ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ MÔ HÌNH NHIĨU PHẢN XẠ TỪ MẶT ĐẤT ĐẾN CHẤT LƯỢNG PHÁT HIỆN CỦA HỆ THỐNG RA ĐA THỤ ĐỘNG SỬ DỤNG TÍN HIỆU DVB-T2

Nguyễn Tiền Hải^{*}, Nguyễn Mạnh Cường^{*}, Dương Quang Huy^{*}, Nguyễn Thanh Hưng^{*}, Phùng Ngọc Anh[#] *Học viện Kỹ thuật Quân sự [#]Học viện Phòng không Không quân

Tóm tắt - Bài báo thực hiện nghiên cứu về các mô hình tiêu biểu cho phản xạ nhiễu từ mặt đất, những yếu tố để làm thay đổi hàm mật độ phân phối xác suất mô tả nhiễu. Khảo sát sự ảnh hưởng của các nhiễu có hàm phân bố Gauss, Weibull, Log-Normal và Rayleigh đến chất lượng phát hiện của hệ thống ra đa thụ động hai vị trí sử dụng tín hiệu truyền hình số mặt đất DVB-T2 Việt Nam cho mẫu mục tiêu Swerling 5. Kết quả cho thấy tỉ số SCR yêu cầu để đạt được chất lượng phát hiện cao của hệ thống nằm trong khoảng -45dB đến -50dB, trong các phân bố nhiễu khảo sát, phân bố nhiễu Weibull có tỉ số SCR yêu cầu cao nhất để đạt được chất lượng phát hiện tương tự như các phân bố Gauss, Log-Normal và Rayleigh.

Từ khóa - DVB-T2; Nhiễu; Gauss; Weibull; Log-Normal; Rayleigh.

I. GIỚI THIỆU

Hê thống ra đa thu đông hai vi trí sử dung tín hiệu DVB-T2 có trạm phát và trạm thu tách biệt, khoảng cách giữa trạm phát và trạm thu có liên quan đến cự ly giám sát của hệ thống. Sự tách biệt giữa trạm phát và trạm thu của hệ thống này đem lại nhiều lợi ích [4][5][7]. Thứ nhất, hệ thống ra đa thụ động hai vị trí có khả năng phát hiện các mục tiêu không phản xạ tín hiệu về phía trạm phát. Các muc tiêu tàng hình được biết là có hình dang bề mặt phẳng để phản xạ tín hiệu ra đa về các hướng khác với hướng đến trạm phát, do vậy hệ thống ra đa thụ động hai vị trí nói riêng và hệ thống ra đa hai vị trí nói chung có cơ hội cao hơn để phát hiện các mục tiêu tàng hình. Thứ hai, hệ thống hoạt động ở chế độ thụ động nên đảm bảo bí mật và tránh được các hoạt động trinh sát điện tử. Do đó hệ thống có khả năng sống sót cao trước sự tấn công của đối phương. Thứ ba, hệ thống không yêu cầu hệ thống phát công suất lớn cồng kềnh nên hệ thống có tính linh hoạt khi cần ghép nối, tích hợp hoặc triển khai ở các khu vực địa hình không thuận lợi [6][7].

Tác giả liên hệ: Nguyễn Tiền Hải,

Email: haint0511@gmail.com

Đến tòa soạn: 10/01/2022, chỉnh sửa: 28/02/2022, chấp nhận đăng: 16/03/2022.

Mặc dù thể hiện được nhiều ru điểm nhưng cũng giống như hệ thống ra đa một vị trí, hệ thống ra đa hai vị trí cũng chịu tác động bởi các loại nhiễu ra đa, bao gồm nhiễu tiêu cực và nhiễu tích cực. Nhiễu ra đa tiêu cực là tín hiệu ra đa được phản xạ từ các đối tượng khác với mục tiêu quan tâm (các đối tượng không mong muốn) như đồi, núi, rừng cây... Nhiễu ra đa tiêu cực gây suy giảm đáng kể chất lượng phát hiện của các hệ thống ra đa. Vì vậy, nghiên cứu về nhiễu tiêu cực rất quan trọng đối với việc thiết kế các hệ thống ra đa. Từ các đặc trưng chất lượng phát hiện, người thiết kế đặt ra các yêu cầu đối với thuật toán lọc nhiễu, bộ phát hiện ổn định xác suất báo động lầm, độ lợi thuật toán xử lý, độ lợi anten...

Các tài liệu [1][2][13] đã chỉ ra rằng biên độ nhiễu phản xạ từ mặt đất phù hợp với các hàm mật độ phân phối xác suất Gauss, Log-Normal, Rayleigh và Weibull.

Hệ thống ra đa thụ động hai vị trí sử dụng tín hiệu DVB-T2 Việt Nam sẽ là một hệ thống chiu nhiều tác động của các loại nhiễu tiêu cực địa hình do nhiều yếu tố, đặc biệt khi giản đồ hướng phát của trạm phát DVB-T2 có góc chiếu xạ chủ yếu là âm (góc nằm dưới đường nằm ngang). Việt Nam là nước có địa hình phức tạp: đồng bằng, đồi, núi, đồi cát,... trong đó ¾ đồi núi là các loại địa hình gây phản xạ mạnh. Do đó, bài báo thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng của một số mô hình nhiễu có các hàm mật độ phân bố xác suất Rayleigh, Wellbul, Log-Normal đến chất lượng phát hiện của hệ thống ra đa thụ động hai vị trí sử dụng chuẩn tín hiệu DVB-T2 Việt Nam. Các hàm phân bố này là các hàm phân bố tiêu biểu và bao trùm hầu hết các dạng nhiễu phản xạ từ mặt đất [1][2][13]. Bài báo sử dụng phương pháp mô phỏng Monter-Carlo để đánh giá chất lượng phát hiện của hệ thống đối với các mô hình nhiễu khác nhau, chỉ ra mức độ tác động của các dạng nhiễu khác nhau đến chất lượng phát hiện của hệ thống ra đa thụ động hai vị trí sử dụng tín hiệu DVB-T2 Việt Nam.

