

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420367

研究課題名(和文) 無線LANネットワークにおける改造端末の検出と制御を統一的行う通信品質制御技術

研究課題名(英文) QoS Control Mechanism for Detecting and Controlling Selfish Terminal over Wireless LAN

研究代表者

小畑 博靖 (Obata, Hiroyasu)

広島市立大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：30364110

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、秩序のある効率的な無線LANサービスの提供を目指し、(1)MAC改造端末の検出技術、(2)MAC改造端末の制御に対応した通信品質制御技術、について検討し、MAC改造端末の検出から制御までを行う新たな技術を検討した。また、評価実験の結果、提案技術は従来技術よりも高確率でMAC改造端末を検出可能なことを確認した。また、MAC改造端末を効果的に制御可能なことも確認した。

研究成果の概要(英文)：In this project, we have studied new QoS control techniques for detecting and controlling a selfish terminal which has manipulated MAC parameters over wireless LAN environment. In order to achieve the objective, we have proposed (1) detecting methods for the selfish terminal, and (2) traffic control methods for the selfish terminal. From the performance experiments, we found that our proposed methods can detect the selfish terminal with high detecting rate. Furthermore, we confirmed that the proposed methods can control the selfish terminal than the previous method effectively.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：ネットワーク・LAN 無線LAN 改造端末 通信品質制御

## 1. 研究開始当初の背景

スマートフォン、タブレット端末等、移動可能端末の普及に伴い、アクセス系通信回線として、無線 LAN の利用が急増している。ここで、無線 LAN は限られた電波（無線チャネル）を端末間で共用するため、効率的な無線アクセス制御は非常に重要である。無線 LAN の標準規格 IEEE802.11 では、アクセス（MAC）制御として CSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance）を用いて公平な通信を実現する。しかし、従来研究において、故意や事故で CSMA/CA のパラメータや制御が変更された端末（MAC 改造端末）が利用される可能性が報告されている。このような MAC 改造端末は利己的な制御を行うため、スループットが不公平になる等、無線 LAN 環境の秩序に影響を及ぼす可能性がある。また、申請者らは、実際に Linux の無線 LAN デバイスドライバを利用して MAC パラメータを自己に有利に変更できることを明らかにし、その結果、ある環境において混在する通常端末のスループットが不当に低下させられることも実験的に確認している。

従来の MAC 改造端末への対策技術は、検出についてのみであり、制御についてはほとんど検討されていない。また、従来技術は、アクセス間隔のみ利用し規定値から外れたものを改造端末として検出するため、規定内で巧妙に改造された端末は検出不可能である。さらに、MAC 層の上位プロトコルである TCP の輻輳制御の違いによりアクセス間隔が端末毎に異なる可能性もある。従って、MAC 改造端末を正確に検出するためには、上位層の制御も考慮しつつ、アクセス間隔の他に、送信レート（スループット）の変化、チャネル利用時間、データ送信発生頻度等、多角的に情報を収集・解析する必要がある。一方で、多角的な観測は、解析データ量の増大、データ間の相互関係の複雑化に繋がり、結果異常値の検出に時間を要し、制御開始に大きな遅延が生ずる可能性がある。このような巨大かつ複雑な関係を持つデータの解析には、近年、注目されているビッグデータの解析技術（クラスタリング分析技術）が応用できると考えられる。本研究では、これまでアドホックネットワーク・センサネットワークで検討してきた「近接作用を利用したクラスタリング技術」の知見を用いて、収集したデータの多次元分析を行い、改造端末を検出する方法を検討する。また、無線 LAN 端末の制御に関して、無線 LAN の標準規格では、フロー単位での通信品質制御は困難である。これまで申請者らは MAC 制御を利用した優先制御として、端末にアクセス権を付与する CTS フレームを利用した制御を検討し、特定の改造をした端末を制御できることを確認している。そこで本研究では、この技術の開発で得た知見を元に MAC 改造端末を制御可能なフロー単位での通信品質制御を可能と

