

TRIỆT NHIỄU TRONG HỆ THỐNG VI BA SỐ DÙNG WAVELETS

Lê Tiến Thường, Hoàng Đình Chiến, Trần Việt Tấn, Nguyễn Đức Thịnh
Đại học Bách Khoa, Tp. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 19 tháng 02 năm 2001; hoàn chỉnh sửa chữa ngày 11 tháng 05 năm 2001)

TÓM TẮT:

Vi ba số là hệ thống thông tin vô tuyến dùng kỹ thuật số thiết lập một đường truyền dẫn giữa hai điểm cố định bằng sóng vô tuyến có hướng tính rất cao nhờ các anten định hướng. Nếu đường truyền xa hoặc gặp chướng ngại, phải chia thành nhiều trạm chuyển tiếp có nhiệm vụ thu nhận xử lý tín hiệu, khuếch đại và tái phát đi ở tần số sóng mang khác. Chất lượng hệ thống thông tin vi ba số chịu ảnh hưởng nhiều của fading, suy hao do mưa, các loại nhiễu nhiệt, nhiễu giao thoa, ...

Bài báo này đề cập đến vấn đề triệt nhiễu để nâng cao chất lượng của hệ thống vi ba số dùng Wavelets, phát triển tiếp theo từ [1,2,3]. Wavelets là phương pháp phân tích tín hiệu thành tổng các tín hiệu ở nhiều thành phần tần số và nghiên cứu với các độ phân giải khác nhau. Phương pháp phân tích tín hiệu trên được quan tâm đến ở những năm gần đây vì những thế mạnh của nó so với các phương pháp khác và đã có nhiều ứng dụng trong thực tiễn như: nén ảnh, xử lý audio, triệt nhiễu...

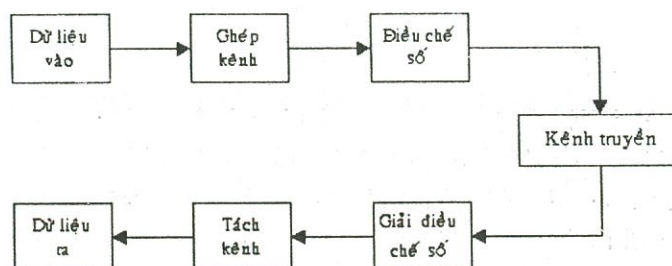
Phần một và hai của bài báo trình bày những kiến thức tóm tắt về hệ thống vi ba số, các loại nhiễu ảnh hưởng đến hệ thống, phương pháp nâng cao chất lượng. Cơ sở toán học của phương pháp phân tích Wavelets và những ứng dụng trong vấn đề triệt nhiễu. Phần mô phỏng trên máy tính được thực hiện trên môi trường Matlab 5.3 về điều chế, giải điều chế QPSK, BPSK trong các môi trường nhiễu AWGN, Rayleigh Fading Channel, Adjacent Channel. Các kết quả sẽ được trình bày trực quan dưới dạng các đồ thị xác suất lỗi bit (BER – Bit-Error Rate) tương ứng với các luật Wavelets khác nhau.

Cuối cùng bài báo sẽ đưa ra một số kết luận dựa trên các kết quả mô phỏng cũng như mở ra hướng phát triển tiếp theo.

Từ khoá : Vi ba số, Wavelets, triệt nhiễu, chất lượng hệ thống, BER.

I. HỆ THỐNG THÔNG TIN VI BA SỐ

1.1 TÓNG QUAN: Xét một kênh thông tin số đơn giản như hình 1,



Hình 1: Kênh thông tin số điển hình

Kênh truyền có thể là hữu tuyến (cáp quang, dây song hành...), vô tuyến (Vi ba, thông tin di động, vệ tinh...). Lựa chọn kênh truyền phụ thuộc vào yêu cầu về chất lượng thông tin, độ bảo mật, hiệu quả kinh tế ...

