



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

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

(11)



2-0003191

(51) **G01N 33/50**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00213

(22) 31/08/2021

(67) 1-2021-05418

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/11/2021 404

(73) Công ty TNHH Bonbouton Incorporation (VN)

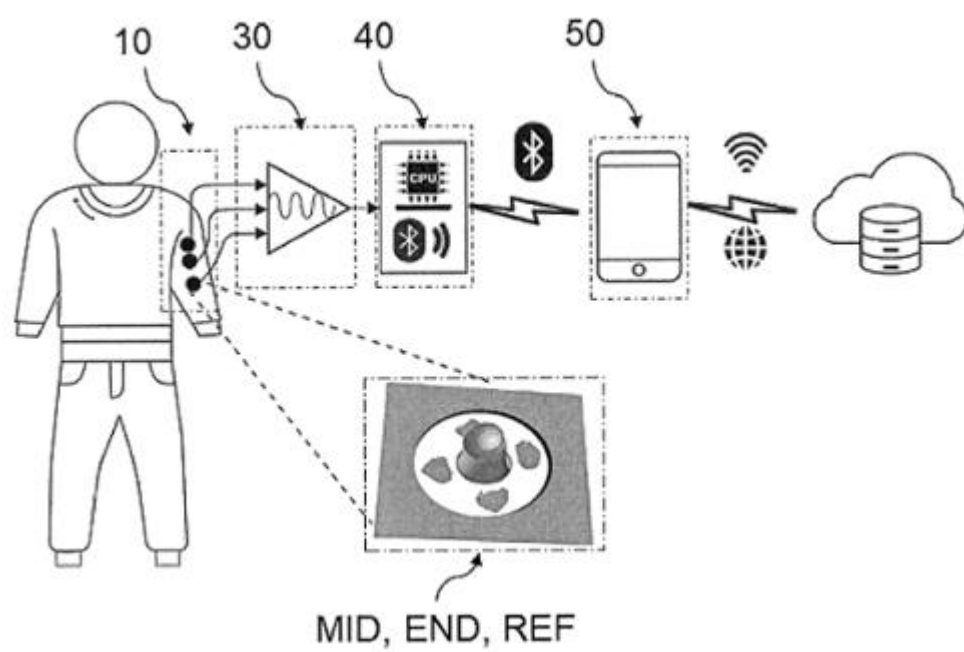
196 Vạn Kiếp, phường 3, quận Bình Thạnh, thành phố Hồ Chí Minh

(72) Lê Tùng Linh (VN); Hàn Huy Dũng (VN); Phạm Nguyễn Thanh Loan (VN); Trần Lê
Lân (VN).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) **HỆ THỐNG ĐO ĐẠC VÀ PHÂN TÍCH TÍN HIỆU ĐIỆN CƠ CÓ SỬ DỤNG CẢM BIẾN
ĐƯỢC LÀM TỪ VẬT LIỆU GRAPHEN**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống đo đặc và phân tích tín hiệu điện cơ bao gồm: hệ điện cực đo (10) gồm các điện cực đo thứ nhất (MID), thứ hai (END) và thứ ba (REF), mỗi điện cực đo này bao gồm cảm biến điện cơ (11) được làm từ vật liệu graphen phủ lên vật liệu dẻo, chi tiết dẫn điện (13) có hình dạng nút bấm đực và lớp keo dán epoxy dẫn điện (12); mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30) nhận tín hiệu vi sai được thu bởi các điện cực đo thứ nhất (MID) và thứ hai (END), khuếch đại và lọc lấy tín hiệu điện cơ hữu ích; mô-đun thu phát tín hiệu không dây (40) lấy mẫu tín hiệu điện cơ dạng tín hiệu tương tự ở đầu ra của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30), số hóa tín hiệu điện cơ, đóng gói và truyền dữ liệu tới thiết bị điện tử di động thông qua kết nối không dây; và phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động (50), phần mềm này có chức năng thu thập, tính toán thông tin cơ bản của tín hiệu điện cơ và loại bỏ các phần tín hiệu không phải là tín hiệu điện cơ, tương tác với mô-đun thu phát tín hiệu không dây (40) để điều khiển hoạt động của hệ thống.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến hệ thống đo đạc và phân tích tín hiệu điện cơ (Electromyography - EMG) có sử dụng cảm biến được làm từ vật liệu graphen.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Các thiết bị đeo được trên người cho các ứng dụng y sinh cho phép theo dõi một số thông số sức khỏe của người đeo, ví dụ như nhịp tim, nhiệt độ, huyết áp, tín hiệu điện cơ, số bước chân, v.v., hiện đang trở nên phổ biến hơn khi nhu cầu y tế cá nhân phát triển không ngừng. Với sự phát triển của khoa học công nghệ điện tử, các thiết bị này có khả năng tích hợp nhiều cảm biến có các chức năng khác nhau với chi phí thấp, kích thước nhỏ, tiêu hao công suất thấp, giúp người đeo có thể theo dõi sức khỏe mọi lúc mọi nơi. Nhiều ứng dụng y tế trước đây chỉ có ở bệnh viện nhưng hiện nay đã có thể được áp dụng cho người dùng bên ngoài bệnh viện để cải thiện chất lượng của đời sống. Các thiết bị đo nhiệt độ, huyết áp và nhịp tim đã khá phổ biến với người dùng và gần như ở mỗi gia đình đều tự trang bị những thiết bị này. Trong khi đó, tín hiệu điện cơ cũng rất quan trọng cần được theo dõi thường xuyên nhưng hiện nay trên thị trường chưa có thiết bị phổ biến. Tín hiệu điện cơ được sử dụng cho các ứng dụng liên quan đến vận động các hệ cơ bắp như các thiết bị điều khiển chân tay nhân tạo cho người khuyết tật (các tài liệu phi sáng chế [1], [2]), theo dõi chương trình phục hồi của bệnh nhân bị rối loạn cơ xương (các tài liệu phi sáng chế [3]), hay cho phép người sử dụng có thể kiểm tra sự tiến bộ trong tập luyện thể thao hay kiểm tra thường xuyên thể trạng khi có áp lực trong công việc [4].

Trong đo đạc lâm sàng của tín hiệu điện cơ, các cảm biến dùng một lần, thông dụng nhất là loại Ag/AgCl, thường được sử dụng bởi đặc tính có tạp âm thấp và bắt được tín hiệu mạnh nhờ vào lớp gel điện phân được bôi giữa da và

cảm biến đo, với đặc tính này mà cảm biến thuộc nhóm này được gọi là điện cực ướt. Lớp gel điện phân ở giữa điện cực và da người cho phép dòng điện mang tín hiệu điện cơ truyền trực tiếp đến phần thu nhận tín hiệu tương tự của thiết bị đo. Tuy nhiên, để giám sát liên tục, các loại cảm biến dùng một lần này không phải là giải pháp tiện lợi và khá đắt đỏ vì người dùng cần phải thay thế cảm biến mỗi lần đo. Ngoài ra, lớp gel điện phân còn khiến cho người dùng cảm thấy khó chịu. Khác với điện cực ướt, các loại cảm biến điện cơ thuộc nhóm điện cực khô không cần sử dụng gel điện phân trong quá trình sử dụng. Vì vậy, điện cực khô thường được sử dụng trong các ứng dụng theo dõi tín hiệu liên tục vì nó có thể tái sử dụng nhiều lần và khá đơn giản trong thiết kế. Tuy nhiên, các cảm biến này lại thường được làm từ kim loại cứng và gây ra sự không thoải mái cho người dùng khi sử dụng trong các hoạt động cơ có cường độ cao. Một nhược điểm nữa của điện cực khô là do tính kim loại của cảm biến nên nó có chức năng như một anten thu, vì vậy mà nhiễu điện lưới trong ứng dụng này bị thu toàn bộ và có biên độ lớn hơn rất nhiều so với các điện cực khác.

Gần đây, các thiết bị giám sát sức khỏe đeo được sử dụng các cảm biến ở dạng tiếp xúc hoặc không tiếp xúc được in trên vải dệt cho các ứng dụng đo các đặc tính sinh lý học trở nên khá phổ biến. Tính chất vải thân thiện với người dùng nên các trải nghiệm của người dùng được cải thiện đáng kể, không có cảm giác khó chịu hay bị kích ứng da bởi gel điện phân hay bởi băng dính (tài liệu sáng chế [1]). Tuy nhiên, các thiết bị điện tử đeo được đã thương mại hóa không bao gồm một hệ thống hoàn chỉnh mà thường chỉ bao gồm hệ điện cực thu nhận tín hiệu điện cơ. Để trích xuất dữ liệu có ý nghĩa thì người dùng cần sử dụng sản phẩm của bên thứ ba với sự trợ giúp của các chuyên gia (các tài liệu sáng chế [1]-[3]).

Tài liệu kỹ thuật đã biết

Tài liệu sáng chế:

[1] US 20030109905 A1

[2] US 8170656 B2

[3] US 6004312 A

Tài liệu phi sáng chế:

[1] D. Brunelli, A. M. Tadesse, B. Vodermayr, M. Nowak, and C. Castellini, “Low-cost wearable multichannel surface EMG acquisition for prosthetic hand control”, in 2015 6th international workshop on advances in sensors and interfaces (IWASI), IEEE, 2015, pp. 94–99.

[2] L. Neri, G. Adorante, G. Brighetti and E. Franciosi, "Postural rehabilitation through Kinect-based biofeedback," 2013 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR), 2013, pp. 218-219, doi: 10.1109/ICVR.2013.6662110.

[3] J. Taelman, T. Adriaensen, A. Spaepen, G. Langereis, L. Gourmelon, and S. Van Huffel, “Contactless EMG sensors for continuous monitoring of muscle activity to prevent musculoskeletal disorders”, in Proceedings of the first Annual Symposium of the IEEE-EMBS Benelux Chapter, 2006, pp. 223–226.

[4] J. Taelman, T. Adriaensen, C. van der Horst, T. Linz and A. Spaepen, "Textile Integrated Contactless EMG Sensing for Stress Analysis," *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2007, pp. 3966-3969.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất hệ thống đo đặc, hiển thị và phân tích tín hiệu điện cơ nhằm giải quyết các vấn đề còn tồn tại nêu trên. Cụ thể hơn, mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất hệ thống đo đặc và phân tích tín hiệu điện cơ có khả năng:

đo đặc tín hiệu điện cơ của người trong các điều kiện đo khác nhau với các vị trí đo khác nhau trên người;

xử lý, phân tích và hiển thị tín hiệu trên các thiết bị điện tử thông dụng cho người dùng như máy tính xách tay, điện thoại thông minh, đồng hồ thông minh hoặc các thiết bị điện tử tương tự.

