THIẾT KẾ ĂNG TEN THÔNG MINH

Đặng Quang Thịnh
Viện Ra đa Viện khoa học công nghệ Quân sự
Bộ Quốc phòng (đã nghỉ hưu)

Tóm tắt: Việc ứng dụng ăng ten mảng pha để thiết kế ăng ten thông minh trong hệ thống điện thoại di động bằng việc tạo ra quét búp sóng nhằm đảm bảo vùng rộng khả năng phát hiện được tối đa nguồn nhiễu, tín hiệu về yếu…và kết hợp với bộ xử lý thích nghi làm tăng khả năng thu thập thông tin từ nguồn tín hiệu mong muốn và giảm tối đa nguồn nhiễu, nhằm nâng cao chất lượng cho hệ thống điện thoại di động. Sử dụng ăng ten mảng pha để thiết kế phù hợp với các thông số cho ăng ten thông minh là một ý tưởng thực tế.

Từ khóa: Ăng ten mảng pha, quét búp sóng, xử lý thích nghi.

I. GIỚI THIỆU

Ăng ten thông minh kết hợp với bộ xử lý thích nghi sẽ làm tăng dung lượng hệ thống thông tin di động, Cho phép thực hiện đa truy cập trong không gian SDMA (Spatial Division Multiple Access), Có thể kết hợp hiệu quả với nhiều thiết bị kỹ thuật khác trong mạng…và rất nhiều lợi ích khác. Ăng ten thông minh là ăng ten có đồ thị phương hướng linh hoạt, phù hợp với điều kiện truyền sóng hiện tại nhằm đảo bảo tránh được tối đa nguồn nhiễu và tăng khả năng thu thông tin từ nguồn tín hiệu mong muốn. Đến nay, với sự ra đời của các bộ xử lý tín hiệu số DSP (Digital Signal Processor), các bộ xử lý đa mục đích, cũng như các kỹ thuật xử lý tín hiệu bằng phần mềm đã phát triển hơn rất nhiều, công nghệ ăng ten thông minh trở nên khả thi trong các hệ thống thông tin di động.

Trong nước, chưa có nơi nào nghiên cứu thiết kế ăng ten phông minh, ở hội nghị Hội vô tuyến điện tử Việt nam lần thứ 24 ngày 18 tháng 12 năm 2021 tại trường đại học KHCN Đại học quốc gia Hà nôi, đã có nhiều tham luận trong đó có một số bài nói về ăng ten, nhưng chưa có bài nào nói về ăng ten thông minh. Ở nước ngoài, những nước tiên tiến chắc họ đã có loại ăng ten này, nhưng về tài liệu thiết kế tôi chưa tìm được, trước tình hình đó, tôi viết bài này mong góp một phần nào đó cho việc tham khảo với bạn đọc quan tâm.

1. Cấu tạo ăng ten thông minh

Nguyên tắc, có một số cách đơn giản để làm cho búp sóng ăng ten có thể điều chỉnh được một cách thích nghi, ví dụ như các ăng ten được điều khiển bằng cơ học. Ngày nay, với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, người ta sử dụng các bộ xử lý tín hiệu để điều khiểu các tham số của dàn ăng ten và quét búp sóng.

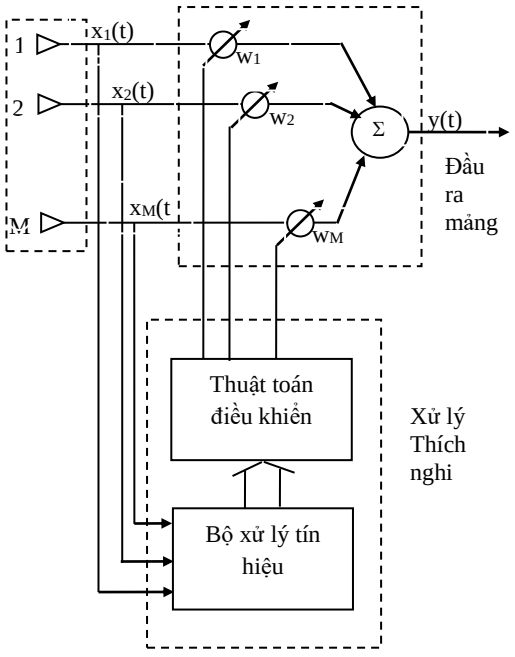
Ăng ten thông minh là một trong ba hệ thống gồm tập hợp các ăng ten phần tử tạo thành dàn ăng ten như:

- Dạng thẳng
- Dạng tròn
- Dạng phẳng

Trong bài này tôi chọn dàn phẳng.

