

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K00129

研究課題名(和文) 多種無線ネットワーク群の高密度配置を実現する複数ネットワーク間連携制御法

研究課題名(英文) Multi-Network Cooperative Control for High-Density Deployment of Multiple Types of Wireless Networks

研究代表者

谷川 陽祐 (TANIGAWA, Yosuke)

大阪公立大学・大学院情報学研究科 ・准教授

研究者番号：90548497

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)：ZigBeeネットワークや無線LAN等の異種無線ネットワークが高密度に配置されている環境において、電波干渉の関係上同時伝送可能な複数パケットの同時伝送、IEEE 802.11axで導入されたOFDMA伝送をパケット伝送負荷に応じて利用した複数パケットの同時伝送、ネットワークの種別を超えてデータ伝送負荷の大きいネットワークにおける一部のパケットを別のネットワークで伝送する等の手法により、パケット衝突や電波干渉によるチャネル利用効率の低下を抑制するとともに空きチャネル資源を有効利用することで、全無線ネットワークおよび個々の無線ネットワークにおいてチャネル利用効率を向上できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

無線LANはWi-Fi規格として既に家庭、オフィス、街中等に高密度に配置されており、IoT (Internet of Things) の発展によりZigBeeやBluetoothのような近距離省電力通信用途やIEEE 802.11afや802.11ahのような長距離通信用途等、様々な種別の無線ネットワークも普及しつつある。これらの無線ネットワークを様々な通信品質要求を満たしながら運用するためには、限りある無線チャネル資源を効率的、有効に利用する必要がある。本研究成果はその実現可能性を示しており、多種無線ネットワークのさらなる普及、発展に貢献できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In environments where multiple types of wireless networks, such as ZigBee networks and wireless LANs, are densely deployed, this research improved channel utilization in both all wireless networks and individual wireless networks by restricting packet collision and radio interference and by effectively utilizing vacant channel resources. This is realized by transferring multiple packets whose radio interference can be neglected, multiple packet transfer with OFDMA transmission introduced in the IEEE 802.11ax standard according to the packet transmission load, and transferring some packets in a network with a large data transmission load via another network with lower load.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：無線LAN ZigBee 高密度配置 ネットワーク間連携 IoT

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近い将来、多種の無線ネットワークが近接して多数配置される環境の急増が予想される。例えば、無線 LAN は既に広く普及しており、今後は街中やスタジアム、オフィス等に多くの無線 LAN が密に配置され、大量のモバイル端末が各無線 LAN にアクセスする環境の増加が予想される。一方、IoT (Internet of Things) の実用形であるスマートホームネットワーク等の用途で無線 LAN 以外の種別の無線ネットワークも普及が期待されている。しかし、周波数帯の異なる無線チャネルの数には限りがあり多くの無線ネットワークで同じ周波数帯の無線チャネルを利用せざるを得ないため、高密度で配置された多数の無線ネットワーク間で電波干渉を引き起こし、大量に伝送されるパケットを収容可能な実効通信帯域を確保できないという問題が発生する。したがって、ネットワークの種別を問わず、複数無線ネットワーク間での有機的連携により、同時伝送可能な複数のパケットを時間軸上の適切な期間を指定して同時に伝送しながら無線チャネルを効率的に利用しつつ、各無線チャネルの利用率に応じて複数の無線チャネルやネットワークをより少数に集約することで、総チャネル利用効率の向上や利用チャネル数の抑制を実現することが無線ネットワークの高密度配置環境に必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、ZigBee ネットワークや無線 LAN 等の複数種別の無線ネットワークが互いに電波干渉を引き起こすほど近接して多数配置されている環境において、全ネットワークおよび個々のネットワークにおける無線チャネルの利用効率を向上させるとともに、各無線チャネルの利用率や伝送パケット量に応じて利用チャネル数を抑制することを目的としている。目的達成のため、複数無線ネットワーク間で電波干渉回避を行っている既存研究とは異なり、ネットワーク間での有機的な連携により、空間的に干渉しない等の理由で同時伝送可能な複数パケットを時間軸上の適切な期間に同時伝送することで、時間、空間的に利用可能な無線チャネル資源を最大効率で利用する。また、各無線チャネルの利用率や伝送パケット量に応じて、ネットワーク種別の垣根を越えて複数チャネル/複数ネットワークで伝送されているパケットをより少ない数の無線チャネルに集約して伝送する。

