

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11282

研究課題名（和文）将来ネットワーク技術を用いた全光-無線融合ネットワーク設計

研究課題名（英文）Design of optical-wireless fusion networks with future networking technologies

研究代表者

平田 孝志（Hirata, Kouji）

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号：10510472

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、下位レイヤとして全光-無線融合ネットワークを伝送基盤とし、上位レイヤとして将来ネットワーク技術を用いる新しいネットワーク設計方法を確立することを目的として研究を行った。下位レイヤの技術として、光ネットワークにおける経路及び周波数割当て問題を扱い、最適ネットワーク設計を行った。また、間欠的接続センサネットワーク等の無線ネットワークにおける最適設計も行った。上位レイヤの技術としては、エッジコンピューティングシステム最適設計を行った。さらに、ネットワーク内キャッシュ技術に対する最適ルーティング設計を行った。本研究では、シミュレーション実験及び数値実験により、これらの有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

IoT環境の発展や、様々なクラウドサービスの展開に伴い、ますます増加するネットワークトラフィックに対応するためには、無線ネットワークと全光ネットワークの利点を融合した全光-無線融合ネットワーク基盤構築と、その上で動作する将来ネットワーク技術を考慮した統合ネットワーク設計が必要不可欠である。本研究成果はそのような統合ネットワーク設計の持つ可能性を示したものであり、将来の情報通信技術の発展に貢献できると考えている。

研究成果の概要（英文）：This research aims at establishing a new network design approach that adopts future networking technologies as upper layer technologies while using optical-wireless fusion networks as lower layer networks. As the lower layer architectures, we proposed optimal network design methods focusing on routing and spectrum allocation problems in optical networks. Furthermore, we provided optimal network design methods for wireless networks such as intermittently connected sensor networks. As the upper layer technologies, we provided optimal design for edge computing environments. Moreover, we proposed routing algorithms for efficiently utilizing in-network caching. In this research, we showed the effectiveness of our network design through simulation and numerical experiments.

研究分野：情報通信ネットワーク

キーワード：将来ネットワーク技術 光ネットワーク 無線ネットワーク エッジコンピューティングシステム ネットワーク内キャッシュ

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

近年のIoT (Internet of Things) 環境の急速な普及によって、膨大な数のデバイスがインターネットに接続されるようになってきている。また、IoT 環境の発展により多種多様なネットワークサービスが展開してきており、今後もますます多様化していくと考えられる。接続デバイス数の増加やサービスの多様化は、これまでにない特性を持つ大量のネットワークトラフィックを生み出し、従来のネットワーク設計では十分に対応できない段階となっている。このように急速に変化するネットワーク環境に対応するためには、ソフトウェアでネットワークを仮想化し柔軟に制御するSDN (Software-Defined Networking)、ネットワーク内に保持されたデータを有効利用するネットワーク内キャッシュ技術、ネットワークエッジ部においてデータを処理するエッジコンピューティング等の上位レイヤの技術である将来ネットワーク技術の導入が必要不可欠である。

一方、将来のネットワークにおいては、ネットワークエッジ部では低速ではあるがユーザにとって利便性の高い無線ネットワークが、コア部では広帯域低遅延な全光ネットワークが、下位レイヤである伝送基盤として主に用いられることが想定される。IoT 環境の発展により大量に発生するトラフィックを効率的に收容するためには、従来のような全光ネットワークと無線ネットワークの個別設計ではなく、全光ネットワークの広帯域性と無線ネットワークの利便性という両者の利点を融合したネットワーク設計を行うべきである。さらに、收容したトラフィックを、上位レイヤの将来ネットワーク技術で制御し、下位レイヤの光や無線の通信資源を最大限に活用することで、急速に変遷するネットワーク環境においても、高信頼、高品質のネットワークサービスをユーザに提供可能であることが期待できる。このような、これまでにない光-無線の利点を融合したネットワーク基盤と将来ネットワーク技術の統合により、通信資源の最適利用を図るネットワーク最適設計問題は、今後ますますネットワークサービスが発展し、利用形態が変化していく情報通信社会を支えるために取り組むべき最重要な新しい研究課題の一つである。

