

MÔ PHÒNG VÀ ĐIỀU KHIỂN KẾT NỐI CÁC THIẾT BỊ TRONG NHÀ THÔNG MINH THÔNG QUA MẠNG WIFI VÀ MẠNG DI ĐỘNG

Ngô Văn Tiến Đạt, Nguyễn Lê Đăng Quang,
Vương Quang Phước, Hồ Đức Tâm Linh*

Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: hdtlinh@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/12/2024; ngày hoàn thành phản biện: 18/12/2024; ngày duyệt đăng: 25/12/2024

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi thiết kế và mô phỏng việc kết nối và điều khiển một tập các thiết bị IoT (Internet of Things) trong nhà thông qua mạng Wifi hoặc mạng thông tin di động. Ngôi nhà được thiết kế thông minh giúp cho chủ sở hữu khả năng tùy chỉnh, giám sát và theo dõi các thông số môi trường trong nhà một cách linh hoạt. Dựa trên phần mềm mô phỏng Packet Tracer 8.2.2 của hãng Cisco, chúng tôi xây dựng ba kịch bản tương ứng với ba ứng dụng khác nhau cho hoạt động của ngôi nhà thông minh. Kết quả chỉ ra rằng, các thiết bị trong nhà có thể kết nối và điều khiển thành công trong cả hai trường hợp có người điều khiển hoặc hoạt động tự động dựa trên các điều kiện lập trình định trước.

Từ khóa: Packet Tracer, IoT, nhà thông minh.

1. MỞ ĐẦU

Internet of Thing (IoT) được hiểu một cách đơn giản là mạng kết nối và điều khiển các thiết bị và cảm biến thông minh thông qua mạng Internet [1]. Các thiết bị và cảm biến này có thể được sử dụng để thu thập và chia sẻ dữ liệu trong cùng một mạng nội bộ hoặc mạng bên ngoài [2].

IoT đã trở nên phổ biến nhờ sự phát triển của các bộ vi xử lý nhỏ gọn với khả năng kết nối linh hoạt giữa các thiết bị lại với nhau. Bên cạnh đó, các cảm biến cũng được nghiên cứu và sản xuất hàng loạt, đóng góp vào sự phát triển rộng rãi các ứng dụng IoT trong các lĩnh vực khác nhau của đời sống như: Năng lượng thông minh, sức khỏe thông minh, sản xuất thông minh, thành phố thông minh hay nhà thông minh [3-5].

Mặc dù IoT đã dần trở nên phổ biến trong các công ty, tập đoàn lớn, chủ quản lý có thể mua các gói thiết bị IoT sẵn có về sử dụng cho công ty. Tuy nhiên, các thiết bị IoT trên thị trường vẫn còn hạn chế về chức năng và giá thành cao nên đây là một rào cản khá lớn cần phải vượt qua để IoT có thể được chấp nhận sử dụng rộng rãi đến tận các hộ gia đình. Vì vậy, việc nghiên cứu và phát triển các chức năng tùy biến của thiết bị IoT vẫn cần tiếp tục phát triển mạnh mẽ hơn nữa. Như chúng ta đã biết, để phát triển các thiết bị IoT theo nhu cầu cá nhân hoá của từng người, nhà phát triển đòi hỏi phải đầu tư một số lượng lớn các thiết bị vật lý, cấu hình riêng từng thiết bị và chạy thử nghiệm nhiều lần để đạt được kết quả mong muốn. Điều này sẽ làm tăng giá thành thiết bị rất cao. Vì vậy, việc lựa chọn một công cụ mô phỏng để triển khai ý tưởng trước khi bắt tay mua sắm thiết bị để làm thực tế là một hướng được nhiều nhà phát triển lựa chọn.

Cisco là một công ty hàng đầu thế giới về thiết bị mạng và giải pháp mạng. Công ty đã phát triển phần mềm Packet Tracer cho phép người sử dụng miễn phí để có thể mô phỏng và thiết kế các mô hình kết nối IoT dựa trên một số lượng rất lớn các thiết bị IoT sẵn có [6]. Đây là điểm khác biệt so với các phần mềm hiện có trên thị trường. Ngoài ra, một đặc điểm nổi bật khác của phần mềm là có thể tự tạo ra một thiết bị IoT với cấu hình riêng theo ý người sử dụng. Phần mềm có thể hỗ trợ lên đến 3 ngôn ngữ lập trình: Python, Java Script và Visual Blockly [7].

