

B-1-62 リアクタンスドメイン Zero-forcing 解との相関を用いたエスパンテナ適応制御

Adaptive Control of ESPAR Antenna by Reactance-Domain Zero-Forcing Solution

平田 明史¹ 青野 智之¹ 山田 寛喜^{1,2} 大平 孝¹
 Akifumi HIRATA Tomoyuki AONO Hiroyoshi YAMADA Takashi OHIRA
¹ATR 適応コミュニケーション研究所 ATR Adaptive Communications Research Laboratories
²新潟大学工学部 Faculty of Engineering, Niigata University

1. まえがき

近年、リアクタンスドメイン信号処理によりアレー応答ベクトル[1]がエスパンテナにおいて利用できることが報告されている[2]。本報告ではアレー応答ベクトルから適応制御の準最適解を求め、その指向性と最も相関が高いパターンを形成するリアクタンスセットをエスパンテナの最終解とすることを提案する。短い参照信号にて最終解を得ることができる。実験によりその効果を示す。

2. リアクタンスドメイン信号処理による準最適解

リアクタンスドメイン信号処理とは、指向性パターンを回転し受信した複数の信号系列に演算を施すことを指す。本報告では、この受信信号系列に Zero-forcing 法[1]を用いて準最適解 (Zero-forcing [Zf] 解) を導く。Zero-forcing 法は干渉波到来方向に強制的に NULL を向けるため短い信号系列長においても比較的安定したパターンが形成されやすい。

素子数7と同数の指向性パターンでの受信信号ベクトルを $\mathbf{y}(t)=[y_0(t) y_1(t) \dots y_6(t)]^T$ 、独立な2波到来時の参照信号を $\mathbf{u}(t)=[u_0(t) u_1(t)]^T$ とすると、 $\mathbf{P}_{yu}=E[\mathbf{y}(t)\mathbf{u}^H(t)]$ および $\mathbf{R}_{uu}=E[\mathbf{u}(t)\mathbf{u}^H(t)]$ を用いてアレー応答ベクトルの推定値は $\hat{\mathbf{H}} = \mathbf{P}_{yu} \mathbf{R}_{uu}^{-1}$ 、Zf解は $\mathbf{w} = (\hat{\mathbf{H}}^T)^+ \mathbf{g}$ と表される。 $(\cdot)^+$ は一般逆行列である。 \mathbf{g} は所望波のみの受信を拘束するベクトルであり、 $u_0(t)$ を所望波とすると $\mathbf{g}=[1 \ 0]^T$ で与えられる。 $E[\cdot]$ はエルゴード性を仮定した時間平均、 T 及び H は転置及び複素共役転置を表す。

3. リアクタンス空間へのマッチング

Zf 解からエスパンテナのリアクタンスセットを導出する必要があるが、Zf 解は複素数でありリアクタンスは虚部のみであるため、Zf 解からリアクタンス空間への展開は容易ではない。そこでリアクタンス空間を部分的に最尤推定し、リアクタンスセットが形成する指向性パターン $D_r(\phi)$ と Zf 解によるパターン $D(\phi)$ との相関係数が最大となるものを最終解として選択する。Zf 解 \mathbf{w} による振幅指向性パターン (対数) は $D(\phi)=20\log|\mathbf{w}^T \mathbf{W} \mathbf{a}(\phi)|$ にて得られる。 \mathbf{W} は校正後の等価ウエイト行列[3]であり、 $\mathbf{a}(\phi)$ は方位角 ϕ の方向ベクトルである。 $D_r(\phi)$ は予め測定し制御装置内部に保持しておく。相関係数 ρ_{pat} は次式より求められる。 $\langle \cdot \rangle$ は $\phi = [0, 2\pi]$ における積分を表す。

$$\rho_{pat} = \frac{\langle D(\phi) D_r(\phi) \rangle}{\sqrt{\langle D^2(\phi) \rangle \langle D_r^2(\phi) \rangle}}$$

4. 実験環境及び結果

電波暗室内にて 360° 方向から所望波、 225° 方向から干渉波が到来する環境における適応制御実験を行った (図1)。参照信号は $P=16$ シンボルとした。入力 SNR は 20dB である。図2に振幅指向性パターン、表1に $D(\phi)$ との指向性相関係数及び出力 SINR を示す。 ρ_{pat} が高いほど高い

出力 SINR が得られる傾向があり、評価関数として利用できることが分かる。

5. まとめ

リアクタンスドメイン信号処理によってエスパンテナ適応制御の最終解を導出する方法を提案し、112 シンボル + α の短い参照信号にて解を得ることを示した。

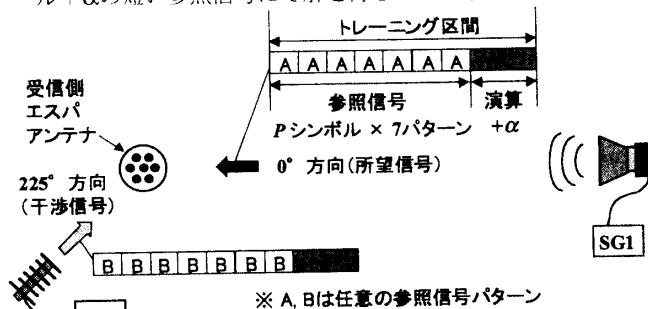


図1 電波暗室内における適応制御実験環境

表1 リアクタンス値[Ω]及び指向性相関係数, SINR[dB]

パターン	x1	x2	x3	x4	x5	x6	ρ_{pat}	SINR
セクタ1	-90	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	0.9070	—
セクタ2	-4.8	-90	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	0.7656	—
セクタ3	-4.8	-4.8	-90	-4.8	-4.8	-4.8	0.6405	—
セクタ4	-4.8	-4.8	-4.8	-90	-4.8	-4.8	0.3600	—
セクタ5	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-90	-4.8	0.3592	—
セクタ6	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-90	0.6310	—
adaptive1	-88	-38	-16	-16	-16	-16	0.9037	4.49
adaptive2	-60	-16	-10	-16	-16	-16	0.9313	5.27
adaptive3	-88	-21	-10	-7.5	-33	-10	0.9615	16.2

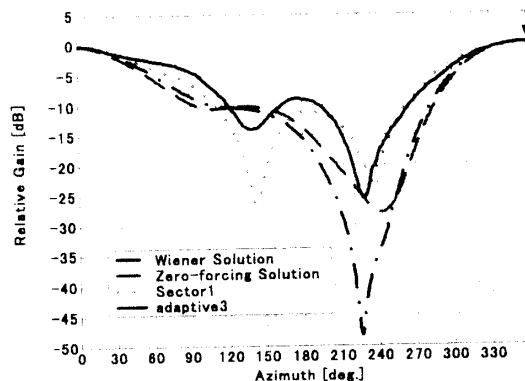


図2 振幅指向性パターン(所望波: 360° , 干渉波: 225°)

謝辞 本研究は通信・放送機構の研究委託「自律分散型無線ネットワークの研究開発」により実施したものである。

参考文献

- 大鐘, 小川, "アダプティブアレーと移動通信[1]", 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.12, pp.1254-1260 (1998-12).
- 平田他, 信学技報, AP2002-43, pp.19-23 (2002-07).
- 平田他, 信学技報, AP2002-226, pp.1-8 (2003-03).