

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04140

研究課題名（和文）成功優先ランダムアクセスプロトコルに関する研究

研究課題名（英文）Studies on Success Prioritized Random Access Protocols

研究代表者

梅原 大祐（Umehara, Daisuke）

京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・教授

研究者番号：50314258

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：通信媒体となる空間を共有したパケット衝突があるWi-Fiなどのパケット無線通信システムに、パケット送信に成功した無線局が一定の確率で他の無線局と比べて優先的に送信することができる成功優先の概念を導入した。この成功優先メカニズムの導入により、パケット衝突を大幅に低減することができ、パケット衝突により生じる空間使用時間やパケット送受信エネルギーのロスを少なくすることができる。これらの効果がファイルアップロード時間の低減やバッテリーの長寿命化につながることを定量的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

競合があるパケット無線ネットワークでは、その空間へのアクセスを他の無線局と競合する。同じタイミングで複数のアクセスがあるとパケット衝突となり時間やエネルギーのロスにつながる。この研究成果は、集中制御することなく自律分散制御を維持したまま、さらに各無線局の共有空間へのアクセスの積極性を失うことなく、時間やエネルギーのロスを低減できることに学術的な意義がある。また、この方式の実装がスマートフォン等のデータ速度の改善およびバッテリーの長寿命化につながることに社会的な意義がある。

研究成果の概要（英文）：In packet radio communication systems such as Wi-Fi, where there are packet collisions caused by sharing the same space as the communication medium, we have introduced the concept of success priority, which allows a wireless station that successfully transmits a packet to have priority over other wireless stations with a certain probability. By introducing this success priority mechanism, packet collisions can be significantly reduced, and the loss of space usage time and packet energy for transmission and reception caused by packet collisions can be reduced. We have quantitatively shown that these effects lead to a reduction in the upload time of files and a longer battery life.

研究分野：通信・ネットワーク工学

キーワード：ランダムアクセスプロトコル IEEE 802.11 DCF 非持続型CSMA バックオフアルゴリズム 成功優先確率 伝送効率向上 エネルギー効率向上 スケーラビリティ向上

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、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

無線 LAN の機能を搭載した無線端末局が広く普及している .1 台のアクセスポイント (Access Point, AP) は 1 つの無線チャンネルを利用して接続する端末局との間で無線ネットワークを構築する . この無線ネットワーク内の無線 LAN 局は無線チャンネル上の時間と周波数を共有する . そのため , 同一ネットワーク内の複数の無線 LAN 局が同じ時間タイミングでデータフレームの送信を開始した場合 , 宛先無線局でデータフレームを受信できないフレーム衝突の現象が生じる . 無線 LAN 局は無線チャンネル上にあるフレームを観測する機能だけでチャンネルアクセスするかどうかの判断をするため , フレーム衝突は避けることができない現象である . フレーム衝突が生じた場合 , そのフレームがチャンネルを占有している時間 , および , そのフレームを送受信するためのエネルギーをロスすることになる . そのため , 無線 LAN 局には , フレーム衝突を回避するための自律分散制御メカニズムである Distributed Coordination Function (DCF) が実装されている . 無線 LAN 局は内部にある非負整数のバックオフカウンタをカウントダウンして 0 となることでフレーム送信を開始する . DCF ではフレーム衝突が発生したときにこのバックオフカウンタをランダムに選択する整数範囲を拡大することでフレーム衝突の可能性を低減できる . しかしながら , 近年では , ユーザが持つ端末のみではなくセンサ等のあらゆる電子デバイスが AP にアクセス可能な機能を有し , インターネット上の情報をダウンロードして自身の情報をクラウドにアップロードする . その結果 , 多数の無線 LAN 端末局がアクセスする状況下では , 従来の DCF では無線チャンネル上のデータフレームの混雑状況を解決できずにアクセス自体が不能となる現象が生じるケースが現れてきている .

