

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03264

研究課題名(和文) 稠密無線センサネットワークのためのセンサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシング

研究課題名(英文) Mutual Information Passing between Sensor Information Environment and Physical Wireless Environment for High Density Wireless Sensor Networks

研究代表者

田久 修 (Takyu, Osamu)

信州大学・学術研究院工学系・准教授

研究者番号：40453815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：多数のセンサによる情報伝送時に個別のセンサ情報を識別する方法として、センサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシング法の確立を進めた。まず、センサ空間と無線物理空間を統合的に取り扱う無線資源の最適設計法を確立した。次に、無線物理空間の評価規範として振幅確率分布特性を用いた無線通信と外部干渉を区別する方法を確立した。また、他の無線システムによる干渉の到来タイミング推定法を確立した。そして、センサ情報空間と無線物理空間を相互に交換するグラフカットアルゴリズムを確立した。これにより、多数のセンサによる膨大な数の情報パケットの高精度な信号分離を実現し、情報品質を高く保つことができることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

センサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシング法は多数のセンサによる無線通信の確立を可能にし、IoT社会に向けたセンサの普及促進に貢献できると期待される。また、本研究では、センサ情報の物理環境を無線通信に取り入れた高品質化を実現しており、今後の無線通信のさらなる高品質化に向けて、伝送すべき情報の特徴が有益であることを指摘した。現在、機械学習や人工知能(AI)などの潜在的な特徴傾向を導出する技術が発達しており、本研究で注目したセンサ情報空間の分析精度のさらなる向上が期待され、多数のセンサによる同時アクセスをより促進できる可能性が高まったといえる。

研究成果の概要(英文)：This research studies a mutual information exchanging between environment of sensing information and environment of physical wireless communications for specifying individual sensing information under access from a lot of sensors. There are four research achievements. First one is an optimal construction of wireless resource based on environments of sensing information and physical wireless communication. Second one is a distinguishing scheme among a desired signal and the others with using amplitude probability distribution. Third one is an estimation scheme of arrival timing of co-channel interference from the other system. Fourth one is the mutual information exchanging based on graph cut algorithm between environments of sensing information and physical wireless communications. From these achievements, we confirm the good communication link quality even under the access from a lot of sensors owing to the constructed mutual information exchanging.

研究分野：無線通信方式

キーワード：無線センサネットワーク 確率伝播

1. 研究開始当初の背景

あらゆるモノに無線機能が搭載されインターネットに接続する Internet of Things (IoT)の世界が現実に近い。その結果、モノの状態を管理する多数のセンサから情報集約が必要になるが、無線アクセスによるパケット衝突が頻発し、必要な情報集約が困難になることが懸念されている。このようなパケット衝突を回避するため、直交する周波数資源を多数設けることは、無線資源の枯渇が深刻な問題となっている現状では困難である。それゆえ少ない無線資源においてより多くのセンサ情報の同時送信を可能にするため、信号分離の高度化技術が必要不可欠である。そこで本研究の注目した点が、センサ情報と無線通信の特徴傾向である。センサ情報は、物理現象に従い各センサが時空間的に固有な傾向があり、信号を特定するための規範として用いることができる。一方、センサ情報を伝送する無線機の RF 回路や情報集約局と無線機間の固有の電波伝搬に応じて伝送情報の信号は変動するため、無線機を特定するための特徴量として用いることができる。本研究では、センサ情報の多数の特徴を取り扱う多次元空間として「センサ情報空間」を定義し、無線情報の特徴を取り扱う多次元空間として「無線物理空間」を定義する。そして、両空間を統合的に扱うため確率伝播法に基づく「相互空間情報パッシング法」を新たに確立することで、信号識別のための次元数を大幅に拡大し、信号分離精度を飛躍的に改善する。その結果、稠密に配置された多数のセンサが同じ周波数帯を共用利用したとしても、個別データの識別を可能にし、情報集約を実現できる新たな無線センサネットワークが確立できる。これを、センサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシングに基づく無線センサネットワークと構想し、本構想の実現に向けて研究に着手した。

