

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00127

研究課題名（和文）エラスティック無線LANシステム構成法に関する研究

研究課題名（英文）A study of system formation method for elastic wireless local-area network

研究代表者

船曳 信生（Funabiki, Nobuo）

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：70263225

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、通信需要やネットワーク環境の変化に応じて、アクセスポイント（AP）の構成を動的に変化させる、エラスティック無線LAN（E-WLAN）システムの構成法に関する研究を行った。その成果として、ネットワークフィールド内でのAPの最適化な物理的設置方法の提案、そのための無線リンクの実効スループット推定モデルの構築、部分干渉チャネルにおけるスループット低下量の推定モデルの定式化、チャネル割当・送信パワー割当・チャネルボンディング割当などのAP構成の動的最適化のアルゴリズムの提案、分散データキャッシュ機能の構想、Raspberry Piを用いたテストベッドシステムの構築を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

無線LANでは、ユーザに提供する通信性能の最大化と、導入・運用コストの最小化の相反するニーズがある。本研究では、通信需要やネットワーク環境の変化に応じて、動作するAPの構成を動的に変化させることで、このトレードオフの解消を実現した。研究成果の学術的意義は、その実現に必要な種々の最適化アルゴリズムを提案したこと、高精度のスループット推定モデルを提案したこと、それらをベースとした実機のテストベッドシステムを構築したことにある。社会的意義は、トレードオフの解消に加え、安価で世界標準のRaspberry Piを用いてシステムを構築したことで、開発途上国を含む多くの国での活用が可能となったことにある。

研究成果の概要（英文）：In this research, we have studied the system formation method for the elastic wireless local-area network (E-WLAN) that dynamically changes the configurations of the access-points (APs) depending on traffic demands and network environments. Through research activities, we have achieved the following results: 1) to propose the physical setup method of the AP device in the network field, 2) to formulate the throughput estimation model of the wireless link, 3) to define the throughput drop estimation model under interference from other links for partially overlapping channels, 4) to proposed optimization algorithms on channel assignments, transmission power assignments, and channel bonding assignments for dynamic configurations of the APs, 5) to investigate the distributed data cash system, and 6) to implement the testbed system for E-WLAN using Raspberry Pi for APs.

研究分野：情報通信工学

キーワード：無線LAN IEEE802.11 エラスティック無線LANシステム テストベッド Raspberry Pi 最適化アルゴリズム スループット推定モデル AP設置

1. 研究開始当初の背景

近年、インターネットへのアクセス通信路として、無線 LAN の利用が広がっている。無線 LAN では、ホストコンピュータと無線アクセスポイント (Access Point : AP) 間の配線が不要となるため、低コストで柔軟な LAN 構築が可能となる。そのため、現在、無線 LAN の高性能化・高信頼化に関する様々な技術が実用化されている。以下に、それらの中で本研究の背景となる技術について述べる。

まず、LTE 技術を用いた高速セルラー通信網を用いて高速インターネット接続を実現する、モバイルルータの利用が挙げられる。モバイルルータでは、電源バッテリー内蔵、基地局との無線通信、キャリア毎に異なる周波数の利用などにより、AP の設置場所やその数に制約が少ないといった長所がある。

また、IEEE802.11n、11ac と呼ばれる高速無線通信プロトコルの普及が始まっている。ここでは、1) MIMO (Multiple-Input-Multiple-Output) チャネル伝送、2) チャネルボンディング、3) フレームアグリゲーションなどにより、ギガビットレベルの通信速度を目標としている。しかし同時に、通信距離、通信パス上の障害物、無線機器の配置方法、干渉する無線機器の稼働状況などによっては、実効的なスループットが大きく低下することが明らかとなっている。

更に、ピアツーピア通信技術をベースとした分散コンテンツ配置や分散データキャッシュの技術が広く研究されている。それらをベースに、パケットの中継ノード毎に、必要なデータをキャッシュすることで、通信リンクの切断に常に備えることが可能となる。