2. Tạo dạng chùm

Tạo dạng chùm là một kiểu xử lý tín hiệu được sử dụng để hướng chùm tia của dàn về phía nguồn tín hiệu mong muốn, đồng thời tạo ra mức phát xạ rất nhỏ (gần tới 0) về phía các nguồn nhiễu. Quá trình tách thuê bao khỏi nhiễu dựa trên đặc tính không gian của nó được gọi là lọc không gian. Trong đường lên (từ điện thoại di động lên trạm gốc), mục tiêu của việc tạo dạng là tỷ số tín hiệu trên tạp nhiễu (SINR) của các tín hiệu thu đạt đến mức mong muốn. Tương tự như vậy, việc tạo dạng được sử dụng ở đường xuống (từ trạm gốc đến di động) để cực đại hóa SINR của đường xuống. Sự tạo dạng được thực hiện bằng cách sử dụng bộ xử lý tín hiệu thích nghi, gọi là tạo dạng thích nghi. Có thể khái quát cấu tạo của ăng ten thông minh qua sơ đồ cấu trúc như hình dưới [2]:



Hình 1. Dàn ăng ten phẳng chữ nhật M phần tử với bộ xử lý thích nghi

Như vậy, bộ tạo dạng thích nghi là bộ xử lý sử dụng kết hợp với dàn ăng ten để thực hiện việc lọc không gian một cách linh hoạt.

Ở đây xin giới thiệu việc sử dụng dàn ăng ten mặt phẳng là loại ăng ten mảng pha có hình chữ nhật bố trí các

Tác giả liên hệ: Đặng Quang Thịnh
Email: dangquangthinh39@gmail.com
Đến tòa soạn: 2/2022, chỉnh sửa: 6/2022, chập nhận đăng: 7/2022

phần tử riêng lẻ theo hàng và cột, hàng tạo độ rộng búp sóng trong mặt phẳng nằm ngang, cột tạo độ rộng búp sóng trong mặt phẳng thẳng đứng. Mặt phẳng nằm ngang hẹp nên có độ rộng búp sóng lớn và đặt cố định, trong mặt phẳng thẳng đứng chiều dài lớn tạo độ rộng tạo búp sóng hẹp và thực hiện quét để phủ búp sóng rộng trong mặt phẳng này, ngoài ra còn phải điều khiển được công suất phát xạ và mức thu nhận tín hiệu, thực hiện bằng bộ xử lý thích nghi. Đó là việc thực hiện chức năng ăng ten thông minh, vì khi quét búp sóng sẽ biết ở góc nào có nhiễu, góc nào tín hiệu yếu... để xử lý.

II. MỐI TƯƠNG QUAN GIỮA HAI LOẠI ĂNG TEN

Mỗi thuê bao có một số điện thoại riêng, nhà mạng căn cứ vào số đó để biết được vị trí điện thoại đó đang ở gần trạm BTS nào nhất và luôn bám sát để khi có cuộc gọi đến sẽ kết nối hai điện thoại với nhau, do đó độ rộng búp sóng mỗi hướng phải đủ rộng để bao quát vùng cần thiết và không cần rộng quá gây lãng phí công suất thu phát.

Ăng ten mảng pha tạo được búp sóng có độ rộng như ăng ten trạm BTS nhưng có khả năng quét búp sóng trong mặt phẳng thẳng đứng với búp sóng hẹp quét một cách liên tục để mở rộng vùng phủ sóng mà công suất phát lại giảm đi.

Về mặt thực tế, ta chọn ăng ten trạm BTS [3] làm đối chiếu, đó là loại mang tên gọi Kathrein 742214 có dải tần từ 1710MHz đến 2170MHz chia làm 3 dải tần con:

(1) từ 1719MHz – 1880MHz, (2) từ 1850MHz – 1990MHz và (3) từ 1920MHz – 2170MHz. Ba dải tần này chồng lấn lên nhau, nên dải tần 2 thực tế chỉ từ 1880MHz đến 1920MHz

Ta sử dụng dải tần 2, các thông số chính của dải tần này như sau:

- Dải tần 1880MHz – 1920MHz (Δf = 40MHz)
- Phân cực $+45^0/-45^0$
- Độ rộng búp sóng nửa công suất ở mặt phẳng nằm ngang (theo hàng) là 64^0,
- Độ rộng búp sóng nửa công suất ở mặt phẳng thẳng đứng (theo cột) là $7,8^0$
- Góc nghiêng điện 0^0 – 8^0 (điều chỉnh đều bằng cơ khí)
- Kích thước (dàixrộngxdày) 1144x155x70mm

Đây là các thông số tham khảo cho việc thiết kế ăng ten mảng pha có được độ rộng búp sóng như ăng ten Kathrein ở cả hai chiều.

III. ĂNG TEN MẢNG PHA

1. Chọn thông số ăng ten mảng pha

Căn cứ vào ăng ten Kathrein, ta chọn ăng ten mảng pha cần có độ rộng búp sóng như ở ăng ten này. Trên cơ sở kích thước và độ rộng búp sóng của ăng ten Kathrein ta xác định các độ rộng búp sóng của ăng ten mảng pha.

Từ dải tần làm việc, có tần số trung tâm f_0 = 1900MHz, tương ứng với bước sóng trung tâm trong không gian $\boldsymbol{\lambda_0 \approx}$ 158mm, ta xác định chiều rộng và chiều dài ăng ten mảng pha theo biểu thức thực nghiệm [1]:

$$2\Theta_{0,5} = 65,9^0 \frac{\lambda}{L} \quad (1)$$

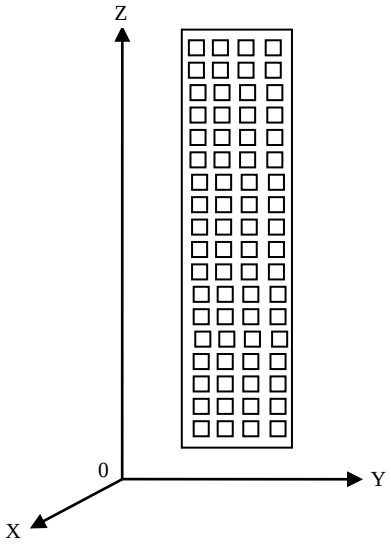
Từ đó xác định được:

Chiều rộng dàn ăng ten L_y = 160,6mm

Chiều dài dàn ăng ten L_z = 1318mm

Các tông số này là các kích thước ban đầu để thiết kế sơ bộ sao cho độ rộng búp sóng cả hai chiều bằng đúng độ rộng búp sóng của ăng ten Kathrein. Sau khi tính toán điều chỉnh sẽ có kích thước và số phần tử chính thức cho dàn ăng ten mảng pha.

Tọa độ và dàn ăng ten biểu diễn ở hình dưới:



Hình 2. Bố trí các phần tử trên dàn ăng ten (thực hiện trên bản mạch in hai mặt)

Từ các biểu thức ở [1]: (1.1), (1.2)…(1.6b) biến đổi ta thu được các biểu thức chuẩn hóa cho đồ thị phương hướng ăng ten phụ thuộc vào số phần tử:

$$[AF(\theta)]_n = \frac{1}{N}\left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\alpha\right)}{\sin\left(\frac{1}{2}\alpha\right)}\right] \quad (2a)$$

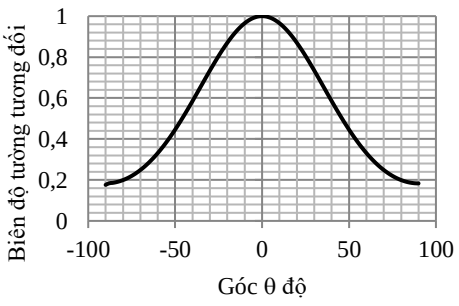
và

$$[AF(\theta)]_n \simeq \left[\frac{\sin\left(\frac{N}{2}\alpha\right)}{\frac{N}{2}\alpha}\right] \quad (2b)$$

$$\alpha = kd\cos\theta + \Phi_0$$

ở đây Φ_0 là sự khác pha kích thích giữa hai phần tử cạnh nhau một lượng không đổi.

Theo (2b) vẽ đồ thị phương hướng trong mặt phẳng nằm ngang với điều kiện phân bố biên độ và pha đồng đều, và N = 3, $d_y = 0,305\lambda_0$ và vẽ đồ thị phương hướng theo cho ở hình dưới:



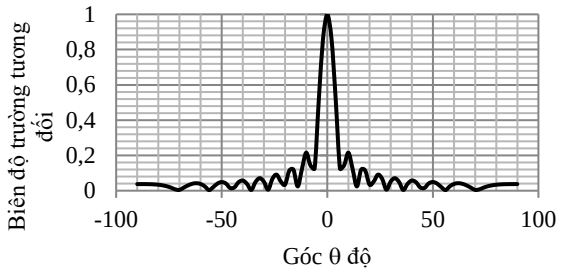
Hình 3. Đồ thị phương hướng trong mặt phẳng nằm ngang.

Độ rộng búp sóng ở mức 0,707 biên độ là 64^0

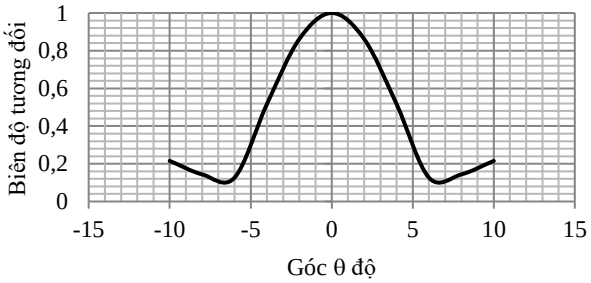
Độ rộng búp sóng bằng 64^0 đúng với ăng ten Kathrein, nhưng khi đó theo hàng có 3 phần tử, ta cần có 4 phần tử

mà độ rộng búp sóng vẫn giữ nguyên nên phải giảm khoảng cách các phần tử d_y từ 48,18mm xuống 32,12mm hay $d_y = 0{,}203\lambda_0$, sẽ đạt yêu cầu như đồ thị phương hướng hình 3. Tương ứng tỷ lệ giảm khoảng cách xuống 66,667%, khi đó ta giảm chiều rộng miếng dán tương ứng với tỷ lệ này để bố trí được 4 phần tử (do chiều dài bằng nửa bước sóng trong chất điện môi tạo cho 2 khe W phát xạ), khi đó có phân cực điện trường của dàn ăng ten theo chiều thẳng đứng (xem ở phần miếng dán).