これまでに、無線センサネットワークで受信局の信号を集約した信号分離の検討は、国内では NTT、海外では米国カルフォルニア大学アーバイン校などで盛んに進められている。しかし、無線伝搬路の特徴解析に特化し、センサ情報空間と無線物理空間を互いに外部情報として用いる信号分離法は検討されていない。本研究のように無線物理空間とセンサ情報空間を併用した無線センサネットワークの創出はこれまでになく、世界的にも初めての試みとなる。

2. 研究の目的

本研究では無線物理空間とセンサ情報空間の相互情報パッシングに必要な高精度センサ情報分離と空間相関を引き出す多角的な信号処理及び統計解析を確立するため、次の点を明らかにする。

1. 相互空間情報パッシングを可能にするセンサ情報と無線信号の確率伝播モデル化と応用

センサ情報と受信信号の相互関係を示す確率モデルを導出し、解析結果を確率外部情報として伝える伝播機構を構築する。構築機構によるセンサ情報の高感度認識を無線通信へ応用し、センサ情報を間引くトラフィック抑制法や複数の解析結果を併用するリアルタイム認識法を確立する。

2. センサ情報空間・無線物理空間の情報パッシングによるセンサ情報空間並列伝送法の確立

センサ情報源を特定する受信信号の特徴量とセンサ情報空間から伝播されたセンサ情報の特徴量を併用する多次元信号分離法及び固有モード伝送法を確立する。本手法により、従来のセンサ情報空間単独の情報分離と比較して、飛躍的な周波数資源の高効率利用が可能であることを示す。

3. センサ情報と異種無線システムの高感度検出を利用した周波数共用法の確立

無線物理空間上の異種無線システムの干渉感知機能に適應する送信波形整形法と相互空間情報パッシングによるセンサ情報の高感度検出を併用した干渉除去法を確立する。異種無線システムとの周波数共用を可能にし、新たな周波数資源を開拓する。

3. 研究の方法

研究目的に挙げた3つの項目を明らかにするため、次の4つの研究課題を設定した。

1. 相互空間情報パッシングを可能にするセンサ情報と無線信号の確率伝播モデル化と応用

2. センサ情報空間・無線物理空間の情報パッシングによるセンサ情報空間並列伝送法の確立

3. センサ情報と異種無線システムの高感度検出を利用した周波数共用法

4. センサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシングによる無線センサネットワークの実装評価

1～3は、センサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシングを実現する無線センサネットワークを実現する要素技術の研究となり、三つの研究拠点が平行して研究を進めた。現状の研究動向調査を実施し、従来法における技術課題の指摘、課題解決のための新たな技術の提案、そして理論解析および計算機シミュレーションを中心とした評価検証を進めた。そして、4では、センサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシングによる無線センサネットワークを実現するための統合検証を進めた。検証にあたり、センサ情報空間は実機センサによるデータ取得を実施した。一方、無線物理空間については、シミュレータや電波伝搬モデリングで対応可能であり、短期間での評価が可能になり、技術改良を迅速に進めることができる利点を考慮し、シミュレーション評価に置き換え実施した。

4. 研究成果

課題1. 相互空間情報パッシングを可能にするセンサ情報と無線信号の確率伝播モデル化と応用

一括集約型無線センサネットワークでは、センサ情報を送信信号の搬送波周波数に対応する、周波数変換をする。そして、多数のセンサが同時にセンサ情報に対応した周波数の搬送波で伝送することで、全センサ情報は搬送波周波数の分布情報として認識することができる。その結果、多数のセンサによる同時アクセスが可能になる。しかし、他システムとの同時アクセスを想定した周波数共用の環境においては、利用できない周波数帯域が存在し、他システムが占有した帯域に対応するセンサ情報が伝送できないという課題が生じる。