Để đạt được mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất hệ thống đo đặc và phân tích tín hiệu điện cơ bao gồm:

hệ điện cực đo gồm điện cực đo thứ nhất, điện cực đo thứ hai và điện cực đo thứ ba, mỗi điện cực đo này có cấu tạo gồm:

cảm biến điện cơ được làm từ vật liệu graphen phủ lên vật liệu dẹt,

chi tiết dẫn điện có hình dạng nút bấm được làm từ vật liệu dẫn điện, và lớp keo dán epoxy dẫn điện được bố trí để liên kết cảm biến điện cơ với chi tiết dẫn điện,

trong đó ba điện cực đo thứ nhất, thứ hai và thứ ba được bố trí tại những vị trí nhất định trên da của người đeo để tạo thành một mạch thu nhận tín hiệu điện cơ,

trong đó hai điện cực đo thứ nhất và thứ hai thu tín hiệu điện cơ từ vị trí đo tương ứng trên bề mặt da, tạo thành tín hiệu vi sai do sự khác biệt giữa tín hiệu từ điện cực đo thứ nhất và điện cực đo thứ hai, và

trong đó điện cực đo thứ ba được sử dụng để giảm các tạp âm và nhiễu sinh ra bởi tín hiệu giả (artifact) hay nhiễu chuyển động (motion artifact);

mạch thu xử lý tín hiệu tương tự được cấu hình để nhận tín hiệu vi sai được thu bởi các điện cực đo thứ nhất và thứ hai, khuếch đại và lọc lấy tín hiệu điện cơ hữu ích có dải tần nằm trong khoảng từ 30Hz đến 500Hz;

mô-đun thu phát tín hiệu không dây được cấu hình để lấy mẫu tín hiệu điện cơ dạng tín hiệu tương tự ở đầu ra của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự, số hóa tín hiệu điện cơ, đóng gói và truyền dữ liệu đã số hóa tới thiết bị điện tử di động thông qua giao tiếp không dây; và

phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động, phần mềm này được cấu hình để thực hiện các chức năng: thu thập, tính toán thông tin cơ bản của tín

hiệu điện cơ và loại bỏ các phần tín hiệu không phải là tín hiệu điện cơ, tương tác với mô-đun thu phát tín hiệu không dây để điều khiển hoạt động của hệ thống.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, hệ thống này còn bao gồm thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da sử dụng vải co giãn.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, mạch thu xử lý tín hiệu tương tự còn bao gồm hệ điện cực thu gồm điện cực dạng nút bấm cái thứ nhất, điện cực dạng nút bấm cái thứ hai và điện cực dạng nút bấm cái thứ ba, các điện cực này được tạo kết cấu để lắp khớp và kết nối điện với điện cực đo thứ nhất, điện cực đo thứ hai và điện cực đo thứ ba dạng nút bấm được tương ứng của hệ điện cực đo.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, mạch thu xử lý tín hiệu tương tự bao gồm các khối được kết nối tuần tự theo đường dẫn tín hiệu như sau:

khối bộ đệm đầu vào được nối với hai điện cực đo thứ nhất và thứ hai và được sử dụng để giảm tạp âm có thể xâm nhập vào hệ thống,

khối khuếch đại vi sai được sử dụng để khuếch đại tín hiệu từ khối bộ đệm đầu vào và đồng thời giảm tạp âm và nhiễu đồng pha (common-mode),

khối bộ lọc thông cao để giảm thiểu tạp âm tần số thấp bất kỳ còn lại, như nhiễu chuyển động cũng như độ lệch DC (DC offset) tiềm năng bất kỳ từ khối khuếch đại vi sai, và

khối bộ lọc thông thấp được cấu hình để hoạt động như một bộ lọc khử răng cưa (anti-aliasing filter).

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, khối bộ đệm đầu vào, khối khuếch đại vi sai, khối bộ lọc thông cao, khối bộ lọc thông thấp của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự được cấu hình để hoạt động với nguồn 3,3V.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo sáng chế, khối khuếch đại vi sai được sử dụng là khối khuếch đại dụng cụ được cấu hình để có trị số độ lợi bằng 101.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, khối bộ lọc thông cao sử dụng cấu trúc hồi tiếp servo có tần số cắt 30 Hz.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, khối bộ lọc thông thấp là khối bộ lọc thông thấp bậc một (first-order low pass filter) truyền thống có tần số cắt 500 Hz.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, mô-đun thu phát tín hiệu không dây bao gồm:

bộ chuyển đổi tương tự - số được cấu hình để lấy mẫu tín hiệu điện cơ dạng tín hiệu tương tự ở đầu ra của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự, số hóa tín hiệu điện cơ; và

bộ vi xử lý đóng gói và truyền dữ liệu đã số hóa tới thiết bị điện tử di động thông qua bộ thu phát tín hiệu không dây.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, bộ chuyển đổi tương tự - số là bộ chuyển đổi 12 bit và được cấu hình để lấy mẫu ở tần số 1000Hz.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, bộ thu phát tín hiệu không dây là bộ thu phát năng lượng thấp Bluetooth, tốt hơn là NRF 52832.

Theo một phương án thực hiện của hệ thống theo giải pháp hữu ích, phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động còn bao gồm các chức năng:

cho phép điều khiển và bật tắt việc thu tín hiệu điện cơ được truyền bởi mô-đun thu phát tín hiệu không dây;

hiển thị kết quả đo đạc theo thời gian thực;

thực hiện phân tích đánh giá tín hiệu điện cơ của người dùng;

hiển thị kết quả phân tích đánh giá tín hiệu điện cơ thu được; và
 lưu trữ các kết quả đo và phân tích trên máy chủ sử dụng công nghệ điện toán đám mây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ sơ lược thể hiện hệ thống đo đặc và phân tích tín hiệu điện cơ theo giải pháp hữu ích.

Hình 2(a)-2(b) là các hình vẽ sơ lược thể hiện cấu tạo của các điện cực đo tín hiệu điện cơ của hệ thống theo giải pháp hữu ích.

Hình 3 là hình vẽ minh họa vị trí đặt hệ điện cực đo tín hiệu điện cơ của hệ thống theo giải pháp hữu ích trên bó cơ của cánh tay trên.

Hình 4(a)-4(b) lần lượt là các hình vẽ minh họa vị trí đặt hệ điện cực đo tín hiệu điện cơ của hệ thống theo giải pháp hữu ích trên bó cơ của bắp chân và lưng dưới.

Hình 5(a)-5(c) lần lượt là các hình vẽ thể hiện thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da khi được sử dụng kết hợp với hệ điện cực đo.

Hình 6(a)-6(b) lần lượt là các hình vẽ minh họa thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da được thiết lập cho việc đo tín hiệu điện cơ trên bó cơ bắp tay.

Hình 7 là hình vẽ minh họa tín hiệu điện cơ thô của cơ bắp tay.

Hình 8 là hình vẽ thể hiện mạch thu xử lý tín hiệu tương tự và xử lý tín hiệu số.

Hình 9 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối chi tiết của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự trên Hình 8.

Hình 10(a)-10(b) là hình vẽ thể hiện phương thức kết nối giữa hệ điện cực đo và hệ điện cực thu của hệ thống theo giải pháp hữu ích.

Hình 11 là hình vẽ thể hiện các thành phần của phần mềm ứng dụng viết cho thiết bị điện tử di động.

Hình 12(a)-12(d) là các hình vẽ thể hiện một giải pháp kết nối và hình dạng của hệ điện cực thu, mạch thu xử lý tín hiệu tương tự, mô-đun thu phát tín hiệu không dây và bộ nhớ ngoài của hệ thống theo giải pháp hữu ích, theo một phương án thực hiện để làm ví dụ.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, các khía cạnh theo giải pháp hữu ích và các phương án thực hiện ưu tiên của chúng sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn. Tuy nhiên, lưu ý rằng phạm vi của giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở các phương án cụ thể được mô tả dưới đây dưới dạng ví dụ minh họa cho giải pháp hữu ích và cần hiểu rằng phạm vi của giải pháp hữu ích sẽ bao gồm tất cả các thay đổi, các cải biến tương đương khác của các phương án đó, như được xác định bởi phần yêu cầu bảo hộ.

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “tín hiệu điện cơ” còn được đề cập tắt là “tín hiệu EMG”.

Theo một phương án thực hiện, như được thể hiện trên Hình 1, hệ thống đo đạc và phân tích tín hiệu điện cơ theo giải pháp hữu ích bao gồm hệ điện cực đo 10; mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30; mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40; và phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động 50.

Hệ điện cực đo 10

Như được thể hiện trên các Hình 1-5, hệ điện cực đo 10 gồm điện cực đo thứ nhất MID, điện cực đo thứ hai END và điện cực đo thứ ba REF, mỗi điện cực đo này có cấu tạo gồm (xem Hình 2):

cảm biến điện cơ 11 được làm từ vật liệu graphen, ví dụ như vật liệu rGO (Reduced graphene oxide), phủ lên vật liệu dẹt,

chi tiết dẫn điện 13 có hình dạng nút bấm được làm từ vật liệu dẫn điện, và

lớp keo dán epoxy dẫn điện 12 được bố trí để liên kết cảm biến điện cơ 11 với chi tiết dẫn điện 13,

trong đó ba điện cực đo thứ nhất, thứ hai và thứ ba được bố trí tại những vị trí nhất định trên da của người đeo để tạo thành một mạch thu nhận tín hiệu điện cơ,

trong đó hai điện cực đo thứ nhất MID và thứ hai END thu tín hiệu điện cơ từ vị trí đo tương ứng trên bề mặt da, tạo thành tín hiệu vi sai do sự khác biệt giữa tín hiệu từ điện cực đo thứ nhất MID và điện cực đo thứ hai END, và

trong đó điện cực đo thứ ba REF được sử dụng như một mức điện áp tham chiếu để giảm các tạp âm và nhiễu sinh ra bởi tín hiệu giả (artifact) hay nhiễu chuyển động (motion artifact).

Theo giải pháp hữu ích, các loại vật liệu dệt có thể sử dụng bao gồm vải bông (cotton), polyeste, nylon hoặc vải dệt tương tự. Lớp keo dán epoxy dẫn điện 12 ngoài tác dụng để liên kết cảm biến điện cơ 11 với chi tiết dẫn điện 13, còn có tác dụng duy trì trở kháng đầu vào của hệ điện cực đo ở mức thấp nhất để công suất của tín hiệu điện cơ thu được bị tiêu hao trên điện cực đo là thấp nhất.

Chất lượng của tín hiệu điện cơ phụ thuộc vào vị trí đặt hệ điện cực đo trên một bó cơ. Tùy thuộc vào vị trí của bó cơ cần được đo, ví dụ các bó cơ trên bắp tay, bắp chân hoặc lưng dưới, v.v., mà hệ điện cực đo được đặt ở các vị trí khác nhau. Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, như được thể hiện trên Hình 3, hệ điện cực đo 10 gồm các điện cực đo MID, END và REF có thể được bố trí để đo tín hiệu điện cơ trên bó cơ ở cánh tay trên. Để thu được tín hiệu điện cơ tốt nhất, có biên độ cao và nhiễu ở mức thấp nhất cho bó cơ ở cánh tay trên, hệ điện cực đo 10 cần được bố trí theo cách thức như sau: điện cực đo thứ nhất MID được đặt ở chính giữa của bó cơ ở cánh tay trên, điện cực đo thứ hai END được đặt cuối bó cơ và cách điện cực đo thứ nhất MID, ví dụ một khoảng 2 cm, điện cực đo thứ ba REF hay còn gọi là điện cực tham chiếu có thể được đặt ở bất kỳ điểm nào khác với hai điện cực đo thứ nhất MID và điện cực đo thứ hai END. Tuy nhiên, để có được tín hiệu tham chiếu tốt nhất thì thông thường điện cực đo

thứ ba REF được đặt ở nơi mà tín hiệu điện cơ thu được là thấp nhất ví dụ như tại các khớp hay trên xương, trong trường hợp này là đặt gần khuỷu tay.