大規模な数の無線 LAN 端末局が 1 台の AP に集中してしまう環境下においてアクセスを維持するために無線アクセスの研究者による様々な研究が推進されてきた . それらの研究の多くは , AP による集中制御により , アクセスしている無線 LAN 端末局数に基づいてデータフレームの送信頻度を低減することでフレーム衝突を回避する . しかしながら , 集中制御型の無線アクセスシステムは複雑であり , そのコンフィグレーションは一般ユーザへの負担が大きい . そのためこれらの研究内容は実装段階に到達する見込みが見つからないのが実情であった .

## 2. 研究の目的

AP による集中制御によりフレーム衝突を低減するアイデアは , 無線チャンネル上のデータフレームによる混雑を解消するのに有効であるものの , 無線 LAN の最大の特長の一つである , ユーザがシステム調整を施すことなく手軽に無線 LAN ネットワークを構築できる利点が失われていく . このため , 集中制御型の無線 LAN システムの研究は結局のところ , 産業界には受け入れられず , 一般ユーザにはその研究成果の恩恵にあずかることができない .

本研究では , 無線 LAN の最大のメリットである自律分散制御の機能を維持したまま , フレーム衝突の頻度を低下させることで伝送効率およびエネルギー効率のロスをできる限り削減する方式を考案する . 無線 LAN ネットワークにおいて多数の端末局がアクセス競合しているときに送信成功した端末局はその確認応答 (ACK) フレームを受信する唯一の端末局であることに着目し , ACK フレームを受信した端末局が他の端末局より確率的に先行して次のデータフレームを送信できればそのフレームの衝突を完全に避けることが可能である . そこで , 無線 LAN の DCF を含むランダムアクセスプログラムに対してフレーム送信に成功した無線局が一定の確率で次のデータフレームを他の無線局に先駆けて送信する機能を加えることを提案する . 従来のランダムアクセスプロトコルに対してこの成功優先ランダムアクセスプロトコルの有効性を検証するのが本研究の目的である .

## 3. 研究の方法

従来のランダムアクセスプロトコルとして , 無線 LAN の DCF , スロットアロハ , および , 非持続型キャリアセンス多元接続 (Non-persistent Carrier-Sense Multiple-Access, NP-CSMA) を取り上げ , これらのプロトコルに成功優先の概念を取り入れたプロトコルを考案する . 飽和無線ネットワークに対する従来型ランダムアクセスプロトコルの性能解析モデルを広く調査をして , 成功優先の機能を取り入れたランダムアクセスプロトコルの性能解析モデルを開発する . ここで , 飽和とは , 端末局の送信バッファに常に送信用のデータフレームが存在している状態を表す . 性能解析モデルにより , システムスループット , フレーム廃棄率 , および , 端末局の消費電流が評価可能となり , 様々なプロトコルパラメータやネットワーク構成に対して従来型ランダムアクセスプロトコルと成功優先ランダムアクセスプロトコルとの性能比較が可能となる . そのため , 性能解析モデルの開発は本研究にとって欠かせない要素の一つである . また , ネットワークを飽和状態に限定することで性能解析モデルを簡単化することができる . なお , 無線 LAN デバイスの消費電流モデルの構築には , 市販の無線 LAN デバイスにおけるフレーム送信時 , フレーム受信時 , キャリアセンス時 , およびスリープ時の消費電流の実測データを用いた . この性能解析モデルの妥当性を示すために , 実際に近い動作を模擬した計算機シミュレーション結果と性能解析モデルに基づく数値解析結果を比較する . ここで , 数値解析結果と計算機シミュレーション結

果の間に有意な差があれば、その要因を調査して性能解析モデルの改良を検討する。飽和無線ネットワークにおいて精度の高い性能解析モデルの開発に成功した場合には、端末局のデータトラヒックと送信バッファの状態を考慮に入れた非飽和無線ネットワークにおける性能解析モデルへの拡張を試みる。飽和無線ネットワークと同様に、非飽和無線ネットワークにおける性能解析モデルにおいても計算機シミュレーション結果と比較することで性能解析モデルによる数値解析結果の精度を検証する。