II. MÔ HÌNH HỆ THỐNG

2.1 Mô hình xử lý tín hiệu ra đa hai vị trí sử dụng tín hiệu DVB-T2

Hệ thống ra đa thụ động hai vị trí sử dụng tín hiệu truyền hình số mặt đất DVB-T2 sử dụng hai kênh thu tín hiệu: kênh thu tín hiệu tham chiếu và kênh thu tín hiệu giám sát. Kênh tham chiếu thu tín hiệu trực xạ từ trạm phát, kênh giám sát thu tín hiệu phản xạ từ mục tiêu. Hệ thống sử dụng phương pháp xử lý tương quan chéo là phương pháp xử lý phát hiện phổ biến nhất trong các hệ thống ra đa thụ động sử dụng nguồn phát không kết hợp. Phương pháp xử lý tương quan chéo về mặt bản chất cũng giống như phương pháp lọc phối hợp, tuy nhiên phương pháp lọc phối hợp sử dụng chính xác dạng sóng phát khi xử lý, trong khi đó phương pháp tương quan chéo sử dụng tín hiệu tham chiếu thu được để xử lý. Việc phát hiện mục tiêu được thực hiện bởi phép tính tương quan chéo tín hiệu kênh giám sát với phiên bản sao chép của tín hiệu kênh tham chiếu sau khi đã được dịch tần theo các giá trị vận tốc được xác định trước. Kết quả của bước xử lý này cho chúng ta giản đồ cự ly – Doppler.

Theo mô hình này, khoảng cách giữa trạm phát và máy thu cần phải được xem xét vì khoảng cách này làm suy giảm tỉ số tín/tạp của tín hiệu kênh tham chiếu. Hơn nữa các phản xạ từ mặt đất và nhiễu cũng có thể làm suy giảm chất lượng tín hiệu tham chiếu. Do đó dẫn tới suy giảm chất lượng phát hiện của bộ phát hiện xử lý tương quan chéo so với bộ lọc phối hợp. Tác động của tạp kênh tham chiếu đến chất lượng phát hiện đã được đề cập đến trong các nghiên cứu [8]. Tạp tín hiệu kênh tham chiếu làm tăng nền tạp bộ phát hiện và do đó vùi lấp các phản xạ từ các mục tiêu yếu và giảm xác suất phát hiện.

Khoảng cách giữa trạm phát và vùng nhiễu là R'_t , khoảng cách giữa máy thu và và vùng nhiễu R'_r . Cự ly $R'_b = R'_t + R'_r$. Giả sử mặt đất là phẳng nên góc theo độ cao bằng với góc nhìn. Các góc nhìn tương ứng cho máy phát và máy thu là:

$$\varepsilon_t = \sin^{-1}(h/R'_t) \text{ và } \varepsilon_r = \sin^{-1}(h/R'_r) \tag{1}$$

Vùng nhiễu bề mặt được xem xét là một vùng 2D do vậy chúng ta chủ yếu phân tích mô hình hình học ra đa hai vị trí theo mô hình 2D. Khoảng cách từ chân trạm phát và trạm thu đến vùng nhiễu tương ứng là R_t và R_r , góc giữa hai đường này là góc hai vị trí β , các góc α_t và α_r tương ứng là góc nhìn trạm phát và máy thu (góc so với phương bắc, theo chiều quay của kim đồng hồ là dương, ngược chiều kim đồng hồ là âm). Cự ly hai vị trí $R_b = R_t + R_r$, góc hai vị trí $\beta = \alpha_t - \alpha_r$.

Giả sử R'_b là cố định với $R'_t = R'_r$ hoàn toàn có thể tính được giá trị của R_b . Xem xét tam giác hai vị trí với giá trị R_b , các khoảng cách bề mặt R_t và R_r , góc hai vị trí β có thể được tính theo [9] cho ra kết quả dưới đây. Áp dụng hệ thức lượng trong tam giác, chúng ta biểu diễn như sau:



Hình 1. Biểu diễn hình học nhiễu mặt đất ra đa hai vị trí.

$$R_t^2 = R_r^2 + L^2 - 2R_r L \cos(90 + \alpha_r) \qquad (2)$$

Ở đây α_r có giá trị âm (do ngược chiều kim đồng hồ), rút gọn phương trình trên theo R_r sử dụng $R_t = -R_r + R_b$, ta có:

$$R_r = \frac{L^2 - R_b^2}{2Lcos(90 + \alpha_r) - 2R_b}$$
(3)

Giả sử R_b đã cho và L là giá trị đã biết, góc α_r thay đối, tương ứng tính được các giá trị R_r và R_t .

