

NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG KỸ THUẬT ĐỊNH DẠNG VÀ ĐIỀU KHIỂN BÚP SÓNG CHO MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG 5G

RESEARCH AND APPLICATION OF BEAMFORMING FOR 5G MOBILE INFORMATION NETWORK

Lê Việt Tiệp¹, Tống Văn Luyện^{2,*}

TÓM TẮT

Trong bài báo này, sẽ đề cập đến hai nền tảng quan trọng nhất của hệ thống thông tin di động 5G là Massive MIMO và kỹ thuật Hybrid Beamforming. Do đặc điểm của mạng 5G là hoạt động ở những tần số rất cao nên bước sóng sẽ là mm và để đảm bảo được công suất nhận được thì Massive MIMO sẽ là mảng anten được lựa chọn để áp dụng cho 5G. Ngoài ra, kỹ thuật Hybrid Beamforming là sự kết hợp giữa kỹ thuật Beamforming số và Beamforming tương tự cũng đã được xem xét và được lựa chọn để áp dụng cho 5G. Bên cạnh đó, kỹ thuật Hybrid Beamforming cũng đã áp dụng hai thuật toán là OMP và thuật toán ước lượng thích nghi cho đường dẫn đa kênh mmWave. Cuối cùng là một phần mềm được xây dựng để phục vụ cho việc mô phỏng trong hệ thống tin di động 5G.

Từ khóa: Hybrid Beamforming, Massive MIMO, mmWave.

ABSTRACT

In this paper, we will mention the two most important platforms of the 5G mobile communication system, Massive MIMO and Hybrid Beamforming technology. Because the characteristics of 5G network are operating at very high frequencies, the wavelength will be mm and to ensure the received power, Massive MIMO will be the selected antenna array to apply to 5G. In addition, technical Hybrid Beamforming is a combination of Digital Beamforming technique and similar Beamforming which has also been reviewed and selected to apply to 5G. In addition, the Hybrid Beamforming technique has also adopted two algorithms are OMP and an appropriate estimation algorithm for multi-channel mmWave paths. Finally, a software is built to simulate the 5G mobile messaging system.

Keywords: Hybrid Beamforming, Massive MIMO, mmWave.

¹Lớp Điện tử 4 - K10, Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Điện tử, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: luyen.tv@haui.edu.vn

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Có thể nói, cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 4 với những trụ cột như: AI, Big data, IoT hiện tại đang đặt ra cho khoa học kỹ thuật nói chung và ngành thông tin di động nói riêng những thách thức rất lớn, chúng đòi hỏi phải có những nền tảng tốt và một trong những nền tảng đó chính là hệ thống thông tin di động 5G. Hiện nay, 5G đang là chủ đề được rất nhiều các quốc gia trên thế giới tập trung đầu tư nghiên cứu và sau rất nhiều năm nghiên

cứu những thành tựu đầu tiên về mạng 5G đã bắt đầu xuất hiện và bước đầu được đưa vào ứng dụng trong cuộc sống. Tuy nhiên, phần lớn các quốc gia trên thế giới đều chưa triển khai được vào trong thực tế, chỉ có một số quốc gia phát triển là đã triển khai được hệ thống thông tin di động 5G vào thực tế, mặc dù vậy mọi thứ vẫn còn khá hạn chế. Và để triển khai nhanh hơn nữa việc đưa 5G vào cuộc sống, trong nghiên cứu sẽ trình bày về kỹ thuật xử lý tín hiệu trong hệ thống thông tin di động 5G với hai nền tảng chính được tập chung nghiên cứu là: Hybrid Beamforming và Massive MIMO. Bên cạnh đó, nghiên cứu này còn tập trung xây dựng một phần mềm ứng dụng giúp mô phỏng kỹ thuật Hybrid Beamforming trong hệ thống thông tin di động 5G.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hybrid Beamforming

Hybrid Beamforming là một kỹ thuật định dạng và điều khiển búp sóng đặc biệt kỹ thuật này là sự kết hợp những ưu điểm nổi bật của Beamforming số và Beamforming tương tự. Kỹ thuật này được lựa chọn để áp dụng vì nó giúp ta làm giảm được chi phí sản xuất phần cứng, nhưng vẫn giữ được một hiệu suất phổ tốt. Mặc dù hiệu suất phổ của việc áp dụng kỹ thuật này vẫn còn kém hơn so với việc áp dụng kỹ thuật Beamforming số nhưng nó đã giúp chúng ta giảm được đáng kể số lượng của các chuỗi cao tần cần được sử dụng qua đó tiết kiệm hơn trong chi phí sản xuất.

Về cơ bản cấu trúc của kỹ thuật này có thể được chia làm hai loại chính là: Hybrid Beamforming kết nối một phần và Hybrid Beamforming kết nối toàn phần.

