

THIẾT KẾ ANTEN KHE HÌNH CHỮ NHẬT CHO ỨNG DỤNG WLAN 2.4GHz

Nguyễn Thị Ngọc Nương, Đỗ Hữu Hậu, Lương Vinh Quốc Danh

Tóm tắt: Bài viết này trình bày về thiết kế anten khe hình chữ nhật phân cực ngang cấp nguồn đơn băng rộng cho ứng dụng WLAN 2.4 GHz. Anten được thiết kế bằng ống nhôm hình chữ nhật có độ rộng 99mm, chiều cao 42mm và dày 1.2mm với các khe chữ nhật được khắc trên bề mặt ống nhôm. Các thông số của anten đã được tối ưu nhằm đạt được một anten khe hình chữ nhật phân cực ngang tại dải tần của WLAN 2.4 GHz, độ lợi cực đại anten đạt 12.643 dB, băng thông hoạt động đạt 175.3 MHz. Kết quả mô phỏng và đo đạc là khá phù hợp nhau.

Từ khóa: Anten khe, ống dẫn sóng, phân cực ngang, WLAN

DESIGN OF A HORIZONTALLY POLARIZED RECTANGULAR FOR 2.4GHz WLAN APPLICATION

Nguyen Thi Ngoc Nuong, Do Huu Hau, Luong Vinh Quoc Danh

Abstract: This paper presents the design of a horizontally polarized rectangular waveguide antenna with longitudinal slotted arrays for 2.4 GHz WLAN applications. The designed antenna is an aluminium rectangular tube with the dimensions of 99mm x 42mm x 1.2mm (L x W x T). All parameters of antenna has been optimized in order to have a horizontally polarized waveguide antenna at WLAN 2.4GHz band. This antenna has maximum gain of 12.643 dB, and bandwidth of 175.3 MHz. Measured results of the fabricated antennas agree rather well with simulated ones.

Keywords: Slot antenna, horizontally polarization, WLAN.

Nhận bài: 02/12/2024

Phản biện: 29/12/2024

Duyệt đăng: 03/01/2025

I. GIỚI THIỆU

Những anten khe ống dẫn sóng thường được sử dụng như những anten sóng viba đa hướng. Theo Watson, mạng khe được phát minh vào năm 1943 tại đại học McGill ở Montreal. Điểm nổi bật của những anten này là sự phân cực ngang và độ lợi đa hướng xung quanh góc phương vị. Chúng cũng đơn giản, mạnh mẽ và khá dễ để xây dựng. Anten khe ống dẫn sóng được cấu tạo từ một ống dẫn sóng chữ nhật hoặc tròn, trên thành ống được cắt 1 hoặc nhiều khe có độ dài bằng nửa bước sóng (khe nửa bước sóng). Thông thường, khi dùng ống dẫn sóng chữ nhật thì dạng sóng kích thích là sóng H10 còn khi dùng ống dẫn sóng tròn thì dạng sóng kích thích là sóng H11

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan Anten khe

Chiều rộng khe (Slot Width) chiều rộng cần thiết cho mỗi khe là rất nhỏ so với chiều dài và bằng có kích thước tỷ lệ 1:9 so với chiều dài. Nếu tăng chiều rộng quá lớn thì nó sẽ gây ra hiện tượng ngắt dòng. Chiều rộng của khe được giới hạn trong khoảng đến [1].

Khoảng cách từ tâm đến khe (Slot offset) khoảng cách này có giá trị lớn hơn, nếu giảm khoảng cách này thì băng thông sẽ lớn hơn và tần số cắt cao hơn. Ngược lại, nếu tăng khoảng cách này thì băng thông sẽ bị thu hẹp và tần số cắt thấp hơn [1].

Khoảng cách giữa tâm của hai khe (Spacing

between Slot Centers) khoảng cách cần thiết giữa hai khe là $\frac{1}{2} \lambda_g$. Nếu khoảng cách này thay đổi nó gây ra sự dịch chuyển tần số hoạt động. Tăng khoảng cách làm giảm tần số hoạt động của anten và giảm khoảng cách sẽ làm tăng tần số hoạt động của anten. Khoảng cách này có thể thay đổi một lượng là $\frac{1}{20} \lambda_g$ theo cả hai hướng mà không ảnh hưởng đến thông số của anten [1].

