

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN PHÚ AN

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ ANTEN CHO HỆ THỐNG VÔ TUYẾN
KHẢ TRI**

Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông

Mã số: 8.52.02.08

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SỸ
(Theo định hướng ứng dụng)

Hà Nội - 2022

Luận văn được hoàn thành tại:

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Việt Hưng

Phản biện 1: PGS.TS. Hoàng Mạnh Thắng

Phản biện 2: TS. Nguyễn Ngọc Minh

Luận văn này được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: 9h30 ngày 2 tháng 7 năm 2022

Có thể tìm hiểu luận văn này tại:

Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

MỞ ĐẦU

Với thời đại công nghệ ngày một phát triển, đặc biệt là trong lĩnh vực truyền thông không dây, khi số lượng sản phẩm dịch vụ công nghệ tăng lên một cách nhanh chóng trong mọi mặt lĩnh vực xã hội, và như một điều tất yếu, hệ quả của sự phát triển đó là sự cạn kiệt về tài nguyên phổ tần. Tài nguyên phổ tần là hữu hạn, với mức sử dụng hiệu quả chỉ từ 5-10% phổ tần ở như ở nước ta hiện nay hay dẫn đến sự lãng phí tài nguyên rất lớn. Hơn nữa, những dịch vụ được cấp phép lại thường sử dụng không hiệu quả nguồn tài nguyên này, dẫn đến nhiều dịch vụ đang phải “chen lấn” nhau trong dải tần còn lại gây ra những trở ngại rất lớn cho sự phát triển của hệ thống truyền thông nói chung và hệ thống truyền thông không dây nói riêng trong tương lai. Nhận thấy được những tồn tại trên, hệ thống vô tuyến khả tri (CR) ra đời đóng một vai trò như một giải pháp hữu hiệu để khắc phục tình trạng sử dụng tần số một cách lãng phí và kém hiệu quả.

Hiện nay, hệ thống vô tuyến khả tri đã và đang được cộng đồng các nhà nghiên cứu, các nhà công nghiệp viễn thông, các viện và các trường trên thế giới quan tâm nghiên cứu, thực nghiệm và triển khai, đồng thời là một trong những công nghệ chủ đạo tiềm năng cho các mạng vô tuyến thế hệ sau như thông tin di động 5G...

Trong hệ thống vô tuyến khả tri, hiệu năng của nó phụ thuộc rất lớn vào việc cảm nhận chính xác tài nguyên phổ tần. Hay nói cách khác vấn đề cảm nhận phổ tần đóng vai trò quyết định trong việc chiếm dụng tài nguyên một cách tối ưu. Để đạt được điều này, hệ thống ăng ten cần thiết kế đòi hỏi vô cùng cao nhằm mục đích có thể cảm nhận và tái cấu hình tần số một cách linh hoạt và hiệu quả nhất. Trước đây, một số mẫu ăng ten đã được trình bày với mục đích sử dụng cho vô tuyến khả tri với các phương pháp tái cấu hình khác nhau. Trong nội dung Luận văn, mẫu ăng ten sử dụng tụ điện khả dung cho hệ thống CR sẽ được thiết kế, mô phỏng và đánh giá kết quả.

Trong khuôn khổ Luận văn, sự ra đời của hệ thống vô tuyến khả tri, lý thuyết tóm lược và mô hình kiến trúc và việc đánh giá hiệu năng về việc cảm nhận phổ tần đã được trình bày. Và quan trọng hơn cả là thiết kế mẫu ăng ten sử dụng tụ điện cho hệ thống vô tuyến khả tri đã được trình bày. Luận văn với đề tài: **“Nghiên cứu, Thiết kế ăng ten cho hệ thống vô tuyến khả tri”** ngoài phần mở đầu và kết luận, kết cấu cơ bản gồm có 3 chương:

Chương I: Tổng quan về vô tuyến khả tri

Chương II: Ăng-ten sử dụng trong vô tuyến khả tri

Chương III: Thiết kế và mô phỏng ăng ten trong vô tuyến khả tri

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ VÔ TUYẾN KHẢ TRI

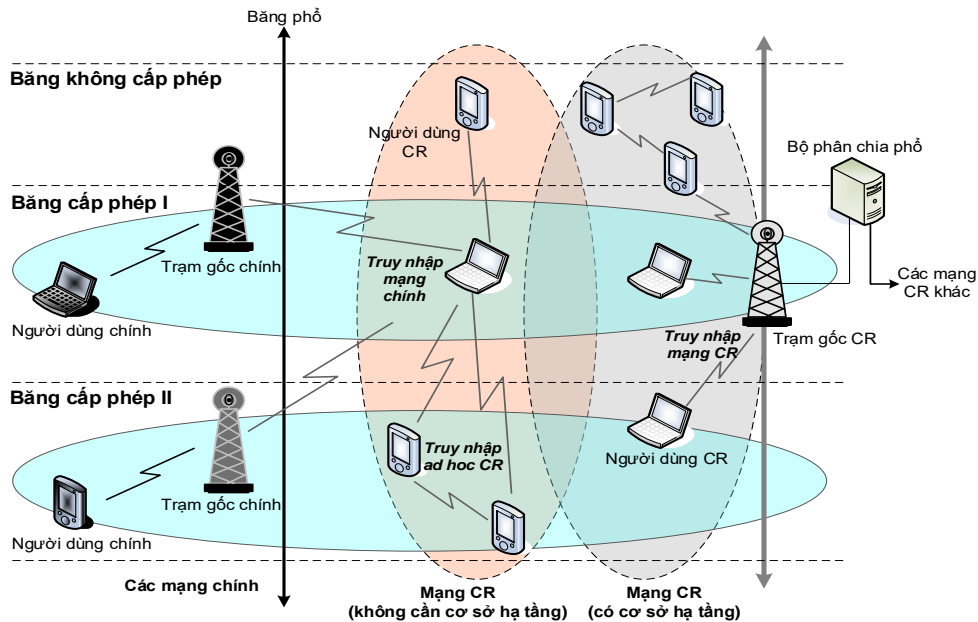
Tần số là một nguồn tài nguyên vô cùng quý giá trong thông tin vô tuyến. Hiện nay, tần số vẫn còn là một nguồn tài nguyên hạn chế. Sự gia tăng nhu cầu của thông tin không dây kéo theo nhu cầu cải thiện chất lượng về lưu lượng, tính tin cậy, dịch vụ... Có rất nhiều ứng dụng vô tuyến cùng sử dụng nguồn tài nguyên hạn chế này.

1.1. Khái niệm vô tuyến khả tri

Định nghĩa “Vô tuyến khả tri” được nhìn nhận theo rất nhiều cách khác nhau, và các định nghĩa này vẫn đang được phát triển trong các Viện nghiên cứu và các tổ chức chuẩn, như IEEE-1900 và diễn đàn SDR. Vô tuyến khả tri hoàn toàn có thể được định nghĩa như là “...*một vô tuyến có thể nhận biết được môi trường xung quanh và thích ứng một cách khả tri*”, nghĩa là vô tuyến khả tri là một thiết bị Vô tuyến linh hoạt và khả tri, có thể thích ứng với sự thay đổi của môi trường, với yêu cầu của người dùng đó và các yêu cầu của những người dùng vô tuyến khác cùng chia sẻ môi trường phổ.

1.2 Kiến trúc mạng vô tuyến khả tri

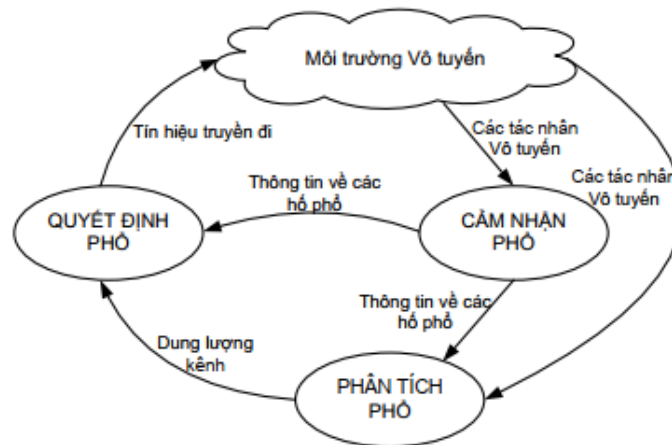
Mạng vô tuyến khả tri đang được phát triển để giải quyết các vấn đề của mạng không dây hiện nay, liên quan tới sự hạn hẹp của phổ tần và thiếu hiệu quả trong sử dụng phổ tần. CRN đem lại khả năng nhận biết phổ tần trong môi trường vô tuyến. Các kiến trúc mạng không dây đang tồn tại sử dụng hỗn hợp nhiều chính sách phổ và công nghệ truyền thông khác nhau.



Hình 1.1: Kiến trúc mạng vô tuyến khả tri.

1.3. Chu trình hoạt động của vô tuyến khả tri

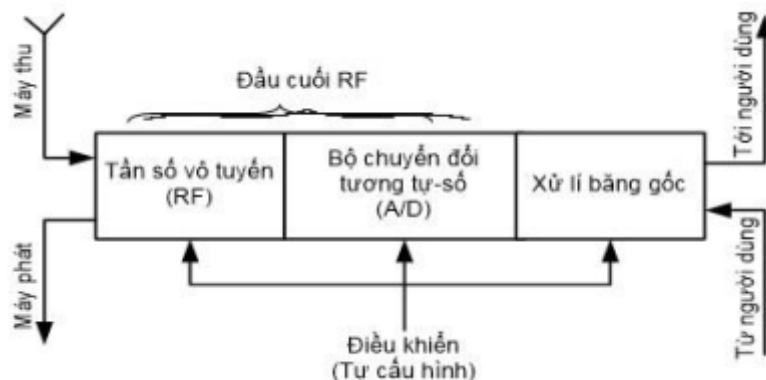
Khả năng nhận thức cho phép vô tuyến khả tri tương thích với các thay đổi của môi trường để xác định các thông số truyền thích hợp và thích ứng với môi trường vô tuyến động.



Hình 1.2. Chu trình nhận thức trong vô tuyến khả tri

1.4. Kiến trúc vật lý của hệ thống vô tuyến khả tri

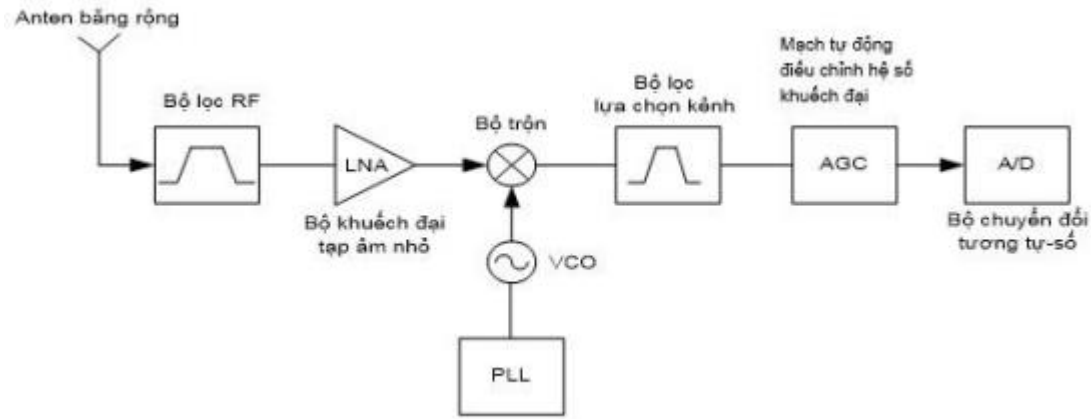
Kiến trúc chung của một hệ thống thu phát vô tuyến khả tri được minh họa như hình dưới đây. Trong đó các bộ phận chính của hệ thống là phần đầu cuối -RF (FrontEnd) và phần xử lý băng gốc. Mỗi bộ phận đều có thể được tái cấu hình thông qua đường điều khiển nhằm thích ứng với các điều kiện thay đổi liên tục của môi trường.



