Mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ sử dụng cấu trúc và vật liệu có khả năng in được

Encrypt Data with Electromagnetic Waves Using Printable Structures and Materials

Lê Công Cường*, Đào Trung Kiên, Nguyễn Thanh Hường, Phạm Thị Ngọc Yến

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Đến Tòa soạn: 08-04-2019; chấp nhận đăng: 25-09-2020

Tóm tắt

Trong bài báo này, tác giả đã phân tích bài toán mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ, phương pháp tiếp cận và các khó khăn, thách thức cần giải quyết, nghiên cứu lựa chọn vật liệu phù hợp từ đó đưa ra một cấu trúc thiết kế mới, giải quyết được một trong những khó khăn lớn nhất đó là cấu trúc mã hóa có khả năng in được. Điều này sẽ giúp giảm giá thành, cũng như đơn giản hóa việc sản xuất cấu trúc mã hóa với số lượng lớn. Cấu trúc sử dụng vật liệu nền là polyimide và mực in dẫn điện với phương pháp chế tạo là công nghệ in phun phổ thông, cấu trúc được thiết kế dựa trên mảng ăng-ten lưỡng cực (dipole) cho mỗi bộ tần số. Dữ liệu được mã hóa trên cơ sở xác định công suất phản hồi tại các tần số định trước trong dải từ 3GHz đến 9GHz thông qua hệ số RCS. Phần mềm CST Microwave Studio được sử dụng để thiết kế và mô phỏng cấu trúc với khả năng mã hóa 5 bit dữ liệu cho mỗi bộ tần số. Cấu trúc mã hóa có thiết kế đơn giản, cho phép nâng cao khả năng mã hóa dữ liệu với một kích thước bé.

Từ khóa: RFID không chip, cảm biến không dây, mã hóa tần số

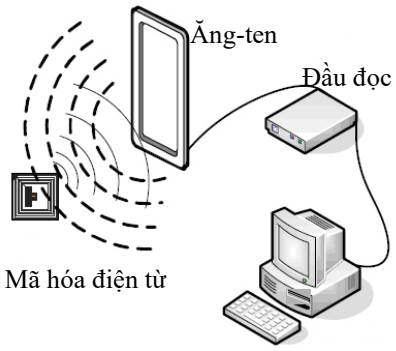
Abstract

In this paper, the authors have analyzed the problem of data encryption by electromagnetic waves, the approach and the challenges that need to be solved, studied the selection of suitable materials to give a new structure design to address printable structure. It will help reducing costs, as well as simplifying production in large quantities. The structure uses a polyimide substrate and conductive ink with a fabrication method of common inkjet technology. The structure is designed based on dipole antenna array for each frequency set. Data is encoded on the basis of determining the feedback power at predetermined frequencies in the range of 3GHz to 9GHz via RCS factor. CST Microwave Studio software is used to design and simulate structures with the ability to encode 5 data bits per frequency set. Encryption structure has a simple design, allowing to improve the data encryption with a small size.

Keywords: Chipless RFID, wireless sensor, radar cross section, frequency coding

1. Giới thiệu

Ngày nay việc mã hóa dữ liệu để định danh đối tượng đã được ứng dụng rộng rãi vào các lĩnh vực như: Định danh đối tượng phục vụ trong bán lẻ, quản lý và vận chuyển hàng hóa; định danh người trong thanh toán trực tuyến, quản lý vào ra, căn cước điện tử v.v… Bên cạnh đấy cùng với sự ra đời của Cách mạng công nghiệp 4.0 là sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ Internet vạn vật (IoT – Internet of Things) mà ở đó các đối tượng trong mạng không chỉ được mã hóa thông tin định danh mà còn có thể được mã hóa cả thông tin về các thông số đo lường theo thời gian thực. Hai phương pháp mã hóa dữ liệu đang được sử dụng nhiều nhất là mã vạch (barcode) [1] và mã QR [2]. Tuy nhiên các phương pháp này tồn tại một số nhược điểm như: mỗi lần chỉ kiểm tra được một mã dữ liệu, phải tiếp xúc trực tiếp (thẳng hàng, không có vật cản) với đầu quét mã hoặc camera.



