

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

Tổng Văn Luyện

**NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN
CÁC BỘ ĐỊNH DẠNG VÀ ĐIỀU KHIỂN BÚP SÓNG THÍCH NGHI
ĐỂ CHỐNG NHIỄU TRONG CÁC ANTEN THÔNG MINH**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Viễn thông
Mã số: 62 52 02 08

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ
CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ, TRUYỀN THÔNG**

Hà Nội - 2017

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Công Nghệ,
Đại học Quốc gia Hà Nội.

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. **Trương Vũ Bằng Giang**

Phản biện:

.....

Phản biện:

.....

Phản biện:

.....

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng cấp Đại học Quốc gia chấm
luận án tiến sĩ tại Trường Đại học Công Nghệ, Đại học Quốc gia Hà
Nội vào hồi giờ phút, ngày tháng năm 2018

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam.
- Trung tâm Thông tin- Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Mở đầu

I. Đặt vấn đề

Kỹ thuật định dạng và điều khiển búp sóng (BF) cho phép các anten thông minh nâng cao khả năng phủ sóng, truyền dữ liệu, hiệu quả sử dụng phổ tần và chống nhiễu. Đây là các nhân tố sống còn của các hệ thống thông tin vô tuyến.

Ngày nay, sự ra tăng nhanh chóng về số lượng các thiết bị không dây gây ra nhiễu nghiêm trọng trong môi trường truyền sóng điện từ. Để giải quyết thách thức này, anten thông minh với khả năng đặt điểm “không” của giản đồ bức xạ được xem là một giải pháp triển vọng. Tuy nhiên, giải pháp này gặp một số thách thức về độ phức tạp trong tính toán và đòi hỏi các công cụ tính toán tối ưu hiệu quả.

Các kỹ thuật tối ưu được ứng dụng rộng rãi trong BF để tổng hợp giản đồ bức xạ của mảng anten bao gồm cả đặt điểm “không”. Để khắc phục những hạn chế của các kỹ thuật tối ưu truyền thống, nhiều kỹ thuật toán tối ưu có nguồn gốc từ thiên nhiên đã được phát triển ví dụ như thuật toán di truyền (GA: genetic algorithm) và thuật toán tối ưu bầy đàn (PSO: particle swarm optimization). Các thuật toán này đã được đề xuất và thực thi trong ứng dụng đặt điểm “không” với các ưu và nhược điểm riêng. Nhìn chung, việc áp dụng các thuật toán này trong việc thực hiện đặt điểm “không” vẫn còn gặp một số thách thức về tốc độ tính toán và hiệu năng.

Gần đây, thuật toán Dơi (BA: Bat algorithm) được đề xuất dựa trên đặc tính hoạt động của loài Dơi. Thuật toán này được áp dụng cho BF lần đầu tiên năm 2016 và cho thấy là một công cụ tối ưu đầy triển vọng cho các BF thích nghi về khả năng tính toán.

Như vậy, sự phát triển của các bộ BF thích nghi cho ứng dụng chống nhiễu vẫn là một thách thức đối với các nhà nghiên cứu trong việc cải thiện về tốc độ tính toán và khả năng đặt điểm “không”. Những vấn đề còn tồn tại này là động lực cho các nghiên cứu trong luận án.

II. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

II.1. Mục đích

- Nghiên cứu và đề xuất quy trình tổng quát để xây dựng các bộ BF thích nghi dựa trên thuật toán BA (BA_ABF) cho ứng dụng chống nhiễu dùng mảng anten tuyến tính cách đều (ULA) trong các anten thông minh.
- Dựa trên quy trình tổng quát, phát triển 03 bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu dùng mảng anten ULA với ba kỹ thuật đặt điểm “không” khác nhau: chỉ điều khiển biên độ, chỉ điều khiển pha, điều khiển biên độ và pha.

II.2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Tổng hợp giải đồ bức xạ của mảng anten, các kỹ thuật BF thích nghi, các thuật toán tối ưu có nguồn gốc từ thiên nhiên, và ứng dụng chống nhiễu sử dụng bộ BF.

III. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của nghiên cứu

- Đề xuất quy trình tổng quát để xây dựng các bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu dùng mảng anten ULA trong các anten thông minh.
- Phát triển ba bộ BA_ABF sử dụng kỹ thuật chỉ điều khiển biên độ, chỉ điều khiển pha và điều khiển biên độ và pha cho ứng dụng chống nhiễu trong Ra đa và các mạng thông tin vô tuyến. Ba bộ BA_ABF này được thực thi cho các mảng ULA 20 phần tử. Kết quả cho thấy, các bộ BA_ABF này có khả năng đặt chính xác một điểm, nhiều điểm “không”, và khoảng “không” rộng tại hướng có nhiễu. Ngoài ra, chúng còn có khả năng nén búp phụ và duy trì hướng và độ rộng búp chính.

IV. Cấu trúc của luận án

Luận án gồm phần mở đầu, ba chương, và phần kết luận. Chương 1 giới thiệu tổng quan về BF. Chương 2 trình bày về quy trình tổng quát để xây dựng các bộ BA_ABF để đặt điểm “không” sử dụng các mảng anten ULA. Trong Chương 3, ba bộ BA_ABF được phát triển để đặt điểm “không” cho ứng dụng chống nhiễu.

Chương 1

Tổng quan định dạng và điều khiển búp sóng

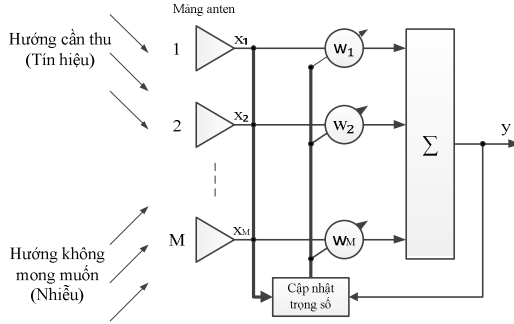
Chương này trình bày tổng quan BF, cơ sở kỹ thuật của BF bao gồm mô hình ứng dụng, cơ sở toán học, các kỹ thuật tối ưu có liên quan tới các nội dung của luận án.

1.1. Beamforming for Smart Antennas

Trong các anten thông minh, BF được sử dụng kết hợp với các mảng anten để đặt ra các hệ anten định hướng. Các hệ anten định hướng này có khả năng tập trung năng lượng bức xạ hoặc thu nhận theo một hướng xác định trong không gian. Năng lượng thu nhận hoặc bức xạ theo không gian này, còn được gọi là “búp sóng”, có được nhờ quá trình điều khiển điện sử dụng các bộ BF nhằm tăng cường tín hiệu mong muốn tại hướng xác định và giảm thiểu tín hiệu không mong muốn (nhiều) tại các hướng khác.

Trong BF, tín hiệu tương ứng với từng phần tử mảng được điều khiển theo một nguyên tắc nhất định. Sự điều khiển này nhằm định dạng và điều khiển búp sóng của mảng anten theo các cách sau: (i) định dạng và lái búp sóng chính về hướng mong muốn, (ii) nén các búp phụ, và (iii) đặt các điểm “không” tại các hướng không mong muốn. Nói chung, các tham số điều khiển thông dụng là biên độ, pha, hoặc biên độ và pha của các trọng số tác động vào từng phần tử trong mảng. Các tham số điều khiển này còn được gọi là “trọng số”.

Cấu trúc đơn giản của bộ BF số ở phía thu được biểu diễn trong Hình 1.4. Các bộ BF thực hiện tác động trọng số vào các tín hiệu thu được nhằm làm thay đổi biên độ và pha của chúng sao cho các tín hiệu này được tổng hợp thành một tín hiệu đầu ra mong muốn. Các bộ BF số có thể thay đổi giá trị của các trọng số (w_m) nhằm hướng búp sóng chính về hướng mong muốn và thay đổi búp sóng để tối ưu hiệu năng của hệ thống. Như vậy, sự linh hoạt của các bộ BF số cho phép thực thi các bộ BF thích nghi có khả năng thay đổi đáp ứng của nó một cách tự động theo các điều kiện khác nhau và được ứng dụng rộng rãi trong thực tế.



