

令和元年6月14日現在

機関番号：10101  
研究種目：基盤研究(B)（一般）  
研究期間：2016～2018  
課題番号：16H02806  
研究課題名（和文）次世代モバイルアプリのための軽量エージェントを用いた階層型クラウドアーキテクチャ

研究課題名（英文）Hierarchical cloud architecture using lightweight-agent software for next-generation mobile application

研究代表者  
飯田 勝吉（IIDA, Katsuyoshi）  
北海道大学・情報基盤センター・准教授

研究者番号：00332768  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,100,000円

研究成果の概要（和文）：次世代モバイルアプリが必要とする2種類の研究を実施した。1．超低遅延サービスのためのモバイルエッジコンピューティングモデルの確立、2．モバイルエッジコンピューティング環境でのTCP公平性研究。前者は低遅延サービスのためのモデルの確立と当該モデルのテスト実装の開発を実施した。後者は、クラウドサーバとエッジサーバの2種類を利用する際のTCP公平性向上に関する研究を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
次世代モバイルアプリが必要とする2種類の研究を実施した。1．超低遅延サービスのためのモバイルエッジコンピューティングモデルの確立、2．モバイルエッジコンピューティング環境でのTCP公平性研究。前者は低遅延サービスのためのモデルの確立と当該モデルのテスト実装の開発を実施した。後者は、クラウドサーバとエッジサーバの2種類を利用する際のTCP公平性向上に関する研究を実施した。

研究成果の概要（英文）：We performed two set of researches. 1) study on model of mobile edge computing for next-generation mobile applications, 2) study on TCP fairness improvement for mobile edge computing environment. For 1), we have developed a mathematical model for low-latency service and implemented a testbed system. For 2), we have investigated TCP fairness issues in a cloud-edge mixed environment.

研究分野：ネットワークシステム工学

キーワード：第5世代携帯電話網 モバイルエッジコンピューティング 超低遅延サービス 輻輳制御 TCP公平性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

第5世代携帯電話網の研究開発が盛んにおこなわれている。しかし、無線アクセス部分の性能が上がってもそれだけではこれらのアプリの要求に応えることができない。特徴1(ミリ波帯によって提供可能な超広帯域という性質)を活かすためには有線網に十分な容量を提供することが必要である。また、超広帯域セルが利用できる場所は限られている、つまり利用可能な帯域幅の変動が大きいため、上位層プロトコルとして用いられているTCPでは十分な性能が提供できない可能性が高い。特徴2(超低遅延無線アクセスが提供可能であること)に関しては、通信相手が遠隔地にあって、伝播遅延が大きくなると車の自動運転などのアプリの提供ができなくなる。

### 2. 研究の目的

5G携帯電話網ではミリ波帯域の採用などにより、超広帯域(最大20Gb/s)および極めて短い伝播遅延(最大1ms)という性能の提供が可能になり、質的に全く新しいアプリケーションの実現が可能になる。しかし、これらの特徴を生かすためには有線網およびクラウドを適切に構成する必要がある。具体的には、無線アクセス部が超広帯域でもそれを活かすだけの十分な有線網の容量および適切なネットワーク制御技術がなければ性能を發揮できない。また、無線アクセス部の極小の伝播遅延を活かすためには、通信相手のサーバが遠隔地のクラウドにあっては実現できない。そこで本研究は5G携帯電話網を実現するための有線網とクラウドを含めた網全体の構成方法を明らかにする。また、その性能予測に基づく容量設計手法を明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 5G網のための有線網およびクラウドの構成技術の確立

5G網のもう一つの特徴に「特徴3:半径が広いが狭帯域のセルとその反対の性質のセルを組み合わせたHetNet(異種無線網)となること」がある。特徴3と1から、アプリが利用可能な帯域の変動が激しい状況で、どのようなネットワーク制御を行えば適切なスループットの提供が可能になるかが重要な課題となる。また、特徴2を活かすためには、通信相手のサーバが遠隔地にあっては、End-to-end遅延が大きくなり有効とは言えない。そこで、モバイルエッジクラウドという基地局の近傍に配置する小規模のサーバを活用することが提案されている。しかし、すべてのサーバ処理をモバイルエッジクラウドに実施させることは、サーバの容量の観点で現実的ではなく、従来型のクラウドとの役割分担が必要となる。そのため、本研究では以下の課題に取り組む。