1.2 NHIỄU TRONG HỆ THỐNG VI BA SỐ

Nhiều là tín hiệu không mong muốn xuất phát từ nhiều nguồn khác nhau xen vào tín hiệu hữu ích. Nhiều chồng lên tín hiệu làm cho máy thu khó nhận đúng được thông tin từ bên phát làm giảm tốc độ truyền thông tin và tăng tỉ lệ lỗi (BER), giảm chất lượng hệ thống [4,5,6,7,10,12]. Bằng thống kê ta có thể tìm được quy luật của một vài loại nhiễu điển hình, qua đó tìm cách khắc phục hoặc giảm ảnh hưởng của nhiễu nhằm nâng cao chất lượng của hệ thống. Các loại nhiễu chính trong hệ thống vi ba số:

1.2.1 **Nhiều Gauss:** Nhiều Gauss là loại nhiễu tồn tại trong mọi hệ thống thông tin. Đây là loại nhiễu nhiệt có phân bố theo hàm Gauss nên thường được gọi là nhiễu Gauss

1.2.2 **Kênh truyền có Fading Rayleigh (Rayleigh Fading channel):** Fading là sự biến đổi cường độ (mức) tín hiệu sóng mang vô tuyến siêu cao tần thu được do sự thay đổi khí quyển, các phản xạ của đất, chướng ngại vật trên đường truyền sóng... Trong hệ thống thông tin, khi thiết kế, người ta quan tâm đến 2 loại fading chính sau: Fading lựa chọn tần số và Fading không lựa chọn tần số (fading phẳng).

1.2.3 **Giao thoa kênh kề cận:** Nguyên nhân giao thoa kênh kề cận là do quá trình điều chế, bộ lọc, mạch thiết kế không hoàn hảo.

II. WAVELETS VÀ PHƯƠNG PHÁP TRIỆT NHIỄU DÙNG WAVELETS.

Biến đổi Wavelets được đưa ra dựa trên ý tưởng của phép biến đổi Fourier. Nhờ vào sự co giãn của hàm cửa sổ của phép biến đổi wavelets, nó có đặc tính uyển chuyển hơn biến đổi Fourier trong xử lý tín hiệu ngẫu nhiên không ổn định.

2.1 **PHÂN TÍCH FOURIER:** Phân tích Fourier là quá trình biến đổi tín hiệu ban đầu thành tổng của các tín hiệu tuần hoàn ở các tần số khác nhau. Biến đổi Fourier là một phép biến đổi tuyến tính, nó biến một tín hiệu $f(t)$ khả tích tuyệt đối trong miền thời gian thành một tín hiệu trong miền tần số $F(\omega)$ [8,9,11],

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (2.1.1)$$

$e^{j\omega t}$ gọi là hàm cơ bản. Biến đổi Fourier ngược:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (2.1.2)$$

2.2 **BIẾN ĐỔI FOURIER THỜI GIAN NGẮN STFT (SHORT TIME FOURIER):** Đối với những tín hiệu không ổn định, phân tích Fourier cơ bản không thể định vị theo thời gian các tần số hiện diện trong tín hiệu. Một phương pháp cải tiến hiệu quả là dùng hàm cửa sổ $g(t)$, nhân hàm này với tín hiệu cần khảo sát và lấy biến đổi Fourier của nó, lần lượt trượt cửa sổ này trên toàn chiều dài của tín hiệu:

$$F(\omega, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)g^*(t-\tau)e^{-j\omega t} dt \quad (2.2.1)$$

với * là liên hiệp phức. Do đặc điểm hàm cửa sổ phân tích g(t) có kích thước cố định trong suốt quá trình xử lý tín hiệu dẫn đến nhược điểm của phép biến đổi STFT.

2.3 PHÂN TÍCH WAVELETS: Phân tích Wavelets là phương pháp trong đó kích thước cửa sổ phân tích có thể thay đổi, nó cho phép phân tích thời gian dài tần số thấp và thời gian ngắn ở tần số cao nhờ vào sự co giãn một hàm cơ bản gọi là wavelets mẹ. Phương pháp này được xem là một kỹ thuật hiệu quả trong việc khắc phục nhược điểm của phép biến đổi STFT nêu trên.

2.3.1 Cơ sở biến đổi Wavelets: Thay cho hàm cửa sổ cố định, là một hàm Wavelets có độ rộng và chu kỳ thay đổi được:

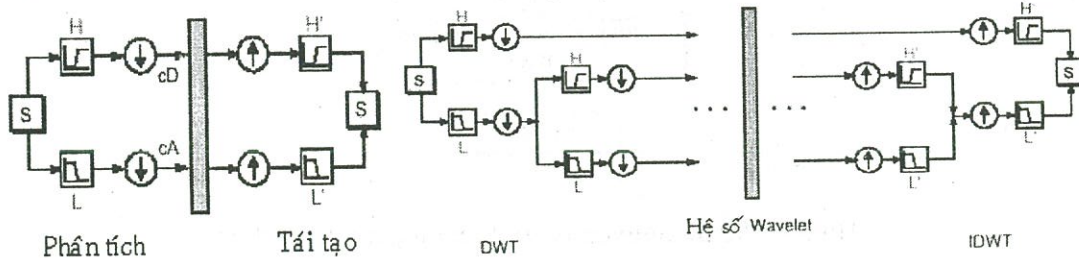
$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \left(\frac{t-b}{a} \right) \quad (2.3.1)$$

