

NGHIÊN CỨU IOT ỨNG DỤNG XÂY DỰNG MÔ HÌNH NHÀ THÔNG MINH TRONG 10 NĂM TRỞ LẠI ĐÂY

Trương Hùng Chen¹¹, Phạm Trung Đĩnh¹²

Tóm tắt: Công nghệ ứng dụng vào mô hình nhà thông minh dựa trên Internet vạn vật (IoT - Internet of Things) phần lớn bị hạn chế và phân tán. Các đánh giá trong bài viết được thực hiện để phân loại bối cảnh nghiên cứu về ứng dụng IoT xây dựng mô hình nhà thông minh, nhằm cung cấp những hiểu biết có giá trị về công nghệ và hỗ trợ các nhà nghiên cứu hiểu các nền tảng có sẵn và các lỗ hổng trong lĩnh vực này. Chúng tôi tiến hành tìm kiếm các bài viết liên quan đến (1) nhà thông minh, (2) ứng dụng và (3) IoT trong ba cơ sở dữ liệu chính, cụ thể là: Web of Science, ScienceDirect và IEEE Explore. Các cơ sở dữ liệu này chứa tài liệu về các ứng dụng nhà thông minh sử dụng IoT. Tập dữ liệu thu được bao gồm 229 bài báo được chia thành bốn lớp. Lớp đầu tiên bao gồm các bài viết đánh giá và khảo sát liên quan đến IoT trong mô hình xây dựng nhà thông minh, lớp thứ hai bao gồm các tài liệu ứng dụng IoT và việc sử dụng chúng, lớp thứ ba chứa các đề xuất để phát triển và vận hành các ứng dụng IoT, lớp cuối cùng bao gồm các nghiên cứu thực tế để phát triển IoT ứng dụng nhà thông minh. Sau đó xác định các đặc điểm cơ bản của lĩnh vực mới này theo các khía cạnh: sử dụng IoT vào nhà thông minh cùng những thách thức và các đề xuất để cải tiến.

Từ khóa: ứng dụng nhà thông minh, nhà ở xa, nhà thông minh, hệ thống tự động hóa nhà, nhà tự động, Internet of Things (IoT)

Abstract: New and disruptive technology of smart home applications based on the Internet of Things (IoT) is largely limited and dispersed. To provide valuable insights into the technological environment, to assist researchers and to understand the options available and the gaps the evaluation is performed to map the research context into a coherent classification. A centralized search is done for all articles related to (1) smart home, (2) application and (3) IoT in three main databases which are Web of Science, ScienceDirect and IEEE Explore. These databases contain material focusing on smart home applications using IoT. The final data set was obtained from the classification scheme in 229 articles divided into four classes. The first part consists of articles and surveys related to smart indoor IoT applications. The second one covers papers about IoT Applications and their use in smart home technology. The third part contains recommendations for frameworks for developing and operating applications. The final part consists of studies with practical efforts to develop smart home IoT applications. And then,

¹¹ Giảng viên Khoa Kỹ thuật - Công nghệ, Trường Đại học Nam Cần Thơ

¹² Sinh viên Khoa Kỹ thuật - Công nghệ, Trường Đại học Nam Cần Thơ

it identifies the fundamental characteristics of this emerging sector according to the aspects which are using of IoT in smart home applications, challenges hindering usage, and suggestions for improved adoption and using smart home apps.

Keywords: *smart home applications, far located home, smart homes, automatic home systems, automatic home, Internet of Things (IoT)*

1. Giới thiệu

Nhà thông minh cổ điển, IoT, điện toán đám mây (Cloud Computing) và xử lý sự kiện dựa trên quy tắc, là những nền tảng của nhà thông minh tiên tiến. Mỗi nền tảng đóng góp các thuộc tính và công nghệ cốt lõi của nó. IoT thì kết nối internet và quản lý từ xa các thiết bị di động, được tích hợp với nhiều loại cảm biến. Cảm biến có thể được gắn vào các thiết bị gia đình chẳng hạn như máy lạnh, đèn và các thiết bị khác. Điện toán đám mây cung cấp khả năng tính toán, không gian lưu trữ, phát triển các ứng dụng, duy trì, thực thi các dịch vụ và truy cập các thiết bị gia đình ở bất kỳ đâu vào bất kỳ thời điểm nào. (D. Halabi, S. Hamdan và S. Almajali, 2018).

Phần này giải thích sự tích hợp các nền tảng nhà thông minh cổ điển, IoT và điện toán đám mây. Các phần còn lại sẽ trình bày chi tiết về các nền tảng. Phần 2 sẽ mô tả ngôi nhà thông minh cổ điển, phần 3 giới thiệu IoT, phần 4 trình bày điện toán đám mây, phần 5 sẽ trình bày mô-đun xử lý sự kiện, phần 6 mô tả nhà thông minh tiên tiến kết hợp các nền tảng này, cuối cùng phần 7 cung cấp một số thông tin thực tế và các lựa chọn liên quan xây dựng, triển khai nhà thông minh tiên tiến thực tế. Mô tả thử nghiệm qua ba ví dụ cho thấy bản chất sự tích hợp sẽ được trình bày trong phần 8. Cuối cùng, xác định các vấn đề mở và hướng đi trong tương lai của các nền tảng ứng dụng vào nhà thông minh tiên tiến. (Q. Lyu, N. Zheng, H. Liu, C. Gao, S. Chen và J. Liu, 2019).

2. Nhà thông minh trước năm 2010

Năm 2008, nhà thông minh là một ý tưởng tự động hóa ngôi nhà, liên quan đến việc kiểm soát, tự động hóa tất cả công nghệ tích hợp trong nó. Nó xác định nơi có các thiết bị, ánh sáng, hệ thống sưởi, điều hòa không khí, TV, máy tính, hệ thống giải trí, thiết bị gia dụng lớn như máy giặt/ máy sấy và tủ lạnh/ tủ đông, hệ thống an ninh và camera có khả năng giao tiếp với nhau và được điều khiển từ xa bằng thời gian biểu, điện thoại, di động hoặc internet. Các hệ thống này bao gồm các công tắc và cảm biến được kết nối tới trung tâm được điều khiển bởi con người bằng thiết bị đầu cuối hoặc thiết bị di động được kết nối với các dịch vụ đám mây. (Funk, M., Chen, L.-L., Yang, S.-W., & Chen, Y.-K., 2018).

Vào năm 2009, nhà thông minh được cung cấp nhằm mục đích an ninh, sử dụng năng lượng hiệu quả, chi phí vận hành thấp và tiện lợi. Việc lắp đặt các sản phẩm thông minh mang lại sự tiện lợi và tiết kiệm thời gian, tiền bạc và năng lượng. Các hệ thống như vậy có thể thích

ứng và điều chỉnh để đáp ứng nhu cầu thay đổi liên tục của chủ nhà. Trong hầu hết các trường hợp, cơ sở hạ tầng của nó đủ linh hoạt để tích hợp với nhiều loại thiết bị từ các nhà cung cấp với nhiều tiêu chuẩn khác nhau. (Ghajargar, M., Wiberg, M., & Stolterman, E., 2018).

