



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)** (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



2-0004204

(51) A61B 5/291; A61B 8/00; A61B 5/369; A61B (13) **Y**
2021.01 5/31

(21) 2-2022-00166

(22) 20/04/2022

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/10/2023 427A

(73) 1. Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh (VN)
Khu phố 6, Phường Linh Trung, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh
2. Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (VN)
Phường Linh Trung, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh

(72) Nguyễn Phương Nam (VN); Hà Thị Thanh Hương (VN).

(54) **HỆ THỐNG ĐO ĐIỆN NÃO TỪ XA TÍCH HỢP ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG KÍCH
THÍCH SIÊU ÂM**

(21) 2-2022-00166

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến một hệ thống đo lường y sinh tự động để kích thích mô thần kinh với sóng siêu âm xuyên sọ và đo tín hiệu điện não cho mọi đối tượng đo. Mục tiêu chính của hệ thống đo là tự động kích thích và nhanh chóng thu nhận được các tín hiệu điện não được cải thiện hình ảnh rõ nét hơn. Trong hệ thống này, khối mạch kích thích siêu âm sẽ điều khiển kích chuỗi xung vào đầu dò tạo ra năng lượng sóng siêu âm kích thích trực tiếp mô thần kinh trên não đối tượng đo, và tín hiệu điện não truyền qua điện cực gần đó đi vào khối mạch đo điện não để ghi nhận, phân tích công suất tín hiệu và nhiễu. Công suất siêu âm được điều khiển hồi tiếp vòng kín để nhắm đến mục tiêu là chỉ số công suất tín hiệu điện não trên nền nhiễu đạt đến ngưỡng mong muốn nhanh nhất. Dữ liệu được ghi nhận là tín hiệu điện não đồng bộ theo thông số kích siêu âm được hiển thị trên đồ thị, lưu trữ hoặc gửi qua Internet cho theo dõi từ xa.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực thiết bị chẩn đoán y tế, cụ thể là đo lường tín hiệu điện não từ xa kèm theo chức năng điều khiển sóng siêu âm kích thích xuyên sọ não đồng bộ thời gian thực. Giải pháp hữu ích đề cập đến một hệ thống mạch điện tử, máy tính và phần mềm cùng kỹ thuật tự động để đo các tín hiệu sóng điện não với sự điều khiển kích thích sóng siêu âm xuyên sọ não, nhằm giúp phát hiện dễ dàng hơn các dấu hiệu bệnh lý thần kinh trên kết quả đo điện não đồ và có khả năng theo dõi từ xa qua Internet.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Não bình thường phát các tín hiệu điện rất nhỏ đến từ các tế bào não và tế bào thần kinh dẫn truyền thông tin cho nhau. Việc thăm khám bằng phương pháp điện não đồ (EEG) thường ghi nhận được các loại sóng điện não cơ bản có biên độ từ khoảng 10 - 200 μ V. Đồng thời trong tín hiệu đo cũng có các nhiễu sinh lý như nhiễu điện cơ, nhiễu điện tim, cử động mắt/lưỡi, mồ hôi da, hô hấp, hoặc nhiễu do tiếp xúc điện cực... Dựa trên điện não đồ, bác sĩ có thể phát hiện các rối loạn hoạt động của não khi phát hiện sóng điện não bất thường. Tuy nhiên khi bị ảnh hưởng bởi nhiễu nên trong một số trường hợp gây ảnh hưởng khó khăn đến việc phát hiện các bất thường liên quan đến hoạt động của não. Để cải thiện hiệu quả của kỹ thuật đo, trong các bài kiểm tra EEG thường quy, các nghiệm pháp kích thích bên ngoài không xâm lấn được sử dụng nhằm hoạt hóa vỏ não giúp tăng bộc lộ các biểu hiện đặc trưng trên sóng não của các bệnh lý thần kinh tiềm ẩn. Trên thực tế hiện nay có các phương pháp kích thích thần kinh như kích thích ánh sáng ngắt quãng, chớp sáng hình bàn cờ, hoặc bằng âm thanh để có thể thu được các tín hiệu điện não đáp ứng tốt hơn. Tuy nhiên, đây là các kỹ thuật kích thích gián tiếp qua thị giác hoặc thính giác nên mức độ tác động trực tiếp đến các mô thần kinh trong não là chưa nhiều, và đang bị hạn chế là không thể áp dụng kích thích được cho đối tượng người khiếm khuyết về thị giác hoặc thính giác.

Bên cạnh phương pháp kích thích nhịp ánh sáng gián tiếp truyền thống, thì các phương pháp kích thích trực tiếp não khác như kích thích từ xuyên sọ, kích thích bằng dòng điện một chiều và kích thích siêu âm xuyên sọ (TUS) là các công nghệ kích thích xuyên sọ được quan tâm do có những ưu điểm như không xâm lấn, hiệu quả. Đây là các công nghệ kích thích chức năng não trực tiếp, có khả năng thay đổi hiệu chỉnh độ dẫn truyền thần kinh và không gây tổn thương mô thần kinh. Trong đó, kỹ thuật TUS có ưu điểm là sử dụng năng lượng sóng siêu âm có độ xuyên thấu tốt qua mô mềm và sọ não, nên kỹ thuật này đang được nghiên cứu khá nhiều để ứng dụng cho hỗ trợ chẩn đoán qua EEG tốt hơn so với kích thích gián tiếp.

Bằng sáng chế số CN205041400U trình bày một thiết bị đo thu thập tín hiệu điện não EEG kết hợp kích thích siêu âm xuyên sọ. Việc điều khiển xung kích siêu âm được người dùng sử dụng máy tính thực hiện cài đặt thủ công và gửi các thông số sóng siêu âm đến mô-đun điều khiển chính để kích hoạt đầu dò siêu âm để phát sóng. Mạch thu nhận tín hiệu điện não đã được kết nối với máy tính, và giao diện hiển thị sóng não và hiển thị sóng siêu âm phản hồi trên máy tính giúp người vận hành quan sát trực quan và điều khiển.

Bằng sáng chế số US20150151142A1 đưa ra một phương pháp kỹ thuật mới nhằm mục tiêu kích thích điều hòa thần kinh trong não với siêu âm xuyên sọ. Trong đó, sóng siêu âm được nhắm đến các điểm mốc của bản đồ 3 chiều các mạch máu não để kích thích thần kinh bởi kỹ thuật siêu âm xuyên sọ, và phối hợp nhiều tần số giao thoa tạo ra các lực rung hơn kích thích mô thần kinh. Sáng chế cũng đề cập đến việc có thể bao gồm máy đo điện não đồ để đánh giá phản ứng của não bộ.