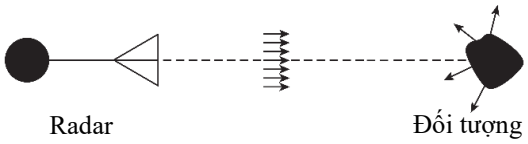
Hình 1. Kỹ thuật mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ

* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 914.473.193
Email: cuong.lecong@hust.edu.vn

Kỹ thuật mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ (Hình 1) với đặc tính có thể truyền xuyên qua các lớp vật liệu như giấy, vải, nhựa, v.v… [3] sẽ khắc phục hoàn toàn các nhược điểm của hai phương pháp sử dụng mã vạch và mã QR, cho phép quét dữ liệu mã hóa của nhiều đối tượng cùng một lúc, xuyên qua vật cản và không yêu cầu phải thẳng hàng với ăng-ten của đầu đọc. Kỹ thuật này sử dụng vi mạch IC để lưu trữ dữ liệu và điều chế sóng điện từ do vậy phương pháp chế tạo phức tạp hơn nhiều so với phương pháp sử dụng công nghệ in của mã vạch và mã QR, dẫn đến giá thành của kỹ thuật này cao và chưa được sử dụng phổ biến hiện nay. Nghiên cứu áp dụng công nghệ in cho kỹ thuật mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ, cho phép chế tạo được giống như kỹ thuật mã vạch và mã QR để có thể giảm giá thành, giúp cho kỹ thuật này trở nên phổ biến đang là vấn đề được quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Bên cạnh việc nghiên cứu về cấu trúc là các nghiên cứu để tăng khả năng mã hóa điện từ (số bit) trong một kích thước bé, sử dụng vật liệu rẻ và thân thiện với môi trường. Trong bài báo này, tác giả đề xuất một cấu trúc và vật liệu phù hợp cho mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ có khả năng in được, dựa trên tính chất phản hồi công suất phụ thuộc vào tần số của các phần tử đặc biệt trên cấu trúc.

2. Nguyên lý phản hồi sóng điện từ

Trong công nghệ mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ, có một số nguyên lý và kỹ thuật được sử dụng để mã hóa [4], tuy nhiên để thỏa mãn yêu cầu có thể in được dẫn đến cấu trúc phải có dạng phẳng và có kích thước bé tác giả vận dụng nguyên lý dựa trên tính chất phản hồi sóng điện từ với đặc trưng riêng của các phần tử có cấu trúc đặc biệt tại các tần số khác nhau.



Hình 2. Mô hình radar

Đặc trưng của phản hồi này được nghiên cứu trong mô hình radar (Hình 2) thông qua hệ số RCS (Radar Cross Section - σ) của đối tượng, thể hiện tỷ số công suất sóng điện từ mà đối tượng phản hồi ngược lại *Pb* so với công suất mà đối tượng nhận được *Pi* theo công thức (1) [5].

$$\sigma = \frac{P_b}{P_i} \quad (1)$$

Giả sử radar sử dụng một ăng-ten thực hiện cả hai chức năng phát và thu sóng điện từ, trong đó độ lợi của ăng-ten là G; khoảng cách từ đối tượng đến ăng-ten là R; công suất ăng-ten phát ra và nhận lại được lần lượt là P_t, P_r; hệ số tổn hao công suất trong môi trường truyền sóng là K_l, thì hệ số RCS có thể được xác định theo công thức (2).

$$\sigma = (\frac{4\pi R^2}{GK_l})^2 \frac{P_r}{P_t} \quad (2)$$

Áp dụng mô hình radar vào hệ thống mã hóa dữ liệu sử dụng sóng điện từ thì các hệ số *R, G, Kl, Pt* là không đổi cho mọi đối tượng, do vậy có thể kết luận rằng hệ số σ đặc trưng cho công suất phản hồi *Pr* từ đối tượng mà ăng-ten nhận được. Công suất phản hồi phụ thuộc nhiều thông số vật lý của đối tượng như hình dáng bề mặt, vật liệu, góc,… và phụ thuộc vào tần số của tín hiệu điện từ [6], vì vậy khi các thông số của hệ thống này là giống nhau cho mọi đối tượng thì tính chất phản hồi công suất tại các tần số khác nhau sẽ được sử dụng để mã hóa dữ liệu. Khả năng mã hóa dữ liệu của đối tượng được thể hiện thông qua số đỉnh RCS (công suất phản hồi lớn nhất) trong một dải tần số xác định.