Theo một phương án bố trí khác để làm ví dụ, như được thể hiện trên Hình 4(a), hệ điện cực đo 10 gồm các điện cực đo MID, END và REF có thể được bố trí để đo tín hiệu điện cơ trên bó cơ ở bắp chân, trong đó để thu được tín hiệu điện cơ tốt nhất cho bó cơ bắp chân, tương tự như cách đặt hệ điện cực cho bó cơ của bắp tay trên Hình 3, điện cực đo thứ nhất MID được đặt ở chính giữa bó cơ bắp chân, điện cực đo thứ hai END được đặt ở cuối bó cơ. Đối với bó cơ bắp chân, điện cực đo thứ ba REF được đặt ở cổ chân là vị trí tối ưu.

Theo một phương án bố trí khác nữa để làm ví dụ, như được thể hiện trên Hình 4(b), hệ điện cực đo 10 gồm các điện cực đo MID, END và REF có thể được bố trí để đo tín hiệu điện cơ trên bó cơ ở lưng dưới, trong đó để thu được tín hiệu điện cơ tốt nhất cho bó cơ ở lưng dưới, tương tự như cách đặt hệ điện cực cho bó cơ của bắp tay trên Hình 3 và Hình 4(a), điện cực đo thứ nhất MID được đặt ở chính giữa bó cơ lưng dưới, điện cực đo thứ hai END được đặt ở cuối bó cơ. Đối với bó cơ ở lưng dưới, điện cực đo thứ ba REF được đặt ở trên các khớp đốt sống là vị trí tối ưu.

Thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20

Trong quá trình đo, các cảm biến của hệ điện cực đo 10 cần được đảm bảo tiếp xúc trực tiếp và liên tục với da nhằm loại bỏ các tín hiệu nhiễu gây ra do sự dịch chuyển của các điện cực đo (motion artifact) cũng như hệ thống kết nối giữa hệ điện cực đo 10 với mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 và mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40. Hiện tượng này nghiêm trọng hơn trong trường hợp người được đo thực hiện nhiều chuyển động. Do đó, theo một phương án thực hiện, hệ thống đo đạc và phân tích tín hiệu điện cơ theo giải pháp hữu ích còn bao gồm thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20 được áp dụng nhằm hạn chế đến mức tối đa sự xuất hiện của hiện tượng này. Như được thể hiện trên các Hình 5-6, thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20 được tạo cấu hình như đai

quần sử dụng vải có độ co giãn cao có vai trò cố định các điện cực đo MID, END, và REF của hệ điện cực đo 10 để hệ điện cực này luôn tiếp xúc với da trong quá trình đo đạc. Vải co giãn sử dụng có tính đàn hồi càng cao thì hiệu năng kết nối giữa hệ điện cực đo 10 và da người càng lớn. Trên đai quần được tạo lỗ để các chi tiết dẫn điện 13 có hình dạng nút bấm đực của các điện cực đo MID, END và REF tương ứng có thể lắp xuyên qua. Các chi tiết dẫn điện 13 có hình dạng nút bấm đực của các điện cực đo MID, END và REF lộ ra ở mặt bên ngoài của đai quần (xem thêm Hình 5(b)) có thể tiếp cận được một cách dễ dàng và sẽ được lắp khớp với các điện cực thu MID1, END1, REF1 (xem thêm Hình 6(a)-6(b)) có dạng nút bấm cái tương ứng của hệ điện cực thu được kết nối ở đầu vào của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 (mà sẽ được mô tả sau dưới đây). Trong quá trình đo, các cảm biến điện cơ 11 của hệ điện cực đo 10 ở mặt bên trong đai quần (các Hình 5(a) và 5(c)) sẽ được ép chặt vào bề mặt da. Tốt hơn là, đai này có độ dài thích hợp để quần khép kín hệ thống các điện cực thêm một vòng nữa (Hình 6(b)), nhằm đảm bảo các hiện tượng sinh ra nhiễu chuyển động (motion artifact) do sự xê dịch của các điện cực hay các dây nối được giảm thiểu ở mức thấp nhất.

Do cảm biến điện cơ 11 được cấu tạo từ vật liệu dệt, nên việc khâu các cảm biến điện cơ 11 vào mặt bên trong của đai quần là cần thiết nhằm làm giảm khả năng co rút đo đặc tính của vải dệt, theo đó làm tăng tuổi thọ của cảm biến điện cơ 11.

Vị trí cố định các điện cực đo MID, END, REF của hệ điện cực đo 10 trên đai quần được bố trí khác nhau tương ứng cho các mục đích đo khác nhau, ví dụ đo trên bắp tay hay đo trên bắp chân, v.v., và đồng thời phải đảm bảo thỏa mãn các vị trí tương quan giữa các điện cực đo MID, END, REF của hệ điện cực 10 như đã trình bày ở phần trên đây.

Theo một phương án thực hiện khác, thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20 là quần áo của người đeo. Theo đó, cảm biến của hệ điện cực đo có thể được tích hợp trực tiếp lên quần áo của người đeo thay vì sử dụng một đai quần.

Tín hiệu điện cơ (EMG)

Nguồn gốc của tín hiệu điện cơ là sự thay đổi rất nhanh của điện thế qua màng tế bào của các tế bào sống do vậy tín hiệu điện cơ có biên độ rất nhỏ. Như được minh họa trên Hình 7, tín hiệu điện cơ thô đo được trên cơ bắp tay cho bốn lần hoạt động co thắt được đưa ra để làm ví dụ, trong đó mỗi hoạt động co thắt bao gồm hai hoạt động: hoạt động thứ nhất là gập tay và tiếp theo đó là hạ tay nghỉ ngơi. Trong thời gian có hoạt động co thắt cơ, tín hiệu điện cơ được sinh ra ở dạng một búi tín hiệu có mức điện áp từ đỉnh đến đỉnh (V_{p-p}) dao động từ vài chục microvon (μV) đến vài milivon (mV) và dải tần số của tín hiệu điện cơ trải từ 30Hz đến 500Hz. Tuy nhiên, công suất của một tín hiệu điện cơ thông thường tập trung trong dải tần từ 20Hz đến 150Hz. Trong một búi tín hiệu điện cơ thường xuất hiện một cách ngẫu nhiên vài đỉnh điện áp đột biến (spike) và ở mỗi hoạt động co thắt khác nhau sẽ có các đỉnh đột biến với các mức điện áp khác nhau. Do vậy, hình dạng sóng của một búi tín hiệu điện cơ ở các lần hoạt động co thắt khác nhau sẽ khác nhau. Khi cơ bắp tay ở thời gian nghỉ ngơi, tín hiệu điện cơ lúc đó chỉ chứa các thành phần tạp âm và nhiễu có biên độ cần phải được hạn chế trong khoảng từ 1 đến $3\mu V$ và tạo nên đường điện áp cơ sở hay còn gọi là đường cơ sở (baseline). Độ lớn của thành phần tạp âm và nhiễu trong một tín hiệu điện cơ phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó đặc biệt phụ thuộc vào chất lượng của khối xử lý tín hiệu tương tự, các thành phần tạp âm và nhiễu của môi trường đo xung quanh như nhiễu từ điện lưới (AC power line noise) có tần số trong dải từ 50 đến 60Hz hay các thiết bị điện tử thu phát sóng tồn tại trong phòng đo, và các điều kiện tiếp xúc không tốt giữa hệ điện cực đo và da của người được đo. Do vậy, chất lượng của một tín hiệu EMG thu được phụ thuộc vào không chỉ thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc da mà cả hệ thống điện tử đo đạc và xử lý tín hiệu EMG, bao gồm mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30, mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 và phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động 50.

Mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30

Như được thể hiện trên Hình 8, mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 được cấu hình để nhận tín hiệu vi sai được thu bởi các điện cực đo thứ nhất MID và thứ hai END, khuếch đại và lọc lấy tín hiệu điện cơ hữu ích trong dải tần từ 30Hz đến 500Hz. Theo một phương án thực hiện, mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 bao gồm các khối được kết nối tuần tự theo đường dẫn tín hiệu như sau: khối bộ đệm đầu vào 31, khối khuếch đại vi sai 32, khối bộ lọc thông cao 33, khối bộ lọc thông thấp 34.

Khối bộ đệm đầu vào 31

Khối bộ đệm đầu vào 31 được nối với hai điện cực đo thứ nhất MID và thứ hai END và được cấu hình để giảm tạp âm có thể xâm nhập vào hệ thống do sự không phù hợp trở kháng giao diện điện cực.

Tín hiệu vào của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 là bộ tín hiệu vi sai được thu bởi hai điện cực đo thứ nhất MID và thứ hai END, do vậy trở kháng nguồn đầu vào của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 được tính bao gồm trở kháng của điện cực đo và trở kháng của da người được đo. Trở kháng nguồn đầu vào này còn được gọi là trở kháng giao diện điện cực có mức giá trị lớn, thông thường dao động từ $5k\Omega$ đến $50k\Omega$. Bên cạnh đó, tín hiệu điện cơ có giá trị nhỏ, trong dải từ vài chục microvon (μV) đến vài milivon (mV). Do vậy để đảm bảo toàn bộ tín hiệu điện cơ có biên độ rất nhỏ này có thể thu được bởi mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 thì mạch điện này phải có trở kháng đầu vào lớn hơn trở kháng giao diện điện cực trong khoảng vài chục lần. Nếu mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 không có trở kháng đầu vào lớn thì tín hiệu điện cơ vốn đã có biên độ điện áp rất bé sẽ bị tiêu hao trên trở kháng giao diện điện cực và phần tín hiệu điện cơ thu được bởi mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 trở nên quá nhỏ có thể chỉ còn ở mức điện áp của tạp âm và nhiễu. Như vậy việc thiết kế các khối khuếch đại vi sai 32 và lọc lấy tín hiệu hữu ích bởi các khối bộ lọc thông cao 33 và khối bộ lọc thông thấp 34 của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 trở nên phức tạp hơn rất nhiều. Do vậy, khối bộ đệm đầu vào 31, được nối trực tiếp với

hai điện cực đo thứ nhất MID và thứ hai END tương ứng, có vai trò làm tăng trở kháng đầu vào của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 nhằm đảm bảo toàn bộ tín hiệu điện cơ hữu ích được lấy vào mạch thu 30. Ngoài ra, khối bộ đệm đầu vào 31 còn có vai trò cách ly hệ điện cực đo và khối khuếch đại vi sai 32, do vậy các yêu cầu thiết kế về độ lợi và trở kháng đầu vào của khối khuếch đại vi sai 32 cũng trở nên đơn giản hơn.

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, như được thể hiện trên Hình 9, khối bộ đệm đầu vào 31 bao gồm hai khối bộ đệm con 311 có cấu trúc giống hệt nhau được mắc lần lượt giữa điện cực thu thứ nhất MID1, điện cực thu thứ hai END1 (xem thêm Hình 8) và hai đầu vào của khối khuếch đại vi sai 32. Khối bộ đệm con 311 sử dụng mạch tích hợp khuếch đại thuật toán được mắc hồi tiếp âm bằng phương pháp nối một dây dẫn điện từ đầu ra và đầu vào không đảo (có ký hiệu dấu trừ ở đầu vào) của mạch tích hợp khuếch đại thuật toán. Cấu trúc mạch đệm mắc kiểu này có tên là mạch bám nguồn vào (source follower) hay còn có tên gọi khác là bộ khuếch đại đệm có độ lợi bằng 1 (unity-gain buffer). Cấu trúc thiết kế khối bộ đệm đầu vào 31 này đơn giản và phù hợp với tín hiệu vào có biên độ rất nhỏ đồng thời nguồn trở kháng giao diện điện cực lớn. Khối bộ đệm đầu vào 31, có độ lợi hay còn gọi là hệ số khuếch đại có giá trị bằng 1 và trở kháng đầu vào lớn, cho phép tín hiệu điện cơ $V_{in+/-}$ lần lượt thu được bởi điện cực đo thứ nhất MID, thứ hai END được đi qua toàn bộ khối bộ đệm đầu vào 31 và sau đó đi vào khối khuếch đại vi sai 32 ở tầng thứ hai của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 để được khuếch đại tín hiệu.