Hiện tại đã có một số lượng đáng kể các công trình nghiên cứu được công bố về các ứng dụng và giải pháp liên quan đến sử dụng phần mềm Packet Tracer của hãng Cisco. Ví dụ, trong bài báo [8-9] chỉ tập trung điều khiển các thiết bị trong nhà trong cùng một mạng nội bộ thông qua sóng Wifi. Một ví dụ khác [10] đã mở rộng điều khiển các thiết bị thông qua mạng di động bên ngoài, tuy nhiên số lượng thiết bị và các kịch bản điều khiển chưa đa dạng.

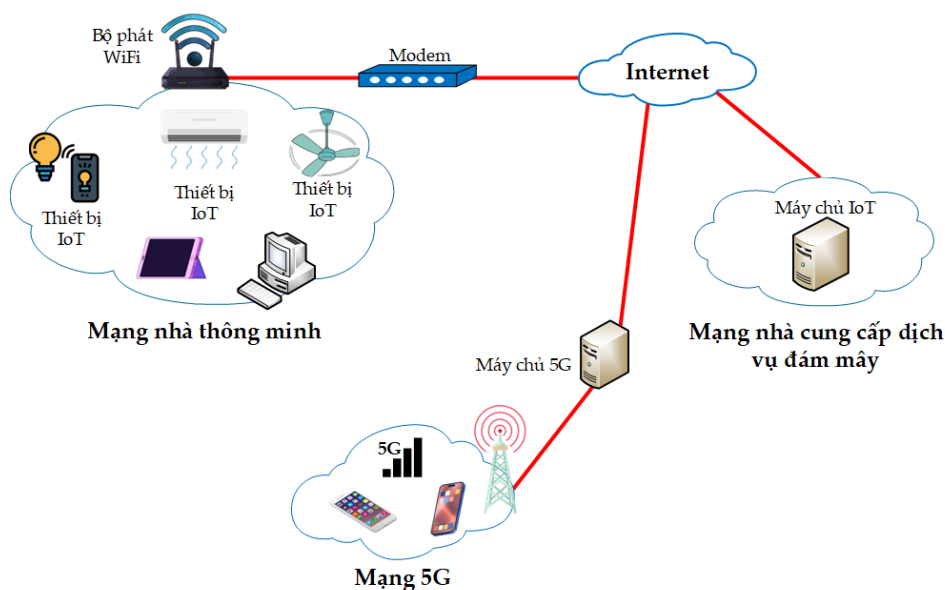
Trong bài báo này, chúng tôi thiết kế và mô phỏng nhà thông minh hỗ trợ đa dạng nhiều thiết bị IoT hơn, đặc biệt là khả năng kết nối với mạng di động bên ngoài để quản lý và điều khiển các thiết bị IoT này. Cụ thể, chúng tôi đã xây dựng ba kịch bản cho hoạt động của ngôi nhà thông minh. Kịch bản thứ nhất là xây dựng hệ thống cảm biến tự động để đo các thông số môi trường và có khả năng hiển thị trên màn hình điện thoại di động hoặc màn hình riêng bố trí trong nhà. Kịch bản thứ hai là xây dựng hệ thống đóng mở cửa tự động cho garage xe. Và kịch bản cuối cùng là xây dựng hệ thống camera an ninh, cảnh báo sự xâm nhập trái phép của các đối tượng không mong muốn.

2. THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG NHÀ THÔNG MINH

2.1. Sơ đồ tổng quát điều khiển hệ thống nhà thông minh

Mô hình hoạt động của nhà thông minh được điều khiển thông qua mạng nội bộ hoặc mạng bên ngoài được chỉ ra ở (Hình 1). Hệ thống triển khai bao gồm bốn phần như sau: mạng nhà thông minh, mạng Internet, máy chủ IoT của nhà cung cấp dịch vụ và mạng di động 5G.

Trong mô hình này, mạng nhà thông minh (LAN) gồm các thiết bị IoT khác nhau được kết nối với Home Gateway (bộ định tuyến Wi-Fi gia đình). Đây là trung tâm điều khiển và liên lạc nội bộ của các thiết bị IoT trong nhà. Phần thứ hai của hệ thống là mạng diện rộng (WAN) được kết nối với bộ định tuyến Wi-Fi gia đình thông qua Modem để cung cấp kết nối Internet cho các thiết bị IoT. Tiếp đến là máy chủ IoT, đây là nơi đăng ký của tất cả các thiết bị IoT để thông qua nó có thể quản lý thiết bị, tự động hoá điều khiển và lưu trữ dữ liệu. Cuối cùng là hệ thống mạng bên ngoài liên kết đến mạng nội bộ bên trong nhà. Tại đây, điện thoại thông minh được kết nối với tháp di động qua mạng 5G để kết nối Internet giúp truy cập từ xa vào các thiết bị trong nhà. Điều này mang lại khả năng kiểm soát và giám sát thiết bị cho dù ở bất kỳ đâu.



