ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
KHOA VẬT LÝ

Nguyễn Hoàng Hiệp

KỸ THUẬT TẠO BÚP SÓNG SỐ CHO ANTEN MẢNG

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP HỆ ĐẠI HỌC CHÍNH QUY

Chuyên ngành: Vô Tuyến

Cán bộ hướng dẫn: ThS. LÊ QUANG THẢO

Hà Nội – 2011

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến thầy ThS. Lê Quang Thảo đã bỏ công sức và thời gian trực tiếp hướng dẫn em hoàn thành khóa luận tốt nghiệp này. Thầy đã chỉ bảo tận tình và truyền cho em lòng nhiệt huyết trong công việc ngay từ những ngày đầu tiên nhận đề tài.

Em cũng xin gửi lời cảm ơn các thầy cô trong Bộ môn Vật Lý Vô Tuyến đã trang bị cho em những kiến thức cơ bản cũng như chuyên môn trong quá trình học tập. Để có được kết quả như ngày hôm nay hoàn toàn nhờ vào sự hướng dẫn tận tình của các thầy cô.

Cuối cùng em xin bày tỏ lòng biết ơn với cha mẹ, anh chị và bạn bè đã luôn bên em và là nguồn động viên giúp em hoàn thành khóa luận này.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày 25 tháng 5 năm 2011

Sinh viên

Nguyễn Hoàng Hiệp

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU 1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ ANTEN 3
1.1. Giới thiệu về Anten 3
1.2. Anten mảng 4
1.2.1. Giới thiệu về anten mảng 4
1.2.2. Các loại Anten mảng 6
1.3. Khái niệm về búp sóng 6
1.4. Kỹ thuật tạo búp sóng 6
1.4.1. Khái niệm tạo búp sóng 6
1.4.2. Các kỹ thuật tạo búp sóng 8
1.4.2.1. Bộ tạo búp sóng cổ điển 8
1.4.2.2. Bộ tạo búp sóng băng hẹp 8
1.4.2.3. Bộ tạo búp sóng quét búp không 9
1.4.2.4. Bộ tạo búp sóng tối ưu 9
1.4.3. Nhận xét 10
CHƯƠNG 2. KỸ THUẬT TẠO BÚP SÓNG SỐ 12
2.1. Giới thiệu 12
2.2. Bộ Kỹ tạo búp sóng số tổng quát 13
2.3. Bộ tạo búp sóng số cho máy thu 14
2.3.1. Bộ chuyển dịch tần số vô tuyến – RF Translator 16
2.3.2. Bộ đổi giảm số: Digital Down-Converter 16

2.3.3. Bộ nhân phức - complex multiplier 16
2.4. Nhận xét 17
2.5. Ưu, nhược điểm và ứng dụng kỹ thuật tạo búp sóng số 19
2.5.1. Ưu điểm 19
2.5.2. Nhược điểm 20
2.5.3. Ứng dụng 20
2.6. Thuật toán tạo búp sóng số 21
2.6.1. Thuật toán điều khiển búp sóng chính 21
Hình 2.7. Anten mảng 21
2.6.2. Thuật toán điều khiển búp phụ và búp không 24
2.6.2.1. Thuật toán Chebyshev 24
2.6.2.2. Thuật toán SMI(Sample Matrix Inversion) 25
2.6.2.3. Thuật toán kết hợp 26
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG 28
3.1. Mô phỏng thuật toán điều khiển một búp sóng chính 28
3.2. Nhận xét 30
KẾT LUẬN 32
TÀI LIỆU THAM KHẢO 34
PHỤ LỤC 35

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

	Tiếng anh	Tiếng việt
A/D	Analog / Digital	Tương tự/ Số
ADC	Analog Digtal Converter	Bộ chuyển đổi tương tự - số
CDMA	Code Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo mã
DBF	Digital Beamforming	Tạo búp song số
DSP	Digital Signal Processor	Bộ xử lý tín hiệu số
FPGA	Field Programmable Gate Array	Mảng cổng lập trình được dạng trường
IEEE	Institude of Electrical and Electronics Engineers	Viện kỹ nghệ điện và điện tử
IF	Intermidiate Frequency	Tần số trung tần
RF	Radio Frequency	Tần số vô tuyến (tần số cao)
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỷ số tín hiệu trên tạp
SDMA	Space Division Multiple Access	Đa truy cập phân chia theo Không gian

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình	Trang
Hình 1.1. Mô phỏng kỹ thuật tạo búp sóng băng hẹp	8
Hình 2.1. Bộ tạo búp sóng số tổng quát	13
Hình 2.2. Bộ tạo búp sóng số cho máy thu	14
Hình 2.3. Bộ tạo búp sóng tương tự	17
Hình 2.4. Bộ tạo búp sóng số	17
Hình 2.5. Kỹ thuật tạo búp sóng số theo khoảng cách phần tử	18
Hình 2.6. Kỹ thuật tạo búp sóng số theo khoảng cách búp	19
Hình 2.7. Anten mảng	21
Hình 2.8. Búp sóng chính vuông góc với dãy Anten	23
Hình 2.9. Quay búp sóng chính của Anten đi 30°	23
Hình 2.10. Thuật toán Chebyshev cho phép đặt búp phụ ở các mức cho trước	24
Hình 2.11. Thuật toán SMI cho phép đặt điểm không ở vị trí cho trước	26
hình 2.12. So sánh giữa thuật toán SMI và thuật toán kết hợp	27
hình 3.1. Đồ thị bức xạ với búp sóng chính hướng theo góc 20°	28
Hình 3.2. Đồ thị bức xạ khi thay đổi pha của tín hiệu sang trái 10°	29
Hình 3.3. Đồ thị bức xạ khi thay đổi khoảng cách giữa các phần tử	29
Hình 3.4. Đồ thị bức xạ khi thay đổi biên độ của tín hiệu	30
Hình 4.1. Bộ thu cầu phương SDMA	32

MỞ ĐẦU

Anten mảng ngày càng trở nên phổ biến trong lĩnh vực thông tin với sự phát triển của kỹ thuật tạo búp sóng số (Digital Beamforming – DBF). Vì sử dụng kỹ thuật tạo búp sóng số có thể dễ dàng thay đổi pha hoặc trọng số của mỗi phần tử trong Anten mảng hay thay đổi cả hướng của búp sóng chính. Chúng ta có thể thay đổi đồ thị bức xạ của Anten bằng cách đơn giản là thay đổi các tham số của nó. Do đó Anten mảng được ứng dụng rộng rãi trong thiết bị thông tin liên lạc.

Với kỹ thuật tạo búp sóng số, các hoạt động dịch pha, thay đổi biên độ cho mỗi phần tử của mảng và phép lấy tổng cho máy thu, máy phát là đều bằng số. Vì vậy nó giúp cho Anten mảng linh hoạt hơn và chúng ta có thể thay đổi đồ thị Anten mà không cần thay đổi cả hệ thống Anten.

Xuất phát từ những vấn đề trên, tôi đã lựa chọn đề tài nghiên cứu của mình là "**Kỹ thuật tạo búp sóng số cho Anten mảng**".

Mục tiêu của khóa luận là nghiên cứu lý thuyết tạo búp sóng số cho Anten mảng và đáp ứng được yêu cầu khi thay thông số lối vào bằng số thì búp sóng lối ra thay đổi.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của khóa luận là tập trung giải quyết những vấn đề sau:

- Nghiên cứu các thuật toán định dạng búp sóng số trên Anten mảng.
- Đánh giá hiệu quả của việc sử dụng kỹ thuật số trong quá trình tạo búp sóng so với các kỹ thuật tương tự cũng như các kỹ thuật khác.
- Nghiên cứu kỹ thuật nâng cao chỉ tiêu cho hệ thống Anten mảng cũng như khả năng ứng dụng cao hơn của kỹ thuật tạo búp sóng số trong lĩnh vực thông tin ngày nay.

Phương pháp nghiên cứu được thực hiện là nghiên cứu lý thuyết kết hợp với mô phỏng bằng phần mềm matlab.

Nội dung khóa luận chia làm 3 chương:

Chương 1. Tổng quan về Anten:

Giới thiệu tổng quan về Anten, khái niệm búp sóng, kỹ thuật tạo búp sóng nói chung.

Chương 2. Kỹ thuật tạo búp sóng số và các thuật toán tạo búp sóng số:

Giới thiệu về kỹ thuật tạo búp sóng số, so sánh với kỹ thuật tạo búp sóng tương tự, những ưu nhược điểm của kỹ thuật tạo búp sóng số và các thuật toán tạo búp sóng số.

Chương 3. Kết quả mô phỏng:

Mô phỏng các thuật toán sử dụng phần mềm matlab

Do giới hạn về thời gian, phạm vi của khóa luận tốt nghiệp nên khóa luận mới chỉ đi vào nghiên cứu một phần nhỏ trong phạm vi rộng lớn của lĩnh vực công nghệ Anten nói chung và Anten mảng nói riêng. Mặc dù đã có nhiều cố gắng nhưng chắc chắn khóa luận không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong thầy cô và các bạn đóng góp ý kiến để khóa luận được hoàn thiện hơn.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ ANTEN

1.1. Giới thiệu về Anten

Anten là thiết bị dùng để bức xạ hoặc thu nhận năng lượng điện từ. Đó là thiết bị dùng để truyền năng lượng điện từ giữa máy phát và máy thu mà không cần phương tiện truyền dẫn tập trung.

IEEE định nghĩa Anten là "phần của hệ thống truyền hay nhận được thiết kế để bức xạ hay nhận sóng điện từ". Nói cách khác Anten lấy tín hiệu RF(được sinh ra bởi radio) và bức xạ nó vào trong không khí hay Anten có thể nhận sóng điện từ cho radio.

Như vậy Anten là một bộ phận quan trọng không thể thiếu của bất kỳ hệ thống vô tuyến điện nào.

Để có thể chọn lựa được Anten đúng đắn thì điều quan trọng phải hiểu được một số thuộc tính mô tả về Anten. Chúng bao gồm dạng bức xạ, hướng tính, độ lợi, trở kháng đầu vào, sự phân cực và độ rộng băng tần của Anten.

Hướng tính của Anten mô tả cường độ của một bức xạ theo một hướng xác định tương ứng với cường độ bức xạ trung bình.

Độ lợi cũng diễn tả cùng một khái niệm như hướng tính nhưng nó còn bao gồm cả sự mất mát (về công suất) của chính bản thân Anten.

