



IMPLEMENTATION OF ELECTRICAL POWER CONSUMPTION MONITORING SYSTEM BY USING WIRELESS SENSOR NETWORK AND IOT

Minh-Tuan Le, Thi-Thu-Huong Mai*

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Scientific communication

Received: 9/3/2020

Revised: 24/3/2020

Accepted: 8/4/2020

Published online: 24/4/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.11>

* *Corresponding author*

Email: maihuongktvt@gmail.com, huongmtt@utc.edu.vn

Abstract. The article presents an electrical power monitoring system, implemented via wireless sensor network and Google server. The electrical power consumption level of any electrical devices or areas like offices, classrooms or houses can be monitored via the Internet. The monitoring network system is built on technologies of wireless sensor network and Internet of Things (IoT), which allows to deploy in a wide area with the high flexibility in function and application ability in practice.

Keywords: Wireless sensor network, Internet of things, Remote monitoring and warning.

© 2020 University of Transport and Communications



XÂY DỰNG HỆ THỐNG GIÁM SÁT MỨC TIÊU THỤ ĐIỆN NĂNG THÔNG QUA MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY VÀ IOT

Lê Minh Tuấn, Mai Thị Thu Hương*

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Thông tin khoa học

Ngày nhận bài: 9/3/2020

Ngày nhận bài sửa: 24/3/2020

Ngày chấp nhận đăng: 8/4/2020

Ngày xuất bản Online: 24/4/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.11>

* Tác giả liên hệ

Email: maihuongkvtv@gmail.com, huongmtt@utc.edu.vn

Tóm tắt. Bài báo trình bày về hệ thống giám sát mức tiêu thụ điện năng cho các thiết bị điện nói chung, được thực hiện thông qua mạng cảm biến không dây và hệ thống máy chủ Google của mạng Internet. Mức tiêu thụ điện năng của một thiết bị điện hay mức tiêu thụ điện năng của một khu vực như văn phòng, phòng học, nhà ở có thể được giám sát từ xa qua mạng Internet. Hệ thống mạng được xây dựng tích hợp các công nghệ của mạng cảm biến không dây và Internet kết nối vạn vật (IoT), cho phép triển khai ở một khu vực rộng, có tính linh hoạt về chức năng và khả năng triển khai trong thực tế.

Từ khóa: Mạng cảm biến không dây, Mạng Internet kết nối vạn vật, Giám sát và cảnh báo từ xa.

© 2020 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đối với người sử dụng, việc giám sát mức tiêu thụ điện năng của các thiết bị điện nói riêng và của một hệ thống điện trong một khu vực nói chung là rất cần thiết, qua đó giúp người dùng có thể đánh giá được mức độ, tính chất sử dụng các thiết bị điện để có thể đưa ra những phương án sử dụng hiệu quả nhất, tiết kiệm chi phí. Để xác định mức tiêu thụ điện năng của thiết bị điện thông thường, người dùng cần sử dụng các thiết bị đo chuyên dụng để xác định được mức điện áp, mức dòng điện, qua đó tính toán được mức công suất điện năng của thiết bị. Tuy vậy cách thức thực hiện này có tính hạn chế, và không phù hợp trong các trường hợp như cần giám sát thiết bị hoạt động liên tục trong thời gian dài, hay đòi hỏi phải

giám sát nhiều thiết bị ở các vị trí khác nhau trong cùng một thời điểm. Với những công nghệ hiện nay cho phép chúng ta xây dựng được một hệ thống giám sát với nhiều khả năng hơn, không chỉ giám sát nhiều thiết bị đồng thời, mà còn cho phép giám sát các thiết bị đặt ở các vị trí khác nhau trong một không gian lớn. Đặc biệt khả năng giám sát không chỉ bó hẹp trong một khu vực mà còn cho phép giám sát kết hợp với cảnh báo từ xa qua mạng Internet.

Bài báo giới thiệu về hệ thống mạng cảm biến không dây (WSN), tích hợp công nghệ IoT, với máy chủ Google cho phép người dùng có thể giám sát mức tiêu thụ điện năng của các thiết bị hay hệ thống điện qua mạng Internet. Mỗi nút mạng được gắn cảm biến để xác định mức công suất điện của một hoặc nhiều thiết bị điện, đồng thời gửi các thông tin này qua mạng cảm biến tới nút mạng có khả năng kết nối với mạng Internet để chuyển tiếp dữ liệu lên máy chủ Google. Qua kết nối với mạng Internet, người dùng có thể phân tích được các thông số về mức công suất điện của các thiết bị điện được giám sát ở mỗi nút mạng. Ngoài ra hệ thống máy chủ Google sẽ được cấu hình để có khả năng tự động giám sát dữ liệu, qua đó gửi đi cảnh báo qua thư điện tử cho người giám sát khi giá trị dữ liệu vượt trên mức ngưỡng đã được thiết lập.