Góc hai vị trí tương ứng được tính theo công thức:

$$\beta = \sin^{-1}(\frac{L\cos(\alpha_r)}{R_t}) \tag{4}$$

Với các giá trị R_t và R_r khác nhau có thể tính được R'_t và R'_r . Mức công suất tín hiệu thu của đài ra đa hai vị trí được tính theo phương trình sau [1]:

$$P_{r} = \frac{P_{r}G_{r}G_{r}\lambda^{2}\sigma_{b}}{(4\pi)^{3}(R_{r}^{'})^{2}(R_{r}^{'})^{2}L_{T}L_{R}}$$
(5)

Ở đây P_t - công suất phát, G_t - hệ số khuếch đại của máy phát, G_r - hệ số khuếch đại của máy thu, λ - bước sóng, σ_b - diện tích phản xạ hiệu dụng của ra đa hai vị trí, L_T tổn hao hệ thống phát (>1), L_R - tổn hao hệ thống thu (>1).

Từ các giá trị hằng số khác nhau cho R_b , chúng ta lặp lại quy trình trên. Các giá trị hằng số R_b nằm giữa đường đẳng cự ly tối thiểu R_{min} và đường đẳng cự ly tối đa R_{max} [8]. Giá trị đường đẳng cự ly tối thiểu liên quan đến vùng mù độ phân giải cự ly. Vùng mù là nơi ra đa không thể phân biệt giữa tín hiệu trực xạ từ trạm phát và tín hiệu phản xạ từ mục tiêu. Do đó, R_{min} liên quan đến độ rộng xung hoặc độ rộng phổ tín hiệu theo công thức sau:

$$R_{min} = 2\tau c + L \tag{6}$$

Ở đây τ là độ rộng xung đối với ra đa xung hoặc là thay $\tau = 1/B$ (B – độ rộng phổ tín hiệu) với ra đa liên tục và c

là vận tốc ánh sáng. Giá trị lớn nhất của đường đẳng cự ly quyết định bởi giới hạn tần số lặp của xung (PRF) đối với ra đa xung, đối với ra đa liên tục nó được quyết định bởi khoảng xử lý tương quan. Vì vậy, R_{max} được biểu diễn như sau:

$$R_{max} = \left(\frac{c}{PRF}\right) + L - \tau c \tag{7}$$

Giá trị của bước tăng giữa R_{min} và R_{max} là quan trọng, bởi vì vùng nhiễu được tính toán dựa trên giá trị bước tăng và vùng nhiễu có liên quan trực tiếp đến giá trị diện tích phản xạ hiệu dụng của ô nhiễu. Giá trị của bước tăng này nhỏ hơn một nửa độ phân giải cự ly của ra đa một vị trí. Diện tích ô nhiễu được tính toán theo phương pháp như tài liệu [12]. Với hai tiêu điểm là hình chiếu bề mặt của máy phát và máy thu, đường bao của các cự ly hai vị trí bằng nhau tạo thành hình elip. Vùng vòng nhiễu được tạo thành bởi phép trừ của hình elip bên ngoài và bên trong và diện tích vùng vòng nhiễu được chia cho độ rộng góc N_c . a và b là bán trục lớn và bán trục nhỏ của elip và tính theo công thức:

$$a(i) = (\frac{1}{2})R_b(i) \tag{8}$$

$$b(i) = (\frac{1}{2})\sqrt{R_b^2(i) - L^2}$$
(9)

 $m \mathring{O}$ đây i = 1, 2, ..., N. Do đó, diện tích ô nhiễu được tính theo công thức:

$$A_{c} = \pi (a(i+1)b(i+1) - a(i)b(i)) / N_{c}$$
 (10)

Để tính diện tích phản xạ hiệu dụng của ô nhiễu, hệ số tán xạ ngược hai vị trí cần được xác định. Mô hình này dựa trên mô hình hằng số- γ theo tài liệu [1][10][11]. Giả sử tán xạ đẳng hướng từng phần, hệ số tán xạ ngược mặt đất hai vị trí σ_0 (diện tích phản xạ của nhiễu trên một đơn vị diện tích) được xác định như sau:

$$\sigma_0 = \gamma \sqrt{\sin(\varepsilon_t) \sin(\varepsilon_r)}$$
(11)

Ở đây γ là tham số hệ số phản xạ chuẩn hóa, \mathcal{E}_t và \mathcal{E}_r là góc cắt từ máy thu và máy phát tới trung tâm của ô nhiễu. Diện tích phản xạ hiệu dụng của ô nhiễu cuối cùng tính theo công thức sau [10].

$$\sigma_b = \sigma_0 A_c \tag{12}$$

2.2 Mô hình tín hiệu thu khi có tác động nhiễu

Tín hiệu tại trạm thu theo sơ đồ Hình 2 có thể được mô hình hóa ở dạng đơn giản để biểu diễn tín hiệu tham chiếu và tín hiệu giám sát.



Hình 2. Sơ đồ thu hai kênh xử lý tương quan chéo tín hiệu

Anten kênh tham chiếu hướng về phía trạm phát để thu tín hiệu trực xạ. Giả sử chúng ta bỏ qua các thành phần nhiễu xạ và đa đường tín hiệu kênh tham chiếu có thể viết ở dạng sau:

$$x_r(n) = \beta s(n) + \vartheta(n) \tag{13}$$

Ở đây s(n) là tín hiệu phát từ trạm phát của đài DVB-T2 có phương sai σ_s^2 ; β là tham số phức biểu diễn tổn hao đường truyền và độ lợi của anten, $\vartheta(n)$ là tạp nhiệt có phân bố Gaussian phức với kỳ vọng bằng 0 và phương sai σ_{ϑ}^2 , $\vartheta(n) \sim CN(0, \sigma_v^2)$. Do vậy tỉ số tín/tạp của tín hiệu kênh tham chiếu thu được có thể được biểu diễn bằng công thức sau:

$$SNR_r = |\beta|^2 \sigma_s^2 / \sigma_v^2 \tag{14}$$

Trong thực tế, tín hiệu thu kênh tham chiếu có thể bao gồm nhiễu, tín hiệu đa đường hoặc các tín hiệu từ các trạm phát khác hoạt động ở chế độ đơn tần (SFN). Tuy nhiên nếu chúng ta sử dụng anten kênh tham chiếu có tính định hướng cao hoặc cấu trúc anten beamforming thích nghi thì nhiễu trên có thể hạn chế được.

