原著論文

遺伝的アルゴリズムを用いたアレーアンテナの非対称の等サイドローブ指向性制御†

大久保 茂*1・南山 文一*2

アレーアンテナの指向性において、メインビームの方向に対して非対称の等サイドローブ指向性を得る手法は複数提案されているが、それらの手法はテイラー分布を用いた手法であり、他の指向性への適用範囲が狭いことが挙げられている。本論文では、アンテナの指向性において指定した方向で設定したレベルをとるレベル制御と、設定した方向でサイドローブレベルが極値となるサイドローブ制御の給電振幅と移相量が同時に等しくなるとき、非対称の等サイドローブ指向性が理論的に得られると考え、アレーアンテナのアンテナ素子への給電振幅、移相量を制御して非対称にサイドローブレベルが等しい指向性（非対称の等サイドローブ指向性）の手法を提案している。本手法では、このレベル制御とサイドローブ制御を用いた本手法は、複雑な手順を要せず、他の指向性制御にも適用が可能である。本論文ではアレーアンテナの中心に対して各アンテナ素子への給電振幅は対称に、移相量は逆位相にして理論式の簡略化を行い、さらに計算時間の短縮を図るために、最適化法の一つである遺伝的アルゴリズム（GA）を用いている。

キーワード：アレーアンテナ、非対称の等サイドローブ指向性、遺伝的アルゴリズム、レベル制御、サイドローブ制御

1. はじめに

携帯電話の契約件数は1億件を超え、もはや国民一人にほぼ一台となり、携帯電話をはじめとする無線通信は現代社会において我々の生活になくてはならない存在になっている。無線通信において、電波の送受信を行っているのがアンテナであり、重要な役割を担っている。そのアンテナにおいて電磁波が不必要な方向へ放出されることは、単にエネルギーの損失だけではなく、電磁汚染として他の通信系に影響を与える可能性がある。そのため、アンテナの放射パターンは、所望の指向性を得ることが求められる。その中でも指向性が容易に制御できるアンテナとしてアレーアンテナがある。アレーアンテナの特長としては、アンテナ素子の種類、配列方法などによって単一のアンテナで実現できない新たな機能を付加することができる。特にアンテナに要求される指向性をその要求に応じて満たすような最適化の方法が指向性制御とよばれ、アレーアンテナの持つ最も大きな機能の一つである。指向性制御によってメインビーム幅[1]、サイドローブの抑

圧、そのレベル制御[2]、零点(ヌル点)の位置[3]および利得などが制御できる。アレーアンテナの代表的な指向性にはサイドローブがすべて等しくなる指向性（等サイドローブ指向性）がある。この指向性を得るドルフ・チェビシェフ法[4]では、給電振幅のみを変化させている。しかし、アレーアンテナは給電振幅だけでなく、移相量も変化させることでメインビームに対して非対称の指向性を得ることができる。非対称の等サイドローブ指向性を得る手法は複数提案[5]～[8]されているが、それらの手法は、テイラー分布[9]を用いた手法であり、他の指向性への適用範囲が狭いことが挙げられる。

本論文では、アレーアンテナにおけるアンテナ素子への給電振幅、移相量を同時に制御してメインビーム方向に対して非対称にサイドローブレベルが等しい指向性（非対称の等サイドローブ指向性）の手法を提案している。本手法は指定した方向で設定したレベルをとるレベル制御と、設定した方向でサイドローブレベルが極値となるサイドローブ制御の給電振幅と移相量が同時に等しくなるとき、非対称の等サイドローブ指向性が理論的に得られる。本論文では、非対称の等サイドローブ指向性の計算の例を示し、本手法の有効性を明らかにしている。また、アレーアンテナの中心に対して各アンテナ素子への給電振幅は対称に、移相量は逆位相にして理論式の簡略化を行い、さらに計算時間の短縮を図るために、最適化法の一つである遺伝的ア

† Controlling Asymmetric Equal Side Lobe Level in Radiation Patterns of Array Antenna using Genetic Algorithm
Shigeru OKUBO and Fumikazu MINAMIYAMA

