



DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.048

## XÂY DỰNG MÔI TRƯỜNG DỰA TRÊN Đám Mây CHO VIỆC GIÁM SÁT HỆ THỐNG NĂNG LƯỢNG TÒA NHÀ

Lê Trần Thái Bình<sup>1\*</sup>, Phạm Đăng Quang<sup>3</sup>, Nguyễn Phúc Khải<sup>2</sup>, Trần Minh Quang<sup>1</sup> và Đặng Chí Cường<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chương trình kỹ sư chất lượng cao Việt- Pháp (PFIEV), Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Bộ môn Hệ thống điện, Khoa Điện - điện tử, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Khoa Điện - điện tử, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Lê Trần Thái Bình (email: binh.lebinh@hcmut.edu.vn)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 29/10/2022

Ngày nhận bài sửa: 29/11/2022

Ngày duyệt đăng: 31/12/2022

### Title:

Cloud-based environment for monitoring power systems on campus

### Từ khóa:

Hệ thống giám sát, Internet vạn vật, LoraWAN, Máy chủ web, Tiêu thụ năng lượng, Ứng dụng di động

### Keywords:

Energy consumption, Internet of Things, LoraWAN, Mobile application, Monitoring system, Web server

### ABSTRACT

This paper aims to build a model using a cloud-based environment for monitoring power systems on campus with important goals to improve the quality of the living environment and efficient use of electricity in the context of sustainable development. Applying LoRaWAN technology can represent a very promising solution, due to its good coverage outdoors and in mixed environments, instead of a LAN or PLC solution. The main approach given is to use LoraWAN technology combined with a cloud-based environment to monitor a wide area of a campus, a building, or an area. The results show that the source parameters in the power system can display on mobile application devices and web browser applications, in addition to creating a cloud database for energy consumption research for the building. In the future, this result will make a small contribution to the practice that Vietnam is developing Smart Cities, Smart Hi-Tech Parks, and optimally controlling the load power usage in distributed power systems.

### TÓM TẮT

Bài báo nhằm mục đích xây dựng mô hình sử dụng môi trường dựa trên đám mây để giám sát hệ thống điện trong một khuôn viên với các mục tiêu nhằm nâng cao chất lượng môi trường sống và sử dụng điện hiệu quả trong bối cảnh phát triển bền vững. Thực tế, việc áp dụng công nghệ LoRaWAN có thể trở thành một giải pháp rất hứa hẹn, do khả năng phủ sóng tốt ở ngoài trời và trong môi trường hỗn hợp, tầm xa thay vì giải pháp LAN hoặc truyền thông đường dây điện PLC. Cách tiếp cận được đưa ra là sử dụng LoraWAN kết hợp với môi trường dựa trên đám mây để giám sát diện rộng một khuôn viên, một tòa nhà hoặc một khu vực. Kết quả đạt được với các thông số nguồn trong hệ thống điện có thể hiển thị trên các thiết bị ứng dụng di động và ứng dụng trình duyệt web, ngoài ra còn xây dựng được cơ sở dữ liệu đám mây để nghiên cứu tiêu thụ năng lượng cho tòa nhà. Trong tương lai, kết quả này sẽ góp phần nhỏ vào thực tiễn Việt Nam đang phát triển Thành phố thông minh, Khu công nghệ cao thông minh và kiểm soát tối ưu việc sử dụng điện của phụ tải trong hệ thống điện phân tán.

## 1. GIỚI THIỆU

Trải dọc theo lịch sử hình thành và phát triển của Internet of Things (IoT), từ những “viên gạch đầu tiên” về phát minh điều chỉnh nhiệt độ trong phòng của Warren S. Johnson năm 1883, đến sự ra đời của Truyền thông đường dây điện (PLC), Công nghệ nhận dạng qua tần số vô tuyến (RFID), và hiện nay những hệ thống thông minh như Smart Home, Smart Garden,... đã thể hiện khát khao của con người về một môi trường tự động và thông minh.

Việc áp dụng những tiến bộ của IoT để tự động hóa các tòa nhà đang nổi lên như một giải pháp đầy hứa hẹn để đạt được hiệu quả cao hơn trong việc tiêu thụ năng lượng và cho phép hiện thực hóa các mô hình tiết kiệm năng lượng, giảm phát thải và bền vững. Bằng cách tiếp cận này, việc sử dụng các kiến trúc điều khiển phân tán và công nghệ IoT (có dây và không dây), kết hợp với nền tảng đám mây cho việc lưu trữ dữ liệu, sẽ dẫn đến các giải pháp hiệu quả để quản lý môi trường thông minh bao gồm các nhóm tòa nhà, chẳng hạn, như khuôn viên trường từ đó mang lại những hiệu quả về năng lượng.