Chiều dài Feed (Feed Length) khi thay đổi chiều dài Feed sẽ làm ảnh hưởng tới tần số hoạt động, tỷ số sóng đứng điện áp và sự phối hợp trở kháng giữa đường cáp đồng trục và ống dẫn sóng [1].

Đường kính Feed (Feed Diameter) khi đường kính rộng có khuynh hướng làm tăng dải tần hoạt động, đường kính giảm có khuynh hướng làm giảm dải tần hoạt động. Thông thường thì tỷ lệ giữa đường kính với chiều dài là 1:15 [1].

Vị trí Feed (Feed Location) vị trí của Feed so với điểm đầu trên ống dẫn sóng có thể là $\frac{1}{4} \lambda_g$ hoặc $\frac{1}{8} \lambda_g$ [1].

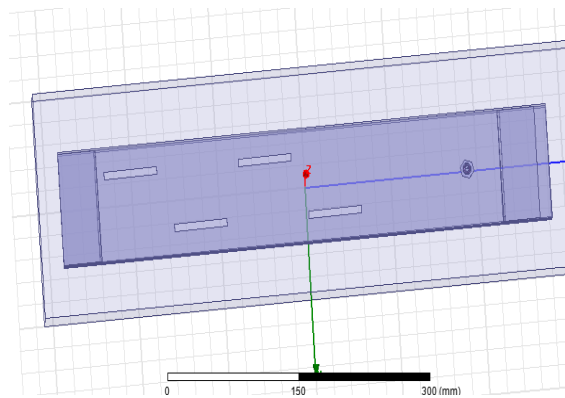
Đã có nhiều bài báo giới thiệu các loại anten khe ống dẫn sóng được công bố trong thời gian qua, chẳng hạn như M. Al-Husseini1, A. El-Hajj 2, and K. Y. Kabalan 2 thiết kế anten 10 khe hình ellip trên ống dẫn sóng hoạt động ở tần số 3GHz, truyền sóng theo mode TE10 [2], Rashid Ahmad Bhatti, Amna Ikram, Jahangir K Kayani thiết kế anten 18 khe chữ nhật trên ống dẫn sóng cấp

nguồn bằng cáp đồng trục, hoạt động ở tần số 16.5GHz [3], Andries Johannes Nicolaas Maritz thiết kế anten 20 khe chữ Z trên ống dẫn sóng WR75 hoạt động ở tần số 10.5 GHz [4]. Nội dung bài viết này trình bày việc thiết kế một anten khe ống dẫn sóng hình chữ nhật phân cực ngang có độ lợi cao tiếp điện bằng cáp đồng trục vào ứng dụng cho hệ thống WLAN dải tần 2.4 GHz, khảo sát sự ảnh hưởng của việc gắn thêm hai cánh hai bên đến các thông số độ lợi, độ rộng búp sóng (HPBW), đồng thời tiến hành nghiên cứu và thực nghiệm việc chế tạo một antenna ống dẫn sóng sử dụng loại ống nhôm

chữ nhật thương phẩm phổ biến trên thị trường. Anten được thiết kế có độ lợi lớn hơn anten toàn hướng của access point khoảng 10 dB. Kết quả mô phỏng trên máy tính thông số tán xạ S11 được so sánh với kết quả đo đạc thực tế. Độ lợi của anten cũng được kiểm chứng thực tế thông qua việc đo đạc và so sánh sử dụng access point với anten có độ lợi 2 dBi.

2.2. Thiết kế

Anten được thiết kế dựa trên ống nhôm hình chữ nhật như Hình 1 và được khắc 4 khe song song và lệch nhau trên mặt bức xạ, với dải tần hoạt động là 2.4 GHz – 2.5 GHz, được phân cực thẳng.