本研究では、センサ情報と他システムのチャンネル占有を同時にモデル化する方法を確立し、そして、モデルベースによる集約結果の最小二乗誤差規範に基づく、最適なセンサ情報と周波数対応の設計法を確立した。提案法では、過去の一定期間に集約したセンサ情報から最小二乗法に基づく直線近似直線を導出する。この直線近似の結果、将来の最有力な情報を時間方向に外挿処理をすることで推定するとともに、過去の直線近似の二乗誤差に基づく情報の揺らぎ成分を計算する。この平均揺らぎ成分を偏差とし、平均値を外挿処理により得られる推定値とするガウス分布でモデル化した。これにより、最有力な情報から異なる情報に対して、発生確率とともに推定することが可能になる。次に、他システムによるチャンネル利用をモデル化する方法として、各センサのチャンネルの利用状況をスペクトラムセンシングにより推定する。センシング結果を一定時間すべてのチャンネルで独立に記録することで、平均的なチャンネルの利用確率を求めることができる。これをスペクトラムデータベースで記録する。最終的に、もし他システムによるチャンネルアクセスの結果、センサ情報が伝送されないときに、過去の予測により推定される最有力値からの二乗誤差を計算し、同時に二乗誤差が発生する確率は各チャンネルの占有率と等しいことから平均二乗誤差を計算することができる。その結果、平均二乗誤差を最小にするように、センサ情報とそれにありあてる搬送波周波数が占有するチャンネルとの対応関係であるテーブルを設計した。図1に示す計算機シミュレーションの結果、提案法は送信割合が5%程度少ない場合にも、真のセンサ情報との二乗推定誤差を最も小さくすることができる。この結果より、提案設計法を用いることで、センサ情報の予測モデルとチャンネル占有率の利用予測を統合することによって、センサ情報の削減と同時に、認識精度の改善の両立を実現した。

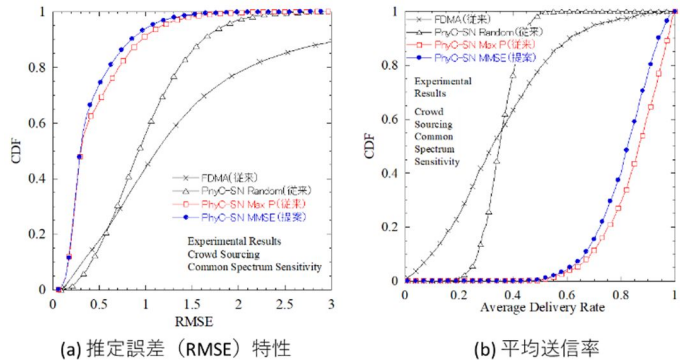


図1 チャンネル割り当てによる推定誤差と平均送信率

課題2. センサ情報空間・無線物理空間の情報パッシングによるセンサ情報空間並列伝送法の確立

センサ情報及び無線物理空間の受信信号の特徴量をモデル化するため、実機実験で得られたセンサ情報から回帰分析や統計解析により、相互空間情報パッシングを可能にするセンサ情報間の相関関係を明確にしたモデルを確立した。また、無線機器の周波数不安定性が無線信号発生源を特定する特徴量となるため、実機の無線機から端末を特定する様々な特徴量をRFフィンガプリントと定め、特徴量の空間上の距離を明らかにしたモデルを確立した。

具体的には、APD（振幅確率分布）を用いて、通信システムの特徴量からシステムの識別を行う手法の提案を行い、検討してきた。APDとは、ある電力閾値に対して、その閾値を超える電力値が観測された時間を計測し、観測時間でその総和を割ることにより導出される時間確率を指す。このため、観測対象はある周波数のみとなる。リアルタイムスペクトラムアナライザのゼロスパンモードである周波数を観測することとほぼ同じである。このため、端末における観測設備コストは小さいと言える。一方で、従来法はある帯域幅における観測情報を用いて周波数の利用状況を把握することでダイバースチをとることができるが、APDを用いる場合はある周波数のみを観測するため、得られる情報が一部となる。このため、時間変動の特徴量を抽出できないと、システムの識別ができなくなる。本研究では、まず2.4GHz帯のISMバンドと呼ばれる通信システムと非通信システムが混在している実際の帯域に注目し、通信システムと非通信システムの電磁波を識別可能かどうかについて実測した結果から

