

# THIẾT KẾ ĂNG-TEN VI DẢI SỬ DỤNG CÁC PHẦN TỬ THỤ ĐỘNG ĐỒNG PHẪNG ĐỂ CẢI THIẾN ĐỘ LỢI VÀ BĂNG THÔNG

Nguyễn Mạnh Hùng<sup>1\*</sup>, Nguyễn Hoài Giang<sup>1</sup>, Đỗ Đình Hưng<sup>1</sup>

Phạm Chí Công<sup>2</sup>, Trần Trung Hiếu<sup>1</sup>

\*Tác giả liên hệ, email: manhhung@hou.edu.vn. ORCID: 0009-0009-9582-0485

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 15/01/2026

Ngày phản biện đánh giá: 17/03/2026

Ngày bài báo được duyệt đăng: 14/04/2026

DOI: 10.59266/houjs.2026.1150

**Tóm tắt:** Bài báo đề xuất một cấu trúc ăng-ten vi dải băng rộng hoạt động tại 5,4 GHz nhằm khắc phục các hạn chế đặc trưng của ăng-ten vi dải truyền thống như băng thông hẹp và độ lợi thấp. Giải pháp được thực hiện bằng cách bổ sung các phần tử thụ động đồng phẳng đặt đối xứng hai bên phần tử bức xạ chính. Một ăng-ten chữ nhật cơ bản được thiết kế làm tham chiếu, sau đó lần lượt tích hợp một và hai phần tử thụ động để đánh giá ảnh hưởng đến hiệu năng. Mô phỏng được thực hiện trên phần mềm mô phỏng trường điện từ Ansys HFSS. Kết quả cho thấy, so với mẫu tham chiếu có băng thông 3,89% và độ lợi đỉnh 4,5 dBi, cấu trúc cuối cùng đạt băng thông 12,78% và độ lợi 6,7 dBi, tương ứng tăng hơn ba lần về băng thông và 2,2 dB về độ lợi. Kết quả khẳng định các phần tử thụ động đồng phẳng là giải pháp đơn giản và hiệu quả để đồng thời mở rộng băng thông và nâng cao độ lợi cho ăng-ten vi dải.

**Từ khóa:** ăng-ten, vi dải, phần tử thụ động, HFSS, độ lợi, băng thông

## I. Đặt vấn đề

Ăng-ten vi dải (Microstrip Antenna - MSA) là một trong những cấu trúc ăng-ten được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống thông tin vô tuyến hiện đại nhờ các ưu điểm như cấu trúc phẳng, trọng lượng nhẹ, kích thước nhỏ gọn, chi phí chế tạo thấp và khả năng tích hợp trực tiếp trên bảng mạch in (PCB) cùng các mạch điện

tử khác (Sultana, 2025; Reddy, 2024). Nhờ những đặc điểm này, MSA được ứng dụng phổ biến trong các hệ thống thông tin di động, mạng WLAN, hệ thống định vị toàn cầu (GPS) và nhiều thiết bị truyền thông không dây khác.

Tuy nhiên, các ăng-ten vi dải truyền thống thường có băng thông hoạt động hẹp và độ lợi bức xạ tương đối thấp. Để

<sup>1</sup> Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Mở Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup> Viện nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa, Hà Nội, Việt Nam

cải thiện các đặc tính này, nhiều kỹ thuật đã được nghiên cứu nhằm mở rộng băng thông và nâng cao hiệu năng của MSA. Các phương pháp phổ biến bao gồm sử dụng lớp điện môi dày với hằng số điện môi thấp, tạo các khe trên phần tử bức xạ hoặc mặt phẳng đất (Defected Ground Structure - DGS) (Zulkifli, 2023), thiết kế các cấu trúc đa cộng hưởng, cũng như sử dụng các phần tử thụ động (parasitic elements) đặt gần phần tử bức xạ chính (Chen, 2025).

