

Hiệu chỉnh cấu trúc tín hiệu DVB-T2 Việt Nam cho ứng dụng ra đa thụ động

Nguyễn Tiên Hải*, Dương Quang Huy

Học viện Kỹ thuật quân sự.

*Email: haint0511@gmail.com.

Nhận bài ngày 12/9/2021; Hoàn thiện ngày 20/10/2021; Chấp nhận đăng ngày 12/12/2021.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.76.2021.21-27>

TÓM TẮT

Bài báo thực hiện áp dụng phương pháp hiệu chỉnh trực tiếp sóng mang con để thay đổi cấu trúc tín hiệu DVB-T2 Việt Nam làm cho tín hiệu này phù hợp với ứng dụng ra đa thụ động. Kết quả của bài báo chỉ ra trình tự và phương pháp phù hợp thực hiện hiệu chỉnh cấu trúc tín hiệu DVB-T2 Việt Nam loại bỏ các đỉnh phụ không mong muốn khi thực hiện phép xử lý tương quan chéo nền tín hiệu.

Từ khóa: Ra đa; Ra đa thụ động hai vị trí; DVB-T2; Hàm bất định.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, công nghệ tác chiến điện tử có nhiều bước đột phá, song song với việc phát triển các hệ thống ra đa chủ động, các hệ thống ra đa thụ động cũng đang được quan tâm mạnh mẽ, đặc biệt là các hệ thống ra đa thụ động sử dụng các tín hiệu truyền thông, các hệ thống ra đa này do không chủ động phát tín hiệu nên khó bị trinh sát bởi các hệ thống trinh sát điện tử. Truyền hình số mặt đất DVB-T, DVB-T2 là một trong những nguồn phát tín hiệu truyền thông tiềm năng cho ứng dụng ra đa thụ động không những ở Việt Nam mà còn trên toàn cầu.

Tín hiệu DVB-T2 khi sử dụng cho ra đa thụ động thể hiện được nhiều ưu điểm như: Băng thông tức thời rộng và không phụ thuộc vào thời gian, không phụ thuộc vào nội dung bản tin phát. Tuy nhiên, khi phân tích hàm bất định tín hiệu DVB-T2 cho thấy: Hàm bất định có nhiều đỉnh phụ, các đỉnh phụ này làm giảm hiệu suất phát hiện của hệ thống. Do đó, cần phải hiệu chỉnh hàm bất định của tín hiệu DVB-T2 để loại bỏ tất cả các đỉnh phụ không mong muốn để thu được dạng hàm bất định của tín hiệu giả tạp [1].

Bài báo thực hiện hiệu chỉnh tín hiệu DVB-T2 được thu tại Việt Nam có các tham số điều chế phát theo tiêu chuẩn truyền hình kỹ thuật số của Việt Nam để cải thiện hàm bất định, đưa dạng hàm bất định về dạng gần lý tưởng. Có hai phương pháp phổ biến được dùng để hiệu chỉnh cấu trúc tín hiệu DVB-T2 [2-6]: Thứ nhất là phương pháp giải điều chế - điều chế lại, phương pháp này cho tỉ số SNR cao do tín hiệu sau hiệu chỉnh được coi là tín hiệu không tạp; phương pháp thứ hai là phương pháp hiệu chỉnh trực tiếp sóng mang, phương pháp này sẽ tác động trực tiếp vào các sóng mang cần hiệu chỉnh, so với phương pháp thứ nhất phương pháp này giảm được độ phức tạp xử lý nên mang tính hiện thực cao hơn. Bài báo sử dụng phương pháp hiệu chỉnh trực tiếp sóng mang, cụ thể là phương pháp trong tài liệu [2] cho tín hiệu DVB-T để mở rộng hiệu chỉnh cấu trúc tín hiệu DVB-T2 Việt Nam, bài báo sử dụng cả giải pháp cân bằng và cắm pilot để loại bỏ các đỉnh bất định ở cả vùng gần và vùng xa. So sánh kết quả tài liệu [7] sử dụng giải pháp cắm pilot cho tín hiệu DVB-T2 mô phỏng và kết quả tài liệu [8] sử dụng giải pháp cân bằng pilot cho tín hiệu DVB-T2 của Nam Phi, kết quả của bài báo cũng đã loại bỏ được hoàn toàn các đỉnh bất định ở cả vùng gần và vùng xa cho cấu trúc tín hiệu DVB-T2 Việt Nam.

