



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0019668

(51)⁷ G01N 27/00, H04L 27/00

(13) B

(21) 1-2015-02234 (22) 22.06.2015
(45) 27.08.2018 365 (43) 25.08.2015 329
(73) TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI (VN)
Số 1 Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội
(72) Nguyễn Văn Đức (VN), Lương Ngọc Sơn (VN)

(54) PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐÁP ỨNG XUNG CỦA KÊNH THÔNG TIN THỦY ÂM BẰNG CHUỖI MÃ GIẢ NGẪU NHIÊN KẾT HỢP VỚI DÒ PHA CÁC TUYẾN TRUYỀN DẪN ĐA ĐƯỜNG

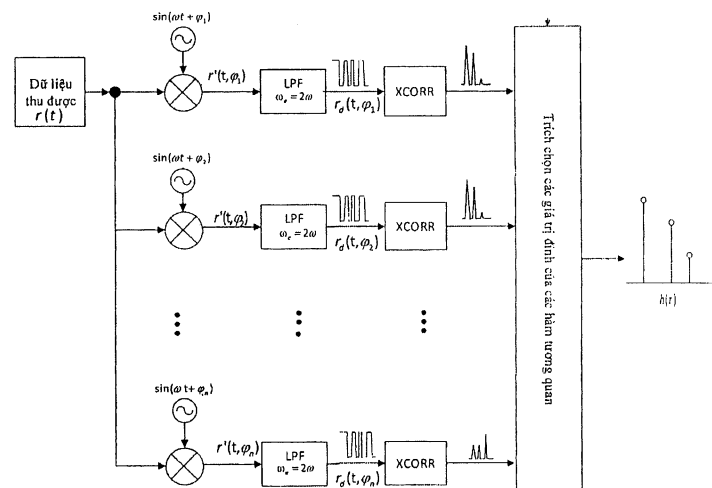
(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm bằng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp với dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường, phương pháp này bao gồm các bước:

Bước 1: tạo một chuỗi mã giả ngẫu nhiên, sau đó tín hiệu này được điều chế khóa dịch pha nhị phân (BPSK) và phát ra ăngten của máy phát;

Bước 2: thu và lưu trữ tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên đã được điều chế BPSK sau khi truyền qua kênh thông tin thủy âm; và

Bước 3: xử lý dữ liệu thu được bao gồm phép nhân so pha của tín hiệu thu được, sử dụng bộ lọc thông thấp để loại bỏ tần số sóng mang, phép lấy hàm tương quan tín hiệu thu với chuỗi mã giả ngẫu nhiên phía phát, và cuối cùng là trích chọn đỉnh tương quan xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm.

Phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm theo sáng chế khác biệt ở chỗ sau khi so pha, thực hiện phép nhân so pha của tín hiệu thu được với tín hiệu giải điều chế có pha thay đổi tuần tự, tín hiệu thu được đi qua bộ lọc thông thấp để giải điều chế sóng mang. Tín hiệu sau khi giải điều chế sóng mang được nhân tương quan với chuỗi mã giả ngẫu nhiên, và trích chọn các giá trị cực đại của hàm tương quan để tìm ra sự đồng pha của tín hiệu thu với tín hiệu tách sóng mang có pha thay đổi.



Sơ đồ thuật toán xử lý tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên để đưa ra đáp ứng xung kênh thông tin thủy âm

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm bằng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp với dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường, bằng cách thu và xử lý tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên được truyền qua kênh thông tin thủy âm. Pha của các tuyến truyền dẫn đa đường sẽ được so pha với pha thay đổi tuần tự của bộ tách sóng tín hiệu. Thông qua việc so pha, kết hợp với kỹ thuật sử dụng hàm tương quan, pha của các tuyến truyền dẫn đa đường sẽ được xác định, để từ đó xác định được biên độ suy hao và trễ truyền dẫn của kênh truyền. Việc xác định đáp ứng xung của kênh truyền nhằm hỗ trợ việc mô hình hóa kênh thông tin thủy âm đồng thời giúp nâng cao độ tin cậy của thông tin truyền trong hệ thống thông tin thủy âm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Kênh thông tin thủy âm dùng trong các hệ thống thông tin với rất nhiều ứng dụng, đặc biệt trong vùng biển nước nông gần bờ. Đặc tính kênh thông tin thủy âm bao gồm truyền dẫn đa đường, biến động theo không gian và thời gian, dịch tần Doppler là những thách thức trong việc thiết kế hệ thống thông tin thủy âm (đã được công bố trong “Underwater Acoustic Communication Channels: Propagation Models and Statistical Characterization”, của tác giả Milica Stojanovic và cộng sự, IEEE Communications Magazine, January 2009).

Không giống kênh thông tin vô tuyến với các mô hình đã được chấp nhận và tiêu chuẩn hóa về cả phân bố xác suất và mật độ phổ công suất (ví dụ như mô hình Jake), hiện nay vẫn chưa có sự thống nhất về đặc tính thống kê của kênh thông tin thủy âm, cũng như chưa có mô hình kênh thông tin thủy âm tiêu chuẩn. Các phương pháp hiện nay thường dùng là đo đạc thực nghiệm để tìm ra được tính thống kê của kênh thông tin ở môi trường đo cụ thể (đã được công bố trong “Investigation of underwater acoustic multi path Doppler

and delay spreading in a shallow marine environment”, của tác giả Michael Caley và Alec Duncan, *Acoustics Australia journal*, 20 - Vol. 41, No. 1, April 2013).