*1 福井工業高等専門学校

Fukui National College of Technology

*2 名古屋大学工学研究科

Graduate School of Engineering, Nagoya University

ルゴリズム (GA) [10] を用いている。

2. アレーアンテナ

(1) アレーアンテナの概要

アレーアンテナとは複数のアンテナ素子を一直線に配置したものである。図1に N 本のアンテナ素子で構成されるアレーアンテナを示す。アンテナ素子はすべて等方性で、アンテナ素子は一定間隔 d で配置されているものとする。図1はアンテナ素子数が偶数の場合を示している。ただし、アンテナ素子に給電する振幅を A_n 、移相量を δ_n 、距離を r 、方向を θ 、 $m=N/2$ である。

(2) アレーアンテナの指向性の一般式

図1のアンテナ素子偶数本のアレーアンテナの指向性 $AF_N(\theta)$ (Array Factor) は次のように表される。

$$AF_N(\theta) = \sum_{n=1}^m A_n \cos \left(\delta_n + \frac{2n-1}{2} k d \cos \theta \right) \quad (1)$$

ただし、 λ は波長、 $k = (2\pi/\lambda)$ は伝搬定数とする。ここでは、アレーアンテナの中心に対して給電振幅は上下対称、移相量は逆位相に設定している。これは移相量を逆位相に設定していることで $AF_N(\theta)$ が実数になるため、理論式の簡略化を図っている。さらに、 $d = \lambda/2$ とすると、 $k d \cos \theta = \pi \cos \theta$ となり、 $\psi = \pi \cos \theta$ となる。ただし、 $AF_{\max}$ は $AF_N(\theta)$ の最大値。

$$AF_N(\theta) = \sum_{n=1}^m A_n \cos \left(\delta_n + \frac{2n-1}{2} \psi \right) \quad (2)$$

$$AF(\theta) = 20 \log \left| \frac{AF_N(\theta)}{AF_{\max}} \right| \quad (3)$$

図1 アレーアンテナ

図2 アレーアンテナの指向性 ($N=6$)

(3) アレーアンテナの指向性

アレーアンテナの指向性は式(2)で表される。アンテナ素子6本、給電振幅 $A_n = [A_1, A_2, A_3] = [1, 1, 1]$ 、移相量 $\delta_n = [\delta_1, \delta_2, \delta_3] = [0, 0, 0]$ を式(2)に与えた場合、式(4)になり、図2にその指向性を示す。

$$AF_6(\theta) = 1 \times \cos \left(0 + \frac{1}{2} \psi \right) + 1 \times \cos \left(0 + \frac{3}{2} \psi \right) + 1 \times \cos \left(0 + \frac{5}{2} \psi \right) \quad (4)$$

3. レベル制御

レベル制御とは任意に指定した方向のレベルを、設定した値にする制御である。本論文においては、給電振幅、移相量も変化させる。そして、このレベル制御の給電振幅 A_{ln} 、移相量 δ_{ln} を求める一般式は次のように表すことができる。まず、

$$\frac{|AF_N(\theta)|}{|AF_{\max}|} = h \quad (5)$$

とすると、式(3)は次のように表される。ただし、設定レベルを $D[\text{dB}]$ とする。

$$D = AF(\theta) = 20 \log(h) \quad (6)$$

ここで、解となる給電振幅、移相量を求めるために指向性の一般式を変形する。ただし、 $\psi_l = \pi \cos \theta_l$ 、 θ_l はレベル制御の指定方向。

$$AF_N(\theta) = \sum_{n=1}^m A_{ln} \left\{ \cos \delta_{ln} \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_l \right) - \sin \delta_{ln} \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_l \right) \right\} \quad (7)$$

指向性の式(3)における $AF_{\max}$ は方向 θ がメインビーム方向 $\theta_{\max}$ 、 $\psi_{\max} = \pi \cos \theta_{\max}$ であるため、式(7)は次のように表される。

$$\begin{aligned}
 AF_{\max} &= AF_N(\psi_{\max}) \\
 &= \sum_{n=1}^m A_{ln} \left\{ \cos \delta_{ln} \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_{\max} \right) - \sin \delta_{ln} \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_{\max} \right) \right\}
 \end{aligned} \quad (8)$$