Năm 2010, sự phổ biến của nhà thông minh phát triển với tốc độ cao, nó đã trở thành một phần của xu hướng hiện đại hóa và giảm các chi phí bằng cách tích hợp khả năng duy trì nhật ký các sự kiện, thực hiện các quy trình học máy để cung cấp. (AC Jose và R. Malekian, 2018).

2.1. Dịch vụ nhà thông minh

2.1.1. Đo điều kiện nhà

Năm 2010, nhà thông minh được trang bị một bộ cảm biến để đo các điều kiện trong nhà, chẳng hạn như: nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng và khoảng cách. Mỗi cảm biến thực hiện một chức năng riêng nhằm ghi lại một hoặc nhiều phép đo. Nhiệt độ và độ ẩm có thể được đo bởi một cảm biến hoặc các cảm biến khác tính toán tỷ lệ ánh sáng cho một khu vực nhất định và khoảng cách từ nó đến mỗi đối tượng tiếp xúc với nó. Tất cả các cảm biến đều cho phép lưu trữ dữ liệu và hiển thị trực quan để người dùng có thể xem ở bất kỳ đâu và bất kỳ lúc nào. Để làm như vậy, cần có một bộ xử lý tín hiệu, một giao thức truyền thông và một máy chủ lưu trữ trên cơ sở hạ tầng đám mây. (N. Ghosh, S. Chandra, V. Sachidananda và Y. Elovici, 2019).

2.1.2. Quản lý thiết bị gia dụng

Năm 2010, các dịch vụ đám mây được tạo ra để quản lý và lưu trữ dữ liệu các thiết bị gia dụng. Việc quản lý cho phép người dùng kiểm soát đầu ra của thiết bị truyền động thông minh liên quan đến các thiết bị gia dụng, chẳng hạn như đèn và quạt. Thiết bị truyền động thông minh là các thiết bị, chẳng hạn như van và công tắc, thực hiện các hành động như bật hoặc tắt hoặc điều chỉnh hệ thống hoạt động. Bộ truyền động cung cấp nhiều chức năng khác nhau, chẳng hạn như dịch vụ van bật/ tắt, định vị tỷ lệ phần trăm mở, điều chỉnh để kiểm soát các thay đổi về điều kiện dòng chảy, tắt khẩn cấp (ESD). Để kích hoạt thiết bị truyền động, lệnh ghi kỹ thuật số được cấp cho thiết bị truyền động. (Jenkins, T., 2015).

2.1.3. Kiểm soát việc ra vào nhà

Năm 2010, công nghệ truy cập vào ngôi nhà thông minh thường được sử dụng cho các cửa ra vào công cộng. Hệ thống này thường sử dụng cơ sở dữ liệu với các thuộc tính nhận dạng những người có quyền truy cập. Khi một người đang tiếp cận hệ thống kiểm soát truy cập, các thuộc tính nhận dạng của người đó được thu thập ngay lập tức và so sánh với cơ sở dữ liệu. Nếu nó khớp với dữ liệu cơ sở dữ liệu, quyền truy cập được cho phép, nếu không, quyền truy cập bị từ chối. Đối với một hệ thống phân tán rộng, sẽ sử dụng các dịch vụ đám mây để thu thập và xử lý dữ liệu của người muốn truy cập. Một số sử dụng thẻ từ hoặc thẻ nhận dạng, số khác sử dụng hệ thống nhận dạng khuôn mặt, vân tay và RFID. (A. Yang, C. Zhang, Y. Chen, Y. Zhuansun và H. Liu, 2020).

Ví dụ trong một triển khai, thẻ RFID và đầu đọc RFID đã được sử dụng. Những người được ủy quyền đều có thẻ RFID. Người này quét thẻ qua đầu đọc RFID đặt gần cửa. ID được quét và gửi qua internet đến hệ thống đám mây. Hệ thống đã đăng ID lên dịch vụ kiểm soát để so sánh ID đã quét với các ID được ủy quyền trong cơ sở dữ liệu. (Manzini, E., & Vezzoli, C., 2003).

2.2. Các thành phần chính

Cảm biến để thu thập dữ liệu bên trong và bên ngoài ngôi nhà và đo các điều kiện trong nhà. Các cảm biến này được kết nối với chính ngôi nhà và với các thiết bị gắn liền trong nhà. Những cảm biến này không phải là cảm biến IoT, được gắn vào các thiết bị gia dụng. Dữ liệu của cảm biến được thu thập và liên tục chuyển qua mạng cục bộ đến máy chủ của nhà thông minh. (Pandey, S., 2018).

Bộ xử lý để thực hiện các hành động cục bộ và tích hợp. Nó cũng có thể được kết nối với đám mây cho các ứng dụng yêu cầu tài nguyên mở rộng. Dữ liệu của cảm biến sau đó được xử lý bởi các quy trình của máy chủ cục bộ. (Roos, G., 2016).

Một tập hợp các phần mềm được đóng gói dưới dạng API, cho phép các ứng dụng bên ngoài thực thi nó và truyền các tham số đã được xác định trước. Một API như vậy có thể xử lý dữ liệu cảm biến hoặc quản lý các hành động cần thiết.

Bộ truyền động cung cấp và thực hiện các lệnh trong máy chủ hoặc các thiết bị điều khiển khác. Nó chuyển hoạt động bắt buộc sang cú pháp lệnh mà thiết bị có thể thực thi. Trong quá trình xử lý dữ liệu của cảm biến đã nhận, nó có nhiệm vụ kiểm tra xem các quy tắc đúng hoặc sai và khởi chạy một lệnh tới bộ xử lý thiết bị thích hợp. (Ryan, A., 2014).

Cơ sở dữ liệu lưu trữ các thông tin thu thập từ các cảm biến và các dịch vụ đám mây, nó được sử dụng để phân tích, trình bày và hiển thị dữ liệu. Dữ liệu đã xử lý được lưu trong cơ sở dữ liệu để sử dụng trong tương lai. (Ryan, W., Stolterman, E., Jung, H., Siegel, M., Thompson, T., & Hazlewood, WR., 2009).

3. Tổng quan về Internet vạn vật

Mô hình Internet of things (IoT) đề cập đến các đối tượng thiết bị được kết nối với internet. Các thiết bị như cảm biến và thiết bị truyền động được trang bị giao diện, bộ xử lý, bộ nhớ và các phần mềm. Nó cho phép tích hợp các đối tượng vào internet, thiết lập sự tương tác giữa con người và thiết bị, giữa các thiết bị với nhau. Công nghệ quan trọng của IoT bao gồm nhận dạng tần số vô tuyến (RFID), công nghệ cảm biến và công nghệ thông minh. RFID là nền tảng và cốt lõi của việc xây dựng IoT. Khả năng xử lý và giao tiếp cùng với các thuật toán của nó cho phép tích hợp nhiều thành phần khác nhau để hoạt động như một thể thống nhất, đồng thời cũng cho phép dễ dàng bổ sung và loại bỏ các thành phần, việc này làm cho IoT trở nên mạnh mẽ và linh hoạt để tiếp nhận các thay đổi. Để giảm thiểu việc sử dụng băng thông, nó đang sử dụng JSON, một phiên bản nhẹ gọn của XML, cho các thành phần và tin nhắn ngoài hệ thống. (Sayar, D. & Er, Ö., 2018).