Hình 1.4. Sơ đồ khối của bộ BF số tại phía thu.

1.2. Cơ sở toán học của các anten thông minh

1.2.1. Quan hệ hình học

Phần này trình bày về mối quan hệ về hình học và các tín hiệu trong các mảng anten tuyến tính.

1.2.2. Mô hình anten thông minh dùng mảng tuyến tính

Phần này trình bày về mô hình cơ bản của anten thông minh dùng mảng tuyến tính.

Nếu các phần tử trong mảng là đồng nhất với giản đồ bức xạ, $f_0(\theta, \varphi)$, giản đồ bức xạ của mảng, $f(\theta, \varphi)$, được tính toán bởi nguyên tắc nhân giản đồ bức xạ như sau:

$$f(\theta, \varphi) = f_0(\theta, \varphi)AF(\theta, \varphi) \quad (1.11)$$

Hệ số mảng (AF) được biểu diễn bởi:

$$AF(\theta, \varphi) = \mathbf{w}^T \mathbf{e}(\theta, \varphi) \quad (1.12)$$

Trong đó:

$$\mathbf{w} = [w_0 \ w_2 \ \dots \ w_{M-1}]^T \quad (1.13)$$

Là véc tơ trọng số, T ký hiệu của phép chuyển vị ma trận, và

$$\mathbf{e}(\theta, \varphi) = [1 \ e^{jkdsin\theta sin\varphi} \ \dots \ e^{j\kappa(M-1)dsin\theta sin\varphi}]^T \quad (1.14)$$

là véc tơ lái.

Ngoài ra, đầu ra tại thời điểm (n), $y(n)$, được xác định là kết hợp tuyến tính các dữ liệu của M phần tử tại thời điểm n :

$$y_n(n) = \mathbf{w}^H \mathbf{x}(n) \quad (1.16)$$

Trong đó: H ký hiệu của phép chuyển vị ma trận Hermitian; và $\mathbf{x}(n) = [x_0(n) \ x_1(n) \ \dots \ x_{M-1}(n)]^T$ là véc tơ tín hiệu nhận được.

1.3. Kỹ thuật định dạng và điều khiển búp sóng tối ưu

1.3.1. Các kỹ thuật tối ưu truyền thống

Sai số bình phương trung bình nhỏ nhất là một trong các tiêu chí tối ưu được sử dụng rộng rãi nhất để phát triển phát triển các thuật toán BF thích nghi như Nghịch đảo ma trận mẫu, Trung bình bình phương tối thiểu và Bình phương tối thiểu đệ quy. Phương pháp xác định trọng số Dolph-Chebyshev được sử dụng phổ biến trong việc nén các búp phụ đồng mức ở mức xác định trước trong khi đảm bảo giảm thiểu độ rộng của búp xạ không đầu tiên (first-null beamwidth).

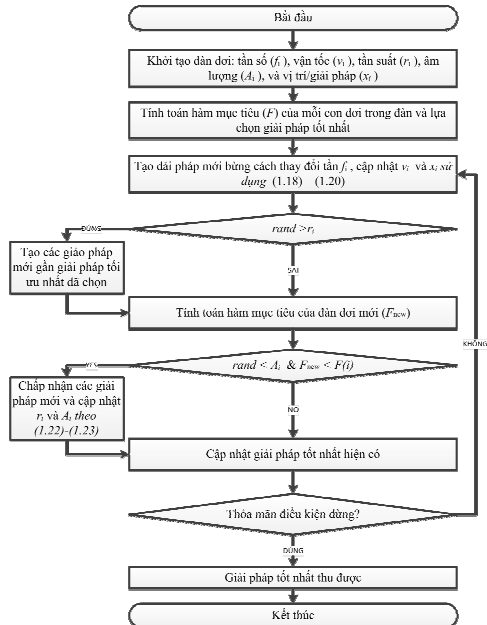
1.3.2. Tối ưu có nguồn gốc từ thiên nhiên

1.3.2.1. Phương pháp tối ưu có nguồn gốc từ thiên nhiên

Sự kết hợp giữa các thuật toán có nguồn gốc từ thiên nhiên (thuật toán tối ưu toàn cục), kỹ thuật tính toán trường điện từ, và xử lý trên máy là một giải pháp triển vọng để giải quyết các bài toán của anten thông minh trong các mạng thông tin vô tuyến.

1.3.2.2. Thuật toán Dơi

Thuật toán Dơi được đề xuất bởi Xin-She Yang năm 2010 là giải pháp tối ưu hiệu quả lấy cảm hứng từ đặc tính sinh tồn và khả năng sử dụng hiệu ứng



Hình 1.8. Lưu đồ thuật toán BA

vang của sóng siêu âm để cảm nhận khoảng cách của loài Dơi. Lưu đồ thuật toán BA được trình bày trong Hình 1.8. Với thuật toán BA, tại thời điểm t , mỗi con dơi (i) được xác định bởi các tham số như vị trí x_i^t , vận tốc v_i^t , tần số f_i , âm lượng sóng siêu âm A_i^t , tần suất phát sóng siêu âm r_i^t trong không gian tìm kiếm d -chiều. Trong quá trình hoạt động, một giải pháp mới tại về vị trí và vận tốc tại thời điểm t được xác định bởi:

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta \quad (1.18)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x_*)f_i \quad (1.19)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (1.20)$$

Trong đó $\beta \in [0,1]$ là véc tơ ngẫu nhiên phân bố đều; x_* là vị trí tốt nhất hiện tại (giải pháp) được xác định bằng cách so sánh tất cả các giải pháp của tất cả các con dơi trong đàn. Để tìm kiếm cục bộ, một giải pháp mới cho mỗi con dơi được tạo ra xung quanh giải pháp tốt tối ưu nhất đã lựa bằng cách sử dụng bước nhảy ngẫu nhiên như sau:

$$x_{new} = x_{old} + \varepsilon A^t \quad (1.21)$$

Trong đó $\varepsilon \in [0,1]$ là một số ngẫu nhiên, A^t là giá trị âm lượng trung bình của tất cả các con dơi tại thời điểm t . Ngoài ra, trong quá trình lặp liên tục, âm lượng A_i và tần suất r_i của xung phát ra có thể được cập nhật bằng các công thức sau:

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t \quad (1.22)$$

$$r_i^{t+1} = r_i^0 [1 - \exp(-\gamma t)] \quad (1.23)$$

Trong đó: $0 < \alpha < 1$ và $0 < \gamma$ là các hằng số.

1.4. Kết luận chương

Chương này trình bày tổng quan BF, cơ sở kỹ thuật của BF bao gồm mô hình ứng dụng cho anten thông minh và cơ sở toán học của BF dùng mảng ULA trong quá trình tổng hợp giản đồ bức xạ mảng. Ngoài ra, các kỹ thuật tối ưu cho BF cũng được phân tích và tập trung vào những ưu thế và tiềm năng của các thuật toán tối ưu có nguồn gốc từ thiên nhiên, đặc biệt là BA. Những nội dung này sẽ được áp dụng để đưa ra các đề xuất trong các chương tiếp theo.