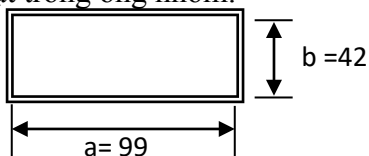


Hình 1: Hình dạng anten được thiết kế trên phần mềm HFSS

Tính toán các thông số và kích thước của anten khe: Việc xác định các kích thước, các thông số và kỹ thuật tiếp điện của anten là quan trọng trong việc thiết kế anten nói chung và anten khe nói riêng. Từ các thông số này ta sẽ đưa ra các thông số tối ưu bằng cách mô phỏng anten sử dụng phần mềm Ansoft HFSS [9].

Bước 1: Tính bước sóng ở tần số cắt (cut-off wavelength, λ_c)

Để xác định bước sóng λ_c ở tần số cắt ta sử dụng công thức 4.1 trong đó m là số $\lambda/2$ thay đổi dọc theo chiều rộng a của mặt trong ống nhôm, còn n là số $\lambda/2$ thay đổi dọc theo chiều cao b của mặt trong ống nhôm.



Hình 2: Kích thước ống nhôm

$$\lambda_c = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}} \quad (2.1)$$

Do truyền sóng theo mode TE₁₀ nên ta có

$$m = 1, n = 0, \text{ thế } m, n \text{ vào 1.1 ta được } \lambda_c = 2a \\ \Rightarrow \lambda_c = 2 \times 99 = 198\text{mm}$$

Bước 2: Tính bước sóng ống dẫn sóng (waveguide wavelength, λ_g)

Giá trị λ_g được xác định theo biểu thức sau: [5], [6], [7], [8]

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}} \quad (2.2)$$

Với λ là bước sóng trong không gian tự do ở tần số trung tâm 2.45GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2.45 \cdot 10^9} = 122.45\text{mm} \quad (2.3)$$

$c = 3 \times 10^8$ [m/s]: là vận tốc ánh sáng.

$f = 2.45\text{GHz}$

Thế λ và λ_c vào 2.2 ta được

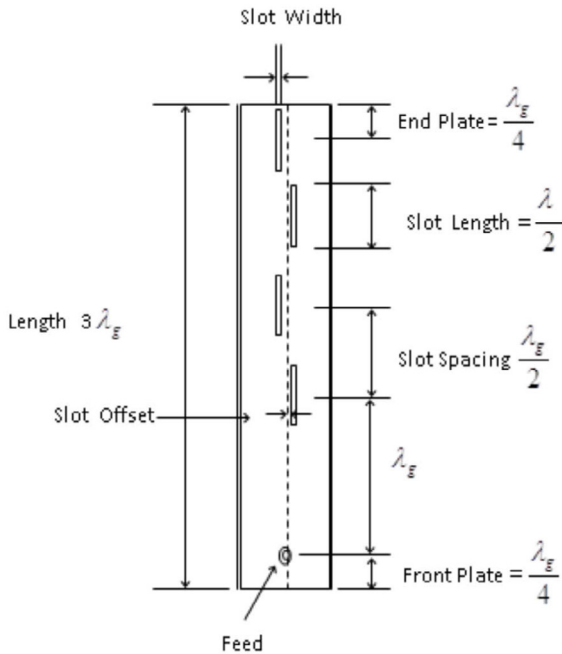
$$\lambda_g = \frac{122.45}{\sqrt{1 - \left(\frac{122.45}{198}\right)^2}} = 155.82\text{mm}$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_g}{4} = \frac{155.82}{4} = 38.96\text{mm}$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_g}{2} = \frac{155.82}{2} = 77.91\text{mm}$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda}{2} = \frac{122.45}{2} = 61.23\text{mm}$$

Thông số thiết kế ban đầu của anten 4 khe ống dẫn sóng hình chữ nhật như sau:

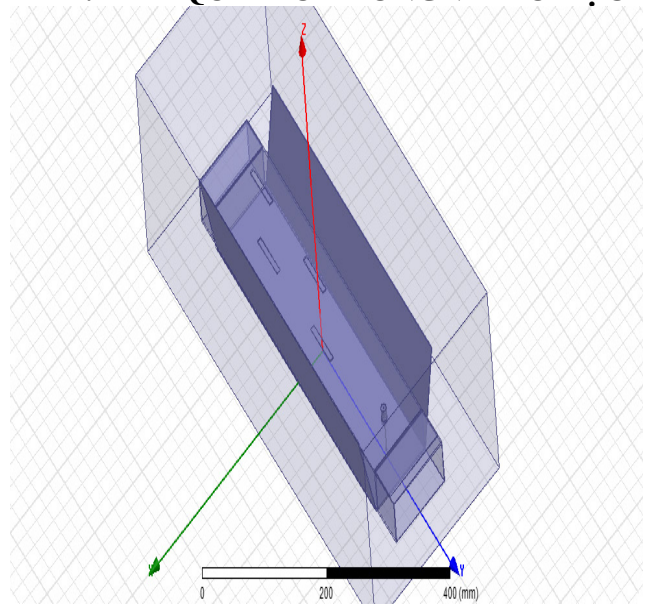


Tên	Kích thước
Slot Length	58 mm
Slot Offset	25.97 mm
Slot Width	6.44 mm
Slot Spacing	77.91 mm
End Plate	38.96 mm
Front Plate	38.96 mm
Feed Length	30 mm
Feed Width	2 mm
Length	467.46mm

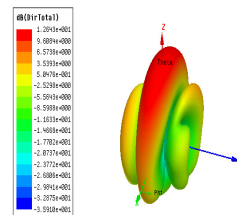
III. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ ĐO ĐẠC

Hình 3: Vị trí và kích thước khe trên ống dẫn sóng
Bảng 1: Tổng hợp kích thước đã tính của anten thiết kế ban đầu

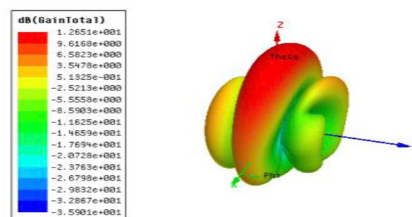
Tên	Phương pháp xác định	Kích thước
Slot Length	$\lambda/2$	61.23 mm
Slot Offset	$\lambda/6$	25.97mm
Slot Width	1:9	6.8 mm
Slot Spacing	$\lambda/2$	77.91mm
End Plate	$\lambda/4$	38.96mm
Front Plate	$\lambda/4$	38.96mm
Feed Length	b/2	21mm
Feed Width	1:15	1.4mm
Length	$3 \lambda g$	467.46mm



Hình 4: Anten được thiết kế trên phần mềm HFSS
 Độ định hướng (Directivity):



Hình 5: Độ định hướng của anten
 Độ định hướng cực đại của anten là 12.643 dB.
 Độ lợi (Gain):

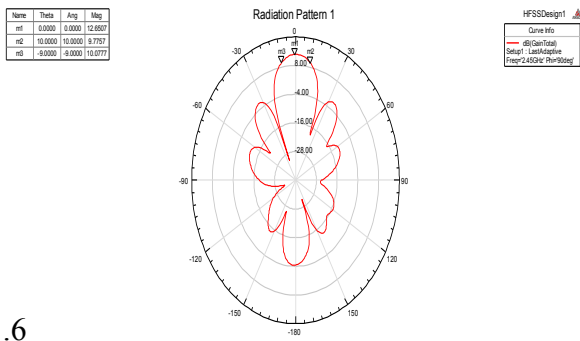


Hình 6: Độ lợi của anten

Tối ưu các thông số kỹ thuật cho anten: từ các thông số đã tính toán, ta dùng phần mềm Ansoft HFSS [9] để thiết kế và mô phỏng anten sao cho đạt các tiêu chuẩn anten đã đề ra bằng cách thay đổi lần lượt từng thông số cần thiết