Bằng sáng chế số US20140058219A1 đề xuất mô hình kết hợp một thiết bị đo điện não có khả năng ghi lại hoạt động não bộ của thai nhi gây ra bởi các kích thích sóng siêu âm. Trong đó, não của thai nhi được tác động kích thích siêu âm với chuỗi sóng kích thích thông qua một mảng cảm biến siêu âm gắn vào da bụng của phụ nữ mang thai, gần với đầu của thai nhi. Điện cực điện não gắn ở gần vùng đầu thai nhi được kết nối với thiết bị ghi EEG đo các hoạt động não của thai nhi.

Bằng sáng chế số CN205251540U đề xuất một mô hình đầu dò tích hợp kích thích siêu âm và thu thập tín hiệu EEG bên trong. Đầu dò tích hợp này bao gồm bên trong một thành phần đầu dò siêu âm tiêu điểm và điện cực điện não. Trong đó đầu dò siêu âm phát sóng kích thích siêu âm truyền dẫn có dạng bát và tập trung hội tụ đến mẫu thí nghiệm, còn điện cực điện não có ren vít bên ngoài được kết nối trực tiếp với mẫu thí nghiệm và được sử dụng để ghi lại tín hiệu điện não đồ.

Nhìn chung, các sáng chế CN205041400U và US20140058219A1 chỉ tập trung thực hiện đề xuất ra mô hình kích thích bằng sóng siêu âm mà người sử dụng quan sát và thao tác thủ công trên máy tính để thay đổi thông số kích thích. Trong khi đó sáng chế số US20150151142A1 tập trung đề xuất phương pháp bản đồ mạch máu não ba chiều và giao thoa tần số điều hòa thần kinh để tăng cường kích thích siêu âm. Còn sáng chế CN205251540U chủ yếu đưa ra cấu trúc tích hợp của đầu dò. Những sáng chế hay giải pháp hữu ích trong lĩnh vực liên quan hiện nay không đưa ra được mô hình thực hiện đo lường tín hiệu điện não kèm kích thích siêu âm một cách tự động, có nghĩa là các phương pháp đó đều có sự can thiệp của người sử dụng trong việc điều chỉnh thủ công các thông số sóng kích thích siêu âm tạo nên tính kém hiệu quả trong việc phát hiện các dấu hiệu bệnh lý thần kinh. Do đó, hệ thống trong giải pháp hữu ích này hoạt động dựa chủ yếu trên cơ chế điều khiển tự động (không cần thao tác điều chỉnh thủ công trong quá trình đo) đến khối kích sóng siêu âm và đo lường thu thập các mẫu tín hiệu điện não. Vì thế, hệ thống đo này là cần thiết và khác hoàn toàn với những hệ thống đo điện não kết hợp kích thích bên ngoài khác đã đăng ký đến nay.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích chính của giải pháp hữu ích này là đề xuất một hệ thống đo điện não kết hợp chức năng điều khiển kích thích siêu âm xuyên sọ trực tiếp, tự động và đồng bộ thời gian thực nhằm xác định các tính chất nhịp điệu và tần số tín hiệu điện não theo mức độ kích thích siêu âm. Với cơ chế kích thích siêu âm xuyên sọ trực tiếp vào mô não tạo rung động cơ tần số trong khoảng 1-2MHz ở mô não, qua đó làm tăng công suất sóng điện não phát ra giúp việc ghi nhận sóng điện não được chính xác, mang lại hiệu quả cao trong việc phân tích và nhận dạng các dạng nhịp điệu bất thường của các rối loạn thần kinh. Việc kích thích bằng siêu âm này có thể áp dụng cho tất cả các đối tượng đo, kể cả cho người bị khiếm thị hay khiếm thính. Đó chính là khác biệt mà phương pháp kích thích bằng ánh sáng hay âm thanh không thể thực hiện được.

Bên cạnh đó, khi sử dụng hệ thống này kích thích siêu âm xuyên sọ và đo điện não, có nhiều nguyên nhân khác nhau ảnh hưởng trong quá trình đo như độ dày khác nhau của vỏ hộp sọ ở các đối tượng đo, sự xê dịch điện cực, sự sai khác vị trí đặt đầu dò và điện cực trên đầu đối tượng đo, mức độ nhiễu sinh lý do cơ địa... nên các mô não bên trong hộp sọ nhận được mức kích thích khác nhau, đáp ứng khác nhau dẫn đến khả năng là công suất của tín hiệu điện não thu được có thể chưa đạt được ngưỡng cần thiết cho chẩn đoán nếu chỉ kích thích một mức công suất siêu âm cố định tại các đầu dò. Vì vậy, hệ thống điều khiển kích thích tự động giúp đưa mức công suất siêu âm cần thiết kích thích để làm sao cho tín hiệu điện não nhanh chóng đạt được tỷ lệ công suất tín hiệu trên nền nhiễu đủ tốt. Qua các dạng nhịp điệu đặc trưng bất thường đủ lớn nhận dạng, giúp bác sĩ nhanh chóng phát hiện dễ dàng hơn các dấu hiệu đặc tính bệnh lý thần kinh trên kết quả đo điện não.

Để đạt được được mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích này đề xuất hệ thống đo điện não và điều khiển kích thích não đối tượng đo bằng sóng siêu âm xuyên sọ bao gồm:

- Các đầu dò kích thích siêu âm được cấu tạo từ vật liệu gồm áp điện được đặt bố trí kết hợp với các điện cực điện não đồng bộ theo cặp cho mỗi kênh đo trên đầu đối tượng được đo.
- Khối mạch điều khiển kích thích siêu âm tạo ra các chuỗi xung kích có tần số trong khoảng 1-2 Mhz thông qua đầu dò siêu âm đặt trên đầu của đối tượng đo để kích thích siêu âm trực tiếp đến một vùng mô thần kinh xác định, sẽ tạo rung động cơ tần số cao và giúp biên độ điện thế sinh lý tại vùng vỏ não xung quanh vị trí đó tăng lên. Sóng kích tại đầu ra của khối bao gồm các chuỗi xung kích hình sin tần số trong khoảng 1-2MHz với biên độ điện áp tối đa lên đến 50V, dòng điện đỉnh xung tối đa lên đến 2A, kéo dài trong một khoảng thời lượng xung và được lặp lại theo chu kỳ lặp xung. Nó giúp đầu dò siêu âm chuyển năng lượng điện thành năng lượng sóng siêu âm, xuyên qua vỏ sọ để tác động kích thích đến vùng mô não bên trong. Để tạo ra được sóng kích như vậy thì khối mạch điều khiển có các thành phần điện tử là bộ vi điều khiển, mạch tạo chuỗi xung kích, mạch biến đổi tín hiệu số sang tương tự và mạch cao áp. Việc điều chỉnh tăng/giảm công suất siêu âm kích thích sẽ do bộ điều

khởi thực hiện thông qua thay đổi biên độ xung và thời lượng xung kích của sóng siêu âm.

