

氏名	コガケンイチ 古賀健一
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博第872号
学位授与の日付	平成25年3月23日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目	車載無線システムに対するアダプティブアンテナ技術の適用に関する研究 (Study on Application of Adaptive Antenna Technology in Vehicular Wireless System)
論文審査委員	主査 教授 菊間 信良 教授 王 建青 教授 榊原 久二男

論文内容の要旨

近年、車両への電子機器の搭載、車両システムの電子化が急激な勢いで進展しており、その中で車載無線システムも目覚ましい発展を遂げている。これに伴い、車載電子機器やモーターの発する電磁ノイズ等による通信への干渉が課題となってきている。また、車載無線システムの新たなニーズとして、電波源の位置を推定する必要が発生している。そこで本研究では、これら2つの課題に対応可能な技術であるアダプティブアンテナ技術を、車載無線システムに適用するために、「アダプティブアンテナの回路規模削減方法」「アダプティブアンテナによる近傍波源位置推定の演算量削減方法」について提案した。

まず、2章では、車載無線システムの代表例として車載電子キーシステムの概要について説明し、干渉除去や位置推定の必要性について述べた。その上で、車載電子キーシステムに対してアダプティブアンテナを適用する際に生じる課題について示した。

3章では、アダプティブアンテナの原理と、干渉除去アルゴリズム、到来方向(位置)推定アルゴリズムについて説明した。また、車室内のようなマルチパス環境ではアダプティブアルゴリズムが適切に動作しないことを示し、適切に動作するための前処理の方法について述べた。

4章では、各アンテナシステムをスイッチにより切り換え、各アンテナシステムで受信回路を時分

割で共用することで、アダプティブアンテナの回路規模を削減する方法を提案した。まず、受信回路を時分割で共用した場合の受信信号について定式化を行い、本来別々に受信されるはずの各アンテナの受信信号が、受信回路の時分割共用により混合されることを確認した。そして、提案した混合分離法により、アダプティブアンテナとしての性能が向上することを示した。また、スイッチの切換順序を適切に制御すれば、受信電力が向上することを明らかにした。

5章では、マルチパス環境において近傍波源を効率よく推定する方法について提案した。まず、遠方波源（平面波）にのみ適用可能であった多波同時推定法を近傍波源（球面波）に適用することで、近傍波源推定の演算量を削減する方法について提案した。次に、狭帯域かつコヒーレントな近傍波源の効率的な推定方法について検討し、推定のための前処理を工夫することで、アンテナ数を増加させることなく効率的な推定が可能であることを示した。

4章、5章で提案した技術により、従来と比較しアダプティブアンテナシステムの回路規模を大幅に削減することが可能となった。これにより、車載無線システムだけでなく、一般の無線システムへのアダプティブアンテナの普及をも加速し、アダプティブアンテナ技術の更なる発展に大きく貢献できることを期待する。

論文審査結果の要旨

近年、車両への電子機器の搭載、車両システムの電子化が急激な勢いで進展しており、その中で車載無線システムも目覚ましい発展を遂げている。これに伴い、車載電子機器やモーターの発する電磁ノイズ等による通信への干渉が課題となってきた。また、車載無線システムの新たなニーズとして、電波源の位置を推定する必要が発生している。そこで本論文では、これら2つの課題に対応可能な技術であるアダプティブアンテナ技術を、車載無線システムに適用するために、「アダプティブアンテナの回路規模削減方法」および「アダプティブアンテナによる近傍波源位置推定の演算量削減方法」について提案している。

第1章では、本研究の背景、目的および本論文の概要を述べている。

第2章では、車載無線システムの代表例として車載電子キーシステムの概要について説明し、システムにおける干渉除去やキーなどの電波発射源の位置推定の必要性について述べている。その上で、車載電子キーシステムに対してアダプティブアンテナを適用する際に生じる課題を示している。

第3章では、アレーアンテナを用いるアダプティブアンテナ技術の原理、および干渉除去アルゴリズム、到来方向（位置）推定アルゴリズムについて説明している。また、車室内のようなマルチパス環境ではアダプティブアルゴリズムが適切に動作しないことを示し、適切に動作するための前処理の方法について述べている。

第4章では、各アンテナシステムをスイッチにより切り換え、各アンテナシステムで1つの受信回路を時分割で共用することで、アダプティブアンテナの回路規模を削減する方法を提案している。通常、アダプティブアンテナはアンテナ数に等しい数だけの受信装置（回路）を必要とする。それ故に、全体の回路規模が大きくなり、コストも上がる。そこで、本論文では、まず、受信回路を時分割で共用した場合の受信信号について定式化を行い、本来別々に受信されるはずの各アンテナの受信信号が、1つの受信回路の時分割共用により混合受信されることを確認している。そして、提案した混合分離法により、アダプティブアンテナとしての性能が向上することを計算機シミュレーションにより示している。また、スイッチの切換順序を適切に制御すれば、受信電力が上昇し、更なる性能向上につながることを明らかにしている。

第5章では、車室内のマルチパス環境で電波を発射する波源がアレーアンテナ近傍に存在する場合において、その近傍波源位置を効率よく推定する方法を提案している。まず、従来、遠方波源（平面波）にのみ適用可能であった多波同時推定法を近傍波源（球面波）に適用することで、近傍波源推定の演算量を削減する方法を提案している。また、その有効性を計算機シミュレーションにより確認している。次に、狭帯域かつコヒーレントな複数の近傍波源位置の効率的な推定方法について検討し、推定のための前処理を工夫することで、アンテナ数を増加させることなく効率的かつ高精度な推定が可能であることを示している。

最後に第6章で、全体の結論および今後の課題・展望等を述べている。

以上の成果は、車載用アダプティブアンテナの実用化のための、ハードウェアの回路規模削減および信号処理部の演算量削減に寄与するもので、車両システムの安定性や信頼性の向上にもつながる極めて有効なものである。また、提案の技術は、車載用のみならず、移動通信、レーダ、衛星通信などの一般の無線システムへのアダプティブアンテナの普及を加速することにもなり、これら無線システムの発展、高機能化、および民生利用に寄与するところが大きい。従って、本論文は、博士（工学）の学位論文に十分値するものと認める。