

令和元年5月22日現在

機関番号：14101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K18110

研究課題名（和文）選択ダイバーシチ方式を用いた信号検出技術と高精度化のための最適設計法の開発

研究課題名（英文）Design of Selection Diversity Combining Based Spectrum Sensing Technique

研究代表者

成枝 秀介（NARIEDA, Shusuke）

三重大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90549544

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、総センシング時間を考慮した選択ダイバーシチ方式を用いるスペクトルセンシング技術を開発した。開発技術では、総センシング時間のうち、素子選択時間と選択素子による信号検出時間を設け、これら二つの時間で計算された検定統計量を信号検出に使用している。素子選択時間と信号検出時間を適切に設計することで、信号検出精度を向上できた。低ハードウェアコストで実現可能な本技術について基盤技術を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来技術では素子選択基準設計などに関する研究が多く発表されてきたが、従来技術を実システム上で活用するときには、素子選択にある程度の時間を要することは明らかであるにも関わらず、素子選択時間に関する検討はこれまで成されていなかった。本研究では総センシング時間における素子選択時間と信号検出精度の関係を明確にし、信号検出精度改善を目指した素子選択時間の最適設計法を確立できている。

研究成果の概要（英文）：Energy detection based spectrum sensing technique with selection diversity combining technique was proposed in this study. The proposed scheme has observation period and sensing period. The observation period is to obtain a test statistic for the selection of receive antenna element, and the sensing period is to detect the target signal using selected receive antenna elements. Test statistics obtained at both periods are employed for signal detection. The proposed technique can improve the performance of signal detection with a low computational complexity.

研究分野：通信・ネットワーク工学

キーワード：コグニティブ無線 無線信号処理 無線信号検出

1. 研究開始当初の背景

時空間的に使われていない周波数帯を探索し、これを共用することで効率的に通信を行う技術がコグニティブ無線技術である。他システムの周波数帯上での無線通信を試みるため、探索時には十分な信号検出精度を有するセンシング技術が必要である。複数受信アンテナを用いて特性を向上させ、低ハードウェアコストを実現できる技術に、選択ダイバーシチ方式がある。信号検出のための検定統計量はいわゆる統計値であることから、多くのサンプルを用いて(時間をかけて)計算することで真値に近づく。素子選択および検出の双方で時間を費やすことで最終的な検出精度向上が期待できるが、検出そのものに時間をより費やすことでさらなる精度向上が期待できるかもしれない。このことは、センシング時間と精度の関係上、素子選択に要する時間を無視できないことを示し、さらに信号検出精度向上のために、センシングに要する総時間における素子選択時間を適切に設計しなければならないことを示しており、双方の解決が望まれる。

2. 研究の目的

本研究課題では、総センシング時間を考慮した選択ダイバーシチ方式を用いるスペクトルセンシング技術を開発する。具体的には、電力検出に基づく信号検出特性の向上を目指して、素子選択に要する検定統計量についても信号検出に使用し、本技術の最適設計法を開発する。低ハードウェアコストで実現可能な本技術について基盤技術を確立し、コグニティブ無線技術の実用化につなげたい。本研究期間内には、以下の内容を明らかにする。

- (1) 素子選択時間を考慮した選択ダイバーシチ方式によるセンシング技術の基本骨子の確立
- (2) センシング高精度化に向けた受信アンテナ素子選択時間の最適設計

3. 研究の方法

(1) 従来技術では、素子選択に用いた検定統計量のみを信号検出に用いていたが、検討技術では、選択した素子を用いての信号検出を行う期間を設けている。ここでは、一定の総スペクトルセンシング時間のもと、素子選択時間と信号検出時間を変化させたときの信号検出特性を調べ、素子選択時間と信号検出時間の変化が信号検出特性に与える影響について明らかにし、これら時間の最適設計について検討する。

(2) 本研究項目では初めに、非理想選択時、すなわちサンプル数を有限長と仮定したときの、選択を経て得られる検定統計量の理論値を導出する。本研究項目で導出する理論値は、素子選択時間設計のために、前述の変数に加えて検定統計量計算に用いるサンプル数が変数となる。事前調査の結果に中心極限定理を適用して、非理想選択時の理論値を導出する。次に、以下3点に注意して、センシング高精度化のための素子選択時間の最適設計を行う。

4. 研究成果

(1) 図1に検討手法を示す。図1に、従来技術1および検討する選択ダイバーシチ方式を用いたスペクトルセンシング法の概要を示す。双方ともに定められたスペクトルセンシング時間をもつ。従来技術では全期間を等分した時間が観測時間であるのに対し、検討技術では、アンテナ選択のための観測期間ならびに選択素子による信号検出期間をもつ。コグニティブ無線端末では、受信アン

