

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：12101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12670

研究課題名（和文）Sensing Augmented Database-Driven Spectrum Sharing Framework

研究課題名（英文）Sensing Augmented Database-Driven Spectrum Sharing Framework

研究代表者

王 瀟岩 (Wang, Xiaoyan)

茨城大学・理工学研究科（工学野）・准教授

研究者番号：10725667

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：モバイルトラフィックの量の激増と共に、移動通信に使い易い周波数の不足が大きな問題となっている。一方、現在の無線通信システムには使用されずに残っている帯域が数多く存在し、構造的に周波数利用効率の低下が生じてしまう課題を持つと考えられる。本研究は、周波数の利用効率を向上させるため、クラウドソーシングを活用した周波数データベース技術を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ダイナミックかつ密な周波数二次利用の実現を向け、クラウドソーシングを活用した周波数データベース技術を検討する。提案手法は従来手法より大幅な周波数利用効率の向上を期待され、周波数枯渇問題の解決に向けて重要な役割を持つと考えられる。

研究成果の概要（英文）：With the extremely increasing of mobile data traffic, there is a common belief that we are facing a severe shortage of spectrum resource for wireless communications in the near future. On the other hand, the spectrum utilization ratio is extremely low due to the spectrum resource is exclusively used by different systems. In this research, we propose a crowdsourcing based spectrum database to improve the spectral utilization of the whole system.

研究分野：無線通信システム

キーワード：周波数活用

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

近年、無線技術の発達によりモバイルトラフィックの量が激増している。CISCOによると、2015年でモバイルトラフィックの量は月3.7エクサバイトだったが、2020年には月30.6エクサバイトまで増加すると予測されていた。特に、モバイル端末の急激な増加と無線通信を利用するアプリケーションの多様化に伴い、移动通信システムにおいて使いやすい周波数(6GHz以下)の不足が非常に大きな問題と考えられている。

一方、現在の周波数割り当ては、複数の無線システムが相互干渉を起こさないように、周波数を排他的に利用する仕組みとなっている。このような静的な周波数利用システムにおいて、時間また空間的なトラフィックの差に対応するのは難しいである。そのため、現在のシステムには使用されずに残っている帯域(ホワイトスペース)が数多く存在し、構造的に周波数利用効率の低下が生じてしまう課題を持つと考えられる。

これらの問題を改善するため、現状の無線システムに割り当てられている帯域を有効かつ効率的に活用する二次利用技術の確立が急務となっている。周波数の二次利用とは、周波数を優先的に利用可能な一次システム(プライマリシステム)を保護した上で、二次的に他の無線システム(セカンダリシステム)が同じ周波数を共用することである。

現在主に研究されている周波数共用技術は、二種類に分けられる。

一つ目は、10年前から研究されたテレビ帯域の周波数を他の無線システムが二次利用するテレビホワイトスペース(TVWS:TV White Space)に代表される機会利用型スペクトルアクセス技術である。この技術は、セカンダリユーザー(周波数利用者)がプライマリユーザー(周波数所有者)に影響を与えない範囲で、自由な通信を行う方式である。具体的には、プライマリユーザーを保護するため、プライマリ信号の確実な検出をすることで、セカンダリユーザーの通信がプライマリユーザーに干渉しないように制御する。このようなプライマリ信号の検出には、スペクトラムセンシングと呼ばれるセカンダリユーザー自身がプライマリ信号の電力や特徴を検出してプライマリシステムの状態を把握する方法が採用されている。しかし、スペクトラムセンシングはチャンネル状態や雑音により、必ずしも確実な検出ができない。さらに、機会利用型スペクトルアクセスには、サービス品質(QoS:Quality of Service)が保証出来ない及び適切なビジネスモデルがないなどの問題があるため、これまで実用化に至っていない。

近年、これらの問題を解決するため、LSA(Licensed Spectrum Access)とSAS(Spectrum Access System)を代表した新たなデータベース支援型スペクトルアクセス技術の検討が始まった。これが二つ目の周波数共用技術である。この方式では、周波数の共用に際し、利用可能な周波数を記録し提供する周波数データベースを活用する。具体的には、セカンダリユーザーは周波数共用の可否をデータベースに問い合わせ、利用可能なチャンネルがある場合には、一定の使用料を支払い、周波数の二次利用を行う。利用可否の判断は、セカンダリユーザーの位置に応じて、電波伝搬モデルにより計算する。この方式の問題点としては、実環境では周囲の構造物や地形の影響を受けるため、電波伝搬の計算に基づくデータベースの精度が低くなるという点が挙げられる。この問題に対しては、プライマリユーザーを保護するための最悪ケースで計算した大きな排他的ゾーンを取った設計を行う必要があり、多くの周波数利用機会が無駄になる。この方式は利用可能な周波数資源を有効共用できる仕組みにはなっていないため、よりダイナミックかつ密な周波数共用技術の提案が必要と考えられる。