Hình 1. Sơ đồ tổng quát hệ thống nhà thông minh điều khiển qua mạng wifi và mạng di động.

2.2. Cấu hình thiết bị

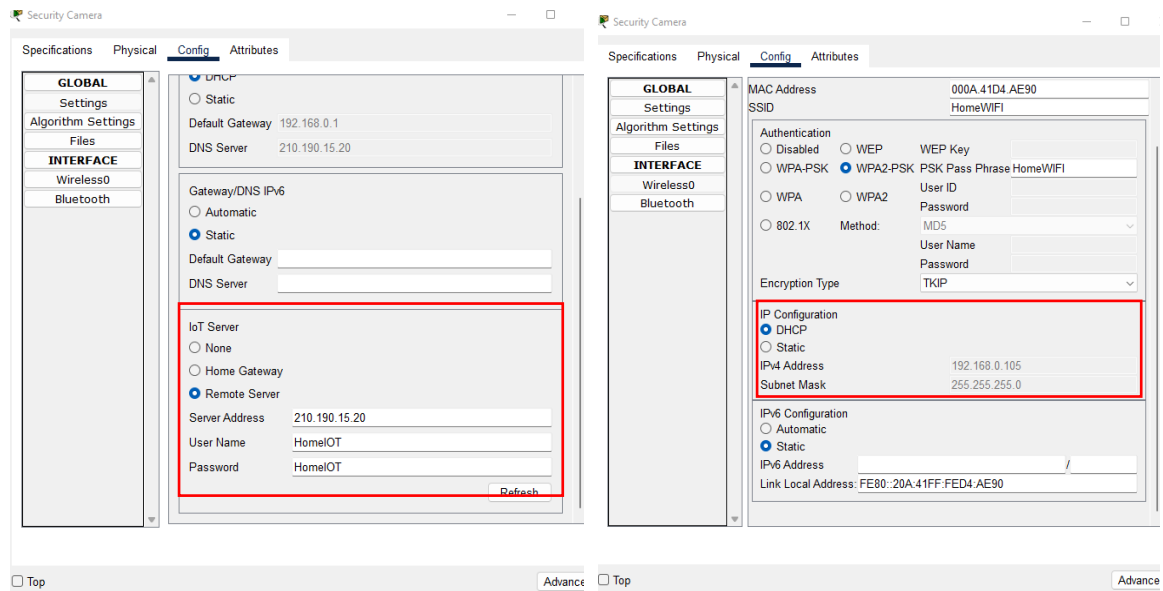
Trong thiết kế nhà thông minh này, thiết bị điều khiển (máy tính bảng) chỉ cần kết nối đến mạng nội bộ không dây WLAN (Wireless Local-Area Network) là có thể điều khiển các thiết bị IoT trong nhà (Hình 2). Sau khi mạng WLAN được thiết lập, các hoạt động của hệ thống IoT sẽ do một nhà cung cấp dịch vụ đám mây bên thứ ba quản lý, thông qua máy chủ đặt ở mạng bên ngoài. Điều này có nghĩa là các thiết bị IoT

trong nhà sẽ kết nối và giao tiếp với máy chủ từ xa qua Internet. Bên cạnh đó, chủ nhà còn có thể truy cập trang điều khiển, quản lý các thiết bị của hệ thống IoT từ xa bằng điện thoại di động thông qua mạng 5G.