Phương pháp đo kênh vô tuyến và kênh thông tin thủy âm sử dụng mã giả ngẫu nhiên được áp dụng hiện nay là phổ biến. Các thực nghiệm đo kênh thông tin thủy âm thực hiện trong công bố của Caley, M. & Duncan, “Investigation of underwater acoustic multi-path Doppler and delay spreading in a shallow marine environment”, *Acoustics Australia*, vol. 41, no. 1, pp. 20--28, Apr. 2013, tín hiệu dò (probing signals) là các chuỗi mã giả ngẫu nhiên, dữ liệu đo được xử lý để đưa ra các kết quả như đáp ứng xung của kênh, phổ Doppler, các hàm tương quan tần số-thời gian của kênh. Các kết quả đo được dùng để xác định các đặc tính thống kê của kênh và các thông số quan trọng như trễ trễ, dịch tần Doppler. Tuy nhiên, các công bố nói trên không đưa ra phương pháp xác định pha của tín hiệu tới, trễ truyền dẫn và hệ số suy hao một cách chính xác.

Công bố đơn quốc tế số WO 2015022532 A1 đề xuất phương pháp giải điều chế số (M-PSK) và (M-QAM) sử dụng cho các hệ thống thông tin nói chung, không đề cập đến giải pháp đo đặc kênh thông tin thủy âm. Phương pháp giải điều chế đã biết này không đề cập đến phương pháp dò kênh, cũng như việc sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên để dò kênh. Phương pháp đã biết này không đề cập đến việc ước lượng độ dịch pha của tín hiệu do kênh truyền thông tin gây ra bằng sử dụng hàm tương quan chéo giữa tín hiệu thu đã bị loại bỏ sóng mang với tín hiệu phát bị dịch pha tuần tự.

Công bố của các tác giả K.Saiteja, K.Rahul kumar, J.Vamsee kumar, M.Gaganviharvarma, và CH.Gayatri, đăng trên tạp chí “IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering”, số 1, tập 9, năm 2014 (“Implementation of Acoustic Communication in Under Water Using BPSK”) đã trình bày về phương pháp truyền thông tin thủy âm sử dụng phương pháp điều chế khóa dịch pha nhị phân (Binary Phase Shift Keying - BPSK). Tuy nhiên, phương pháp đã biết này không đề cập đến việc ước lượng hoặc dò kênh thông tin thủy âm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm bằng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp với dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường khắc phục được các nhược điểm của giải pháp đã biết. Tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên truyền qua kênh thông tin thủy âm được so pha với pha thay đổi tuần tự của tín hiệu sóng mang giải điều chế khóa dịch pha nhị phân (BPSK). Tín hiệu sau khi so pha được đưa qua bộ lọc thông thấp và nhân tương quan với chuỗi mã giả ngẫu nhiên đã được sử dụng ở phía phát. Hàm tương quan sẽ đạt cực đại khi có sự trùng pha giữa pha của các luồng tín hiệu đa đường và pha của tín hiệu sóng mang giải điều chế BPSK. Thông tin cực đại của hàm tương quan cho biết pha của các luồng tín hiệu đa đường, trễ truyền dẫn của luồng tín hiệu đa đường có pha tương ứng, và giá trị suy hao kênh truyền của luồng tín hiệu có pha và trễ truyền dẫn đã xác định được.

Phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm bằng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp với dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường theo sáng chế, phương pháp này bao gồm các bước:

Bước 1: tạo một chuỗi mã giả ngẫu nhiên, sau đó tín hiệu này được điều chế BPSK và phát đi trong kênh thông tin thủy âm qua ăngten phát;

Bước 2: thu và lưu trữ tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên đã được điều chế BPSK sau khi truyền qua kênh thông tin thủy âm; và

Bước 3: xử lý dữ liệu thu được bao gồm phép nhân so pha của tín hiệu thu được, sử dụng bộ lọc thông thấp để loại bỏ tần số sóng mang, phép lấy hàm tương quan tín hiệu thu với chuỗi mã giả ngẫu nhiên phía phát, và cuối cùng là trích chọn đỉnh tương quan xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm.

Phương pháp xác định kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp kỹ thuật dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường, trong đó ở bước 1 thực hiện tạo và phát tín hiệu mã giả ngẫu nhiên được điều chế BPSK. Hệ thống đo, thu thập dữ liệu kênh thông tin thủy âm thực hiện chức năng phát tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên, thu thập dữ liệu đo, như thể hiện trên hình 1. Máy tính phát tạo một chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng bit (PN) với thông số như trong bảng 1, chuỗi mã giả ngẫu nhiên này được điều chế BPSK bằng cách: mã hóa mã đường dây không trở về không (NRZ) lưỡng cực chuyển đổi từ

chuỗi bit sang dạng xung vuông $PN(t)$, tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông nhân với sóng mang dạng $\sin(\omega t)$ thu được tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK $s(t)$ (Hình 2). Tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK được chuyển thành tín hiệu điện nhờ các âm thanh của máy tính, hoặc bộ chuyển đổi số tương tự DAC. Tín hiệu điện đi qua mạch khuếch đại phát và ăngten phát, chuyển thành tín hiệu phát dạng sóng âm phát đi trong kênh thông tin thủy âm. Dạng tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK $s(t)$ được biểu diễn theo công thức:

$$s(t) = PN(t) \cdot \sin(\omega t)$$

Phương pháp xác định kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp kỹ thuật dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường, trong đó ở bước 2 được thực hiện sau khi tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK $s(t)$ truyền qua kênh thông tin thủy âm. Tín hiệu này đi qua ăngten thu, mạch khuếch đại thu và được lưu lại thành các tệp file trong máy tính thu nhằm sử dụng cho mục đích lưu trữ, xử lý sau này.

Phương pháp xác định kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp kỹ thuật dò pha của các tuyến truyền dẫn đa đường, trong đó ở bước 3 được thực hiện sau khi tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK truyền qua kênh thông tin thủy âm đã được lưu trong máy tính. Tín hiệu thu $r(t)$ được biểu diễn theo công thức:

$$r(t) = s(t) * h(\tau) + n(t)$$

trong đó ‘*’ là ký hiệu của phép nhân tích chập, $h(\tau)$ là đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm và $n(t)$ là nhiễu trong kênh thông tin thủy âm.

