Ứng dụng cấu trúc DGS để giảm thiểu tương hỗ trong anten 4G - LTE

ThS. Dương Thị Thanh Tú
Hoàng Quân

GIỚI THIỆU CHUNG

Trên thế giới hiện nay, các hệ thống thông tin di động thế hệ thứ 3 (3G) đang dần được chuyển đổi lên thế hệ thông tin di động thứ 4 (4G). Trong đó, LTE (Long Term Evolution) và bước phát triển tiếp theo LTE-Advanced là một xu thế 4G, phát triển bởi 3GPPP, được phần lớn các quốc gia lựa chọn. Xét về đặc tính lớp vật lý, LTE sử dụng kỹ thuật OFDMA, công nghệ đa anten MIMO cùng như các đặc tính tiên tiến khác để nâng cao các đặc tính của dịch vụ di động như gia tăng dung lượng và tốc độ dữ liệu, giảm trễ truyền dẫn...

Chuẩn LTE có thể được triển khai trên nhiều băng tần khác nhau. Ở Bắc Mỹ, dải tần 700/800 MHz và 1700/1900 MHz được qui hoạch cho LTE trong khi đó ở châu Âu qui định dải tần là 800, 1800 và 2600 MHz...

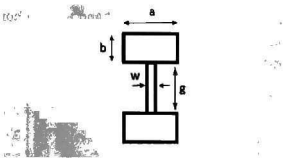
MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) là công nghệ sử dụng nhiều anten phát và nhiều anten thu, cho phép tăng đáng kể dung lượng kênh truyền từ đó tăng tốc độ số liệu. Trên các thiết bị cầm tay hiện đại, thiết kế anten đòi hỏi phải mỏng, gọn, nhẹ, dễ chế tạo và anten vi dải trở thành giải pháp hợp lý để đáp ứng những yêu cầu này. Tuy nhiên, một trong những vấn đề nghiêm trọng khi ứng dụng MIMO trong các thiết bị cầm tay chính là sự giới hạn về mặt kích thước. Điều này càng trở thành thách thức lớn đối với các nhà thiết kế anten khi thiết bị LTE hoạt động ở băng tần 700/800 MHz (sóng dài). Để đảm bảo giới hạn về kích thước, các nhà chế tạo buộc phải đặt các anten ở gần nhau làm nảy sinh ra hiện tượng tương hỗ, suy giảm đáng kể hiệu năng anten. Để giảm ảnh hưởng của hiện tượng tương hỗ, một kỹ thuật mới được đề xuất đó là sử dụng kỹ thuật làm khuyết mặt phẳng nền của anten MIMO.

Cấu trúc mặt phẳng nền khuyết (Defected Ground Structure – DGS) là một khái niệm được phát triển từ vài năm gần đây từ các nghiên cứu về cấu trúc dải chắn điện từ (EBG), được sử dụng để giảm nhỏ kích thước anten cũng như giảm thiểu ảnh hưởng tương hỗ giữa các anten đặt gần nhau. Với cấu trúc bao gồm một hoặc nhiều ô đơn vị *(unit cell)* được khoét trên mặt phẳng nền của anten, DGS kế thừa những đặc tính của EBG như đặc tính ức chế sóng *(stop band)* hay sóng chậm *(slow wave)*. Bên cạnh đó, DGS có cấu trúc đơn giản và dễ chế tạo. Vì vậy,

DGS gần đây thu hút được nhiều sự quan tâm từ giới nghiên cứu khoa học cho các ứng dụng trong các sản phẩm điện tử có kích thước nhỏ như các bộ lọc hay các anten vi dải.