Đồ thị phương hướng trong mặt phẳng đứng, căn cứ vào kết quả tính toán ở trên là N = 33, $d_z \approx 0{,}305\lambda_0$ và phân bố biên độ đồng đều cho các phần tử, vẽ đồ thị phương hướng theo biểu thức (2b) thu được biểu thị ở hình dưới:



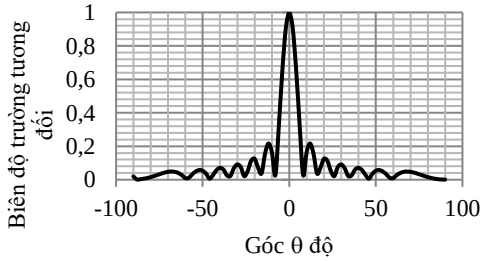
a) Đồ thị phương hướng



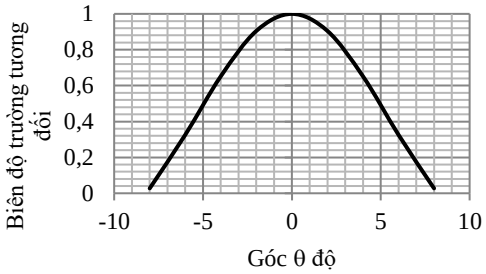
b) Mở rộng a) cho thấy độ rộng ở mức 0,707 biên độ là $13{,}2^0$

Hình 4. Đồ thị phương hướng trong mặt phẳng thẳng đứng

Độ rộng này lớn hơn yêu cầu, để có độ rộng mong muốn ta phải điều chỉnh tăng số phần tử 33 lên 50 và vẽ đồ thị phương hướng theo biểu thức (2b), kết quả cho ở hình dưới:



a) Đồ thị phương hướng



b) Mở rộng a) cho thấy ở mức 0,707 biên độ là $7{,}8^0$

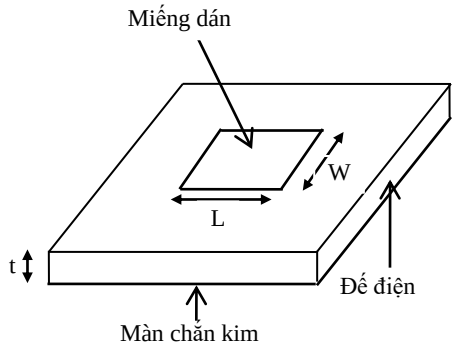
Hình 5. Đồ thị phương hướng trong mặt phẳng thẳng đứng

Độ rộng này bằng độ rộng ở ăng ten Kathrien.
Kết quả chọn đã thỏa mãn hai độ rộng búp sóng trong mặt phẳng nằm ngang và thẳng đứng.

2. *2. Ăng ten phần tử* [1]

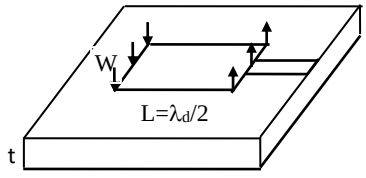
Chọn ăng ten phần tử là ăng ten miếng dán (hình chữ nhật) khắc trên bảng mạch in hai mặt. Ăng ten này xác định tần số trung tâm, độ rộng dải tần, phân cực điện trường và phối hợp trở kháng cho dàn ăng ten, nên ta phải khảo sát và chọn sao cho đạt tiêu chuẩn tốt nhất có thể.

Cấu tạo ăng ten phần tử miếng dán trên nền tấm mạch in hai mặt giới thiệu ở hình dưới:



Hình 6. Ăng ten phần tử miếng dán trên tấm mạch in hai mặt

Các thông số cấu trúc cơ bản của một ăng ten phần tử miếng dán là chiều dài L, chiều rộng W, độ dày t và hằng số điện môi tương đối ε_r của lớp điện môi. Việc cấp nguồn cho ăng ten phần tử mạch dải ở một đầu cuối phát xạ như cho ở hình dưới:



Hình 7. Ăng ten phần tử miếng dán có đường cấp nguồn

Trong đó L là chiều dài không phát xạ, W là chiều rộng phát xạ, đồng thời hai khe này là các khe phát xạ. Hằng số điện môi đóng vai trò quan trọng của ăng ten phần tử. Nó ảnh hưởng đến trở kháng đặc tính, tần số cộng hưởng, dải tần và hiệu suất ăng ten, sẽ khảo sát ở phần sau.

3. Ăng ten miếng dán nửa sóng

Ăng ten phần tử miếng dán chữ nhật được ăn mòn trên tấm mạch in hai mặt có chiều dài L gần bằng nửa bước sóng trong chất điện môi, được xác định theo biểu thức quan hệ giữa bước sóng trong chất điện môi và trong không gian tự do ta tính được chiều dài miếng dán theo biểu thức gần đúng:

$$L \approx 0{,}49\lambda_d = 0{,}49\frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (3)$$

Trong đó λ_d là bước sóng trong chất điện môi

λ_0 là bước sóng trong không gian tự do.

Muốn tăng độ rộng dải tần thì cần có ε_r nhỏ và t lớn, chẳng hạn như loại ăng ten Katherin có t bằng 70mm, còn ở Việt nam hiện nay trên thị trường chưa tìm thấy loại mạch dải nào như vậy, do đó ta tạm chọn loại thông dụng là loại bản mạch in dùng cho sơ đồ lắp ráp mạch điện tử, là loại (PCB - Printed Circuit Board) mang tên Standard FR-4 Epoxy Glass có tang tổn hao bằng 125 và tra sổ tay tìm được ε_r bằng 3,2 và t bằng 1,6mm. Theo biểu thức (3) ta thu được chiều dài L bằng 43,3mm, tìm chiều rộng W ta sử dụng biểu thức quan hệ giữa tần số cộng hưởng tỷ lệ ngược với kích thước dài rộng của miếng dán thể hiện qua biểu thức:

$$f_r = \frac{C}{4(L+W)} \quad (4)$$

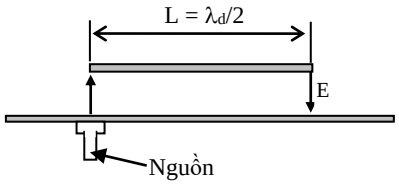
Trong đó f_r tần số cộng hưởng, lấy bằng tần số trung tâm dải tần làm việc, C là tốc độ ánh sáng. Theo biểu thức (4) ta thu được W = 26,9mm.

