

THIẾT KẾ ANTEN THÔNG MINH SỬ DỤNG KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ ĐỊNH DẠNG BÚP SÓNG

DESIGN OF SMART ANTENNA USING BEAMFORMING

Nguyễn Trung Hải¹, Trịnh Thị Ngọc², Tống Văn Luyên^{3,*}

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, một giải pháp cho anten thông minh sử dụng hai thuật toán điều khiển và định dạng búp sóng LMS và Chebyshev được áp dụng. Trong đó thuật toán LMS dùng để lái búp chính và đặt điểm NULL còn Chebyshev dùng để nén búp phụ trên giản đồ bức xạ của mảng anten tuyến tính cách đều (ULA: Uniform Linear Arrays). Anten thông minh này đã được thiết kế và thực thi trên MATLAB. Kết quả mô phỏng cho thấy anten thông minh có thể lái búp chính về hướng mong muốn, đặt điểm NULL về hướng nhiễu, nén búp phụ hoặc đồng thời cả ba chức năng này.

Từ khóa: Anten thông minh, LMS, Chebyshev.

ABSTRACT

In this study, a smart antennas solution, which applies two beamforming algorithms LMS and Chebyshev, has been applied. In particular, the LMS algorithm has been used to steer the main lobe and set NULL points of the uniform linear array (ULA) pattern. In addition, Chebyshev algorithm has been used to suppress sidelobes of the pattern. The smart antenna has been designed and implemented on MATLAB. The simulation results show this smart antenna can steer the main lobe toward the direction of the desired signal, set NULL points at directions of interference, suppress sidelobes, or simultaneously conduct all of these mentioned functions.

Keywords: Smart antennas, LMS, Chebyshev.

¹Lớp ĐTTT7 - K13, Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Lớp ĐT4 - K11, Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: luyen.tv@hau.edu.vn

1. GIỚI THIỆU

Kỹ thuật định dạng và điều khiển búp sóng là một kỹ thuật xử lý tín hiệu một cách có định hướng hoặc tiếp cận tín hiệu từ không gian ngoài. Kỹ thuật này có thể sử dụng cả ở bên phát và bên thu để đạt được tín hiệu như mong muốn. Ngoài ra, để có tín hiệu đầu ra theo ý muốn một cách nhanh nhất thì chúng ta cần phải áp dụng một số thuật toán thích nghi cho việc chọn các bộ trọng số cho mảng anten. Các thuật toán này dựa trên một số tiêu chuẩn tối ưu như sai số trung bình bình phương nhỏ nhất (MMSE - Minimum Mean Square Error) hay sai phương cực tiểu (MV - Minimum Variance). Bài báo này sẽ đề cập đến các thuật toán thích nghi là thuật toán LMS, Chebyshev và thuật toán kết hợp LMS và Chebyshev.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

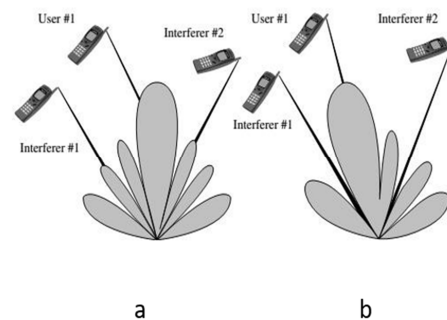
2.1. Phương pháp nghiên cứu

Tham khảo, tổng hợp, phân tích, sử dụng có chọn lọc các tài liệu từ các công trình nghiên cứu, các bài báo đã được công bố trên các tạp chí chuyên ngành cả trong và ngoài nước. Xây dựng, sử dụng các phần mềm để mô phỏng kỹ thuật định dạng và điều khiển búp sóng thích nghi.

2.2. Nội dung

Kỹ thuật điều khiển búp sóng cho anten (BF - Beamforming) được chia thành hai loại là BF cố định và BF thích nghi.

Kết quả thực nghiệm đã chứng minh rằng BF thích nghi có rất nhiều ưu điểm so với BF cố định. Kỹ thuật BF thích nghi dựa trên cơ sở áp dụng các thuật toán thích nghi và nó được thể hiện như hình 1.



Hình 1. So sánh đồ thị bức xạ của hệ mảng búp sóng cố định (a) và mảng búp sóng thích nghi (b)

Các thuật toán thích nghi được sử dụng cho kỹ thuật này là thuật toán LMS, Chebyshev và thuật toán kết hợp giữa LMS và Chebyshev.