Khối khuếch đại vi sai 32

Khối khuếch đại vi sai 32 được cấu hình để khuếch đại tín hiệu từ khối bộ đệm đầu vào 31 và đồng thời giảm tạp âm và nhiễu đồng pha (common-mode).

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, như được thể hiện trên Hình 9, khối khuếch đại vi sai 32 được cấu hình bao gồm khối khuếch đại dụng cụ 321, được ký hiệu INA, đã được tích hợp sẵn mạch vòng kín hồi tiếp âm, và một điện trở ký hiệu R_G . Khối khuếch đại vi sai 32 có nhiệm vụ lấy hiệu số và

khuếch đại tín hiệu từ hai đầu ra của khối bộ đệm đầu vào 31. Cấu hình thiết kế này của khối khuếch đại vi sai 32 có các đặc trưng sau:

Khối khuếch đại dụng cụ 321 có hai đầu vào, trong đó đầu vào không đảo có ký hiệu dấu cộng ở chân tín hiệu vào và đầu vào đảo có ký hiệu dấu trừ ở chân tín hiệu vào.

Hai điện áp ra của khối bộ đệm đầu vào 31 được mắc lần lượt vào đầu vào không đảo và đầu vào đảo của khối khuếch đại dụng cụ 321. Từ đó, tín hiệu vào của khối khuếch đại được xem là hiệu của hai tín hiệu đầu vào nghịch pha với nhau hay còn gọi là tín hiệu vi sai. Việc xử lý tín hiệu vi sai ở đầu vào hay nói cách khác chính là phép hiệu (phép vi sai) đã thực hiện loại bỏ các tín hiệu đồng pha đã bị thu vào hệ thống đồng thời với tín hiệu điện cơ. Các tín hiệu đồng pha này bao gồm các tạp âm hay nhiễu sinh ra từ môi trường xung quanh như nhiễu mạng lưới (AC power line noise) có tần số trong dải từ 50 đến 60Hz, các tín hiệu giả do xê dịch của kết nối giữa hệ điện cực đo, hay các tín hiệu giả không mong muốn cũng có nguồn gốc sinh lý học như nhịp tim hay tín hiệu điện não đồ (EEG).

Hệ số khuếch đại G của khối khuếch đại vi sai 32 này phụ thuộc vào giá trị của điện trở R_G được tính theo phương trình sau: $G = 1 + 100/R_G$, trong đó đơn vị tính của R_G là kOhm. Do vậy để điều chỉnh hệ số khuếch đại G thì chỉ cần thay đổi giá trị của điện trở R_G .

Việc sử dụng một điện trở có giá trị có thể thay đổi được (biến trở), ở vị trí của điện trở R_G mang lại sự thuận tiện trong việc hiệu chỉnh tăng hay giảm hệ số khuếch đại của khối khuếch đại vi sai 32. Việc tăng hay giảm hệ số khuếch đại này là cần thiết bởi vì biên độ của tín hiệu điện cơ thu được không cố định. Mức điện áp có thể thay đổi từ vài chục μV đến vài mV tùy thuộc vào các nhóm bó cơ khác nhau với các hoạt động cơ mạnh hay nhẹ. Ngoài ra, các yếu tố về cơ địa và tính chất da của mỗi người đo cũng khác nhau nên cũng có ảnh hưởng khác nhau đến biên độ của tín hiệu điện cơ. Ví dụ trong ứng dụng đo cơ bắp tay với

chuỗi hoạt động đơn giản gồm 2 động tác chính là gập tay và thả nghỉ vài giây, thì hệ số khuếch đại của khối khuếch đại vi sai được thiết lập ở giá trị bằng khoảng 101 cho kết quả tối ưu nhất: tín hiệu điện cơ sau khi được khuếch đại không bị rơi vào vùng bão hòa tức là tín hiệu điện cơ sau khi được khuếch đại không bị làm méo.

Tần số hoạt động của tín hiệu điện cơ hữu ích nằm trong dải từ 30Hz đến 500Hz. Do vậy, chức năng của hai khối bộ lọc thông cao 33 và thông thấp 34 là loại bỏ các tín hiệu nằm ngoài dải tần số hữu ích [30Hz, 500Hz]. Khối bộ lọc thông cao 33 có vai trò lọc lấy tín hiệu hữu ích có tần số lớn hơn hoặc bằng 30Hz và lọc bỏ các tín hiệu thuộc dải tần nhỏ hơn 30Hz. Sau đó, tín hiệu điện cơ tiếp tục đi qua khối bộ lọc thông thấp 34 và được nó lọc lấy các tín hiệu có dải tần số nhỏ hơn hoặc bằng 500Hz và loại bỏ các tín hiệu thuộc dải tần lớn hơn 500Hz. Như vậy nhờ hai khối bộ lọc gồm khối bộ lọc thông cao 33 và khối bộ lọc thông thấp 34, tín hiệu điện cơ hữu ích thu được nằm trong dải tần từ 30 Hz đến 500Hz.

Khối bộ lọc thông cao 33

Khối bộ lọc thông cao 33 được thiết kế để giảm thiểu tạp âm tần số thấp bất kỳ còn lại, như nhiễu chuyển động cũng như độ lệch DC (DC offset) tiềm năng bất kỳ từ khối khuếch đại vi sai 32. Cụ thể hơn, khối bộ lọc thông cao 33 của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự có chức năng triệt tiêu hay giảm thiểu các tín hiệu giả (artifact) có tần số thấp gây ra không chỉ bởi sự dịch chuyển của các điện cực đo trong quá trình đo mà còn do sự chuyển động của cơ xương gây ra trong quá trình cơ hoạt động. Ngoài ra, một khối bộ lọc thông cao 33 còn có vai trò làm triệt tiêu các mức điện áp DC không mong muốn (DC offset) được sinh ra bởi sự bất đối xứng của linh kiện trong quá trình sản xuất trong mạch khối khuếch đại vi sai và mạch lọc thông thấp thông thường được mắc ngay sau tầng khuếch đại. Cấu trúc của một bộ lọc thông cao truyền thống để giải quyết các vấn đề liên quan đến DC offset là mắc nối tiếp một tụ lọc ở đầu vào của khối khuếch đại và một tụ lọc ở đầu ra của nó trước khi mắc vào một khối chức năng

khác ở tầng sau. Việc sử dụng nhiều tụ trong một hệ thống sẽ dẫn đến sự tăng lên của các cực (poles) trong hàm truyền. Điều đó dẫn đến tính ổn định của toàn mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 bị giảm và đồng thời cũng làm tăng chi phí linh kiện cho việc sử dụng nhiều tụ điện.

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, như được thể hiện trên Hình 9, cấu trúc hồi tiếp servo (servo feedback) được áp dụng cho thiết kế khối bộ lọc thông cao 33. Cấu trúc hồi tiếp servo được cấu hình gồm một mạch tích phân có tín hiệu vào là tín hiệu ra của khối khuếch đại vi sai 32, sau đó tín hiệu ra của chính mạch tích phân này lại được mắc vào chân REF của khối khuếch đại vi sai 32, chân REF này được cấu hình để có được một vòng kín hồi tiếp âm (negative feedback loop). Mạch tích phân bao gồm một mạch khuếch đại thuật toán 331, một tụ điện C1 và một điện trở R1. Tụ điện C1 được mắc hồi tiếp âm đối với mạch khuếch đại thuật toán 331, tức là mắc giữa đầu ra và đầu vào đảo (có ký hiệu âm -) của mạch khuếch đại thuật toán 331. Điện trở R1 được mắc giữa đầu ra của khối khuếch đại vi sai 32 và đầu vào đảo của mạch khuếch đại thuật toán 331. Tần số cắt f_c của khối bộ lọc thông cao 33 được thiết lập bởi giá trị của điện trở R1 và tụ điện C1 theo phương trình sau: $f_c = 1/2\pi R1C1$. Theo một phương án thiết kế để làm ví dụ, để đạt tần số cắt f_c ở khoảng 30Hz, giá trị của tụ điện C1 có thể cố định ở giá trị 0,47uF, từ công thức trên có thể suy ra điện trở R1 có giá trị khoảng 11k Ω .

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, tín hiệu thu được từ điện cực thu thứ ba REF1 được mắc vào đầu vào không đảo có ký hiệu dương (+) của mạch khuếch đại thuật toán 331 của khối bộ lọc thông cao 33. Với cách mắc này, khối bộ lọc thông cao 33 có thể triệt tiêu các nhiễu chuyển động (motion artifact) hay nhiễu tín hiệu giả (artifact) có tần số thấp gây ra lẫn lộn bởi sự dịch chuyển của các điện cực đo hay bởi sự chuyển động của cơ xương trong quá trình cơ hoạt động.

Khối bộ lọc thông thấp 34

Khối bộ lọc thông thấp 34 được cấu hình để hoạt động như một bộ lọc khử răng cưa (Anti-Aliasing Filter). Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, trong đó khối bộ lọc thông thấp 34 là khối bộ lọc thông thấp bậc một (first-order low pass filter) truyền thống có tần số cắt ở 500 Hz gồm một mạch khuếch đại thuật toán 341, ba điện trở có tên lần lượt là R2, R3, R4 và một tụ điện C2. Việc thiết lập tần số cắt của khối bộ lọc thông thấp 34 phụ thuộc vào giá trị của điện trở R2 và tụ điện C2 như được biểu diễn ở quan hệ trong phương trình sau: $f_c = 1/2\pi R2C2$. Việc thiết lập hệ số khuếch đại G của khối bộ lọc thông thấp 34 được xác định bởi giá trị của hai điện trở R2, R3 được biểu diễn ở phương trình sau $G = R2/R3$. Khối bộ lọc thông thấp 34 được mắc ở tầng cuối của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 nên mức điện áp của tín hiệu vào của khối bộ lọc thông thấp 34 đã được khuếch đại lên nhiều lần và có mức điện áp cao hơn so với tín hiệu điện cơ gốc ở đầu vào của khối bộ đệm đầu vào 31. Để đảm bảo dòng điện đầu vào của mạch khuếch đại thuật toán 341 không vượt quá giá trị định mức cho phép, ví dụ là 10mA, điện trở R4 được mắc thêm vào giữa đầu ra của khối khuếch đại vi sai 32 và cực dương của mạch khuếch đại thuật toán 341. Giá trị của điện trở R3 phải được chọn trong khoảng từ 5k đến 10k.

Theo một phương án thực hiện, trong đó khối bộ đệm đầu vào 31, khối khuếch đại vi sai 32, khối bộ lọc thông cao 33 và khối bộ lọc thông thấp 34 của khối mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 nêu trên được cấu hình để hoạt động với nguồn điện áp thích hợp yêu cầu, ví dụ 3,3V.

Hệ điện cực thu MID1, END1, REF1

Theo một phương án, như được thể hiện trên Hình 10(a)-10(b), trong đó mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 còn bao gồm hệ điện cực thu gồm điện cực thu thứ nhất MID1, điện cực thu thứ hai END1 và điện cực thu thứ ba REF1, các điện cực này có hình dạng nút bấm cái, được tạo kết cấu để lắp khớp và kết nối điện với điện cực đo thứ nhất MID, điện cực đo thứ hai END và điện cực đo thứ ba REF có dạng nút bấm đực tương ứng của hệ điện cực 10 (xem thêm các Hình 1-2, 5-6).

Mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40

Tín hiệu điện cơ sau khi được thu bởi hệ điện cực đo 10 thì đi vào mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 để được lọc, khuếch đại và cho ra một tín hiệu điện cơ sạch trong dải tần số hữu ích từ 30Hz đến 500Hz ở đầu ra của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30. Tín hiệu điện cơ sạch này tiếp tục đi vào mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 có mức năng lượng tiêu thụ cực thấp phù hợp cho các hệ thống điện tử đo đặc thông số sinh lý học có thể đeo trên người (wearable electronics devices).

Theo một phương án thực hiện, như được thể hiện trên Hình 8, trong đó mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 là một hệ thống trên một chip (System-on-Chip) bao gồm:

bộ chuyển đổi tương tự - số 41 được cấu hình để lấy mẫu tín hiệu điện cơ dạng tín hiệu tương tự lấy từ đầu ra của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30, số hóa tín hiệu này để tạo ra tín hiệu điện cơ dưới dạng số hóa,

bộ vi xử lý 42 kết nối với bộ chuyển đổi tương tự - số 41, để có thể xử lý tín hiệu điện cơ dạng số hóa và đóng gói tín hiệu đó rồi gửi đến bộ thu phát tín hiệu không dây 43, và

bộ thu phát tín hiệu không dây 43 có vai trò truyền dữ liệu đã số hóa tới thiết bị điện tử di động.

Theo một phương án thực hiện, trong đó bộ chuyển đổi tương tự - số 41 là bộ chuyển đổi 12 bit và được cấu hình để lấy mẫu ở tần số 1000Hz nhằm đảm bảo định luật Nyquist được tuân thủ.

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, trong đó bộ vi xử lý 42 là bộ xử lý theo kiến trúc Reduced Instruction Set Computer (RISC), tốt hơn là sử dụng bộ xử lý ARM Cortex M4 với số bit xử lý là 32bit.

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, trong đó bộ thu phát tín hiệu không dây 43 là bộ thu phát năng lượng thấp Bluetooth, tốt hơn là NRF 52832.

Theo một phương án thực hiện để làm ví dụ, bộ thu phát tín hiệu không dây 43 là bộ thu phát tín hiệu Wifi.

Với những đặc điểm nêu trên, mạch điện tử xử lý tín hiệu được thiết kế tích hợp gồm các mạch lọc, mạch khuếch đại cho phép tùy chỉnh hệ số khuếch đại, và hệ thống thu phát tín hiệu không dây kết hợp chip vi xử lý cho phép tín hiệu điện cơ được gửi trực tiếp đến thiết bị điện tử di động của người dùng qua giao tiếp không dây.

Bộ nhớ ngoài tháo lắp được 60

Theo một phương án thực hiện, như được thể hiện trên Hình 8, trong đó hệ thống đo đạc và phân tích tín hiệu điện cơ theo giải pháp hữu ích còn bao gồm bộ nhớ ngoài tháo lắp được 60. Trong trường hợp không có kết nối không dây, tín hiệu điện cơ dạng số hóa có thể được lưu trữ vào bộ nhớ ngoài tháo lắp được 60. Bộ nhớ ngoài tháo lắp được là loại bộ nhớ lưu trữ được dữ liệu số có dung lượng lớn, ví dụ thẻ SD, có thể mua dễ dàng ngoài thị trường, với khả năng lưu trữ được ít nhất 120 phút dữ liệu tín hiệu điện cơ số với tần số lấy mẫu 1000Hz và số bit lấy mẫu là 12 như đã mô tả. Bộ nhớ ngoài tháo lắp được 60 được kết nối với mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40, ví dụ thông qua hệ thống đường dây điện với một chuẩn giao tiếp nối tiếp phù hợp như SPI, SDIO.

Phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động 50

Theo một phương án thực hiện, như được thể hiện trên Hình 11, trong đó hệ thống đo đạc và phân tích tín hiệu điện cơ theo giải pháp hữu ích còn bao gồm phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động 50 (dưới đây, phần mềm ứng dụng này còn được gọi là “app”). Phần mềm ứng dụng này được phát triển để có thể cài đặt trên các thiết bị điện tử di động 50 sử dụng hệ điều hành như Android, Microsoft, iOS hoặc hệ điều hành khác. Theo một số phương án thực hiện nhất định, thiết bị điện tử di động theo giải pháp hữu ích có thể là máy tính xách tay, điện thoại thông minh, đồng hồ thông minh hoặc các thiết bị

điện tử tương tự. Tốt hơn là thiết bị điện tử di động theo giải pháp hữu ích là thiết bị điện tử thông minh.

Theo một phương án thực hiện, trong đó phần mềm ứng dụng này được cấu hình để thực hiện các chức năng:

thu thập, tính toán thông tin cơ bản của tín hiệu điện cơ và loại bỏ các phần tín hiệu không phải là tín hiệu điện cơ, tương tác với mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 để điều khiển hoạt động của hệ thống.

Theo một phương án thực hiện, trong đó phần mềm ứng dụng này còn bao gồm các chức năng:

cho phép điều khiển và bật tắt việc thu tín hiệu điện cơ được truyền bởi mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40;

hiển thị kết quả đo đạc theo thời gian thực;

thực hiện phân tích đánh giá tín hiệu điện cơ của người dùng;

hiển thị kết quả phân tích đánh giá tín hiệu điện cơ thu được; và

lưu trữ các kết quả đo và phân tích trên máy chủ sử dụng công nghệ điện toán đám mây.

Một trong số các điểm đặc trưng của phần mềm ứng dụng của hệ thống theo giải pháp hữu ích đó là:

Phần mềm ứng dụng được tích hợp thuật toán triệt tiêu nhiễu (lọc nhiễu) điện lưới 50Hz/60Hz bằng phương pháp áp dụng bộ lọc cấm dải (band-stop filter hay notch filter) xử lý trên tín hiệu số thu được từ bộ thu phát tín hiệu không dây 43, để phát hiện các tín hiệu tạp âm hay nhiễu chuyển động (motion artifact) không phải tín hiệu điện cơ. Theo đó, phần mềm ứng dụng theo giải pháp hữu ích còn có chức năng phát hiện các tín hiệu tạp âm hay nhiễu chuyển động (motion artifact) không phải tín hiệu điện cơ.

Phần mềm ứng dụng được tích hợp các thuật toán phân tích tín hiệu và trích xuất thông tin đặc trưng của tín hiệu điện cơ thu được từ bộ thu phát tín hiệu không dây 43 thông qua đánh giá tín hiệu trên miền thời gian về biên độ tín

hiệu điện cơ, mức tạp âm và nhiễu thể hiện trên đường cơ sở (baseline), áp dụng phép toán chuyển đổi Fourier nhanh (FFT) để có thể đánh giá tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR), hệ số tương quan giữa tín hiệu điện cơ hữu ích khi cơ hoạt động và khi cơ nghỉ (correlation), tần số đỉnh, phổ cường độ thu được, và độ trễ cơ sau một thời gian cơ hoạt động một cách trực quan. Khi phát hiện vấn đề sức khỏe xấu, hệ thống có thể gửi tín hiệu báo động đến các bác sĩ được chỉ định qua tin nhắn ngắn (Short message, SMS) hoặc công nghệ dựa trên Internet Protocol (IP).

Phần mềm ứng dụng trực quan hóa dữ liệu trên màn hình thiết bị điện tử di động bằng cách khôi phục lại dạng tín hiệu điện cơ ở dạng tín hiệu tương tự và vẽ lên trục thời gian thực, biểu diễn các kết quả phân tích và trích xuất đặc trưng của tín hiệu điện cơ bằng đồ thị.

Các khối thành phần của phần mềm ứng dụng được thể hiện ở phía trên Hình 11, ngôn ngữ để hiển thị minh họa trong trường hợp này là tiếng Anh, tuy nhiên giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở đó, ngôn ngữ tiếng Việt hoặc ngôn ngữ khác cũng có thể được sử dụng và chuyển đổi qua lại giữa chúng.

Theo một phương án thực hiện, trong đó phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động 50 còn được phát triển để thực hiện theo một quy trình logic cho người lần đầu sử dụng có thể dễ dàng truy cập, các bước của quy trình này được thực hiện tuần tự như sau:

Người dùng mở ứng dụng (app), màn hình chính (Main Activity) sẽ hiển thị. Lúc này, nếu là lần đầu dùng app và app chưa được cấp quyền truy cập Bluetooth và bộ nhớ trong, app sẽ yêu cầu người dùng cấp quyền truy cập Bluetooth và bộ nhớ trong.

Nếu là người dùng mới, hoặc sử dụng loại cảm biến (sensor) mới để theo dõi tín hiệu điện cơ, người dùng cần vào Menu để tạo tài khoản người dùng hoặc sensor mới.

Ở Menu, chọn Add User để tạo tài khoản người dùng mới, sau đó điền đầy

đủ thông tin người dùng, mỗi người dùng được cung cấp một số định danh (ID user) riêng và là duy nhất, sau đó trở về màn hình chính ở bước 1; hoặc

chọn Add Sensor ở Menu để tạo loại Sensor mới được sử dụng, điền đầy đủ thông tin Sensor. Mỗi sensor được cung cấp một ID sensor riêng và là duy nhất, sau đó trở về màn hình chính ở bước 1.

Ở màn hình chính, nhấn nút Connect để tìm kiếm thiết bị Bluetooth (BLE) trên mạch điện tử đo tín hiệu điện cơ. Nếu kết nối thất bại, app không nhận được dữ liệu.

Khi kết nối thành công, tín hiệu theo thời gian thực (real-time) nhận được sẽ được vẽ trên đồ thị ở màn hình chính, người dùng có thể vừa tập luyện vừa đồng thời quan sát tín hiệu điện cơ thu được.

Thông tin các tài khoản người dùng và sensor đã tạo đều được lưu vào một cơ sở dữ liệu, tốt nhất là SQLite Database.

Khi đã thực hiện đo tín hiệu điện cơ xong, người dùng muốn lưu lại dữ liệu vừa ghi, nhấn nút Save trên màn hình chính, cửa sổ điền thông tin lưu sẽ hiện ra. Người dùng chọn ID user và ID sensor được lưu trong Database tương ứng với người đo và sensor dùng để đo tín hiệu điện cơ để thông tin sẽ được lưu kèm với tệp (file) dữ liệu tín hiệu.

File dữ liệu được lưu vào bộ nhớ trong của thiết bị điện tử di động.