4. Điện toán đám mây và đóng góp của nó cho IoT và nhà thông minh

Điện toán đám mây là một nhóm tài nguyên máy tính được chia sẻ sẵn sàng cung cấp nhiều loại dịch vụ điện toán ở các cấp độ khác nhau, từ cơ sở hạ tầng đến các dịch vụ ứng dụng phức tạp nhất, dễ dàng phân bổ và phát hành hoặc tương tác với nhà cung cấp dịch vụ. Trên thực tế, nó quản lý tài nguyên máy tính, lưu trữ và truyền thông được nhiều người dùng chia sẻ trong một môi trường ảo hóa và cô lập. (MR Alam, MBI Reaz và MAM Ali, 2018).

IoT và nhà thông minh có thể tận dụng được các lợi ích từ các tài nguyên và chức năng rộng lớn của đám mây để bù đắp hạn chế của nó trong lưu trữ, xử lý, giao tiếp, hỗ trợ theo nhu cầu, sao lưu và phục hồi. Ví dụ: đám mây có thể hỗ trợ quản lý, dịch vụ IoT và thực thi các ứng dụng bổ sung bằng cách sử dụng dữ liệu do nó tạo ra. Nhà thông minh có thể được cô đọng, chỉ tập trung vào các chức năng cơ bản và quan trọng, do đó, giảm thiểu tài nguyên cục bộ do dựa vào các khả năng tài nguyên đám mây. Nhà thông minh và IoT sẽ tập trung vào thu thập dữ liệu, xử lý cơ bản và truyền thông tin lên đám mây để xử lý tiếp. Với các thách thức bảo mật, đám mây bảo mật cao với dữ liệu riêng tư và các dữ liệu khác sẽ công khai. (A. Bassi và G. Horn, Internet of things năm 2020).

IoT, nhà thông minh và điện toán đám mây không chỉ là sự hợp nhất của các công nghệ. Đúng hơn, là sự cân bằng giữa tính toán cục bộ và tập trung cùng với việc tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên. Một tác vụ điện toán có thể được thực hiện trên IoT và các thiết bị gia đình thông minh hoặc được thuê ngoài trên đám mây. Việc tính toán phụ thuộc vào sự cân bằng tổng chi phí, tính khả dụng của dữ liệu, mức độ phụ thuộc của dữ liệu, lưu lượng vận chuyển dữ liệu, mức độ phụ thuộc vào truyền thông và các bảo mật. Một mặt, mô hình điện toán liên quan đến ba thành phần là đám mây, IoT và nhà thông minh sẽ giảm thiểu chi phí của toàn bộ hệ thống, thường tập trung hơn vào việc giảm tài nguyên trong ngôi nhà. (Verbeek, P.-P., 2015).

Một số ví dụ về các dịch vụ chăm sóc sức khỏe được cung cấp bởi tích hợp đám mây và IoT: quản lý thông tin đúng cách, chia sẻ hồ sơ chăm sóc sức khỏe điện tử cho phép các dịch vụ y tế chất lượng cao; quản lý dữ liệu cảm biến chăm sóc sức khỏe, làm cho thiết bị di động phù hợp để cung cấp dữ liệu y tế, bảo mật quyền riêng tư và độ tin cậy bằng cách nâng cao bảo mật dữ liệu y tế, tính khả dụng của dịch vụ và dự phòng, các dịch vụ hỗ trợ sinh hoạt thời gian thực và thực thi trên đám mây các dịch vụ y tế dựa trên truyền thông đa phương tiện. (Verbeek, P.-P., 2016).

5. Xử lý sự kiện tập trung, một hệ thống dựa trên quy tắc

Nhà thông minh và IoT rất phong phú với các cảm biến, tạo ra luồng dữ liệu lớn dưới dạng tin nhắn hoặc sự kiện. Xử lý dữ liệu này vượt quá khả năng của con người. Do đó, các hệ thống xử lý sự kiện đã được phát triển và sử dụng để phản hồi nhanh hơn với các sự kiện đã phân loại. Trong phần này, tập trung vào các hệ thống quản lý quy tắc gắn liền với các sự kiện để thực hiện những thay đổi hệ thống khi sự kiện xảy ra. Người dùng có thể xác định quy tắc

kích hoạt sự kiện và kiểm soát việc cung cấp dịch vụ thích hợp không. Quy tắc bao gồm các điều kiện của sự kiện, mẫu sự kiện và thông tin liên quan đến tương quan có thể được kết hợp để tạo mô hình cho các tình huống phức tạp. Nó đã được thực hiện trong một ngôi nhà thông minh điển hình và đã chứng minh sự phù hợp của nó đối với một hệ thống hướng đến dịch vụ. (I. Androutsopoulos, J. Koutsias, KV Chandrinos, G. Paliouras và CD Spyropoulos, 2019).

Hệ thống có thể xử lý một lượng lớn sự kiện, thực thi các chức năng giám sát, điều hướng và tối ưu hóa các quy trình với thời gian thực. Nó phát hiện và phân tích các điểm bất thường hoặc ngoại lệ và tạo ra các phản ứng chủ động/ thích ứng, chẳng hạn như cảnh báo và ngăn chặn các hành động thiệt hại. Các tình huống được mô hình hóa bởi giao diện thân thiện với người dùng cho các quy tắc do sự kiện kích hoạt. Khi cần thiết, nó sẽ chia chúng thành các yếu tố đơn giản, dễ hiểu. Mô hình đề xuất có thể được tích hợp liền mạch vào nền tảng xử lý sự kiện phân tán và hướng dịch vụ. (Apple, 2018).

Quá trình đánh giá được kích hoạt bởi các sự kiện cung cấp trạng thái mới nhất và thông tin từ môi trường liên quan. Kết quả là một biểu đồ quyết định đại diện cho các quy tắc. Nó có thể chia nhỏ các tình huống phức tạp thành các điều kiện đơn giản và kết hợp chúng với nhau, tạo ra các điều kiện phức tạp. Đầu ra là một sự kiện phản hồi được đưa ra khi một quy tắc được kích hoạt. Các sự kiện đã kích hoạt có thể được sử dụng làm đầu vào cho các quy tắc khác để đánh giá thêm.