Hình 1.3: Kiến trúc chung của một hệ thống thu phát

Nếu như phần xử lý băng gốc tương tự như các hệ thống thu phát bình thường thì phần đầu cuối RF (*Front – End*) tạo nên sự khác biệt và tiên bộ của CR. Kiến trúc của phần đầu cuối RF (*Front – End*) được mô tả ở hình 1.4 dưới đây

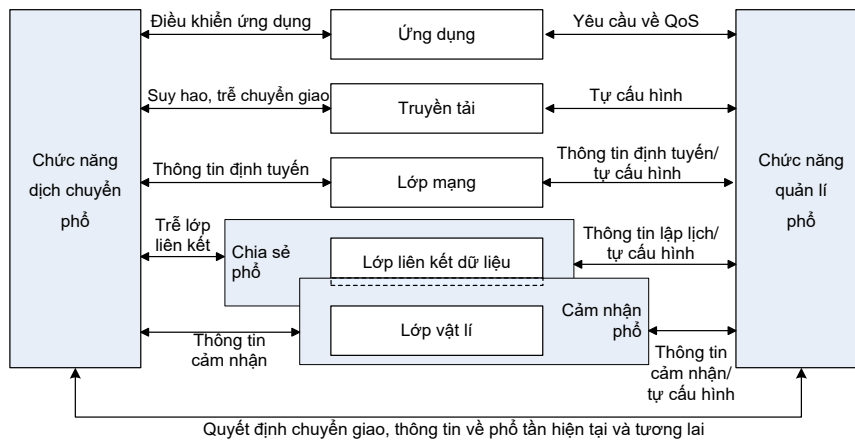
Ưu điểm của phần RF trong hệ thống CR là khả năng cảm nhận băng rộng, có thể điều chỉnh đến bất cứ phần nào trong dải tần số rộng lớn. Hơn nữa nó có thể đo lường các thông tin phổ từ môi trường để phục vụ cho chức năng cảm nhận phổ. Các bộ phận chính của khối đầu cuối RF gồm có:



Hình 1.4. Kiến trúc phần đầu cuối RF (Front-End)

1.5. Chức năng và hoạt động của hệ thống vô tuyến khả tri

1.5.1. Chức năng



Hình 1.5: Các chức năng truyền thông trong mạng vô tuyến khả tri.

1.5.2. Hoạt động trong mạng vô tuyến khả tri

Các mạng vô tuyến khả tri có thể được sử dụng để khai thác các hồ phổ này thông qua các công nghệ khả tri.

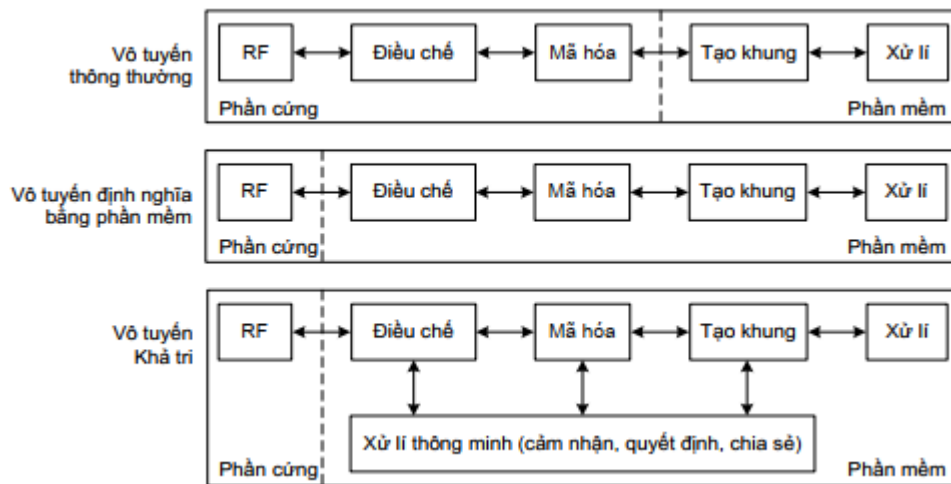
1.6. Vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm

1.6.1. Giới thiệu

Vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm – Software Defined Radio (SDR) là kỹ thuật quan trọng để thực hiện vô tuyến khả tri. Trước khi vô tuyến khả tri ra đời, SDR chủ yếu phục vụ cho chế độ đa nhiệm và thiết bị không dây đa chuẩn. Tuy nhiên, vai trò của SDR trong vô tuyến khả tri là vô cùng quan trọng, nó thực hiện các chức năng (nhận thức, cảm nhận, ...), tự động thích ứng nhanh với sự thay đổi của môi trường vô tuyến.

Để triển khai vô tuyến khả tri từ SDR, chỉ cần thêm vào SDR các khối xử lý thông minh như chia sẻ phổ tần động (DFS), điều khiển công suất (TPC), và khối cảm biến môi trường (IPD).

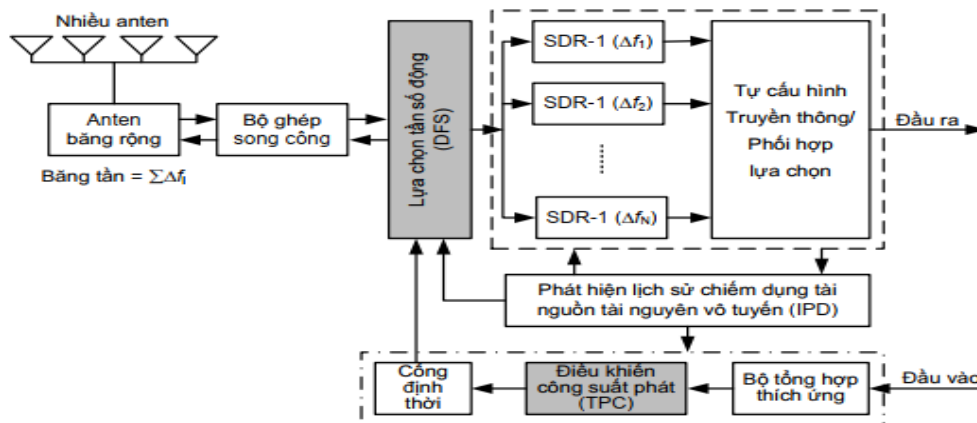
Hình 1.9 ở dưới mô tả sự khác nhau giữa các hệ thống vô tuyến thông thường, vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm và vô tuyến khả tri



Hình 1.9. So sánh vô tuyến khả tri với vô tuyến thông thường, vô tuyến được định nghĩa bằng phần mềm SDR

1.6.2. Mô hình vô tuyến khả tri dựa trên SDR

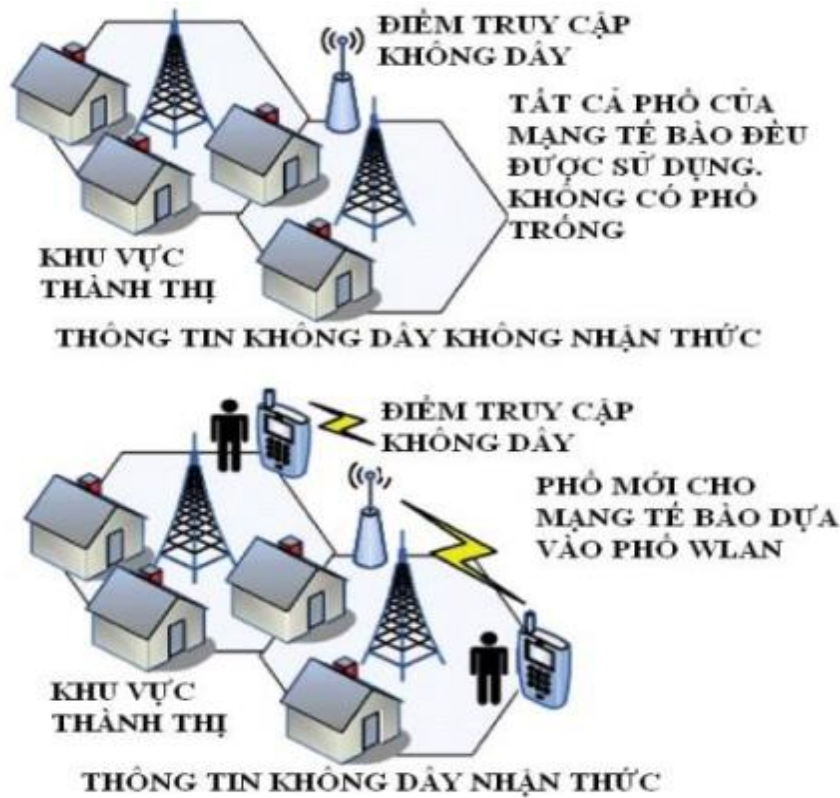
Mô hình của một hệ thống vô tuyến khả tri dựa trên SDR được mô tả trong hình 1.10.



Hình 1.10. Mô hình vô tuyến khả tri dựa trên SDR

1.7. Ứng dụng của vô tuyến khả tri

Vô tuyến khả tri được ứng dụng rộng rãi trong việc cải thiện nâng cao chất lượng hoạt động hệ thống thông tin không dây, hiện tại cũng như thiết lập các hệ thống thông tin không dây mới. Hình 1.11 Minh họa về sự thay đổi của hệ thống vô tuyến trước và sau khi triển khai công nghệ vô tuyến khả tri.



Hình 1.11. Sự thay đổi của hệ thống thông tin không dây khi sử dụng vô tuyến khả tri

1.8. Tổng kết chương I

Chương I đã cung cấp các thông tin khái quát về hệ thống vô tuyến khả tri (CR). Hệ thống vô tuyến khả tri là một công nghệ mới nhằm giải quyết vấn đề sử dụng phổ tần không hiệu quả có kiến trúc dựa trên SDR. Hệ thống gồm 4 chức năng chính là cảm nhận phổ, quản lý phổ, dịch chuyển phổ và chia sẻ phổ. Trong đó khả năng khả tri và tự cấu hình đóng vai trò chính trong sự hoạt động của hệ thống vô tuyến khả tri. Để có thể thực hiện được các chức năng đặc biệt trên, hệ thống vô tuyến khả tri đã có sự thay đổi và nâng cao trong kiến trúc của mình so với các hệ thống thông tin vô tuyến trước đây. Cụ thể là ở bộ phận đầu cuối RF, được tạo nên từ các phần tử đặc trưng như ăng ten băng rộng, khuếch đại công suất, bộ lọc thích ứng, đã cho phép CR điều chỉnh trong các băng của một dải phổ rộng đáp ứng các yêu cầu hoạt động của hệ thống. Với khả năng cảm nhận môi trường và tự thích nghi, vô tuyến khả tri đã mang lại nhiều cơ hội sử dụng phổ tần hơn cho các dịch vụ và người dùng chưa được cấp phép, đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống thông tin ngày càng hiện đại.