Trong số đó, kỹ thuật sử dụng phần tử thụ động được xem là một giải pháp hiệu quả và có cấu trúc đơn giản. Các phần tử kim loại không được cấp nguồn trực tiếp khi đặt gần phần tử bức xạ chính sẽ được kích thích bởi trường điện từ cảm ứng, từ đó hình thành các cộng hưởng phụ gần với tần số cộng hưởng chính. Sự chồng lấp của các cộng hưởng này giúp mở rộng băng thông hoạt động của ăng-ten (Dos Santos, 2025). Đồng thời, nếu được bố trí hợp lý, các phần tử thụ động có thể đóng vai trò như các phần tử dẫn xạ trong cấu trúc tương tự mảng Yagi-Uda phẳng, góp phần định hướng năng lượng bức xạ và cải thiện độ lợi của ăng-ten.

Mặc dù các nghiên cứu (Kashyap, 2022; Sultana, 2025) đã đạt được những kết quả nhất định trong việc cải thiện hiệu năng ăng-ten ở dải tần 5 GHz, nhưng nhiều cấu trúc vẫn đối mặt với thách thức về sự cân bằng giữa kích thước và độ lợi, hoặc quy trình chế tạo phức tạp. Cụ thể, các thiết kế sử dụng cấu trúc DGS thường làm tăng bức xạ ngược, trong khi các mảng ăng-ten truyền thống lại có kích thước quá lớn so với các thiết bị IoT cầm tay.

Trong nghiên cứu này, kỹ thuật sử dụng các phần tử thụ động đồng phẳng được khảo sát một cách hệ thống. Trước hết, một

ăng-ten vi dải chữ nhật cơ bản được thiết kế làm cấu trúc tham chiếu (Ant-1). Sau đó, một và hai phần tử thụ động được lần lượt bổ sung đối xứng hai bên phần tử bức xạ chính để hình thành các cấu trúc Ant-2 và Ant-3. Toàn bộ quá trình thiết kế và mô phỏng được thực hiện bằng phần mềm Ansys HFSS nhằm đánh giá định lượng ảnh hưởng của các phần tử thụ động đến băng thông và độ lợi của ăng-ten.

## II. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Nguyên lý cải thiện băng thông và độ lợi bằng phần tử thụ động

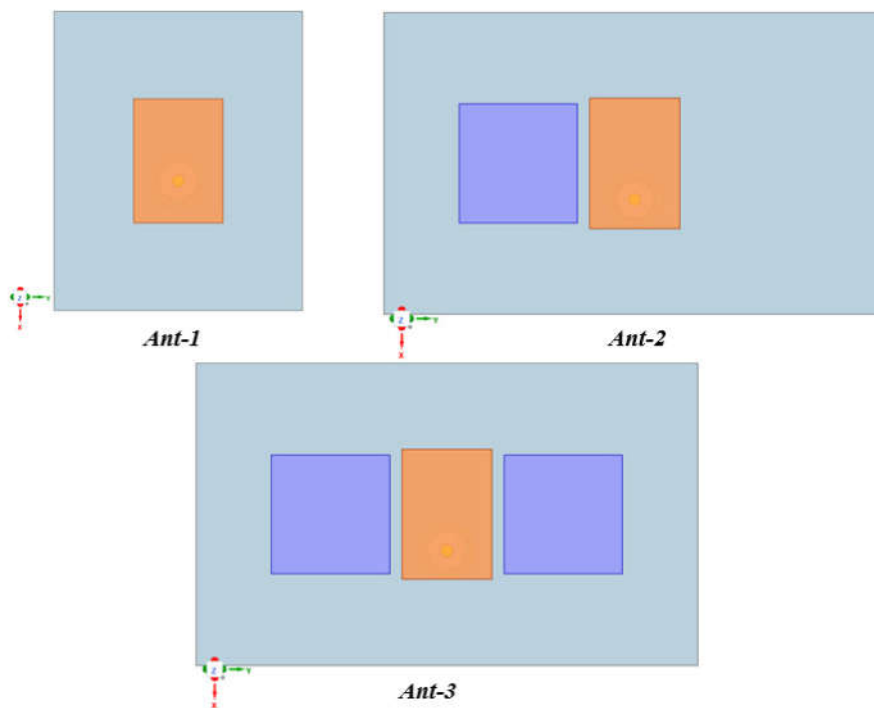
Sử dụng phần tử thụ động đặt giữa các phần tử ăng-ten là một phương pháp để giảm thiểu ảnh hưởng của hiện tượng tương hỗ, cải thiện độ lợi và mở rộng băng thông. Cách tiếp cận này giúp loại bỏ một phần hoặc toàn bộ trường cảm ứng trong vùng gần của các phần tử ăng-ten. Hiện tượng tương hỗ trên ăng-ten bị ảnh hưởng sẽ giảm khi phần tử thụ động tạo ra trường tương hỗ ngược chiều, từ đó triệt tiêu một phần trường tương hỗ ban đầu. Để đạt được hiệu ứng cộng hưởng, các phần tử thụ động thường không được kết nối vật lý trực tiếp với các ăng-ten hoặc được kết nối với mặt phẳng đất. Các phần tử thụ động này đóng vai trò quan trọng trong việc quản lý băng thông, mức độ giảm tương hỗ và dải tần cách ly của hệ thống.

