

## 2素子アレイアンテナを用いた4出力受信アンテナに関する一検討

A Study on 4-output Receive Antenna by 2-element Array Antenna

齋藤将人

Masato SAITO

琉球大学工学部

Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

### 1. はじめに

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) システムでは、アンテナ出力数の増加により通信容量が改善されることが知られている [1]. 我々は、少数のアンテナ素子を用いて、多数のアンテナ出力を得る MIMO 受信法を検討している [2].

本研究では、2素子アレイアンテナを用いて、4個のアンテナ出力が得られる手法を提案する.

### 2. 提案アレイアンテナ

提案アレイアンテナのモデル図を図1に示す. 無指向性アンテナ素子2個からなるリニアアレイアンテナ (図中 #0, #1) を考える. 素子間距離を  $d$  とする. 所望信号の波長が  $\lambda$  のとき,  $d \geq \lambda/2$  と仮定する. 素子  $k$  で得られる受信信号  $x_k(t)$  ( $k = 0, 1$ ) は次式で表される [3].

$$x_k(t) = \sum_{l=0}^{N-1} x_l(t) \exp\left(-j\frac{2\pi}{\lambda}kd \sin \theta_l\right) \quad (1)$$

ここで,  $N$  は到来素波数を表し,  $x_l(t)$  は, 方向  $\theta_l$  から到来する信号を表すものとする.

素子  $k$  では, 受信信号に対して, 時間関数で表される重み  $w_k(t)$  を乗算する. 重み関数は周期  $T$  の周期関数であり, 行列・ベクトル形式で次式のように表される.

$$\begin{pmatrix} w_0(t) \\ w_1(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{00} & w_{01} & w_{02} & w_{03} \\ w_{10} & w_{11} & w_{12} & w_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0(t) \\ a_1(t) \\ a_2(t) \\ a_3(t) \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで, 複素重み係数  $w_{kl} \in \mathbb{C}$  は,

$$\sum_{k=0}^1 \sum_{l=0}^3 |w_{kl}|^2 = 1 \quad (3)$$

を満たす.  $a_k(t)$  ( $k = 0, 1, 2, 3$ ) は, 互いに直交する正規直交関数であり, 次の関係を満たす.

$$\frac{1}{T} \int_0^T a_k(t) a_l^*(t) dt = \begin{cases} 1 & (k=l) \\ 0 & (k \neq l) \end{cases} \quad (4)$$

ここで,  $a_l^*(t)$  は,  $a_l(t)$  の複素共役を表す.

重み関数を乗算された受信信号は加算され, 4個の直交関数の複素共役が並列に乗算され, 各々低域通過フィルタ (LPF; Low Pass Filter) に通される. LPF 出力信号を  $r_k(t)$  ( $k = 0, 1, 2, 3$ ) とする. ここで, LPF が, 受信信号成分  $x_k(t)$  を歪ませず, かつ, 理想的に時間平均すると仮定する. すると,  $k$  番目のアンテナ出力  $r_k(t)$  は,  $r_k(t) = w_{0k}x_0(t) + w_{1k}x_1(t)$  となる. よって,  $r_k(t)$  は, 重み係数の組み合わせ  $(w_{0k} \ w_{1k})^T$  (ここで,  $T$  は転置を表す) で決まる指向性を持つアンテナで受信された信号となることが分かる. 波形  $a_k(t)$  は, 互いに直交する

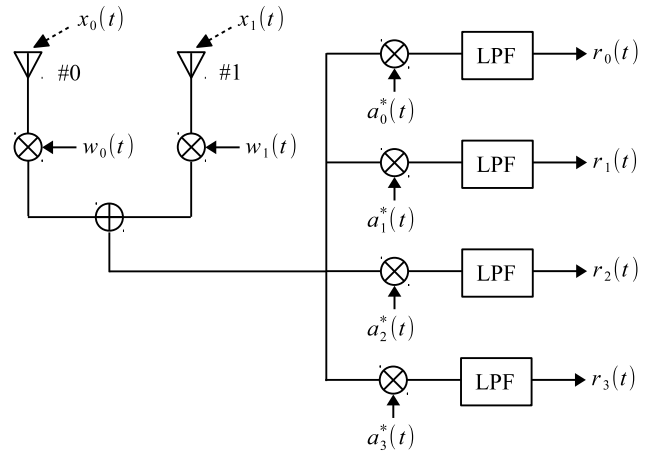


図1: 提案アレイアンテナのモデル図  
ため, 最大4種類の異なる指向性を持つアンテナで受信した信号が並列に得られる.

例えば, (2)における重み付け係数行列を

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} & 0 & 1 & 1 \\ 0 & \sqrt{2} & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

とおく. このとき,  $r_0(t), r_1(t)$  は, 素子 #0, #1 単独で受信した場合の受信信号に相当する. 素子間距離  $d \geq \lambda/2$  では,  $r_0(t)$  と  $r_1(t)$  は統計的に独立な信号と言われる. 一方,  $r_2(t), r_3(t)$  は,  $\theta = 0, \pi$  及び  $\theta = \pm\pi/2$  にメインローブを持つ, (互いに指向性が直交する) 8の字形指向性アンテナで受信した信号に相当する. 指向性の直交性より, これらも独立した信号と見なせる.

### 3. おわりに

素子数よりも多くの出力が得られるアレイアンテナを提案した. 提案手法では, 2素子リニアアレイアンテナのウェイトとして, 4個の直交関数を重み付け多重した時間波形を用いることにより, 4種類のアンテナ出力が得られる. 今後の課題として, アンテナ全体で得られるダイバーシチ利得の検討が挙げられる.

### 謝辞

本研究は, 名古屋大学未来材料・システム研究所における共同利用・共同研究として実施された.

### 参考文献

- [1] 大鐘, 小川: わかりやすい MIMO システム技術, オーム社, 2009.
- [2] 齋藤: “アンテナパターン変調を用いた MIMO システムに関する一検討,” 信学技報, 2017年7月.
- [3] 菊間 信良, “アレイアンテナの基礎,” マイクロウェーブ展 2009, 2009年11月26日.