2.2.1. Thuật toán LMS

LMS là thuật toán thích nghi phổ biến nhất cho các quá trình thích nghi liên tục. Thuật toán này cho phép chọn véc tơ trọng số để đạt cực tiểu giá trị trung bình chung của sai số bình phương. Sử dụng phương pháp giảm với độ dốc lớn nhất, các véc tơ trọng số ở thời điểm $n+1$ ($w(n+1)$) được tính toán dựa trên véc tơ trọng số ở thời điểm n theo công thức:

$$w(n+1) = w(n) + \mu x(n)e^*(n)$$

2.2.2. Thuật toán Chebyshev

Mức búp phụ tối ưu (với một độ rộng búp xác định) đạt được khi tất cả các búp phụ có cùng độ lớn. Xuất phát từ yêu cầu này thuật toán Chebyshev được đề xuất.

Các đa thức Chebyshev được xác định bởi các mối quan hệ đệ quy như sau:

$$T_0(z) = 1$$

$$T_1(z) = z$$

$$T_m(z) = 2zT_{m-1}(z) - T_{m-2}(z)$$

2.2.3. Thuật toán kết hợp giữa LMS và Chebyshev

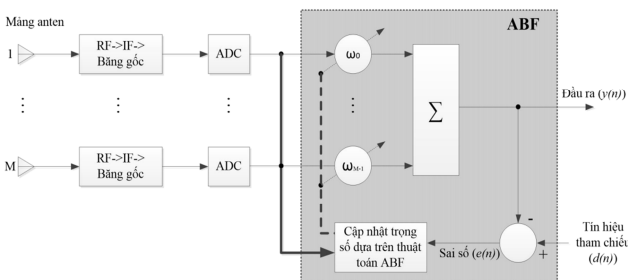
Cả hai phương pháp có thể được áp dụng một cách đồng thời, để có được một đồ thị định hướng để có thể vùi lấp búp sóng tới hướng mong muốn vừa có thể đặt điểm Null tại hướng nhiễu đồng thời thiết lập các mức búp phụ theo yêu cầu cho trước

$$w = w_{LMS} \text{Chebwin}(SLL)$$

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG TỪ PHẦN MỀM

3.1. Mô hình ứng dụng

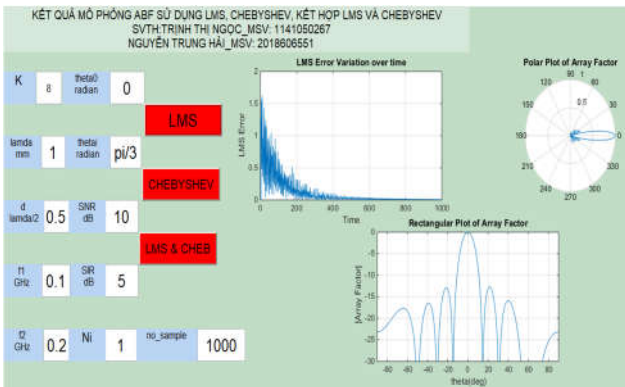
Các thuật toán ABF sử dụng tín hiệu tham chiếu (reference signal) hay chuỗi đào tạo (training sequence), để thay đổi biên độ và pha của từng trọng số tương ứng với độ trễ thời gian tạo ra bởi các tín hiệu tác động tới mảng. Sơ đồ khối Anten thông minh sử dụng các thuật toán ABF dựa trên tín hiệu tham chiếu được biểu diễn trong hình 2.



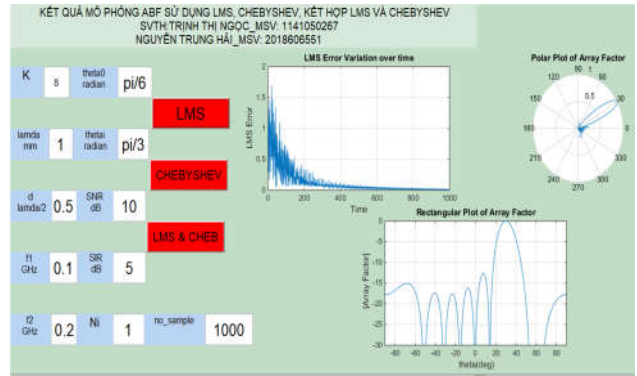
Hình 2. Sơ đồ khối chức năng của anten thông minh phía thu dùng thuật toán ABF dựa trên tín hiệu tham chiếu