Trong ăng-ten vi dải truyền thống, phần tử bức xạ chính thường chỉ tạo ra một cộng hưởng chủ đạo nên băng thông hoạt động tương đối hẹp. Khi các phần tử thụ động được đặt gần phần tử bức xạ chính, sự ghép điện từ giữa các phần tử sẽ tạo ra các cộng hưởng phụ tại những tần số lân cận với cộng hưởng chính. Vì vậy giúp mở rộng dải tần của ăng-ten mà điều kiện  $|S_{11}| < -10$  dB được thỏa mãn, từ đó cải thiện băng thông của ăng-ten.

Ngoài ra, các phần tử thụ động khi được kích thích bởi trường điện từ từ phần tử bức xạ chính sẽ tái bức xạ năng lượng và có thể hoạt động tương tự các phần tử dẫn xạ trong cấu trúc Yagi-Uda phẳng. Nhờ đó, năng lượng bức xạ được tập trung tốt hơn theo phương bức xạ chính, góp phần nâng cao độ lợi của ăng-ten. Trong nghiên cứu này, các cấu trúc Ant-1, Ant-2 và Ant-3 được khảo sát bằng phần mềm mô phỏng trường điện từ Ansys HFSS nhằm đánh giá ảnh hưởng của các phần tử thụ động đến đặc tính phản xạ và độ lợi của ăng-ten. Kết quả mô phỏng sẽ được trình bày trong phần tiếp theo để làm rõ sự cải thiện hiệu năng khi sử dụng các phần tử thụ động.

## 2.2. Cấu trúc ăng-ten đề xuất

Để đánh giá định lượng hiệu quả của phần tử thụ động đồng phẳng trong việc cải thiện băng thông và độ lợi, nghiên cứu triển khai quy trình phát triển cấu trúc theo ba bước được thể hiện trong hình 1. Trước hết, một ăng-ten vi dải chữ nhật truyền thống được thiết kế làm cấu trúc tham chiếu, ký hiệu Ant-1. Từ Ant-1, cấu hình Ant-2 được hình thành bằng cách bổ sung một phần tử thụ động đặt về một phía của phần tử bức xạ chính theo trục Ox. Cuối cùng, cấu hình Ant-3 (cấu trúc hoàn thiện) được phát triển bằng cách bổ sung hai phần tử thụ động đặt đối xứng hai bên phần tử bức xạ chính, đồng thời tinh chỉnh các kích thước để các cấu hình cùng làm việc ổn định quanh tần số mục tiêu 5,4 GHz.



