

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H00734

研究課題名(和文)空間分割多重型エラスティック光網制御及び密連携する分散エッジノード応用基盤の研究

研究課題名(英文) Research on Space Division Multiplexing Elastic Optical Network Control and Cooperative Application Infrastructure for Distributed Edge Nodes

研究代表者

戸出 英樹 (TODE, HIDEKI)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20243181

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(ア)先進空間分割多重型エラスティック光網(SDM-EON)制御、及び、(イ)分散エッジノード応用基盤技術を確立した。特に、“使用禁止スロット”、“クロストーク(XT)コスト”、“基準隣接数”の概念を導入し、経路リンク上のXTマージンに応じた柔軟なRSCMA制御方式を確立し、低中負荷領域でベンチマーク方式の100倍以上の性能を達成した。CDNサロゲート間をSDM-EONで接続する環境で、適応的にコンテンツの移動・取得・複製・光パス設定を行う手法を確立し、有効性を実証した。NICTテストベッド上で、疑似マルチコアファイバ動的切替制御、動的サービスチェイニング制御の実証実験を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の主要成果は、将来のSDM-EONにおけるマルチコアファイバを用いたトラフィック収容の際のクロストーク信号劣化問題を克服する光パス接続制御を確立したことであり、その先導的な提案手法と性能面に学術的価値がある。また、将来の光バックボーンやメトロ系網への適用に加え、Beyond-5G環境下のアクセス系での利活用や、データセンタ内部の接続網への適用など、重要な導入環境が想定されており、その社会的インパクトは大きい。一方、上記制御と密連携した、コンテンツや計算機資源の探索・利用、サービスチェイニングなどの応用基盤技術の成果についても、学術的意義、社会的意義は高い。

研究成果の概要(英文)：In this research, we established (a) an advanced control of space-division multiplexed elastic optical network (SDM-EON) and (b) the corresponding infrastructure technology for distributed edge node applications. In particular, we newly introduced the concepts of "prohibited slots," "crosstalk (XT) cost," and "reference number of neighbors," and developed a flexible and efficient RSCMA control considering the XT margin on each link through which an optical path is routed. Finally, we achieved a performance improvement of more than 100 times compared to the benchmark scheme in the low-to-medium load regions. Next, we established a method for adaptively migrating, acquiring, duplicating, and setting optical paths for contents in an environment where CDN surrogates are connected via SDM-EON, and demonstrated its effectiveness. Furthermore, we conducted demonstration experiments of pseudo-multicore fiber dynamic switching control and dynamic service chaining control on the NICT testbed.

研究分野：情報学・計算基盤・情報ネットワーク・サービス構築基盤技術

キーワード：クラウドコンピューティング ビッグデータ ネットワーク制御 空間分割多重網 エラスティック光網 光パス設定制御 クロストーク 実証実験

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

データセンタ(DC)内通信・DC間通信、Mobile Edge Computing (MEC) のEdge ノードネットワーク、5G・フェムトセル基地局間網、仮想ネットワーク機能 (VNF) の分散配置網、計算資源が広域に分散配置された超分散クラウド環境、IoT ゲートウェイ間の連携、Tactile Internet の出現など、現在及び将来において、ノード間を結び、高速・低遅延に相互通信するネットワークシーンが増加しており、それらを支える「分散エッジノード応用基盤」の重要度は飛躍的に増大している。

一方、大容量・広帯域なネットワーク基盤を指向した光ネットワーク研究の進歩は目覚ましく、100GHz 間隔の ITU-Grid(G.694.1)を固定運用する従来の WDM ネットワークは 12.5GHz、6.25GHz 間隔の細粒度な周波数スロットを柔軟に運用するエラスティック光ネットワーク (EON) へと進化し、単一コアシングルモードファイバは、マルチコア/モードファイバ (MCF/MMF) や数モードマルチコアファイバ (FM-MCF) など、空間分割多重技術 (SDM) を利用した伝送媒体へと進化しており、その研究開発が加速されている。現在、最先端の研究対象である空間分割多重型エラスティック光ネットワーク (SDM-EON) に関して、現状の主たる研究対象はその要素技術であるデバイスやファイバの研究であり、最近、申請者らの研究を含め、ネットワーク技術の研究がようやく萌芽し始めた。しかし、申請者は、以下の2つの根本的な技術課題が今も存在すると認識している。1つ目は、SDM-EON に対する Routing, Spectrum, and Core and/or Mode Assignment (RSCMA) 制御の未成熟である。コア/モード、周波数スロットの多次元の資源を適切に管理しつつ小さなサイズの資源から超巨大な資源までを柔軟に割り当てる技術、MCF/MMF などのファイバ環境で特に顕著な信号劣化要因であるクロストーク (XT) の影響を厳密に管理でき、MIMO や再生中継などにより信号劣化を補償する実現性の高い技術を確立しなければならない。2つ目は、アプリケーション指向の視点からの研究の未成熟である。上記の通り、「分散エッジノード応用基盤」の重要度が高まっており、このような利用シーンを強く意識した応用技術を SDM-EON のネットワーク制御と連携させつつ確立しなければならない。特に、SDM-EON ネットワーク制御基盤と応用基盤の双方を密接に結びつけ、分散エッジノード応用基盤の多様な接続形態を自在に低遅延に提供する研究は新規性が高く、実用上不可欠な取組であるといえる。