する技術を検討する。

## 2. 研究の目的

重要な通信インフラの一つである無線 LAN 環境では、限られた電波を利用するため、有線環境よりも通信資源を効率的に利用する必要がある。しかし、ユーザ端末の MAC 制御を自身に有利になるように変更可能なことが分かっていたが、このような改造端末の対策は十分検討されていなかった。また、無線 LAN の標準規格である IEEE802.11 規格では、フロー単位で通信品質を制御できない。そこで、本研究では、秩序のある効率的な無線 LAN サービスの提供を目指し、MAC 改造端末の検出および制御を統一的去る。まず、複数の評価尺度を用いた分析に基づく MAC 改造端末の検出技術を開発する。次に、検出した MAC 改造端末を制御し、さらに、フロー単位での通信品質制御を実現する技術を開発する。

## 3. 研究の方法

本研究では、秩序のある効率的な無線 LAN サービスの提供を目指し、[課題 1] MAC 改造端末の検出技術、[課題 2] MAC 改造端末の制御に対応した通信品質制御技術、を検討し、MAC 改造端末の検出から制御までを統一的去る新しい技術の確立を目指した。

## 4. 研究成果

本研究では、3. で示した課題 1、課題 2 に関して次の様な成果を得た。

### [課題 1] MAC 改造端末の検出技術

(1) MAC 改造端末の基本的特性評価の一環として、実機を用いて無線 LAN マルチレート環境における無線 LAN 端末の通信特性を実験的に評価した。実験では、アクセスポイントと無線端末間の距離を一定間隔毎に変えつつ、スループット、受信電力、送信レートに関して評価した。その結果、通信距離に応じて利用される送信レートにはある一定の傾向があることが分かった。また、送信レートと受信電力の間に関連性があるものの限定的なことが分かった。さらに、無線端末の設置位置によってスループットが大きく異なり、MAC パラメータを改造していない通常端末であっても改造端末として誤検知される可能性があることも分かった。

(2) MAC 改造端末の基本的特性評価結果に基づき検出技術の基礎検討を行った。まず、スループットやアクセス間隔等の複数の評価指標パラメータを検討し、これらの時間変化について評価した。その結果、一つの評価指標パラメータでは、MAC 改造端末と通常端末を区別することが困難なことが分かった。そこで、クラスタリング技術を参考に、2 つの評価指標パラメータを用いた新たな MAC 改造端末検出評価式を導出した。シミュレーション

ョン評価の結果，提案した検出評価式は2つの評価指標パラメータを用いることで，従来方式よりもMAC改造端末の動作を特徴付けることが可能なことを確認した．しかし，MAC改造端末が改造の隠蔽を試みた場合，隠蔽度合いが高いと検出が困難な場合があることが分かった．

そこで，上記の問題を解決するため，検出指標の時間変化を考慮して改造の隠蔽を試みるMAC改造端末の検出方式を検討した．シミュレーション評価の結果，提案方式はある特定の条件下において，改造隠蔽を試みるMAC改造端末を検出可能なことを明らかにした．しかしこの方式では，改造の隠蔽度が非常に高い場合，検出精度が低下することが分かった．そこで，評価指標の時間変化を周波数成分に変換して評価するスペクトル解析技術（フーリエ変換）を用いたMAC改造端末検出方式を検討した．シミュレーション評価の結果，提案方法は改造隠蔽度が非常に高い場合においも高い検出率が得られることを確認した．

（3）MAC改造端末の検出に利用可能な要素技術として，マルチレート無線LAN環境におけるスループット予測法を検討した．提案方式は，各端末の伝送レートを用いるだけで，アクセスポイントに接続する全端末のスループットを予測可能となる．シミュレーション評価の結果，提案方式は従来方式よりも高速にスループットを予測可能なことを確認した．

