**FMCW Radar System (24 GHz and 77 GHz) Used In Automotive Crash Avoidance And Automan**

1. **Giới thiệu tổng quan về các hệ thống Radar**

Radar là viết tắt của cụm từ “Radio Detection and Ranging” nghĩa là phát hiện và đo khoảng cách bằng sóng vô tuyến điện được nhà khoa học người Scotland – Robert Watson Watt phát minh ra.

Radar là một thiết bị được phát triển trong quân đội có khả năng thu và phát sóng điện từ giúp phát hiện các vật thể chuyển động hoặc không chuyển động trong tầm hoạt động của nó. Với sự xuất hiện của radar, con người có khả năng quan sát xa hơn tầm nhìn thẳng của con người. Radar còn cho phép nhìn xuyên qua các vật cản như khói, bụi, mây, mưa, tán lá và nhất là khả năng quan trắc trong mọi thời tiết, suốt ngày đêm.

Trong thế chiến thứ 2, radar được sử dụng như một thiết bị thiết yếu sử dụng trong quân đội giúp các bên tham chiến có thể phát hiện các vật thể chuyển động như máy bay hoặc sự xâm nhập bất hợp pháp từ phía kẻ thù.

Hiện nay, radar là thiết bị không thể thiếu trong việc kiểm soát không lưu của ngành hàng không.

Radar thuộc loại phương tiện quan trắc, định vị dựa trên hiện tượng phản xạ của sóng điện từ khi gặp vật cản trên đường truyền sóng.

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, radar nhờ đó cũng liên tục được cải tiến và phát triển để phục vụ không chỉ cho mục đích quân sự mà còn cho các mục đích dân sự như trong hàng hải, máy bay hoặc dung trong việc dự báo thời tiết, kiểm tra tốc độ của các phương tiện giao thông và từ đó đi sâu vào phục vụ đời sống con người.

* 1. **Tổng quan về Radar**
     1. Lịch sử ra đời và phát triển của Radar

Những giai đoạn lịch sử của radar từ những khám phá đầu tiên về lý thuyết trường điện từ cho đến rất nhiều thử nghiệm radar trên thực tế kéo d i từ thế kỷ 19 cho đến tận đầu thế kỷ 20 trước khi nó được nghiên cứu và phát triển mạnh mẽ trong và sau thế chiến thứ 2.

Năm 1842, Christian Andreas Doppler công bố phát hiện của mình về sóng âm có nội dụng là một nguồn âm di chuyển lại gần một nguồn thu âm đứng yên thì nguồn thu âm đó thu được tín hiệu âm thanh có tần số cao hơn tần số của nguồn và ngược lại. Hiện tượng trên cũng được chứng minh đúng với sóng điện từ và còn được gọi là hiệu ứng Doppler.

Năm 1864, các phương trình về lý thuyết điện từ được đưa ra bởi James Clark Maxwekll hay còn gọi là phương trình Maxwell.

Năm 1886, những lý thuyết của Maxwell được thử nghiệm trên thực tế và được Heinrich Hertz chứng minh những lý thuyết trên đúng với cả sóng điện từ với sóng ánh sáng.

Năm 1888, Heinrich Hertz chứng minh rằng sóng vô tuyến có thể bị phản xạ khi gặp các vật thể kim loại hoặc các vật liệu điện môi.

Những năm 1900, nhà phát minh Nikola Tesla đã đưa ra ý tưởng về những thiết bị giống radar.

Những thử nghiệm phát hiện vật thể với sóng vô tuyến (radio wave) đầu tiên được thực hiện vào năm 1904 bởi nhà phát minh người Đức Christian Hulsmeyer.

Năm 1922, Guglielmo Marconi chứng minh rằng có thể phát hiện được những chiếc tàu trên biển và truyền thông xuyên qua các lục địa bằng sóng vô tuyến. Cùng thời điểm đó, Albert Hoyt Taylor và Leo C.Young đã sử dụng CW (Continuous Wave) Radar để phát hiện một con tàu bằng gỗ trên biển.

Trong suốt những năm 1920 đến 1930, Mỹ, Đức, Pháp, Liên Xô và đặc biệt là Anh đã tập trung nghiên cứu về radar và công nghệ này được xem là một bí mật quân sự. Tuy nhiên, mặc dù đã bỏ ra rất nhiều thời gian nghiên cứu nhưng những hệ thống radar tốt nhất lúc bấy giờ chỉ có thể cung cấp thông tin về phương hướng của những vật thể lớn xuất hiện trong một khoảng cách gần. Những thông số về khoảng cách và độ cao so với mặt biển vẫn chưa thể tính toán được.

