

財団法人テレコムエンジニアリングセンター

公益的調査研究助成

成果報告書

調査研究テーマ

広帯域干渉電波の発生源位置検出

に関する調査研究

助成期間

平成 20年 4月 ~ 平成 23年 3月

提出期日

平成 23年 4月

研究代表者氏名

藤元 美俊

所属機関・職名

福井大学大学院 准教授

1. 調査研究の概要

調査研究テーマ	広帯域干渉電波の発生源位置検出に関する調査研究	
助成期間	平成 20年 4月 ~ 平成 23年 3月	
報告者 (助成対象者)	藤元 美俊	印
勤務先	機関名	福井大学大学院 工学研究科
	住所	〒910-8507 福井市文京 3-9-1
	TEL	
	E-mail	
助成金額		
本報告書作成日	平成 23年 4月 6日	

調査研究概要

本研究では、広帯域な干渉電波の発生源の方向および波源との距離を検出することを目的としている。広帯域な信号を取り扱う際の問題点として、周波数ごとにアンテナ素子指向性が異なるため推定精度が劣化する。その対策として、本研究では、広帯域信号を複数の周波数に分割して処理する手法を提案した。提案手法では、図 1 に示すように、複数のアンテナで受信した信号を、それぞれバンドパスフィルタ (BPF) を用いて周波数帯域ごとに分割する。その後、MUSIC 法 (到来方向推定アルゴリズムの一つ) を用いて帯域ごとに到来方向を推定し (一時推定)、その結果を平均化して最終推定値とする。計算機シミュレーションを通して、以下のことを明らかにした。

(1)帯域を分割する数 (サブバンド数) は6程度以上とすることが効果的である。

(2)アンテナ指向性の振幅誤差に対して効果が大きい。

(3)超広帯域な信号に対しては、周波数帯域を等間隔ではなく、等比間隔で分割した方が効果が高い。

提案手法は、遅延波など、相関の高い複数の到来波の推定にも有効であるとともに、MUSIC 法以外の他の推定アルゴリズムにも適用可能である。

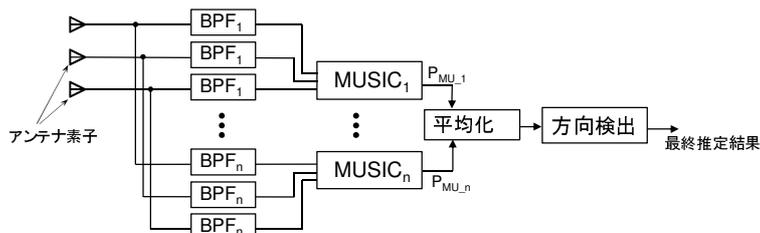


図 1 サブバンド信号処理 (提案手法) の処理手順

2. 調査研究の詳細

2.1 課題名:

広帯域干渉電波の発生源位置検出に関する調査研究

2.2 調査研究の背景

地上デジタル放送が完全普及し、アナログ方式の地上テレビ放送が停波されると同時に、本格的な周波数再配置が始まる。従来と異なる周波数帯を高速・広帯域な通信システムや高品位な放送で利用する場合、干渉電波による受信品質への影響が従来よりも顕著に現れる。特に、不具合を抱えた無線中継器や故意による不法電波など干渉電波自体は狭帯域であっても、広帯域システムの普及が進むと干渉電波の影響を受ける可能性が高くなる。

このような状況において、電波環境の秩序を保ち、貴重な周波数資源を効率的に利用するためには、電波環境の測定、とりわけ干渉電波の発生源の位置を特定することが重要である。ただし、取り扱う信号の帯域が広帯域である場合、アンテナにも広帯域な特性が要求される。しかし、一般に広い帯域に渡って一様な特性を持つアンテナを実現することは困難であり、従来の方法では方向や位置の推定精度が大きく劣化してしまう。

2.3 調査研究の目的:

本研究では、広帯域信号の到来方向推定において、アンテナ素子指向性の歪みの影響を軽減し方向推定精度を改善することが目的である。従来、このようなアンテナ素子の影響はキャリブレーションを行うことで軽減してきた。しかし、広帯域な信号への影響を軽減するには、その周波数ごとにキャリブレーションを行わなければならない。そこで、本研究ではキャリブレーションを行わず、方向推定のアルゴリズムを改良することによる改善手法を考え、より容易な方法での干渉波の到来方向や発生源位置の推定精度の改善を図る。

2.4 調査研究の意義:

本研究では、干渉電波の到来方向だけでなく波源の位置を検出することを最終目標としている。このことは不要な輻射を発生させている機器の特定を容易にする。従って、現在、地上デジタル放送の普及の妨げの一要因となっている干渉電波の対策として期待できる。

また、通信機器や中継機器の経年劣化や不具合等によって発生する不要輻射や、スクータなど十分なノイズ対策が施されていないまま移動する機器の特定が可能となり、一時的な受信障害や通信障害を低減できるものと期待される。

一方、携帯電話システムや無線LANシステムを用いてインターネットにアクセスする場合、若干の通信障害が発生しても誤り訂正や再送機能により通信が継続される。そのため、一般ユーザはスループット（実質的な伝送速度）が低下しても気付かない場合が多い。本研究の成果を応用し、干渉源を取り除くことにより良好な無線環境が回復し、スループットを向上させることにより周波数の効率的利用が促進されるものと期待される。

2.5 調査研究の方法:

◆実測による干渉電波の発生状況調査

干渉電波の発生状況を調査するために、広帯域アンテナと測定装置を用意し、スペクトラムアナライザを用いた実測を実施した。測定車両に計測器を搭載し、東京近郊、名古屋市近郊等において本来使用されていないはずの周波数帯域の雑音を一定期間測定し、統計的処理を施すことにより地上デジタル放送への障害の可能性について検討した。

◆到来方向の推定制度改善手法の提案

広帯域な信号の到来方向を精度よく推定するための手法として、以下の2つの手法を提案した。

(A) アレーアンテナをサブアレーに分割して処理する手法:

(B) 広帯域信号をサブバンドに分割して処理する手法:

◆計算機シミュレーションによる提案方式の有効性の検証

複数の電波が到来している状況を計算機内でモデル化し、到来方向や波源までの距離の推定精度を評価した。アンテナ素子指向性歪みを振幅誤差、位相誤差として独立に考え、それぞれが与える到来方向推定誤差への影響、提案手法における誤差の軽減効果について検討した。

また、多重波伝送における複数波到来時の相関について考え、到来方向推定精度に与える影響を検討した。さらに、提案手法である周波数帯域分割について、その帯域分割方法を工夫することにより、到来方向推定のさらなる高精度化について検討した。

2.6 調査研究の特色

本研究で提案した手法の効果は、基本的には平均化の効果によるものである。平均化の手法として、以下の2つを個別に検討している。

1) アレーアンテナを分割することによる空間平均の効果

2) 受信信号の周波数帯域を分割することによる周波数平均の効果

上記2つは、全く独立した考え方であるから、両手法を同時に併用することも可能である。

また、本研究では到来方向推定アルゴリズムとして MUSIC 法を使用しているが、これに限らず、ESPRIT など他の推定アルゴリズムにも適用可能である。

さらに、複数の到来波が相関の高い多重波である場合、平均化効果により到来波間の相関が低減されることから、多重波を個別に推定可能である。

3. 年度ごとの調査研究内容

初年度分 平成 20. 4～平成 21. 3

初年度は、下記 2 項目を実施した。

1) 段階的到來方向推定の基本動作確認

基本的な到來方向推定アルゴリズムには MUSIC 法を用い、アンテナの特性が不明な場合でもセルフキャリブレーションを可能とする手法を考案した。これは、段階的に推定精度を向上させるものである。基本的アイデアの有効性を計算機シミュレーションにより確認した。

2) 干渉信号の実態調査

広帯域通信システムや放送が運用される周波数帯の電波状況を、実フィールドにおいて測定した。東京および名古屋の市街地において、UHF 帯の不法電波や雑音を測定した。その結果、移動体からの雑音が、地上デジタル放送を移動体で受信する際の障害となる可能性が少なくないことが明らかとなった (成果リスト[1]にて発表)。

平成 21. 4～平成 22. 3

広帯域な干渉電波の到來方向推定精度を改善する手法として、(A)サブアレーに分割する手法と、(B)サブバンドに分割する手法の 2 つを提案し、解析およびシミュレーションを通して以下の知見を得た。

(A)アレーアンテナをサブアレーに分割して処理する手法：

1 つのアレーアンテナを複数のサブアレーに分割し、各サブアレーでの到來方向推定結果の平均値を最終推定結果とする。一部のアンテナ素子を繰り返し使用することで少ない素子数でも高精度に推定できることを明らかにした(成果リスト[2][3]にて発表)。