#### 4. 研究成果

最初に、無線 LAN の DCF に成功優先メカニズムを導入した。フレーム送信が成功した端末局が他のキャリアセンス中の無線局に先駆けて優先的に送信するためのパラメータとしてコンテンツンフリーしきい値を定義した。このコンテンツンフリーしきい値が大きいくほど、送信成功した端末局が優先的に送信できる確率が高くなる。成功優先 DCF の性能解析モデルを開発して、計算機シミュレーション結果と比較することでその性能評価の精度を検証した。検証の結果、成功優先 DCF の性能解析モデルの妥当性が明らかとなった。図 1 に成功優先 DCF における無線 LAN 端末局数に対するシステムスループットを示す。ここで、物理層のデータレートを表す PHY レートは 866.6 Mb/s であり、1 つのデータフレーム中のデータサイズは 150 kbyte である。SP-DCF は成功優先 DCF (Success Prioritized DCF) を表し、 $\Theta$  はコンテンツンフリーしきい値を表す。実線は性能解析モデルから得られた数値解析結果であり、マークは計算機シミュレーション結果である。実線上にマークがあるため、開発した性能解析モデルの精度が高いことが分かる。図 1 より、無線 LAN 端末局が 100 台であるときに、従来の DCF ではフレーム衝突の増加によりシステムスループットが 400 Mb/s を下回ることが分かる。一方、コンテンツンフリーしきい値 12 の成功優先 DCF ではシステムスループットが 600 Mb/s 以上となっている。このことから成功優先のコンセプトを導入することで、無線ランダムアクセスプロトコルの性能を大幅に向上させることができることが明らかにされた。これらの研究成果をまとめた論文は、IEEE Communications Society のフラグシップ国際会議である IEEE ICC 2018 に採択されている [1]。このときの性能解析モデルでは無線 LAN 局が常に送信すべきデータフレームを有する飽和ネットワークを対象としていたが、非飽和ネットワークに拡張した性能解析モデルによる研究成果は 2020 年 11 月に開催された電子情報通信学会 通信方式研究会にて発表している [2]。