#### [課題2]MAC改造端末の制御に対応した通信品質制御技術

（1）MAC改造端末の制御技術の基礎検討として，結合振動子の同期現象に基づく無線LANメディアアクセス制御を利用したスループット制御を検討した．提案技術はアクセスポイントにて各端末のパラメータを制御するため，MAC改造端末の制御に応用できる可能性がある．シミュレーション評価の結果，提案方式は特定の端末に対するスループットをある程度制御可能なことが分かった．

（2）MAC改造端末の制御技術として，アクセスポイントにおいて，TCPを利用する端末のスループットを制御する方式を検討した．提案方式は，TCPの確認応答セグメントに含まれる受信ウィンドウサイズをアクセスポイントにおいて書き換えることで，制御対象となる端末のスループットを調節する．シミュレーション評価の結果，提案方式は，特定端末のスループットを調整可能なことを確認した．しかし，制御オーバーヘッドのため，システム全体のスループットが低下することが分かった．そこで，システム全体のスループット向上を目指して従来方式の拡張を行った．拡張方式は理想的な制御が実行できる往復遅延時間の理論値を用いて制御強度を決定する．シミュレーション評価の結果，拡張方式は従来方式に比べて特定端末のス

ループットを制御しつつ高い合計スループットが得られることを確認した．この開発技術は，上位層からMAC層へのデータ量を制御可能なため，MAC層での対応を必要とせずMAC改造端末を制御できる利点がある．

（3）MAC改造端末検出法と特定端末に対するスループット制御を統合した技術を検討した．その結果，検出から制御までに要する時間と帯域利用率を考慮すると，組み合わせる制御方法の一つとして，アクセスポイントにおいてTCPの受信ウィンドウサイズを制御する方式が有用なことが分かった．

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 23 件)

[1]Ryoma Ando, Ryo Hamamoto, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "A Priority Control Method for Media Access Control Method SP-MAC to Improve Throughput of Bidirectional Flows," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E100-D, No.5, pp.984-993, May 2017. (査読有)

[2]Ryo Hamamoto, Chisa Takano, Hiroyasu Obata, and Kenji Ishida, "Improvement of Throughput Prediction Scheme Considering Terminal Distribution in Multi-rate WLAN Considering both CSMA/CA and Frame Collision," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E99-D, No.12, pp.2923-2933, December 2016. (査読有)

[3]Ryo Hamamoto, Chisa Takano, Hiroyasu Obata, Masaki Aida, and Kenji Ishida, "Proposal for Designing Method of Radio Transmission Range to Improve both Power Saving and Communication Reachability based on Target Problem," IEICE Transactions on Communications, Vol.E99-B, No.11, pp.2271-2279, November 2016. (査読有)

[4]濱本 亮, 小畑 博靖, 安藤 竜馬, 山本 西貴, 高野 知佐, 石田 賢治, "H-SP-MAC: 隠れ端末問題の解決を目指したメディアアクセス制御 SP-MAC の改良," 電子情報通信学会論文誌 (B), Vol.J99-B, No.10, pp.893-907, October 2016. (査読有)

[5]濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, "結合振動子の同期現象に基づいたメディアアクセス制御 SP-MAC の適用領域に関する考察," 電子情報通信学会論文誌 (B), Vol.J99-B, No.2, pp.31-44, February 2016. (査読有)

[6]Hiroyasu Obata, Ryo Hamamoto, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "SP-MAC: A Media Access Control Method Based on the Synchronization Phenomena of Coupled Oscillators over WLAN," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E98-D, No.12, pp.2060-2070, December

