

# THIẾT KẾ ANTEN MẢNG MIMO VỚI HỆ SỐ CÁCH LY VÀ ĐỘ TĂNG ÍCH CAO CHO ỨNG DỤNG WLAN

## A MIMO ANTENNA ARRAY WITH HIGH GAIN AND LOW MUTUAL COUPLING FOR WLAN APPLICATION

**Hoàng Thị Phương Thảo**

Electric Power University

Ngày nhận bài: 05/7/2022, Ngày chấp nhận đăng: 10/8/2022, Phản biện: TS. Nguyễn Thị Kim Thoa

### Tóm tắt:

Sử dụng anten MIMO là một xu hướng hiện nay trong các thiết bị thu phát vô tuyến nhằm cải thiện tốc độ truyền dữ liệu cho hệ thống. Bài báo đề xuất một anten mảng MIMO gồm mười sáu phần tử anten đơn vi dải, tương ứng bốn mảng anten với bốn cổng tiếp điện. Anten hoạt động ở xung quanh tần số trung tâm 5 GHz với băng thông đạt 331 MHz. Anten có hệ số tương hỗ rất tốt, có giá trị  $|S_{ij}|$  (với  $i \neq j$  và  $i, j = 1-4$ ) nhỏ hơn -31 dB trong toàn bộ băng tần hoạt động và hệ số tăng ích lớn nhất tại 5 GHz đạt 11,8 dBi nhờ vào việc sử dụng tấm phản xạ. Anten được thiết kế trên nền đế điện môi RO5880 và mô phỏng bằng phần mềm phương pháp phần tử hữu hạn CST. Anten có kích thước đạt  $140 \times 134 \times 45$  mm, phù hợp cho các trạm trong hệ thống định vị trong nhà, các thiết bị thu phát với khoảng cách xa xung quanh dải tần 5 GHz hoặc có thể sử dụng cho chuẩn Wi-Fi 802.11j.

### Từ khóa:

Anten MIMO, mảng MIMO, mảng vi dải.

### Abstract:

Using MIMO antennas is necessary in transceivers in order to improve the data rate in wireless systems. The paper proposed a MIMO antenna array consisting of sixteen microstrip elements in four arrays with four ports. The antenna array operates at a center frequency of 5 GHz with a bandwidth of 331 MHz. The mutual coupling between antenna elements is low due to reflector integration, with  $|S_{ij}|$  ( $i \neq j$ ,  $i, j = 1-4$ ) less than -31 dB over the operating band. The antenna is designed on the RO5880 substrate and simulated by CST studio software. The MIMO antenna size is  $140 \times 134 \times 45$  mm which can be suitable for stations in Indoor Positioning Systems, transceivers operating around 5 GHz for long distances, as well as Wi-Fi 802.11j.

### Keywords:

MIMO antenna; MIMO array; microstrip array.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Với nhu cầu truyền dữ liệu tốc độ cao và tin cậy ngày càng tăng, các hệ thống vô tuyến được triển khai nhiều anten đặt tại các thiết bị thu phát. Anten MIMO (Multi

Input Multi Output - Nhiều đầu vào nhiều đầu ra) cũng như kỹ thuật định dạng chùm sóng cho anten đã được áp dụng nhằm nâng cao hiệu suất của các hệ thống không dây trong môi trường nhiễu và đa