3. Kích thước dàn ăng ten

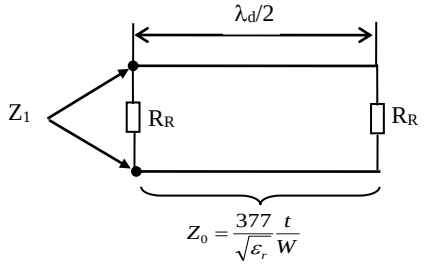
Từ các kích thước của phần tử miếng dán L, W, khoảng cách d và số phần tử N ta xác định được chiều rộng và dài của dàn ăng ten. Kết quả tính toán thu được chiều rộng bằng 96,63mm, chiều dài bằng 2361mm, chưa kể kích thước đường diềm.

4. Trở kháng ăng ten phần tử miếng dán

Xác định trở kháng đầu vào ăng ten phần tử miếng dán cấp nguồn đầu cuối thực hiện theo sơ đồ hình dưới:



a) Điện trường trên miếng dán



b) Sơ đồ trở kháng tương đương

Hình 8. Sơ đồ tương đương của ăng ten miếng dán nửa sóng,

Điện trở bức xạ của mỗi khe phụ thuộc với độ rộng W của miếng dán, được xác định theo biểu thức tỷ hệ thuận với bước sóng và ngược với độ rộng:

$$R_\Sigma = 120\frac{\lambda_0}{W} \quad (5)$$

Do phần tử miếng dán được biểu thị như tập hợp của hai khe song song nhau, nên điện trở vào sẽ bằng:

$$R_V = 60\frac{\lambda_0}{W} \quad (6)$$

Theo các thông số ở phần trên và biểu thức (6) ta thu được $R_v \approx 352\Omega$. Đây là điện trở đầu vào để phối hợp cho 4 phần tử miếng dán tạo dàn ăng ten.

5. Dải tần ăng ten phần tử miếng dán

Độ rộng băng thông của ăng ten miếng dán được định nghĩa là khoảng tần số mà trên đó ăng ten phối hợp tốt với đường dây tiếp điện trong một giới hạn xác định. Nói cách khác, đó là khoảng tần số mà ăng ten đáp ứng được các yêu cầu đặt ra. Độ rộng dải tần của một ăng ten thường được xác định thông qua hệ số sóng đứng cho phép trên một khoảng tần số nào đó. Hầu hết các ăng ten trong thương mại sử dụng tỷ số sóng đứng 2:1 hoặc 1,5:1.

Độ rộng dải tần của ăng ten miếng dán tỷ lệ với thuận với chiều dày lớp điện môi và tỷ lệ ngược với hằng số điện môi tương đối. Khi chiều dày của lớp điện môi rất nhỏ so với bước sóng ($t << \lambda_0/4$), dải tần thường rất hẹp. Ví dụ, độ rộng dải tần với hệ số sóng đứng nhỏ hơn 2:1 có thể tính được bằng biểu thức tỷ hệ thuận với tần số bình phương và chiều dày lớp điện môi và tỷ lệ ngược với với chiều rộng miếng dán theo biểu thức sau:

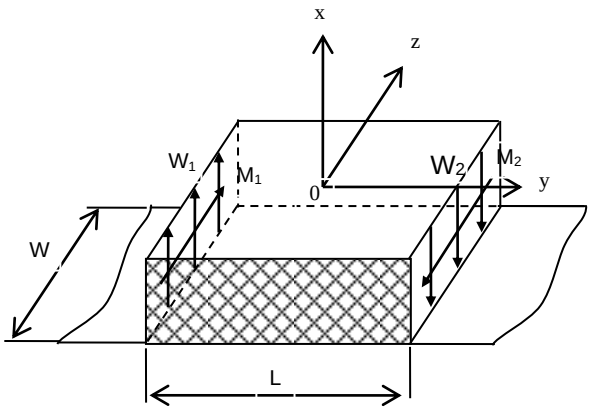
$$\Delta f = 4f^2\left(\frac{t}{W/32}\right) \quad (7)$$

Trong đó Δf là độ rộng dải tần, tính bằng MHz; f là tần số làm việc tính bằng GHz; t và W tính theo đơn vị inch (inch là đơn vị đo lường Anh, bằng 2,54cm).

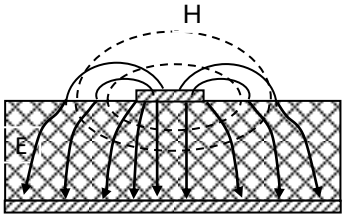
Theo biểu thức (7) và các thông số đã biết ta xác định được độ rộng dải tần làm việc của phần tử miếng dán gần bằng 27,5MHz, trong khi đó độ rộng dải tần cần đạt là 40MHz, hạn chế này do sử dụng bản mạch in hai mặt thông thường.