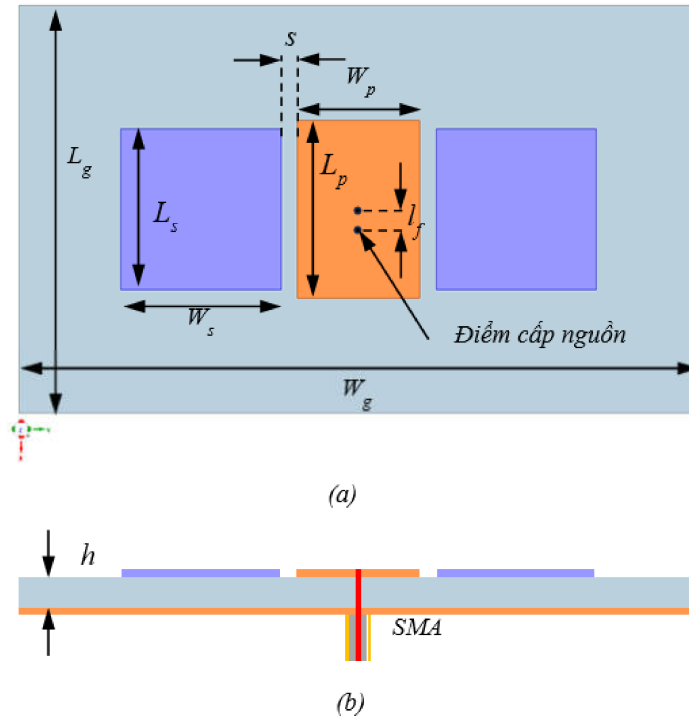
Hình 1: Quy trình cải tiến cấu trúc ăng-ten

Về cấu trúc, ăng-ten được mô phỏng trên nền điện môi FR-4 có độ dày  $h = 1,6$  mm và hằng số điện môi  $\epsilon_r = 4,4$ . Kích thước tấm nền lần lượt là  $L_g$  và  $W_g$ . Trên mặt trên của nền, phần tử bức

xạ chính có dạng hình chữ nhật với kích thước  $L_p \times W_p$  và được cấp nguồn tại vị trí lệch tâm một khoảng  $l_f$  (tính từ tâm của phần tử bức xạ). Hai phần tử thụ động đồng phẳng có kích thước  $L_s \times W_s$  được

bố trí đối xứng hai bên phần tử bức xạ chính theo trục  $Ox$ , với khe hở ghép điện tử giữa phần tử thụ động và phần tử bức

xạ chính là  $s$ . Cấu trúc hình học chi tiết và các tham số kích thước tương ứng được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2: Cấu trúc của ăng-ten sử dụng phần tử thụ động để xuất (Ant-3).

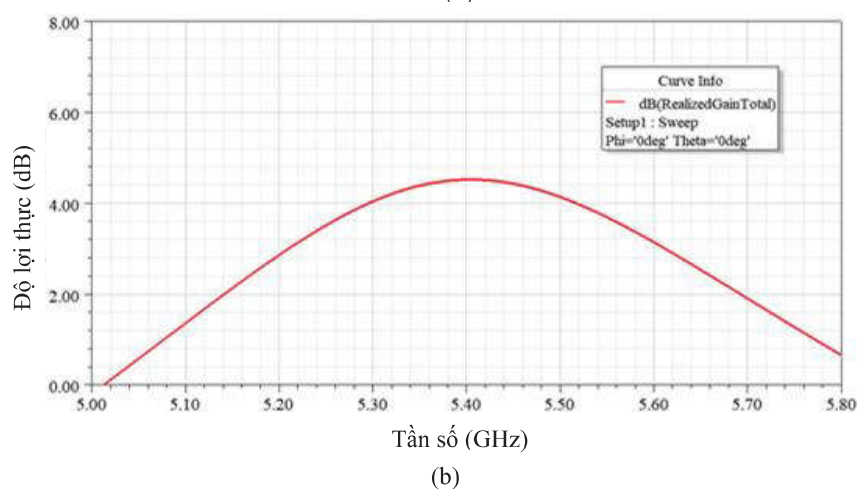
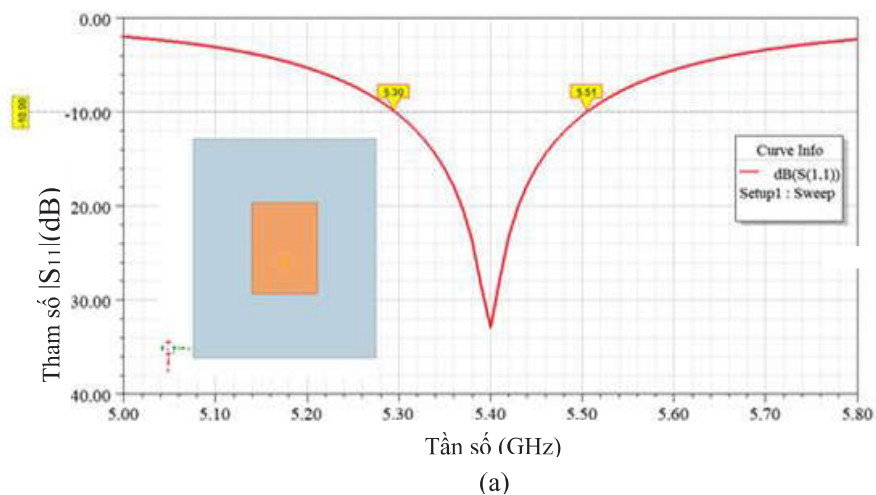
Bảng 1: Kích thước tối ưu của ăng-ten vi dải băng rộng một phần tử (đơn vị: mm)