最後に、AP からの電波が届きにくい場所での通信サービス提供には、無線機器を中継局として利用するマルチホップ無線通信が有効である。データ中継時の自己干渉による通信速度の低下に対し、IEEE802.11ac 機器の普及による解決が可能となりつつある。

2. 研究の目的

本研究では、以上の技術をベースとして、「エラスティック無線 LAN (Elastic Wireless LAN: E-WLAN) システム構成法に関する研究」を行う。E-WLAN システムでは、通信需要やネットワーク環境の変化に応じて、無線アクセスポイント (AP) の構成を動的に変化させる。これにより、無線 LAN の高信頼化・高性能化・低コスト化を実現する。

この E-WLAN システムの AP には、通常の無線 LAN 専用の AP に加え、ユーザの PC や Raspberry Pi を利用した仮想 AP、および、携帯電話網を用いてインターネット接続を実現するモバイルルータを併用する。また、データ通信の高信頼化のため、中継ノードでのデータキャッシュ機能とバックアップ通信機能を実現する。更には、通信能力の高性能化のため、高速通信プロトコル IEEE802.11ac の特性を考慮して導入する。同時に、低コスト化のため、実際に動作する AP 数の最小化を図る。

本研究では、国内外 (日本、台湾、インドネシア、バングラディッシュ、ミャンマー、エジプト) の研究者と連携しながら、研究を推進することで、国境を越えた多様なニーズに応える E-WLAN システムを実現する。

3. 研究の方法

本研究では、4 年間の研究期間内に、E-WLAN システム実現のための要素技術として、具体的には、MIMO 伝送最適化、E-WLAN システム構成法、分散データキャッシュ、テストベッド構築の 4 項目を推進する。以下に、各項目の概要を示す。

1) MIMO 伝送最適化：

MIMO 実装の通信機器では、その設置の方向・高さ・角度などによって、提供できるスループットが大きく異なることから、通信量の大きい無線リンク (接続ホスト数の多い AP、マルチホップ通信の AP など) に対する設置方法を明らかにする。また、隣接する複数の AP において、同時通信を行うリンク間の電波干渉の低減方法を明らかにする。

2) E-WLAN システム構成法：

従来の研究で提案してきた、動作 AP 選択、ホストの接続 AP 選択、AP へのチャネル割当の各アルゴリズムを、E-WLAN システム向けに拡張する。その際、IEEE802.11ac/n の通信特性 (距離・障害物・ホップ数による速度変化、ホスト間速度差) の考慮や、モバイルルータの活用による AP・リンク故障耐性のための冗長構成、データキャッシュ配置の適正化、データキャッシュを考慮した通信経路選択を行う。

3) 分散データキャッシュ：

複数ノード間に分散保持されるデータへのアクセス性を高めるため、AP や管理サーバに、軽量の Web サーバソフトウェアを用いた Web システムを導入する。その際、複数インデックスの自動付与により、各データの検索性を高める。また、各ノードでの容量とデータの必要性を考慮したコンテンツキャッシュ最適化のために、連携研究者の成果を応用する。なお、本研究では、簡

単のために、システム内で流通するファイルのみを対象とする。

4) テストベッド構築：

以上の E-WLAN システムの実機性能の評価のために、実機を用いたテストベッドシステムを構築する。ここでは、全体の管理機能および各 AP を基本的には、Linux-PC を用いて実装する。

4. 研究の成果

本研究の成果を、各項目別に示す。

1) MIMO 伝送最適化：

本項目では、ネットワークフィールド内での MIMO を実装した AP の設置方法の最適化、その無線リンクの実効スループットの推定モデル、部分干渉チャネルによるスループット低下の推定モデルに関する研究を行い、それぞれで成果を得ている。以下に、具体的な成果を示す。