6. Đồ thị phương hướng ăng ten phần tử miếng dán

Như trên đã phân tích, trường bức xạ của ăng ten phần tử có thể được xác định dựa trên nguồn bức xạ là điện trường dọc theo khe W được tạo ra bởi hai cạnh của phần tử miếng dán và mặt phẳng đế ở phía dưới. Do $t << \lambda_d/4$, mỗi khe đơn sẽ bức xạ đẳng hướng vào nửa không gian phía trên mặt phẳng đế, thể hiện ở hình dưới:



a) Các khe bức xạ và tọa độ



b) Cấu trúc trường trên phần tử miếng dán

Hình 9. Phân bố trường ăng ten miếng dán

Trên hình 9 có thể thấy các khe W_1 và W_2 là các khe phát xạ điện trường E còn M_1 và M_2 các đường sức từ. Trường bức xạ có thể được tính toán nhờ các dòng tương đương trong khe, ta nhận được các thành phần trường bức xạ của một khe đơn lẻ, biểu thị quan hệ tọa độ cầu như sau:

$$E_r \approx E_\theta = 0$$

$$E_\varphi = i\frac{k_0 t w E_0 e^{-ik_0 r}}{2\pi r}\left(\sin\theta \frac{\sin X}{X}\frac{\sin Z}{Z}\right) \quad (8)$$

Trong đó E_0 là biên độ điện trường trong khe, xác định X và Z theo biểu thức:

$$\begin{cases} X = \frac{k_0 t}{2}\sin\theta\cos\varphi \\ Z = \frac{w}{2}\cos\theta \end{cases} \quad (9)$$

Giả sử lớp đế điện môi là rất mỏng (t << 1), khi đó (8) có thể đơn giản thành:

$$E_\varphi = i\frac{tE_0}{\pi r}\left[\sin\theta \frac{\sin\left(\frac{w}{2}\cos\theta\right)}{\cos\theta}\right] \quad (10)$$

Hàm phương hướng (đồ thị phương hướng miếng dán) là tổ hợp đối với một hệ gồm 2 khe được xác định theo biểu thức:

$$F_K = 2\cos(k_0 L_e \sin\theta\sin\varphi) \quad (11)$$

Trong đó L_e là khoảng cách hiệu dụng giữa các khe khi có tính đến trường ở vùng biên. Áp dụng lý thuyết nhân biểu đồ phương hướng, ta có trường bức xạ của ăng ten miếng dán bằng:

$$E_\varphi = i\frac{2tE_0 e^{-jk_0 r}}{\pi r}\left[\sin\theta \frac{\sin\left(\frac{k_0 w}{2}\cos\theta\right)}{\cos\theta}\right]\cos(k_0 L_e \sin\theta\sin\varphi) \quad (12)$$

Trong mặt phẳng E (mặt phẳng vuông góc với trục khe, hay mặt phẳng xoz có $\theta = \pi/2$), công thức (12) trở thành:

$$E_\varphi(\varphi) = i\frac{k_0 W t E_0 e^{-jk_0 r}}{\pi r}\cos(k_0 L_e \sin\varphi) \quad (13)$$

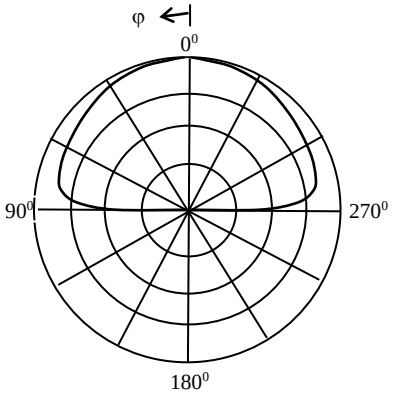
Còn trong mặt phẳng H (yoz, $\varphi = \pi/2$), công thức (12) trở thành:

$$E_\varphi(\theta) = i\frac{2t\,E_0 e^{-ik_0 r}}{\pi r}\left[\sin\theta \frac{\sin\left(\frac{\sin(k_0 W)}{2}\right)}{\frac{k_0 W}{2}}\right]\cos(k_0 L_e \sin\theta) \quad (14)$$

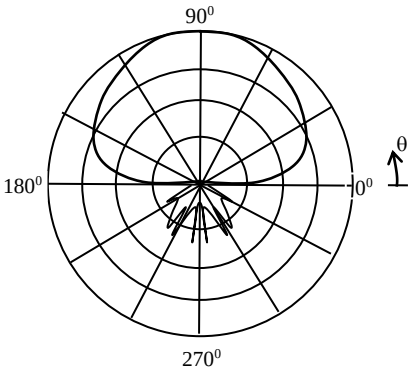
Công thức này đúng với các góc nằm trong giới hạn $0^0 \div 180^0$ (nghĩa là đúng cho nửa không gian phía trên của tấm đế).

Các hình 10a và 10b biểu diễn đồ thị phương hướng của ăng ten mạch dải trong các mặt phẳng E và H tại tần số f = 10GHz với W = 11,86mm, ε_r = 2,2 và L = 9,06mm. Cả hai đồ thị này đều được so sánh với kết quả thực nghiệm.