2015. (査読有)
- [7]Ryo Hamamoto, Tutomu Murase, Chisa Takano, Hiroyasu Obata, and Kenji Ishida, "A Proposal of Access Point Selection Method Based on Cooperative Movement of Both Access Points and Users," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E98-D, No.12, pp.2048-2059, December 2015. (査読有)
- [8]濱本 亮, 高野 知佐, 小畑 博靖, 石田 賢治, "端末の分布を考慮したマルチレート無線LAN環境のアクセスポイントにおけるスループット予測法の高速化," 電子情報通信学会論文誌(A), Vol.J98-A, No.2, pp.209-220, February 2015.(査読有)
- [9]Ryoma Ando, Ryo Hamamoto, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "Characterization of Priority Control Based on Media Access Control Method SP-MAC over WLAN," Proc. ICIN2016, pp.149-156, March 2016. (査読有)
- [10]Yuuki Yamamoto, Ryo Hamamoto, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "Control Method to Guarantee Throughput based on Media Access Control Method SP-MAC over WLAN," Proc. CCNC2016, pp.657-662, January 2016. (査読有)DOI: 10.1109/CCNC.2016.7444857
- [11]Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "A Study on Detection Method of Selfish Terminal using Manipulated MAC Parameters over WLAN," Proc. ASON '15, pp.253-258, December 2015. (査読有)DOI: 10.1109/CANDAR.2015.60
- [12]Fumiya Teshima, Hiroyasu Obata, Ryo Hamamoto, and Kenji Ishida, "Redundancy Setting Method for TCP Congestion Control based on FEC over Wireless LAN," Proc. ASON '15, pp.259-264, December 2015. (査読有)DOI: 10.1109/CANDAR.2015.81
- [13]Ryoma Ando, Ryo Hamamoto, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "An Adaptive Control Parameter Setting Method for Priority Control Based on Media Access Control SP-MAC over WLAN," Proc. ASON '15, pp.220-226, December 2015. (査読有)DOI: 10.1109/CANDAR.2015.82
- [14]Yuuki Yamamoto, Ryo Hamamoto, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "Performance Evaluation of Control Method to Guarantee Throughput based on Media Access Control SP-MAC over WLAN," Proc. ASON '15, pp.265-270, December 2015. (査読有)DOI: 10.1109/CANDAR.2015.80
- [15]Ryo Hamamoto, Chisa Takano, Hiroyasu Obata, and Kenji Ishida, "Improvement of Throughput Prediction Method for Access Point in Multi-rate WLANs considering Media Access Control and Frame Collision," Proc. ASON '15, pp.227-233, December 2015. (査読有)DOI: 10.1109/CANDAR.2015.79
- [16]Ryo Hamamoto, Hiroyasu Obata, Yuuki Yamamoto, Ryoma Ando, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "Performance Evaluation of Media Access Control Method based on Synchronization Phenomena of Coupled Oscillators over Multi-rate WLAN," Proc. NOLTA2015, pp.415-418, December 2015. (査読有)
- [17]Ryo Hamamoto, Chisa Takano, Hiroyasu Obata, Masaki Aida, and Kenji Ishida, "Setting Radio Transmission Range Using Target Problem to Improve Communication Reachability and Power Saving," Proc. ADHOCNETS 2015, 12 pages, September 2015. (査読有)DOI: 10.1007/978-3-319-25067-0\_2
- [18]Ryo Hamamoto, Chisa Takano, Hiroyasu Obata, Kenji Ishida, and Tutomu Murase, "An Access Point Selection Mechanism Based on Cooperation of Access Points and Users Movement," Proc. IM2015 Poster Session, pp.926-929, May 2015. (査読有)DOI: 10.1109/INM.2015.7140411
- [19]Kenji Takahashi, Hiroyasu Obata, Tutomu Murase, and Kenji Ishida, "Throughput Improvement Method Exploiting Capture Effect in Densely Placed WLANs," Proc. IMCOM2015, 36, January 2015. (査読有) DOI: 10.1145/2701126.2701146
- [20]Hiroyasu Obata, Ryo Hamamoto, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "Throughput Characteristics Evaluation of Media Access Control Method based on Synchronization Phenomena of Coupled Oscillators over WLAN coexisting of CSMA/CA terminals," Proc. ASON '14, pp.254-259, December 2014. (査読有) DOI: 10.1109/CANDAR.2014.25
- [21]Kohei Izui, Hiroyasu Obata, Chisa Takano, and Kenji Ishida, "UDP Throughput Evaluation Considering the Communication Distance Between AP and Wireless Terminals over Multi-rate WLAN Environment," Proc. ASON '14, pp.249-253, December 2014. (査読有) DOI: 10.1109/CANDAR.2014.98
- [22]Hikaru Tsushima, Ryo Hamamoto, Hiroyasu Obata, and Kenji Ishida, "Performance Evaluation of Flow QoS Guarantee Method based on TCP Congestion Control and MAC Frame Priority Control over Multi-rate WLAN Environment," Proc. ASON '14, pp.266-271, December 2014. (査読有) DOI: 10.1109/CANDAR.2014.97
- [23]Ryo Hamamoto, Chisa Takano, Hiroyasu Obata, Kenji Ishida, and Tutomu Murase, "Characteristics Analysis of an AP Selection Method Based on Coordination