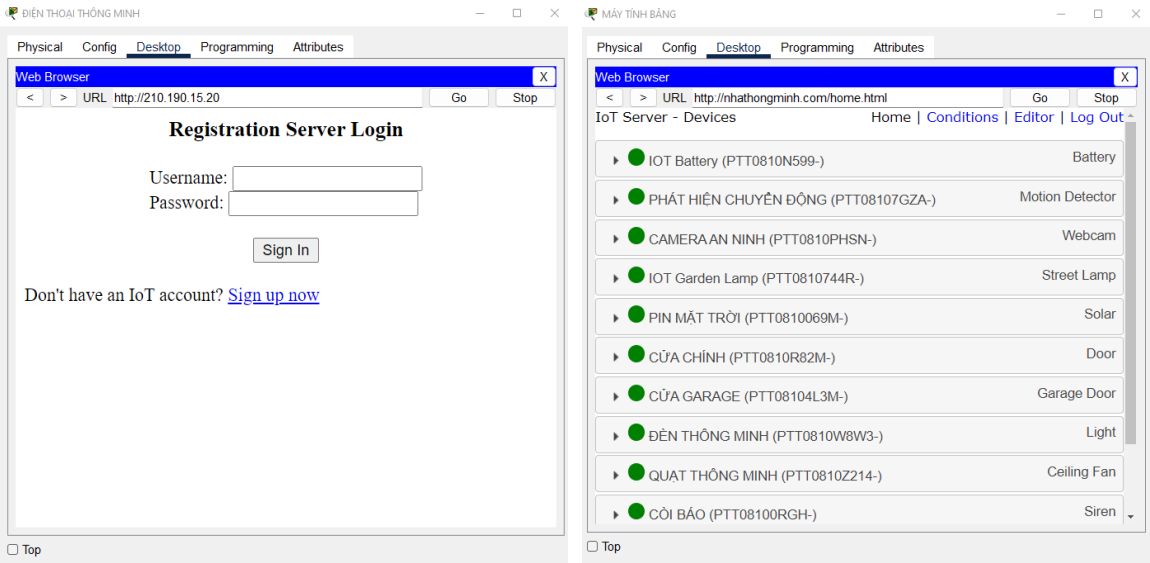


Hình 2. Sơ đồ mô phỏng kết nối các thiết bị IoT trong nhà.

Trong thiết lập này, các thiết bị IoT trong nhà nhận địa chỉ mạng tự động nhờ dịch vụ DHCP được cài đặt trên Home Gateway. Để làm được điều này, Home Gateway phải được cấu hình là máy chủ DHCP để cung cấp địa chỉ IP cho các thiết bị IoT trong dải địa chỉ 192.168.0.0/24. Sau khi kết nối, các thiết bị IoT sẽ đăng ký kết nối với máy chủ IoT từ xa để quản lý và điều khiển (Hình 3).



Hình 3. (a) Thiết lập máy chủ IoT; (b) Thiết bị IoT nhận địa chỉ IP từ máy chủ.



Hình 4. (a) Màn hình đăng nhập vào máy chủ trên điện thoại thông minh; (b) Danh sách các thiết bị được quản lý trên máy chủ IoT.

Dưới đây là bảng địa chỉ IP của các thiết bị IoT nhận được địa chỉ IP từ máy chủ.

Bảng 1. Địa chỉ IP của các thiết bị IoT trong nhà thông minh

Thiết bị IoT	Cổng kết nối	Địa chỉ IP	Home Gateway	DNS máy chủ IoT
Tấm pin mặt trời	FE3	192.168.0.109	192.168.0.1	210.190.15.20
Ắc - quy	Wireless0	192.168.0.113	192.168.0.1	210.190.15.20
Đèn thông minh	Wireless0	192.168.0.100	192.168.0.1	210.190.15.20
Đèn đường	Wireless0	192.168.0.105	192.168.0.1	210.190.15.20
Cửa thông minh	Wireless0	192.168.0.111	192.168.0.1	210.190.15.20
Màn hình nhiệt độ	Wireless0	192.168.0.110	192.168.0.1	210.190.15.20
Quạt thông minh	Wireless0	192.168.0.101	192.168.0.1	210.190.15.20
Cửa garage	Wireless0	192.168.0.104	192.168.0.1	210.190.15.20
Điều hoà	Wireless0	192.168.0.103	192.168.0.1	210.190.15.20
Phát hiện chuyển động	Wireless0	192.168.0.107	192.168.0.1	210.190.15.20
Camera an ninh	Wireless0	192.168.0.108	192.168.0.1	210.190.15.20
Còi báo	Wireless0	192.168.0.102	192.168.0.1	210.190.15.20

Điện thoại thông minh hoặc máy tính bảng có thể điều khiển và quản lý các thiết bị IoT trong nhà thông qua ứng dụng Web tại địa chỉ “*nhathongminh.com*” hoặc truy cập trực tiếp tại địa chỉ 210.190.15.20/24.

