

ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY CHO GIÁM SÁT SỨC KHỎE

Trần Quang Huy*, Vũ Việt Dũng, Phạm Xuân Kiên
Trường Đại học Công nghệ thông tin & Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Mạng cảm biến không dây hay Wireless Sensor Network là một tập hợp các nút cảm biến có khả năng tự trị, có thể cố định hoặc di động và thực hiện các nhiệm vụ khác nhau. Trong lĩnh vực y tế, mạng cảm biến không dây là lựa chọn không thể thay thế đối với việc giám sát, theo dõi sức khỏe bệnh nhân từ xa mà không bị giới hạn bởi các kết nối có dây. Bài báo này sẽ tiến hành tìm hiểu các hệ thống WSN phục vụ việc chăm sóc sức khỏe trên thực tế. Nhóm tác giả thực hiện phân tích, thiết kế hệ thống WSN phục vụ giám sát sức khỏe, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu năng của WSN trong mô hình giám sát sức khỏe. Dựa trên kết quả phân tích, đánh giá, nhóm tác giả thực hiện cài đặt bộ mô phỏng NS-2 và mô đun Mannasim để mô phỏng hệ thống WSN với phân bố xác suất của các tham số sức khỏe. Từ đó, hàm mô phỏng nút cảm biến được thiết kế sử dụng nguồn sinh lưu lượng là các phân bố xác suất đã phân tích. Nhằm đánh giá kết quả của nghiên cứu, nhóm tác giả thực hiện thử nghiệm các kịch bản mô phỏng, phân tích hiệu suất của hệ thống mạng và đưa ra kết luận.

Từ khóa: *Mạng WSN; Mạng cảm biến không dây; Công cụ mô phỏng mạng NS; Công cụ Mannasim; Hệ thống giám sát sức khỏe*

Ngày nhận bài: 26/02/2020; Ngày hoàn thiện: 10/5/2020; Ngày đăng: 11/5/2020

NETWORK PERFORMANCE ANALYSIS OF HEALTHCARE MONITOR WIRELESS SENSOR NETWORK

Tran Quang Huy*, Vu Viet Dung, Pham Xuan Kien
TNU - University of Information and Communication Technology

ABSTRACT

The Wireless Sensor Network is a set of autonomous sensor nodes that can be fixed or moved and performs various different tasks. In the medical field, wireless sensor networks are an irreplaceable option for remote health monitoring and observing without being limited by wired connections. This paper is to explore WSN systems for practical health care. The authors performed the analysis and design of WSN system for health monitoring, assessing factors which are affecting the performance of WSN in the health monitoring model. Based on the results of analysis and evaluation, the authors implemented the installation of NS-2 simulator and Mannasim module in order to simulate the WSN system with probability distribution of health parameters. Since then, the sensor node simulation function is designed using a flow generation source as the probability distributions analyzed. In order to evaluate the results of the study, the authors performed simulation experiments, analyzed the performance of the network and then came to a conclusion.

Keywords: *WSN; Wireless Sensor Network; Network Simulator, Mannasim, Healthcare system*

Received: 26/02/2020; Revised: 10/5/2020; Published: 11/5/2020

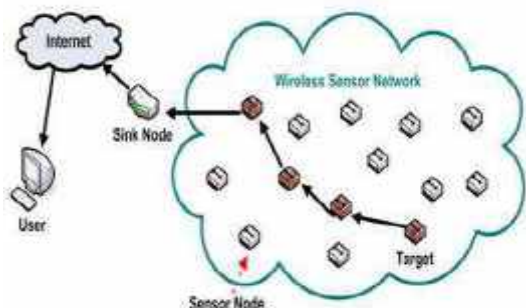
* Corresponding author. Email: tqhuy@ictu.edu.vn

1. Giới thiệu

Mạng cảm biến không dây có tên tiếng Anh là Wireless Sensor Network. Nó bắt đầu được nghiên cứu và phát triển vào khoảng những năm 1980. Dự án được phát triển bởi DARPA – cơ quan các dự án phòng thủ tiên tiến của bộ quốc phòng Hoa Kỳ. Ban đầu dự án có tên là Distributed Sensor Networks (DSN). DSN ban đầu được giả định là một mạng có nhiều nút cảm biến phân tán, có khả năng kết nối với nhau nhưng hoạt động độc lập, thông tin trong các nút cảm biến này có thể được định tuyến tới bất kỳ nút mạng nào trong phạm vi. Các thành phần của DSN được giới thiệu lần đầu vào năm 1978 bao gồm bộ phận cảm biến, mô-đun xử lý dữ liệu và kết nối, phần mềm phân tán. Ứng dụng đầu tiên của DSN là một hệ thống theo dõi máy bay trực thăng được phát triển bởi học viện công nghệ Massachusetts.

WSN là một hệ thống mạng bao gồm các node cảm biến có kết nối không dây và khả năng tính toán như trong hình 1 [1].

Các node cảm biến thường là các sensor bao gồm các thành phần như: bộ vi xử lý, bộ phận cảm biến, bộ phận thu phát không dây, nguồn.



Hình 1. Mạng cảm biến không dây

Kích thước của các node cảm biến thay đổi tùy thuộc vào loại ứng dụng, nhưng chúng có chung những đặc điểm sau:

- Sử dụng phương pháp phát thông tin quảng bá trong phạm vi hẹp và định tuyến đa chặng.
- Kích thước vật lý nhỏ, giá thành rẻ, chủ yếu sử dụng pin. Do vậy các node cảm biến bị hạn chế về khả năng xử lý cũng như dung lượng nhớ.
- Vị trí các node mạng cảm biến có thể được phân bố ngẫu nhiên không cần xác định trước.
- Có thể xử lý dữ liệu đơn giản.
- Hoạt động ổn định và đáng tin cậy.