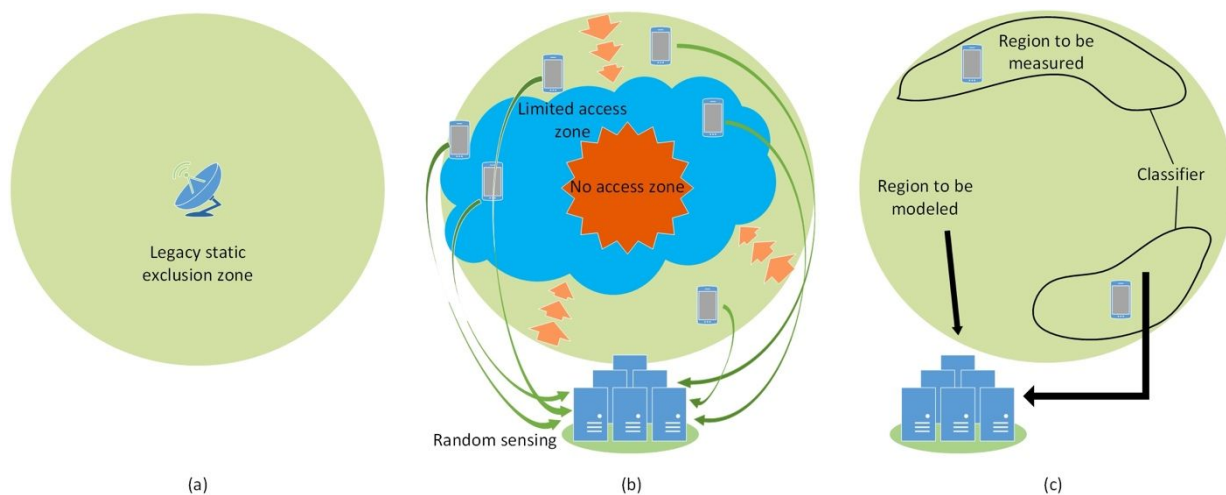
2. 研究の目的

無線ブロードバンドシステムや無線LANシステムの進化に伴い、周波数の枯渇が深刻な問題になっている。本研究では、この問題の解決を目的に、ダイナミックかつ密な周波数二次利用の実現に向け、クラウドソーシングを活用した周波数データベース技術を検討する。提案手法は従来手法より大幅な周波数利用効率の向上を期待され、周波数枯渇問題の解決に向けて重要な役割を持つと考えられる。

3. 研究の方法

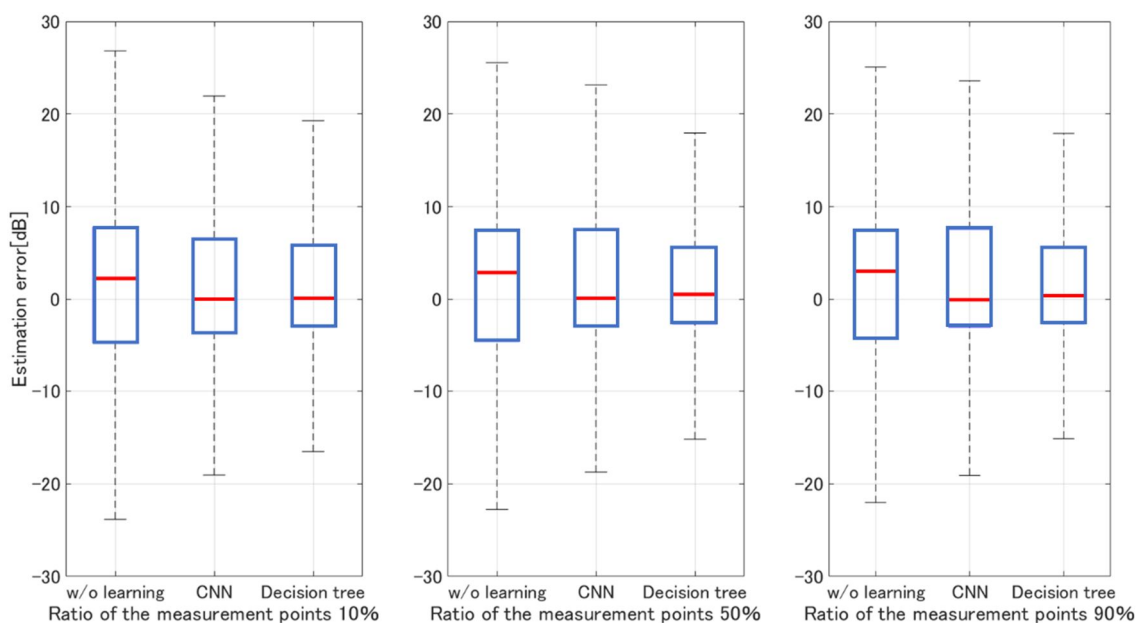
本研究では周波数データベースだけに頼らず、クラウドソーシング技術も活用する周波数共用フレームワークを検討する。基本的なアイデアは、セカンダリユーザーが周波数の利用者だけでなく、無線環境情報の提供者としての役割も果たす。つまり、ユーザーは無線環境のセンシングを行うことで、あらゆる場所の電波状態を観測蓄積することが可能となる。これらの収集した観測値をデータ解析し、排他的ゾーンのリファインメントができ、周波数利用効率の向上が期待される。

