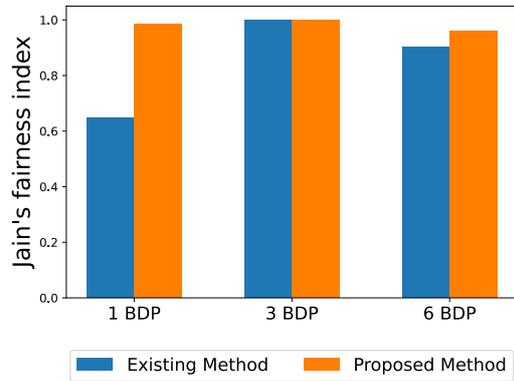


図5 平均スループットの公平性

ルを対象として、多様な送信制御アルゴリズムが混在する場合でも通信品質を向上させる手法の開発に取り組んだ。QUICは従来のTCPと異なり、アプリケーション固有の要求をEnd-to-Endの通信制御に容易に反映することが可能であるが、様々な輻輳制御アルゴリズムを使用するQUIC通信がネットワーク内部で混在した場合に、通信品質が低下する可能性があることが明らかになっている。そこで本研究では、異なる輻輳制御アルゴリズムを使用するQUIC通信が混在した場合において、Explicit Congestion Notification (ECN) と Round Trip Time (RTT) 等の情報からネットワーク内部の状態に適応して送信量を調整する手法を提案し、実機を用いた実験によってその有効性を検証した。提案手法は、輻輳制御アルゴリズムとして、現在のインターネットで利用されている主要な方式であるCUBICとBBRを対象として改良を行った。ネットワーク環境への適応として、ボトルネックリンクのバッファサイズに応じて輻輳への対応を決定することを目的として、CUBICに対しては、送信側でECNによる輻輳通知を受け取った際に、その時点でのRTTが最小RTTの1.5倍以上である場合に重複ACKを受信した場合と同様な輻輳ウィンドウ(cwnd)削減処理を行う仕組みを導入する。BBRに対しては、StartupフェーズにおいてECN受信時にRTTが最小RTTの1.5倍以下の場合にDrainフェーズに移行するよう設定し、さらに、ProbeBWフェーズにおいてECNの個数をカウントし、その個数とRTTからProbeBWフェーズで使用するgainパラメータの大きさを調整する手法を開発した。提案手法を実機に実装し、ネットワークエミュレータを使用して様々なネットワーク環境での性能評価を行った結果、提案手法を用いることによって、異なる輻輳制御アルゴリズムを使用するQUIC通信が公平にネットワーク資源を使用しており(図4)、また、ネットワーク環境が異なる場合においても、既存手法と比較して高い公平性を達成することを確認した(図5)。

4.3. アプリケーション・トランスポートの両方における環境適応

4.3.1. アプリのデータ利用と連携したトランスポート層でのサンプリング通信技術

本課題ではアプリケーション、特にMPEG動画の配信フローを対象に、トランスポートプロトコルであるQUICの通信制御機能を用いて、動画フレームの優先度を把握し、アプリケーション要求品質を満たすために優先度に応じてフレーム廃棄を動的に行う(サンプリング)手法を考案した。具体的にはフレームの優先度を図6に示すGOP(Group of Picture)の構成を元に、式(1)に基づき算出し、無線通信品質を満足するために必要なフレームのみを送信し、それ以外のフレームを廃棄した。本手法の有効性をNS3シミュレーションによって確認した。受信端末が受信したフレームの累積優先度を図7に示す。図7より、無線区間の混雑時において、提案手法を用いる事でリアルタイム性を30%、受信フレームの優先度を6%改善出来る事を明らかにした。