Để xem dữ liệu đã lưu, người dùng vào menu, chọn mục Saved Data, thư mục (folder) lưu tín hiệu sẽ hiện ra, lựa chọn tên file muốn xem, tín hiệu đã ghi sẽ được hiển thị lại theo miền thời gian và được biến đổi FFT sang miền tần số. Các thông tin khác về tín hiệu như biên độ nhỏ nhất, lớn nhất, tần số trung bình và tần số trung vị của tín hiệu điện cơ cũng được tính toán và hiển thị.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Hình 12 minh họa một ví dụ về giải pháp kết nối và hình dạng của hệ thống đo đặc và phân tích tín hiệu điện cơ bao gồm hệ điện cực thu MID1, END1, REF1, mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30, mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 và bộ nhớ ngoài tháo lắp được 60, như một phương án thực hiện của hệ thống

theo giải pháp hữu ích. Mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 được tích hợp với mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 trên một bảng mạch có hình dạng của thiết bị đồng hồ tròn. Các thông số kỹ thuật của hệ thống đo đặc và phân tích tín hiệu điện cơ được thiết kế chi tiết như sau:

Hệ điện cực đo 10 sử dụng:

cảm biến điện cơ 11 loại graphen in trên vải dệt được cung cấp bởi công ty Bonbouton với các loại vải dệt polyeste hoặc nylon;

chi tiết dẫn điện 13 có hình dạng nút bấm được làm từ thép không gỉ và có thể mua được dễ dàng ngoài thị trường;

lớp keo dán epoxy bạc dẫn điện 12 loại 8331S từ hãng MG Chemicals được bố trí để liên kết cảm biến điện cơ 11 với chi tiết dẫn điện 13; và

dây dẫn của ba điện cực thu thứ nhất, thứ hai và thứ ba MID1, END1, REF1 được bố trí đủ dài để các điện cực có thể đặt tại những vị trí nhất định trên da của người đeo để tạo thành một mạch thu nhận tín hiệu điện cơ.

Thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20 là đai quần y tế đã có sẵn trên thị trường hoặc đai quần của người chơi thể thao được làm từ vải co giãn; vải co giãn của đai quần được tạo các lỗ để các chi tiết dẫn điện 13 có hình dạng nút bấm được của các điện cực đo 10 có thể lắp xuyên qua.

Mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30 bao gồm các khối được kết nối tuần tự theo đường dẫn tín hiệu như sau:

Khối bộ đệm đầu vào 31 bao gồm hai khối bộ đệm con 311 có cấu trúc giống hệt nhau được mắc lần lượt giữa điện cực thu thứ nhất MID1, điện cực thu thứ hai END1 và hai đầu vào của khối khuếch đại vi sai 32. Khối bộ đệm con 311 sử dụng mạch tích hợp khuếch đại thuật toán OPA330 được mắc hồi tiếp âm bằng phương pháp nối một dây dẫn điện từ đầu ra và đầu vào không đảo (có ký hiệu dấu trừ ở đầu vào) của mạch tích hợp khuếch đại thuật toán. Với cấu trúc này, bộ khuếch đại đệm có độ lợi bằng 1 (unity-gain buffer).

Khối khuếch đại vi sai 32 được cấu hình bao gồm một khối khuếch đại dụng cụ 321 sử dụng IC INA333, đã được tích hợp sẵn mạch vòng kín hồi tiếp âm, và một điện trở ký hiệu R_G có giá trị bằng $1k\Omega$ cho độ lợi của khối khuếch đại vi sai 32 được thiết lập bằng 101.

Khối bộ lọc thông cao 33 áp dụng cấu trúc hồi tiếp servo bao gồm khối khuếch đại thuật toán 331 sử dụng OPA330, tụ điện C1 có giá trị $0,47\mu F$ mắc hồi tiếp âm đối với khối khuếch đại thuật toán 331, và điện trở R1 có giá trị $11k\Omega$ mắc giữa đầu ra của khối khuếch đại vi sai 32 và đầu vào đảo của khối khuếch đại thuật toán 331.

Khối bộ lọc thông thấp 34 bao gồm khối khuếch đại thuật toán 341 sử dụng OPA330, điện trở R2 có giá trị là $10k\Omega$, điện trở R3 có giá trị là $5k\Omega$, và tụ điện C2 có giá trị là $31nF$.

R4 được mắc vào giữa đầu ra của khối khuếch đại vi sai 32 và cực dương của mạch khuếch đại thuật toán 341 và có giá trị là $5k\Omega$.

Mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 là một hệ thống trên một chip (System-on-Chip) sử dụng chip NRF 52832 bao gồm ít nhất:

một bộ chuyển đổi tương tự số 41 với khả năng chuyển đổi giá trị tín hiệu tương tự sang giá trị số 12 bit và tín hiệu tương tự được lấy mẫu ở tần số ít nhất là 1000Hz;

một bộ vi xử lý 42 kết nối với bộ chuyển đổi tương tự số 41 với kiến trúc Reduced Instruction Set Computer (RISC), tốt hơn là ARM Cortex M4 với tần số xử lý 64MHz, các thanh ghi đa năng là 32bit, bộ vi xử lý này có bộ nhớ trong RAM 64KB, bộ nhớ dữ liệu 512 KB; và

bộ thu phát tín hiệu không dây 42 sử dụng công nghệ thu phát năng lượng thấp Bluetooth (Bluetooth Low Energy - BLE) NRF 52832 hoạt động ở vùng tần số 2GHz và tốc độ truyền số liệu ít nhất là 1Mbps, công suất phát là 4 dBm.

Bộ nhớ ngoài tháo lắp được 60 là loại thẻ nhớ SD có dung lượng lớn ít nhất 8GB, có thể mua dễ dàng ngoài thị trường. Bộ nhớ ngoài tháo lắp được 60

được kết nối với mô-đun thu phát tín hiệu không dây 40 thông qua hệ thống đường dây điện với một chuẩn giao tiếp SPI hoặc SDIO.

Hiệu quả đạt được bởi giải pháp hữu ích

Bằng việc sử dụng hệ điện cực đo 10 cùng với thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20 và mạch thu xử lý tín hiệu tương tự 30, hệ thống theo giải pháp hữu ích được tối ưu hóa để đo tín hiệu điện cơ (EMG) trong nhiều hoàn cảnh đo khác nhau.

Bằng việc sử dụng thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20, hệ thống theo giải pháp hữu ích có tính di động cao, theo đó người đeo có thể vừa di chuyển vừa được đo EMG.

Bằng việc sử dụng cảm biến điện cơ 11 được làm từ vật liệu graphen phủ lên vật liệu dệt và thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20, cảm biến theo giải pháp hữu ích có thể ôm sát vào da, nên tốt hơn cảm biến kim loại về mặt thu nhận tín hiệu và không gây cộm, khó chịu cho người dùng.

Bằng việc sử dụng cảm biến điện cơ 11 được làm từ graphen, tín hiệu thu được từ cảm biến này là tương đương với tín hiệu của cảm biến Ag/AgCl, hơn nữa tuổi thọ của cảm biến tăng lên nhiều lần. Cảm biến vải dùng vật liệu graphen có thể được dùng đi dùng lại vài trăm lần và khác với cảm biến ướt Ag/AgCl phổ thông trên thị trường chỉ dùng được một lần, theo đó đáp ứng các trường hợp cần sự theo dõi trong thời gian dài.

Bằng việc sử dụng cảm biến điện cơ 11 được làm từ graphen, hệ thống theo giải pháp hữu ích cũng thân thiện với môi trường hơn so với cảm biến kim loại và cảm biến ướt Ag/AgCl.

Bằng việc sử dụng các điện cực đo gồm chi tiết dẫn điện có hình dạng nút bấm được có thể lắp khớp với các điện cực thu tương ứng, việc thay thế điện cực trở nên dễ dàng.

Bằng việc thiết kế cấu trúc tách rời hệ điện cực thu (MID1, END1, REF1) và vị trí đặt hệ điện cực (MID, END, REF), việc thay thế vị trí điện cực tùy theo vị trí đo trở nên dễ dàng.

Bằng việc sử dụng thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da 20, vị trí đo được xác định trước theo ứng dụng đo bắp tay, bắp chân, lưng dưới, v.v., người sử dụng không cần thời gian căn chỉnh khi đeo.

Bằng việc sử dụng mạch thu xử lý tín hiệu điện cơ với các tham số được tối ưu hóa, ứng dụng đo EMG sử dụng cảm biến graphen được tối ưu hóa để thu nhận được tín hiệu có chất lượng tốt nhất.

Bằng việc áp dụng thuật toán lọc nhiễu để phát hiện các tín hiệu tạp âm hay nhiễu chuyển động (motion artifact) không phải tín hiệu điện cơ, có thể nâng cao chất lượng tín hiệu thu được.

Bằng việc áp dụng công thức tính toán độ mỏi cơ ở phần mềm ứng dụng được phát triển để cài đặt cho thiết bị điện tử di động, người sử dụng có thể biết được tình trạng mệt mỏi của mình một cách trực quan.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống đo đặc và phân tích tín hiệu điện cơ bao gồm:

hệ điện cực đo (10) gồm điện cực đo thứ nhất (MID), điện cực đo thứ hai (END) và điện cực đo thứ ba (REF), mỗi điện cực đo này có cấu tạo gồm:

cảm biến điện cơ (11) được làm từ vật liệu graphene phủ lên vật liệu dẹt, chi tiết dẫn điện (13) có hình dạng nút bấm được làm từ vật liệu dẫn điện, và

lớp keo dán epoxy dẫn điện (12) được bố trí để liên kết cảm biến điện cơ (11) với chi tiết dẫn điện (13),

trong đó ba điện cực đo thứ nhất, thứ hai và thứ ba được bố trí tại những vị trí nhất định trên da của người đeo để tạo thành một mạch thu nhận tín hiệu điện cơ,

trong đó hai điện cực đo thứ nhất (MID) và thứ hai (END) thu tín hiệu điện cơ từ vị trí đo tương ứng trên bề mặt da, tạo thành tín hiệu vi sai do sự khác biệt giữa tín hiệu từ điện cực đo thứ nhất (MID) và điện cực đo thứ hai (END), và

trong đó điện cực đo thứ ba (REF) được sử dụng để giảm các tạp âm và nhiễu sinh ra bởi tín hiệu giả (artifact) hay nhiễu chuyển động (motion artifact);

mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30) được cấu hình để nhận tín hiệu vi sai được thu bởi các điện cực đo thứ nhất (MID) và thứ hai (END), khuếch đại và lọc lấy tín hiệu điện cơ hữu ích có dải tần nằm trong khoảng từ 30Hz đến 500Hz; trong đó mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30) chỉ bao gồm các khối được kết nối tuần tự theo đường dẫn tín hiệu như sau:

khối bộ đệm đầu vào (31) được nối với hai điện cực đo thứ nhất (MID) và thứ hai (END) và được sử dụng để giảm tạp âm có thể xâm nhập vào hệ thống,

khối khuếch đại vi sai (32) được sử dụng để khuếch đại tín hiệu từ khối bộ đệm đầu vào (31) và đồng thời giảm tạp âm và nhiễu đồng pha (common-mode),

khối bộ lọc thông cao (33) để giảm thiểu tạp âm tần số thấp bất kỳ còn lại, như nhiễu chuyển động cũng như độ lệch DC (DC offset) tiềm năng bất kỳ từ khối khuếch đại vi sai (32), và

khối bộ lọc thông thấp (34) được cấu hình để hoạt động như một bộ lọc khử răng cưa (anti-aliasing filter);

mô-đun thu phát tín hiệu không dây (40) được cấu hình để lấy mẫu tín hiệu điện cơ dạng tín hiệu tương tự ở đầu ra của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30), số hóa tín hiệu điện cơ, đóng gói và truyền dữ liệu đã số hóa tới thiết bị điện tử di động thông qua giao tiếp không dây; và

phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị điện tử di động (50), phần mềm này được cấu hình để thực hiện các chức năng: thu thập, tính toán thông tin cơ bản của tín hiệu điện cơ và loại bỏ các phần tín hiệu không phải là tín hiệu điện cơ, tương tác với mô-đun thu phát tín hiệu không dây (40) để điều khiển hoạt động của hệ thống.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị hỗ trợ cảm biến tiếp xúc với da (20) sử dụng vải co giãn.