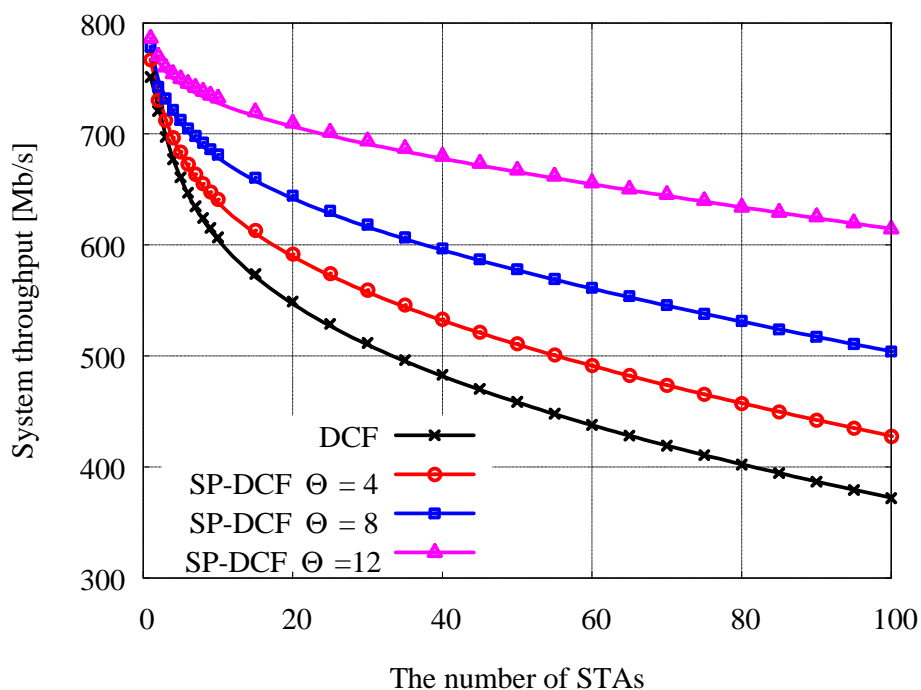


図 1: 成功優先 DCF における無線 LAN 端末局数に対するシステムスループット

スリープ機能を有するスロットアロハプロトコルに対して成功優先メカニズムを導入した。無線局は、バックオフカウンタが 2 以上のときにトランシーバをオフにし、1 のときに無線チャネルを観測し、0 のときにフレーム送信を開始する。無線チャネルを観測したスロットにおいて他の無線局がフレーム送信に成功している場合には 1 以上のバックオフカウンタをランダムに設定する。このとき、バックオフカウンタが 1 以上とすることで送信成功した無線局に優先的に送信できるスロットが確保されることになる。この優先スロットにおいて送信できる確率を  $g_0$  で表す。システムスループットは、フレーム送信が成功したスロットの割合として定義している。図 2 に、成功優先スロットアロハにおける無線局数に対してスロットに対する送信確率で最大化したシステムスループットを示す。図 1 と同様に、スロットアロハにおいて、無線局数を限り

なく多くしたときの最大システムスループットとして、 $1/e = 0.368$  となることが知られている。図 2 から、成功優先確率  $g_0$  を大きくすることで成功優先スロットアロハの最大システムスループットはスロットアロハの最大スループットを大幅に向上可能であることが分かる。フレーム衝突の頻度を大幅に低減できるため、伝送効率だけでなくエネルギー効率についても向上させることができる。成功優先スロットアロハに関する研究成果をまとめた論文は、信号処理と通信システムに関する国際会議 ICSPCS 2019 にて採択されている [3]。