Trong đó: a là hệ số tỷ lệ (tần số), b là hệ số dịch (thời gian). Như vậy, một tín hiệu f(t) có biến đổi Wavelets là [8,9,11],

$$w(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi_{a,b}^*(t) dt \quad (2.3.2)$$

với * là liên hiệp phức, $\psi_{ab}(t)$ với a = 1, b= 0 gọi là Mother Wavelets, các bản dịch và tỷ lệ của Wavelets mẹ tạo thành một họ các wavelets con (daughter Wavelets).

2.3.2. Ưu điểm của phân tích Wavelets: Ưu điểm quan trọng của Wavelets là khả năng 'làm việc' tại những điểm cục bộ có nghĩa là phân tích bộ phận nhỏ trong khu vực rất lớn của tín hiệu, phân tích Wavelets có thể phát hiện ra những điểm đặc biệt trên bề mặt dữ liệu mà những phương pháp phân tích khác có thể bỏ qua, ví dụ điểm gãy, điểm không liên tục ở đạo hàm bậc cao... Hơn nữa, bởi vì có cách nhận dạng tín hiệu khác so với các kỹ thuật truyền thống hiện tại, phân tích Wavelets có khả năng nén (compress) và triệt nhiễu (de-noise) mà không làm mất đi bản chất của tín hiệu. Sơ đồ phân tích tái tạo tín hiệu sử dụng Wavelets đơn giản.



Hình 2: Sơ đồ phân tích và tái tạo Wavelets

Hình 3: Phân tích tổng hợp đa phân giải

Khi phân tích sử dụng quá trình lấy mẫu xuống (downsampling) do đó khi tái tạo để có thể xây dựng lại tín hiệu cần có sự kết hợp bộ lọc với bộ lấy mẫu lên (upsampling) được minh họa trong hình 2. Quá trình phân tích tổng hợp đa phân giải gồm ba bước (hình 3): Phân tích tín hiệu thành các hệ số Wavelets, sửa đổi các hệ số Wavelets và tái tạo lại tín hiệu từ các hệ số đã được hiệu chỉnh

2.4 XỬ LÝ NHIỀU DÙNG WAVELETS

Quá trình triệt nhiễu tín hiệu S được chia làm ba bước (hình 3)

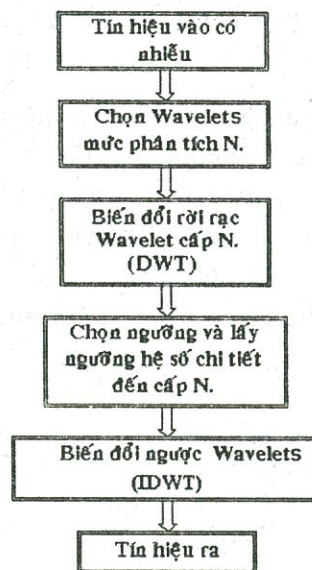
- Phân tích: Chọn một loại Wavelets, chọn mức phân tích N. Tính toán phân tích Wavelets ở mức N tín hiệu S.
- Lấy ngưỡng các hệ số chi tiết: Tất cả các mức từ 1 đến N chọn một cách lấy ngưỡng và ứng dụng lấy ngưỡng cho tất cả các hệ số chi tiết.
- Xây dựng lại tín hiệu: Thực hiện việc biến đổi ngược Wavelets dựa trên hệ số xấp xỉ nguyên bản ở mức N và các hệ số chi tiết đã được hiệu chỉnh từ mức 1 đến mức N.

Hai điểm cần được nói đến là: làm sao chọn được ngưỡng và lấy ngưỡng như thế nào?

