

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06425

研究課題名(和文) IoT時代の端末信号コンテンションフリー・クラウドレシーバー技術の開発

研究課題名(英文) Development of terminal signal contention-free cloud receiver technology in the IoT era

研究代表者

上原 一浩 (Uehara, Kazuhiro)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：10221798

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)：重畳した受信信号の時間的に連続した周波数特性から、短時間フーリエ変換(STFT)により所望信号の中心周波数上の電力成分と位相成分を特徴量として抽出し、所望信号の中心周波数と同一の周波数の無変調信号である基準信号の電力成分と位相成分に乗算することで所望信号を復元する信号分離アルゴリズムについて、各種変調方式について、計算と実験により性能評価を行い、その有効性を示した。分離・復調性能を向上することが可能な特徴量復調方式を新規提案し、多値数が大きくなると顕著な効果が表れ、例えば16QAMでは従来分離ができなかった信号が分離・復調可能となることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身の回りの殆どのデバイスに無線機能が搭載され、5Gも実用化されつつあり、IoTの本格普及が間近である。しかし数億個のIoT端末が世界中に偏在し、限られた周波数資源の中でセンサ端末等の低機能の無線端末が無秩序に通信し、衝突や干渉により従来の受信機ではデータが受信出来なくなり、時に人々の安心安全をも脅かすという課題がある。本研究では、ネットワーク上での蓄積一括信号処理技術を確立し、従来の受信機では実現できない、衝突した信号や干渉を受けたIoT/M2M端末信号の分離・復調の実現を目指している。抜本的な周波数有効利用実現の可能性をも秘めた本技術の確立により、将来のIoT基盤の開発に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：The signal separation algorithm extracts the power component and the phase component on the center frequency of the desired signal by the short-time Fourier transform (STFT) as a feature value from the time-continuous frequency characteristics of the overlapping received signals. The desired signal is restored by multiplying this feature value by the power component and phase component of the reference signal. The performance of this algorithm was evaluated for various modulation schemes by calculation and experiments and its effectiveness was shown. In addition, we have newly proposed a feature value demodulation method that can improve the separation / demodulation performance. It has been shown that when the number of multi-values becomes large, a remarkable effect appears, and for example, it becomes possible to separate and demodulate 16QAM signals which could not be separated by the conventional technology.

研究分野：無線通信

キーワード：蓄積一括無線信号処理 信号分離 IoT 無線アクセス

1. 研究開始当初の背景

近年、身の回りの殆どの情報携帯端末、更には家電や車載機器などのデバイスに無線機能が搭載されつつあり、IoT時代の到来が間近である。世界的にもITU-Rにおける第5世代移動通信システム(IMT-2020)の標準化において、新しいIoT/M2Mサービスの実現が標榜されており、これを支える無線技術の実現が鍵である。しかし、IoT/M2M端末は極端な低廉化・長寿命化が必要であることから、セルラ通信や無線LAN等と比べて無線アクセス方式が極めて低機能であり、更に利用可能な周波数資源は枯渇している。近い将来、人口の10~100倍以上の超多数の端末が世の中に偏在すると予測されており、これら超多数の低機能の端末が無秩序に信号を送信すると、衝突(コンテンション)や干渉が頻発し、アクセスポイントにおいて受信ができなくなり、場合によっては人々の暮らしの安心安全をも脅かす事態にも陥るといった課題がある(図1)。