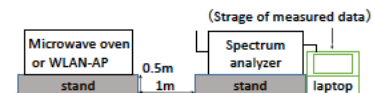


図2 (a) 測定系

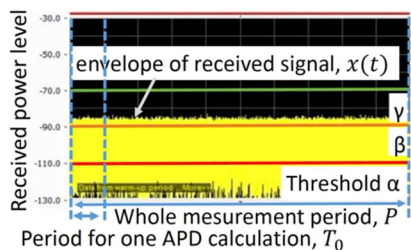


図2 (b) 観測時間波形

明らかにすることをを行った。通信システムが送信している信号による電波であれば、他のシステムは通信を妨害しないように共存するべきであり、非通信システムが利用している漏れ電磁波が検出された場合は、非干渉に十分留意しながらであれば同時に利用したとしても相手が通信システムではないので悪質な利用にはならない。つまり、非通信システムの電磁波であると識別できた場合、通信システム側からすると無線資源が増えたように見ることができる。そこで、本研究テーマでは、通信システムとして無線 LAN を代表とし、電子レンジを非通信システムの代表システムとして測定実験を行った。また、APD を用いて、各システムの特徴量の抽出を行った。電子レンジは出力周波数が時間変動することがよく知られている。このため、APD を用いてモデル化することが難しいと考え、時間変動を特徴量に利用できるように APD の分散を特徴量とする手法など検討している。実際には、図 2 (a) に示す実験系を電波暗室内に構築し、実際の電波観測実験を実施した。また、図 2(b) に観測時間波形の結果、図 2(c) 及び(d) に電子レンジと無線 LAN の APD の結果を示す。電子レンジから漏れ出る不要電磁波を提案法により識別できることを示した。このような電子レンジから漏れ出る電磁波は通信システム以外の電磁波となるため、通信システム間の周波数共用とは異なり、通信以外のシステムから放射された電磁波を保護する必要がなくなるため、通信システム側の利用範囲が広がると言える。ただし、干渉波として捉える必要があるため、許容干渉電力範囲内での運用が必要となる。また、より広い周波数資源の拡大のために、電子レンジだけでなく、同じ 2.4 GHz 帯を利用している無線 LAN の電波観測も行い、ピーコン・大容量ダウンロード・ビデオライブ視聴などによる APD の特徴量を明らかにした。

