

BỘ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN PHÚ AN

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

LUẬN VĂN THẠC SỸ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI 2021

**BỘ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
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

LUẬN VĂN THẠC SỸ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Việt Hưng

HÀ NỘI 2021

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu và kết quả nghiên cứu nêu trong Luận văn này là trung thực, trích dẫn tài liệu tham khảo trên các tạp chí, các trang web tham khảo đảm bảo theo đúng quy định và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin cam đoan rằng, mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện luận văn này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong luận văn đều được chỉ rõ nguồn gốc.

Tác giả luận văn

Nguyễn Phú An

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên xin em trân trọng gửi lời cảm ơn sâu sắc đến quý thầy cô Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông trong thời gian qua đã dìu dắt và tận tình truyền đạt cho em những kiến thức, kinh nghiệm vô cùng quý báu để em có được kết quả ngày hôm nay.

Em xin trân trọng cảm ơn Thầy giáo TS. Nguyễn Việt Hưng, người hướng dẫn khoa học của luận văn, đã hướng dẫn tận tình và giúp đỡ về mọi mặt để hoàn thành luận văn.

Xin trân trọng cảm ơn quý thầy cô Khoa Đào tạo sau đại học đã hướng dẫn và giúp đỡ em trong quá trình thực hiện luận văn.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	v
DANH MỤC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....	viii
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ VÔ TUYẾN KHẢ TRI.....	4
1.1. Khái niệm vô tuyến khả tri	5
1.2. Kiến trúc mạng vô tuyến khả tri.....	5
1.3. Chu trình hoạt động của vô tuyến khả tri	8
1.4. Kiến trúc vật lý của hệ thống vô tuyến khả tri.....	8
1.5. Chức năng và hoạt động của hệ thống vô tuyến khả tri.....	10
1.5.1. Chức năng	10
1.5.2. Hoạt động trong mạng vô tuyến khả tri	13
1.6. Vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm	15
1.6.1. Giới thiệu	15
1.6.2. Mô hình vô tuyến khả tri dựa trên SDR.....	16
1.7. Ứng dụng của vô tuyến khả tri	17
1.8. Tổng kết chương I	20
CHƯƠNG II: ĂNG-TEN CHO VÔ TUYẾN KHẢ TRI.....	27
2.1. Một số tham số cơ bản của ăng ten	27
2.1.1. Hàm tính hướng	27
2.1.2. Đồ thị bức xạ và độ rộng búp sóng	27
2.1.3. Công suất bức xạ, điện trở bức xạ và hiệu suất ăng ten.....	28
2.1.4 Hệ số tính hướng và hệ số khuếch đại của ăng ten	28
2.1.5 Trở kháng vào ăng ten	29
2.1.6. Chỉ số sóng dừng (VSWR)	29

2.1.7 Bảng thông (dải tần hoạt động)	30
2.2. Hệ thống anten cho CR.....	30
2.2.1. Đặc điểm	30
2.2.2 Yêu cầu đối với ăng ten băng siêu rộng.....	32
2.2.3 Mạch ăng ten băng siêu rộng	34
2.2.4 Mạch ăng ten khe băng hẹp tự cấu hình ứng dụng trong CR	34
2.2.5. Khả năng tích hợp 2 ăng ten	35
2.3 Một số kiến trúc anten UWB trong các ứng dụng CR	35
2.4 Kết luận chương	44
CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG ANTEN CHO VÔ TUYẾN KHẢ TRI	45
3.1 Cơ sở thiết kế anten.....	45
Cơ sở lý thuyết	46
3.2 Thiết kế anten	47
3.2.1 Đề xuất anten thiết kế	47
3.2.2 Thực hiện thiết kế và mô phỏng bằng phần mềm HFSS	48
3.3. Kết quả mô phỏng và đánh giá	51
3.3.1. Kết quả mô phỏng	51
3.3.2 Đánh giá	54
3.4 Kết luận chương	54
KẾT LUẬN	55
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	57
PHỤ LỤC.....	58
Hướng dẫn sử dụng phần mềm HFSS.....	60

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Kiến trúc mạng vô tuyến khả tri.	6
Hình 1.2. Chu trình nhận thức trong vô tuyến khả tri	8
Hình 1.3: Kiến trúc chung của một hệ thống thu phát	9
Hình 1.4. Kiến trúc phần đầu cuối RF (Front-End)	9
Hình 1.5: Các chức năng truyền thông trong mạng vô tuyến khả tri.....	11
Hình 1.6: Các thành phần cơ bản của vô tuyến khả tri để lựa chọn tần số động.	12
Hình 1.7: Mạng vô tuyến khả tri hoạt động trên băng cấp phép.....	13
Hình 1.8: Mạng vô tuyến khả tri hoạt động trên băng không được cấp phép.....	14
Hình 1.9. So sánh vô tuyến khả tri với vô tuyến thông thường, vô tuyến được định nghĩa bằng phần mềm SDR.....	16
Hình 1.10. Mô hình vô tuyến khả tri dựa trên SDR.....	16
Hình 1.11. Sự thay đổi của hệ thống thông tin không dây khi sử dụng vô tuyến khả tri	18
Hình 2.1. Sơ đồ khối anten CR.	31
Hình 2.2: Mặt trên của ăng ten.....	34
Hình 2.3. Mô hình chia sẻ phổ CR-UWB: (a) Không vùng phủ; (b) Có vùng phủ.	37
Hình 2.4. Kiến trúc bộ lọc thông dải DMS	38
Hình 2.5. Bộ lọc thông dải DMS 2 dải chặn.	38
Hình 2.6. Anten UWB và anten UWB filtering. (a) Anten UWB. (b) Anten UWB filtering.	39
Hình 2.7. Đồ thị đặc tính:.....	39
Hình 2.8. Anten UWB hai băng (a) và đồ thị băng thông (b).....	40
Hình 2.9. Anten tái cấu hình UWB	40
Hình 2.10. Hình dạng của bộ lọc ba băng.	41
Hình 2.11. Anten ba băng UWB (a) và đồ thị đặc tính (b).	42
Hình 2.12. Cấu hình của anten CR-UWB.....	43
Hình 2.13. Các chế độ (mode) hoạt động của anten CR-UWB.	43
Hình 3.1. Kiến trúc anten tích hợp UWB/Reconfigurable.....	47
Hình 3.2. Anten nhìn từ trên xuống theo trục z.	48
Hình 3.3. Cấu trúc phần anten đóng vai trò tái cấu hình tần số.	49
Hình 3.4. Anten quan sát theo góc nghiêng.	49

Hình 3.5. Hình ảnh đầy đủ gồm hộp biên hấp thụ bức xạ bao quanh anten.	50
Hình 3.6. Thiết lập tần số hoạt động.	50
Hình 3.7. Thiết lập dải tần mô phỏng.	51
Hình 3.8. Thiết lập dải giá trị điện dung cho tụ biến dung để khảo sát.	51
Hình 3.9. Đồ thị hệ số phản xạ tại điện dung 0.5 pF.....	51
Hình 3.10. Đồ thị VSWR tại điện dung 0.5 pF.	52
Hình 3.11. Đồ thị bức xạ của anten UWB.	53
Hình 3.12. Đồ thị bức xạ của anten tái cấu hình tần số tại điện dung 0.5 pF.	53
Hình 3.13. Kết quả mô phỏng với giá trị tụ thay đổi từ 0.5 pF đến 3 pF.....	54
Hình 3.14. Khung phác thảo	61
Hình 3.15. Kích thước CPW	63
Hình 3.16. Cổng microstrip.....	64
Hình 3.17. Kích thước cổng sóng bao quanh và không bao quanh	65
Hình 3.18. GCP nối đất.....	66
Hình 3.19. Đặc tính trở kháng của chế độ CPW bao quanh và không bao quanh....	67
Hình 3.20. Các trường cổng đối xứng và không đối xứng.....	68
Hình 3.21. Định cỡ của Port.....	71

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1. Tiêu chí cơ bản của ăng ten băng siêu rộng.....	33
Bảng 2.2. Các chế độ của anten CR-UWB.	44

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Tên viết tắt	Tên đầy đủ	Nghĩa
CPW	Coplanar Waveguide	Ống dẫn sóng đồng phẳng
CR	Cognitive Radio	Vô tuyến khả tri
DMS	Defected Microstrip Structure	Khe vi dải khuyết
DSA	Dynamic Stratum Access	Truy cập phổ động
DSI	Dynamic Stratum Indentyfi	Nhận diện phổ
LNA	Low Noise Amplifier	Bộ khuếch đại tạp âm thấp
PLL	Phase-Locked Loop	Vòng khóa pha
PU	Primary User	Người dùng sơ cấp
QoS	Quality of Service	Chất lượng dịch vụ
RFID	Ratio Frequency Identification	Nhận thực tần số vô tuyến
SDR	Software Defined Radio	Vô tuyến định nghĩa phần mềm
SU	Secondary User	Người dùng thứ cấp
UWB	Ultra Wideband	Băng siêu rộng
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio	Tỉ số sóng đứng điện áp
WLAN	Wireless Local Area Network	Mạng cục bộ không dây
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Khả năng tương tác toàn cầu với truy nhập vi ba

SH	Switch High	Chuyển mạch cao
BST	Barium Strontium Titanate	Chất điện môi biến thiên

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 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 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 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 băng rộng sử dụng tụ biến thiên 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.

Hiện nay, các mạng vô tuyến đều có đặc điểm là sử dụng những dải tần số cố định. Tức là hệ thống đều được thiết kế để hoạt động trên dải tần mà nó được cấp phép. Trước hết, một số dải tần được ấn định cho các mục đích tối quan trọng của xã hội như các dịch vụ khẩn cấp, đảm bảo an toàn, dịch vụ hàng không... Các dải tần khác được ấn định cho những mục đích sử dụng mang tính thương mại như phát thanh, truyền hình, điện thoại di động... Cuối cùng, có một khối lượng nhỏ phổ tần số không cần cấp phép và bất kỳ người nào cũng có quyền sử dụng nó.

Vô tuyến khả tri CR (Cognitive Radio) được nghiên cứu để cho phép đầu cuối vô tuyến có thể cảm nhận, nhận biết và sử dụng linh hoạt phổ tần tại thời điểm xác định. Việc sử dụng phổ tần có sẵn này hoàn toàn là dựa trên việc hành động đúng lúc. Về nguyên lí, ta có thể chiếm dụng bất kì vùng phổ trống ngay khi người dung sơ cấp của vùng phổ này chuyển sang vùng phổ khác. Dẫn đến sự xuất hiện truy nhập phổ động DSA dựa trên vô tuyến khả tri. Khái quát hóa sau này làm cho vô tuyến khả tri cơ bản là một thiết bị không dây khả tri, thích ứng và linh hoạt.

Việc nghiên cứu vô tuyến khả tri được quan tâm rộng rãi trong những năm gần đây. Dải tần số hạn chế và thiếu hiệu quả trong việc khai thác sử dụng phổ tần đòi hỏi một mô hình mạng mới nhằm khai thác hiệu quả mạng không dây hiện tại, dẫn đến sự ra đời của vô tuyến khả tri. Mạng thế hệ tiếp theo (xG) sẽ là mạng tích hợp có hi vọng áp dụng mạng truy nhập phổ tần động DSA (Dynamic spectrum access) và mạng vô tuyến khả tri CNR (Cognitive Radio Network).

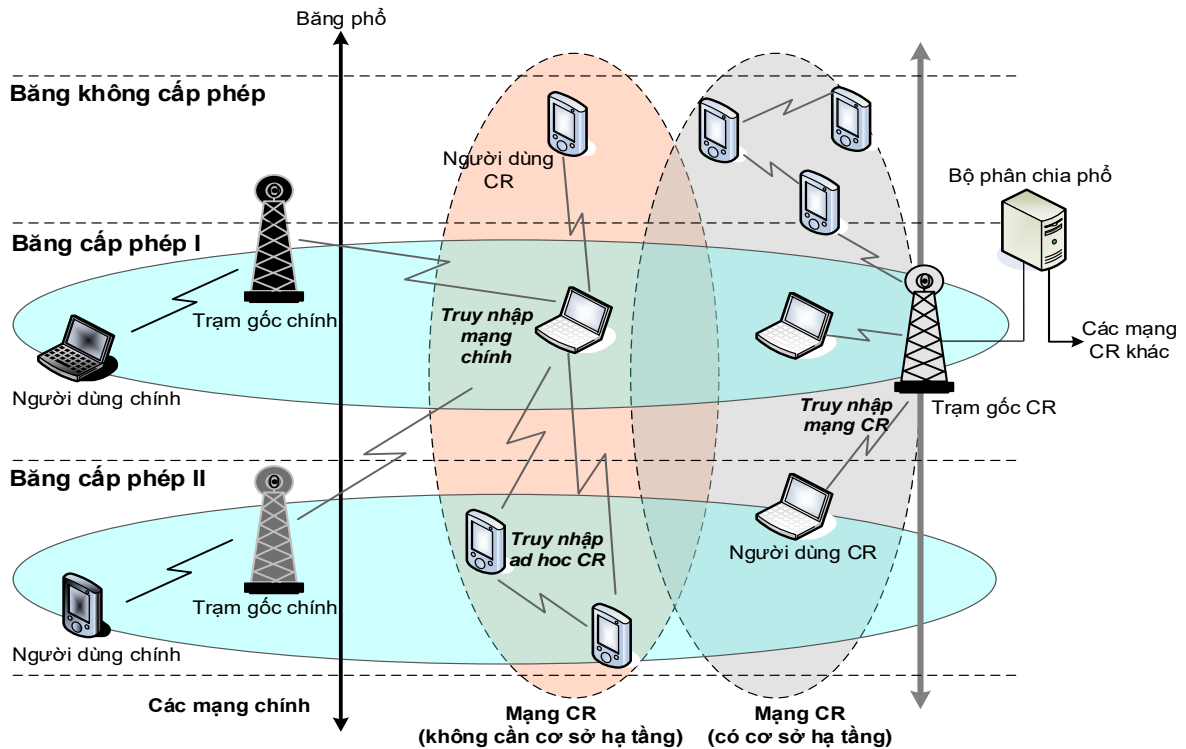
1.1. Khái niệm vô tuyến khả tri

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. Tồn tại một số định nghĩa về vô tuyến khả tri như:

- Theo FCC: Vô tuyến khả tri là vô tuyến có thể thay đổi các thông số truyền dựa trên sự cảm nhận với môi trường mà nó hoạt động. Theo đó, vô tuyến khả tri là một hệ thống có khả năng cảm biến môi trường xung quanh và điều chỉnh các tham số hoạt động của nó để tối ưu hoá hệ thống dưới dạng: tối đa băng thông, giảm can nhiễu, truy nhập phổ tần động
- Định nghĩa do giáo sư Simon Hayskin – cha đẻ của vô tuyến khả tri: vô tuyến khả tri là một hệ thống truyền thông không dây thông minh có khả năng nhận biết được môi trường xung quanh và từ môi trường nó sẽ thích nghi với sự thay đổi của môi trường bằng cách thay đổi các thông số tương ứng (công suất truyền, tần số sóng mang, phương pháp điều chế) trong thời gian thực với hai vấn đề chính: (i) truyền thông với độ tin cậy cao bất cứ khi nào và bất cứ nơi đâu và (ii) sử dụng hiệu quả phổ vô tuyến
- Theo IEEE: “Vô tuyến khả tri là hệ thống phát/nhận tần số vô tuyến mà được thiết kế để thông minh phát hiện một khoảng phổ đang sử dụng hay không, và nhảy (hoặc thoát khỏi nếu cần thiết) rất nhanh qua một khoảng phổ tạm thời không sử dụng khác, nhằm không gây nhiễu cho các hệ thống được cấp phép khác.

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. Hơn nữa, một số phần phổ vô tuyến đã được cấp phép cho các mục đích khác nhau trong khi một số băng vẫn chưa được cấp phép.



Hình 1.1: Kiến trúc mạng vô tuyến khả tri.

Các thành phần kiến trúc của mạng vô tuyến khả tri, như Hình 1.1 có thể chia thành hai phần là mạng sơ cấp (primary network) và mạng khả tri. Các thành phần cơ bản :

Mạng sơ cấp (Primary network): Cơ sở hạ tầng mạng đang tồn tại thường gọi là mạng sơ cấp, mạng này có quyền truy nhập tới một vài băng tần nhất định, chẳng hạn như mạng TV quảng bá, hay các mạng tổ ong nói chung. Các thành phần của mạng sơ cấp bao gồm:

- ✚ *Người dùng sơ cấp* (Primary user-PU): Người dùng sơ cấp (hay người dùng được cấp phép) có giấy phép để hoạt động trong một băng tần nhất định. Truy nhập này chỉ được giám sát bởi trạm gốc sơ cấp và không bị ảnh hưởng bởi những hoạt động của bất kì người dùng không được cấp phép khác. Để cùng tồn tại với các trạm gốc vô tuyến khả tri và người dùng vô tuyến khả tri, những người dùng sơ cấp này không cần phải thay đổi hay thêm chức năng gì.
- ✚ *Trạm gốc sơ cấp* (Primary base-station): Trạm gốc sơ cấp (hay trạm gốc được cấp phép) là thành phần cơ sở hạ tầng mạng cố định, có giấy phép phổ, như BTS trong mạng tổ ong. Về nguyên tắc, trạm gốc sơ cấp không có khả năng chia sẻ phổ với những người dùng vô tuyến khả tri, tuy nhiên có thể thêm chức năng này.

Mạng vô tuyến khả tri: Mạng vô tuyến khả tri (hay mạng CR, mạng Truy nhập phổ tần động, mạng thứ cấp, mạng không được cấp phép) không có giấy phép để hoạt động trong băng mong muốn. Do đó, nó chỉ được phép truy nhập phổ khi có cơ hội. Các mạng vô tuyến khả tri có thể được sử dụng cả mạng cơ sở hạ tầng và mạng ad hoc. Các thành phần của mạng vô tuyến khả tri:

- ❖ *Người dùng vô tuyến khả tri:* (hay người dùng CR, người dùng không được cấp phép, người dùng thứ cấp- Secondary user -SU) không có giấy phép sử dụng phổ. Do đó, cần có thêm các chức năng để chia sẻ băng cấp phép.
- ❖ *Trạm gốc vô tuyến khả tri:* Trạm gốc vô tuyến khả tri (hay trạm gốc CR, trạm gốc không được cấp phép, trạm gốc thứ cấp) là thành phần cơ sở hạ tầng cố định với các khả năng của vô tuyến khả tri. Trạm gốc vô tuyến khả tri cung cấp kết nối đơn chặng tới những người dùng vô tuyến khả tri mà không cần giấy phép truy nhập phổ. Thông qua kết nối này, người dùng vô tuyến khả tri có thể truy nhập đến các mạng khác.
- ❖ *Bộ phân chia phổ:* Bộ phân chia phổ (hay server lập lịch) là một thực thể mạng trung tâm đóng vai trò trong việc chia sẻ các tài nguyên phổ tần giữa các mạng vô tuyến khả tri khác nhau. Bộ phân chia phổ có thể kết nối với từng mạng và có thể phục vụ với tư cách là người quản lý thông tin phổ, nhằm cho phép các mạng vô tuyến khả tri cùng tồn tại.

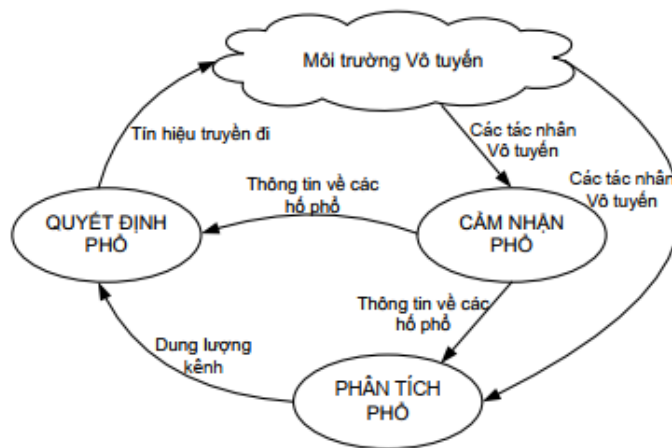
Hình 1.1 đưa ra một kiến trúc mạng vô tuyến khả tri tham khảo. Mạng vô tuyến khả tri bao gồm nhiều loại mạng khác nhau: mạng sơ cấp, mạng vô tuyến khả tri, và mạng vô tuyến khả tri ad hoc. Các mạng vô tuyến khả tri hoạt động dưới môi trường phổ hỗn hợp, bao gồm cả các băng được cấp phép và không được cấp phép. Do đó, trong mạng vô tuyến khả tri, có ba loại truy nhập khác nhau, đó là:

- ❖ *Truy nhập mạng vô tuyến khả tri (CR network access):* Người dùng vô tuyến khả tri có thể truy nhập tới chính trạm gốc vô tuyến khả tri ở cả băng được cấp phép và không được cấp phép.
- ❖ *Truy nhập mạng vô tuyến khả tri ad hoc (CR ad hoc access):* Người dùng vô tuyến khả tri có thể truyền thông với những người dùng vô tuyến khả tri khác thông qua kết nối ad hoc ở cả băng được cấp phép và không được cấp phép.
- ❖ *Truy nhập mạng sơ cấp (Primary network access):* Người dùng vô tuyến khả tri cũng có thể truy nhập tới trạm gốc sơ cấp thông qua băng được cấp phép.

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. Nhiệm vụ yêu cầu cho hoạt động thích ứng trong dải phổ tần được minh họa ở hình 1.2 gọi là chu trình khả tri. Ta tóm tắt ba bước cơ bản trong chu trình khả tri: cảm nhận phổ, phân tích phổ và quyết định phổ như sau:

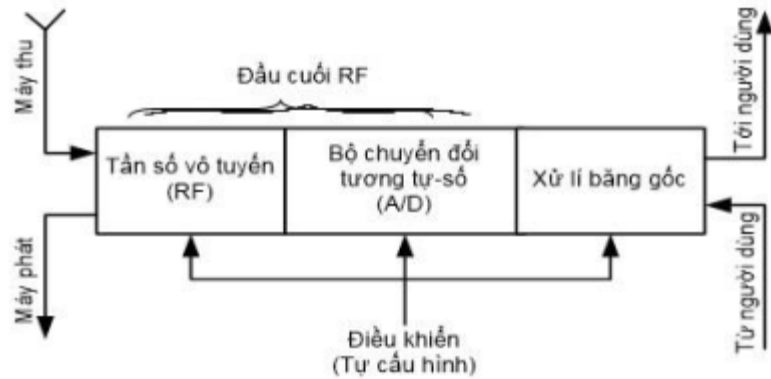
- **Cảm nhận phổ:** Vô tuyến khả tri giám sát các băng phổ khả dụng, nắm bắt các thông tin của chúng và sau đó phát hiện ra các hố phổ.
- **Phân tích phổ:** Các đặc tính của hố phổ có được thông qua cảm nhận phổ sẽ được ước tính.
- **Quyết định phổ:** Vô tuyến khả tri quyết định tốc độ dữ liệu, chế độ truyền và băng tần truyền. Sau đó, băng phổ phù hợp sẽ được chọn thông qua các đặc tính phổ và yêu cầu của người dùng.



