

電波状況ビッグデータを利用する局所的ホワイトスペース有効利用促進技術の研究開発 (135007102) Technology for Effective Utilization of Local White Space Assuming Radio Environment Big Data

研究代表者

武内 良男 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

Yoshio Takeuchi Advanced Telecommunications Research Institute International

研究分担者

長谷川 晃朗[†] 菅野 一生[†] 堀端 研志[†] 木村 貴寿[†] 古川 玲[†] 渡邊 悠希[†] 岩井 誠人[†] 前山 利幸[†]
Akio Hasegawa[†] Issei Kanno[†] Kenshi Horihata[†] Takatoshi Kimura[†] Rei Furukawa[†]
Yuki Watanabe[†] Hisato Iwai[†] Toshiyuki Maeyama[†]

[†]株式会社国際電気通信基礎技術研究所

[†]Advanced Telecommunications Research Institute International

研究期間 平成 25 年度～平成 26 年度

概要

搭載機能や観測する無線パラメータの異なるセンサーを面的に配置して収集する「電波状況ビッグデータ」を有効に活用することを想定して、既に周波数割り当てがされている通信システムの信号発生源位置、および波源周辺の電波減衰特性を推定し、推定結果に基づいて既存システムの通信エリアを面的に推定することにより、面的広がりをもつホワイトスペースを小エリア単位で効率的に特定するための方法を確立し、実現性を検証した。

1. まえがき

高度なセンシング機能を持たない無線機でも局所的なホワイトスペース (WS) を利用可能とすることで、周波数共有促進と、周波数利用効率の大幅な向上につながる。そのためには、なるべく小さいエリアを単位として WS を特定し、利用可能周波数/詳細エリアに関する情報を提供することが必要であり、本研究開発では、「電波状況ビッグデータ」構築を前提として、偏在する WS による通信可能エリアを小エリア単位で面的に高精度かつ高効率に推定する基本手法を確立した。

2. 研究開発内容及び成果

遍在する粒度の細かい局所的 WS を効率的に推定するため、図 1 に示すように散在する小型センサーと、小型センサーより疎に配置する長距離センサーを組み合わせ測定したデータをサーバに集約し、検出処理を行うフレームワークで検討を行った。長距離センサーで離れた電波送信源の位置を推定 (波源位置推定) し、特定した送信波源から送信される電波の到達範囲を小型センサーの受信電

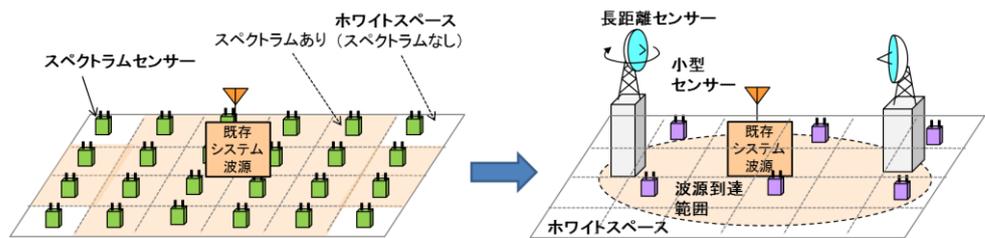


図 1 提案手法による局所的ホワイトスペース推定の概略

力を元に推定 (伝搬モデルフィッティング) することにより、到達範囲外を WS として推定する。

【波源位置推定】

本研究開発では、波源位置推定手法として、TDoA (Time Difference of Arrival) をベースとした手法の具体化を行った。全ての長距離センサーにおいて高精度な時刻同期を行い、受信 IQ 信号データ相互相関を使用して波源信号が到来した時間差を求める。2 つのセンサーの組み合わせで TDoA 解析を行うと 1 本の双曲線が描けることから、双曲線の交点として波源位置を推定できる。3 つ以上の長距離センサーの全ての組み合わせについて到来時間差を求め、最小二乗法により波源位置推定精度を高めた。

実環境でのセンサー配置条件を検討するため、実測の受信データを用いて、提案する波源位置推定手法の評価を行った。図 2 に示すようにセンサーは波源から 10km 程度離れた 3 地点に配置した。IQ データは、各センサーを GPS で同期させ、波源から送信される ISDB-T Mode3 の信号を 7.68MHz でサンプリングして取得した。また、異



図 2 波源位置推定実験センサー配置位置

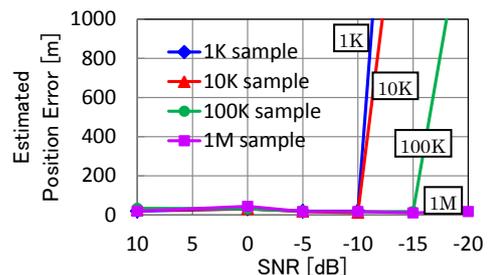


図 3 波源位置推定実験における位置推定精度

なる伝搬距離を想定した際の傾向も合わせて把握するため、各センサーの受信アンテナ・RF回路間にアッテネータを接続し、条件に応じて調整した。図3に、センサーを波源から見通し(LoS)に設置した場合に、相互相関の時間平均サンプル数を変化させた際の、受信SNRに対する位置推定誤差を示す。サンプル数を波源の連続送信時間に合わせて長く設定することによりセンサー配置粒度を下げても推定精度を確保できることがわかった。

【周辺伝搬モデルフィッティング】

波源周辺の複数の小型センサーの受信電力をもとに、周辺伝搬モデルをフィッティングする手法について、手法の具体化を行った。波源の位置、小型センサーで測定した受信電力と位置情報を元に、減衰特性式 $y = a \log x + c$ にフィッティングして減衰特性を推定する。

