

THIẾT KẾ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG ĐO VÀ GIÁM SÁT NHỊP TIM BẰNG ĐẦU ĐO CẢM BIẾN GẮN TRÊN NGÓN TAY

Đoàn Mạnh Cường*, Hoàng Văn Thực, Đỗ Văn Quyền

Trường Đại học Công nghệ thông tin và truyền thông - ĐHTT Thái Nguyên

TÓM TẮT

Đề đo nhịp tim, thay cho phương pháp cảm biến áp suất bằng một phương pháp dễ lấy được tín hiệu đồng bộ với nhịp tim mà không làm ảnh hưởng tới sự lưu thông máu tại nơi đặt cảm biến thì sẽ nâng cao độ chính xác cho phép đo. Nghiên cứu này đề xuất phương pháp đo nhịp tim bằng phương pháp không xâm lấn, có nghĩa là không tác động đến cơ thể bệnh nhân.

Bài báo giới thiệu một module xác định nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên đầu ngón tay, đồng thời hiển thị các thông số đo được về nhịp tim lên một giao diện trực quan được xây dựng trên phần mềm Processing. Phương pháp đo này sẽ không làm ảnh hưởng tới sự lưu thông của máu tại nơi đặt cảm biến. Đầu đo được thiết kế sao cho bệnh nhân không cảm thấy khó chịu khi gắn thiết bị để tiến hành đo liên tục trong một khoảng thời gian dài với giá thành chấp nhận được. Bài báo có thể là một giải pháp hữu ích cho các cá nhân, hộ gia đình, bệnh viện... trong việc chăm sóc và theo dõi bệnh nhân hoặc ứng dụng trong trường học để tìm hiểu về cơ chế hoạt động của nhịp tim, thực hành vận dụng các kiến thức đã học về điện tử y sinh trong việc thiết kế và thi công một thiết bị đo, giám sát nhịp tim đơn giản và hiệu quả.

Từ khóa: Hệ thống đo nhịp tim, Giám sát nhịp tim, Mạch giám sát nhịp tim, module đo nhịp tim, đo nhịp tim qua bước đi

GIỚI THIỆU

Bài báo sẽ giới thiệu các phương pháp đo nhịp tim phổ biến hiện nay như: sử dụng thiết bị nghe tim, phương pháp đo nhịp tim Oscillometric [1] nhằm mục đích đề xuất phương án thiết kế Module đo và giám sát các thông số về nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên đầu ngón tay, đồng thời hiển thị các thông số đo được lên một giao diện trực quan được xây dựng trên phần mềm Processing.

Ưu điểm của module này so với các phương pháp đo nhịp tim truyền thống là không làm ảnh hưởng tới việc lưu thông máu, bệnh nhân không cảm thấy khó chịu khi gắn thiết bị. Đặc biệt là chỉ số nhịp tim đo và khảo sát trên nhiều người khá chính xác. Đồng thời hiển thị các thông số đo được về nhịp tim như Beats Per Minute (BPM), Interbeat Intervals (IBI), Heart Rate Frequency (Hz), Power Spectral Density (PSD), LF vs HF (Low Frequency vs High Frequency), Phổ tần số, Phổ BPM, Phổ IBI, Beats, Hiệu năng HF, LF và dạng sóng HR lên một giao diện trực quan được xây dựng trên phần mềm Processing của máy tính.

PHƯƠNG PHÁP ĐO NHỊP TIM OSCILLOMETRIC (PHỔ BIẾN HIỆN NAY) [1]