Hành động tạo ra các sự kiện phản hồi, kích hoạt các hoạt động phản hồi. Các mẫu sự kiện có thể khớp với chuỗi sự kiện theo thời gian, cho phép mô tả các tình huống có liên quan đến sự xuất hiện của các sự kiện. Ví dụ, khi cửa mở quá lâu. (R. Petrolo, V. Loscri và N. Mitton, 2017).

Những thách thức được biết đến với mô hình này: cấu trúc cho các sự kiện và dữ liệu đã xử lý, cấu hình dịch vụ và bộ điều hợp cho các bước xử lý, bao gồm các thông số đầu vào và đầu ra của chúng, giao diện với hệ thống bên ngoài để cảm nhận dữ liệu và phản hồi bằng cách thực hiện các giao dịch, cấu trúc cho các sự kiện và dữ liệu đã xử lý, biến đổi dữ liệu, phân tích dữ liệu và tính bền bỉ. Nó cho phép mô hình hóa các sự kiện nào sẽ được xử lý bởi dịch vụ quy tắc và cách các sự kiện phản hồi sẽ được chuyển tiếp đến các dịch vụ sự kiện khác. Quá trình này rất đơn giản: dữ liệu được thu thập và nhận từ các bộ điều hợp chuyển tiếp các sự kiện tới các dịch vụ sự kiện sử dụng chúng. (ZB Celik, E. Fernandes, E. Pauley, G. Tan và P. McDaniel, 2019).

5.1. Ngôn ngữ xử lý sự kiện

Xử lý sự kiện liên quan đến việc nắm bắt và quản lý các sự kiện được xác định trước theo thời gian thực. Nó bắt đầu từ việc quản lý các thực thể của các sự kiện ngay từ khi sự kiện xảy ra, thậm chí xác định, thu thập dữ liệu, liên kết quy trình và kích hoạt hành động phản hồi. Để cho phép xử lý sự kiện nhanh chóng và linh hoạt, một ngôn ngữ xử lý sự kiện được sử dụng, cho phép cấu hình nhanh các tài nguyên cần thiết để xử lý chuỗi hoạt động dự kiến cho mỗi loại

sự kiện. Nó bao gồm hai mô-đun, ESP và CEP. ESP xử lý hiệu quả sự kiện, phân tích nó và chọn sự kiện thích hợp. CEP xử lý các sự kiện tổng hợp. Ngôn ngữ sự kiện mô tả các kiểu sự kiện phức tạp được áp dụng trên bản ghi sự kiện. (N. Panwar, S. Sharma, S. Mehrotra, L. Krzywiecki và N. Venkatasubramanian, 2019).

5.2. Khám phá lại quy trình làm việc từ các sự kiện

Trong một số trường hợp, các quy tắc liên quan đến sự khác biệt trong chuỗi sự kiện trong quy trình làm việc. Trong những trường hợp như vậy, bắt buộc phải hiểu chính xác quy trình làm việc và các sự kiện liên quan. Để khắc phục điều này, đề xuất quy trình thiết kế ngược để tự động xem lại quy trình công việc từ nhật ký sự kiện được thu thập theo thời gian, giả sử các sự kiện này được sắp xếp theo thứ tự và mỗi sự kiện đề cập đến một tác vụ đang được thực thi cho một trường hợp. Quá trình xem lại có thể được sử dụng để xác nhận trình tự quy trình làm việc bằng cách đo lường sự khác biệt giữa các mô hình mô tả và các lần thực thi quy trình thực tế. Quá trình xem lại bao gồm ba bước sau: (1) xây dựng bảng phụ thuộc/ tần suất. (2) Quy nạp đồ thị phụ thuộc/ tần số. (3) Tạo lưới WF từ đồ thị D/ F. (S. Zhuhua, 2016).

6. Nhà thông minh từ sau năm 2010

Trong phần này sẽ tập trung vào sự tích hợp của nhà thông minh, IoT và điện toán đám mây để xác định một mô hình điện toán mới. Có thể tìm thấy trong phần tài liệu các cuộc khảo sát và nghiên cứu về nhà thông minh, IoT và điện toán đám mây, các thuộc tính, tính năng, công nghệ và nhược điểm của chúng. (KR Sollins, 2019).

Vào năm 2011, mô tả các thành phần chính của ngôi nhà thông minh tiên tiến và khả năng kết nối giữa chúng. Ở khối bên trái, môi trường nhà thông minh, có thể thấy các thiết bị điện hình được kết nối với mạng cục bộ (LAN). Điều này cho phép giao tiếp giữa các thiết bị và môi trường bên ngoài. Kết nối với mạng LAN là một máy chủ và cơ sở dữ liệu của nó. Máy chủ kiểm soát các thiết bị, ghi nhật ký hoạt động của nó, cung cấp báo cáo, trả lời các truy vấn và thực hiện các lệnh thích hợp. Đối với các tác vụ toàn diện hoặc phổ biến hơn, máy chủ nhà thông minh, chuyển dữ liệu lên đám mây và kích hoạt từ xa các tác vụ bằng cách sử dụng API, quy trình giao diện lập trình ứng dụng. (Y. Meng, W. Zhang, H. Zhu và XS Shen, 2018).

Năm 2012, để chứng minh những lợi ích của ngôi nhà thông minh tiên tiến, sử dụng RSA, một thuật toán mật mã bất đối xứng mạnh mẽ, tạo ra một khóa công khai và riêng tư để mã hóa/ giải mã các tin nhắn. Sử dụng khóa công khai, mọi người đều có thể mã hóa một tin nhắn, nhưng chỉ những người giữ khóa riêng tư mới có thể giải mã tin nhắn đã gửi. Việc tạo ra các khóa và mã hóa/ giải mã các thông điệp, bao gồm các tính toán mở rộng, đòi hỏi không gian bộ nhớ và sức mạnh xử lý đáng kể. Do đó, nó thường được xử lý trên các máy tính mạnh được xây dựng để đáp ứng các tài nguyên cần thiết. Tuy nhiên, do tài nguyên có hạn, việc chạy RSA trong một thiết bị IoT gần như là không thể, và do đó, tạo ra một lỗ hổng về bảo mật trên Internet. Giải quyết vấn đề bảo mật bằng cách kết hợp sức mạnh của các bộ xử lý nhà thông minh cục bộ để tính toán một số phép tính RSA và chuyển tiếp các tác vụ điện toán phức tạp

hơn lên trên đám mây xử lý. Sau đó, kết quả sẽ được chuyển trở lại cảm biến IoT để được biên dịch và lắp ráp lại với nhau, nhằm tạo ra mã giải mã/mã hóa RSA. Ví dụ minh họa luồng dữ liệu giữa các thành phần nhà thông minh tiên tiến. Trong đó, mỗi thành phần thực hiện ngăn xếp hoạt động của riêng mình để tạo ra đầu ra duy nhất của nó. Tuy nhiên, trong trường hợp các nhiệm vụ phức tạp và diễn ra trong thời gian dài, nó sẽ chia nhiệm vụ thành các tác vụ con để thực thi bởi các thành phần mạnh hơn. Đề cập đến ví dụ RSA, thiết bị IoT bắt đầu yêu cầu tạo khóa mã hóa và gửi một thông báo yêu cầu đến ứng dụng RSA chạy trong máy tính trong ngôi nhà thông minh với p và q là các số nguyên tố, khi p và q được chấp nhận, mã mã hóa được tạo. Trong giai đoạn sau, thiết bị IoT đưa ra yêu cầu mã hóa tin nhắn cho máy tính, sử dụng khóa mã hóa RSA được tạo gần đây. Sau đó, thông điệp được mã hóa sẽ được chuyển trở lại thiết bị IoT để thực hiện thêm. Một kịch bản tương tự có thể xảy ra theo hướng ngược lại, khi một thiết bị IoT nhận được thông báo, nó có thể yêu cầu nhà thông minh giải mã nó. (P. Rajiv, R. Raj, và M. Chandra, 2016).