Robert Watson Watt - một nhà cố vấn khoa học trong lĩnh vực truyền thông đã được mời đến Ban chiến tranh của Anh (BWC - British War Council) để đánh giá về một chùm tia chết (death ray - trên lý thuyết là một chùm hạt hay một loại vũ khí điện từ). Tại đây ông đã phát minh ra một thiết bị radar hòan chỉnh, sử dụng trong quân sự và ngày 26/2/1935, phát minh này của ông được cấp bằng sáng chế.

Ngay sau khi ra đời, radar đã phát huy tác dụng chiến lược của nó trong trận không chiến tại Anh diễn ra năm 1940. Mặc dù chỉ có cự ly hoạt động trong 10 dặm (16 km) nhưng hệ thống đã có độ phân giải đủ lớn để có thể phát hiện một máy bay ném bom hay tiêm kích đang đến gần. Quan trọng hơn, hệ thống đã được sử dụng để chỉ dẫn cho các máy bay tiêm kích của Anh chống lại không quân Đức ngay từ mặt đất trong khi máy bay Đức phải tìm kiếm mục tiêu trên không.

Bước đột phá thật sự chỉ xuất hiện khi một hệ thống radar nhận dạng hiện đại được tạo ra nhờ phát minh của sóng cực ngắn (vi ba) sử dụng trong nhà hay chính xác là từ thiết bị tạo ra sóng vi ba - magnetron. Magnetron được phát minh bởi John Randall và Harry Boot vào năm 1940 tại đại học Birmingham, tuy vậy cự ly của radar vẫn chưa lớn, chỉ hơn 80 km.

Radar ng y nay đã phát triển đa dạng ở nhiều dải sóng khác nhau như sóng âm, sóng vô tuyến điện, quang học và lazer. Bên cạnh các siêu radar khổng lồ, các radar siêu mini cũng được chế tạo trước hết dùng cho các vật bay do thám siêu nhỏ. Mỗi hệ thống được thiết kế riêng cho từng nhiệm vụ khác nhau. Thêm vào đó, những cải tiến về công nghệ có thể thay đổi cách thức hoạt động của một hệ thống radar.

Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của các ngành khoa học kỹ thuật điện tử, công nghệ thông tin, ngành cơ - điện tử, vật liệu mới, tự động hóa, công nghệ nano. . . Radar ngày nay cũng đã được đổi mới và phát triển đa dạng với nhiều dải sóng khác nhau. Radar cũng được thiết kế và triển khai cả ở trong các ứng dụng dân dụng.

* + 1. Nguyên lý cơ bản của Radar

Radar hoạt động dựa trên sự bức xạ và phản xạ của sóng điện từ trong không gian. Sóng điện từ lan truyền trong không gian theo đường thẳng với tốc độ xấp xỉ bằng với tốc độ ánh sáng trong chân không (3.108m/s). Cụ thể, radar tạo ra một lượng năng lượng điện từ bức xạ vào không gian và phân tích năng lượng điện từ phản xạ ngược trở về từ vật chắn trong tầm hoạt động của nó.

Hệ thống radar trên bao gồm một bộ phát, một bộ thu và 2 anten có nhiệm vụ bức xạ năng lượng điện từ ở phía phát (Transmitter) và thu nhận năng lượng điện từ phản xạ lại từ vật thể ở phía thu (Receiver). Cụ thể, hệ thống sẽ tạo ra tín hiệu RF (Radio Frequency - vô tuyến) ở phía bộ phát và bức xạ ra không gian nhờ anten ở phía phát. Tín hiệu trên khi gặp vật chắn sẽ bị phản xạ lại, tuy nhiên theo nhiều hướng khác nhau trong đó sẽ có những tín hiệu phản xạ lại về phía anten thu. Từ đó, anten ở phía thu sẽ thu nhận tín hiệu phản xạ lại rồi chuyển sang bộ thu, bộ thu sẽ phân tích sự sai biệt giữa tín hiệu phát và tín hiệu thu để đưa ra những thông tin về khoảng cách, vận tốc, hướng di chuyển của vật thể, ... Hệ thống radar đơn giản được thể hiện ở hình 1.1



Hình 1.1: Hệ thống Radar cơ bản

Một cải tiến cho hệ thống radar ở trên đó là thay vì sử dụng 2 anten (1 cho phía phát và 1 cho phía thu) hệ thống radar ở hình 1.2 chỉ sử dụng 1 anten cho việc thu và phát. Tuy nhiên với hệ thống này, do chỉ sử dụng 1 anten nên cần phải cách ly tín hiệu phát và tín hiệu thu người ta dùng thêm một bộ duplexer cho anten, từ đó giảm được sự cồng kềnh của hệ thống này so với hệ thống sử dụng 2 anten ở trên. Ngoài ra duplexer còn giúp bảo vệ bộ thu khỏi những tín hiệu công suất lớn từ bộ phát.