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

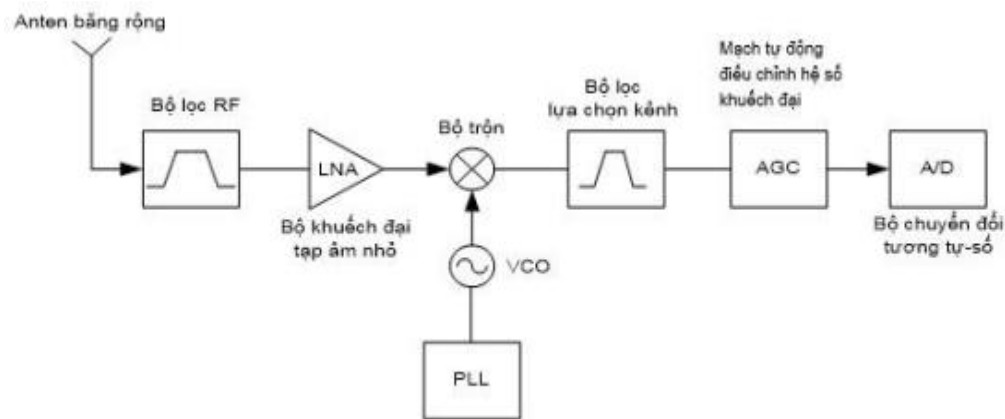
Kiến trúc chung của một hệ thống thu phát vô tuyến khả tri được minh họa như hình dưới đây. Trong đó các bộ phận chính của hệ thống là phần đầu cuối -RF (FrontEnd) và phần xử lý băng gốc. Mỗi bộ phận đều có thể được tái cấu hình thông qua đường điều khiển nhằm thích ứng với các điều kiện thay đổi liên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

- Bộ lọc RF: có tác dụng chọn được khoảng băng thông mong muốn bằng cách cho tín hiệu qua bộ lọc thông dải

- Bộ khuếch đại nhiễu thấp - LNA (Low Noise Amplifier): có tác dụng khuếch đại tạp âm thấp, tín hiệu nhỏ ngõ vào của máy thu tới mức cần thiết để đổi tần, tăng độ nhạy máy thu. Bộ khuếch đại nhiễu thấp thường có từ một đến ba tầng khuếch đại tuyến tính, có điều hướng chọn lọc tần số-băng thông tín hiệu mong muốn. Có tác dụng khuếch đại tín hiệu mong muốn đồng thời giảm tín hiệu nhiễu.
- Bộ trộn (Mixer): tại bộ đổi tần thì tín hiệu thu được từ máy thu sẽ được trộn với tần số gốc được phát ra và được chuyển tới dải băng gốc hay tần số trung tần.
- Bộ tạo dao động điều khiển điện áp - VCO (Voltage Controlled Oscillator): được biết đến như là bộ điều chỉnh tần số bằng điện áp. Có tác dụng như bộ khóa pha giúp tần số ra ổn định.
- Bộ lọc lựa chọn kênh: được dùng để chọn kênh mong muốn đồng thời loại bỏ kênh kề cận. Có hai cách để chọn kênh.
- Bộ điều khiển hệ số khuếch đại - AGC (Automatic Gain Control): là hệ thống hồi tiếp điều chỉnh độ khuếch đại máy thu dựa vào biên độ tín hiệu thu đồng thời mở rộng dải tần, cho phép ta tăng hoặc giảm độ khuếch đại khi tín hiệu thu yếu hay mạnh bằng cách thay đổi điện áp phân cực.
- Vòng khóa pha - PLL (Phase Locked Loop): là bộ hồi tiếp vòng kín. Tín hiệu hồi tiếp được dùng để khóa tần số và pha của tín hiệu ra theo tần số và pha của tín hiệu vào.

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

1.5.1. Chức năng

Công nghệ vô tuyến khả tri (CR) cung cấp khả năng sử dụng hoặc chia sẻ phổ theo cơ hội. Công nghệ truy nhập phổ tần động cho phép CR hoạt động trong kênh khả dụng tốt nhất. Đặc biệt, công nghệ CR cho phép người dùng (1) xác định các phần phổ sẵn có và phát hiện ra những người dùng được cấp phép khi người dùng đó hoạt động trong băng cấp phép (cảm nhận phổ), (2) lựa chọn kênh khả dụng tốt nhất (quản lý phổ), (3) đồng truy nhập tới các kênh đó với những người dùng khác (chia sẻ phổ), và (4) bỏ kênh đó khi phát hiện đã có người dùng được cấp phép (dịch chuyển phổ).

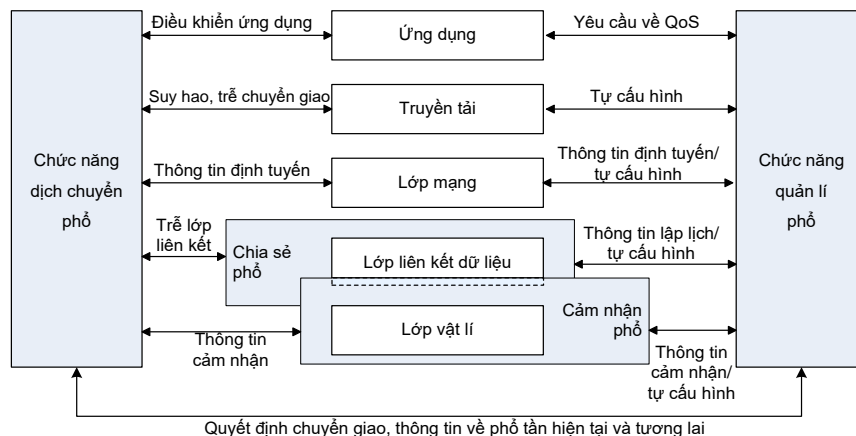
Khi vô tuyến khả tri hỗ trợ khả năng lựa chọn được kênh tốt nhất, thì thách thức tiếp theo là tạo ra các giao thức mạng để thích ứng với phổ sẵn có. Vì thế, mạng vô

tuyến khả tri yêu cầu nhiều tính năng để hỗ trợ tính thích ứng này. Tóm lại, chức năng chính của vô tuyến khả tri trong các mạng vô tuyến khả tri có thể tổng kết lại như sau:

- *Cảm nhận phổ*: Phát hiện ra phổ tần không sử dụng và chia sẻ phổ mà không gây nhiễu tới những người dùng khác.
- *Quản lý phổ*: Chiếm giữ phần phổ tần tốt nhất sẵn có để đáp ứng nhu cầu truyền thông của người dùng.
- *Dịch chuyển phổ*: Bảo đảm các yêu cầu truyền thông không bị đứt quãng trong lúc chuyển tới phổ tần tốt hơn.
- *Chia sẻ phổ*: Cung cấp phương pháp lập lịch phổ tần hợp lý giữa những người dùng CR đang cùng tồn tại.

Các chức năng của các CRN cho phép các giao thức truyền thông nhận biết phổ. Tuy nhiên, sử dụng phổ tần động gây ra các ảnh hưởng bất lợi đến hiệu năng của các giao thức truyền thông thông thường mà đã được phát triển cho các băng tần số cố định.

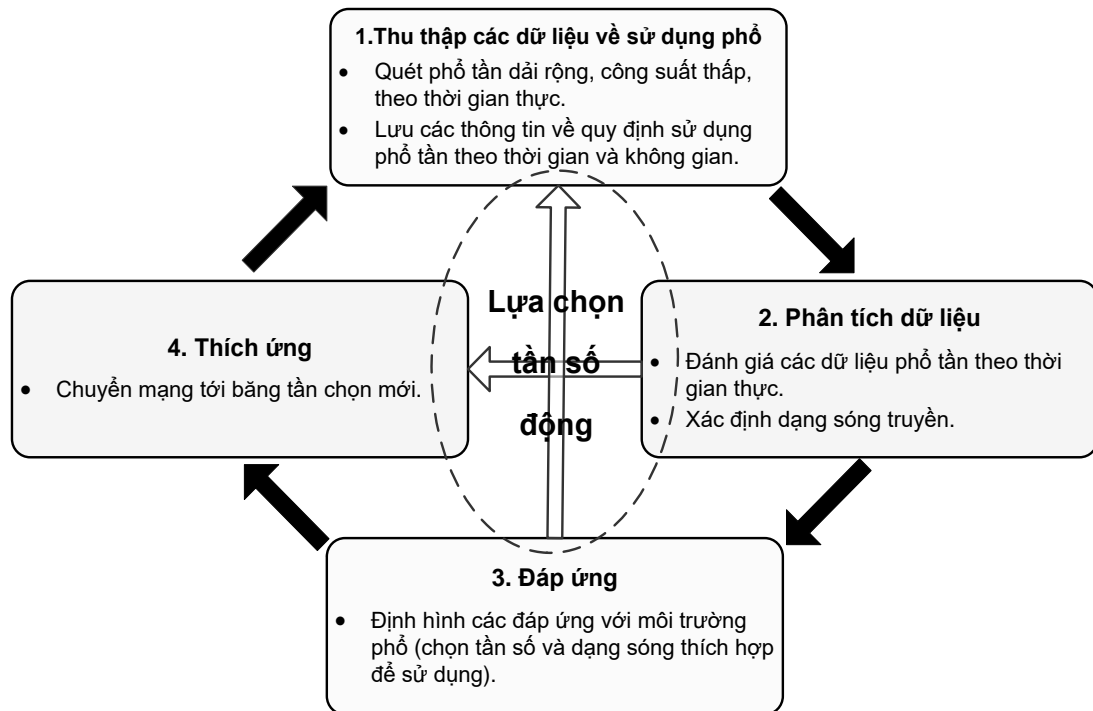
Các thành phần trong CRN và tác động giữa chúng được minh họa trong Hình 1.5 dưới đây. Chính sự tác động này đòi hỏi mạng vô tuyến khả tri phải có chức năng thiết kế giữa các lớp. Đặc biệt, việc cảm nhận phổ và chia sẻ phổ phải được kết hợp để nâng cao hiệu quả phổ. Trong chức năng chia sẻ phổ và dịch chuyển phổ, các chức năng ở lớp ứng dụng, truyền tải, định tuyến, truy nhập phương tiện và lớp vật lý được thực hiện đồng thời.



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

Hình 1.6 mô tả các thành phần chức năng cần thiết để thực hiện lựa chọn tần số động sử dụng vô tuyến khả tri.

- *Khối thu thập dữ liệu về sử dụng phổ*: Lựa chọn tần số động yêu cầu khả năng cảm nhận băng rộng, thời gian thực của môi trường phổ. Đây là quá trình lấy mẫu kênh để xác định kênh nào còn trống, kênh nào đã sử dụng. Một vài thông số liên quan ở quá trình này là độ nhảy máy thu, thời gian lấy mẫu và khoảng lấy mẫu, các mức ngưỡng để tách tạp âm băng rộng ra khỏi tín hiệu.
- *Khối phân tích dữ liệu*: bao gồm phân tích dữ liệu và đưa ra quyết định nếu có kênh có thể sử dụng được. Quá trình phát hiện này bao gồm việc phân loại dữ liệu và sử dụng thông tin thu thập được để xác định xem liệu kênh đó có thể được sử dụng bởi một dịch vụ hay hệ thống truyền thông nào khác hay không. Quá trình phát hiện này cũng bao gồm việc thông tin với các tập con của các node lân cận vì rất có thể ở một đầu của kết nối thì kênh đó rỗi, nhưng ở đầu kia của kết nối thì kênh đó lại không còn rỗi nữa. Đối với một số hệ thống con di động không dây, việc thông tin này có thể yêu cầu dùng kênh hoa tiêu băng hẹp.
- *Khối đáp ứng*: Tại một vị trí và một thời điểm xác định, khối này thực hiện việc xác định dạng sóng và tần số động để sử dụng.
- *Khối thích ứng*: Chuyển tới mạng với băng tần số mới vì vậy cần phải thích ứng với những sự thay đổi của mạng

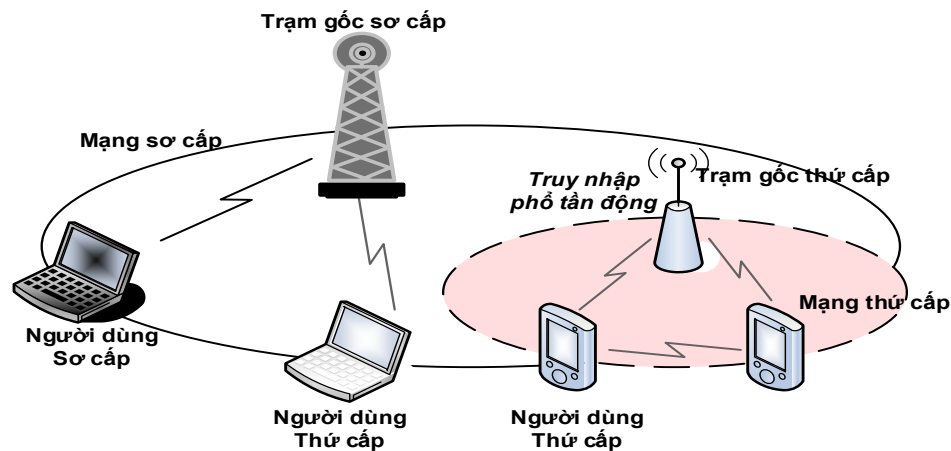


Hình 1.6: Các thành phần cơ bản của vô tuyến khả tri để lựa chọn tần số động.

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.

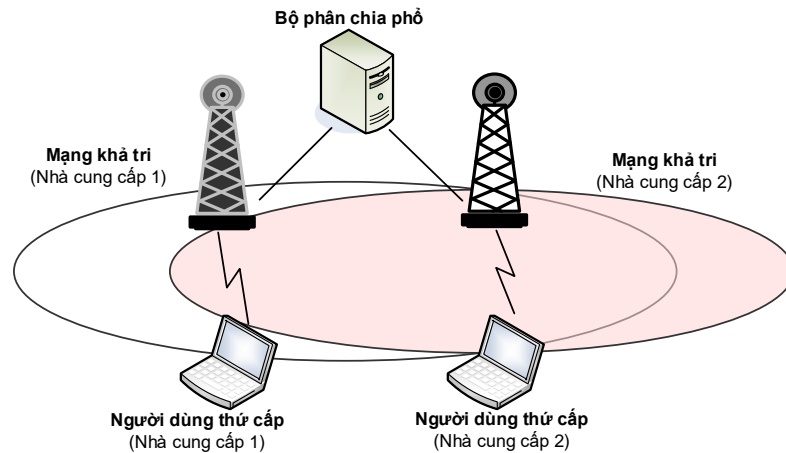
Trong trường hợp này, các mạng vô tuyến khả tri cùng tồn tại với các mạng sơ cấp tại cùng một vị trí và trên cùng một băng phổ. Có nhiều thách thức khác nhau để thực hiện các CRN trên băng cấp phép vì sự tồn tại của những người dùng sơ cấp. Mặc dù, mục đích chính của CRN là xác định phổ tần có sẵn tốt nhất, nhưng các chức năng của vô tuyến khả tri trong băng cấp phép lại bao gồm phát hiện sự có mặt của các người dùng sơ cấp.



Hình 1.7: Mạng vô tuyến khả tri hoạt động trên băng cấp phép.

Dung lượng kênh của các hồ phổ phụ thuộc vào nhiều xung quanh những người dùng sơ cấp. Do đó, việc tránh nhiễu cho những người dùng sơ cấp là vấn đề quan trọng nhất trong kiến trúc này. Hơn nữa, nếu người dùng sơ cấp xuất hiện trong băng phổ bị những người dùng vô tuyến khả tri hay còn gọi là người dùng thứ cấp (SU) chiếm, thì người dùng vô tuyến khả tri ngay lập tức phải bỏ lại phổ hiện thời và chuyển tới phổ mới sẵn có khác, hay có thể gọi là chuyển giao phổ.

❖ Trên băng không được cấp phép



Hình 1.8: Mạng vô tuyến khả tri hoạt động trên băng không được cấp phép.

Các mạng vô tuyến khả tri (CRN) có thể được thiết kế để hoạt động trên các băng không được cấp phép để cải thiện hiệu quả phổ trong phần phổ này. Tất cả thực thể trong mạng có quyền như nhau khi truy nhập tới các băng phổ. Nhiều CRN cùng tồn tại trong một vùng giống nhau và truyền thông sử dụng cũng một phần phổ như nhau. Các thuật toán chia sẻ phổ khả tri có thể cải thiện hiệu quả sử dụng phổ và hỗ trợ QoS cao. Trong kiến trúc này, những người dùng vô tuyến khả tri tập trung vào phát hiện việc truyền của những người dùng vô tuyến khả tri khác. Khác với hoạt động trên băng cấp phép, việc chuyển giao phổ không bị kích thích bởi sự có mặt của những người dùng sơ cấp khác.

Tuy nhiên, vì tất cả những người dùng vô tuyến khả tri có quyền truy nhập phổ như nhau, nên họ phải cạnh tranh với nhau trong cùng băng không được cấp phép. Do đó, kiến trúc này đòi hỏi các phương pháp chia sẻ phổ phức tạp giữa những người dùng vô tuyến khả tri. Nếu nhiều mạng vô tuyến khả tri nằm trong cùng một băng không được cấp phép thì phải có phương pháp chia sẻ phổ phù hợp giữa các mạng này.

Trong vô tuyến khả tri, hiệu năng của nó phụ thuộc rất lớn vào việc nhận thức chính xác tài nguyên phổ tần. Vấn đề cảm nhận phổ tần đóng vai trò có tính quyết định trong việc chiếm dụng tài nguyên một cách tối ưu. Việc cảm nhận được và chính xác tài nguyên phổ tần trong vô tuyến khả tri phụ thuộc vào nhiều cách tiếp cận và nhiều yếu tố giải thuật, giải pháp giữa các phần tử trong mạng để cùng cảm nhận phổ tần được kỳ vọng sẽ nâng cao được tính chính xác của cảm nhận phổ tần.

Trong công nghệ vô tuyến khả tri thì cảm nhận phổ tần được coi là vấn đề quan trọng nhất trong công nghệ này. Cảm nhận phổ tần số nhằm mục đích phân tích và cảm nhận

phổ tần số trống hay đang được sử dụng để nghiên cứu sử dụng hợp lý phổ tần, tránh lãng phí tài nguyên, tránh xung đột băng tần.

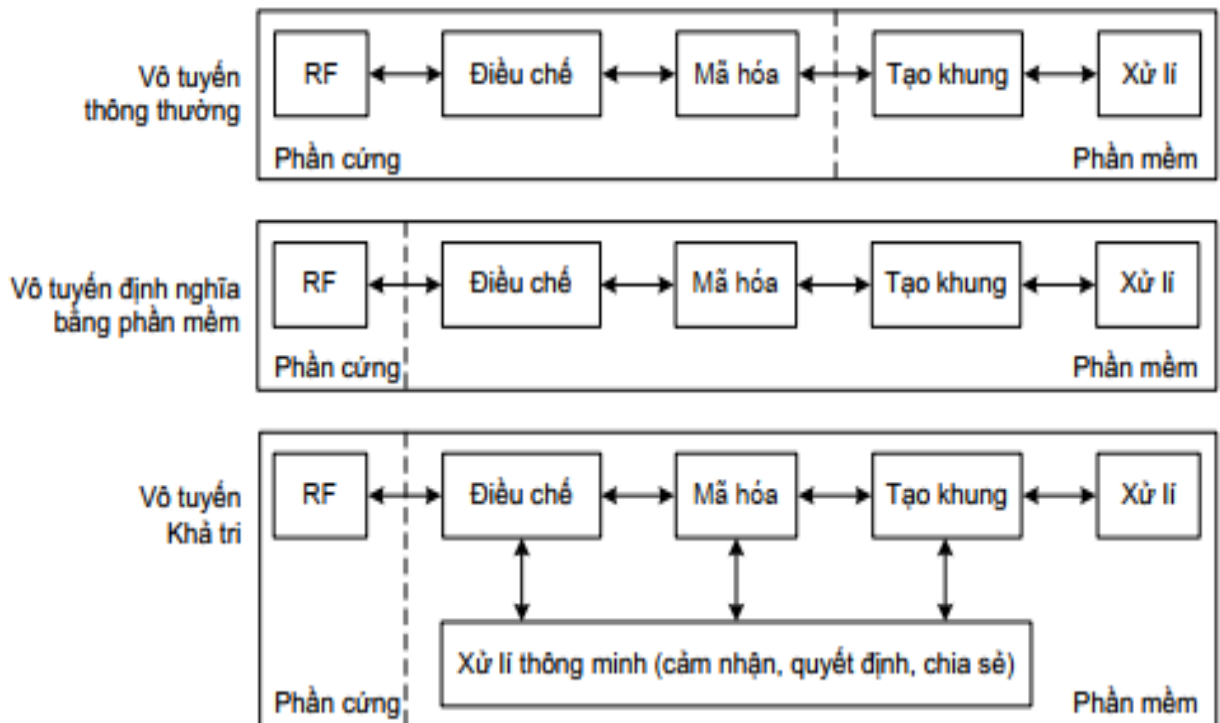
1.6. Vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm

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).