Lấy ngưỡng cứng: $Hard_threshold(x, thr) = \begin{cases} 0 & |x| \leq thr \\ x & |x| > thr \end{cases}$

Lấy ngưỡng mềm: $Soft_threshold(x, thr) = \begin{cases} 0 & |x| \leq thr \\ sign(x)(|x| - thr) & |x| > thr \end{cases}$

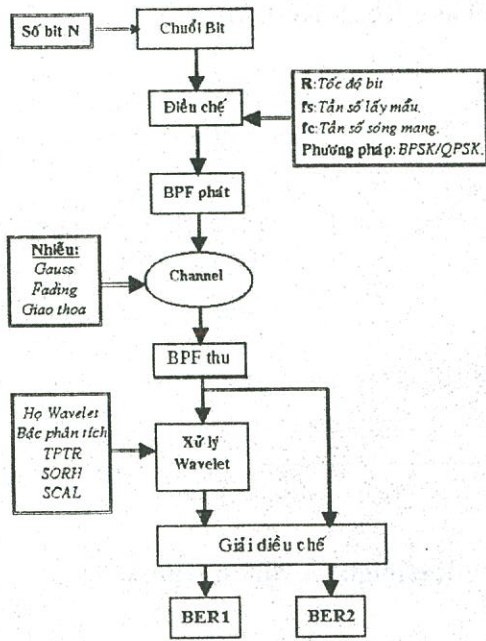
Có 4 luật chọn ngưỡng được sử dụng phổ biến trong triệt nhiễu: *rigsure*, *sqtwolog*, *heursuere*, *minimaxi*. Các phương pháp tác động đến tỉ lệ nhiễu cho các bậc phân tích: *one*, *sln*, *mln* [1 et al].



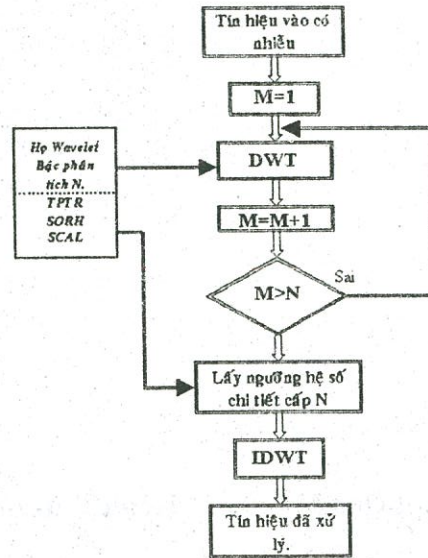
Hình 4: Sơ đồ nguyên lý triệt nhiễu dùng Wavelets

III. MÔ PHỎNG

Lưu đồ quá trình triệt nhiễu và mô phỏng minh họa trong hình 5 và hình 6 như sau:



Hình 5: Lưu đồ quá trình mô phỏng

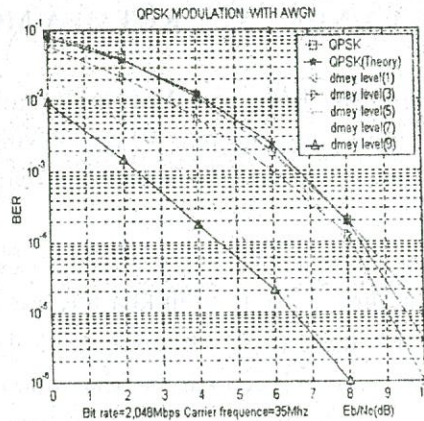
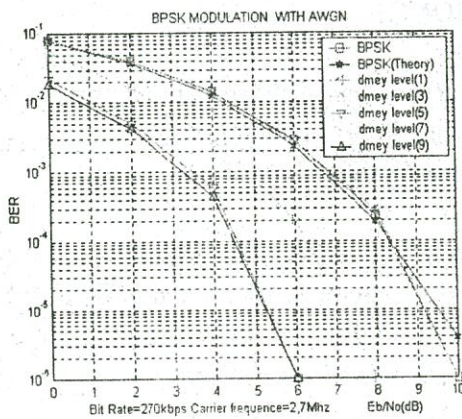