Bức tranh năng lượng thế giới trong tương lai sẽ được vẽ nên bởi màu sắc của những nguồn năng lượng sạch và được điem tô bởi việc sử dụng dụng hiệu quả các thiết bị sử dụng nhiều năng lượng, chẳng hạn như Hệ thống sưởi ấm, thông gió và điều hòa không khí (HVAC) trong các tòa nhà và khu vực dân cư. Các công nghệ giám sát trước đây được vận hành dựa trên cơ sở hạ tầng đã triển khai trước đó như Mạng cục bộ LAN, IEEE802.11 (Wifi), sóng RF (radio frequency) tuy nhiên lại hạn chế về khả năng phủ sóng, cả trong môi trường trong nhà (tức là giữa các tầng khác nhau của cùng một tòa nhà) và trong các tình huống ngoài trời (tức là giữa các tòa nhà khác nhau). Nếu áp dụng Truyền thông đường dây điện (PLC), sử dụng cơ sở hạ tầng điện hiện có bên trong các tòa nhà, chỉ có thể được thực hiện thành công trên cùng một phần của mạng điện, do đó rất giới hạn người dùng. Mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) đang nổi lên như một lựa chọn khả thi, nhờ vào phạm vi phủ sóng lớn, độ phức tạp thấp và tiêu thụ điện năng thấp, trong đó có thể nhắc đến là công nghệ LoraWAN.

Trong quá trình xây dựng các hệ thống giám sát, đòi hỏi cần phải có một trung tâm lưu trữ dữ liệu lớn nhằm phục vụ cho mục đích tính toán và vận hành hệ thống. Tuy nhiên, khi ứng dụng các công nghệ vô tuyến có thể tận dụng công nghệ điện toán đám mây để giảm chi phí cũng như không gian cần để xây dựng và vận hành hệ thống. Trước đây, các hệ thống

phần mềm được tách biệt với khu vực được giám sát, tuy nhiên hiện nay, chúng có thể hoạt động cùng nhau trong các mô hình quản lý môi trường thông minh. Đồng thời, thông qua đó có thể cung cấp các dịch vụ, tiện ích thông minh hỗ trợ công tác quản lý và các chức năng khác của môi trường được quản lý. Tuy nhiên, theo Nader Mohamed et al. (2016), các vấn đề về bảo mật, quyền riêng tư và các phương pháp tích hợp hiệu quả giữa hệ thống quản lý năng lượng tòa nhà hỗ trợ đám mây (CE-BEMS) và các dịch vụ đám mây là một trong những thách thức chính bên cạnh những chức năng của đã được liệt kê và thảo luận trong nghiên cứu này.

Thực trạng đã có đề xuất thiết kế và phát triển Hệ thống Giám sát Môi trường và Năng lượng Tòa nhà (BEEMS) cho các ứng dụng khuôn viên thông minh dựa trên các nút cảm biến phân tán sử dụng công nghệ ZigBee của Kun Qian et al. (2014), cho phép thu thập và giám sát các loại phép đo phản ánh mức tiêu thụ năng lượng của các tòa nhà. Các thông số chính của nghiên cứu này bao gồm nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc không khí, âm thanh, mức chất lượng không khí,... Hệ thống phần mềm ứng dụng trong nghiên cứu này được phát triển bằng cách sử dụng kiến trúc tương tác chung Ajax dựa trên jQuery và được tích hợp thêm với GIS của khuôn viên trường, cung cấp các chức năng phân tích và báo cáo phong phú để giám sát cả mức tiêu thụ năng lượng và các thông số môi trường.

Ngoài ZigBee, hiện nay đã có những nghiên cứu giám sát áp dụng các công nghệ không dây như Wifi, Bluetooth BLE, Sigfox, LoRaWAN. Điển hình như nghiên cứu Giám sát cảm biến dựa trên Bluetooth trong các nhà máy IoT công nghiệp của Rahul N. Gore et al. (2019); nghiên cứu sử dụng nút cảm biến không dây Sigfox tự động để giám sát môi trường của Laura Joris et al. (2019),... Việc sử dụng LoRaWAN để giám sát và kiểm soát các nguồn năng lượng phân tán trong khuôn viên thông minh được Marco Pasetti et al. (2020) đề xuất và mang lại tính khả thi khi có thể mở rộng mô hình với 10,000 nút, phạm vi phủ sóng tối thiểu là 250m và độ trễ giao tiếp khoảng 400 ms. Cuối cùng, những ưu điểm của giải pháp này được đề xuất trong việc giám sát và quản lý hệ thống PV trong một kịch bản thực tế.