#### (2) 5G網のための容量設計技術の確立

(1)で明らかにした有線網およびクラウドの構成技術を用いて構成した5G網において、どのような性能の提供が可能になるか、性能評価を実施する。そのうえで、以下の二つの容量設計技術を確立する。

### 4. 研究成果

次世代モバイルアプリが必要とする2種類の研究を実施した。1.超低遅延サービスのためのモバイルエッジコンピューティングモデルの確立、2.モバイルエッジコンピューティング環境でのTCP公平性研究。前者は低遅延サービスのためのモデルの確立と当該モデルのテスト実装の開発を実施した。後者は、クラウドサーバとエッジサーバの2種類を利用する際のTCP公平性向上に関する研究を実施した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計11件)

K. Intharawijitr, K. Iida, H. Koga, and K. Yamaoka, Simulation Study of Low-latency Network Model with Orchestrator in MEC, IEICE Trans. Commun., 査読あり, Vol. E102-B, 12 pages, 2019, DOI: 10.1587/transcom.2018EBP3368

Y. Sato, Y. Ito, and H. Koga, Hash-based Cache Distribution and Search Schemes in Content-Centric Networking, IEICE Trans. Inf. & Syst., 査読あり, Vol.E102-D, pp.998-1001, 2019, DOI: 10.1587/transinf.2018NTL0002

Y. Sato, H. Koga, and T. Ikenaga, TCP using Adaptive FEC to Improve Throughput Performance in High-latency Environments, IEICE Trans. Commun., 査読あり, Vol. E102-B, 2019, pp.537-544, DOI: 10.1587/transcom.2018EBP309

Y. Ito, H. Koga, and K. Iida, A Bandwidth Allocation Scheme to Improve Fairness and Link Utilization in Data Center Networks, IEICE Trans. Commun., 査読あり, Vol. E101-B, 2018, pp.679-687, DOI: 10.1587/transcom.2017NRP0008

Y. Ito, H. Koga, and K. Iida, A Bandwidth Allocation Scheme Based on Residual Bandwidth Information in Mobile Edge Computing, Proc. ACM Workshop on Middleware for Edge Clouds & Cloudlets (MECC2017), 査読あり, 2017, 3 pages, DOI: 10.1145/3152360.3152364

Y. Ito, H. Koga, and K. Iida, A Bandwidth Allocation Scheme to Meet Flow

Requirements in Mobile Edge Computing, Proc. IEEE Int'l Conference on Cloud Networking (Cloudnet'17), 査読あり, 2017, pp.114-118, DOI: 10.1109/CloudNet.2017.8071541

K. Intharawijitr, K. Iida, H. Koga, and K. Yamaoka, Practical Enhancement and Evaluation of a Low-latency Network Model using Mobile Edge Computing, Proc. IEEE Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC2017), 査読あり, 2017, pp. 567-574, DOI: 10.1109/COMPSAC.2017.190

K. Intharawijitr, K. Iida, and H. Koga, Simulation Study of Low Latency Network Architecture using Mobile Edge Computing, IEICE Trans. Inf. & Syst., 査読あり, Vol. E100-D, 2017, pp. 963-972, DOI: 10.1587/transinf.2016NTP0003

Y. Sato, H. Koga, and T. Ikenaga, Improving TCP Throughput using Forward Error Correction, IEICE Commun. Express, 査読あり, Vol. 6, 2016, pp. 28-33, DOI: 10.1587/comex.2016XBL0158

佐野修一, 飯田勝吉, 超広帯域基地局の帯域獲得と競合フローのスループット維持を両立する輻輳制御切り替え手法, 電子情報通信学会・和文論文誌 ( B ), 査読あり, Vol. J99-B, 2016, pp. 834-858, DOI: 10.14923/transcomj.2016IAP0011

Y. Ito, H. Koga, and K. Iida, A Bandwidth Allocation Scheme to Improve Fairness in Data Center Networks, IEICE Commun. Express, 査読あり, Vol. 5, 2016, pp.129-134. DOI: 10.1587/comex.2016XBL0005