Kích thước	Giá trị	Kích thước	Giá trị
$L_g$	30	$W_g$	50
$L_p$	13	$W_p$	9
$L_s$	11,8	$W_s$	11,8
$l_f$	3,6	$s$	0,6
$h$	1,6		

Trên cơ sở cấu trúc hình học trình bày ở hình 2, các tham số kích thước chi tiết của ăng-ten đề xuất (Ant-3) được tổng hợp trong Bảng 1. Điểm khác biệt chính của cấu trúc Ant-3 là việc bố trí đối xứng các phần tử thụ động quanh trục bức xạ chính, giúp duy trì sự cân bằng của phân bố dòng điện bề mặt.

### III. Kết quả và thảo luận

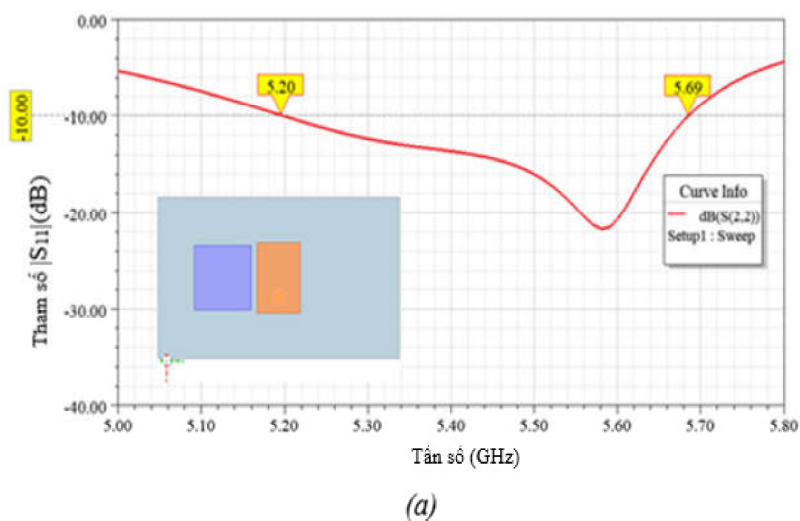
Trong phần này, hiệu năng của các cấu hình ăng-ten được đánh giá thông qua mô phỏng điện từ toàn sóng trên Ansys HFSS, tập trung vào hai chỉ tiêu chính là hệ số phản xạ  $|S_{11}|$  và độ lợi thực. Trước hết, cấu hình tham chiếu Ant-1 được sử dụng để làm mốc so sánh; sau đó, các cấu hình Ant-2 và Ant-3 với phần tử thụ động đồng phẳng được phân tích nhằm làm rõ mức cải thiện băng thông và độ lợi khi bổ sung phần tử thụ động đồng phẳng được phân tích nhằm làm rõ mức cải thiện băng thông và độ lợi khi bổ sung phần tử thụ động.