式(5)に式(7)と式(8)を代入し、まとめると次のようになる。ただし、 D は設定レベル、 h は式(6)により $h=10^{D/20}$ 、 m 番目のアンテナ素子を基準とするため、 $A_{lm} = 1$ 、 $\delta_{lm} = 0$ とする。

$$\begin{aligned}
 &h \cos \left(\frac{2m-1}{2} \psi_{\max} \right) - \cos \left(\frac{2m-1}{2} \psi_l \right) \\
 &= \sum_{n=1}^{m-1} A_{ln} \left\{ \cos \delta_{ln} \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_l \right) - \sin \delta_{ln} \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_l \right) \right\} \\
 &\quad - h \left\{ \cos \delta_{ln} \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_{\max} \right) - \sin \delta_{ln} \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_{\max} \right) \right\} \quad (9)
 \end{aligned}$$

レベル制御の解である給電振幅 A_{ln} 、移相量 δ_{ln} を求める一般式は次のようになる。ここで、 $A_{ln} \cos \delta_{ln} = A_{an}$ 、 $A_{ln} \sin \delta_{ln} = A_{bn}$ とおく。

$$\begin{aligned}
 &h \cos \left(\frac{2m-1}{2} \psi_{\max} \right) - \cos \left(\frac{2m-1}{2} \psi_l \right) \\
 &= \sum_{n=1}^{m-1} \left[A_{an} \left\{ \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_l \right) - h \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_{\max} \right) \right\} \right. \\
 &\quad \left. - A_{bn} \left\{ \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_l \right) - h \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_{\max} \right) \right\} \right] \quad (10)
 \end{aligned}$$

以上より、アレーアンテナの給電振幅 A_{ln} 、移相量 δ_{ln} が式(10)を満たすことによって、レベル制御された指向性を得ることができる。

4. サイドローブ制御

サイドローブ制御とは任意に指定した指向性の方向でサイドローブが極値をとる制御である。このサイドローブ制御の給電振幅 A_{sn} 、移相量 δ_{sn} を求める一般式は、指向性の式(2)を θ で微分し、極値を求めるために $AF'_N(\theta) = 0$ とする。それをまとめたのが式(11)である。ただし $\psi_s = \pi \cos \theta_s$ 、 θ_s は指定方向である。

$$AF'_N(\theta) = \left[- \sum_{n=1}^m A_{sn} \frac{2n-1}{2} \left\{ \sin \delta_{sn} \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_s \right) + \cos \delta_{sn} \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_s \right) \right\} \right] \pi \sin \theta \quad (11)$$

$\sin \theta$ は $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ において0を満たす。次に、式(11)における括弧の中について考える。ここで $A_{sm} = 1$ 、 $\delta_{sm} = 0$ 、 $A_{sn} \sin \delta_{sn} = A_{san}$ 、 $A_{sn} \cos \delta_{sn} = A_{sbn}$ とすると、サイドローブ制御の一般式は次のように示される。

$$-(2m-1) \sin \left(\frac{2m-1}{2} \psi_s \right) = \sum_{n=1}^{m-1} (2n-1) \left\{ A_{san} \cos \left(\frac{2n-1}{2} \psi_s \right) + A_{sbn} \sin \left(\frac{2n-1}{2} \psi_s \right) \right\} \quad (12)$$