Nếu coi đối tượng như một ăng-ten phát thì tại tần số có công suất thu được là lớn nhất (đỉnh RCS) sẽ tương ứng với việc đối tượng truyền được nhiều công suất mà nó nhận được nhất và công suất bị hấp thu là ít nhất, hay tỷ số giữa công suất tổn hao và công suất phát đi (hệ số S11 của ăng-ten) là bé nhất và chính là cộng hưởng ở tần số này. Đây là điểm mấu chốt để đề xuất thiết kế cấu trúc mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ. Vậy nếu quy ước mỗi đỉnh RCS là một bit dữ liệu thì tiêu chí đặt ra là cấu trúc mã hóa phải tạo ra được nhiều đỉnh RCS để tăng khả năng mã hóa, hay cấu trúc thiết kế phải cộng hưởng ở nhiều tần số khác nhau. Điều này đưa đến một đề xuất thiết kế cấu trúc mã hóa là sử dụng một mảng các ăng-ten, mà mỗi ăng-ten sẽ cộng hưởng ở một tần số xác định, và việc có hay không có một ăng-ten nào đó sẽ tạo hoặc không tạo ra đỉnh RCS hay tương đương với việc tạo ra bit dữ liệu có logic 1 hoặc 0.

3. Thiết kế cấu trúc mã hóa

3.1 Nghiên cứu công nghệ và lựa chọn vật liệu

Để giải quyết bài toán đặt ra từ đầu là cấu trúc có khả năng in được thì các ăng-ten phải được chế tạo bằng phương pháp in, sử dụng mực dẫn điện in trên một loại vật liệu nền phù hợp. Hiện nay, loại mực in có độ dẫn điện cao, sử dụng cho các máy in phun đã được hãng như Xerox, Mitsubishi, Sigma-Aldrich,… sản xuất ở quy mô thương mại với thành phần chính là nguyên tố bạc, có điện trở suất rất thấp, gần tương đương với nguyên tố vàng nên rất phù hợp để chế tạo ăng-ten [7].

Đối với vật liệu nền hoạt động trong môi trường điện từ, tham số điện môi phức được khảo sát và đánh giá theo công thức (3):

$$\varepsilon_r = \varepsilon'_r - j\varepsilon''_r \quad (3)$$

trong đó ε'_r là hằng số điện môi - tỷ lệ thuận với năng lượng điện từ sẽ phản xạ lại môi trường, và ε''_r là hằng số tổn hao - tỷ lệ thuận với năng lượng điện từ nhận

được sẽ đi vào bên trong vật liệu nền, gây ra thất thoát năng lượng dưới dạng nhiệt. Để đặc trưng cho loại vật liệu có thể sử dụng tốt trong môi trường điện từ hay không, thì một hệ số mới đã được đưa ra để làm tiêu chí cho việc đánh giá là hệ số tổn hao tanδ, được tính bằng tỷ số giữa ε_r' và ε_r''. Như vậy, loại vật liệu nền phù hợp là vật liệu có hệ số tanδ càng bé càng tốt với giá trị giới hạn là 0,025 [8], và phải có khả năng in được với mực in dẫn điện khi sử dụng máy in phun phổ thông. Từ yêu cầu đó, khảo sát hệ số tanδ của các vật liệu có trên thị trường và có thể sử dụng được, với độ dày phổ biến, hoạt động ở cùng một tần số, kết quả thể hiện trong Bảng 1. Các tác giả lựa chọn vật liệu PI (polyimide) không chỉ là loại vật liệu có hệ số tốt nhất mà còn có các tính chất nổi bật như: mỏng nhẹ, nguồn gốc hữu cơ, giá rẻ, mềm dẻo, đặc biệt bền với nhiệt, hóa chất và cơ học.

Ngoài hệ số tổn hao tanδ thì hằng số điện môi ε_r' của vật liệu PI cũng ổn định với tần số, là yếu tố giúp cho tần số cộng hưởng của cấu trúc sử dụng vật liệu này không bị thay đổi trong giải tần số hoạt động, lý do là vì hằng số điện môi liên hệ trực tiếp với bước sóng của tần số cộng hưởng. Khảo sát sự ổn định của các thông số này trong giải tần số từ 1GHz đến 10GHz được thực hiện bởi hãng chuyên sản xuất vật liệu Polyimide film - DuPont™ (Hình 4, Hình 5). Ở Hình 4, có thể nhận sự thay đổi của hệ số tổn hao trong dải tần số 1-10GHz chỉ tăng lên khoảng 0,001, và bé hơn 0,006, thấp hơn nhiều so với 0,025 là ngưỡng giá trị của vật liệu hoạt động trong môi trường điện từ. Còn trong Hình 5, thể hiện sự thay đổi giá trị hằng số điện môi của vật liệu cũng trong dải tần số trên, và có độ thay đổi chưa đến 0,1, ảnh hưởng rất ít đến độ sai lệch tần số cộng hưởng [9].