Chương 2

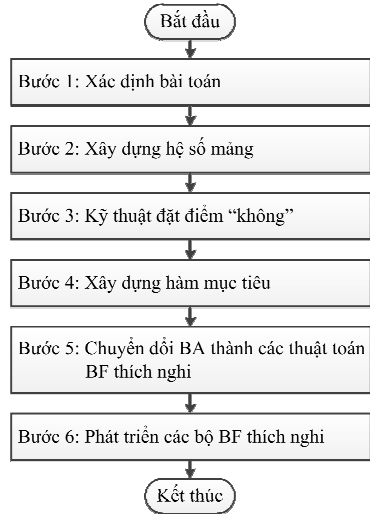
Quá trình tổng quát để phát triển các bộ định dạng và điều khiển búp sóng thích nghi cho ứng dụng chống nhiễu

Trong chương này, một quy trình tổng quát được đề xuất để xây dựng các bộ BA_ABF cho ứng dụng đặt điểm “không” dùng các mảng anten ULA. Đề xuất này được trình bày trong các công bố khoa học [1-3]

2.1. Xác định bài toán

Các bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu được phát triển theo các đặc trưng sau:

- Hoạt động dựa trên nguyên lý trong Chương 1. Bộ BA_ABF hoạt động cùng với các bộ ước lượng hướng sóng tới;
- Áp dụng để đặt điểm “không” cho mảng ULA gồm: một điểm, nhiều điểm “không”, và khoảng “không” rộng tại hướng nhiễu;
- Có khả năng duy trì hướng và độ rộng của búp sóng chính đồng thời nén các búp sóng phụ.



Hình 2.4. Quy trình tổng quát để xây dựng các bộ BA_ABF.

2.2. Xây dựng hệ số mảng

Hình 2.1 biểu diễn mảng ULA với hệ số mảng xác định bởi:

$$AF(\theta) = \sum_{n=-N}^N w_n e^{jndksin(\theta)} = \sum_{n=-N}^N a_n e^{j(ndksin(\theta) + \delta_n)} \quad (2.1)$$

Trong đó: $w_n = w_n^{re} + jw_n^{im} = a_n e^{j\delta_n}$ là trọng số phức của phần tử mảng thứ n ; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ là số sóng; λ là bước sóng; d là khoảng cách giữa hai phần tử liền kề.

2.3. Kỹ thuật đặt điểm “không”

Xét ba cách điều khiển để đặt điểm “không”: chỉ điều khiển biên độ, chỉ điều khiển pha, và điều khiển biên độ và pha.

2.3.1. Kỹ thuật chỉ điều khiển biên độ

Với kỹ thuật chỉ điều khiển biên độ, các trọng số được lựa chọn như sau: $a_{-n} = a_n$ và $\delta_n = 0$. Như vậy, trọng số là số thực và đối xứng qua tâm của mảng. Hệ số mảng trong (2.1) được viết lại thành

$$AF(\theta) = 2 \sum_{n=1}^N a_n \cos(ndksin(\theta)) \quad (2.4)$$

Kỹ thuật đặt điểm “không” này sẽ được áp dụng để phát triển bộ BA_ABF trong phần 3.2 của Chương 3.

2.3.2. Kỹ thuật chỉ điều khiển pha

Với các kỹ thuật này, $a_{-n} = a_n$ and $\delta_{-n} = -\delta_n$, hệ số mảng trong (2.1) được biến đổi thành

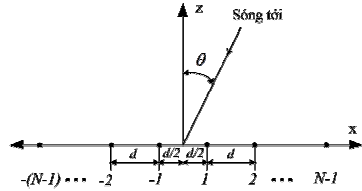
$$AF(\theta) = 2 \sum_{n=1}^N a_n \cos(ndksin(\theta) + \delta_n) \quad (2.6)$$

Trong đó: a_n được cố định và δ_n là các tham số cần tối ưu.

Kỹ thuật đặt điểm “không” này sẽ được áp dụng để phát triển bộ BA_ABF trong các phần 3.3 và 3.5 của Chương 3.

2.3.3. Điều khiển biên độ và pha

Với kỹ thuật điều khiển cả biên độ và pha, khi $a_{-n} = a_n$ và $\delta_{-n} = -\delta_n$, hệ số mảng được xác định theo (2.6) trong đó cả a_n và δ_n là các tham số cần tối ưu. Kỹ thuật đặt điểm “không” này sẽ được áp dụng để phát triển bộ BS_ABF trong phần 3.4 của Chương 3



Hình 2.1. Mảng ULA gồm 2N phần tử.

2.4. Xây dựng hàm mục tiêu

Một hàm mục tiêu mới, F , được phát triển cho kỹ thuật đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ:

$$F = \begin{cases} N(\theta)F_1, & \text{với } \theta = \theta_i \\ F_2, & \text{với } \theta \neq \theta_i \end{cases} \quad (2.9)$$

Trong đó: $N(\theta)$ được chọn là 10000 nhờ khảo sát trong quá trình mô phỏng; F_1 được sử dụng để đặt điểm “không” và được xác định bởi

$$F_1 = \sum_{i=1}^I |AF_o(\theta_i)|^2 \quad (2.10)$$

Trong đó: I là số lượng nhiễu; F_2 được sử dụng để làm giảm mức các búp sóng phụ (SLL: Sidelobes Level) và giữ được hướng và độ rộng của búp sóng chính.

$$F_2 = \sum_{\theta=-90^\circ}^{90^\circ} |AF_o(\theta) - AF_d(\theta)|^2 \text{ với } \theta \neq \theta_i \quad (2.11)$$

2.5. Chuyển đổi BA thành các thuật toán định dạng và điều khiển búp sóng thích nghi

BA được chuyển đổi thành cá thuật toán BF thích nghi. Một số bước căn bản cần thực hiện gồm:

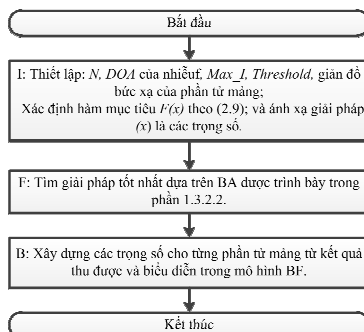
- Ánh xạ vị trí (x) của các con dơi vào các các trọng số trong trong BF và là biến trong quá trình tính toán tối ưu;
- Xác định chiều không gian tìm kiếm (d) của các biến bằng số lượng các trọng số (tương ứng với số lượng phần tử trong mảng, ví dụ là 20 với các mảng ULA 20 phần tử);
- Xác định dải giá trị của các tham số, ví dụ: dải biên độ danh định của trọng số là $[0, 1]$, và dải giá trị của pha của trọng số là $[-\pi, \pi]$.

2.6. Phát triển các bộ định dạng và điều khiển búp sóng thích nghi

Các bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu được phát triển theo lưu đồ hoạt động trong Hình 2.3.

Khởi tạo (I):

- Thiết lập các dữ liệu đầu vào như: số lượng phần tử mảng, hướng sóng đến (*DOA*) của nhiễu; điều kiện dừng như số lần lặp tối đa (*Max_I*) hoặc giá trị mong muốn của hàm mục tiêu (*Threshold*); và giản đồ bức xạ của phần tử mảng.
- Xác định hàm mục tiêu từ (2.9), trong đó, hệ số mảng được lựa chọn tùy theo kỹ thuật tạo điểm “không” tương ứng trong phần 2.3.



Hình 2.3. Lưu đồ hoạt động của các bộ BA_ABF đề xuất.

- Ánh xạ các giải pháp thu được trong quá trình tối ưu (các bộ trọng số của bộ BF) là vị trí (x) của các con dơi trong đàn.

Tìm giải pháp tốt nhất (F):

- Bộ BF tính toán liên tiếp và tìm kiếm giải pháp tốt nhất hiện có dựa trên thuật toán BA được trình bày trong mục 1.3.2.2. Hoạt động này kết thúc khi điều kiện dừng được thỏa mãn. Sau đó, chúng ta thu được giải pháp tốt nhất cuối cùng.