Hình 1.2: Hệ thống Radar với Duplexer

* 1. Các thành phần cơ bản của Radar

Một hệ thống radar cơ bản bao gồm một bộ phát, một bộ thu v  hệ thống anten thu, phát. Hình 1.3 minh họa một hệ thống radar với các bộ phận cơ bản mang những chức năng đặc trưng.



Hình 1.3: Sơ đồ khối của một hệ thống Radar đơn giản

* + 1. Anten

Trong hệ thống radar, anten đóng vai trò là bộ phận tương tác giữa chính hệ thống đó với tất cả các loại sóng điện từ có mặt trong không gian. Nhờ đó, anten hoạt động như một bộ phận truyền dẫn, lan truyền và định hướng bức xạ năng lượng điện từ ra không gian cũng như thu nhận sóng điện từ phản hồi từ vật thể.

Có hai loại anten thường được dùng trong hệ thống radar đó là anten loa và anten chảo parabol.

* + - 1. Anten loa (Horn Antenna)

Anten loa thường được sử dụng để trong việc truyền và nhận tín hiệu RF (vô tuyến) hoặc được dùng như là feeder trong anten parabol.



Hình 2.4: Định nghĩa về độ lợi của anten

Hình dạng điển hình của một anten loa đó l  bề mặt định hướng sóng dạng loe ra giống như một cái loa (horn) cho phép sóng bức xạ từ anten ra không gian tự do theo một hướng xác định.

Có 4 loại anten loa được mô tả ở hình 2.5



Hình 2.5: Các dạng cấu hình cơ bản của anten horn

Với cấu trúc khá đơn giản, anten loa thường được sử dụng ở băng tần UHF (300MHz - 3GHz) hoặc thậm chí còn cao hơn nữa. Anten loa thường có dạng đồ thị bức xạ định hướng cao (Hình 2.6) với độ lợi lớn có thể lên đến 25 dB, tuy nhiên thường thì độ lợi nằm trong khoảng 10 - 20 dB. Đặc biệt anten loa còn có băng thông rất lớn từ đó nâng cao hiệu suất hoạt động của anten ở các dãy tần khác nhau.



Hình 2.6: Đồ thị bức xạ 3D của một anten horn

* + - 1. Anten chảo parapol (Parapol Antenna)



Hình 2.7: Anten parabol

Hình 2.7 mô tả một anten parabol thường gặp trong thực tế với cấu trúc gồm một bề mặt phản xạ hình parabol (reflector) - còn gọi l chảo parabol - v một nguồn phát sóng điện từ gọi l feeder (thường l anten dipole). Vật liệu tạo nên bộ phản xạ thường l một tấm lưới kim loại với kích thước của những lỗ lưới đó phải nhỏ hơn λ/10. Chính tấm lưới đó tạo nên bề mặt phản xạ cho sóng điện từ tựa như một tấm gương phản xạ ánh sáng hình parabol. Từ đó, nâng cao được tính định hướng v độ lợi của anten lên rất nhiều. Thông thường, với cùng một công suất phát thì anten parabol có thể cho độ lợi lớn nhất v với búp sóng hẹp nhất. Để tạo nên búp sóng hẹp, bề mặt phản xạ phải lớn hơn rất nhiều so với chiều d i bước sóng do đó anten parabol thường được sử dụng cho các dãy tần số cao (UHF hoặc SHF).



Hình 2.8: Đồ thị bức xạ của anten parabol

* + 1. Duplexer

Như đã trình b y ở phần trên, duplexer được sử dụng trong trường hợp chỉ dùng 1 anten cho cả việc thu v phát tín hiệu. Có 2 yêu cầu được đưa ra m một bộ duplexer cần thõa mãn:

Thứ nhất: Cách ly bộ thu khỏi những tín hiệu công suất lớn ở bộ phát để tránh phá hủy các bộ phận ở phía thu

Thứ hai: Đảm bảo quá trình truyền v  nhận được xảy ra liên tục trên cùng một anten.