- Khối mạch đo điện não sẽ nhận tín hiệu điện từ điện cực gắn gần với đầu dò siêu âm trên đầu của đối tượng đo, sau đó khuếch đại tín hiệu và lọc nhiễu trước khi chuyển đổi số tín hiệu và phân tích. Các tín hiệu điện não thu được trong khối này bao gồm các loại sóng điện não cơ bản Alpha (tần số 8-12 Hz, biên độ 20-200 μ V), Beta (tần số 13-31 Hz, biên độ 5 – 10 μ V), Theta (tần số 4-8 Hz, biên độ 30-60 μ V), Delta (tần số 1-4Hz, biên độ 20-200 μ V). Chức năng lọc nhiễu trong khối mạch này được thiết kế để lọc dải trong khoảng 0.5Hz đến 45Hz để loại bỏ nhiễu cũng đồng thời cho các sóng cơ bản của tín hiệu điện não đi qua. Sau khi nhận các giá trị dữ liệu, bộ vi điều khiển chính sẽ tính toán phân tích phổ và công suất tín hiệu tại các vùng tần số của các loại sóng điện não cơ bản. Tiếp theo sau là đánh giá so sánh với mức ngưỡng công suất tín hiệu cần đạt đến, làm cơ sở điều khiển hồi tiếp cho công suất sóng siêu âm kích thích.

- Khối máy tính nhúng kết nối với khối mạch đo và khối mạch điều khiển kích thích siêu âm, được cài đặt phần mềm cho phép người dùng thao tác trực tiếp thông qua giao diện để khởi động phiên đo với các thông số cài đặt ban đầu. Trong quá trình đo, dữ liệu ghi nhận, hiển thị là tín hiệu điện não của các kênh đo và kèm đồng bộ theo thời gian là dữ liệu giá trị công suất kích thích. Khối này cũng truyền dữ liệu đo qua giao diện mạng để giúp theo dõi từ xa.

- Khối nguồn cung cấp điện cho tất cả các khối bên trong hệ thống hoạt động.

Điểm then chốt trong giải pháp hữu ích này là mối liên hệ trực tiếp giữa khối mạch đo điện não và khối mạch kích thích siêu âm. Bộ vi điều khiển chính sẽ so sánh mức tổng công suất tín hiệu điện não ghi nhận được tại các vùng tần số quan tâm với mức ngưỡng để có thể điều khiển tác động thay đổi độ rộng xung các đường liên kết này sẽ thay đổi mức độ công suất siêu âm kích thích. Kết quả đạt được là thu được tín hiệu điện não có mức công suất tín hiệu đủ lớn trên nền nhiễu để nhận dạng chẩn đoán. Điều này cho sẽ giúp việc chẩn đoán của bác sĩ trên tín hiệu điện não có độ chính xác cao hơn.

Thêm vào đó, hệ thống cũng nâng cao thêm tính năng tiện ích cho thiết bị đo điện não từ xa, giúp việc thực hiện theo dõi và chẩn đoán tại nhà của bệnh nhân hoặc chẩn đoán rối loạn giấc ngủ.

Mô tả văn tắt của hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ khối phần cứng của hệ thống theo giải pháp hữu ích.

Hình 2 là sơ đồ thể hiện định dạng và các thông số thành phần một sóng kích siêu âm theo giải pháp hữu ích.

Hình 3 là lưu đồ hoạt động chính của hệ thống theo giải pháp hữu ích.

Đối với hình 1, các khối thành phần bên trong hình vẽ có tên gọi là:

- Khối 1: Khối mạch kích thích siêu âm

- Khối 2: Khối mạch đo điện não
- Khối 3: Khối máy tính nhúng và giao diện
- Khối 4: Mạch cao áp tạo sóng siêu âm
- Khối 5: Mạch biến đổi tín hiệu số sang tương tự tạo sóng siêu âm
- Khối 6: Mạch tạo chuỗi xung kích
- Khối 7: Mạch công tắc thu siêu âm
- Khối 8: Khối khuếch đại tín hiệu siêu âm phản hồi
- Khối 9: Mạch biến đổi tín hiệu tương số cho tín hiệu siêu âm
- Khối 10: Khối mạch điều khiển siêu âm
- Khối 11: Điện đầu dò siêu âm
- Khối 12: Điện cực điện não
- Khối 13: Mạch tiền khuếch đại tín hiệu điện não
- Khối 14: Mạch lọc tín hiệu điện não
- Khối 15: Mạch khuếch đại tín hiệu điện não
- Khối 16: Mạch biến đổi tín hiệu tương số cho tín hiệu điện não
- Khối 17: Khối điều khiển chính trực tiếp
- Khối 18: Máy tính nhúng
- Khối 19: Giao diện người dùng
- Khối 20: Giao diện truyền thông mạng 4G
- Khối 21: Khối nguồn cung cấp điện

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích sẽ được mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Hình vẽ 1 mô tả sự kết nối giữa các khối thành phần trong hệ thống, có 4 khối chính: khối mạch kích thích siêu âm(1), khối đo mạch đo điện não (2), khối máy tính nhúng và giao diện (3), khối nguồn cung cấp điện (21).