Moving Both Users and APs,” Proc. ASON ’14, pp.243-248, December 2014. (査読有)DOI: 10.1109/CANDAR.2014.96

〔学会発表〕(計 38 件)

- [1]山本 西貴, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, 濱本 亮, “SP-MACに基づく適応的スループット制御のパラメータ特性評価,” 2017 信学総大, B-6-19, 2017 年 3 月 22 日, 名古屋.
- [2]泉川 洋介, 小畑 博靖, 村瀬 勉, 石田 賢治, “キャプチャ効果を用いた無線 LAN メディアアクセス制御の端末数に対するスループット特性評価,” 2017 信学総大, B-7-56, 2017 年 3 月 24 日, 名古屋.
- [3]山本 西貴, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, 濱本 亮, “無線 LAN メディアアクセス制御 SP-MAC に基づく適応的スループット制御方式,” 信学技報, NS2016-240, 2017 年 3 月 3 日, 沖縄.
- [4]森下 侑之介, 泉川 洋介, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “マルチレート無線 LAN 環境における伝送レート変化とスループットの実験的評価,” 信学技報, IN2016-110, 2017 年 3 月 2 日, 沖縄.
- [5]寺岡 良章, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN のアクセスポイントにおける TCP 受信ウィンドウ制御に基づくスループット保証技術,” 信学技報, IN2016-112, 2017 年 3 月 2 日, 沖縄.
- [6]泉川 洋介, 小畑 博靖, 村瀬 勉, 石田 賢治, “双方向フローを考慮した WLAN 密集環境におけるキャプチャ効果を用いたメディアアクセス制御,” 信学技報, IN2016-108, 2017 年 3 月 2 日, 沖縄.
- [7]大宮 陸, 小畑 博靖, 村瀬 勉, “複数アドホックネットワークの干渉を考慮した最適配置,” 信学技報, IN2016-111, 2017 年 3 月 2 日, 沖縄.
- [8]小畑 博靖, “結合振動子の同期現象に基づく無線 LAN メディアアクセス制御に関する研究,” 大学 ICT 推進協議会 高品質・セキュリティ ICT 部会 (招待講演), 2016 年 12 月 13 日, 京都.
- [9]安藤 竜馬, 濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “マルチホップ無線 LAN 環境におけるメディアアクセス制御 SP-MAC に基づく優先制御の評価,” 2016 信学ソ大, B-6-67, 2016 年 9 月 22 日, 札幌.
- [10]山本 西貴, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, 加藤 晃広, 濱本 亮, “無線 LAN メディアアクセス制御 SP-MAC を用いた端末に対する複数優先クラスの検討,” 2016 信学ソ大, B-6-66, 2016 年 9 月 22 日, 札幌.
- [11]泉川 洋介, 小畑 博靖, 石田 賢治, 村瀬 勉, “キャプチャ効果を考慮した無線 LAN メディアアクセス制御を用いた TCP 通信の特性評価,” 2016 信学ソ大, B-7-37, 2016 年 9 月 21 日, 札幌.
- [12]鶴見 涼, 小畑 博靖, 石田 賢治,

“EDCA を適用したマルチレート無線 LAN 環境における TCP ストリーミング通信の特性評価,” 2016 信学ソ大, B-7-36, 2016 年 9 月 21 日, 札幌.