Xây dựng các trọng số (B):

- Từ giải pháp tốt nhất thu được, bộ BA_ABF tính toán các trọng số tương ứng với từng phần tử anten trong mảng ULA. Các trọng số này sẽ được sử dụng để thực hiện việc đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ của mảng.

2.7. Đề xuất quy trình tổng quát để xây dựng các bộ định dạng và điều khiển búp sóng thích nghi cho ứng dụng chống nhiễu

Quy trình tổng quát để xây dựng các bộ BA_ABF được mô tả trong Hình 2.4. Quy trình gồm sáu bước:

- Bước 1: Xác định các thông tin cần thiết bao gồm mục đích và yêu cầu của bài toán đặt điểm “không” như trình bày trong phần 2.1.

-
- Bước 2: Phân tích các đặc trưng của mảng ULA để xây dựng hệ số mảng như trong phần 2.2.
 - Bước 3: Lựa chọn kỹ thuật đặt điểm “không” phù hợp với ứng dụng mong muốn như chỉ ra trong phần 2.3.
 - Bước 4: Phát triển các hàm mục tiêu đáp ứng yêu cầu của bài toán. Hàm mục tiêu sử dụng trong nghiên cứu được trình bày trong phần 2.4
 - Bước 5: Xây dựng các thuật toán BF thích nghi như trong phần 2.5.
 - Bước 6: Phát triển các bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu như được minh họa trong phần 2.6.

Mặc dù quy trình tổng quát này được đề xuất dựa trên BA, nó không bị giới hạn vào BA, mà còn có thể áp dụng cho nhiều thuật toán có nguồn gốc thiên nhiên khác ví dụ như GA và APSO.

2.8. Kết luận chương

Trong chương này, một quá trình tổng quát để xây dựng các bộ BA_ABF được đề xuất cho kỹ thuật đặt điểm “không” dùng các mảng ULA từ bước xác định bài toán tới phát triển các bộ BF. Quá trình này sẽ được áp dụng để phát triển ba bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu trong Chương 3.

Chương 3

Phát triển các bộ định dạng và điều khiển búp sóng thích nghi dựa trên thuật toán BA cho ứng dụng chống nhiễu

Trong chương này, áp dụng quy trình tổng quát trong Chương 2, ba bộ BA_ABF được phát triển để đặt điểm “không” dùng mảng ULA với các kỹ thuật chỉ điều khiển biên độ, chỉ điều khiển pha, điều khiển biên độ và pha. Đề xuất này được trình bày trong các công bố [1-4]

3.1. Các danh mục sử dụng chung của các bộ định dạng và điều khiển búp sóng được đề xuất

Để đơn giản, ba bộ BA_ABF đề xuất được đặt tên như sau:

- AMP_BA_ABF khi chỉ điều khiển biên độ;
- PHA_BA_ABF khi chỉ điều khiển pha;
- CW_BA_ABF khi điều khiển biên độ và pha.

Các danh mục chung của tất cả bộ BA_ABF được giới thiệu gồm: mảng anten ULAs với 20 phần tử là vô hướng hoặc anten lưỡng cực nửa bước sóng; kỹ thuật đặt điểm “không”; hàm mục tiêu trong (2.9); hệ số mảng tham chiếu; và các tham số của các thuật toán APSO, GA, BA. [Giản đồ bức xạ được minh họa với độ phân giải 1 độ. Giản đồ bức xạ với độ phân giải 0.1 độ trong trường hợp một và đa điểm “không” được bổ sung ở mục D.2 của Phụ lục D.](#)

3.2. Bộ định dạng và điều khiển búp sóng sử dụng kỹ thuật chỉ điều khiển biên độ

3.2.1. Sơ đồ khối

Áp dụng quy trình trong Chương 2, sơ đồ khối của bộ AMP_BA_ABF sử dụng kỹ thuật chỉ điều khiển biên độ được biểu diễn trong Hình 3.1. Trong đó, biên độ $a_n = a_n$ là tham số biến đổi và pha $\delta_n = 0$. Mảng ULA với 20 phần tử vô hướng.

3.2.2. Kết quả và bàn luận

Để minh chứng cho khả năng và độ linh hoạt của bộ BA_ABF đề xuất cho ứng dụng chống nhiễu, 5 kịch bản được thực hiện. Các tham số chung cho tất cả kịch bản là: số lượng dơi trong đàn (*pop*): 1000; số lần

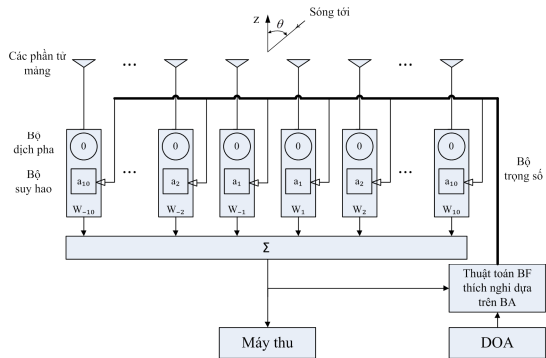
lặp (*ite*): 20 (ngoại trừ trong kịch bản 1). Kết quả mô phỏng là giá trị trung bình của mô phỏng Monte Carlo với 1000 lần trong kịch bản 1 và 100 lần trong các kịch bản khác.

3.2.2.1. Đặc tính hội tụ

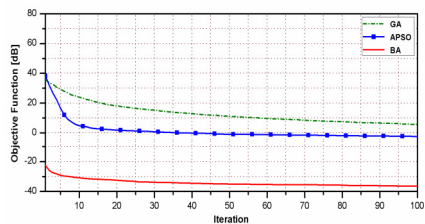
Trong kịch bản số 1, khả năng hội tụ của các bộ BF dựa trên BA, APSO, GA được kiểm chứng. Để thực hiện, các bộ BF này được sử dụng để đạt được giản đồ bức xạ tối ưu như của mảng Chebyshev gồm 20 phần tử và $SLL = -30$ dB. Ngoài ra, giá trị khởi tạo các con dơi trong đàn là ngẫu nhiên, $ite = 100$. Hình 3.2 cho thấy bộ AMP_BA_AMP đạt hội tụ nhanh hơn hẳn so với các bộ dựa trên APSO và GA.

3.2.2.2. Giản đồ bức xạ với một điểm “không”

Trong kịch bản 2, giản đồ bức xạ tối ưu với một điểm “không” được tạo ra. Điểm “không” này có thể được đặt ở vị trí bất kỳ trong không gian hoạt động, trong trường hợp này điểm “không” được lựa chọn là đỉnh của mức búp phụ thứ hai (14^0). Tham số vị trí của đàn dơi được khởi tạo bằng các trọng số mảng Chebyshev 20 phần tử và



Hình 3.1. Sơ đồ bộ AMP_BA_ABF.

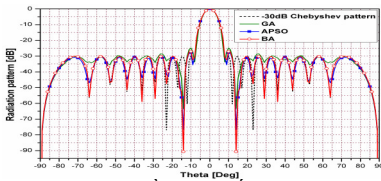


Hình 3.2. So sánh các hàm mục tiêu của các bộ BF xây dựng trên BA, PSO, và GA.

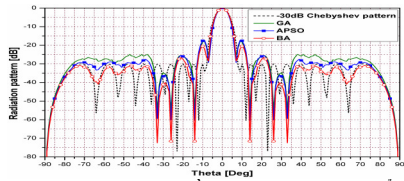
SLL=-30dB. Kết quả trong Hình 3.3 cho thấy giản đồ bức xạ tối ưu thu được nhờ bộ AMP_BA_ABF giữ được hầu hết các đặc trưng của giản đồ bức xạ mảng Chebyshev như độ rộng búp sóng nửa công suất (HPBW = $7,64^{\circ}$), SLL (-30dB) ngoại trừ mức búp phụ thứ nhất với SLL=-27dB và một điểm “không” tại $\theta_i=14^{\circ}$ với độ sâu mức “không” (NDL: Null Depth Level) đạt -90.6 dB. Cần lưu ý rằng giản đồ bức xạ cũng có một điểm “không” tại $\theta_i = -14^{\circ}$ do tính chất đối xứng của hệ số mảng trong (2.4). Hơn nữa, điểm “không” đạt được bởi đề xuất tốt hơn so với giản đồ bức xạ thu được từ các bộ BF xây dựng trên APSO (giản đồ bức xạ APSO) và GA (giản đồ bức xạ GA) về NDL.