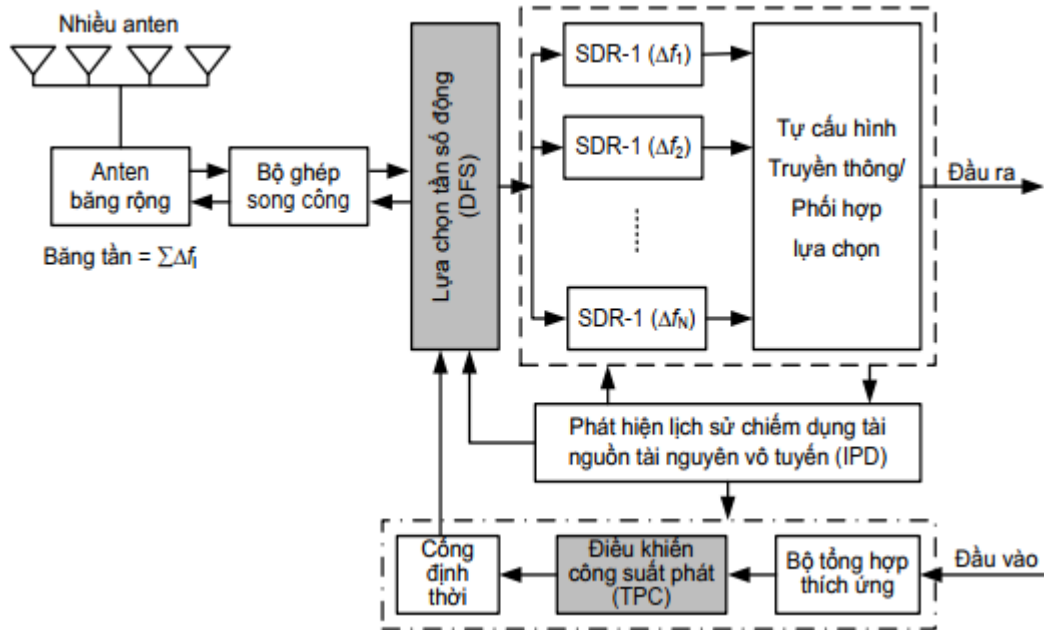
Hình 1.9 ở dưới mô tả sự khác nhau giữa các hệ thống vô tuyến thông thường, vô tuyến định nghĩa bằng phần mềm và vô tuyến khả tri



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

Khối lựa chọn tần số động (Dynamic Frequency Selection - DFS) là một quá trình lựa chọn tần số tự động được dùng trong vô tuyến khả tri để tránh gây nhiễu đến các hệ thống vô tuyến khác có quyền ưu tiên cao hơn khi hoạt động ở cùng băng tần. Khi hoạt động, phổ tần sẽ chỉ được lựa chọn sử dụng khi nó không bị chiếm dụng bởi thiết bị khác, và sẽ dừng chiếm dụng phổ tần này ngay khi các thiết bị vô tuyến có quyền ưu tiên cao hơn có nhu cầu sử dụng.

Khối vô tuyến được định nghĩa bằng phần mềm (Software Defined Radio – SDR) hoạt động đồng thời trong module thu. Mỗi khối SDR được điều khiển để hoạt động trong một dải tần nhất định thông qua phần mềm mà không phải thay đổi cấu trúc phần cứng. Lý do của việc sử dụng nhiều module SDR song song thay vì chỉ một

module SDR duy nhất là để giảm độ phức tạp của thiết bị SDR. Số liệu đầu ra của các khối SDR được đưa vào cùng một khối chức năng, khối này thực hiện quyết định tối ưu dựa trên những thông tin từ các SDR thành phần, trong đó thực hiện lựa chọn và kết hợp giữa các luồng thông tin sau tách sóng để tái tạo luồng thông tin cũng như các tín hiệu điều khiển các tham số phân phát.

Khối cảm nhận môi trường (Incumbent Profile Detection – IPD) phát hiện sự hiện hữu của thiết bị vô tuyến có quyền ưu tiên cao hơn dựa trên các thông tin về: sơ đồ phân bố phổ tần, thời điểm chiếm dụng phổ tần của các thiết bị vô tuyến được cấp phép, và tập tham số công suất phát.

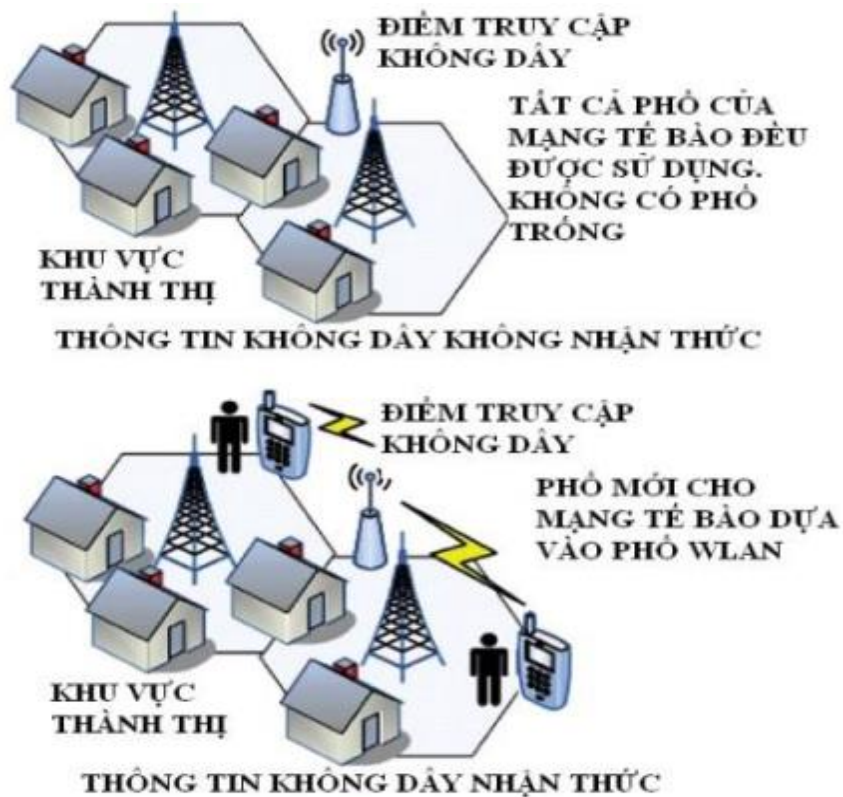
Khối tổng hợp tần số thích ứng: phía phát có nhiệm vụ tạo ra tần số sóng mang tham khảo chuẩn một cách chính xác phục vụ cho quá trình điều chế cao tần và chuyển đổi băng tần. Muốn vậy, cần phải khai thác thông tin từ khối cảm nhận môi trường (IPD) như: sơ đồ phân bố phổ tần, thời điểm chiếm dụng phổ tần của các thiết bị vô tuyến được cấp phép, và tập tham số công suất phát. Các thông số này cho phép xác định chính xác mức công suất phát nhằm đảm bảo vô tuyến khả tri không gây nhiễu đến các thiết bị vô tuyến khác.

Khối điều khiển công suất phát (Transmit Power Control - TPC) cho phép thích ứng mức công suất phát theo sự thay đổi tần số làm việc của thiết bị vô tuyến khả tri.

Khối cổng định thời (Timing Gate) cho phép đảm bảo rằng vô tuyến khả tri chỉ phát tín hiệu ở những tần số hiện không bị chiếm dụng.

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

Một số ứng dụng chính khi triển khai hệ thống vô tuyến khả tri này:

- Ứng dụng tối ưu hóa và nâng cao chất lượng hệ thống vô tuyến không dây

Tài nguyên vô tuyến không dây là có giới hạn. Do vậy mà cần phải xem xét cẩn thận và có kế hoạch sử dụng nguồn tài nguyên này một cách hợp lí. Nguồn tài nguyên này bao gồm phổ, phần cứng/phần mềm, kiến trúc hạ tầng mạng, và công suất.

Nó giúp cải thiện chất lượng của hệ thống thông tin. Sử dụng triệt để dải băng tần đang lãng phí, nâng cao chất lượng dịch vụ

- Tối ưu phần cứng

Phần cứng là phần thực hiện việc truyền/nhận trong thông tin liên lạc. Một trong những ưu điểm của ứng dụng vô tuyến khả tri dựa vào SDR là khả năng nâng cấp phần cứng thông qua thay đổi phần mềm. Nó có thể

- Giảm việc nhu cầu thay thế phần cứng
- Giá thành vận hành, thay thế, nhân công thấp
- Sẵn sàng cho nhiều ứng dụng hơn
- Giảm sự phức tạp của phần cứng

Cấu hình phần cứng để hoạt động trên bất kì phổ nào bằng cách sử dụng dạng sóng tương thích. Khi đã cảm nhận được khoảng phổ trống, vô tuyến khả tri sẽ điều chỉnh các thông số tín hiệu (băng thông, tần số, điều chế, mã hóa) tương ứng với điều kiện phổ đã chọn. Kết quả là luôn cải thiện được chất lượng liên lạc tốt nhất có thể.

- Tối ưu công suất

Tối ưu công suất rất quan trọng trong kết nối không dây thời gian dài, giúp duy trì chất lượng kết nối yêu cầu. Vô tuyến khả tri có thể cải thiện việc sử dụng công suất trong hệ thống thông tin.

Điều khiển công suất thích nghi: điều khiển công suất tương ứng với chất lượng kết nối đã được thực hiện trong nhiều hệ thống không dây. Tuy nhiên những điều chỉnh này vẫn còn bị động và giới hạn. Vô tuyến khả tri sẽ vượt qua giới hạn đó và điều chỉnh công suất phù hợp.

Tối ưu công suất bằng cách tự động tắt, tạm ngưng các dịch vụ ưu tiên thấp hoặc thông báo người dùng khi công suất đạt đến ngưỡng xác định. Điều này giúp tiết kiệm công suất cho hệ thống sử dụng ưu tiên cao hơn.

• *Tối ưu dải tần số*

Việc sử dụng tài nguyên phổ là rất nghiêm ngặt, hệ thống vô tuyến khả tri sẽ giúp sử dụng hệ thống phổ này một cách hiệu quả và tối ưu. Vô tuyến khả tri cho phép thiết bị sử dụng di chuyển đến dải tần số mới với nhiễu thấp hơn và ít người sử dụng

hơn.

- *Sự tương tác*

Sự tương tác là công cụ hữu hiệu trong miền vô tuyến khả tri giúp cho hệ thống thông tin không dây có thể vượt qua bất kể mọi rào cản. Ứng dụng tương tác đã được áp dụng trong quân đội và an ninh công cộng. Vai trò của các thiết bị tương tác, dịch vụ, mạng, và phổ có tính quyết định đối với những ứng dụng này.

Ví dụ như ứng dụng khách hàng, vô tuyến khả tri có thể đề nghị tương tác dịch vụ có phổ cấp phép, không phép và các mạng khác. Tạo nên sự tương tác giữa các thiết bị khác nhau.

- *Một số tác vụ của mạng kết hợp ứng dụng vô tuyến khả tri*

Tối ưu đường truyền: vô tuyến khả tri có thể xác định đường truyền tối ưu và tái cấu hình các thông số mạng để sử dụng đường truyền đó. Kết quả là tài nguyên mạng được tối ưu và cực tiểu được thời gian trễ và giá thành.

Thay đổi cấu trúc liên kết: thay đổi tự động cấu trúc liên kết mạng để thiết lập và duy trì liên lạc giữa nguồn và đích để tối ưu hoạt động cũng như tài nguyên mạng.

An ninh mạng: Vô tuyến khả tri cung cấp an ninh ở cấp độ cao để có thể chống lại xâm nhập của tin tặc và phá hủy mạng.

Mạng nâng cấp mềm: nâng cấp các thành phần mạng thông qua phần mềm nhằm giúp giảm việc thay thế các thiết bị phần cứng khi có kết nối hay công nghệ mới

1.8. Tổng kết chương I

Chương 1 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.

Đồ thị bức xạ có thể dễ dàng chỉ ra ứng dụng mà một ăng ten sẽ được sử dụng. Ví dụ như điện thoại di động cần sử dụng ăng ten vô hướng vì vị trí người dùng không được biết trước. Vì vậy, công suất bức xạ ăng ten cần được trải ra xung quanh để có thể thu

nhận một cách tối ưu. Với các ứng dụng vệ tinh thì cần ăng ten có tính định hướng cao để có thể bức xạ một cách trực tiếp đến một vị trí biết trước đạt hiệu quả cao.

Độ rộng búp sóng được xác định bởi góc giữa hai hướng mà cường độ trường hoặc công suất bức xạ giảm đi một giá trị nhất định theo hai hướng đó. Độ rộng búp sóng nửa công suất thường được dùng để đánh giá.

Độ rộng búp sóng nửa công suất (hay góc 3 dB) là góc giữa hai hướng mà công suất bức xạ giảm đi một nửa (tương ứng với giảm 3 dB) so với công suất bức xạ cực đại. Nếu tính theo giá trị của cường độ điện trường thì độ rộng búp sóng này ứng với góc giữa hai hướng mà theo hai hướng đó cường độ điện trường giảm đi căn 2 lần so với giá trị cực đại trong tọa độ cực.

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.

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

Trong đó, P_A là công suất đưa vào ăng ten, P_{bx} là công suất bức xạ và P_{th} là công suất tổn hao.

Hiệu suất ăng ten được xem xét thông qua suy hao do điện môi và các suy hao phản xạ ở đầu cuối. Hiệu suất phản xạ và hiệu suất bức xạ đều được đưa vào tính toán để xác định hiệu suất ăng ten. Hiệu suất phản xạ hay hiệu suất mất phối hợp trở kháng, liên hệ trực tiếp với tham số S11. Hiệu suất phản xạ được xác định theo công thức:

$$e_r = (1 - |\Gamma|^2) = \text{reflection efficiency} \quad (2.5)$$

Hiệu suất bức xạ tính toán qua hiệu suất vật dẫn và điện môi, và thường được xác định thực nghiệm với nhiều sự tính toán ở trong buồng không phản xạ. Hiệu suất bức xạ được xác định bởi tỉ số của công suất bức xạ trên công suất đầu vào ở đầu cuối của ăng ten, đặc trưng cho mức độ tổn hao công suất ăng ten:

$$\eta_A = \frac{P_{bx}}{P_A} \quad (2.6)$$

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)

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:

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

2.1.7 Băng thông (dải tần hoạt động)

Là khoảng tần ăng ten có thể hoạt động, các thông số có thể thay đổi ở mức cho phép. Băng thông được chia thành các nhóm:

+ Dải hẹp (narrow band):

$$\frac{\Delta f}{f_0} < 10\% \quad (2.13)$$

+ Dải rộng (wide band):

$$10\% < \frac{\Delta f}{f_0} < 20\% \quad (2.14)$$

+ Dải siêu rộng (ultra wide band):

$$20\% < \frac{\Delta f}{f_0}$$

Trong đó, f_0 là tần số trung tâm của dải tần, Δf là độ rộng dải tần.

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 hai 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.

Một cách tiếp cận khác là sử dụng các linh kiện tích cực như diode và tụ biến thiên thương mại. Trong đó một mạch hòa hợp trở kháng thích ứng được đề xuất sử dụng bởi Kantemur và trong, Mansoul và tiếp cận tương tự khác có thể được tìm thấy trong những cách tiếp cận này dù được chứng minh là khả thi, nhưng vẫn phải chịu suy hao lớn gây ra do các linh kiện rời được hàn vào mạch và hầu hết, việc điều chỉnh tần số của chúng không liên tục, đây là một yêu cầu rất quan trọng của hệ thống CR.

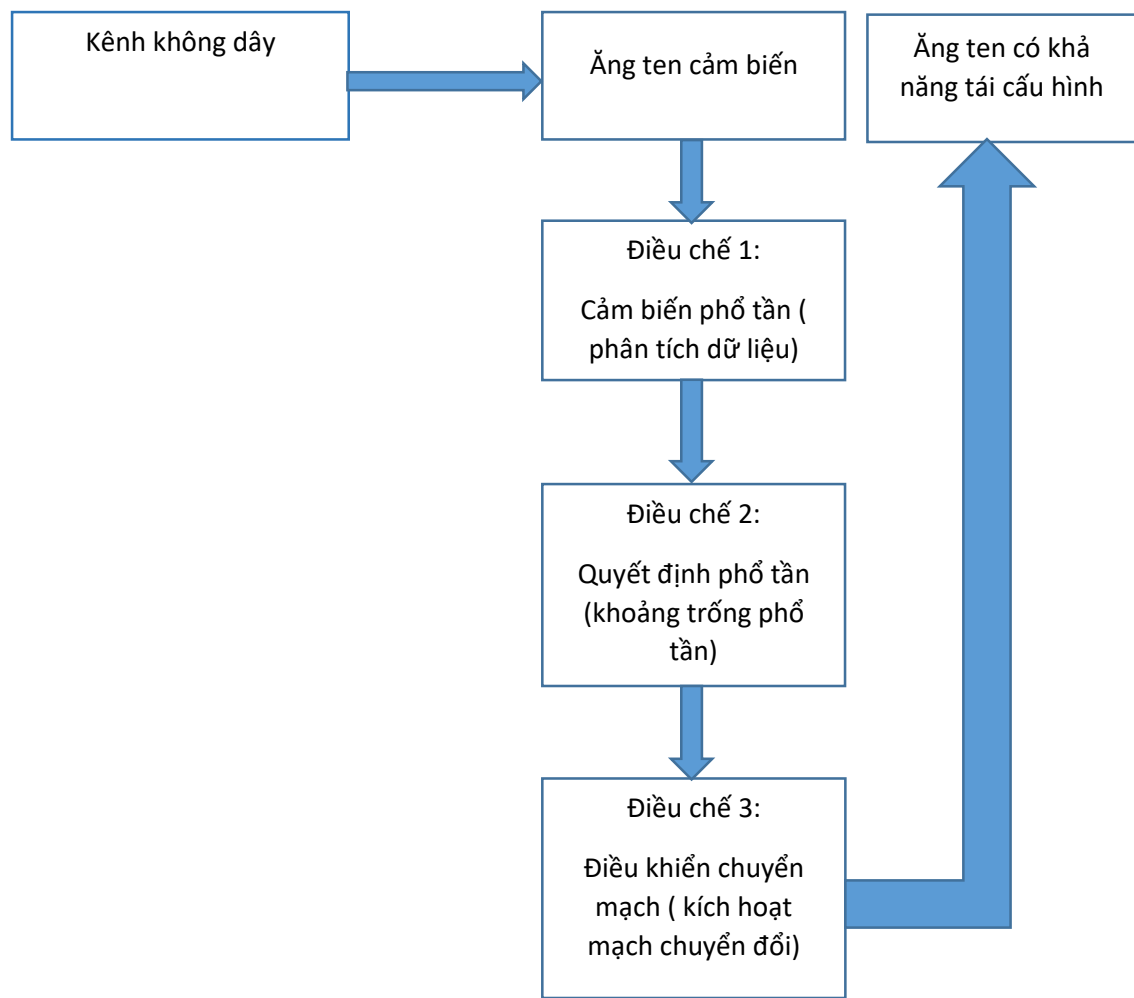
Kiến trúc RF cơ bản bao gồm anten cảm biến và anten phát thu khả tái cấu hình.

Nhiệm vụ của ăng ten cảm biến là liên tục theo dõi các kênh vô tuyến để tìm các dải tần số chưa được sử dụng. Sau đó anten khả tái cấu hình sẽ thực hiện sự truyền dẫn được yêu cầu trong các kênh đó.

Anten cảm biến giao tiếp với module cảm biến phổ của CR, thành phần mà liên tục tìm kiếm các kênh tần số chưa được sử dụng trong dải băng hoạt động của anten cảm biến. Thông tin từ cảm biến phổ được chuyển đến module quyết định phổ để quyết định băng tần phù hợp cho việc truyền thông. Bộ điều khiển chuyển mạch sau đó điều chỉnh tần số hoạt động của anten khả tái cấu hình.

Các anten dùng cho mạng CR là các anten đa hướng với độ lợi xấp xỉ 0 dBi. Chúng được dùng chủ yếu để cảm biến và thực hiện các đo đạc.

Một ví dụ về anten đa hướng đơn giản là anten monopole. Anten Monopole có lợi thế là giảm kích thước vật lý, nhưng nhược điểm là băng thông của chúng tương đối nhỏ. Nếu băng thông của chúng được cải thiện hoàn chỉnh hơn thì chúng có thể là một thiết kế phù hợp với các ứng dụng CR.



Hình 2.1. Sơ đồ khối anten CR.

Kiến trúc CR chưa được chuẩn hóa. Trong các thiết kế anten cho môi trường CR pha trộn, đầu cuối RF có thể cảm biến và tìm kiếm các SH. Dữ liệu cảm biến được tính toán sau đó anten điều chỉnh tần số truyền dẫn đã ấn định. Kiến trúc anten cảm biến chứa dải băng khoảng từ 3 GHz đến 11 GHz. Trường hợp môi trường CR underlay, có khả năng đạt được truyền thông UWB như mong muốn vì giới hạn công suất. Để truyền với công suất thấp trong cự ly gần, anten UWB được yêu cầu sử dụng. Anten này có các kênh trong băng tần hoạt động để giảm sự giao thoa giữa người dùng sơ cấp và thứ cấp.

Khi nhu cầu về các thiết bị hiệu năng cao kích thước nhỏ tăng lên, không gian có sẵn để gắn một anten trong một thiết bị trở nên rất hạn chế. Do vậy, cần phải thu nhỏ các phần tử bức xạ của một anten cũng như tích hợp anten băng hẹp và anten UWB khả tái cấu hình để chúng chia sẻ cùng không gian.

Trong một số kỹ thuật, bộ lọc thông dải khả tái cấu hình được tích hợp với một anten UWB. Khả năng tái cấu hình dựa trên việc kết hợp chuyển mạch trong bộ lọc thông dải cấu trúc vi dải khuyết. Một kỹ thuật khác, anten cảm biến và anten truyền thông được thực hiện bằng cách chuyển đổi giữa một anten băng hẹp và một cộng hưởng UWB. Trường hợp này một đầu cuối đơn lẻ cung cấp cấu trúc anten, phương pháp này đạt được bằng 2 cách:

- Kết hợp cấu trúc thông dải trong một anten UWB.
- Thay đổi cấu trúc của cộng hưởng anten hay mặt nền anten thông qua thiết bị chuyển mạch.

2.2.2 Yêu cầu đối với ăng ten băng siêu rộng

Ăng ten băng siêu rộng theo định nghĩa là một ăng ten 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 ăng ten thiết kế phải có băng thông bao trùm dải tần này.

Vai trò của ăng ten băng siêu rộng là chúng có thể truyền các tín hiệu cực ngắn một cách chính xác và hiệu quả. Truyền dẫn băng siêu rộng là một phần của tạp âm thấp. Bởi vậy nó được sử dụng cho các hệ thống truyền thông chính mà không gây nhiễu và có thể coi là thiết bị cho phép kết nối CR. Khả năng tồn tại trong miền thời gian, không gian và phổ tần giống như các vô tuyến được cấp phép/không được cấp phép khác. Các đặc tính khác đó là sự linh hoạt đa chiều liên quan đến dạng đáp ứng xung, tốc độ băng thông dữ liệu và công suất truyền dẫn. Ăng ten băng siêu rộng cũng tiêu hao ít năng lượng, do vậy mà giảm được sự phức tạp trong các hệ thống thu phát của thiết bị di động.