3. 研究の方法

本研究では、(1)複数無線 LAN 間連携と(2)異種無線ネットワーク間連携の 2 つの大テーマに基づいて研究を進めた。前者のテーマについては、異なる送受信局間で複数パケットを同時伝送するための基本方式およびその同時伝送の可否判定に必要な情報の収集、近隣局間での共有に関する手法を確立するとともに、送信局間のパケット送信機会割当制御、同時伝送の連続実行制御、IEEE 802.11ax 規格で導入された OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 方式との連携等の方式拡張を進めた。後者のテーマについては、ZigBee ネットワークと無線 LAN 間の連携として、ZigBee パケットの一部を無線 LAN 通信を用いてシンクまで伝送する基本方式を確立するとともに、無線 LAN より通信容量は小さいがカバレッジが広い広域カバレッジ型無線ネットワーク (具体的には、IEEE 802.11af および IEEE 802.11ah の無線ネットワークを想定) も加えた連携へと発展させた。両テーマの主要な研究成果について、次章で説明する。

4. 研究成果

(1) 複数無線 LAN 間連携

複数無線 LAN が相互に電波干渉するほど近接して配置、運用されている環境において、電波干渉の関係上同時伝送可能な複数パケットを検出し、それらの同時伝送を促進することで、ネットワーク全体でのチャネル利用効率およびパケット伝送スループットを向上させるパケット伝送法を確立した。

本提案方式は、送信すべきデータパケットを保持している送信局 (自送信局) が既に別の送受信局間でデータパケット伝送が行われていることを検出した場合、その別送信局から別受信局へ伝送されるデータパケットおよび逆方向へ返信される ACK (Acknowledgment) の両方が自送信局から送信されるデータパケットおよびその受信局から返信される ACK の両方と電波干渉の関係上同時伝送可能と判定されれば、自送信局からのパケット送信を開始することで、複数データパケットの同時伝送を実現する。上記のように、データパケットに加えて逆方向に返信される ACK との同時伝送可否も判定することで、データパケットの高信頼な同時伝送を実現している。

同時伝送の可否は、ある受信局に複数のパケットが同時に届いた場合にある 1 パケットの信号対雑音比が他パケットの値より十分に高ければ当該パケットの受信、復号が可能になるキャプチャ効果が発生するための条件式を用いて判定する。この判定には自送信局とその受信局、および上記の別送受信局が他局から受ける電波の受信信号強度が必要となるため、各局が近隣局から受ける電波の受信信号強度を管理しその情報を近隣局間で共有することで当該受信信号強度の取得を実現した。

さらに、基地局において配下の各端末局が近隣局からどの程度電波干渉を受けているか把握

し電波干渉を受けやすく他端末局よりパケット伝送機会が得られにくい端末局に優先的に伝送機会を与えることで、伝送機会や実効通信帯域を端末局間で公平化させるパケット伝送法や、同時伝送が可能であることが明らかな場合に同時伝送可否判定を省略して複数パケットを連続して伝送することでチャネル利用率やパケット伝送スループットを向上させる方式等も併せて確立した。

以上のような複数無線 LAN 間連携の代表的な性能評価結果を以下に示す。異なる基地局をもつ 3 つの無線 LAN が近接して配置されている環境を考え、3 つの基地局を互いに 100 m 離して配置しそれぞれの周囲 15 m に端末局を配置した。各端末局の位置は範囲内でランダムに定めた。IEEE 802.11a の物理層規格を使用し、伝送レートは 54 Mbps に設定した。基地局から配下の各端末局、各端末局から所属基地局へそれぞれ UDP フローを 0.75 Mbps のレートで送信した。パケットサイズは 1500 bytes または 500 bytes とし、各無線 LAN に所属する端末局の半分が送受信するフローのパケットサイズを 1500 bytes、残りの端末局が送受信するフローのパケットサイズを 500 bytes に設定した。キャプチャ効果による同時伝送可否判定に用いるキャプチャ閾値は 20 dB、シミュレーション時間は 100 秒とした。