2.2. Kênh truyền

Trong hệ thống thông tin di động nói chung và mạng thông tin di động 5G nói riêng thì kênh truyền là yếu tố không thể bỏ qua, yếu tố này sẽ giúp cho kỹ thuật Hybrid Beamforming hoạt động một cách hiệu quả hơn rất nhiều. Về cơ bản, kênh truyền MIMO có thể chia thành các cells nhỏ, mỗi cell sẽ bao gồm một trạm phát và một thiết bị thu, mỗi trường giữa chúng được gọi là kênh truyền, yếu tố kênh truyền này có thể xác định gần đúng theo công thức sau:

$$H = \sqrt{\frac{N_{BS}N_{MS}}{p}} \sum_{l=1}^L \alpha_l a_{MS}(\theta_l) a_{BS}^H(\varphi_l) \quad (1)$$

Cũng giống như Hybrid Beamforming, thì kênh truyền cũng được chia làm hai loại là: kênh truyền biết trước và kênh truyền chưa biết trước.

2.3. Thuật toán

Ngoài yếu tố kênh truyền, thì một trong những yếu tố khác mà ta không thể không nhắc đến trong việc đảm bảo sự hoạt động hiệu quả của kỹ thuật Hybrid Beamforming đó là thuật toán.

Trong nghiên cứu này sẽ giới thiệu hai thuật toán chính được áp dụng là: thuật toán OMP và thuật toán ước lượng thích nghi cho đường dẫn đa kênh MIMO.

Thuật toán OMP giúp ta tìm búp sóng tốt nhất, còn thuật toán thứ hai được áp dụng cho trường hợp ước lượng kênh truyền, mục đích của thuật toán này là đi xây dựng một kiến trúc của codebook.

2.4. Massive MIMO

Hệ thống thông tin di động 5G hoạt động ở dải tần rất cao (30 - 300GHz), nên để đáp ứng được công suất thu cũng như những yêu cầu mà hệ thống thông tin di động 5G đem lại thì kiến trúc mảng anten cần được áp dụng ở đây phải là Massive MIMO. Đây là kiến trúc mảng anten rất lớn, nó là sự tập hợp của một mảng gồm hàng trăm, thậm chí hàng nghìn phần tử anten. Nhờ có Massive MIMO mà giữa điểm phát tới điểm thu ta có thể có nhiều đường dẫn hơn, hệ thống có thể cung cấp tới nhiều người dùng cùng lúc, tăng đáng kể tốc độ truyền dẫn cũng như góp phần vào việc cải thiện được hiệu suất phổ của hệ thống.

3. XÂY DỰNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG

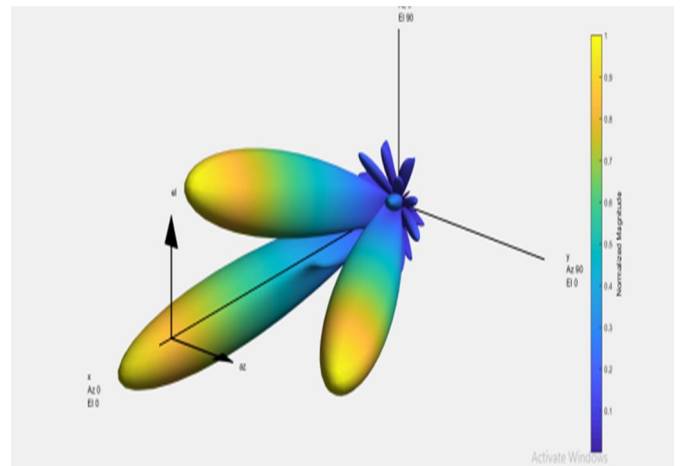
Việc triển khai các thành phần của mạng thông tin di động 5G vào cuộc sống là một vấn đề rất phức tạp và khó khăn, đòi hỏi kinh phí và tiêu tốn rất nhiều thời gian. Để có thể đẩy nhanh hơn việc triển khai hệ thống 5G vào cuộc sống, thì những công việc mô phỏng hệ thống trên phần mềm là rất quan trọng, việc mô phỏng sẽ giúp chúng ta có được sự đánh giá và cái nhìn chính xác nhất, toàn diện nhất trước khi triển khai hệ thống vào thực tế. Vì lý do trên, việc xây dựng một phần mềm mô phỏng là yếu tố cấp thiết hơn bao giờ hết với mục đích cung cấp công cụ mô phỏng cho một số thành phần trong hệ thống thông tin di động 5G.

Xuất phát từ yêu cầu trên một phần mềm đã được xây dựng bằng phần mềm Matlab với tên gọi là “Phần mềm mô phỏng kỹ thuật Hybrid Beamforming cho hệ thống thông tin di động 5G”.