Anten kênh giám sát được hướng trực tiếp về phía vùng quan sát. Cùng với tín hiệu phản xạ về từ mục tiêu kênh thu giám sát cũng nhận được tín hiệu trực xạ và nhiễu phản xạ từ mặt đất. Tín hiệu thu kênh giám sát có thể biểu diễn dưới dạng mô hình giả thiết nhị phân như sau:

$$\begin{cases} H_0: x_s^i(n) = h_0 s(n) + c(n) + w_0(n) \\ H_1: x_s^i(n) = \alpha s(n-\tau) e^{i2\pi f_d n} + h_0 s(n) \\ + c(n) + w_0(n) \quad (15) \end{cases}$$

Với giả thiết không có mục tiêu H_0 , tín hiệu kênh giám sát bao gồm: thành phần trực xạ $(h_0 s(n))$, nhiễu phản xạ từ mặt đất c(n) và tạp nhiệt $w_0(n)$. Với giả thiết H_1 là giả thiết có mục tiêu. Tín hiệu đầu ra máy thu bao gồm: thành phần trực xạ, nhiễu phản xạ từ mặt đất, tạp nhiệt và tín hiệu phản xạ về từ mục tiêu có thể được mô hình hóa như phiên bản sao chép của tín hiệu phát sau khi đã được suy giảm năng lượng, làm trễ thời gian và dịch tần số. Trễ thời gian τ là đại lượng đo cự ly hai vị trí. Suy giảm phức α coi như là cố định trong khoảng thời gian xử lý tương can, α biểu diễn cho độ lợi anten, tổn hao đường truyền và hệ số phản xạ từ mục tiêu.

Thành phần nhiễu trực xạ có thể được suy giảm bằng việc sử dụng hệ thống anten giám sát có búp phụ null hướng về phía trạm phát, các thành phần nhiễu phản xạ từ mặt đất cũng có thể được suy giảm bằng cách sử dụng công nghệ beamforming thích nghi tạo các vùng null về các hướng có tín hiệu phản xạ lớn từ mặt đất hoặc thực hiện loại bỏ nhiễu phản xạ từ mặt đất và nhiễu trực xạ ở kênh giám sát bằng các phương pháp như trong các tài liệu [3]. Tuy nhiên không có phương pháp nào có thể loại bỏ hoàn toàn tín hiệu nhiễu phản xạ từ mặt đất trong kênh giám sát. Do đó, tỉ số tín/nhiễu của tín hiệu thu được ở kênh giám sát được biểu diễn theo công thức sau:

$$SCR_s = |\alpha|^2 \sigma_s^2 / (\sigma_w^2 + \sigma_c^2), \sigma_c^2$$
 là phương sai nhiễu phản xạ từ mặt đất. (16)

III. MỘT SỐ MÔ HÌNH NHIỄU PHẢN XẠ TỪ MẶT ĐẤT

Ở trên chúng ta sử dụng hệ số tán xạ ngược σ_0 để biễu diễn cường độ tương đối của nhiễu. Diện tích phản xạ hiệu dụng của ô nhiễu có thể được tính từ hệ số σ_0 và kích thước ô phân giải của ra đa. Với góc chiếu xạ thấp, công thức tính như sau:

$$\sigma = R\Delta\theta \frac{c\tau}{2}\sigma_0 \tag{17}$$

Ở đây R là khoảng cách từ nhiễu đến ra đa, $\Delta \theta$ là độ rộng búp sóng trong mặt phẳng phương vị của ra đa, c là tốc độ ánh sáng, τ là độ rộng xung ra đa đối với ra đa xung, τ thay bằng 1/B (B-độ rộng phổ tín hiệu phát) đối với ra đa dải rộng.

Từ (17) cho thấy khi giảm kích thước phân giải có thể giảm cường độ nhiễu.

Hệ số tán xạ ngược phụ thuộc chủ yếu vào kiểu nhiễu. Hệ số này lớn nhất với nhiễu mặt đất, tiếp theo là nhiễu biển và nhỏ nhất là nhiễu thời tiết. Trong trường hợp nhiễu mặt đất, hệ số tán xạ ngược phụ thuộc vào kiểu địa hình, xếp theo thứ tự như sau: thành phố, núi, khu vực nhà nhỏ, đồi cây, rừng, đất trồng trọt và sa mạc. Ngoài ra, hệ số tán xạ ngược còn tăng theo tần số đối với tất cả các loại địa hình, tuy nhiên không phải là tăng tuyến tính theo tần số. Hệ số tán xạ ngược sẽ tăng tuyến tính theo góc chiếu từ $0,5^0$ đến 10^0 (góc dưới so với đường nằm ngang).