CHƯƠNG II: ĂNG-TEN CHO VÔ TUYẾN KHẢ TRI

2.1. Một số tham số cơ bản của ăng ten

2.1.1. Hàm tính hướng

Là thông số đặc tả hướng tính của ăng ten, cho biết ăng ten có bức xạ vô hướng hay có hướng và hướng nào bức xạ cực đại, hướng nào không bức xạ, từ đó xác định được vị trí cần đặt của ăng ten. Hàm tính hướng là hàm số biểu thị sự phụ thuộc của cường độ trường bức xạ của ăng ten theo các hướng khác nhau trong không gian với khoảng cách không đổi, ký hiệu là $f(\theta, \varphi)$:

$$\vec{f}(\theta, \varphi) = f_{\theta}(\theta, \varphi) \cdot \vec{i}_{\theta} + f_{\varphi}(\theta, \varphi) \cdot \vec{i}_{\varphi} \quad (2.1)$$

Trong đó, θ và φ là các góc bức xạ của ăng ten (góc ngẩng và góc phương vị).

Hàm tính hướng biên độ là hàm số biểu thị quan hệ tương đối của biên độ, cường độ trường bức xạ theo các hướng khảo sát với cự ly khảo sát không đổi:

$$|\vec{f}(\theta, \varphi)| = \sqrt{|f_{\theta}(\theta, \varphi)|^2 + |f_{\varphi}(\theta, \varphi)|^2} \quad (2.2)$$

Hàm biên độ tương đối hay hàm biên độ chuẩn hóa là hàm số biểu thị biên độ, cường độ trường ở hướng khảo sát trên biên độ trường ở hướng cực đại. Hàm có giá trị cực đại bằng 1:

$$F(\theta, \varphi) = \frac{|f(\theta, \varphi)|}{|f(\theta, \varphi)_{\max}|} \quad F(\theta, \varphi)_{\max} = 1 \quad (2.3)$$

2.1.2. Đồ thị bức xạ và độ rộng búp sóng

Đồ thị bức xạ hay đồ thị phương hướng sẽ cho cái nhìn trực quan về tính hướng của một ăng ten. Đồ thị được vẽ từ hàm tính hướng, mô tả quan hệ giữa cường độ trường bức xạ hoặc công suất bức xạ của ăng ten trong các hướng khác nhau với một khoảng cách khảo sát cố định (tính từ ăng ten). Để đơn giản đồ thị phương hướng thường được vẽ từ hàm tính hướng biên độ chuẩn hóa và được gọi là đồ thị phương hướng chuẩn hóa của ăng ten, cho phép so sánh đồ thị của các ăng ten khác nhau.

2.1.3. Công suất bức xạ, điện trở bức xạ và hiệu suất ăng ten

Công suất đặt vào ăng ten do máy phát đưa trực tiếp đến ăng ten hoặc thông qua phi đơ. Trong quá trình chuyển đổi năng lượng cao tần thành bức xạ sóng điện từ không tránh khỏi các tổn hao.

$$P_A = P_{bx} + P_{th} \quad (2.4)$$

2.1.4 Hệ số tính hướng và hệ số khuếch đại của ăng ten

Hệ số tính hướng là tỉ số giữa mật độ công suất bức xạ của ăng ten tại một hướng xác định trên mật độ công suất bức xạ của ăng ten chuẩn (thường gọi là ăng ten vô hướng) khi hai ăng ten cùng vị trí và cùng công suất bức xạ.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{S(\theta, \varphi)}{S_0} \quad D(\theta, \varphi) = \frac{E^2(\theta, \varphi)}{E_0^2} \quad (2.7)$$

$$|E(\theta, \varphi)| = |E_{\max}| \cdot |F(\theta, \varphi)| \Leftrightarrow D(\theta, \varphi) = D_{\max} F^2(\theta, \varphi) \quad (2.8)$$

$E(\theta, \varphi)$ là giá trị biên độ cường độ điện trường của ăng ten khảo sát ở hướng (θ, φ) tại khoảng cách r .

E_0 là giá trị biên độ cường độ điện trường của ăng ten vô hướng tại cùng điểm xét.

Hệ số khuếch đại là khái niệm đầy đủ hơn, đặc trưng cho ăng ten cả về đặc tính bức xạ và khả năng làm việc của ăng ten:

$$G(\theta, \varphi) = \eta_a \frac{S(\theta, \varphi)}{S_0} = \eta_a D(\theta, \varphi) \quad (2.9)$$

2.1.5 Trở kháng vào ăng ten

Ăng ten là tải của máy phát, trị số tải được đặc trưng bằng trở kháng vào của ăng ten.

Điện trở R đặc trưng cho thành phần năng lượng bức xạ thành sóng điện từ, và phần tổn hao nhiệt. Điện kháng X là do phần trường gần, bị ràng buộc với ăng ten (vô công).

$$Z_{in} = \frac{U_a}{I_a} = R_{in} + jX_{in} \quad (2.10)$$

Trở kháng vào của ăng ten ngoài ra còn phụ thuộc vào kích thước ăng ten, điểm và phương tiếp điện của ăng ten. Trở kháng vào ảnh hưởng đến chế độ làm việc của các thành phần nối với ăng ten và cả hệ thống.

2.1.6. Chỉ số sóng dừng (VSWR)

Chỉ số sóng dừng (VSWR): Là tỉ số của biên độ sóng dừng (hay tỉ số sóng đứng) tại điểm bụng và điểm nút trên một đường truyền sóng.

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} > 1 \quad (2.11)$$

Trong đó, Γ (hoặc S_{11}) là hệ số phản xạ, được định nghĩa bằng tỉ số sóng phản xạ trên sóng tới. Tỉ số công suất sóng phản xạ trên sóng tới:

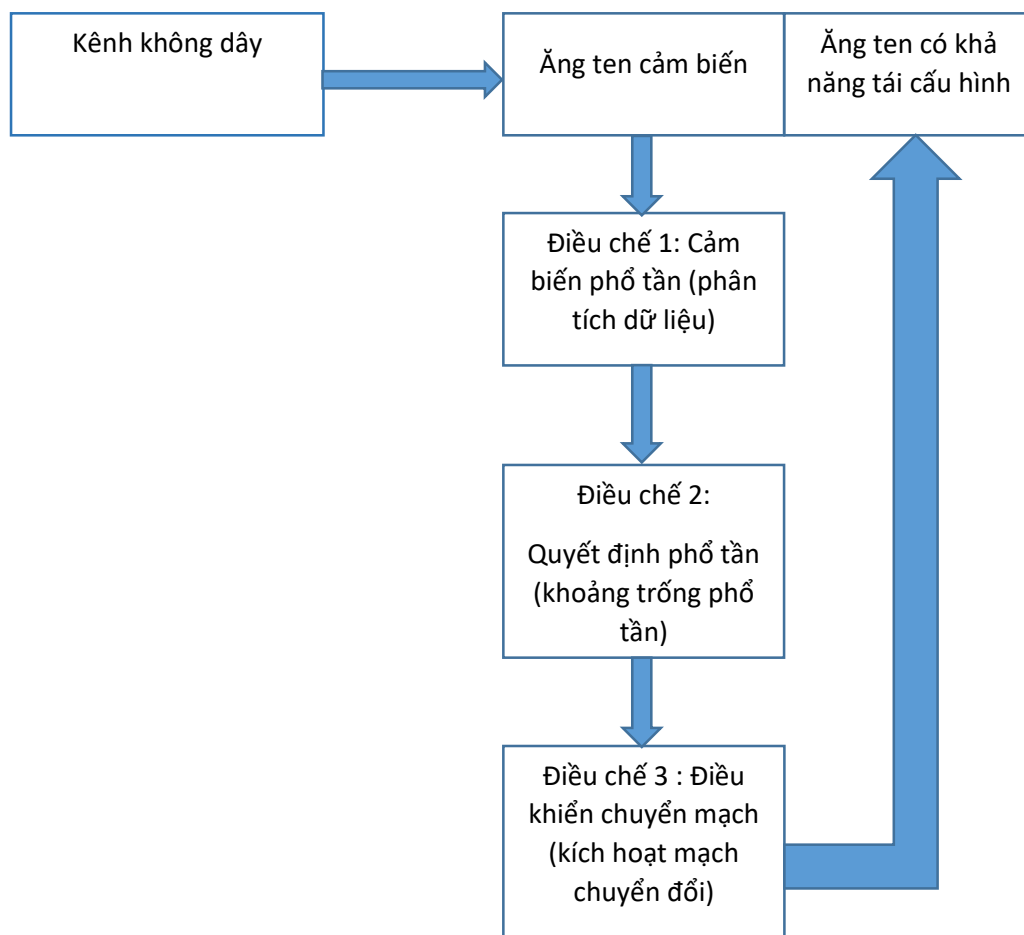
$$\frac{P_r}{P_f} = \left(\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right)^2 \quad (2.12)$$

2.1.7 Băng thông (dải tần hoạt động)

2.2. Hệ thống anten cho CR

2.2.1. Đặc điểm

Hiện nay, có rất nhiều cách thiết kế một anten có khả năng tự cấu hình, tuy nhiên việc tích hợp 2 mạch anten băng siêu rộng và băng hẹp có khả năng tự cấu hình trong một thiết kế anten là vô cùng phức tạp. Vì việc tích hợp mạch anten có khả năng biến thiên có thể sẽ gây ảnh hưởng đến các tham số của anten băng rộng và ngược lại. Tawk và Christodoulou đã sử dụng một cơ chế quay đặc biệt cho mẫu anten của mình để biến đổi tần số hoạt động của anten từ 3,5 GHz sang 5,5 GHz, 7.5 GHz và 10,5GHz. Tuy nhiên, tốc độ chuyển đổi của anten là rất chậm (do bản chất của hệ thống cơ học) và sự phức tạp của hệ thống khiến cho mẫu anten này trở nên phi thực tế.



Hình 2.1. Sơ đồ khối anten CR.

2.2.2 Yêu cầu đối với anten băng siêu rộng.

Ăng ten băng siêu rộng theo định nghĩa là một anten có độ rộng băng tần lớn hơn 20% so với tần số trung tâm hoặc độ rộng băng tần lớn hơn hoặc bằng 500 MHz. Trong phạm vi của Luận văn, băng thông được nghiên cứu theo tiêu chuẩn của FCC với dải tần từ 3 GHz đến 10 GHz nên anten thiết kế phải có băng thông bao trùm dải tần này.

2.2.3 Mạch ăng ten băng siêu rộng.

Đối với một mạch ăng ten băng siêu rộng chính là việc đạt được băng thông vô cùng rộng trong khi vẫn phải đảm bảo được yêu cầu về công suất bức xạ, tính tương hỗ và một kích thước ăng ten một cách tối ưu nhất có thể. Một ăng ten băng siêu rộng có dải tần bao phủ từ 3-10 GHz, mở rộng lên tới 7 GHz.