AP 設置方法の最適化

本研究では、まず、MIMO を含む、任意の AP において、その設置方法（フィールド内の設置位置、床面からの高さ、xyz 軸周りの回転角など）が、AP とその接続ホスト間のスループットに大きな影響を与えることを、スループット測定実験で明らかにした。次に、無線 LAN における、各 AP の設置方法の最適化手順を提案した。ここでは、まず、実効スループット推定モデルを用いて、フィールド内のホストの中で、AP（サーバ）との実効スループット推定値が最小となるホスト（ボトルネックホスト）を検出する。次に、このボトルネックホストとのスループットが最大となるように、AP の設置方法を逐次、変更しながら、スループット測定を繰り返すことで、その最適な設置方法を検出する。複数のネットワークフィールドにおいて、提案方法の適用実験を行い、いずれにおいても、最良となる AP 設置を検出できていることを確認している。

無線リンクの実効スループット推定モデル

本研究では、無線リンクの実効スループットの推定モデルとして、Log-distance path loss モデルを用いた受信電波強度の推定と、シグモイド関数を用いた電波強度からの実効スループット推定の 2 段階で構成されるモデルを提案した。また、このモデルの有する複数のパラメータの値を最適化するために、局所探索法を用いたパラメータ最適化ツールを実装した。様々なネットワーク環境・条件（ネットワークのフィールド、通信デバイス、送受信距離、送信電波強度など）の下で、スループット測定実験を行い、本提案モデルおよびツールの有効性を検証している。

部分干渉チャネルにおけるスループット低下量の推定モデル

IEEE802.11 無線 LAN では、限られた割当無線帯域を有効活用するために、隣接チャンネル間で、その占有帯域が部分的に重なる、部分干渉チャネル（Partially Overlapping Channel, POC）が利用されている。そのため、隣接する AP 間に、隣接するチャンネルを割り当てた場合、それらの間に、部分的な電波干渉が生じ、全体のスループットが低下する。本研究では、この POC での電波干渉によるスループットの低下量を、隣接 AP 間の物理的距離とそれらの割当チャンネル間の差を用いて推定する、スループット低下量推定モデルを提案した。と同様、様々なネットワーク環境・条件の下で、スループット測定実験を行い、提案モデルの精度を検証している。

2) E-WLAN システム構成法：

無線 LAN の中心デバイスである、AP の設定（チャンネル割当、送信パワー割当、チャンネルボンディング割当など）を、現状のネットワーク環境（ユーザからの通信要求、行政などによる通信帯域の制限、ネットワークデバイスの稼働状態など）に応じて、動的に再構成することが、無線 LAN の通信性能の向上、および、省エネルギー化に有効である。本研究では、この AP 構成問題に対する種々の最適化アルゴリズムの提案を行い、シミュレータを用いた大規模シミュレーションにより、それらの有効性の検証を行った。次に、提案アルゴリズムで制御される E-WLAN システムの実機による性能評価実験を行うために、Linux で提供される必要なコマンドを調査し、それらを実行するプログラムを作成した。これらの成果を、E-WLAN システムのテストベッド構築に活用した。

3) 分散データキャッシュ：

今回、E-WLAN システムを構成する AP、および、管理サーバに、軽量の Web サーバを実装することで、ネットワーク内にデータをキャッシュし、外部からアクセスできる仕組みを実装した。これにより、IoT（Internet of Things）など、多くのセンサー情報を扱うシステムを、E-WLAN システムを用いて実現することが可能となった。

4) テストベッド構築：

本研究では、以上の本研究の成果の有効性を実機で検証するために、その中心となるデバイスの AP に Raspberry Pi を用いた、テストベッドシステムを構築した。Raspberry Pi は、Linux ベースの OS (Raspberry Pi OS) を採用しており、また、小型・安価であり、本研究のメンバーの母国 (バングラデシュ、ミャンマー、インドネシア) でも、容易に入手可能である。この帰国後にも、留学中の研究の継続が可能となることは、留学生にとって、非常に重要な要素である。なお、管理サーバとホストには、通常のノート PC (Linux) を採用し、それらの OS には、Linux を用いた。

本研究では、実装したテストベッドシステムを用いて、様々なネットワーク環境において、提案する E-WLAN システム構成法の評価実験を行った。その結果により、E-WLAN システム構成法の有効性を示した。

テストベッドシステムを用いた評価実験では、同時に、ネットワーク内の複数ホストのスループット間に、それらの AP からの距離により、大きな不公平性が生じること、AP の送信パワーの変更が実効スループットに大きく影響することなどが明らかになった。