- Khối mạch kích thích siêu âm (1) bao gồm mạch cao áp tạo sóng siêu âm (4), mạch biến đổi tín hiệu số sang tương tự tạo sóng siêu âm (5), mạch tạo chuỗi xung kích (6), mạch công tắc thu siêu âm (7), mạch khuếch đại tín hiệu siêu âm phản hồi (8), mạch biến đổi tín hiệu siêu âm tương tự sang số - ADC (9), mạch điều khiển siêu âm (10). Mạch cao áp tạo sóng siêu âm (4) là ngõ ra của khối (1) được nối trực tiếp đến đầu dò siêu âm (3) để thực hiện truyền điện áp kích đến đầu dò ở khoảng thời gian phát. Đối với mỗi kênh kích siêu âm, trong khoảng đầu thời gian phát, thông số của một sóng kích sẽ được (10) gửi đến mạch tạo chuỗi xung kích (6). Từ đây, một sóng kích siêu âm gồm các chuỗi xung kích được tạo ra theo định

dạng sóng được mô tả ở Hình 2 nhờ bộ biến đổi DAC (5) và nâng cao điện áp (4) đủ mức công suất kích đầu dò siêu âm (3) phát ra sóng siêu âm. Sau khi hoàn thành thời lượng sóng kích, mạch công tắc thu (4) sẽ được bật qua trạng thái nhận phản hồi siêu âm từ đầu dò (3). Tín hiệu siêu âm phản hồi về đi qua mạch khuếch đại (8) và mạch biến đổi ADC (9) để mạch điều khiển siêu âm (10) theo dõi trạng thái phát sóng siêu âm.

- Khối mạch đo điện não (2) bao gồm mạch tiền khuếch đại tín hiệu điện não (13), mạch lọc (14), mạch khuếch đại tín hiệu điện não (15), mạch biến đổi tín hiệu tương tự - số (16) và bộ vi điều khiển chính (17). Đối với mỗi kênh đo, tín hiệu điện ở vỏ não được điện cực truyền dẫn đến mạch tiền khuếch đại (13) để khuếch đại một mức độ nhất định để đưa vào mạch lọc. Mạch lọc (14) sẽ lọc dải trong khoảng 0.5Hz đến 45 Hz để loại bỏ nhiễu tần số cao từ môi trường và nhiễu sinh lý tần số thấp. Độ khuếch đại tín hiệu tổng cộng qua các tầng của khối mạch đo là khoảng 10.000 cho đến 15.000 lần để đưa tín hiệu được khuếch đại điện lên tầm điện áp 50mV cho đến 3V cho đầu vào bộ biến đổi tín hiệu. Mạch biến đổi tín hiệu này được thiết kế với bộ biến đổi ADC có độ phân giải tối thiểu 12 bit và số kênh đầu vào từ 8 -16 kênh. Bộ vi điều khiển chính (17) đọc các giá trị chuyển đổi điện áp của tín hiệu điện não, đưa vào trong bộ đệm, tính toán phân tích phổ và công suất tín hiệu tại các vùng tần số của các loại sóng cơ bản Alpha (8-12 Hz), Beta (13-31 Hz), Theta (4-8 Hz), Delta (1-4Hz) nhằm xác định mức độ tín hiệu điện não thu được. Bộ vi điều khiển chính (17) trong khối (2) có 2 loại đường liên kết với với mạch điều khiển siêu âm (10) trong khối (1): một đường trao đổi dữ liệu I2C (với hai tín hiệu SDA và SCL) để trao đổi dữ liệu thông số thành phần của sóng siêu âm được cài đặt ban đầu, và một đường tín hiệu điều khiển thay đổi mức công suất siêu âm bằng kỹ thuật điều rộng xung liên tục cho mỗi một kênh đo (có nghĩa là số lượng đường tín hiệu điều khiển này bằng số lượng cặp kênh đo điện não và kích siêu âm).
- Khối máy tính nhúng và giao diện (3) bao gồm một máy tính nhúng (18), giao diện người dùng (19) và giao diện truyền thông mạng 4G (20). Máy tính nhúng (18) sẽ được cài đặt phần mềm cho phép người dùng thao tác trực tiếp thông qua giao diện người dùng (19) để khởi động một phiên đo điện não với các thông số cài đặt ban đầu cho các kênh kích thích siêu âm và kênh đo điện não. Trong quá trình đo, dữ liệu ghi nhận sẽ là tín hiệu điện não của các kênh đo và kèm đồng bộ theo thời gian là dữ liệu giá trị công suất kích thích siêu âm xuyên sọ được điều chỉnh tương ứng. Bộ dữ liệu đồng bộ tín hiệu điện não và siêu âm này sẽ được lưu trữ thành tệp trong máy tính để chẩn đoán về sau, hoặc truyền qua giao diện mạng 4G (20) để giúp theo dõi trực tuyến từ xa trong các trường hợp chẩn đoán liên quan đến rối loạn giấc ngủ.
- Khối nguồn cung cấp điện (21) cung cấp điện áp DC ở các mức điện áp 3V3, 5V, $\pm 50V$ cho toàn bộ hệ thống, cho phép lấy nguồn cấp từ điện lưới 220VAC.

Cũng theo hình 1, các đầu dò kích thích siêu âm (11) được cấu tạo từ vật liệu gốm áp điện (tần số 1-2 Mhz) được đặt bố trí kết hợp với các điện cực điện não (12) theo cặp cho mỗi kênh đo trên đầu đối tượng được đo. Giải pháp đề nghị sẽ bao gồm lưới từ 8 đến 16 cặp đầu dò và điện cực. Kết nối điện giữa cảm biến, đầu dò và da đầu có thể được cải thiện bằng cách sử dụng gel kết dính giàu chất điện giải. Đầu dò siêu âm mỗi kênh được mạch cao áp (4) kích điện áp đủ lớn có biên độ tối đa lên đến 50V, cường độ dòng điện đỉnh lên đến 2A để tạo ra sóng siêu âm kích thích xuyên sọ não. Hình dạng sóng kích siêu âm hình sin sẽ được tạo ra bởi mạch tạo chuỗi xung kích (6) của kênh kết hợp với mạch biến đổi số sang tương tự (5) sau khi nhận các thông số sóng kích của kênh đó từ bộ vi điều khiển siêu âm (10). Như trong hình 2 thể hiện định dạng sóng kích, mỗi một lần phát sóng kích siêu âm thì sóng sẽ được phát kéo dài trong khoảng giá trị thông số <Thời lượng sóng>, trong đó có nhiều chuỗi xung hình sin. Mỗi chuỗi xung hình sin có độ cao bằng 2 lần giá trị <Biên độ>, có độ dài là giá trị <Thời lượng xung>, có tần số dao động sin là nghịch đảo của giá trị <Chu kỳ xung>. Chuỗi xung này sẽ được lặp phát lại mỗi <Chu kỳ lặp xung> để tạo thành sóng kích. Một lưu ý ở đây là giá trị lớn nhất của <Thời lượng xung> chính là giá trị <Chu kỳ lặp xung>. Đối với định dạng sóng kích siêu âm này, sẽ thấy mối tương quan tỷ lệ thuận giữa công suất trung bình sóng kích siêu âm được tạo ra với <Biên độ> và <Thời lượng xung>. Khoảng cài đặt giá trị cho các thông số thành phần một sóng kích siêu âm của giải pháp này là:

Biên độ: từ 20V đến 50 V

Chu kỳ xung: 0,5 μ s đến 1 μ s

Thời lượng sóng: từ 100 μ s đến 400 μ s

Chu kỳ lặp xung: từ 20 μ s đến 100 μ s

Thời lượng xung: từ 1 μ s đến giá trị lớn nhất là Chu kỳ lặp xung

Mức độ tác động của sóng siêu âm đến vỏ não được giám sát bởi cường độ tín hiệu phản hồi sóng siêu âm thu về qua mạch công tắc thu siêu âm. Trong trường hợp vì một trục trặc kỹ thuật nào đó mà đầu dò siêu âm không phát sóng siêu âm được đến sọ não đối tượng đo thì sóng phản hồi siêu âm cũng không xuất hiện, và bộ vi điều khiển sẽ nhận dạng và gửi thông báo đến người sử dụng qua khối máy tính nhúng và giao diện.

Trong khi đó, tín hiệu điện thế não từ vỏ não sẽ được điện cực (12) của kênh đo truyền dẫn đến các mạch tiền khuếch đại, mạch lọc, mạch khuếch đại để cho khối điều khiển chính đọc về thông qua bộ ADC lưu trữ trong bộ đệm vòng. Vì tần số lớn nhất của tín hiệu điện não có thể lên đến 45Hz nên tần số lấy mẫu của bộ ADC được thiết lập là 500 Sps, độ phân giải là 12 bit. Đối với mỗi kênh, vi điều khiển thực hiện liên tục việc lấy mẫu ADC tín hiệu điện não kênh k $Ch_k(t_i)$ tại mỗi thời điểm t_i cách nhau 2ms. Bộ vi xử lý lấy mẫu dữ liệu ADC cho kênh đo k theo số lượng 512 điểm cho mỗi một khối dữ liệu, tương đương trong khoảng thời gian 1024 ms. Chương trình trong vi xử lý sẽ ghép 512 điểm của khối dữ liệu mới và 512 điểm của khối dữ liệu liền trước để thành một khung dữ liệu 1024 điểm $Ch_k(t_i)$ cho kênh k. Trên mỗi khung dữ liệu như

vậy, giải thuật tính toán biến đổi Fourier nhanh FFT cho 1024 điểm để chuyển đổi thông tin tín hiệu điện não từ miền thời gian qua miền tần số. Trên kết quả phổ tần phân tích FFT thu được, giải thuật tìm kiếm các vị trí tần số n trong các vùng tần số tín hiệu điện não cơ bản và xác định là cường độ thành phần tần số tín hiệu $ASf_k(n)$. Còn tại các vị trí m bên ngoài vùng tần số nêu trên thì được xác định là các cường độ nhiễu $ANf_k(m)$. Sau đó giải thuật tính toán xác định giá trị trung bình của các $ASf_k(n)$, $ANf_k(m)$ trong 8 chu kỳ phân tích FFT liên tiếp (tương đương thời lượng 8192 ms) gọi là $AVSf_k(n)$ và $AVNf_k(m)$. Và chương trình sẽ tính tổng của bình phương của các $AVSf_k(n)$ ra kết quả PS_k thể hiện mức công suất tín hiệu điện não kênh k , tổng của bình phương của các $AVNf_k(m)$ ra kết quả PN_k thể hiện mức công suất nhiễu kênh k . Từ kết quả tính toán tỷ lệ công suất tín hiệu PS_k trên công suất nhiễu PN_k , bộ vi xử lý so sánh với mức ngưỡng TH_k (được cài đặt ban đầu) để xác định mức tín hiệu thu được có đạt đủ chưa.

Do nhiều nguyên nhân trong quá trình kích thích siêu âm xuyên sọ và đo điện não, các mô não bên trong sọ nhận được mức kích thích khác nhau dẫn đến khả năng là công suất của tín hiệu điện não thu được có thể chưa đạt được ngưỡng cần thiết cho chẩn đoán nếu chỉ kích thích một mức công suất siêu âm cố định. Nên điểm quan trọng ở trong hệ thống này là sự liên kết đồng bộ thời gian thực giữa khối (1) và khối (2) được thực hiện bằng phần mềm xử lý tín hiệu sau khi phân tích nhanh thấy tín hiệu điện não thu nhận chưa đạt được mức độ cần thiết thì sẽ tăng điều chỉnh công suất siêu âm bằng tăng độ rộng xung điều khiển đồng bộ của kênh tương ứng qua mạch điều khiển siêu âm (10) trong khối (1). Mạch điều khiển siêu âm (10) sẽ dựa theo độ rộng xung của tín hiệu điều khiển này sẽ hiệu chỉnh đồng thời biên độ xung và thời lượng xung của chùm sóng siêu âm kích thích của kênh tương ứng. Tính trung bình trong thời lượng sóng kích không đổi thì công suất trung bình sóng siêu âm tỷ lệ thuận biên độ xung, thời lượng xung.

Ngoài ra, trong mô hình hệ thống này, phần mềm của hệ thống trên máy tính nhúng (18) có thể hiển thị dữ liệu tín hiệu điện não của các kênh đo, kèm biên độ và thời lượng xung sóng siêu âm kích thích cho kênh đo tương ứng được điều khiển đồng bộ trên một đồ thị theo thời gian thực, và cũng kèm theo đó là hiển thị cường độ sóng siêu âm phản hồi thông qua đầu dò siêu âm trong khối tạo sóng siêu âm (1) giúp theo dõi trạng thái tác động siêu âm đến vùng sọ của đối tượng đo.