Năm 2014, các kịch bản RSA mô tả việc sử dụng sức mạnh của điện toán đám mây, khả năng tính toán bảo mật của ngôi nhà thông minh và cuối cùng là sức mạnh của thiết bị IoT. Nó chứng minh rằng nếu không có sự hợp tác tự động này, RSA sẽ không thể được thực thi ở cấp độ IoT. (E. Fernandes, J. Jung và A. Prakash, 2016), (H. Lee, CR Ahn, N. Choi, T. Kim và H. Lee, 2019).

Vào năm 2015, một ví dụ thực tế là một số thiết bị tách rời, chẳng hạn như lò nướng, nồi nấu và chảo trên bếp ga đang hoạt động. Người dùng rời khỏi nhà mà không tắt các thiết bị này. Trong trường hợp này các IoT có liên quan đã được điều chỉnh để tự động tắt dựa trên các quy tắc được xác định trước. Nếu không, ngôi nhà thông minh nhận ra nhà không có ai ở nhà bằng cách xác định (cửa nhà được mở và sau đó khóa, nhà để xe được mở, ô tô rời đi, cổng chính được mở và sau đó đóng lại) và sẽ tắt tất cả các thiết bị đang hoạt động được phân loại là rủi ro trong trường hợp vắng mặt và nó sẽ gửi một tin nhắn đến danh sách gửi thư được xác định trong trường hợp này. (A. Jacobsson, M. Boldt và B. Carlsson, 2016), (H. Lee, CR Ahn, N. Choi, T. Kim và H. Lee, 2019).

7. Các khía cạnh thực tế và cân nhắc triển khai cho IoT và nhà thông minh

Nhà thông minh có ba thành phần: phần cứng, phần mềm và giao thức truyền thông. Nó có nhiều ứng dụng kỹ thuật số cho người dùng. Một số lĩnh vực tự động hóa ngôi nhà đã kích hoạt kết nối IoT, chẳng hạn như: điều khiển ánh sáng, làm vườn, an toàn và an ninh, chất lượng không khí, giám sát chất lượng nước, trợ lý giọng nói, công tắc, khóa, đồng hồ đo năng lượng và nước. (S. Madakam và H. Date, 2016).

Các thành phần nhà thông minh tiên tiến bao gồm: cảm biến IoT, cổng, giao thức, phần sụn, điện toán đám mây, cơ sở dữ liệu, phần mềm trung gian và cổng. Đám mây IoT có thể được chia thành nền tảng dưới dạng dịch vụ (PaaS) và cơ sở hạ tầng dưới dạng dịch vụ (IaaS). Trình bày các thành phần chính của ngôi nhà thông minh tiên tiến được đề xuất và kết nối với

luồng dữ liệu giữa các thành phần của nó. (S. Madakam và H. Date, (2016)), (H. Lee, CR Ahn, N. Choi, T. Kim và H. Lee, 2019).

Ứng dụng nhà thông minh cập nhật cơ sở dữ liệu ngôi nhà trên đám mây để cho phép những người ở xa truy cập và nhận được trạng thái mới nhất của ngôi nhà. Một nền tảng IoT điển hình bao gồm: bảo mật và xác thực thiết bị, quản trị thiết bị, giao thức, thu thập dữ liệu, trực quan hóa, khả năng phân tích, tích hợp với các dịch vụ web khác, khả năng mở rộng, API cho luồng thông tin thời gian thực và thư viện nguồn mở. Cảm biến IoT cho tự động hóa ngôi nhà được biết đến với khả năng cảm biến của chúng, chẳng hạn như: nhiệt độ, độ sáng, mực nước, thành phần không khí, camera giám sát video, giọng nói/ âm thanh, áp suất, độ ẩm, gia tốc kế, hồng ngoại, rung động và siêu âm. Một số cảm biến nhà thông minh được sử dụng phổ biến nhất là cảm biến nhiệt độ, hầu hết là cảm biến kỹ thuật số kết quả cực kỳ chính xác. Ví dụ như cảm biến Lux đo độ sáng. (K. Markantonakis, RN Akram và MG Msgna, 2015).

Cảm biến thành phần không khí được các nhà phát triển sử dụng để đo các thành phần cụ thể trong không khí: giám sát CO, đo mức khí hydro, đo nitơ oxit, mức khí nguy hiểm. Hầu hết chúng đều cần một thời gian nhất định trước khi đưa ra các giá trị chính xác. Máy quay video được sử dụng để giám sát và phân tích, được kết nối tốc độ cao. Nên sử dụng bộ xử lý Raspberry Pi vì mô-đun máy ảnh của nó rất hiệu quả do có đầu nối linh hoạt, được kết nối trực tiếp với bo mạch. (P. Kumar, A. Gurtov, J. Iinatti, M. Ylianttila, và M. Sain, 2016).

Máy dò âm thanh được sử dụng rộng rãi cho mục đích giám sát, phát hiện âm thanh và hành động phù hợp. Một số thậm chí có thể phát hiện mức độ tiếng ồn cực thấp và tinh chỉnh giữa các mức độ tiếng ồn khác nhau.

Cảm biến độ ẩm cảm nhận mức độ ẩm trong không khí cho nhà thông minh. Độ chính xác của nó phụ thuộc vào thiết kế và vị trí cảm biến. Một số cảm biến nhất định như DHT22, được chế tạo để tạo mẫu nhanh, sẽ luôn hoạt động kém hơn khi so sánh với các cảm biến chất lượng cao như HIH6100. (H. Lee, CR Ahn, N. Choi, T. Kim và H. Lee, 2019).