Tín hiệu thu này được giải điều chế bằng cách cho nhân với sóng mang giải điều chế có pha biến đổi tuần tự từ 0 đến 2π ($\sin(\omega t + \varphi)$, $\forall \varphi \in [0, 2\pi]$); tín hiệu sau bộ nhân đi qua bộ lọc thông thấp, tần số cắt $\omega_c = 2\omega$ thu được tín hiệu sau giải điều chế tương ứng pha của sóng mang giải điều chế, ký hiệu là $rd(t, \varphi)$.

$$r_d(t, \varphi) = PN(t) * h(\tau) \cdot f(\varphi) + n'(t), \text{ với } f(\varphi) \text{ là một hàm toán học của biến số } \varphi.$$

Đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm $h(\tau)$ được xác định bằng cách lấy kết quả của phép nhân tương quan chéo tín hiệu sau giải điều chế $rd(t, \varphi)$ với tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông ở bên phía phát $PN(t)$, sau đó dựa vào đặc tính hàm tự tương

quan của chuỗi mã giả ngẫu nhiên và hàm $f(\varphi)$ để đưa ra đáp ứng xung kênh thông tin thủy âm:

$$\begin{aligned} xcorr[r_d(t, \varphi), PN(t)] &= xcorr[(PN(t) * h(\tau) \cdot f(\varphi) + n'(t)), PN(t)] \\ &= h(\tau) \cdot f(\varphi) + n''(t) \longrightarrow h(\tau) \end{aligned}$$

trong đó $xcorr[x, y]$ là ký hiệu của hàm nhân tương quan chéo giữa x và y .

Tuy nhiên, hiện tại phương pháp xác định đáp ứng của kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp kỹ thuật dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường theo sáng chế chỉ cho phép xác định chính xác đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm với độ chênh lệch thời gian trễ truyền dẫn giữa hai tuyến truyền dẫn tối thiểu là $2 \cdot T_c$, với $1/T_c$ là tốc độ bit của chuỗi mã giả ngẫu nhiên (cũng chính là tốc độ bit của hệ thống đo, thu thập dữ liệu).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ dưới đây nhằm mục đích minh họa cho sáng chế.

Hình 1 là sơ đồ bố trí hệ thống đo, thu thập dữ liệu.

Hình 2 mô tả tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông $PN(t)$, và tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK $s(t)$ tạo ra trong máy tính phát. Hình 2(a) mô tả tín hiệu mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông $PN(t)$; và Hình 2(b) mô tả mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK $s(t)$.

Hình 3 là sơ đồ liên kết các thiết bị điện tử trong hệ thống đo, thu thập dữ liệu.

Hình 4 mô tả quá trình xác định đáp ứng xung kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên.

Hình 5 mô tả thuật toán xử lý dữ liệu trong phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp kỹ thuật dò pha của các tuyến truyền dẫn đa đường. Tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên truyền qua kênh thông tin thủy âm được so pha

với pha thay đổi tuần tự của tín hiệu sóng mang giải điều chế BPSK, tín hiệu sau khi so pha được đưa qua bộ lọc thông thấp để tách sóng mang, và tiếp theo được nhân tương quan với chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông giống ở bên phía phát. Giá trị cực đại của các đỉnh của các hàm tương quan thể hiện sự đồng pha giữa luồng tín hiệu đa đường với pha của tín hiệu sóng mang sử dụng để giải điều chế BPSK. Thông qua việc trích chọn giá trị điểm cực đại của các hàm tương quan sẽ cho phép xác định được pha của tín hiệu tới, trễ truyền dẫn, và giá trị suy hao của kênh thông tin tương ứng.

Hình 1 mô tả sơ đồ hệ thống đo đạc, thu thập dữ liệu với các thiết bị điện tử khác nhau như máy tính phát 1, mạch khuếch đại phát 2 đặt trên thuyền phát A, tín hiệu phát được phát từ ăngten phát 3 qua kênh thông tin thủy âm 4 đến ăngten thu 5, mạch khuếch đại thu 6, máy tính thu 7 đặt trên thuyền thu B.

Hình 2 mô tả tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông $PN(t)$, và tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK $s(t)$.

Hình 3 mô tả sơ đồ liên kết các thiết bị điện tử trong hệ thống. Máy tính phát 1 tạo ra một chuỗi mã giả ngẫu nhiên, điều chế BPSK. Tín hiệu điện này thông qua các âm thanh (soundcard) của máy tính phát 1 đưa qua mạch khuếch đại phát 2, ăngten phát 3 chuyển tín hiệu điện thành tín hiệu dạng sóng âm rồi phát đi trong kênh thông tin thủy âm 4. Ăngten thu 5 chuyển đổi tín hiệu sóng âm nhận được thành tín hiệu điện đưa qua mạch khuếch đại thu 6, tín hiệu điện được thông qua các âm thanh của máy tính thu 7 chuyển thành tín hiệu số phục vụ cho việc lưu trữ và xử lý tín hiệu sau này.

Hình 4 mô tả quá trình xác định đáp ứng xung kênh thông tin thủy âm sử dụng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp kỹ thuật dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường. Ở bước thứ nhất, tạo và phát một chuỗi mã giả ngẫu nhiên 8, trong đó máy tính phát 1 tạo ra một chuỗi mã giả ngẫu nhiên, sau đó điều chế BPSK rồi thông qua mạch khuếch đại phát 2, ăngten phát 3 phát tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng sóng âm trong môi trường nước 4. Tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên truyền qua kênh thông tin thủy âm được thu và lưu trữ, ăngten thu 5 biến đổi tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng sóng âm thu được thành tín hiệu điện, tín hiệu điện này qua mạch khuếch đại thu 6 và các âm thanh của máy tính thu 7 hoặc bộ chuyển đổi tương tự số (ADC), chuyển thành dạng tín hiệu số lưu trữ trong

máy tính. Áp dụng các thuật toán xử lý tín hiệu để xử lý dữ liệu đã được lưu trữ trong máy tính đưa ra đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm 10.