Hình 3 thể hiện lưu đồ hoạt động chính của toàn bộ hệ thống được thao tác bởi người sử dụng. Sau khi người sử dụng kết nối hệ thống phần cứng khối (2) với máy tính nhúng ở khối (3), sẽ bắt đầu trước bằng việc lựa chọn cài đặt các thông số thành phần sóng kích siêu âm cho các kênh đo cũng như mức ngưỡng công suất tín hiệu điện não trên nền nhiễu cần thu đạt. Sau đó sẽ nhấn nút “Bắt đầu” để bắt đầu quá trình kích thích siêu âm và đo điện não cho đối tượng đo, các thông số vừa cài đặt sẽ được chuyển xuống bộ vi điều khiển chính qua cổng máy tính để truyền tiếp mạch điều khiển siêu âm bằng đường giao tiếp I2C. Mạch điều khiển siêu âm sẽ khởi tạo sóng kích ra các chuỗi xung liên tục theo các thông số ban đầu để đưa đến mạch nâng cao áp để kích đầu dò tạo ra sóng siêu âm kích thích. Với kích thích siêu âm sẽ giúp tăng cường điện thế não để tín

hiệu điện não truyền qua điện cực đến khối đo điện não (2) ghi nhận lại. Trong trường hợp tỷ lệ công suất tín hiệu điện não trên nền nhiễu thấp hơn ngưỡng được cài đặt ban đầu thì bộ điều khiển chính sẽ điều khiển tăng dần độ rộng xung đồng bộ từ (17) qua (10). Theo đó công suất kích thích siêu âm được tăng dần lên theo, dẫn đến công suất tín hiệu điện não đáp ứng ghi nhận được sẽ tăng lên, và đạt được ngưỡng xác lập. Quá trình ghi nhận tín hiệu điện não được truyền từ khối (2) về máy tính nhúng trong khối (3) kèm theo thông tin cường độ sóng siêu âm ở trạng thái ổn định đồng bộ và hiển thị trên đồ thị giao diện người dùng. Nếu người sử dụng muốn chọn chế độ theo dõi từ xa, thì các dữ liệu này sẽ được truyền qua giao diện mạng 4G để bác sĩ chẩn đoán từ xa.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ chế tạo một hệ thống đo điện não 8 kênh từ xa tích hợp điều khiển kích thích siêu âm sử dụng các linh kiện điện tử phổ biến có sẵn, dễ lắp ráp các bo mạch hàng loạt trên dây chuyền sản xuất điện tử đơn giản bình thường, bao gồm các thành phần chính:

- 01 lưới mảng cặp 8 điện cực dán Nihon Kohden và 8 đầu dò siêu âm từ gốm áp điện PZT-4 ANN-P4F16020 tần số 1MHz $\pm$ 5%, kích thước $\Phi 16 \times 2,1$ mm.
- 01 bộ tạo xung nâng áp 8 kênh trong khối (4): sử dụng linh kiện LM96550 của Texas Instruments (TI)
- 01 bộ biến đổi tín hiệu DAC tốc độ trên 10MHz, độ phân giải 12 bit, 8 kênh để tạo dạng sóng siêu âm trong khối (5): sử dụng linh kiện DAC7568 của TI
- 01 bộ FPGA để tạo chuỗi xung liên tục trong khối (6): sử dụng linh kiện EP3C10E144I7N của Intel
- 01 bộ đóng ngắt tín hiệu 8 kênh trong khối (7): sử dụng linh kiện LM96530 của TI
- 08 bộ khuếch đại băng thông rộng để khuếch đại tín hiệu siêu âm phản hồi trong khối (8): sử dụng linh kiện OPA2695 của TI
- 01 bộ chuyển đổi ADC 8 kênh, 12 bit trong khối (9): sử dụng linh kiện ADS5281 của TI
- 01 bộ vi điều khiển lõi ARM Cortex-M4 để đảm nhiệm chức năng chính trong khối (10): sử dụng linh kiện STM32F427 của STMicroelectronics (ST)
- 16 bộ khuếch đại vi sai công nghiệp chính xác có độ nhiễu thấp trong khối (12) (14): sử dụng linh kiện INA333 của TI
- 08 bộ khuếch đại thuật toán trong khối (13): sử dụng linh kiện AD8629 của Analog Devices
- 01 bộ chuyển đổi ADC 16 kênh trong khối (15): sử dụng linh kiện AFE5851 của TI
- 01 bộ vi điều khiển lõi ARM Cortex-M7 trong khối (16): sử dụng linh kiện STM32F746 của ST

- Các thành phần trong khối (3)(21) có thể lựa chọn lắp ráp từ những thiết bị thông dụng có sẵn.

Các phần mềm/phần dẻo được lập trình và cài đặt vào các khối (6), (10), (16), (17) sau khi được chế tạo. Hệ thống đo này áp dụng được với người mù, và thời gian đo trung bình 200s, ghi nhận tín hiệu điện não có chất lượng với tỷ lệ công suất tín hiệu trên nhiễu trung bình từ 100 đến 200 lần.