2. CÁC NỘI DUNG CHÍNH

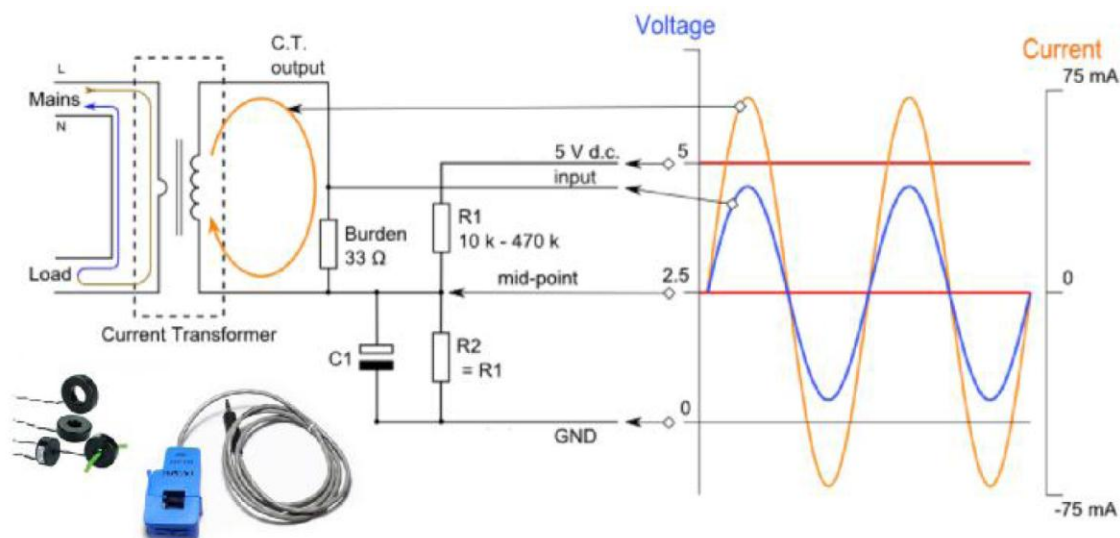
2. Phương pháp đo mức công suất điện và thiết bị nút mạng cảm biến

2.1.1. Phương pháp đo mức công suất điện

Đối các thiết bị điện thông thường, ta có thể xác định mức công suất điện của thiết bị thông qua đồng hồ đo thông thường để xác định cường độ dòng điện (I) và mức điện áp (U) trên thiết bị, qua đó tính toán được giá trị công suất $P = U \times I$. Với các thiết bị điện dân dụng thì mức điện áp sử dụng thường là 220V xoay chiều. Trong những hệ thống điện có sử dụng ổn áp thì mức điện áp trên các thiết bị điện trong hệ thống thường không thay đổi hoặc thay đổi rất ít, nên ta chỉ cần thực hiện đo đạc một lần qua đồng hồ đo điện áp để xác định mức điện áp hoạt động và lấy giá trị này để tính toán các tham số khác của hệ thống. Với các ứng dụng đòi hỏi phải xác định mức điện áp hiện tại trên thiết bị khi tính toán, ta có thể sử dụng biến áp xoay chiều để chuyển đổi từ điện áp cao (220V, hoặc 110V) xuống điện áp thấp (5V hoặc 12V), kết hợp với mạch chỉnh lưu để chuyển đổi điện áp xoay chiều (AC) thành 1 chiều (DC), và thông qua biến đổi tương tự sang số (ADC) để xác định mức điện áp DC này qua đó tính toán giá trị mức điện áp xoay chiều trên thiết bị điện.

