

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT VÀ BÁO CHÁY TỰ ĐỘNG TỪ XA CHO CÁC CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG

RESEARCH AND DESIGN OF A REMOTE AUTOMATIC FIRE ALARM AND MONITORING SYSTEM FOR CIVIL WORKS

Trần Phương Nam^{1,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.295>

TÓM TẮT

Thời gian vừa qua các vụ cháy nổ làm thiệt hại lớn đến tài sản và tính mạng con người diễn ra đáng báo động. Việc giảm thiểu rủi ro và tổn thất cho người và tài sản trong đời sống sinh hoạt và sản xuất do cháy nổ là vấn đề đáng quan tâm. Hiện nay, nhiều đầu báo cháy vận hành độc lập không có hệ thống giám sát, các trung tâm giám sát cục bộ không được kết nối với trung tâm giám sát của đơn vị quản lý. Khả năng phát hiện trạng thái hư hỏng và không ổn định của các đầu báo cháy để kiểm tra, bảo dưỡng và thay thế kịp thời là hầu như còn hạn chế. Để giải quyết vấn đề này, tác giả đã nghiên cứu, thiết kế hệ thống giám sát và báo cháy tự động từ xa cho các công trình dân dụng. Hệ thống được xây dựng gồm trung tâm giám sát và thiết bị cảm biến đầu cuối. Trung tâm giám sát được xây dựng với tùy chọn sử dụng trên máy tính hoặc thiết bị điện thoại thông minh. Thiết bị cảm biến đầu cuối là các đầu báo cháy phổ biến trên thị trường được tích hợp thêm các mô đun nhận và truyền dữ liệu. Hệ thống có thể giám sát từ xa cảnh báo cháy và trạng hoạt động của các đầu báo cháy. Hệ thống được đề xuất có ý nghĩa thực tiễn đối với các đơn vị và tổ chức liên quan trong công tác phòng cháy chữa cháy.

Từ khóa: Cháy, thiết bị báo cháy, trung tâm báo cháy, đầu báo cháy, cảnh báo từ xa.

ABSTRACT

In recent times, the alarming incidents of fires and explosions causing significant damage to both property and human lives have raised concerns. Currently, many fire alarm systems operate independently without any monitoring system, and local monitoring centers are not connected to the supervisory center of the managing unit. The ability to detect the malfunction and instability of fire alarm devices for timely inspection, maintenance, and replacement is severely limited. To solve this problem, the author researched and designed a remote automatic fire alarm and monitoring system for civil works. The system is built including a monitoring center and terminal sensor equipment. The monitoring center is built with the option to use on a computer or smartphone device. Terminal sensors are popular fire detectors on the market that are integrated with data receiving and transmitting modules. The system can remotely monitor fire alarms and the operating status of fire detectors. This system has practical significance for units and organizations involved in fire extinguisher.

Keywords: Fire, fire alarm devices, fire alarm center, terminal devices, remote monitoring.

¹Khoa Điện - Điện tử, Trường Cao đẳng công nghiệp Huế

*Email: tpnam@hueic.edu.vn

Ngày nhận bài: 26/4/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/6/2024

Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2024

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong đánh giá hoạt động phòng chống cháy nổ trong năm 2023 [2], số vụ cháy trên toàn quốc là 3.440 vụ, gây tử vong cho 146 người và làm bị thương cho 109 người. Thiệt hại liên quan đến tài sản ước tính 878 tỷ

đồng. Về tỷ lệ theo nguyên nhân các vụ cháy, các nguyên nhân do sự cố liên quan đến điện chiếm tỷ lệ cao với 66,7%, nguyên nhân liên quan đến nguồn lửa, nguồn nhiệt chiếm tỷ lệ 14,8%, các nguyên nhân khác dưới 10%.

Với đánh giá này có thể nhận thấy tình hình cháy nổ ngày càng có chiều hướng gia tăng. Bên cạnh sự cố do cháy xảy ra ở các công trình công nghiệp, công trình công cộng thì sự cố cháy trong khu vực đông dân cư trong đó có các nhà trọ, chung cư mini hay cháy các cơ sở kinh doanh dịch vụ như karaoke đang có chiều hướng phức tạp. Điển hình như vụ cháy karaoke ở Thuận An, Bình Dương năm 2022 làm 32 người chết, vụ cháy tại chung cư mini tại Thanh Xuân, Hà Nội năm 2023 gây hậu quả đặc biệt nghiêm trọng với 56 người chết và mới đây nhất là vụ cháy tại chung cư mini Cầu Giấy, Hà Nội làm 14 người thiệt mạng.