3.2.2.3. Giản đồ bức xạ với nhiều điểm “không”

Trong kịch bản 3, giản đồ bức xạ tối ưu với nhiều điểm “không” tại các góc lựa chọn là 14° , 26° , và 33° được biểu thị trong Hình 3.4. Từ kết quả cho thấy, tất cả NDL nhỏ hơn -71dB và SLL gần như bằng với mức của giản đồ bức xạ mảng Chebyshev ngoại trừ mức búp phụ thứ nhất và thứ 2 (SLL tối đa: -20.5dB). Giản đồ bức xạ tối ưu thu được nhờ đề xuất tốt hơn so với giản đồ bức xạ APSO và GA về NDL.



Hình 3.3. Giản đồ bức xạ tối ưu với một cặp điểm “không” đối xứng tại 14° .



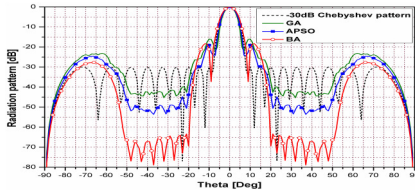
Hình 3.4. Giản đồ bức xạ với ba cặp điểm “không” đối xứng tại 14° , 26° , và 33° .

3.2.2.4. Giản đồ bức xạ với một khoảng “không” rộng

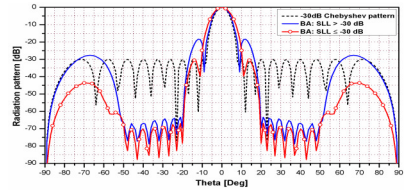
Nếu hướng sóng đến của nhiễu biến đổi chậm theo thời gian hoặc không được xác định chính xác, hoặc điểm “không” cần được điều chỉnh liên tục để đạt được tỷ số tín hiệu trên nhiễu cần thiết, một khoảng “không” rộng cần được tạo ra. Trong kịch bản 4, giản đồ bức xạ tối ưu với một khoảng “không” rộng tại dải góc $\theta \in [20^{\circ}, 50^{\circ}]$ được thực hiện và minh họa trên Hình 3.5. Có thể thấy rằng NDL của khoảng “không” rộng đạt NDL tối thiểu < -63 dB.

Búp chính gần như không đổi, SLL tối đa đạt -18.3dB . Giản đồ bức xạ tối ưu nhờ đề xuất tốt hơn giản đồ bức xạ APSO và GA về NDL.

Để giữ mức SLL với một giá trị xác định (ví dụ -30dB) đồng thời có một khoảng “không” rộng tại dải góc $[20^0, 50^0]$, kích bản 5 được thực hiện. Trong đó, giản đồ bức xạ tham chiếu trong (2.9) được thay bằng giản đồ bức xạ của mảng Chebyshev với $\text{SLL}=-49\text{dB}$.



Hình 3.5. Giản đồ bức xạ tối ưu với một cặp khoảng “không” rộng đối xứng tại $[20^0, 50^0]$, búp chính không đổi và SLL tối đa $=-18.3\text{ dB}$.



Hình 3.6. Giản đồ bức xạ với một cặp khoảng “không” đối xứng tại $[20^0, 50^0]$, búp chính mở rộng hơn và $\text{SLL} \leq -30\text{ dB}$.

Từ kết quả mô phỏng, có sự “đánh đổi” giữa SLL và độ rộng búp sóng chính, khi kiểm soát mức SLL nhỏ hơn, thì độ rộng búp sóng chính sẽ lớn hơn.

3.2.3. Tóm lược

Trong phần 3.2, bộ AMP_BA_ABF được phát triển và thực thi cho mảng ULA 20 phần tử vô hướng để đặt điểm “không” thích nghi. Nhìn chung, so với các bộ BF xây dựng trên APSO và GA, bộ AMP_BA_ABF đề xuất vượt trội về tốc độ hoạt động và khả năng đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ của mảng. Bộ AMP_BA_ABF này được trình bày trong bài báo [2].

3.3. Bộ định dạng và điều khiển búp sóng sử dụng kỹ thuật chỉ điều khiển pha

3.3.1. Sơ đồ khối

Sơ đồ khối của bộ PHA_BA_ABF đề xuất được trình bày trong hình Hình 3.7 với biên độ cố định và đối xứng $a_{-n} = a_n$, $\delta_{-n} = -\delta_n$ (biến), và mảng ULA 20 phần tử lưỡng cực nửa bước sóng.

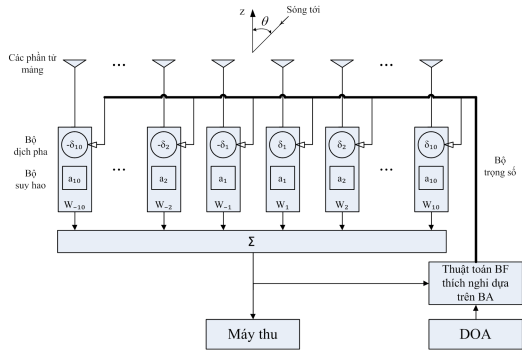
3.3.2. Kết quả và bàn luận

Tham số khởi tạo của tất cả các thuật toán được sử dụng: *pop*: 1000, và *ite*: 20 (ngoại trừ kích bản 1). Kết quả mô phỏng là giá trị

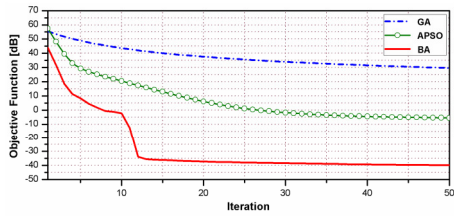
trung bình của mô phỏng Monte Carlo với 1000 lần cho kịch bản 1 và 100 lần cho các kịch bản khác.

3.3.2.1. Đặc tính hội tụ

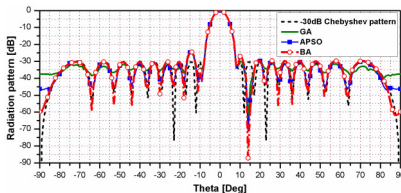
Trong kịch bản 1 (giống kịch bản trong phần 3.2.2.1), giá trị khởi tạo của các con dao trong đàn là ngẫu nhiên, dải giá trị cho biến pha từ $-\pi$ đến π . Kết quả mô phỏng trong Hình 3.8 cho thấy bộ PHA_BA_ABF đề xuất hội tụ nhanh hơn so với các bộ BF xây dựng trên APSO và GA.



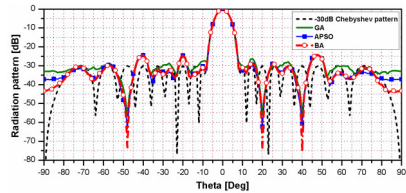
Hình 3.7. Sơ đồ bộ PHA_BA_ABF.



Hình 3.8. So sánh các hàm mục tiêu của các bộ BF xây dựng trên BA, PSO, and GA.



Hình 3.9. Giản đồ bức xạ tối ưu với một điểm “không” tại 14^0 .