各基地局から各端末局への下り伝送スループットの合計値を図 1、各端末局から各基地局への上り伝送スループットの合計値を図 2 にそれぞれ示す。図 1、2 より、提案方式は IEEE 802.11ax 規格で導入されている各局が無線チャネルが使用中か否かの判断に用いる CST (Carrier Sense Threshold) を動的に制御することで複数パケットの同時伝送を促進する DSC (Dynamic Sensitivity Control) 方式と比較して上下スループットともに向上が確認できる。これは、提案方式では、DSC には備わっていない同時伝送される複数のデータパケットに加えてそれらに対する ACK についても伝送成功可否を判定することで、当該データパケットの同時伝送成功率を高める機能や、上述の複数パケットを連続して伝送する機能が備わっているためである。

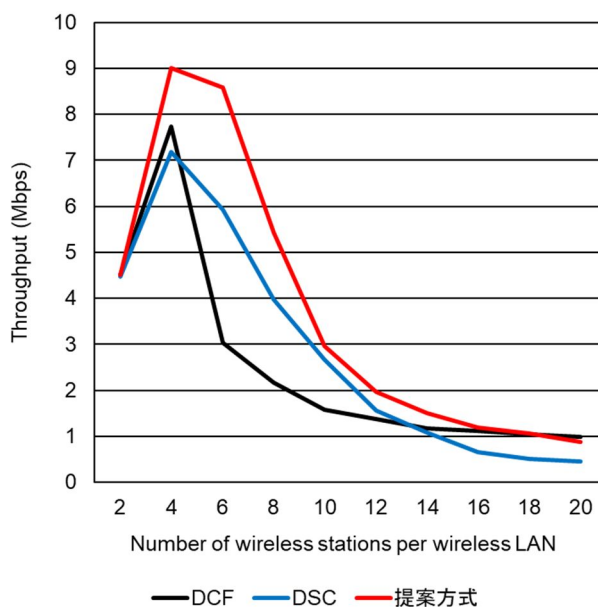


図 1 下り伝送スループット

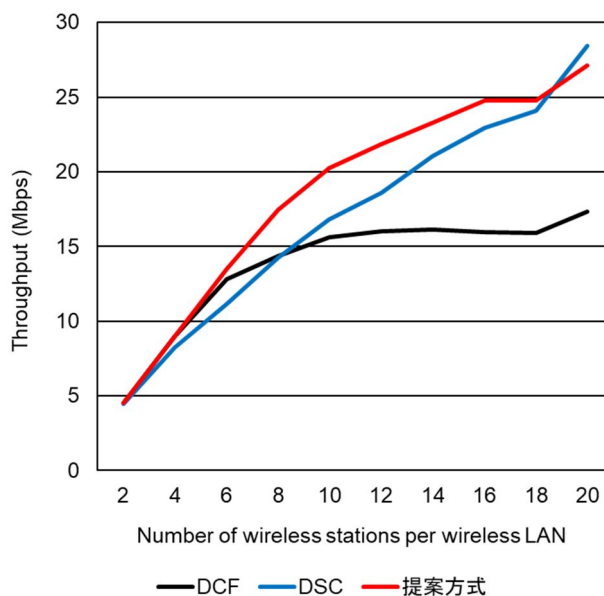


図 2 上り伝送スループット

(2) 異種無線ネットワーク間連携

ZigBee ネットワークと無線 LAN 間で電波干渉回避を行う既存研究に対し、本研究では無線 LAN 内のデータ伝送状況を考慮しながら ZigBee パケットの一部を無線 LAN を用いて伝送する等により異種無線ネットワーク間で有機的連携を行う方式を確立した。

