

最適化アルゴリズムを用いた ビーム制御に関する研究

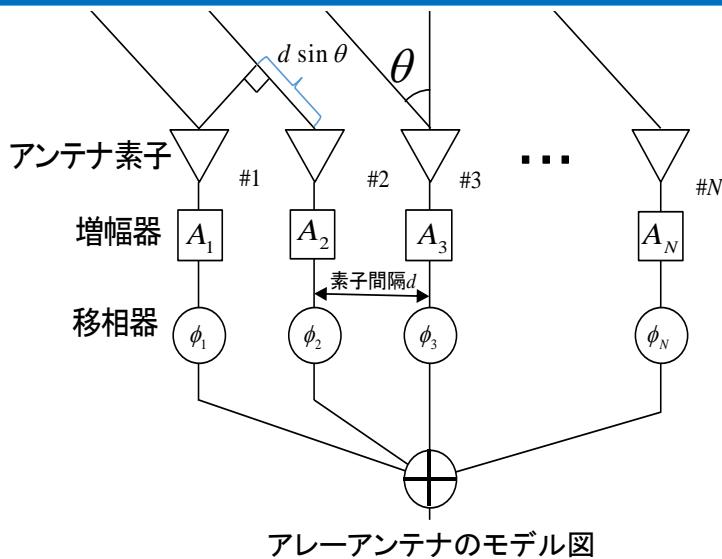


Abstract

現在、第6世代移動通信システム(6G)の研究開発が進められており、超高速・超低遅延・超多接続な通信の実現が期待されている。これらの実現のためには、アンテナからの**複数ビームの同時形成および高速追尾**が必要とされている。複数ビームを同時形成および高速追尾を実現するために最適化アルゴリズムを用いたアレーアンテナの指向性制御が検討されているが、最急降下法などの一部のアルゴリズムでの検討のみ行われており、粒子群最適化などのアルゴリズムでの検討は不十分である。

本研究では、複数ビームの同時形成および高速追尾可能な指向性制御アルゴリズムの検討を行い、各種アルゴリズムについて性能評価を行う。

1. 最適化アルゴリズムによる指向性制御



- 各アンテナ素子に移相器と増幅器を取り付けている。
- 移相器と増幅器を調整し各アンテナの信号の振幅と位相を調整し指定方向の利得を向上させる。

アレーアンテナ全体の出力 y

$$y = \sum_{n=1}^N A_n x_n \exp(j\phi_n)$$

x_n は第 n 素子の信号, A_n は第 n 素子の移相量は ϕ_n , 第 n 素子の振幅である。

最適化アルゴリズムに用いる目的関数 $Q(w)$

$$Q(w) = -\frac{1}{\|A\|} \sum_{k=1}^K |y(\theta_k)|$$

θ は指定方向, w は各素子の移相量および振幅が格納されている。

$$w = [A_1 \ \cdots \ A_n \ \phi_1 \ \cdots \ \phi_n]$$

$Q(w)$ が最小になるような重み w を求める。

2. 検討した最適化アルゴリズム

以下の最適化アルゴリズムを用いて指向性制御を行った。

- 最急降下法
- 遺伝的アルゴリズム(GA)
- 粒子群最適化(PSO)
- 差分進化(DE)
- 適応的差分進化(JADE)
- パターンサーチ(PS)

3. シミュレーション環境

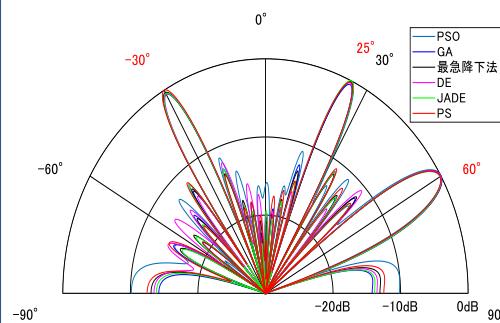
シミュレーション諸元

素子数	10~100
素子間隔	0.5λ
指定方向	-30° 25° 60°
アンテナ素子	等方性

計算機環境

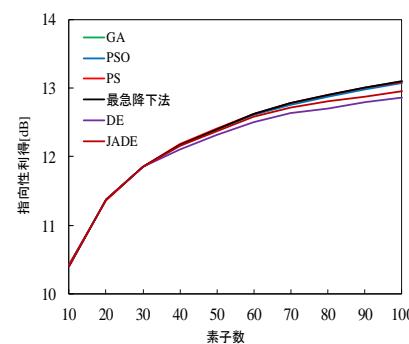
CPU	Intel Core i7-7700
メモリ	16GB
OS	Windows 10 Pro
プログラミング言語	MATLAB

4. 各種性能比較



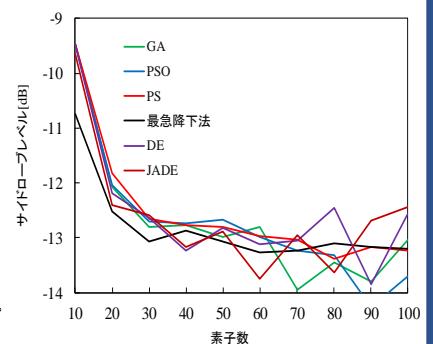
最適化後の指向性パターン(素子数20)

すべてのアルゴリズムで指定方向の利得向上が確認できた。



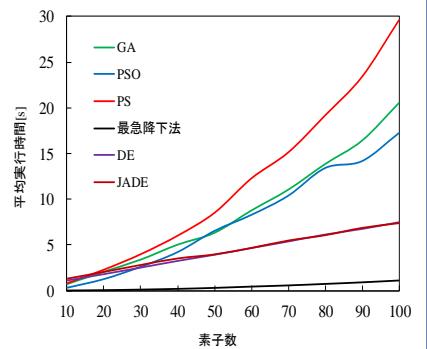
指向性利得

素子数が増加するにつれて指向性利得は増加。しかしDEとJADEは他のアルゴリズムと比べて低い値となり、100素子のとき約1dB低い値となった。



サイドローブレベル

最急降下法では約-13dB 対してGA, PSO, DE, JADEでは約-14dB程度まで低減できた。



実行時間

最急降下法が短く素子数が増加しても影響が少ない。しかし、他のアルゴリズムは素子数増加による影響が大きい。

5. まとめ

本研究では、各種最適化アルゴリズムによる**複数ビームの同時形成および高速追尾可能な指向性制御アルゴリズム**の検討を行い、各種最適化アルゴリズムの性能評価を行った。

すべてのアルゴリズムで指定方向の利得を向上することができた。また、GA, PSO, DE, JADEはサイドローブレベル低減の点から有効であると考えられる。指向性利得では、DE, JADEで劣化が見られ、実行時間の点では、最急降下法が他のアルゴリズムと比べて圧倒的に有効と考えられる。