2. 研究の目的

本研究では、下位レイヤとして全光ネットワーク及び無線ネットワークの利点を融合した全光-無線融合ネットワークを伝送基盤とし、上位レイヤとして将来ネットワーク技術を用いる新しいネットワーク形態を想定する。この際、将来ネットワーク技術により全光-無線融合ネットワークの通信資源を最大限に活用することで、高品質なネットワークサービスを提供できる。そのためには、上位レイヤとしての将来ネットワーク技術と下位レイヤとしての全光-無線融合ネットワーク基盤の相互作用を明らかにし、これらの協調動作を考慮したネットワーク最適設計が求められる。しかし、将来ネットワーク技術に関する研究は、従来の電氣的なネットワーク、もしくは無線ネットワークというそれぞれのネットワークでの動作を想定してきた。また、全光ネットワークに対しての検討は少なく、さらに全光-無線融合ネットワークという新しいコンセプトに対して、将来ネットワーク技術を用いる場合、互いにどのような影響が出るのかは全くの未知の状況である。このような背景の下、本研究では全光-無線融合ネットワーク基盤と将来ネットワーク技術の相互作用を複数の観点から明らかにした上で、これらを統合したネットワーク最適設計手法を確立することを目的として研究を遂行した。

3. 研究の方法

本研究では、研究目的達成のために、課題を複数の小課題に分け、段階的に検討を行った。具体的には(1)全光ネットワーク設計、(2)無線ネットワーク設計、(3)エッジコンピューティングシステム設計、(4)負荷分散制御設計の四つの小課題を扱った。

課題(1)では、下位レイヤの伝送基盤として、省電力かつ高品質な全光ネットワーク設計を行った。課題(2)では、IoT デバイスから効率的に情報を収集するための、無線ネットワーク設計を行った。課題(3)では、ネットワーク仮想化環境を考慮したエッジコンピューティングシステム設計を行った。また、課題(4)では、ネットワーク内キャッシュ技術活用のためのルーティング設計を行った。

4. 研究成果

(1)全光ネットワーク設計

ここでは、いくつかの全光ネットワークを対象に、それらの設計を行った。以下ではそれぞれについて説明する。

これまでに、波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing: WDM) 型の光ネットワークが、急速に増加するトラフィックを收容するために発達してきた。しかし、光ネットワークの発達に伴い、物理層の影響による信号劣化が重要な問題として顕在化してきた。そのような問題の一つに四光波混合 (Four-Wave Mixing: FWM) が存在する。FWM は、異なる波長の複数の信号が光ファイバに入射した際に、新たな波長の光が発生する現象であり、同じ波長を使用する光信号の劣化の要因となる。そのため、WDM 型の光ネットワークを設計する際は、この FWM の影響を考

慮する必要がある。さらに、光ネットワークを設計するには、電力消費を考慮することも重要である。近年の爆発的なトラフィック量の増加に対応するためにネットワークが発展してきたが、ネットワークの規模が大きくなることにより、ネットワーク機器が消費する電力が深刻な問題となっている。光ネットワークで使用される光スイッチは IP ルータと比較して、消費電力が少ない。そのため、光ネットワークは IP ネットワークよりも低消費電力で構成できるが、今後のネットワーク機器の消費電力増加量を考えると、光ネットワークのさらなる省電力化は重要な課題である。全光ネットワークにおいて多くの電力を消費する装置として、光ファイバ増幅器がある。光ファイバ増幅器は各光ファイバに必要に応じて取り付けられ、ファイバ内の送信信号をまとめて増幅する。本研究では、リンクが複数の光ファイバで構成される全光ネットワークにおいて、光ファイバ増幅器の消費電力を抑えつつ、同時に FWM の発生を抑制するための光パスの経路制御および波長割当てを、数理計画問題として定式化した。また、その数理計画問題に基づくヒューリスティックアルゴリズムを提案し、数値実験によりその有効性を示した。