Dạng bức xạ của Anten mô tả sự khác nhau về góc bức xạ ở một khoảng cách cố định từ Anten.

Công suất bức xạ thật sự của Anten là công suất bức xạ hiệu dụng được tính bằng cách lấy độ lợi của Anten (tính theo dBd) nhân với công suất mà máy phát cung cấp cho Anten.

Sự phân cực: Sóng điện từ được phát ra bởi Anten có thể tạo ra những dạng khác nhau ảnh hưởng tới sự quảng bá. Các hình dạng này sẽ tùy thuộc vào sự phân cực của Anten, có thể là phân cực tuyến tính hay phân cực vòng.

Trở kháng là tỷ số giữa điện áp và dòng điện chạy qua Anten.

Độ rộng băng tần là vùng tần số mà Anten cung cấp hiệu năng có thể chấp nhận được.

Các thuộc tính cuả Anten đều liên quan mật thiết với nhau và phụ thuộc lẫn nhau. Vì thế khi chọn lựa Anten chúng ta cần xác định được thuộc tính nào là quan trọng cho việc nghiên cứu.

1.2. Anten mảng

1.2.1. Giới thiệu về anten mảng

Trong nhiều ứng dụng, cần thiết phải thiết kế nhiều Anten với những đặc tính chi phối (độ lợi rất cao) để đáp ứng yêu cầu cho truyền thông khoảng cách xa.Thông thường, điều này chỉ có thể được hoàn thành bằng cách tăng đặc tính điện của anten. Cách hiệu quả khác là ghép các thành phần bức xạ lại với nhau trong một hình thể và cấu hình điện, không cần thiết phải tăng kích thước của các thành phần bức xạ riêng. Nhiều thành phần bức xạ thì được định nghĩa là Anten mảng.

Như vậy Anten mảng là tập hợp gồm nhiều Anten thành phần được bố trí tại những vị trí khác nhau trong không gian mảng. Các Anten thành phần này có thể được sắp xếp theo các cấu trúc hình học bất kỳ .Tuỳ theo cách sắp xếp đó mà mảng có thể là mảng đường ,mảng tròn hay mảng phẳng . Anten mảng có thể là một, hai, hoặc ba chiều.

Dạng Anten mảng đơn giản nhất là Anten mảng tuyến tính. Trong đó, các phần tử Anten được sắp xếp dọc theo một đường thẳng.

Nếu khoảng cách giữa các phần tử trong mảng đường thẳng bằng nhau thì mảng được gọi là mảng Anten dãy.

Dạng hình học của Anten mảng và các yếu tố khác nhau như giản đồ phương hướng, hướng, phân cực của các phần tử đều có ảnh hưởng trực tiếp đến chỉ tiêu chất lượng của Anten mảng.

Đối với các Anten mảng truyền thống, búp sóng chính sẽ được quét tới các hướng mong muốn, và còn được gọi là anten mảng pha. Các búp sóng này được quét thông qua các bộ dịch pha và trước đây các bộ dịch pha này thường hoạt động tại các tần số RF. Về sau, quá trình này được gọi là quá trình quét búp điện tử vì nó sẽ thay đổi pha của dòng điện tại mỗi phần tử Anten.

Các anten mảng quét búp ngày nay sẽ có đồ thị được định hình dựa theo chỉ tiêu nào là tốt nhất lúc đó mà thôi, và được gọi là Anten thông minh. Anten thông minh còn được gọi là Anten mảng quét búp sóng bằng kỹ thuật số, hoặc Anten mảng thích nghi (khi áp dụng các thuật toán thích nghi).

Sự thông minh của Anten được tạo ra do quá trình xử lý số các tín hiệu đến các phần tử Anten, hay là sự kết hợp của Anten với các thuật toán xử lý tín hiệu để tạo ra một hệ thống Anten có các tính năng linh hoạt. Các tính năng linh hoạt này có thể là giản đồ phương hướng có khả năng thay đổi theo sự chuyển động của thuê bao…

Hiện tại với sức mạnh của bộ xử lý tín hiệu số giá thấp, bộ vi xử lý dùng cho mục đích thông dụng và ứng dụng những mạch tích hợp đặc biệt…làm cho hệ thống Anten thông minh được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực truyền thông. Đây là ưu điểm vượt trội của Anten mảng nói riêng và Anten thông minh nói chung so với các Anten thường.

Như vậy với một Anten thường thì để thay đổi đồ thị bức xạ ta phải quay cả hệ thống Anten, còn với Anten mảng ta chỉ việc thay đổi một trong các thông số như khoảng cách, biên độ, pha…là đã có thể thay đổi được đồ thị bức xạ của Anten. Điều này khiến cho anten mảng ngày càng thông minh hơn.

1.2.2. Các loại Anten mảng

Thông thường, phần tử Anten có thể được phân loại như: đẳng hướng, định hướng theo đặc tính bức xạ của nó. Anten mảng có thể được tham khảo như Anten mảng pha, Anten mảng thích nghi theo chức năng và hoạt động của nó.

Anten mảng pha là Anten sử dụng các phần tử đơn và kết hợp với tín hiệu tạo ra trên mỗi phần tử để tạo thành lối ra. Hướng có độ lợi cực đại xảy ra luôn được điều khiển bởi đặc tính biên độ và pha giữa những thành phần khác nhau.

Anten mảng thích nghi là Anten có khả năng chống nhiễu tốt, thu được tín hiệu chính xác và tự hiệu chỉnh trong hệ thống truyền thông. Đặc tính bức xạ của những Anten này sẽ chuyển đổi thích nghi theo sự chuyển đổi của môi trường bằng cách lái các búp không và giảm các mức búp phụ trong hướng nhiễu, trong khi giữ đặc tính búp tín hiệu mong muốn.

1.3. Khái niệm về búp sóng

Các vùng của một mẫu nơi mà tăng ích có vùng phủ cực đại được gọi là búp. Búp sóng là độ rộng của tia tín hiệu RF mà Anten phát ra.

Búp sóng dọc được đo theo độ và vuông góc với mặt đất còn búp sóng ngang được đo theo độ và song song với mặt đất.

Ứng với mỗi kiểu Anten khác nhau sẽ có búp sóng khác nhau. Do đó chọn lựa búp rộng hay hẹp sẽ quyết định hình dạng vùng phủ sóng mong muốn. Búp sóng càng hẹp thì tăng ích càng cao.

1.4. Kỹ thuật tạo búp sóng

1.4.1. Khái niệm tạo búp sóng

Theo công thức tín hiệu lối ra của Anten mảng:

$$S = \sum A\, e^{i\omega}\, e^{i\varphi_k}$$

Ta thấy s ϵ $e^{i\varphi_k}$. Nếu ta thay đổi pha của tín hiệu(tức thay đổi φ_k) thì đồ thị bức xạ của Anten sẽ có búp sóng thay đổi. Phương pháp làm thay đổi búp sóng của Anten gọi là kỹ thuật điều khiển và định dạng búp sóng.

Để thay đổi φ_k ta có thể thay đổi các thành phần của Anten có liên quan đến pha của tín hiệu như hằng số điện môi (ε), độ dẫn từ (μ), tần số (f), hay độ dài Anten mảng (d) theo như công thức:

$$\varphi = 2\pi f d\sqrt{\varepsilon\mu}$$

Với f = $\frac{c}{\lambda}$

c: vận tốc ánh sáng truyền trong chân không

λ: bước sóng của tín hiệu

Tuy nhiên cách làm trên có hạn chế là chúng ta phải thiết kế phần cứng phức tạp và do đó tốn nhiều chi phí. Hiện nay phương pháp làm thay đổi φ_k đơn giản hơn đó là thay đổi bằng số dựa trên bộ xử lý số DSP hay FPGA…Vì vậy kỹ thuật thay đổi pha của tín hiệu bằng số gọi là kỹ thuật tạo búp sóng số - digital beamorming (DBF).

Kỹ thuật tạo búp sóng là kỹ thuật sử dụng một dãy Anten để hướng búp sóng của Anten phát về một hướng nhất định (hướng của thiết bị thu hoặc mobile).khoảng cách giữa các Anten trong dãy là nhỏ hơn ½ bước sóng. Kỹ thuật này còn được gọi là kỹ thuật Anten thông minh, được dùng trong các hệ thống đa truy nhập phân chia theo không gian (SPMA) nhằm tăng độ lợi Anten phát và giảm can nhiễu.

Trước khi nghiên cứu vào kỹ thuật tạo búp sóng số, ta cần quan tâm đến các kỹ thuật tạo búp sóng đơn giản.

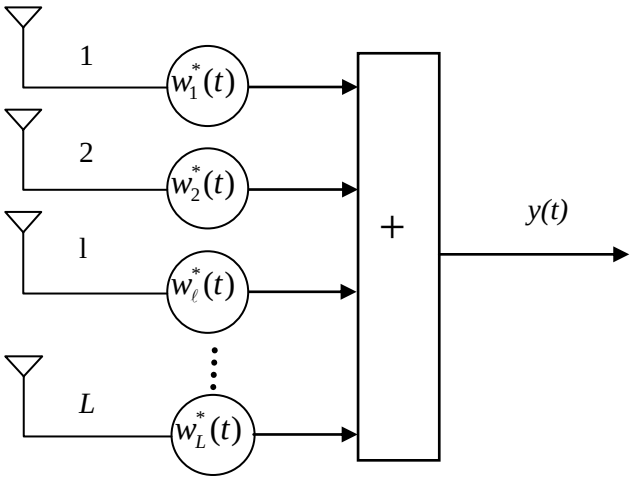
1.4.2. Các kỹ thuật tạo búp sóng

1.4.2.1. Bộ tạo búp sóng cổ điển

Trong tạo búp cổ điển, trọng số tạo búp được chỉnh tương đương với vectơ đáp ứng mảng của tín hiệu mong muốn. Mặc dù bộ tạo búp cổ điển là lựa chọn tối ưu để hướng cực đại của búp sóng chính đến hướng tín hiệu mong muốn và vectơ trọng số w có thể dễ dàng thu được nhưng nó thiếu khả năng để hướng các búp không đến tín hiệu nhiễu. Do đó bộ tạo búp sóng này không có hiệu quả.