2. 研究の目的

「分散エッジノード応用基盤」の利用シーン増加、並びに空間分割多重型エラスティック光ネットワーク (SDM-EON) の萌芽に鑑み、現状、SDM-EON に対する Routing, Spectrum, and Core and/or Mode Assignment (RSCMA) 制御及びアプリケーション指向の視点からの研究が未成熟であるという問題を解決するため、先進的な空間分割多重型エラスティック光ネットワーク制御及び当該制御と密に連携する分散エッジノード応用基盤技術を確立することを目的とする。(ア) SDM-EON ネットワーク設計・制御基盤技術、さらに、当該技術を活用して(イ) 多数のノード集合を連携する SDM-EON 光ネットワーク技術の2課題を細分化し、共同研究者間で並行して解決を図る。多面的な性能評価を通じて従来の10倍以上の品質向上を実証する。さらに、プロトタイプ実証実験を経てその実現可能性を検証する。

3. 研究の方法

(ア) SDM-EON の RSCMA 制御の確立、(イ) 当該制御と密連携する分散エッジノード応用基盤技術の確立のそれぞれの実現に向けて、それぞれ6つの小課題を設定し、それらの要素技術を計画的に遂行する。基本的に、2年目までは、各小課題の提案方式を立案し基礎評価を進める。3、4年目は、各小課題の改良・詳細評価に加え、(ア)、(イ)のコア部に対するソフトウェア実装を行い、基本動作検証を進める。5年目は最終の全体連携実験を行い、実現可能性を検証すると共に、最終目的である、要求棄却率や転送遅延時間などの観点から10倍の性能向上を達成する。分担に関して、課題(ア)は、阪府大戸出(現在、大阪公立大学所属)と阪大廣田(現在、情報通信研究機構所属)が主に担当し、課題(イ)は阪府大戸出、谷川(現在、大阪公立大学所属)と和歌山大藤本が主に担当する。学生は、状況に応じて変動するが、大学院生、学部生を合わせて述べ9名の参入を予定している。

4. 研究成果

(1) (ア) SDM-EON ネットワーク設計・制御基盤技術に関して

SDM-EON ネットワーク設計技術として、まず、超広帯域な要求を柔軟に收容するため、FM-MCF 環境を想定し、中継ノードでの多重分離能力の有無、並びにモード連続性制約の有無がブロッキング性能に与える影響を定量的に評価し、モード連続性制約が有るという条件の下では、途中の

多重分離能力と同一対地間のパスへの別モードでの相乗り能力はほぼ同程度であることなどを定量的に明らかにした。

SDMファイバ環境でクロストーク (XT) に起因する信号劣化問題に注目し、できる限り厳密かつ簡易にXTを一定レベル以下に抑制する方式として、「禁止領域の概念」を導入した方式の基本提案を行い、その有効性を定量的に明らかにした。次に、特定周波数スロットに対する「クロストーク (XT) 禁止領域」の概念の導入によりクロストークによる信号劣化を新規パス+既定パスの双方に対して厳密に考慮に入れつつ、Best-Effort XTの概念に基づき隣接コアの周波数利用率も考慮に入れた拡張提案手法を各種テーブル管理も含めて設計し、定量評価の結果、先行提案方式を上回る性能改善効果を実証された。SDM-EONネットワーク設計技術の発展として、周波数スロット軸におけるXTの許容耐性度に対するバイアスを加味し、ホップ数に応じて短ホップパスを長波長側から、長ホップパスを短波長側から優先的に割り当てる優先制御を基本設計した。さらに、複数のファイバ内コアに優先度を設け、その優先度に基づくFirst-Fit (FF)を行う方式との融合方式に関して、基本提案並びに性能評価を行った。