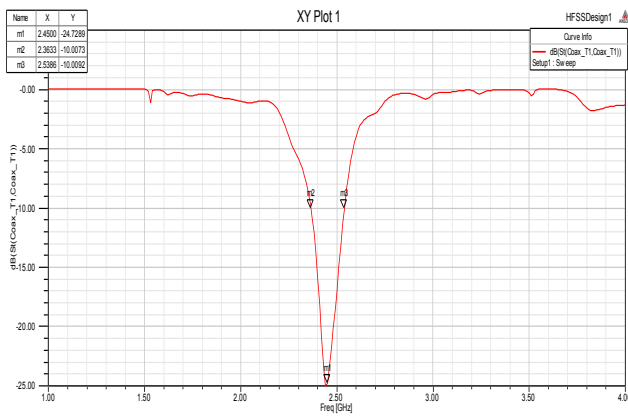
Bảng 2: Kích thước anten đã được tối ưu hóa phần mềm Ansoft HFSS

Độ lợi cực đại của anten là 12.651 dB.
 Đồ thị bức xạ (Radiation Pattern):



Hình 7: Đồ thị bức xạ của anten

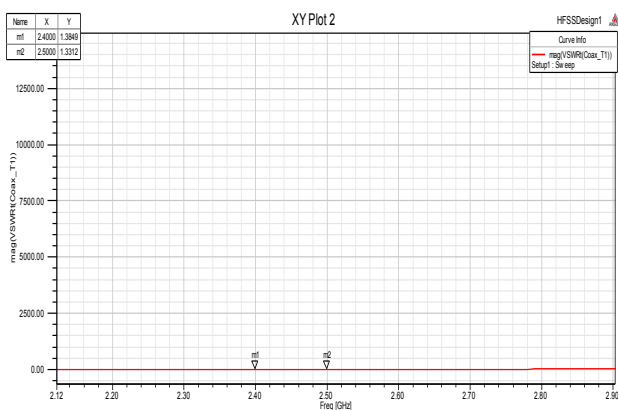
Góc phát của anten đạt 20 độ theo hướng Vertical của anten.
 S-parameters (Hệ số phản xạ S11)



Hình 8: Hệ số phản xạ (S11) của anten

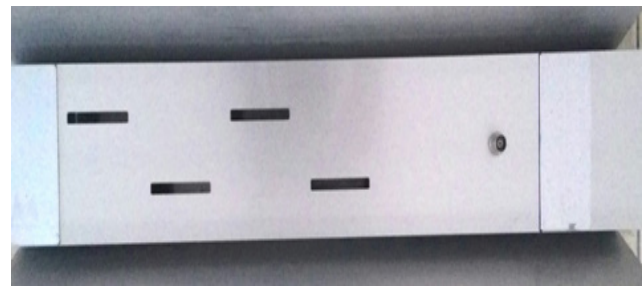
Tần số cộng hưởng của anten là 2.45GHz, băng thông đạt 175.3 MHz và S11 tại tần số trung tâm 2.45GHz là -24.7289 giá trị này đã đạt yêu cầu.

Tỷ số sóng đứng (VSWR):

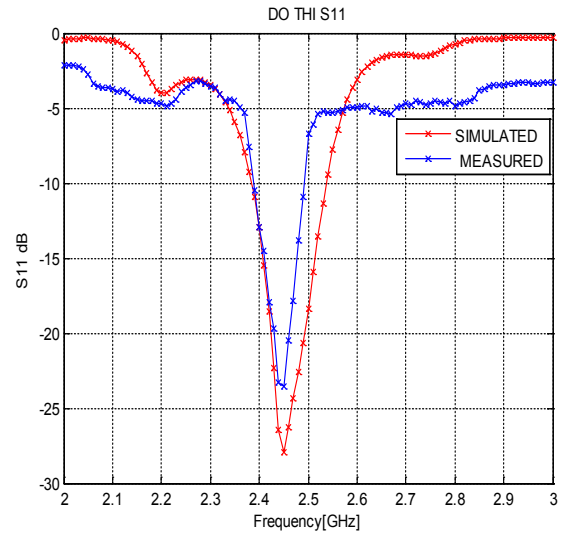


Hình 9: Tỷ số sóng đứng của anten

Tỷ số sóng đứng của anten ở 2.4GHz là 1.3849 và ở 2.5GHz là 1.3312, giá trị này đã đạt yêu cầu.
 Kết quả mô phỏng và đo đạc S11 thực tế