1.4.2.2. Bộ tạo búp sóng băng hẹp

Kỹ thuật tạo búp sóng là một kỹ thuật xử lý không gian chung nhất được thực hiện trong những anten mảng. Trong hệ thống mạng di động tổ ong, tín hiệu hữu ích của một cell thường bị tín hiệu các cell khác trộn lẫn vào gây nên hiện tượng nhiều giao thoa tín hiệu. Bộ tạo búp sóng băng hẹp có thể phân tách các tín hiệu trong vùng giao thoa để lấy ra tín hiệu mong muốn của cell đó. Tín hiệu thu được từ các phần tử trong mảng được tổng hợp lại rồi chọn ra tín hiệu có chất lượng tốt nhất.



Hình 1.1. Mô hình kỹ thuật tạo búp sóng băng hẹp.

Theo hình vẽ thì tín hiệu ngõ ra của dãy $y(t)$ cho bởi:

$$y(t) = \sum_{\ell=1}^{L} w_\ell^* x_\ell(t) = \underline{w}^H \underline{x}(t)$$

Với $\underline{w} = [w_1, w_2, \ldots, w_L]^T$

Và $\underline{x}(t) = [x_1, x_2, \ldots, x_L]^T$

w_ℓ^* biểu thị bộ trọng số phức ở phần tử thứ l.

$x_l(t)$ biểu thị tín hiệu nhận được ở phần tử thứ nhất.

$(^*)$ là liên hợp phức

H chuyển vị liên hợp phức của vector hay một ma trận.

1.4.2.3. Bộ tạo búp sóng quét búp không

Đó là bộ tạo búp sóng điều khiển búp không được dùng để triệt tiêu một sóng đến mặt phẳng từ một hướng không biết trước và như vậy tạo ra điểm "không" trong đặc tuyến tương ứng với hướng đến của mặt phẳng sóng. Trong đồ thị hướng tính sẽ có một búp sóng duy nhất ở hướng mong muốn và búp không ở hướng nhiễu giao thoa. Điều này có thể được thực hiện bằng cách ước lượng trọng số của bộ tạo búp sóng, sử dụng các điều kiện ràng buộc thích hợp.

Mặc dù đồ thị hướng tính được tạo ra bởi bộ tạo búp sóng này có những búp không tại những hướng có nhiễu giao thoa, nó không được thiết kế để tối giản nhiễu không tương quan tại đầu ra của dãy.

1.4.2.4. Bộ tạo búp sóng tối ưu

Bộ tạo búp sóng tối ưu có khả năng khắc phục những hạn chế bởi bộ tạo búp sóng quét búp không và bộ tạo búp sóng truyền thống đề cập ở trên.

Bộ tạo búp sóng tối ưu được biết đến như bộ tạo búp sóng MVDR, không yêu cầu biết hướng và mức công suất của thành phần nhiễu giao thoa cũng như mức công suất của nhiễu nền để làm cực đại SNR. Nó chỉ yêu cầu hướng của tín hiệu mong muốn.

Bộ tạo búp sóng tối ưu sẽ quét búp sóng chính đến hướng tín hiệu mong muốn, đồng thời điều khiển búp không đến nguồn nhiễu một cách chính xác nhất và hiệu quả nhất.

1.4.3. Nhận xét

Nguyên lý tạo búp sóng tức là dựa vào dữ liệu đầu vào để điều chỉnh tạo ra búp sóng phát phù hợp với hướng thu của thiết bị.

Kỹ thuật tạo búp sóng thường được thực hiện bằng cách sử dụng Anten mảng để có thể quét, điều chỉnh độ rộng búp sóng … nhờ việc điều chỉnh các trọng số phức của các phần tử Anten mảng. Chính bộ trọng số này giúp anten có thể tập trung bức xạ theo hướng mong muốn.

- Biên độ của trọng số quyết định độ rộng búp sóng chính và các búp bên
- Pha của bộ trọng số quyết định hướng của búp sóng chính

Trong tạo búp sóng, cả biên độ và pha của mỗi phần tử Anten đều được điều khiển để điều chỉnh mức búp bên và búp không tốt hơn là có thể đạt được bằng cách chỉ điều khiển pha.

Tuy nhiên để thu được tín hiệu có sự sai pha nhỏ thì băng thông của tín hiệu phải nhỏ hơn nhiều lần thời gian truyền tín hiệu qua mảng, gọi là băng hẹp (narrowband). Do đó khi thực hiện mô hình tạo búp sóng để giảm thiểu sự giao thoa thì băng thông của tín hiệu phải nằm trong giới hạn cho phép của hiện tượng băng hẹp.

Ưu điểm của kỹ thuật tạo búp sóng là có thể triệt nhiễu đồng kênh nhờ khả năng bám theo tín hiệu, phân bố búp chính ở hướng tín hiệu đến và búp không ở các hướng có tín hiệu không mong muốn.

Tuy nhiên ngày nay vấn đề tăng dung lượng đường truyền là một yêu cầu quan trọng trong viễn thông có dây cũng như không dây. Các ứng dụng ngày nay đều đòi hỏi đường truyền có tốc độ cao để truyền tải các dữ liệu đa phương tiện lớn, ngoài âm thanh sẽ là hình ảnh, video, dữ liệu, tập tin…Vì vậy nếu chỉ dùng anten mảng để tạo búp sóng sẽ chưa đủ đáp ứng nhu cầu về dung lượng đường truyền bởi khi tạo búp sóng dùng nhiều anten nhưng chỉ truyền đi có một luồng dữ liệu mà thôi. Đó là hạn chế của kỹ thuật tạo búp sóng.

CHƯƠNG 2

KỸ THUẬT TẠO BÚP SÓNG SỐ

2.1. Giới thiệu

Các hệ thống truyền thông vệ tinh băng rộng mở ra khả năng liên kết giữa người dùng cố định và người dùng di động với các mạng dữ liệu tốc độ cao. Các hệ truyền dẫn tốc độ cao đòi hỏi các Anten mảng có độ định hướng cao, có nghĩa là các hệ Anten có khả năng điều khiển búp sóng về phía vệ tinh cũng như khả năng hướng về nhiều vệ tinh trong cùng một thời điểm. Đòi hỏi này có thể đạt được nhờ các hệ Anten có khả năng điều khiển và định dạng búp sóng bằng phương pháp số (Digital Beamforming – DBF).

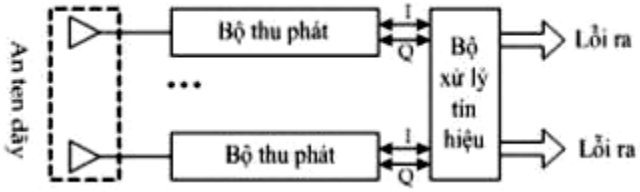
Thông thường, bất kỳ anten mảng nào cũng có thể được quét tới bất kỳ hướng nào bằng cách sử dụng hoặc phương pháp dịch pha bằng phần cứng hoặc phương pháp dịch pha số cho dữ liệu. Nếu tín hiệu thu là số và đã xử lý thì quá trình xử lý tín hiệu số này được gọi là quá trình quét búp sóng số. Các kỹ thuật xử lý số hiện tại giúp cho người thiết kế Anten mảng có thể bỏ qua bộ dịch pha bằng phần cứng để quét búp Anten theo bất kỳ hướng mong muốn nào.

Những khái niệm ban đầu của DBF được phát triển cho các hệ thống rada và định vị dưới nước. DBF cơ bản dựa trên các khái niệm lý thuyết đã có trước, giờ đây các lý thuyết này đang được triển khai trong thực tế.

Anten mảng nói riêng và Anten thông minh nói chung có khả năng tạo và điều khiển búp sóng bằng phương pháp số để tạo ra các đặc trưng bức xạ theo một số yêu cầu định trước. Và đây là một đặc tính quan trọng của anten mảng.

2.2. Bộ Kỹ tạo búp sóng số tổng quát

Hệ DBF tổng quát:



Hình 2.1. Bộ tạo búp sóng số tổng quát

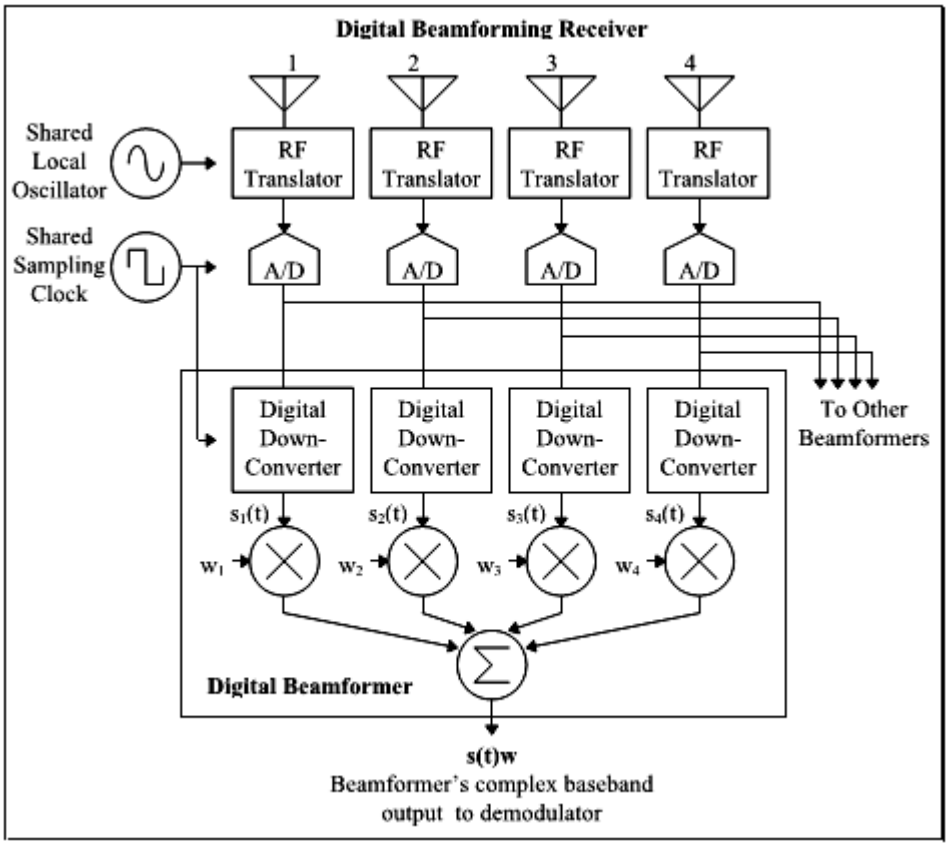
DBF là sự kết hợp giữa công nghệ Anten và công nghệ số. Một hệ DBF tổng quát gồm ba thành phần chính:

- Anten mảng
- Các máy thu phát số
- Bộ xử lý tín hiệu số

Trong một hệ thống Anten tạo búp sóng số, các tín hiệu thu sẽ được tách sóng và số hóa ở mức phần tử. Việc thu các tín hiệu ở dạng số cho phép áp dụng các thuật toán và kỹ thuật xử lý tín hiệu để tách những thông tin từ dữ liệu miền không gian.