đường, đặc biệt trong các ứng dụng như WLAN, mạng di động 5G hiện nay [1]. Một trong những trở ngại đối với việc thiết kế các anten MIMO đó là đặt được các anten phân tử gần nhau nhằm thu nhỏ kích thước cũng như cải thiện hệ số tăng ích của anten [2]. Đã có nhiều thiết kế anten MIMO cho ứng dụng WLAN và đạt được nhiều thành tựu đáng kể. Trong [3] một anten MIMO 8×8 được thiết kế cho Wifi và mạng di động 5G, anten có kích thước nhỏ gọn, tuy nhiên hệ số tăng ích lớn nhất chỉ đạt 3 dBi do mỗi phần tử anten MIMO là một anten đơn. Anten MIMO trong [4] là một anten MIMO 2×2 được cấu tạo từ các anten đơn, anten đạt được băng tần rộng cho ứng dụng Wifi/WMAX có dải tần từ 2,4 đến 4,2 GHz. Anten cũng đạt được kích thước nhỏ gọn, tuy nhiên hệ số tăng ích của anten chỉ đạt tối đa 1,2 dBi trong toàn bộ dải tần hoạt động. Tương tự như vậy, các anten MIMO trong [5]-[9] đều có kích thước tương đối nhỏ gọn, được cấu tạo từ các anten đơn, vì vậy hệ số tăng ích lớn nhất của anten đều đạt dưới 10 dBi. Để tăng hệ số tăng ích cho anten đồng thời đáp ứng được nhu cầu truyền nhận dữ liệu tốc độ cao, một số công trình đã đề xuất các anten MIMO từ các mảng anten. Một anten mảng MIMO 2×2 trình bày trong [10] được cấu tạo từ hai anten mảng. Anten ứng dụng cho Wifi với hệ số tăng ích đạt 21 dBi, tuy nhiên kích thước anten tương đối lớn (400×400×60 mm). Một anten MIMO mảng khác cũng ứng dụng cho dải tần 3.5/5.8 GHz gồm 8 phần tử cho mỗi anten mảng. Anten có kích thước rất nhỏ gọn, chỉ 7×34 mm, tuy nhiên, kết

quả của công trình không đề cập đến đồ thị bức xạ cũng như hệ số tăng ích anten đạt được. Anten mảng MIMO 2×2 trong [11] ứng dụng cho WLAN 802.11p, có kích thước 135×48 mm và hệ số tăng ích cao nhất đạt 9,2 dBi.

Trong bài báo này, một anten MIMO 4×4 được đề xuất cho ứng dụng Wifi 802.11j, anten MIMO được cấu tạo gồm bốn anten mảng. Anten được thiết kế trên nền đế điện môi Roger RO5880 với độ dày lớp điện môi là 0.8 mm, hằng số điện môi là 2.2, và hệ số suy hao 0.0004. Để cải thiện hệ số tăng ích cũng như giảm sự tương hỗ giữa các phần tử, anten MIMO được tích hợp thêm một tấm phản xạ ở giữa các phần tử. Anten hoạt động trong dải tần số từ 4.82 GHz đến 5.12 GHz với tổng kích thước của anten là 140×134×45 mm và hệ số tăng ích lớn nhất đạt 11,8 dBi tại tần số 5 GHz. Đặc biệt, hệ số tương hỗ giữa các anten đạt mức rất thấp, nhỏ hơn -31 dB trong toàn dải do sử dụng tấm phản xạ. Anten có thể được sử dụng cho các ứng dụng yêu cầu truyền nhận ở khoảng cách xa hoặc cho các trạm thu phát trong hệ thống định vị trong nhà. Anten được thiết kế, mô phỏng và tối ưu bằng phần mềm phương pháp phần tử hữu hạn CST (Cst Microwave Studio).

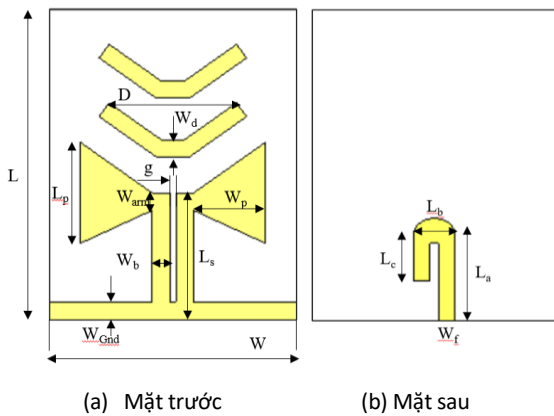
Các phần còn lại của bài báo gồm: Phần 2 là thiết kế anten, phần 3 là các kết quả và bình luận và phần 4 là kết luận bài báo.