Về nguyên nhân vấn đề cháy nổ nêu trên, trong cùng đánh giá liên quan này, bên cạnh nguyên nhân do vi phạm quy định về phòng cháy chữa cháy (PCCC) trong lĩnh vực xây dựng còn có nguyên nhân đến từ việc chủ quan, thiếu cảnh giác trong sử dụng các loại nguồn lửa, nhiệt và đặc biệt là sử dụng các thiết bị điện.

Một số công trình nghiên cứu trong nước có liên quan đã đề cập đến hệ thống giám sát báo cháy. Tác giả Vũ Văn Thanh [3] đã tập trung nghiên cứu hệ thống báo cháy ứng dụng cảm biến nhiệt hồng ngoại và camera. Một số kết quả bước đầu đã đạt được nhưng khả năng giám sát từ xa vẫn là hạn chế của nghiên cứu này. Trong một nghiên cứu khác của tác giả Phạm Ngọc Pha và các cộng sự [4], nhóm tác giả đã thiết kế, chế tạo hệ thống cảnh báo sớm đám cháy trong tòa nhà cao tầng sử dụng công nghệ học máy. Khả năng giám sát và cảnh báo cháy từ xa đã đạt được nhưng việc giám sát trạng thái kết nối đối của các cảm biến cháy vẫn chưa được công trình đề cập trong kết quả nghiên cứu. Một số công trình nghiên cứu trên thế giới cũng tiếp cận đến nghiên cứu giám sát và báo cháy từ xa [5-7]. Tuy nhiên những nghiên cứu này cũng chỉ dừng lại ở việc đề xuất mô hình, sản phẩm ở mức độ đơn giản, chưa có nhiều trạng thái cảnh báo cháy.

Qua tìm hiểu thực trạng và những nghiên cứu đã thực hiện, việc nghiên cứu, phát triển các công nghệ tiến bộ liên quan đến công tác PCCC nhằm đưa ra những cảnh báo sớm, ngay cả khi chưa có cháy xảy ra nhằm giảm thiểu rủi ro do cháy nổ là hết sức cần thiết và cấp bách [2]. Do đó, bài báo này sẽ tập trung nghiên cứu để thiết kế hệ thống giám sát từ xa cảnh báo cháy và trạng hoạt động của các đầu báo cháy nhằm phòng ngừa và giảm thiểu tổn thất do hỏa hoạn đối với các công trình dân dụng.

2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU

2.1. Thực trạng của các thiết bị báo cháy

Các yêu cầu và tiện ích mà thiết bị báo cháy cần đạt được:

- Cảnh báo sớm: Các thiết bị báo cháy cần đưa ra các cảnh báo sớm về sự cố liên quan đến cháy. Thông qua đó giúp cho người quản lý và vận hành nắm bắt kịp thời thông tin các sự cố có liên quan để từ đó có những phương án ứng phó và chữa cháy một cách có hiệu quả. Ngoài ra thiết bị báo cháy cũng cần định hướng di chuyển, cung cấp thông tin vị trí xảy ra cháy đối với đơn vị thực hiện công tác cứu nạn cũng như thông tin chỉ dẫn thoát nạn khi cần di tản người lúc có sự cố cháy xảy ra.

- Hoạt động liên tục: Khi có cháy xảy ra, các thiết bị đầu cuối cần có khả năng phát tín hiệu báo cháy tại chỗ cũng như có thể truyền tín hiệu về trung tâm giám sát. Thông qua đó có thể kích hoạt hệ thống chữa cháy tại chỗ nhằm định vị và dập tắt đám cháy. Ngoài ra, thông tin về sự cố liên quan đến cháy và tình trạng làm việc, kết nối của các đầu báo cháy cũng cần gửi tín hiệu về đơn vị quản lý chức năng để kịp thời ứng phó và xử lý.

- Thiết bị báo cháy không chịu ảnh hưởng, nhiều do các thiết bị khác. Ngoài ra thiết bị báo cháy cần thuận tiện phát triển và điều chỉnh khi cần thiết.