2. CẤU TRÚC CỦA TÍN HIỆU TRUYỀN HÌNH DVB-T2

DVB-T2 sử dụng điều chế OFDM, số lượng sóng mang (subcarriers) tùy thuộc vào chế độ hoạt động. Trong một khung, tín hiệu được bắt đầu bằng symbol P1. Symbol P1 được điều chế OFDM 1K, cấu trúc bao gồm ba phần riêng biệt A, B, C. Mục đích của cấu trúc symbol P1 có phần B và C là cho phép đồng bộ thời gian nhanh hơn. Sau symbol P1 là một số symbol P2 và data [8, 9].

Symbol P2 có chứa tín hiệu L1, tín hiệu L1 được chia thành L1 tiền tố và L1 hậu tố. Số lượng các tần số pilot trong các symbol P2 cao hơn nhiều symbol dữ liệu và nó phụ thuộc vào tham số được cho trong symbol P1. Tín hiệu L1 cung cấp thông tin để giải điều chế khung DVB-T2 và các thông tin mở rộng. Các thông tin bao gồm số symbol dữ liệu, kích thước chòm sao cũng như mẫu pilot trong các symbol dữ liệu.

Các symbol dữ liệu có chứa dữ liệu được nhóm vào các ống lớp vật lý và các pilot. Các pilot được chia thành các pilot tán xạ và các pilot liên tục. Các pilot tán xạ được trải trong các symbol và các hạt tần số thuộc 1 trong 8 mẫu (được xác định cụ thể ở thông tin L1). Các pilot liên tục được đặt ở chỉ số sóng mang phụ như nhau cho tất cả các symbol dữ liệu trong một khung. Chỉ số các sóng mang phụ của các pilot liên tục phụ thuộc vào mẫu pilot tán xạ và kích thước FFT. Mỗi ống lớp vật lý trong symbol dữ liệu chứa ánh xạ chòm sao (QPSK, 16-QAM, 64-QAM hoặc 256-QAM), ở đây, số lượng và cấu hình của mỗi ống lớp vật lý được chứa trong thông tin L1. Các ô còn lại trong khung DVB-T2 chứa các thông tin phụ về nguồn phát hoặc là để trống.

3. HIỆU CHỈNH HÀM BẤT ĐỊNH TÍN HIỆU DVB-T2 VIỆT NAM

3.1. Hàm tự tương quan hai chiều tín hiệu đài truyền hình Việt Nam VTV

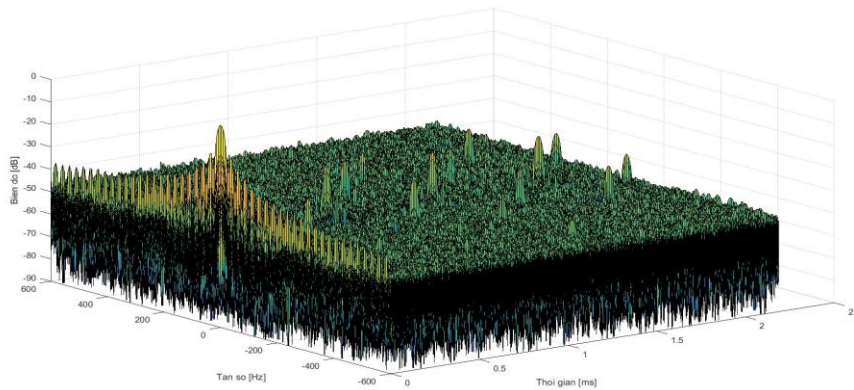
Bài báo lấy dữ liệu tín hiệu DVB-T2 của đài truyền hình Việt Nam VTV kênh 25 hoạt động trong băng tần 506 MHz bằng thiết bị Real-time Spectrum Analyzer BB60C sau đó phân tích, xử lý dữ liệu bằng phần mềm Matlab [1]. Một số thông số dữ liệu phân tích như sau:

- Tần số lấy mẫu $f_s = 9.16$ MHz;
- Độ dài dữ liệu: 10 symbol data = 368640 mẫu;
- Thời gian tích lũy: 10 symbol data ≈ 40.33 ms, thời gian trễ tối đa $\tau \approx 2.19$ ms, tần số Doppler tối đa $f_d = 600$ Hz.

