

令和元年6月3日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00122

研究課題名(和文) HTTP/2時代のWebサービスのための次世代プロトコルとSDNによる制御の研究

研究課題名(英文) Study on QoS control for HTTP/2 Web services using next-generation protocols and SDN

研究代表者

伊藤 嘉浩 (Ito, Yoshihiro)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50335098

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、次世代のWebサービスの体感品質(QoE)の向上のために以下を検討した。まず、サービス品質(QoS)である遅延の平均と分散がQoEに及ぼす影響を評価し、パス解析を用いてそれらの関係を明らかにした。この得られた結果を基に、QoEを向上のための二つの制御方式を提案した。一つは、次世代プロトコルであるMPTCPにおいて遅延の分散を抑制させるものであり、もう一つはソフトウェアによってネットワークを制御するSDNを用いた方式である。実験によりこれら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

本研究で提案したQoEを向上するためのMPTCPの制御方式は、遅延の分散を抑制する新しいものであり、このようなアプローチを行なった研究はこれまで見られない。また、SDNによる制御方式では、既存のネットワーク設備やアプリケーション、およびコンテンツ自身の刷新を行う必要がないので、サービスの開発者や提供者は、大きな設備投資を必要とすることなく、ユーザにとってより高品質なWebサービスを提供することができるものである。

研究成果の概要(英文)：This research studied the following two issues to improve Quality of Experience (QoE) for next-generation Web services. Firstly the research evaluated the effect of the mean delay and its variance on QoE; secondly it clarify the relationship between the delay and QoE by using the Path analysis. From the obtained results, Thirdly the research proposed two new methods of improving QoE. The former is a new congestion control which can suppress the variance of delay. The latter is SDN(Software Defined Networking)-based control; it can improve QoE without changing the existing protocols.

研究分野：インターネット

キーワード：Webサービス 体感品質 サービス品質 SDN 次世代プロトコル

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

1. 研究開始当初の背景

(1)背景

近年、多くのサービスがインターネット上で提供されるにつれて、我々の生活において必要不可欠なサービスも Web サービスとして提供する形態に移行している。そのため、Web サービスに対するユーザ視点の品質、すなわち、体感品質 (Quality of Experience: QoE) の向上が重要視されている。Web サービスの体感品質 (WebQoE) に影響を及ぼす要因の一つが通信品質、すなわち、ネットワークが提供するサービスの品質(QoS)である。現在、Web サービスにおいて QoS を向上させるために、HTTP/2 や MPTCP などの新しいプロトコル (通信規約) の標準化や、ネットワークをソフトウェアによって制御するための新しい枠組みである SDN(Software Defined Networking)などの検討が進められている。

(2)動機

現在、インターネットで使われているプロトコルは、必ずしも Web サービスのために最適化されたものではない。したがって、もしこれらを適切に制御し QoS を向上することができれば、新しいサービスを導入することなく、高い QoE を提供することが期待できる。しかしながら、次世代プロトコルである MPTCP や SDN による QoS の制御にはまだ未検討の部分が多い。そこで、これらによる QoE ベースの QoS 制御手法が確立できれば、アプリケーションやコンテンツを変更することなく、WebQoE を向上させることが可能になるという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、Web サービスにおける QoE 向上を目的とし、次世代のプロトコルである MPTCP や SDN による新しい QoS 制御方式を検討する。特に、本研究では以下の項目に重点を置く。

(1) HTTP/2 時代の Web サービスにおける QoE の定義を明らかにし、その適切な評価方法を検討する。

(2) Web サービスにおける QoE と QoS を評価し、その関係を明らかにする。

(3) Web サービスにおける QoE を向上させるための MPTCP 制御方式を検討し、これを評価する。

(4) Web サービスにおける QoE を向上させるための SDN による制御方式を検討し、これを評価する。

本研究において、対象とする Web サービスは、ネットショッピングや電子書籍サービスなど、一般的に広く利用される既存のものを用いる。

3. 研究の方法

(1)本研究では、Web サービスにおける QoE を評価するとともに、QoS を観測できる実験環境の構築を行う。Web サービスに対する QoE としては、国際標準化機構 (International Organization for Standardization: ISO) の定義によるユーザビリティを想定し、これを測定するために計量心理学的な評価、生理学的評価など様々な評価方法を検討する。構築された実験環境を用い、実サービスに対して被験者を用いた QoE の評価を行う。

(2)得られた Web サービスにおける QoS と QoE に対してそれらの関係を調査する。Web サービスにおける QoS と QoE との関係を明確にするために、多変量解析などの統計的な手法を用いる。

(3)得られた QoS と QoE の関係から、Web サービスにおいて、QoE を向上させるための MPTCP と SDN の制御方式を提案する。また、先の実験環境を用いて、提案方式の有効性を確認する。

4. 研究成果

(1)本研究では、端末の違いが Web サービスの QoE に及ぼす影響の評価を行ない、デスクトップ端末より、携帯端末の方が QoS の劣化が QoE に及ぼす影響が小さいことを示した。また、QoS である遅延時間の平均と分散が QoE に及ぼす影響を評価した (図 1、図 2)。この結果から、平均遅延の増加により、QoE は低下するが、その度合いは遅延の分散が大きいほど大きくなり、またこれはサービスによって異なることを示した。このように遅延の平均と分散の双方の観点から QoE との関連を評価した研究はこれまでに見られないものである。