Kỹ thuật DBF dựa trên việc thu các tín hiệu RF tại các phần tử anten và biến đổi chúng thành hai luồng tín hiệu nhị phân băng cơ sở (kênh đồng pha I và kênh vuông pha Q). Tích hợp bên trong các tín hiệu băng cơ sở là biên độ và pha của tín hiệu thu được từ mỗi phần tử của mảng.

2.3. Bộ tạo búp sóng số cho máy thu



Hình 2.2. Bộ tạo búp sóng số cho máy thu

Trong máy thu tạo búp sóng số gồm có:

- Bộ chuyển dịch tần số cao - RF Translator
- Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự/số - A/D (Analog/Digital)
- Bộ đổi giảm số - Digital Down-Converter
- Bộ nhân phức - complex multiplier
- Phép lấy tổng

Nguyên lý của bộ tạo búp sóng số:

Đầu tiên tín hiệu thu được từ các phần tử Anten sẽ được kết hợp với bộ tạo dao động địa phương để chuyển dịch tần số cao tần xuống trung tần. Sau đó tín hiệu trung tần này sẽ được lấy mẫu và chuyển sang tín hiệu số qua bộ chuyển đổi ADC. Tại đây tín hiệu số sẽ tiếp tục được lấy mẫu rồi chuyển đến bộ đổi giảm số để xử lý tín hiệu số và cũng có thể được dùng để định dạng búp sóng khác. Tín hiệu sau khi qua bộ đổi giảm số sẽ có dạng s_1(t), s_2 (t)… s_n(t)

Như vậy tín hiệu thu được từ tất cả các phần tử Anten là:

$$s=[s_1, s_2, \dots, s_n]$$

Với n là số phần tử Anten trong mảng.

Tiếp theo tín hiệu thu được từ mỗi phần tử Anten sẽ được nhân với bộ trọng số (w_1, w_2,…, w_n) để có thể quét búp sóng đến vị trí mong muốn. Do đó chúng ta sẽ sử dụng một ma trận tương quan w với mỗi phần tử là độ dịch pha và tỷ lệ biên độ cho mỗi kênh Anten:

$$w^T = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

T: chuyển vị liên hợp phức của ma trận

Tín hiệu sau khi nhân với bộ trọng số sẽ được tổng hợp lại với nhau qua phép lấy tổng để tạo ra tín hiệu cuối cùng s(t)w. Đây chính tín hiệu lối ra băng tần cơ sở phức để điều chế dạng búp sóng số mong muốn.

Ta thấy các giai đoạn dịch pha, chỉnh biên độ cho mỗi phần tử Anten và phép lấy tổng cho bộ thu đều được thực hiện bằng kỹ thuật số. Kỹ thuật xử lý tín hiệu số như vậy sẽ giúp cho máy thu tạo búp sóng số linh hoạt và dễ thực hiện hơn rất nhiều so với tín hiệu tương tự.

Như vậy để tạo búp sóng số, tín hiệu cao tần cần được biến đổi xuống trung tần → xuống băng gốc → qua ADC → thành tín hiệu số →qua xử lý máy thu → mạch tạo búp sóng số.

2.3.1. Bộ chuyển dịch tần số vô tuyến – RF Translator

Bộ chuyển dịch tần số vô tuyến là thành phần quan trọng trong kỹ thuật tạo búp sóng số. Do tần số vô tuyến là tần số cao và không thích hợp cho việc thu tín hiệu cũng như tốn chi phí nên đây là bộ phận đầu tiên quyết định đến chất lượng của búp sóng. Tín hiệu tại tần số cao sẽ được chuyển đổi xuống tần số thấp rồi sau đó mới được xử lý.

2.3.2. Bộ đổi giảm số: Digital Down-Converter

Bộ đổi giảm số có nhiệm vụ chuyển đổi tín hiệu trung tần dạng số thành hai tín hiệu nhị phân băng cơ sở, kênh đồng pha I và kênh vuông pha Q. Sau đó hai tín hiệu này mới được nhân trọng số và tổng hợp lại để thu được tín hiệu ra.

2.3.3. Bộ nhân phức - complex multiplier

Thành phần băng tần cơ sở vuông pha I và Q có thể sử dụng để miêu tả một tín hiệu vô tuyến như một vecto phức với phần thực và phần ảo.

$$s(t)=x(t) + jy(t)$$

- s(t) : tín hiệu dải gốc phức
- x(t)=i(t) : phần thực
- y(t)= -q(t) : phần ảo

Với tạo búp sóng, tín hiệu dải gốc phức được nhân với trọng số phức để áp dụng dịch pha và chia tỷ lệ biên độ yêu cầu cho mỗi phần tử anten

$$w_k = a_k e^{jsin(\theta_k)}$$

$$w_k = a_k \cos(\theta_k) + j a_k sin(\theta_k)$$

- w_k là trọng số phức cho phần tử anten thứ k
- a_k là biên độ tương đối của trọng số

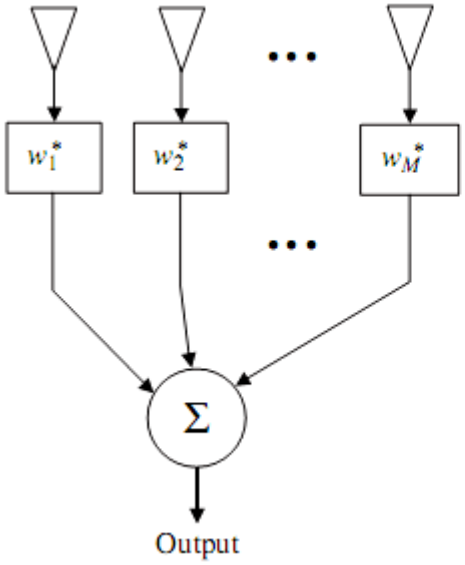
- θ_k là độ dịch pha của trọng số

Một bộ xử lý tín hiệu số có thể thực hiện phép nhân phức cho mỗi phần tử anten:

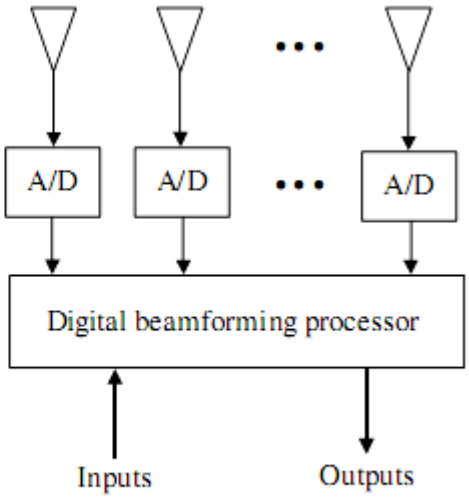
$$s_k(t)w_k = a_k\{|x_k(t)cos(\theta_k) - y_k(t)sin(\theta_k)| + j|x_k(t)sin(\theta_k) + yk(t)cos(\theta k)$$

Như vậy bằng việc có thêm bộ nhân phức mà ta có thể dễ dàng thay đổi tín hiệu lối ra bằng cách thay đổi trọng số phức w. Thay đổi trọng số phức sẽ làm thay đổi biên độ và pha của tín hiệu và giúp thay đổi đồ thị bức xạ của Anten theo yêu cầu.

2.4. Nhận xét



Hình 2.3. Bộ tạo búp sóng tương tự



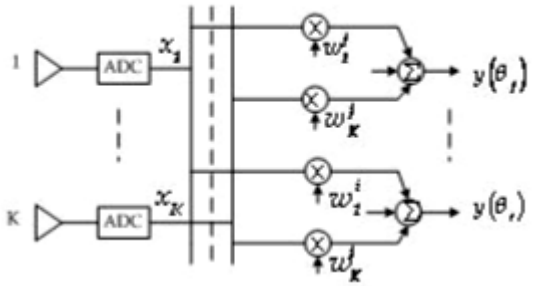
Hình 2.4. Bộ tạo búp sóng số

- Kỹ thuật tạo búp sóng tương tự và số về nguyên lý là đều dịch pha và biên độ của tín hiệu đến từ mỗi phần tử Anten. Tuy nhiên kỹ thuật tạo búp sóng tương tự chỉ là tạo ra tổng trọng số của các tín hiệu và do đó làm suy hao kích thước tín hiệu đồng thời còn phải thiết kế phần cứng phức tạp. Trong khi kỹ thuật tạo búp sóng số biến đổi chính xác các tín hiệu tương tự thành số qua bộ chuyển đổi A/D giúp Anten có thể tạo ra các đặc trưng bức xạ theo một số yêu cầu định trước. Do xử lý tín hiệu bằng số nên kỹ thuật này mềm dẻo, linh hoạt, dễ làm hơn và có thể tạo đa kênh.

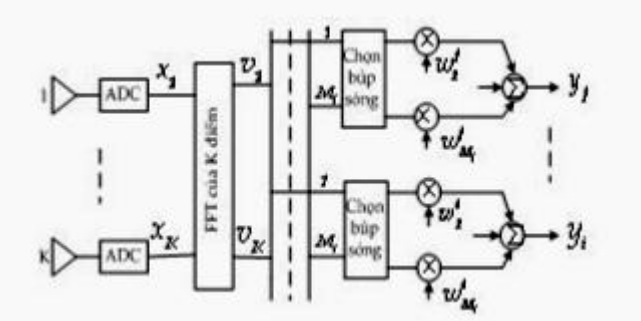
- Phương pháp định dạng búp sóng số không thể gọi là quá trình quét điện vì không trực tiếp làm dịch pha của dòng điện trong phần tử Anten. Đúng hơn là, việc dịch pha này được thực hiện bằng máy tính trên tín hiệu đã số hóa. Nếu các tham số của bài toán thay đổi hay hướng chuẩn được hiệu chỉnh, thì quá trình định dạng búp sóng số có thể được thay đổi bằng cách đơn giản là thay đổi một thuật toán thay vì thay một phần cứng khác.