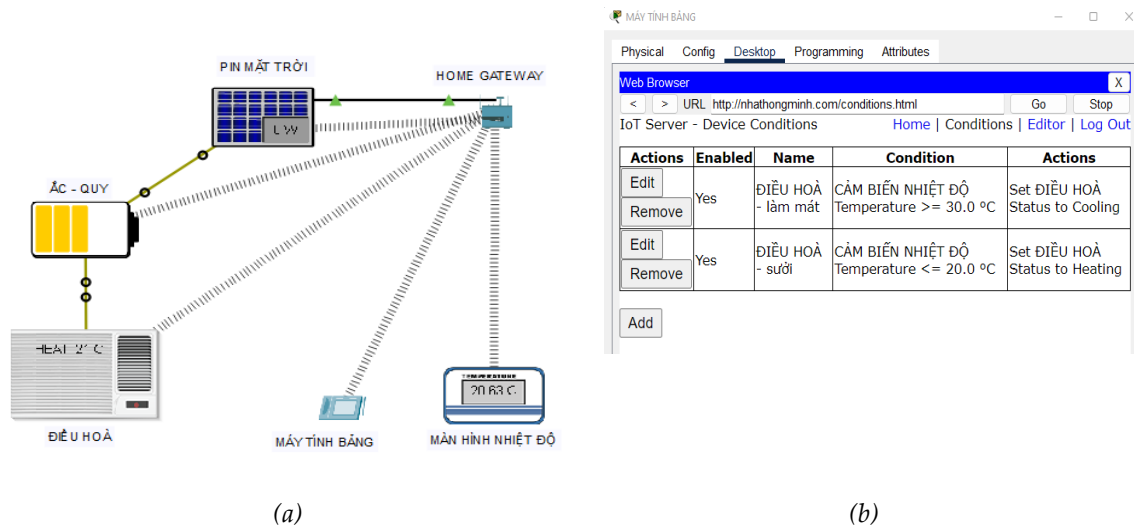
Tại màn hình đăng nhập, người sử dụng phải đăng nhập đúng tên người dùng và mật khẩu do người quản trị hệ thống cung cấp, hệ thống sẽ hiển thị danh sách tất cả các thiết bị IoT đã đăng ký với máy chủ IoT. Ngoài ra, các thông tin trạng thái của thiết bị IoT cũng được hiển thị trên màn hình (**Hình 4**). Từ đó, người dùng có thể dễ dàng tương tác và điều khiển các thiết bị thông qua giao diện trực quan này.

3. KẾT QUẢ THỰC HIỆN

3.1. Hệ thống điều khiển nhiệt độ tự động

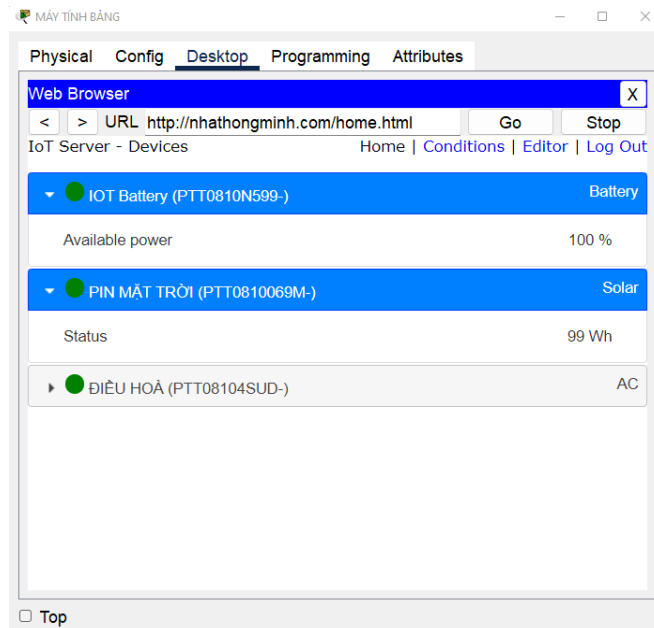
Kịch bản này thiết lập một hệ thống cảm biến có khả năng đo nhiệt độ và đưa ra quyết định bật tắt điều hoà để đảm bảo ngôi nhà luôn giữ ở một ngưỡng nhiệt độ ổn định. Khi nhiệt độ đo được từ cảm biến vượt quá ngưỡng cài đặt 30 độ C thì điều hoà sẽ tự động bật chức năng làm mát để giảm nhiệt độ trong nhà. Ngược lại, khi nhiệt độ trong nhà xuống dưới 20 độ C thì điều hoà chuyển sang chế độ sưởi ấm để tăng nhiệt độ trong nhà. Bên cạnh đó, người dùng cũng có thể theo dõi được nhiệt độ trong nhà hiện tại thông qua màn hình hiển thị nhiệt độ lắp đặt trong nhà hoặc qua ứng dụng trên máy tính bảng (**Hình 5**).