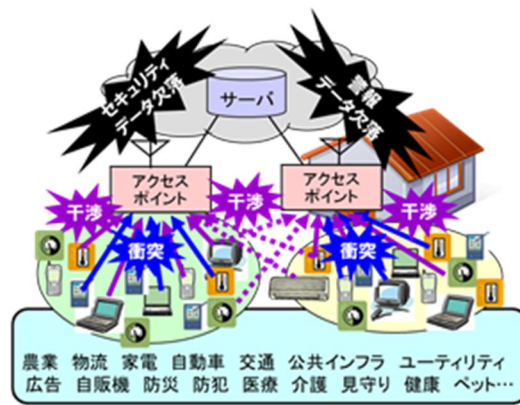


図1 本研究が解決を目指す課題

2. 研究の目的

本研究では、ネットワーク上での蓄積一括信号処理技術を確立し、従来の受信機では実現できない、衝突した信号や干渉を受けたIoT/M2M端末信号の分離・復調の実現を目指す。単一周波数の現在の時間情報だけでなく、過去や未来の時間情報、周辺の周波数及び空間情報も用いた分離・復調技術を確立し、適用システムを拡大する。抜本的な周波数有効利用実現の可能性をも秘めた本技術の確立により、将来のIoT基盤の開発に貢献する。

3. 研究の方法

(1) 分離・復調アルゴリズムの考案

これまでの研究で、2つの2値周波数偏移変調(FSK)信号が衝突した場合に、分離が可能であることを実証している。本技術の適用領域拡大のために、先ず基本となる2値位相偏移変調(BPSK)信号の分離・復調を実現する。2信号の相関を小さくするための、適応ドメイン変換、2信号同時復調処理、周辺アクセスポイントとの協調連携信号処理等の各方法を適用する。

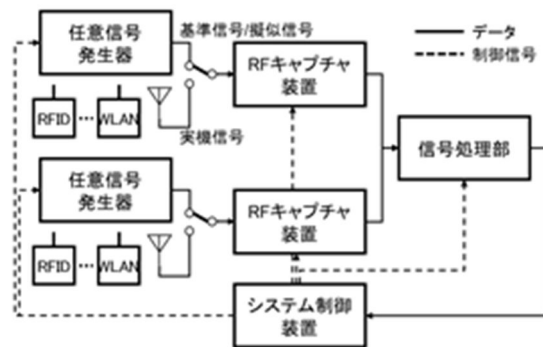


図2 実証実験プラットフォームの構成

(2) 実証実験プラットフォームの構築

並行して、クラウドサーバー機能を具現化する。RFキャプチャ装置を用い、任意信号発生器及び市販の無線端末の実際の送信信号を量子化して蓄積し、一括信号処理を実行可能な実証実験プラットフォーム(図2)を構築する。これを用いてアルゴリズムの性能評価を行いその有効性を実証する。

(3) 多値変調信号、マルチキャリア信号への拡張

(1)の検討を更に進め、本技術を実用IoT/M2Mシステムに応用可能となるよう4値以上の多値変調方式やマルチキャリア信号の分離・復調を実現する。申請者らがこれまでにシミュレーション評価してきたマルチバンド・マルチキャリア信号に対する不要波抑圧技術も上記プラットフォームに実装して評価し、分離・復調アルゴリズムの検討にフィードバックする。

(4) 低遅延システムアーキテクチャの明確化

本技術は従来のハードウェア受信機のようなリアルタイム受信が出来ないという欠点がある。一方、世の中ではミリ秒オーダーのミッションクリティカルなIoTアプリケーションも標榜されており、アクセスポイントも含めたシステム全体における低遅延化を可能とする機能配分を検討し明確化すると共に、今後の研究、実用化に向けた課題を整理する。

4. 研究成果

本研究では、重畳した受信信号の時間的に連続した周波数特性から、短時間フーリエ変換 (short-time Fourier transform: STFT) により所望信号の中心周波数上の電力成分と位相成分を特徴量として抽出し、所望信号の中心周波数と同一の周波数の無変調信号である基準信号の電力成分と位相成分に乘算することで所望信号を復元する信号分離アルゴリズムについて、各種変調方式について、計算と実験により性能評価を行い、その有効性を示した。

当初の方式では、STFT で波形を切り出す際にシンボルの変曲点を含む場合に波形が歪み、正しい振幅と位相の情報が失われ、符号誤りの原因となることが明らかになった (図 3)。この課題を解決するために、分離後に同期検波を行う代わりに、所望信号の特徴量に含まれる座標情報をそのまま用いて符号判定を行う特徴量復調方式を考案した。この新方式では、多値数が大きくなると顕著な効果が表れ、例えば 16QAM では従来分離ができなかった信号が分離・復調可能となることが示された (図 4)。これらの結果を学会発表したところ、優秀ポスター賞[1]、及び優秀研究賞[2]を受賞した。この特徴量復調方式の詳細検討については、2020 年度基盤研究(C)研究計画調書にまとめ、採択された。