Như chúng ta đã biết đặc tính của nhiễu là thăng giáng theo cả thời gian và không gian, do vậy nhiễu được coi là chuỗi ngẫu nhiên và để nghiên cứu nhiễu chúng ta nghiên cứu các đặc trưng thống kê của nhiễu. Đặc trưng quan trọng nhất đó là phân bổ biên độ của nhiễu. Trong thời gian dài các nghiên cứu đều coi mô hình Rayleigh là mô hình phân bô biên độ của nhiễu ra đa. Tuy nhiên, khi kích thước ô phân giải của ra đa giảm xuống dẫn đến phân bố nhiễu có xu hướng phát triển phần đuôi dài hơn, do vậy phân bố Rayleigh trở lên không phù hợp. Nhiều nghiên cứu hiện nay về các đặc tính nhiễu tự nhiên cho ra đa phân giải cao đã cho thấy: phản xạ nhiễu mặt đất có thể được xấp xỉ đến phân bố Weibull và trong một số trường hợp phân bố Weibull sẽ trở thành phân bố Rayleigh. Các nghiên cứu cũng cho thấy độ lệch phân bố sẽ tăng (đuôi nhiễu dài hơn) khi góc chiếu xạ giảm.

Hơn nữa, một số nghiên cứu đã cho thấy phân bố theo thời gian của nhiễu phản xạ từ rừng cây có dạng phân bố Log-Normal và đôi khi có phân bố Weibull. Phân bố nhiễu theo không gian đối với phản xạ từ mặt đất có thể mở rộng từ phân bố Rayleigh đến phân bố Log-Normal và phân bố Weibull.

Theo [2] nhiễu phản xạ từ mặt đất đối với tín hiệu DVB-T2 cũng phù hợp với các phân bố Rayleigh, Weibull và Log-Normal. Tài liệu [1] cũng cho rằng phân bố Log-Normal được biết là phân bố có các đặc tính cực đoan. Nhiễu có phân bố Weibull có đặc tính trung hòa nằm giữa phân bố Rayleigh và phân bố Log-Normal.

Như vậy có thể thấy, tính chất địa hình, độ phân giải của hệ thống ra đa và góc nhìn là 3 yếu tố chủ yếu quyết định dạng hàm phân bố mô tả tính chất thống kê của nhiễu phản xạ từ địa vật. Trong đó ba phân bố Weibull, Log-Normal và Rayleigh là các phân bố có thể đại diện cho đa phần các yếu tố thay đổi của địa hình và ra đa mà dẫn tới thay đổi hàm phân bố nhiễu.

Sau đây bài báo phân tích chi tiết các dạng phân bố trên.

Phân bố Rayleigh: mô hình này được dựa trên giả thiết có một lượng lớn các tán xạ đồng nhất độc lập có vị trí ngẫu nhiên trong vùng bề mặt nhiễu được chiếu xạ bởi ra đa.

Nếu máy thu ra đa sử dụng bộ tách sóng tuyến tính, hàm mật độ xác suất của đường bao điện áp của nhiễu phân bố Rayleigh ở đầu ra máy thu có dạng:

$$p(v) = \frac{2v}{m} e^{-v^2/m_2} \quad v \ge 0$$
 (18)

Ở đây m_2 là giá trị trung bình bình phương (moment bậc 2) của đường bao v. Giá trị trung bình m_1 (moment bậc 1) là $(m_2\pi/4)^{1/2}$ và trung vị là $(m_2Ln2)^{1/2}$ do đó tỉ số trung bình trên trung vị là $(\pi(4Ln2))^{1/2}=1.06$ hoặc 0.27dB. Giá trị trung bình μ của phân bố Rayleigh tỉ lệ thuận với phương sai chuẩn hóa:

$$StDev = \sqrt{\frac{4}{\pi} - 1} \times \mu = 0.523 \times \mu \tag{19}$$

Hàm mật độ phân phối Rayleigh của v được chuẩn hóa cho giá trị trung vị v_m thay vì cho giá trị bình phương trung bình:

$$p(v_n) = 2(Ln2)v_n e^{-(ln2)v_n^2} \quad v_n \ge 0$$
 (20)

$$\mathring{O} \, d \widehat{a} y \, v_n = v / v_m$$

Hàm mật độ phân phối Rayleigh cũng mô tả đường bao của đầu ra máy thu khi đầu vào là tạp Gaussian. Giả sử tạp Gaussian được sử dụng cho phát hiện các tín hiệu trong nhiễu khi thống kê nhiễu là Rayleigh và các phản xạ nhiễu độc lập từ xung tới xung (như tạp máy thu). Tuy nhiên điều này không phải luôn luôn đúng. Điện áp tạp từ máy thu độc lập từ xung tới xung do nó giảm tương quan trong khoảng thời gian 1/B, B là độ rộng phổ. Thời gian giảm tương quan của nhiễu có thể dài hơn. Điều này là quan trọng khi chúng ta thực hiện tích lũy xung để nâng cao khả năng phát hiện do các phản xạ nhiễu thường là không giảm tương quan từ xung đến xung. Áp dụng các thống kê Rayleigh, nhiễu có thể được giảm tương quan bằng việc thay đổi tần số từ xung tới xung hoặc là bằng việc đợi thời gian đủ dài giữa các xung để cho phép giảm tương quan của nhiễu hiệu quả.

Phân bố Log-Normal: Mô hình nhiễu phân bố Rayleigh áp dụng khi ô phân giải ra đa rộng, chứa rất nhiều các tán xạ mà không có tạn xạ nào là nổi trội. Phân bố này được dùng để đặc tả các nhiễu đồng nhất. Tuy nhiên, phân bố

Rayleigh không phải là dạng phân bố phù hợp khi kích thước ô phân giải và góc nhìn của ra đa nhỏ. Với độ phân giải cao và góc nhìn nhỏ sự xuất hiện của các giá trị nhiễu lớn sẽ nhiều hơn (đuôi nhiễu cao hơn) so với mô hình phân bố Rayleigh.