Để tiết kiệm chi phí và năng lượng điện sử dụng, hệ thống này được lắp đặt thêm một tấm pin mặt trời và ắc-quy lưu trữ điện. Vào ban ngày khi mặt trời chiếu sáng, tấm pin mặt trời hấp thụ ánh sáng và chuyển hoá thành điện năng, sau đó được lưu trữ trong ắc-quy để sử dụng khi cần thiết.



Hình 5. (a) Hệ thống điều khiển nhiệt độ tự động; (b) Thiết lập điều kiện hoạt động nhiệt độ.

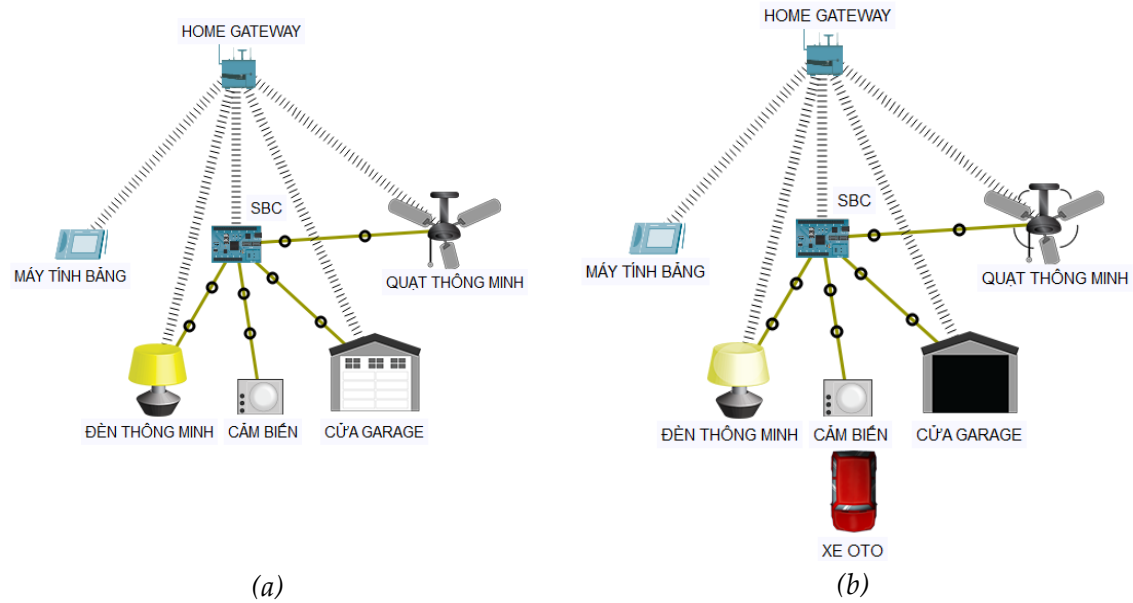
Đồng thời, người dùng có thể theo dõi lượng điện mà pin mặt trời sản xuất ra được và lượng điện còn lại trong ắc-quy theo thời gian thực từ trang web IoT (**Hình 6**).



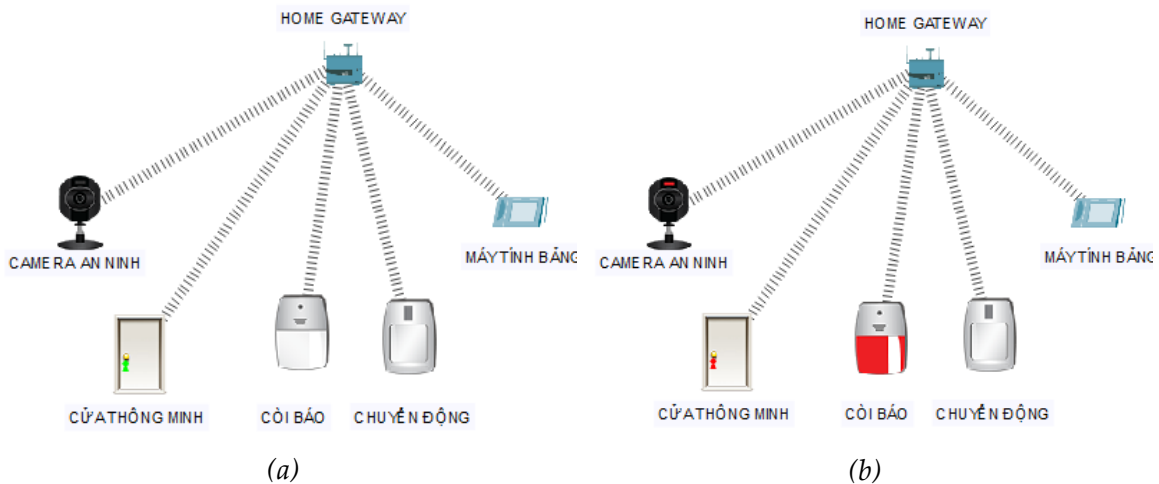
Hình 6. Giám sát lượng điện được sản xuất và lưu trữ qua giao diện máy tính bảng.