本課題に対する最終の成果として、上記の“使用禁止スロット”の概念に加え、新たに“クロストークコスト(XT コスト)”、“基準隣接数” の概念を導入し、各光パスの経路リンク上におけるクロストークマージンに応じた柔軟なRSCMA制御方式を確立した。この方式は、低中負荷時におけるクロストーク抑制とパスブロッキング率改善を目的とした適用性の高い動的な資源割当手法といえる。具体的に、“基準隣接数”は、光パスの経路リンク全てにおいて光パスの隣接数が同じと仮定したとき、その光パスがクロストークによって棄却されない(クロストークが許容閾値を超過しない) 光パス隣接数の最大値であり、新規光パスの設定時にこの基準隣接数を考慮することで、その光パスが深刻なクロストークの影響を受けない資源のみを解候補に選択できる。これにより、光パス同士の隣接を過度に抑制することなく、負荷の低い状態からクロストークを低減することができる。一方、“XT コスト”は、注目するリンク内の割当候補となったコア・周波数資源に対し、隣接コアで同一周波数を利用する光パス数の状況に基づき、残りの未探索経路リンク集合において許容できる光パス隣接数を決定するために用いられる。計算機シミュレーションによる多面的な評価を通じて、KANTO11トポロジにおいて、ベンチマークとして採用したXT-Aware FF方式、並びにX-Aware CoreMap方式 (共にXTを考慮に入れた方式) と比較して、実用域である低中負荷領域に対して、100倍以上の性能改善が示され、かつ、“全負荷域に亘るXT 抑制” が示された (図1参照)。以上より、本課題の数値目標は達成された。

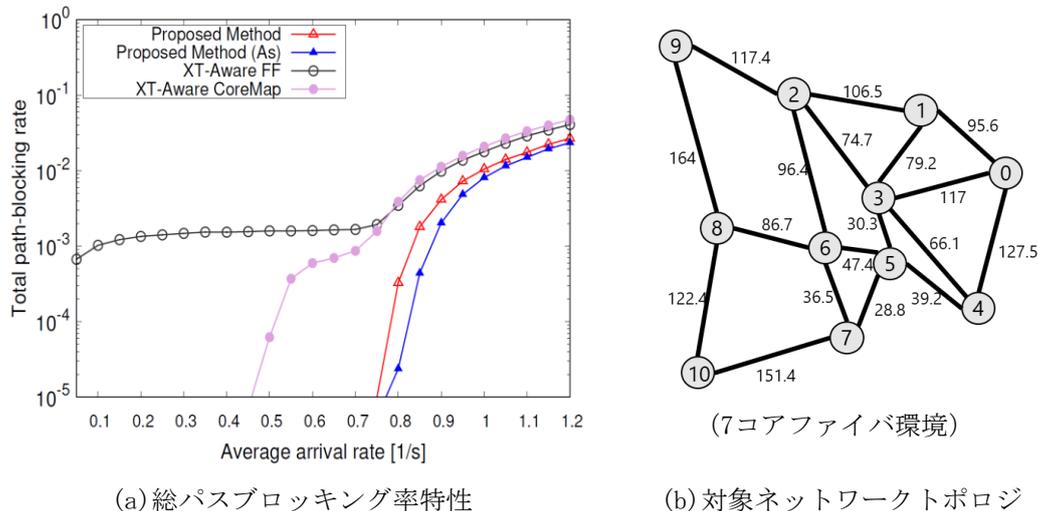


図1 総パスブロッキング率特性とトポロジ
(Proposedはコア選択規律がコア番号順と隣接数が小さい順 (As) の2方式)

一方、ルーチング制御に関する新たな切り口の研究として、XT に関する「ノード内干渉度」を新たに定義し、この指標をコスト化して制約条件とすることで、各ノード内の XT のインパクトを目標制限値以下に抑制しつつファイバ内 XT による信号劣化も同時に抑制できる手法を提案・設計し、その有効性をシミュレーション評価により実証した。

さらなる追加の成果として、伝送リーチやXTの制約を克服することを目的として再生器の導入手法を提案し、再生器による信号回復を組み込んだ手法を詳細設計した。また、複数の等価な

オブジェクト（計算機資源やコンテンツサーバなど）がSDM-EONに接続されている場合のRSCMA手法について、変調方式と関連した伝送リーチ、XT劣化制約、フラグメンテーションを同時に加味することのできる手法を基本設計した。加えて、強化学習の一種であるQ-学習に基づく光パケット動的切替制御を提案・設計し、その有効性を計算機シミュレーションにより明らかにした。さらに、コア探索法に着目し、コア間クロストークの評価式を伝送距離について一次近似することによって許容隣接数を導入し、マルチコアファイバを用いたSDM-EONにおける資源割当において、コア間クロストークの抑制と利用効率を両立したコア探索法のフレームワークを提案し、その有効性を示した。

(2) (イ) 多数のノード集合を連携するSDM-EON光ネットワークング応用技術

細粒度な超分散クラウドコンピューティング環境を想定し、Big Dataを拠点として当該データを解析・処理するための計算資源を連携すると共に、効率的に光パスの設定も行う複合的設計手法についての提案を行った。また、複数のBig Dataと計算資源との集合間の距離や利用率の公平性を向上させるため、オブジェクト（割当計算資源）を移動・複製しネットワーク構成を変更する手法についても提案を行った。上記の複合的な最適化問題に対して、遺伝的アルゴリズムベースの提案手法を採用し、光ネットワーク部はシンプルなWDM網を前提とした制約条件とした。