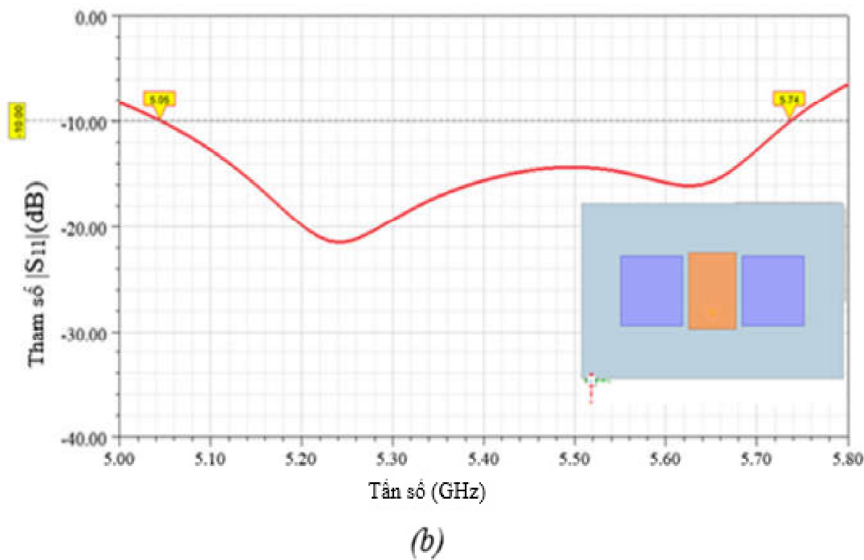


Hình 3: Kết quả mô phỏng của ăng-ten không sử dụng phần tử thụ động:  
(a)  $|S_{11}|$ ; (b) độ lợi thực

Hình 3 trình bày kết quả mô phỏng của ăng-ten tham chiếu Ant-1 (không sử dụng phần tử thụ động). Kết quả cho thấy ăng-ten vi dải truyền thống có dải thông

hẹp, chỉ khoảng 3,89% quanh tần số cộng hưởng trung tâm 5,4 GHz. Đồng thời, độ lợi thực đạt trên 4 dBi, với độ lợi đỉnh khoảng 4,5 dBi.

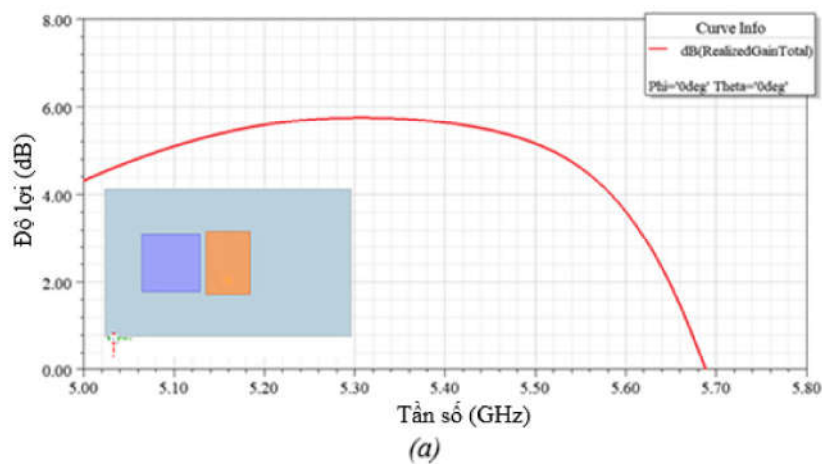


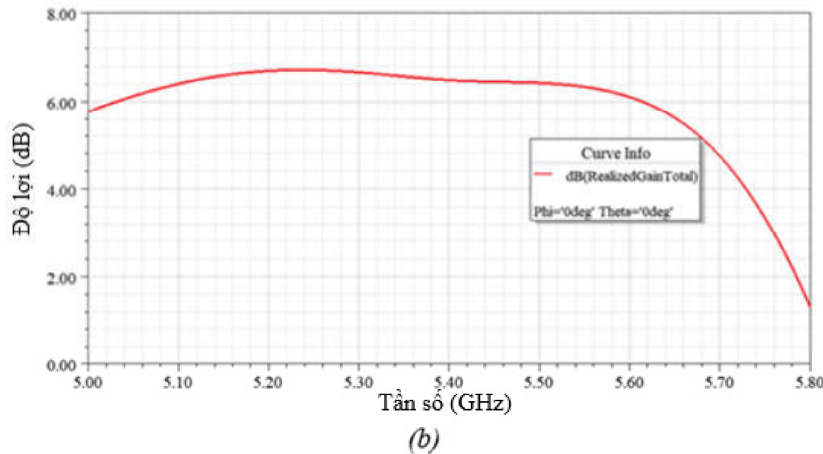


Hình 4: Kết quả mô phỏng  $|S_{11}|$  của ăng-ten có sử dụng phân tử thụ động:  
(a) Ant-2 ; (b) Ant-3