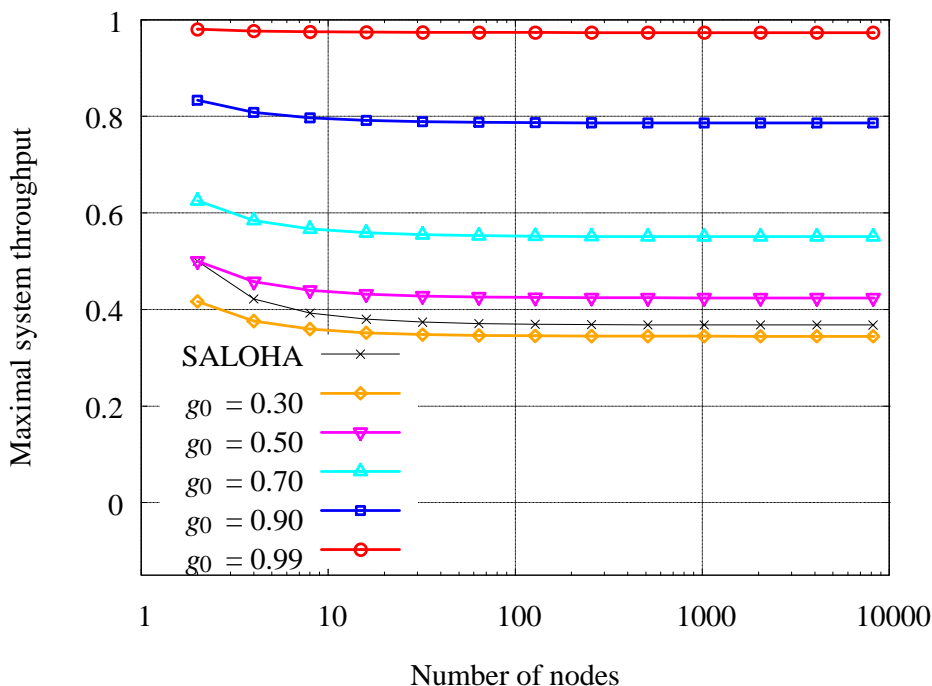


図 2: 成功優先スロットアロハにおける無線局数に対する最大システムスループット

スロットアロハでは 1 つのスロットで送信できるデータサイズには上限がある。通常の無線ネットワークにおいては 1 つのフレームに収容可能なデータサイズは可変であるためスロットアロハではデータサイズに対する柔軟性がない。一方、無線 LAN の DCF では、常にチャンネルを観測する必要があるため可変のデータサイズには柔軟に対応可能であるが、スループットを有効に機能させるのが難しい。そこで、バックオフカウンタが 2 以上においてはチャンネルを観測しないでトランシーバをオフにする NP-CSMA に対して成功優先のコンセプトを導入することを検討した。成功優先 NP-CSMA の初期検討の成果を 2019 年 3 月に開催した電子情報通信学会の通信方式研究会にて発表した [4]。この発表は、通信方式研究会における 2018 年度内の研究発表の中から選ばれる「通信方式研究会委員長賞」を受賞した。さらに、2019 年 7 月に開催された通信方式研究会では、この研究内容を発展させた成果を招待講演として発表した [5]。これらの研究成果をまとめた論文は、IEEE Communications Society のフラグシップ国際会議である IEEE GLOBECOM 2019 にて採択されている [6]。図 3 に、アクティブな端末局数に対するシステムスループットを示す。ここで、データフレームが使用する平均スロット数を 10 とし、ACK フレームが使用するスロット数は 1 としている。システムスループットはデータフレームに貢献したスロットの割合として定義される。実線は性能解析モデルによる数値解析結果であり、マークは計算機シミュレーション結果である。 $W_0$  は初期コンテンションウィンドウサイズ、 $m$  は最大のバックオフステージ、 $\tau$  は成功優先確率を表す。コンテンションウィンドウサイズはバックオフカウンタ値を選択できる範囲を表し、バックオフステージはフレーム衝突に伴ってコンテンションウィンドウサイズを倍増した回数を表している。 $m = 0$  であれば、コンテンションウィンドウは初期のコンテンションウィンドウサイズである  $W_0$  から変更しない。線幅が太い結果は成功優先のメカニズムを導入したものである。図 3 は、フレーム衝突に伴いコンテンションウィンドウサイズを倍増させる 2 進指数バックオフアルゴリズムではより多くの端末局を収容可能であることを示唆している。また、成功優先メカニズムを導入することで、任意の端末局数に対してシステムスループットが向上可能であることが分かる。これらの成果により、2 進指数バックオフアルゴリズムと成功優先メカニズムの組み合わせは AP による集中制御に頼ることなく自律分散制御のままで伝送効率およびエネルギー効率を向上可能なことが明らかにされた。一方、図 3 の実線とマークを比較すると、端末局数が少ない領域において明確な差が見られる。このことは、NP-CSMA は DCF とは異なり、常に無線チャンネルを観測しないことで送信中の端末局とスループット中の端末局との間に時間経過の共有ができていないためであると考えられる。そのため、成功優先 NP-CSMA の性能解析モデルによる数値解析結果の精度を向上させることは今後にはチャレンジすべき研究課題である。