また、WDM 型光ネットワークに代わる新世代光ネットワークとして、ネットワーク資源を柔軟に利用することにより、さらに多くのトラフィック需要をサポートする技術であるエラスティック光パスネットワークが、近年非常に注目を集めている。エラスティック光パスネットワークは、伝送に使用する周波数帯域を周波数スロットと呼ばれる周波数単位に細かく分割して利用し、さらに伝送距離に基づいた柔軟な変調方式の選択によって WDM 型光ネットワークよりも、光周波数資源の効率的な利用を実現している。エラスティック光パスネットワークを設計する際は、RSA (Routing and Spectrum Allocation) 問題と呼ばれる、経路選択及び周波数資源割り当て問題を考えることが非常に重要である。エラスティック光パスネットワークには周波数スロットの周波数軸上での連続性制約と、送受信経路上のリンク間における連続性制約の二つの連続性制約があり、RSA 問題を考える上ではこれらの制約を満たす必要がある。本研究では、このエラスティック光パスネットワークにおける省電力設計や、コア間クロストーク抑制技術についても取りくんだ。

エラスティック光パスネットワークにおける省電力設計では、上述の WDM 型光ネットワークと同様に、光ファイバ増幅器の消費電力削減に着目した。ここでは、各リンクが複数の光ファイバで構成される複数ファイバ環境を用いたエラスティック光パスネットワークを考え、RSA 問題の数理計画法による定式化及びヒューリスティックアルゴリズムの提案を行った。また、それらに基づく数値計算により、最適解や近似解の導出を行った。その結果、提案手法では重みパラメータを適切に設定することで、使用周波数資源を削減しつつ(図1)、同時に、消費電力も削減できる(図2)ことを示した。

コア間クロストークの抑制技術では、マルチコアファイバを使用した光パスネットワークにおける RSA 問題を対象に研究を行った。マルチコアファイバは、ファイバ内に複数のコアを持たせることで、従来の光ファイバ伝送容量の限界を大きく改善することができる光ファイバである。しかし、マルチコアファイバでは、隣接するコアにおけるクロストークの発生が問題となる。クロストークが発生すると、情報を伝達する信号の雑音が増大し伝送品質劣化の要因となるため、可能な限り小さくする必要がある。そこで本研究では、マルチコアファイバを用いたエラスティック光パスネットワークにおいて、コア間クロストークの発生を閾値以内に抑制しつつ、周波数資源の利用効率を改善するための RSA 手法の提案を行った。提案した RSA 手法では、RSA 問題の数理計画法による最適解の導出及び、ヒューリスティックアルゴリズムによる近似解の導出を行った。また、数値実験によりその有効性を示した。

(2)無線ネットワーク設計

ここでは、IoT デバイスから発生するデータを効率的に収集するためのいくつかの無線ネットワーク設計を行った。その一つが、間欠的接続センサネットワークの省電力化のためのデバイス制御である。本研究において我々は、センサノードが基本的にスリープ状態にあり、他のセンサノードと独立してランダムにアクティブ状態になるような間欠的接続センサネットワークの概念を提唱した。このネットワークでは、アクティブ時間を非常に短くすることにより、デバイスの大幅な省電力化を行うことができる。一方で、隣接するセンサ同士が同時にアクティブとならないと通信が行われないため、アクティブ状態の制御が重要な課題となる。本研究では、間欠的接続センサネットワークにおいて、センサのアクティブ状態を考慮した最適なパケット転送ル