次に、RSCMA制御と「Virtual Network Function(VNF)・計算資源・コンテンツ」など対象オブジェクトの移動・複製制御とを関連付ける方式として、Content Delivery Network(CDN)におけるコンテンツ取得・複製と光パス設計とを融合させた方式を提案・評価した。また、VNFの系列からなるサービスチェーンを自律分散的に発見し、かつ、必要に応じて適切なVNFを起動・終了させることで、移動・複製の機能をも提供するフレームワークを提案・設計した。さらに、ビッグデータ解析のためのアメーバネットワークと計算機資源の割当との連携手法の詳細設計を行い、有効性を実証した。

多数のノード集合を連携するSDM-EON光ネットワークング応用技術に関して、CDNのサロゲートエッジ間をSDM-EONで接続する環境を想定し、必要に応じてコンテンツのマイグレーションを試み、コンテンツの効率取得・複製・光パス設定を行う手法を拡張提案するとともにSDMネットワーク環境への拡張を図った。シミュレーション実験を通して方式の有効性を実証した。

(3) (ア) (イ) の双方に関する実証実験

まず、ルーティング面の実証実験研究として、NICTの光統合網テストベッド上で、光適応的マルチキャスト機能、及びマルチコアファイバを想定したコア別経路の動的切替制御の実証実験を行い、その有効性を確認した。次に、RSCMA制御コア部の実証実験として、制御部を含めた経路切替え、マルチコアファイバを想定した擬似的な経路切り替えについての基本実証実験を実施した。また、光統合網上で、複数（実際は2台）のサーバの中からそれらの負荷状況に応じて最適なサーバを動的に選択し通信を行う実証実験を行い、その正常動作を確認した。

さらにサービス機能や計算機資源と経路の組（チェーン）を決定する手法を確立し、サービスチェーンに沿って、実際に光パケットを各中継ノード(PC)でリレーしつつ最終ノードに到達させる実証実験を実施し、その正常動作を確認した（図2参照）。

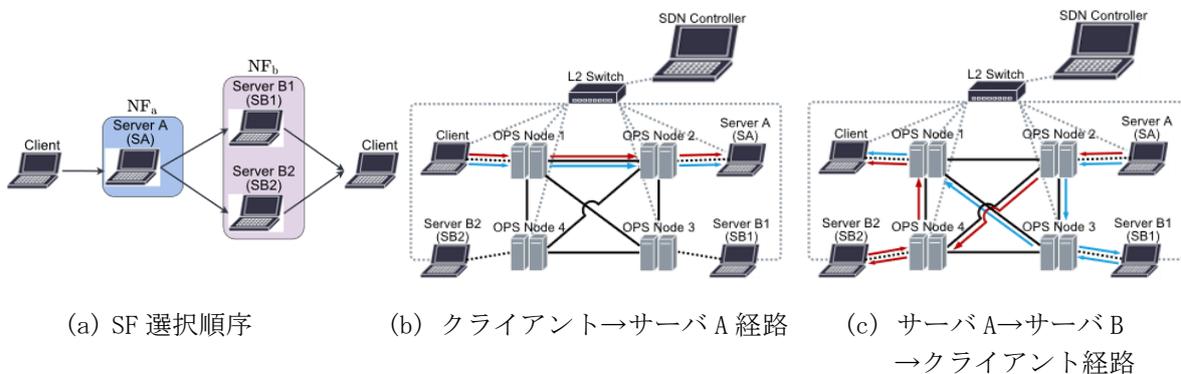


図2 SFC 実証実験環境 (SB1 or SB2 を負荷状況に応じて選択)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Daishi Kondo, Vassilis Vassiliades, Thomas Silverston, Hideki Tode, and Tohru Asami	4. 巻 173
2. 論文標題 The named data networking flow filter: Towards improved security over information leakage attacks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computer Networks	6. 最初と最後の頁 107187-107187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.comnet.2020.107187	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 Anh-Huy Nguyen, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 Adaptive Channel Access Control Solving Compound Problem of Hidden Nodes and Continuous Collisions among Periodic Data Flows	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 2113-2125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3329	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 Yutaro Oda, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode	4. 巻 E102.D
2. 論文標題 Distributed Search for Exchangeable Service Chain Based on In-Network Guidance	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 963-973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2018NTP0020	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 Daishi Kondo, Thomas Silverston, Vassilis Vassiliades, Hideki Tode, and Tohru Asami	4. 巻 Vol.6
2. 論文標題 Name Filter: A Countermeasure against Information Leakage Attacks in Named Data Networking	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 65151-65170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2018.2877792	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 Ahn Huy Nguyen, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode	4. 巻 Vol.18, Issue 21
2. 論文標題 Scheduling Method for Solving Successive Contentions of Heterogeneous Periodic Flows Based on Mathematical Formulation in Multi-Hop WSNs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 9021-9033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSEN.2018.2868327	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 Hideki Tode, Konosuke Kawashima, and Tadashi Ito	4. 巻 Vol.E100-B, No.9
2. 論文標題 100-year History and Future of Network System Technologies in Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1581-1594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2016PFI0005	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61件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 22件)