- Có thể xem kỹ thuật này như một anten tối ưu, theo đó tất cả các thông tin tới bề mặt của anten được thu lại ở dạng nhiều luồng số. Tất cả thông tin này có giá trị trong việc điều khiển búp sóng

- Ngoài ra còn có kỹ thuật tạo búp sóng số theo khoảng cách phần tử, hay theo khoảng cách búp



Hình 2.5. Kỹ thuật tạo búp sóng số theo khoảng cách phần tử



Hình 2.6. Kỹ thuật tạo búp sóng số theo khoảng cách búp

Trước khi đặt các trọng số tới các phần tử của mảng, các tín hiệu từ các phần tử của mảng có thể được xử lý bởi một bộ điều khiển nhiều búp sóng để hình thành nên một mảng các búp sóng trực giao.

Tiếp đó lối ra của mỗi búp có thể được nhân với các trọng số và kết quả là sinh ra một búp sóng mong muốn.

Như vậy kỹ thuật tạo búp sóng số theo khoảng cách búp có thể tạo ra nhiều búp sóng hơn.

2.5. Ưu, nhược điểm và ứng dụng kỹ thuật tạo búp sóng số

2.5.1. Ưu điểm

Thuận lợi chính của việc định dạng búp sóng số là việc dịch pha và việc gán trọng số cho Anten mảng có thể được thực hiện trên dữ liệu đã số hóa thay vì thực hiện bằng phần cứng. Khi thu, búp sóng sẽ được định dạng trong quá trình xử lý dữ liệu thay vì định dạng trong môi trường truyền.

Một số lượng lớn các búp sóng độc lập có độ định hướng cao có thể được thiết lập mà không làm suy giảm tỷ số tín hiệu trên tạp (SNR)

Tất cả các thông tin đến Anten mảng đều được sử dụng trong bộ xử lý tín hiệu, do đó hiệu suất của hệ thống có thể được tối ưu hóa.

Các búp sóng có thể được chỉ định cho từng người dùng, do đó đảm bảo rằng tất cả các liên kết đều hoạt động với hệ số tăng ích lớn nhất.

Các hệ thống DBF có khả năng thực hiện chuẩn máy thời gian thực. Do đó có thể làm giảm nhẹ yêu cầu phối hợp chặt chẽ của biên độ và pha giữa các bộ thu phát do sự thay đổi các tham số này có thể được chính xác trong thời gian thực.

2.5.2. Nhược điểm

Bộ định dạng búp sóng số đơn thuần chỉ bao gồm một thuật toán và nó tối ưu hóa đồ thị của Anten mảng bất cứ khi nào môi trường trường điện từ thay đổi nên nó không hữu dụng và hiệu quả như kỹ thuật định dạng búp sóng thích nghi.

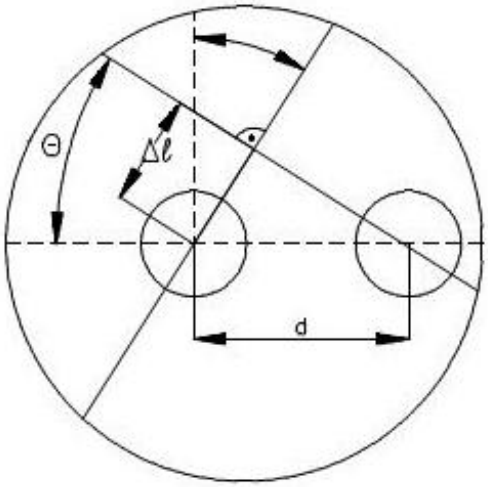
Khi số người dùng ít và kênh bị pha-đinh mạnh (như trường hợp truyền sóng ở điều kiện không nhìn thẳng), hệ thống tạo búp không cải thiện được tín hiệu thu do không bổ sung được thông tin mới, mà chỉ hạn chế được nhiễu đa truy nhập. Do đó hệ thống tạo búp không làm tăng chỉ tiêu nhiều.

2.5.3. Ứng dụng

Quá trình định dạng búp sóng số được áp dụng trong các hệ thống radar, hệ thống định vị dưới mặt nước, và hệ thống thông tin để cho ra một vài mẫu.

2.6. Thuật toán tạo búp sóng số

2.6.1. Thuật toán điều khiển búp sóng chính



Hình 2.7. Anten mảng

Giả thiết rằng có sóng phẳng đi đến hệ thống Anten có N phần tử với góc tới là ϑ. Dãy Anten sẽ lấy mẫu trong không gian từ mặt sóng tới ở thời điểm t_μ cho trước.

Vì sóng phẳng đi đến Anten nên ở các điểm lấy mẫu các biên độ sẽ gần như nhau. Pha thì thay đổi một cách tuyến tính.

Pha của tín hiệu thu được ở phần tử thứ k sẽ là:

$$\Delta\Phi_k = k\,\Delta\Phi \qquad (1)$$

Trong đó $\Delta\Phi$ là hiệu pha giữa hai phần tử liền kề

Nguyên nhân do hiệu quãng đường

$$\Delta R = d\sin\vartheta \qquad (2)$$

Thế vào ta có hiệu pha giữa hai phần tử liền kề:

$$\Delta\Phi = \Delta R\beta_0 = d\beta_0\sin\vartheta = d\frac{2\pi}{\lambda_o}\sin\vartheta \qquad (3)$$

Và cuối cùng là pha của phần tử thứ k:

$$\Delta\Phi_k = k\,\Delta\Phi = k\,2\pi\,\frac{d}{\lambda_o}\sin\vartheta \qquad (4)$$

Như vậy ta thấy tín hiệu đến từ các góc khác nhau (ϑ) sẽ có sự dịch pha khác nhau. Vì vậy đồ thị của Anten mảng sẽ không giống nhau ở tất cả các hướng, sẽ có một số hướng với biên độ lớn hơn biên độ của hướng khác.

Bây giờ chúng ta hãy xem xét trường hợp khi ta thêm nhiều hơn sự dịch pha $\Delta\Phi_k$ để so sánh phần tử k với phần tử thứ nhất. Giả sử rằng ban đầu hướng có biên độ cao nhất là 0.

Từ (4) ta có:

$$\vartheta = \arcsin\left(\frac{\Delta\Phi\,\lambda_o}{d\,2\pi}\right) \qquad (5)$$

Từ (5) → nếu ta thêm dịch pha theo hướng cao nhất và gần như đồ thị Anten sẽ lái góc ϑ. Đây chính là khái niệm cơ bản của kỹ thuật tạo búp sóng.

Như vậy nếu chúng ta sử dụng kỹ thuật tạo búp sóng số thì chúng ta cần tạo ma trận w với mỗi phần tử của w là sự dịch pha như công thức (5) cho mỗi phần tử Anten. Vì ϑ liên quan đến hàm arcsin nên ta chọn w có dạng:

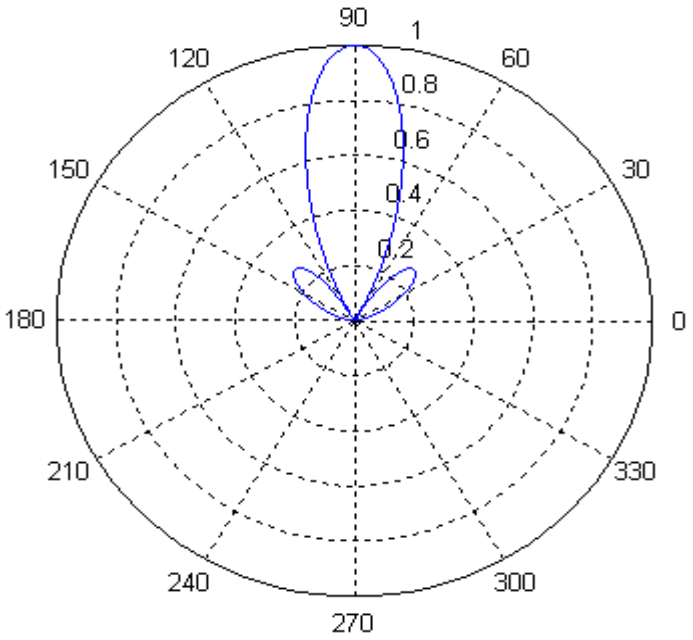
$$w^T = \left[1, e^{j\,\Delta\Phi}, \ldots, e^{j\,(n-1)\Delta\Phi}\right] \qquad (6)$$

Ở đây chúng ta không muốn thay đổi độ rộng biên độ. Áp dụng điều này cho tín hiệu, đồ thị sẽ quét góc theo hàm arcsin:

$$\Theta = \arcsin\left(\frac{\Delta\Phi\,\lambda_o}{d\,2\pi}\right) \qquad (7)$$

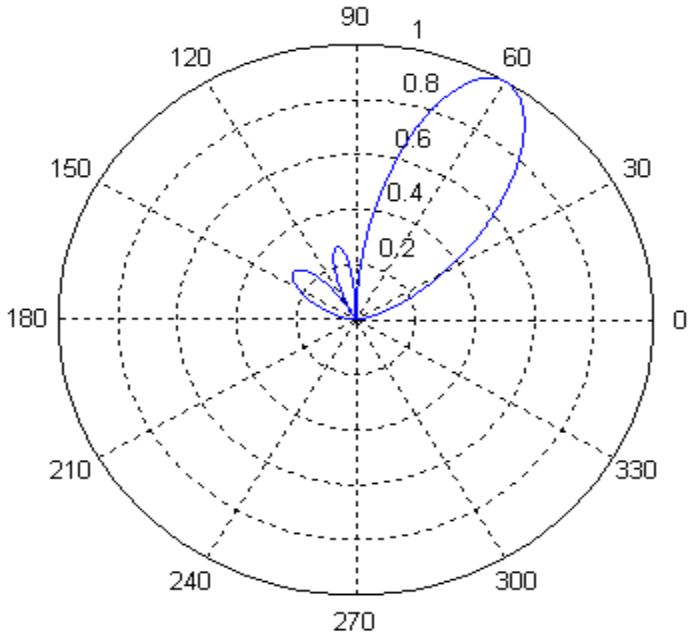
Dựa vào công thức (7) ta thấy bằng sự thay đổi $\Delta\Phi$ chúng ta có thể lái đồ thị đến bất kỳ góc tùy ý nào.