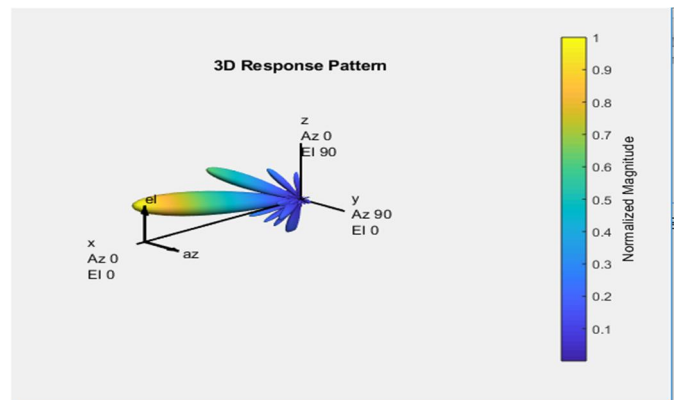
Hình 1 là hình ảnh của phần mềm được thiết kế.

4. KẾT QUẢ

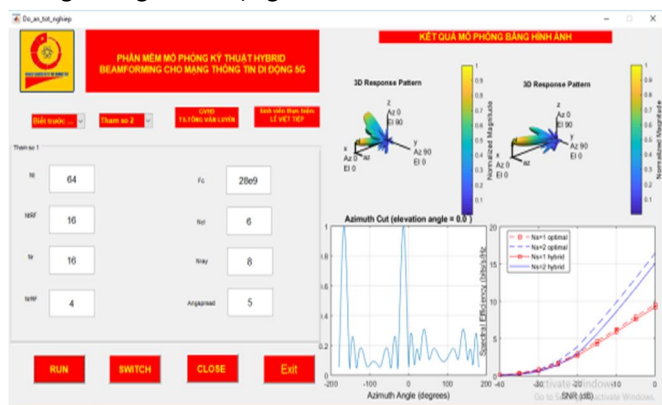
Trong phần này sẽ trích xuất một số kết quả hình ảnh mô phỏng được từ phần mềm đã được xây dựng ở phần trước, những kết quả này được mô phỏng theo 4 trường hợp là: kênh truyền đã biết, kênh truyền chưa biết trước, mô phỏng kênh truyền MIMO và thiết kế anten vi dải.



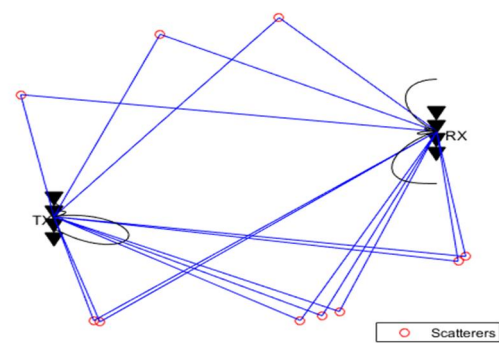
Hình 2. Đồ thị bức xạ của trường hợp kênh truyền chưa biết trước



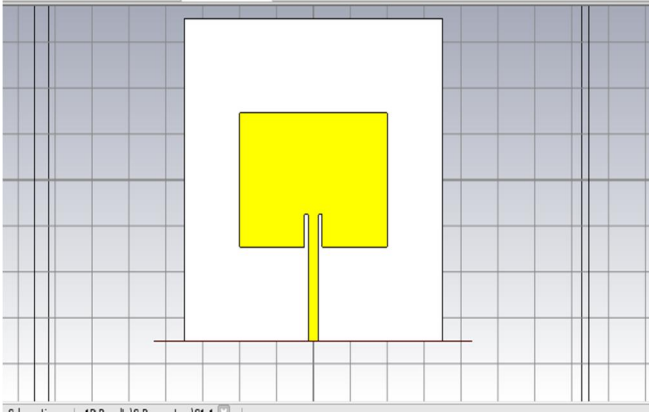
Hình 3. Đồ thị bức xạ của trường hợp kênh truyền đã biết trước



Hình 1. Hình ảnh của phần mềm



Hình 4. Kênh truyền MIMO



Hình 5. Thiết kế anten vi dải

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày về việc áp dụng Hybrid Beamforming và Massive MIMO cho mạng thông tin di động 5G với những ưu điểm về việc tăng hiệu suất phổ cũng như là giảm chi phí chế tạo. Tuy nhiên, hạn chế của nghiên cứu là chỉ áp dụng cho trường hợp như một người dùng nhưng chưa áp dụng cho trường hợp nhiều người dùng, những thuật toán cần phải được cải thiện hơn nữa để giảm bớt đi tính phức tạp của nó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phan Anh, 2007. *Lý thuyết và kỹ thuật anten*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Ahmed Alkhateeb, Omar El Ayach, Geert Leus, and Robert W. Heath Jr.. *Channel Estimation and Hybrid Precoding for Millimeter Wave Cellular Systems*.
- [3]. Shai Abu-Surra and Robert W. Heath. *Channel Estimation and Hybrid Precoding for Millimeter Wave Cellular Systems*.
- [4]. C. A. Balanis, Antenna Theory, 2005. *Analysis and Design*, 3rd edition, JOHN WILEY & SONS, INC.