1. 発表者名 Hidek Tode, Ashish Man Singh Pradhan, Daishi Kondo, and Yosuke Tanigawa
2. 発表標題 [Invited] NDN Based Participatory Crowdsensing Framework with Area-focused Interest Forwarding
3. 学会等名 Proceedings of The 16th International Conference on Mobility, Sensing and Networking (MSN 2020), pp.569-575, 2020. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuusuke Hashimoto, Kosuke Kubota, Akihiro Fujimoto, Yosuke Tanigawa, Yusuke Hirota, and Hideki Tode
2. 発表標題 Collision Aware Flow-Based Adaptive Resource Allocation for SDN-enabled SDM Optical Packet Switching Networks
3. 学会等名 Proceedings of 2020 European Conference on Optical Communications (ECOC 2020), 4 pages, 2020. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yuya Seki, Yuusuke Hashimoto, Kosuke Kubota, Akihiro Fujimoto, Yosuke Tanigawa, Yusuke Hirota, and Hideki Tode
2 . 発表標題 Functional Verification of Least Congested Routing for Dynamic Multicasting in Optical Packet Switching Network
3 . 学会等名 Proceedings of 2020 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2020), C3-2, 4 pages, 2020. (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yuusuke Hashimoto, Yosuke Tanigawa, Yusuke Hirota, and Hideki Tode
2 . 発表標題 A Study on Parallelization Method of TCP Connections Using Multiple Wavelengths and Cores for WDM-SDM Optical Packet Switching Networks
3 . 学会等名 Proceedings of 2020 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2020), D1-1, 4 pages, 2020. (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yuuki Fujita, Akihiro Fujimoto, and Hideki Tode
2 . 発表標題 A Study on Query Transfer Using Different Two Skip Graphs for Searching Spatially-Autocorrelated Data
3 . 学会等名 Proceedings of 2020 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2020), E2-5, 4 pages, 2020. (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yusuke Hayashi, Akihiro Fujimoto, and Hideki Tode
2 . 発表標題 A Study on Improvement of BitTorrent Pieces Acquisition Efficiency by Introducing Collaborative Group of Nearby Peers
3 . 学会等名 Proceedings of 2020 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2020), E3-1, 4 pages, 2020. (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Akihiro Fujimoto, Yusuke Hirota, and Hideki Tode
2. 発表標題 A Lightpath Provisioning Method Integrating Resource for Primary and Backup Paths in Content Delivery Network over Elastic Optical Networks
3. 学会等名 Proceedings of OSA Advanced Photonics Congress 2020, Psm2F.2, 2 pages, 2020. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林優輔・藤本章宏(和歌山大)・戸出英樹(阪府大)
2. 発表標題 BitTorrentにおける近傍ピアで形成された協同グループのための効率的なピース取得法
3. 学会等名 信学技報, vol. 120, no. 413, NS2020-148, pp. 149-154, 2021年3月.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久保田浩介・谷川陽祐(阪府大)・廣田悠介(NICT)・戸出英樹(阪府大)
2. 発表標題 稠密空間分割多重型エラスティック光網における光パス隣接状況を考慮したクロストークアウェア資源割当手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 120, no. 388, PN2020-63, pp. 123-128, 2021年3月.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤大嗣・谷川陽祐・戸出英樹(阪府大)
2. 発表標題 Named Data Networkingにおけるエッシ コンヒ ューティンク 資源探索に関する一検討
3. 学会等名 信学技報, vol. 120, no. 257, NS2020-85, pp. 56-61, 2020年11月.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田浩介・谷川陽祐（阪府大）・廣田悠介（NICT）・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 [依頼講演] 稠密空間分割多重型エラスティック光網における使用禁止・準禁止領域を導入したクロストークアウェア周波数 / コア資源割当手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 120, no. 228, PN2020-26, pp. 18-23, 2020年11月.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本侑亮・久保田浩介（阪府大）・藤本章宏（和歌山大）・谷川陽祐（阪府大）・廣田悠介（NICT）・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間分割多重型光パケット交換網のためのフロー単位の空間チャネル資源割当法及び基本機能検証
3. 学会等名 信学技報, vol. 120, no. 71, PN2020-11, pp. 39-45, 2020年6月（PN若手研究賞受賞）.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田悠生・藤本章宏（和歌山大）・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間的自己相関をもつデータの検索に適した異種Skip Graphの連携によるクエリ転送法
3. 学会等名 信学技報, vol. 120, no. 19, NS2020-9, pp. 1-6, 2020年5月.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本瞬・近藤大嗣・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 モバイルアドホックネットワーク環境下における優先度を用いた情報取得の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会講演論文集, B-6-58, Mar. 2021.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣野智秋・近藤大嗣・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 ノードの離脱・移動耐性を有するマルチホップネットワーク構成法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会講演論文集, B-6-60, Mar. 2021.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三上浩輝・近藤大嗣（阪府大）・栗原淳（兵庫県立大）・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 NDNにおける違法コンテンツブロッキングの処理分散