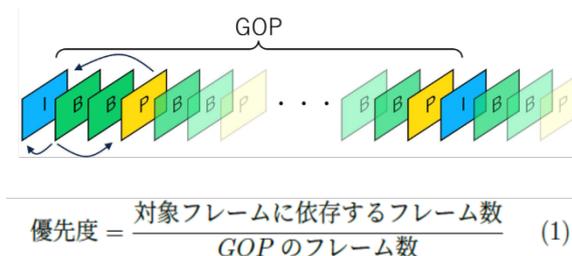


図6 MPEG動画フレームの構成とそれに基づく優先度算出方法

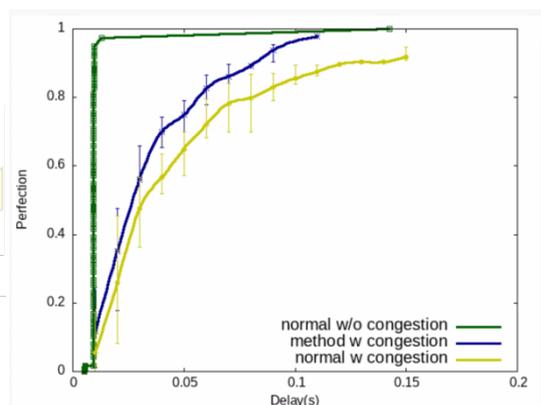


図7 受信パケットの優先度 (CDF)

4.3.2. ネットワーク主導によるアプリケーション通信制御調和手法

従来の TCP の輻輳制御アルゴリズムはボトルネック帯域を共有する複数のフローが公平に帯域を利用するようにデータ送信量を制御する。これに対し我々は、アプリケーションの送信データ量を要求品質に応じて制御するために、ボトルネックと想定する無線区間に接続する通信機器において、往復伝搬遅延時間 (RTT) の予測値とアプリケーション要求の双方を基に、TCP ACK パケットに含まれる広告ウィンドウサイズ (awnd) を動的に変更する手法を考案した。具体的には、プログラマブルデータプレーンの一つである P4 (Programming Protocol-Independent Packet Processors) 言語を用いて awnd を動的に更新したが、この awnd の変更は TCP プロトコル自体に変更を加える必要がない点の特徴と考える。本年度は Mininet エミュレータ上で動作させた BMv2 スイッチ上に提案手法を実装し、通信実験を行った。その結果、提案手法を用いてアプリケーション要求が 2Mb/s のフロー (h1) のデータ送信量をアプリケーション要求に対して誤差 21.5% 程度 (2.429 Mb/s) に制御出来る事を確認した (図 8)。