Do đó, sử dụng công nghệ LoraWAN cho việc giám sát kết hợp với nền tảng đám mây sẽ đem lại lợi ích về tầm vực đo, công suất, chi phí thấp và bảo mật. LoRaWAN kết hợp hai lớp bảo mật. Lớp bảo mật mạng đảm bảo tính xác thực của nút trong mạng. Bảo mật lớp ứng dụng xử lý mã hóa dữ liệu

giữa các nút và máy chủ ứng dụng để tin nhắn có thể được đọc hoặc can thiệp trong quá trình gửi.

Vì vậy, việc áp dụng công nghệ LoRaWAN xây dựng mô hình sử dụng môi trường dựa trên đám mây để giám sát hệ thống điện có thể trở thành một giải pháp cho việc giám sát năng lượng trong tầm vực điện rộng.

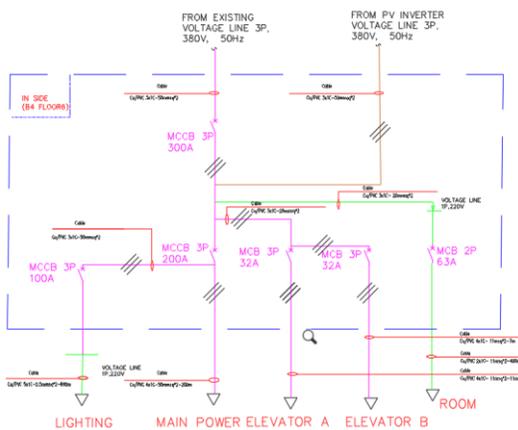
## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng giám sát và nghiên cứu là hệ thống điện trong toà nhà B4, trong khuôn viên trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Hồ Chí Minh. Nghiên cứu được thực hiện điển hình tại tủ điện tổng lầu 6 với sự xuất hiện của nguồn năng lượng mặt trời áp mái, hoà lưới trực tiếp, được thể hiện qua hình 1.



Hình 1. Tủ điện tổng lầu 6 tòa nhà B4

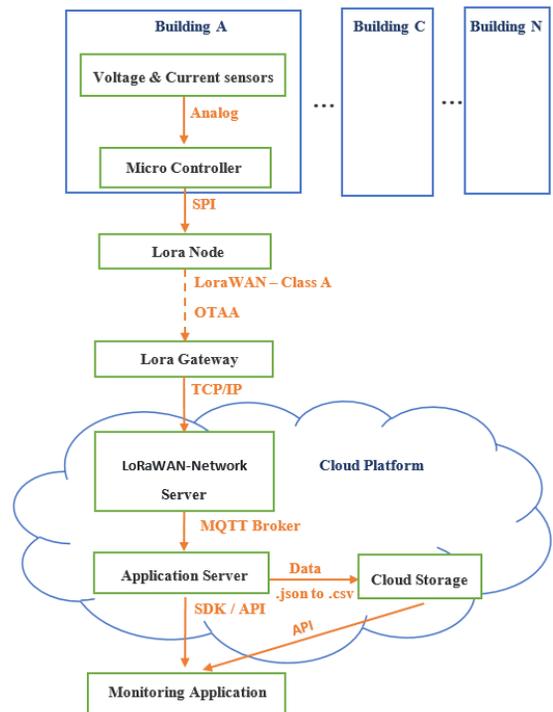


Hình 2. Sơ đồ đơn tuyến của Tủ điện tổng Tầng 6 tòa nhà B4, trường Đại học Bách Khoa TP.HCM

Hình 2 là sơ đồ đơn tuyến của hệ thống điện tại điểm khảo sát. Hệ thống điện tại toà nhà B4 sử dụng nguồn điện ba pha 380V từ nguồn điện phân phối 22/0,4kV. Tủ điện bao gồm các CB (Circuit Breaker) cho các nhóm phụ tải chiếu sáng và nhóm phụ tải động lực (bao gồm hai thang máy, 4 phòng học, và máy lạnh), nhóm nguồn phát là nguồn điện hệ thống và nguồn năng lượng mặt trời áp mái PV.

### 2.2. Mô hình nghiên cứu

Mô hình nghiên cứu được mô tả ở hình 3 được xây dựng và hoàn thiện với các khối chức năng, cụ thể bao gồm: khối thiết bị đo các thông số tại nguồn điện khảo sát, khối truyền gửi tín hiệu không dây, khối nền tảng đám mây và cơ sở dữ liệu, và khối ứng dụng hiển thị.