WSN có rất nhiều ứng dụng trong đời sống hiện nay của con người. Cụ thể là [2]:

Y tế: Mạng cảm biến có thể được sử dụng để theo dõi các thông số sinh lý của bệnh nhân như nhịp tim, huyết áp, nhiệt độ cơ thể từ xa.

Nông nghiệp: Mạng cảm biến có thể được sử dụng để theo dõi điều kiện khí hậu của một diện tích canh tác lớn. Tính toán nhu cầu nước, hóa chất của cây trồng và đưa ra thông báo.

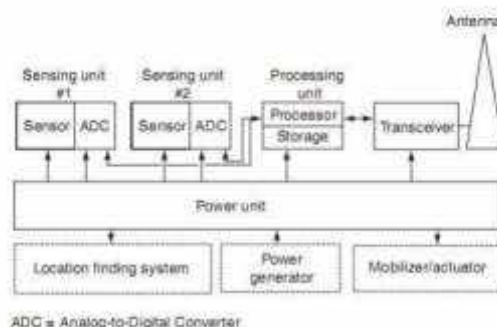
Quân sự: Mạng cảm biến không dây có thể được sử dụng để giám sát các khu vực nguy hiểm mà không cần sự có mặt của con người. Phát hiện chuyển động hay vị trí của đối phương, phát hiện các cuộc tấn công hóa sinh và dò tìm bom mìn.

Môi trường: Mạng cảm biến có thể được sử dụng để theo dõi các biến đổi khí hậu, cảnh báo thiên tai...

2. Các thành phần trong một hệ thống WSN

2.1. Sensor node

Một hệ thống WSN là một tập hợp của rất nhiều nút cảm biến phân tán trong một khoảng diện tích rộng. Mỗi nút cảm biến đều có khả năng thực hiện một số tác vụ cảm biến và xử lý dữ liệu độc lập. Sau đó nó sẽ thực hiện kết nối với các nút lân cận để gửi dữ liệu cảm biến về bộ xử lý trung tâm. Thông thường một nút cảm biến sẽ bao gồm những thành phần như trong hình 2, bao gồm: Bộ phận thu phát sóng, bộ xử lý, bộ nhớ, một hoặc nhiều đơn vị cảm biến và bộ nguồn [1].



Hình 2. Cấu tạo của một nút cảm biến

- Bộ xử lý: Có nhiệm vụ lập lịch cho các tác vụ, xử lý dữ liệu và điều khiển các thành phần khác. Các kiểu bộ xử lý có thể được sử dụng trong WSN: Microcontroller, Digital Signal Processor, FPGA (Field Program Gate Array)... Trong đó Microcontroller được sử

dụng nhiều hơn cả. Ví dụ như cảm biến Mica2 Mote sử dụng bộ xử lý ATmega 128L microcontroller.

- Bộ thu phát tín hiệu: Chịu trách nhiệm cho việc thu phát tín hiệu không dây. Có thể sử dụng sóng Radio, Laser hoặc hồng ngoại. Sóng Radio được sử dụng phổ biến hơn cả vì nó phù hợp với yêu cầu của hầu hết ứng dụng trong WSN. Bộ thu phát tín hiệu có các trạng thái như: Transmit, Receive, Idle và Sleep.

- Bộ nhớ: Bao gồm các chip nhớ flash và RAM của bộ vi xử lý. Có thể có cả các thẻ nhớ ngoài. Ví dụ chip ATmega 128L microcontroller của Mica 2 Mote sử dụng 128 Kbyte bộ nhớ trong và 4 Kbyte RAM.

- Bộ nguồn: Trong một nút cảm biến, các hoạt động như cảm ứng, xử lý và truyền dữ liệu đều tiêu thụ năng lượng. Trong đó, việc truyền dữ liệu tiêu thụ nhiều năng lượng hơn so với các hoạt động khác. Pin là nguồn năng lượng chủ yếu được sử dụng trong các bộ nguồn của cảm biến. Ví dụ, cảm biến Mica2 Mote sử dụng 2 viên pin AA. Vì nguồn năng lượng bị giới hạn việc tiết kiệm năng lượng cho các nút cảm biến đang là mục tiêu quan tâm hàng đầu trong hoạt động của các WSN. Đã có rất nhiều nghiên cứu và đề xuất cải tiến nhằm tăng cường thời lượng pin của các nút cảm biến. Người ta cũng tính toán đến việc sử dụng các nguồn năng lượng tự nhiên như ánh sáng mặt trời cho các nút cảm biến.

- Nút cảm biến: Là một thiết bị phần cứng có nhiệm vụ đo các thông số vật lý ở môi trường xung quanh nó như nhiệt độ, áp suất, độ ẩm,... Dữ liệu tương tự được cảm ứng bởi các cảm biến và được số hóa bằng bộ ADC, sau đó được gửi cho bộ xử lý để thực hiện các tác vụ tiếp theo. Các cảm biến là các thiết bị vi điện tử, vì vậy chúng có kích thước nhỏ và tiêu thụ rất ít năng lượng. Có thể có một hoặc nhiều loại cảm biến gắn trên một nút cảm biến.

2.2. Hệ điều hành của các nút cảm biến

Hệ điều hành là một môi trường để các chương trình ứng dụng thực hiện công việc của mình một cách đơn giản và hiệu quả mà không phải giao tiếp với phần cứng. Trong WSN vai trò của hệ điều hành đơn giản hơn so với các hệ điều hành thông thường. Lý do

là bởi các giới hạn về mặt phần cứng của thiết bị cũng như các yêu cầu ít phức tạp của các ứng dụng.