3. Hệ thống theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ nhớ ngoài tháo lắp được (60) được kết nối với mô-đun thu phát tín hiệu không dây (40).

4. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30) còn bao gồm hệ điện cực thu gồm điện cực dạng nút bấm cái thứ nhất (MID1), điện cực dạng nút bấm cái thứ hai (END1) và điện cực dạng nút bấm cái thứ ba (REF1), các điện cực này được tạo kết cấu để lắp khớp và kết nối điện với điện cực đo thứ nhất (MID), điện cực đo thứ hai (END)

và điện cực đo thứ ba (REF) dạng nút bấm đực tương ứng của hệ điện cực đo (10).

5. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó khối bộ đệm đầu vào (31), khối khuếch đại vi sai (32), khối bộ lọc thông cao (33), khối bộ lọc thông thấp (34) của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30) được cấu hình để hoạt động với nguồn 3,3V.

6. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó khối khuếch đại vi sai (32) được sử dụng là khối khuếch đại dụng cụ (INA) được cấu hình để có trị số độ lợi bằng 101.

7. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó khối bộ lọc thông cao (33) sử dụng cấu trúc hồi tiếp servo có tần số cắt 30 Hz.

8. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó khối bộ lọc thông thấp (34) là khối bộ lọc thông thấp bậc một (first-order low pass filter) truyền thống có tần số cắt 500 Hz.

9. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó mô-đun thu phát tín hiệu không dây (40) bao gồm:

bộ chuyển đổi tương tự - số (41) được cấu hình để lấy mẫu tín hiệu điện cơ dạng tín hiệu tương tự ở đầu ra của mạch thu xử lý tín hiệu tương tự (30), số hóa tín hiệu điện cơ; và

bộ vi xử lý (42) đóng gói và truyền dữ liệu đã số hóa tới thiết bị điện tử di động thông qua bộ thu phát tín hiệu không dây (43).

10. Hệ thống theo điểm 9, trong đó bộ chuyển đổi tương tự - số (41) là bộ chuyển đổi 12 bit và được cấu hình để lấy mẫu ở tần số 1000Hz.

11. Hệ thống theo điểm 9 hoặc 10, trong đó bộ thu phát tín hiệu không dây (43) là bộ thu phát năng lượng thấp Bluetooth, tốt hơn là NRF 52832.

12. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phần mềm ứng dụng để cài đặt trên thiết bị di động thông minh (50) còn bao gồm các chức năng:

cho phép điều khiển và bật tắt việc thu tín hiệu điện cơ được truyền bởi mô-đun thu phát tín hiệu không dây (40);

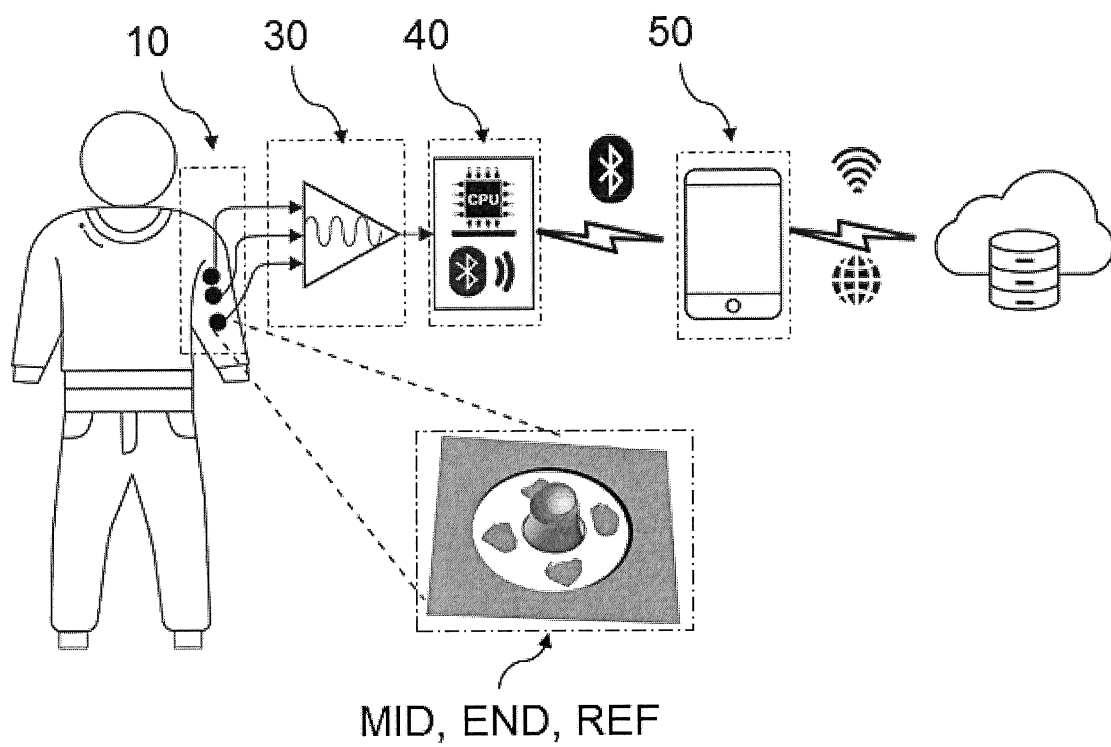
hiển thị kết quả đo đạc theo thời gian thực;

thực hiện phân tích đánh giá tín hiệu điện cơ của người dùng;

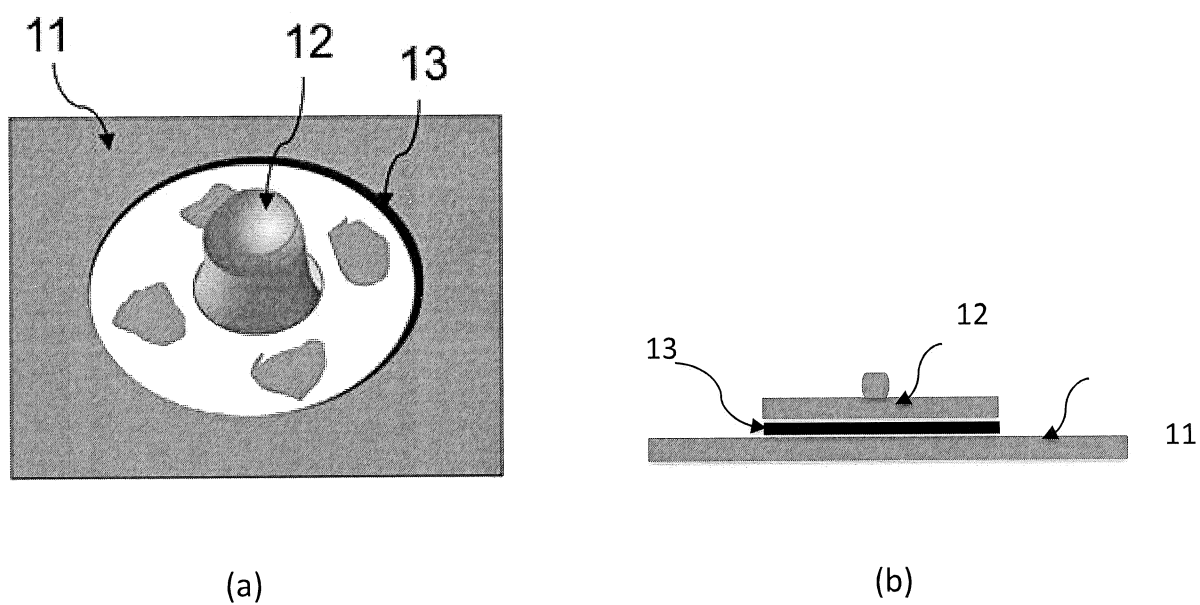
hiển thị kết quả phân tích đánh giá tín hiệu điện cơ thu được; và

lưu trữ các kết quả đo và phân tích trên máy chủ sử dụng công nghệ điện toán đám mây.