ただし、実環境において、あらゆる場所のユーザーからのセンシングデータを提供するのはコストが高すぎ、非現実である。そこで、本研究は機械学習クラシファイア (random forest tree アルゴリズムなど) を利用し、伝搬モデルによる計算精度が高いエリアと低いエリアに分けて、低いエリアのみにクラウドソーシングを行った。このように、正確な無線環境推定とセンシングコストのトレードオフを図ることのできるダイナミックかつ密な周波数共有アプローチを提案し、無線機で実装して評価を行った。



4. 研究成果

本研究では機械学習技術を利用し、伝搬損失により収集された測定値の分類を行った上で、未知の地点の電波強度を補間する電波環境マッピング法を提案した。電波環境データベースはクラウドソーシングによりユーザーから異なる地点の受信電力の情報を収集し、これらのデータを用いて、推定点の電波強度をクリギング法で補間する。また、クリギングで補間する際、機械学習により測定点を分類し、推定点の伝搬特性と近い測定点を選択する。提案手法では、機械学習を行わなかった手法と比較し、推定誤差を大幅に改善することがわかる。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Xiaoyan Wang, Masahiro Umehira, Biao Han, Hao Zhou, Peng Li and Celimuge Wu	4. 巻 8
2. 論文標題 An Efficient Privacy Preserving Spectrum Sharing Framework for Internet of Things	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 34675-34685
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2020.2974227	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 該当する
1. 著者名 Biao Han, Sirui Peng, Celimuge Wu, Xiaoyan Wang, and Baosheng Wang	4. 巻 3
2. 論文標題 LoRa-Based Physical Layer Key Generation for Secure V2V/V2I Communications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s20030682.	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 該当する
1. 著者名 Xiaoyan Wang, Masahiro Umehira, Hiroyuki Otsu, Takyuya Kawatani and Shigeki Takeda	4. 巻 6
2. 論文標題 Energy Efficient Learning-based Indoor Multi-band WLAN for Smart Buildings	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE ACCESS	6. 最初と最後の頁 34324-34333
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2018.2849094	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 Xiaoyan Wang, Fangzhou Jiang, Lei Zhong, Yusheng Ji, Shigeki Yamada, Kiyoshi Takano, and Guoliang Xue	4. 巻 34
2. 論文標題 Intelligent Post-Disaster Networking by Exploiting Crowd Big Data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Network	6. 最初と最後の頁 49-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/MNET.011.1900389	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12件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Mina Akimoto, Xiaoyan Wang, Masahiro Umehira and Yusheng Ji
2. 発表標題 Crowdsourced Radio Environment Mapping by Exploiting Machine Learning
3. 学会等名 International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiaoyan Wang, Masahiro Umehira, Biao Han, Peng Li, Yu Gu and Celimuge Wu
2. 発表標題 Online Incentive Mechanism for Crowdsourced Radio Environment Map Construction
3. 学会等名 IEEE International Conference on Communications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺木 悠人・王 瀟岩・梅比良 正弘
2. 発表標題 深層強化学習を用いたチャネルアクセス法
3. 学会等名 電子情報通信学会東京支部学生会第25回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸本勇希・王 瀟岩・梅比良正弘
2. 発表標題 アンライセンス周波数帯を用いたLTE/WiFiネットワークにおける強化学習型チャネル選択手法
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 Xiaoyan Wang
2. 発表標題 Crowdsourced REM Construction for Spectrum Sharing System
3. 学会等名 World Symposium on Communication Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mina Akimoto, Xiaoyan Wang and Masahiro Umehira
2. 発表標題 Learning-based Radio Environment Mapping
3. 学会等名 International Workshop on Smart Wireless Communications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xiaoyan Wang , Masahiro Umehira, Shigeki Takeda, Hiroyuki Otsu and Takyuya Kawatani
2. 発表標題 Energy Efficient Learning-based 60GHz Band Coverage Prediction for Multi-band WLAN
3. 学会等名 IEEE Vehicular Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋元実菜・王瀟岩・梅比良正弘
2. 発表標題 機械学習を用いた電波環境マッピング手法
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 秋元実菜・王瀟岩・梅比良正弘
2. 発表標題 分類木を用いたTVホワイトスペースの推定
3. 学会等名 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸本勇希・王瀟岩・梅比良正弘
2. 発表標題 LTE/WiFiネットワークにおける強化学習を用いたチャネル選択手法
3. 学会等名 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiaoyan Wang, Masahiro Umehira, Peng Li, Yu Gu and Yusheng Ji
2. 発表標題 Incentivizing Crowdsourcing for Exclusion Zone Refinement in Spectrum Sharing System
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Communications (APCC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Xiaoyan Wang, Masahiro Umehira, Peng Li, Yu Gu and Yusheng Ji
2. 発表標題 Fine-grained Incentive Mechanism for Sensing Augmented Spectrum Database
3. 学会等名 IEEE Global Communications Conference (IEEE Globecom 2017) (国際学会)
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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