Hình 5 mô tả thuật toán xử lý tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên đưa ra đáp ứng xung kênh của thông tin thủy âm, trong đó:

Đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm có dạng:

$$h(\tau) = \sum_{k=1}^N a_k \delta(\tau - \tau_k) \quad (\text{Công thức 1})$$

trong đó các biến: k , $h(\tau)$, τ , τ_k , a_k , N lần lượt biểu thị chỉ số của tuyến truyền dẫn tín hiệu đa đường, đáp ứng xung của kênh, biến trễ truyền dẫn, trễ truyền dẫn tương ứng với kênh k , hệ số suy hao và số tuyến truyền dẫn.

Tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK truyền qua kênh thông tin thủy âm được thu và lưu trữ ở máy tính thu $r(t)$ là tổng hợp của các tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên điều chế BPSK đến theo các tuyến truyền dẫn khác nhau với trễ truyền dẫn và hệ số suy hao khác nhau:

$$\begin{aligned} r(t) &= \sum_{k=1}^N a_k PN(t - \tau_k) \cdot \sin[\omega(t - \tau_k)] \\ &= \sum_{k=1}^N a_k PN(t - \tau_k) \cdot \sin(\omega t + \varphi_k), \text{ với } \varphi_k = -\omega \tau_k \end{aligned} \quad (\text{Công thức 2})$$

Tín hiệu này được giải điều chế bằng cách: bước thứ nhất đưa vào khối nhân sóng mang giải điều chế có pha thay đổi tuần tự từ 0 đến 2π , tín hiệu sau khối nhân sóng mang $r'(t, \varphi)$ có dạng:

$$\begin{aligned} r'(t, \varphi) &= r(t) \cdot \sin(\omega t + \varphi), \text{ với } \varphi \in [0, 2\pi] \\ &= \sum_{k=1}^N a_k PN(t - \tau_k) \cdot \sin(\omega t + \varphi_k) \cdot \sin(\omega t + \varphi), \text{ với } \varphi \in [0, 2\pi] \\ &= \sum_{k=1}^N a_k PN(t - \tau_k) \cdot \left\{ \frac{-1}{2} [\cos(2\omega t + \varphi_k + \varphi) - \cos(\varphi_k - \varphi)] \right\} \end{aligned} \quad (\text{Công thức 3})$$

Tín hiệu sau khối nhân sóng mang $r'(t, \varphi)$ được cho đi qua bộ lọc thông thấp, tần số cắt $\omega_c = 2 \cdot \omega$ thu được tín hiệu sau giải điều chế $r_d(t, \varphi)$:

$$r_d(t, \varphi) = \sum_{k=1}^N a_k \cdot PN(t - \tau_k) \cdot \frac{1}{2} \cos(\varphi_k - \varphi) \quad (\text{Công thức 4})$$

Nhân tương quan tín hiệu sau bộ giải điều chế với tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông tạo ra ở bên phía phát, tín hiệu sau bộ nhân tương quan $r_{xcorr}(t, \varphi)$ có dạng:

$$\begin{aligned} r_{xcorr}(t, \varphi) &= xcorr[r_d(t, \varphi), PN(t)] \\ &= \sum_{k=1}^N a_k \left\{ 1 - \frac{(K+1)|\tau_k - t|}{K \cdot T_c} \right\} \cdot \frac{1}{2} \cos(\varphi_k - \varphi) \end{aligned}$$

với K là chiều dài chuỗi mã giả ngẫu nhiên và $\tau_k - T_c < t < \tau_k + T_c$ (Công thức 5)

Do $\varphi \in [0, 2\pi]$, nên khi $\varphi = \varphi_k$, công thức 5 trở thành:

$$r_{xcorr}(t) = \sum_{k=1}^N a_k \left\{ 1 - \frac{(K+1)|\tau_k - t|}{K \cdot T_c} \right\} \cdot \frac{1}{2}$$

với K là chiều dài chuỗi mã giả ngẫu nhiên và $\tau_k - T_c < t < \tau_k + T_c$ (Công thức 6)

Như vậy, tồn tại những tam giác tương quan, có đỉnh tại $t = \tau_k$ và độ rộng $2 \cdot T_c$. Từ việc trích chọn những giá trị đỉnh này, ta sẽ thu được trễ truyền dẫn τ_k và hệ số suy hao a_k , qua đó khôi phục được đáp ứng xung $h(\tau)$ của kênh thông tin thủy âm. Các đỉnh của tam giác tương quan có giá trị:

$$r_{xcorr}(\tau_k) = \sum_{k=1}^N a_k \cdot \frac{1}{2} \quad (\text{Công thức 7})$$

Công thức 5 được đề ra dựa trên cơ sở lý thuyết sau:

Hàm tự tương quan của chuỗi mã giả ngẫu nhiên $R(x)$ được cho bởi công thức:

$$R(x) = \frac{1}{K \cdot T_c} \int_0^{K \cdot T_c} PN(t) \cdot PN(t - x) dt \quad (\text{Công thức 8})$$

Giá trị của hàm này, được tác giả Andrea Goldsmith thuộc Trường đại học Stanford đưa ra trong công thức (13.19) trong công bố “Wireless Communications, 1st Edition” xuất bản năm 2005, là:

$$R(x) = \begin{cases} 1 - \frac{(K+1)|x|}{K \cdot T_c}, & \forall |x| < T_c \\ \frac{-1}{K}, & \forall |x| > T_c \end{cases} \quad (\text{Công thức 9})$$

