

可変RBWを用いた周波数占有率の測定精度の向上の初期的評価

Initial evaluation of improvement of measurement accuracy of spectrum occupancy using variable RBW

金 昊俊 長縄 潤一 石田 繁巳 鈴木 誠 翁長 久 森川 博之
Hojun KIM Junichi NAGANAWA Shigemi ISHIDA Makoto SUZUKI Hisashi ONAGA Hiroyuki MORIKAWA

東京大学 先端科学技術研究センター / RCAST, The University of Tokyo

1 はじめに

筆者らは、周波数の有効利用に向けて、多数のスペクトラムセンサを用いて周波数の時空間的な占有率を測定する分散スペクトラムセンシングの実現を目指している [1][2]。本稿では、スペクトラムセンサを用いた占有率の測定精度の向上のために、周波数帯の割り当て情報を基に、帯域毎の分解能帯域幅 (RBW, Resolution Band Width) を可変にして掃引速度を上げる手法を示し、初期的評価を行う。

2 占有率の測定精度の向上

周波数帯の占有率とは、ある帯域において、単位時間内に電波が送出されている時間の割合である。スペクトラムセンサは、UHF 帯を掃引することで、電波の有無を判定する。その後、得られた標本から電波の有無の平均を取る事で、周波数の占有率を推定する。推定精度を上げるには、単位時間当たりの標本数を増やす必要があるため、スペクトラムセンサの掃引速度を上げることが求められる。

これに向けては、周波数帯毎の無線サービスの占有帯域幅の情報を利用し、必要な周波数分解能を確保しながら RBW を可変にすることで、一部帯域において RBW を広く取る手法が有効である。

また、可変 RBW を実現するためには、RBW の決定に利用する周波数情報の管理およびアップデートの仕組みが求められる。RBW の切り替えに利用する周波数帯の情報は、新たな周波数の割り当てなどで変わる可能性があるため、その情報を柔軟に変更できるシステム設計が必要となる。

3 周波数情報を用いた RBW の決定

帯域ごとの RBW の決定には、公開されている周波数帯の割り当て情報を利用する。公開されている情報には、帯域の用途別の割り当てや、チャンネル帯域幅があるため、帯域毎に必要な RBW を決定できる。UHF 帯において、全てのチャンネルの電波の有無を判定するには、数十 kHz オーダの RBW が求められるが、チャンネル帯域幅が広い帯域では、数百 kHz から数 MHz の RBW を用いることができる。

表 1 に、現在、1MHz 以上の占有帯域を持つ無線サービスが存在する帯域を示す。表 1 に示した周波数帯の総帯域幅は 1452.1MHz であり、UHF 帯の総帯域幅の半分以上にあたる。すなわち、1MHz の帯域幅を利用可能な周波数帯では 1MHz の RBW に切り替えることで、掃引速度の向上が可能になる。

分散スペクトラムセンシングはサーバと多数のスペクトラムセンサから構成され、サーバからスペクトラムセンサを制御できる。したがって、周波数帯の情報は、基本的にサーバが管理し、サーバはスペクトラムセンサへその情報を送信する。サーバからスペクトラムセンサへの周波数帯の情報の送信は、スペクトラムセンサからサーバへの HTTP の POST リクエストによるポーリングを用いて実現する。

4 初期的評価

195.3125kHz と 1.5625MHz の RBW を用いた占有率の推定精度の初期的評価を行う。そのために、表 1 の ISM バンドにおいて、RBW の異なるスペクトラムセンサを用いた占有率推定の比較を行う。スペクトラムセンサは、ソフトウェア無線用のフロントエンド、USRP2 と、ノート PC である Thinkpad X200 を用いて実装する。USRP2 を用いたスペクトラムセンサにおいて、一度に得られる周波数スペクトラムの帯域幅は、ベースバンド信号のサンプリング周波数 F_s に制限される。したがって、広範囲

の測定を行うには、フロントエンドの中心周波数の掃引を行う。また、FFT を行うことで、 F_s /FFT 点数の RBW を実現でき、RBW の変更が容易である。

以上から構成されるスペクトラムセンサ 3 台を用いて ISM 帯の同時測定を行う。1 台は、2452MHz を中心周波数とし、25MHz の帯域 (2449.5MHz~2464.5MHz) の占有率をリアルタイムで測定する。USRP2 の F_s は、掃引せずに測定可能な最大の帯域幅を意味し、最大 25MHz まで設定できる。すなわち、25MHz の帯域幅に対してリアルタイムの電力測定が可能であり、本評価に対する占有率の真値と見なすことができる。さらに、取得したスペクトラムに対し、FFT を行い、その FFT 点数を調節することで、RBW を 195.3125kHz にする。

残りの 2 台は、 F_s を 195.3125kHz、1.5625MHz にして、2449.5MHz~2464.5MHz の帯域の掃引を行い、上記の占有率測定結果と比較する。ここでは、FFT を行わず、取得したスペクトラムの強度を測定することで、掃引型のスペクトラムセンサと同じ条件にする。すなわち、RBW はそれぞれ 195.3125kHz と 1.5625MHz となる。

以上の 3 台のスペクトラムセンサを用いて、30 分間、電波の有無を判定し、帯域毎の占有率を算出した。その結果、RBW が 195.3125kHz のスペクトラムセンサの占有率の推定誤差は平均 2.83 %、最大 9.58 % であり、RBW が 1.5625MHz の場合は、平均 1.45 %、最大 6.11 % となった。RBW を 1MHz 以上にする事で、約 3.5 % の精度向上が得られた。

5 おわりに

本稿では、掃引方式のスペクトラムセンサにおいて、可変 RBW を用いた周波数占有率の推定精度の向上について述べた。現在、帯域毎の占有率の特徴から、サンプリング頻度を可変にし、掃引時間をさらに短縮する機構の検討を進めている。

参考文献

- [1] 金 他, “分散スペクトラムセンシングに向けたスペクトラムセンサの設計,” 信学技報, RCS2011-40, 2011.
- [2] 長縄 他, “広範囲・高密度に展開可能な分散スペクトラムセンシングの設計と実装,” 信学技報, RCS2009-342, 2010.

表 1 1MHz 以上の RBW を使用できる周波数帯。

用途	周波数帯 (MHz)	占有帯域幅
TV	470~770	6MHz
携帯電話	810~850, 860~901, 1427.9~1525, 1749.9~1784.9, 1844.9~1879.9, 1920~1980, 2110~2200	1.25/3.75/5MHz など
ISM バンド	2400~2500	1/2/26/100MHz など
電波天文	1400~1427, 1660.5~1668.4, 2690~2700	全帯域
無線航行衛星	1559~1626.5	2MHz など
気象衛星	1668.4~1710	7MHz など
宇宙運用	2025~2110, 2200~2300	7/8MHz など
各種レーダ	2700~3000	5/10MHz など
総帯域幅	1452.1MHz	