TinyOS là hệ điều hành đầu tiên được thiết kế dành cho hệ thống WSN hay cụ thể hơn là dành cho các nút mạng. Các thư viện bên trong TinyOS bao gồm: các bộ giao thức mạng, các dịch vụ phân tán, trình điều khiển thiết bị và công cụ thu thập dữ liệu. Không giống như hầu hết các hệ điều hành khác có khả năng chạy đa nhiệm TinyOS được phát triển theo mô hình lập trình hướng sự kiện. Cả TinyOS và các chương trình ứng dụng được viết cho TinyOS đều sử dụng một loại ngôn ngữ lập trình đặc biệt có tên gọi là nesC – một phiên bản mở rộng của ngôn ngữ lập trình C.

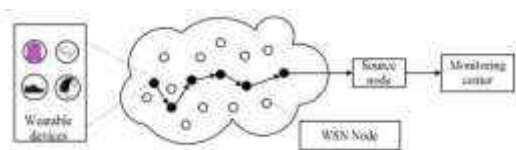
Một đại diện khác của các hệ điều hành dành cho WSN có tên gọi là Contiki. Contiki cũng sử dụng cấu trúc kernel hướng sự kiện như TinyOS, tuy nhiên hệ điều hành này cũng hỗ trợ đa nhiệm với một số ứng dụng cơ bản. Ngoài ra, Contiki còn hỗ trợ cả IPv4 và IPv6. Rất nhiều các cơ chế và cải tiến của Contiki được áp dụng rộng rãi.

2.3. Nút Sink

Là nút chịu trách nhiệm tương tác với các nút cảm biến. Các dữ liệu từ các nút cảm biến được xử lý và chuyển đến các Base Station hoặc đến các AP. Nút Sink dựa trên bộ vi xử lý có khả năng xử lý tín hiệu kỹ thuật số, bao gồm các mô-đun khác nhau như anten, bộ thu phát, bộ xử lý, bộ nhớ flash, khối đầu vào, màn hình hiển thị và pin với mạch sạc. Các dữ liệu nhận là có điều kiện, tiếp tục được xử lý để loại bỏ các nhiễu và tính toán các thông số. Dữ liệu y tế có đánh mốc thời gian, được lưu trữ trong bộ nhớ và truyền đến một trạm giám sát từ xa để phân tích thêm. Nút Sink thường được trang bị một pin sạc cho thời gian hoạt động tối thiểu 8-12h.

3. WSN trong các hệ thống theo dõi sức khỏe

Hệ thống mạng cảm biến không dây giám sát sức khỏe bao gồm một loạt các cảm biến được gắn trên quần áo hoặc trên cơ thể bệnh nhân để liên tục theo dõi các thông số sức khỏe và truyền dữ liệu đến một trạm giám sát từ xa như trong hình 3.



Hình 3. Mạng cảm biến không dây trên người

3.1. Yêu cầu của một hệ thống theo dõi sức khỏe

Để thực hiện theo dõi sức khỏe của con người, việc sử dụng một hệ thống mạng cảm biến không dây là một lựa chọn tối ưu. Bởi các kết nối cáp sẽ giới hạn chuyển động của con người ảnh hưởng đến các tham số sinh lý được theo dõi. Một hệ thống mạng không dây theo dõi sức khỏe cần đảm bảo được các yếu tố sau [3]:

- Độ tin cậy trong truyền dữ liệu:

Một trong những mục tiêu chính của hệ thống theo dõi sức khỏe là có được những cảnh báo sớm và chính xác các thông số về sinh lý trên cơ thể người, để từ đó có những chẩn đoán và điều trị sớm. Do vậy, khi thiết kế hệ thống mạng chúng ta cần quan tâm đến tính chính xác của cảm biến, chất lượng đường liên kết và độ tin cậy trong các giao thức định tuyến để tránh tình trạng mất mát hoặc lỗi gói tin gây sai lệch dữ liệu.

- Dữ liệu thời gian thực:

Bao gồm 03 khía cạnh: (1) thu thập dữ liệu thời gian thực, độ nhạy cảm của cảm biến và phạm vi cảm biến; (2) truyền dữ liệu thời gian thực, chủ yếu tập trung vào các giao thức định tuyến; (3) xử lý dữ liệu thời gian thực, tập trung vào xử lý dữ liệu kịp thời.

- Xử lý dữ liệu lớn:

Thông thường để theo dõi sức khỏe thì cần ít nhất 04 bộ cảm biến sinh học trên cơ thể. So với hệ thống cảm biến môi trường thì mạng cảm biến phục vụ theo dõi sức khỏe có nhu cầu về băng thông cao hơn. Đặc biệt hệ thống thực hiện thu thập dữ liệu theo thời gian thực nên tạo ra lượng lớn dữ liệu đòi hỏi mạng phải có băng thông cao để chịu được tải.

- Thay đổi topology:

Hệ thống mạng cảm biến không dây theo dõi sức khỏe phải có khả năng thích ứng với những thay đổi thường xuyên của topology, sự chuyển động của các node mạng rời mạng, tham gia vào mạng...