Một số loại thiết bị báo cháy đầu cuối thông dụng có trên thị trường được kể đến như nút ấn, chuông báo, đầu báo khói/nhiệt, còi báo, đèn báo định vị, tủ trung tâm...



Hình 1. Một số loại thiết bị báo cháy

Với những đánh giá ở Mục 1 và phân tích ở Mục 2.1, qua khảo sát, tìm hiểu các thiết bị báo cháy nhận thấy một số tồn tại và hạn chế như:

- Đối với các đầu báo cháy thể hệ cũ thì việc kết nối với tủ trung tâm báo cháy bằng dây dẫn khó đáp ứng được hiệu quả lắp đặt và vận hành. Ngoài ra các tủ trung tâm báo cháy cũng chỉ dừng lại giám sát cục bộ tại các địa điểm riêng biệt.

- Đối với các đầu báo cháy thể hệ mới (không dây) thì việc vận hành là đơn lẻ cũng như chưa có sự kết nối với tủ trung tâm báo cháy.

Do đó việc nghiên cứu, thiết kế hệ thống trung tâm giám sát và báo cháy có khả năng kết nối các đầu báo cháy không dây riêng lẻ thông qua một trung tâm giám sát tổng thể là điều cần thiết và có ý nghĩa thời sự. Điều

này một mặt nhằm đưa ra những thông báo nhanh chóng khi có hỏa hoạn xảy ra, mặt khác kịp thời kiểm tra, bảo dưỡng, thay thế các đầu báo cháy khi có hư hỏng và sự cố.

2.2. Các ứng dụng trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, việc lập trình cho Arduino Uno R3 và ESP8266 được thực hiện bằng ngôn ngữ C thông qua môi trường phát triển Arduino IDE. Ngôn ngữ này không chỉ được quan tâm trong việc phát triển các ứng dụng mà còn được sử dụng rộng rãi trong thiết kế các chương trình hệ thống [1]. Bên cạnh đó, Arduino IDE là một ứng dụng sẽ được kết hợp nhằm hỗ trợ người dùng trong quá trình viết mã, biên dịch và nạp mã lên các board Arduino. Giao diện của IDE có cấu trúc gần gũi và thân thiện với người dùng. Arduino IDE có khả năng tùy chọn linh hoạt trong việc lựa chọn các cảm biến và linh kiện của Arduino cho mục đích liên quan.

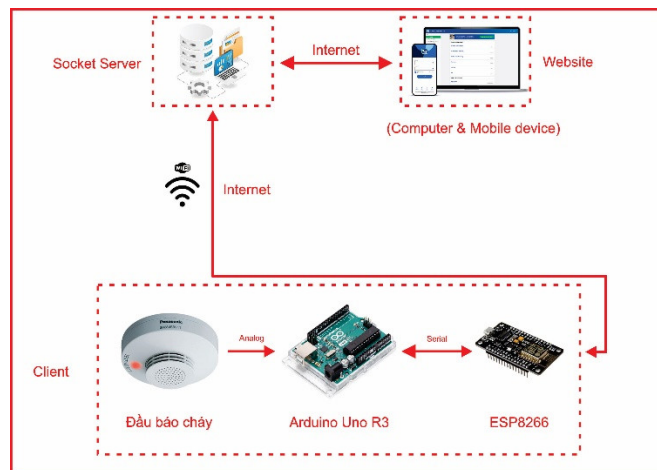
Ngoài ra, việc lập trình cho Webserver sử dụng ngôn ngữ lập trình Node.js. Node.js được biết đến là nền tảng độc lập được xây dựng trên môi trường thực thi Javascript cực kỳ nhanh chóng của trình duyệt Chrome. Node.js cho phép thiết kế ứng dụng mạng một cách linh hoạt và dễ dàng phát triển. Phần lõi của Node.js được lập trình chủ yếu bằng ngôn ngữ C++ nên đạt được hiệu suất xử lý tốt và tốc độ cao. Các chương trình được xây dựng bằng Node.js thường có khả năng xử lý nhanh chóng và hoạt động theo thời gian thực. Node.js thích hợp cho các sản phẩm có số lượng truy cập nhiều, đòi hỏi sự linh hoạt trong công nghệ và cần phát triển. Trong phạm vi của nghiên cứu này, Node.js được sử dụng để xử lý yêu cầu thời gian thực từ các cảm biến đầu cuối của các đầu báo cháy.