- [13]大宮 陸, 小畑 博靖, 村瀬 勉, “ロード配置が非対称な並列転送アドホックネットワークにおけるコンテンツウィンドウ制御方式の性能評価,” 2016 信学ソ大, B-7-38, 2016 年 9 月 21 日, 札幌.
- [14]山本 西貴, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, 野村 尚一郎, 濱本 亮, “無線 LAN マルチレート環境におけるメディアアクセス制御方式 SP-MAC を用いたスループット保証制御方式の拡張,” 電子情報通信学会 第 5 回 NetSci/CCS 研究会合同ワークショップ, CCS2016-24, pp.41-46, 2016 年 8 月 10 日, 余市.
- [15]小畑 博靖, 泉井 康平, 濱本 亮, 高野 知佐, 石田 賢治, “マルチレート無線 LAN 環境における伝送レートの実験的評価およびモデル化検討,” 信学技報 (依頼講演), IN2016-10, 2016 年 5 月 19 日, 東京.
- [16]小畑 博靖, 濱本 亮, 松本 崇宏, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN 環境における MAC パラメータ改造端末に対するスペクトル解析を用いた検出方式の検討,” 信学技報, NS2016-4, 2016 年 4 月 21 日, 和歌山.
- [17]泉井 康平, 小畑 博靖, 濱本 亮, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN マルチレート環境における伝送レートのモデル化の検討,” 2016 信学総大, B-7-45, 2016 年 3 月 18 日, 福岡.
- [18]濱本 亮, 小畑 博靖, 安藤 竜馬, 山本 西貴, 高野 知佐, 石田 賢治, “結合振動子の同期現象に基づいたメディアアクセス制御を用いる端末の電力消費量特性,” 2016 信学総大, B-7-46, 2016 年 3 月 18 日, 福岡.
- [19]安藤 竜馬, 濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “メディアアクセス制御方式 SP-MAC のキャプチャ効果を考慮したスループット特性,” 2016 信学総大, B-7-47, 2016 年 3 月 18 日, 福岡.
- [20]安藤 竜馬, 濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “マルチホップ無線 LAN におけるメディアアクセス制御 SP-MAC の性能評価,” 信学技報, IN2015-106, 2016 年 1 月 22 日, 名古屋.
- [21]濱本 亮, 安藤 竜馬, 山本 西貴, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “隠れ端末問題を考慮した結合振動子の同期現象に基づくメディアアクセス制御方式 SP-MAC の改良,” 信学技報, IN2015-77, 2015 年 12 月 17 日, 広島.
- [22]寺岡 良章, 小畑 博靖, 石田 賢治, “無線 LAN のアクセスポイントにおける TCP スループット保証を目指した受信ウィンドウ制御,” 信学技報, IN2015-47, 2015 年 9 月 4 日, 盛岡.
- [23]山本 西貴, 濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN のメディアア

クセス制御方式 SP-MAC に基づくスループット保証制御技術の特性評価,” 電子情報通信学会 第 4 回 NetSci/CCS 研究会合同ワークショップ, CCS2015-35, pp.33-38, 2015 年 8 月 6 日, 登別.

[24]安藤 竜馬, 濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN メディアアクセス制御方式 SP-MAC を用いた優先制御における制御パラメータの動的設定法,” 電子情報通信学会 第 4 回 NetSci/CCS 研究会合同ワークショップ, CCS2015-36, pp.39-44, 2015 年 8 月 6 日, 登別.

[25]濱本 亮, 高野 知佐, 小畑 博靖, 石田 賢治, “マルチレート無線 LAN 環境におけるアクセスポイントに対する高速スループット予測法のシミュレーション評価,” 信学技報, IN2015-35, 2015 年 7 月 17 日, 札幌.