Công thức này sẽ không được chính xác tại khu vực gần đế điện môi. Sự bức xạ từ đáy của đế điện môi thường nhỏ hơn giá trị lý thuyết khoảng 6dB tại 0^0 và 180^0. Một số bức xạ cũng xuất hiện ở bán cầu dưới $180^0 \div 360^0$. Bức xạ tại bán cầu dưới sẽ nhanh chóng bị mất đi khi mặt phẳng đế điện môi lớn hơn bước sóng.



a) Mặt phẳng E



b) Mặt phẳng H

Hình 10. Đồ thị phương hướng phần tử miếng dán

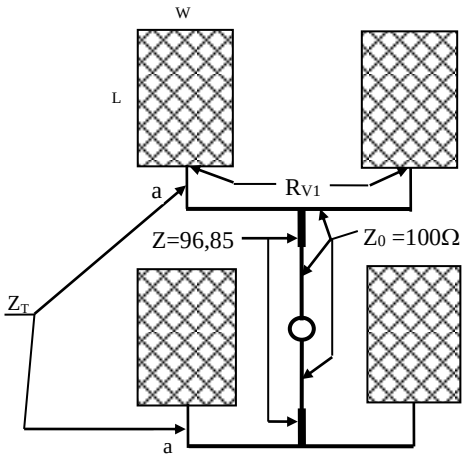
Ta không vẽ đồ thị này cho miếng dán khảo sát vì có t > 1 không thỏa mãn điều kiện là t << 1.

IV. THIẾT KẾ ĂNG TEN THÔNG MINH

1. *1. Đặc tính* [1, 2]

Ăng ten thông minh được sử dụng ăng ten mảng pha tạo quét búp sóng trong mặt phẳng thẳng đứng, nhờ đó nó phát hiện ra những vùng nhiễu, vùng tín hiệu yếu…để xử lý cải thiện chất lượng dịch vụ với điện thoại di động.

Dàn ăng ten gồm nhiều ăng ten phần tử miếng dán chúng được cấp nguồn cao tần đồng biên và đồng pha ở hàng, còn ở cột cấp nguồn cao tần đồng biên còn pha biến đổi tuyến tính để quét búp sóng trong không gian theo cột. Bố trí một đơn nguyên miếng dán gồm 4 phần tử cấp nguồn đồng pha bằng các đường mạch dải có phối hợp trở kháng như hình dưới:



Hình 11. Một đơn nguyên bốn ăng ten phần tử miếng dán

Trong dàn theo chiều rộng ăng ten mảng pha bố trí hai đơn nguyên này song song tạo ra 4 phần tử. Đường nối nguồn giữa hai đơn nguyên dùng cáp đồng trục 50Ω ở mặt để mạch in.

Theo chiều dài ăng ten mảng với 50 phần tử sẽ có 25 cặp đơn nguyên đấu nguồn bằng 25 đường mạch dải ở phía để mạch in, 25 đầu ra này đồng thời là đầu vào bộ cấp nguồn biến đổi pha tuyến tính các phần tử còn biên độ đồng đều, tạo búp sóng quét từ trên xuống dưới với tần số quét 5Hz.

Việc tiếp điện đồng pha được bảo đảm bởi khoảng cách bằng nhau từ điểm tiếp điện chung tới từng cặp phần tử. Việc phối hợp trở kháng được thực hiện bằng các đoạn đường truyền mạch dải có độ dài bằng $\lambda_d/4$, có trở kháng sóng thích hợp nhờ thay đổi bề rộng của đường dây mạch dải. Các đoạn đường dây này được gọi là các bộ biến đổi trở kháng phần tư sóng.

Nếu ký hiệu Z_T là trở kháng đặc tính của đoạn đường dây $\lambda_d/4$ (bộ chuyển đổi phần tư bước sóng) thì quan hệ của Z_T với các trở kháng Z_1, Z_2 ở 2 đầu dây (trong đó, đã biết một thông số ở một đầu Z_1, thông số ở đầu còn lại là cần đạt được Z_2, sẽ tuân theo biểu thức phối hợp trở kháng:

$$Z_1 Z_2 = Z_T^2 \qquad (15)$$

Đã biết trở kháng đầu vào của mỗi phần tử mạch dải hình chữ nhật là $R_{V1} \approx 352\Omega$. Trở kháng này được biến đổi thành 100Ω nhờ bộ chuyển đổi phần tư sóng có trở kháng đặc tính:

$$Z_T = \sqrt{R_{V1}\,100} \approx 187{,}6\Omega \qquad (15a)$$

Tại các điểm a của đường dây phối hợp một phần tư sóng (ở hình 11) có một đầu là điện trở tải miếng dán còn đầu cuối là 187,6Ω (15a) phối hợp với dường dây 100Ω là điểm tổ hợp của hai nhánh, tiếp tục qua đoạn phối hợp một phần tư sóng có trở kháng đặc tính 96,85Ω, tại đầu cuối của nó có trở kháng bằng 100Ω, hai bên có trở kháng 100Ω nên đầu ra có trở kháng 50Ω, thỏa mãn điều kiện phối hợp với cáp đồng trục hoặc mạch dải song hành 50Ω thông dụng.