3.2. Các tham số sức khỏe được theo dõi [4]

- Nhịp tim:

Theo thống kê về số liệu nhịp tim từ trung tâm kiểm soát và phòng ngừa dịch bệnh hoa kỳ CDC. Nhịp tim trung bình của một người nam giới trưởng thành là 71 nhịp/phút và nữ giới là 74 nhịp/phút. Các thông số về nhịp tim thường phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như độ tuổi, giới tính, màu da, khu vực sinh sống, trạng thái hoạt động... Nhìn chung nhịp tim được cho là bình thường rơi vào khoảng 60~100 nhịp/phút. Tùy vào điều kiện thực tế và thể trạng của bệnh nhân mà nhịp tim có thể tăng hoặc giảm trong một thời gian ngắn. Nhịp tim lớn hơn 100 nhịp/phút được coi là nhanh và ở mức lớn hơn 120 nhịp/phút khi người bệnh trong trạng thái bình thường thì được coi là nguy hiểm. Bảng 1 dưới đây mô tả các tham số trung bình của nhịp tim trên cơ thể người.

Bảng 1. Các tham số trung bình của nhịp tim

Tham số	Giá trị
Loại phân bố	Phân bố chuẩn (Normal Distribution)
Giá trị trung bình (Mean)	74 nhịp/phút
Giá trị tối đa	190 nhịp/phút
Độ lệch chuẩn (Standard Deviation)	5,0 ~ 15,0

- Huyết áp:

Là chỉ số thể hiện áp lực máu lên thành động mạch, được đo bằng đơn vị là mi-li-mét thủy ngân (mm Hg). Huyết áp được xác định bằng hai chỉ số, thường được viết dưới dạng một tỷ số. Chỉ số trên là “tâm thu” là mức huyết áp cao nhất trong mạch máu xảy ra khi tim co bóp. Chỉ số dưới là “tâm trương” là mức huyết áp thấp nhất trong mạch máu xảy ra khi tim ngưng co bóp, thả lỏng. Các tham số trung bình của huyết áp được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Các tham số trung bình của huyết áp

Tham số	Giá trị (MEAN ± Standard Deviation)	
	Tâm thu	Tâm trương
Giá trị trung bình	120 ± 10 mm Hg	80 ± 10 mm Hg
Bệnh nhân cao huyết áp [18]	136,7 ± 16,4 mm Hg	76,5 ± 6,2 mm Hg
Bệnh nhân huyết áp thấp	< 90 mm Hg	

Huyết áp ở người trưởng thành bình thường được xác định là có chỉ số tâm thu là 120 mm Hg, tâm trương là 80 mm Hg. Tuy nhiên, mức

huyết áp ổn định và tốt nhất cho tim mạch là ở mức 105 mm Hg tâm thu và dưới 65 mm Hg tâm trương. Các mức huyết áp tâm thu và tâm trương bình thường có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với chức năng hiệu quả của các cơ quan sinh tồn như tim, não, thận, cũng như đối với sức khỏe nói chung và trạng thái khỏe mạnh. Vì vậy, việc theo dõi các chỉ số huyết áp là đặc biệt quan trọng.

- Nhiệt độ cơ thể:

Giá trị trung bình của nhiệt độ cơ thể người là 98,6°F hay 37°C. Nhiệt độ trên cơ thể con người còn thay đổi tùy thuộc vào nhiều yếu tố. Bao gồm cả vị trí đặt nhiệt kế. Tuy nhiên, các giá trị trung bình nhiệt độ có thể phân chia theo bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. Các tham số thân nhiệt trung bình

Trạng thái	Giá trị
Mất thân nhiệt	< 35°C
Bình thường	36,5 ~ 37,5 °C
Sốt	>37,5 °C hoặc 38,3 °C
Thân nhiệt cao	>37,5 °C hoặc 38,3 °C
Thân nhiệt cao nguy hiểm	>40,5 °C hoặc 41,5 °C

3.3. Một số hệ thống giám sát sức khỏe

Nhìn chung các hệ thống WSN cho giám sát sức khỏe được phát triển theo 3 kiểu cảm biến chính đó là: Cảm biến trên quần áo, cảm biến trên các thiết bị đeo trên người, và cảm biến dán trực tiếp lên cơ thể. Tuy nhiên, các dự án phát triển hệ thống cảm biến cho giám sát sức khỏe thường chia thành 5 loại:

Loại 1: Hệ thống sử dụng bảng vi điều khiển (microcontroller board) làm nền tảng để cảm nhận các dữ liệu sinh học, sử dụng truyền dẫn có dây để truyền các tín hiệu đó về bảng xử lý. Một đại diện tiêu biểu của hệ thống này là dự án LiveNet của phòng thí nghiệm MIT.

Loại 2: Hệ thống giám sát sức khỏe này dựa trên những cảm biến được tích hợp vào quần áo giúp theo dõi, phân tích các hoạt động, chỉ số sinh học trên cơ thể bệnh nhân. Qua đó, đưa ra các cảnh báo và chuẩn đoán sớm tình trạng bệnh lý.

Loại 3: Hệ thống giám sát sức khỏe dựa trên các nút cảm biến gắn trên cơ thể. Hệ thống này còn có tên gọi là WWBAN (wearable wireless body area network). Hệ thống này bao gồm các nút cảm biến có khả năng tự trị,

sử dụng các kết nối không dây để trao đổi dữ liệu với trạm điều phối hoặc nút trung tâm. Đại diện tiêu biểu của loại này là dự án Code Blue của các nhà nghiên cứu đến từ đại học Havard.

Loại 4: Hệ thống giám sát sức khỏe sử dụng cảm biến kết nối bluetooth và điện thoại di động. Dự án có HealthGear của tập đoàn Microsoft.