Hình 3.10. Giản đồ bức xạ tối ưu với ba điểm “không” tại $-48^0, 20^0, \text{ và } 40^0$

3.3.2.2. Giản đồ bức xạ với một điểm “không”

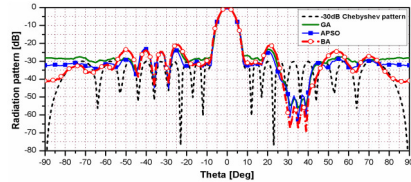
Trong kịch bản 2 (giống kịch bản trong phần 3.2.2.2), biến pha có giá trị trong dải $(-0.5, 0.5)$ radian. Hình 3.9 biểu diễn giản đồ bức xạ tối ưu với một điểm “không” được đặt tại 14^0 (NDL=-87.15 dB) và giữ được hầu hết các đặc trưng của giản đồ bức xạ của mảng Chebyshev ngoại trừ một số búp phụ với mức SSL cao nhất là -24.48dB. Tổng quát, giản đồ bức xạ tối ưu nhờ bộ PHA_BA_ABF ưu điểm hơn các bộ khác dựa trên APSO và GA về NDL.

3.3.2.3. Giảm đồ bức xạ với nhiều điểm “không”

Với kịch bản 3, bộ PHA_BA_ABF được sử dụng để đặt nhiều điểm “không” tại -48^0 , 20^0 , và 40^0 như trong Hình 3.10. Tất cả NDL đều nhỏ hơn -73dB , và SLL nhỏ hơn -24dB , độ rộng búp sóng chính tương tự như giản đồ bức xạ của mảng Chebyshev. Giảm đồ bức xạ tối ưu nhờ PHA_BA_ABF đạt được các điểm “không” với mức NDL tốt hơn so với từ APSO và GA.

3.3.2.4. Giảm đồ bức xạ với một khoảng “không” rộng

Trong kịch bản 4, giản đồ bức xạ tối ưu với khoảng “không” rộng được thực hiện và biểu diễn trong Hình 3.11. Kết quả cho thấy giản đồ bức xạ tối ưu tốt hơn các giản đồ bức xạ từ APSO và GA về NDL.



Hình 3.11. Giảm đồ bức xạ tối ưu với một khoảng không rộng từ 30^0 tới 40^0 .

3.3.3. Tóm lược

Trong phần 3.3, bộ PHA_BA_ABF được phát triển và thực thi cho mảng ULA 20 phần tử lưỡng cực nửa bước sóng để chống nhiễu. Xét tổng thể, các bộ PHA_BA_ABF hiệu quả hơn các bộ xây dựng trên APSO và GA về tốc độ hội tụ và khả năng đặt điểm “không”. Bộ PHA_BA_ABF này được trình bày trong bài báo [1].

3.4. Bộ định dạng và điều khiển búp sóng sử dụng kỹ thuật điều khiển biên độ và pha

3.4.1. Sơ đồ khối

Sơ đồ khối của bộ CW_BA_ABF cho mảng ULA 20 phần tử vô hướng được biểu diễn trong Hình 3.12. Biên độ và pha của trọng số được điều khiển với $a_{-n} = a_n$ và $\delta_{-n} = -\delta_n$.

3.4.2. Kết quả và bàn luận

Tham số khởi tạo của các thuật toán BF (BA, APSO) được lựa chọn cho tất cả kịch bản khảo sát: *pop*: 500; *ite*: 100; biên pha có giá trị trong khoảng từ -0.1 đến 0.1 radian, và giá trị của biên biên độ trong dải từ 0 tới 1.

Kết quả mô phỏng là giá trị trung bình của mô phỏng Monte Carlo với 1000 lần cho kịch bản 1 và 50 lần cho các kịch bản khác.

3.4.2.1. Đặc tính hội tụ

Trong kịch bản 1 (giống kịch bản trong phần 3.2.2.1), bộ CW_BA_ABF có tốc độ hội tụ nhanh hơn hẳn bộ xây dựng trên APSO (Hình 3.14).

3.4.2.2. Giảm độ bức xạ với một điểm “không”

Trong kịch bản 2 (giống kịch bản trong phần 3.2.2.2), kết quả mô phỏng trong Hình 3.15 chứng tỏ ưu thế của bộ CW_BA_ABF so với bộ BF xây dựng trên APSO về khả năng đặt điểm “không”.

3.4.2.3. Giảm độ bức xạ với nhiều điểm “không”

Trong kịch bản 3, bộ CW_BA_ABF được sử dụng để đặt nhiều điểm “không” tại các góc $(-33^\circ, -26^\circ, -14^\circ)$, và $(-40^\circ, 20^\circ, 40^\circ)$ như biểu diễn lần lượt trong các Hình 3.6 và Hình 3.7. Giảm độ bức xạ tối ưu nhờ đề xuất tốt hơn so với dùng bộ BF xây dựng trên APSO NDL.

3.4.2.4. Giảm độ bức xạ với một khoảng “không” rộng

Trong kịch bản 4, giảm độ bức xạ với một khoảng “không” rộng được đặt tại 2 dải góc $([-50^\circ, -20^\circ])$, và $([-30^\circ, -20^\circ]$ và $[45^\circ, 60^\circ])$ được thực hiện và biểu diễn trong Hình 3.18 và Hình 3.19.

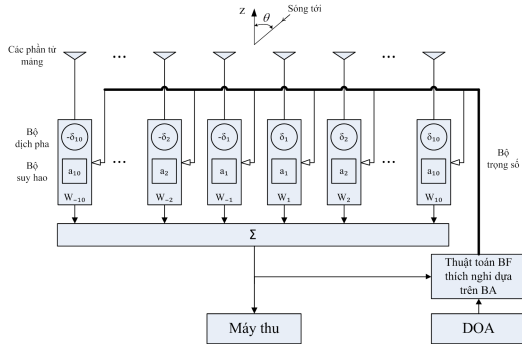
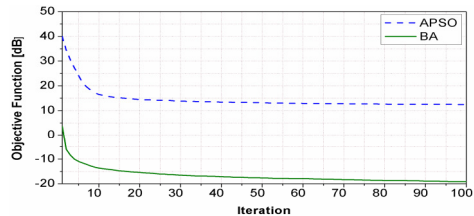
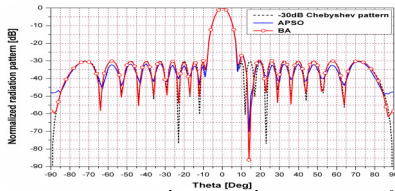


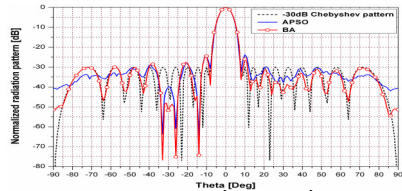
Figure 3.12. Diagram of CW_BA_ABF.



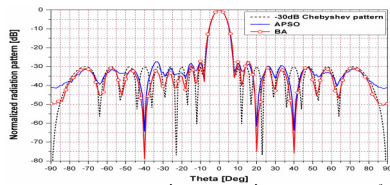
Hình 3.14. So sánh các hàm mục tiêu của các bộ BF xây dựng trên BA và APSO.



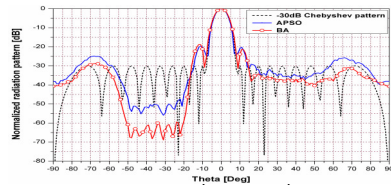
Hình 3.15. Giảm độ bức xạ tối ưu với một điểm “không” tại 14° .



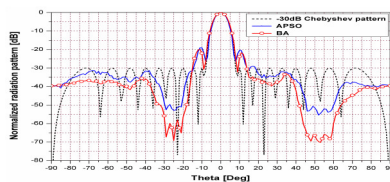
Hình 3.16. Giảm độ bức xạ tối ưu với ba điểm “không” tại -33° , -26° , và -14°



Hình 3.17. Giảm độ bức xạ tối ưu với ba điểm “không” tại -40° , 20° , và 40° .