(B)広帯域信号をサブバンドに分割して処理する手法：

広帯域信号を複数のサブバンドに分割し、各サブバンドでの結果を平均処理する。サブバンド毎の MUSIC スペクトルを平均処理し到來方向を推定することで、高精度に推定できることが分かった (成果リスト[4][5]にて発表)。さらに、これらの手法は、相関の高い複数の信号が到来する場合にも有効であることが分かった(成果リスト[6]にて発表)。

最終年度分 平成 22. 4～平成 23. 3

最終年度は、まず、平成 21 年度に提案した(A) サブアレーに分割する手法についての検討を進め、その成果を学術論文誌に投稿し、レターとして採録された (成果リスト[7])。

次に、同じく平成 21 年度に提案した(B)サブバンドに分割して処理する手法について検討を進め、以下のことを明らかにした (成果リスト[8][9]に発表)。

(1)帯域を分割する数 (サブバンド数) は 6 程度以上とすることが効果的である。

(2)帯域を分割し、スペクトルを平均化する手法はアンテナ特性の振幅誤差に対して効果が大きい。

(3)サブバンド信号処理は、相関の高い複数の到来波の推定にも有効である。

さらに、帯域分割法についても検討し、以下のことを明らかにした (成果リスト[10][11]に発表)。

(4)超広帯域な信号に対しては、周波数帯域を等間隔ではなく、等比間隔で分割した方が効果が高い。また、MUSIC を 2 次元平面に適用することにより、方向だけでなく波源までの距離も推定できることを確認した。ただし、この部分の成果については未発表である。

4. 調査研究成果の説明

得られた成果に対する自己評価

実用化の可能性

広帯域なアンテナの指向性や利得は必ず周波数特性をもつが、本研究で提案したサブバンドに分割して処理する方法は、そのアンテナの周波数特性が一様でないことを逆に利用している。従って、使用するアンテナ素子に求められる製作制度や運用上の測定精度等が大きく緩和され、実用化にあたっての壁はそれほど高くないと思われる。

今後の課題

本研究で提案した手法では、MUSIC法と呼ばれる方向推定手法を利用しており、これを干渉波源までの距離の推定にも応用している。最終年度は距離推定の基本的動作を確認しているが、信号帯域の分割数やアレーの素子数などが距離推定誤差に与える影響については十分検討できていない。干渉波の方向推定と波源までの距離推定を合わせて波源位置を特定することが本研究の最終目標であることから、距離推定精度の把握やその限界等を明確にすることが、今後の課題である。

主な成果リスト

- [1]藤元美俊, 堀俊和, “UHF 地上 TV 放送帯における干渉電波測定結果”, 2009 信学総大, B-1-46, March 2009.
- [2]M.Fujimoto, S.Ohaka, and T.Hori, “Improvement of DOA Estimation Accuracy by Using Sub-arrays,” 2009 Korea-Japan Joint Conference on AP/EMC/EMT, May, 2009, Incheon, Korea.
- [3]大波加, 藤元, 堀, “サブアレーを用いた DOA 推定の高精度化”, 平成 21 年度電気関係学会北陸支部連合大会, C-26, Sept. 2009.
- [4]大波加, 藤元, 堀, “帯域分割による超広帯域信号の DOA 推定精度向上”, 2009 信学ソ大, B-1-184, Sept. 2009.
- [5]大波加, 藤元, 堀, “サブバンド処理による超広帯域信号の高精度 DOA 推定”, 信学技報, A・P2009-136, Nov. 2009.
- [6]大波加, 藤元, 堀, “相関の高い超広帯域信号のサブバンド処理による高精度 DOA 推定”, 2010 信学総大, B-1-236, March 2010.
- [7]藤元, 大波加, 堀, “サブアレーによる到来方向推定精度の改善,” 信学論, B, vol.J93-B, No.9, pp.1288-1291, Sept., 2010.
- [8]M.Fujimoto, S.Ohaka, and T.Hori, “DOA Estimation without Antenna Characteristics Calibration for UWB signal by using Sub-Band Processing,” 2010 International Conference on Wireless Information Technology and Systems, 2010, Honolulu, HI.
- [9] S.Ohaka, M.Fujimoto, and T.Hori, “Improvement of DOA Estimation Accuracy of UWB Signal by Using Sub-Band Processing,” 2010 International Symposium on Antennas and Propagation, 2010, Macou, China.
- [10]大波加, 藤元, 堀, “等比分割による広帯域信号の DOA 推定精度向上効果”, 平成 22 年度電気関係学会北陸支部連合大会, C-8, Sept. 2010.
- [11]大波加, 藤元, 堀, “等比分割を用いた広帯域信号の DOA 推定精度の向上”, 2010 信学ソ大, B-1-232, Sept. 2010.