Hàm tự tương quan hai chiều hay hàm bất định (Ambiguity function) của tín hiệu $r(t)$ (ký hiệu tín hiệu DVB-T2) là hàm phân giải hai chiều thời gian và tần số. Hàm bất định AF của tín hiệu $r(t)$ được biểu diễn như sau:

$$\chi(\tau, \nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} r(t)r^*(t-\tau)e^{j2\pi\nu t} dt \quad (1)$$

Trong đó, τ và ν là thời gian trễ và độ dịch tần số Doppler.



Hình 1. Hàm bất định AF của tín hiệu DVB-T2 kênh 25 đài VTV.

Sử dụng phần mềm Matlab phân tích dữ liệu DVB-T2 Việt Nam thu được theo công thức (1) nhận được hàm tự tương quan 2 chiều AF của tín hiệu DVB-T2 kênh tần số 25 được thể hiện trong hình 1.

Các đỉnh phụ trên hàm tự tương quan hai chiều thể hiện nhược điểm chung của cấu trúc tín hiệu DVB-T2 là đa trị, che lấp các mục tiêu yếu được thể hiện trong nhiều tài liệu [1, 2, 7, 8].

3.2. Hiệu chỉnh cấu trúc, hàm tương quan chéo tín hiệu DVB-T2 Việt Nam

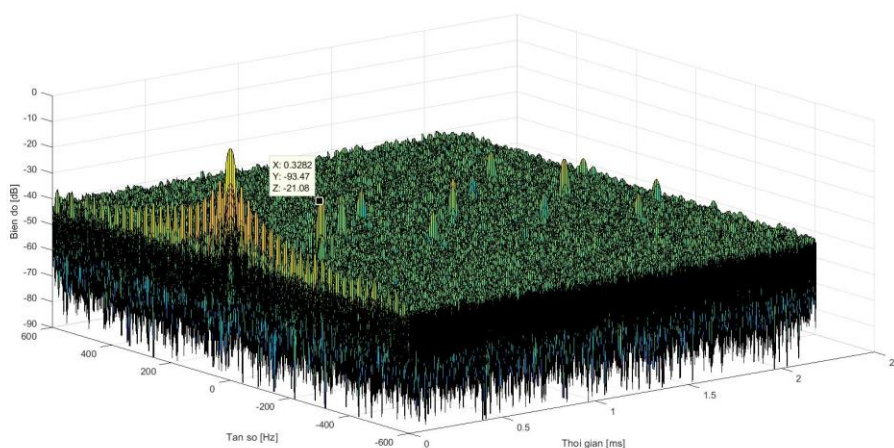
Trong bài báo tín hiệu kênh giám sát được giả lập dựa trên tín hiệu kênh tham chiếu, bao gồm 1 mục tiêu và tín hiệu trực xạ lọt vào kênh giám sát. Tham số cụ thể như sau:

- + Tín hiệu trực tiếp còn dư sau lọc;
- + Tín hiệu mục tiêu di chuyển có tham số: Tần số Doppler 100 Hz (≈ 107 Km/h); thời gian giữ chậm 0.328 ms; biên độ tín hiệu mục tiêu nhỏ hơn tín hiệu trực xạ 20 dB.

Hàm tương quan chéo hai chiều CAF của tín hiệu $r(t)$ (tín hiệu DVB-T2 kênh trực xạ) và tín hiệu $s(t)$ (tín hiệu DVB-T2 kênh giám sát) được biểu diễn như sau:

$$\chi(\tau, \nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} r(t)s^*(t - \tau)e^{j2\pi\nu t} dt \quad (2)$$

Sử dụng phần mềm Matlab phân tích dữ liệu $s(t)$ và $r(t)$ theo công thức (2) nhận được biểu diễn hàm tương quan chéo hai chiều (bản đồ cự ly-tần số) theo hình 2.