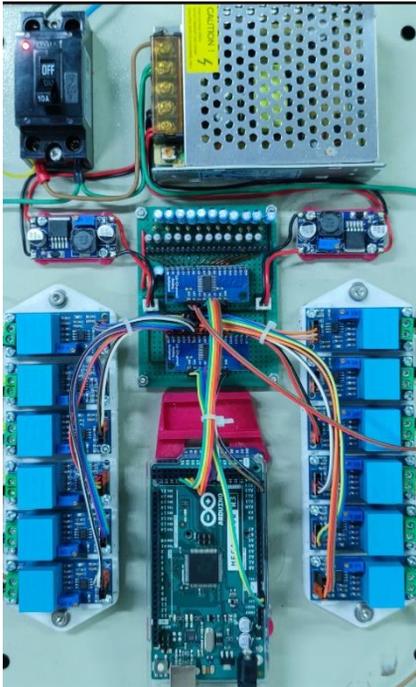


Hình 3. Mô hình nghiên cứu

Các bộ thu phát sóng LoRa được triển khai thành các điểm đầu cuối (end-node) và trạm (gateway), kết nối với nhau thông qua các giao thức mạng và trở thành mạng LoRaWAN, với hình thức là mạng hai chiều và được triển khai theo cấu trúc liên kết hình sao. Để mô hình hoá cho một khuôn viên điện rộng, nghiên cứu được thực hiện với khoảng cách truyền nhận tín hiệu của end-node và gateway trong bán kính hơn 1 km và chiều cao đặt thiết bị thu phát sóng nằm trong vùng ổn định thu nhận tín hiệu.

Các thiết bị đầu cuối (cảm biến, thiết bị điện,...) trong khối thiết bị đo sẽ kết nối đến LoRa node, sau đó đọc và gửi dữ liệu vô tuyến đến gateway. Khi được kết nối vào internet, các gateway sẽ gửi các tập tin nhận được đến các máy chủ trung tâm chạy các ứng dụng khác nhau. Do đó, khối thiết bị đo giá trị, được thiết kế như hình 4, giữ vai trò tiên quyết trong toàn bộ mô hình giám sát.

**2.3. Thiết kế khối thiết bị đo giá trị**



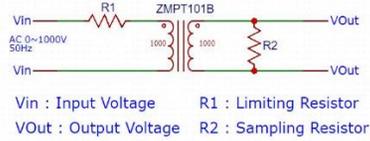
**Hình 4. Khối thiết bị đo giá trị**



**Hình 5. Biến dòng dạng kẹp mẫu SCT036TS**

Thiết bị biến dòng loại kẹp loại 200/5A và 300/5A (như trên hình 5) và cảm biến điện áp (như Hình 6) được sử dụng để đo thông số của các nhóm phụ tải. Mục đích của việc sử dụng biến dòng loại kẹp để không can thiệp nhiều vào hệ thống điện mà vẫn đạt được hiệu quả trong việc giám sát các thông số cần quan tâm. Nguồn cấp điện cho khối thiết bị đo là nguồn điện với cấp điện áp 5V DC cho Arduino Mega 2560, cấp điện áp 6V DC cho các cảm biến điện áp. Tín hiệu từ các cảm biến gửi về

cho Arduino Mega 2560 là tín hiệu analog, sau đó được truyền gửi qua LoRa node theo giao tiếp SPI.

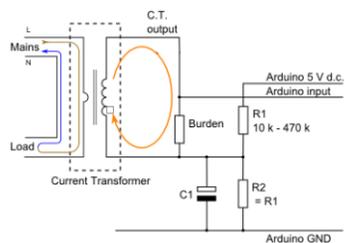


**Hình 6. Cảm biến điện áp và sơ đồ nguyên lý hoạt động**

Cảm biến điện áp được sử dụng trong bài báo là các module ZMPT101B. Các module này sử dụng các biến điện áp với độ chính xác cao. Như trên hình 6, module sẽ bao gồm các linh kiện khác nhằm lọc nhiễu, cách ly và khuếch đại tín hiệu đo đạc để đưa về vi xử lý. Bỏ qua các thành phần đó, nguyên lý hoạt động của cảm biến có thể được biểu thị một cách đơn giản thông qua sơ đồ trong hình 6. Bộ biến điện áp được thiết kế với đặc tính giữ dòng phía sơ cấp bằng phía thứ cấp. Điện áp đầu vào phía sơ cấp được tải qua điện trở R1, đầu ra phía thứ cấp được ngăn mạch bởi điện trở R2. Với dòng điện sơ cấp bằng với dòng điện thứ cấp, điện áp ra ở thứ cấp được xác định như sau:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R_1} \times R_2$$

Thông qua việc điều chỉnh giá trị R2, có thể thay đổi giá trị điện áp ra, phù hợp với các vi điều khiển khác nhau.