Khi bổ sung các phân tử thụ động đồng phẳng, đặc tính phối hợp trở kháng của ăng-ten được cải thiện rõ rệt. Hình 4 thể hiện kết quả mô phỏng tham số tán xạ của Ant-2 và Ant-3. So với Ant-1, dải thông theo tiêu chuẩn  $|S_{11}| \leq -10\text{dB}$  được mở rộng đáng kể nhờ cơ chế cộng hưởng phụ và chồng lấp cộng hưởng. Cụ thể, Ant-2 đạt băng thông 490 MHz (9,07%), trong khi Ant-3 đạt 690 MHz (12,78%), tức mở rộng xấp xỉ 3 lần so với cấu hình tham chiếu.

Về đặc tính bức xạ, Hình 5 cho thấy độ lợi tăng cùng xu hướng với mức mở rộng băng thông. Cụ thể, Ant-2 đạt độ lợi đỉnh gần 6 dBi, và Ant-3 đạt 6,7 dBi, tương ứng tăng khoảng 2,2 dB so với Ant-1. Sự gia tăng độ lợi có thể lý giải như sau: các phân tử thụ động khi được kích thích sẽ tái bức xạ và có xu hướng tăng cường trường bức xạ theo phương ưu tiên, làm năng lượng bức xạ tập trung hơn so với trường hợp chỉ có phần tử bức xạ chính. Với Ant-3, bố trí đối xứng còn góp phần duy trì phân bố trường cân bằng, nhờ đó độ lợi đạt mức cao hơn và ổn định hơn so với cấu hình chỉ có một phân tử thụ động.





Hình 5: Kết quả mô phỏng độ lợi của ăng-ten có sử dụng phần tử thụ động:  
(a) Ant-2 ; (b) Ant-3

Tóm lại, từ các kết quả ở trên đã khẳng định rằng phần tử thụ động đồng phẳng là giải pháp hiệu quả để đồng thời mở rộng băng thông và nâng cao độ lợi cho ăng-ten vi dải, trong đó cấu hình Ant-3 cho hiệu năng tốt nhất trong các cấu hình khảo sát.

#### IV. Kết luận

Nghiên cứu đã đề xuất và khảo sát một cấu trúc ăng-ten vi dải băng rộng hoạt động tại tần số trung tâm 5,4 GHz bằng cách sử dụng các phần tử thụ động đồng phẳng. Thông qua quá trình phát triển theo ba cấu hình Ant-1/Ant-2/Ant-3 và mô phỏng điện từ toàn sóng trên Ansys HFSS, kết quả cho thấy việc bổ sung phần tử thụ động giúp cải thiện rõ rệt hiệu năng ăng-ten. Cụ thể, so với ăng-ten tham chiếu Ant-1 có băng thông 3,89% và độ lợi đỉnh 4,5 dBi, cấu hình hoàn thiện Ant-3 đạt băng thông 12,78% và độ lợi đỉnh 6,7 dBi, tương ứng tăng hơn ba lần về băng thông và tăng khoảng 2,2 dB về độ lợi, đây là mức vượt trội so với các thiết kế tương tự sử dụng cùng vật liệu FR-4. Các kết quả này khẳng định kỹ thuật sử dụng phần tử thụ động đồng phẳng là một giải pháp đơn giản, dễ triển khai và hiệu quả để đồng

thời mở rộng băng thông và nâng cao độ lợi cho ăng-ten vi dải. Trong các cấu hình khảo sát, Ant-3 cho hiệu năng tốt nhất, với dải tần hoạt động ổn định từ khoảng 5,1 GHz đến 5,8 GHz và độ lợi cao, ăng-ten đề xuất hoàn toàn đáp ứng các tiêu chuẩn cho hệ thống WLAN 802.11a/n/ac/ax, các trạm thu phát C-band tầm ngắn, hoặc làm nút cảm biến hiệu năng cao trong mạng IoT công nghiệp.