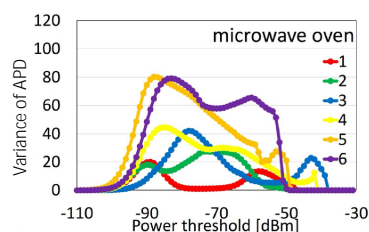


図 2 (c) 電子レンジ

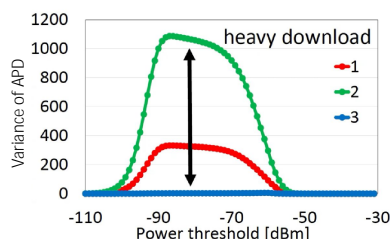


図 2 (d) 無線 LAN
ダウンロード

課題 3. センサ情報と異種無線システムの高感度検出を利用した周波数共有法

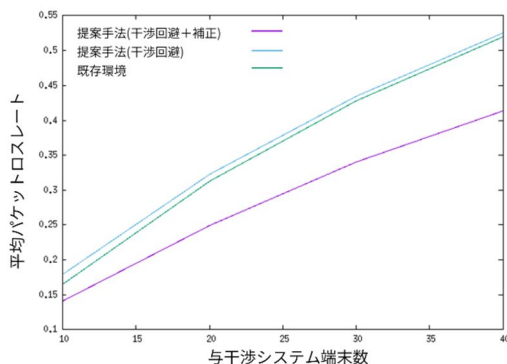


図3 平均パケットロス率

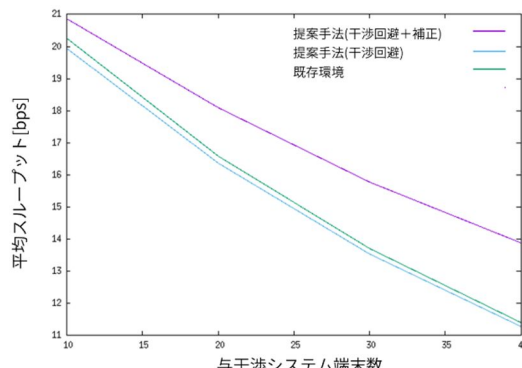


図4 平均スループット

次に、周辺環境を認識することで、複数のセンサネットワークが混在する環境でも効率的に周波数を共用する手法についての検討を紹介する。ここでは、通信端末の増加によって通信衝突の増大が見込まれる 920MHz 帯域に着目し、LPWA(Low Power Wide Area)システムに活用可能な周波数共有手法を考えた。本研究課題では、複数基地局を用い、検知された干渉電力値の組から LPWA システムに干渉を与える他システムを分離して干渉間隔を把握し、他システムからの干渉タイミングを推定する。この推定された他システムの干渉間隔を活用することで LPWA システムの通信を干渉が少ないと推定されるタイミングにずらし、通信衝突確率の低減を試みる。本手法では、はじめに、複数のゲートウェイで認識した干渉システムからの干渉電力の組を元にと干渉システムを分離して把握する。この分離では各干渉電力組間のユークリッド距離に対しある閾値を用いた最短距離法を適用することでクラスタリングを行う。次に与干渉システムのクラスタごとに干渉間隔の分布を算出し、定期的に干渉を与える干渉システムのクラスタかどうか識別する。非定期的に通信を行う干渉システムでは定期的に通信を行う干渉システムと異なり、干渉間隔分布の自己相関係数が大きく変動することに着目し、その分散が一定量を上回るかどうかで次の通信タイミングの推定が困難な非定期的に通信を行う干渉システムのクラスタを識別する。ここで認識された定期的に通信する干渉システムのクラスタごとに前の干渉時間と構築された干渉間隔分布から通信衝突確率の低いタイミングを推定し、通信衝突確率の高いタイミングに次の通信が割り当てられている LoRa 端末について Duty 比を守った上で最も早く通信衝突確率が低くなるよう通信タイミングを割り当て直した。本手法の有効性を検証するための計算機シミュレーションを行った。ここでは通信プロトコルに LoRa 仮定し、シ

シミュレーションでは LPWA システムと通信が衝突する範囲に定期的または不定期に通信を行う他システム端末が複数台存在する環境を仮定する。本シミュレーションでは 2km×2km の範囲内に 3 つのゲートウェイを固定配置とした。そして、40 個の LoRa 端末を一様乱数によるランダム配置とした。そして、LoRa 端末が Duty 比 1% を守って TDMA で定期的にアップリンク通信を行い、提案手法による通信タイミング制御は 10000msec おきに行うものとする。平均パケットロス率と平均スループットに関するシミュレーション結果を図 3、図 4 に示す。図 3 より提案手法は既存環境と比べて平均パケットロス率が向上し、さらにクラスタリング補正を行うことで提案手法の性能が向上することを確認した。また、図 4 より検討手法によってパケットロスを低減することにより平均スループットの向上されることを確認した。

課題 4. センサ情報空間・無線物理空間相互情報パッシングによる無線センサネットワークの実装評価

本研究課題が注目するセンサ情報空間と無線物理空間の情報パッシング技術を検証するため、一括集約型無線センサネットワークで集約した情報に対して、相互情報パッシング技術による信号分離精度の評価を進めた。一括集約型無線センサネットワークでは、センサ情報を搬送波周波数に対応する変調方式であり、多数のセンサから同時アクセスをした場合、周波数軸上にすべてのセンサ情報が投影される。情報集約を一定時間継続した場合、センサ情報の時間的特徴やさらに搬送波周波数の振幅変動なども捉えられる。その結果、周波数軸上に投影された個別センサの情報を識別する方法として、情報パッシング技術が適用できる。