3.2. Kết quả mô phỏng

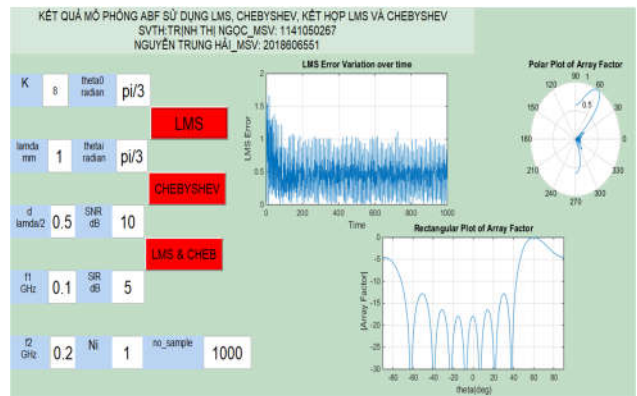
3.2.1. Sử dụng thuật toán LMS



Hình 3. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 0^\circ$



Hình 4. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 30^\circ$

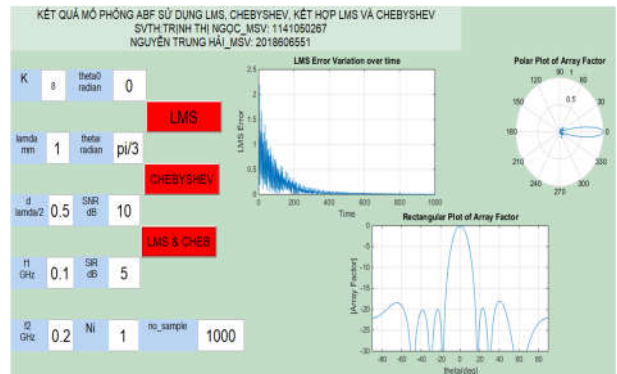


Hình 5. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 60^\circ$

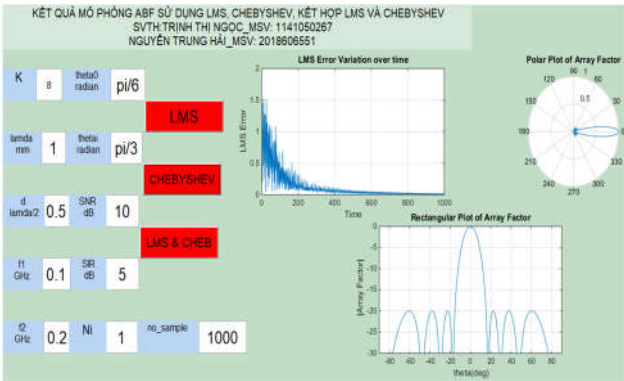
Hình 3, 4, 5 minh họa cho khả năng định dạng và điều khiển búp sóng của mảng 8x1 ULA theo các thuật toán LMS khi có góc tín hiệu mong muốn SOI lần lượt là: $0^\circ, 30^\circ$. Ta thấy rằng, Bộ ABF dựa trên LMS có khả năng lái chính xác búp sóng của mảng ULA tới các hướng mong muốn khác nhau trong không gian. Góc của búp sóng được lái càng lớn (θ càng khác 0°), độ rộng búp chính càng lớn. Khi góc lái khoảng 60° , búp chính mở rộng đột biến do giới hạn của bố trí hình học của các phần tử trong mảng ULA. Điều này cũng giới hạn không gian lái của bộ hệ anten thông minh.

3.2.2. Sử dụng thuật toán Chebyshev

Sử dụng phương pháp tính trọng số Chebyshev, bộ ABF có khả năng nén SLL tới một giá trị cho trước, $SLL = 20\text{dB}$ trong ví dụ biểu diễn trong Hình 6, 7. Tuy nhiên với phương pháp tính trọng số Chebyshev bộ ABF không có khả năng lái búp sóng khi giá trị θ thay đổi.