Một số đặc điểm nổi bật của ăng ten băng siêu rộng:

- Độ rộng búp sóng

- Ổn định phân cực với tần số, Độ lợi không đổi với tần số
- Giá trị đỉnh cao của xung bức xạ, hiệu quả cao.
- Duy trì băng thông tín hiệu.
- Tán sắc thấp trong miền thời gian.
- Dao động ringing thấp trong miền thời gian.
- Trễ nhóm không đổi trong miền tần số.
- Bức xạ xung hướng độc lập, độ chính xác cao, Pha trung tâm ổn định.

Với các xung hẹp dưới ns sẽ yêu cầu cấu trúc ăng ten đặc biệt khác với ăng ten ở hệ thống băng hẹp thông thường. Nhìn chung ăng ten băng siêu rộng phải tuyến tính về pha và phải có tâm pha cố định. Mạch phối kháng thường phi tuyến do đó ăng ten phải tự phối hợp trở kháng. Đặc tính ăng ten có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng ăng ten. Hệ số khuếch đại ăng ten cần phải ít biến đổi trong cả băng tần rộng để tránh làm méo xung phát.

Hai đặc tính quan trọng bậc nhất của ăng ten là độ trung thực và tính đối xứng. Độ trung thực được định nghĩa là sự tương quan chéo tối đa của điện áp tới chuẩn hóa và trường điện chuẩn hóa ở vùng xa. Tính đối xứng đo sự cân đối dạng sóng ở vùng xa.

Yêu cầu với ăng ten băng siêu rộng được tổng hợp theo bảng:

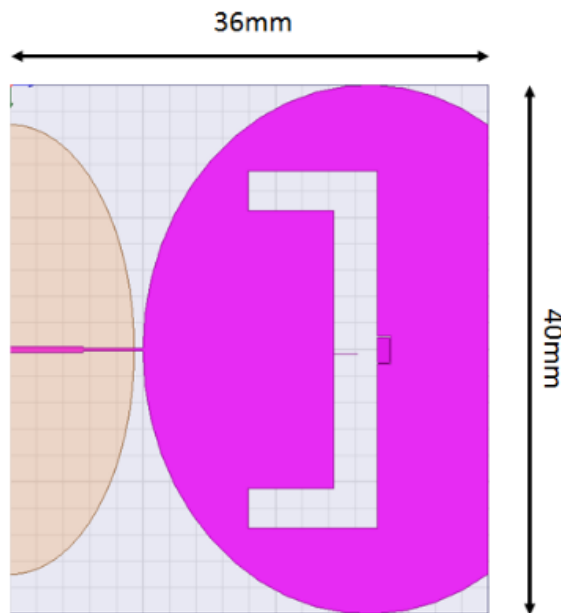
Băng thông	3.1-10.6 GHz
Hiệu suất bức xạ	Cao(>70%)
Pha	Tuyến tính tương xứng
Mẫu bức xạ	Đa hướng
Định hướng và thu được	Thấp
Công suất nửa búp song	Độ rộng (>60 °)
Giao diện vật lý	Nhỏ, nhỏ gọn, phẳng

Bảng 2.1. Tiêu chí cơ bản của ăng ten băng siêu rộng

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. Các mạch ăng ten băng siêu rộng cần yêu cầu bảo đảm băng thông phải lớn hơn 100% tần số trung nhằm mục đích hòa hợp trở kháng cho ăng ten với nguồn cấp 50 Ohm và đồng thời giảm tối đa sự suy hao tín hiệu do ảnh hưởng của sự phản xạ tại các đầu cuối ăng ten trong quá trình truyền tín hiệu

Hình 2.2 cho thấy cấu trúc của mạch ăng ten băng siêu rộng. Một đĩa kim loại hình elip được in trên một chất nền Sapphire có kích thước $40 \times 36 \text{ mm}^2$ ($\epsilon_r = 10$, $\tan \gamma = 0.00002$) với độ dày 0,5mm và được cấp điện bởi một đường đường vi dải. Bán kính chính và phụ của đĩa hình elip lần lượt có kích thước là $R_x = 17\text{mm}$ và $R_y = 9.35 \text{ mm}$. Ăng ten được thiết kế nhằm mục đích hoạt động trong dải tần từ 3 – 10 GHz. Nhằm mục đích thiết kế phù hợp với mẫu ăng ten băng siêu rộng dòng vi dải của mặt phẳng đất cũng có dạng hình elip.



Hình 2.2: Mặt trên của ăng ten UWB

2.2.4 Mạch ăng ten 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. Trong nội dung của luận văn, học viên tập trung nghiên cứu giải pháp đơn giản nhất để biến hiện nay là sử dụng tụ điện biến thiên. Và các tích hợp thiết kế của ăng ten thu phát băng hẹp trên cùng một mạch với ăng ten siêu rộng.

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. Đối với mạch ăng ten băng hẹp, lợi dụng mặt phẳng đất của ăng ten băng rộng đóng vai trò như một mặt phẳng gương bức xạ sóng điện từ trong môi trường là chất nền sapphire và bức xạ ra ngoài không gian thông qua khe hẹp được khắc trên mặt ăng ten băng rộng. Đối với ăng ten băng rộng, lợi dụng nguồn cấp vi dải và lớp nền sapphire, giúp tăng khả năng bức xạ sóng điện từ sóng từ phục vụ cho quá trình thu tín hiệu của ăng ten.

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

Ban đầu, một số anten UWB được sử dụng là các anten trong mặt phẳng đơn và trong mặt phẳng 2 chiều. Các monopoles UWB in gồm phần bức xạ và mặt nền, sự bức xạ không phụ thuộc vào hình dạng và kích thước của phần bức xạ mà các nghiên cứu chỉ ra rằng mặt nền đóng góp vào sự bức xạ. Do đó, cần tối ưu mặt nền để có anten UWB bức xạ tốt. Tiếp đó là sự cải tiến các anten microstrip phẳng 2 chiều bởi giá thành thấp và dễ dàng chia tách. Sau đó là rất nhiều các loại anten với các kiến trúc khác nhau và được cấp nguồn đa dạng như bằng cáp đồng trục, microstrip, ống dẫn sóng đồng phẳng (CPW).

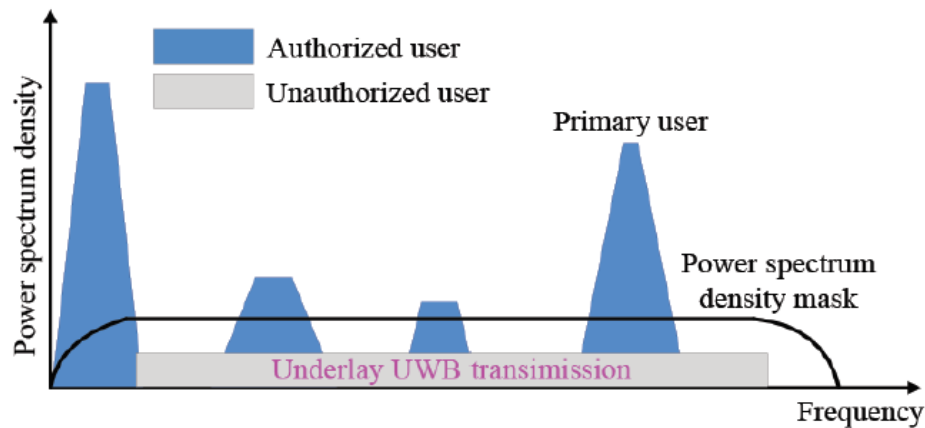
Một số anten được hiện thực bằng cách dùng microstrip, loại có thể cung cấp băng thông rộng, tuy nhiên một số có kiến trúc phức tạp, một số khác thì gặp rắc rối với băng thông dải hẹp.

Loại anten UWB sử dụng CPW cho băng thông rộng cũng như các mô hình bức xạ đẳng hướng tốt. Dù các anten UWB bao phủ dải thông rộng song chúng cũng có thể bị nhiễu bởi các hệ thống truyền thông dải hẹp đang tồn tại như WIMAX, WLAN.

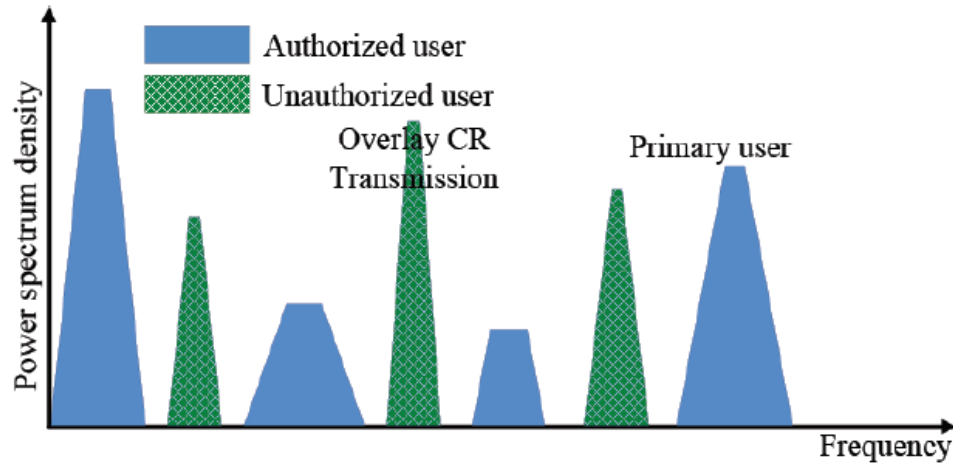
Sau đó là sự có mặt của các anten UWB có khe chia tần (band-notch) để loại bỏ nhiễu, gồm U-slot, C-slot, L-slot, E-shape. Các khe được in trên mặt nền hay các miếng bức xạ có thể làm rò sóng điện từ làm ảnh hưởng đến khả năng các thiết kế tương thích điện từ của các hệ thống vô tuyến. Các anten band-notch được cải tiến với các mẫu và các bộ cộng hưởng để khắc phục các vấn đề và rò sóng điện từ. Anten UWB band-notches có

thể lọc ra các nhiễu dải hẹp không mong muốn, nhưng nó lại không thể cung cấp một dịch vụ tốt khi một anten UWB có nhiều dải băng khác nhau toàn bộ được dành cho nhiệm vụ cảm biến. Do đó, anten đa mode được kỳ vọng sẽ đáp ứng đầy đủ các yêu cầu truyền thông đã được đề cập tới. Anten khả tái cấu hình là một đề xuất cung cấp đa mode. Thực tế anten này được nghiên cứu rộng rãi và sử dụng trong nhiều trong các phương tiện liên lạc, cụ thể như vô tuyến khả tri. Ngoài ra, kỹ thuật khả tái cấu hình (reconfigurable) cũng được sử dụng để thiết kế anten hệ thống CR bằng cách thực hiện chế độ UWB, chế độ band-notches, chế độ đa băng.

Gần đây, anten UWB khả tái cấu hình được phát triển cho các mạng CR. Trong mạng CR, người dùng không được cấp phép hay người dùng thứ hai hay thứ cấp sẽ có thể truy nhập phổ được cấp phép cho người dùng sơ cấp ở chế độ underlay hay overlay (dưới phổ hoặc trên phổ) như hình 2.3. Ở chế độ underlay, người dùng thứ cấp được giới hạn nằm dưới một mức công suất truyền dẫn rất thấp, nhỏ hơn 41.3 dBm/MHz cho các người dùng UWB. Điều này có thể đạt được nhờ sử dụng bức xạ xung dựa trên công nghệ UWB, IR-UWB. Với chế độ overlay, người dùng thứ cấp phát hiện sự tồn tại của các tín hiệu băng hẹp (NB), như là các tín hiệu WLAN hay nhận thực tần số vô tuyến (RFID), và cung cấp khả năng loại bỏ các hệ thống NB. Điều này có thể thực hiện bằng cách rẽ các sóng mang con tương ứng trong OFDM-UWB, phụ thuộc vào việc người dùng sơ cấp có tồn tại ở dải tần xác định đó hay không.



(a)



(b)

Hình 2.3. Mô hình chia sẻ phổ CR-UWB: (a) Không vùng phủ; (b) Có vùng phủ.

Mặt khác, phổ truyền dẫn của các bức xạ UWB có thể được khắc tuân theo sự có mặt của PU trong dải tần tương ứng. Do đó, trong hệ thống CR, Anten CR bao phủ toàn bộ dải tần 3.1 đến 10.6 GHz mà không chia các dải cho các ứng dụng underlay và phát hiện các PU đã được cấp phép và cung cấp sự loại trừ các người dùng này bằng công nghệ band-notches.

Hệ thống truyền thông UWB bị chồng lấn với các hệ thống khác như băng C, băng X, RFID, WLAN. Các hệ thống thông tin vô tuyến hầu hết nằm trong dải tần <10 GHz. Đôi khi chúng ta cần thay đổi các chế độ hoạt động để đạt được truyền thông vô tuyến đa mode và các ứng dụng vô tuyến khả tri. Do đó, Anten UWB yêu cầu tín hiệu lựa chọn phải phát hiện được các thành phần nhiễu dải hẹp. Các Anten UWB có thể cung cấp các khe loại trừ nhiễu tiềm tàng một cách hiệu quả. Một trong các phương pháp hiệu quả là kỹ thuật CR-UWB. Để xây dựng hệ thống truyền thông CR-UWB, cần một Anten CR-UWB để thu phát sóng điện từ. Tuy nhiên, Anten CR khá phức tạp trong kiến trúc Anten hai cổng (đối ngẫu). Với các Anten CR UWB đơn, các Anten CR trước đây không được linh hoạt. Hầu hết các Anten khả tri cổng đơn được thiết kế sử dụng các cộng hưởng split-ring trong miếng bức xạ mà ở đó có thể làm rò sóng điện từ.

•Bộ lọc chặn dải cấu trúc vi dải khuyết (Defected microstrip structure band-stop filter)

Các cấu trúc vi dải khuyết (Defected microstrip structure – DMS) có kích thước nhỏ và hiệu quả trong việc ngăn cản nhiễu điện từ sinh ra khi in nhiễu khe ở trong các đường dẫn vi dải (microstrip). Các DMS có thể dùng bộ lọc để loại bỏ các tín hiệu điện từ không mong muốn tại tần số riêng biệt. Ngoài ra, DMS dễ dàng phân đoạn và tích hợp trong hệ thống microwave và có thể được tính toán một cách hiệu quả bằng lý thuyết mạch. Một DMS tiêu biểu là loại được in thành các khe rãnh gấp khúc trên đường vi dải 50 Ohm. Một dải chặn được tạo ở gần 3.5 GHz, có thể sử dụng để lọc bỏ các thành phần nhiễu dải hẹp từ hệ thống WIMAX.



Hình 2.4. Kiến trúc bộ lọc thông dải DMS .

Hình 2.5 là loại hai dải chặn, với thêm một khe gấp khúc giống với cái thứ nhất nhưng khác về kích thước. Đường gấp khúc lớn hơn tạo ra dải chặn thấp hơn, trong khi đường gấp khúc nhỏ hơn tạo dải chặn cao hơn.

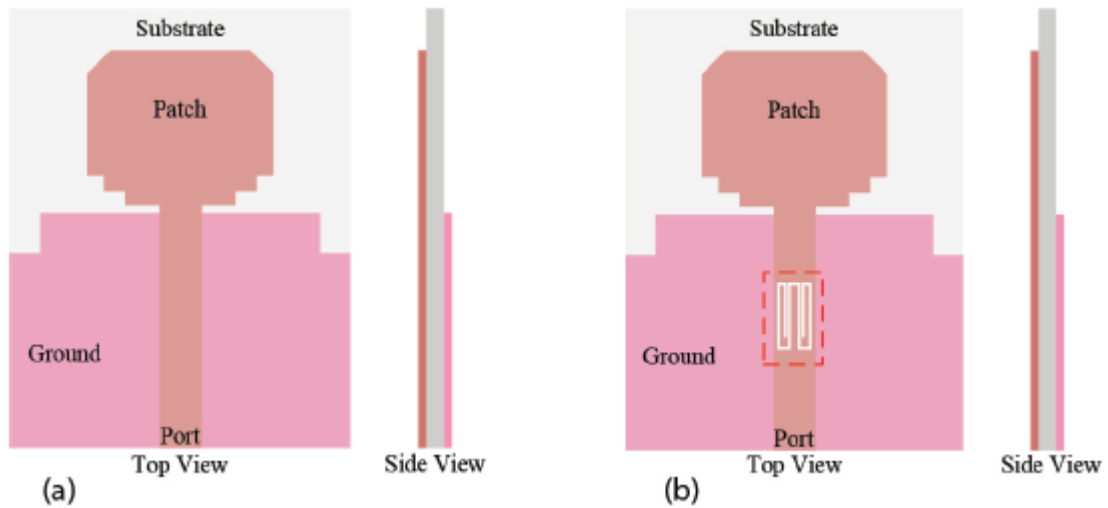


Hình 2.5. Bộ lọc thông dải DMS 2 dải chặn.

Hai dải chặn này được tạo từ hai ô DMS khác nhau và được điều khiển độc lập, do vậy có thể tạo thêm nhiều khe dải chặn. Nhờ đó loại anten band-stop được dùng hiệu quả trong việc loại bỏ nhiễu dải hẹp, tuy nhiên kích thước và độ phức tạp sẽ tăng lên. Chúng thường được thêm ở cuối anten. Do đó, anten UWB notched-band có thể hiện thực hóa bằng cách kết hợp anten UWB và anten band-stop filter để tạo anten filtering UWB.

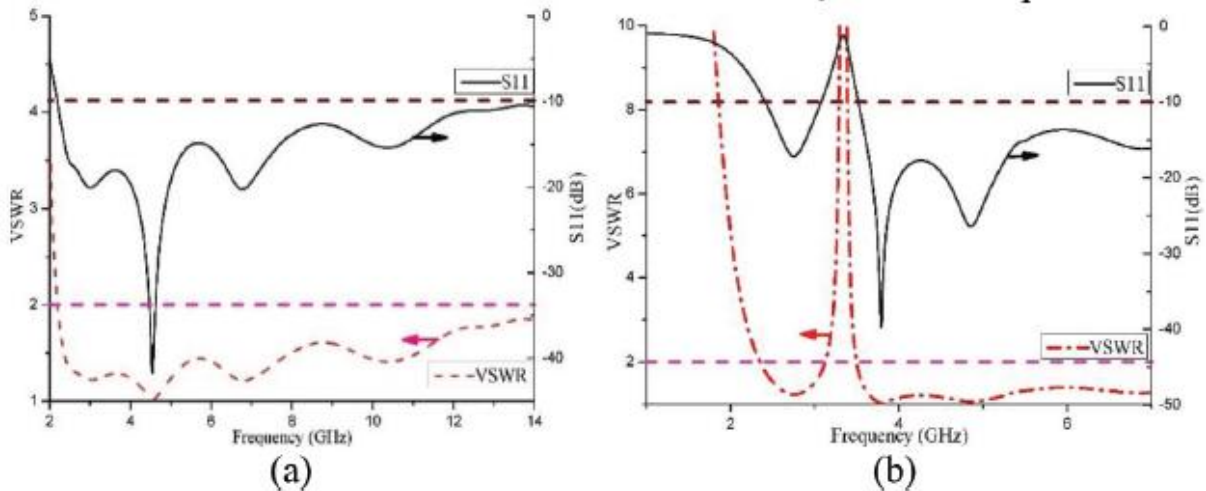
- ***Bộ lọc ăng ten băng rộng Filtering UWB antenna - FUA***

Ở đây, bộ lọc chặn dải DMS được tích hợp vào đường cấp nguồn microstrip tạo thành anten filtering UWB. Anten UWB là loại được in trên lớp nền với hằng số điện môi 2.65, không đòi hỏi với miếng manip, một nền phẳng, và một đường cấp nguồn microstrip. Anten có thể bao phủ toàn dải tần 3.1 đến 10.6 GHz với hệ số sóng đứng điện áp (VSWR) < 2 hay hệ số phản xạ < -10 dB. Để chặn nhiễu từ WIMAX ở 3.5 GHz, một ô DMS được tích hợp vào đường cấp nguồn để tạo thành FUA.



Hình 2.6. Anten UWB và anten UWB filtering.

(a) Anten UWB. (b) Anten UWB filtering.



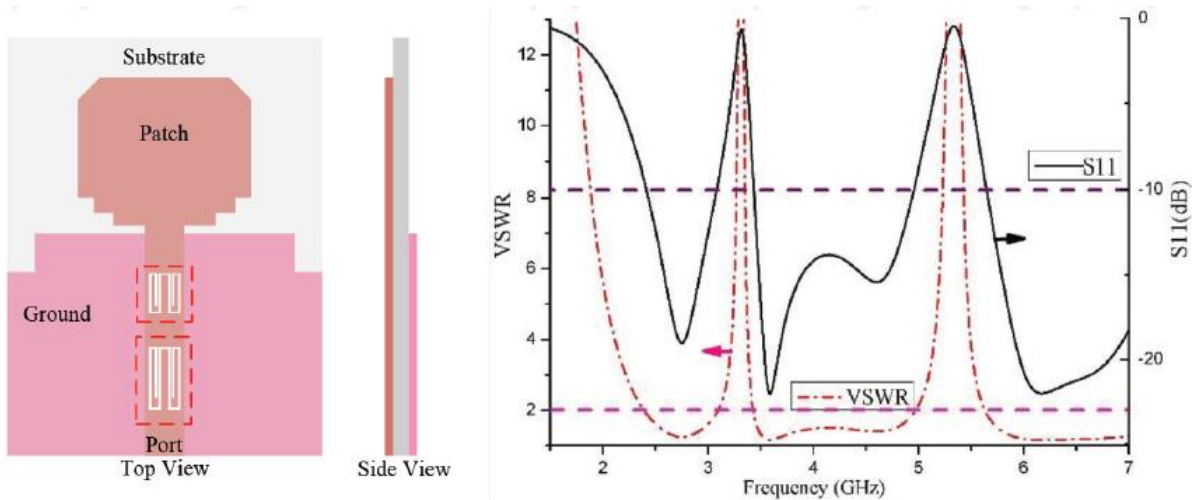
Hình 2.7. Đồ thị đặc tính:

(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 hai được tích hợp tạo khe thứ hai loại bỏ nhiễu dải hẹp. Hình 2.8 cho ta thấy sự độc lập và cấu hình của hai 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.

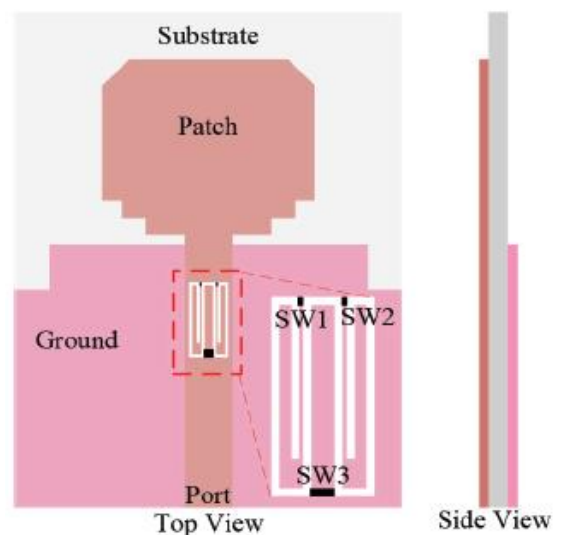


(a) (b)

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 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 .