本研究では、情報パッシングに用いる、集約結果の関係性を示すコスト関数として、トラックレットを導入した。トラックレットとは、図 5 に示すように一定区間の時間連続性のあるデータグループから傾き情報を取得することである。傾き情報は、時間変動が比較的ゆっくりなセンサ情報に対して、センサ情報を特定するためのコスト関数として適している。最終的に情報パッシング法としてグラフカットアルゴリズムを用い、グラフカットアルゴリズムを適用したあとにデータグループを示すトラックレットを形成し、傾き情報を計算した上で改めて、グラフカットを適用する。このような、複数回の情報パッシング法を取り入れることでコストの種類を増やし、高精度な情報分離を実現できる。図 6 に評価結果を示す。比較法として、カルマンフィルタによる追尾技術とセンサ情報と無線情報を統合するパッシングを用いた場合、今回の提案法における繰り返しパッシング法を適用した場合を示す。図より、カルマンフィルタ及び従来法にくらべて提案法の無線情報を用いない場合に高精度な分離を達成している。これは、センサ情報に時間的連続性があるため、傾き情報が識別に有効な特徴量であること。一方、無線情報は、センサ情報に比べて急峻に変化するため、パッシングの際にデータ間の類似性評価に誤りが生じてしまう。また、カルマンフィルタによる分離では、近接データに追尾するため、複数のデータが交差する形となる場合に、他方のデータを追尾する懸念がある。以上の結果より本研究課題が注目するセンサ情報・無線情報の相互情報パッシングは信号分離精度を向上し、より多くのセンサ情報を送信する稠密環境においても、個別情報を識別することを可能にする技術であることを確認した。

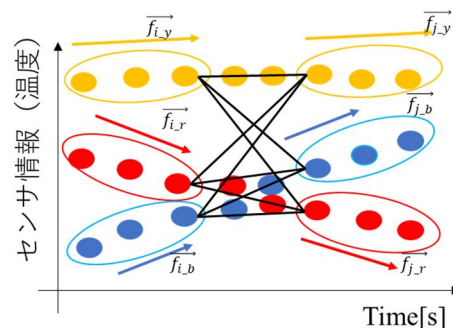


図 5 トラックレット形成のイメージ

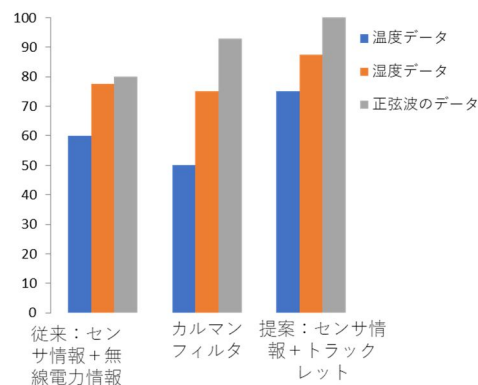


図 6 信号分離精度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 SOYA Hayato, TAKYU Osamu, SHIRAI Keiichiro, OHTA Mai, FUJII Takeo, SASAMORI Fumihito, HANDA Shiro | 4. 巻 E101.B |
| 2. 論文標題 Fast Rendezvous Scheme with a Few Control Signals for Multi-Channel Cognitive Radio | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications | 6. 最初と最後の頁 1589 ~ 1601 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transcom.2017CQP0022 | 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 Takyu Osamu, Shirai Keiichiro, Ohta Mai, Fujii Takeo | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 ID Insertion and Data Tracking with Frequency Offset for Physical Wireless Parameter Conversion Sensor Networks | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Sensors | 6. 最初と最後の頁 767 ~ 767 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s19040767 | 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 Takyu Osamu, Fujii Shohei, Akimoto Youhei, Ohta Mai, Fujii Takeo, Sasamori Fumihito, Handa Shiro | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Optimal cluster head selection and rotation of cognitive wireless sensor networks for simultaneous data gathering and long life system | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Distributed Sensor Networks | 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） 10.1177/1550147717747859 | 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 征矢隼人, 田久修, 白井啓一郎, 太田真衣, 藤井威生, 笹森文仁, 半田志郎 | 4. 巻 J101-B |
| 2. 論文標題 コグニティブ無線における低複雑かつ高精度な占有率と遷移率測定法 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 電子情報通信学会和文論文誌B | 6. 最初と最後の頁 133-145 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14923/transcomj.2017GTP0010 | 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 Takyu Osamu, Shirai Keiichiro, Fujii Takeo, Ohta Mai | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Adaptive Channel Assignment With Predictions of Sensor Results and Channel Occupancy Ratio in PhyC-SN | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 IEEE Access | 6. 最初と最後の頁 44645 ~ 44658 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2019.2909525 | 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 - |