Bên cạnh đó, ngôn ngữ PHP cũng được sử dụng để phát triển cho Webserver. PHP là một ngôn ngữ lập trình được sử dụng phổ biến để xây dựng các ứng dụng web cho máy chủ. Ngôn ngữ này chạy trên máy chủ và tạo ra mã HTML đối với trình duyệt của người dùng. PHP gần gũi và tương thích tốt với các ngôn ngữ lập trình khác nhau và với mọi trình duyệt web. Trong nghiên cứu này, PHP được áp dụng để lập trình các chức năng quản lý người dùng, lịch sử vận hành, hướng dẫn người sử dụng (Help)... của Webserver.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Như các vấn đề đã trình bày ở Mục 2.1, với thực trạng thiết bị và các hệ thống báo cháy, bài báo tập trung nghiên cứu mô hình và cấu trúc hệ thống trung tâm giám sát và báo cháy (hình 2) với quy trình, cách thức thu thập và xử lý dữ liệu như sau:

- Quy trình thiết kế hệ thống gồm các bước:
 - + Thiết kế lắp đặt thiết bị cảm biến đầu cuối tích hợp giữa đầu báo cháy phổ biến trên thị trường với Module Arduino Uno R3 và Module ESP8266.
 - + Thiết kế trung tâm giám sát.
 - + Khai báo thông tin quản lý người dùng, thông tin quản lý các cảm biến.
 - + Thử nghiệm và hiệu chỉnh.
- Thành phần cấu trúc của hệ thống bao gồm trung tâm giám sát và thiết bị cảm biến đầu cuối. Trung tâm giám sát là Webserver được xây dựng với tùy chọn sử dụng trên máy tính hoặc thiết bị Mobile. Thiết bị cảm biến đầu cuối là các đầu báo cháy phổ biến trên thị trường được tích hợp thêm các Module Arduino Uno R3 và các Module ESP8266. Do đó, thiết bị cảm biến đầu cuối sẽ có khả năng truyền thông không dây với trung tâm giám sát.
- Module Arduino Uno R3 thu thập trạng thái hoạt động của đầu báo cháy sau đó xử lý và gửi dữ liệu đến Module ESP8266 giao tiếp thông qua chuẩn UART. Tiếp đó, ESP8266 xử lý tín hiệu nhận được và gửi dữ liệu lên Webserver thông qua kết nối mạng không dây Wifi. ESP8266 và Webserver giao tiếp với nhau thông qua thư viện Socket.IO được xây dựng bởi ngôn ngữ lập trình Node.js.
- Webserver có khả năng giám sát từ xa các đầu báo cháy trong thời gian thực, nhận và lưu dữ liệu về lịch sử trạng thái cảnh báo, trạng thái kết nối. Webserver có thể được lắp đặt tại các đơn vị chức năng với nhiệm vụ giám sát về công tác PCCC.



Hình 2. Mô hình và cấu trúc đề xuất của trung tâm giám sát và báo cháy

Đầu báo cháy tích hợp sẽ được bổ sung lắp đặt tại các công trình dân dụng và dịch vụ. Với sự bổ sung này một mặt sẽ không làm ảnh hưởng đến kết cấu lắp đặt các của các đầu báo cháy đơn lẻ cũng như các hệ thống báo cháy

hiện có, mặt khác giúp linh hoạt trong quá trình nâng cấp và tiết kiệm kinh phí đầu tư.

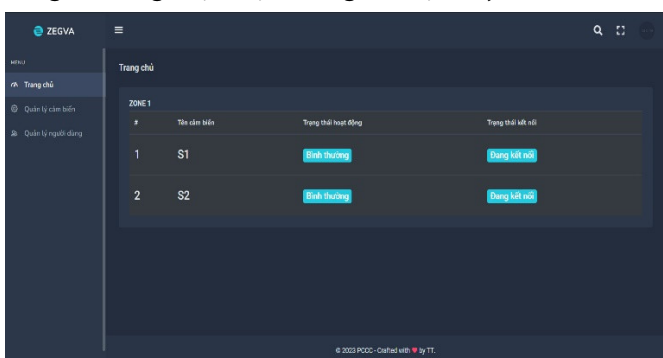
Về vấn đề nhiễu, hệ thống dùng Module ESP8266 để kết nối wifi trong truyền nhận dữ liệu, băng tần sử dụng của Module này là 2.4GHz nên có chịu ảnh hưởng nhưng không đáng kể (hầu như rất ít) đến sự làm yếu sóng wifi tới Module ESP8266 nếu chỗ lắp đặt thiết bị có các thiết bị điện tử như radio, tivi, lò vi sóng...