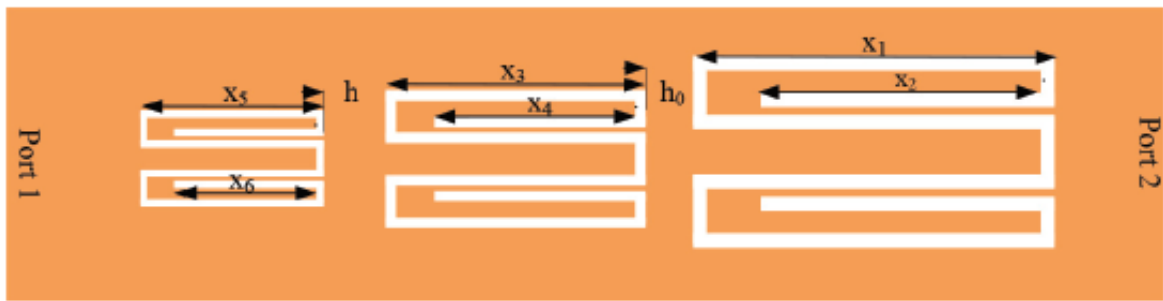
Bằng việc tích hợp ba chuyển mạch vào DMS mà ta có thể điều khiển được sự cộng hưởng của chúng. Ở mô phỏng thì sự có mặt của cầu kim loại đặc trưng cho trạng thái ON và ngược lại. Anten là anten band-notched khi tất cả ở trạng thái ON. Ngoài ra,

anten cũng là một anten lưỡng băng (dual-band). Khi tắt cả ở trạng thái OFF, anten được chuyển đổi thành anten UWB.

- **Anten CR-UWB**

Bao gồm nhiều mode hoạt động nhất, ba 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 ba dải chặn DMS được thiết kế, chúng được in bởi ba 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.

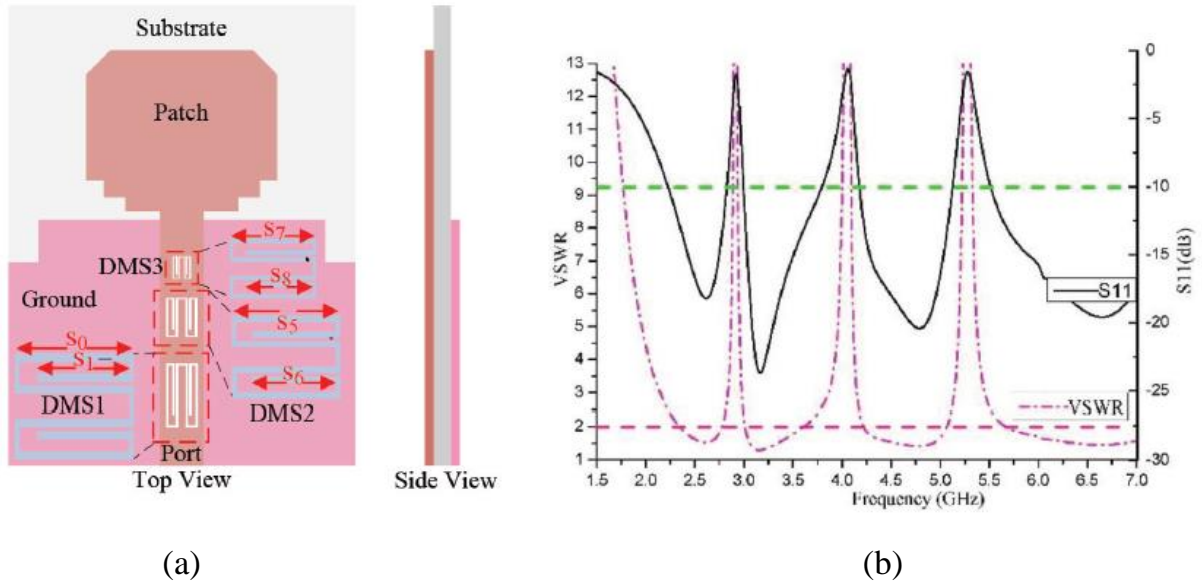


Geometry of the tri-band stop-band filter.

Hình 2.10. Hình dạng của bộ lọc ba băng.

Tần số trung tâm có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi kích thước X_1 , X_3 , X_5 để điều khiển cộng hưởng DMS. Tăng X_1 thì tần số trung tâm của khe băng nhỏ nhất sẽ giảm xuống tần số thấp hơn vì X_1 tăng sẽ làm tăng sự cộng hưởng bên phải ô DMS. Trong trường hợp này, tần số trung tâm ở dải chặn giữa sẽ không đổi, còn tần số trung tâm ở dải chặn lớn nhất sẽ có chút thay đổi khi X_1 là 7.4 mm. Tương tự với X_3 và X_5 cũng tạo các thay đổi cộng hưởng tương ứng. Tuy nhiên, X_3 và X_5 làm thay đổi không đáng kể trên các dải chặn khác.

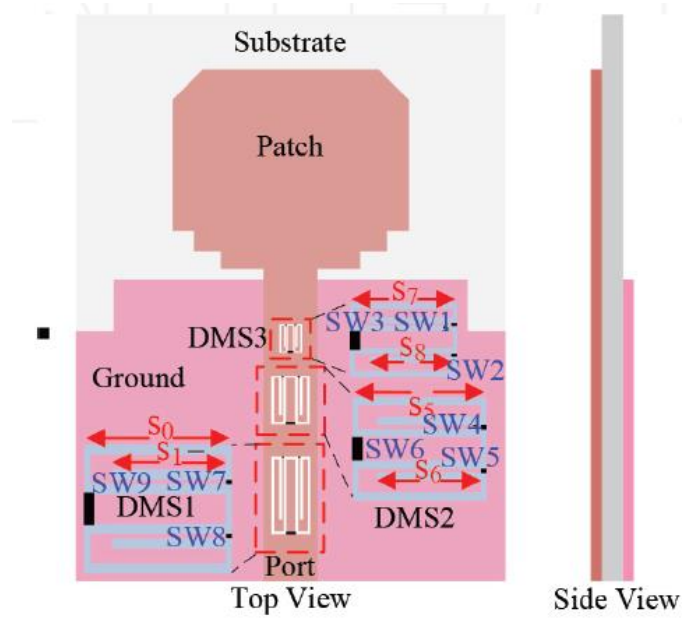
Bộ lọc với ba dải chặn có thể được tính toán bằng lý thuyết LPF Butterworth. Có thể điều chỉnh các tham số cho phù hợp để giảm sai lệch. Sau đó, chúng ta sử dụng bộ lọc này để tạo ra anten UWB triple band-notched. Bộ lọc stop-band được tích hợp trực tiếp vào đường cấp nguồn nuôi để tạo ra ba notches mong muốn bằng cách lựa chọn đúng kích thước DMS. Hình 2.11 mô tả cấu trúc của anten UWB band-notches với ba notches tại 2.8, 4 và 5.25 GHz để loại bỏ tín hiệu băng hẹp.



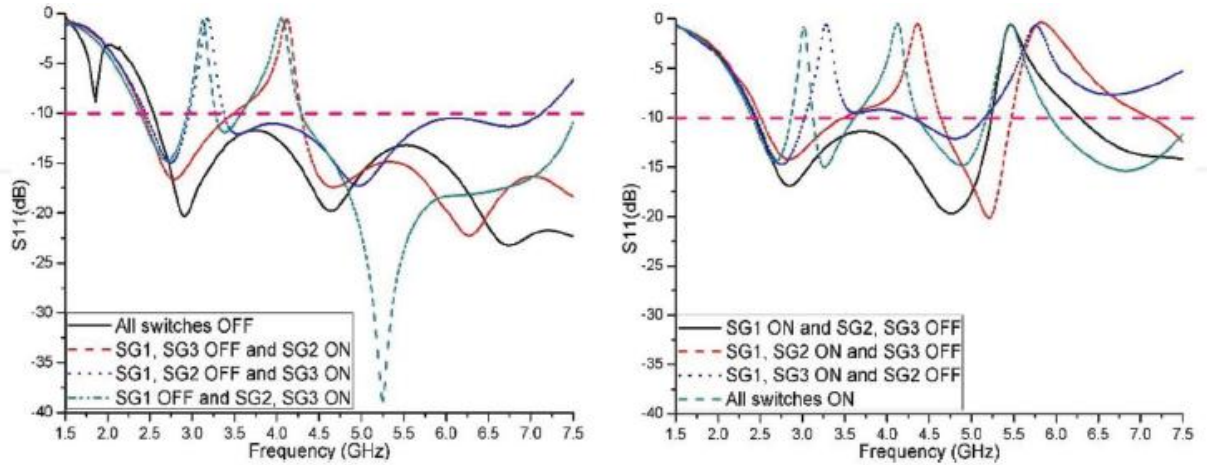
Hình 2.11. Anten ba băng UWB (a) và đồ thị đặc tính (b).

Khi không có các ô DMS thì chúng sẽ trở thành anten cung cấp băng thông rộng. Anten có một notch tại 3.5 GHz khi tích hợp DMS1, tương ứng khi tích hợp thêm DMS thì có thêm notch 5.25 GHz và khi có cả ba DMS thì có ba notch tại 2.8, 4, 5.25 GHz. Vì kích thước anten và đường dẫn nguồn nuôi là giới hạn nên sự kết hợp của các DMS này có thể ảnh hưởng đến tần số trung tâm cộng hưởng. Do đó notch thấp nhất chuyển tới tần số thấp nhất, tuy nhiên các DMS này tạo ra các notch độc lập nhau. Các notch cũng được điều chỉnh bằng cách thay đổi kích thước các DMS.

Cuối cùng chín chuyển mạch được tích hợp trong anten triple band-notch UWB để tạo một anten CR-UWB. Trong đó cứ ba SW nhóm thành một nhóm chuyển mạch SG, mỗi chuyển mạch có trạng thái ON và OFF.



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 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 II.

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 hai 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

Việc thiết kế anten có thể sử dụng trong hệ thống vô tuyến khả tri gặp nhiều thách thức, do yêu cầu cùng lúc cảm nhận phổ trên một dải rộng và điều chỉnh tần số thu phát cho phù hợp. Trong Luận văn này, một mẫu thiết kế hệ thống anten tích hợp bao gồm 1 anten băng rộng làm nhiệm vụ cảm nhận phổ và một anten băng hẹp có khả năng hiệu chỉnh tần số bằng cách tích hợp tụ điện.

Thiết kế anten băng rộng được sử dụng để cảm nhận tín hiệu kênh trong dải tần từ 3-10 GHz và anten khả tái cấu hình sử dụng cho việc phát tín hiệu biến thiên trong dải từ 6.5-7.5 GHz. Kết quả mô phỏng sẽ được trình bày và thảo luận cụ thể trong nội dung Luận văn dưới đây.

3.1 Cơ sở thiết kế anten

Vô tuyến nhận thức là hệ thống phát/nhận tần số vô tuyến mà được thiết kế để thông minh phát hiện một khoảng phổ đang sử dụng hay không, và nhảy (hoặc thoát khỏi nếu cần thiết) rất nhanh qua một khoảng phổ tạm thời không sử dụng khác, nhằm không gây nhiễu cho các hệ thống được cấp phép khác.

Khi xã hội ngày càng phát triển, yêu cầu đối với một ăng ten sử dụng trong lĩnh vực truyền thông ngày càng khắt khe và đòi hỏi sự tối ưu hóa về mặt kích thước cũng như khả năng linh hoạt của ăng ten là vô cùng cao. Việc sử dụng một ăng ten có khả năng tự cấu hình cho phép hiệu chỉnh tần số hoạt động thành các dải tần khác nhau tương ứng với những tiêu chuẩn viễn thông khác nhau. Bằng việc sử dụng ăng ten có khả năng tự cấu hình cho phép thay thế các ăng ten đa băng tần hoặc hệ thống đa ăng ten giúp tiết kiệm một lượng lớn không gian trong các thiết bị tiêu chuẩn bởi một yếu tố cộng hưởng có thể được sử dụng để bao trùm toàn bộ băng tần hoạt động. Thông qua việc sử dụng các phần tử điện có khả năng biến thiên, giải pháp này mang đến khả năng thay đổi linh hoạt tần số cộng hưởng của ăng ten. Ngoài ra, việc sử dụng một ăng ten có khả năng tự biến thiên còn đem lại hiệu quả giảm đáng kể kích thước băng tần sử dụng bằng cách sử dụng các bộ lọc được thiết kế riêng biệt cho các ăng ten băng hẹp. Ăng ten có khả năng tự cấu hình đem lại kết quả giảm đáng kể không chỉ về mặt kích thước và không gian chiếm dụng trong thiết bị mà còn đem lại sự tối ưu hóa về mặt kích thước tần số vô tuyến (RF) được sử dụng trong không gian tần số chật hẹp hiện nay.

Để đạt được một mẫu ăng ten có khả năng tự cấu hình đồng thời yêu cầu độ linh hoạt cao, rất nhiều giải pháp đã được đề ra. Đầu tiên là sự thay đổi về độ dài điện tích của một ăng ten, bằng cách chèn các thành phần như điốt PIN (Diode âm tính tích cực) hoặc MEMS (Hệ thống cơ điện tử) có khả năng biến thiên sẽ làm biến đổi điện tích hoạt động

của ăng ten dẫn đến sự thay đổi về điện từ trường từ đó làm thay tần số hoạt động của ăng ten. Ngoài ra, sự linh hoạt về mặt tần số cũng có thể thu được bằng cách sử dụng các vật liệu có đặc tính riêng biệt làm chất nền của ăng ten, như các vật liệu có thuộc tính cụ thể được kiểm soát bởi một tác nhân kích thích bên ngoài (như điện trường hoặc từ trường). Đối với giải pháp đó, các vật liệu thường xuyên được sử dụng có thể nói đến như: vật liệu tinh thể lỏng hoặc vật liệu sắt từ đã được các nhà nghiên cứu đã và đang phát triển. Bên cạnh đó, việc sử dụng vật liệu sắt điện, chẳng hạn như KTN ($\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$), BST ($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$), cũng có thể áp dụng cho các mẫu ăng ten vì tính linh hoạt của độ điện thẩm của các phần tử này có thể thay đổi bằng cách đặt vào đó một điện áp DC chênh lệch về mặt điện áp.

Cơ sở lý thuyết

Một hệ thống vô tuyến khả tri là “hệ thống có khả năng thay đổi các tham số hoạt động dựa trên môi trường mà nó đang vận hành”, với mục đích tăng hiệu quả sử dụng và tránh lãng phí phổ tần trong dải tần số vô tuyến. Khái niệm về hệ thống vô tuyến khả tri hiện đang là mối quan tâm của rất nhiều nhà nghiên cứu. Một hệ thống vô tuyến khả tri phải có khả năng cảm nhận vùng phổ khả dụng và có thể tự cấu hình cho phù hợp để sử dụng. Hay nói một cách đơn giản, một hệ thống vô tuyến khả tri là một hệ thống có khả năng nhận ra vùng phổ trống và điều chỉnh tần số sao cho phù hợp với kênh tần số để truyền thông tin.

Đối với hệ thống vô tuyến khả tri, anten là một phần tử đặc biệt quan trọng. Mẫu thiết kế anten được trình bày trong Luận văn bao gồm 2 mạch anten tích hợp: một anten băng siêu rộng UWB và một anten khe có khả năng tự cấu hình tần số phát.

Như đã trình bày ở chương 2, khi nhu cầu của người dùng ngày một tăng lên, thì đòi hỏi những yêu cầu về hiệu năng, thiết kế đi kèm cho một thiết bị cũng phải được nâng cao hơn, đặc biệt là kích thước phải ngày một nhỏ gọn đảm bảo sự tiện lợi. Chính vì vậy, một anten UWB ứng dụng cho hệ thống CR cần và nên được tích hợp nhưng vừa đảm bảo yêu cầu về cảm biến, vừa đáp ứng yêu cầu giao tiếp và kết nối.

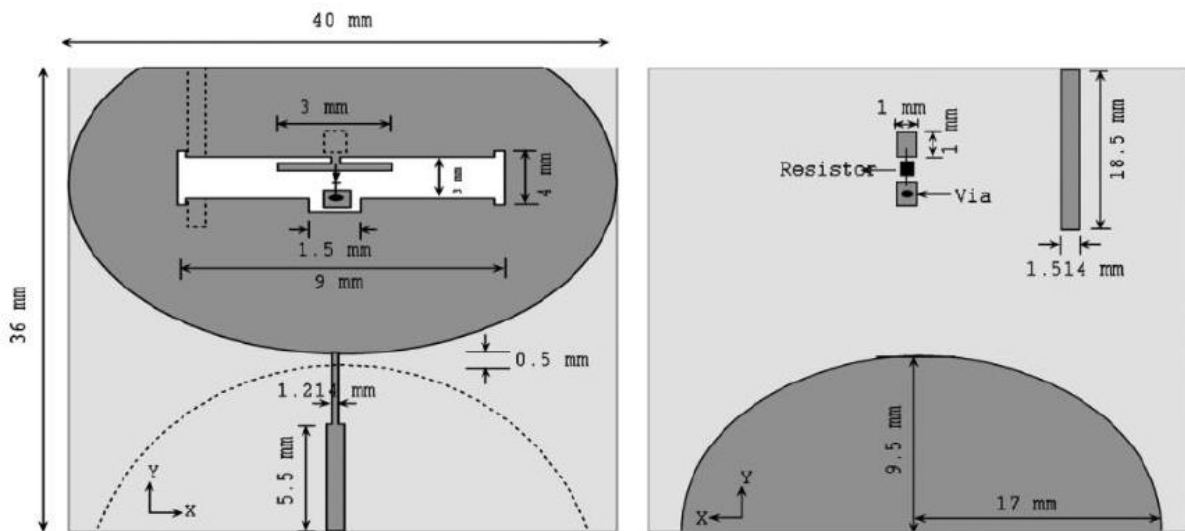
Yêu cầu thiết kế anten cho hệ thống vô tuyến khả tri, cụ thể như:

- Kích thước thiết kế:
 - Thiết kế tích hợp anten băng siêu rộng cảm nhận phổ và anten thu phát băng hẹp có khả năng tái cấu hình
 - Kích thước nhỏ gọn với kích thước tổng thể anten nhỏ hơn $40 \times 40 \text{ mm}^2$.
- Tần số hoạt động:
 - Tần số băng rộng cảm nhận phổ: băng siêu rộng 3 – 10 GHz.
 - Tần số thu phát băng hẹp, có khả năng tái cấu hình tần số trong khoảng 10% của tần số trung tâm. Băng thông trên 20 MHz tại mỗi tần số.
- Bức xạ:
 - Bức xạ đa hướng.
 - Hệ số hướng tính của mỗi anten khoảng 4-5 dBi để đảm bảo thu phát.

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 hai 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.

Theo dải tần được yêu cầu, anten khe hẹp được thiết kế cho chế độ ưu tiên khe đầu tiên. Để phối hợp trở kháng 50 Ohm, kỹ thuật cấp nguồn offset được dùng cho một đường cấp nguồn vi dải. Ngoài ra, phần đối xứng được dùng trong khe để giảm ảnh hưởng chiều dài khe cộng hưởng bằng cách bao phủ dòng phân bố. Điều này làm cho sự cách ly tốt hơn giữa hai anten bằng cách tăng khoảng cách giữa các dòng phân bố của các bộ cộng hưởng. Một tụ biến dung được đặt chính xác qua khe để tái cấu hình tần số hoạt động. Một đệm cách ly được tạo trong khe để điều tiết diode cho phù hợp. Tấm đệm này được kết nối tới một tấm khác trong mặt đối diện của chất nền thông qua việc sắp xếp dòng cực gốc dc (dc-biasing line) của tụ biến dung qua một điện trở. Kích thước của cả hai tấm và kích thước đường dẫn được tối ưu để điều chỉnh tần số cộng hưởng của khe. Diode biến dung được bố trí bên trong khe bằng cách tạo ra một tấm đệm điện môi. Khi giảm điện áp định thiên trên diode biến dung, điện dung của tầng, và vì thế tần số cộng hưởng giảm.

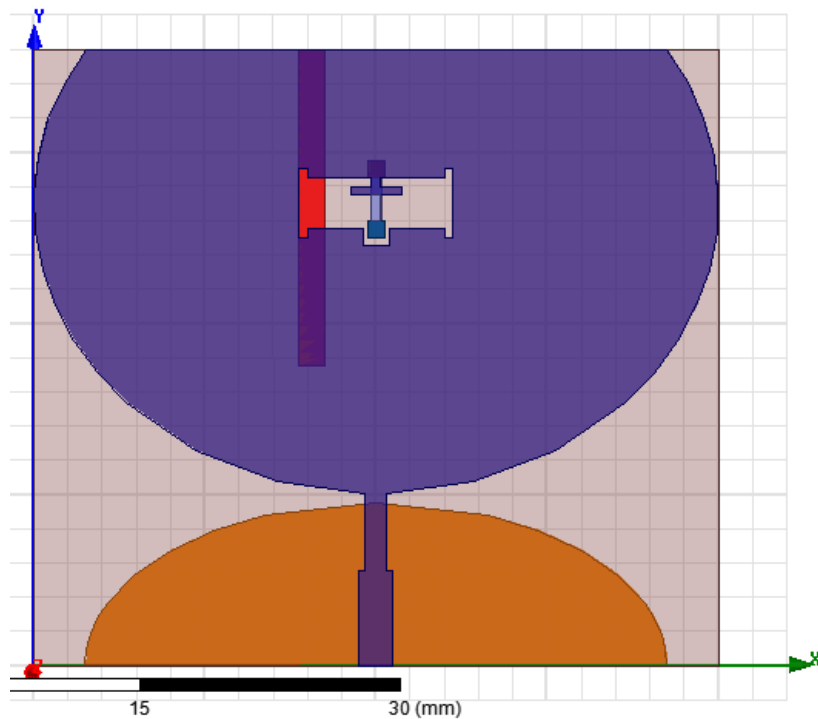
Kết quả cho thấy rằng hình dạng của đĩa monopole UWB và khe cộng hưởng hình chữ H đều nâng cao băng thông Anten khe.