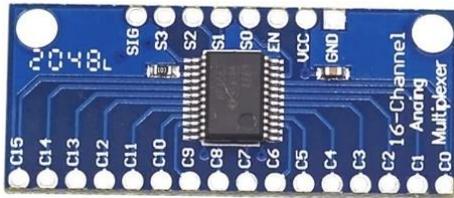
**Hình 7. Sơ đồ nguyên lý của cảm biến dòng dạng kẹp**

Nguyên lý hoạt động của biến dòng cũng tương tự như biến điện áp, được thể hiện trên Hình 7. Biến dòng sẽ áp dụng nguyên lý cảm ứng điện từ để giảm dòng điện cần đo xuống mức thích hợp cho các vi điều khiển. Biến dòng được sử dụng trong bài báo có đầu ra là dòng điện, do đó đầu ra của CT (Current Transformer) không được phép hở mạch, vì có thể

tạo hiệu điện thế lớn gây hư hỏng CT. Để có thể đọc được tín hiệu dòng điện từ CT, đầu ra của biến dòng được ngắn mạch bởi một điện trở R. Với giá trị R cố định đã biết, thông qua việc đọc điện áp rơi trên điện trở, giá trị dòng điện phía thứ cấp của CT có thể được xác định. Giá trị điện trở này sẽ được lựa chọn nhằm điện áp rơi tối đa đạt mức fullscale của bộ ADC trên vi điều khiển. Giá trị điện trở R được xác định như sau:

$$R = \frac{V_{ADC}/2}{I_{rms} \times \sqrt{2}}$$

Vi điều khiển được sử dụng trong bài báo là Arduino Mega, với bộ ADC đạt fullscale tại mức 5V. các biến dòng trong bài báo này đều có dòng điện hiệu dụng thứ cấp là 5A. Từ đó có thể xác định giá trị R đạt khoảng 0.35 Ω.



Hình 8. Module Analog Multiplexer

Khối thiết bị đo giá trị được sử dụng để theo dõi bốn vị trí của đối tượng nghiên cứu. Mỗi vị trí đo sẽ gồm ba pha, từ đó đối với mỗi vị trí theo dõi sẽ cần ba biến dòng và ba cảm biến điện áp cho mỗi pha. Do đó, khối thiết bị đo sẽ bao gồm 12 cảm biến điện áp và 12 biến dòng. Từ đó, vi điều khiển cần xử lý tổng cộng 24 tín hiệu analog. Với lượng lớn tín hiệu analog, khối thiết bị đo trong bài báo sẽ sử dụng hai bộ Analog Multiplexer 74HC4067 để lựa chọn tín hiệu sẽ được xử lý.

Các tín hiệu Analog từ các cảm biến sẽ được nối vào các kênh của bộ MUX, vi điều khiển sẽ sử dụng 4 chân Digital để lựa chọn kênh sẽ được nối với đầu ra của bộ MUX.

#### 2.4. Khối giao tiếp không dây LoRa

Việc ứng dụng công nghệ LoRaWAN cho nghiên cứu này thay vì các công nghệ khác, bao gồm công nghệ PLC, do hiện trạng tòa nhà B4 đã được xây dựng từ cách đây gần 20 năm. Hơn thế nữa việc sử dụng giải pháp này, sẽ ít việc can thiệp một cách trực tiếp vào hệ thống điện hiện hữu so với giải pháp sử dụng PLC.

Về tính pháp lý, công nghệ LoRaWAN thuộc nhóm công nghệ vô tuyến mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) băng tần 920 đến 923 MHz được Bộ Thông tin và truyền thông (2020) quy định tại Thông

tư 38/2020 – BTTTT và cũng đã được áp dụng trong hệ thống quản lý tự động đèn giao thông và hạ tầng viễn thông. Nghiên cứu được thực hiện đảm bảo tuân thủ Thông tư này về băng tần, công suất phát xạ và các điều kiện kỹ thuật khác.

Công nghệ LoRa là một công nghệ không dây có thể truyền dữ liệu đi xa vài km mà không cần mạch khuếch đại công suất, từ đó giúp tiêu tốn không quá nhiều năng lượng để truyền nhận dữ liệu. LoRa hoạt động trên dải tần số radio dưới dạng sub-GigaHertz, ở mỗi khu vực sẽ có một dải tần số khác nhau, tại Việt Nam với dải tần số từ 920 - 923 MHz.