Loại 5: Ngoài 4 loại trên thì các nhà nghiên cứu cũng đưa ra những cách tiếp cận khác cho từng mục đích khác nhau trong giám sát sức khỏe. Cụ thể như với dự án AUBADE được phát triển bởi đại học Ioannina Hy Lạp, các nhà nghiên cứu đã đưa ra đề xuất sử dụng một chiếc mặt nạ có gắn cảm biến ở bên trong để giúp đánh giá các trạng thái cảm xúc của con người. Hay một số các hệ thống nhận dạng chuyển động sử dụng các găng tay có gắn cảm biến hoặc các vòng đeo ở ngực để đo nhịp tim.

Trên đây là 5 loại hệ thống cảm biến đeo trên người được sử dụng để giám sát sức khỏe. Và các dự án đang được phát triển. Bảng 4 dưới đây sẽ đưa ra một số chi tiết và so sánh về các dự án đang được phát triển. Các thông tin so sánh bao gồm: Kiểu triển khai phần cứng, các mô-đun kết nối, các loại tín hiệu cảm biến được và một số ứng dụng trong y tế.

Bảng 4. So sánh một số hệ thống giám sát sức khỏe

Tên dự án	Phần cứng	Kết nối	Tín hiệu cảm nhận được	Ứng dụng trong y học
LiveNet/MI	Microcontroller board	Có dây, radio GPRS	ECG, BP, T, EMG, v.v	Theo dõi bệnh nhân parkinson, bệnh nhân động kinh.
WEALTHY/EU IST FP6	PDA, cảm biến gắn trên quần áo	Bluetooth, GPRS	ECG, A, T	Theo dõi sức khỏe người cao tuổi
Code Blue/Harvard University	Sensor mote	ZigBee	ECG, SpO2, A	Theo dõi các trạng thái sinh học theo thời gian thực
Body area network/ Malta Univ.	Zigbee	ZigBee, Wi-Fi, GPRS	ECG, BP, R	Phát hiện và dự đoán các trạng thái sinh học
HealthGear/	Sensor and Cell-phone	Bluetooth, GPRS	HR, SpO2	Theo dõi giấc ngủ
AUDABE	Mặt nạ, Găng tay, Vòng cảm biến	Kết nối có dây, Bluetooth, Wi-Fi	ECG, R, EMG, A	Theo dõi trạng thái, hoạt động

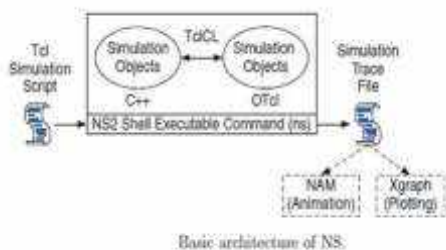
Các loại tín hiệu cảm biến được bao gồm: ECG – electrocardiogram (điện tâm đồ), HR – heart rate (nhịp tim), EMG - Electromyogram (điện đồ cơ), BP – blood pressure (huyết áp), T – temperature (nhiệt độ cơ thể), A – activity (hoạt động)...

4. Mô phỏng và đánh giá hiệu năng mạng

4.1. Giới thiệu công cụ mô phỏng

Network Simulator -2 là phần mềm mô phỏng mạng được phát triển bởi Trường Đại học UC Berkeley, được cung cấp dưới dạng mã nguồn mở và có thể chạy được cả trên môi trường hệ điều hành Windows lẫn Linux.

NS-2 là một chương trình biên dịch mã Otcl được liên kết tới các thư viện viết bằng C++. Các đối tượng cơ sở trong NS-2 như TCP, UDP, các giao thức định tuyến được xây dựng bằng ngôn ngữ C++. Đầu vào của NS-2 là tập lệnh Otcl được viết bằng ngôn ngữ TCL là ngôn ngữ kịch bản. Kết quả mô phỏng của NS-2 có thể được kết xuất ra file text dạng .nam để có thể quan sát bằng hình ảnh mô tả trực quan với ứng dụng NAM (Network Animator), hoặc có thể được kết xuất ra file vết .tr có dạng text để có thể phân tích, kết xuất và vẽ đồ thị theo yêu cầu của người phân tích với các công cụ như Xgraph và GnuPlot. Sơ đồ các thành phần của NS-2 được thể hiện trong hình 4.



Hình 4. Kiến trúc của NS-2

Để có thể thực hiện mô phỏng WSN trong bài báo này tác giả có sử dụng thêm mô-đun MANNASIM [5] là một công cụ mở rộng cho NS-2 phục vụ cho việc mô phỏng hoạt động của WSN. MANNASIM được sử dụng để hỗ trợ NS-2 cũng như người sử dụng trong việc cấu hình các kịch bản mô phỏng, điều chỉnh các thông số trong mạng như: số lượng node, vị trí phân bố các node, diện tích khu vực

thực hiện mô phỏng, kiểu đường liên kết... Sau khi thực hiện mô phỏng mannasim có thể sinh ra kết quả mô phỏng bằng các tệp vết trong đó có đầy đủ thông tin về tình trạng của hệ thống mạng. Ví dụ như tỉ lệ mất gói tin, độ trễ, mức năng lượng tiêu thụ... giúp cho những người nghiên cứu có thể dễ dàng kết xuất đồ thị và đánh giá.