Một trong những mô hình sử dụng để mô tả nhiễu không phân bố Rayleigh là hàm phân bố xác suất Log-Normal do phân bố này có đuôi dài (so sánh với phân bố Rayleigh). Trong hàm phân bố Log-Normal nếu công suất nhiễu biểu diễn theo dB thì hàm phân bố sẽ là phân bố Gaussian. Phân bố Log-Normal cho công suất nhiễu khi máy thu sử dụng bộ tách sóng bình phương là:

$$p(v_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s^p} \exp\left[-\frac{1}{2s^2} (Ln \frac{P^2}{P_m})\right] \qquad P \ge 0 \quad (21)$$

Ở đây s là phương sai chuẩn tắc của Ln(P), P_m là giá trị trung vị của P. Tỉ số của trung bình trên trung vị là $\exp(s^2/2)$. Với máy thu tuyến tính, hàm phân bố cho biên độ điện áp đầu ra chuẩn hóa $v_n = v/v_m$ với v_m là giá trị trung vị của v có dạng:

$$p(v_n) = \frac{2}{\sqrt{2\pi v_n}} \exp\left(-\frac{2}{s^2} (Ln(v_n))^2\right) \quad v_n \ge 0 \quad (22)$$

Ở đây s cũng là phương sai chuẩn tắc của LnP.

Phân bố Log-Normal được xác định bởi hai tham số (phương sai chuẩn tắc và trung vị) trong khi đó phân bố Rayleigh được xác định chỉ bởi một tham số (giá trị bình phương trung bình). Nhiễu Log-Normal thường được đặc trưng bởi tỉ số trung bình trên trung vị. Dựa trên đo lường thực nghiệm, tỉ số trung bình trên trung vị cho đo lường nhiễu mặt đất ở góc nhìn thấp có giá trị khoảng 2.6 dB.

Với hai tham số đặc trưng, phân bố Log-Normal được mong đợi sẽ phù hợp với dữ liệu thực nghiệm tốt hơn phân bố Rayleigh. Tuy nhiên cũng có quan điểm cho rằng, phân bố Log-Normal có xu hướng dự đoán phần đuôi phân bố cao hơn so với thực nghiệm cho các nhiễu phân bố non-Rayleigh, mô hình Rayleigh có xu hướng dự đoán giá trị thấp hơn.

Phân bố Weibull: Phân bố Weibull được sử dụng nhiều để mô tả nhiễu mặt đất. Phân bố Weibull là họ phân bố hai tham số có thể tạo ra sự phù hợp với đo lường nhiễu thực tế nằm giữa phân bố Rayleigh và Log-Normal. Phân bố Rayleigh là một trường hợp đặc biệt của phân bố Weibull, nếu lựa chọn các tham số phù hợp thì phân bố Weibull cũng có thể trở thành phân bố Log-Normal.

Nếu v là biên độ điện áp của bộ tách sóng tuyến tính, hàm mật độ phân bố Weibull cho biên độ chuẩn hóa $v_n = v/v_m$ có dạng:

$$p(v_n) = \alpha(Ln2)v_n^{\alpha-1}\exp\left(-(Ln2)v_n^{\alpha}\right)v_n \ge 0 \quad (23)$$

Ở đây α là tham số liên quan đến độ nhọn của phân bố (gọi là tham số độ nhọn Weibull), v_m là trung vị của phân bố. Khi $\alpha = 2$ Weibull có dạng của phân bố Rayleigh, khi $\alpha = 1$ nó có dạng phân bố mũ. Tỉ số trung bình trên trung vị là

 $(Ln2)^{-\frac{1}{\alpha}}\Gamma(1 + 1/\alpha)$, ở đây $\Gamma(\cdot)$ là hàm gama. Với bộ tách sóng bình phương, hàm mật độ phân bố Weibull cho công suất P=v² có dạng:

$$p(P_n) = \beta(Ln2)P_n^{\beta-1} \exp[-(Ln2)P_n^{\beta}] \quad P_n \ge 0 \quad (24)$$

Với $\beta = \frac{\alpha}{2}$, $P_n = \frac{P}{P_m}$, $P_m = v_m^2$ là giá trị trung vị của P.

IV. CHẤT LƯỢNG PHÁT HIỆN CỦA HỆ THỐNG KHI CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA MỘT SỐ MÔ HÌNH NHIỮU PHẢN XẠ TỪ MẶT ĐẤT.

4.1. Mô hình và các tham số mô phỏng:

* **Lưu đồ thuật toán:** Sử dụng giả thiết (15) với tín hiệu s(n) được thu từ trạm phát tín hiệu DVB-T2 Việt Nam, nhiễu tiêu cực phản xạ từ mặt đất lần lượt được khởi tạo có mô hình phân bố Gauss, Weibull, Lognormal, Rayleigh. Lưu đồ thuật toán mô phỏng trên Hình 3.



Hình 3. Lưu đồ thuật toán mô phỏng chất lượng phát hiện

* Tham số nhiễu: Các mô hình nhiễu Gauss, Weibull, Lognormal, Rayleigh được tạo ra với cùng một tham số phương sai. Dưới đây là giá trị cụ thể tham số các mô hình nhiễu:

- Mô hình nhiễu Gauss:

+ Tần số lấy mẫu: fs = 9.14Mhz;

- + Phương sai nhiễu = 2;
- + Độ dài: 368640 mẫu.