本研究では、それらの対策として、スループットを常時測定しながら、PI フィードバック制御により、通信遅延を最適化するスループット公平化制御法と、所用スループットを確保する、AP の送信パワーの最小化制御法を考案し、テストベッドに実装した。テストベッドを用いた評価実験により、それらの有効性を検証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 14件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Kyaw Soe Lwin, Nobuo Funabiki, Sumon Kumar Debnath, Kwenga Ismael Munene, Rahardhita Widyatra Sudibyo, Minoru Kuribayashi, and Wen-Chung Kao	4. 巻 9
2. 論文標題 Enhancements of minimax access-point setup optimisation approach for IEEE 802.11 WLAN	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Space-Based and Situated Computing	6. 最初と最後の頁 47 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1504/IJSSC.2019.100017	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 該当する
1. 著者名 Mousumi Saha, Nobuo Funabiki, Rahardhita Widyatra Sudibyo, Sumon Kumar Debnath, Md. Manowarul Islam, Minoru Kuribayashi, and Wen-Chung Kao	4. 巻 8
2. 論文標題 A Network Configuration Optimization Algorithm for Wireless Local-Area Network with Three Raspberry Pi Access-Points under Concurrent Communications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Future Computer and Communication	6. 最初と最後の頁 55 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijfcc.2019.8.2.540	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 Kwenga Ismael Munene, Nobuo Funabiki, Md. Manowarul Islam, Minoru Kuribayashi, Md. Selim Al Mamun, and Wen-Chung Kao	4. 巻 4
2. 論文標題 An Extension of Throughput Drop Estimation Model for Three-Link Concurrent Communications under Partially Overlapping Channels and Channel Bonding in IEEE 802.11n WLAN	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal	6. 最初と最後の頁 94 ~ 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.25046/aj040411	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 Mousumi Saha, Rahardhita Widyatra Sudibyo, Nobuo Funabiki, Minoru Kuribayashi, and Wen-Chung Kao	4. 巻 14
2. 論文標題 Throughput Measurement and Estimation Model for Concurrent Communications of Multiple Raspberry Pi Access-Points in Wireless Local-Area Network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Communications	6. 最初と最後の頁 1009 ~ 1016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12720/jcm.14.11.1009-1016	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 Rahardhita Widyatra Sudibyو, Nobuo Funabiki, Minoru Kuribayashi, Kwenga Ismael Munene, Md. Manowarul Islam, and Wen-Chung Kao	4. 巻 4
2. 論文標題 A Proposal of TCP Fairness Control Method for Two-Host Concurrent Communications in Elastic WLAN System Using Raspberry Pi Access-Point	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal	6. 最初と最後の頁 10~18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.25046/aj040602	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 Md. Manowarul Islam, Nobuo Funabiki, Rahardhita Widyatra Sudibyو, Kwenga Ismael Munene, and Wen-Chung Kao	4. 巻 8
2. 論文標題 A dynamic access-point transmission power minimization method using PI feedback control in elastic WLAN system for IoT applications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Internet of Things	6. 最初と最後の頁 100089 ~ 100089
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100089	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 該当する

1. 著者名 Md. Manowarul Islam, Nobuo Funabiki, Minoru Kuribayashi, Sumon Kumar Debnath, Kwenga Ismael Munene, Kyaw Soe Lwin, Rahardhita Widyatra Sudibyو, and Md Selim Al Mamun	4. 巻 8
2. 論文標題 Dynamic access-point configuration approach for elastic wireless local-area network system and its implementation using Raspberry Pi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Networking and Computing	6. 最初と最後の頁 254-281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15803/ijnc.8.2_254	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 Kwenga Ismael Munene, Nobuo Funabiki, Minoru Kuribayashi, Rahardhita Widyatra Sudibyو, and Md. Selim Al Mamun	4. 巻 8
2. 論文標題 A throughput estimation model under two-link concurrent communications with partially overlapping channels and its application to channel assignment in IEEE 802.11n WLAN	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Space-Based and Situated Computing	6. 最初と最後の頁 123-137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1504/IJSSC.2018.097286	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 該当する