Hình 2. Hàm tương quan chéo CAF chưa xử lý kênh tham chiếu gồm: Mục tiêu+tín hiệu trực tiếp.

Có thể thấy, tín hiệu phản xạ từ mục tiêu bị che lấp bởi các đỉnh phụ do các pilot gây ra. Để loại bỏ những đỉnh phụ không mong muốn trên hình 2, tín hiệu kênh tham chiếu được xử lý theo sơ đồ thuật toán trong hình 3.

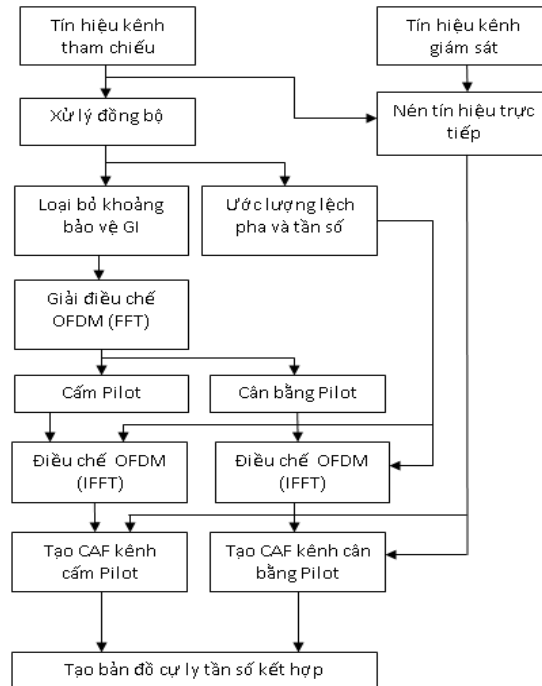
Trên sơ đồ hình 3, kênh giám sát sẽ được xử lý nén tín hiệu trực tiếp thông qua sử dụng các bộ lọc thích nghi dựa trên các thuật toán LMS, RLS, ... [10] để nén tín hiệu trực tiếp lọt vào kênh giám sát. Đối với tín hiệu kênh tham chiếu sẽ thực hiện các bước xử lý sau:

Bước đầu tiên là quá trình xử lý đồng bộ kênh tham chiếu. Quá trình xử lý này nhằm mục đích đồng bộ Frame, đồng bộ thời gian và tần số kênh thu tham chiếu so với tín hiệu từ máy phát DVB-T2. Sau quá trình xử lý đồng bộ, tín hiệu ở máy thu sẽ đồng bộ với tín hiệu ở máy phát, từ đó ước lượng được sai lệch pha và tần số giữa máy phát và máy thu.

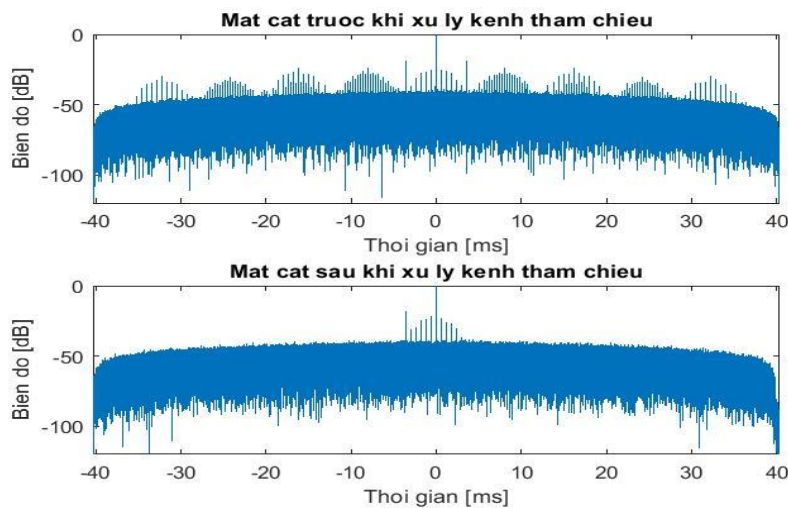
Bước thứ 2 là quá trình loại bỏ khoảng bảo vệ GI với tham số 1/8 nằm trong dữ liệu sau khi đồng bộ. Dữ liệu còn lại chính là symbol data 32K. Chuỗi các symbol này được giải điều chế OFDM (thực hiện FFT 32K). Lúc này, dữ liệu và pilot sẽ nằm trong các ô tần số theo quy luật đã biết.