Để xác định mức dòng tiêu thụ của thiết bị điện, ta có thể sử dụng một số loại cảm biến hoạt động dựa trên hiệu ứng Hall như ACS712 hoặc dựa trên nguyên lý của biến áp như YHDC SCT-013-000. Với các loại cảm biến trên mức dòng đầu ra sẽ tỷ lệ với mức dòng đầu vào, hay mức dòng chạy qua tải, tuy vậy tín hiệu đầu ra đều ở dạng tương tự, nên khi tích hợp trong các thiết bị điện tử, ta phải sử dụng chức năng ADC của thiết bị để xác định và tính toán các mức giá trị dòng xoay chiều này. Với hệ thống mạng giám sát được nêu trong bài báo, các nút mạng sử dụng loại cảm biến YHDC SCT-013-000, do loại cảm biến này có ưu điểm trong việc thực hiện đo đạc do không đòi hỏi thay đổi việc kết nối giữa thiết bị điện với hệ thống cấp điện.

Cảm biến dòng YHDC SCT-013-000 có cấu trúc dạng biến áp, trong đó cuộn thứ cấp có số vòng gấp nhiều lần cuộn sơ cấp, thường theo tỷ lệ 1: 2000. Khi có dòng chạy qua cuộn sơ cấp thì dòng cảm ứng ở cuộn thứ cấp được xuất ra ở đầu ra. Dòng cảm ứng đầu ra cảm biến, tương ứng với mức dòng đầu vào qua tải, được chuyển đổi thành điện áp thông qua một điện trở R_{burden} mắc song song với cuộn thứ cấp, như mô tả ở hình 1.



Hình 1. Nguyên lý và mạch kết nối với cảm biến SCT-013-000.

Đối với cảm biến dòng mã hiệu YHDC SCT-013-000 cho phép đo mức dòng AC hiệu dụng từ 0 đến 100 (A). Tương ứng với mức dòng AC hiệu dụng lớn nhất 100A thì mức dòng AC đỉnh-đỉnh đầu vào cảm biến là 141,4 ($= 100\sqrt{2}$) (A), và mức dòng AC đầu ra ở cuộn thứ cấp là 141,4/2000 bằng 0,0707(A), tương ứng với 70,7 mA.

Nếu điện áp tham chiếu VREF cho mạch biến đổi ADC bên trong chip vi xử lý của nút mạng cảm biến là 2,5V (bằng nửa mức điện áp hoạt động của nút mạng cảm biến là 5V), thì điện trở để chuyển đổi dòng thành áp trong mạch giao tiếp với cảm biến dòng R_{burden} có trị số được xác định bằng 35,4 Ω (bằng 2,5 V/0,0707 A). Công thức chung để tính giá trị của điện trở R_{burden} như sau:

$$R_{Burden} = \frac{V_{ref} \times N}{2\sqrt{2} \times I_{max}} \quad (1)$$

Trong đó: N là Số vòng cuộn thứ cấp. I_{max} (A) là giá trị dòng AC lớn nhất đầu vào, được nêu trong thông số của cảm biến. Với các biến SCT-013-000 thì $I_{max} = 100$ A. Tuy vậy người dùng có thể lựa chọn giá trị I_{max} nằm dưới giá trị thông số của thiết bị để phù hợp với các ứng dụng đo khác nhau.

Như vậy việc tính toán giá trị điện trở R_{burden} phụ thuộc vào mức điện áp tham chiếu, hay mức điện áp hoạt động của mạch đo, đồng thời giá trị I_{max} mà người dùng lựa chọn.

Với nút mạng cảm biến được thiết kế cho hệ thống mạng giám sát, sử dụng chip ESP8266 hoặc chip ESP32 hoạt động ở điện áp 3,3V nên giá trị R_{burden} sẽ được tính toán và lựa chọn theo công thức (1) có giá trị là 220 Ω với mức dòng $I_{max} = 10$ A, hoặc có giá trị 22 Ω với mức dòng $I_{max} = 100$ A, tùy vào từng nút mạng để phù hợp với các dải đo khác nhau.