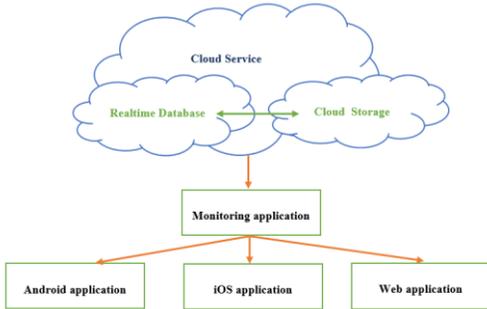
Hình 9. Khối giao tiếp không dây LoRa

Một end-node khi tham gia vào mạng LoRaWAN thì sẽ hoạt động với 3 Class khác nhau là Class A, Class B, Class C. Trong nghiên cứu này Class A được sử dụng để gửi tập tin uplink lên máy chủ với mức công suất thấp. Thiết bị đầu cuối sử dụng LoRa module RFM95W, với công suất phát đầu ra 20dBm -100mW, cung cấp giao tiếp không dây dựa trên trải phổ dải cực xa và khả năng chống nhiễu cao trong khi giảm thiểu mức tiêu thụ dòng điện.

Nghiên cứu này sử dụng LoRa Gateway Winnet iFemtoCell evolution 923 hỗ trợ các dãy tần số như 863 – 874.4 MHz, 902 – 928 MHz phù hợp với châu Á, trong đó có tần số quét 923 MHz hợp lệ tại Việt Nam (AS923). Thiết bị iFemtoCell là điểm kết nối giữa các thiết bị đầu cuối và mạng internet, và được thiết kế đặc biệt cho nhu cầu lắp đặt, sử dụng trong nhà. Để đảm bảo tín hiệu truyền đi ổn định nhất trong khoảng cách xa với môi trường phức tạp ở khuôn viên nhiều cây xanh và nhiều tòa nhà, ăng ten hỗ trợ dải tần số sử dụng 923 MHz là một thiết bị thiết yếu.

**2.5. Khối dịch vụ đám mây và cơ sở dữ liệu**

Thông qua giao thức TCP/ IP, thông tin dữ liệu được gửi từ LoRa gateway về máy chủ mạng LoRaWAN. Giao thức truyền thông điệp MQTT đảm nhận việc gửi và nhận dữ liệu từ máy chủ mạng LoRaWAN thông qua một Broker (máy chủ môi giới sử dụng trong nền tảng Cloud) về tầng dịch vụ. Phía tầng dịch vụ trên nền tảng đám mây trong nghiên cứu này sẽ bao gồm hai chức năng: phát triển ứng dụng và máy chủ lưu trữ.



**Hình 10. Mô hình khối dịch vụ đám mây**

Máy chủ phát triển ứng dụng sẽ cung cấp dịch vụ cơ sở dữ liệu thời gian thực NoSQL và lưu trữ thời gian thực cơ sở dữ liệu khi liên kết với máy chủ lưu trữ. Dữ liệu thời gian thực với định dạng .JSON và luôn đồng bộ thời gian thực đến mọi kết nối client, nên cần chuyển cơ sở dữ liệu này sang định dạng .CSV để việc lưu trữ và thu thập dữ liệu cho các nghiên cứu tiếp theo được diễn ra dễ dàng hơn.

Việc lưu trữ được thực hiện dựa trên đám mây thay vì những dạng lưu trữ trực tiếp thông qua các máy chủ phần cứng mang lại tính tối ưu về thiết bị và năng lượng vận hành, đồng thời cũng linh hoạt hơn về bộ nhớ lưu trữ. Đám mây lưu trữ riêng (private cloud) được áp dụng để lưu trữ dữ liệu cho nghiên cứu này vì mức độ bảo mật và riêng tư cho bộ cơ sở dữ liệu.

**2.6. Khối ứng dụng hiển thị**

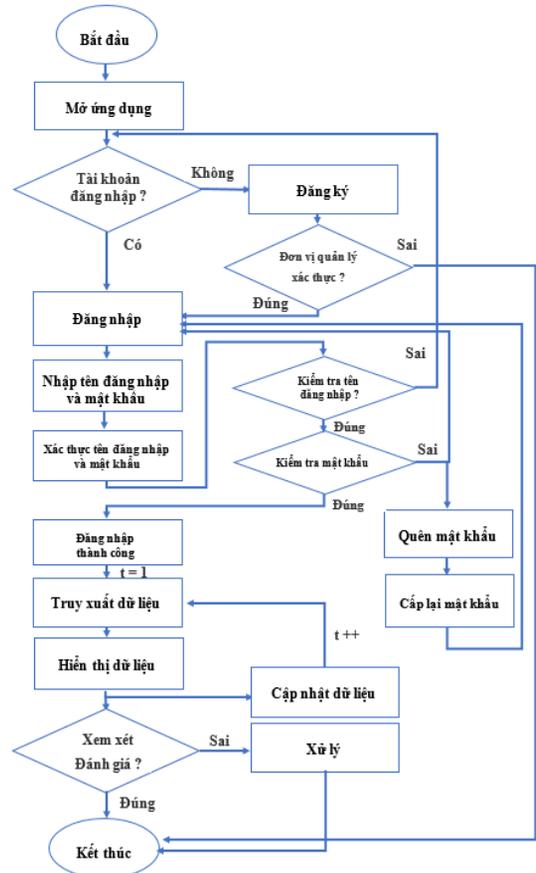
Việc trực quan các dữ liệu thu thập được xây dựng thông qua ứng dụng trên nền tảng di động android, và nền tảng web. Ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng .dart được sử dụng để phát triển ứng dụng hiển thị cho nghiên cứu này vì có tính linh hoạt cao trong việc phát triển ứng dụng đa nền tảng.