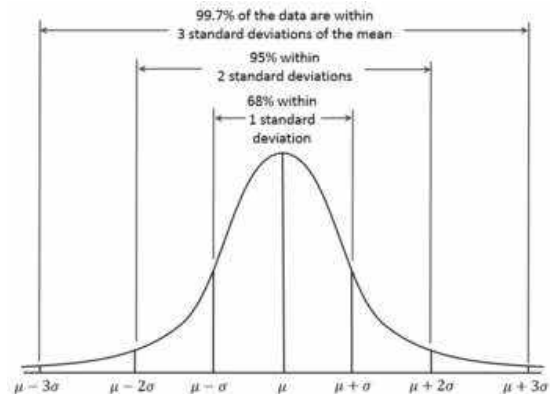
4.2. Vấn đề nguồn sinh lưu lượng mô phỏng

Trong bài báo này, tác giả xây dựng một mô hình WSN cho giám sát sức khỏe con người với các tham số sức khỏe chính là: Nhịp tim, nhiệt độ cơ thể và huyết áp.

Để đảm bảo tính chính xác cũng như độ tin cậy của kết quả mô phỏng, công việc quan trọng nhất là phải tạo ra được một nguồn sinh lưu lượng có phân bố xác suất giống với các dữ liệu trong thực tế. Đối với các tham số sinh học trên cơ thể người, các dữ liệu thu được có phân bố khá giống với phân bố chuẩn (normal distribution) trong xác suất thống kê. Cụ thể như sau:

Phân bố chuẩn (còn gọi là normal distribution hay phân bố gauss) trên R với giá trị trung bình (kí hiệu là μ) và độ lệch chuẩn (kí hiệu là σ) là phân bố liên tục với hàm mật độ:

$$\rho(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$



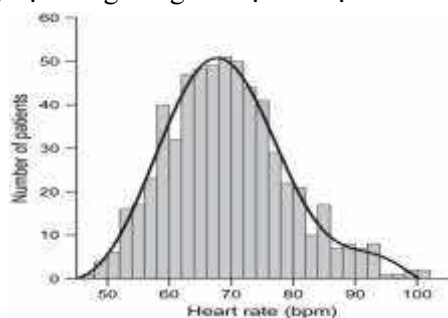
Hình 5. Phân phối chuẩn

Đồ thị của hàm mật độ phân bố chuẩn có hình cái chuông, trong đó trung điểm là $x = \mu$ và

độ cao chuông chính bằng $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$. Hình 5 cho thấy hầu hết xác suất của một phân bố chuẩn nằm trong đoạn $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$, chỉ có 0,3% nằm ngoài đoạn đó. Vì vậy, nếu X là một biến ngẫu nhiên có phân bố xác suất là

phân bố chuẩn với các tham số $[\mu, \sigma]$ thì có 99,7% khả năng giá trị của X nằm trong đoạn $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$.

Đây là một phân bố rất quan trọng trong xác suất thống kê. Vì nhiều phân bố xác suất gặp trong thực tế có dáng điệu rất giống với phân bố chuẩn, ví dụ như phân bố chiều cao của đàn ông, phân bố chỉ số IQ, giá chứng khoán... So sánh hình 5 và hình 6 cũng cho thấy sự tương đồng về mặt đồ thị.



Hình 6. Thống kê nhịp tim người trưởng thành

Chính vì vậy trong bài báo này, tác giả sử dụng các hàm sinh lưu lượng tuân theo phân bố chuẩn được tích hợp trong công cụ NS-2 và mô-đun Mannasim để mô phỏng việc cảm biến các thông số về nhiệt độ, nhịp tim và huyết áp trên cơ thể người. Các tham số như giá trị trung bình (MEAN), độ lệch chuẩn (Standard Deviation) được lấy từ các tài liệu tham khảo đã được trình bày trong phần 3.2.

4.3. Thiết lập topo mạng và các kịch bản mô phỏng

Trong phần này, tác giả sẽ trình bày về việc thiết kế topo mạng cũng như lựa chọn các tham số, chuẩn công nghệ sẽ triển khai cho mô hình mạng cảm biến không dây phục vụ giám sát sức khỏe. Hình 7 mô tả topo WSN giám sát sức khỏe cho 4 bệnh nhân trong một phòng bệnh. Các nút n1 n2 n3 n4 đóng vai trò cảm biến nhiệt độ cơ thể, nút n5 n6 n7 n8 đóng vai trò cảm biến nhịp tim, nút n9 n10 n11 n12 đóng vai trò cảm biến huyết áp. Nút n0 đóng vai trò là nút sink và access point.



Hình 7. Topo mạng giám sát sức khỏe

Các tham số được cài đặt trong phần mềm mô phỏng được tuân theo bảng 5.

Bảng 5. Các tham số mô phỏng

Tham số	Giá trị
Diện tích	5m x 5m
Tổng số nút	12
Số nút sink	01
Số nút access point	01
Giao thức MAC	Mac/802_11
Kiểu hàng đợi	Queue/DropTail/PriQueue
Độ dài hàng đợi	200
Giao thức định tuyến	DumbAgent
Chế độ năng lượng	Battery

Mannasim đã cung cấp 4 phương thức cảm biến là cảm biến theo định kỳ, cảm biến liên tục (continuous), cảm biến sự kiện (event driven) và cảm biến theo yêu cầu (on demand). Trong bài báo này tác giả sẽ mô phỏng sử dụng 02 phương thức cảm biến là 1-continuous, 3-event driven. Với các tham số mô phỏng tuân theo các kịch bản sau.

Kịch bản 1: Sử dụng phương thức cảm biến liên tục, tham số được sử dụng như trong bảng 6.