3.2 Cấu trúc mã hóa

Với nguyên lý được phân tích ở trên, kết hợp với loại vật liệu nền đã lựa chọn thì để cấu trúc có thể chế tạo được bằng công nghệ in, yêu cầu mảng các ăng-ten sử dụng phải có dạng phẳng và đơn giản. Từ đây, các tác giả đã đề xuất sử dụng mảng ăng-ten lưỡng cực (dipole) (Hình 6) để thoả mãn các tiêu chí đặt ra.

Đối với dạng ăng-ten này, nếu độ dài của ăng-ten là bội số của nửa bước sóng (4) thì sẽ xảy ra hiện tượng cộng hưởng ở tần số có bước sóng đó [10]:

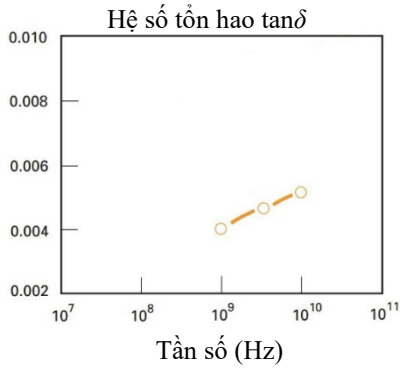
$$l = n\frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{c_0}{f\sqrt{\varepsilon'}} \quad (5)$$

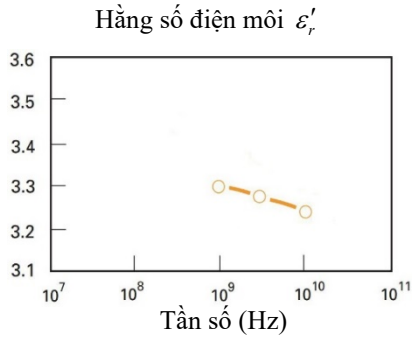
c_0 là vận tốc ánh sáng, f là tần số sóng điện từ, ε_r' là hằng số điện môi, λ là bước sóng, n là một hằng số nguyên dương, l là chiều dài của ăng-ten. Công thức (4) và (5) được sử dụng để tính chiều dài các ăng-ten tương ứng với các tần số cộng hưởng mong muốn.

Bảng 1. Các thông số các vật liệu nền

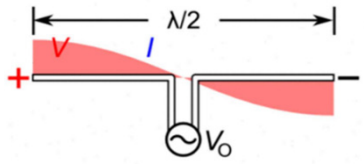
Tên vật liệu	Độ dày	Chất liệu	tan δ
DHJ Pearl	110um	Vải	0,0206
PET	50um	Nhựa	0,0085
FR4	200mm	Sợi thủy tinh	0,0154
PI	125um	Polyme	0,0045
PWR Coat	100mm	Giấy	0,0969



Hình 4. Hệ số tổn hao phụ thuộc tần số



Hình 5. Hằng số điện môi phụ thuộc tần số



Hình 6. Ăng-ten lưỡng cực nửa bước sóng

Việc lựa chọn các tần số để xảy ra cộng hưởng có một số các ràng buộc như sau:

- Số tần số cộng hưởng tương ứng với số bit dữ liệu, nên xu hướng sẽ là chọn nhiều tần số để tăng khả năng mã hóa dữ liệu, đồng nghĩa với việc thiết kế nhiều ăng-ten gần nhau trên một cấu trúc. Vì bản chất của ăng-ten là mạch dao động RLC và khi các mạch dao động này nằm càng gần nhau thì giá trị cảm kháng và dung kháng của cuộn dây và tụ điện sẽ thay đổi càng nhiều, dẫn đến sai lệch tần số cộng hưởng theo tính toán.

• Nếu lựa chọn tần số cộng hưởng càng cao hay bước sóng càng ngắn thì chiều dài của ăng-ten càng ngắn, giảm diện tích của cấu trúc, tăng mật độ dữ liệu hay chính là tăng khả năng mã hóa dữ liệu của cấu trúc, tuy nhiên dải tần số hoạt động của các thiết bị phân tích tín hiệu điện từ là giới hạn, băng thông của ăng-ten thu phát tín hiệu điện từ cũng là giới hạn và thường được thiết kế theo một chuẩn băng tần xác định, dẫn đến việc lựa chọn tần số cộng hưởng cũng phải trong giới hạn thích hợp.