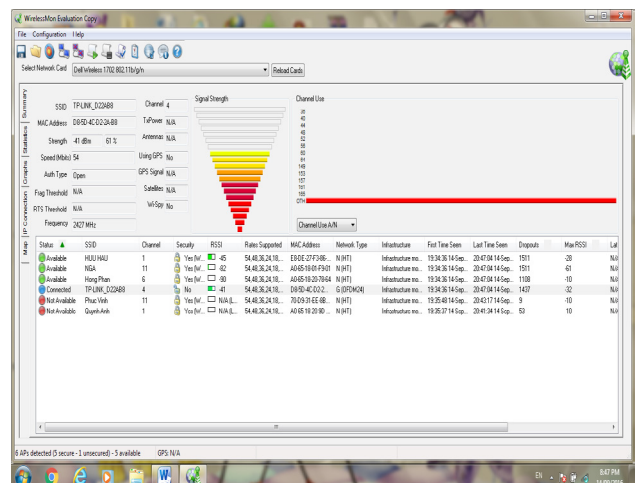
Hình 10: Anten thực tế



Hình 11: Hệ số phản xạ S11 của anten

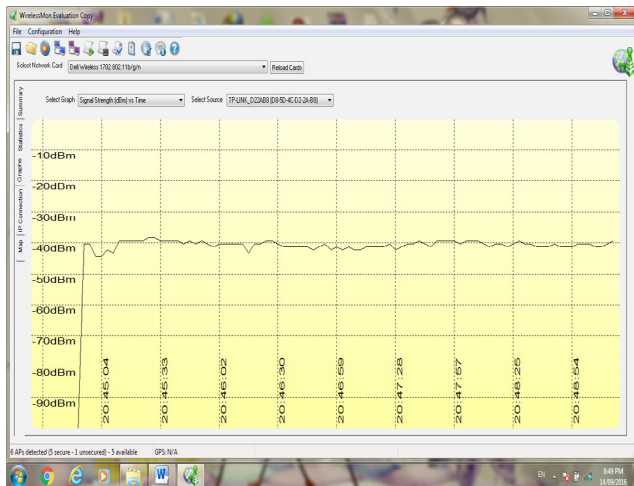
Kết quả đo đạc thực tế thông số S11, ta thấy anten được thiết kế đã cộng hưởng ở tần số 2.45GHz, S11 tại tần số trung tâm 2.45GHz là -23.56 dB và băng thông theo S11 đạt 100 MHz nằm trong băng tần hoạt động của WLAN từ 2.4GHz– 2.5GHz.

Kết quả đo bằng phần mềm WirelessMon



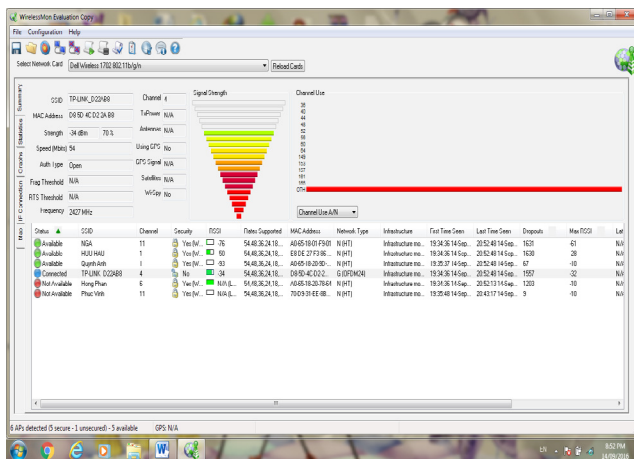
Hình 12: Kết quả đo cường độ tín hiệu WLAN anten toàn hướng

Nhận xét: Với kết quả đo cường độ tín hiệu WLAN anten toàn hướng trong môi trường fading yếu bằng phần mềm WirelessMon thì cường độ tín hiệu đạt cao nhất là 61% tương đương (-41dBm).