1. 著者名 Manowarul Islam, Nobuo Funabiki, Minoru Kuribayashi, Mousumi Saha, Kwenga Ismael Munene, Rahardhita Widyatra Sudibyo, and Wen-Chung Kao	4. 巻 4
2. 論文標題 A proposal of transmission power minimization extension in active access-point configuration algorithm for elastic wireless local-area network system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Computer & Software Engineering	6. 最初と最後の頁 0-0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15344/2456-4451/2019/140	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 Shigeto Tajima, Nobuo Funabiki, and Teruo Higashino	4. 巻 8
2. 論文標題 A holding access-point assignment algorithm for IEEE802.11 wireless local-area networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Space-Based and Situated Computing	6. 最初と最後の頁 50-58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1504/IJSSC.2018.091196	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 該当する

1. 著者名 Sumon Kumar Debnath, Nobuo Funabiki, Mousumi Saha, and Md. Selim Al Mamun	4. 巻 8
2. 論文標題 MIMO host location optimization in active access-point configuration algorithm for elastic WLAN system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Space-Based and Situated Computing	6. 最初と最後の頁 59-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1504/IJSSC.2018.094465	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 該当する

1. 著者名 Kyaw Soe Lwin, Nobuo Funabiki, Chihiro Taniguchi, Khin Khin Zaw, Md. Selim Al Mamun, Minoru Kuribayashi, and Wen-Chung Kao	4. 巻 7
2. 論文標題 A minimax approach for access point setup optimization in IEEE 802.11n wireless networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Networking and Computing	6. 最初と最後の頁 187-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15803/ijnc.7.2_187	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 I-Wei Lai, Nobuo Funabiki, Shigeto Tajima, Md. Selim Al Mamun, and Sho Fujita	4. 巻 24
2. 論文標題 Cross-layer selective routing for cost and delay minimization in IEEE 802.11ac wireless mesh network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Wireless Networks	6. 最初と最後の頁 2191-2203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s11276-017-1462-9	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 Md. Selim Al Mamun, Nobuo Funabiki, Kyaw Soe Lwin, Md. Ezharul Islam, and Wen-Chung Kao	4. 巻 7
2. 論文標題 A channel assignment extension of active access-point configuration algorithm for elastic WLAN system and its implementation using Raspberry Pi	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Networking and Computing	6. 最初と最後の頁 248-270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.15803/ijnc.7.2_248	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