- Mô hình nhiễu Weibull:

+ Tần số lấy mẫu: fs = 9.14Mhz;

- + Phương sai nhiễu = 2;
- + Độ dài: 368640 mẫu;

- + Tham số tỉ lệ = 1.0257;
- + Tham số hình dạng = 1;
- Mô hình nhiễu Log-Normal:
 - + Tần số lấy mẫu: fs = 9.14Mhz;
 - + Phương sai nhiễu = 2;
 - + Độ dài: 368640 mẫu;
 - + Tham số giá trị trung bình = 0.2371;
 - + Tham số độ lệch chuẩn = 0.5988;
- Mô hình nhiễu Rayleigh:
 - + Tần số lấy mẫu: fs = 9.14Mhz;
 - + Phương sai nhiễu = 2;
 - + Độ dài: 368640 mẫu;
 - + Tham số tỉ lệ = 1.536;
- * Tham số dữ liệu DVB-T2
- Độ dài (10 symbol dữ liệu) = 368640 mẫu;

4.2. Kết quả đánh giá chất lượng phát hiện







(b)

Hình 4. Chất lượng phát hiện của hệ thống khi chịu tác động của nhiễu Gauss (a) và nhiễu Log-Normal (b).





Hình 5. Chất lượng phát hiện của hệ thống khi chịu tác động của nhiễu Rayleigh (a) và nhiễu Weibull (b).





Nguyễn Tiền Hải, Nguyễn Manh Cường, Dương Quang Huy....

đổi chất lượng phát hiện đối với các phân bố nhiễu khác nhau, có thể thấy để đạt được cùng một xác suất phát hiện đúng và xác suất báo động lầm phân bố nhiễu Weibull sẽ yêu cầu tỉ số SCR cao nhất so với các phân bố còn lại, điều này là phù hợp với luận giải về các dạng phân bố nhiễu cho các phản xạ từ mặt đất đối với các đài ra đa.

V. KÊT LUẬN

Bài báo đã trình bày về sự phản xa của địa vật đến hệ thống ra đa thụ động hai vị trí, các mô hình phân bố phù hợp mô tả nhiễu phản xạ từ mặt đất, đánh giá chất lượng phát hiện của hệ thống ra đa thụ động sử dụng tín hiệu DVB-T2 Việt Nam khi chịu tác động của nhiễu mặt đất có các dạng hàm phân bố Gauss, Log-Normal, Weibull, Rayleigh. Kết quả cho thấy tỉ số SCR yêu cầu để đạt được chất lượng phát hiện cao nằm trong khoảng giá trị -50dB đến -45dB, đây là khoảng giá trị thấp so với các hệ thống ra đa một vị trí thông thường có khoảng giá trị từ 0dB đến 5dB. Điều này có được chính là do tính chất giả tạp của tín hiệu DVB-T2 và thuật toán xử lý tích lũy tương can. Trong các phân bố được khảo sát, phân bố Weibull có tỉ số SCR yêu cầu cao nhất và đây cũng là phân bố phù hợp để mô tả nhiễu phản xa từ địa vật đối với hệ thống ra đa thụ động sử dụng tín hiệu DVB-T2 [2][14]. Trong thời gian tới nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu sử dụng mô hình phân bố Weibull để mô tả nhiễu phản xạ từ các dạng địa hình khác nhau và đánh giá chất lượng phát hiện của hệ thống ra đa dưới tác động của nhiễu từ các dạng địa hình đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Sekine, M., Mao, Y. Weibull Radar Clutter. London, UK: P.Peregrinus Ltd., 1990. ISBN 0863411916.
- [2] Vichet Duk, Diego Cristallini, Philipp Wojaczek and Daniel W. O'Hagan Statistical Analysis of Clutter for Passive Radar on an Airborne Platform 2019 International Radar Conference (RA ĐA2019)
- [3] Osama Mahfoudiaa,b, Francois Horlinb, Xavier Neyta Performance analysis of the reference signal reconstruction for DVB-T passive radar Signal Processing 158 (2019) 26– 35
- [4] N. J. Willis, Bistatic Radar, 2nd ed. SciTech Publishing Inc, 2005.
- [5] H. D. Griffiths, "From a Different Perspective: Principles, Practice and Potential of Bistatic Radar," International Conference on Radar, Australia, Sept. 2003.
- [6] C. J. Baker and H. D. Griffiths, "Bistatic and multistatic radar sensors for homeland security," Advances in Sensing with Security Applications, vol. 2, pp. 1–22, Feb. 2006
- [7] Junhyeong Bae, and SungYeong Park Modeling and Simulation of Airborne Bistatic Radar Clutter 2019 IEEE International Symposium on Phased Array System & Technology (PAST)
- [8] M. K. Baczyk, K. Kulpa, P. Samczynski, and M. Malanowski, "The impact of reference channel SNR on targets detection by passive radar using DVB-T signals," in 2015 IEEE Radar Conference (Radar Con), pp. 0708–0712, IEEE, may 2015.
- [9] C. L. Teo," Bistatic radar analysis and software development," Master's Thesis, Dec. 2003
- [10] M. Pola, P. Bezousek, and J. Pidanic, "Model Comparison of Bistatic Radar Clutter," 13th Conference on Microwave Techniques COMITE, Czech Republic, April 2003

Hình 6. Chất lượng phát hiện của hệ thống với các giá trị xác suất báo động lầm $10^{-2}(a)$, 10^{-3} (b), 10^{-4} (c), 10^{-5} (d).