2.2.4 Mạch ăng ten khe băng hẹp tự cấu hình ứng dụng trong CR

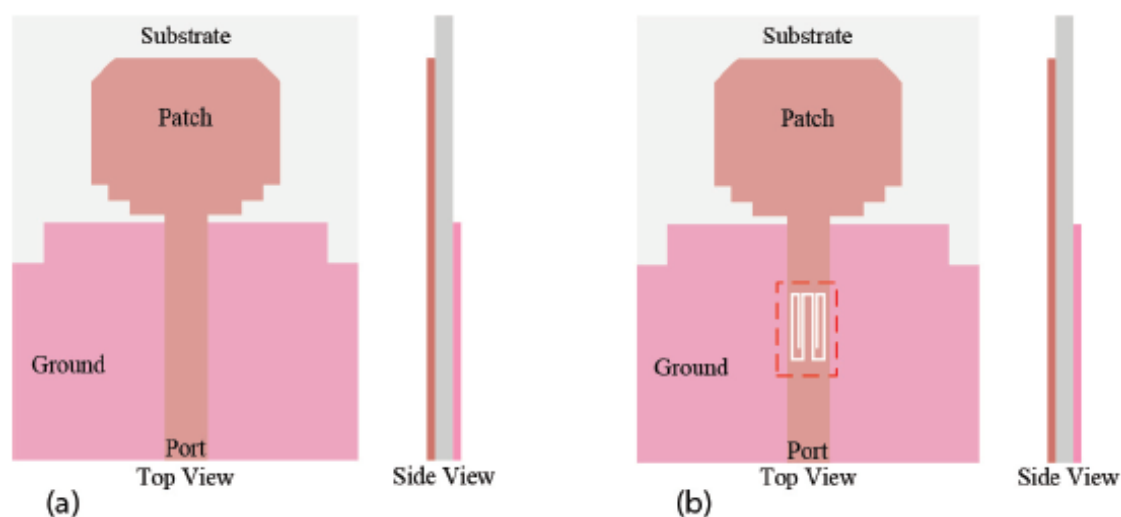
Đối với hệ thống CR, khả năng linh hoạt của ăng ten luôn được đặt lên hàng đầu. Để đạt được điều đó, mẫu ăng ten thu phát băng hẹp phải có khả năng tái cấu hình để hoạt động ở các dải tần số khác nhau tại mỗi thời điểm. Các dải tần số này có được là do ăng ten băng siêu rộng cảm nhận phổ và hệ thống xử lý tín hiệu phát hiện ra dải phổ trống.

Có rất nhiều kỹ thuật được sử dụng để thiết kế ăng ten băng hẹp có khả năng tái cấu hình như sử dụng tụ điện biến thiên, cấu trúc MEMS hoặc sử dụng các vật liệu có khả năng thay đổi tính chất điện từ.

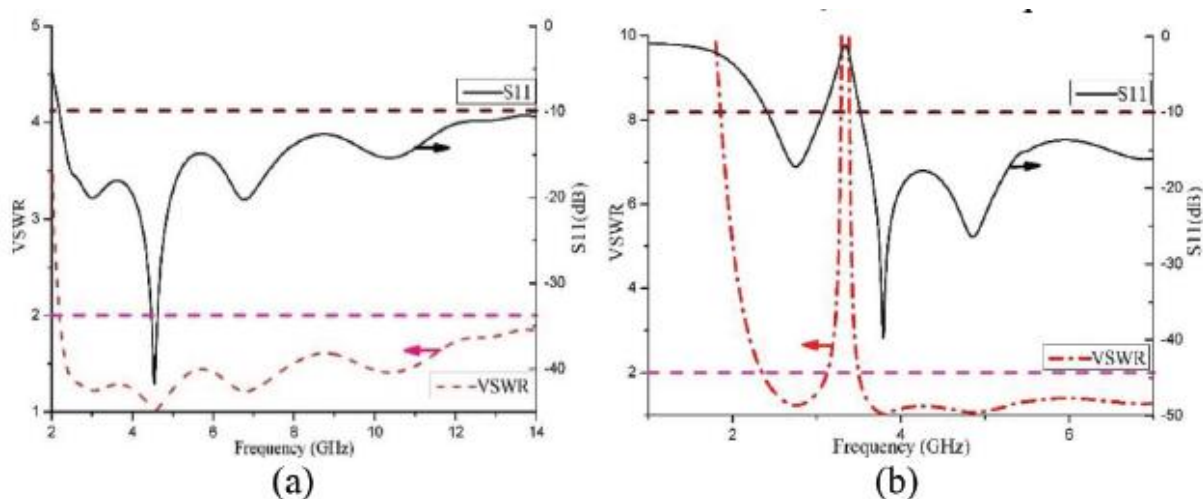
2.2.5. Khả năng tích hợp 2 ăng ten

Về mặt cấu trúc, hai ăng ten được đặt trên cùng một mạch, nhưng về bản chất thì đây là hai ăng ten riêng biệt lợi dụng một số thành phần của ăng ten còn lại để hoạt động như một ăng ten đầy đủ các thành phần.

2.3 Một số kiến trúc anten UWB trong các ứng dụng CR.



Hình 2.6. Anten UWB và anten UWB filtering.
(a) Anten UWB. (b) Anten UWB filtering.

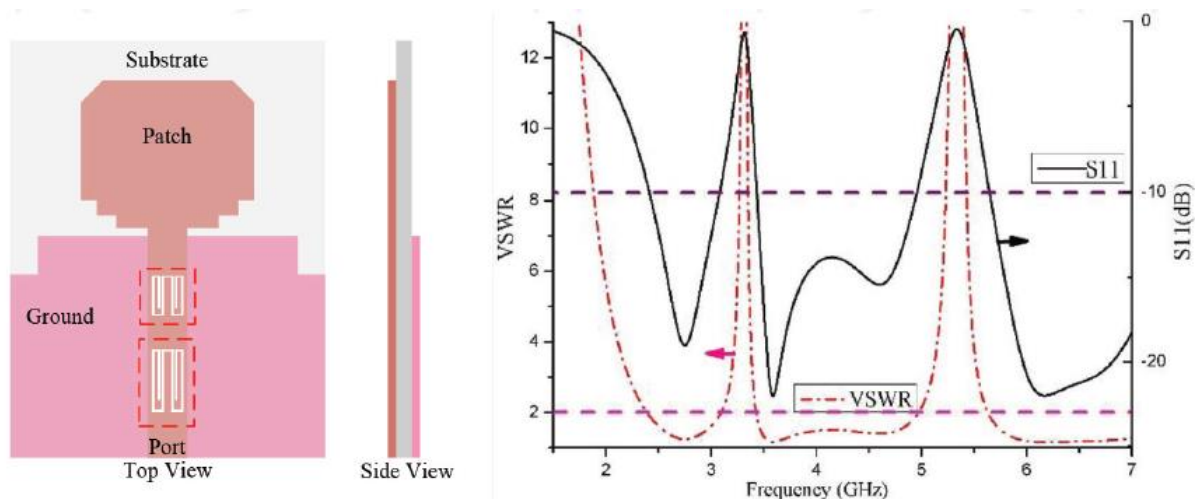


Hình 2.7. Đồ thị đặc tính:

(a) Đặc tính của anten UWB; (b) Đặc tính của bộ lọc anten UWB.

Bằng việc tích hợp DMS thì một khe được sinh ra trong băng UWB, khe này có thể loại bỏ nhiễu từ WIMAX 3.5GHz. Đồng thời, chiều dài và băng thông khe có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi kích thước của đường gấp khúc DMS. Do được tích hợp nên giảm được kích thước anten.

Tiếp đến, DMS thứ 2 được tích hợp tạo khe thứ 2 loại bỏ nhiễu dải hẹp. Hình 2.8 cho ta thấy sự độc lập và cấu hình của 2 khe này. Các khe này được tích hợp theo ngay sau đường tín hiệu nguồn nuôi và được điều khiển bởi DMS. Ta đã biết thì anten UWB có thể loại bỏ nhiễu dải hẹp không mong muốn. Tuy nhiên, một anten UWB mới nên được thiết kế nếu sự truyền thông băng hẹp là cần thiết. Do vậy, anten khả tái cấu hình sẽ hữu ích để chuyển đổi giữa hệ thống truyền thông UWB và hệ thống truyền thông UWB band-notched.

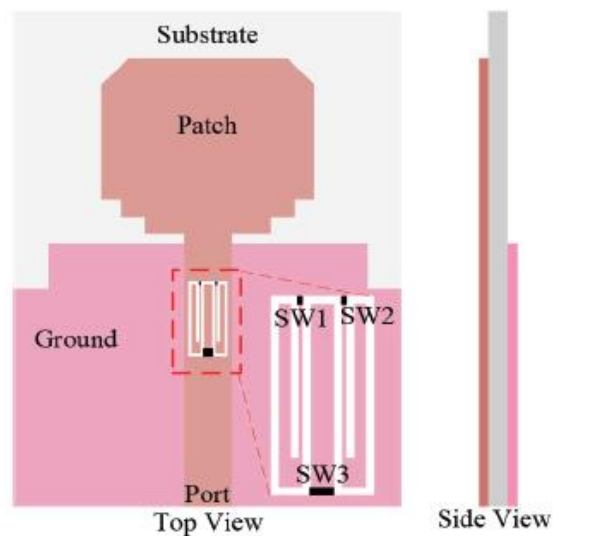


(a) (b)

Hình 2.8. Anten UWB hai băng (a) và đồ thị băng thông (b).

- *Ăng ten tái cấu hình Reconfigurable UWB antenna*

Vì anten CR-UWB có thể thay đổi các mode giữa hệ thống UWB và hệ thống UWB band-notched, một anten có năng khả tái cấu hình với băng thông 2.38 – 7 GHz được sử dụng để đáp ứng các đặc tính mong muốn. Ba chuyển mạch là SW1, SW2, SW3 được tích hợp trong anten band-notched để tạo thành anten khả tái cấu hình.



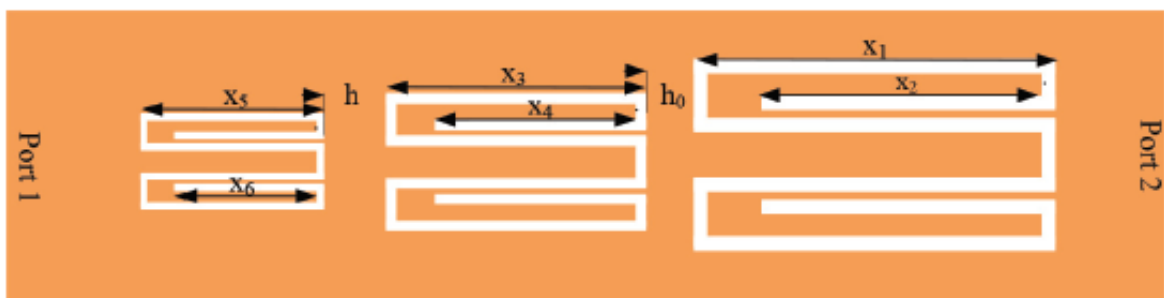
Hình 2.9. Anten tái cấu hình UWB.