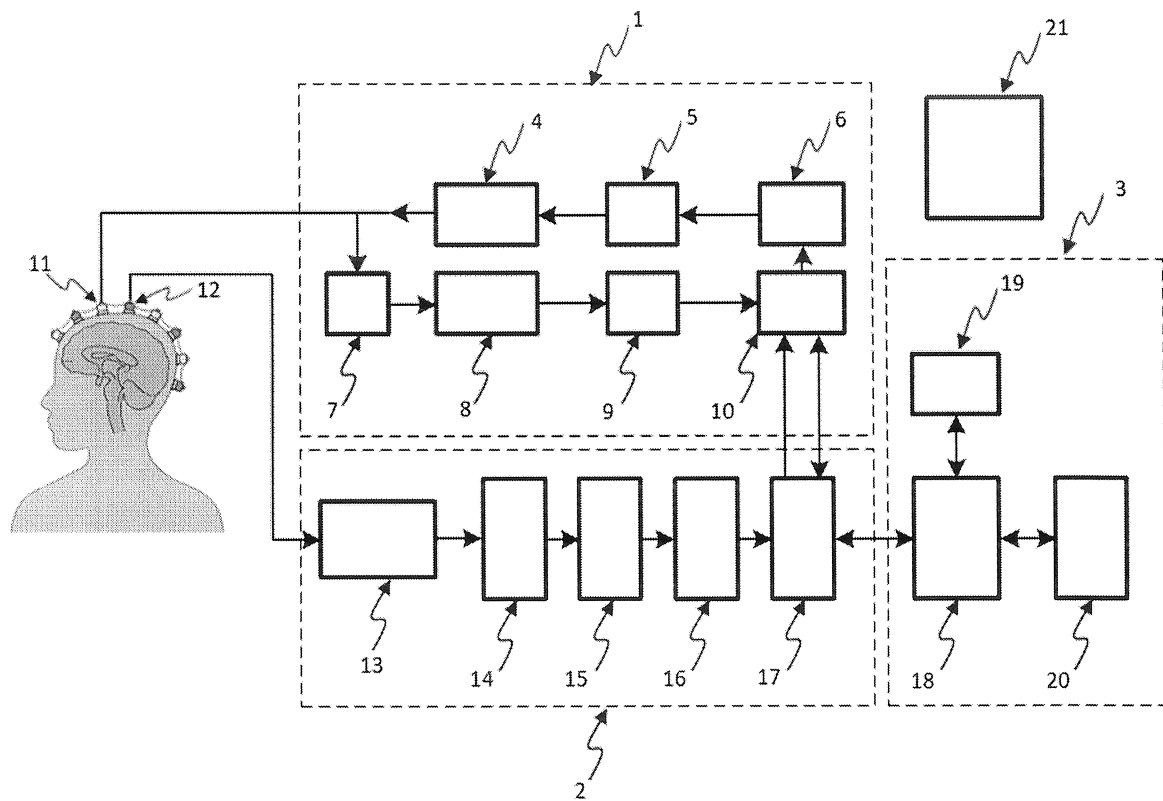
Hiệu quả kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Với giải pháp hữu ích này, hệ thống đo điện não được điều khiển tự động đồng bộ khâu kích thích siêu âm xuyên sọ, nhờ đó không những giúp tín hiệu điện não thu nhận được đạt chất lượng tốt hơn trên các nền nhiễu khác nhau, trên mọi đối tượng đo khác nhau, mà còn rút ngắn thời gian đo và giảm thiểu sự can thiệp của người đo. Từ đó giúp bác sĩ dễ dàng chẩn đoán sớm được các dấu hiệu bệnh lý về não hay rối loạn thần kinh còn tiềm ẩn để có phương thức điều trị hiệu quả cho bệnh nhân. Giải pháp này là bước đầu để phát triển hoàn chỉnh một thiết bị đo điện não cải tiến dùng trong lĩnh vực y tế mà có thể đo trên cả những người khiếm thị và khiếm thính, không xâm lấn, an toàn, mang lại hiệu quả cao hơn để chẩn đoán sớm các dấu hiệu của các rối loạn chức năng của não bộ trong các bệnh lý thần kinh, theo dõi biểu hiện động kinh hay các rối loạn co giật khác. Theo đó, khi thiết bị đo điện não cải tiến này được phát triển thành công, sẽ có tiềm năng rất lớn để ứng dụng phát hiện sớm nguy cơ đột quỵ não (là căn bệnh thời đại ngày nay gây tử vong và tàn tật cao) để điều trị ngăn ngừa, trong khi máy đo điện não thông thường hiện nay trong nhiều trường hợp không thể tìm ra được dấu hiệu bất thường trên tín hiệu điện não hoặc thể hiện dấu hiệu mờ nhạt khi không được kích thích đủ mức độ trực tiếp. Bên cạnh đó, với các trường hợp theo dõi cho bệnh nhân rối loạn giấc ngủ, chức năng đo từ xa cũng sẽ rất hiệu quả khi việc đo được thực hiện tại nhà bệnh nhân và bác sĩ có thể theo dõi từ xa qua Internet.

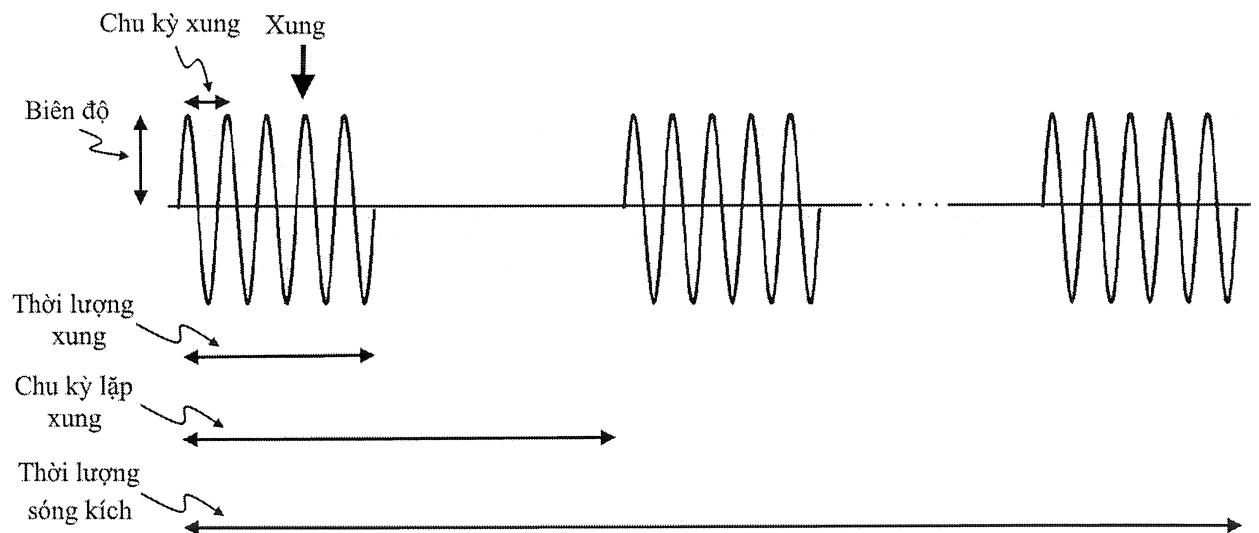
YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống đo điện não từ xa tích hợp điều khiển tự động kích thích siêu âm gồm các thành phần:
 - (a) một hoặc một lưới cặp điện cực và đầu dò kích thích siêu âm xuyên sọ được gắn cố định dễ dàng trên đầu đối tượng đo điện não;
 - (b) 01 khối mạch kích thích siêu âm; 01 khối mạch đo điện não; 01 khối máy tính nhúng và giao diện; 01 khối nguồn cung cấp điện;
 khác biệt ở chỗ là hệ thống có thêm
 - (c) các điện cực điện não và đầu dò kích thích siêu âm được bố trí gắn theo cặp để đo và điều khiển đồng bộ;
 - (d) bộ vi xử lý trong khối mạch đo điện não thực hiện phân tích ảnh phổ cùng công suất tín hiệu điện não theo thời gian thực;
 - (e) liên kết điều khiển theo thời gian thực từ khối mạch đo điện não đến khối kích thích siêu âm điều chỉnh đồng thời biên độ xung và thời lượng xung sóng kích theo nguyên tắc hồi tiếp vòng kín để nhằm đến mục tiêu là chỉ số công suất tín hiệu điện não trên nền nhiễu đạt đến ngưỡng mong muốn trong thời gian nhanh nhất;
 - (f) dữ liệu tín hiệu điện não ghi nhận theo thời gian thực đồng bộ kèm theo dữ liệu cường độ và thời lượng xung sóng siêu âm kích thích của các kênh trong suốt quá trình đo sẽ được truyền từ khối mạch đo về máy tính nhúng và hiển thị trên đồ thị của giao diện;
 - (g) có giao diện kết nối mạng 4G cho phép đo và theo dõi từ xa qua mạng Internet.
2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó nguồn laser năng lượng thấp hoặc nguồn phát từ trường có thể sử dụng để kích thích xuyên sọ thay cho đầu dò siêu âm.
3. Hệ thống theo điểm 1, trong đó một đầu dò siêu âm có thể dùng kích thích đồng bộ cho nhiều tín hiệu điện não từ các điện cực lân cận đầu dò siêu âm.
4. Hệ thống theo điểm 1, trong đó nhiều đầu dò siêu âm có thể dùng kích thích đồng bộ cho một tín hiệu điện não từ một điện cực nằm giữa các đầu dò siêu âm.
5. Hệ thống theo điểm 1, trong đó có liên kết điều khiển theo thời gian thực từ khối mạch đo điện não đến khối kích thích siêu âm để nhằm đến mục tiêu là công suất tín hiệu điện não đạt đến giá trị ngưỡng mong muốn.
6. Hệ thống theo điểm 1, trong đó có liên kết điều khiển từ khối mạch đo điện não đến khối kích thích siêu âm điều chỉnh biên độ xung hoặc thời lượng xung sóng kích.
7. Hệ thống theo điểm 1, trong đó có giao diện kết nối mạng cho phép đo và theo dõi từ xa qua mạng Wifi.