Dựa trên các biểu đồ chất lượng phát hiện có thể thấy tín hiệu DVB-T2 với ưu điểm của tín hiệu giả tạp dải rộng có hệ số nén cao và tỉ số đỉnh chính với các đỉnh phụ thấp nên tỉ số SCR yêu cầu để đạt được xác suất phát hiện cao là tương đối thấp so với các hệ thống ra đa một vị trí, trên Hình 4 và Hình 5 thể hiện, để đạt được xác suất phát hiện đúng bằng 0,8 với giá trị xác suất báo động lầm 10⁻⁵, tỉ số SCR yêu cầu cho mục tiêu chỉ dao động trong khoảng giá trị từ -46dB đến -42dB đối với các phân bố nhiễu Gauss, Rayleigh, Log-Normal và Weibull. Hình 6 cho thấy sự thay

- [11] D. K. Barton, "Land clutter models for radar design and analysis," Proceedings of the IEEE, vol. 73, no.2, 1985
- [12] K. L. Bell, J. T. Johnson, C. J. Baker, G. E. Smith, and M. Rangaswamy, "Modeling and Simulation for Multistatic Coherent MIMO Radar," 2013 IEEE Ra da Conference, Ottawa, Canada, May.2013.
- [13] J. Barrie Billingsley, "Low angle radar land clutter" William Andrew Publishing, TK6580 .B45 2001.

IMPACT OF SEVERAL TERRAIN CLUTTER MODELS ON DETECTION PERFORMANCE OF BISTATIC PASSIVE RA DA SYSTEM USING VIETNAMESE DVB-T2 SIGNALS

Abstract - The article researches several types of probability density distribution function for reflection signals from the ground. The paper also stadies factors to change those functions. The paper evaluates impact of Gauss, Weibull, Log-Normal and Rayleigh distribution clutter on the detection performance of bistatic passive radar systems using DVB-T2 digital terrestrial television signals in Vietnam with the Swerling 5 target model. The results show that the SCR ratio to achieve the hight detection performance. It's value is between -45dB and - 50dB. With all of the clutter distribution functions, the required SCR of Weibull distribution clutter is highest comparing to Gauss, Log-Normal and Rayleigh distribution.

Keywords - DVB-T2, Clutter, Gauss, Weibull, Log-Normal, Rayleigh.



Nguyễn Tiền Hải tốt nghiệp đại học chuyên ngành rađa năm 2006;

nhận bằng Thạc sĩ chuyên ngành kỹ thuật ra đa dẫn đường năm 2010 tại Học viện Kỹ thuật quân sự. Tác giả hiện là giảng viên tại Học viên Kỹ thuật quân sự.

Lĩnh vực nghiên cứu: rađa chủ động một vị trí, rađa thụ động; ra đa thứ cấp; xử lý tín hiệu và dữ liệu ra đa.



Nguyễn Mạnh Cường tốt nghiệp đại học chuyên ngành rađa năm 1986; nhận bằng Thạc sĩ chuyên ngành kỹ thuật tự động hóa và điều khiển từ xa năm 1998, bằng Tiến sĩ chuyên ngành rađa - dẫn đường năm 2007 tại Học viện Kỹ

thuật quân sự. Tác giả hiện là giảng viên tại Học viện Kỹ thuật quân sự.

Lĩnh vực nghiên cứu: rađa nhiều vị trí, rađa thụ động, MIMO rađa; hệ thống nhận

biết chủ quyền quốc gia; xử lý tín hiệu, nhận dạng mục tiêu rađa, xử lý ảnh, thiết

bị đầu cuối; thủy âm, các hệ thống vũ khí dưới nước...



Dương Quang Huy tốt nghiệp đại học chuyên ngành rađa năm 2017 tại Học viện Kỹ thuật quân sự. Tác giả hiện là học viên cao học tại Học viện Kỹ thuật quân sự.

Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý tín hiệu ra đa...



Nguyễn Thanh Hưng tốt nghiệp đại học chuyên ngành rađa năm 1992; nhận bằng Thạc sĩ chuyên ngành kỹ thuật tự động hóa và điều khiển từ xa năm 1997 tại Học viện Kỹ thuật quân sự, bằng Tiến sĩ chuyên ngành rađa năm 2005 tại Đại học Hàng không Matxcova. Tác giả hiện là giảng viên tại Học viện Kỹ thuật quân sự.

Lĩnh vực nghiên cứu: rađa nhiều vị trí, rađa thụ động; hệ thống nhận biết chủ quyền quốc gia; xử lý tín hiệu, nhận dạng mục tiêu rađa, xử lý ảnh, thiết bị đầu

cuối; thủy âm, các hệ thống vũ khí dưới nước...



Phùng Ngọc Anh tốt nghiệp đại học chuyên ngành vô tuyến điện tử và thông tin liên lạc năm 1998; nhận bằng Thạc sĩ chuyên ngành rađa – dẫn đường năm 2003, bằng Tiến sĩ chuyên ngành rađa – dẫn đường năm 2018 tại Học viện Kỹ thuật quân sự. Tác giả hiện đang công tác tại Học viện Phòng không – Không quân.

Lĩnh vực nghiên cứu: ảnh hưởng của biển Việt Nam đến khả năng phát hiện mục tiêu của rađa biển, các mô hình thống kê của nhiễu biển, phát hiện mục tiêu trên biển với việc ổn định xác suất báo động lầm, mô phỏng khả năng phát hiện mục tiêu với các mô hình thống kê của nhiễu...