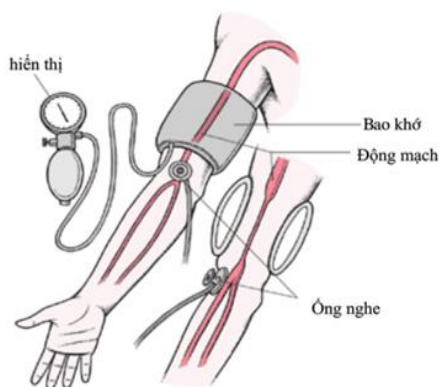
Quá trình đo được thực hiện theo trình tự: dùng một bao khí có gắn sensor đo, quấn quanh bắp tay của người cần đo (nơi có động mạch chạy qua), bắp tay nơi quấn bao khí phải được đặt ngang tim. Trước tiên bao khí được bơm căng lên để áp suất trong bao cao (thông thường bơm lên cỡ 180mmHg là đủ, đặc biệt những người già có thể phải bơm lên cỡ 200mmHg). Lúc này động mạch được bao khí chèn lại, máu không chảy được trong động mạch ở chỗ bị quấn bao khí. Tiếp theo người ta xả từ từ khí trong bao ra, lúc này áp suất trong bao khí mới bắt đầu thay đổi theo nhịp đập của tim, do đó tín hiệu điện mà sensor áp suất đưa ra cũng thay đổi đồng bộ với nhịp tim.

Chu kỳ thay đổi của tín hiệu điện này đúng bằng chu kỳ của tim [1] Phương pháp đo nhịp tim bằng cách đếm số chu kỳ này trong một khoảng thời gian nhất định. Phương pháp này tuy đơn giản nhưng độ chính xác sẽ không cao nếu đếm trong khoảng thời gian không đủ lớn.

* Tel: 0987 972375, Email: dmcuong@ictu.edu.vn



Hình 1. Thiết bị đo huyết áp và nhịp tim phổ biến



Hình 2. Nguyên tắc đo nhịp tim bằng phương pháp Ocillometric

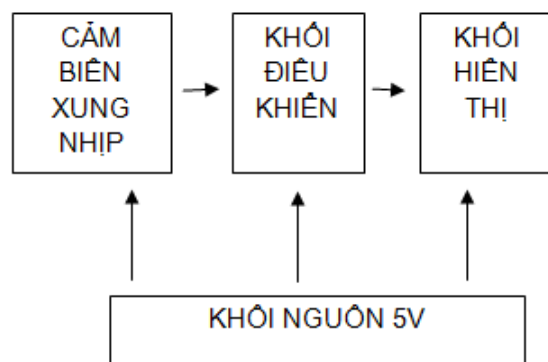
Hạn chế của phương pháp đo nhịp tim Ocillometric: Bao khí chặn nghẽn dòng máu trong động mạch nơi khuỷu tay lại nên mạch đập của tim nhận được sẽ bị sai khác so với bình thường. Sai khác này tuy nhỏ nhưng ít nhiều vẫn ảnh hưởng tới độ chính xác của kết quả đo nhịp tim.

Ngoài phương pháp đo nhịp tim thủ công này, hiện nay còn rất nhiều phương pháp đo và kiểm tra nhịp tim như: Điện tâm đồ, đo nhịp tim bằng các thiết bị điện tử, hấp thụ quang học. Bài báo sẽ đề cập đến một phương pháp đo nhịp tim bằng phương pháp không xâm lấn, có nghĩa là không tác động đến cơ thể bệnh nhân. Thiết kế một module xác định nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên đầu ngón tay, đồng thời hiển thị các thông số đo được về nhịp tim lên một giao diện trực quan được xây dựng trên phần mềm Processing của máy tính. Phương pháp đo này sẽ không làm ảnh hưởng tới sự lưu thông của máu tại nơi

đặt cảm biến. Đầu đo này được thiết kế sao cho bệnh nhân không cảm thấy khó chịu khi gắn để tiến hành đo liên tục trong một khoảng thời gian dài.[2]

SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG ĐO VÀ GIÁM SÁT NHỊP TIM

Hệ thống xác định nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên đầu ngón tay, đồng thời hiển thị các thông số đo được về nhịp tim như Beats Per Minute (BPM), Interbeat Intervals (IBI), Heart Rate Frequency (Hz), Power Spectral Density (PSD), LF vs HF (Low Frequency vs High Frequency), Phổ tần số, Phổ BPM, Phổ IBI, Beats, Hiệu năng HF, LF và dạng sóng HR lên một giao diện trực quan được xây dựng trên phần mềm Processing của máy tính.



Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống

Cảm biến nhịp tim Pulse được gắn ở đầu ngón tay. IR LED được sử dụng để chiếu sáng vào ngón tay của người sử dụng bằng ánh sáng hồng ngoại. Khi đó cường độ ánh sáng hồng ngoại phản xạ lại Photo Transistor sẽ thay đổi theo huyết áp trong các đầu ngón tay. Mỗi nhịp tim, máu sẽ đẩy ra các mao mạch ở ngón tay làm thay đổi cường độ phản xạ hồng ngoại, khiến điện áp đầu ra phía trên Photo Transistor thay đổi. Điện áp thay đổi sẽ được đưa qua một mạch lọc thông cao để lọc thành phần một chiều vào mạch với tần số cắt cao:

$$f_{cH} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \approx 0,6(Hz) \quad (1.1)$$

Sau khi được lọc thông cao, tín hiệu (theo nhịp tim) sẽ được khuếch đại lên với hệ số khuếch đại tối đa $K = 1 + \frac{Rv_1}{R_2} \approx 34$ lần

(C), sau đó được lọc thông thấp với mục đích loại bỏ tạp nhiễu ở tần số cao (do ánh sáng, rung...) với tần số cắt thấp:

$$f_{cL} = \frac{1}{2\pi R_5 C_2} \approx 15(Hz) \quad (1.2)$$

Tín hiệu cuối cùng được đưa vào so sánh với điện áp chuẩn qua mạch so sánh để chuyển đổi từ dạng điện áp tương tự sang dạng điện áp số để đưa về xử lý trong khối điều khiển. Tín hiệu cuối cùng tại đầu ra là tín hiệu mức 0 và 1, tương ứng với khi có nhịp đập thì đầu ra mức 1. Xung nhịp tim được đưa về tạo ngắt trên Arduino Uno R3, mỗi khi có ngắt, Arduino sẽ đếm thời gian giữa hai lần xung nhịp đưa về để tính số nhịp tim mỗi phút [4].



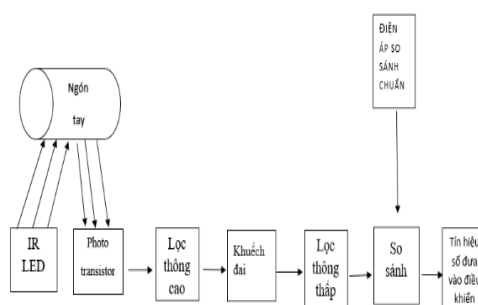
Hình 4. Cảm biến nhịp tim Pulse Sensor APDS-9008



Hình 5. Hình ảnh thực tế Kit Arduino uno

Để xác định số lần tim đập trong một phút ta đo chu kỳ của tín hiệu mạch đập. Việc đo chu kỳ của tín hiệu được thực hiện hoàn toàn bằng phần mềm. Để nâng cao độ chính xác của phép đo, phần mềm thực hiện đo chu kỳ trung

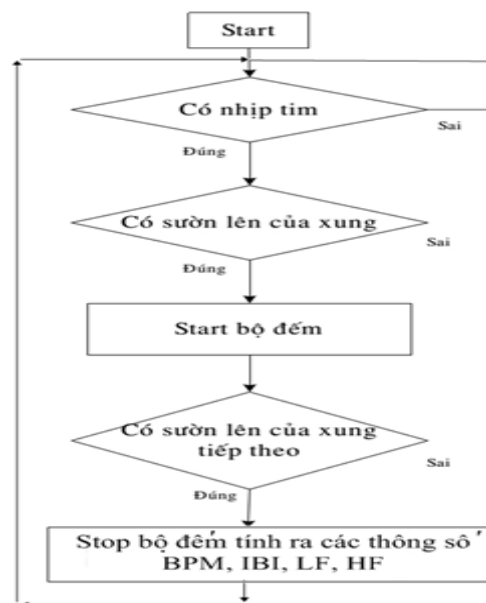
binh bằng cách tính khoảng thời gian giữa hai xung của một số cặp xung rồi chia trung bình. Ở vi điều khiển cũng có thể coi là có một bộ lọc bằng phần mềm. Bằng cách phân tích tín hiệu nhịp tim ta thấy rằng nhịp tim thông thường không nhỏ hơn 50 và không quá 200 nhịp một phút. Trên cơ sở đó, bằng phần mềm có thể loại ngay những chu kỳ đo được gây ra bởi nhiễu. Việc kết hợp lọc cả bằng phần cứng lẫn phần mềm làm tăng thêm độ chính xác của phép đo [3].