Hệ số khuếch đại của dàn ăng ten mạch dải được xác định theo biểu thức đã biết:

$$G_{dB} = 10\log\left(\frac{4\pi A}{\lambda_0^2}\right) - \alpha\left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right) \qquad (16)$$

Trong đó $A = D_1.D_2$, với D_1, D_2 là độ rộng và độ dài hiệu dụng của dàn ăng ten, được xác định bằng khoảng cách giữa các tâm của 2 phần tử ngoài cùng của hàng (hay cột), cộng thêm một khoảng bằng khoảng phân cách giữa 2 phần tử theo hàng (hay cột), α là độ suy giảm trên một đơn vị dài của đường truyền mạch dải, tính theo dB.

Tính G_{dB} theo biểu thức (16), ta có thể coi chiều dài hiệu dụng bằng chiều dài của ăng dàn, ta có D_1 bằng 96,63mm và D_2 bằng 2361mm, α tính theo tang tổn hao trên của tấm mạch in sợi thủy tinh hữu cơ đã chọn có $\varepsilon_r = 3{,}2$, tang tổn hao ở tần số 10^6 H_z là $\alpha = 10x10^{-14}$, kết quả tính toán thu được hệ số khuếch đại ăng ten bằng 136,5dB.

2. Tạo quét búp sóng theo chiều đứng cho dàn ăng ten thông minh

Như ở trên ăng ten thông minh theo chiều y có 4 phần tử cách đều và cho phân bố biên độ đồng đều, còn theo chiều z có 50 phân bố biên độ đồng đều và phân bố pha tuyến tính để tạo quét búp sóng từ trên xuống dưới, giới hạn quét trong phạm vi $\pm 30^0$ qua pháp tuyến ăng ten. Chú ý là độ rộng búp sóng cả hai chiều vẫn không thay đổi.

Thực hiện quét bằng cách tìm góc hướng cực đại búp sóng ở pháp tuyến $\theta_M = 0^0$ và ở hai góc θ_M $\pm 30^0$, theo các biểu thức quan hệ giữa góc hướng cực đại có sự lệch pha không đổi giữa hai phần tử cạnh nhau và số phần tử được xác định theo các biểu thức [1]:

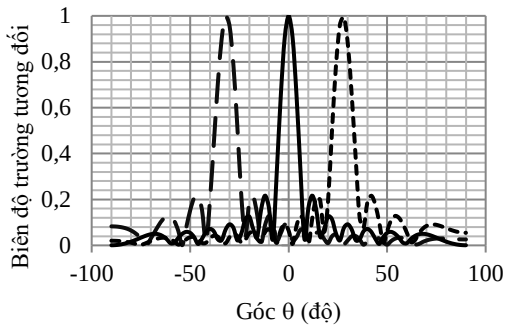
$$\theta_M = \cos^{-1}\left(-\frac{\lambda\Phi_0}{2\pi d}\right) \qquad (17)$$

$$AF(\theta)_n \approx \left[\frac{\sin\left(\frac{N\alpha}{2}\right)}{\frac{N\alpha}{2}}\right] \qquad (18)$$

và

$$\alpha = kd\cos\theta + \cos\theta_0$$

Khi sử dụng các biểu thức (17) và (18) với điều kiện N = 50, $d = 0{,}14\lambda_0$ ta vẽ được đồ thị phương hướng cho hình dưới:



Hình 12. Góc quét búp sóng theo chiều z qua tâm

V. KẾT LUẬN

Trong bài này tôi đã ứng dụng phương pháp quét búp sóng trong mặt phặt phẳng thẳng đứng của ăng ten mảng pha sử dụng cho ăng ten thông minh để bao quát không gian trong mặt phẳng thẳng đứng làm cho ăng ten thông minh đạt được khả năng phát hiện vùng (khoảng góc quét búp sóng rộng) có nhiễu, vùng tín hiệu yếu để kịp thời xử lý. Ngoài ra bộ xử lý thích nghi còn điều kiển mức tín hiệu vào ra phù hợp tạo điều kiện làm việc ổn định trong mọi điều kiện thời tiết.

Bài báo đưa vào những biểu thức cơ bản gần như đầy đủ để tính toán chọn được các thông số mong muốn, các đồ thị minh họa cho các biểu thức làm rõ thêm quá trình tính toán, tuy nhiên khi đưa vào áp dụng thực tế còn phải qua nhiều khâu như tính toán thiết kế chế tạo đo đạc các thông số thử nghiệm và quay trở lại hiệu đính cho đạt yêu cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đặng quang Thịnh, Lý thuyết phân tích và thiết kế ăng ten mảng, Nhà xuất bản giáo dục Việt nam, tháng 1 năm 2020
[2] Y.Jay Guo, Advances in Mobile Radio Access Networks, Artech House Boston-London
[3] Ăng ten Katherein 742214

SMART ANTENNA DESIGNS

Abstract: The application of phased array antennas to design smart antennas in mobile phone systems, creates a beam scan to ensure maximum detection of noi sources, weak signals, etc, and combined with an adaptive processor increases the ability to collect information from the desired signal source and minimizes noise sources, in oder to improve the quality of the mobile phone system. Using phased array antennas to design in accordance with the parameters for smart antennas is a practical idea.

Đặng Quang Thịnh, Cử nhân khóa 6 khoa Vật lý trường đại học Tổng hợp Hà nội (1960 – 1964)