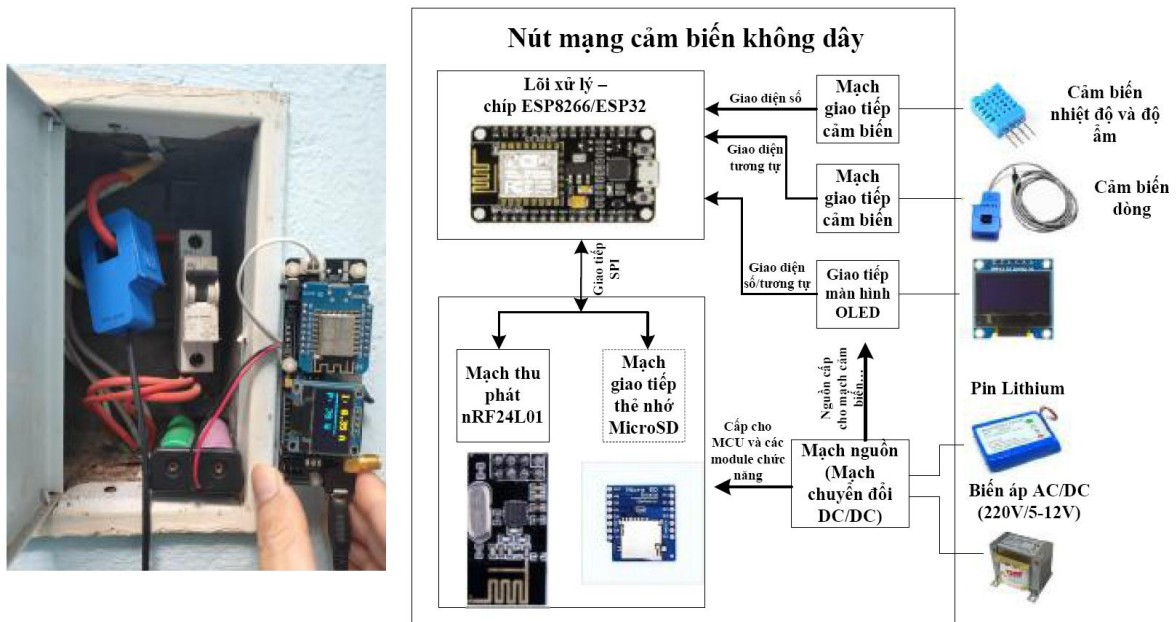
2.1.2. Thiết bị nút mạng cảm biến

Một nút mạng cảm biến được thiết kế tích hợp chip ESP (viết tắt cho các dòng chip ESP8266 và ESP32), là chip vi xử lý 32 bit tốc độ cao, có thể kết nối với mạng Internet qua một bộ định tuyến không dây AP (Access Point) [5]. Trong cấu trúc thiết bị nút mạng cảm

biến được mô tả qua hình 2, có các mạch giao tiếp với các mạch cảm biến bao gồm: cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11/DHT22 (DHT) và cảm biến dòng YHDC SCT-013-000 (SCT).

Ngoài ra nút mạng ESP còn được tích hợp mạch thu/phát vô tuyến nRF24L01 (nRF) hoạt động ở dải tần không cần cấp phép 2,4 GHz. Với mạch nRF, cho phép các nút mạng kết nối không dây với nhau, có các tính năng sau:

- Tốc độ truyền tải dữ liệu trong không khí 1Mbp – 2Mbp, ở dải tần từ 2,4 GHz đến 2,525 GHz với 125 kênh con vô tuyến.
- Hỗ trợ các chức năng về xử lý truyền thông (được tích hợp sẵn trong chip) như mã hóa kiểm tra lỗi (CRC), cơ chế báo nhận (ACK) và truyền lại khi có lỗi xảy ra.
- Mạch thu/phát hoạt động ở dải điện áp 1.9 V – 3.6 V, với các chế độ tiết kiệm năng lượng.



Hình 2. Cấu trúc nút mạng cảm biến.

Khác với kết nối không dây theo chuẩn wifi đã được hỗ trợ sẵn trên chip ESP, kết nối không dây qua mạch nRF cho phép thiết lập các cấu hình kết nối khác nhau để xây dựng lên mạng cảm biến không dây, sẽ được trình bày ở phần tiếp theo của bài báo.