Hình 3. Một vị trí lắp đặt thực tế của đầu báo cháy tích hợp trong nghiên cứu. Một số trạng thái của hệ thống được xây dựng như:

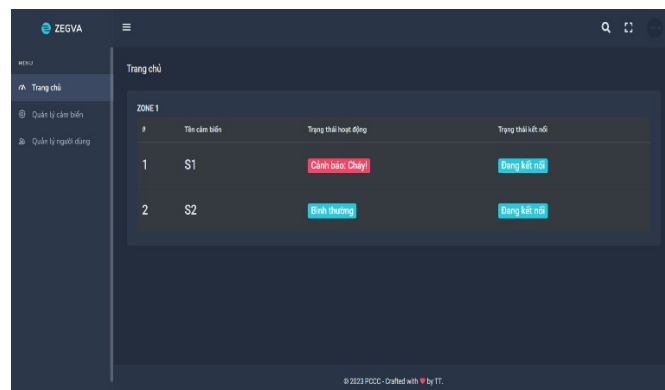
- Trạng thái hoạt động của đầu báo cháy: Bình thường, sự cố (lỗi thiết bị, pin yếu) và cảnh báo có cháy.
- Trạng thái kết nối giữa đầu báo cháy và Webserver: Đang kết nối, mất kết nối. Trạng thái kết nối của thiết bị được xác định thông qua kết nối Socket.IO phía Webserver. Mỗi một client khi kết nối với Webserver đều được cấp 1 Socket Id riêng giúp quá trình thu thập dữ liệu và quản lý tín hiệu từ các Client được thực hiện tốt hơn.

Hình 4 hiển thị về giao diện chính của chương trình giám sát tại Webserver trung tâm. Giao diện này được lập trình bằng ngôn ngữ PHP với hệ cơ sở dữ liệu MySQL được sử dụng để quản lý dữ liệu hệ thống. Cửa sổ giao diện chương trình hiển thị thông tin về thông số chi tiết của các đầu báo cháy tại các vị trí của các khu vực khác nhau. Các tùy chọn xem trạng thái các đầu báo cháy theo từng khu vực hoặc tùy chọn xem tất cả các đầu báo cháy cũng dễ dàng thực hiện trên giao diện này.



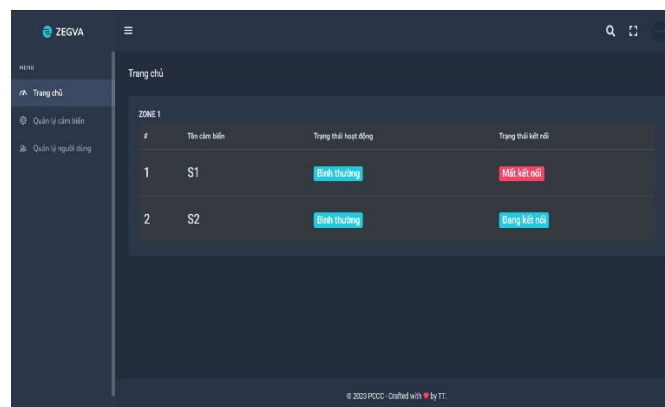
Hình 4. Trạng thái "Không có cảnh báo cháy", các đầu báo cháy và Webserver "Đang kết nối tốt"

Trong quá trình hoạt động, hệ thống có thể giám sát cảnh báo cháy và tình trạng kết nối kết nối giữa các đầu báo cháy và Webserver. Hình 5 cho thấy có cảnh báo cháy tại đầu báo S1, các đầu báo cháy và Webserver vẫn đang ở trạng thái kết nối ổn định. Đây là trạng thái khả năng cháy đang xuất hiện tại khu vực đầu báo S1 nên cần phải có biện pháp chữa cháy kịp thời và nhanh chóng.