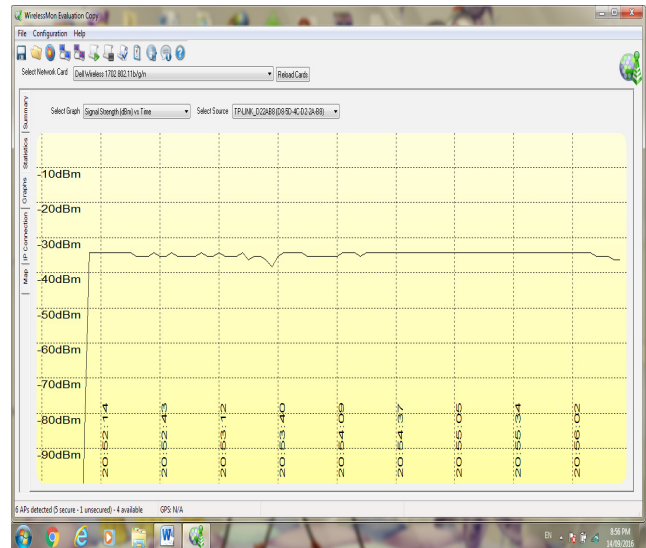
Hình 13: Đồ thị cường độ tín hiệu WLAN anten toàn hướng

Nhận xét: Cường độ sóng nhận được trên đồ thị của anten toàn hướng trong môi trường fading yếu thay đổi tương đối lớn ở -41dBm.



Hình 14: Kết quả đo cường độ tín hiệu WLAN anten khe

Nhận xét: Với kết quả đo cường độ tín hiệu WLAN anten khe trong môi trường fading yếu thì cường độ tín hiệu đạt cao nhất là 70% tương đương (-34dBm).



Hình 15: Đồ thị cường độ tín hiệu WLAN anten khe

Nhận xét: Cường độ sóng nhận được trên đồ thị của anten khe trong môi trường fading yếu thay đổi tương đối nhỏ ở -34 dBm, ổn định hơn so với anten toàn hướng.

IV. KẾT LUẬN

Từ kết quả đo bằng phần mềm WirelessMon ta thấy anten khe được thiết kế có độ lợi lớn hơn anten toàn hướng của access point khoảng 10 dB. Với hai kết quả đo đạc như trên thì ta thấy anten khe được thiết kế đã đạt yêu cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Perovic U., *Appendix A: Analysis of Simulated Performance of Slotted Waveguide Antenna*, MSc Dissertation titled 'Slotted Waveguide Antenna Arrays', University of Witwatersrand, 2005

M. Al-Husseini1, A. El-Hajj 2, and K. Y. Kabalan2, *High-gain S-band Slotted Waveguide Antenna Arrays with Elliptical Slots and Low Sidelobe Levels*, 2013

Rashid Ahmad Bhatti, Amna Ikram, Jahangir K Kayani, *Design and Development of an Offset-Beam Slotted Waveguide Antenna*, 2007

Andries Johannes Nicolaas Maritz, *Investigation and Design of a Slotted Waveguide Antenna with Low 3D Sidelobes*, 2010

H.E Thomas "Handbook of Microwave Techniques and Equipment", McGraw-Hill, New York, 1972 pp 31-46

R.S Elliot "Antenna Theory and Design", Prentice Hall, 1981, pp 88-99, 398-479

Y.T Lo, S.W Lee "Antenna Engineering handbook-Vlume II", Van Nostrandt Reinhold, New York, 1993, pp 12.1-12.38

C.Vale, "Design Report Sector Waveguide Antenna 2400-2480 GHz, Poynting Innovations and Poynting Antennas, March 2004

Ansys HFSS software. URL: <http://www.ansys.com/>