本提案方式は各 ZigBee ノードからデータパケットをシンクへマルチホップで伝送する ZigBee ネットワークが無線 LAN と同じ領域に配置されている環境を想定する。ZigBee ノードの一部に通常は ZigBee ノードとして動作するが無線 LAN 通信も同時に行えるノードである Hybrid Node (以下、Hnode) を導入し、Hnode はシンク方向へ中継する ZigBee パケットを ZigBee 通信を用いて伝送するか、無線 LAN 通信を用いてシンクへ直接伝送するか制御する。制御方針として、Objective Z と Objective W の 2 つを考える。Objective Z は、無線 LAN 内における無線 LAN 用通信可用帯域の低下を許容しつつ ZigBee ネットワークにおける性能、具体的には ZigBee パケットのシンク到達率やシンクまでの伝送遅延、ZigBee ノードの消費電力を最大限向上させる制御方針であり、各 Hnode は中継する ZigBee パケットの全てを無線 LAN 通信を用いてシンクへ直

接伝送する。Objective W は無線 LAN 内のデータ伝送に影響を与えない範囲で ZigBee パケットの伝送に無線 LAN 通信を用いるという制御方針であり、自身が推定した無線 LAN 内のデータ伝送負荷を基に ZigBee パケットを無線 LAN 通信を用いてシンクへ伝送しても無線 LAN 内のデータ伝送スループットが低下しないと判断される場合のみ各 Hnode はバッファリングしている ZigBee パケットを無線 LAN 通信を用いてシンクへ伝送し、それ以外の場合は ZigBee ネットワークを用いて ZigBee パケットをシンク方向へ伝送する。

以上のような ZigBee ネットワーク/無線 LAN 間連携法の代表的な性能評価結果を以下に示す。性能評価環境として、一辺 100 m の正方形領域を一辺 10 m の 10 × 10 正方形セルに分割し、正方形領域の中心に ZigBee シンク、無線 LAN 基地局を配置するとともに、1 つの正方形セルにつき 1 つの ZigBee ノードをセル内でランダムに選択した位置に配置した。当該無線 LAN 基地局と無線 LAN 通信を行う端末局をこの正方形領域に 5 局配置し、一様な位置から選択された ZigBee ノードを Hnode とした。ZigBee ノードおよび Hnode の ZigBee による通信可能範囲は 15 m、Hnode は無線 LAN 通信を用いてシンクと直接通信できるものとした。

ZigBee パケットのシンク到達率、無線 LAN における伝送スループットの結果を図 3、4 にそれぞれ示す。提案方式 (Objective Z) では、無線 LAN 端末局数、つまり無線 LAN におけるデータ伝送負荷によらず ZigBee パケットを Hnode から無線 LAN 経由でシンクへ伝送するため、ZigBee パケットのシンク到達率は常に 1 に近い値を達成する。一方、無線 LAN 内のデータ伝送負荷を考慮しないため、無線 LAN 端末局数が大きい状況において無線 LAN における伝送スループットが若干低下することがわかる。提案方式 (Objective W) では、無線