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

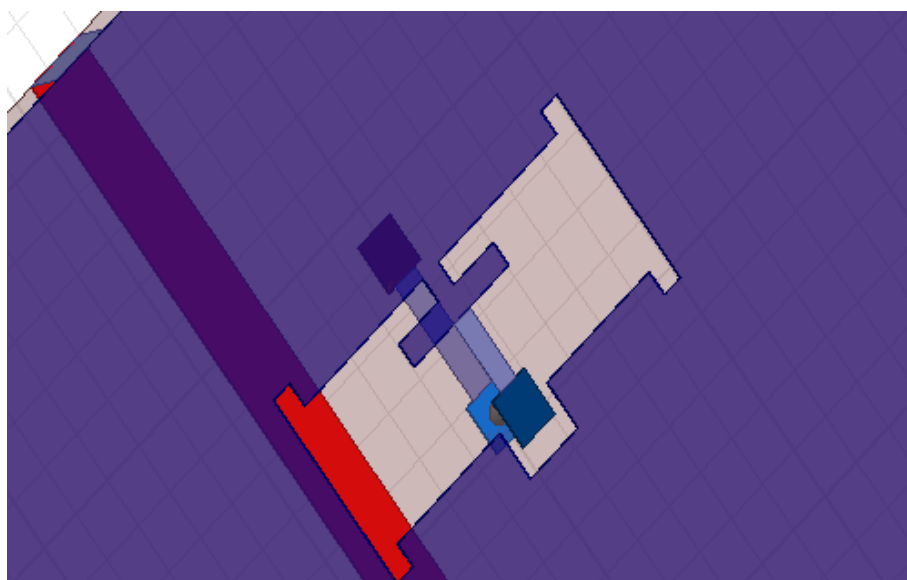
Sử dụng chất nền RO4350 ($\epsilon = 3.48$) với độ dày 0.662 mm.

Tạo hình elipse và bộ bức xạ UWB bằng chất liệu đồng (copper) với elipse ở mặt phẳng đáy có kích thước bán trục chính bằng 17 mm, bán trục nhỏ bằng 9.5 mm. Hình elipse 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 elipse 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.

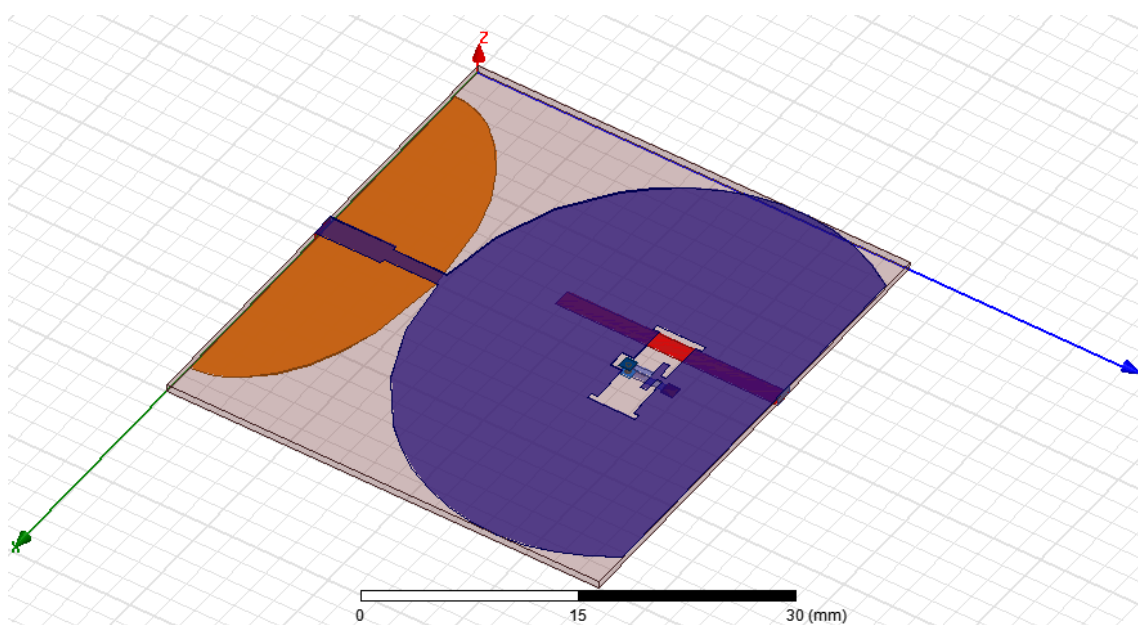
Một số hình ảnh Anten được vẽ từ phần mềm mô phỏng và các thiết đặt tham số:



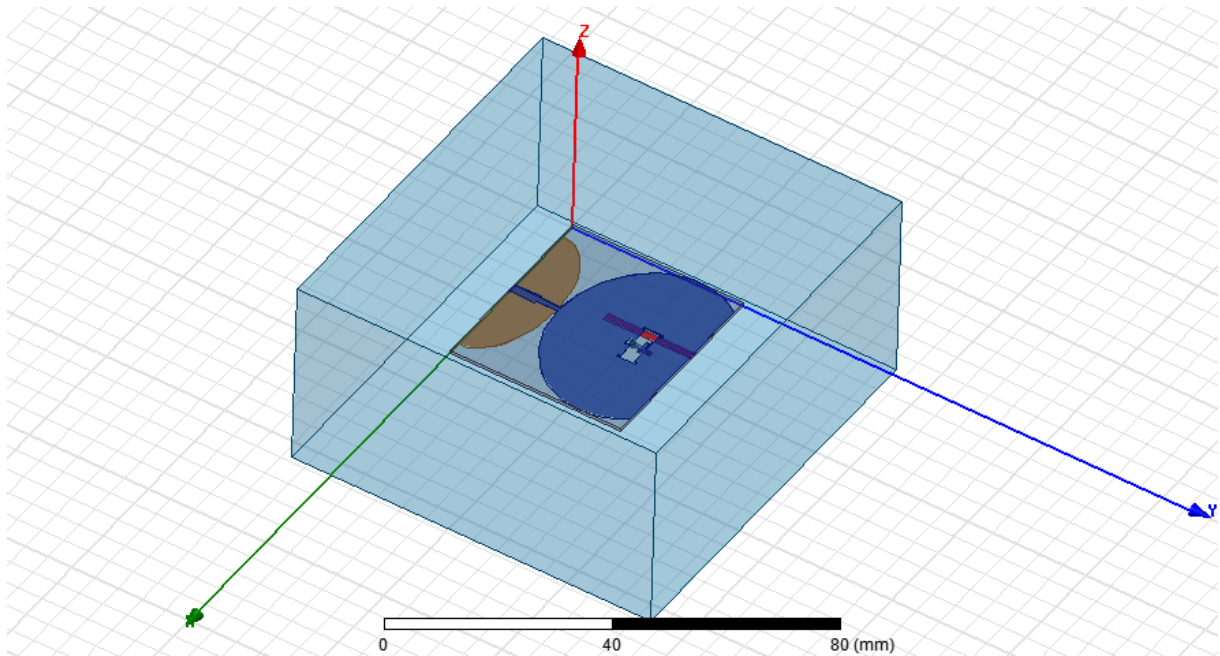
Hình 3.2. Anten nhìn từ trên xuống theo trục z.



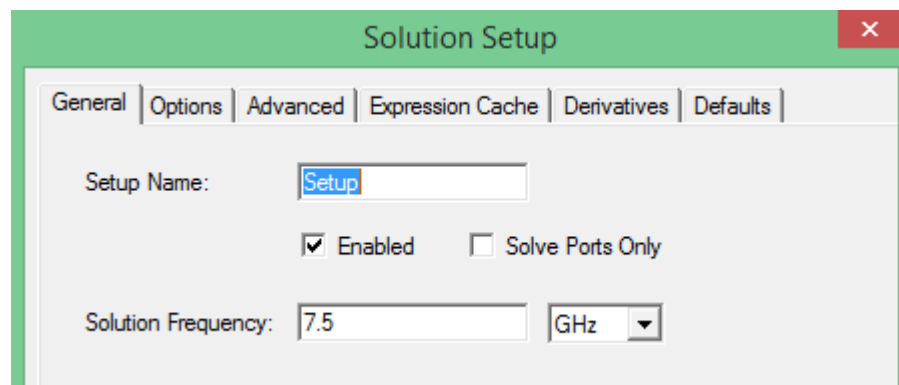
Hình 3.3. Cấu trúc phần Anten đóng vai trò tái cấu hình tần số.



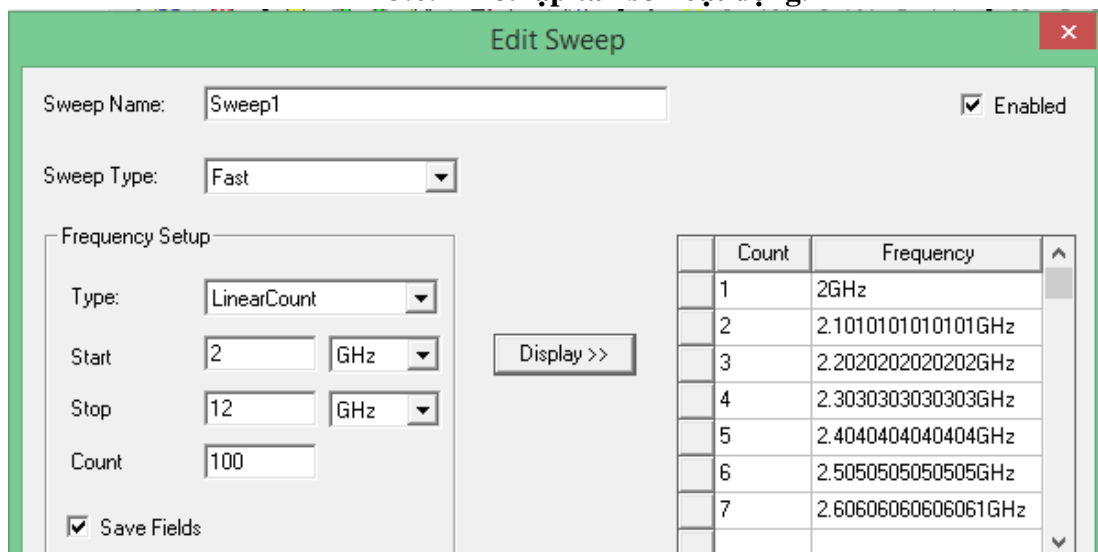
Hình 3.4. Anten quan sát theo góc nghiêng.

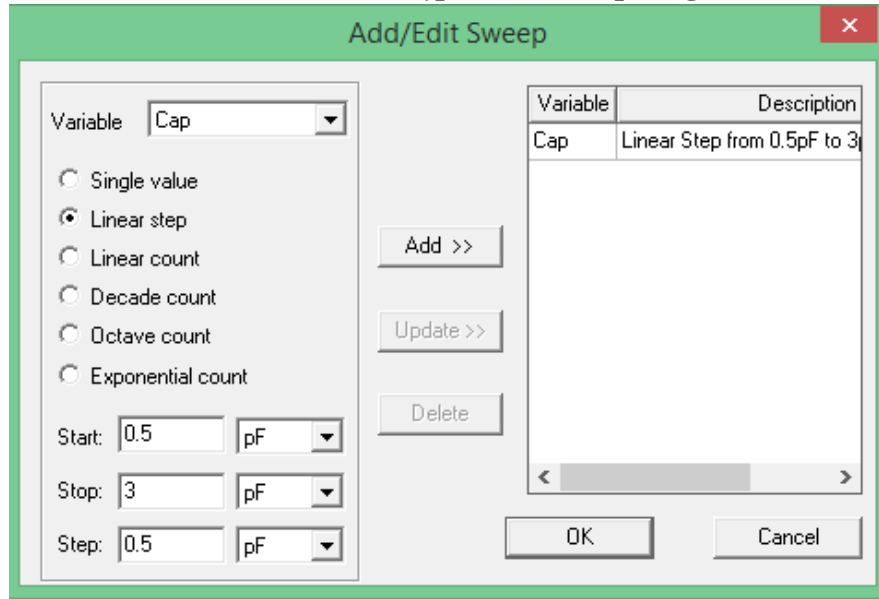


Hình 3.5. Hình ảnh đầy đủ gồm hộp biên hấp thụ bức xạ bao quanh Anten.



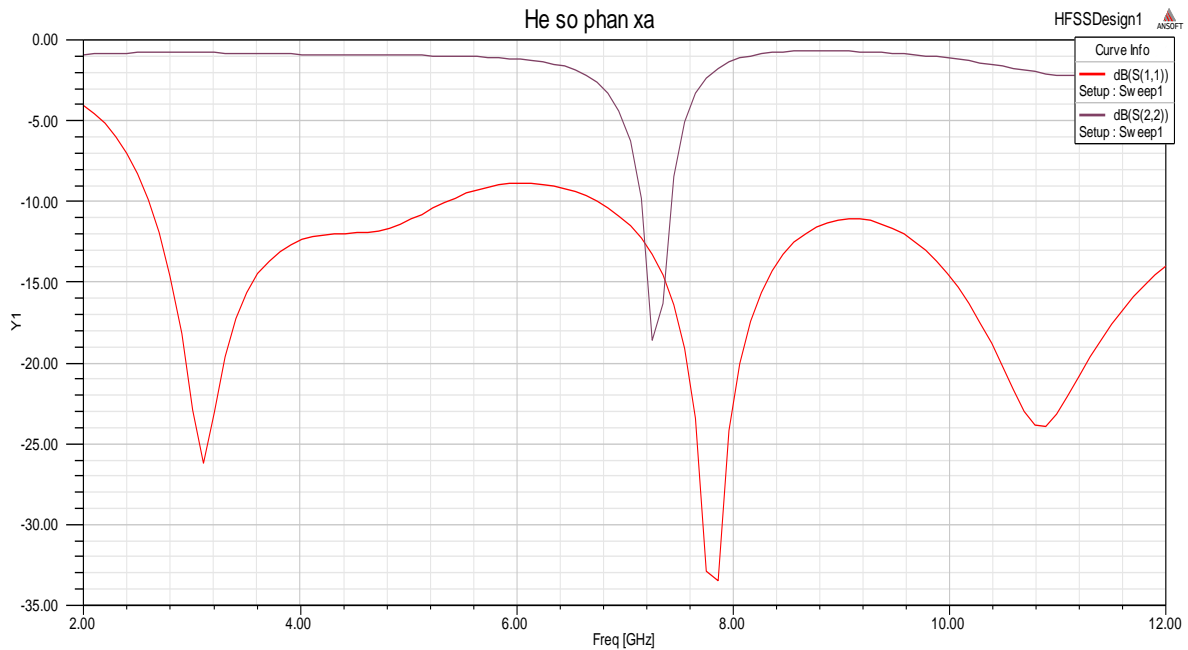
Hình 3.6. Thiết lập tần số hoạt động.

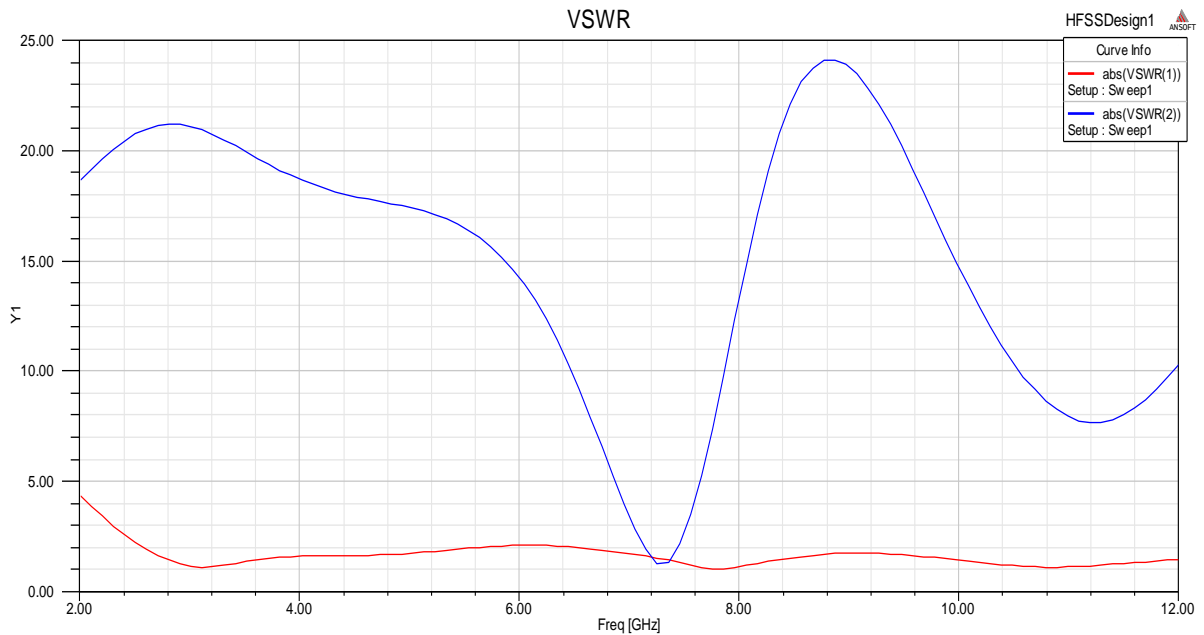


Hình 3.7. Thiết lập dải tần mô phỏng.**Hình 3.8. Thiết lập dải giá trị điện dung cho tự biến dung để khảo sát.**

3.3. Kết quả mô phỏng và đánh giá

3.3.1. Kết quả mô phỏng

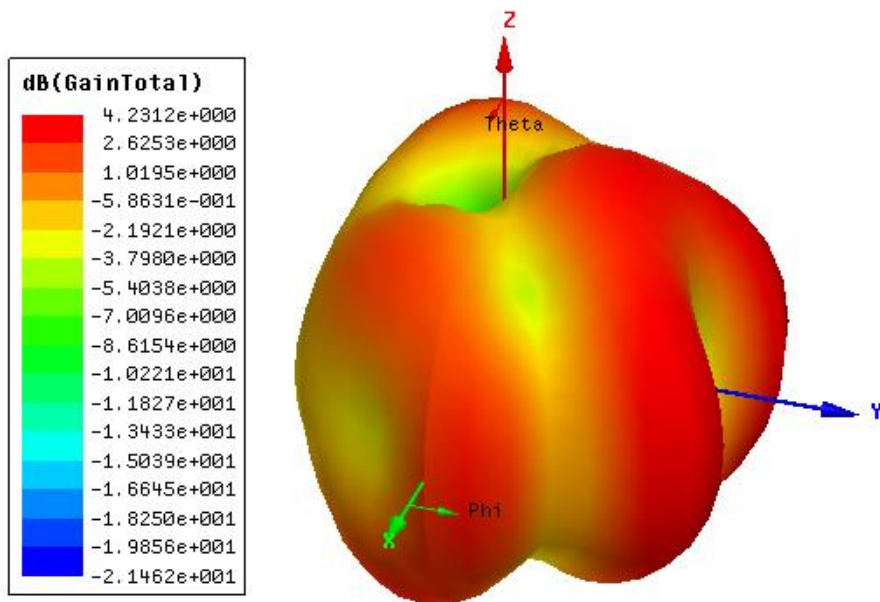
**Hình 3.9. Đồ thị hệ số phản xạ tại điện dung 0.5 pF.**



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

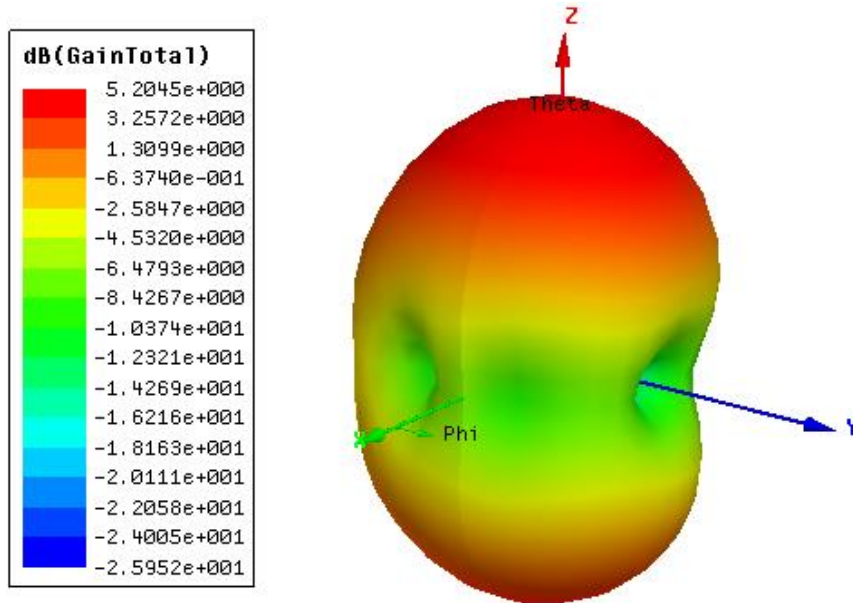
Hình 3.10 mô tả hệ số phản xạ của Anten tích hợp gồm 2 Anten thành phần. Dễ thấy là hệ số phản xạ của Anten UWB (S_{11}) < -10 dB trong hầu hết dải phổ từ 2 GHz đến 12 GHz. Còn hệ số phản xạ của Anten tái cấu hình (S_{22}) < -10 dB tại dải phổ hẹp khoảng 0.25 GHz từ 7.15 GHz đến 7.4 GHz.

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.

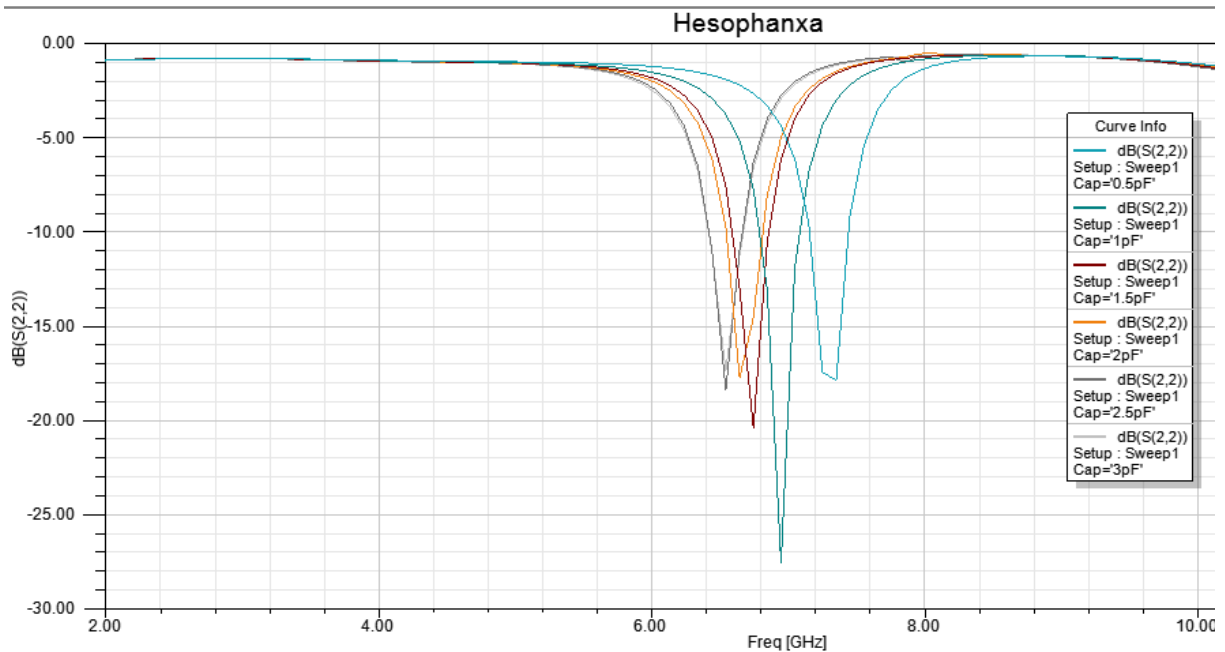


Hình 3.11. Đồ thị bức xạ của anten UWB.