Trên thực tế, bộ duplexer thường dùng chính l  circulator - một hệ thống mạng 3 cửa được mô tả ở hình 2.9 v với ma trận S như sau:

Giả sử ta m­c anten v o cổng (port) 2 của bộ circulator, tín hiệu ngõ ra của bộ phát được mắcc vào cổng 1 v2 tín hiệu ngõ vào của bộ thu sẽ mắcc vào port 3 của bộ circulator. Một cách lý tưởng, nhìn v o ma trận S ta thấy rằng khi có tín hiệu từ cổng 1 (từ bộ phát) tín hiệu đó sẽ được đẩy v o anten v bức xạ ra không gian đồng thời không có tín hiệu v o cổng 3. Tương tự, nếu có một tín hiệu lọt v o anten (port 2), tín hiệu đó sẽ được chuyển v o cổng 3 của bộ circulator đồng thời cách lý tín hiệu đó với cổng 1. Tuy nhiên, trên thực tế tín hiệu sẽ không được cách ly ho n to n m vẫn tồn tại một lượng suy hao khoảng 0.1 - 0.5 dB.



Hình 2.9: Sơ đồ khối của bộ circulator

* + 1. Bộ trộn tần (Mixer)

Mixer hay còn gọi l  bộ trộn tần được sử dụng để chuyển đổi tần số của tín đầu v o th nh một tín hiệu có cùng dạng với tín hiệu ban đầu nhưng ở một tần số khác, có thể cao hơn hoặc thấp hơn tần số ban đầu.

Thông thường, người ta thường chuyển tín hiệu từ trung tần (IF) sang tín hiệu cao tần (RF) v ngược lại tùy thuộc v o mục đích của người thiết kế v sử dụng hệ thống đó.



Hình 2.10: Sơ đồ khối của bộ mixer

Nhìn v o hình 2.10 ta thấy rằng, mixer hoạt động như một bộ nhân tín hiệu giữa hai port đầu v o từ đó tạo ra tín hiệu ngõ ra với 2 tần số: f1 ± f2

Quan sát hình 2.11 ta thấy:



Hình 2.11: Cách thức chuyển tần lên v  xuống của mixer

Việc chuyển tần lên hoặc xuống phải thông qua một tín hiệu từ oscillator với tần số fLO. Do đó, tín hiệu từ oscillator chỉ được phép l tín hiệu đầu v o của mixer, còn port RF v IF có thể chuyển đổi vai trò cho nhau hoặc l đầu v o thứ hai của mixer hoặc l ngõ ra của mixer.

Đối với chuyển tần xuống, tín hiệu đầu v o thứ hai chính l  tín hiệu RF v  tín hiệu ở ngõ ra sẽ l tín hiệu IF, với fIF = |fLO − fRF |. Ngược lại, đối với chuyển tần lên thì tín hiệu đầu v o thứ hai chính l tín hiệu IF v tín hiệu ngõ ra sẽ l tín hiệu RF, với fRF1 = fLO − fIF v fRF2 = fLO + fIF

Trong thực tế người ta thường sử dụng mixer kết hợp với một bộ lọc để chọn lọc tần số mong muốn ở trung tần hoặc cao tần. Như ta đã biết, tín hiệu ở ngõ ra bộ mixer tồn tại ở hai tần số như đã đề cập ở phương trình 2.1. Do đó, đối với việc chuyển tần xuống, để lấy được tín hiệu trung tần ta phải sử dụng bộ lọc thông thấp (LPF) để loại bỏ tín hiệu không mong muốn fout = fLO + fIF . Tương tự, đối với việc chuyển tần lên ta phải sử dụng bộ lọc thông dải (BPF) để chọn lọc tín hiệu mong muốn hoặc l fRF1 hoặc fRF2 .

* + 1. Bộ tạo dao động

Dao động v  tổng hợp tần số l  phần rất quan trọng trong lĩnh vực truyền thông vô tuyến. Mạch dao động biến đổi năng lượng điện một chiều th nh tín hiệu xoay chiều dùng l m sóng mang trực tiếp hoặc thông qua mixer để đổi tần các tín hiệu từ IF lên RF hoặc ngược lại.

Có nhiều kiểu mạch dao động như:

• Mạch dao động LC: clapp, colpitt, hartley, Pierce,...