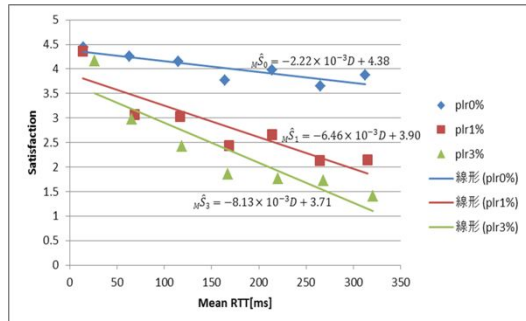


図 1 遅延時間に対する QoE (地図サービス)

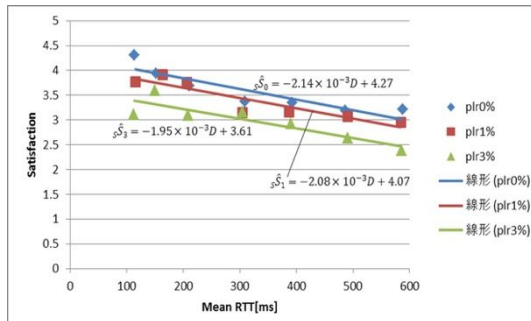


図 2 遅延時間に対する QoE (ショッピングサービス)

(2) 統計的解析手法の一つであるパス解析を用いて、QoS と QoE の関係を評価する方式を提案し、先に得られた QoS と QoE に対して本方式を適応した。本方式により、QoS が QoE に及ぼす影響をサービスごとに明確にすることができることを示した(図3、図4)。パス解析により QoE を評価した研究は存在するが、本研究のようにネットワークの階層構造を鑑みた上でパス解析を適用する方式は本研究が最初である。

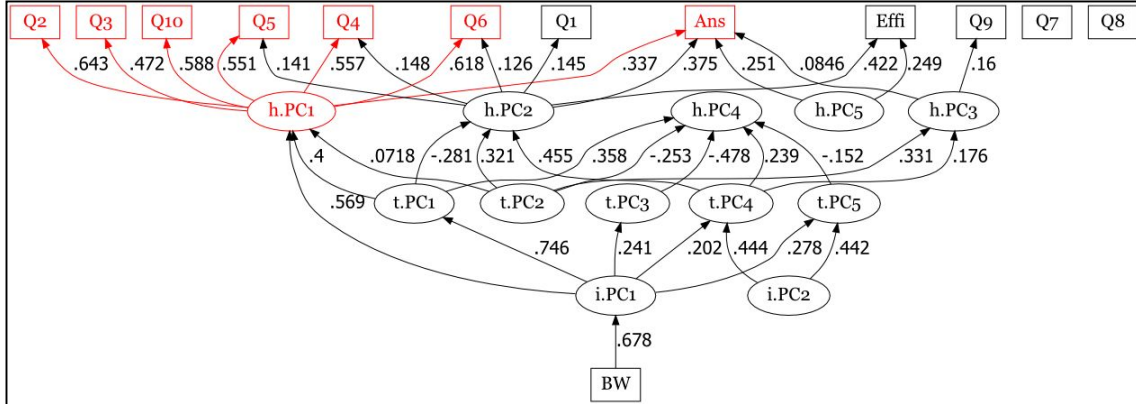


図3 パス図を用いた QoS と QoE の関係 (地図サービス)

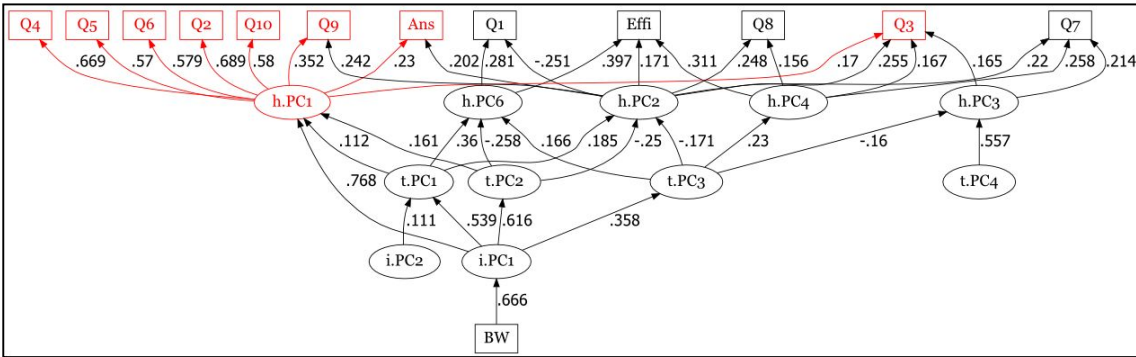


図4 パス図を用いた QoS と QoE の関係 (ショッピングサービス)