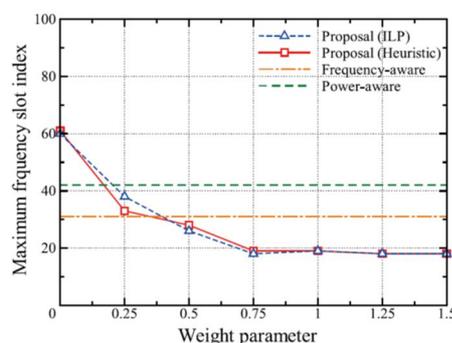


図1 使用周波数スロット数

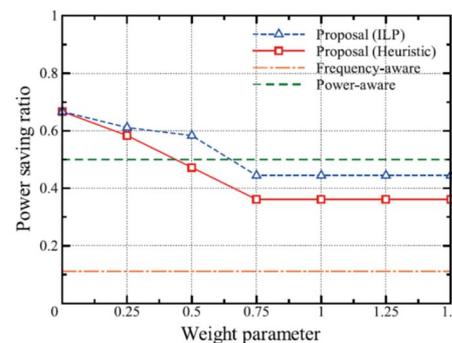


図2 省電力化率

ールの提案を行った。さらに、それに適したアクティブ率制御手法の提案を行った。提案手法では、隣接センサ数に応じてアクティブ率を制御することで、センサの無駄なアクティブ状態への遷移を抑制することができ、加えて、効率的にパケットを転送することが可能となる。本研究ではシミュレーション実験により提案手法の有効性を評価した。図3はネットワーク内のセンサノード数に対する、パケットがシンクノードに到達するまでにかかった遅延を示している。この図では、提案手法を用いることで、よりパケットの遅延を抑制できることを示した。さらに、同時に各センサの消費電力も効果的に抑制できることを示した。

また、別の研究では、ドローンネットワークによる情報収集の最適化についても取り組んだ。ドローンネットワークでは、複数のドローン（無人航空機）を上空に飛行させ、地上のユーザ端末は上空のドローンをアクセスポイントとして利用する。このようなドローンネットワークは、大規模な災害の発生時での利用が期待されている。ドローンネットワークを実現するためにはドローンの配置問題を考えることが重要である。ドローンの配置問題は、編隊飛行を行うドローンをどの場所に配置させるかといった問題である。ドローンネットワークの性能はドローンの配置位置に大きく依存する。多くのユーザ端末が存在する位置にドローンを多く配置すれば、その周辺のユーザ端末の持つ情報を収集できる。しかしながら、ドローンの配置にはコストがかかるため、少ない台数のドローンでネットワークを構築することが望ましい。つまり、ドローンによって情報収集できるユーザ端末数とドローンの配置コストの間にはトレードオフの関係がある。本研究では、すべてのドローンが連結、かつ、ドローンと通信可能なユーザ端末数が最大となるようなドローン配置手法を提案した。提案手法では、このようなドローン配置を行うために、ドローンと通信可能なユーザ端末数を目的関数とする整数計画問題の定式化を行い、この問題を解くことでドローンの配置位置を決定する。提案手法を用いたシミュレーション実験によって、すべてのドローンが連結、かつ、ドローンと通信可能なユーザ端末数が最大となるようなドローン配置を実現できることを示した。

(3) エッジコンピューティングシステム設計

一般にIoTサービスでは、IoTデバイスから収集されたデータを、クラウドデータセンタにおいて処理することでユーザにサービスを提供することが想定されている。しかし、将来的なデータ量の増加に伴い、クラウドデータセンタにおける処理だけではユーザの要求を満たすことが出来なくなると予想される。多量のデータを、ネットワークを通じてクラウドデータセンタに送信すると、ネットワーク内を流れるデータ量の増加による輻輳発生や、クラウドデータセンタへの処理の集中による遅延増加等の問題が頻発することが危惧される。そこで、このような問題に対処しネットワークやクラウドデータセンタへの負荷を削減するために、エッジコンピューティング環境が検討されている。エッジコンピューティングでは、クラウドデータセンタに加えて、ユーザやIoTデバイスに近いネットワークエッジにデータを処理するエッジサーバを配置する。IoTデバイスが生み出すデータをエッジ側で分散処理した上で、それらをクラウドデータセンタにおける処理と連携させることで、負荷分散が可能となる。通常、それぞれのエッジサーバ上では、ユーザが要求するサービスに応じた複数の仮想マシンが動作し、必要に応じてデータの処理がなされる。このように、エッジサーバ上で動作する仮想マシンでデータ処理することにより、ネットワーク負荷が分散し、さらには、クラウドデータセンタにかかる負荷も削減できる。