• Mạch dao động thạch anh: song song, nối tiếp, tinh chỉnh tần số cộng hưởng,...

• VCO v  VCXO

Trong đó, VCO v  VCXO được sử dụng trong nhiều ứng dụng đặc biệt l  trong phần thiết kế radar ở chương 3 do nó có thể thay đổi tần số trong một khoảng xác định tùy thuộc v o giá trị điện áp DC đặt v o chân varicap (Vtune) của mạch VCO hoặc VCXO.

* + 1. Bộ khuếch đại công suất

Bộ khuếch đại công suất thường được dùng để nâng mức công suất tín hiệu RF từ mức thấp sang một mức cao hơn tùy thuộc v o độ lợi của bộ khuếch đại đó. Trong radar bộ khuếch đại công suất được dùng ở phía phát để nâng cao mức công suất cho tín hiệu phát từ đó nâng cao được tầm hoạt động của radar. Bộ khuếch đại công suất phải thỏa mãn các yêu cầu như: hiệu suất cao, ít sái dạng tín hiệu v độ chọn lọc tần số cao.

* + 1. Bộ khuếch đại nhiễu thấp (Low noise amplifier)

Nhiễu l  tín hiệu không mong muốn, xuất hiện từ nhiều nguồn khác nhau chèn v o tín hiệu hữu ích l m giảm chất lượng tín hiệu thu dẫn đến sai lệch thông tin. Chất lượng thu của hệ thống được đánh giá theo hệ số SNR (tỷ số mức tín hiệu trên nhiễu) chỉ sự tương quan độ mạnh của tín hiệu so với nhiễu. Mức tín hiệu thu được từ anten thường rất nhỏ v đã bao gồm nhiễu từ môi trường truyền, nếu tín hiệu đó được khuếch đại trong một môi trường nhiễu cao sẽ dẫn đến mức tín hiệu trên nhiễu giảm xuống từ đó giảm đáng kể lượng thông tin ta thu nhận được, đôi khi l m sai lệch hoặc mất thông tin.

Bộ khuếch đại nhiễu thấp được dùng để nâng cao mức tín hiệu với ít nhất có thể lượng nhiễu được cộng v o tín hiệu tùy thuộc v o chất lượng thiết kế. Trong radar, bộ khuếch đại nhiễu thấp được dùng như một bộ tiền khuếch đại cho tín hiệu ở phía phát cũng như l bộ khuếch đại công suất cho tín hiệu ở phía thu. Đối với bộ khuếch đại nhiễu thấp, thông số được quan tâm đó l "Input Noise Figure" đặc trưng cho lượng nhiễu cộng v o tín hiệu sau khi khuếch đại. Bộ khuếch đại lý tưởng sẽ có hệ số INF = 0 dB, tuy nhiên trong thực tế không bao giờ đạt được như vậy, thông thường hệ số INF < 3dB được xem l tốt v INF < 1.2 dB được xem l rất tốt.

* + 1. Bộ phát Radar

Mô hình phát sóng radar cơ bản được minh họa ở hình 2.12. Trong đó, hệ thống phát bao gồm một bộ tạo sóng tín hiệu ở dải nền (Waveform Generator) kết hợp với bộ trộn tần (Mixer) v bộ tạo dao động (Oscillator) từ đó đưa tín hiệu lên dãy tần số mong muốn sau đó được khuếch đại lên nhờ bộ khuếch đại công suất (PA) v truyền đến anten bức xạ ra không gian tự do.

Câu hỏi đặt ra ở đây đó l  vì sao phải chuyển tần số lên cao m  không phát trực tiếp tín hiệu ở dải nền ra không gian tự do?



Hình 2.12: Mô hình bộ phát tín hiệu radar cơ bản

Chúng ta biết rằng, kích thước anten phụ thuộc trực tiếp với bước sóng tín hiệu, việc đổi tần số lên cao đó l giúp ta thu nhỏ được kích thước của anten đặc biệt l đối với các hệ thống radar sử dụng mảng anten cho việc thu, phát tín hiệu. Ngo i ra, việc chuyển tần số lên cao nhằm giúp ta tận dụng hết dãy phổ sóng điện từ. Tuy nhiên, việc đưa tín hiệu lên tần số cao dẫn đến mức suy hao của tín hiệu trong quá trình lan truyền c ng lớn, do đó tùy theo mục đích v yêu cầu của từng hệ thống m ta lựa chọn tần số phù hợp.