[学会発表](計22件)

飯田勝吉, 多様なサービスを収容する IoT 基盤の研究開発, 2019 年電子情報通信学会総合大会 (招待講演), 2019

K. Intharawijitr, K. Iida, H. Koga, and K. Yamaoka, Improvement of computing latency estimation in orchestrator of MEC using statistical analysis, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2019

飯田勝吉, エッジコンピューティング技術と低遅延ネットワーク研究の現状, 日本学術振興会・光ネットワークシステム技術第 171 委員会・第 66 回研究会 (招待講演), 2019

Y. Ito, and H. Koga, Improving Offload Delay using Flow Splitting and Aggregation in Edge Computing, IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC2019) (国際学会), 2019

G. Nakagawa, Y. Ito, Y. Sato, and H. Koga, An Effective Scheme to Utilize Caches for Streaming Services in Mobile CCN, IEEE Int'l Performance Computing and Communications Conference (IPCCC2018) (国際学会), 2018

M. Yoshida, Y. Ito, Y. Sato, and H. Koga, A Cluster-based Cache Distribution Scheme in Content-Centric Networking, ACM Information-Centric Networking (ICN2018)(国際学会), 2018

吉田未希也, 伊藤友輔, 佐当百合野, 古閑宏幸, コンテンツ指向ネットワークにおけるクラスタ化を用いたキャッシュ分散手法, 電子情報通信学会・2018 年ソサイエティ大会 2018

飯田勝吉, エッジコンピューティング技術の動向と今後の展望, 2018 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 (招待講演), 2018

飯田勝吉, クリッティン イントラワイジット, エッジコンピューティングを用いた低遅延ネットワークの研究, 電子情報通信学会・情報ネットワーク研究会 (招待講演), 2018

佐当百合野, 古閑宏幸, 池永全志, パーストロス環境における TCP スループット改善のためのインタリーブを用いた適応型 FEC 手法, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2018

伊藤友輔, 古閑宏幸, 飯田勝吉, モバイルエッジコンピューティングにおける残余帯域情報に基づく帯域割当手法, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2017

木村武志, クリッティン イントラワイジット, 飯田勝吉, 高井昌彰, 低遅延ネットワークアーキテクチャの近似解析の初期検討, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2017

K. Intharawijitr, K. Iida, H. Koga, and K. Yamaoka, Implementation and preliminary evaluation of low-latency network architecture, IEICE IA Workshop (国際学会), 2017

飯田勝吉, エッジコンピューティング研究開発の現状と今後の課題, 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, 2017

K. Intharawijitr, K. Iida, H. Koga, and K. Yamaoka, Use Cases and Strategy for Model of Low-latency Network Architecture, IEICE General Conference 2017, 2017

V. Torres Da Costa, T. Akiyama, and K. Iida, Disaster-Resilient Dynamic Controller Placement in SDN, 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, 2017

伊藤友輔, 古閑宏幸, 飯田勝吉, モバイルエッジコンピューティングにおけるフロー要求に応じた帯域割当手法の提案, 電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会, 2017

K. Intharawijitr, K. Iida, and H. Koga, Simulation evaluation of practical model of MEC in low-latency network architecture, 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，2016

K. Intharawijitr, K. Iida, and H. Koga, Modeling of Mobile Edge Computing for Low-Latency Network Architecture, IEICE Society Conference 2016, 2016

V. Torres Da Costa, T. Akiyama, and K. Iida, Resilient Controller Placement Mechanism in Split-Domain SDN, IEICE Society Conference 2016, 2016

- ⑳ 伊藤友輔，古閑宏幸，飯田勝吉，データセンタネットワークにおける公平性と利用効率改善のための帯域割当手法の提案，電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会，2016
- ㉑ 金子智彦，飯田勝吉，[ 奨励講演 ] 経路遅延差がある場合のマルチパス TCP のサブフロー制御ポリシーのための UDP・TCP の品質評価，電子情報通信学会・ネットワークシステム研究会，2016

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：古閑 宏幸

ローマ字氏名：KOGA, Hiroyuki

所属研究機関名：北九州市立大学

部局名：国際環境工学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：20433401

### (2)研究協力者

なし

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、研究者個人に帰属されます。