Giá trị hàm tương quan chéo giữa tín hiệu mã giả ngẫu nhiên giải điều chế $r'(t, \varphi)$ và tín hiệu mã giả ngẫu nhiên dạng vuông $PN(t)$ theo công thức 5 là tổng giá trị của các hàm tự tương quan theo Công thức 9 với biên độ và độ dịch về thời gian khác nhau tương ứng với hệ số suy hao và trễ truyền dẫn của từng tuyến truyền dẫn.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm theo sáng chế bằng cách phát, thu, và lưu trữ tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên được điều chế BPSK sau khi truyền qua kênh thông tin thủy âm, sau đó dựa vào tính chất hàm tự tương quan của chuỗi mã giả ngẫu nhiên và các thuật toán xử lý tín hiệu bao gồm phép nhân so pha, phép tính hàm tương quan và tìm cực đại hàm tương quan, đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm được xác định. Phương pháp xác định đáp ứng xung kênh thông tin thủy âm theo sáng chế đề xuất cách xử lý tín hiệu cho phép đưa ra đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm, nhưng ít ảnh hưởng bởi nhiễu, chỉ với một hệ thống đo và thu thập dữ liệu đơn giản. Phương pháp theo sáng chế đề xuất hệ thống truyền thông tin đơn giản, sử dụng để đo đặc đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm, nhưng ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu, qua đó phục vụ cho việc mô hình hóa kênh thông tin thủy âm cũng như hỗ trợ phát triển hệ thống truyền thông tin trong môi trường nước đạt được độ cậy cao để ứng dụng cho truyền thông tin của tàu ngầm, người nhái, v.v..

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm bằng chuỗi mã giả ngẫu nhiên kết hợp với dò pha các tuyến truyền dẫn đa đường, phương pháp này bao gồm các bước:

bước 1: tạo một chuỗi mã giả ngẫu nhiên, sau đó tín hiệu này được điều chế BPSK và phát đi trong kênh thông tin thủy âm qua ăngten phát;

bước 2: thu và lưu trữ tín hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên đã được điều chế BPSK sau khi truyền qua kênh thông tin thủy âm; và

bước 3: xử lý dữ liệu thu được bao gồm phép nhân so pha của tín hiệu thu được, sử dụng bộ lọc thông thấp để loại bỏ tần số sóng mang, phép lấy hàm tương quan tín hiệu thu với chuỗi mã giả ngẫu nhiên phía phát, và cuối cùng là trích chọn đỉnh tương quan xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm.

khác biệt ở chỗ phép nhân so pha của tín hiệu thu được từ máy tính thu $r(t)$ với pha thay đổi tuần tự của tín hiệu sóng mang giải điều chế BPSK được thực hiện như sau:

tín hiệu sóng mang giải điều chế BPSK được định nghĩa là tín hiệu $\sin(\omega t + \varphi)$ với pha φ được thay đổi tuần tự từ 0 đến 2π ($\varphi \in [0 \rightarrow 2\pi]$), ω là tần số sóng mang; tín hiệu thu

được từ máy tính thu được biểu diễn dưới dạng $r(t) = \sum_{k=1}^N a_k PN(t - \tau_k) \cdot \sin(\omega t + \varphi_k)$, trong

đó k , a_k , τ_k , $\varphi_k = -\omega \tau_k$, $PN(t)$, N lần lượt là luồng tín hiệu thủy âm thứ k , hệ số suy hao kênh truyền tương ứng, trễ truyền dẫn tương ứng, pha của tín hiệu tới, ký hiệu chuỗi mã giả ngẫu nhiên và tổng số luồng tín hiệu đến máy tính thu; phép nhân so pha là tích nhân của $\sin(\omega t + \varphi)$ với $r(t)$ cho kết quả như sau:

$$r'(t, \varphi) = \sum_{k=1}^N a_k PN(t - \tau_k) \cdot \left\{ \frac{-1}{2} [\cos(2\omega t + \varphi_k + \varphi) - \cos(\varphi_k - \varphi)] \right\}.$$

2. Phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm theo điểm 1, trong đó tín hiệu sau phép nhân so pha $r'(t, \varphi)$ được loại bỏ tần số sóng mang bằng cách sử dụng bộ lọc thông thấp với tần số cắt $\omega_c = 2\omega$; tín hiệu sau khi qua bộ lọc thông thấp cho kết quả

$$r_d(t, \varphi) = \sum_{k=1}^N a_k \cdot PN(t - \tau_k) \cdot \frac{1}{2} \cos(\varphi_k - \varphi).$$

3. Phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm theo điểm 2, trong đó tín hiệu thu được sau khi qua bộ lọc thông thấp $r_d(t, \varphi)$ được tương quan chéo với chuỗi mã giả ngẫu nhiên dạng xung vuông ở bên phía phát $PN(t)$; tín hiệu sau bộ nhân tương quan $r_{xcorr}(t, \varphi)$ có dạng:

$$\begin{aligned} r_{xcorr}(t, \varphi) &= xcorr[r_d(t, \varphi), PN(t)] \\ &= \sum_{k=1}^N a_k \left\{ 1 - \frac{(K+1)|\tau_k - t|}{K \cdot T_c} \right\} \cdot \frac{1}{2} \cos(\varphi_k - \varphi), \end{aligned}$$

với K là chiều dài chuỗi mã giả ngẫu nhiên và $\tau_k - T_c < t < \tau_k + T_c$;

giá trị của hàm tương quan chéo trong trường hợp có sự đồng pha giữa pha của luồng tín hiệu đa đường với pha của tín hiệu sóng mang giải điều chế BPSK là:

$$r_{xcorr}(t) = \sum_{k=1}^N a_k \left\{ 1 - \frac{(K+1)|\tau_k - t|}{K \cdot T_c} \right\} \cdot \frac{1}{2};$$

hình dạng của hàm $r_{xcorr}(t)$ theo biến t chỉ ra sự tồn tại những tam giác tương quan, có đỉnh tại $t = \tau_k$ và độ rộng $2 \cdot T_c$, là hình ảnh thô của đáp ứng xung kênh thông tin thủy âm.

