

氏 名	ひら た かず ふみ 平 田 和 史
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 63 号
学位授与の日付	平 成 17 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	アンテナ配置最適化による不要波抑圧技術に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 佐 藤 亨 教 授 森 広 芳 照 教 授 吉 田 進

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、レーダや移動体通信などに適用するアレーアンテナにおいて、その荷重制御を行うことにより空間指向性を制御し、干渉波などの不要波を抑圧するアダプティブアレーアンテナ技術および電波伝搬特性を推定するための MUSIC アルゴリズムに関して検討を行なっている。各章の要約を以下に示す。

第2章では、2つの補助アンテナを備える MSLC (Multiple Sidelobe Canceller) において、2つの干渉波の入射方向により抑圧性能が著しく劣化する問題について検討し、それぞれの干渉波の補助アンテナ間の受信位相差が互いに等しくなる場合に抑圧性能が劣化することを明らかにしている。ついで、この抑圧性能の劣化を最小化するためのアンテナ配置の条件は、主アンテナと補助アンテナが同一直線上にあり、主アンテナと1つの補助アンテナ間の距離と2つの補助アンテナ間の距離の比を、 n を整数として n 対 1 とすることであることを示している。また、SLC の抑圧性能を数値的に検討し、提案するアンテナ配置方法により、複数の干渉波を、その入射方向によらず有効に抑圧できることを示している。また、アンテナ間の距離比が小さいほど、提案するアンテナ配置による効果が大きいことも明らかにしている。

第3章では、2つのアンテナの受信信号が1次従属となり自由度が低下する干渉波入射方向の条件について示し、広い補助アンテナ間隔を要する SLC において干渉波を抑圧するために必要な補助アンテナ数は干渉波の数よりも2つだけ多く必要であることを示している。また、干渉波の入射方向によらず複数の干渉波を抑圧するための補助アンテナ配置の設計方法について示している。また、シミュレーションによる性能評価を行い、提案する補助アンテナ配置により、干渉波の広い入射方向に対して干渉波を有効に抑圧できることを示している。

第4章では、1つのディレイラインを持つ TDL (Tapped Delay Line)-SLC に2つの干渉波が入射する場合について検討し、適応荷重の収束時間とディレイラインの遅延量および2干渉波の周波数差の関係を明らかにし、2干渉波の周波数差に対して、適応荷重の収束時間が最小となるディレイラインの遅延量を求めている。次いで、グラムシュミット処理を用いた TDL-MSLC を提案し、グラムシュミット処理を用いることにより、適応荷重の収束時間に対するディレイラインの遅延量と2干渉波の周波数差の影響を低減でき、適応荷重の収束を高速化できることをシミュレーションおよびハードウェア実験により確認している。

第5章では、通信開始以前に動作する SLC 型の前処理を行う適応フィルタを備えた2段階構成のアダプティブアレーアンテナを提案している。このアダプティブアレーアンテナでは、通信開始前に第1段の適応処理により全ての入射信号方向にナルを形成し、通信開始後第1段の適応処理を停止して第2段の適応処理を行うので、干渉波が所望波よりも大きい場合や干渉波と所望波の UW (Unique Word) が同期する場合でも干渉波だけを有効に抑圧することができる。シミュレーションにより、所望波と干渉波の UW が同期する場合の性能評価を行い、第1段の荷重を固定した従来の構成では、所望波と干渉波の両方に指向性に向け SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) が劣化したのに対し、提案する構成では干渉波方向だけにナルを形成し 20dB 以上の SINR 改善効果が得られ、干渉波だけを有効に抑圧できることを確認している。

第6章では、円形等間隔アレーアンテナによる電波方向測定に用いる MUSIC アルゴリズムについて、その演算量に占

める割合が大きい方位評価関数計算を軽減する方法を示している。方位評価関数の計算はステアリングベクトルの順番を並べ替えることにより巡回量み込み演算に帰着でき、これをFFT (Fast Fourier Transform) を用いて行うことにより演算量を削減できることを示している。また、アレー素子数と従来の演算量に対する提案アルゴリズムの演算量を比較し、アレーが8素子である場合に従来に比べ約31%に演算量を削減できることを示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、レーダや移動体通信などに適用するアレーアンテナにおいて、その荷重制御を行うことにより空間指向性を制御し、干渉波などの不要波を抑圧するアダプティブアレーアンテナ技術および電波伝搬特性を推定するためのMUSICアルゴリズムに関して検討を行なったものである。主要な成果は以下の通りである。

- (1) 2つの補助アンテナを備えたSLC (Sidelobe Canceller) において、2波の干渉波を抑圧する場合において、2波の干渉波の入射方向に応じて抑圧性能の劣化を最小化するためのアンテナ配置の条件を明らかにし、最適なアンテナ配置を示した。
- (2) 広い補助アンテナ間隔を要するSLCにより、複数の干渉波を抑圧する場合に、干渉波の入射方向によらず抑圧性能の低下を起こさないために必要な補助アンテナ数は、干渉波の数よりも2つだけ多く必要であることを示した。また、干渉波の入射方向によらず複数の干渉波を抑圧するための補助アンテナ配置方法を開発した。
- (3) 1つのTDL (Tapped Delay Line) を持つTDL-MSLCにおいて2波の干渉波を抑圧する場合において、適応荷重の収束時間の低下を起こさないための処理方式を考案した。これにより、適応荷重の収束時間に対するディレイラインの遅延量と2干渉波の周波数差の影響を低減でき、適応荷重の収束を高速化できることをシミュレーションおよびハードウェア実験により確認した。
- (4) 参照信号を必要とするMMSE (Minimization of Mean Square Error) アダプティブアレーアンテナにおいて、所望波に含まれる参照信号波形のタイミング推定の向上と干渉波のタイミングが同期する場合にも有効に干渉波を抑圧するための処理方式を開発した。
- (5) 円形等間隔アレーアンテナにおいて、電波の伝播環境を推定するためのMUSIC (Multiple Signal Classification) アルゴリズムにおける演算量削減方法を提案した。従来法に対する提案アルゴリズムの演算量を比較し、アレーが8素子である場合に従来法の約31%に演算量を削減できることを示した。

以上要するに本論文は、アダプティブアレーアンテナ技術の向上に貢献するものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年3月28日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。