推定した減衰特性式に基づき、受信電力が設定したホワイトスペース判定レベルとなる距離を求めることにより電波到達範囲を推定することが可能となる。

実環境において適切に伝搬モデルフィッティングを行うためには、波源のアンテナ指向性や伝搬特性の地形/建物環境依存性を考慮すると、波源からの方位角に対して滑らかに変化する特性を考慮することが有効と考えられる。そこで、波源から見た基準方位角 θ_k に対して式(1)の減衰特性式を決定し、 θ_k をスイープすることで方位角に対して連続的に推定式を得る方法(Forget法)を考案した。

$$y_k = a(\theta_k) \log x_k + c(\theta_k) \quad (1)$$

y_k は基準方位角 θ_k で推定した伝搬損失、 x_k は波源からの距離であり、係数 $a(\theta_k)$ 、 $c(\theta_k)$ は重み付き最小二乗法によって求める。本手法について実環境での検証を行うため、位置が既知(アンテナ指向性は未知)である波源を用い、その電力を受信して解析の元となる参照データを取得した。水平面水平偏波無指向性の電力受信用アンテナとGPSアンテナを屋根に搭載した測定車両で走行し、受信電力とGPS座標を取得した。図4に参照データの測定結果を示す。測定範囲は波源から見て半径6kmの半円状の範囲としている。

伝搬損失推定を行うためのデータ(フィッティングに用いる仮想的な小型センサーデータ)として、小型センサーの配置粒度を250m~1500m四方に1つと想定し、配置粒度毎に参照データからランダムな電力値を抽出した。Forget法による伝搬損失推定結果の一例を図5に示す。配置粒度が1000mであっても、より細かい分解能で連続的に電力値を推定できていることがわかる。

【局所的WS推定の評価】

密に配置した小型センサーによる電力測定値を元に直接的にWS推定を行う方法に対して、本研究開発による

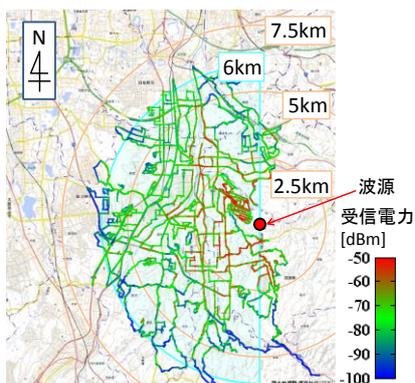


図4 電力測定結果

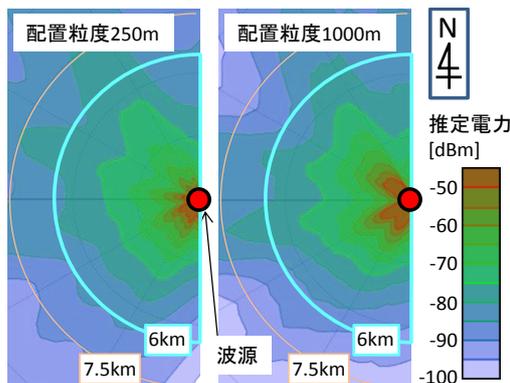


図5 伝搬損失推定結果

波源位置推定手法と伝搬モデルフィッティング手法を組み合わせることで、1/5程度の小型センサーで同等のWS検出率が得られた。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発成果の活用により、将来的には小エリア単位のホワイトスペース(WS)に関するデータベースの構築を効率的に行うことが可能となり、データベースを利用する周波数共用の導入・発展に貢献すると期待される。

次のステップとして、データベース利用を前提とする周波数共用を実現するために取り組むべき課題を明確化し、必要な研究開発の推進を図りたい。

このような取り組みにより、将来的に通信トラフィック急増への対策の一つとしてもWS利用が有効となる。また十分なWSが利用可能となる地域ならではのサービス創出も考えられる。

4. むすび

高精度波源位置推定手法および周辺伝搬モデルフィッティング手法を考案・高度化し、実測データを用いた評価により、それぞれの有効性を検証した。更に、高精度波源位置推定手法と周辺伝搬モデルフィッティング手法を組み合わせることでWS推定方法を確立し、その有効性を検証した。センサーの配置として、小型センサーの配置粒度は1000m、長距離センサーは10km程度以上の配置間隔(ただし想定する波源からの電波を受信可能な距離)とすることで、目標とする100m四方の粒度でのWSを、従来技術による手法を適用するよりも高い効率で検出できることを検証した。

【誌上发表リスト】

- [1] Issei Kanno, Kenshi Horihata, Akio Hasegawa, Toshiyuki Maeyama, Yoshio Takeuchi, "Efficient White Space Boundary Estimation with Heterogeneous Types of Sensors," ISAP2014 (Dec.3, 2014)
- [2] Kenshi Horihata, Issei Kanno, Akio Hasegawa, Toshiyuki Maeyama, Yoshio Takeuchi, "Effective Method of Pathloss Fitting with Azimuth Variable for White Space Boundary Estimation," ISAP2014 (Dec.3, 2014)

【申請特許リスト】

- [1] 菅野一生・堀端研志・武内良男、「ホワイトスペース検出装置、ホワイトスペース検出方法、及びプログラム」、日本、2014年3月3日
- [2] 堀端研志・菅野一生・武内良男、「減衰特性関数推定装置、減衰特性関数推定方法、及びプログラム」、日本、2014年8月28日

[3] 菅野一生・堀端研志・武内良男、「通信システム、受信装置、サーバ、信号処理方法、波源位置算出方法、及びプログラム」、日本、2015年2月13日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.acr.atr.jp/>