[26]小畑 博靖, 濱本 亮, 高野 知佐, 石田 賢治, “結合振動子の同期現象に基づく無線 LAN メディアアクセス制御 SP-MAC のリアルタイム通信への適用性に関する考察,” 信学技報(依頼講演), IN2015-7, 2015 年 5 月 21 日, 東京.

[27]小畑 博靖, 濱本 亮, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN メディアアクセス制御方式 SP-MAC の通信端末数に対するスループット性能評価,” 2015 信学総大, BS-8-10, 2015 年 3 月 11 日, 滋賀.

[28]手嶋 郁也, 小畑 博靖, 石田 賢治, “無線 LAN 環境におけるスループット向上を目指した FEC に基づく TCP 輻輳制御に対する冗長度決定方式,” 信学技報, IN2014-141, 2015 年 3 月 3 日, 沖縄.

[29]松本 博樹, 小畑 博靖, 石田 賢治, “CSMA/CA におけるバックオフ時間制御と TCP 制御によるフロー-QoS 保証方式,” 信学技報, IN2014-143, 2015 年 3 月 3 日, 沖縄.

[30]濱本 亮, 山本 西貴, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “マルチレート無線 LAN 環境における結合振動子の同期現象に基づいたメディアアクセス制御方式の性能評価,” 信学技報, IN2014-153, 2015 年 3 月 3 日, 沖縄.

[31]安藤 竜馬, 濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN 環境におけるアクセスポイントを考慮したメディアアクセス制御方式 SP-MAC,” 信学技報, NS2014-249, 2015 年 3 月 3 日, 沖縄.

[32]山本 西貴, 濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN のメディアアクセス制御方式 SP-MAC を用いたスループット保証制御,” 信学技報, NS2014-248, 2015 年 3 月 3 日, 沖縄.

[33]小畑 博靖, 濱本 亮, 高野 知佐, 石田 賢治, “結合振動子の同期現象に基づく無線 LAN メディアアクセス制御の適用領域,” 信学技報, NS2014-105, 2014 年 10 月 16 日, 松江.

[34]小畑 博靖, 濱本 亮, 高野 知佐, 石田 賢治, “DCF 端末が混在する無線 LAN 環境下

における結合振動子の同期現象に基づくメディアアクセス制御の特性評価,” 2014 信学ソ大, B-7-40, 2014 年 9 月 26 日, 徳島.

[35]津島 光, 小畑 博靖, 石田 賢治, “無線 LAN マルチレート環境における TCP 制御と MAC 制御を共用したフロー-QoS 保証方式の特性評価,” 信学技報, IN2014-68, 2014 年 9 月 12 日, 宮城.

[36]高橋 健次, 小畑 博靖, 村瀬 勉, 石田 賢治, “複数無線 LAN が密集した環境におけるキャプチャエフェクトを考慮したスループット向上に関する検討” 信学技報, IN2014-67, 2014 年 9 月 12 日, 宮城.

[37]小畑 博靖, 濱本 亮, 高野 知佐, 石田 賢治, “無線 LAN 環境における結合振動子の同期現象に基づくメディアアクセス制御方式の特性評価,” 電子情報通信学会 第 3 回 NetSci/CCS 研究会合同ワークショップ, 2014 年 8 月 8 日, 北海道.

[38]濱本 亮, 高野 知佐, 小畑 博靖, 石田 賢治, “マルチレート無線 LAN 環境におけるアクセスポイントの高速スループット予測法に対する適応的な予測式選択法,” 信学技報, IN2014-18, 2014 年 6 月 26 日, 香川.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称:無線通信装置及び無線通信方法  
発明者:濱本 亮, 小畑 博靖, 高野 知佐, 石田 賢治

権利者:公立大学法人広島市立大学

種類:特許

番号:特願 2015-227343 号

出願年月日:平成 27 年 11 月 20 日

国内外の別:国内

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

小畑 博靖(OBATA, Hiroyasu)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号: 30364110

### (2)研究分担者

石田 賢治(ISHIDA, Kenji)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号: 70221025

高野 知佐(TAKANO, Chisa)

広島市立大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号: 60509058