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 trúc 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.

Từ việc tìm hiểu chức năng hoạt động của mỗi phần tử ăng ten trong hệ thống, học viên đã tìm hiểu các yêu cầu thiết kế và từ đó đề xuất thiết kế mạch ăng ten tích hợp giữa ăng ten cảm nhận phổ và ăng ten có khả năng tái cấu hình dựa trên việc sử dụng chính tâm bức xạ của ăng ten cảm nhận phổ để làm mặt đất cho ăng ten thu phát. Tần số hoạt động của ăng ten thu phát có khả năng tái cấu hình dựa trên việc tích hợp một tụ điện khả biến.

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 các 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.
- Đã tối ưu được kích thước so với phiên bản nghiên cứu ăng ten trước đó.

- Mẫu ăng ten tiến tới hoạt động tại dải tần số cao, tránh những dải tần trật hẹp bên dưới và nhằm mục đích tiến tới các công nghệ trong tương lai như hệ thống 5G hoạt động tại 6GHz và lớn hơn 6GHz trong hiện tại.

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:

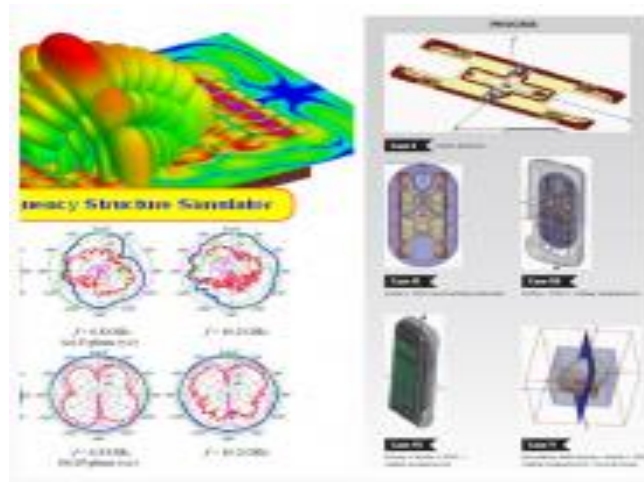
- Luận văn nghiên cứu là một bước đệm nhỏ nhằm đóng góp mục đích phát triển một hệ thống khả tri trong tương lai sau này.
- Luận văn cũng hướng tới việc sử dụng vật liệu đặc biệt nhằm thay đổi tham số của ăng ten thay vì sử dụng các phương pháp khác.
- Nghiên cứu tính toán thiết kế và mô phỏng một ăng 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.
- Ăng ten hướng tới hoạt động trong các dải tần lớn, thích hợp với các công nghệ trong tương lai với mục đích tận dụng tối đa tài nguyên tần số một cách có thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] FCC Spectrum Policy Task Force, "Report of the Spectrum Efficiency Working Group," FCC Tech. Rep, 2002.
- [2] H. V. Nguyen and A. Sharaiha, "Design of Miniaturized and Tunable Ăng tenna by Integrating BST Thin Film Varactor," in *International Conference on Advanced Technologies for Communications*, 2018, p. 4.
- [3] C. Borderon, D. Averty, R. Seveno, and H. W. Gundel, "Preparation and Characterization of Barium Strontium Titanate Thin Films by Chemical Solution Deposition," *Ferroelectrics*, vol. 362, no. 1, pp. 1–7, 2008.
- [4] J. -M. Laheurte, Switchable CPW-fed slot Ăng tenna for multifrequency operation, *Electron. Lett.* 37 (2001) 1498 –1500.
- [5] Z. Liu, K. Boyle, Joonas Krogerus, M. de Jongh, K. Reimann, R. Kaunisto, and J. Ollikainen, MEMS-Switched, Frequency-Tunable Hybrid Slot/PIFA Ăng tenna, *IEEE Ăng tennas Wireless Propag. Lett.* 8 (2009) 311–314.
- [6] S. Missaoui, M. Kaddour, and A. Gharbi, Design and simulation reconfigurable liquid crystal patch Ăng tennas on foam substrate, *J. Chem. Eng. Mater. Sci.* 2 (2011) 96–102.
- [7] R. K. Mishra, S. S. Pattnaik, and N. Das, Tuning of microstrip Ăng tenna on ferrite substrate, *IEEE Trans. Ăng tennas Propag.* 41 (1993) 230 –233.
- [8] Q. Simon, Y. Corredores, X. Castel, R. Benzerga, R. Sauleau, k. Mahdjoubi, A. Le Febvrier, S. Deputier, M. Guilloux-viry, L. Zhang, P. Laurent, G. Tanne, Highly tunable microwave stub resonator on ferroelectric $KTa_{0.5}Nb_{0.5}O_3$ thin film, *Appl. Phys. Lett.* 99 (2011) 092904-1/3.
- [9] L. C. Sengupta, S. Sengupta, Breakthrough advances in low loss tunable dielectric materials, *Mater. Res. Innov.* 2 (1999) 278-282.

PHỤ LỤC

HFSS là viết tắt của High Frequency Structure Simulator. HFSS là phần mềm mô phỏng trường điện từ theo phương pháp toàn sóng (full wave) để mô hình hóa bất kỳ thiết bị thụ động 3D nào. Ưu điểm nổi bật của nó là có giao diện người dùng đồ họa. Nó tích hợp mô phỏng, ảo hóa, mô hình hóa 3D và tự động hóa (tự động tìm lời giải) trong một môi trường dễ dàng để học, trong đó lời giải cho các bài toán điện từ 3D thu được một cách nhanh chóng và chính xác.



ANSYS HFSS The Industry's Premier EM Field Simulator

3-D Electrical Layout 3-D Modeler

ANSYS HFSS now includes two interfaces optimized for easy design entry:

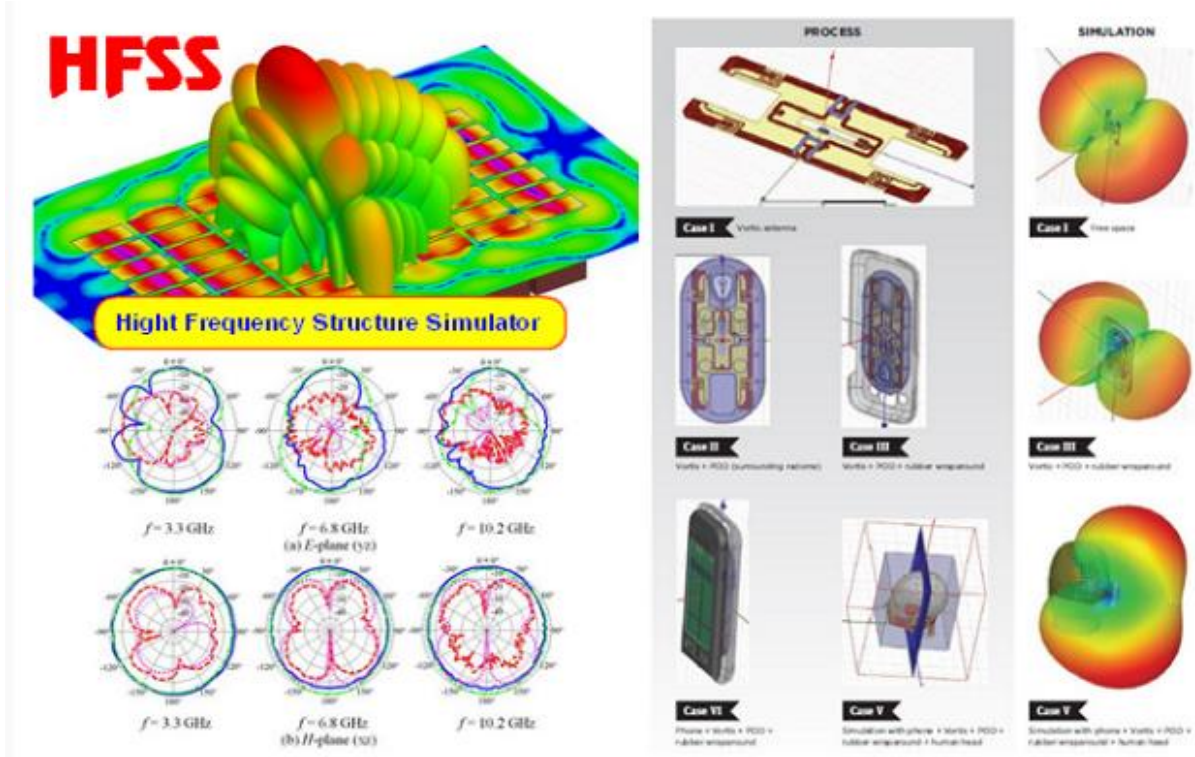
- 3-D electrical layout to create parameterized PCB, electronic packages, MMICs and IC layouts
- 3-D modeler to construct arbitrary 3-D geometry, such as antennas, RF/microwave components and biomedical devices

Ansoft HFSS sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method, FEM), kỹ thuật chia lưới thích nghi (adaptive meshing) và kỹ thuật đồ họa. Ansoft HFSS có thể được sử dụng để tính toán các tham số chẳng hạn như: tham số S, tần số cộng hưởng, giản đồ trường, tham số γ , ... HFSS là một hệ thống mô phỏng tương tác, trong đó phần tử mắt lưới cơ bản là một tứ diện. Điều này cho phép bạn có thể tìm lời giải cho bất kỳ vật thể 3D nào. Đặc biệt là đối với các cấu trúc có dạng cong phức tạp. Ansoft là công ty tiên phong sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) để mô phỏng trường điện từ bằng các kỹ thuật như: phần tử hữu hạn, chia lưới thích nghi, ... Ansoft HFSS cung cấp một giao diện trực quan và dễ dàng sử dụng để phát triển các mô hình thiết bị RF thụ động.

Chu trình thiết kế bao gồm các bước sau:

1. *Vẽ mô hình với các tham số cho trước: vẽ mô hình thiết bị, các điều kiện biên và nguồn kích thích.*
2. *Thiết đặt các thông số để phân tích: thực hiện thiết đặt các thông số để tìm lời giải.*
3. *Chạy mô phỏng: quá trình này hoàn toàn tự động.*
4. *Hiển thị kết quả: đưa ra các báo cáo và đồ thị trường 2D.*

Trong quá trình thực hiện phân tích, HFSS sẽ chia toàn bộ cấu trúc thành các tứ diện nhỏ (gọi là mắt lưới). Hệ thống mắt lưới sẽ lấp kín toàn bộ cấu trúc. Kỹ thuật mô phỏng được sử dụng trong HFSS để tính toán trường điện từ 3D bên trong một cấu trúc dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn (Finite Element Method, FEM). Một cách tổng quát, phương pháp FEM chia toàn bộ không gian của bài toán thành hàng ngàn vùng con nhỏ hơn (gọi là phần tử mắt lưới) và biểu diễn trường trong mỗi phần tử mắt lưới theo một hàm cơ sở riêng cho phần tử đó. Còn trong HFSS, toàn bộ cấu trúc được chia tự động thành một số lượng lớn các khối tứ diện. Tập hợp toàn bộ các khối tứ diện này gọi là hệ thống mắt lưới phần tử hữu hạn. Ta phải chọn lựa giữa kích thước mắt lưới, độ chính xác mong muốn và tài nguyên (bộ nhớ) mà máy vi tính sẵn có. Với mong muốn đạt được độ chính xác tối đa, điều đó có nghĩa là mắt lưới cực nhỏ. Nhưng rất có thể tràn bộ nhớ và vượt quá khả năng xử lý của máy vi tính.



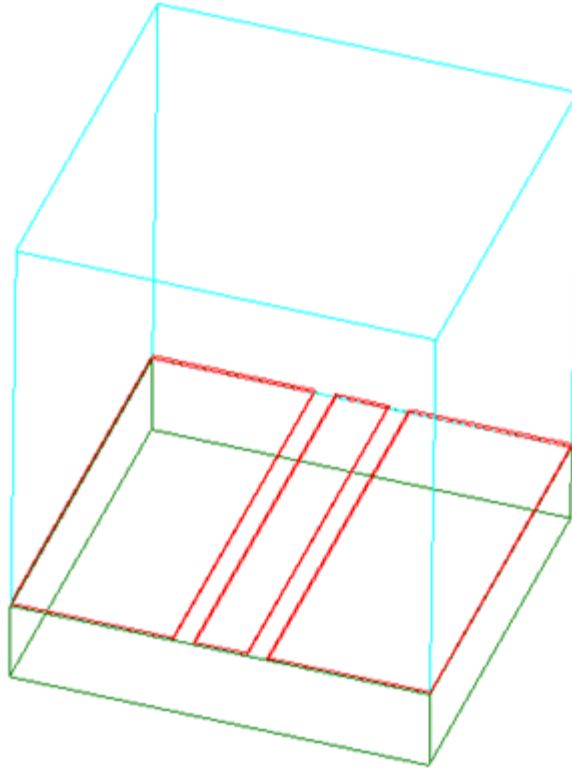
Để tạo ra hệ thống mắt lưới tối ưu, HFSS sử dụng quy trình lặp, gọi là phân tích thích nghi (adaptive analysis), trong đó mắt lưới được tự động “cải tiến” trong các vùng con quan trọng. Trước tiên, nó đưa ra một lời giải dựa trên một hệ thống mắt lưới được khởi tạo “thô”. Sau đó, nó “cải tiến” mắt lưới trong các vùng có tỷ trọng lỗi cao và tạo ra lời giải mới. Khi các tham số đã chọn hội tụ trong một giới hạn mong muốn, HFSS sẽ thoát khỏi quy trình lặp.

Phần trình bày này là một trong loạt các Hướng dẫn về Port, nhằm giúp người dùng hiểu rõ hơn về các đặc tính của kích thích mô hình. Với đầu vào không chính xác, toàn bộ giải pháp trường 3D sẽ không chính xác. Do đó, sự chú ý thích hợp đến các định nghĩa Port có thể tạo ra sự khác biệt giữa phân tích HFSS thành công và không thành công.

Hướng dẫn sử dụng phần mềm HFSS

Trong phần trình bày hướng dẫn này, người dùng sẽ được trình bày các hướng dẫn để thiết lập các cổng trên cả cấu trúc đường truyền ống dẫn sóng đồng phẳng (CPW) nối đất và không nối đất. Các đề xuất cho cả cổng sóng và cổng gộp sẽ được phác thảo. Lời khuyên chung sẽ được cung cấp cho việc định kích thước cổng ban đầu, sau đó là các quy trình chẩn đoán để sử dụng để đánh giá xem các cổng của người dùng có phù hợp với cấu hình cụ thể của họ hay không. Các ví dụ bằng hình ảnh sẽ được

cung cấp về cơ chế công CPW nổi đất, không xung quanh và có giới hạn trong suốt hướng dẫn.



Hình 3.14. Khung phác thảo

➤ Cấu tạo

Ống dẫn sóng đồng phẳng là một hệ thống đường truyền bao gồm một luồng mang dòng điện trung tâm trên đỉnh bề mặt, đồng phẳng với các mặt bên mở rộng ra ngoài khoảng cách đối xứng sang hai bên của vết. Có nhiều loại đường truyền CPW khác nhau được sử dụng trong các ứng dụng RF và vi ba:

CPW nổi đất (GCPW) sẽ có thêm một mặt phẳng tiếp đất ở mặt dưới của chất nền. Trong thực tế, mặt phẳng này cần phải đủ xa so với đầu vết so với các cơ sở bên cạnh rằng hệ thống mang chế độ CPW chứ không phải là chế độ giảm microstrip.

CPW không có xung quanh là tiêu chuẩn hơn, trong đó mặt đồng phẳng bên cạnh bản thân dải cung cấp đường dẫn dòng điện trở lại duy nhất và mặt dưới của đế là không tải.

CPW mặt đất hữu hạn (FG-CPW) theo truyền thống đề cập đến CPW không bao quanh trong đó kim loại hóa mặt đất bên có chiều rộng hạn chế, thường không quá 2 - 3 lần chiều rộng của chính mẫu trung tâm, do cân nhắc về không gian.

Thuận lợi

CPW có lợi thế tương tự như microstrip, ở chỗ tín hiệu được truyền trên một mẫu bề mặt tiếp xúc, trên đó có thể gắn các thành phần gắn trên bề mặt. Là một thiết bị mang tín hiệu bề mặt, nó cũng có lợi cho mình để kiểm tra thông qua các đầu dò loại tín hiệu mặt đất.

Không giống như microstrip, CPW (ít nhất là ở dạng ngoài bao quanh) có rất ít tổn thất phát sinh giữa các bộ phận được gắn trên bề mặt và mặt đất bên dưới

Nhược điểm

Nhược điểm cơ bản của CPW là khó thiết kế hơn: các tính năng như đoạn mở và đoạn ngắn không đơn giản như với microstrip hoặc dải băng. Ngoài ra, CPW không được hỗ trợ tốt ngay cả bởi nhiều máy tính đường truyền hiện đại và trình mô phỏng mạch

Mặc dù có thể đạt được các kích thước cần thiết cho CPW của đặc tính trở kháng mong muốn, nhưng thường thì các kích thước đầu ra bởi máy tính đường truyền là không thể thực hiện được với các ràng buộc khác

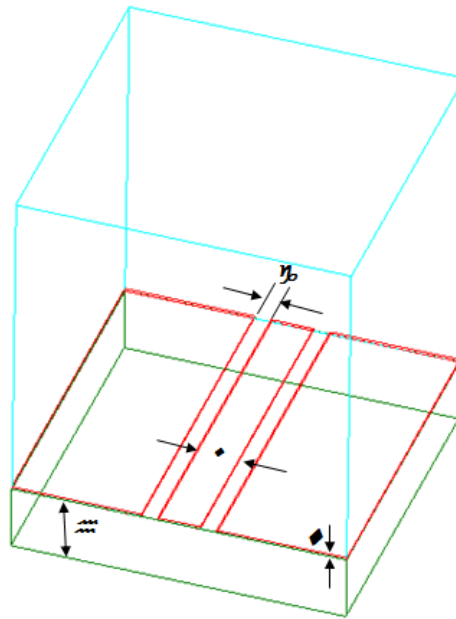
Nếu 'tỷ lệ khung hình' của CPW (tỷ lệ giữa khoảng trống của nó với chiều rộng mẫu) trở nên quá cao hoặc quá thấp, thì chế độ CPW mong muốn có thể được thay thế bằng chế độ microstrip hoặc chế độ đường ống song song, dẫn đến hiệu suất kém

➤ **Kích thước CPW**

CPW thường được xác định theo chiều rộng dải trung tâm w , chiều rộng khe hở g , chiều cao chất nền h và vật liệu điện môi chất nền

Độ dày kim loại cũng rất quan trọng, đặc biệt khi độ dày kim loại $t \geq 0,1w$ hoặc $t \geq 0,1g$

Đối với FG-CPW, chiều rộng của mặt bằng bên cạnh, S , cũng phải được xem xét trong thiết kế Port:



Hình 3.15. Kích thước CPW

➤ **Mục đích**

Port là bề mặt 2D trên đó các trường sẽ được giải quyết theo Phương trình Maxwell để xác định kích thích phương thức RF thích hợp vào khối lượng mô hình 3D. Hãy nghĩ về một cổng như một “khẩu độ” trong đó phân bố trường và định hướng được biết đến với giải pháp phần tử hữu hạn trạng thái ổn định.

Các port sóng giải quyết sự phân bố trường thực tế trong mặt cắt đường truyền. Các cổng gộp kích thích sự phân bố trường được đơn giản hóa để cho phép các đầu ra tham số S trong đó các port sóng không khả thi.

➤ **Đặc trưng**

Diện tích bề mặt cổng dựa trên các đặc tính vật liệu của các vật liệu tiếp xúc với bề mặt của nó

Các ranh giới của Wave Port có các đặc điểm ranh giới của các ranh giới có chung các cạnh của nó

Các cạnh chạm vào mặt perfect_e, chẳng hạn như mặt phẳng, trở thành các cạnh perfect_e để tính toán cổng

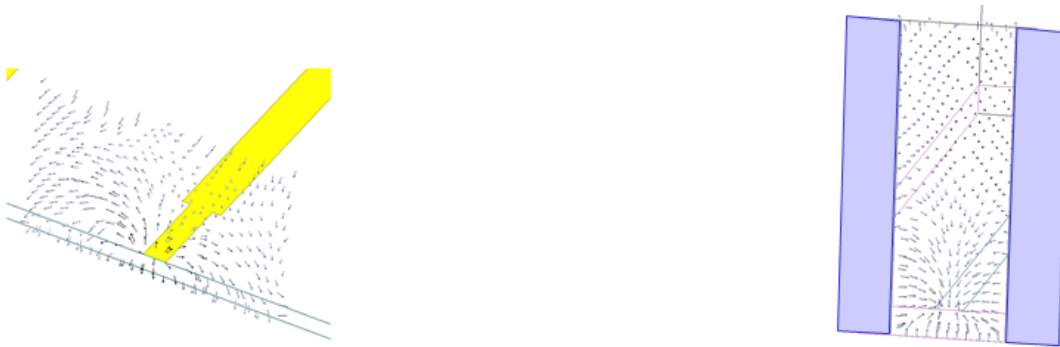
Các cạnh chạm vào mặt perfect_h trở thành các cạnh hoàn hảo_h cho tính toán port

Các cạnh chạm vào các mặt đối xứng sẽ xác định loại perfect_e hoặc perfect_h thích hợp

Tuy nhiên, các cạnh chạm vào các mặt bức xạ, mặc định là các điều kiện biên dẫn điện perfect_e!