また、システムアーキテクチャに関し、複数の基地局を協調し信号分離性能を向上させる協調型信号分離技術を提案し、信号分離性能を評価した。同一周波数の干渉信号がある場合、BER=10⁻³において所望信号と干渉信号の振幅の DU 比が非協調型では 20dB 必要であったのに対し協調型では 9dB で信号を分離できることを明らかにした。低遅延化については、引き続き検討が必要である。

以上により、IoT 時代の端末信号コンテンツンションフリー・クラウドレシーバー技術の実現性とその有効性が示された。

- [1] 西山徹, 宮地龍功, 大野文也, 富里繁, 田野哲, 上原一浩, “蓄積一括信号処理における衝突した受信信号の分離・復調方法の一検討,” 革新的無線通信技術に関する横断型研究会 (MIKA2019), no. P4-3, Oct. 2019.
- [2] 西山徹, 宮地龍功, 大野文也, 富里繁, 田野哲, 上原一浩, “蓄積一括信号処理を用いた衝突した信号の新しい分離・復調方法の一検討,” 第 21 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, no. B2-4, pp. 353-355, Nov. 2019.

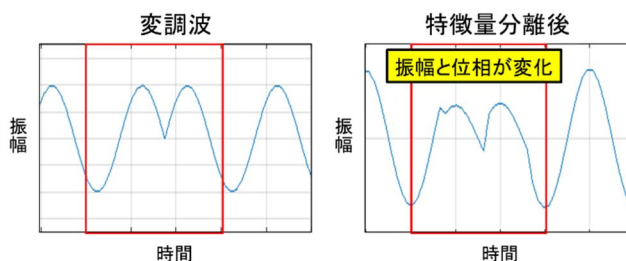


図3 現行方式の問題点

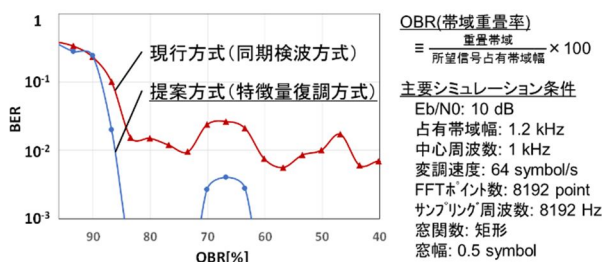


図4 提案方式の信号分離・復調性能の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 宮地龍功, 小山貴之, 富里繁, 上原一浩
2. 発表標題 蓄積一括信号処理による信号分離における最適窓関数選択方法の一検討
3. 学会等名 平成30年度(第69回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西山徹, 宮地龍功, 大野文也, 富里繁, 田野哲, 上原一浩
2. 発表標題 蓄積一括信号処理による信号分離・復調方法の一検討
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西山徹, 宮地龍功, 大野文也, 富里繁, 田野哲, 上原一浩
2. 発表標題 蓄積一括信号処理における衝突した受信信号の分離・復調方法の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会革新的無線通信技術に関する横断型研究会 (MIKA2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西山徹, 宮地龍功, 大野文也, 富里繁, 田野哲, 上原一浩
2. 発表標題 蓄積一括信号処理における多値変調センサ端末信号の信号分離・復調方法の一検討
3. 学会等名 2019年度(第70回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西山徹, 宮地龍功, 大野文也, 富里繁, 田野哲, 上原一浩
2. 発表標題 蓄積一括信号処理を用いた衝突した信号の新しい分離・復調方法の一検討
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム
4. 発表年 2019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	富里 繁 (Tomisato Shigeru) (60362951)	岡山大学・自然科学研究科・准教授 (15301)	
研究分担者	田野 哲 (Denno Satoshi) (80378835)	岡山大学・自然科学研究科・教授 (15301)	