Giao diện truy xuất thông tin trên ứng dụng di động sẽ hiển thị dữ liệu trên máy chủ thời gian thực, hiển thị thông tin cho các nhóm phụ tải. Người quản lý có thể theo dõi thông tin như trên Hình 11, hoặc có thể xem lại thông tin trên phần thống kê dữ liệu.

Giải thuật truy xuất thông tin được trình bày dưới hình 12.



**Hình 11. Giao diện truy xuất dữ liệu trên ứng dụng di động**



**Hình 12. Lưu đồ giải thuật truy xuất thông tin trên ứng dụng di động**

Cơ sở dữ liệu gốc ngoài việc được hiển thị trên thiết bị di động còn được đồng bộ và lưu trữ ngay

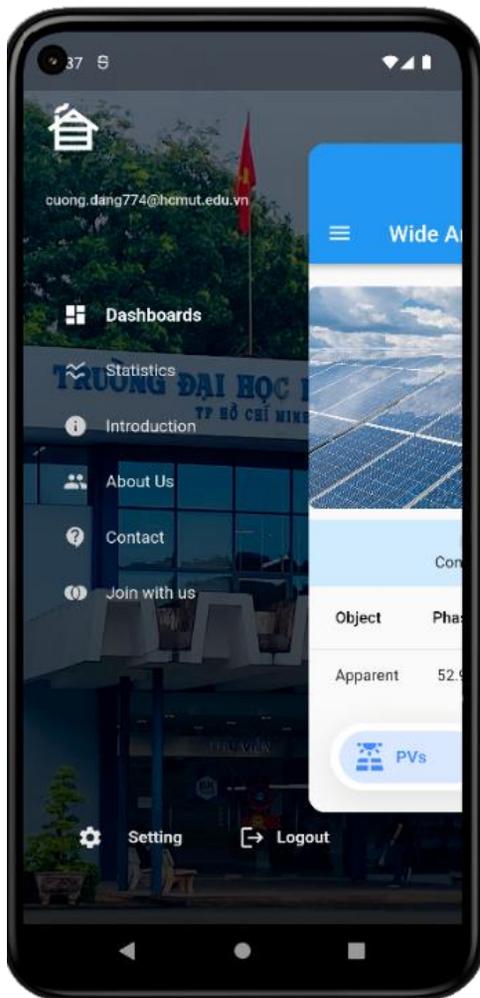
khi có dữ liệu được LoRa Network Server chuyển về đám mây lưu trữ.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

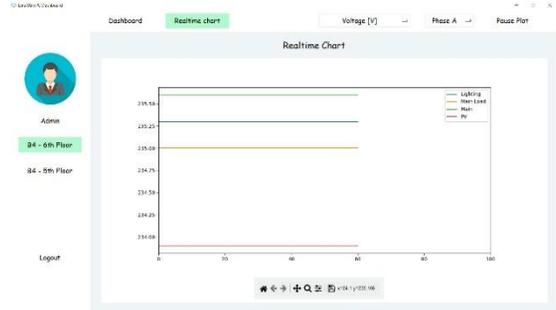
#### 3.1. Kết quả

Việc theo dõi và giám sát năng lượng tiêu thụ của các nhóm phụ tải tại tủ điện tổng lầu 6 tòa nhà B4 đã được xây dựng hoàn thiện và đang trong quá trình thu thập dữ liệu cho việc nghiên cứu mức sử dụng năng lượng.

Ngoài việc thiết kế ứng dụng cho các thiết bị di động như Hình 13 (bao gồm các thiết bị di động sử dụng hệ điều hành android và iOS), nghiên cứu cũng đã phát triển ứng dụng trên nền tảng hệ điều hành window như Hình 14.



Hình 13. Giao diện trang chủ ứng dụng di động



Hình 14. Giao diện trang chủ của ứng dụng trên máy tính window

Nhìn chung, mô hình đã xây dựng ở nghiên cứu này đạt được những ưu điểm về thiết bị phần cứng và cả phần mềm quản lý.