Hình 6: Lưu đồ triệt nhiễu dùng wavelets

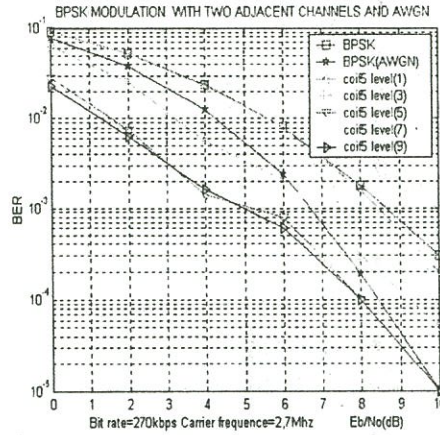
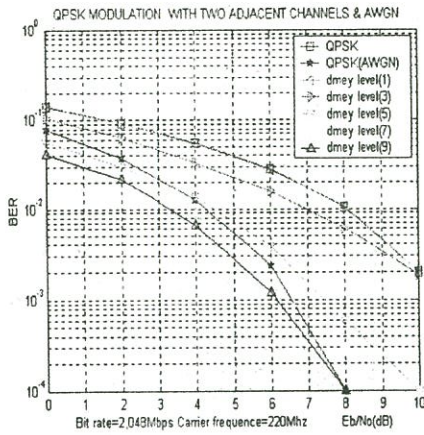
3.2 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Do giới hạn của số trang bài viết, tác giả chỉ xin được trình bày một số kết quả mô phỏng đặc trưng cho một loạt các họ Wavelets sử dụng trong quá trình phân tích tín hiệu cho các loại nhiễu khác nhau. Phần nhận xét về các kết quả được tóm gọn trong phần kết luận trong việc đánh giá toàn bộ kết quả thu hoạch.

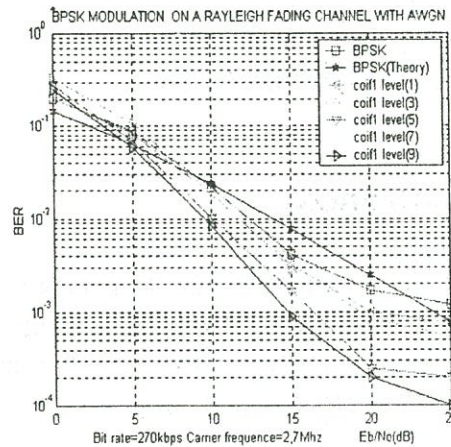
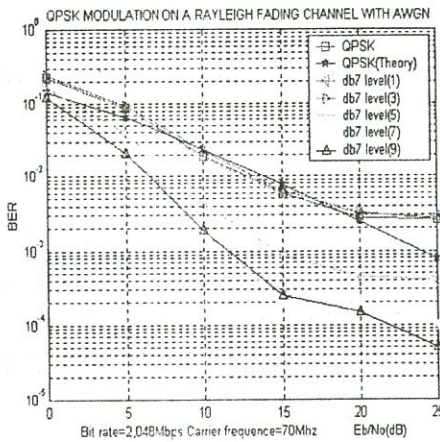
3.2.1 Kết Quả Mô Phỏng Nhiễu Gauss (AWGN)



3.2.2 Kết Quả Mô Phỏng Nhiễu Gauss và Giao Thoa Kênh Kề Cận



3.2.3 Kết Quả Mô Phỏng Kênh Truyền Fading Rayleigh và Nhiễu Gauss



IV. KẾT LUẬN VÀ NHẬN XÉT KẾT QUẢ MÔ PHỎNG:

Một trong những ưu điểm của Wavelets chính là sự đa dạng trong các hàm phân tích. Dựa vào kết quả mô phỏng của hơn 40 họ Wavelets trong các môi trường nhiễu khác nhau Gaussian, fading, giao thoa với gần 500 đồ thị khảo sát cho ta rút ra kết luận:

- Không phải tất cả các họ Wavelets đều đem lại hiệu quả, trong các họ khảo sát họ **dmey** là một trong những họ triệt nhiễu khá tốt, bên cạnh đó còn có các họ khác như **db7**, **db8**, **coif5**, **sym8** ... Họ **haar** (**db1**) khả năng triệt nhiễu kém, sở dĩ có sự khác biệt đó là do độ phân giải trong phân tích của các họ khác nhau là khác nhau. Độ phân giải phụ thuộc vào đáp ứng của bộ lọc (Low_pass, High_pass trình bày ở phần Wavelets).
- Giao thoa kênh kề cận gây ra sự lỗi bit khá lớn đặc biệt là phương pháp điều chế QPSK, sử dụng phép biến đổi Wavelets có thể hạn chế phần nào nhược điểm trên, tuy nhiên nó đem lại hiệu quả không cao. Việc triệt nhiễu Gauss dùng Wavelets đem lại kết quả rất khả quan, cùng một số BER thì mức chênh lệch Eb/No dùng phép biến đổi Wavelets

có thể chênh lệch từ 2 đến 4 dB. Do đó, có thể áp dụng Wavelets triệt nhiễu trong xử lý tín hiệu vào các hệ thống tin khác như di động, vệ tinh...