#### Tài liệu tham khảo

- Brown, T., De Carvalho, E., & Kyritsi, P. (2012). *Practical guide to the MIMO radio channel with MATLAB examples*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119944966>
- Chen, C. (2025). Mutual coupling reduction in a single-layer wideband triangular microstrip patch antenna array. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*.
- Dos Santos, R. A., Sousa, N. M. L., Bianchi, I., & Nascimento, D. C. (2025). Dual-polarized microstrip patch antenna with enhanced bandwidth and gain using mode perturbation and  $\lambda/4$  resonator coupling. *IEEE Open Journal of Antennas and Propagation*.

- Hasan, M. N., Chu, S., & Bashir, S. (2019). A DGS monopole antenna loaded with U-shape stub for UWB MIMO applications. *Microwave and Optical Technology Letters*, 61(9), 2141-2149.
- Kashyap, P. A., Sarmah, K., Dakua, I., & Baruah, S. (2022). Gain and bandwidth enhancement of slotted microstrip antenna using metallic nanofilms for WLAN applications. *Journal of King Saud University - Science*, 35(3), Article 102374.
- Lin, S.-Y., & Liu, I.-H. (2013). Small inverted-U loop antenna for MIMO applications. *Progress in Electromagnetics Research C*, 34, 69-84.
- Mathar, R., & Schmeink, A. (2010). Increasing signaling power not necessarily improves channel capacity. In *2010 4th International Conference on Signal Processing and Communication Systems*.
- Nguyễn, H., Phạm, P., Nguyễn, G. H., Nguyễn, D. T., & Nguyễn, Q. D. (2023). A design of MIMO antenna with high isolation and compact size characteristics. *IEEE Access*, 11, 88354-88365.
- Reddy, A. P. (2024). Bandwidth and gain enhancement of truncated microstrip patch antenna for WLAN applications. *Telecommunications and Radio Engineering*, 84(1).
- Sultana, M., Chowdhury, S. M. A. Z., & Alim, M. A. (2025). Compact U-slot microstrip antenna for Wi-Fi 5/6: Enhancing gain, bandwidth, and efficiency. *Journal on Wireless Communications and Networking*.
- Zulkifli, F. Y., & Iqbal, M. W. (2023). Bandwidth and gain enhancement of microstrip leaky-wave antennas with slot and defected ground structure. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 55(3), 289-299.

# DESIGN OF MICROSTRIP ANTENNA USING COPLANAR PARASITIC ELEMENTS TO IMPROVE GAIN AND BANDWIDTH

Nguyen Manh Hung<sup>1</sup>, Nguyen Hoai Giang<sup>1</sup>, Do Dinh Hung<sup>1</sup>,  
Pham Chi Cong<sup>2</sup>, Tran Trung Hieu<sup>1</sup>

**Abstract:** *This paper proposes a wideband microstrip antenna design operating at 5.4 GHz to address the inherent limitations of conventional microstrip antennas, namely narrow bandwidth and low gain. The proposed approach involves incorporating coplanar parasitic elements positioned symmetrically on either side of the main radiating patch. A basic rectangular patch antenna is initially designed as a reference model; subsequently, one and then two parasitic elements are integrated to evaluate their effects on antenna performance. Simulations are conducted using Ansys HFSS electromagnetic simulation software. The results demonstrate that, compared to the reference model-which exhibits a fractional bandwidth of 3.89% and a peak gain of 4.5 dBi-the final structure achieves a fractional bandwidth of 12.78% and a peak gain of 6.7 dBi. This corresponds to a more than threefold increase in bandwidth and a 2.2 dB gain enhancement. These findings confirm that integrating coplanar parasitic elements is a straightforward and highly effective technique for simultaneously broadening the bandwidth and enhancing the radiation gain of microstrip antennas.*

**Keywords:** *antenna, microstrip, parasitic element, HFSS, gain, bandwidth*

---

<sup>1</sup> Faculty of Electric and Electronic Engineering, Hanoi Open University, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup> Vietnam Research Institute of Electronics, Informatics and Automation, Hanoi, Vietnam