3.2. Hệ thống đóng, mở cửa garage tự động

Hệ thống đóng, mở cửa garage tự động cho phép tự động hoá hoàn toàn việc đóng, mở cửa mà không cần thao tác thủ công (**Hình 7**). Nhờ có cảm biến chuyển động, cửa garage có thể tự động mở khi phát hiện xe hoặc người đến gần. Đồng thời, hệ thống đèn và quạt được tích hợp cũng sẽ kích hoạt để cung cấp ánh sáng và làm thoáng không khí, mang lại sự tiện nghi tối đa cho người sử dụng. Khi không còn phát hiện chuyển động, cửa garage sẽ tự động đóng lại, đồng thời tắt đèn và quạt, giúp tiết kiệm năng lượng.



Hình 7. (a) Trạng thái khi không có xe ô tô; (b) Trạng thái khi có xe ô tô.



Hình 8. (a) Trạng thái khi không phát hiện chuyển động; (b) Trạng thái khi phát hiện chuyển động.

3.3. Hệ thống phát hiện chuyển động và cảnh báo

Hệ thống phát hiện chuyển động là một ứng dụng IoT phổ biến, giúp tự động hóa và nâng cao an ninh cho ngôi nhà của người sử dụng. Hệ thống bao gồm cảm biến chuyển động, camera an ninh và còi báo động (Hình 8). Khi cảm biến phát hiện chuyển động trong phạm vi đã thiết lập, nó gửi tín hiệu đến Home Gateway để kích hoạt thiết bị còi báo động (hiển thị màu đỏ), đồng thời camera an ninh sẽ bật chế độ ghi hình. Để mô phỏng cho phát hiện chuyển động, chúng tôi thiết lập con trỏ chuột trên màn hình để tạo ra sự di chuyển tương ứng như một người đang xâm nhập trái phép.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã thực hiện thành công xây dựng mô phỏng một hệ thống nhà thông minh với khả năng tự động hoá của các thiết bị IoT trong nhà. Đồng thời, người sử dụng có thể quản lý và điều khiển các thiết bị IoT từ xa ở mọi lúc mọi nơi.

Kết quả đạt được cho thấy các hệ thống IoT không chỉ mang lại sự tiện nghi, an toàn mà còn hỗ trợ tiết kiệm năng lượng và nâng cao hiệu quả quản lý trong nhà thông minh.

Ngoài ra, chúng tôi nhận thấy rằng, sử dụng phần mềm mô phỏng Packet Tracer để mô phỏng mang lại nhiều lợi ích đáng kể, giúp giảm chi phí và rủi ro trước khi triển khai thực tế các hệ thống IoT. Hơn nữa, phần mềm này còn hỗ trợ đào tạo, nghiên cứu một cách trực quan giúp người học có thể tiếp cận và thực hành dễ dàng hơn. Trong tương lai, chúng tôi sẽ tiếp tục nghiên cứu mở rộng các ứng dụng vào trong các lĩnh vực khác nhau của IoT như nông nghiệp thông minh, công nghiệp thông minh hay đô thị thông minh.