Hình 6. Sơ đồ mạch cảm biến dựa trên cảm biến xung Pulse

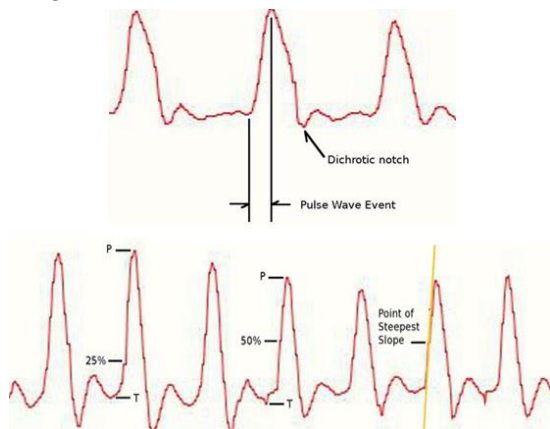
CHƯƠNG TRÌNH THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG

Trên cơ sở khảo sát lý thuyết, một giải thuật phần mềm đã được xây dựng nhằm giải quyết việc đo nhịp tim bằng phương pháp không xâm lấn, tức là đo nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên đầu ngón tay.



Hình 7. Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển

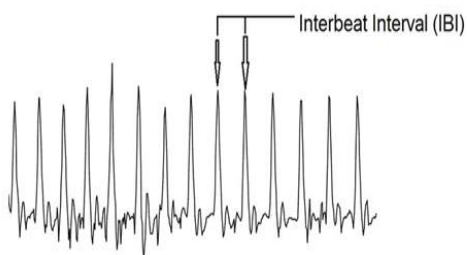
Các tín hiệu xung của nhịp tim ở đầu ra PPG là sự biến đổi của điện áp (analog) có dạng sóng như hình 8:



Hình 8. Dạng sóng của nhịp tim

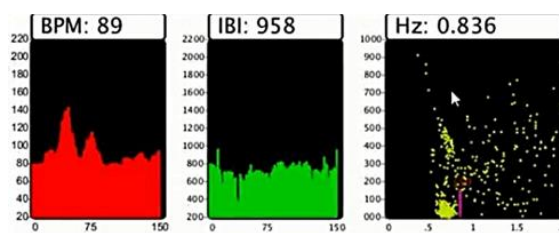
Xung từ cảm biến thay đổi tương đối trong cường độ ánh sáng. Nếu lượng ánh sáng thu được từ cảm biến vẫn không đổi, tín hiệu sẽ vẫn ở (hoặc gần) giá trị 512 (điểm giữa của dải ADC). Nếu ánh sáng nhiều hơn thì tín hiệu đi lên và ngược lại đối với ánh sáng ít. Ánh sáng từ đèn LED màu xanh lá cây được phản xạ trở lại với thay đổi trong mỗi xung.

Mục tiêu là đo khoảng thời gian giữa hai nhịp tim kế tiếp (khoảng thời gian giữa hai xung đỉnh), được gọi là Inter Beat Interval (IBI) dựa theo hình dạng và mô hình sóng PPG. Đề tài sẽ thực hiện đo IBI giữa các tín hiệu có biên độ sóng tăng lên vượt 50% tính từ thời điểm có sự thay đổi về độ lớn của xung.