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会講演論文集, B-7-14, Mar. 2021.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関勇弥・谷川陽祐・廣田悠介・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網におけるコア間クロストークの低減と周波数資源の利用効率の向上を両立させるコア選択手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2021年総合大会講演論文集, B-12-7, Mar. 2021.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hideki Tode, Ryo Kojima, Yosuke Tanigawa, and Yusuke Hirota,
2. 発表標題 Selective Traffic Offloading Method Based on Learning of Downstream Congestion Status in Optical Packet Switching Node
3. 学会等名 Proceedings of OECC/PSC 2019, P2, Oral, 3 pages, Fukuoka, Japan, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Kubota, Yosuke Tanigawa, Hideki Tode, and Yusuke Hirota
2. 発表標題 Spectrum Allocation Considering Crosstalk Impacts at both Fibers and Nodes in Space-Division Multiplexing Elastic Optical Networks
3. 学会等名 Proceedings of OECC/PSC 2019 , P2, Oral, 3 pages, Fukuoka, Japan, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiro Fujimoto, Yusuke Hirota, and Hideki Tode
2. 発表標題 Lightpath Establishment for Caching and Streaming Video Contents in Content Delivery Networks
3. 学会等名 Proceedings of OECC/PSC 2019 , P2, Oral, 3 pages, Fukuoka, Japan, Jul. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関勇弥・橋本侑亮・久保田浩介(阪府大)・藤本章宏(和歌山大)・谷川陽祐(阪府大)・廣田悠介(NICT)・戸出英樹(阪府大)
2. 発表標題 光統合網における経路の使用状況を考慮した動的マルチキャストの機能検証
3. 学会等名 電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 第16回学生ワークショップ, pn2020-stws-4, 4 pages, Mar. 2020.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本侑亮・久保田浩介(阪府大)・藤本章宏(和歌山大)・谷川陽祐(阪府大)・廣田悠介(NICT)・戸出英樹(阪府大)
2. 発表標題 空間分割多重型光パケット交換網のための空間チャネル資源割当法及びテストベッドを用いた基本機能検証
3. 学会等名 電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 第16回学生ワークショップ, pn2020-stws-5, 4 pages, Mar. 2020.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 戸出英樹・小島諒・谷川陽祐（阪府大）・廣田悠介（NICT）
2. 発表標題 [依頼講演] Q学習を用いた光パケット網のオフローディング応用
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）, (Poster) 1 page, Nov. 2019.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 アシシュ マン シング ブラダン・近藤大嗣・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 制約付き Interest 転送機能を有する参加型クラウドセンシングプラットフォーム：網外知見の収集法
3. 学会等名 電子情報通信学会 ICN 研究会, https://www.ieice.org/~icn/wp-content/uploads/2019/05/icn_201905_1.pdf , 37 slide pages, May 2019.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本侑亮・久保田浩介（阪府大）・藤本章宏（和歌山大）・谷川陽祐（阪府大）・廣田悠介（NICT）・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間分割多重型光パケット交換網のための最適空間チャネル資源割当手法及びテストベッドを用いた基本機能検証
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会講演論文集, B-12-9, Mar. 2020.
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ahn Huy Nguyen, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2. 発表標題 Channel Access Control for Collisions Caused by Hidden Nodes and Phase Synchronization among Periodic Data Flows
3. 学会等名 Proceedings of IEEE CCNC 2019, Regular, 6 pages, Las Vegas, USA, Jan. 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hideki Tode, Yutaro Inaba, and Yosuke Tanigawa
2 . 発表標題 An Information-Centric Content Delivery Network Excluding Redundant Surrogate Duplications
3 . 学会等名 Proceedings of IEEE CCNC 2019, Poster, 2 pages, Las Vegas, USA, Jan. 2019. (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hideki Tode, Ken-ichi Hashimoto and Yosuke Tanigawa
2 . 発表標題 Adaptive In-network Guidance Dissemination from Hot-Spot Nodes of Queries in Breadcrumbs-Based Information-Centric Networks
3 . 学会等名 Proceedings of IEEE CloudNet 2018, Technical Session 5: Applications, 6 pages, Tokyo, Japan, Oct. 2018. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kentou Nishii, Yosuke Tanigawa and Hideki Tode
2 . 発表標題 A Search Method of Large-Scale Resources for Providing Efficient Computing on A Participating Fine-Granular Cloud Computing Platform
3 . 学会等名 Proceedings of IEEE CloudNet 2018, Poster Session 4, 4 pages, Tokyo, Japan, Oct. 2018. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Hideki Tode, Hirotaka Nakano, and Yosuke Tanigawa
2 . 発表標題 Dynamic Control of Optical Virtual Network Configuration and Computer Resource Assignment for Tightly Coupling Big Data and Peripheral Computing Resources
3 . 学会等名 Proceedings of Photonics in Switching and Computing (PSC), Tr3B.5 Data Center I, 3 pages, Cyprus, Sep. 2018. (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotaro Hashino, Yusuke Hirota, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2. 発表標題 A Strict and Less Computational Crosstalk-Aware Spectrum and Core Allocation Method with Crosstalk-Prohibited Frequency Slots in SDM-EONs