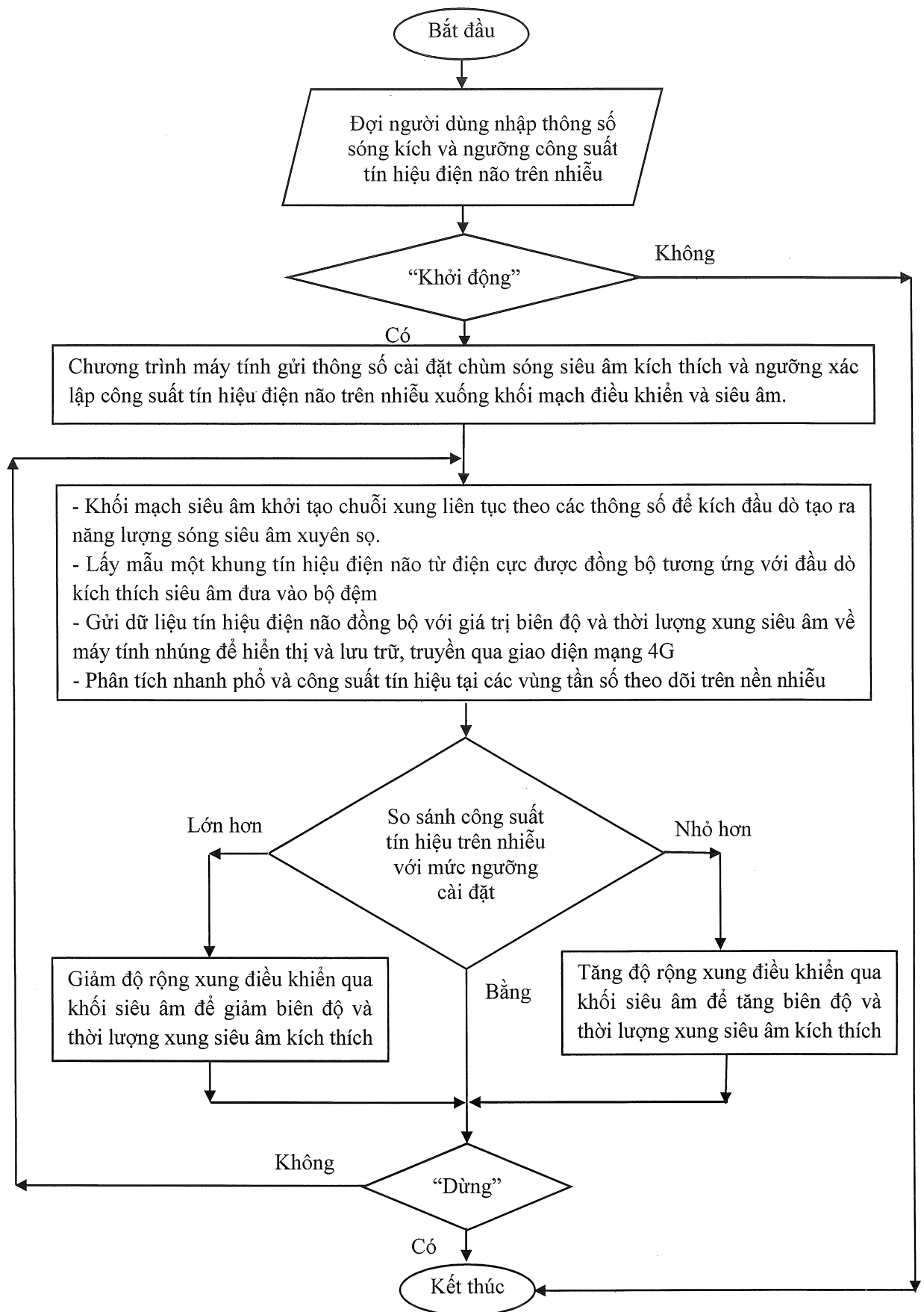
CÁC HÌNH VẼ



Hình 1. Sơ đồ khối phần cứng của hệ thống



Hình 2 – Định dạng và các thông số thành phần một sóng kích siêu âm



Hình 3 - Lưu đồ hoạt động chính của hệ thống