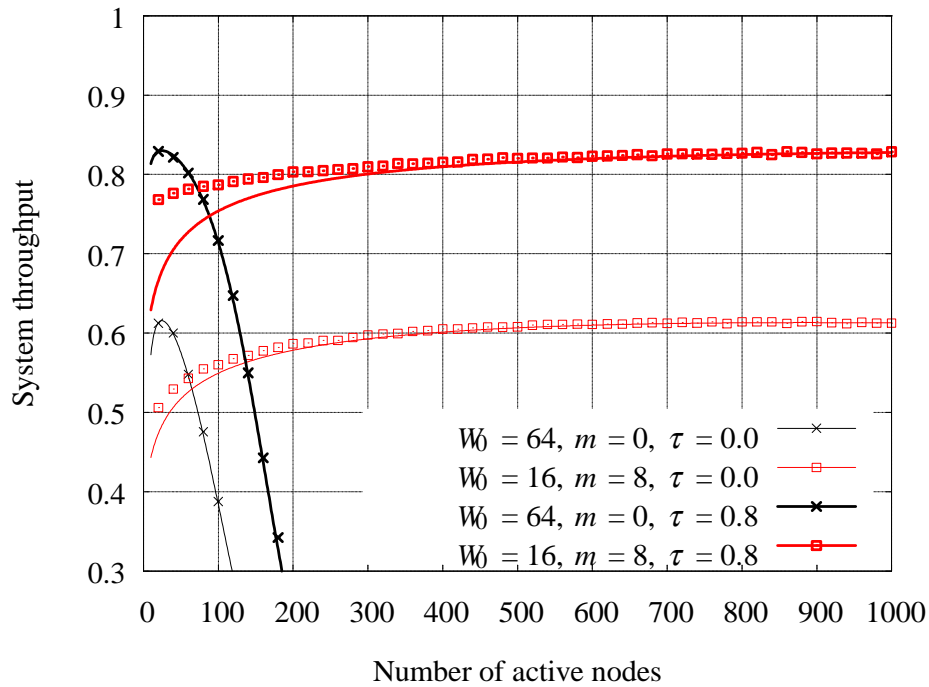


図 3: 成功優先 NP-CSMA におけるアクティブな端末局数に対するシステムスループット

- [1] D. Umehara and J. Yuan, "Success Prioritized Distributed Coordination Function with Contention-free Threshold," Proc. IEEE Int. Conf. Commun., May 2018, DOI: 10.1109/ICC.2018.8422700.
- [2] 吉川 大和, 梅原 大祐, "非飽和状態における成功優先 DCF の性能解析," 電子情報通信学会 技術研究報告, vol. 120, no. 223, CS2020-59, pp. 64-67, Nov. 2020.
- [3] D. Umehara, T. Yamamoto, and J. Yuan, "Success Prioritized Slotted ALOHA with Sleep Function," Proc. Int. Conf. Signal Process. Commun. Syst., Dec. 2018, DOI: 10.1109/ICSPCS.2018.8631709.
- [4] D. Umehara, "Success Prioritized Busy Doubled Backoff Algorithm for Non-persistent CSMA," Technical Report of IEICE, vol. 118, no. 489, CS2018-120, pp. 75-29, Mar. 2019 (2018 年度通信方式研究会委員長賞受賞).
- [5] D. Umehara, "[Invited Talk] Analysis and Design of Success Prioritized Busy Doubled Backoff Algorithm for Non-persistent CSMA," Technical Report of IEICE, vol. 119, no. 101, CS2019-36, pp. 101-106, Jul. 2019.
- [6] D. Umehara and J. Yuan, "Success Prioritized Binary Exponential Backoff Algorithm for Non-persistent CSMA," Proc. IEEE Global Commun. Conf. Dec. 2019, DOI: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9013247, Dec 9-13 (11), 2019.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Daisuke Umehara	4. 巻 8
2. 論文標題 Digital RoHR with Lloyd-Max Quantization for Distributed Collaborative MIMO-OFDM Reception	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications	6. 最初と最後の頁 11-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3169/mta.8.11	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 -
1. 著者名 Daisuke Umehara, Jinhong Yuan	4. 巻 -
2. 論文標題 Success Prioritized Binary Exponential Backoff Algorithm for Non-persistent CSMA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 IEEE Global Communications Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9013247	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 Takeyuki Shishido, Daisuke Umehara	4. 巻 -
2. 論文標題 Performance Evaluation of CAN FD with Bipolar Coding in the Data Phase for Reduced Wiring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 8th IEEE Global Conference on Consumer Electronics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/GCCE46687.2019.9015466	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 -
1. 著者名 Daisuke Umehara	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Lloyd-Max Quantization for Distributed Collaborative Interference Cancellation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 16th Asia Pacific Wireless Communications Symposium	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/VTS-APWCS.2019.8851611	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 -