Bằng việc tích hợp 3 chuyển mạch vào DMS mà ta có thể điều khiển được sự cộng hưởng của chúng. Ở mô phỏng thì sự có mặt của cầu kim loại đặc trưng cho trạng thái ON và ngược lại. Anten là anten band-notched khi tất cả ở trạng thái ON. Ngoài ra, anten cũng là một anten lưỡng băng (dual-band). Khi tất cả ở trạng thái OFF, anten được chuyển đổi thành anten UWB.

- **Anten CR-UWB**

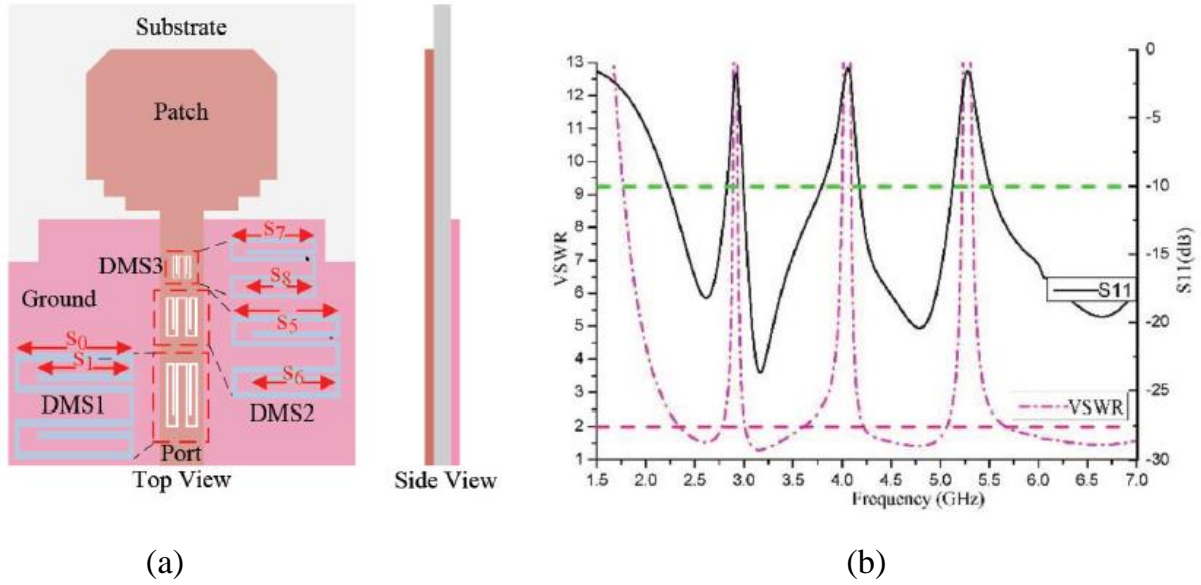
Bao gồm nhiều mode hoạt động nhất, 3 DMS được sử dụng, chúng được in trên đường tín hiệu truyền dẫn microstrip. Tiếp đó, các chuyển mạch được tích hợp trong các đường gấp khúc DMS để điều khiển sự cộng hưởng của chúng.

Để tạo anten đa mode CR-UWB, bộ lọc 3 dải chặn DMS được thiết kế, chúng được in bởi 3 ô DMS trong đường đường dẫn microstrip 50 Ohm có kích thước khác nhau. Ngoài ra, các ô DMS này cũng có thể bao gồm khe cắm, các khe hình T, hoặc kết hợp giữa chúng.

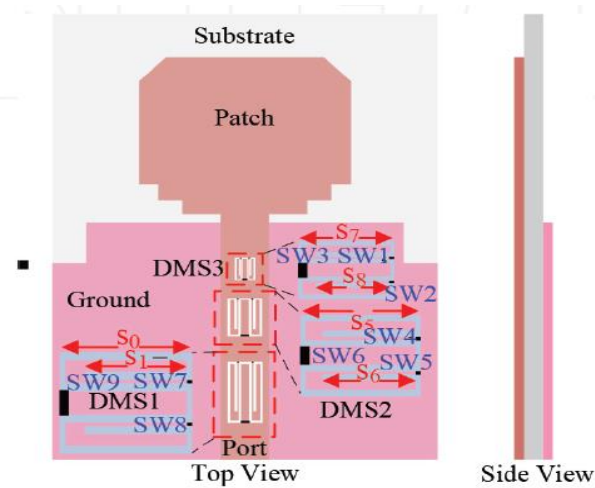


Geometry of the tri-band stop-band filter.

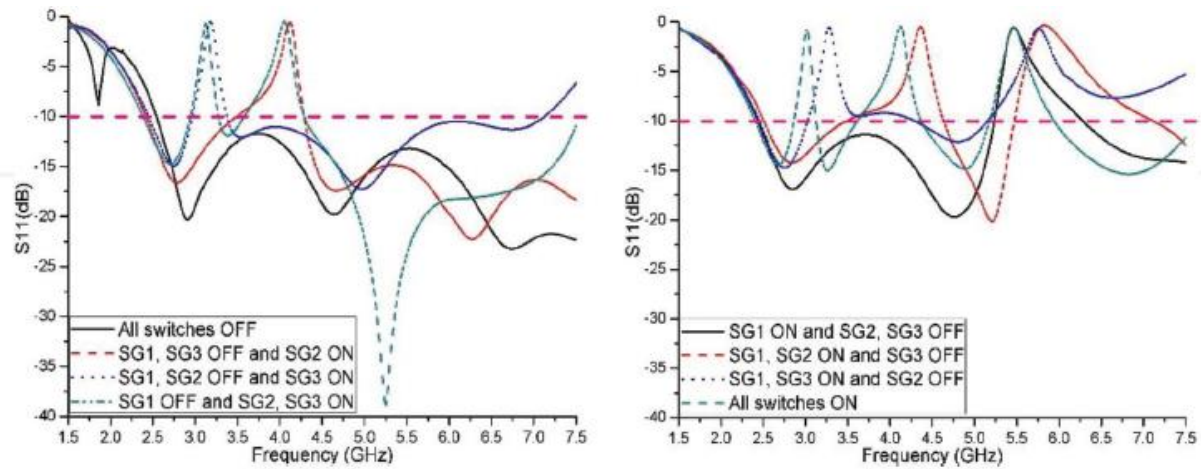
Hình 2.10. Hình dạng của bộ lọc ba băng.



Hình 2.11. Anten ba băng UWB (a) và đồ thị đặc tính (b).



Hình 2.12. Cấu hình của anten CR-UWB.



Hình 2.13. Các chế độ (mode) hoạt động của anten CR-UWB.

Các mode hoạt động thể hiện ở bảng 2.2.

Modes	SG1	SG2	SG3	Highest notch	Middle notch	Lowest notch
1	OFF	OFF	OFF	–	–	–
2	OFF	ON	OFF	–	4 GHz	–
3	OFF	OFF	ON	–	–	3.3 GHz
4	OFF	ON	ON	–	4 GHz	3.3 GHz
5	ON	OFF	OFF	5.5 GHz	–	–
6	ON	ON	OFF	6 GHz	4.5 GHz	–
7	ON	OFF	ON	5.5 GHz	–	3 GHz
8	ON	ON	ON	2.4 GHz	4 GHz	5.5 GHz

Bảng 2.2. Các chế độ của anten CR-UWB.

Với mode 1 thì anten có thể sử dụng ở mode underlay với công suất rất thấp, công nghệ IR-UWB có thể dùng để truyền và thu tín hiệu mong muốn. Ngoài ra nó cũng được dùng như một anten cảm biến cho hệ thống CR. Với các mode từ 2 đến 8, anten trở thành anten band-notch với các notch khác nhau, trường hợp này, kỹ thuật OFDM-UWB được dùng để thực hiện các chuyển mạch ON/OFF để tạo ra anten có thể loại bỏ tín hiệu dải hẹp. Do đó anten được thiết kế có thể dùng cho nhiều hệ thống để cảm biến hay chặn nhiễu. Ngoài ra, anten CR-UWB có thể dùng cho chế độ UWB, chế độ band-notched và hệ thống đa băng.

2.4 Kết luận chương

Chương II này đã cung cấp kiến thức cơ bản về tụ điện dựa trên lớp điện môi biến thiên và các tham số cơ bản của một ăng ten. Ngoài ra, hai mạch ăng ten băng hẹp và băng rộng cũng được phân tích và trình bày ở chương.

Nội dung chương đã trình bày được kích thước của ăng ten cùng sử dụng trong quá trình mô phỏng. Khả năng tích hợp và làm việc của 2 ăng ten trên cùng một mạch ăng ten cũng đã được bàn luận. Quan trọng hơn cả là mạch ăng ten băng hẹp tích hợp tụ điện khả dung BST nhằm tái cấu hình tần số đã ứng dụng cho hệ thống CR đã được trình bày.

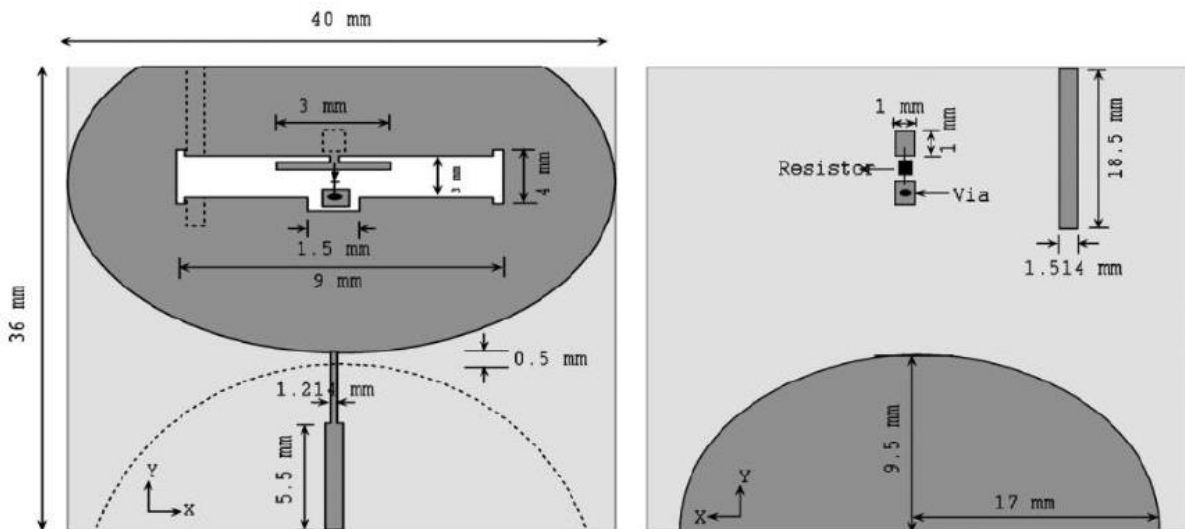
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG ANTEN CHO VÔ TUYẾN KHẢ TRI

3.1 Cơ sở thiết kế Anten

3.2 Thiết kế Anten

3.2.1 Đề xuất Anten thiết kế

Thiết kế được sử dụng để mô phỏng là một Anten tích hợp UWB/Reconfigurable. Anten này được sử dụng để xác định phổ trắng và đồng thời dùng cho giao tiếp trong hệ thống CR. Kiến trúc của Anten này gồm 2 thành phần: Một bức xạ UWB như một cảm biến phổ và một bộ cộng hưởng dải hẹp khả tái cấu hình để kết nối trao đổi thông tin. Chúng được kết hợp trong cùng chất nền. Do đó, một monopole đĩa hình elip đã được lựa chọn như một bộ bức xạ UWB vô hướng, bao phủ toàn bộ dải tần 3.1 – 10.6 GHz, và một khe cộng hưởng dải hẹp được dùng để tái cấu hình tần số giao tiếp trong dải mong muốn. Bằng những kiểm định chính xác, tại trung tâm của đĩa có độ nhạy dòng điện thấp. Bởi vậy, Anten dải hẹp có thể được kết hợp trong đĩa cộng hưởng mà không làm giảm khả năng cảm biến của Anten.