このエッジコンピューティングシステムを設計する際に、エッジサーバ配置問題やエッジサーバへの仮想マシン割当て問題を考慮することは、ネットワーク資源やサーバ資源の有効利用のために重要である。エッジサーバ配置問題は、ネットワーク内のどのノードにエッジサーバを配置するかを決定する問題である。通常、コスト

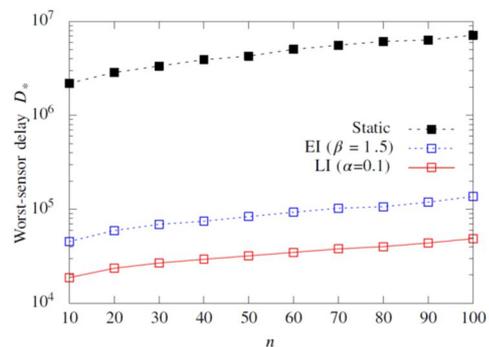


図3 パケット転送遅延

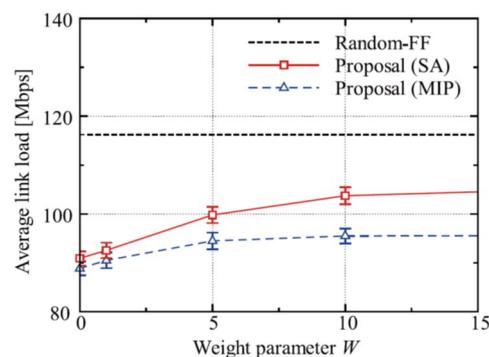


図4 ネットワーク負荷

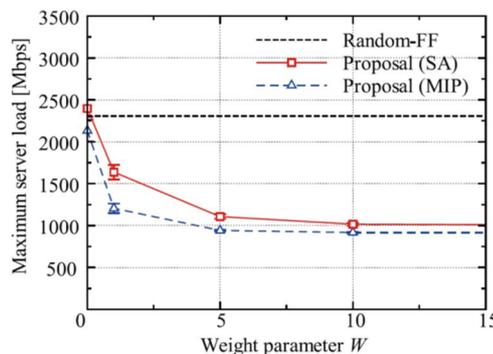


図5 エッジサーバ通信負荷

の観点から全てのノードにエッジサーバを配置することは難しく、ユーザや IoT デバイスの接続状態や、それらと仮想マシン間で発生するトラフィック量を考慮して、適切な数だけ配置することが望ましい。また、仮想マシン割当て問題はそれぞれのサービスを提供する異なる種類の仮想マシンを、どのエッジサーバに割当ててのかを決定する問題である。エッジサーバの容量には限りがあるため、異なるサービスを提供する全ての仮想マシンを同一のエッジサーバに割当ててはできない。そのため、仮想マシンの割当てに関しても、容量制約やユーザ-仮想マシン間のトラフィック量等を考慮した割当てが必要となる。既存研究においては、これらの問題は個別に考えられているが、効率的なエッジコンピューティングシステムを設計するためには、統合的な設計指針のもとに併せて対処することが望まれる。

本研究では、エッジコンピューティング環境において、エッジサーバ配置及び仮想マシン割当て最適化手法を提案した。提案手法では、ネットワーク負荷及び最大エッジサーバ通信負荷の荷重和を最小化することを目的とし、エッジサーバ配置問題及び仮想マシン割当て問題を数理計画問題として定式化する。エッジサーバ配置問題に対しては、施設配置問題の一つである p-メディアン問題に基づく整数線形計画問題を解くことで最適なエッジサーバ配置を行った。その上でネットワーク負荷およびエッジサーバ通信負荷を考慮して、配置されたエッジサーバへの最適な仮想マシン割当てを、混合整数計画に基づいて行った。さらに本研究では計算量削減のために、メタヒューリスティック手法の一つである焼きなまし法による近似解の導出も行った。本研究では、数値実験により提案手法がネットワーク負荷(図4)およびエッジサーバ通信負荷(図5)を効果的に削減することを示した。