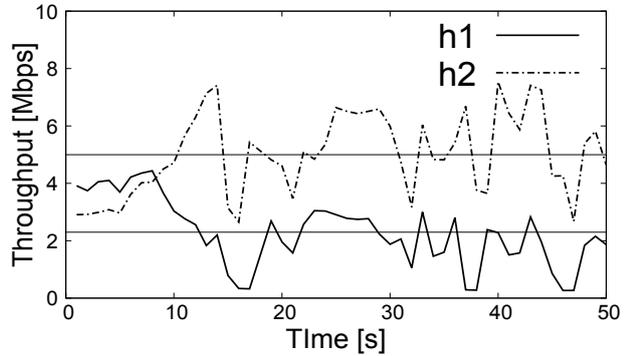


図 8 アプリ要求が 2Mb/s のフロー (h1) を制御した際のスループット性能

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Taisho Sasada, Yuzo Taenaka, Youki Kadobayashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Oblivious Statistic Collection with Local Differential Privacy in Mutual Distrust	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 21374-21386
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2023.3251560	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 N'guessan Yves-Roland Douha, Monowar Bhuyan, Shigeru Kashiara, Doudou Fall, Yuzo Taenaka, Youki Kadobayashi	4. 巻 20
2. 論文標題 A Survey on Blockchain, SDN and NFV for the Smart-Home Security	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Internet of Things	6. 最初と最後の頁 100588
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.iot.2022.100588	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Taenaka Yuzo, Tsukamoto Kazuya	4. 巻 17
2. 論文標題 SDNのプログラマブルデータプレーンによるネットワーク主導型TCPフロー制御調和手法	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEICE Communications Society Magazine	6. 最初と最後の頁 359 ~ 359
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/bplus.17.359	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 AKIYOSHI Shota, TAENAKA Yuzo, TSUKAMOTO Kazuya, LEE Myung	4. 巻 E107.B
2. 論文標題 Content Search Method Utilizing the Metadata Matching Characteristics of Both Spatio-Temporal Content and User Request in the IoT Era	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 163 ~ 172
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2023EBP3060	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 Uchida Nobuhiro, Nobayashi Daiki, Cavendish Dirceu, Ikenaga Takeshi	4. 巻 2024
2. 論文標題 Fairness improvement method using explicit congestion notification for QUIC	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/comex.2024XBL0014	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36件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Shota Akiyoshi, Yuzo Taenaka, Kazuya Tsukamoto, Myung Lee
2. 発表標題 Resource allocation method for fairness and efficient utilization of network and computational resources in edge networks
3. 学会等名 The 14th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS-2022) Workshop-WIND-2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大嶋彩雅, 妙中雄三, 塚本和也
2. 発表標題 〔ポスター講演〕時空間データ滞留システムにおける 位置情報と受信電波強度に基づく送信制御手法の実験評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 RISING研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 秋吉翔太, 妙中雄三, 塚本和也
2. 発表標題 ネットワークワイドなエッジ通信・計算資源の効率・公平利用手法 ~ スケーラブルな資源割当と通信経路選択の実現 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taisho Sasada, Yuzo Taenaka, Youki Kadobayashi
2. 発表標題 Decoupling Statistical Trends from Data Volume on LDP-Based Spatio-Temporal Data Collection
3. 学会等名 IEEE Future Networks World Forum (FNWF'2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryota Murakami and Hiroshi Yamamoto
2. 発表標題 Sensor Network System with Dynamic Service Deployment Depending on Network Condition for Smart Aquaponics
3. 学会等名 2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masayoshi Kondo, Dirceu Cavendish, Daiki Nobayashi, Takeshi Ikenaga
2. 発表標題 BBR Performance over Variable Delay Paths on Multipath TCP Video Streaming
3. 学会等名 The Fifteenth International Conference on Evolving Internet (INTERNET 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nobuhiro Uchida, Daiki Nobayashi, Takeshi Ikenaga, Dirceu Cavendish
2. 発表標題 Performance Evaluation on the Impact of Bottleneck Link Buffer Size under Different Congestion Control Algorithm Competition in QUIC
3. 学会等名 2023 IEEE 20th Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masayoshi Kondo, Dirceu Cavendish, Daiki Nobayashi, Takeshi Ikenaga
2. 発表標題 Evaluation of MPTCP with BBR Performance on Wi-Fi/Cellular networks for Video Streaming
3. 学会等名 The Fourteenth International Conference on Evolving Internet (INTERNET 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 優吉, カベンディッシュ ジルセウ, 野林 大起, 池永 全志
2. 発表標題 遅延変動環境におけるBBR輻輳制御を用いたMPTCPビデオストリーミングの性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内田 敦博, 野林 大起, 池永 全志, カベンディッシュ ジルセウ
2. 発表標題 異なる輻輳制御方式を使用する通信競合時におけるバッファサイズの影響に関する実機検証
3. 学会等名 電子情報通信学会 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会 (RISING)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 優吉, カベンディッシュ ジルセウ, 野林 大起, 池永 全志
2. 発表標題 移動端末におけるBBR輻輳制御を用いたMPTCPビデオストリーミングの品質評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会 (RISING)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内田 敦博, 野林 大起, 池永 全志