## 2. THIẾT KẾ ANTEN

### 2.1. Anten mảng

Anten mảng được cải tiến từ một đề xuất

của chúng tôi trước đây. Mảng gồm bốn phần tử được trình bày tóm tắt lại ở bài báo này. Cấu trúc của mỗi phần tử và kích thước như hình 1 và bảng 1; cấu trúc anten mảng 4 phần tử cũng như kích thước mảng được trình bày ở hình 2 và bảng 2.

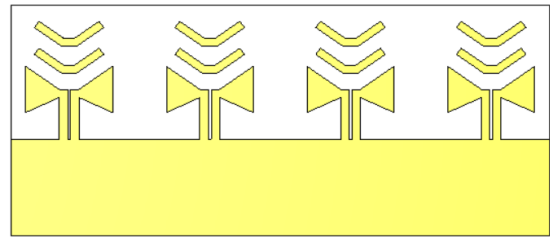


Hình 1. Kích thước của phần tử anten mảng

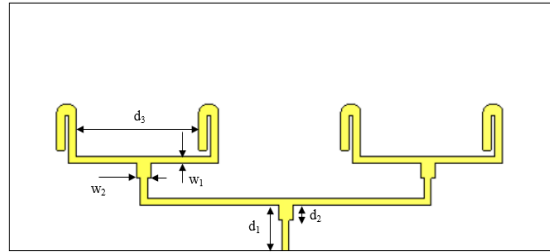
Error! Reference source not found.. Kích thước của phần tử anten mảng (mm)

Parameter	Value	Parameter	Value
W	29	Wsg	3
L	37	La	8.09
Lp	12	Lb	10
Wp	8.13	Lc	4.38
g	0.7	Wf	1.97
Warm	2.1	D	13.5
Wb	2.1	Lgnd	3
Ls	12.14	Wgnd	12
Wd	2.2		

Anten mảng gồm bốn phần tử anten đơn như ở hình 1 với tổng kích thước của anten mảng là  $134 \times 60 \times 0.8$  mm.



(a) Mặt trước



(b) Mặt sau

Hình 2. Cấu trúc của anten mảng

Bảng 2. Kích thước của anten mảng bốn phần tử (mm)

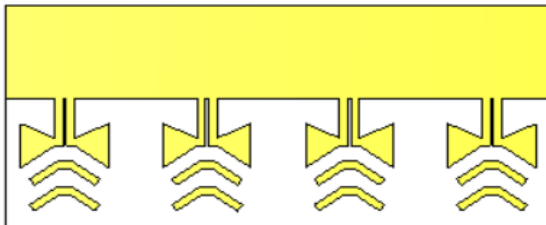
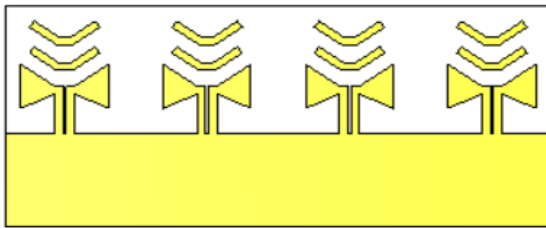
Parameter	Value	Parameter	Value
L	134	d3	30
W	60	w1	1.7
d1	11.3	w2	3.4
d2	3.5		