(4) 負荷分散制御設計

近年、情報通信技術の発達に伴い、様々なサービスが提供されている。これらのサービスは我々の生活を豊かにする一方で、大量のデータトラフィックを生成し、ネットワークやサーバへの負荷を増大させている。この問題に対応するための技術として、ネットワーク内キャッシュが期待されている。ネットワーク内キャッシュは、ネットワーク内のルータがコンテンツをキャッシュに保存することを可能にする。この機能によって、クライアントは目的のコンテンツを、オリジナルコンテンツを持つサーバに加えて、ルータからも取得できる。従って、ネットワーク内キャッシュの適用は、ネットワーク資源の節約、及びコンテンツ要求に対する応答性の向上につながることを期待される。一般に、クライアントはコンテンツを取得するとき、コンテンツ要求を目的のコンテンツを持つコンテンツサーバへの最短経路に沿って送信する。この場合、コンテンツのコピーはコンテンツサーバまでの経路上にのみキャッシュされる。そのため、この方法ではネットワーク内キャッシュを有効利用することができない。

この問題を解決するために、本研究では、多腕バンディットアルゴリズムに基づく分散型ルーティング手法を提案した。多腕バンディット問題は強化学習における問題の一種で、この問題においてプレイヤーは探索と活用を行うことで、スロットマシンから得られる報酬の確率分布を予測する。提案手法では、ネットワーク内の各ルータを多腕バンディット問題におけるプレイヤー、隣接ルータをスロットマシンとし、各コンテンツへの最適な経路を学習する。各ルータはコンテンツ要求を受け取ると、各出力ポートに対する期待報酬を基に、目的のコンテンツをキャッシュしている可能性が高いルータに繋がる出力ポートへ要求を送信する。さらに、多腕バンディットアルゴリズムに基づくルーティングをより効果的にするために、隣接ルータが互いにキャッシュ情報を共有する協調キャッシング手法を併せて提案した。協調キャッシングを導入することで、各ルータは隣接ルータのキャッシュ情報を考慮して、キャッシュ決定を行うことが可能になる。本研究ではこれらの機構を用いることで、キャッシュヒット率の向上(図6)と平均ホップ数の削減(図7)ができることをシミュレーション実験により示した。