Mỗi họ Wavelets có một độ phân giải riêng đối việc phân tích, độ phân giải càng lớn tính chính xác trong tính toán xấp xỉ, chi tiết càng cao. Trong các họ Wavelets đã được khảo sát, họ DMEY là một trong những họ đem lại kết quả khá tốt, điều này được thấy rõ thông qua đồ thị xác suất lỗi BER. Xử lý ảnh (tín hiệu hai chiều) cũng là một trong những điểm mạnh của Wavelets, nó có thể được ứng dụng nhiều trong tương lai.

Wavelets là vấn đề còn rất mới được nghiên cứu mạnh trong những năm gần đây. Từ các kết quả của quá trình mô phỏng, rút ra các luật đạt kết quả xử lý nhiễu tốt nhất, đi xa hơn nữa có thể xây dựng một phần mềm xử lý tín hiệu nhằm nâng cao chất lượng của tín hiệu ở các hệ thống máy thu, từ đó có thể vi mạch hoá để ứng dụng trong công nghệ.

DE-NOISING DIGITAL MICROWAVE SYSTEMS USING WAVELETS

Le Tien Thuong, Hoang Dinh Chien, Tran Viet Tan, Nguyen Duc Thinh

ABSTRACT:

Digital microwave systems are radio communication systems using digital techniques and operated frequency ranges in the microwave region. An advantage of microwave is that transmission path is not completely interrupted by disasters or accidents (such as earthquakes, landslide, etc. Moreover, digital microwaves are robust in noise or interference on the transmission path and the signals can be easily processed using the memory, small and low-cost terminals. Beside these advantages, digital microwave systems have backwards addressed to fading, rain, radio interference, and systems required the synchronization as well.

Wavelets is a method of analyzing signals into different frequency domains and studies each domain with a different discrimination. Although this method started in the early years of the century, it has only attracted our interest in recent years due to its advantages over other methods. Therefore, it has so many applications in image and audio signal processing, noise suppression, etc.

This research will mention the approach of de-noising to improve the performance of digital microwave systems. The simulation programmed in Matlab 5.3 performs the QPSK, BPSK modulation and demodulation in the noise environment AWGN, Rayleigh fading channels, adjacent channels. The results are presented visually the BER curves corresponding to various mother Wavelets used for the processing.

Keyword: Digital microwave, Wavelets, Noise Suppression, System Performance.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Le-Tien, H.D. Chien, "Wavelet Transform, Subband Coding and some their applications in signal processing", Special issue: Research and Development on Informatics and Telecommunications technology", DGPT - Post and Telecommunications journal, 7-1999, PP19-28.
- [2] Thuong Le-Tien, Chien Hoang-Dinh, Dung Ho-Quang, Nhan Nguyen-Duong-The, Hoa Le-Minh, Kha Ha-Hoang, "Spread-Spectrum Communications Correlated with the Proposed Wavelet-based Signal Processing for Noise Suppression", The 5th CDMA International Conference & Exhibition, 22-25 November 2000, Korea-Seoul.
- [3] Thuong Le-Tien, Chien Hoang-Dinh, "Wavelet-based Approach Implement to Aspect-Independent Signal Processing for Recognizing Two-Dimension Distribution of Scattering Centers", Japan-USA-VietNam workshop on research and education in systems, computation and control engineering, 7-9 June 2000, HCM City, Viet Nam.
- [4] Hoàng Đình Chiến, Giáo trình "*Mạch điện tử thông tin*", 2000, NXB Đại học Quốc Gia TP HCM.
- [5] A.Burce Carlson, "*Communication Systems*", ISBN 0-07-009961-8.
- [6] Theodore S.Rappaport, "*Wireless Communications, Principles and Practice*", 1995, Prentice Hall PTR, ISBN 0-13-375536-3.
- [7] Bernard Skalar, "*Digital Communications*", 1988, Prentice Hall.
- [8] Martin Vetterli and Jelena Kovacevic, "*Wavelets and subband coding*", 1995, Prentice Hall PTR, ISBN 0-13-097080-8.
- [9] C.Sidney Burrus, Ramesh A.Gopinath, Haitao Guo, "*Introduction to Wavelets and Wavelets Transforms*", Prentice Hall, ISBN 0-13-489600-9.
- [10] Edwin Jones, "*Digital Transmission*", McGRAW-HILL, ISBN 0-07-707810-1.
- [11] I. Daubechies, "*Ten Lectures on Wavelets*", Rutgers University and AT& Bell Laboratories.
- [12] Taub, Schilling, "*Principles of Communications System*", 1986, Mc Graw Hill, ISBN 0-07-10037-4.