[学会発表] 計33件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Rahardhita Widayatra Sudibyoy, Nobuo Funabiki, Minoru Kuribayashi, Kwenga Ismael Munene, Md. Manowarul Islam, and Wen-Chung Kao
2. 発表標題 A TCP fairness control method for two-host concurrent communications in elastic WLAN system using Raspberry Pi access-point
3. 学会等名 2019 2nd International Conference on Communication Engineering and Technology (ICCET 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rahardhita Widayatra Sudibyoy, Nobuo Funabiki, Kwenga Ismael Munene, Md. Manowarul Islam, and Wen-Chung Kao
2. 発表標題 A proposal of TCP fairness control method for multiple-host concurrent communications in wireless local-area network
3. 学会等名 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mousumi Saha, Nobuo Funabiki, Sumon Kumar Debnath, and Md. Selim Al Mamun
2. 発表標題 A proposal of preprocessing stage for active access-point configuration algorithm in elastic WLAN system
3. 学会等名 2019 IEEE Hiroshima Section Student Symposium (HISS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hendy Briantoro, Nobuo Funabiki, Md Manowarul Islam, Rahardhita Widyatra Sudibyو, Kwenga Ismael Munene, and Minoru Kuribayashi
2. 発表標題 An exploration of transmission power optimization method for concurrently communicating two access-points in wireless local-area network
3. 学会等名 2019 IEEE Hiroshima Section Student Symposium (HISS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 盧天鵬, 船曳信生, マノワールイスラム, クエンガイسلامムネネ, ラハディタウイディトラスディビョ
2. 発表標題 無線LANの複数ホスト同時通信時におけるスループット予測モデルの改良
3. 学会等名 2019 IEEE Hiroshima Section Student Symposium (HISS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rahardhita Widyatra Sudibyو, Nobuo Funabiki, Kwenga Ismael Munene, and Md Manowarul Islam
2. 発表標題 A generalization of TCP fairness control method using transmission delay for multiple-host concurrent communications in elastic WLAN system
3. 学会等名 IEICE Society Conference
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Md Manowarul Islam, Nobuo Funabiki, Rahardhita Widyatra Sudiby, Kwenga Ismael Munene, and Hedy Briantoro
2. 発表標題	An access-point transmission power minimization approach using PI feedback control in wireless local-area network
3. 学会等名	IEICE Society Conference
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Ismael Munene Kwenga, Nobuo Funabiki, Rahardhita Widyatra Sudiby, Hedy Briantoro, and Md. Mahbubur Rahman
2. 発表標題	A throughput drop estimation model for two-link concurrent communications with non-bonded partially overlapping channels in IEEE 802.11n WLAN
3. 学会等名	IEICE Society Conference
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Sumon Kumar Debnath, Mousumi Saha, Nobuo Funabiki, and Wen-Chung Kao
2. 発表標題	A throughput estimation model for IEEE 802.11n MIMO link in wireless local-area networks
3. 学会等名	2018 3rd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS-2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Mousumi Saha, Nobuo Funabiki, Sumon Kumar Debnath, and Wen-Chung Kao
2. 発表標題	A study of MIMO host location optimization in active access-point configuration algorithm for elastic WLAN system
3. 学会等名	2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW 2018) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1 . 発表者名 Rahardhita Widyatra Sudiby, Nobuo Funabiki, and Wen-Chung Kao
2 . 発表標題 A proposal of hardware channel bonding for IEEE802.11n wireless network using Raspberry Pi
3 . 学会等名 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW 2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kwenga Ismael Munene, Nobuo Funabiki, Rahardhita Widyatra Sudiby, and Wen-Chung Kao
2 . 発表標題 A throughput drop estimation model for two-link concurrent communications with partially overlapping channels in IEEE 802.11n WLAN
3 . 学会等名 The 7th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kyaw Soe Lwin, Zinan Wang, Nobuo Funabiki, MinoruKuribayashi, and Wen-Chung Kao
2 . 発表標題 Applications of minimax access-point setup optimization approach to IEEE802.11ac WLAN at 5GHz
3 . 学会等名 The 2nd International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shigeto Tajima, Nobuo Funabiki, Sumon Kumar Debnath, and Teruo Higashino
2 . 発表標題 A holding access-point assignment algorithm for wireless local-area networks
3 . 学会等名 9th IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuo Funabiki, Chihiro Taniguchi, Kyaw Soe Lwin, Khin Khin Zaw, and Wen-Chung Kao
2. 発表標題 A parameter optimization tool and its application to throughput estimation model for wireless LAN
3. 学会等名 9th International Workshop on Virtual Environment and Network-Oriented Applications (VENOA-2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Md. Manowarul Islam, Md. Selim Al Mamun, Nobuo Funabiki, and Minoru Kuribayashi
2. 発表標題 Dynamic access-point configuration approach for elastic wireless local-area network system
3. 学会等名 Fifth International Symposium on Computing and Networking (CANDAR, ASON) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kyaw Soe Lwin, Nobuo Funabiki, Sumon Kumar Debnathy, and Munene Kwenga Ismael
2. 発表標題 A minimax approach for access-point setup optimization in IEEE 802.11n WLAN with MIMO links
3. 学会等名 2017 IEEE Hiroshima Section Student Symposium (HISS2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sumon Kumar Debnath, Nobuo Funabiki, Kyaw Soe Lwin, and Md. Selim Al Mamun
2. 発表標題 A study of throughput estimation model for IEEE802.11n MIMO link in wireless local-area network
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 2017年