CẤU TRÚC MẶT PHẲNG NỀN KHUYẾT DGS

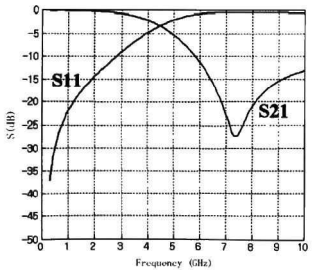
Cấu trúc DGS



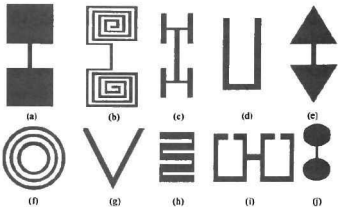
Hình 1: Cấu trúc Dumbbell DGS.

Cấu trúc DGS bắt đầu được khởi xướng với hình dạng cơ bản nhất là *dumbbell (hình dạng giống với mặt cắt của một quả tạ)*. Dumbbell DGS bao gồm hai vùng khuyết hình chữ nhật có kích thước a x b được nối với nhau bởi một khe hẹp có kích thước g x w được khắc trên mặt phẳng nền như minh hoa trong Hình 1.

Chạy mô phỏng CST cho cấu trúc Dumbbell DGS trên, kết quả cho ra đồ thị S trên Hình 2, với S21 suy



Hình 2: Các hàm S của một cấu trúc Dumbbell DGS.



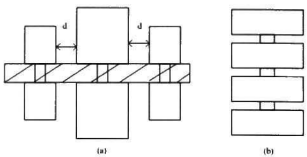
Hình 3: Các hình dạng khác nhau của DGS:
a) hình dumbbell vuông b) hình xoắn c) hình H d) hình U e) hình mũi tên f) hình nhẫn tròn đồng tâm g) hình V h) hình đường uốn khúc i) hình dumbbell vòng mở j) hình dumbbell tròn.

giảm trong một khoảng rông tần số.

DGS có thể được ứng dụng bằng cách sử dụng dưới hai dạng: DGS đơn và DGS tuần hoàn.

DGS đơn: Có rất nhiều hình dang khác nhau của DGS được mô tả trong Hình 3.

DGS tuần hoàn: Là sự lặp lại một cấu trúc DGS đơn một cách tuần tự.



Hình 4: DGS tuần hoàn:
a) theo phương ngang b) theo phương thẳng đứng.

Các ứng dụng của DGS

Những đặc tính ưu việt của DGS cho phép nó có nhiều ứng dụng phong phú trong các mạch điện tử bởi các đặc tính chặn băng, sóng chậm, đường truyền trở kháng cao... Trong đó, chặn băng và sóng chậm là hai ứng dụng quan trọng nhất của DGS.

SỬ DỤNG DGS ĐỂ GIẢM THIỂU TƯƠNG HỖ TRONG HỆ THỐNG ANTEN MIMO 4G - LTE

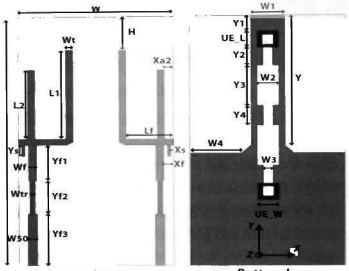
Được đề xuất lần đầu tiên vào năm 2004 bởi hãng NTT DoCoMo của Nhật nhưng phải đến tháng 5/2007 liên minh sáng kiến thử nghiệm LTE/SAE mới được thành lập để thúc đẩy việc hoàn thành tiêu chuẩn mới, đảm bảo triển khai trên toàn cầu. Tháng 12/2008, tiêu chuẩn LTE được hình thành và phiên bản cải tiến của LTE (LTE - Advanced) được chuẩn hóa vào tháng 3/2011. Đặc tính kỹ thuật của LTE: tốc độ tải xuống 300 Mbit/s; tốc độ tải lên 75 Mbit/s; trễ truyền dẫn tổng thể < 5 ms. Để đạt được điều này, một loạt kỹ thuật mới được đưa vào, trong đó có công nghệ đa anten MIMO, cho phép các thiết bị di động và trạm phát sóng kết nối trao đổi dữ liệu với nhau thông qua nhiều anten. Với LTE, số lượng anten tối đa kết nối cùng lúc là 4 trong khi LTE - Advanced, con số này lên đến 8. Điều này mang lại hai tính năng chính:

- Tập trung hướng tín hiệu theo một hướng nhất định, tăng cường độ tín hiệu lên nhiều lần mà không cần tăng công suất của nguồn phát.