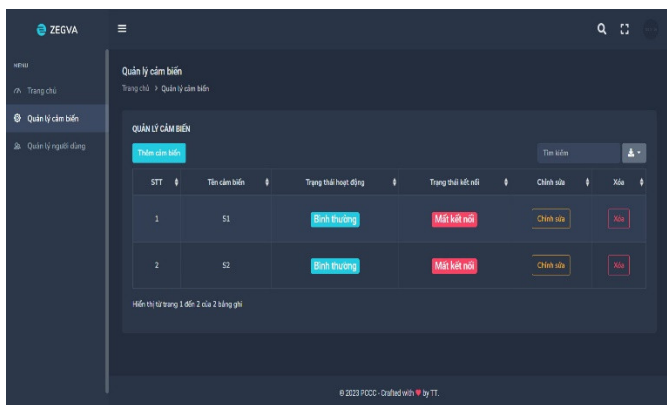
Hình 5. Trạng thái "Có cảnh báo có cháy" tại đầu báo cháy S1, các đầu báo cháy và Webserver "Đang kết nối tốt"

Ngoài ra, hệ thống này còn có thể giám sát được trạng thái không có cháy nhưng đầu báo cháy S1 và Webserver đang mất kết nối như hình 6. Đây là trạng thái đã mất kết nối tại đầu báo cháy S1 với trung tâm giám sát, nguyên nhân có thể do đầu báo cháy hết pin, đầu báo cháy hỏng hoặc mạng Wifi có sự cố... Cần có những kiểm tra, sửa chữa và thay thế kịp thời nhằm nâng cao độ tin cậy của các đầu báo cháy trong quá trình làm việc.



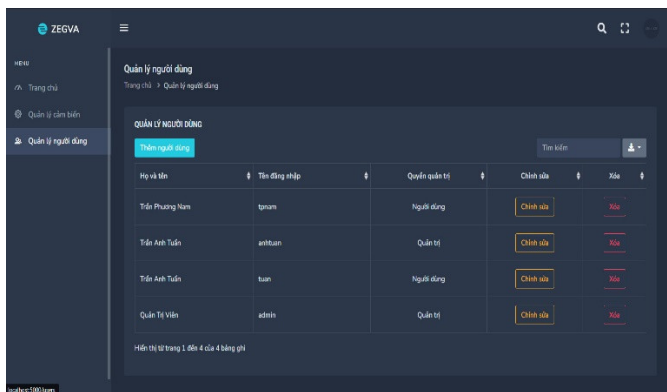
Hình 6. Trạng thái "Không có cảnh báo cháy", đầu báo cháy S1 và Webserver "Mất kết nối"

Bên cạnh đó, hệ thống còn có thể quản lý các đầu báo cháy qua các chức năng thêm, xóa hoặc chỉnh sửa thông tin về dữ liệu các đầu báo cháy (hình 7). Trong thực tế vận hành các đầu báo cháy thường xuyên được bổ sung, cập nhật nên chức năng này sẽ giúp ích cho việc điều chỉnh và phát triển hệ thống được thuận tiện. Việc quản lý chức năng sẽ được phân quyền đến quản trị viên có liên quan.



Hình 7. Giao diện quản lý cảm biến

Việc phân quyền quản trị viên hoặc người dùng sẽ được thể hiện qua chức năng quản lý người dùng (hình 8). Các thông tin cần khai báo về người dùng mới bao gồm tên người dùng, mật khẩu, quyền quản trị. Việc khai báo người dùng mới sẽ được quản trị viên thực hiện và gửi thông tin. Dữ liệu khai báo của người dùng sẽ được xác nhận trong quá trình hoạt động của hệ thống thông qua việc đăng nhập. Thông tin thay đổi về người dùng cũng có thể được cập nhật trong chức năng này. Bên cạnh đó việc xóa một người dùng cũng được thực hiện dễ dàng trong quyền quản trị. Với chức năng quản lý người dùng này sẽ đảm bảo sự phân quyền và tính bảo mật trong vận hành hệ thống.