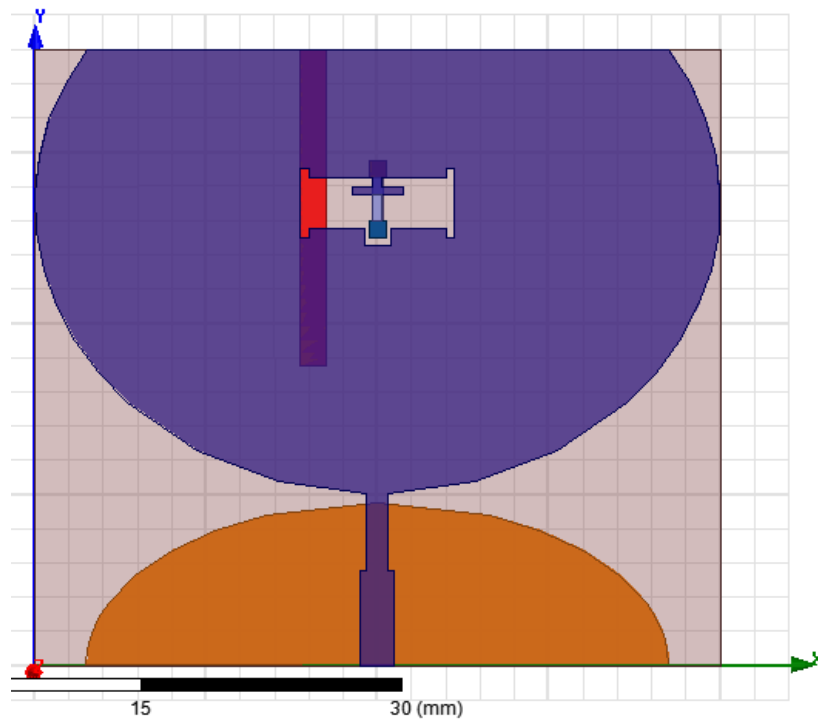
Hình 3.1. Kiến trúc Anten tích hợp UWB/Reconfigurable.

3.2.2 Thực hiện thiết kế và mô phỏng bằng phần mềm HFSS

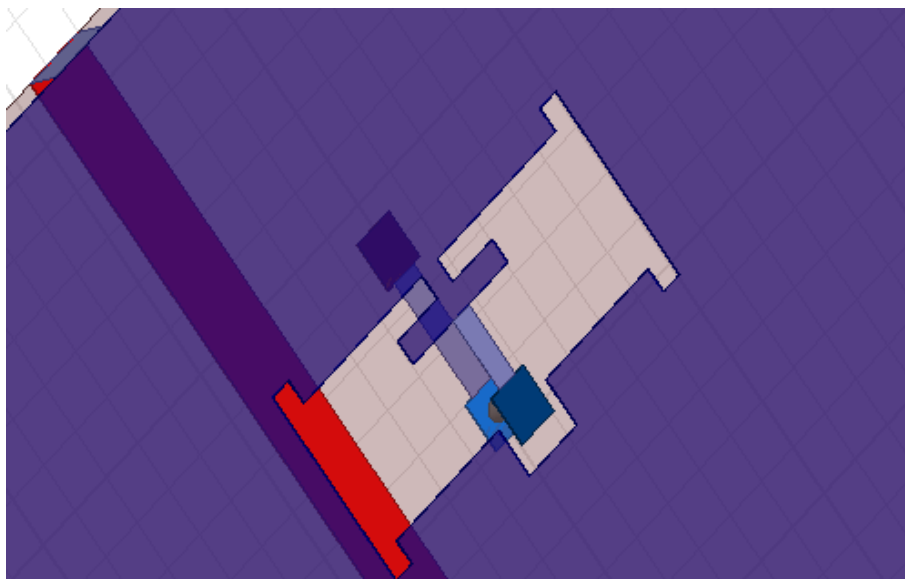
Sử dụng chất nền RO4350 ($\epsilon = 3.48$) với độ dày 0.662 mm.

Tạo hình elip và bộ bức xạ UWB bằng chất liệu đồng (copper) với elip ở mặt phẳng đáy có kích thước bán trục chính bằng 17 mm, bán trục nhỏ bằng 9.5 mm. Hình elip ở mặt trên có bán trục lớn là 20 mm, bán trục nhỏ là 22.95 mm, được cấp nguồn qua port 1 thông qua hai đoạn vi dải, một đoạn dài 5.5 mm và rộng 2 mm, đoạn còn lại rộng 1.214 mm. Khoảng cách giữa 2 elip là 0.5 mm. Khe cộng hưởng với diode biến dung có điện dung được thay đổi từ giá trị 0.5 pF đến 3 pF, điện trở có giá trị 6.7 kOhm. Cấp nguồn cho Anten này cũng là một đường vi dải có chiều dài 18.5 mm, rộng 1.514 mm thông qua port 2.

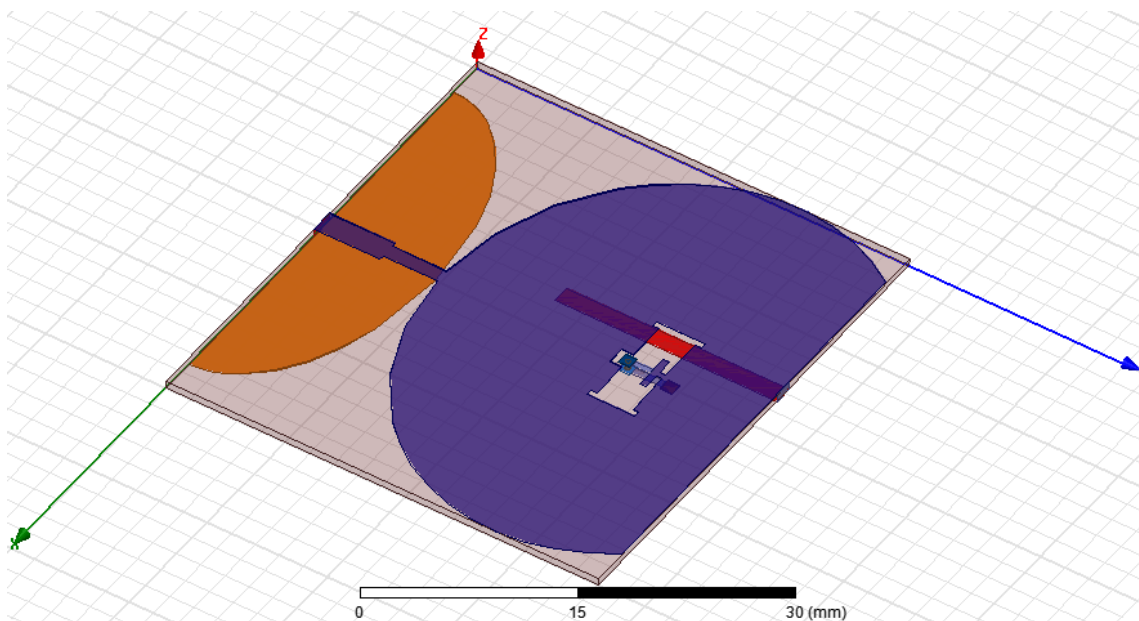
Một số hình ảnh Anten được vẽ từ phần mềm mô phỏng và các thiết đặt tham số:



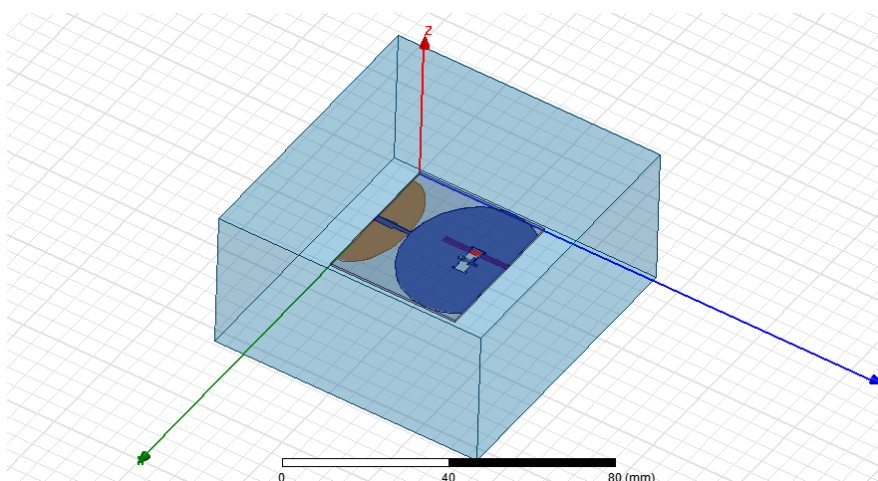
Hình 3.2. Anten nhìn từ trên xuống theo trục z.



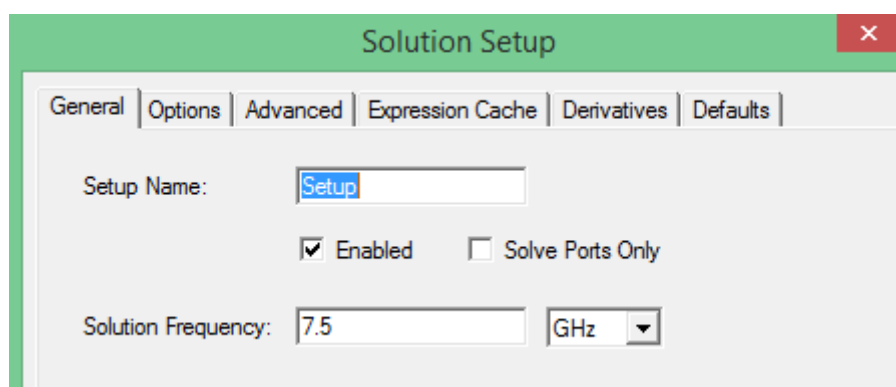
Hình 3.3. Cấu trúc phần anten đóng vai trò tái cấu hình tần số.