1. 著者名 Daisuke Umehara, Takeyuki Shishido	4. 巻 E102-B
2. 論文標題 Controller Area Network and Its Reduced Wiring Technology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1248-1262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018ANI0004	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 -

1. 著者名 Daisuke Umehara, Takuma Yamamoto, Jinhong Yuan	4. 巻 -
2. 論文標題 Success Prioritized Slotted ALOHA with Sleep Function	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Conference on Signal Processing and Communication Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICSPCS.2018.8631709	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 Daisuke Umehara, Takeyuki Shishido	4. 巻 -
2. 論文標題 Ringing Mitigation Schemes for Controller Area Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 IEEE Vehicular Networking Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/VNC.2018.8628443	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 -

1. 著者名 Daisuke Umehara, Jinhong Yuan	4. 巻 -
2. 論文標題 Success Prioritized Distributed Coordination Function with Contention-Free Threshold	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICC.2018.8422700	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

[学会発表] 計17件(うち招待講演 3件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Error Floor and MSQE of DCIC with Digital RoHR
3. 学会等名 2020年 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Distributed Control Schemes of Contention Window for Success Prioritized Non-persistent CSMA
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Digital RoHR for Distributed Collaborative MIMO Reception
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Quantization to Forward Received MIMO-OFDM Signals
3. 学会等名 2019年 電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Takeyuki Shishido
2. 発表標題 A Study on CAN with Bipolar Coding in the Data Phase Compatible with CAN FD and Its Scalability
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Analysis and Design of Success Prioritized Busy Doubled Backoff Algorithm for Non-persistent CSMA
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉川 大和
2. 発表標題 成功優先DCFによるダウンリンク帯域割当制御
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原 隆宏
2. 発表標題 CANの伝送特性に対するコンパレータの影響評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Throughput Maximization for Success Prioritized Non-persistent CSMA
3. 学会等名 2019年 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Success Prioritized Busy Doubled Backoff Algorithm for Non-persistent CSMA
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Success Prioritized Non-persistent CSMA with Sleep Funtion
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Ringin Mitigation Schemes for Controller Area Network
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Umehara
2. 発表標題 Controller Area Network and Its Reduced Wiring Technology
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中 祐大
2. 発表標題 PAM-RoHRによる端末共同干渉キャンセラにおける送受信アンテナ数の影響評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅原 大祐
2. 発表標題 成功優先DCFの性能解析モデルの一考察
3. 学会等名 2021年 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 麻菜
2. 発表標題 空間相関チャネル下における低解像度ADCを用いた大規模MIMOの特性評価
3. 学会等名 2021年 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川 大和
2. 発表標題 非飽和状態における成功優先DCFの性能解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 通信方式研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>ジャーナル論文  <a href="http://www.ice.is.kit.ac.jp/~umehara/papers/journal-j.html">http://www.ice.is.kit.ac.jp/~umehara/papers/journal-j.html</a>          Refereed international conference papers  <a href="http://www.ice.is.kit.ac.jp/~umehara/papers/international.html">http://www.ice.is.kit.ac.jp/~umehara/papers/international.html</a>          国内及び査読無し発表  <a href="http://www.ice.is.kit.ac.jp/~umehara/papers/domestic-j.html">http://www.ice.is.kit.ac.jp/~umehara/papers/domestic-j.html</a>          梅原 大祐  <a href="https://www.hyokadb.jim.kit.ac.jp/profile/ja.288262d3ce364ba04b16438a6e9b61a8.html">https://www.hyokadb.jim.kit.ac.jp/profile/ja.288262d3ce364ba04b16438a6e9b61a8.html</a></p>
---

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

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		
オーストラリア	University of New South Wales		