Giao thức giao tiếp thông minh trong nhà như: bluetooth, Wi-Fi hoặc GSM. Bluetooth thông minh hoặc giao thức không dây năng lượng thấp với khả năng phân phối lưới và các thuật toán mã hóa dữ liệu. Zigbee là giao thức dựa trên tần số vô tuyến tuần suất thấp được nối mạng cho IoT. Giao thức X10 sử dụng hệ thống dây điện để truyền tín hiệu và điều khiển. Giao tiếp Insteon, không dây và có dây. Z-wave chuyên về tự động hóa ngôi nhà an toàn. UPB, sử dụng đường dây điện hiện có. ANT là một giao thức năng lượng cực thấp để xây dựng các cảm biến công suất thấp với khả năng phân phối lưới cao. Các giao thức được ưu tiên là bluetooth năng lượng thấp, sóng Z, Zigbee và luồng. Việc kết nối công bao gồm: kết nối đám mây, các giao thức được hỗ trợ, độ phức tạp tùy chỉnh và hỗ trợ tạo mẫu. (M. Bassoli, V. Bianchi, và I. De Munari, 2018).

Mô-đun: các gói phần mềm, được quản lý trong lúc chạy, định hướng dịch vụ, quản lý sự phụ thuộc giữa các gói, lớp; kiểm soát vòng đời của các gói, lớp dịch vụ; xác định mô hình giao tiếp động giữa các mô-đun khác nhau, các dịch vụ thực tế - đây là lớp ứng dụng. Lớp bảo mật: tùy chọn, tận dụng kiến trúc bảo mật của Java 2 và quản lý quyền từ các mô-đun khác nhau. (GV Vivek và MP Sunil, 2015).

OpenHAB là một khuôn khổ, kết hợp tự động hóa các thiết bị gia đình và công kết nối IoT cho ngôi nhà thông minh. Các tính năng của nó: công cụ quy tắc, cơ chế ghi nhật ký và trừu tượng hóa giao diện người dùng.

Việc triển khai blockchain vào mạng gia đình có thể dễ dàng thực hiện với Raspberry Pi. Một lớp bảo mật blockchain giữa các thiết bị và công có thể được thực hiện mà không cần phải cải tiến lớn với mã hiện có.

8. Ví dụ về nhà thông minh và IoT

Có thể tìm thấy trong các tài liệu và báo cáo thực tế, nhiều triển khai tích hợp khác nhau giữa ba phần chính: nhà thông minh, IoT và điện toán đám mây.

8.1. Phát hiện rò rỉ nước và cách phòng ngừa

Bước đầu tiên là triển khai cảm biến nước dưới mọi nguồn rò rỉ tiềm ẩn hợp lý và cảm biến van nước chính tự động cho toàn bộ ngôi nhà, điều này có nghĩa là ngôi nhà được coi như một IoT.

Trong trường hợp cảm biến nước phát hiện rò rỉ nước, nó sẽ gửi một sự kiện đến trung tâm, sự kiện này sẽ kích hoạt ứng dụng “tắt van”. Sau đó, ứng dụng điều khiển gia đình sẽ gửi lệnh “tắt” đến tất cả các thiết bị IoT được xác định với việc ngừng nước và sau đó gửi lệnh “tắt” đến van nước chính. Thông báo cập nhật được gửi qua hệ thống nhắn tin. Thiết lập này giúp bảo vệ khỏi các trường hợp nguồn nước là từ hệ thống ống nước trong nhà. Cấu hình cơ bản giả định tích hợp thông qua tin nhắn và lệnh giữa nhà thông minh và hệ thống điều khiển IoT. Nó thể hiện sự phụ thuộc và những kết quả có lợi của việc kết hợp nhà thông minh và IoT. (YAN Wenbo, WANG Quanyu, và GAO Zhenwei, 2015).

8.2. Đầu báo khói

Giả sử các ngôi nhà đã có các đầu báo khói nhưng không có cầu nối để gửi dữ liệu từ cảm biến đến trung tâm điều khiển nhà thông minh. Việc kết nối các cảm biến này với ứng dụng nhà thông minh cho phép hệ thống phát hiện khói toàn diện. Mở rộng hơn là để thông báo cho cảm biến thang máy chặn việc sử dụng do tình trạng cháy, thậm chí cho bất kỳ cảm biến IoT nào có thể được kích hoạt do cảnh báo khói được phát hiện. (C Y. Chang, C.-H. Kuo, J.-C. Chen và T.-C. Wang, 2015).

8.3. Quản lý sự cố để kiểm soát các thiết bị gia dụng

Hãy xem xét tình huống rời khỏi nhà trong khi một số thiết bị vẫn đang hoạt động. Trong trường hợp vắng mặt đủ lâu, một số thiết bị có thể quá nóng và sắp bị xì. Để tránh những trường

hợp như vậy kết nối tất cả các cảm biến của thiết bị IoT với ứng dụng gia đình, để khi tất cả rời khỏi nhà, nó sẽ tự động điều chỉnh tất cả các cảm biến của thiết bị cho phù hợp, để tránh hư hỏng. Lưu ý rằng chỉ báo nhà trống được tạo bởi ứng dụng Nhà thông minh, trong khi chỉ báo “bật” của thiết bị do IoT tạo ra. Do đó, kịch bản này có thể xảy ra do sự tích hợp giữa nhà thông minh và các hệ thống IoT. (U. Guin, A. Singh, M. Alam, J. Canedo và A. Skjellum, 2018), (C. Lachner và S. Dustdar, 2019).