3. 学会等名 Proceedings of Photonics in Switching and Computing (PSC), Poster Session, 3 pages, Cyprus, Sep. 2018. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideki Tode, Masaki Osako, Yosuke Tanigawa, and Yusuke Hirota
2. 発表標題 Packet Offloading Exploiting Life-Sustained Optical Path Resources in OPS/OCS Integrated Network
3. 学会等名 Proceedings of Photonics in Switching and Computing (PSC), Poster Session, 3 pages, Cyprus, Sep. 2018. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田浩介・谷川陽祐・戸出英樹(阪府大)・廣田悠介(NICT)
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網におけるファイバ内及びノード内のクロストークの影響を考慮した周波数資源割当手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 505, PN2018-94, pp. 67-72, 2019年3月.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 端野宏太郎(阪府大)・廣田悠介(NICT)・谷川陽祐・戸出英樹(阪府大)
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網における資源利用効率を考慮したクロストークアウェア周波数/コア資源割当手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 505, PN2018-97, pp. 85-90, 2019年3月.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 センアルム ケヴィン・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 SDM-EONを介したビッグデータ解析のための動的なネットワーク管理手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 第15回学生ワークショップ, 6, pp.19-21, 2019年3月.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本侑亮・戸出英樹・谷川陽祐（阪府大）
2. 発表標題 光フロー交換を用いた光パケットトラヒックオフローディング手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 第15回学生ワークショップ, 8, p.25, 2019年3月.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田悠太郎・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 網内誘導情報に基づくサービスチェイン探索機構における近傍性を考慮したVNFの動的な複製配置法
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 465, NS2018-242, pp. 289-294, 2019年3月.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 アンスカ トマ・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 Named-Data NetworkingにおけるIn-network誘導を用いた参加型細粒度クラウドコンピューティングプラットフォームの構築
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 465, NS2018-276, pp. 481-486, 2019年3月.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 アシシュ マン シング ブラダン・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 NDNにおけるエリア限定Interest転送機能を有する参加型クラウドセンシングの一検討
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 465, NS2018-277, pp. 487-490, 2019年3月.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田悠太郎・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 網内誘導情報に基づく可換性を有するサービスチェインの探索法
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 250, NS2018-108, pp. 19-24, 2018年10月.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 グエン アン フィ・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 無線マルチホップセンサ網における中継ノードでの周期的トラヒック間パケット衝突回避法の衝突予測期間に関するマージン設定の検討
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 250, NS2018-116, pp. 53-58, 2018年10月.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高田脩平・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 光パケット・光パス統合網における光パケットのプロアクティブなオフローディング手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 88, NS2018-36, pp. 49-54, 2018年6月.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田浩介・端野宏太郎（阪府大）・廣田悠介（NICT）・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網におけるクロストークの影響を段階的に考慮した周波数資源割当手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 90, PN2018-8, pp. 25-30, 2018年6月.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 グエン アン フィ・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 無線マルチホップセンサ網における中継ノードで周期的トラヒック間のパケット衝突を回避するためのチャネルアクセス制御法
3. 学会等名 信学技報, vol. 118, no. 38, NS2018-24, pp. 53-56, 2018年5月.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤本章宏（和歌山大）・廣田悠介（NICT）・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 CDNを用いた動画ストリーミング配信システムにおけるコンテンツ複製を考慮した光パス設定に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会講演論文集, B-6-64, Mar. 2019.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田浩介・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）・廣田悠介（NICT）
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網におけるファイバ内とノード内の双方のクロストークの影響を考慮した周波数資源割当手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2019年総合大会講演論文集, B-12-9, Mar. 2019.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Thomas Ansquer, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2. 発表標題 A Participating Cloud Computing Platform with In-Network Guidance for NDN
3. 学会等名 Proc. of the 2019 IEICE General Conference, BS-4-9, Mar. 2019(English Session).
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ashish Man Singh Pradhan, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2. 発表標題 A Study on NDN Based Off-path Participatory Crowdsensing with Area-Focused Interest Forwarding
3. 学会等名 Proc. of the 2019 IEICE General Conference, BS-4-11, Mar. 2019(English Session).