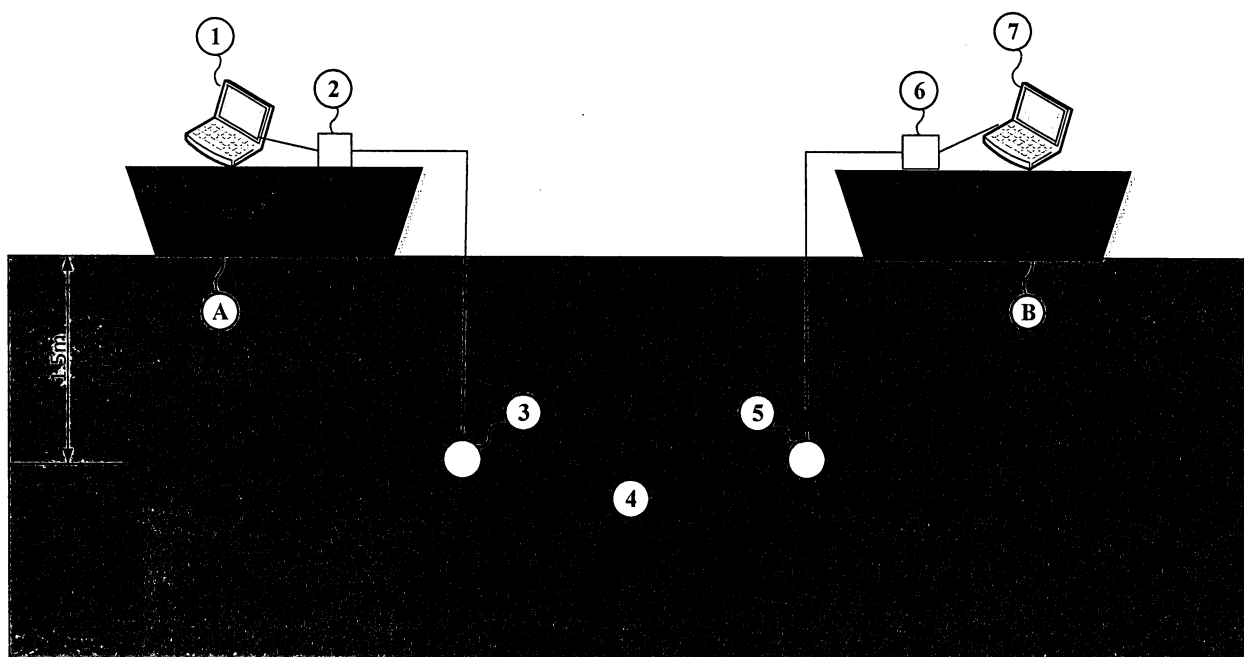
4. Phương pháp xác định đáp ứng xung của kênh thông tin thủy âm theo điểm 3, trong đó giá trị đỉnh của hàm tương quan $r_{xcorr}(t)$ thu được sẽ được trích chọn để thu được trễ truyền dẫn τ_k và hệ số suy hao a_k , qua đó khôi phục được đáp ứng xung $h(\tau)$ của kênh thông tin thủy âm.

Thông số	Giá trị
Loại chuỗi	Chuỗi mã giả ngẫu nhiên
Chiều dài thanh ghi	10
Ma trận sinh	$1 + x^7 + x^{10}$
Trạng thái khởi tạo	[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1]
Điều chế	Khóa dịch pha nhị phân BPSK

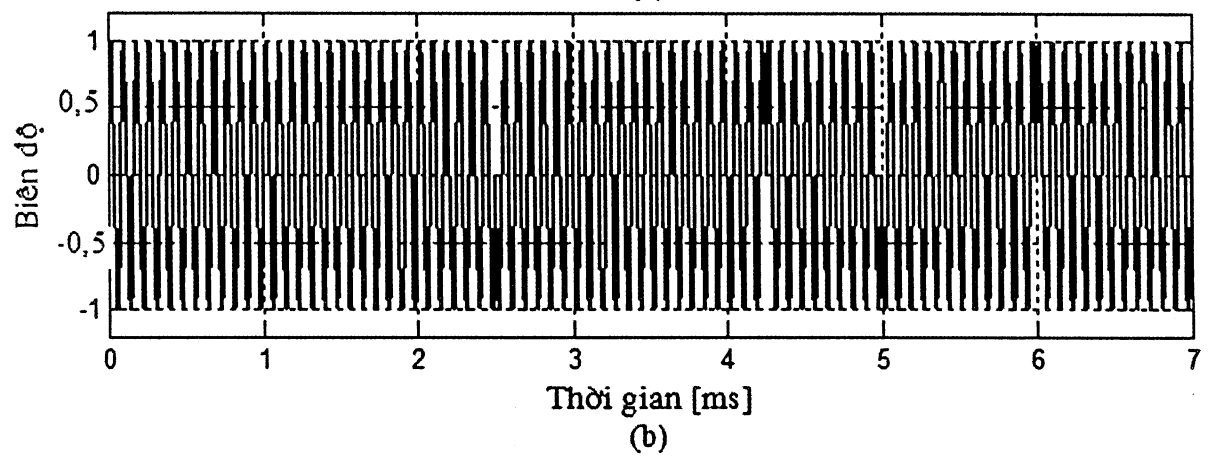
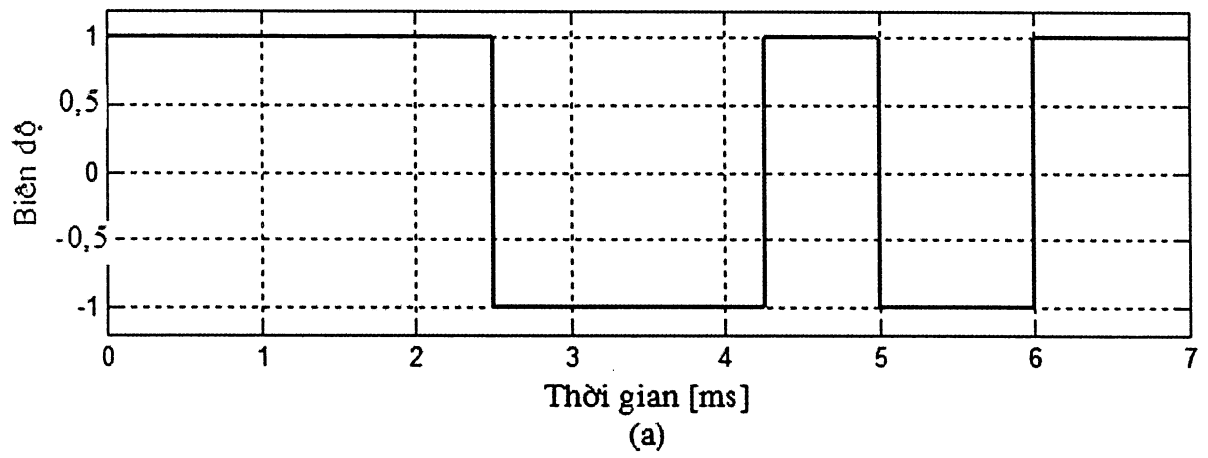
Bảng 1: Bảng thông số chuỗi mã giả ngẫu nhiên