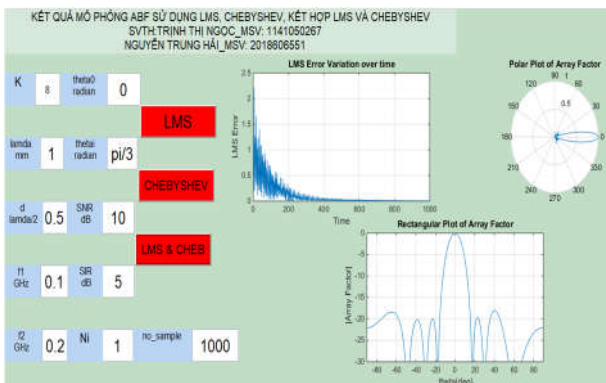
Hình 6. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 0^\circ$



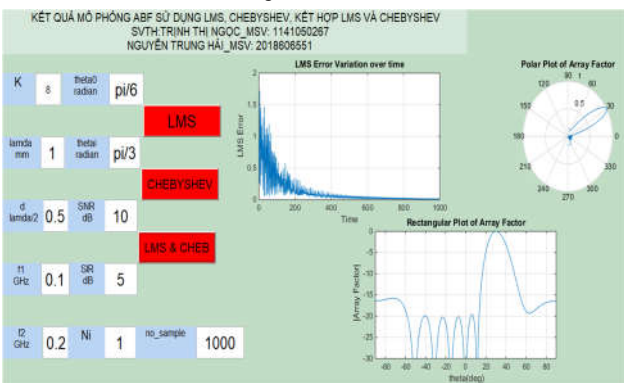
Hình 7. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 30^\circ$

3.2.3. Sử dụng kết hợp thuật toán LMS và Chebyshev

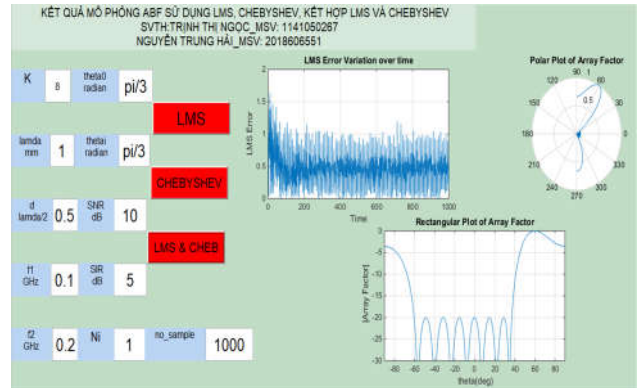
Kết hợp thuật toán LMS và Chebyshev, chúng ta có thể đồng thời lái búp chính và nén các búp phụ tới một giá trị xác định. Hình 8, 9, 10 minh họa kết quả khi sử dụng đồng thời LMS và Chebyshev với mức SLL = -20dB để điều khiển búp sóng chính về hướng $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ và nén SLL tới -20dB. Ta thấy rằng mức búp phụ của đồ thị bức xạ được nén khoảng gần -20dB và búp chính được lái tới hướng θ mong muốn. Tuy nhiên, kết quả này phải trả giá bằng việc làm tăng độ rộng búp chính so với phương pháp chỉ dùng LMS.



Hình 8. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 0^\circ$



Hình 9. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 30^\circ$



Hình 10. Đồ thị bức xạ của mảng 8x1 ULA với $\theta = 60^\circ$

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, anten thông minh dùng mảng anten tuyến tính cách đều ULA sử dụng kỹ thuật định dạng và điều khiển búp sóng thích nghi sử dụng các thuật toán LMS và Chebyshev đã thiết kế và thực thi thành công trên MATLAB. Kết quả được mô phỏng cho thấy anten thông minh được thiết kế có khả năng lái búp sóng chính về hướng tín hiệu cần thu, đặt điểm “không” (NULL), nén búp phụ hoặc đồng thời thực hiện cả ba chức năng này trên giản đồ bức xạ của các mảng anten ULA

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Jonh Litva, Titus Kwok-Yeung Lo, 1996. *Digital Beamforming in Wireless Communications*. Artech House.
- [1]. Tống Văn Luân, 2017. *Tiểu luận tổng quan: Nghiên cứu và phát triển phương pháp định dạng và điều khiển búp sóng cho mảng anten*. Luận án Tiến sĩ, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [3]. C. A. Balanis, 2005. *Antenna Theory: Analysis and Design*, John Wiley & Sons, INC.
- [4]. Phan Anh, 2007. *Lý thuyết và kỹ thuật anten*. NXB Khoa học kỹ thuật.