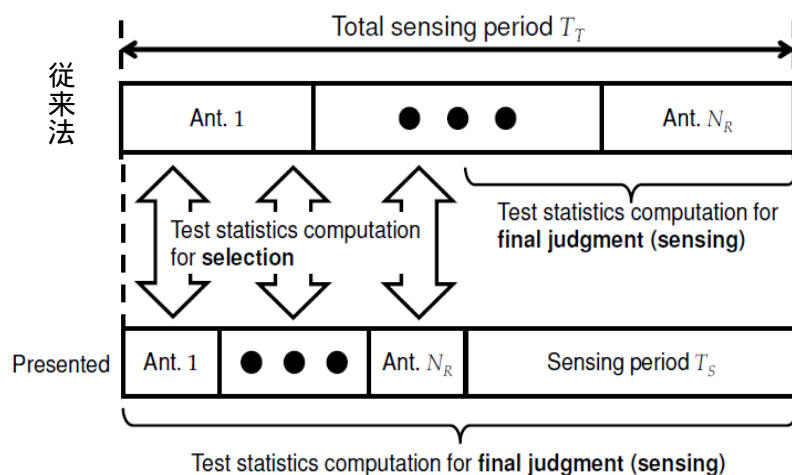


図1: 検討するスペクトルセンシング法

テナ数だけの観測時間を用いて受信アンテナ素子選択のための検定統計量を計算する。計算された複数の検定統計量より受信アンテナ素子を選択し、残りの信号検出時間で更なる検定統計量を計算する。これらを合算し、スペクトルセンシングを実行する。検討技術と従来技術の違いは、受信アンテナ素子選択時間と選択素子による信号検出時間を分けているか否かである。計算機によるいくつかの数値実験結果を示す。初めに、検討手法で電力検出および周期定常性

検出を用いたときの信号検出特性を示し、次に観測時間と信号検出時間のトレードオフについて数値的に検証する。本章で示す結果では、RF 回路が一つ、受信アンテナ素子数 4 であるようなコグニティブ無線端末を想定した。送信信号は各サブキャリアが QPSK 変調されているような OFDM 信号とした。図 2 に電力検出に基づくスペクトルセンシング法での検討手法の信号検出確率特性を示す。図 2 より、検討手法が信号検出特性を改善できていることがわかる。図 3 に異なる観測期間長に対する信号検出確率 0.9 を達成する SNR 特性を示す。図 3 より、観測期間長を変化させることで特性が変化し、適切に観測期間長を定めることで特性を改善可能であることがわかる。

(2) 次に、各受信アンテナから得られる検定統計量の確率密度関数情報を用いて、観測期間長の近似設計を検討した。各検定統計量の確率密度関数をガウス分布と近似し、各確率密度関数間にしきい値を設け、最良の検定統計量に沿うしきい値を超える面積が最小になるような設計基準を開発した。開発した設計基準は数値実験により検証した。検証結果を図 4 に示す。検証の結果、設計値と測定値がよく一致することを示した。