以上よりアレーアンテナの給電振幅 A_{sn} 、移相量 δ_{sn} が

式(12)を満たすことによって、サイドローブ制御指向性を得ることができる。

5. 非対称の等サイドローブ指向性

(1) レベル制御とサイドローブ制御の組み合わせ

アレーアンテナの代表的な指向性にはサイドローブのピークがすべて等しくなる指向性(等サイドローブ指向性)がある。この指向性の応用例として、メインビームに対して非対称の指向性である非対称の等サイドローブ指向性がある。従来の研究における手法[5]～[8]は、テイラー分布[9]を基本とし、所望のサイドローブレベルを満たすよう理論式の展開を行って、実現される。テイラー分布は高利得、低サイドローブという利点を持つためサイドローブを抑圧された指向性を得る手法としてアンテナの設計によく用いられてきた。しかし、テイラー分布を用いる手法では低サイドローブを実現することを目的としているため、サイドローブレベルのミニマムレベルを制御することは考慮されておらず、得られる指向性が限定され、適用範囲が狭いという問題点が挙げられる。

本論文における提案手法において、等サイドローブ指向性は各サイドローブのピーク方向のレベルが等しくすることにより実現できる。そのため、サイドローブのピーク方向はサイドローブ制御で、サイドローブのレベルを等しくするのはレベル制御で行えば、等サイドローブ指向性制御が可能である。また、レベル制御においては、それぞれの指定方向において異なる設定レベルを与えることが可能である。これらを用いれば、メインビーム方向に対して右側と左側で異なる設定レベルを与えることにより、非対称の等サイドローブ指向性が求められる。

(2) 非対称の等サイドローブ指向性計算例

ここで、非対称の等サイドローブ制御の計算例を示す。アンテナ素子数 $N=10$ 本とし、設定レベル $D=-30\text{dB}$ (メインビームの右側)、 -40dB (左側)とする非対称の等サイドローブ指向性について計算する。このとき、指向性の左右両側で2つ以上のサイドローブが現れるようにするため、アンテナ素子数は10本とする。この場合、レベル制御の指定方向数は8つ($\theta_{ln} = [\theta_{l1} \sim \theta_{l8}]$)、サイドローブ制御の指定方向数は8つ($\theta_{sn} = [\theta_{s1} \sim \theta_{s8}]$)存在する。式(10)および式(12)から求められる給電振幅 $A_{ln} = [A_{l1} \sim A_{l4}]$ および $A_{sn} = [A_{s1} \sim A_{s4}]$ 、移相量 $\delta_{ln} = [\delta_{l1} \sim \delta_{l4}]$ および $\delta_{sn} = [\delta_{s1} \sim \delta_{s4}]$ が、同じになるようなこれら8個の指定方向に任意の数値を逐次代入して非対称の等サイドローブ指向性の給電振幅 A_{el} 、移相量 δ_{el} を計算した(逐次法)。逐

図3 非対称の等サイドローブ指向性($N=10$)
—— 逐次法 GA

次法とは、解空間を全探索しており、レベル制御、サイドローブ制御の理論式へ代入する指定方向(θ_m, θ_{sn})を刻み幅 0.01° で逐次変化させて、解探索を行っている。その結果、

$$\theta_m = [32.89^\circ, 53.90^\circ, 54.31^\circ, 62.73^\circ, 113.27^\circ, 128.73^\circ, 129.26^\circ, 145.34^\circ]$$

$$\theta_{sn} = [32.89^\circ, 44.39^\circ, 54.31^\circ, 60.36^\circ, 117.04^\circ, 129.26^\circ, 136.47^\circ, 145.34^\circ]$$

$$A_{el} = [14.8452, 10.9731, 7.3482, 3.2176, 1.0]$$

$$\delta_{el} = [0.0195, -0.0272, -0.0369, -0.0179, 0]$$

となった。この給電振幅、移相量を式(2)に代入したときの指向性を図3の実線で示す。設定レベルどおりの非対称の等サイドローブ指向性になっている。サイドローブ制御の指定方向でそれぞれサイドローブが極値をとり、レベル制御の指定方向でサイドローブレベルが設定レベルとなっている。また、サイドローブのピークとなる方向でサイドローブ制御とレベル制御の指定方向になっていることがわかる。このことから、サイドローブ制御でサイドローブのピークの方を制御し、レベル制御でサイドローブのピークのレベルを制御している。しかし、全ての組み合わせを比較し計算する逐次法を用いて計算を行っており、計算時間が約12時間を要した。このシミュレーション環境としては、コンピュータはIntel社のCPU、Celeronを搭載し、CPUクロック周波数が1.3GHzのものを用いた。計算機の性能が計算時間に影響するが、このように逐次法を用いると計算が長時間になった。