Từ các ràng buộc trên, tác giả lựa chọn tần số cộng hưởng lớn nhất nằm trong dải tần siêu rộng UWB tức là dưới 10,6GHz để phù hợp với thiết bị đo và băng thông ăng-ten thu, phát sóng điện từ được thiết kế cho băng tần này và tần số cộng hưởng bé nhất không dưới hơn 3GHz để bảo kích thước của ăng-ten không quá lớn. Để giảm thiểu ảnh sự hưởng lẫn nhau làm thay đổi giá trị cảm kháng và dung kháng của các ăng-ten dẫn đến sai lệch tần số cộng hưởng, thì số ăng-ten được lựa chọn tương ứng với số tần số cộng hưởng là 5, hay cấu trúc có mã khả năng mã hóa 5 bit. Tần số cộng hưởng trung tâm là điểm chính giữa của dải băng thông siêu rộng UWB - 6GHz, và độ lệch tần số với các ăng-ten liên tiếp nhau là 1,5GHz để phù hợp với dải tần số hoạt động 3-10GHz. Thiết kế của cấu trúc mã hóa với 5 ăng-ten lưỡng cực, in trên vật liệu nền là PI (polymide) được thể hiện ở Hình 7 với các thông số kích thước theo Bảng 2.

Trong các thông số được trình bày ở Bảng 2 thì tham số về độ dày của vật liệu nền (H) và độ dày (t), độ rộng (w) của lớp mực in dẫn điện được lấy theo giá trị phổ biến mà nhà sản xuất công bố, các tham số độ về dài ăng-ten lưỡng cực ($a_{1\text{-}5}$) có thể tính toán theo công thức (4) và (5) theo tần số cộng hưởng mong muốn. Còn các thông số còn lại như khoảng cách giữa các ăng-ten (s), khoảng cách giữa hai nhánh của ăng-ten lưỡng cực (d) và kích thước của tấm vật liệu nền (D, W) ảnh hưởng nhiều đến tính chất phản hồi tín hiệu điện từ của cấu trúc tại các tần số cộng hưởng và do vậy đây chính là các thông số cần được khảo sát và lựa chọn thiết kế sao cho kết quả mô phỏng đạt được là tối ưu.

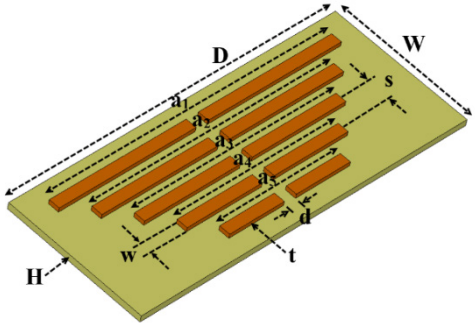
4. Kết quả mô phỏng và phân tích

Vận dụng công thức (4) và (5), lựa chọn độ dài ăng-ten bằng hai lần bước sóng với hằng số điện môi của vật liệu PI là 3,25, bộ 5 tần số cộng hưởng mong muốn lần lượt là 3,0GHz, 4,5GHz, 6,0GHz, 7,5GHz, 9,0GHz từ đó sẽ tính ra được chiều dài các ăng-ten lưỡng cực tương ứng. Các thông số khác của cấu trúc được lựa chọn theo tiêu chí đã trược trình bày ở phần trước, trong đó hai thông số s và d được sử dụng để khảo sát tối ưu.

Với tiêu chí thiết kế cấu trúc có mật độ dữ liệu cao, tác giả đề xuất thông số d và s có giá trị nhỏ, bảng thông số chi tiết thể hiện trong Bảng 3. Cấu trúc với bộ thông số này được thiết kế và mô phỏng bằng phần mềm CST Microwave Studio cho kết quả mô phỏng như Hình 8.

Bảng 2. Thông số cấu trúc mã hóa

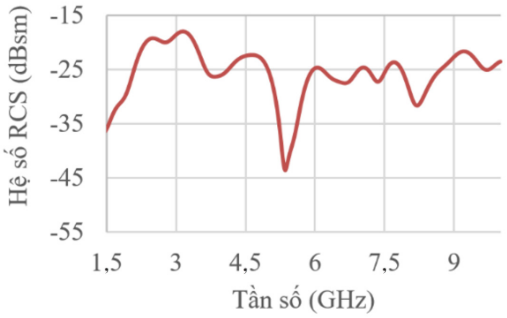
Thông số	Ký hiệu
Chiều dài vật liệu nền (PI)	D
Chiều rộng vật liệu nền (PI)	W
Độ dày vật liệu nền (PI)	H
Độ rộng của ăng-ten lưỡng cực	w
Độ dày của ăng-ten lưỡng cực	t
Khoảng cách giữa 2 nhánh của ăng-ten	d
Khoảng cách giữa các ăng-ten	s
Độ dài của ăng-ten 1-5	$a_{1\text{-}5}$