## 2.2. Anten MIMO

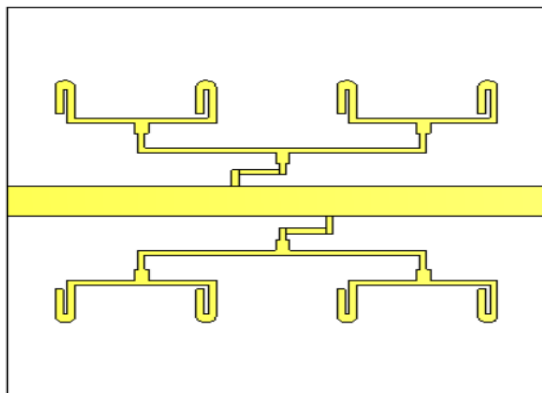
Anten gồm 4 phần tử anten mảng tạo thành cấu trúc MIMO  $4 \times 4$ . Anten được có cấu tạo gồm 3 lớp, hai lớp ngoài cùng với mỗi lớp gồm 2 anten được đặt đối diện với nhau, hai cổng tiếp điện của hai anten trên mỗi lớp được đặt lệch nhau một khoảng là 10 mm nhằm giảm tương hỗ giữa hai anten, giữa hai lớp được đặt một mặt phẳng phản xạ nhằm giảm tương hỗ giữa anten hai lớp. Cấu trúc của anten mảng MIMO  $4 \times 4$  được trình bày như ở hình 3. Hệ số tăng ích của mỗi anten mảng được tính theo công thức sau (1) [12].

$$G = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)(kdcos\theta + \beta)} \quad (1)$$

trong đó,  $k$  là hệ số sóng,  $d$  xấp xỉ một nửa bước sóng tại tần số hoạt động trung tâm,  $\beta=2\pi$  là sai pha giữa hai phần tử lân cận,  $N$  là số phần tử trong Anten mảng, trong trường hợp này,  $N=4$ . Kích thước tổng của Anten MIMO là  $140 \times 134 \times 45$  mm.



(a) Mặt trước



(b) Mặt sau

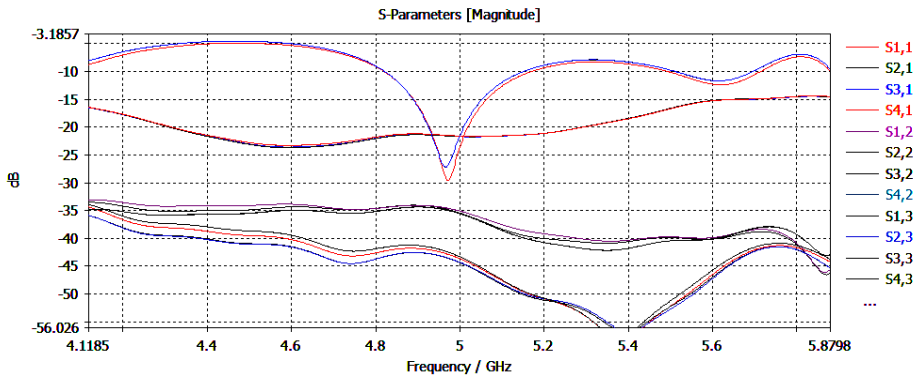
Hình 3. Cấu trúc của Anten mảng MIMO

### 3. KẾT QUẢ

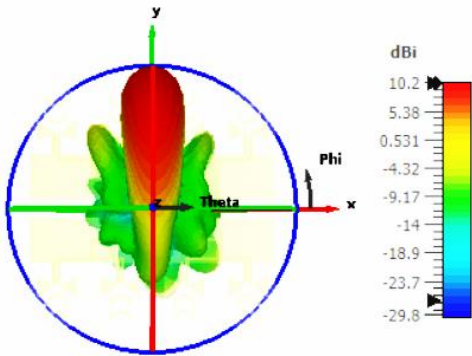
#### 3.1. Anten mảng MIMO không có mặt phẳng phản xạ