6. 遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた非対称の等サイドローブ指向性

前章で行った逐次法を用いて非対称の等サイドローブ指向性を求める手法は、全ての組み合わせについて

計算するため、計算量が多く、計算時間が膨大となる。このことでアンテナ素子数が増加すると、計算量は指数関数的に増加してしまう。この問題点を解決するため、計算過程において最適化法の一つの遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, 以下、GAと省略) を適用した。この探索問題においては複雑な評価関数の形状であるため、局所的な解に陥ることがある。そのため、GAにおいては、突然変異といったプロセスにおいて局所的な解に陥ることを阻止している。また、GAは、並列探索を行っており、実用時間内で十分な精度の解を得られるという特徴を有しているため、今回はGAを採用した。また、本論文において適用したGAの手法は、基本的な手順を基にしている「シンプルGA」である。非対称の等サイドローブ指向性を計算する時の指定方向 θ を遺伝子と見立て8ビットで表し、 $N=10$ の場合は指定方向がレベル制御、サイドローブ制御ともに8つであるので合計16個の遺伝子で染色体を構成する。探索開始時の遺伝子初期値の生成には、ランダムに発生させている。個体群の大きさは8個の染色体とする。評価関数は、設定レベルと各サイドローブの最大値との差とする。個体群の染色体ごとに評価値を算出し、値の小さい順にランク付けして下位4つを劣勢染色体として削除する。そして、遺伝子の中心の1点で分割し、4つの優秀染色体同士から新たな次の世代の4つの染色体を生成する一点交叉を行う。例えば1番目の優秀染色体の前半部分、2番目の後半部分を組み合わせて新たな染色体が生成される。4つの優秀染色体は淘汰、保存する。よって、元の大きさである合計8つの次世代の個体群を再構築し、この操作を繰り返し行う。この遺伝子を組み替える操作がGAにおける「交叉」という手順である。このときのGAのパラメータを表1に示す。GAによって得られた

表1 GAのパラメータ

個体群の大きさ	8 個
遺伝子の長さ	8bit
染色体の長さ	$8 \times 16 = 128 \text{bit} (N=10)$
ループ回数	200 回
突然変異の発生	5%

表2 計算結果($N=10$)

設定レベル[dB]	-40			-30	
ピーク方向[°]	0	34.02	47.52	122.22	142.74
設定レベルとの誤差[dB]	0.0034	0.0046	0.0059	0.0024	0.0041

図4 適合曲線 (GA)

図6 適合曲線 (GA)

 図5 非対称の等サイドローブ指向性 ($N=12$)

給電振幅と移相量は $A_{el} = [14.8466, 10.9640, 7.3322, 3.2106, 1]$, $\delta_{el} = [0.0195, -0.0272, -0.0369, -0.0179, 0]$ である。GAによって得られた指向性を図3における破線、各サイドローブの最大値のレベルと設定レベルとの誤差を表2に示す。図3では 45° , 115° の極小付近で差異がある。表2からもわかるように設定レベルとの誤差は最大で 0.0059dB となっている。GAの評価値の収束状況を図4に示すが、解が第200世代で収束していると判断すると、計算にかかった時間はGAの場合約250秒で、逐次法と比べ約170分の1に短縮されている。以上のことから、本手法において計算時間および解の精度を総合的に判断して、GAを用いた場合でも妥当な解を得られる。前章で示した逐次法を用いると、アレーアンテナの素子数が増加すれば、計算量が増加する。実用的なアレーアンテナにおいては、数本のアンテナから100本を越えるような素子数を用いる場合も存在する。そのため、アンテナ素子数に対して汎用的に適用させるためにも、GAを用いた最適化は必要となる。本論文で取り上げているの

 表3 計算結果 ($N=12$)