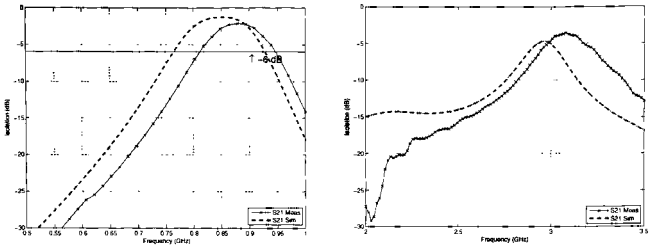
- Tăng tốc độ truyền tải dữ liệu thông qua việc tăng kết nối. Trong trường hợp lý tưởng, 8 anten có thể tăng tốc độ dữ liệu lên đến 8 lần.

Tuy nhiên, việc tăng số lượng anten lên sẽ làm tăng kích thước thiết bị đầu cuối. Đây là một thách thức lớn đối với các thiết kế, chế tạo đầu cuối di động đặc biệt đối với những hệ thống sử dụng bước sóng dài tại băng tần 700/800 MHz của LTE, khi người dùng luôn mong muốn thiết bị cầm tay của họ phải nhỏ gọn, dễ cầm.

Hình 5(a) giới thiệu một thiết kế anten MIMO trong thiết bị cầm tay LTE, gồm hai anten hoạt động ở băng tần LTE 800 MHz và một băng tần cao hơn là 3 GHz. Kiến trúc này bao gồm hai miếng kim loại dẫn điện hình số 4 đặt trên một lớp nền bằng vật



Hình 5: Cấu trúc anten



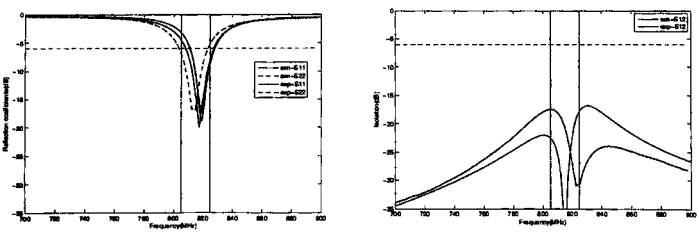
a) b)

Hình 6: Hệ số cách li giữa các phần tử anten.

liệu FR4 có hằng số điện môi = 4,4; bề dày h = 1,56 mm. Các kích thước (đơn vị tính theo mm): W=50, L=100, H=13,55, Xa2=1,67, Lf=15,3, Xs=1,0446, Xf=2,1716, Wt=2,2, L1=35,75, L2=28, Ys=4,5, Yf1=14,5, Yf2=13,44, Yf3=20,56, Wf=2,5, Wtr=0,7, W50=3. Tuy nhiên, thiết kế này trở nên không khả dụng do hiện tượng ghép tương hỗ xảy ra quá mạnh (Hình 6). Ta có thể nhận thấy sự cách li quá thấp tại vùng tần số cộng hưởng (chỉ đạt dưới -5dB) làm suy giảm mạnh mẽ hiệu năng của anten.