Hình 3.18. Giảm độ bức xạ tối ưu với một khoảng “không” rộng từ -50° tới -20° .



Hình 3.19. Giảm độ bức xạ tối ưu với hai khoảng “không” rộng $[-30^\circ, -20^\circ]$ và $[45^\circ, 60^\circ]$.

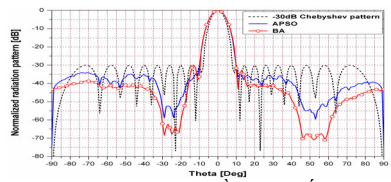


Figure 3.20. Giảm độ bức xạ tối ưu với hai khoảng “không” rộng $[-300^\circ, -200^\circ]$ và $[450^\circ, 600^\circ]$ với $SLL \leq -30$ dB.

Để giữ mức SLL với một giá trị xác định (ví dụ -30 dB) đồng thời có hai khoảng “không” rộng tại dải góc $[-30^\circ, -20^\circ]$ và $[45^\circ, 60^\circ]$, kịch bản 5 được thực hiện và biểu diễn trong Hình 3.20. Kết quả cho thấy có sự “đánh đổi” giữa SLL và độ rộng búp sóng chính, khi kiểm soát mức SLL nhỏ hơn, thì độ rộng búp sóng chính sẽ lớn hơn. Đánh giá chung, giảm độ bức xạ tối ưu nhờ đề xuất tốt hơn so với dùng bộ xây dựng từ APSO về NDL.

3.4.3. Tóm lược

Trong phần 3.4, bộ CW_BA_ABF được phát triển và thực thi cho mảng ULA 20 phần tử vô hướng để đặt điểm “không” cho ứng dụng chống nhiễu. Nhìn chung, so với các bộ BF xây dựng trên APSO, bộ CW_BA_ABF đề xuất vượt trội về tốc độ hoạt động và khả năng đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ của mảng. Bộ CW_BA_ABF này được trình bày trong bài báo [3].

3.5. Ảnh hưởng của tác động tương hỗ giữa các phần tử trong mảng.

Ma trận trở kháng tương hỗ giữa các phần tử trong mảng ULA lưỡng cực nửa bước sóng được tính toán bởi:

$$Z_{mn} = \begin{cases} 73.1291 + 42.5446j & \text{if } m = n \\ 30[2C_i(u_0) - C_i(u_1) - C_i(u_2)] - & \\ 30j[2S_i(u_0) - S_i(u_1) - S_i(u_2)] & \text{if } m \neq n \end{cases} \quad (3.1)$$

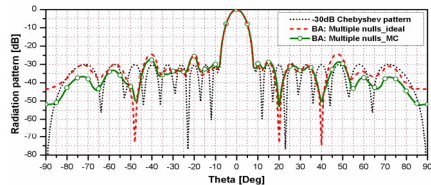
Khi xét tới tác động tương hỗ, dòng điện I tác động vào các phần tử được tính toán từ các điện áp tới V theo công thức:

$$ZI = V \quad (3.2)$$

Trong đó: Z được xác định theo công thức trong (3.1).

Trong phần này, bộ PHA_BA_ABF được lựa chọn để khảo sát ảnh hưởng của tác dụng tương hỗ. Để thực hiện, ba kịch bản (tương tự như các kịch bản trong các phần từ 3.3.2.2 tới 3.3.2.4) được thực hiện và kết quả mô phỏng biểu diễn trong Hình 3.21 và Bảng 3.2. Bảng 3.2 trình bày các giá trị NDL và SLL lớn nhất tương ứng khi không có tác động tương hỗ (Ideal) và có tác động tương hỗ (MC).

Kết quả cho thấy các điểm “không” vẫn được đặt chính xác tại các vị trí mong muốn nhưng với NDL nông hơn.



Hình 3.21. Giản đồ bức xạ tối ưu (điểm “không”: $-48^\circ, 20^\circ, 40^\circ$) khi có tác động tương hỗ.

Bảng 3.2. NDL và SLL lớn nhất của các giản đồ bức xạ trong các kịch bản khi có hoặc không có tác động tương hỗ.

Kịch bản	Tham số	BA (dB)	
		Ideal	MC
Một điểm “không”	NDL tại 14°	-87.15	-66.00
	SLL lớn nhất	-24.48	-24.52
Nhiều điểm “không”	NDL at -48°	-73.24	-49.73
	20°	-73.48	-54.17
	40°	-74.68	-51.63
	SLL lớn nhất	-24.35	-25.51
Khoảng “không” rộng	NDL lớn nhất	-69.06	-51.55
	NDL nhỏ nhất	-52.00	-40.01
	SLL lớn nhất	-20.69	-20.64

3.6. Tóm lược

Để thuận tiện cho việc tham khảo, các bộ BA_ABF đề xuất được trình bày tóm tắt với các đặc điểm chính như [1-4]:

- Bộ AMP_BA_ABF đơn giản trong thực thi và phù hợp với các thiết kế mới của anten thông minh do chỉ điều khiển các biên độ của trọng số. Số lượng phần tử và bộ điều khiển giảm một nửa so với số lượng phần tử anten. Các điểm “không” luôn được đặt đối xứng qua tâm của giản đồ bức xạ dẫn đến có thể hình thành một số điểm “không” không cần thiết. Phát sinh thêm chi phí khi áp dụng cho các mảng pha hiện có.
- Bộ PHA_BA_ABF được chú ý vì có thể áp dụng trực tiếp cho các hệ thống mảng pha hiện có mà không phát sinh chi phí phần cứng. Giới hạn của đề xuất này không có khả năng đặt hai điểm “không” đối xứng qua tâm giản đồ và không hiệu quả trong việc đặt khoảng “không” rộng (lớn hơn 10^0 đối với mảng ULA 20 phần tử được khảo sát).
- Bộ CW_BA_ABF hiệu quả và linh hoạt nhất. Tuy nhiên nó phức tạp nhất so với hai bộ AMP_BA_ABF và PHA_BA_ABF.

3.7. Kết luận Chương 3

Trong chương này, ba bộ BA_ABF được phát triển và thực thi để đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ dùng các mảng ULA tại các hướng nhiều. Khả năng này đạt được bằng ba cách chỉ điều khiển biên độ, chỉ điều khiển pha, và điều khiển biên độ và pha của trọng số. Các bộ BA_ABF có khả năng giúp các anten thông minh đặt chính xác một, nhiều điểm “không”, hoặc khoảng “không” rộng tại các hướng nhiều cần triệt. Ngoài ra, các bộ PHA_BA_ABF có khả năng đặt điểm “không” trong trường hợp có tác động tương hỗ giữa các phần tử anten lưỡng cực nửa sóng trong mảng ULA. Đánh giá tổng quát, các bộ BA_ABF đề xuất hoạt động nhanh hơn và hiệu quả hơn trong quá trình đặt điểm “không” so với các bộ BF xây dựng trên APSO và GA.

Kết luận và hướng phát triển

Nghiên cứu trong luận án nhằm phát triển các bộ BA_ABF dùng các mảng anten ULA trong anten thông minh. Cụ thể hơn, nghiên cứu tập trung vào việc nâng cao khả năng chống nhiễu, một ứng dụng quan trọng của các bộ BF trong các mạng thông tin vô tuyến. Để thực hiện, trước hết, một quá trình tổng quát để xây dựng các bộ BA_ABF có khả năng đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ của các mảng anten ULA được đề xuất. Quy trình này được thực hiện thông qua các bước như: xác định bài toán; xây dựng hệ số mảng; áp dụng kỹ thuật đặt điểm “không”; xây dựng hàm mục tiêu; xây dựng các thuật toán BF thích nghi dựa trên BA; phát triển các bộ BF thích nghi. Tiếp theo, quá trình này được áp dụng để phát triển ba bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu. Các bộ BA_ABF này sử dụng lần lượt các kỹ thuật đặt điểm “không” gồm chỉ điều khiển biên độ, chỉ điều khiển pha, và điều khiển biên độ và pha.