設定レベル[dB]	-40		-50		
ピーク方向[°]	35.46	43.92	133.92	146.88	180
設定レベルとの誤差[dB]	0.0045	0.0015	0.0010	0.0043	0.0017

は8本である。これはアンテナ素子数が多すぎれば、特性が見えにくくなり、逆に、本数を少なくし、単純化しすぎれば、解空間も狭く、結果の信頼性に欠けると考えられるためである。つまり、GAを適用することで実用時間内に解を得ることが可能である。

同様にアンテナ素子数を増加させた場合 ($N=12$) も行った。設定レベルは $D = -50\text{dB}$ (メインビームの右側), -40dB (左側) としている。その結果、給電振幅、移相量は $A_n = [85.47, 57.09, 24.81, 3.89, 1.64, 1.00]$, $\delta_n = [-3.14, -3.11, -3.07, -2.92, -0.14, 0.00]$ となった。この指向性を図5に示す。この場合のGAの収束状況を図6に、各サイドローブの最大値のレベルと設定レベルとの誤差を表3に示す。図6の収束状況より200世代で収束している判断すると、計算にかかった時間は約260秒であった。アンテナ素子数8本の場合と比べても、計算時間に差異はないといえる。さらに、表3からもわかるように設定レベルとの誤差は最大で 0.0045dB となっている。アンテナ素子数が増加しても実用時間内に妥当な解を得られている。

次に、本論文におけるGAでは初期遺伝子、突然変異を共にランダムで発生させているため、要求される精度を持つ解に収束しない場合も生じる。そのため、GAにおける収束安定性を明らかにするため、同じ条件で1000回行った。このとき、サイドローブ設定レベルとの最大許容誤差を 0.01dB とし、GAの実行回数に対して最大許容誤差以内の解を得られた割合を評価

した. この割合を解の獲得率とし, (解の獲得率) = (解獲得回数) / (実行回数) とする. このときの解の獲得率は $N=10$ の場合, 81.8%, $N=12$ の場合 80.2% となった. 今回取り上げた 2 つの例に対し, 高い獲得率で高精度の解を得られた. この獲得率を改善するには, パラメータの検討や実数値 GA や進化戦略を用いるといった応用的な GA の適用することが考えられる.

これまでの検証により, GA を適用することで逐次法に比べて, 処理コストが抑えられることが可能になった. また, 得られる解の精度は, 文献[8]においてサイドロープレベルの最大誤差が 0.04dB となっている. GA を用いたとしても, 高い確率で高精度(最大誤差 0.01dB)を有する解を獲得できると明らかになった. いずれにしても処理が少ない従来手法と比較すれば, 処理コストはかかってしまうのが現状である. しかし, 実用時間内に精度の高い解を得られている点を考慮すれば, 提案手法は十分に有効である. また本論文における提案手法を用いれば, サイドローブのピークレベルを制御するだけではなく, 最小値(ミニマムレベル)の制御も可能である. そのため, 従来手法では実現不可能であった指向性制御が可能になると期待できる. このような指向性の実現は, 今後の課題として挙げられる.

7. まとめ

本論文では, アレーアンテナのメインビームに対して非対称の等サイドローブ指向性を得るためレベル制御とサイドローブ制御を組み合わせる手法を提案し, 計算例を用いて本手法の有効性を示した. 本手法では, 最適化法である GA を計算過程において用い, 計算時間の短縮を図った. 実用的には, 給電振幅および移相量の制御にはデジタル減衰器およびデジタル移相器を用いることを想定している. 提案した手法では, アレーアンテナ素子の給電振幅だけでなく移相量も同時に制御することにより, メインビームに対して非対称にビームを任意に制御可能になったことにより, 多種多様な指向性への応用が期待できる. その一例として, サイドロープレベルの設定値以上にするメインビームに対して非対称または対称の等ミニマム指向性およびサイドローブが設定したレベル範囲内で振動する等リップル指向性等への適用が考えられる.