LỜI CẢM ƠN

Kết quả của nghiên cứu này được hỗ trợ từ đề tài khoa học - công nghệ cấp Đại học Huế, mã số: DHH2024-01-216. Tác giả Vương Quang Phước được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2022.TS096

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Introduction of Internet of Things (2020) [access in February 2024] at Website: <https://www.netacad.com>
- [2] Rawan Kh. Flifel; Student at Primary Year Program (PYP), Qassim University, Saudi Arabia (August 2019) 'The Role of Packet Tracer in Learning Wireless Networks and Managing IoT DevicesI', *The ISC Int'l Journal of Information Security*, Vol. 11(Issue.3), pp. 35-38.
- [3] Mostafa Al-Emran, Sohail Iqbal Malik, and Mohammed N. Al-Kabi (2020) A Survey of Internet of Things (IoT) in Education: Opportunities and Challenges. In *Toward Social Internet of Things (SIoT): Enabling Technologies, Architectures and Applications*. pp 197-209, Springer.
- [4]. Anthony Bawa Maxwell Lewis Selby (2018) Design and Simulation of the Internet of Things for Accra Smart City, *Network and Complex Systems*, Vol. 8, PP, 17-30, 2018.
- [5]. Rania A. Tabeidi, Samia M. Masaad, and Buthayna G. Elshaikh (2019) Implementing Smart College Using CISCO Packet Tracer 7.2 Simulator, *Journal of Engineering Research and Application*, Vol 9, Issue. 4, pp 44- 39.
- [6] Packet Tracer 8.2.2 (2023) [accessed in November 2024] at Website: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer>
- [7] Introduction to Packet Tracer (2019) [access in December 2024] at Website: <https://www.netacad.com>.
- [8]. Ghaliya Alfarsi, Jasiya Jabbar, Ragad M Tawafak, Sohail Iqbal Malik, Abir Alsidiri, and Maryam Alsinani (2019) Using Cisco Packet Tracer to simulate Smart Home, *International Journal of Engineering and Technical Research*, Vol. 8, Issue, 12, pp 670-674.
- [9]. Jie, Yin, et al. "Smart home system based on iot technologies." Computational and Information Sciences (ICCIS), 2013 Fifth International Conference on. IEEE, 2013.
- [10]. Pitcheri Praveen Kumar, Murali Krishna M Assistant Professor Department of Electronics and Communication Engineering Anurag Group of Institutions (April 2019) 'Designing Smart Home Using Cisco Packet Tracer 7.2 Simulator', *International Journal of Research in Advent Technology*, Vol. 7(Issue. 4).

SIMULATE AND CONTROL DEVICES CONNECTED VIA WIFI AND MOBILE NETWORKS IN SMART HOME

**Ngo Van Tien Dat, Nguyen Le Dang Quang,
Vuong Quang Phuoc, Ho Duc Tam Linh***

Faculty of Electrical, Electronics and Material Technology, Hue University of Sciences.

*Email: hdtlinh@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

In this paper, we design and simulate the connection and control of IoT (Internet of Things) devices within a home environment via a Wifi network or a mobile network. The smartly designed home allows the owner to flexibly customize, monitor, and track indoor environmental parameters. Based on Cisco's Packet Tracer 8.2.2 simulation software, we build three scenarios corresponding to three different applications for the smart home operations. The results show that the devices in the home can be successfully connected and controlled in both cases with human control or automatic operation based on pre-programmed conditions.

Keywords: Packet Tracer, IoT, smart home.



Hồ Đức Tâm Linh sinh ngày 03/02/1986 tại Huế, Việt Nam. Ông nhận bằng Kỹ sư Điện tử - Viễn thông tại Trường Đại học Khoa học Huế vào năm 2009 và bằng Thạc sĩ Khoa học tại Trường Đại học Công nghệ Hà Nội, Đại học Quốc gia Việt Nam, vào năm 2014. Năm 2023, ông nhận bằng Tiến sĩ ngành Kỹ thuật viễn thông tại Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Đà Nẵng, Việt Nam. Hiện tại ông đang là giảng viên thuộc Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Truyền thông quang học, Xử lý tín hiệu toàn quang, Mạch tích hợp quang tử, và IoT



Ngô Văn Tiến Đạt sinh ngày 16/08/2002 tại Huế, hiện tại là sinh viên chuyên ngành Kỹ thuật viễn thông, tại Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: IoT, Mạng máy tính và mạng toàn quang.



Nguyễn Lê Đăng Quang sinh ngày 19/9/2001 tại Thừa Thiên Huế, hiện tại là sinh viên chuyên ngành Kỹ thuật viễn thông, tại Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: IoT, Mạng máy tính và mạng toàn quang



Vương Quang Phước sinh ngày 14/08/1990 tại Thừa Thiên Huế. Năm 2013, ông tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Điện tử viễn thông, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2018, ông nhận bằng thạc sĩ chuyên ngành Kỹ thuật Điện tử tại Trường Đại học Bách Khoa Đà Nẵng. Hiện nay, ông đang công tác tại Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hệ thống thông tin quang, mạng máy tính, Trí thông minh nhân tạo (AI).