Thay vào đó, biến môi trường ZERO_ORDER_ABC_ON_PORT = 1 có thể đặt chúng thành 377 ohms

Do các cạnh giới hạn port, có thể không khớp với ranh giới về hành vi hiện trường trong khối lượng 3D đầy đủ xung quanh đường truyền qua mặt phẳng công, nên định cỡ và vị trí port thích hợp là rất quan trọng.



Hình 3.16. Cổng microstrip

Cổng microstrip ở bên trái có đủ diện tích bề mặt cho hành vi trường biên, trong khi cổng ở bên phải buộc trường bám vào các bức tường bên cổng, ngay cả khi khu vực xung quanh được chỉ định là ranh giới bức xạ

➤ Kích thước cổng sóng

Khuyến nghị tiêu chuẩn cho hầu hết các cổng sóng CPW là khẩu độ hình chữ nhật

Chiều rộng cổng không được nhỏ hơn 3 x chiều rộng CPW tổng thể hoặc $3 \times (2g + w)$

Chiều cao cổng không được nhỏ hơn 4 x chiều cao điện môi, hoặc $4h$

Nếu không có 'solid face' nào thuận tiện đáp ứng các yêu cầu về kích thước ở trên, hãy vẽ một hình chữ nhật 2D cho Cổng.

➤ Vị trí cổng sóng

Cổng sóng phải được căn giữa theo chiều ngang trên mẫu CPW

Nếu cổng nằm trên GCPW, cạnh dưới cùng của cổng phải nằm trên mặt phẳng mặt đất ở đáy đế

Nếu cổng được đặt trên CPW không có xung quanh, chiều cao cổng phải được căn giữa vào lớp kim loại CPW

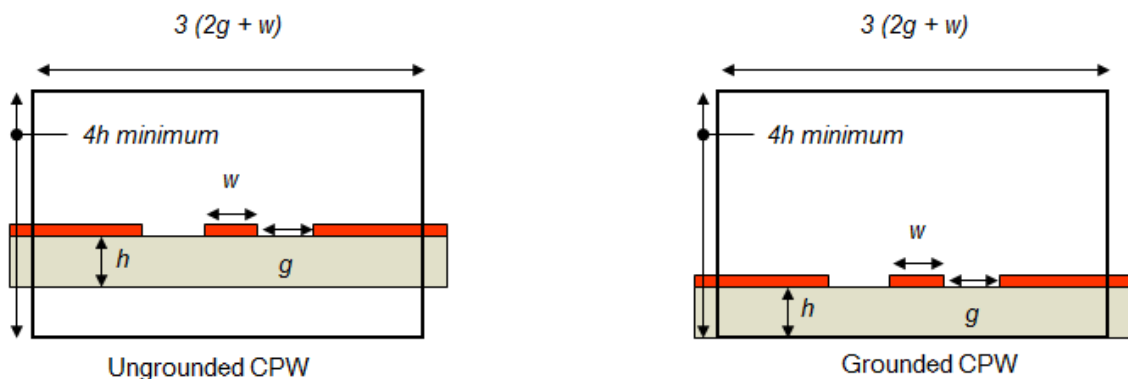
- *Hạn chế về cổng sóng*

Như với tất cả các cổng sóng, chỉ có một bề mặt bình thường tiếp xúc với âm lượng trường

Cổng phải ở trên mặt mô hình bên ngoài hoặc được giới hạn bởi một khối dây dẫn hoàn hảo nếu bên trong

Đường viền cổng sóng phải liên hệ với mặt đất bên cạnh (tất cả các CPW) và mặt đất phía dưới (GCPW)

Kích thước cổng sóng không được vượt quá $\lambda / 2$ ở bất kỳ kích thước nào, để tránh cho phép kích thích phương thức ống dẫn sóng hình chữ nhật



Hình 3.17. Kích thước cổng sóng bao quanh và không bao quanh

➤ **Đường trở kháng**

Tùy chọn cho các cổng sóng, nhưng nếu muốn Z_{pv} và Z_{vi} , nên được vẽ kéo dài từ hai bên mặt đất đến điểm gần trên vết, cột có mép trên của chất nền

Chiều rộng cổng không được nhỏ hơn 3 x chiều rộng CPW tổng thể hoặc $3 \times (2g + w)$

Chiều cao cổng không được nhỏ hơn 4 x chiều cao điện môi, hoặc $4h$

➤ **Đường hiệu chuẩn**

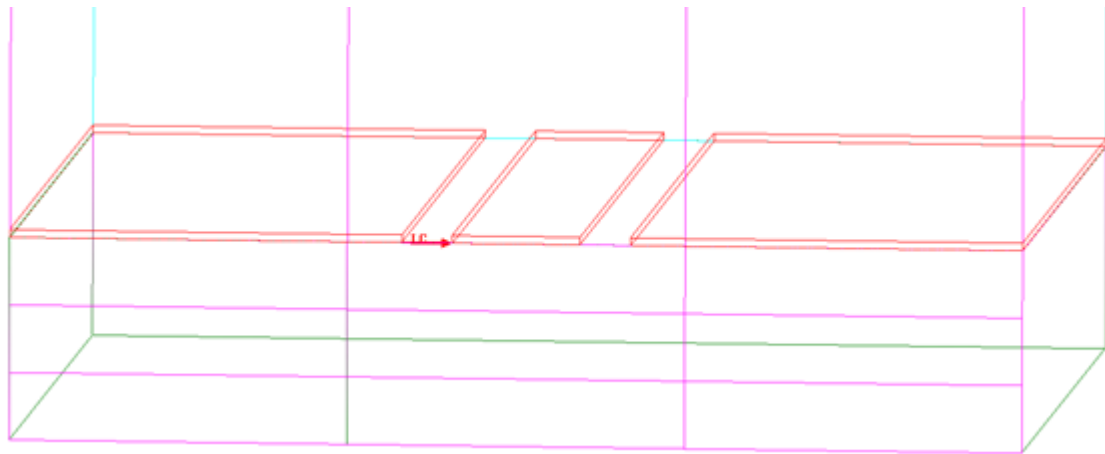
Tùy chọn cho các cổng sóng, chỉ được sử dụng nếu tham chiếu pha giữa nhiều cổng (đối với các tham số pha truyền) là quan trọng

Đường chuẩn có thể giống với đường Trở kháng.

➤ GCPW

Đối với CPW nổi đất, các đường Trở kháng và Hiệu chuẩn thường vẫn kéo dài từ mặt đất bên cạnh để theo dõi. Tuy nhiên, theo quyết định của người dùng, thay vào đó, người dùng có thể muốn chạy các đường từ mặt đất bên dưới đến vết.

Thông thường, định hướng dòng này sẽ chỉ được mong muốn nếu độ dày điện môi có cùng thứ tự với độ rộng khe hở của dạng hình học CPW. Sử dụng phân bố trường cổng như một chỉ báo về vị trí mặt đất nào quan trọng hơn đối với hình dạng chế độ cụ thể của bạn.



Hình 3.18. GCP nổi đất

➤ Phân phối trường phương thức

Phân phối CPW E Field được hiển thị trong các hình ảnh bên dưới

Các trường vector cơ bản có thể được hiển thị trong Thông số điều hành thiết lập / Trở kháng cổng, bằng cách đánh dấu một cổng và sử dụng nút Trường cổng bên dưới cửa sổ đồ họa để điều chỉnh các vector

Các trường CPW phải đối xứng với hai bên của vết trung tâm, với các trường E kéo dài từ mỗi mặt đất đến vết (hoặc ngược lại) cùng pha. Các trường H xoay quanh dấu vết trung tâm

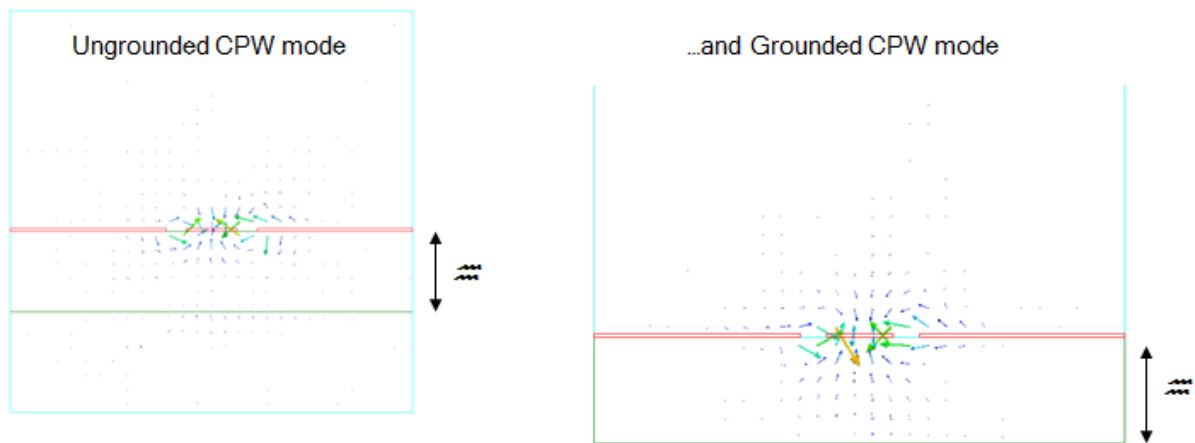
Trong GCPW, các đường trường cũng có thể kéo dài từ mặt đất dưới cùng đến đường trung tâm

Các trường không được mở rộng mạnh ra vùng ngoại vi của cảng, ngoại trừ nền đất dưới cùng nếu thích hợp

➤ Đặc tính trở kháng

Chế độ CPW là gần như TEM, vì vậy ba định nghĩa có sẵn về trở kháng đặc tính Z_{pi} , Z_{pv} và Z_{vi} phải gần giống nhau

Trở kháng đặc tính CPW phải tương đối bằng phẳng đối với tần số



Hình 3.19. Đặc tính trở kháng của chế độ CPW bao quanh và không bao quanh

Vấn đề 1: Trường cổng không khớp với phân phối CPW, nhưng mở rộng qua cửa sổ cổng

Có thể kéo dài qua chất nền hoặc qua không khí bên trên bề mặt kim loại [dưới cùng, bên trái]

Nguyên nhân do cổng quá rộng, dẫn đến phân bố chế độ loại ống dẫn sóng TE₀₁ (các 'khoảng trống' nhỏ trên đường viền kim loại không đủ để ngăn chế độ này tồn tại, nếu có đủ diện tích)

Giải pháp: Giảm chiều rộng của cổng cho đến khi nó dưới $\lambda / 2$. Đối với GCPW, có thể cần chiều rộng dưới $\lambda / 2$ trong chất nền

Vấn đề 2: Trường cổng mở rộng từ trace sang cạnh bên hoặc cạnh trên của cửa sổ port

Gây ra bởi cổng quá hẹp hoặc chụm lại [dưới cùng, bên phải]

Giải pháp: Tăng chiều rộng hoặc chiều cao của cổng, một cách thích hợp, để giảm phần đỉnh kèm trường

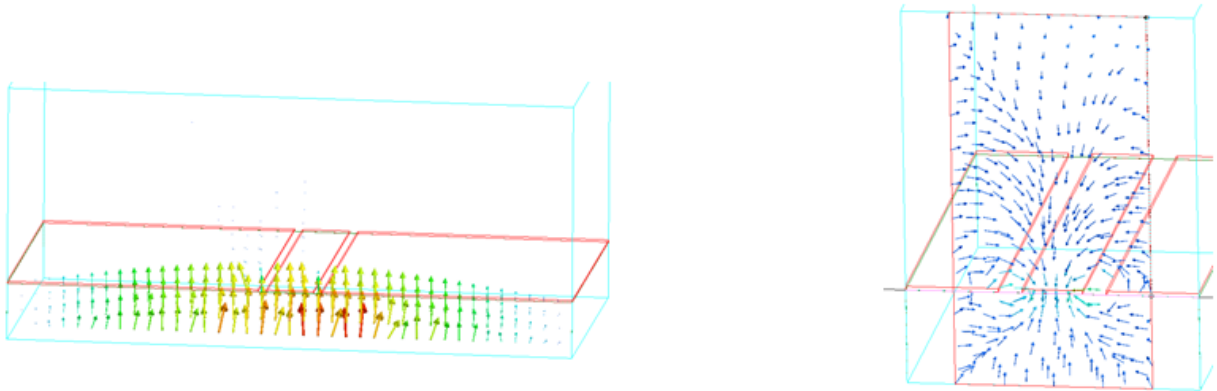
Vấn đề 3: Các trường công không đối xứng (rất hiếm)

Một khoảng trống xuất hiện kích thích, trong khi lỗ hổng còn lại bị bỏ qua: kích thích "đường rãnh" duy nhất

Thường liên quan đến tỷ lệ khung hình cao CPW, khoảng cách dây dẫn hẹp, tần số thấp liên quan đến kích thước vật lý và / hoặc kim loại hữu hạn được giải quyết "bên trong"

Giải pháp: Hãy thử sử dụng 'đối tượng ảo' để hỗ trợ chia công ở cả hai khoảng trống. Hoặc, nếu toàn bộ mô hình 3D là đối xứng, hãy giải quyết $\frac{1}{2}$ không gian vấn đề bằng cách sử dụng điều kiện đối xứng perfect_h

(Lưu ý: Sự cố này không thường xuyên xảy ra trong HFSS 8.0.25 hoặc mới hơn)



Hình 3.20. Các trường công đối xứng và không đối xứng

Tại sao đường viền cổng phải chạm vào mặt bên ?

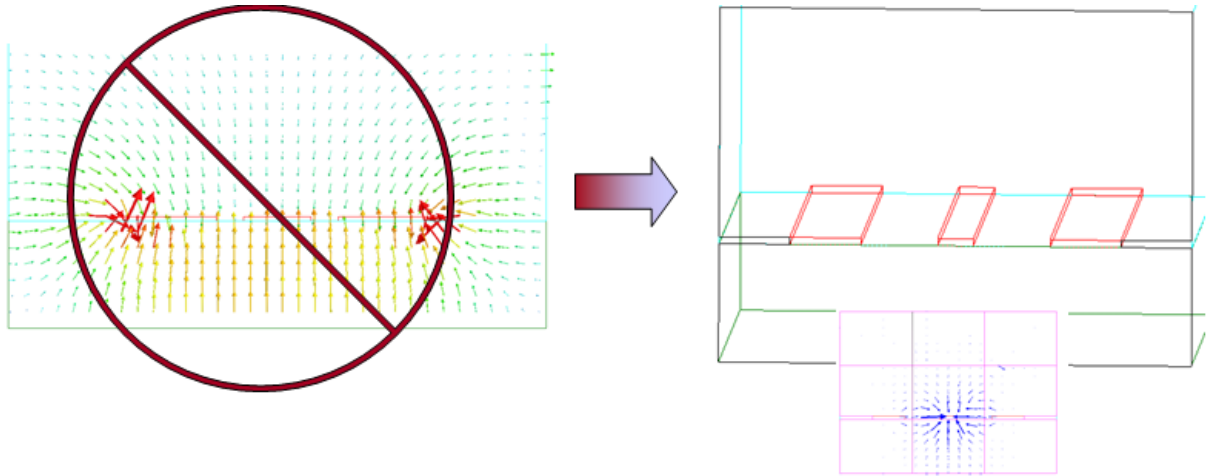
Nếu đường viền cổng không tiếp xúc với mặt bằng bên cạnh, thì 'cửa sổ' cổng sẽ thấy ba dấu vết tín hiệu có thể có bên trong 'tham chiếu mặt đất' của chu vi cổng [bên dưới, bên trái]

Chế độ được giải quyết sẽ là chế độ 'thậm chí' hoặc chế độ đầu tiên trong ba chế độ TEM có thể có trong hệ thống này, không phải chế độ kích thích CPW

Điều gì sẽ xảy ra nếu tôi có FG-CPW và tôi không thể làm cho cửa sổ cổng chạm vào mặt đất mà không làm cho nó quá hẹp?

Cần nhắc tạo cửa sổ cổng với các 'ngón tay' hướng vào trong tiếp xúc với mặt sân [đường viền màu đen, bên dưới bên phải]

Mặc dù điều này dường như đang tạo ra 'sự không khớp' với hình học 3D (chỉ bằng cách mở rộng giả tạo các mặt bên tại mặt phẳng cổng), hãy nhớ rằng chỉ cần loại bỏ các cạnh cổng perfect_e thẳng đứng gần với dấu vết CPW, cho phép các đường trường kết nối từ dấu vết đến các khu đất bên mà không bị nhiễu. Do đó, chế độ được tạo không được khớp với nội thất hình học 3D với mặt cổng (hình trong, dưới cùng bên phải).



Vấn đề 1: Trở kháng quá thấp, nhưng ổn định đối với tần số

Nghi ngờ đường viền cổng không tiếp xúc với các mặt đất bên cạnh, cho phép ba dây dẫn nối ở chế độ “đồng đều” (xem trang cuối)

Giải pháp: Đảm bảo các điểm tiếp xúc bên ngoài đường viền cổng

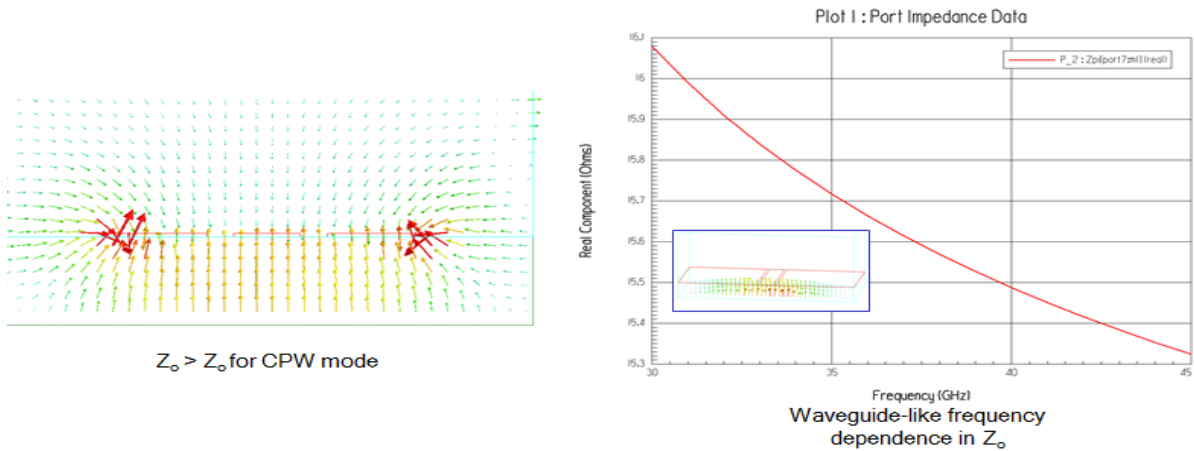
Nghi ngờ cổng quá hẹp hoặc quá ngắn theo chiều dọc, cho phép các cạnh cổng đóng vai trò là cơ sở không nên tồn tại. Hoặc có lẽ đáy cổng đã được đặt cột với đáy của chất nền, khi CPW nối đất không được dự định

Giải pháp: Điều chỉnh kích thước cổng và / hoặc vị trí để di chuyển các cạnh nối đất không mong muốn xa hơn khỏi dấu vết CPW.

Vấn đề 2: Z_{pi} , Z_{pv} , Z_{vi} cho kết quả rất khác nhau, phụ thuộc tần số mạnh

Nghi ngờ giải pháp của một chế độ giống như ống dẫn sóng hình chữ nhật trong chất nền hoặc không khí, do cổng quá lớn

Giải pháp: Giảm chiều rộng cổng xuống dưới $\lambda / 2$ bằng vật liệu thích hợp.



Cổng gộp có thể được sử dụng cho kích thích CPW nội bộ

Còn được gọi là Cổng nguồn khoảng cách vì chúng kích thích các trường E 'giống như khoảng trống' đồng nhất, nhưng vẫn cho phép đầu ra thông số S

Các ranh giới cổng gộp là dẫn điện khi chạm vào dây dẫn hoặc ranh giới perfect_h nếu không

Sẽ không cung cấp trở kháng hoặc kết quả lan truyền; thay vào đó, thông số S tham chiếu đến trở kháng do người dùng cung cấp

Mô phỏng các phép đo được thu thập bởi các đầu dò Tín hiệu Mặt đất rất tốt (ví dụ: trong phân tích thành phần trên Silicon)

Hữu ích cho CPW trên chất nền rất dày so với chiều rộng vết và khe hở (ví dụ: lại trên Silicon)

➤ Định cỡ

Kết nối các khu đất bên với nhau ngay sau 'điểm cuối' của dấu vết trung tâm

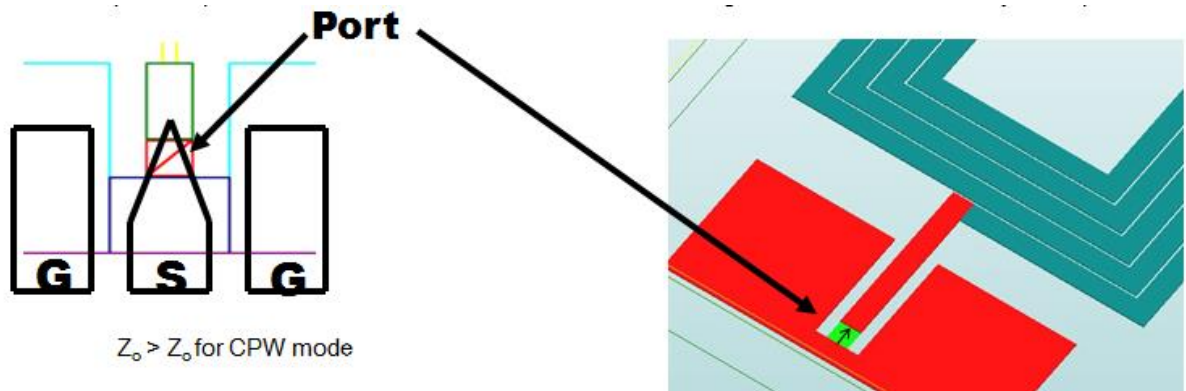
Gán cổng cho một hình chữ nhật kết nối dấu vết trung tâm với mặt đất được nối, phù hợp với dấu vết trung tâm

Chiều rộng của cổng không được lớn hơn chính dấu vết CPW

Chiều dài của cổng phải gần bằng chiều rộng (quá dài sẽ bỏ qua thành phần cảm ứng, quá nhỏ sẽ bỏ qua thành phần giống như điện dung)

Cổng phải nằm trên bề mặt đồng phẳng, ngay cả khi vật thể kim loại 3D đang được sử dụng

Trở kháng bắt buộc và đường hiệu chuẩn phải mở rộng từ mặt đất để theo dõi nhất quán cho tất cả các cổng



Hình 3.21. Định cỡ của Port