Các từ viết tắt trong bản mô tả

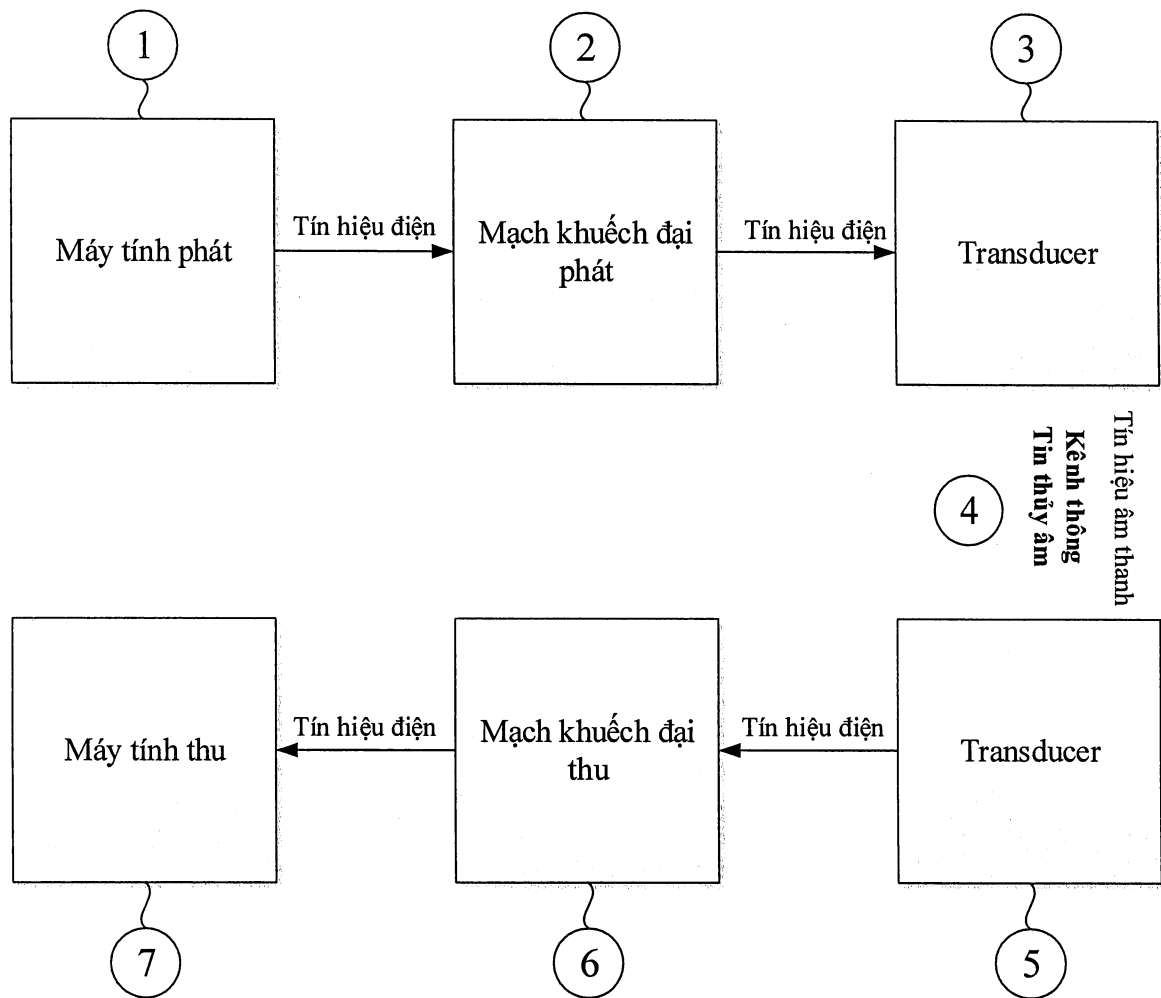
Số TT	Các từ viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
1	ADC	Analog to Digital Converter	Bộ chuyển đổi tương tự số
2	BPSK	Binary Phase Shift Keying	Khóa dịch pha nhị phân
3	DAC	Digital to Analog Converter	Bộ chuyển đổi số tương tự
4	LPF	Low Pass Filter	Bộ lọc thông thấp
5	NRZ	Non Return Zero	Mã đường dây không trở về không