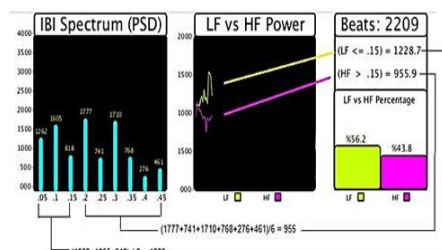
Hình 9. Xung tín hiệu điện tim thu được

Điều quan trọng để tính chính xác BPM là nghiên cứu về sự thay đổi của nhịp tim HRV và đo thời gian truyền xung PTT (Pulse Transit Time). BPM được xác định bằng cách tính trung bình của 10 giá trị IBI. Mỗi khi có 1 xung (nhịp tim) thì đèn Led nối vào chân 13 của Arduino Uno R3 sẽ chớp sáng tắt tương ứng.



Hình 10. Các giá trị và dạng phổ năng lượng của BPM, IBI, tần số HR

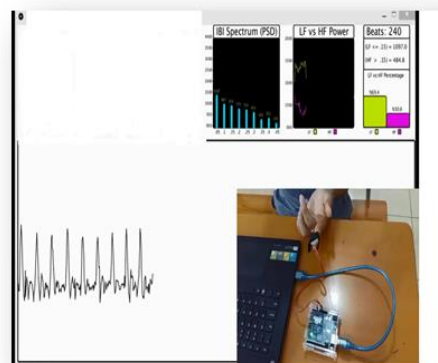
Các giá trị đo được của nhịp tim là BPM, IBI, Heart Rate Frequency (Hz), Power Spectral Density (PSD), LF vs HF (Low Frequency vs High Frequency), Phổ tần số, Phổ BPM, Phổ IBI, Beats, Hiệu năng HF, LF và dạng sóng HR sẽ được vi điều khiển Arduino Uno R3 thu nhận từ cảm biến Pulse, tính toán và gửi dữ liệu ra cổng nối tiếp Serial. Chương trình trên Processing có nhiệm vụ đọc các giá trị này và hiện thị lên giao diện đồ họa trên máy tính.



Hình 11. Các giá trị và phổ năng lượng của IBI Spectrum, LF, HF, Beats và LF vs HF Percentage

THIẾT KẾ VÀ KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM

Dựa trên sơ đồ khối, lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển thiết kế hệ thống đo và giám sát nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên ngón tay, phần mềm phụ trợ Processing IDE, Hệ thống được thực hiện.



Hình 12. Hệ thống đo và giám sát nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên ngón tay đã được thiết kế



Hình 13. Kết quả đo của hệ thống



Hình 14. Kết quả đo được trên ứng dụng của điện thoại

KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu mô phỏng về hệ thống đo và giám sát nhịp tim bằng phương pháp sử dụng đầu đo cảm biến gắn trên ngón tay, những kỹ thuật chế tạo tiên tiến đã được áp dụng giải quyết được nhiều hạn chế của các phương pháp đo nhịp tim hiện nay, mở ra nhiều ứng dụng mới trong y học. Về cơ bản nghiên cứu cũng đạt được một số yêu cầu như: Giới thiệu các phương pháp đo nhịp tim phổ biến hiện nay và đề xuất phương án thiết kế. Tìm hiểu về các thông số của nhịp tim, cơ sở thu nhận tín hiệu điện tim. Phân tích cơ sở thiết kế và thực thi Module đo và giám sát các thông số về nhịp tim. Thiết kế một module xác định nhịp tim bằng đầu đo cảm biến gắn trên đầu ngón tay, đồng thời hiện thị các thông số đo được về nhịp tim như Beats Per Minute (BPM), Interbeat Intervals (IBI), Heart Rate Frequency (Hz), Power Spectral Density (PSD), LF vs HF (Low Frequency vs

High Frequency), Phổ tần số, Phổ BPM, Phổ IBI, Beats, Hiệu năng HF, LF và dạng sóng HR lên một giao diện trực quan được xây dựng trên phần mềm Processing của máy tính.