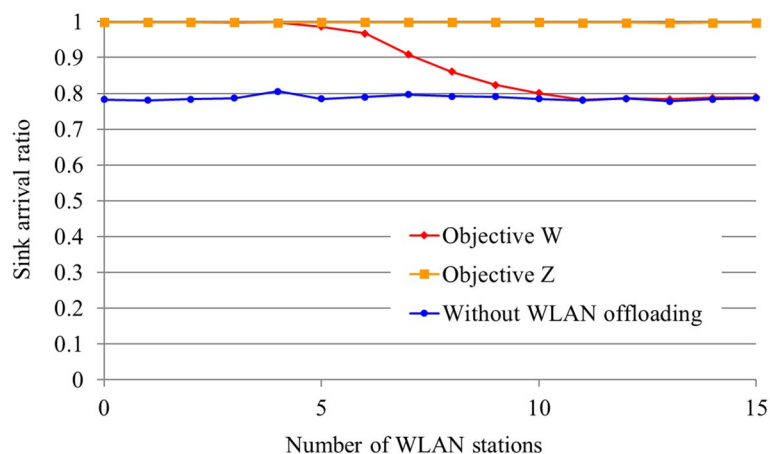


図 3 ZigBee パケットのシンク到達率

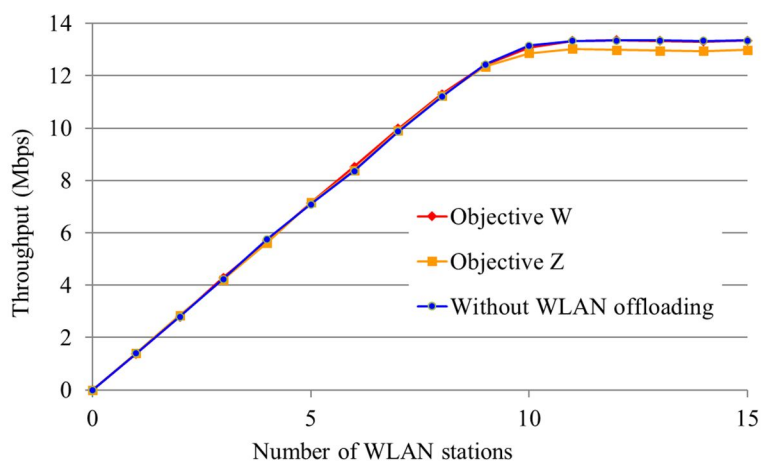


図 4 無線 LAN の伝送スループット

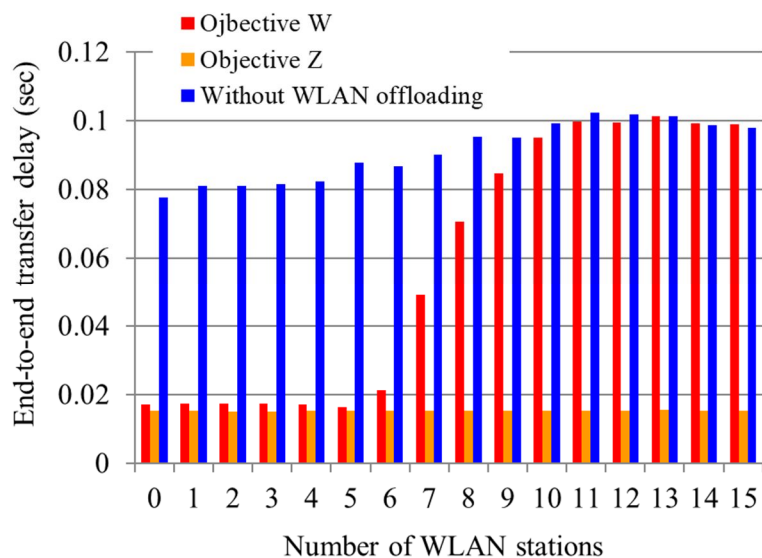


図 5 ZigBee パケットの伝送遅延

LAN において通信容量に余裕がある場合のみ ZigBee パケットを Hnode から無線 LAN 経由でシンクへ伝送するため、ZigBee パケットのシンク到達率について無線 LAN 端末局数が小さい場合は 1 に近い値となるが無線 LAN 端末局数の増大に伴って低下し最終的には ZigBee パケットの伝送に無線 LAN を用いない場合 (Without WLAN offloading) と同等となる。一方、無線 LAN における伝送スループットは、ZigBee パケットの伝送に無線 LAN を用いない場合と比較して低下しないことがわかる。ZigBee パケットのシンクまでの伝送遅延を図 5 に示す。本伝送遅延についても、ZigBee パケットのシンク到達率と同様の傾向が確認でき、提案方式 (Objective Z) では無線 LAN におけるデータ伝送負荷によらず他方式より小さい値となるが、提案方式 (Objective W) では無線 LAN におけるデータ伝送負荷の増大に伴い遅延も増加し、最終的には ZigBee パケットの伝送に無線 LAN を用いない場合と同等となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Y. Tanigawa, S. Dejima, and H. Tode	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 A Study on Hop Count Reduction of Frame Transfer in ZigBee Network by Wireless LAN Cooperation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1279-1291
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2018ANP0008	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 10件）