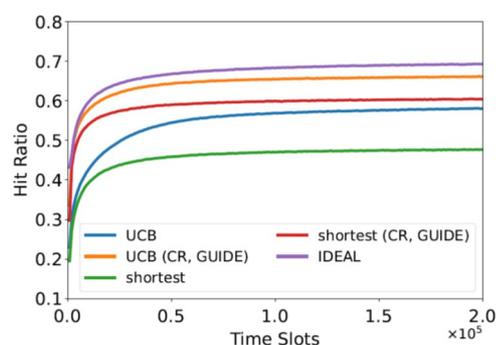


図6 キャッシュヒット率

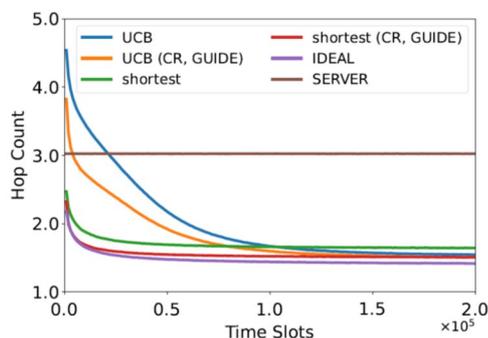


図7 平均ホップ数

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5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 Kudo Takanori, Kimura Tomotaka, Fukuchi Yutaka, Hirata Kouji	4. 巻 40
2. 論文標題 Static routing and spectrum allocation method for design of low-power elastic optical networks with multifiber environments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optical Switching and Networking	6. 最初と最後の頁 100604 ~ 100604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.osn.2021.100604	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 Hirata Kouji, Kimura Tomotaka, Fukuchi Yutaka, Muraguchi Masahiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Design of low-power all-optical networks under the constraint of four-wave mixing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Communication Systems	6. 最初と最後の頁 e4430 ~ e4430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/dac.4430	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 Kimura Tomotaka, Suzuki Takaya, Hirata Kouji, Muraguchi Masahiro	4. 巻 27
2. 論文標題 Residual Capacity-Aware Virtual Machine Assignment for Reducing Network Loads in Multi-tenant Data Center Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Network and Systems Management	6. 最初と最後の頁 949 ~ 971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10922-019-09492-1	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 Nangu Shota, Takeda Ayaka, Kimura Tomotaka, Hirata Kouji	4. 巻 141
2. 論文標題 Integrated Design of Edge Computing Systems with Edge Server Placement and Virtual Machine Allocation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1321 ~ 1330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.141.1321	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 Kimura Tomotaka, Fukuoka Masahiro, Hirata Kouji, Muraguchi Masahiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Design of energy efficient intermittently connected sensor networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1500 ~ 1509
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23454	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39件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 S. Nangu, T. Kimura, K. Hirata
2. 発表標題 Optimization of virtual machine placement for balancing network and server load in edge computing environments
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. Takeda, T. Kimura, K. Hirata
2. 発表標題 Joint optimization of edge server and virtual machine placement in edge computing environments
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹田 彩香, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 エッジコンピューティング環境におけるSA法を用いたサーバ配置と仮想マシン割り当ての同時最適化の検討
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤 広斗, 福地 裕, 平田 孝志
2. 発表標題 マルチコアファイバネットワークにおけるクロストーク制限下の経路選択及び周波数割当手法
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉村 勇樹, 平田 孝志
2. 発表標題 エラスティック光パスネットワークに対する仮想ネットワーク埋め込みにおける資源利用の最適化
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大隅 博文, 木村 共孝, 平田 孝志, 程 俊
2. 発表標題 ドローンネットワークにおける連結性を考慮した最適ドローン配置
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 四方 航輔, 平田 孝志
2. 発表標題 NFV環境におけるネットワーク負荷低減のためのVNF配置手法の検討
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Kondo, T. Kimura, Y. Fukuchi, and K. Hirata
2 . 発表標題 Static routing and spectrum allocation for mitigating crosstalk in multi-core fiber networks
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (IEEE ICCE-TW 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Nagasawa, T. Kimura, T. Kudo, and K. Hirata
2 . 発表標題 Estimation method of network availability with convolutional neural networks
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (IEEE ICCE-TW 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 A. Takeda, T. Kimura, and K. Hirata
2 . 発表標題 Evaluation of edge cloud server placement for edge computing environments
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (IEEE ICCE-TW 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Nagasawa, T. Kimura, and K. Hirata
2 . 発表標題 Decision method of link protection with convolutional neural networks
3 . 学会等名 the 6th International Symposium on Electrical Engineering and Computer Science (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Nangu, T. Kimura, and K. Hirata
2. 発表標題 Optimization of VM placement considering link and edge server loads in edge computing environments
3. 学会等名 the 6th International Symposium on Electrical Engineering and Computer Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Shikata, K. Hamada, T. Kimura, and K. Hirata
2. 発表標題 Routing method to reduce network loads in NFV environments
3. 学会等名 the 14th International Symposium in Science and Technology (ISST 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野 拓海, 平田 孝志
2. 発表標題 エッジコンピューティング環境におけるノード/リンク障害を考慮した仮想マシン配置の検討
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 2020年

1. 発表者名 濱田 恭平, 平田 孝志
2. 発表標題 SDNにおけるTCAMの利用効率を考慮したフローエントリの割当手法
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 2020年

1. 発表者名 米田 真大, 近藤 広斗, 福地 裕, 平田 孝志
2. 発表標題 エラスティック光パスネットワークにおけるコア間クロストークを考慮した静的RMLSA手法
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 2020年