Hình 7. Cấu trúc mã hóa 5-bit, có khả năng in được

Bảng 3. Bộ thông số của cấu trúc có d = 1,2mm, s = 0,8mm

D	W	H	w	t	d	s
100	10	0,1	0,5	0,035	**2,2**	**1,8**
a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	mm	
97	66	50	40	34		
f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	GHz	
3,0	4,5	6,0	7,5	9,0		



Hình 8. Cấu trúc có d = 1,2mm, s = 0,8mm

Có thể nhận thấy với thiết kế này thì các đỉnh RCS (công suất phản hồi lớn nhất) có tần số tương ứng đều thuộc khoảng tần số lựa chọn thiết kế ±0,3GHz, là sai số đủ nhỏ so với độ chênh lệch giữa hai tần số cộng

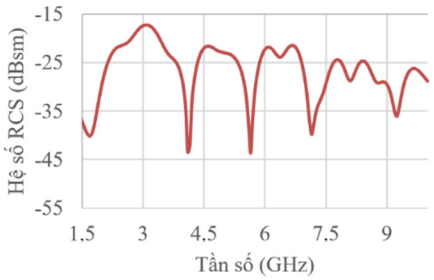
hưởng là ±1,5GHz, do vậy thiết kế này bước đầu đã đúng với các phân tích đặt ra. Tuy nhiên số đỉnh RCS được tạo ra nhiều hơn số ăng-ten và sự khác biệt về giá trị công suất phản hồi tại cách đỉnh còn lớn, độ phân biệt giữa giá trị lớn nhất và bé nhất không nhiều, điều này có thể giải thích là do các ăng-ten gần nhau (d và s nhỏ) và mỗi nhánh của ăng-ten được xem như một bản cực của tụ điện, làm cho điện dung sinh ra giữa các nhánh của ăng-ten với nhau, và giữa các nhánh của mỗi ăng-ten theo công thức (6) sẽ có giá trị lớn, dẫn đến làm thay đổi thông số của mô hình mạch điện RLC tương đương của mỗi ăng-ten theo thiết kế do vậy làm sai lệch tần số cộng hưởng chính và sinh ra các tần số cộng hưởng mới. Để giảm thiểu sự ảnh hưởng này thì phương án đề xuất là tăng khoảng cách gữa các ăng-ten lưỡng cực (s) và khoảng cách giữa hai nhánh của ăng-ten (d):

$$C = \varepsilon' \varepsilon_0 \frac{S}{d} \quad (6)$$

trong đó: C là điện dung, ε' là hằng số điện môi, S là diện tích bản cực, d là khoảng cách giữa 2 bản cực.

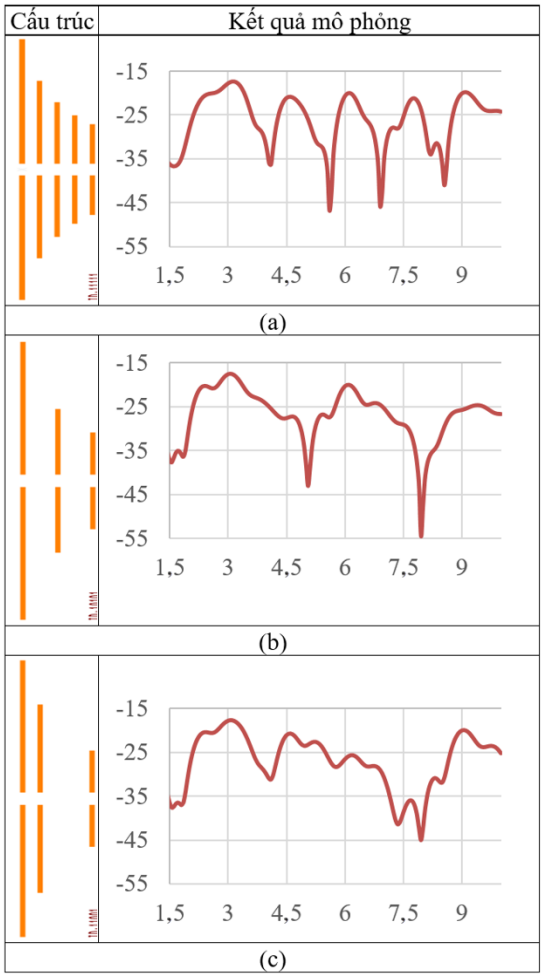
Bảng 4. Bộ thông số tối ưu hơn của cấu trúc

D	***W***	***H***	***w***	***t***	***d***	***s***
100	10	0,1	0,5	0,035	**2,2**	**1,8**
a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	mm	
97	66	50	40	34		
f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	GHz	
3,0	4,5	6,0	**7,8**	9,0		