Khoảng cảm biến: 0,01s

Kiểu cảm biến: Cảm biến liên tục

Bảng 6. Kịch bản mô phỏng 1

Tham số	Giá trị trung bình (Avg)	Độ lệch chuẩn (Std)
Nhiệt độ cơ thể	37,5	1,0
Nhịp tim	74,0	5,0
Huyết áp	120,0	10,0

Kịch bản 2: Sử dụng phương thức cảm biến sự kiện

Theo đặc điểm của mạng WSN giám sát sức khỏe. Yếu tố nhận biết các thay đổi tham số theo thời gian thực là rất quan trọng. Vì vậy, tác giả thử nghiệm một số thay đổi về giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của tín hiệu theo các trường hợp đặc biệt. Các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn thay đổi là các giá trị được trích ra từ các số liệu thống kê. Ngoài ra, tác giả cũng đưa thêm vào các giá trị ngưỡng cảnh báo của dữ liệu. Tác giả sẽ đánh giá khả năng phản ứng của mạng cảm biến trong việc cảm nhận các sự kiện thăng giáng vượt ngưỡng. Các tham số cụ thể được thể hiện trong bảng 7 dưới đây.

Kiểu cảm biến: Cảm biến sự kiện

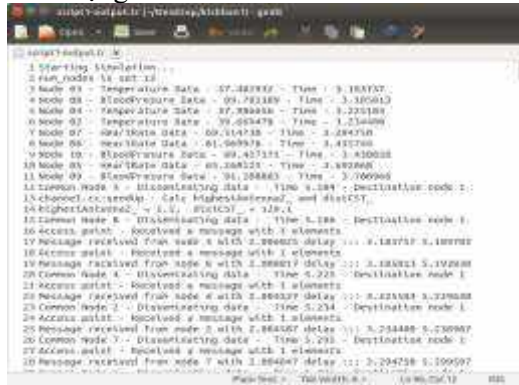
Bảng 7. Kịch bản mô phỏng 2

Tham số	Giá trị trung bình (Avg)	Độ lệch chuẩn (Std)	Ngưỡng cảnh báo (Max Allowed)
Nhiệt độ cơ thể	37,5	5,0	40,0
Nhịp tim	74,0	15,0	90,0
Huyết áp	136,7	16,4	146,0

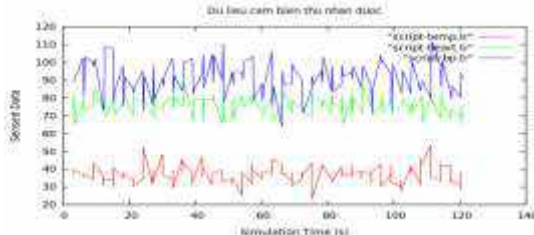
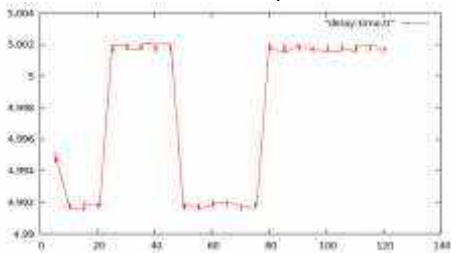
4.4. Thực hiện mô phỏng

Trong phần này, tác giả sẽ thực hiện chạy mô phỏng bằng Ns-2. Sau đó kết xuất thông tin để vẽ đồ thị bằng GnuPlot, sử dụng ngôn ngữ lập trình Perl để phân tích tệp vết và đưa ra đánh giá, phân tích hiệu năng. Các script đánh giá hiệu năng được viết dựa trên các script đánh giá hiệu năng mạng trong tài liệu.

Đối với kịch bản 1 sau khi thực hiện chạy mô phỏng, các kết quả được sinh ra trong các tệp vết có dạng như hình 8.

**Hình 8. Kết quả mô phỏng**

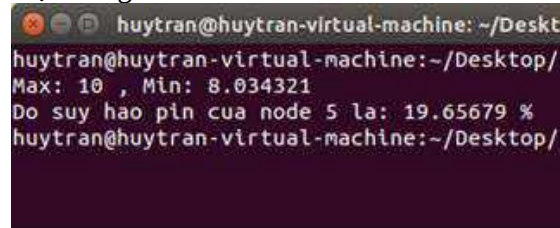
Ta có thể sử dụng các dữ liệu đó để vẽ đồ thị như hình 9 và 10.

**Hình 9. Biểu đồ dữ liệu cảm biến****Hình 10. Biểu đồ trễ truyền tin**

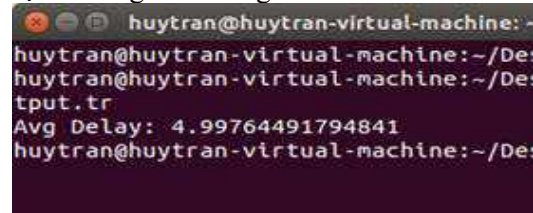
Hoặc có thể sử dụng các perl script để tính toán các giá trị như độ trễ truyền tin và mức độ suy hao năng lượng.

Ngoài ra, ta cũng có thể tính toán được mức tiêu hao năng lượng. Đây là một mô hình được công cụ Mannasim giả lập mô phỏng lại hoạt động của các viên pin trong thực tế. Độ tiêu thụ pin được tính bằng công suất cảm biến nhân với thời gian cảm biến.

Trong kịch bản này mức tiêu hao pin được thể hiện trong hình 11:

**Hình 11. Mức tiêu hao pin**

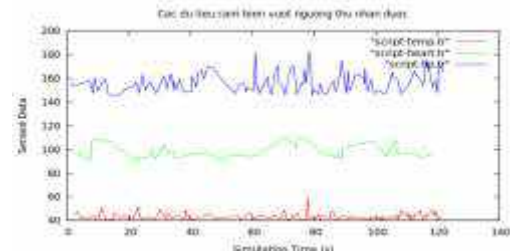
Độ trễ trung bình khi gửi tin hình 12:

**Hình 12. Độ trễ trung bình**

Thực hiện tương tự đối với kịch bản 2:

Trong kịch bản này hệ thống sẽ kiểm tra liên tục các số liệu cảm biến thu nhận được và so sánh với ngưỡng đưa vào từ kịch bản. Chỉ những số liệu nào có giá trị vượt ngưỡng thì mới có cảnh báo gửi về Access Point. Do vậy, số lượng gói tin gửi đến Access Point giảm đi đáng kể. Điều này giúp giảm độ trễ truyền tin và mức tiêu hao năng lượng của các nút mạng.