* + 1. Bộ thu Radar



Hình 2.13: Mô hình bộ thu tín hiệu radar cơ bản

Hình 2.13 minh họa một mô hình thu tín hiệu radar cơ bản. Cũng tương tự như ở phía phát, ở phía thu ta cũng sử dụng một bộ khuếch đại công suất để khuếch đại tín hiệu. Tuy nhiên, điểm khác biệt l trước khi qua tầng khuếch đại công suất, tín hiệu phải đi qua bộ limiter để hạn chế những tín hiệu công suất lớn có thể gây phá hủy các bộ phận phía thu. Đặc biệt, tín hiệu được đi qua bộ lọc thông dải để nâng cao tính chọn lọc tín hiệu sau đó được đưa qua bộ khuếch đại nhiễu thấp - đã được nói ở trên - nhằm hạn chế tối đa mức công suất nhiễu cộng v o tín hiệu sau khi được khuếch đại. Tín hiệu sau khi được khuếch đại được trộn với tín hiệu ở phía phát thông qua bộ trộn tần để thu được thông tin sai lệch giữa tín hiệu thu v phát. Tín hiệu mang thông tin được chuyển v o bộ xử lý tín hiệu để phân tích v trả về kết quả tùy theo mục đích sử dụng của radar đó. Thông thường, tín hiệu trước khi xử lý được cho qua một bộ lọc thông thấp bên trong bộ xử lý tín hiệu để chọn tín hiệu một lần nữa nh­m hạn chế xử lý thông tin của những tín hiệu không cần thiết.

* 1. Phương trình Radar
     1. Phương trình Friss



Hình 2.14: Mô hình truyền sóng trong không gian tự do

Phương trình Friis được dùng để ước lượng công suất được truyền từ anten phát đến anten thu thông qua không gian tự do với một mức công suất cho trước Pt. Đặc biệt, phương trình Friss được sử dụng nhiều trong việc thiết kế tuyến liên lạc vệ tinh v viba [10].

Trong đó:

Pt: Công suất bức xạ tại anten phát Pr: Công suất nhận được từ anten thu Gt: Độ lợi anten phát

Gr: Độ lợi anten thu

R: Khoảng cách giữa anten phát v  thu

Giả sử đặt v o anten phát một mức công suất biết trước Pt, biết được độ lợi anten phát v  anten thu. Từ đó dựa v o phương trình Friis ta sẽ ước lượng được khoảng cách lớn nhất Rmax m tại đó anten vẫn còn thu được mức tín hiệu thấp nhất (so với công suất nhiễu PN = kT B) m không bị mất thông tin.

* + 1. Diện tích phản xạ (Radar cross Section – RCS)

Thông số RCS - hay còn gọi diện tích phản xạ của vật thể - l  một thông số được xét ở trường xa của tín hiệu phát (far-field), nó l đại lượng đặc trưng cho tính tán xạ sóng điện từ của vật thể v  được định nghĩa l  bề mặt m  sóng phản xạ ngược về anten thu khi m  sóng tới vật thể v tán xạ theo nhiều hướng khác nhau.



Hình 2.15: Đặc tính tán xạ của vật thể trong truyền v  nhận sóng radar

* + 1. Phương trình Radar

Hình 2.16 mô tả một mô hình truyền sóng radar điển hình, trong đó, sóng điện từ được bức xạ ra không gian với công suất phát l Pt tới vật thể bay trong trường hợp n y l một chiếc máy bay v  một phần sóng điện từ phản xạ lại anten với công suất nhận l  Pr. Qua đó ta thấy rằng, dựa v o thời gian trễ giữa tín hiệu thu v tín hiệu phát ta có thể tính toán được khoảng cách của chiếc máy bay trên với hệ thống radar. Ngo i ra, việc xác định được sự thay đổi tần số giữa tín hiệu thu v tín hiệu phát còn cho ta thông tin về vận tốc của chiếc máy bay đó thông qua hiệu ứng Doppler.



Hình 2.16: Mô hình truyền sóng radar cơ bản

Tuy nhiên, một vấn đề đặt ra ở đây đó l  l m sao để xác định mức công suất thu cần thiết để có thể thu được hai thông tin đã đề cập ở trên. Ta biết rằng, sóng phản xạ về từ không gian tự do sẽ kèm theo nhiễu, do vậy việc thu nhận tín hiệu với mức tín hiệu vừa đủ v với hệ số SNR (tỉ số tín hiệu trên nhiễu) thích hợp thực sự l một b i toán cần giải quyết.