Bước tiếp theo của quá trình xử lý kênh tham chiếu là hai quá trình song song nhau: Cầm và cân bằng pilot nhằm loại bỏ các đỉnh bất định không mong muốn.

- Quá trình cầm pilot: Thực hiện gán giá trị tại các ô tần số tương ứng với vị trí của pilot phân tán và pilot liên tục với 0. Kết quả của quá trình này nén các đỉnh phụ ở ngoài phạm vi 1 symbol 3.584 ms do các pilot gây ra (đỉnh bất định liên symbol). Hình 4 thể hiện mặt cắt trên miền thời gian tại $\tau = 0$ ms của bản đồ cự ly-tần số trước và sau khi cầm pilot.



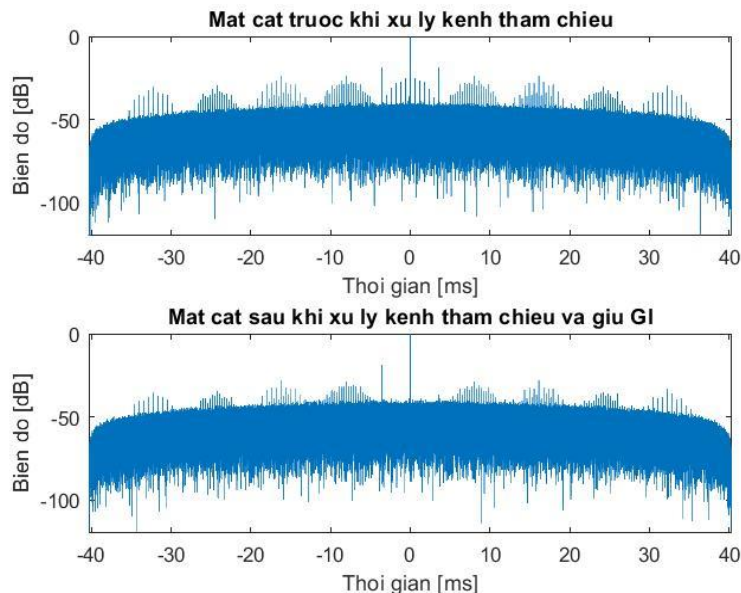
Hình 3. Sơ đồ xử lý tín hiệu.



Hình 4. Mặt cắt hàm tương quan chéo CAF trước và sau khi cầm pilot.

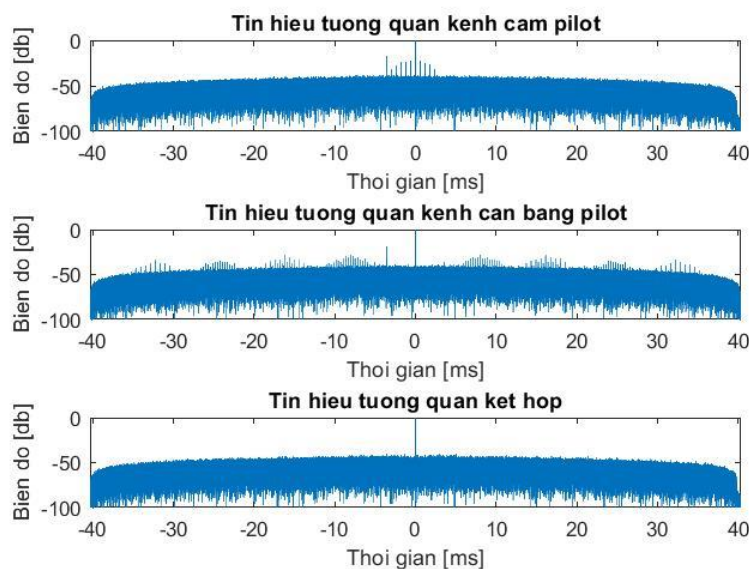
- Quá trình cân bằng pilot: Cân bằng pilot liên quan đến việc chuẩn hóa mức công suất của pilot sau khi giải điều chế OFDM. Tín hiệu pilot trong tín hiệu DVB-T2 được tăng biên độ so với dữ liệu theo hệ số 4/3 với pilot phân tán và 8/3 với pilot liên tục (do kênh 25 đài VTV có mẫu pilot là PP2 [1]). Do đó, quá trình cân bằng đạt được bằng cách nhân biên độ tại vị trí các ô tần