1. 発表者名 澤田樹生, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 複数無線LANが相互干渉する環境における長距離無線ネットワークとの連携に基づく端末局の接続切替制御法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 122, no. 406, NS2022-184
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山方颯人, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 IEEE 802.11ax無線LANにおける端末局の通信品質要求を考慮した下りOFDMA伝送法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2023年総合大会講演論文集, B-6-69
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 上村洸瑠, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 IEEE 802.11ax無線LANにおける上下方向間のTCPトラフィック強度比と積極的なフレーム集約を考慮したOFDMA伝送法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 121, no. 433, NS2021-142
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Uemura, Y. Tanigawa, and H. Tode
2. 発表標題 TCP-Aware OFDMA Transmission Based on Traffic Intensity in Downlink and Uplink Directions in IEEE 802.11ax Wireless LANs
3. 学会等名 The 2021 Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (IEEE PIMRC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上村洸瑠, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 IEEE 802.11ax無線LANにおけるTCPのトラフィック強度を考慮したOFDMA伝送法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 120, no. 297, NS2020-108
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 R. Takahashi, Y. Tanigawa, H. Tode
2. 発表標題 Uplink OFDMA Transmission among Contending Stations for Equalizing Residual Transmission Time in Interfering IEEE 802.11ax Wireless LANs
3. 学会等名 The 17th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Kawashima, Y. Tanigawa, H. Tode
2. 発表標題 Strict Judgement of Successful Transfer of Multiple Data and ACK Frames in Interfering Wireless LAN Environments
3. 学会等名 The 44th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Nagayoshi, Y. Tanigawa, H. Tode
2. 発表標題 Cooperation Control Between Wireless and Base Stations in Wireless Access Network Consisting of Wireless Networks with Different Coverages
3. 学会等名 The 44th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Tanigawa, T. Teramura, and H. Tode
2. 発表標題 Adaptive Channel Selection Control Equalizing Sojourn Time of Sending Uplink and Downlink Flows in Wireless Access Networks
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永吉涼佑, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 カバレッジの異なる異種無線ネットワーク間連携における端末局と基地局の接続制御法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 5, NS2019-14
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷川陽祐, 松本輝, 戸出英樹
2. 発表標題 無線LANの活用によるZigBeeネットワークの通信負荷および無線LANからの電波干渉の軽減法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 107, NS2019-54
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋良一, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 相互干渉する複数のIEEE 802.11ax 無線LAN環境における競合局数と送信バッファリング量に着目した上りOFDMA伝送法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 194, NS2019-98
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上翼, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線センサ網における経路上のノード相互のMAC連携と段階的チャネル予約に基づく緊急データ優先伝送法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 221, NS2019-104
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上翼, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線センサ網における経路上のノード相互のMAC連携と段階的チャネル予約に基づく緊急データ優先伝送法の評価
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 344, NS2019-137
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川島健, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 多数無線LANが相互干渉する環境における複数フレームの有効な同時伝送に基づく伝送スループット向上法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 344, NS2019-138
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永吉涼佑, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 長距離無線通信の支援による無線LAN通信を用いたマルチホップ伝送法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 460, NS2019-179
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川島健, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 多数無線LANが相互干渉する環境におけるRSSI情報を用いた確度の異なる2つの同時伝送判定規律に基づく伝送スループット向上法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 119, no. 460, NS2019-246
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小山彩, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 周期/非周期トラヒックが混在する無線センサネットワークにおけるパケット衝突回避のための送信スケジューリング手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会講演論文集, B-6-86
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上村洸瑠, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 IEEE 802.11ax 無線LANにおけるTCPを考慮した下りOFDMA伝送法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2020年総合大会講演論文集, B-6-96
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Tanigawa, Y. Umeno, and H. Tode
2. 発表標題 Packet Transmission Scheduling for Enhancing Power Saving and TCP Throughput Performance in Wireless LAN with Multicast/Unicast Flows