Tuy nhiên, một vấn đề đặt ra ở đây đó l  l m sao để xác định mức công suất thu cần thiết để có thể thu được hai thông tin đã đề cập ở trên. Ta biết rằng, sóng phản xạ về từ không gian tự do sẽ kèm theo nhiễu, do vậy việc thu nhận tín hiệu với mức tín hiệu vừa đủ v với hệ số SNR (tỉ số tín hiệu trên nhiễu) thích hợp thực sự l một b i toán cần giải quyết.

Để giải quyết b i toán n y, người ta đã đưa ra một phường trình truyền sóng của radar như sau:

Pr = Pt + 2G + σdBsm + 20log10(λ) − 30log10(4π) − 40log10(R).

Trong đó:

Pt: Công suất phát tại anten [dBm].

G: Độ lợi của anten [dBi].

λ: Bước sóng của tín hiệu phát [m], với λ= c/f

σ: Diện tích phản xạ Radar (RCS) [dBsm]

R: Khoảng cách từ anten phát đến vật thể [m].

* + 1. Tầm hoạt động của Radar

Tầm hoạt động tối đa của một hệ thống radar được trình b y ở phương trình 2.4

Rmax: tầm hoạt động tối đa của hệ thống radar [m]

Pave: công suất phát trung bình [W]

Gtx: độ lợi anten phát

Arx: khẩu độ anten thu [m2]

ρrx: hiệu suất anten thu

σ: diện tích phản xạ radar (RCS) [m2]

Ls: tổng suy hao của hệ thống

α: hệ số suy hao của tín hiệu lan truyền trong không gian tự do

Fn: hệ số Noise Figure của hệ thống k: hằng số Boltzmann (1.38.10−23)

T0: nhiệt độ chuẩn (270C = 2900K)

Bn: băng thông nhiễu của hệ thống [Hz](SNR)1: tỉ số tín hiệu trên nhiễu

n: số lượng xung nhận được \*

Ei(n): hiệu xuất phát xung \*

τ: độ rộng xung [s] \*

fr tần số xung được lặp lại [Hz] \*

Trong phương trình trên:

Khẩu độ (Arx) v  hiệu suất (ρ) của anten nhận liên quan đến độ lợi anten thu (Grx) qua phương trình 2.5

λc: bước sóng tín hiệu tại tần số trung tâm của hệ thống [m]

Hệ số suy hao (α) thông thường gần bằng 0 đối với những hệ thống radar tầm ng­n, từ đó suy ra e2αRmax = 1.

Hệ số diện tích phản xạ radar (σ) đã được trình b y ở bảng 2.1.

Công thức trên được tổng quát hóa cho radar sử dụng tín hiệu xung v  radar sử dụng tín hiệu liên tục.

Đối với radar sử dụng tín hiệu liên tục, các thông số có dấu được bỏ qua v  công suất phát trung bình được tính theo công thức: Pave = Pt, với Pt: công suất phát của hệ thống [W].

Đối với radar sử dụng tín hiệu xung, phương trình 2.4 được sử dụng một cách đầy đủ v  công suất phát trung bình được tính theo công thức: Pave = Ptτfr

* 1. Các loại Radar phổ biến

Có rất nhiều loại radar phổ biến được sử dụng hiện nay, tùy thuộc v o mục đích v  công năng sử dụng cũng như dãy tần số hoạt động hoặc kiểu tín hiệu phát xạ (sóng liên tục hoặc dạng xung) m ta chia ra nhiều loại radar khác nhau. Trong phần n y chúng ta chỉ xem xét một cách tổng quan nhất về một số loại radar phổ biến, trong đó có 3 loại radar được trình b y chi tiết ở chương 2 đó l CW (Continuous Wave) Radar, FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) Radar v Radar khẩu độ tổng hợp (Synthetic Aperture Radar).

CW Radar

Một số ứng dụng của CW radar đó l xác định vận tốc của các phương tiện giao thông hoặc cảm biến chuyển động thường được sử dụng ở các trung tâm thương mại.



Hình 2.17: Mô hình CW radar

FMCW Radar

Một số ứng dụng của radar n y trong thực tế đó l  xác định độ cao hiện thời của máy bay hoặc khảo sát tính bằng phẳng của một bề mặt n o đó. Ngo i ra còn có một loại radar khác có thể xác định được khoảng cách vật thể đó l radar phát xung sẽ được đề cập ở phần sau.



