P-10

空間平均法とアレーオブアレーを導入した PI アダプティブアレーの改良システムに関する研究

服部　集　（指導教員：菊間信良）
名古屋工業大学　電気電子工学科

1　はじめに

移動通信や，レーダの分野では適応的に制御できるアダプティブアレーアンテナの期待が高い [1]．本研究では所望波の知識を必要としないパワーインバージョン（Power Inversion :PI）アダプティブアレー（以下 PIAA）方式を考え，この方式に空間平均法やアレーオブアレー（Array Of Array :AOA）を用いた改良システムについて検討を行った．

2　PI の原理

PIAA の原理はアレーアンテナの一つのウェイトを固定して出力電力を最小化する．その結果，所望波と干渉波の電力比が入力と出力で反転する．PIAA の理想的な最適ウェイト $\mathbf{W}_{opt}$ は，アレー入力の相関行列を R_{xx} とすると，次式で表される

$$\mathbf{W}_{opt} = R_{xx}^{-1}\overline{\mathbf{S}} \tag{1}$$

$$\overline{\mathbf{S}} = [1, 0, \cdots, 0]^T \tag{2}$$

ただし，干渉波電力が所望波電力より大きく，アレーの自由度（素子数-1）が干渉波到来数と等しくなければ正常に動作しない [1]．

3　一様空間平均法

本研究では，空間平均法のうち，最も簡単な一様空間平均法を用いる．これは，まず全素子数 M から，K 素子のサブアレーを 1 個ずつずらしながら N 個取り出す（$N = M - K + 1$）．そして，各サブアレーの相関行列を足し合わせ，サブアレー数 N で割ったものを相関行列 R_{xx} とする．環境の変化が速すぎて，1 個の入力サンプル（1 スナップショット）しか利用できない場合は，時間平均から相関行列を求めることは不可能であるが，空間平均法を用いることで相関行列を導出できる．

4　アレーオブアレー

全素子から K 素子サブアレーを取り出し，その重み係数（ウェイト）を $[w_1, w_2, \cdots, w_K]$ とする．サブアレー出力に対して更に同じ重み係数 $[w_1, w_2, \cdots, w_K]$ を掛け，その出力に対してまた同じ重み係数 $[w_1, w_2, \cdots, w_K]$ を掛ける．この操作を繰り返し行うことにより，サイドローブレベルが下がり，より深いヌルが形成される．このシステムをアレーオブアレー（以下 AOA）という．本研究では，重みづけを行う回数を段数と呼ぶ．空間平均法を施して求めた最適ウェイトに対し，AOA システムを用いると，より有効である．また，PIAA に AOA を導入したシステムを，PI_AOA（PI with AOA）と表記する．

5　シミュレーションとまとめ

表 1 の条件下で解析をう．この解析では 1 個のスナップショットから，一様空間平均法による相関行列推定と AOA でサイドローブレベルを下げることによって，出力特性がどの程度安定するかを調べる．図 1 に PIAA で電波を受信した場合と 3 素子 PI _AOA を用いた場合の出力 SINR 特性を示す．ただし，到来波はすべてレイリー分布に従って振幅が変化するものとする．

表 1: シミュレーション諸元

全素子数	3（PIAA） 3（2 段 PI_AOA） 4（3 段 PI_AOA）
サブアレー素子数	2
素子間隔	搬送波の半波長
所望波	電力:1 到来方向:0°
干渉波	電力:100 到来方向:60°
入力 SNR	30[dB]
スナップショット数	1
試行数	10
相関行列の導出法	一様空間平均法

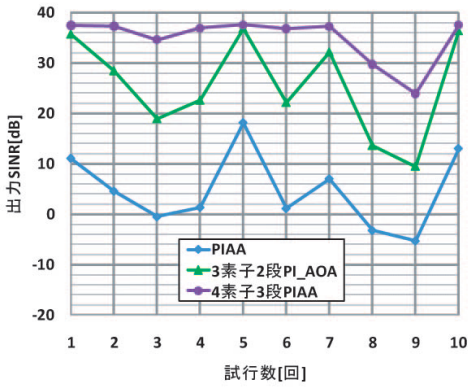

図 1: 各試行における出力 SINR

図より，単独 PIAA では，出力 SINR のばらつきが大きく，全ての試行で入力 SNR より小さくなるので，良好に動作していないと言える．2 段 PI_AOA では単独 PIAA より出力 SINR 値は大きくなるが，最大値と最小値の差が大きく，安定しない．これは，スナップショット数が少ないことにより，相関行列の精度が低いことが原因であると考えられる．3 段 PI_AOA になると，全ての試行で出力 SINR が 20dB を上回り，性能が向上していることがわかる．これは，サイドローブレベルが低下し，相関行列精度の低さによる影響が低減されるからであると考えられる．このように入力サンプルが 1 個しか利用できない場合でも，AOA を用い，重み付けを複数行うことにより，出力 SINR 特性を改善することが可能であることがわかった．

参考文献

[1] 菊間信良:『アダプティブアンテナ技術』, オーム社（2003 年）.

[2] 稲垣直樹:『電磁波工学』, 丸善（1980 年）.

[3] R.T.Compton,Jr.:“The Power Inversion Adaptive Array: Concept and Performance,”IEEE Trans.Aerosp. &Electron. Syst., vol.AES-15, No.6, pp.803-814 (Nov.1979).