3. 学会等名 International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Inoue, Y. Tanigawa, and H. Tode
2. 発表標題 Strictly Prioritized Transmission of Urgent Data Based on MAC Coordination in WSNs
3. 学会等名 The 43rd Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. H. Nguyen, Y. Tanigawa, and H. Tode
2. 発表標題 Channel Access Control for Collisions Caused by Hidden Nodes and Phase Synchronization among Periodic Data Flows
3. 学会等名 The 16th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 グエン アン フィ, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線マルチホップセンサ網における中継ノードで周期的トラフィック間のパケット衝突を回避するためのチャネルアクセス制御法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 118, no. 38, NS2018-24
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上翼, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線センサ網におけるチャネル予約に基づく緊急データ絶対優先伝送法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 118, no. 124, NS2018-73
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川島健, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 複数無線LANが相互干渉する環境における競合局数に基づく基地局の送信スケジューリング法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 118, no. 206, NS2018-100
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋良一, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 IEEE 802.11ax 無線LANにおける各局の送信フレームバッファリング量に着目した上りOFDMA伝送の検討
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会総合大会, B-6-56
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永吉涼佑, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 カバレッジの異なる異種無線ネットワーク間連携手法の検討
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会総合大会, B-6-59
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本輝, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 ZigBeeネットワークにおける無線LAN通信の併用による通信負荷および同一周波数帯無線LANからの干渉の軽減に関する検討
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会総合大会, B-6-63
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Nishida, Y. Tanigawa, and H. Tode
2. 発表標題 Cooperative Packet Transmission Scheduling between Multicast and Unicast Flows for Communication Efficiency in Wireless LAN
3. 学会等名 The 15th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. H. Nguyen, Y. Tanigawa, and H. Tode
2. 発表標題 Scheduling Methods to Improve the Performance of Heterogeneous Periodic Flows in Wireless Sensor Networks
3. 学会等名 The 42nd Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出島誠也, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 アグリゲーションを用いたZigBeeフレームの無線LAN通信へのオフローディング法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 459, NS2017-192
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 レ ホン ナム, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 水深による水流変化に適応した階層型Underwater Sensor Networkの構成法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 459, NS2017-207
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 グエン アン フイ, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線マルチホップセンサ網におけるパケット衝突回避の解析に基づく周期的トラヒック間の位相調整制御
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 351, NS2017-142
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西田侑太, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線LANにおける端末局でのユニキャスト/マルチキャスト両フローの受信状況を利用した送信スケジューリング法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 262, NS2017-95
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 出島誠也, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 ZigBeeネットワークにおける無線LAN通信の併用によるZigBeeノードの消費電力削減効果
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 204, NS2017-84
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 谷川陽祐, 上田一貴, 大森康平, 戸出英樹
2. 発表標題 複数無線LANが相互干渉する環境における同時伝送の可否判定に基づく伝送スループット向上法
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 131, NS2017-39
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 井上翼, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線センサ網における無線チャネル予約に基づく緊急データ優先伝送手法の提案と基礎評価
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会, B-6-50
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川島健, 谷川陽祐, 戸出英樹
2. 発表標題 無線LAN高密度配置環境における伝送スループットを端末局間で公平化させる送信スケジューリングの検討
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会, B-6-66
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Nishida, Y. Tanigawa, and H. Tode
2. 発表標題 A Study on Packet Transmission Scheduling Exploiting Stations Receiving both Unicast and Multicast Flows in Wireless LAN
3. 学会等名 2018 IEICE Society Conference, BS-7-13, English Session
4. 発表年 2017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	戸出 英樹 (TODE Hideki) (20243181)	大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (24403)	

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