2. 発表標題 異なる輻輳制御方式を使用するQUIC通信競合時におけるバッファサイズの影響に関する実機検証
3. 学会等名 電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内田 敦博, 野林 大起, 池永 全志
2. 発表標題 異なる輻輳制御方式を使用するQUIC通信競合時のスループット公平性の実機検証
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 優吉, カベンディッシュ ジルセウ, 野林 大起, 池永 全志
2. 発表標題 モバイルネットワークにおけるTCP BBR輻輳制御によるMPTCPビデオストリーミング品質評価
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masayoshi Kondo, Dirceu Cavendish, Daiki Nobayashi, Takeshi Ikenaga
2. 発表標題 Path Schedulers Performance on Cellular/Wi-Fi Multipath Video Streaming
3. 学会等名 13th International Conference on Evolving Internet (INTERNET2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryuichi Inoue, Hiroshi Yamamoto
2. 発表標題 Household Behavior Observation System Utilizing Mesh Sensor Network Consisting of Smart Taps
3. 学会等名 2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤優吉, カベンディッシュ ジルセウ, 野林大起, 池永全志
2. 発表標題 モバイルネットワークにおけるビデオストリーミングのためのMPTCPスケジューラの性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤優吉, カベンディッシュ ジルセウ, 野林大起, 池永全志
2. 発表標題 モバイルネットワークにおけるMPTCP輻輳制御の性能評価 -パケットロス率がビデオストリーミング品質に与える影響調査-
3. 学会等名 電子情報通信学会 2021年ソサイエティ大会NW技術特別ポスターセッション
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上龍一, 山本 寛
2. 発表標題 宅内生活行動観測のためのスマートタップセンサネットワークの開発と評価
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuya Tsukamoto
2. 発表標題 Elastic Cyber-Physical System on Edge- centric networks of B5G/6G era
3. 学会等名 11th International Symposium on Applied Engineering and Sciences (SAES2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuya Tsukamoto
2. 発表標題 Flexible Cyber-Physical Systems for Geolocation-centric Services
3. 学会等名 The 15th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS-2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大嶋 彩雅, 妙中 雄三, 塚本 和也
2. 発表標題 エッジネットワーク内インラインデータ処理の実現手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大黒 亮巨, 妙中 雄三, 塚本 和也
2. 発表標題 無線資源有効利用のための ネットワーク主導型通信制御手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 チョウ コウテイ, 山本 寛
2. 発表標題 発電機能を備えたセンサーメッシュネットワークによるライフログシステムの開発と評価
3. 学会等名 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Lakhdar Friha Massinissa, Hideaki Miyaji, Hiroshi Yamamoto
2. 発表標題 Selection Method of Suitable Multi-Edge Computing Server based on Position Prediction of Mobile Users
3. 学会等名 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Haoting Zhang, Hiroshi Yamamoto
2. 発表標題 LifeLog Mesh Sensor Network System Supporting Wake-Up Control Function Based on States of Power Generation
3. 学会等名 IEEE 21st Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 由上 智也, 山本 寛
2. 発表標題 循環型農業の運用を支援する高信頼広域センサネットワークシステムの検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 三本 祥成, 山本 寛
2. 発表標題 屋内デジタルツインを実現する複数 LIDAR を活用した 三次元空間構築ネットワークシステムの検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 池永 全志
2. 発表標題 QUICにおける輻輳制御技術の研究開発動向
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションシステム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内田 敦博, 野林 大起, カベンディシュ ジルセウ, 池永 全志
2. 発表標題 異なる輻輳制御方式を使用するQUIC通信競合時におけるECNを用いた公平性改善手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内田 敦博, 野林 大起, カベンディシュ ジルセウ, 池永 全志
2. 発表標題 異なる輻輳制御方式を使用するQUIC通信競合時における公平性の改善手法の検討
3. 学会等名 2023年電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小松 陽祐, カベンディッシュ ジルセウ, 野林 大起, 池永全志
2. 発表標題 低軌道衛星通信と4G/LTEを用いたMPTCPのビデオストリーミングの基礎特性評価
3. 学会等名 2023年電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nobuhiro Uchida, Daiki Nobayashi, Dirceu Cavendish, Takeshi Ikenaga
2. 発表標題 Fairness Improvement Method Using ECNs with Different Congestion Control Algorithms within QUIC
3. 学会等名 The 31st IEEE International Conference on Network Protocols
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 牛丸 龍之介, 野林大起, 塚本和也, 池永全志
2. 発表標題 低軌道衛星通信におけるTCP輻輳制御アルゴリズムの性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 貝田 弘人, 野林 大起, 塚本 和也, 池永 全志
2. 発表標題 低軌道衛星通信を使用した端末間における異なる輻輳制御アルゴリズムの性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yosuke Komatsu, Dirceu Cavendish, Daiki Nobayashi, Takeshi Ikenaga
2. 発表標題 Performance Evaluation of Multipath TCP Video Streaming on LEO Satellite/Cellular Networks
3. 学会等名 INTERNET2024
4. 発表年 2024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
研究分担者	門林 雄基 (Kadobayashi Youki) (00294158)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授 (14603)	
研究分担者	塚本 和也 (Tsukamoto Kazuya) (20452823)	九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授 (17104)	
研究分担者	池永 全志 (Ikenaga Takeshi) (50284716)	九州工業大学・大学院工学研究院・教授 (17104)	
研究分担者	山本 寛 (Yamamoto Hiroshi) (80451201)	立命館大学・情報理工学部・教授 (34315)	

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