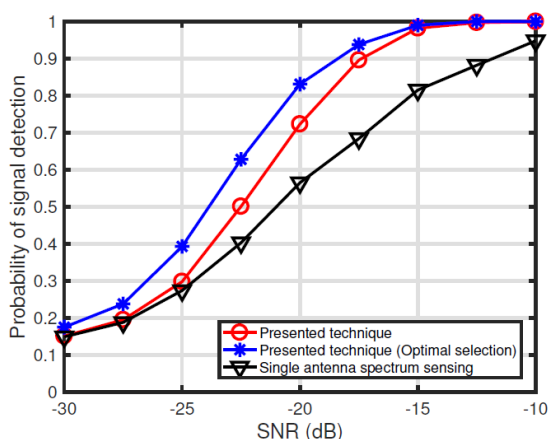


図 2：信号検出確率特性

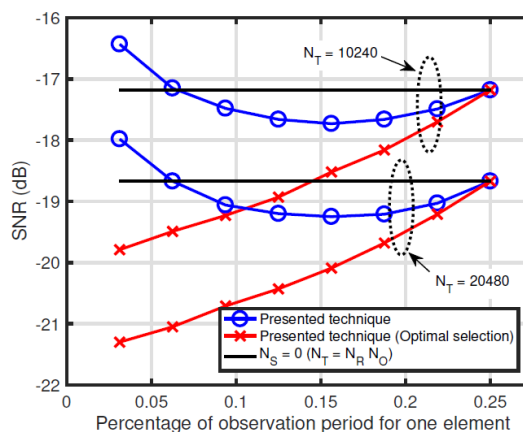


図 3：異なる観測期間長に対する信号検出確率 0.9 達成 SNR 特性

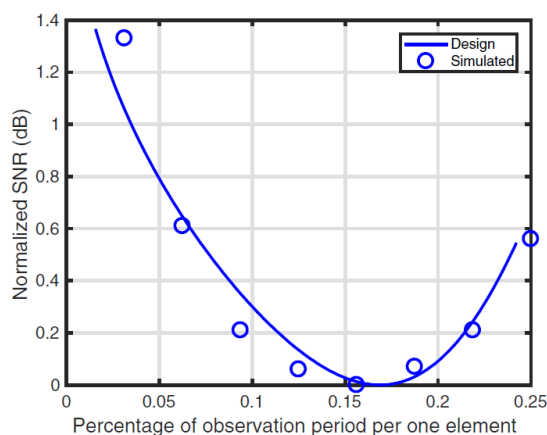


図 4：検討した設計手法（実線）と計算結果（○）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

- [1] Daiki Cho, **Shusuke Narieda**, Kenta Umebayashi and Hiroshi Naruse, "Spectrum Sensing Based on Weighted Diversity Combining Using Time-Averaged CAF," IEICE Commun., Express, vol.2, pp.20-25, Feb. 2019.
- [2] Hiroki Iwata, Kenta Umebayashi, Janne J. Lehtomäki and **Shusuke Narieda**, "Welch FFT Segment Size Selection Method for FFT Based Wide Band Spectrum Measurement," IEICE Trans. Commun., vol.E101-B, no.7, pp.1733-1743, Jul. 2018.

- [3] **Shusuke Narieda**, "Improved MCAS Based Spectrum Sensing in Cognitive Radio," IEICE Trans. Commun., vol. E101-B, no. 3, pp.915-923, Mar. 2018.
- [4] **Shusuke Narieda**, "Low Complexity Cyclic Autocorrelation Function Computation for Spectrum Sensing," IEICE Commun. Express, vol.6, no.6 pp.387-392, Jun. 2017.
- [5] **Shusuke Narieda** and Daiki Cho, "Improvement of False Alarm Probability for Cyclostationarity Detection Using Simple Weighted Diversity Combining," IEICE Commun., Express, vol.6, no.1, pp.22-27, Jan. 2017.

〔学会発表〕(計9件)

- [1] 稲垣健太, **成枝秀介**, 藤井威生, 梅林健太, 成瀬央, "アウテージ解析による LoRa/LoRaWAN 電波伝搬特性の評価," 電子情報通信学会技術報告(スマート無線研究会), vol.118, no.475, SR2018-125, pp.31-36, 2019年3月
- [2] **Shusuke Narieda**, Daiki Cho, Kenta Umebayashi and Hiroshi Naruse, "Weight Computation Techniques for Spectrum Sensing Based on Test Statistics Shared CAF Diversity Combining," IEEE ICAIIC 2019, pp.1-6, Feb. 2019.
- [3] **成枝秀介**, 成瀬央, "空間ダイバーシチ方式を用いた周期定常性検出の低演算化の一検討," 電子情報通信学会研究会技術報告(スマート無線研究会), vol.118, no.421, pp.1-4, 2019年1月
- [4] **Shusuke Narieda** and Hiroshi Naruse, "Statistics Computation for Low Complexity Spectrum Sensing Based on Multiple Antennas," in Proc. IEEE PIMRC 2018, pp.1-2, Sept., 2018.
- [5] **Shusuke Narieda** and Hiromichi Ogasawara "Design of Energy Detection Based on Selection Diversity Combining in Cognitive Radio," in Proc. IEEE Int'l Workshop on Measurement & Networking (IEEE M&N 2017), Sept. 2017.
- [6] **成枝秀介**, "複数受信アンテナを用いたスペクトルセンシングの演算量削減法の検討," 電子情報通信学会技術報告(スマート無線研究会), vol. 117, no. 133, SR2017-59, pp. 179-183, 2017年7月.
- [7] **Shusuke Narieda**, "Computational Complexity Reduction for Cyclostationarity Detection Based Spectrum Sensing in Cognitive Radio," in Proc. IEEE Int' Symp. on Circuits and Systems (IEEE ISCAS 2017), pp.1205-1208, May 2017.
- [8] Daiki Cho, Atsushi Kondo, **Shusuke Narieda** and Kenta Umebayashi, "CAF Diversity Combining for Spectrum Sensing by Test Statistics Sharing with Time-Averaged Weights," in Proc. IEEE VTC2016-Fall, pp.1-5, Sept. 2016.
- [9] **成枝秀介**, "演算量を低減した周期定常性検出に基づくスペクトルセンシング法の一検討," 電子情報通信学会技術報告(スマート無線研究会), vol. 116, no. 148, SR2016-49, pp. 97-102, 2016年7月

〔その他〕

ホームページ等

三重大学大学院工学研究科情報工学専攻 パターン情報処理研究室
<http://www.pa.info.mie-u.ac.jp/index.shtml>

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、研究者個人に帰属されます。