Hình 9. Cấu trúc có d = 3,2mm, s = 2,8mm

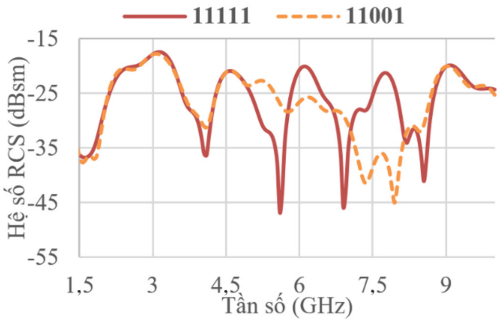
Sau khi tăng khoảng cách, cấu trúc có thông số mới là d=3,2mm và s=2,8mm, kết quả mô phỏng thể hiện ở đồ thị trên Hình 9. Có thể nhận thấy rằng các đỉnh RCS đã không lệch nhiều về giá trị, độ lệch giữa giá trị công suất phản hồi lớn nhất và bé nhất lớn hơn so với bộ thông số thiết kế trước, tại ba tần số thấp (3,0GHz, 4,5GHz, 6,0GHz), đỉnh RCS đã trùng với tần số lựa chọn thiết kế, tuy nhiên số đỉnh RCS vẫn nhiều hơn số ăng-ten, tại tần số 7,5GHz, giá trị lệch nhiều so với đỉnh RCS gần nhất, tại tần số 9.0GHz không còn là đỉnh RCS nữa, điều này có thể giải thích là do tăng khoảng cách giữa hai nhánh của ăng-ten lưỡng cực trong khi giữ tổng chiều dài ăng-ten không đổi, làm cho chiều dài mỗi nhánh không bằng một bước sóng nữa dẫn đến tần số cộng hưởng của ăng-ten sẽ tăng lên tương ứng với bước sóng ngắn hơn. Như vậy việc tăng khoảng cách giữa các ăng-ten và giữa hai nhánh của ăng-ten cần phải khảo sát tối ưu, và có thể dẫn đến phải hiệu chỉnh lại bộ các tần số cộng hưởng được lựa chọn để thiết kế ban đầu.



Hình 10. Cấu trúc có d = 2,2mm, s = 1,8mm

Từ các kết quả mô phỏng và phân tích trên, các tác giả khảo sát, tính toán và đề xuất được một bộ thông số mới tối ưu hơn với d = 2,2mm, s = 1,8mm và tần số cộng hưởng f_4 = 7,8GHz theo Bảng 4. Hình 10 đưa ra kết quả mô phỏng tương ứng của các cấu trúc mã hóa điện từ với dữ liệu mã hóa 5 bit lần lượt là 11111, 10101, 11001. Từ kết quả mô phỏng, Hình 10a có thể nhận thấy các ăng-ten lưỡng cực đã cộng hưởng đúng với tần số tương ứng, số đỉnh RCS bằng với số ăng-ten, và giá trị của các đỉnh RCS cũng khá đều nhau, độ chênh lệch về giá trị công suất lớn nhất và bé nhất trong khoảng tần số số cộng hưởng là rõ nét, đây là cơ sở tốt để mã hóa dữ liệu. Từ Hình 10b và Hình 10c, điểm quan trọng có thể nhận thấy khi so sánh với cấu trúc có kết quả mô phỏng là Hình 10a là: Nếu cấu trúc thiết kế có ăng-ten tương ứng thì giá trị RCS tại tần số đấy sẽ lớn hơn cấu trúc không có ăng-ten, do vậy việc xác

định ngưỡng RCS tại các tần số cộng hưởng khi có và không có ăng-ten sẽ quyết định mã hóa dữ liệu logic 1 hoặc 0. Cấu trúc thiết kế đã thể hiện mức RCS cho logic 1 gần như không đổi, và mức RCS cho logic 0 thấp hơn logic 1 ít nhất là 5dBsm ở mỗi tần số đã chọn, đây là độ chênh lệch đủ lớn để đặt ngưỡng RCS xác định mức logic. Để thấy rõ hơn sự mã hóa dữ liệu này thì trên Hình 11 thể hiện kết quả mô phỏng của mã hóa 5 bit 11111 và 11001 trên cùng Hình 11.



Hình 11. Hai cấu trúc mã hóa dữ liệu 11111 và 11001

Tại tần số cộng hưởng 3,0GHz, 4,5GHz và 9,0GHz, giá trị RCS của hai cấu trúc là như nhau, đều thể hiện mã hóa bit dữ liệu là 1, tại 6,0GHz và 7,8GHz, giá trị RCS của cấu trúc có ăng-ten tương ứng lớn hơn cấu trúc không có ăng-ten, thể hiện độ phân biệt giữa mã hóa bit dữ liệu 1 và bit dữ liệu 0. Như vậy cấu trúc với thông số đề xuất đã thỏa mãn được khả năng mã hóa dữ liệu 5 bit.