Nếu muốn búp sóng chính của Anten vuông góc với dãy anten lúc đó các hệ số nhân phải hoàn toàn giống nhau. Mặt phẳng sóng đi đến theo hướng vuông góc sẽ đến các phần tử của dãy Anten đồng pha với nhau. Như vậy chúng ta nhận được ở đầu ra mức tín hiệu lớn nhất.



Hình 2.8. Búp sóng chính vuông góc với dãy Anten

Nếu muốn quay búp sóng chính Anten lệch khỏi vị trí vuông góc thì khi đó phải bù các bước pha tuyến tính tỉ lệ với mức góc lệnh bằng phép nhân phức.

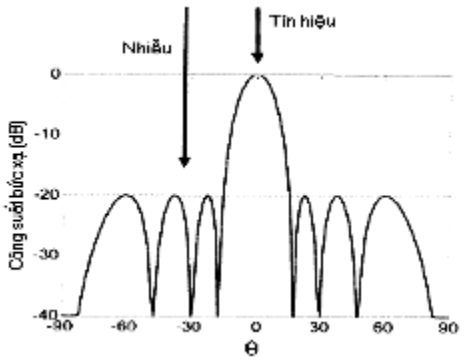


Hình 2.9. Quay búp sóng chính của anten sang phải 30°

2.6.2. Thuật toán điều khiển búp phụ và búp không

2.6.2.1. Thuật toán Chebyshev

Mục đích: nhằm duy trì mức búp phụ của đồ thị bức xạ dưới một mức cho trước. Điều này cho phép khi nguồn nhiễu đến từ một hướng bất kỳ trong không gian ngoài hướng của búp chính thì thành phần không mong muốn sẽ bị thiết lập búp phụ ở mức thấp.



Hình 2.10. Thuật toán Chebyshev cho phép đặt búp phụ ở các mức cho trước

Hình vẽ thể hiện một mảng 8x8 phần tử, phân cực tròn trái với mức búp phụ áp đặt là 20dB, búp sóng chính được hướng theo (0,0).

Thuật toán Chebyshev có ý nghĩa trong việc chống nhiễu của Anten phát bởi trong quá trình phát, giản đồ hướng được sử dụng có thể chỉ đơn giản là búp sóng chính được hướng về phía máy thu. Trong trường hợp này cần biết trước góc mở của búp sóng chính của máy thu và cũng phải lưu ý đến cả môi trường xung quanh máy thu nữa.

Đôi khi xảy ra việc nếu ta muốn hạn chế tối thiểu tác động của máy phát lên các máy thu khác. Đây là do tác động của công suất bức xạ bởi các búp sóng phụ mà các nhiễu không mong muốn này có thể hạn chế được. trong trường hợp này cần áp dụng phương pháp làm giảm số búp sóng phụ, đó là tăng độ suy giảm ở búp sóng phụ.

Ta có thể thấy rõ đặc điểm của bộ lọc Chebyshev là mức búp sóng phụ rất đồng đều.

2.6.2.2. Thuật toán SMI(Sample Matrix Inversion)

Thuật toán SMI là thuật toán biến đổi ngược ma trận lấy mẫu.

Nội dung:

Thuật toán này dánh giá các trọng số mảng bằng việc thay thế ma trận tương quan mạng R bằng sự đánh giá của nó. Ma trận R có dạng:

$$R(k) = \frac{1}{K}\sum_{k=0}^{K-1} x(k)x^{H}(k)$$

Trong đó:

- R(k) biểu thị sự đánh giá ở k thời điểm tức thời
- x(k) biểu thị các mẫu tín hiệu mạng ở thời điểm tức thời thứ k

Sự thiết lập của R có thể được cập nhật khi có các mẫu mới

$$R(k+1) = \frac{kR(k) + x(k+1)x^{H}(k+1)}{k+1}$$

Sự thiết lập mới của các trọng số w(k+1) ở thời điểm tức thời k+1 có thể được thực hiện.

Sử dụng lý thuyết biến đổi ngược ma trận ta có:

$$R^{-1}(k) = R^{-1}(k-1) - \frac{R^{-1}(k-1)x(k)x^{H}(k)R^{-1}(k-1)}{1 + x^{H}(k)R^{-1}(k-1)x(k)}$$

Với:

$$R^{-1}(0) = \frac{1}{\varepsilon_0} I$$

ε_0 là một số dương nhỏ

Khi số mẫu tăng, sự cập nhật ma trận sẽ tiệm cận tới đúng của nó và như vậy các trọng số được thiết lập tiệm cận tới giá trị tối ưu

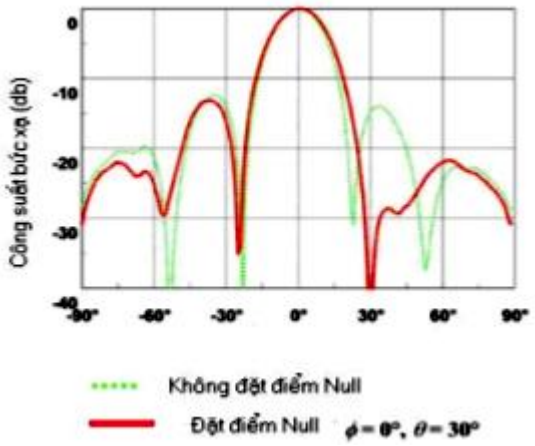
Tức là khi: $n \rightarrow \infty$

$R(k) \rightarrow R$

Thì $w(k) \rightarrow w$ tối ưu.

Mục đích: Cho phép đặt các búp không ở một vị trí nhất định trên đồ thị bức xạ.

Thuật toán SMI có thể tăng tỷ số tín hiệu trên tạp bằng việc thiết lập đồ thị bức xạ theo những hướng nhất định, nhưng vẫn duy trì được các tham số khác.



Hình 2.11. Thuật toán SMI cho phép đặt điểm không ở vị trí cho trước

Đường nét đứt thể hiện một đồ thị bức xạ một Anten mảng với búp sóng chính quét theo hướng (0,0), nguồn nhiễu đến theo hướng (0,30).

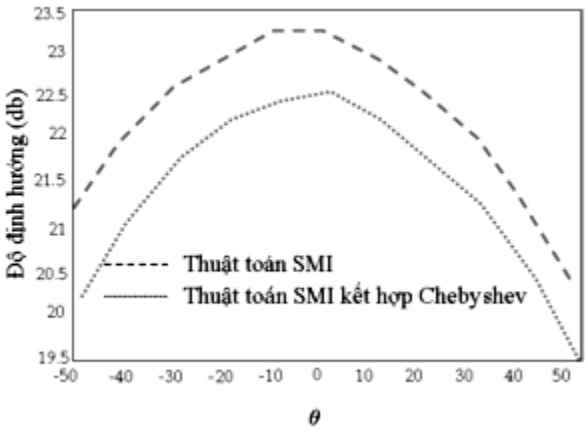
Đường nét liền là đồ thị bức xạ sau khi thay đổi vị trí búp không đến vị trí nhiễu (0,30).

2.6.2.3. Thuật toán kết hợp

Các trọng số Chebyshev làm thay đổi dễ dàng mức của các búp phụ. Trong khi đó thuật toán SMI có thể hướng những búp sóng chính theo hướng

mong muốn, và đặt những búp không của đồ thị bức xạ theo hướng của những nguồn gây nhiễu. Khi sử dụng cả hai phương pháp một cách đồng thời thì có thể thu được đồ thị bức xạ với một mức búp phụ điều khiển được và vị trí các búp không có thể đặt ở vị trí cho trước.

Trong thực tế người ta thường kết hợp hai thuật toán trên trong việc định dạng và điều khiển búp sóng. Thuật toán Chebyshev làm cho độ định hướng thấp nhưng nó lại đảm bảo mức của búp phụ luôn dưới một mức nhất định.



Hình 2.12. So sánh giữa thuật toán SMI và kết hợp giữa thuật toán SMI với thuật toán Chebyshev

Hình vẽ cho thấy sự so sánh giữa thuật toán SMI riêng và thuật toán Chebyshev với mức của búp phụ được chọn là 20dB.

CHƯƠNG 3

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Để minh họa cho các thuật toán điều khiển búp sóng số, trong chương này khóa luận sẽ đề cập một số ví dụ mô phỏng cho thuật toán điều khiển búp sóng chính. Các ví dụ mô phỏng sử dụng phần mềm matlab.

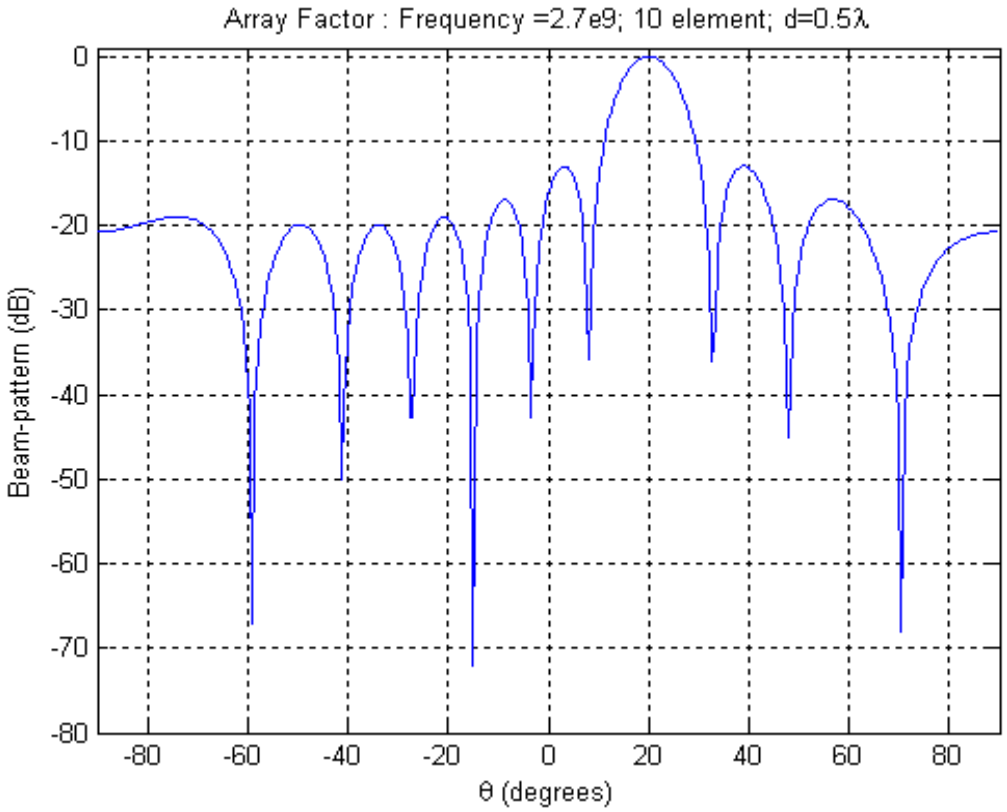
3.1. Mô phỏng thuật toán điều khiển một búp sóng chính