số pilot phân tán và liên tục với giá trị tương ứng $(3/4)^2$ và $(3/8)^2$, dẫn đến loại bỏ các đỉnh phụ trong khoảng 1 symbol 3.584 ms như trên hình 5 (đỉnh bất định nội symbol).



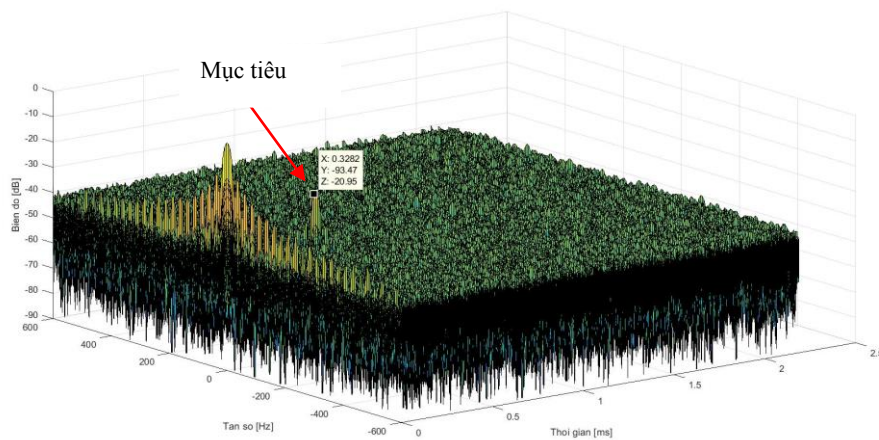
Hình 5. Mặt cắt hàm tương quan chéo CAF trước và sau khi cân bằng pilot.

Bước cuối cùng trong quá trình xử lý là tạo bản đồ cự ly-tần số kết hợp. Quá trình này là sự kết hợp của 2 hàm CAF của cảm và cân bằng pilot để tạo ra giản đồ CAF mong muốn, một mặt cắt của giản đồ được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Mặt cắt hàm tương quan chéo CAF kết hợp cảm và cân bằng pilot.

Hình 7 biểu diễn bản đồ cự ly-tần số đã xử lý kênh tham chiếu gồm: Mục tiêu và tín hiệu trực tiếp. Thấy rằng các đỉnh phụ trong bản đồ cự ly-tần số đã bị nén chỉ còn lại đỉnh chính của tín hiệu trực tiếp và mục tiêu trên nền bản đồ. Cho thấy hiệu quả của quá trình xử lý đối với kênh tham chiếu.



Hình 7. Bản đồ cự ly-tần số đã xử lý kênh tham chiếu gồm: Mục tiêu+tín hiệu trực tiếp.