Về phần cứng thiết bị:

- Ít can thiệp trực tiếp vào hệ thống điện hiện hữu;
- Dễ dàng nhân rộng ra nhiều nút giám sát hơn với việc thiết kế tương tự;

- Nguồn điện cung cấp để vận hành thấp chỉ 6V DC, nên có thể thiết kế di động (sử dụng nguồn một chiều) và không phụ thuộc vào nguồn điện của điểm giám sát.

Về phần mềm:

- Ứng dụng hiển thị được thiết kế trên nhiều nền tảng, nên tiếp cận được trên nhiều dạng thiết bị và người dùng hơn;

- Phần mềm được phát triển riêng cho mục đích cụ thể - giám sát các thông số hệ thống điện của từng loại phụ tải và nguồn phát (nguồn từ lưới điện và nguồn PV) trên từng pha như: công suất tác dụng, công suất phản kháng, điện áp, dòng điện, hệ số công suất;

- Cơ sở lưu trữ dữ liệu đám mây được bảo mật và duy nhất, theo kiểu tập trung nên dễ dàng quản lý và thu thập dữ liệu từ nhiều nút giám sát.

Như vậy, môi trường dựa trên đám mây đã xây dựng đạt được những mục tiêu đề ra về quản lý hiệu quả năng lượng và giám sát mức tiêu thụ của phụ tải điện.

#### 3.2. Độ bảo mật dữ liệu

Bên cạnh mục tiêu theo dõi và giám sát, mô hình đã xây dựng đạt được tính tin cậy về bảo mật thông tin. Đầu tiên, về phương diện truyền gửi dữ liệu, mạng LoRaWAN tích hợp công nghệ mã hóa AES-128 đảm bảo giao tiếp an toàn giữa máy chủ ứng dụng và thiết bị đầu cuối.

Đối với mỗi thiết bị LoRaWAN, bao gồm gateway được lập trình trong quá trình sản xuất với một khóa duy nhất, được gọi trong giao thức là AppKey, và cũng có một định danh duy nhất trên toàn thế giới. Thông tin dữ liệu cũng sẽ được bảo mật trên nền tảng đám mây thông qua một khóa bảo mật cá nhân của phía nhà quản lý dữ liệu cung cấp cho nhà phát triển ứng dụng. Người trực tiếp sử dụng thiết bị di động để xem thông tin dữ liệu cũng cần phải được sự chấp thuận và được cấp quyền truy cập bởi nhà phát triển ứng dụng. Thông tin dữ liệu sẽ được phân quyền bởi những người chịu trách nhiệm quản lý dữ liệu. Nhìn chung, dữ liệu đạt được bảo mật và tin cậy.

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng mô hình giám sát năng lượng tòa nhà với chức năng truy xuất dữ liệu và lưu

trữ thông tin trên đám mây, từ đó làm tiền đề cho việc nghiên cứu và điều khiển việc sử dụng năng lượng để nâng cao chất lượng môi trường sống và sử dụng điện hiệu quả trong bối cảnh phát triển bền vững. Cơ sở dữ liệu từ việc giám sát này sẽ được sử dụng cho hướng nghiên cứu tiếp theo về phân tích việc sử dụng năng lượng hợp lý, hiệu quả; cũng như nghiên cứu về việc giám sát và dự báo sự cố ở tủ điện phân phối phía phụ tải.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc Gia TP.HCM trong khuôn khổ đề tài mã số SVPFIEV-2022-ĐĐT-08”. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc Gia TP.HCM đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Thông tin và Truyền thông. (2020). Thông tư số 38/2020/TT-BTTTT về “Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về thiết bị vô tuyến mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) băng tần 920MHz đến 923MHz”. *Thông tư 38/2020/TT-BTTTT*

Education, P. R. (2014). A ZigBee-based building energy and environment monitoring system integrated with campus GIS. *International Journal of Smart Home*, 8(2), 107-114.

Gore, R. N., Kour, H., Gandhi, M., Tandur, D., & Varghese, A. (2019, March). Bluetooth based sensor monitoring in industrial iot plants. In *2019 International Conference on Data Science and Communication (IconDSC)* (pp. 1-6). IEEE.

Joris, L., Dupont, F., Laurent, P., Bellier, P., Stoukatch, S., & Redouté, J. M. (2019). An autonomous sigfox wireless sensor node for environmental monitoring. *IEEE Sensors Letters*, 3(7), 01-04.

Nader Mohamed, Sanja Lazarova-Molnar, and Jameela Al-Jaroodi (2016), CE-BEMS: A Cloud-Enabled Building Energy. *MEC International Conference on Big Data and Smart City*

Pasetti, M., Ferrari, P., Silva, D. R. C., Silva, I., & Sisinni, E. (2020). On the use of LoRaWAN for the monitoring and control of distributed energy resources in a smart campus. *Applied Sciences*, 10(1), 320.