Các thông số mô phỏng Anten mảng:

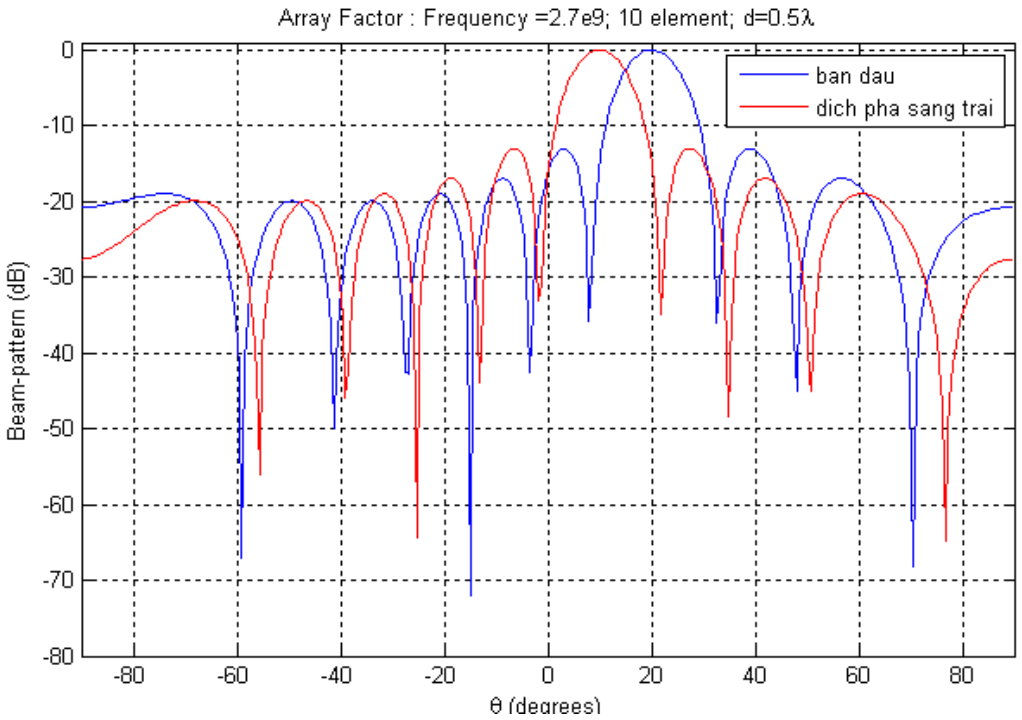
Tần số sóng mang: f = 2,7.10^9 (Hz)

Số phần tử của Anten mảng: N = 10

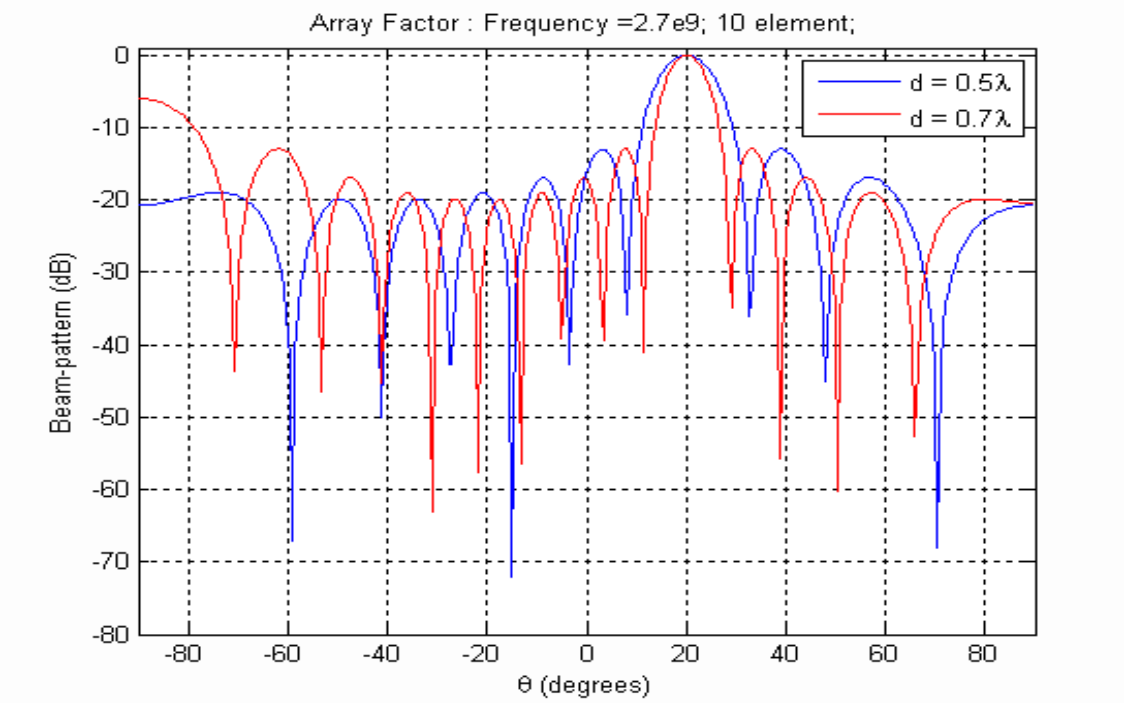
Khoảng cách giữa các phần tử: d = 0,0556 (m)



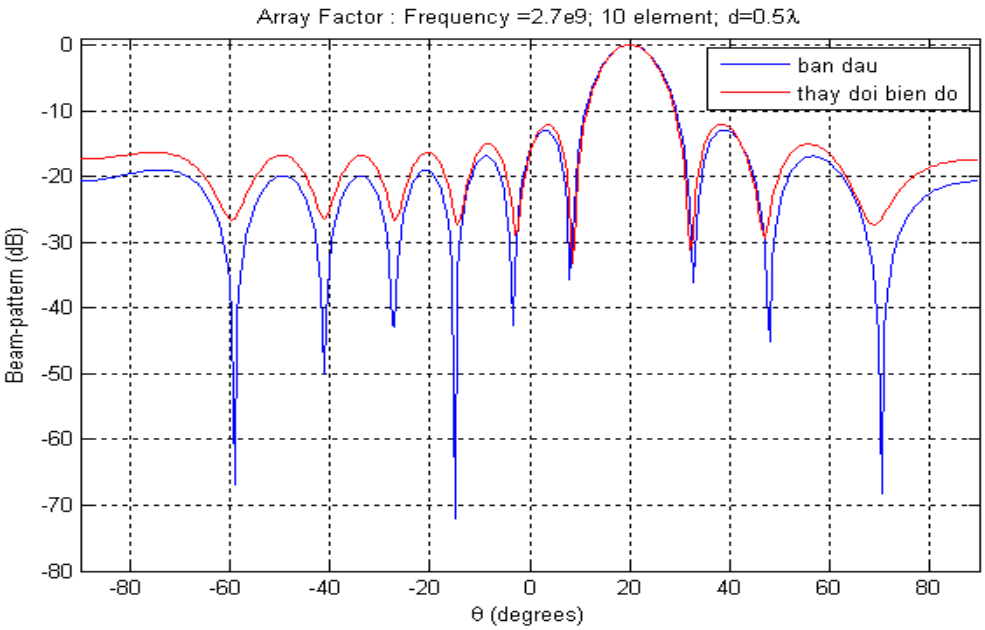
Hình 3.1. Đồ thị bức xạ với búp sóng chính hướng theo góc 20°



Hình 3.2. Đồ thị bức xạ khi thay đổi pha của tín hiệu sang trái 10°



Hình 3.3. Đồ thị bức xạ khi thay đổi khoảng cách giữa các phần tử



Hình 3.4. Đồ thị bức xạ khi thay đổi biên độ của tín hiệu

3.2. Nhận xét

Trong khoảng từ -90^o đến 90^o thì góc nhọn của đồ thị bức xạ sẽ có giá trị nhỏ nhất ở vùng 0^o sau đó càng về biên nó càng tăng rất nhanh.

Khi thay đổi pha của tín hiệu ta thấy độ rộng của búp sóng vẫn giữ nguyên, chỉ có hướng của búp sóng chính là thay đổi. Như vậy bằng cách thay đổi pha của tín hiệu ta có thể quét búp chính đến hướng mà ta mong muốn.

Khi thay đổi khoảng cách giữa các phần tử thì độ rộng của búp sóng cũng thay đổi theo. Búp sóng chính vẫn giữ nguyên hướng cũ, nhưng hướng của các búp phụ lại thay đổi. Càng về hai biên thì sự thay đổi này càng rõ rệt hơn.

Khi thay đổi biên độ của tín hiệu cũng làm cho độ rộng búp sóng thay đổi. Tuy nhiên nó lại không làm cho búp chính và búp phụ thay đổi hướng. Ta có thể thấy công suất bức xạ thay đổi khá nhiều.

Đứng trên quan điểm ứng dụng thực tiễn thì thường có thể chấp nhận ứng dụng trong khoảng $\pm\frac{\pi}{3}$, do trong khoảng này giản đồ hướng sẽ hầu như giữ nguyên được hình dạng, hoặc thay đổi không nhiều như ở hai bên góc phương vị. Còn trong trường hợp cần quét trong toàn bộ khoảng 2π có thể sử dụng các dãy anten thiết kế theo kiểu phức tạp hơn. Đây sẽ là vấn đề phát triển của khóa luận.