参考文献

- [1] E.S.Elliott: "Beamwidth and Directivity of Lsge Scanning Arrays," Forst of Two Parts, The Microwave Journal, pp.53-60 (Dec., 1963).
- [2] Keen-Keong Yan and Yilong Lu: "Sidelobe Reduction in Array-Pattern Synthesis Using Genetic Algorithm," IEEE Transactions On Antennas Propagation, 45, 7, pp.1117-1122 (July, 1997).
- [3] T.B.Vu, B.E, Ph.D: "Method of Null Steering Without Using Phase Shifters," IEE Proceedings, 131, Pt.H, 4, pp.242-246, (Aug., 1984).
- [4] C.L.Dolph, "A Current Distribution for Broad side Arrays Which Optimizes the Relationship between Beam Width and Side-Lobe Level," IRE Proc., 34, pp.335-348, (June, 1946).
- [5] R. S. Elliott, "Design of line-source antennas for sum patterns with sidelobes of individually arbitrary heights," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-24, No.1, pp.76-83, (Jan., 1976).
- [6] R. S. Elliott, "On discretizing continuous aperture distributions," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-25, No.5, pp.617-621, (Sept., 1977).
- [7] H. J. Orchard, R. S. Elliott, and G. J. Stern, "Optimizing the synthesis of shaped beam antenna patterns," Proc. IEE, vol. 132, pt. H, No.1, pp.63-68, (Feb., 1985).
- [8] R.S.Elliott, "Improved pattern synthesis for equispaced linear arrays," ALATAFREQUENZA, VOL.LI-N.6, pp.296-300, (Nov.-Dec., 1982).
- [9] T.T.Taylor, "Design of line-source antenna for narrow beamwidth and low sidelobes," IRE Trans. Antennas Propagat, vol. AP-3, No.1, pp.16-28, (Jan., 1955).
- [10] D.E.Goldberg, "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning." Addison Wesley, (1989).

(2009年3月8日 受付)

(2009年11月4日 採録)

[問い合わせ先]

〒916-8507 福井県鯖江市下司町

福井工業高等専門学校

大久保 茂

TEL: 0778-62-8259

FAX: 0778-62-3413

E-mail: okubo@fukui-nct.ac.jp

著者紹介

おおくぼ しげる
大久保 茂 [非会員]

1985年、慶應義塾大学大学院工学研究科博士課程修了。同年郵政省電波研究所入所。1989年、福井工業高等専門学校講師、2002年同教授。現在に至る。アレーアンテナの指向性制御および携帯電話を用いたWebアプリケーションの研究に従事。工学博士。

みなみやま ふみかず
南山 文一 [非会員]

2009年、福井工業高等専門学校専攻科修了。同年名古屋大学大学院工学研究科博士前期課程入学。現在同大学院在学中。福井高専在学中はアレーアンテナの指向性制御の研究に従事。

Controlling Asymmetric Equal Side Lobe Level in Radiation Patterns of Array Antenna using Genetic Algorithm

by

Shigeru OKUBO and Fumikazu MINAMIYAMA

Abstract :

Many studies have been reported on obtaining an asymmetric equal side lobe level in the radiation pattern of a linear array antenna. But they have the disadvantage that processes are complicated and the applications of them are limited. The new method for it is proposed in this paper. The method takes advantage of level controlling and side controlling. At the same time, the peak levels of the side lobe are controlled by level controlling and the levels in arbitrary directions in the radiation pattern are controlled by side lobe controlling. The amplitude and phase of the currents for an asymmetric equal side lobe level in the radiation pattern of a linear array antenna are calculated by the method. In order to save computing times to derive calculation results, Genetic Algorithm (GA) is adopted. The method is verified by the theoretical results. The process of the method is simple and we will be able to apply it to get various radiation patterns.

Keywords : Array antenna, Radiation patterns of asymmetric equal side lobe level, Genetic Algorithm, Level controlling, Side lobe controlling

Contact Address : **Shigeru OKUBO**

*Fukui National College of Technology
Geshi-cho, Sabae city, Fukui, 916-8507, JAPAN*
TEL : 0778-62-8259
FAX : 0778-62-3413
E-mail : okubo@fukui-nct.ac.jp