9. Kết luận

Nhiều kỹ thuật IoT đã được cài đặt trong các ngôi nhà thông minh để cải thiện chất lượng cuộc sống. Để thiết kế và triển khai một hệ thống kiểm soát ngôi nhà, bao gồm ba phần: phần cứng, máy chủ có độ bảo mật cao và ứng dụng web. Phần cứng nút IoT được thiết kế để thử nghiệm trong đời thực và nhận thông tin IoT từ bất kỳ thiết bị nào. Một máy chủ được thiết kế và triển khai để kiểm soát các nút IoT trong hệ thống. Cuối cùng, một ứng dụng sử dụng mọi lúc mọi nơi trên điện thoại thông minh hoặc trình duyệt web thông qua liên kết kết nối giao tiếp Wi-Fi đã được xây dựng để điều khiển hệ thống thông minh IoT theo thời gian thực. Ứng dụng này cho phép điều khiển chức năng cả tự động và thủ công, điều này rất linh hoạt cho người dùng. Hệ thống IoT tiên tiến được lắp đặt tại Đại học Tôn Đức Thắng, Việt Nam. Kết quả cho thấy những lợi ích tiềm năng rõ ràng cho một ngôi nhà thông minh, bao gồm bảo mật mạnh mẽ và chi phí thấp. Trên hết, nghiên cứu này nhằm chứng minh tiềm năng to lớn mà tất cả công nghệ kỹ thuật số mang lại cho ngôi nhà thông minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Halabi, S. Hamdan và S. Almajali, (2018). “Tăng cường bảo mật trong các ứng dụng nhà thông minh dựa trên giao thức IOT-CoAP” truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/dinwc.2018.8357000>>.
- [2] SMS Rana, MA Halim và MH Kabir, (2018). “Thiết kế và triển khai khung cải tiến bảo mật của mạng Zigbee để giám sát thông minh trong nền tảng IoT,” truy cập 10/01/2020. <<https://doi.org/10.3390/app8112305>>.
- [3] M. Wazid, AK Das, V. Odelu, N. Kumar và W. Susilo, (2020). “Giao thức thiết lập khóa được xác thực cho người dùng từ xa an toàn cho môi trường nhà thông minh,”. truy cập 10/01/2020 <<https://doi.org/10.1109/tdsc.2017.2764083>>.
- [4] Q. Lyu, N. Zheng, H. Liu, C. Gao, S. Chen và J. Liu, (2019). “Truy cập từ xa ngôi nhà thông minh “của tôi””. truy cập 10/01/2020 <<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907602>>.
- [5] Funk, M., Chen, L.-L., Yang, S.-W., & Chen, Y.-K. (2018). Giải quyết nhu cầu nắm bắt các kịch bản, ý định và sở thích: Lập trình có chủ đích tương tác trong ngôi nhà thông minh, truy cập 10/01/2020. <[http://hau.edu.vn/data/data/hau/files/1_%20To%3%A0n%20v%4%83n%20lu%20E1%BA%ADn%20%3%A1n\(1\).pdf](http://hau.edu.vn/data/data/hau/files/1_%20To%3%A0n%20v%4%83n%20lu%20E1%BA%ADn%20%3%A1n(1).pdf)>.
- [6] Ghajargar, M., Wiberg, M., & Stolterman, E. (2018). Thiết kế hệ thống IoT hỗ trợ tư duy phản xạ: Một cách tiếp cận quan hệ mới, truy cập 10/01/2020, <<https://www.hau.edu.vn/vn/tin-tuc/nguyen-cuu-ung-dung-cong-nghe-internet-of-things-xay-dung-he-thong-nha-kinh-thong-minh/62564>>.
- [7] AC Jose và R. Malekian, (2018). “Cải thiện an ninh nhà thông minh: Tích hợp cảm biến logic vào nhà thông minh”, 2017, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/jsen.2017.2705045>>.
- [8] N. Ghosh, S. Chandra, V. Sachidananda và Y. Elovici, (2019). “SoftAuthZ: A Context-Aware, Behavior Authorization Framework for Home IoT”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2941767>>.
- [9] Jenkins, T. (2015). Thiết kế "mọi thứ" của IoT. Trong Kỹ yếu của Hội nghị Quốc tế lần thứ IX về Tương tác hữu hình, được nhúng và được nhúng, truy cập 10/01/2020, <<https://vie.small-business-tracker.com/software-development/10/>>.
- [10] Yang, C. Zhang, Y. Chen, Y. Zhuansun và H. Liu, (2020). “Bảo mật và quyền riêng tư của hệ thống nhà thông minh dựa trên internet vạn vật và các thuật toán kết hợp âm thanh nổi”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/jiot.2019.2946214>>.
- [11] Manzini, E., & Vezzoli, C. (2003). Phương pháp thiết kế chiến lược để phát triển hệ thống dịch vụ sản phẩm bền vững, truy cập 10/01/2020, <<http://www.d4s-de.org/d4svietnam.pdf>>.
- [12] Pandey, S. (2018). Khung công nghệ tiêu dùng thông minh: Tính trung gian, tính trọng yếu và chất liệu cho thiết kế, truy cập 10/01/2020, <http://www.uet.vnu.edu.vn/~thuyhq/PPNCKH/DHTM_VNU.pdf>.
- [13] Roos, G. (2016). Đổi mới dựa trên thiết kế để mang lại thành công cho công ty sản xuất trong môi trường hoạt động chi phí cao, truy cập 10/01/2020, <<http://tapchitaichinh.vn/tai-chinh-kinh-doanh/quan-tri-chi-phi-chien-luoc-cong-cu-quan-tri-hien-dai-cua-doanh-nghiep-trong-moi-truong-canh-tranh-329079.html>>.

- [14] Ryan, A. (2014). Một khuôn khổ cho thiết kế hệ thống, truy cập 10/01/2020, <<https://iviettech.vn/category/blog/phan-tich-thiet-ke-he-thong>>.
- [15] Ryan, W., Stolterman, E., Jung, H., Siegel, M., Thompson, T., & Hazlewood, WR (2009). Trình lập bản đồ sinh thái thiết bị: Một công cụ để nghiên cứu hệ sinh thái của người dùng của các tạo tác tương tác, truy cập 10/01/2020, <https://repository.vnu.edu.vn/bitstream/VNU_123/20714/1/17.pdf>.
- [16] Sayar, D., & Er, Ö. (2018). Tiềm năng của thiết kế hệ thống và dịch vụ IoT thành công: Các trường hợp từ ngành sản xuất, truy cập 10/01/2020, <<https://aws.amazon.com/vi/iot/solutions/industrial-iot/>>.
- [17] Verbeek, P.-P. (2015). Ngoài tương tác: Giới thiệu ngắn về lý thuyết dàn xếp, truy cập 10/01/2020, <https://vi.wikipedia.org/wiki/Erving_Goffman>.
- [18] Verbeek, P.-P. (2016). Hướng tới một lý thuyết về trung gian công nghệ: Một chương trình nghiên cứu hậu chất lượng học, truy cập 10/01/2020, <[https://moet.gov.vn/content/vanban/Lists/VBDH/Attachments/2729/CT%20h%E1%BB%8Dc%20ph%E1%BA%A7n%20Kinhh%20%E1%BA%BF%20ch%C3%ADnh%20tr%E1%BB%8B%20MLN%20\(K\).pdf](https://moet.gov.vn/content/vanban/Lists/VBDH/Attachments/2729/CT%20h%E1%BB%8Dc%20ph%E1%BA%A7n%20Kinhh%20%E1%BA%BF%20ch%C3%ADnh%20tr%E1%BB%8B%20MLN%20(K).pdf)>.
- [19] MR Alam, MBI Reaz và MAM Ali (2018). Đánh giá về những ngôi nhà thông minh trong quá khứ, hiện tại và tương lai, truy cập 10/01/2020, <<https://www.knxvietnam.vn/post/ng%C3%B4i-nh%C3%A0-th%C3%B4ng-minh-quan-%C4%91i%E1%BB%83m-ng%C6%B0%E1%BB%9Di-d%C3%B9ng-v%C3%A0-b%E1%BA%A3n-ch%E1%BA%A5t-k%E1%BB%B9-thu%E1%BA%ADt>>.
- [20] Androutsopoulos, J. Koutsias, KV Chandrinos, G. Paliouras và CD Spyropoulos, (2019). Đánh giá khả năng lọc chống thư rác kiểu bayesian ngẫu nhiên, truy cập 10/01/2020, <<https://scholar.google.com/citations?user=88e2QIwAAAAJ&hl=en>>.
- [21] Apple, (2018). tạp chí học máy của Apple, truy cập 10/01/2020, <<https://machinelearning.apple.com/>>.
- [22] Bassi và G. Horn, Internet of things năm (2020). Lộ trình cho tương lai, European Commission: Information Society and Media, truy cập 10/01/2020, <https://www.ted.com/talks/ari_wallach_3_ways_to_plan_for_the_very_long_term/transcript?language=vi>.
- [23] KR Sollins, (2019). “Bảo mật dữ liệu lớn IoT và quyền riêng tư so với sự đổi mới”, truy cập 10/01/2020, <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8643026>>.
- [24] R. Petrolo, V. Loscri và N. Mitton, (2017). “Hướng tới thành phố thông minh dựa trên nền tảng đám mây vạn vật, khảo sát về tầm nhìn và mô hình thành phố thông minh”, truy cập 10/01/2020, <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ett.2931>>.
- [25] ZB Celik, E. Fernandes, E. Pauley, G. Tan và P. McDaniel, (2019). “Phân tích chương trình các ứng dụng IoT hàng hóa cho bảo mật và quyền riêng tư”, truy cập 10/01/2020, <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3333501>>.
- [26] Y. Meng, W. Zhang, H. Zhu và XS Shen, (2018). “Bảo mật IoT của người tiêu dùng trong ngôi nhà thông minh: kiến trúc, thách thức và biện pháp đối phó”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/MWC.2017.1800100>>.
- [27] N. Panwar, S. Sharma, S. Mehrotra, L. Krzywiecki và N. Venkatasubramanian, (2019). “Khảo sát về nhà thông minh về bảo mật và quyền riêng tư”, truy cập 10/01/2020, <<https://arxiv.org/abs/1904.05476>>.