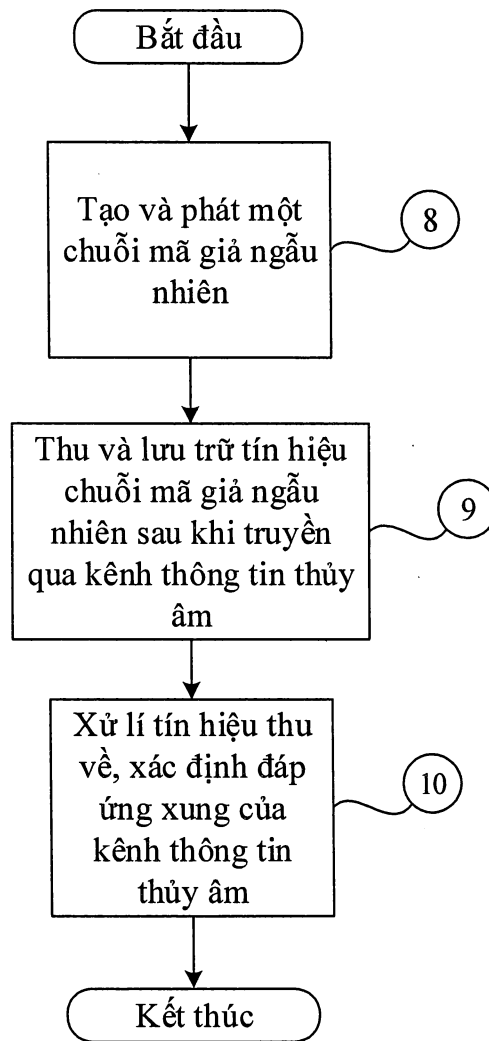
Hình 1



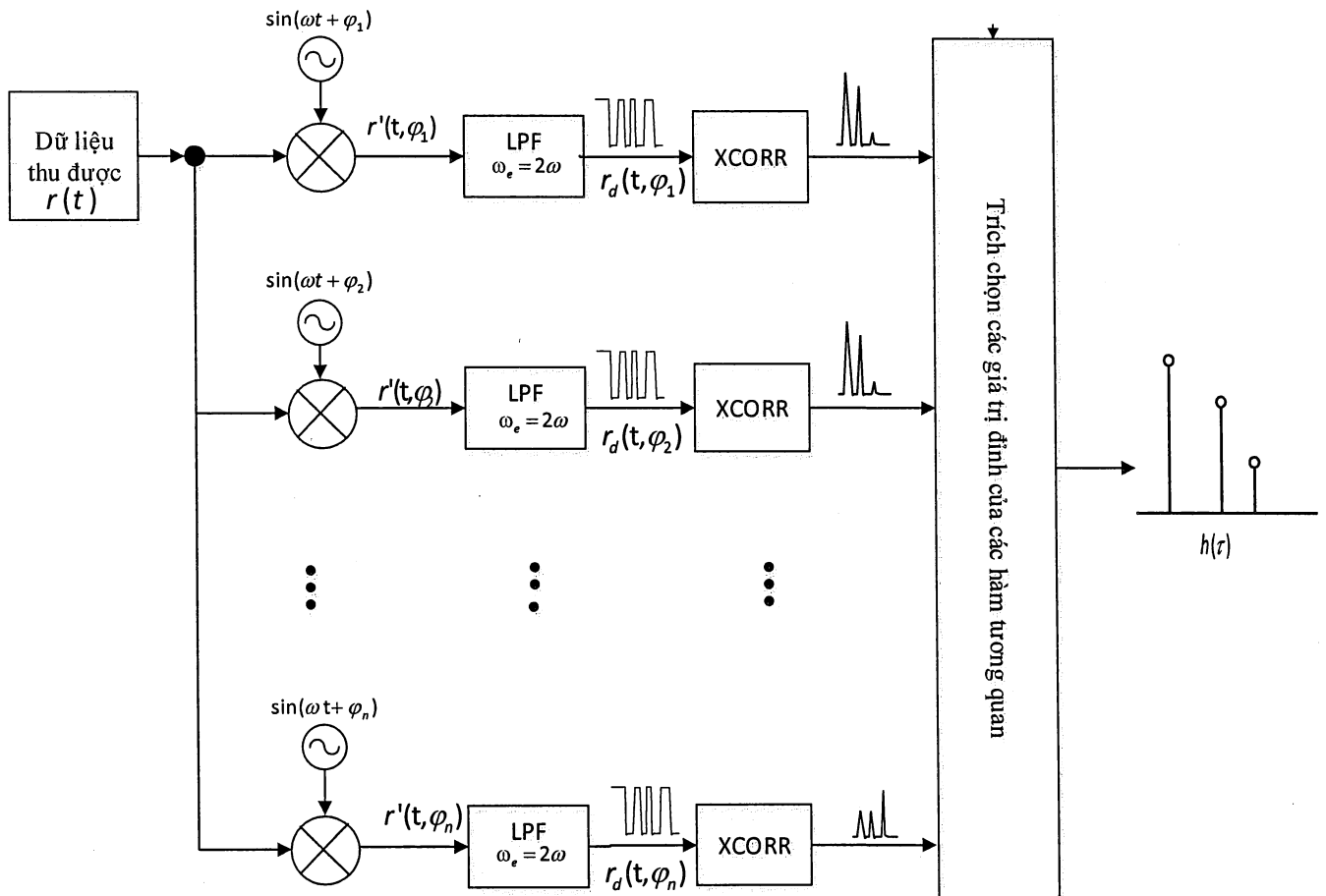
Hình 2



Hình 3



Hình 4



Hình 5