1. 発表者名 福島 健人, 平田 孝志
2. 発表標題 コンテンツ人気度の地域的な偏りを考慮したネットワーク内キャッシュ管理手法
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 2020年

1. 発表者名 竹田 彩夏, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 エッジコンピューティング環境におけるサーバ配置と仮想マシン配置の同時最適化の検討
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南宮 翔太, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 エッジコンピューティング環境における負荷を考慮したVM配置最適化
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長澤 由利奈, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークを用いた保護リンク決定法
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長澤 由利奈, 木村 共孝, 工藤 隆則, 平田 孝志
2. 発表標題 CNNを用いたネットワーク可用性の推定手法
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南宮 翔太, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 エッジコンピューティング環境における仮想マシン配置手法の検討
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野 拓海, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 エッジコンピューティング環境における仮想マシン配置を考慮したトラフィックルーティング最適化
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹田 彩夏, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 エッジコンピューティング環境におけるエッジクラウドサーバ配置の最適化
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 四方 航輔, 濱田 恭平, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 NFV環境におけるネットワーク負荷低減のためのルーティング手法
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Kondo, T. Kimura, Y. Fukuchi, and K. Hirata
2. 発表標題 Static routing and spectrum allocation for mitigating crosstalk in multi-core fiber networks
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (IEEE ICCE-TW 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Takeda, T. Kimura, and K. Hirata
2. 発表標題 Evaluation of edge cloud server placement for edge computing environments
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (IEEE ICCE-TW 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Fukushima, M. Iio, K. Hirata, and M. Yamamoto
2 . 発表標題 Popularity-based content cache management for in-network caching
3 . 学会等名 the 33rd International Conference on Information Networking (ICOIN 2019) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Kimura, K. Goto, K. Morita, K. Hirata, Y. Fukuchi, and M. Muraguchi
2 . 発表標題 Routing and spectrum allocation method to avoid the generation of crosstalk and the blocking of lightpath establishment in multi-core fiber networks
3 . 学会等名 the 14th Advanced International Conference on Telecommunications (AICT 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Ueno, T. Kimura, and K. Hirata
2 . 発表標題 Traffic routing optimization considering virtual machine placement for edge computing environments
3 . 学会等名 the 5th International Symposium on Electrical Engineering and Computer Science (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Hamada and K. Hirata
2 . 発表標題 Replacement method of TCAM cache rules considering their dependency in SDN
3 . 学会等名 the 13th International Symposium in Science and Technology (ISST 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 工藤 隆則, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 電力消費を考慮したエラスティック光パスネットワーク設計手法
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 2018年

1. 発表者名 濱田 恭平, 平田 孝志
2. 発表標題 SDNにおけるTCAMキャッシュルールの置換手法
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平田 孝志, 橘 拓至
2. 発表標題 P4による複数ルーティング構成法の実装評価
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 G. Tabei, Y. Ito, T. Kimura, and K. Hirata
2. 発表標題 Multi-armed bandit-based routing method for in-network caching
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加重 健太郎, 三浦 秀芳, 平田 孝志
2. 発表標題 P4による負荷分散ルーティング手法の実装の検討
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平田 孝志, 三浦 秀芳, 木村 共孝
2. 発表標題 障害発生を考慮した仮想マシン配置によるエッジコンピューティング設計
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田部井 元, 伊藤 友輔, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 ネットワーク内キャッシュのための多腕バンディットアルゴリズムに基づくルーティング手法
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 花岡 昂佑, 伊藤 友輔, 木村 共孝, 平田 孝志
2. 発表標題 遺伝的アルゴリズムを用いたエッジサーバの配置手法の検討
3. 学会等名 電気学会通信研究会
4. 発表年 2021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	木村 共孝 (Kimura Tomotaka) (20756382)	同志社大学・理工学部・准教授 (34310)	
研究分担者	工藤 隆則 (Kudo Takanori) (80736695)	摂南大学・理工学部・講師 (34428)	

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