Hình 8. Giao diện quản lý người dùng

Bảng 1. Xuất thông tin về lịch sử giám sát

A	B	C	D	E
STT	Tên cảm biến	Trạng thái hoạt động	Trạng thái kết nối	Thời gian
1	S1	Bình thường	Đang kết nối	24/05/2024 09:49
2	S2	Cảnh báo: Cháy!	Đang kết nối	25/05/2024 23:02
3	S3	Bình thường	Mất kết nối	26/05/2024 06:47

4	S2	Bình thường	Mất kết nối	27/05/2024 07:28
5	S2	Cảnh báo: Cháy!	Đang kết nối	28/05/2024 07:28

Ngoài ra, hệ thống còn có khả năng lưu trữ dữ liệu và xuất thông tin về trạng thái giám sát hoạt động và kết nối của các cảm biến báo cháy tại các thời điểm khác nhau. Quá trình xuất thông tin được thực hiện theo định dạng Excel như bảng 1.

4. KẾT LUẬN

Với những kết quả đạt được ở trên, tác giả đã nghiên cứu, thiết kế thành công hệ thống trung tâm giám sát, báo cháy nhằm phòng ngừa và giảm thiểu tổn thất do hỏa hoạn với các kết quả ghi nhận như sau:

- Hệ thống được truyền thông trong thời gian thực. Giao tiếp giữa trung tâm giám sát và các đầu báo cháy không dây được thực hiện thông qua Webserver thông qua công nghệ không dây.

- Hệ thống có khả năng giám sát, báo cháy từ xa thông qua Webserver được xây dựng với tùy chọn sử dụng trên máy tính hoặc thiết bị Mobile với khoảng cách đến người điều hành là không phụ thuộc cũng như số lượng các đầu báo cháy cuối được giám sát là không có giới hạn.

- Hệ thống đã xây dựng được các chế độ giám sát, cảnh báo với các trạng thái đa dạng như: "Không có cảnh báo cháy", "Cảnh báo có cháy", đầu báo cháy và Webserver "Đang kết nối tốt", đầu báo cháy và Webserver "Mất kết nối".

- Hệ thống còn có chức năng mở rộng số lượng các đầu báo cháy và chức năng quản lý người dùng.

- Hệ thống có khả năng lưu trữ dữ liệu về lịch sử hoạt động. Việc mở rộng, nâng cấp và bảo trì hệ thống là hoàn toàn thuận tiện và chủ động. Điều này giúp ích trong việc vận hành hệ thống đạt được hiệu quả cao.

Bên cạnh những kết quả trên của nghiên cứu, hướng phát triển tiếp theo có thể nghiên cứu tích hợp hệ thống giám sát, báo cháy với hệ thống chữa cháy nhằm xây dựng hệ thống báo cháy và hệ thống chữa cháy tự động và đồng bộ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ngô Dien Tap, *Microcontroller with C programming*. Science and Technics Publishing House, Hanoi, 2006. (in Vietnamese)

- [2]. <http://canhsatpccc.gov.vn/ArticlesDetail/tabid/193/cateid/1172/id/22312/language/vi-VN/Default.aspx> (in Vietnamese)
- [3]. Vu Van Thanh, "A study of fire alarm system in applying infrared thermometer sensors and cameras," *University of Danang - Journal of Science and Technology*, 1 (98), 65-68, 2016. (in Vietnamese)
- [4]. Pham Ngoc Pha, Nguyen Trong Hieu, Nguyen Viet Thang, Nguyen Truong Son, Quach Cong Hoang, Pham Minh Trien, "Design and implementation of fire early warning system in in-building infrastructure based on deep learning," *Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry*, 56, 2, 49-55, 2020. (in Vietnamese)
- [5]. Xu Fang, Zhang Di, Wang Jun, "Fire Safety Management Information System Design for Key Social Organizations," In *Proceedings of the Fifth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications*, Hunan, China, 2014.
- [6]. Chuntang Zhang, Junqiang Li, "Fire monitoring system design based on ZigBee wireless network technology," In *Proceedings of the World Automation Congress 2012*, Puerto Vallarta, Mexico, 2012.
- [7]. Shuling Ma, Shaoguo Sun, Tingwu Yang, "Study on Remote Monitoring System of Fire Fighting, International Conference on Control," In *Proceedings of Automation and Systems Engineering (CASE)*, Singapore, 2011.

AUTHOR INFORMATION

Tran Phuong Nam

Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Hue Industrial College,
Vietnam