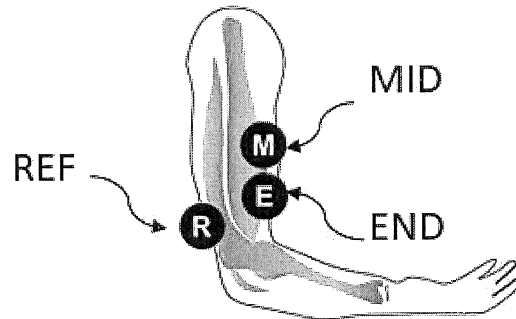
Hình 1



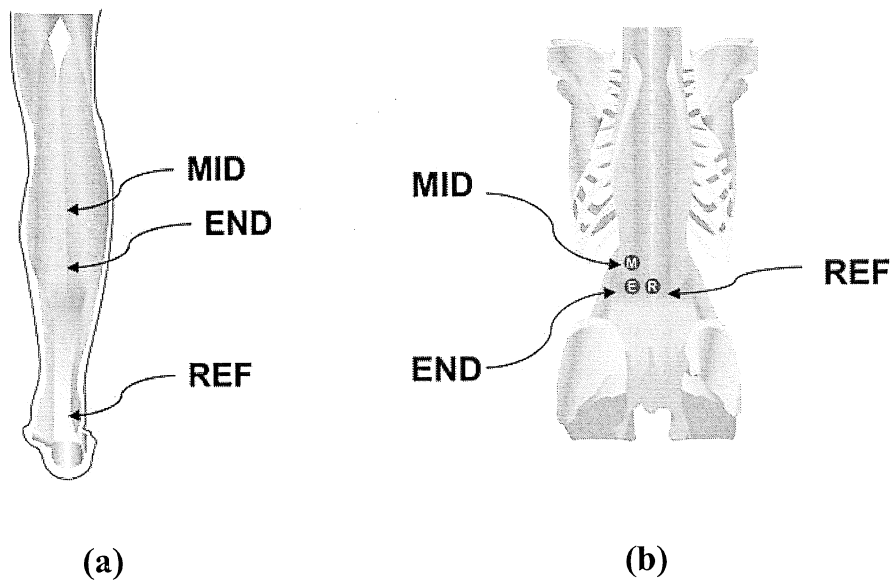
Hình 2



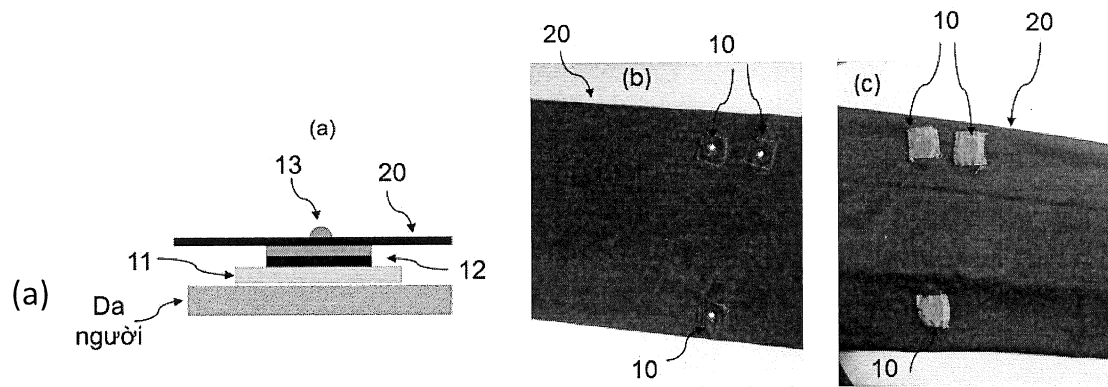
Hình 3



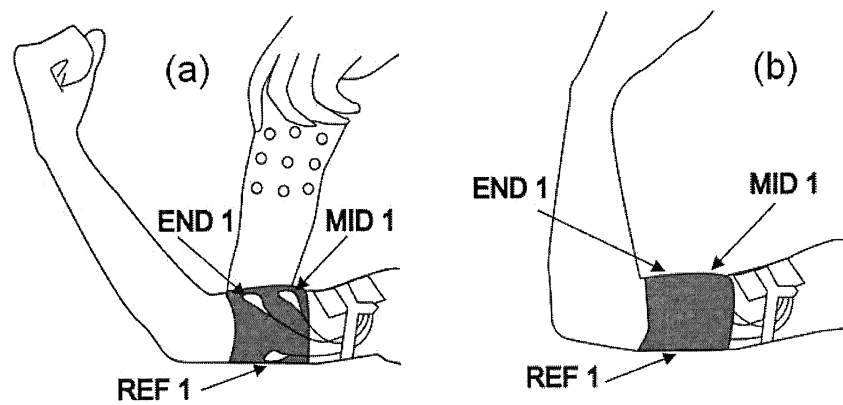
Hình 4



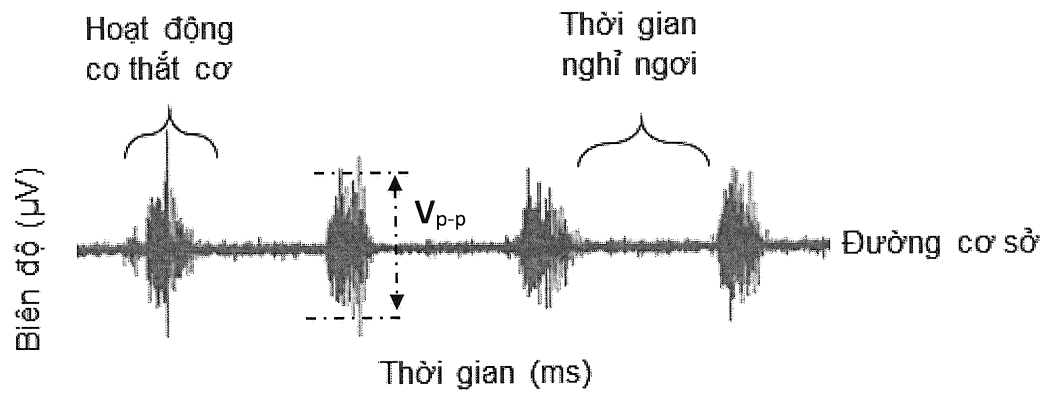
Hình 5



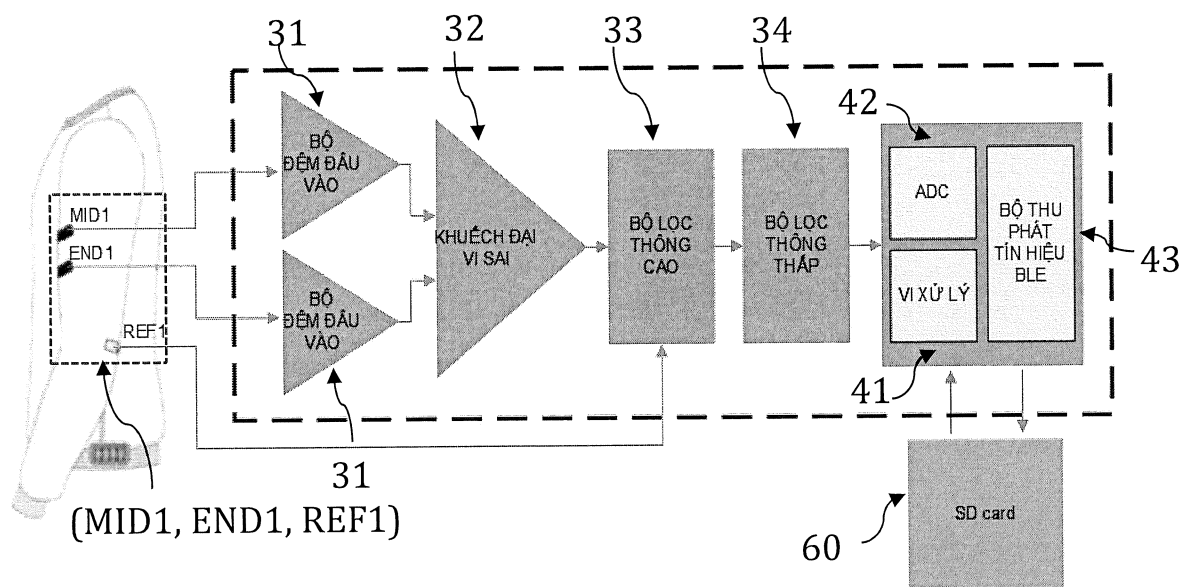
Hình 6



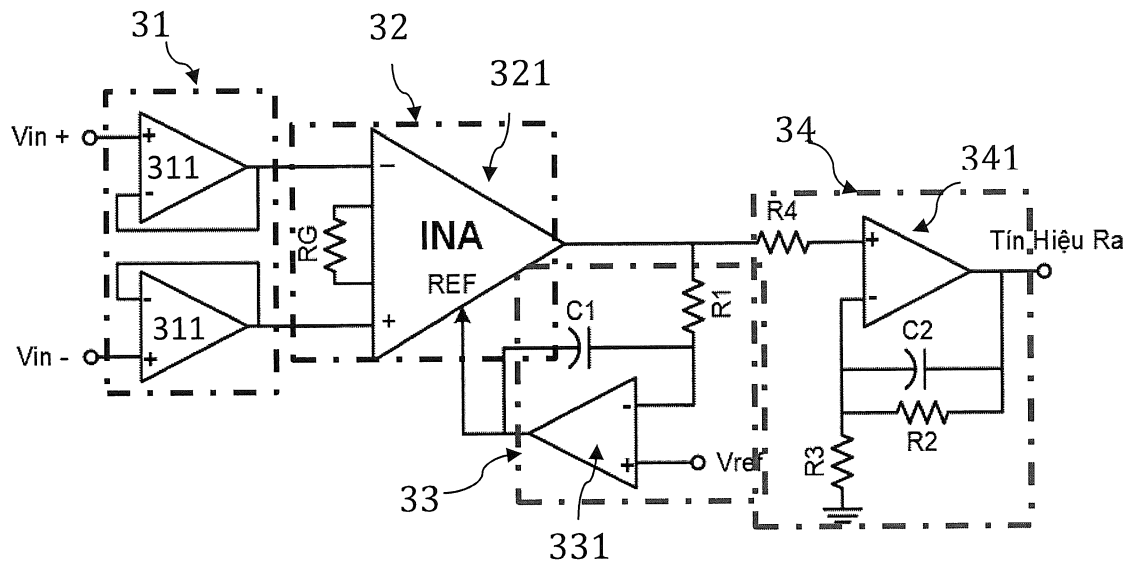
Hình 7



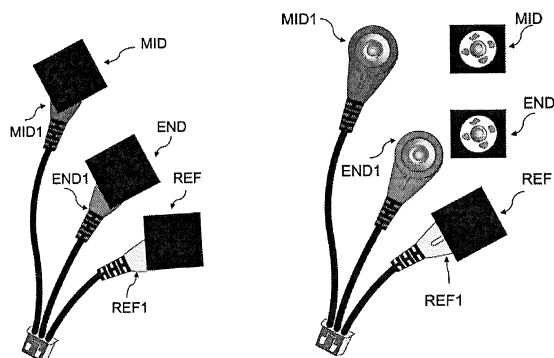
Hình 8



Hình 9

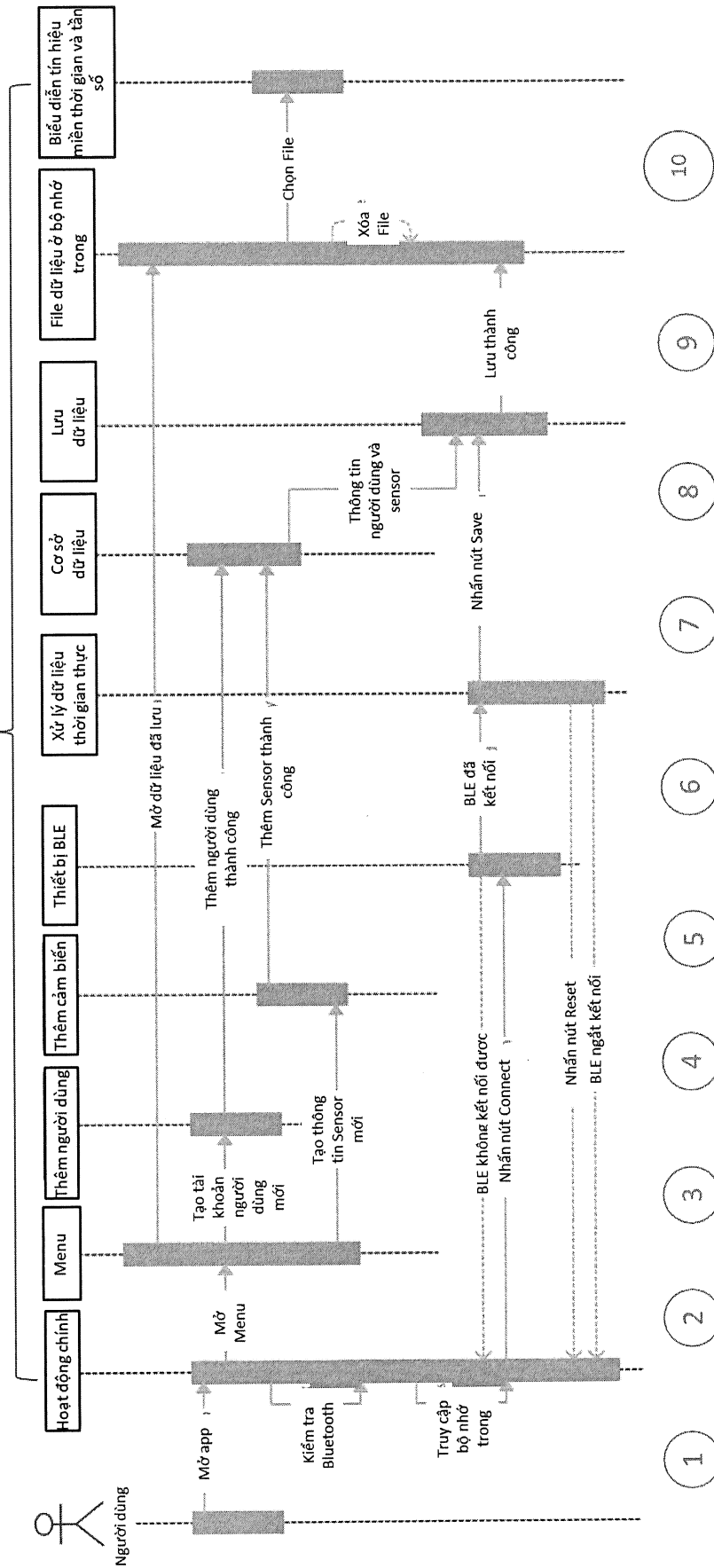


Hình 10



Hình 11

Các thành phần phần của ứng dụng



Hình 12