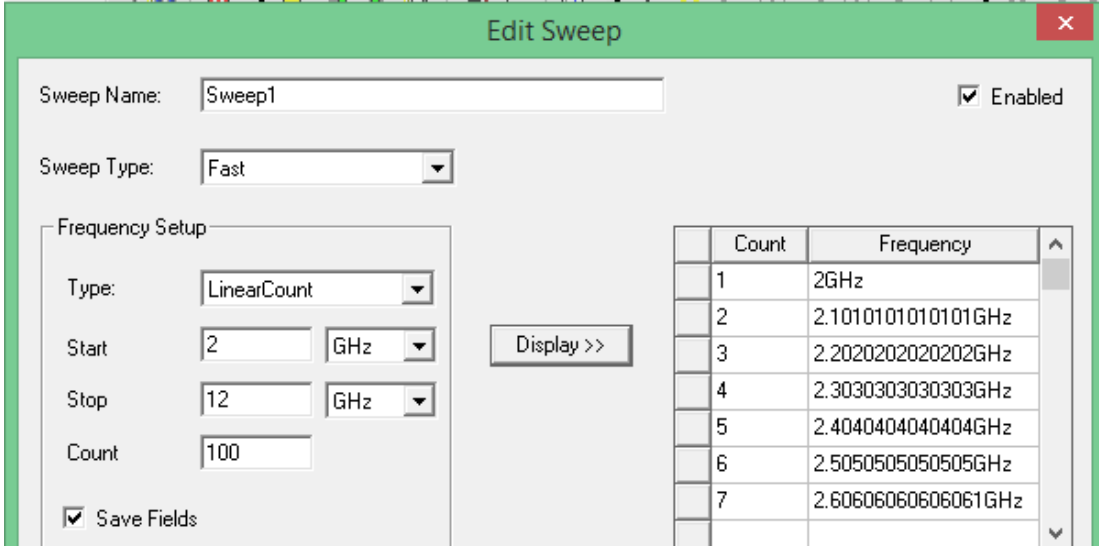
Hình 3.4. Anten quan sát theo góc nghiêng.



Hình 3.5. Hình ảnh đầy đủ gồm hộp biên hấp thụ bức xạ bao quanh anten.



Hình 3.6. Thiết lập tần số hoạt động.



Edit Sweep

Sweep Name: ☒ Enabled

Sweep Type:

Frequency Setup

Type:

Start:

Stop:

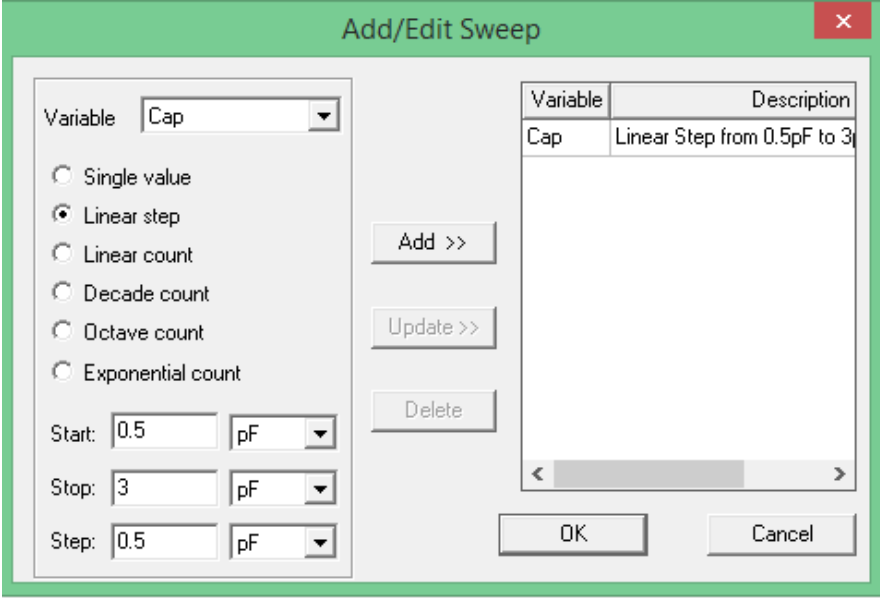
Count:

☒ Save Fields

Display >>

	Count	Frequency
	1	2GHz
	2	2.1010101010101GHz
	3	2.2020202020202GHz
	4	2.3030303030303GHz
	5	2.4040404040404GHz
	6	2.5050505050505GHz
	7	2.6060606060606GHz

Hình 3.7. Thiết lập dải tần mô phỏng.



Add/Edit Sweep

Variable:

☐ Single value
☒ Linear step
☐ Linear count
☐ Decade count
☐ Octave count
☐ Exponential count

Start:

Stop:

Step:

Add >>

Update >>

Delete

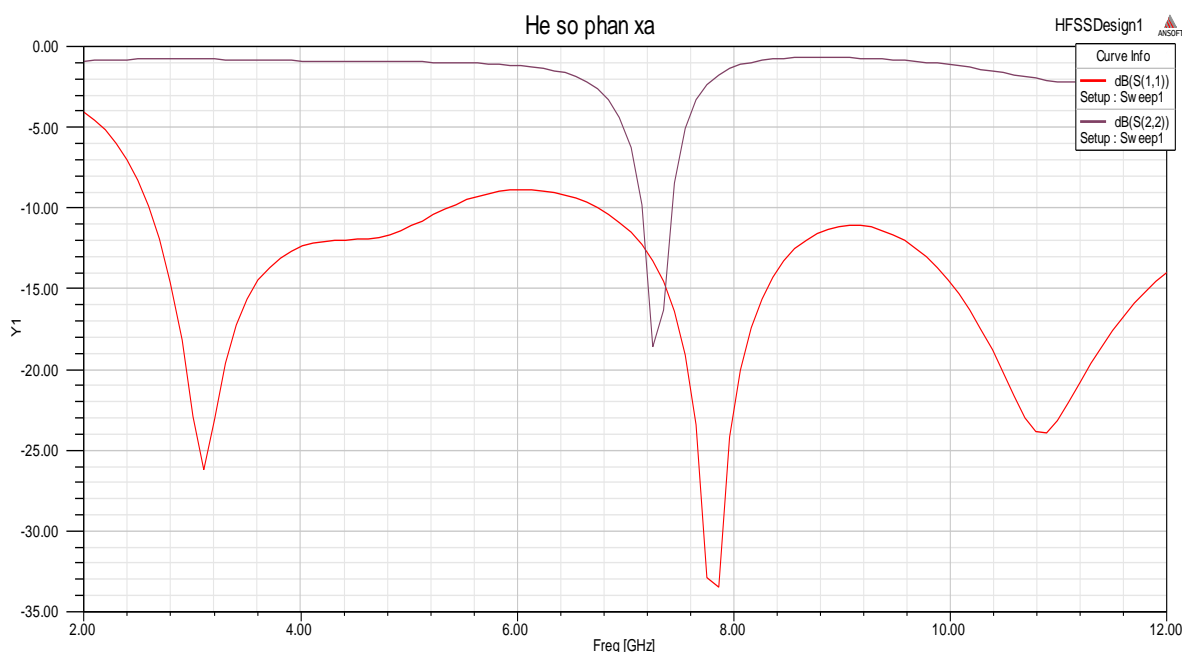
Variable	Description
Cap	Linear Step from 0.5pF to 3pF

OK Cancel

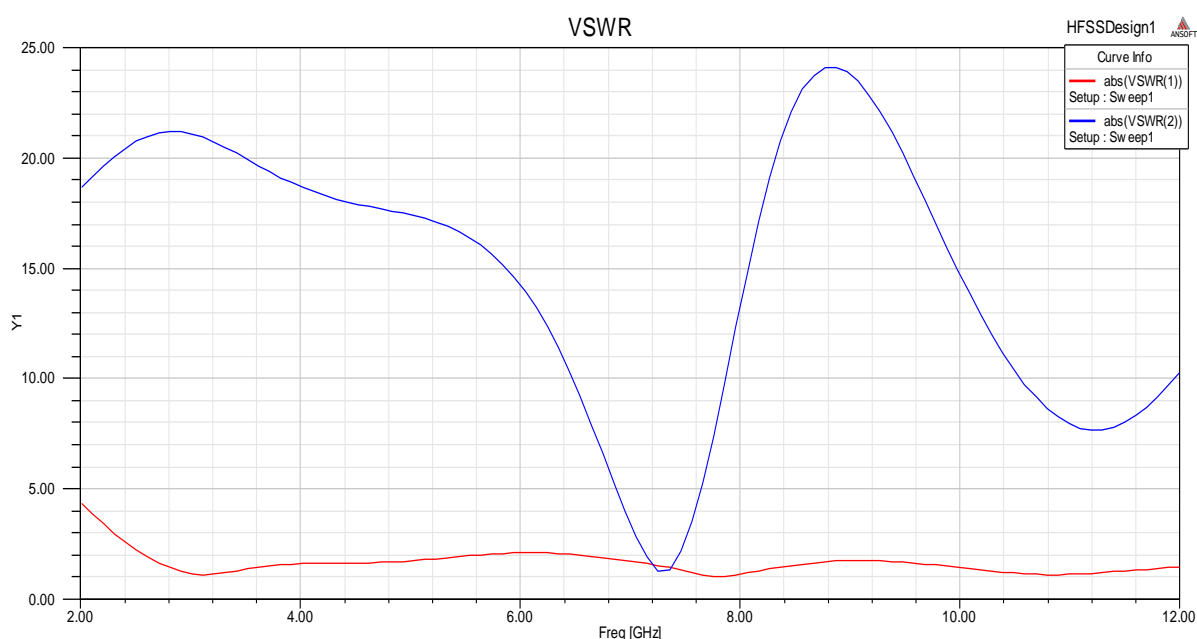
Hình 3.8. Thiết lập dải giá trị điện dung cho tụ biến dung để khảo sát.

3.3. Kết quả mô phỏng và đánh giá.

3.3.1. Kết quả mô phỏng.



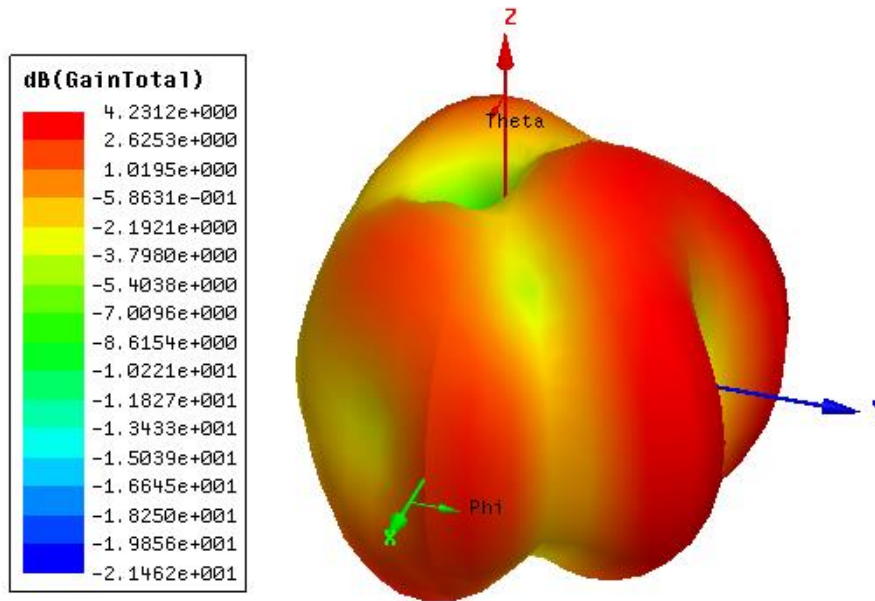
Hình 3.9. Đồ thị hệ số phản xạ tại điện dung 0.5 pF.



Hình 3.10. Đồ thị VSWR tại điện dung 0.5 pF.