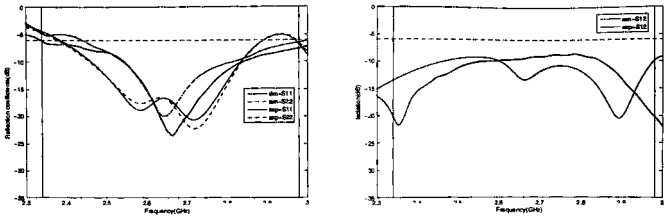
Trong Hình 5(b), sử dụng cấu trúc DGS đặt ở giữa hai anten, trên tấm kim loại mặt phẳng nền, phía dưới lớp nền với các kích thước (đơn vị tính theo mm) như sau: Y1=6,23, Y2=7, Y3=16, Y4=8, Y=52, W1=11; W2=3; W3=7; UE_L=6.77; UE_W=6,77; Wtrace = 0,2, Gap = 0,127. Lúc này DGS có vai trò như một bộ lọc chặn băng, cản không cho bức xạ từ anten 1 lan truyền sang anten 2 và ngược lại. Việc này đạt được khi băng tần bị chặn chứa băng tần hoạt động của anten.

Hình 7 thể hiện kết quả mô phỏng và đo đạc của anten ở băng tần thấp. Có thể nhận thấy, giới hạn băng thông -6 dB đạt được ở phần tử anten 1 và 2 lần lượt trong khoảng (803 đến 823 MHz) và (807 đến 827 MHz), tương đương với băng thông 20 MHz và thỏa mãn yêu cầu băng thông trong LTE. Trong khi đó, sự cách ly giữa hai phần tử đạt tối thiểu 17 dB và tối đa lên tới trên 30 dB với kết quả đo đạc



(a) (b)

Hình 7: Kết quả S-Parameter ở băng tần thấp
a) hệ số phản xạ (S11) b) sự cách li giữa hai phần tử anten (S12).



(a) (b)

Hình 8: Kết quả S-Parameter ở băng tần cao
a) hệ số phản xạ (S11) b) sự cách li giữa hai phần tử anten (S12).

thực tế. Còn ở băng tần cao (Hình 8), băng thông hoạt động của mỗi phần tử anten xấp xỉ 450 MHz ở vùng tần số 2,6 GHz (cũng là một băng tần cấp phép trong LTE), tuy nhiên sự cách ly chỉ đạt tối thiểu 9 dB. Điều này là do việc điều chỉnh sao cho đáp ứng tần số của DGS chủ yếu nằm ở băng tần thấp hơn. Mặc dù vậy sự cách li cũng đã được cải thiện đáng kể so với thiết kế cũ khi không sử dụng DGS.

KẾT LUẬN

Ví dụ trên đây về thiết kế anten MIMO ứng dụng trong LTE có sử dụng cấu trúc mặt phẳng nền khuyết (DGS) cho thấy hiệu quả đáng kể của DGS trong việc làm giảm hiện tượng ghép tương hỗ. DGS với đặc tính ưu việt cùng với cấu trúc đơn giản, dễ nghiên cứu và chế tạo đã, đang và sẽ thu hút được nhiều sự chú ý để ứng dụng trong các thiết bị điện tử kích thước nhỏ, trong đó có ứng dụng trong việc thiết kế các anten cho các thiết bị đầu cuối.

Tài liệu tham khảo

[1]. DEBATOSH GUHA, YAHIA M.M ANTAR, *Microstrip and printed antennas: New trends, techniques and application*, John Wiley &Sons, 2011.

[2]. CHIRAG GARG, MAGANDEEP KAUR, *A review of Defected Ground Structure (DGS) in Microwave Design*, International Journal of Inovative Research in Electrical, Electronic, Instrumentation and Control Engineering, Vol. 2, Issue 3, March 2014.

[3]. M. A. JAN, D. N. ALOI and M. S. SHARAWI, *A 2x1 Compact Dual Band MIMO Antenna system for Wireless Handheld Terminals*, IEEE Radio and Wireless Symposium RWS 2012, Santa Clara, California, January 2012.

[4]. M A. JAN, D. N. ALOI and M. S. SHARAWI, *A Defected Ground Structure for Isolation Enhancement in a Printed MIMO Antenna System*, 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 2013.

[5]. NATASHA SIMONOVSKI, *Towards 4G: Technical Overview of LTE and LTE Advanced*, 2011 IEEE Global Communications Conference, 2011.