- [28] S. Zhihua, (2016). “An ninh và khả năng phục hồi của môi trường nhà thông minh”, cơ quan liên minh châu Âu về bảo mật thông tin và mạng, truy cập 10/01/2020, <<https://www.enisa.europa.eu/publications/security-resilience-good-practices>>.
- [29] P. Rajiv, R. Raj, và M. Chandra, (2016). “Hệ thống giám sát và truy cập từ xa dựa trên email cho cơ sở hạ tầng nhà thông minh”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.04.104>>.
- [30] E. Fernandes, J. Jung và A. Prakash, (2016). “Phân tích các ứng dụng nhà thông minh mới nổi”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/SP.2016.44>>.
- [31] Jacobsson, M. Boldt và B. Carlsson, (2016). “Phân tích rủi ro của hệ thống tự động hóa nhà thông minh”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.003>>.
- [32] Markantonakis, RN Akram và MG Msgna, (2015). “Thực thi ứng dụng an toàn và đáng tin cậy trên các thiết bị nhúng”, truy cập 10/01/2020, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27179-8_1>.
- [33] P. Kumar, A. Gurtov, J. Iinatti, M. Ylianttila, và M. Sain, (2016). “Sơ đồ thiết lập khóa phiên nhẹ và an toàn trong môi trường nhà thông minh”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2475298>>.
- [34] S. Madakam và H. Date, (2016). “Các cơ chế bảo mật để kết nối các thiết bị thông minh trong internet vạn vật”, truy cập 10/01/2021 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33124-9_2>.
- [35] H. Lee, CR Ahn, N. Choi, T. Kim và H. Lee, (2019). “Ảnh hưởng của Môi trường Nhà ở đến Hiệu suất của Hệ thống Nhận biết Hoạt động Sử dụng Thông tin Trạng thái Kênh Wi-Fi: Một Nghiên cứu Khám phá”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.3390/s19050983>>.
- [36] S. Zhihua, 2016 “Thiết kế hệ thống nhà thông minh dựa trên ZigBee”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/ICRIS.2016.35>>.
- [37] M. Bassoli, V. Bianchi, và I. De Munari, (2018). “Hệ thống nhà thông minh IoT Wi-Fi cảm và chạy để giám sát con người”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.3390/electronics7090200>>.
- [38] GV Vivek và MP Sunil, (2015). “Bật dịch vụ IOT sử dụng công WIFI - ZigBee cho hệ thống tự động hóa gia đình”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/ICRCICN.2015.7434213>>.
- [39] YAN Wenbo, WANG Quanyu, và GAO Zhenwei, (2015). “Triển khai nhà thông minh dựa trên công nghệ Internet và WiFi”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/chicc.2015.7261075>>.
- [40] Bhatt và J. Patoliya, (2016). “Số hóa thiết bị gia dụng hiệu quả về chi phí để tự động hóa gia đình với các thiết bị WiFi công suất thấp”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/AEEICB.2016.7538368>>.
- [41] R. Kodali và SR Soratkal, (2016). “Hệ thống tự động hóa gia đình dựa trên MQTT sử dụng ESP8266”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/r10-htc.2016.7906845>>.
- [42] Froiz-Míguez, T. Fernández-Caramés, P. Fraga-Lamas và L. Castedo, (2018). “Thiết kế, triển khai và đánh giá thực tế hệ thống tự động hóa tại nhà IoT cho các ứng dụng điện toán sương mù dựa trên các nút cảm biến MQTT và ZigBee-WiFi” truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.3390/s18082660>>.

- [43] W.-T. Sung và J.-S. Lin, (2013). “Thiết kế và triển khai hệ thống chiếu sáng LED thông minh sử dụng thuật toán tổng hợp dữ liệu có trọng số tự thích ứng”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.3390/s131216915>>.
- [44] C Y. Chang, C.-H. Kuo, J.-C. Chen và T.-C. Wang, (2015). “Thiết kế và triển khai một điểm truy cập IoT cho ngôi nhà thông minh”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.3390/app5041882>>.
- [45] Y. Amri và MA Setiawan, (2018). “Thiết kế và cải tiến khái niệm nhà thông minh với khái niệm internet vạn vật bằng cách sử dụng RaspberryPi và NodeMCU,” truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1088/1757-899X/325/1/012021>>.
- [46] U. Guin, A. Singh, M. Alam, J. Canedo và A. Skjellum, (2018). “Một chương trình xác thực thiết bị cạnh giá rẻ an toàn cho internet vạn vật”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/vlsid.2018.42>>.
- [47] S. Pirbhulal, H. Zhang, M. E Alahi và cộng sự, (2016). “Một hệ thống tự động hóa nhà thông minh dựa trên IoT an toàn mới sử dụng mạng cảm biến không dây”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.3390/s17010069>>.
- [48] Pinto và R. Costa, (2016). “Xác thực dựa trên chuỗi băm cho thiết bị IoT và dịch vụ RESTWeb”, truy cập 10/01/2020, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40114-0_21>.
- [49] WM Kang, SY Moon, và JH Park, (2017). “Khung bảo mật nâng cao cho các thiết bị gia dụng trong ngôi nhà thông minh”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1186/s13673-017-0087-4>>.
- [50] C. Lachner và S. Dustdar, (2019). “Đánh giá hiệu suất của các cơ chế bảo vệ dữ liệu cho các thiết bị IoT hạn chế tài nguyên”, truy cập 10/01/2020, <<https://doi.org/10.1109/icfc.2019.00015>>.