Hiệu năng của các bộ BA_ABF đề xuất được kiểm chứng về tốc độ hoạt động và khả năng đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ trong ba kịch bản gồm: một điểm “không” tại hướng bất kỳ, nhiều điểm “không”, và khoảng “không” rộng (với độ sâu điểm “không” trung bình tối đa tới 90.6dB). Ngoài ra, các bộ BF này còn có thể nén các búp phụ đồng thời duy trì hướng và độ rộng búp sóng chính. Đánh giá chung, các bộ BF được đề xuất hoạt động nhanh hơn và hiệu quả hơn so với các bộ BF xây dựng trên GA và APSO trong việc đặt điểm “không” trên giản đồ bức xạ.

Các kết quả chính của luận án:

- (1) Đề xuất quy trình tổng quát để xây dựng các bộ BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu dùng mảng anten ULA trong các anten thông minh.

Quy trình này được thực hiện thông qua các bước chính gồm: xác định bài toán; xây dựng hệ số mảng; kỹ thuật đặt điểm “không”; xây dựng hàm mục tiêu; chuyển đổi BA thành các thuật toán BF; phát triển các bộ BF thích nghi.

(2) Áp dụng quy trình đề xuất để phát triển 03 bộ BA_ABF cho các mảng anten ULA để chống nhiễu sử dụng các kỹ thuật đặt điểm “không”: chỉ điều khiển biên độ, chỉ điều khiển pha và điều khiển biên độ và pha của trọng số. Cụ thể:

(i) Phát triển bộ AMP_BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu sử dụng kỹ thuật chỉ điều khiển biên độ của trọng số. Bộ BA_ABF đề xuất cho mảng ULA 20 phần tử vô hướng được thực thi và kiểm chứng khả năng đặt điểm “không”.

Kết quả mô phỏng cho thấy, bộ AMP_BA_ABF đề xuất có khả năng đặt chính xác một điểm, nhiều điểm “không”, hoặc một khoảng “không” rộng tại các hướng nhiễu, đồng thời làm giảm mức búp phụ và duy trì hướng và độ rộng búp sóng chính.

Nhìn chung, Bộ AMP_BA_ABF đề xuất nhanh hơn và có hiệu năng tốt hơn các bộ BF thích nghi xây dựng trên GA và APSO. Ngoài ra, bộ AMP_BA_ABF đơn giản trong thực thi. Số lượng các bộ suy hao cần có và thời gian tính toán giảm một nửa so với bộ tiêu chuẩn thông thường.

(ii) Phát triển bộ PHA_BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu sử dụng kỹ thuật chỉ điều khiển pha của trọng số. Bộ PHA_BA_ABF đề xuất cho mảng ULA 20 phần tử dipole nửa bước sóng được thực thi và kiểm chứng khả năng đặt điểm “không”.

Kết quả mô phỏng cho thấy, bộ PHA_BA_ABF đề xuất có khả năng đặt chính xác một điểm, nhiều điểm “không”, hoặc một khoảng “không” rộng tại các hướng nhiễu, đồng thời làm giảm mức búp phụ và duy trì hướng và độ rộng búp sóng chính.

Tổng quan, Bộ PHA_BA_ABF đề xuất nhanh hơn và có hiệu năng tốt hơn các bộ BF thích nghi xây dựng trên GA và APSO. Ngoài ra, bộ PHA_BA_ABF đề xuất gần với các ứng dụng thực tiễn do sử dụng phần tử dipole và có xét tới ảnh hưởng của tác động tương hỗ giữa các phần tử

trong mảng. Hơn nữa, đề xuất này có thể được áp dụng cho các mảng pha hiện có mà không tốn thêm chi phí phần cứng với thời gian tính toán giảm một nửa.

- (iii) Phát triển bộ CW_BA_ABF cho ứng dụng chống nhiễu sử dụng kỹ thuật đồng thời điều khiển biên độ và pha của trọng số. Bộ CW_BA_ABF đề xuất cho mảng ULA 20 phần tử vô hướng được thực thi và kiểm chứng khả năng đặt điểm “không”.

Kết quả mô phỏng cho thấy, bộ CW_BA_ABF đề xuất có khả năng đặt chính xác một điểm, nhiều điểm “không”, hoặc một khoảng “không” rộng tại các hướng nhiễu, đồng thời làm giảm mức búp phụ và duy trì hướng và độ rộng búp sóng chính.

Đánh giá chung, Bộ CW_BA_ABF đề xuất nhanh hơn và có hiệu năng tốt hơn các bộ BF thích nghi xây dựng trên APSO. So với các bộ AMP_BA_ABF (i) và PHA_BA_ABF (ii), bộ CW_BA_ABF đề xuất linh hoạt và hiệu quả hơn. Tuy nhiên, bộ CW_BA_ABF này phải trả giá bằng độ phức tạp và chi phí tốn kém hơn trong thực thi.

Hướng phát triển:

- Phát triển các bộ định dạng và điều khiển búp sóng thực tế ứng dụng trong các mạng thông tin vô tuyến thế hệ mới như mạng thông tin di động 5G.

Phụ lục

- A. Anten thông minh
- B. Kỹ thuật tối ưu truyền thống
- C. Phần mềm mô phỏng BF trong anten thông minh
- D. Kết quả mô phỏng bổ sung

Công trình khoa học của luận án

- [1] T.V. Luyen and T.V.B. Giang (2017), "Interference Suppression of ULA Antennas by Phase-only Control Using Bat Algorithm", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*. vol. 16, pp. 3038 – 3042 (ISI – Q1)
- [2] T.V. Luyen and T.V.B. Giang (2017), "Null-Steering Beamformer Using Bat Algorithm", *Journal of Applied Computational Electromagnetic Society*. Accepted for publication (ISI – Q3).
- [3] T.V. Luyen and T.V.B. Giang (2017), "Bat Algorithm Based Beamformer for Interference Suppression by Controlling the Complex Weight", *REV Journal on Electronics and Communications*. Accepted for publication.
- [4] T.V. Luyen and T.V.B. Giang (2017), Evaluation of Null-steering Beamformers Based on Phase-only or Amplitude-only Control Using Bat Algorithm, *The 2017 Vietnam Japan Microwave Conference*, Hanoi, pp. 34-40

Công trình khoa học liên quan đến luận án

- [5] T.V. Luyen and T.V.B. Giang (2015), Design and Implementation of FPGA based LMS Adaptive Beamformer for ULA Antennas, *The 2015 Vietnam Japan Microwave Conference*, Ho Chi Minh City, pp. 71-76.
- [6] T.V. Luyen and T.V.B. Giang (2016), "Design of LMS Based Adaptive Beamformer for ULA Antennas", *VNU Journal of Science: Comp. Science & Com. Eng.* vol. 32(3), pp. 72-79.
- [7] T.V. Luyen, P.D. Toai, and T.V.B. Giang, (2014), Nulling and Steering of Beams in Planar Antenna Arrays, *The 2014 VIETNAM-JAPAN International Symposium on Antennas and Propagation*, Hanoi, pp. 285-287.
- [8] T.V. Luyen, T. D. Duc, and T.V.B. Giang, (2014), Reduction of Sidelobe Level in Planar Antenna Arrays, *The 2013 VIETNAM-JAPAN International Symposium on Antennas and Propagation*, Hanoi, pp. 283-284.
- [9] T.V. Luyen, T.V.B. Giang (2014), Đề xuất mô hình hệ thống phần cứng để định dạng và điều khiển búp sóng cho các anten thông minh, *Hội thảo quốc gia về điện tử, truyền thông và công nghệ thông tin*, Nha Trang, pp. 190-193.