Hình 2.18: Sóng điều chế dùng trong FMCW Radar

Synthetic Aperture Radar

Những radar loại n y thường được sử dụng trên máy bay hoặc vệ tinh để tái hiện lại hình ảnh của một vùng trên mặt đất bằng việc quét bề mặt đó bằng sóng điện từ. Một ưu điểm của hệ thống mapping radar n y so với camera đó l  có thể thu thập dữ liệu bất kể ng y v đêm v không bị ảnh hưởng bởi mây, mù hay thời tiết.



Hình 2.19: Mô hình Synthetic Aperture Radar

Simple Pulse Radar

Thông thường radar n y được ứng dụng trong các hệ thống radar giám sát biển, xác định khoảng cách v radar thời tiết.



Hình 2.20: Dạng xung phát ra từ Pulse Radar



Hình 2.21: Mô hình radar phát xung v  độ phân giải tương ứng với độ rộng xung

Radar sử dụng mảng anten (Phased - Array Radar) 

Hình 2.23: Hệ thống mảng anten



Hình 2.24: Hệ thống radar sử dụng mảng anten

hệ thống Phased Array Radar thường được sử cho các mục đích quân sự hoặc các ứng dụng trong vệ tinh.

* 1. Các dãy tần số hoạt động của Radar
  2. Ứng dụng của Radar
     1. Ứng dụng trong quân sự

Radar đầu tiên được thiết kế v  chế tạo v o những năm 1930 nhằm mục đích chống lại các máy bay ném bom của các bên tham chiến. Do vậy, vai trò của radar đối với việc phòng thủ trong chiến tranh l vô cùng quan trọng. Trong các trận giao tranh, radar được sử dụng như một thiết bị theo dõi các vật thể trên bầu trời như máy bay chiến đấu, trực thăng, tên lửa v các vật thể bay không xác định khác. Ngo i ra, radar còn được sử dụng để điều khiển các vũ khí đánh chặn, súng cối, đại bác hoặc tên lửa.

* + 1. Viễn thám môi trường

Ứng dụng chủ yếu của các loại radar viễn thám đó l  quan sát v  theo dõi tình hình thời tiết, từ đó đưa ra những dự đoán để đánh giá về diễn biến của các loại thời tiết như mưa, bão,... Ngo i ra, radar viễn thám còn được sử dụng trên các loại máy bay nhằm xác định độ cao của máy bay so với mực nước biển hoặc các loại radar tái hiện hình ảnh mặt đất được sử dụng trên máy bay hoặc vệ tinh.

* + 1. Điều khiển không lưu

Ta biết rằng, tai nạn trong h ng không luôn gây thiệt hại rất lớn về con người. Do vậy, an to n l một vấn đề quan trong h ng đầu đối với vận chuyển không lưu hiện nay. Các máy bay dân dụng luôn được trang bị hệ thống radar giúp phi cơ kiểm soát được đường bay, quan sát v theo dõi các máy bay lân cận khác cũng như cung cấp thông tin về thời tiết giúp định hướng đường bay phù hợp cho máy bay nhằm hạn chế những rủi ro có thể xảy ra.

* + 1. Ứng dụng khác

Radar còn được sử dụng trong các trạm quan sát đại dương với vai trò điều hướng cho các loại t u biển cũng như tìm kiếm cứu nạn đối với các loại t u, thuyền gặp sự cố trên biển.Ngo i ra, radar còn được sử dụng để khảo sát bề mặt của các h nh tinh lân cận Trái đất trong hệ mặt trời chẳng hạn như sao Kim. Bên cạnh đó, radar còn được ứng dụng trong các lĩnh vực dân sự như thiết bị kiểm tra tốc độ của phương tiện giao thông - một ứng dụng của CW Radar -hoặc được ứng dụng trong sinh học với việc khảo sát sự si chuyển của các loại chim hoặc côn trùng,...

*Thêm ý Frequencies used in automotive radar và Uniqueness of 24 & 77 GHz frequencies (slide 6,7 – Understanding Automotive ….)*

1. Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) Radar
   1. Cấu trúc của hệ thống FMCW Radar
   2. FMCW Radar
   3. Xử lý dữ liệu đối với hệ thống FMCW Radar
   4. Tầm hoạt động và độ phân giải của hệ thống FMCW Radar
2. Kết luận