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田悠太郎・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 サービスチェーンのための網内誘導技術を利用したVNFの移動を含むVNF管理法
3. 学会等名 インターネット技術第163委員会 新世代ネットワーク構築のための基盤技術研究分科会ワークショップ (ITRC-NWGN 2018), P2-8, Sep. 2018.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hirotaka Nakano, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2. 発表標題 Dynamic Adaptation to Environmental Changes of Optical Virtual Networking and Cloud Computing Systems for Tightly Coupling Big Data and Peripheral Computer Resources
3. 学会等名 Proceedings of IEEE CCNC 2018, Regular Paper, 8 pages (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yutaro Oda, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2 . 発表標題 Distributed Search for Ordered VNFs Configuring Service Chaining Based on In-network Guidance
3 . 学会等名 Proceedings of IEEE CCNC 2018, Short Paper, 4 pages (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Akihiro Fujimoto, Yusuke Hirota, and Hideki Tode
2 . 発表標題 A Rare Piece Diffusion Method Using Reteless Coding on BitTorrent-like Distribution System
3 . 学会等名 Proceedings of the 12th International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC 2017), 8th Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems(SMDMS), 12 pages (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Kotaro Hashino, Yusuke Hirota, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2 . 発表標題 Crosstalk-Aware Spectrum and Core Allocation with Crosstalk-Prohibited Frequency Slot in Space-Division Multiplexing Elastic Optical Networks
3 . 学会等名 Proceedings of OSA Advanced Photonics Congress, Photonics in Switching, PM3D.2, 3 pages (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Shota Tatsukawa, Yosuke Tanigawa, and Hideki Tode
2 . 発表標題 Multi-Objective Group Organization Methods in Online Elderly Watching System of Local Community
3 . 学会等名 Proceedings of IEEE ICC 2017, SAC-EH-01, 7 pages (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 端野宏太郎（阪府大）・廣田悠介（NICT）・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網における計算量削減を考慮した厳密なクロストークアウェア周波数/コア資源割当手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 473, PN2017-105, pp. 93-98, 2018年3月.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久保田浩介・端野宏太郎・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網におけるクロストークの影響を段階的に考慮した周波数資源割当手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 PN研究会 学生ワークショップ, [pn2018-stws-4], 4pages, 2018年3月. (ショートプレゼン賞)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 立川翔太・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 高齢者見守りネットワークにおける高齢者密度に適応したグループ編成法とアプリケーションの基本実装
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 459, NS2017-209, pp. 237-242, 2018年3月.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 戸出英樹（阪府大）・廣田悠介（NICT）
2. 発表標題 【招待論文】SDM光ネットワークング技術 -Crosstalk-Awareness と Mode Multiplexing Capability の観点から-
3. 学会等名 電子情報通信学会 光通信インフラの飛躍的な高度化 (EXAT)研究会, EXAT 2017-9 pp.6-13, 2017年11月. (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中野啓太・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 [ポスター講演] ビッグデータと周辺計算機資源を密結合する光仮想ネットワークシステムにおける環境変化に対する動的適応制御
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 262, NS2017-99, pp. 53-58, 2017年10月.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 端野宏太郎（阪府大）・廣田悠介（阪大）・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 空間分割多重型エラスティック光網における使用禁止領域を導入したクロストークアウェア周波数/コア資源割当手法
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 86, NS2017-22, pp. 1-6, 2017年6月
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小田悠太郎・谷川陽祐・戸出英樹（阪府大）
2. 発表標題 サービステイニングを考慮した網内誘導技術に基づくVNF探索法
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 86, NS2017-27, pp. 29-34, 2017年6月.
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

- ・H. Tode, K. Hashimoto, and Y. Tanigawa, "Best Paper Award," IEEE CloudNet 2018.
- ・橋本侑亮, "2020年度 フォトニックネットワーク研究会若手研究賞," 電子情報通信学会PN研究専門委員会.
- ・久保田浩介, "2020年度 第6回JPNデザインコンテスト奨励賞," 電子情報通信学会PN研究専門委員会.
- ・Y. Hashimoto, "Student Presentation Award," IEICE ICETC 2020.
- ・Y. Hayashi, "Student Presentation Award," IEICE ICETC 2020.
- ・Y Fujita, "Student Presentation Award," IEICE ICETC 2020.

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	廣田 悠介 (HIROTA YUSUKE) (20533136)	国立研究開発法人情報通信研究機構・ネットワーク研究所 フォトニックICT研究センター・主任研究員 (82636)	
研究分担者	藤本 章宏 (FUJIMOTO AKIHIRO) (30711551)	和歌山大学・学術情報センター・助教 (14701)	
研究分担者	谷川 陽祐 (TANIGAWA YOSUKE) (90548497)	大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授 (24403)	

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