Hình 4 biểu diễn đồ thị của tham số  $S$  và

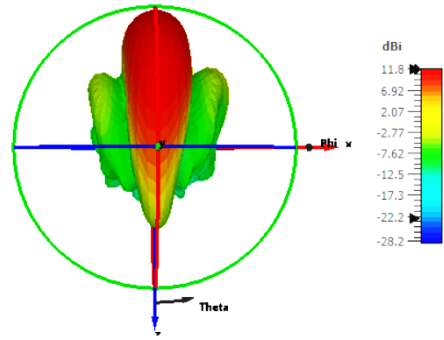
đồ thị bức xạ của Anten MIMO khi không sử dụng mặt phẳng phản xạ. Từ kết quả mô phỏng tham số  $S$  cho thấy, Anten cộng hưởng tốt ở tần số xung quanh 5 GHz với hệ số suy hao phản hồi  $|S_{ii}|$  ( $i=1-4$ ) nhỏ nhất đạt  $-30$  dB. Băng thông  $-10$  dB của Anten từ 4,8 GHz đến 5,2 GHz. Ngoài ra, các giá trị tham số  $|S_{ij}|$ , với  $i \neq j$  và  $i, j = 1-4$ , đều có giá trị nhỏ hơn  $-20$  dB trong toàn bộ băng tần hoạt động, điều đó cho thấy các Anten hoạt động độc lập với nhau, hệ số tương hỗ rất tốt. Hình 5 biểu diễn đồ thị bức xạ của Anten MIMO, kết quả mô phỏng cho thấy Anten đạt được hệ số bức xạ lớn nhất là 10,2 dBi. Anten MIMO đã đạt được hệ số và hệ số tương hỗ tương đối tốt. Tuy nhiên, khi tích hợp thêm tấm phản xạ giữa hai lớp Anten thì hệ số tăng ích của Anten MIMO được cải thiện. Hình 6 biểu diễn là đồ thị bức xạ của Anten và hình 7 là tham số  $S$  khi Anten MIMO khi có tấm phản xạ. Từ kết quả mô phỏng hình 6 cho thấy, khi tích hợp mặt phẳng phản xạ vào Anten thì Anten vẫn hoạt động xung quanh tần số trung tâm 5 GHz với băng tần đạt từ 4,82 GHz đến 5,12 GHz. Đặc biệt, độ tương hỗ giữa các phần tử trong Anten MIMO tốt hơn so với kết quả biểu diễn ở hình 4. Các giá trị tham số  $|S_{ij}|$  đều có giá trị nhỏ hơn  $-31$  dB trong toàn bộ băng tần hoạt động, giảm thêm 11 dB so với Anten không sử dụng tấm phản xạ. Bên cạnh đó, hệ số tăng ích của Anten MIMO được cải thiện, tăng từ 10,2 dBi lên 11,8 dBi. Trong cả hai trường hợp, hiệu suất của Anten đều đạt xấp xỉ 90%.



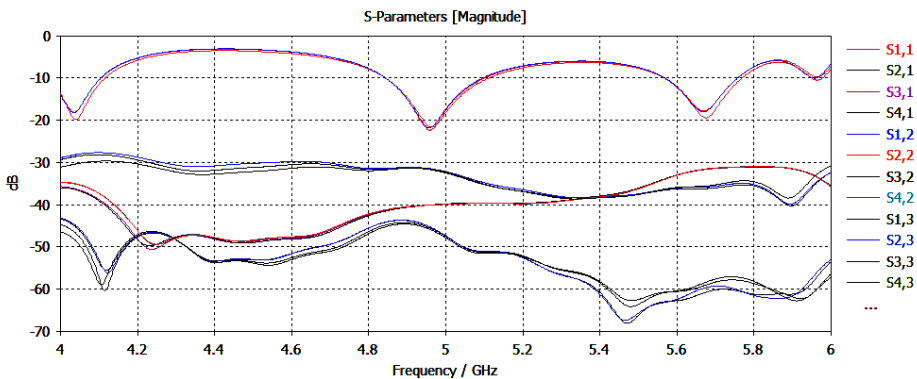
Hình 4. Kết quả mô phỏng tham số S của anten MIMO khi không có mặt phẳng phản xạ



Hình 5. Đồ thị bức xạ của anten mảng MIMO tại tần số 5 GHz khi không có mặt phẳng phản xạ



Hình 6. Đồ thị bức xạ của anten mảng MIMO tại tần số 5 GHz khi tích hợp mặt phẳng phản xạ