[学会発表] 計28件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Osamu Takyu, Shohei Fujii, Fumihito Sasamori, Shiro Handa, Mai Ohta, Takeo Fujii |
| 2. 発表標題 Channel assignment based on predictions of sensing result and channel occupancy rate in PhyC-SN |
| 3. 学会等名 2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Toshiki Nonaka, Takeo Fujii, Osamu Takyu, Mai Ohta, |
| 2. 発表標題 Network MIMO with Interference Cancellation for Cloud-Cooperated Wireless Sensor Networks |
| 3. 学会等名 IEEE IC0IN 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 野中敏希, 藤井威生, 田久修, 太田真衣, |
| 2. 発表標題 送信レプリカ数適応化を用いたクラウド協調型干渉除去付きランダムアクセスネットワーク |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書, SR2018-21 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田久修、白井啓一郎、太田真衣、藤井威生 |
| 2. 発表標題 一括集約型無線センサネットワークにおけるチャネル割り当てに対する占有率測定法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書、SR2018-6 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 天野直哉、田久修、白井啓一郎、藤井威生、太田真衣、笹森文仁、半田志郎 |
| 2. 発表標題 一括集約型無線センサネットワークにおける空間相関を利用したエラートラッキング検出法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書、SR2018-44 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野口哲也、田久修、藤井威生、大槻知明 |
| 2. 発表標題 ミラーリングマルチステアリングと人工雑音を利用した多数端末との安全な情報共有を実現するマルチアンテナ中継法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書、SR2018-72 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 福田恭佑、田久修、白井啓一郎、藤井威生、太田真衣、笹森文仁、半田志郎 |
| 2. 発表標題 PhyC-SNにおける優れた信号分離を実現する予測を活用した適応送信制御の一検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書、SR2018-71 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 今井俊介、田久修 |
| 2. 発表標題 複数無線センサを用いた環境モニタリングの検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書、SR2018-70 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hayato Soya; Osamu Takyu; Keiichiro Shirai; Fumihito Sasamori; Shiro Handa; Mai Ohta; Takeo Fujii |
| 2. 発表標題 Modified rendezvous scheme with inferring access channel probability of slave by master |
| 3. 学会等名 2018 International Conference on Information Networking (ICOIN) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kiyosuke Fukuda; Osamu Takyu; Keiichiro Shirai; Mai Ohta; Takeo Fujii; Fumihito Sasamori; Shiro Handa |
| 2. 発表標題 Transmit control and data separation in physical wireless parameter conversion sensor networks with event driven sensors |
| 3. 学会等名 2018 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNet) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田久 修, 征矢 隼人, 白井 啓一郎, 太田 真衣, 藤井 威生, 笹森 文仁, 半田 志郎 |
| 2. 発表標題 チャンネル利用率推定に基づく高速ランデブチャンネルのためのチャンネルリストの検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書 SR2017-85 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 福田 恭佑, 田久 修, 白井 啓一郎, 太田 真衣, 藤井 威生, 笹森 文仁, 半田 志郎 |
| 2. 発表標題 一括集約型無線センサネットワークにおける高精度データ分離を実現する送信制御法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書 SR2017-48 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 征矢 隼人, 田久 修, 白井 啓一郎, 太田 真衣, 藤井 威生 |
| 2. 発表標題 占有率測定によるアクセスチャネルを推定する学習型占有率測定法によるランデブチャネル法の改良 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告書 SR2017-60 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野中敏希, 藤井威生, 田久修, 太田真衣 |