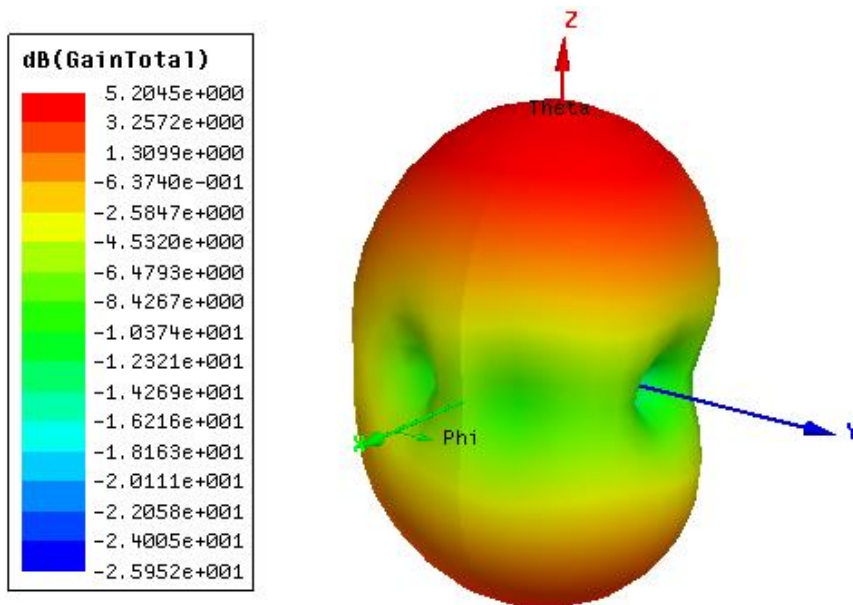
Hình 3.10 mô tả hệ số phản xạ của Anten tích hợp gồm 2 Anten thành phần. Dễ thấy là hệ số phản xạ của Anten UWB (S_{11}) < -10 dB trong hầu hết dải phổ từ 2 GHz đến 12 GHz. Còn hệ số phản xạ của Anten tái cấu hình (S_{22}) < -10 dB tại dải phổ hẹp khoảng 0.25 GHz từ 7.15 GHz đến 7.4 GHz.

Hình 3.11 thể hiện tham số VSWR. Tương ứng như hệ số phản xạ, $VSWR(1) < 2$ cũng gần như bảo phủ dải tần số khảo sát, và $VSWR(2) < 2$ tại khoảng phổ rất nhỏ tương ứng với tần số hoạt động của Anten khi được sử dụng cho vai trò truyền thông.



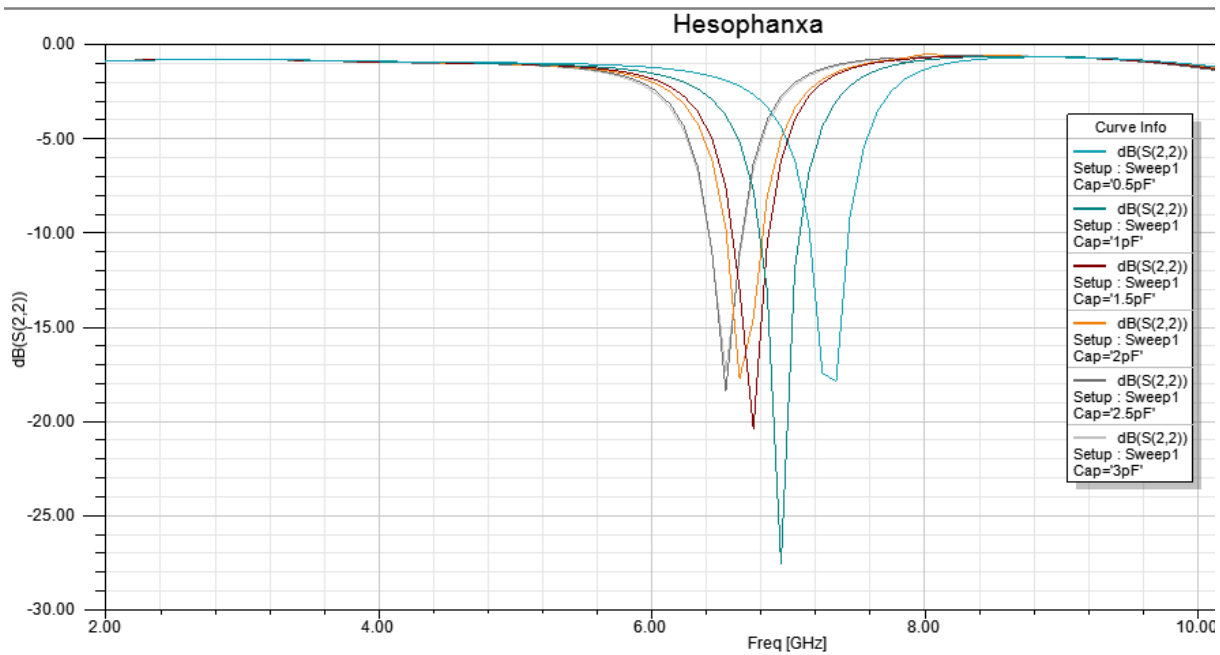
Hình 3.11. Đồ thị bức xạ của anten UWB.

Độ lợi của anten UWB thể hiện qua hình 3.20. Độ lợi càng tăng tương ứng với màu sắc đậm dần và đạt lớn nhất khoảng 4 dBi ứng với màu đỏ. Đồ thị trải đều ra cả ba trục để có thể thực hiện nhiệm vụ cảm biến một cách hiệu quả nhất.



Hình 3.12. Đồ thị bức xạ của anten tái cấu hình tần số tại điện dung 0.5 pF.

Khi anten được dùng trong vai trò truyền thông thì đồ thị bức xạ của anten có hình dạng bầu dục trải dọc theo trục z, độ lợi của anten cũng tăng dần ra hai đầu tương ứng, đảm bảo cho nhiệm vụ kết nối và truyền thông với các hệ thống truyền thông khác.



Hình 3.13. Kết quả mô phỏng với giá trị tụ thay đổi từ 0.5 pF đến 3 pF.

3.3.2 Đánh giá

Từ kết quả mô phỏng có được, ta nhận thấy kiến trúc anten UWB tích hợp tái cấu hình tần số hoạt động về cơ bản đã đáp ứng được yêu cầu đặt ra.

Kết quả mô phỏng cũng cho thấy anten UWB có kiểu bức xạ gần như đẳng hướng với độ lợi tối đa tối đa 3,12 dB tại 6 GHz và hiệu suất bức xạ của nó là gần 98%, đây là giá trị rất cao nhưng có thể dự đoán được do mức suy hao rất thấp của chất nền sapphire.

Trong đó, anten UWB đóng vai trò cảm biến, về băng thông đã đạt được đủ rộng để bao phủ dải tần 3 GHz – 10 GHz. Anten cảm biến cũng có độ lợi khá thấp, lớn nhất là 4 dBi, so với yêu cầu về độ lợi 0 dBi của anten UWB thì có thể tạm chấp nhận. Phối hợp trở kháng của anten nhìn chung đạt yêu cầu, tuy nhiên nếu có thêm thời gian thì có thể nghiên cứu thêm để tối ưu hơn nữa trước khi đưa vào áp dụng trong thực tế.

Đối với anten phần tử thứ hai có nhiệm vụ tái cấu hình tần số hoạt động, từ kết quả mô phỏng cho thấy anten đã cho hiệu quả như mong đợi, đó là khi thay đổi giá trị điện dung tăng từ 0.5 pF – 3 pF thì tần số hoạt động cũng biến thiên giảm dần trong dải tần 6.5 GHz – 7.5 GHz.

3.4 Kết luận chương

Chương 3 đã trình bày một kiến trúc ăng ten cụ thể ứng dụng trong hệ thống CR. Ăng ten được thiết kế và mô phỏng bằng phần mềm HFSS cho kết quả tương đối tốt với băng thông rộng bao phủ dải tần 3 GHz – 10 GHz, tần số hoạt động thay đổi từ 6.5 GHz – 7.5 GHz khi điều chỉnh giá trị tụ điện biến dung từ giá trị 0.5 pF – 3 pF. Như vậy, hai ăng ten băng siêu rộng và Reconfigurable được tích hợp trong cùng một kiến trúc có thể vừa đóng vai trò cảm biến, vừa dùng để truyền thông trong hệ thống CR sẽ giúp giảm thiểu được kích thước, tận dụng được không gian cho các thành phần khác của hệ thống, góp phần xây dựng nên các hệ thống truyền thông ngày càng tiên tiến và hiện đại.

KẾT LUẬN

Thông qua Luận văn, học viên đã thực hiện nghiên cứu, tổng hợp các vấn đề lý thuyết cơ bản, từ đó hiểu được nguyên lý hoạt động của hệ thống vô tuyến khả tri. Sau đó, luận văn đi sâu vào tìm hiểu phân hệ ăng ten cho hệ thống vô tuyến khả tri. Điểm mấu chốt rút ra là phân hệ ăng ten cho hệ thống vô tuyến khả tri cần sự phối hợp của 2 phần tử ăng ten: một phần tử ăng ten băng siêu rộng làm nhiệm vụ cảm nhận phổ và một phần tử ăng ten có khả năng tái cấu hình tần số hoạt động để thực hiện thu phát tại các vùng phổ trống.

Thiết kế đề xuất đã được kiểm chứng qua phần mềm mô phỏng điện từ HFSS. Dựa theo kết quả mô phỏng, ăng ten hoạt động tốt trong dải tần từ 6.5-7.5 GHz

Ưu điểm đạt được

- Mẫu ăng ten ứng dụng trong hệ thống vô tuyến khả tri sử dụng tụ khả dung đáp ứng được như cầu sử dụng phổ tần với yêu cầu hiệu quả cao thông qua khả năng tự cấu hình.
- Nâng cao khả năng linh hoạt trong việc sử dụng tần số một cách tối ưu.
- Tiết kiệm diện tích do thay vì phải sử dụng nhiều ăng ten hoạt động cho từng dải tần số khác nhau thì chỉ cần một ăng ten tự cấu hình lại là có thể đạt được tần số hoạt động mong muốn.

Hạn chế

- Trong Luận văn này, việc nghiên cứu chỉ dừng lại ở quá trình mô phỏng ăng ten ứng dụng cho hệ thống vô tuyến khả tri sử dụng tụ khả dung cho các ứng dụng truyền dẫn không dây
- Ngoài ra, mẫu ăng ten cũng chưa thể tiến tới quá trình chế tạo và đo đạc thực nghiệm do sự hạn chế về mặt công nghệ cũng như hệ thống vô tuyến khả tri vẫn đang trong quá trình nghiên cứu và mới chỉ là bước khởi đầu cho hệ thống vô tuyến tương lai sau này.

Hướng nghiên cứu:

- Luận văn nghiên cứu là một bước đệm nhỏ nhằm đóng góp mục đích phát triển một hệ thống khả tri trong tương lai sau này.
- Luận văn cũng hướng tới việc sử dụng vật liệu đặc biệt nhằm thay đổi tham số của ăng ten thay vì sử dụng các phương pháp khác.
- Nghiên cứu tính toán thiết kế và mô phỏng một ăng ten vi dải băng siêu rộng có băng thông bao phủ hết dải tần từ 3 – 10 GHz để đáp ứng được yêu cầu của ăng ten cho các thiết bị di động sử dụng công nghệ băng thông siêu rộng.