Hình 5. Kết quả mô phỏng tham số S của anten MIMO khi tích hợp mặt phẳng phản xạ

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất một anten mảng MIMO 4×4 hoạt động ở dải tần số xung quanh 5 GHz với băng tần đạt 3 hơn 310 MHz. Bằng cách sử dụng mặt phẳng phản xạ, anten đạt được hệ số tăng ích cao,

bằng 11.8 dBi tại tần số 5 GHz. Với hệ số tăng ích tốt, anten phù hợp với các ứng dụng thu phát ở khoảng cách xa, ví dụ như hệ thống định vị trong nhà, ứng dụng Wifi. Anten được thiết kế, tối ưu bằng phần mềm phương pháp phần tử hữu hạn

CST. Anten có nhược điểm là tương đối kích thước anten để có thể sử dụng được  
đầy, vì vậy, cần tiếp tục tối ưu để giảm cho các thiết bị cầm tay.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K. Du, Y. Wang, and Y. Hu, "Design and Analysis on Decoupling Techniques for MIMO Wireless Systems in 5G Applications," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 8. MDPI, Apr. 01, 2022. doi: 10.3390/app12083816.
- [2] M. Sharma, H. Malhotra, S. Sharma, and S. Panda, "2x2 MIMO Antenna Design & Analysis Strategies A systematic Review and Classifications," *2021 6th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC)*, 2021.
- [3] J. H. Lu, W. R. Chuang, and B. M. Chen, "A 5G/WiFi MIMO Antenna with Dual-band Operation in a small cell device," Aug. 2020. doi: 10.1109/iWEM49354.2020.9237432.
- [4] C. H. See, R. A. Abd-Alhameed, Z. Z. Abidin, N. J. McEwan, and P. S. Excell, "Wideband printed MIMO/diversity monopole antenna for WiFi/WiMAX applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 4, pp. 2028–2035, Apr. 2012, doi: 10.1109/TAP.2012.2186247.
- [5] S. Nej and A. Ghosh, "Quad elements dual band MIMO antenna for advanced 5G technology," Dec. 2020. doi: 10.1109/CICT51604.2020.9312060.
- [6] P. Mathur, R. Augustine, M. Gopikrishna, and S. Raman, "Dual MIMO Antenna System for 5G Mobile Phones, 5.2 GHz WLAN, 5.5 GHz WiMAX and 5.8/6 GHz WiFi Applications," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 106734–106742, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3100995.
- [7] A. MoradiKordalivand, T. A. Rahman, and M. Khalily, "Common Elements Wideband MIMO Antenna System for WiFi/LTE Access-Point Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 1601–1604, 2014, doi: 10.1109/LAWP.2014.2347897.
- [8] Vyshnavi Das S K T and Shanmuganatham, "CPW Fed Hand Shaped MIMO Antenna for IoT Application," *2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET)*, no. pp. 1-4, doi: 10.1109/ICCSDET.2018.8821109., 2018.
- [9] Ayman A. Isaac, Hussain M. Al-Rizzo, Ali I. Hammoodi, Said Abushamleh, and Haider R. Khaleel, "Isolation Enhancement of Two Planar Monopole Antennas for MIMO Wireless Applications," 2015.
- [10] Christos Oikonomopoulos-Zachos, Edlira Stavrou, Rens Baggen, and Oliver Litschke, "A MIMO Antenna Array with Shaped Beam in Waveguide Technology for WiFi Base Stations," 2017.
- [11] G. Ali Sarkar and S. Kumar Parui, "A DRA Based MIMO Antenna Array for WLAN Application."
- [12] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed. Wiley-Interscience, 2005.

#### Giới thiệu tác giả:



Tác giả Hoàng Thị Phương Thảo tốt nghiệp đại học ngành Điện tử - Viễn thông năm 2004, nhận bằng Thạc sĩ ngành điện tử - viễn thông năm 2007 và bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật viễn thông năm 2019 tại Đại học Bách khoa Hà Nội. Hiện nay, tác giả là giảng viên Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: thiết kế các phần tử siêu cao tần, nghiên cứu về các hệ thống định vị và các hệ thống thông tin vô tuyến thế hệ mới.