5. Kết luận

Hướng nghiên cứu về mã hóa dữ liệu điện từ không chip hiện đang là một hướng nghiên cứu mới không chỉ ở trong nước mà cả trên thế giới, trong đó các nhà khoa học tập trung đề xuất các cấu trúc mã có hóa có khả năng dữ liệu cao tuy nhiên để thỏa mãn được khả năng có thể in được của cấu trúc thì chưa có nhiều. Thiết kế mà nhóm tác giả đề xuất dựa trên mảng ăng-ten lưỡng cực chưa được công bố trong các bài báo trong nước cũng như ngoài nước không chỉ thỏa mãn yêu cầu đó mà còn có cấu trúc đơn giản và có khả năng tăng số bit dữ liệu mã hóa trên một đơn vị điện tích theo hai hướng tiếp cận sau:

- Cách thứ nhất là tăng số ăng-ten dipole tương ứng với tăng số bit mã hóa.

- Cách thứ hai là chọn nhiều bộ tần số cộng hưởng khác nhau, từ đó đưa ra thiết kế với thông số của mảng ăng-ten lưỡng cực tương ứng, và ứng với mỗi bộ tần số này sẽ có một bộ mã hóa dữ liệu với số bit tương ứng với số ăng-ten.

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã phân tích bài toán mã hóa dữ liệu bằng sóng điện từ, các phương pháp tiếp cận và những khó khăn thách thức cần giải quyết, nghiên cứu lựa chọn vật liệu phù hợp và đã đưa ra được một cấu trúc thiết kế mới, giải quyết được một trong những khó khăn lớn nhất đó là khả năng có thể in được của cấu trúc mã hóa. Điều này sẽ giúp cho việc giảm giá thành, cũng như đơn giản hóa việc sản xuất hàng loạt với số lượng lớn.

Bên cạnh đấy, đối với kỹ thuật mã hóa bằng sóng điện từ không chip, ngoài việc giải quyết được yêu cầu in được để giúp giảm giá thành sản phẩm, thì yêu cầu về khả năng mã hóa dữ liệu (số bit dữ liệu trên một đơn vị diện tích), giảm dải tần số hoạt động của cấu trúc mã hóa, tích hợp được dữ liệu đo lường các thông số vật lý vào cấu trúc mã hóa cũng là các bài toán khó, đang được nhiều nhà khoa học tập trung nghiên cứu trong những năm gần đây.

Tài liệu tham khảo

[1] Gang Zhao, Luyu Lin, Yawen Chen, Shan Liu, Jie Chu, Zhuoran Luo, Barcode character defect detection method based on Tesseract-OCR. 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC) (2017).

[2] G. SriHarsha Vardhan, Naveen Sivadasan, Ashudeb Dutta, QR-code based chipless RFID system for unique identification. IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA) (2016).

[3] Sudhanshu Gakhar, Joseph Feldkamp, Mark Perkins, Rensheng Sun, C. J Reddy, Engineering RFID systems through Electromagnetic Modeling. IEEE International Conference on RFID (2008).

[4] Ali Hashemi, Amir Hossein Sarhaddi, Hossein Emami, A Review on Chipless RFID Tag Design. Majlesi Journal of Electrical Engineering (2013).

[5] Ang Yu, Osamudiame Idubore, Mihai Dimian, Radar cross section calculation for subsurface objects. IEEE Radar Conference (RadarConf) (2016).

[6] Bassem R.Mahafza, Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB, 3rd Edition. CRC Press (2010).

[7] Sigma-Aldrich. DGP-45HTG silverink datasheet. http:// aaldrich.com/catalog/product/aldrich.

[8] M.Y. Ismail, M. Inam, Analysis of Design Optimization of Bandwidth and Loss Performance of Reflectarray Antennas Based on Material Properties. Modern Applied Science, Vol.4, No. 1 (2010).

[9] Pranavsesh VS, Priyanka Jain, Study of effect of dielectric superstrate on resonance frequency of patch antenna and measurement of dielectric constant of superstrate. ICCTICT (2016).

[10] Constantine A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc. (2005).

[11] J. Lorenzo, A. Lazaro, R. Villarino, D. Girbau, Backscatter tag based on frequency selective surface for FMCW radar applications. 1st URSI Atlantic Radio Science Conference (URSI AT-RASC) (2015).