Như vậy, với phương pháp xử lý tín hiệu DVB-T trong tài liệu [2] được mở rộng để áp dụng xử lý tín hiệu DVB-T2 tại Việt Nam (dữ liệu thực tế thu từ kênh tần số 25 đài truyền hình Việt Nam VTV). Các kết quả cho thấy rằng, việc xử lý tín hiệu kênh tham chiếu đối với tín hiệu DVB-T2 tại Việt Nam VTV cho kết quả tương tự với các kết quả trong các tài liệu [2, 4, 7, 8]. Với việc khảo sát, hiệu chỉnh và đánh giá cụ thể cho tín hiệu DVB-T2 tại Việt Nam cùng những kết quả và các tài liệu tham chiếu cho thấy độ tin cậy của kết quả bài báo.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã thực hiện hiệu chỉnh cấu trúc của tín hiệu DVB-T2 tại Việt Nam. Có thể thấy rằng, sau khi áp dụng các phương pháp hiệu chỉnh như: loại bỏ khoảng bảo vệ, cắm pilot và cân bằng pilot đã thu được hàm bất định của tín hiệu DVB-T2 có dạng của tín hiệu giả tạp. Với dạng hàm bất định đã được xử lý này chính là cơ sở quan trọng để xây dựng lên cấu trúc mô hình xử lý tín hiệu cho hệ thống ra đa thụ động sử dụng tín hiệu DVB-T2 tại Việt Nam. Trong thời gian tới, việc nghiên cứu để xử lý tín hiệu đồng bộ và tín hiệu giám sát sẽ được thực hiện để tiến tới xây dựng một hệ thống ra đa thụ động sử dụng tín hiệu DVB-T2 hoàn chỉnh tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. D. Q. Huy, N.T.Hải, P.N.Anh “Đánh giá cấu trúc tín hiệu DVB-T2 cho hệ thống ra đa thụ động hai vị trí nguồn phát không kết hợp tại Việt Nam”, TC. Nghiên cứu KHCNQS, số 70(2020), tr. 65-69.
- [2]. Zhiwen Gao, Ran Tao, Yongfeng Ma, Tao Shao, "DVB-T Signal Cross Ambiguity Functions Improvement for Passive Radar," Radar, 2006. CIE '06. International Conference on, pp.1,4, 16-19 Oct. 2006.
- [3]. Searle, S., Howard, S., Palmer, J., "Remodulation of DVB—T signals for use in Passive Bistatic Radar," Signals, Systems and Computers (ASILOMAR), 2010 Conference Record of the Forty Fourth Asilomar Conference on, pp.1112,1116, 7-10 Nov. 2010.
- [4]. Harms, H.A., Davis, L.M., Palmer, J., "Understanding the signal structure in DVB-T signals for passive radar detection," Radar Conference, 2010 IEEE, vol., no., pp.532, 537, 10-14 May 2010.
- [5]. Palmer, J.E., Harms, H.A., Searle, S.J., Davis, L.M., "DVB-T Passive Radar Signal Processing," Signal Processing, IEEE Transactions on, vol.61, no.8, pp.2116,2126, April 15, 2013.
- [6]. Bongioanni, C., Colone, F., Langellotti, D., Lombardo, P., Bucciarelli, T., "A new approach for DVB-T Cross-Ambiguity Function evaluation," Radar Conference, 2009. EuRAD 2009. European, pp.37, 40, Sept. 30 2009-Oct. 2 2009.
- [7]. A. Kovalev and I. Veremyev, "Correction of DVB-T2 signal crossambiguity function for passive radar", 2014 International Radar Conference, Lille, pp. 1-4, 2014.

- [8]. Daniel W. O'Hagan, Motlatsi Setsubi, Stephen Paine, "*Signal reconstruction of DVB-T2 signals in passive radar*", 2018 IEEE Radar Conference, pp. 1111-1116, 2018.
- [9]. ETSI, "*Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*", European Telecommunications Standards Institute (2011).
- [10]. Mohamed Amine Attalah, Toufik Laroussi, Fulvio Gini, "*Fast block LMS algorithm for interference cancellation in DVB-T based passive bistatic radar*", International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B), pp. 1-5, 2017.

ABSTRACT

RECONSTRUCTION OF VIETNAMESE DVB-T2 SIGNAL IN PASSIVE RADAR SYSTEMS

The paper uses the direct subcarrier correction method to change the structure of the Vietnam DVB-T2 signal, making this signal suitable for passive radar applications. The results of the paper show the appropriate processing order and method to correct the structure of the Vietnamese DVB-T2 signal to remove unwanted subpeaks when performing cross-correlation processing to compress the signal.

Keywords: Radar; Passive bistatic radar; DVB-T2; Ambiguity function.