Trường hợp này, nhóm tác giả chỉ kết xuất và vẽ đồ thị biểu diễn những giá trị cảm biến vượt ngưỡng hình 13.

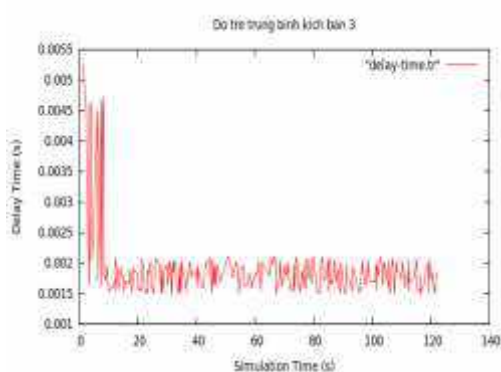
**Hình 13. Biểu đồ dữ liệu cảm biến**

Độ trễ truyền tin

4.5. Một vài đánh giá về hiệu năng

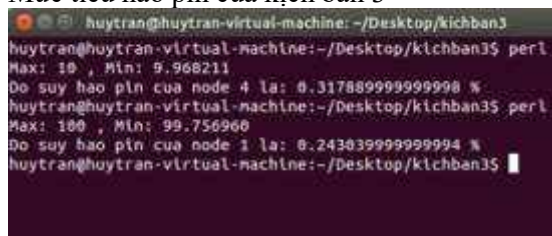
Nhìn vào kết quả dữ liệu của tệp vết và đồ thị nhận được, tác giả đưa ra các nhận xét sau:

- Trong trường hợp sử dụng cảm biến ở chế độ liên tục, với số lượng 12 node cảm biến đã gửi khoảng 42000 bản tin cập nhật đến nút sink cho mỗi loại cảm biến trong khoảng thời gian 120s. Tuy nhiên, độ trễ truyền tin vẫn nằm trong mức chấp nhận được ở khoảng 4,5s. Như vậy theo quan điểm cá nhân, tác giả cho là hệ thống đã đáp ứng được nhu cầu trong mô hình giám sát sức khỏe với số lượng 12 nút cảm biến.



Hình 14. Biểu đồ trễ truyền tin

Mức tiêu hao pin của kịch bản 3



Hình 15. Mức tiêu hao pin

- Phương thức mô phỏng hướng sự kiện đã cho thấy sự tối ưu trong việc sử dụng WSN giám sát sức khỏe cho con người. Với điều kiện lí tưởng, độ trễ truyền tin trong khoảng 2ms như hình 14, mức tiêu thụ năng lượng chỉ khoảng 0,3% dung lượng pin/1 phút cảm biến như trong hình 15. WSN với phương thức cảm biến hướng sự kiện rất thích hợp cho việc theo dõi, giám sát và cảnh báo kịp thời các biến động về sức khỏe của con người, vừa tạo sự thuận tiện, thoải mái.

5. Kết luận

Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả đã thực hiện mô phỏng và đánh giá hiệu năng của một hệ thống WSN cho giám sát sức khỏe sử dụng phần mềm mô phỏng NS-2 và bộ công cụ Mannasim. Các kết quả tính toán cho thấy hệ thống WSN sử dụng chuẩn 802.11 có khả năng đáp ứng được các yêu cầu về hiệu năng của mạng. Những sự kiện cảm biến thu nhận được đều được gửi về nút trung tâm với độ trễ nhỏ. Các sự kiện thăng giáng vượt ngưỡng cho trước cũng được cảnh báo kịp thời. Như vậy, nhóm tác giả nhận định, việc triển khai hệ thống WSN cho giám sát sức khỏe trong thực tế là khả thi. Hệ thống này sẽ đem lại sự tiện lợi cho người bệnh khi không bị giới hạn bởi các kết nối vật lý. Tuy nhiên, cần tiếp tục nghiên cứu và đánh giá thêm các yếu tố có thể ảnh hưởng đến hiệu năng của hệ thống, ví dụ như trạng thái di chuyển của người bệnh và các vấn đề liên quan đến nguồn năng lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. I. B. Q. Wang, "Wireless Sensor Networks: An Introduction," in *Wireless Sensor Networks: Application - Centric Design*, Yen Kheng Tan (Ed.), InTech, pp. 1-14, 2010.
- [2]. B. Paolo et al., "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15. 4 and ZigBee standards," *Computer communications*, vol. 30, no. 7, pp. 1655-1695, 2007.
- [3]. Z. Lincong, and W. Zhang, "Network Design and Performance Analysis of Wearable Wireless Sensor Network," 2015 6th International Conference on Manufacturing Science and Engineering. Atlantis Press, 2015.
- [4]. M. Aminian, and H. R. Naji, "A hospital healthcare monitoring system using wireless sensor networks," *J. Health Med. Inform*, vol. 4, no. 02, p. 121, 2013.
- [5]. P. R. Miranda, L. B. Ruiz, and M. L. A. Ghizoni, "MannaSim: A NS-2 extension to simulate wireless sensor network" *ICN*, vol. 2015, p. 107, 2015.