Hệ thống đo được thiết kế nhỏ gọn, đơn giản, giá thành thấp, dễ dàng lắp ráp cũng như tháo dỡ. Độ ổn định cao, độ chính xác tin cậy so với phương pháp đo nhịp tim truyền thống Oscillometric, giao diện trực quan, và có thể dễ dàng mở rộng tùy biến các ứng dụng khác dễ dàng hơn

Kết quả thực nghiệm và khảo sát trên nhiều người tương đối phù hợp với kết quả mô phỏng. Các sai số xảy ra có thể từ nhiều nguyên nhân khác nhau.

Sai số giữa phương pháp đo truyền thống *Ocillometric* với hệ thống là do quá trình đo thiết bị bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khách quan như tay cử động, tâm trạng thay đổi nên ảnh hưởng đến kết quả đo.

Nghiên cứu có thể được phát triển thêm khi có thể thu gọn lại kích thước sản phẩm (sử dụng vi điều khiển nhỏ hơn), các thông số về nhịp tim hiện thị trên màn hình LCD và đeo được hoặc có thể giám sát trên màn hình máy tính thông qua các Module không dây như Zigbee, giám sát từ xa qua ứng dụng trên điện thoại hay trên Webserver.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Yu-Hao Lee, Vincent Shieh Chih-Lung Lin and Yung-Jong Shiah, National Cheng Kung University - National Kaohsiung Normal University, (2013), "A stress evaluation and personal relaxation system based on mesurment of photoplethysmography," *Second International Conference on Robot, Vision and Signal Processing*.
2. Xu xu (2014), "Analysis on Mental Stress/Workload Using Heart Rate Variability and Galvanic Skin Response during Design Process," *A Thesis in the Concordia Institute for Information Systems Engineering*, Concordia University Montreal, Quebec, Canada, April 2014.
3. David Pereg, Rachel Gow, Morris Mosseri, Michael Lishner, Michael Rieder, Stan Van Uum, Gideon Koren (2016) "Hair cortisol and the risk for acute myocardial infarction in adult men",

Stress The International Journal on the Biology of Stress.

4. Kil-sang Yoo and Won-hyung Lee Chung-Ang University, (2011), "Metal stress assessment based on pulse photoplethysmogram," *International Symposium on Consumer Electronics IEEE 15th*.

5. "Heart rate variability Standards of measurement," physiological interpretation, and

clinical use Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (Membership of the Task Force listed in the Appendix), 1996.

6. John T. Ramshur, University of Memphis, Department of Biomedical Engineering, Memphis, TN, *HRVAS*, (2010), *Heart Rate Variability Analysis Software*.

ABSTRACT

DESIGN TESTING MEASUREMENT SYSTEMS AND SURVEILLANCE TESTS WITH TUBERCULOSIS SURGICAL INFLAMMATION

Doan Manh Cuong^{*}, Hoang Van Thuc, Do Van Quyen

University of Information And Communication Technology - TNU

To measure the heart rate, instead of the pressure sensor method, a method of obtaining a sync signal with the heart rate without affecting the blood flow at the sensor location will increase the accuracy. allow measurement. Research suggests a method of measuring heart rate by non-invasive method, meaning that it does not affect the patient's body, so that people can determine their heart rate to be able to assess the overall health status. We also have a plan for medical examination and treatment as appropriate.

The article aims to design a heart-rate sensor module with a fingertip sensor that simultaneously displays the heart rate readings on an intuitive interface built into the processing software. This measurement will not affect the blood flow at the sensor location. The sensor is designed so that the patient does not feel uncomfortable when attaching the device for continuous measurement over a long period of time. With affordable prices, the article can be a useful solution for individuals, households, hospitals ... in patient care or follow-up or in school to learn about the mechanism of action. heart rate, practice using the knowledge learned in biomedical electronics in the design and construction of a simple and effective heart rate monitor.

Key words: *Heart rate monitor, heart rate monitor, heart rate monitor, heart rate monitor module, measure heart rate through the step*

Ngày nhận bài: 19/4/2018; Ngày phản biện: 11/5/2018; Ngày duyệt đăng: 31/5/2018

^{*} Tel: 0987 972375, Email: dmcuong@ictu.edu.vn