(3) 得られた QoS と QoE の関係を基に QoE を向上させるための QoS 制御方式を二つ提案した。一つは MPTCP における新しい輻輳制御であり、遅延の分散を抑制させることで QoE を向上させるものである。もう一つは SDN を用いたマルチパス化方式であり、これは SDN を用いることにより、既存のプロトコルを利用しながら QoS の向上を図るものである。実機を用いた実験により、これらの方式の有効性を確認した(図5、図6)。本研究のように遅延の分散をよく制することを目的とした輻輳制御方式はこれまで存在しない。また SDN による制御方式は、既存のプロトコルやアプリケーションを一切変更することなく適用することができるので、車載ネットワークや産業用オートメーションなど多くの分野での利用が考えられる。

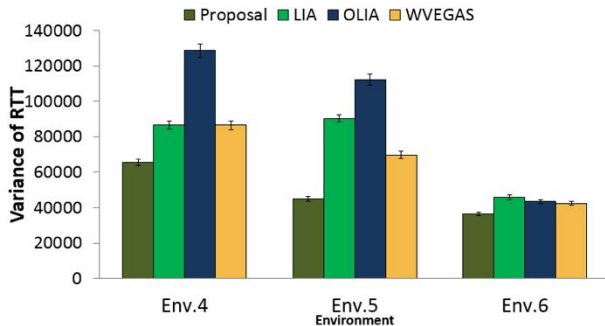


図5 新しいMPTCP輻輳制御の評価結果

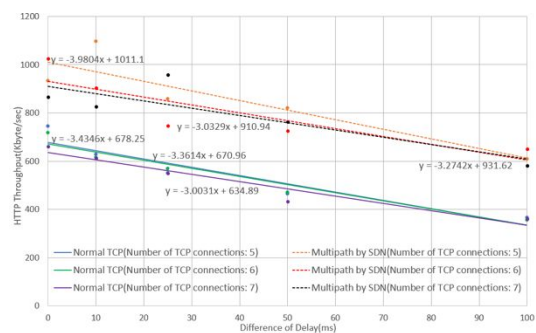


図6 SDNによるQoS制御の評価結果

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3件)

- Shiho Asano, Yoshihiro Ito, Development of Wireless LAN Base Station with QoS Control Based on Web-QoE by Bandwidth Control and Priority Control, Electronics and Communications in Japan, 査読有, Vol. 101, No. 5, 2018, 12-21
- 浅野志帆, 伊藤嘉浩, 帯域制御と優先制御を用いた Web-QoE に基づく QoS 制御を行う無線 LAN 基地局の開発, 電気学会論文誌 C, 査読有, 137 巻, 12 号, 2017, 1-9

溝口知彦、伊藤嘉浩、IPv4/v6 共存環境下におけるリレールータを介した低遅延な経路選択 機構の提案と評価、査読有、電子情報通信学会論文誌 B、J99-B 巻、12 号、2016、1057-1065

〔学会発表〕(計 11 件)

Kensuke Noda、Yoshihiro Ito、Proposal of Multi-path TCP Packet Scheduler to Adjust Trade-off between QoS Fluctuation and Throughput for WebQoE Improvement、IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems、2019

Kaori Iwata、Yoshihiro Ito、Study on Depending on the OpenFlow Controller Placement of Multi-pathization Method、IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems、2019

Kensuke Noda、Yoshihiro Ito、Proposal of Novel MPTCP Congestion Control to Suppress QoS Fluctuation for WebQoE Improvement、IEEE 8th International Conference on Consumer Electronics - Berlin、2018

Koki Izumi、Yoshihiro Ito、Study of a method of supporting IP routing for MPTCP by SDN、IEEE 9th International Conference on ICT Convergence、2018

Yuki Yoshida、Yoshihiro Ito、Application of TCP Multi-Pathization Method with SDN by IoT Devices to Web Service、IEEE 9th International Conference on ICT Convergence、2018

Koki Izumi、Yoshihiro Ito、QoS Evaluation of MPTCP over a Multi-Hop Wireless Network for IoT Devices、IEEE 7th Global Conference on Consumer Electronics、2018

Yasuomi Muraki、Yoshihiro Ito、Kasumi Tashiro、Study on MPTCP Enhancement by IP Routing for WebQoE Improvement、IEEE International Conference on Platform Technology and Service、2017

Maya Tabuchi、Yoshihiro Ito、Study of the Effect of the Mean and Standard Deviation of Response Time on QoE in Web Services、IEEE 8th International Conference on ICT Convergence、2016

Yeungjoo Kim、Yoshihiro Ito、Study on Relationship between QoS Degradation and QoE for Web services with Personal Digital Assistant、IEEE 8th International Conference on ICT Convergence、2016

Yuna Adachi、Yoshihiro Ito、Proposal of Method for Assessing Hierarchical Relationship between QoS and QoE for Web Services、IEEE 8th International Conference on ICT Convergence、2016

Shiho Asano、Yoshihiro Ito、Development of QoE Initiated Wireless LAN Base Station with DPI Based QoS Control、The 18th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium、2016

〔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

http://researcher.nitech.ac.jp/html/206_ja.html

6 . 研究組織

(1)研究分担者

なし

(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。