KẾT LUẬN

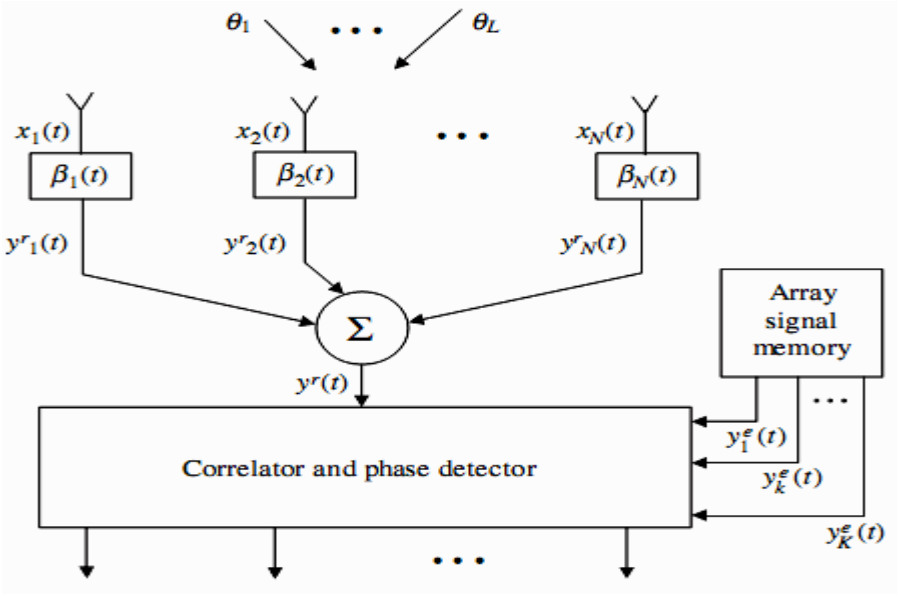
Khóa luận đã đề cập đến những vấn đề cơ bản của anten mảng, các kỹ thuật tạo búp sóng tương tự, tạo búp sóng số, các thuật toán và những ưu nhược điểm của kỹ thuật tạo búp sóng số.

Ứng dụng và phát triển các kỹ thuật cùng các thuật toán tạo và điều khiển búp sóng cho các hệ anten mảng đã và đang được nghiên cứu rộng rãi trong lĩnh vực vô tuyến. Các thuật toán đã được ứng dụng để tạo các búp sóng với các thuộc tính định trước cho anten phục vụ các hoạt động nghiên cứu và ứng dụng thuộc lĩnh vực kỹ thuật anten-truyền sóng và siêu cao tần.

Tuy nhiên do khuôn khổ giới hạn của khóa luận, còn một số vấn đề bổ sung hoàn thiện và tiếp tục nghiên cứu như:

Sự phát triển của kỹ thuật DBF, những thuật toán mới và kỹ thuật mới để tạo búp sóng số cũng như việc nghiên cứu mở rộng góc phương vị là vấn đề mà khóa luận chưa khai thác được.

Ví dụ phương pháp định dạng búp sóng số SDMA



Hình 4.1. Bộ thu cầu phương SDMA

Phương pháp mới này có thể được dùng cho bất kỳ anten mảng N phần tử nào. Có thể là anten mảng tuyến tính nhưng tốt hơn là mảng ngẫu nhiên 2 hoặc 3 chiều và việc lấy pha cho phần tử sẽ là duy nhất ứng với mỗi góc đến. Tính mới lạ của phương pháp mới này là nó có được bản chất của tín hiệu $\beta_n(t)$, bộ nhớ tín hiệu mảng đơn nhất, và độ tương quan dựa trên hướng tín hiệu.

Bộ thu SDMA mới không xử lý tín hiệu đến bằng các phép dịch pha hoặc lái búp mà tìm ra hướng đến bằng sự tương quan về độ lớn $|\boldsymbol{R_k}|$ được dùng như là một biệt số để xác định xem liệu một tín hiệu có hiện diện tại góc mong muốn θ_k hay không. Nếu biệt số này vượt quá một ngưỡng định trước, thì một tín hiệu được cho là đang hiện diện và pha của nó sẽ được xác định. Việc ước lượng về các phép dịch pha có thể làm tiết kiệm kinh phí…

Vì vậy kỹ thuật tạo búp sóng số cho anten mảng sẽ tiếp tục là đề tài được tìm hiểu và phát triển trong tương lai.

` TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt:

1. Phan Anh, (2003), Lý thuyết và kỹ thuật anten, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
2. Hoàng Đình Thuyên, (1998), Anten, Học Viện Kỹ Thuật Quân Sự
3. Trường Vũ Bằng Giang, Nghiên cứu ứng dụng một số phương pháp điều khiển và định dạng búp sóng cho anten thông minh, Tạp chí Bưu chính viễn thông & CNTT, Tập V-1, Số 1, tháng 04/2009.

Tiếng Anh:

4. John Litva and Titus Kwok-Yeung Lo, Digital Beamforming in Wireless Communications, Artech House, Norwood, MA, 1996.
5. Warren L. Stutzman and gary A. Thiele, Antenna Theory and Design, John Wiley & Sons, New York, 1981.
6. Frank Gross, Smart Antennas for Wireless Communications with Matlab, 2005.
7. Sergey N. Makarov, Antenna and EM Modeling with Matlab, 2002.
8. Hubregt J. Visser, Array and Phased Array Antenna basic, 2005.

PHỤ LỤC
CÁC CHƯƠNG TRÌNH VIẾT BẰNG MATLAB

Phụ lục 1. Chương trình mô phỏng thuật toán điều khiển một búp sóng chính:

%% %%%%%%%%%%%%%Búp sóng chính hướng theo góc 20°

```
clear all
close all
j=sqrt(-1);
c=3e08; % speed of light
fc=2.7e9; % carrier frequency
lambda= c/fc; % wavelength
d=0.5*lambda; % element spacing
k1=2*pi/lambda; % propagation constant for signal at original frequency
N=10; % number of elements
theta0 = 20; %inital steer angle in degrees, measured from the array axis
theta=-pi/2:0.01:pi/2; % scan from 0 to pi
theta0= theta0*pi/180; % to convert from degrees to radians
sum1=0;
for n=0:N-1
value = exp(j*(n*k1*d*(sin(theta)-sin(theta0))));
sum1 = sum1 + value;
end
AF1=sum1/max(sum1); %normalised AF
figure(1)
plot((theta*180/pi),20*log10(AF1),'b');grid on;
axis([-90 90 -80 1])
ylabel('Beam-pattern (dB)')
xlabel('\theta (degrees)')
title('Array Factor : Frequency =2.7e9; 10 element; d=0.5\lambda')
```

%% %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Thay đổi pha của tín hiệu:

```
clear all
close all
j=sqrt(-1);
c=3e08; % speed of light
```

```
fc=2.7e9; % carrier frequency
lambda= c/fc; % wavelength
d=0.5*lambda; % element spacing
k1=2*pi/lambda; % propagation constant for signal at original frequency
N=10; % number of elements
theta0 = 20; %inital steer angle in degrees, measured from the array axis
theta1 = 10; %inital steer angle in degrees, measured from the array axis
theta=-pi/2:0.01:pi/2; % scan from 0 to pi
theta0= theta0*pi/180; % to convert from degrees to radians
theta1= theta1*pi/180; % to convert from degrees to radians
sum1=0;
sum2=0;
for n=0:N-1
value = exp(j*(n*k1*d*(sin(theta)-sin(theta0))));
value1 = exp(j*(n*k1*d*(sin(theta)-sin(theta1))));
sum1 = sum1 + value;
sum2 = sum2 + value1;
end
AF1=sum1/max(sum1); %normalised AF
AF2=sum2/max(sum2); %normalised AF
plot((theta*180/pi),20*log10(AF1),'b');grid on;hold on;
plot((theta*180/pi),20*log10(AF2),'r');
axis([-90 90 -80 1])
ylabel('Beam-pattern (dB)')
xlabel('\theta (degrees)')
title('Array Factor : Frequency =2.7e9; 10 element; d=0.5\lambda')
legend('ban dau','dich pha')

%% %%%%%%%%%%%%%Thay đổi khoảng cách giữa các phần tử:
clear all
close all
j=sqrt(-1);
c=3e08; % speed of light
fc=2.7e9; % carrier frequency
lambda= c/fc; % wavelength
d=0.5*lambda; % element spacing
d1=0.7*lambda; % element spacing
k1=2*pi/lambda; % propagation constant for signal at original frequency
N=10; % number of elements
```

```
theta0 = 20; %inital steer angle in degrees, measured from the array axis
theta=-pi/2:0.01:pi/2; % scan from 0 to pi
theta0= theta0*pi/180; % to convert from degrees to radians
sum1=0;
sum2=0;
for n=0:N-1
value = exp(j*(n*k1*d*(sin(theta)-sin(theta0))));
value1 = exp(j*(n*k1*d1*(sin(theta)-sin(theta0))));
sum1 = sum1 + value;
sum2 = sum2 + value1;
end
AF1=sum1/max(sum1); %normalised AF
AF2=sum2/max(sum2); %normalised AF
plot((theta*180/pi),20*log10(AF1),'b');grid on;hold on;
plot((theta*180/pi),20*log10(AF2),'r');
axis([-90 90 -80 1])
ylabel('Beam-pattern (dB)')
xlabel('\theta (degrees)')
title('Array Factor : Frequency =2.7e9; 10 element')
legend('d=0.5\lambda','d=0.7\lambda')

%% %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Thay đổi biên độ của tín hiệu
clear all
close all
j=sqrt(-1);
c=3e08; % speed of light
fc=2.7e9; % carrier frequency
lambda= c/fc; % wavelength
d=0.5*lambda; % element spacing
k1=2*pi/lambda; % propagation constant for signal at original frequency
N=10; % number of elements
theta0 = 20; %inital steer angle in degrees, measured from the array axis
theta=-pi/2:0.01:pi/2; % scan from 0 to pi
theta0= theta0*pi/180; % to convert from degrees to radians
sum1=0;
sum2=0;
for n=0:N-1
value = exp(j*(n*k1*d*(sin(theta)-sin(theta0))));
value1 = exp(j*(n*k1*d*(sin(theta)-sin(theta0))))+0.1;
```

```
sum1 = sum1 + value;
sum2 = sum2 + value1;
end
AF1=sum1/max(sum1); %normalised AF
AF2=sum2/max(sum2); %normalised AF
plot((theta*180/pi),20*log10(AF1),'b');grid on;hold on;
plot((theta*180/pi),20*log10(AF2),'r');
axis([-90 90 -80 1])
ylabel('Beam-pattern (dB)')
xlabel('\theta (degrees)')
title('Array Factor : Frequency =2.7e9; 10 element;d=0.5\lambda')
legend('ban dau','thay doi bien do')
```