1. 発表者名	Kwenga Ismael Munene, Nobuo Funabiki, Md. Selim Al Mamun, Kyaw Soe Lwin, and Sumon Kumar Debnath
2. 発表標題	A study of throughput estimation model and channel assignment algorithm for partially overlapping channels in IEEE 802.11n wireless local-area networks
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	2017年

1. 発表者名	Md. Manowarul Islam, Md. Selim Al Mamun, Nobuo Funabiki, and Minoru Kuribayashi
2. 発表標題	A dynamic host behavior extension of active access-point configuration algorithm for elastic WLAN system
3. 学会等名	第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	Sumon Kumar Debnath, Nobuo Funabiki, Kyaw Soe Lwin, and Md. Selim Al Mamun
2. 発表標題	Evaluations of throughput estimations in two network simulators for IEEE 802.11n wireless local-area networks
3. 学会等名	第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名	Rahardhita Maatra Sudibyo and Nobuo Funabiki
2. 発表標題	Hardware channel bonding for Raspberry Pi access-point in IEEE802.11n wireless networks
3. 学会等名	第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年	2017年

1. 発表者名 Kyaw Soe Lwin, Khin Khin Zaw, and Nobuo Funabiki
2. 発表標題 Throughput measurement minimization for parameter optimization of throughput estimation model
3. 学会等名 第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kwenga Ismael Munene, Md. Selim Al Mamun, Kyaw Soe Lwin, and Nobuo Funabiki
2. 発表標題 Throughput measurements under partially overlapping channels in IEEE 802.11n wireless local-area networks
3. 学会等名 第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mousumi Saha, Nobuo Funabiki, Md. Selim Al Mamun, and Sumon Kumar Debnath
2. 発表標題 A minimax approach for access-point allocation in wireless local-area networks
3. 学会等名 第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kyaw Soe Lwin, Nobuo Funabiki, Khin Khin Zaw, Md. Selim Al Mamun, and Minoru Kuribayashi
2. 発表標題 Throughput measurements for access-point setup optimization in IEEE802.11n wireless networks
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 谷口知弘, 船曳信生, 栗林稔, Kyaw Soe Lwin, Debnath Sumon Kumar, and Khin Khin Zaw
2. 発表標題 パラメータ最適化ツールの開発と無線LANのスループット推定モデルへの適用
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sumon Kumar Debnath, Nobuo Funabiki, Kyaw Soe Lwin, Md. Selim Al Mamun, Rahardhita Widyatra Sudibyoy, and Samsul Huda
2. 発表標題 Raspberry Pi Configuration for Access-Point and Its Throughput Measurements in IEEE802.11n Wireless Networks
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 田島滋人, 船曳信生, 東野輝夫
2. 発表標題 無線LANの保有アクセスポイント割当アルゴリズムのチャンネル割当拡張
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 田島滋人, 船曳信生, 東野輝夫
2. 発表標題 無線LANの保有アクセスポイント割当問題のチャンネル割当におけるチャンネル間干渉の考慮
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuo Funabiki, Kyaw Soe Lwin, Minoru Kuribayashi, and I-Wei Lai
2. 発表標題 Throughput measurements for access-point installation optimization in IEEE802.11n wireless networks
3. 学会等名 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Md. Selim Al Mamun, Sumon Kumar Debnath, Kyaw Soe Lwin, and Nobuo Funabiki
2. 発表標題 A channel assignment extension of active access-point configuration algorithm for elastic WLAN system under limited channels
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on Computing and Networking (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kyaw Soe Lwin, Nobuo Funabiki, Khin Khin Zaw, Md. Selim Al Mamun, and Minoru Kuribayashi
2. 発表標題 A minimax approach for access-point setup optimization using throughput measurements in IEEE802.11n wireless networks
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on Computing and Networking (国際学会)
4. 発表年 2016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
連携研究者	菅原 真司 (Sugawara Shinji) (90313410)	千葉工業大学・工学部・教授 (32503)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	田島 慈人 (Tajima Shigeto) (90273614)	大阪大学・基礎工学研究科・助教 (14401)	