| 2. 発表標題 ランダムアクセスにおけるクラウド協調を用いた衝突解決型無線センサネットワーク |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会2018 B-5-108 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田久修, 太田真衣, 藤井威生 |
| 2. 発表標題 非線形占有率測定を利用したACIを回避するマルチチャネル通知法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会2018 B-17-26 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐々木友里, 田久修, 太田真衣, 藤井威生, 笹森文仁, 半田志郎 |
| 2. 発表標題 マルチチャネル通知法を利用した制御信号交換プロトコルの提案 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会2018 B-17-27 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 酒井健宏, 田久修, 藤井威生, 太田真衣, 笹森文仁, 半田志郎 |
| 2. 発表標題 センシングデータが揺らぐ環境における物理量一括収集法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会2018 B-17-20 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 神戸寛典, 田久修, 太田真衣, 安達宏一, 藤井威生, 笹森文仁, 半田志郎 |
| 2. 発表標題 無線機のシステム間干渉耐性能力の明確化と識別方法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会2018 B-17-21 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 太田昇吾, 田久修, 太田真衣, 安達宏一, 藤井威生, 笹森文仁, 半田志郎 |
| 2. 発表標題 LPWA通信における異種無線システムの周波数共用における干渉耐性能力の評価 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会2018 B-17-19 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 夏目康平、藤井威生、田久修、太田真衣 |
| 2. 発表標題 無線物理量変換におけるデータ相関を 活用した情報収集法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマート無線研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Fujita, M. Ohta, and M. Taromaru |
| 2. 発表標題 A Study on System Identification Method for Resource Expansion |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマート無線研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Osamu TAKYU Ryota SUGIMOTO Gaku KOBAYASHI |
| 2. 発表標題 Frequency Spectrum Sharing for Wireless Sensor Networks |
| 3. 学会等名 The 6th International Workshop on Smart Wireless Communications (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 神尾明典、田久修、太田真衣、藤井威生、笹森文仁、半田志郎 |
| 2. 発表標題 無線LAN の隠れ端末状態におけるMCS 制御を利用した性能改善評価 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマート無線研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 天野 直哉、田久 修、藤井 威生、太田 真衣 |
| 2. 発表標題 一括集約型無線センサネットワークにおける 姿勢制御アプリケーションでのスロット数を抑えた送信法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマート無線研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山崎修平、田久修、白井啓一郎、太田真衣、藤井威生 |
| 2. 発表標題 一括集約型無線センサネットワークにおけるセンシング結果の 勾配推定を用いたデータ分離法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマート無線研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 天野 直哉、田久 修、藤井 威生、太田 真衣 |
| 2. 発表標題 一括集約型無線センサネットワークにおける 姿勢制御アプリケーションでのセンサ情報を削減した送信法の検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマート無線研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 神尾明典、田久修、太田真衣、藤井威生、笹森文仁、半田志郎 |
| 2. 発表標題 一括集約型無線センサネットワークにおける 高密度データ分離を実現する送信制御法 |
| 3. 学会等名 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 西尾勇樹、田久修、征矢隼人、太田真衣、藤井威生 |
| 2. 発表標題 誤検出と誤警報を考慮したランデブチャネル法の評価 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|---|
| 電子情報通信学会 スマート無線研究会において論文賞を受賞いたしました https://www.shinshu-u.ac.jp/topics/2019/03/20193-8.html |
|---|

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 | 藤井 威生 (Fujii Takeo) (10327710) | 電気通信大学・先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター・教授 (12612) | |
| 研究分担者 | 太田 真衣 (Ohta Mai) (20708523) | 福岡大学・工学部・助教 (37111) | |