2.2. Mạng cảm biến không dây giám sát mức công suất của thiết bị điện

2.2.1. Cấu trúc kết nối của mạng cảm biến không dây

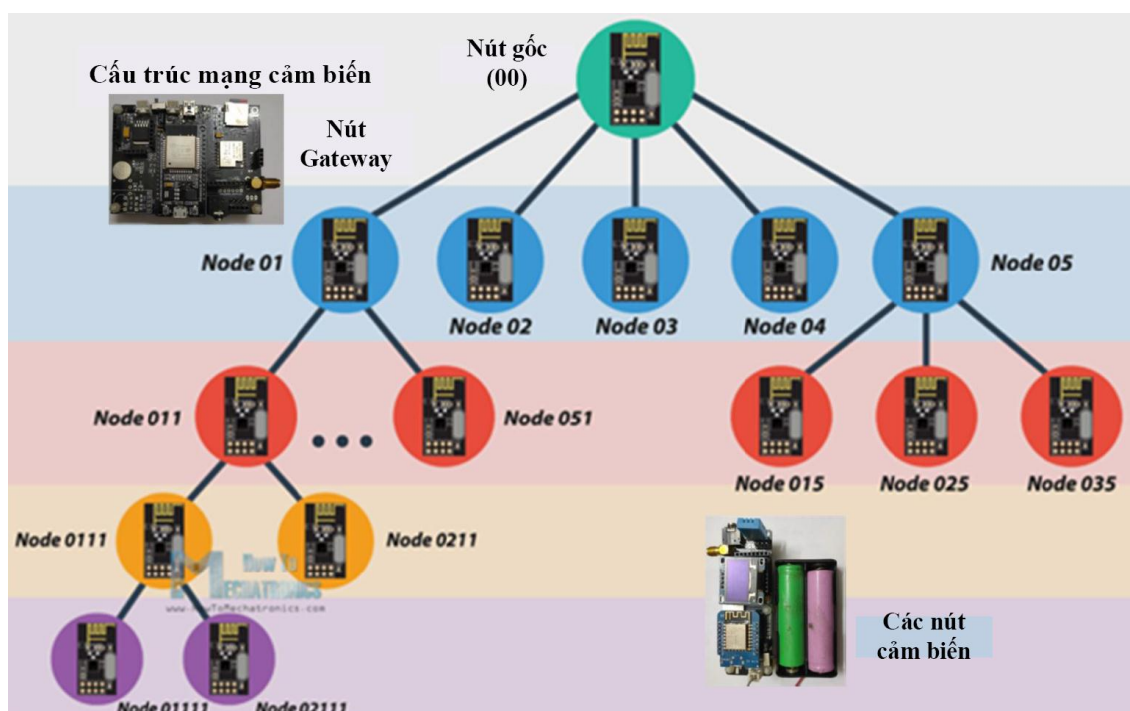
Hệ thống mạng WSN được nêu trong bài báo được thiết kế và tổ chức dưới dạng hình cây, phát triển từ kết nối hình sao, với nhiều phân cấp. Trong cấu trúc này có một nút gốc, hay còn gọi là nút sơ cấp hoặc nút chủ, các nút còn lại bao gồm nút nhánh và nút lá, trong đó nút nhánh được hiểu là nút cha, còn nút lá là các nút con của một nút nhánh nào đó. Một cụm kết nối bao gồm 1 nút cha và tối đa 5 nút con. Một cụm kết nối có thể hoạt động mà không cần nút chủ, tuy vậy sẽ không thể trao đổi dữ liệu với các nút mạng khác ngoài cụm [9].

Các nút được phân cấp tùy thuộc vào tính chất kết nối của nút đó với nút chủ hay các nút nhánh. Với mô hình mạng được xây dựng có phép thiết lập tối đa 5 cấp kết nối như hình 3,

với tổng số nút có thể thiết lập tối đa là 3781. Mỗi nút được chỉ định với một địa chỉ có độ dài 15 bit, mô tả hay định danh nút đó trong cấu trúc kết nối hình cây. Giá trị địa chỉ được biểu diễn dưới dạng chuỗi mã octec (cơ số 8), trong đó mỗi thành phần có giá trị từ 0 đến 5 (để tương ứng với một cụm tối đa 6 nút). Việc chỉ định một cụm bao gồm 1 nút nhánh (nút cha) và tối đa 6 nút lá (nút con) để áp dụng khả năng thu nhận dữ liệu đồng thời của chip nRF, tăng cường khả năng kết nối trong mạng.

Cách thức thiết lập, hay đánh địa chỉ cho nút tuân theo các quy tắc sau:

- Nút gốc hay nút chủ có địa chỉ mặc định, luôn là 00.
- Các nút cấp 1, hay nút con của nút gốc có các địa chỉ từ 01 đến 05 (hay từ 1 đến 5)
- Các nút cấp cao hơn (các nút con) có giá trị địa chỉ tương ứng với địa chỉ của nút cha mà nó liên kết tới, đồng thời thêm 1 byte để định danh từng nút con trong một cụm. Ví dụ các nút con của nút cấp 1 (có địa chỉ 01) sẽ có các địa chỉ từ 011 đến 051, trong đó byte cuối trong giá trị địa chỉ luôn là 1, các byte trọng số cao có giá trị từ 01 đến 05.



Hình 3. Cấu trúc kết nối dạng cây của mạng cảm biến không dây nRF

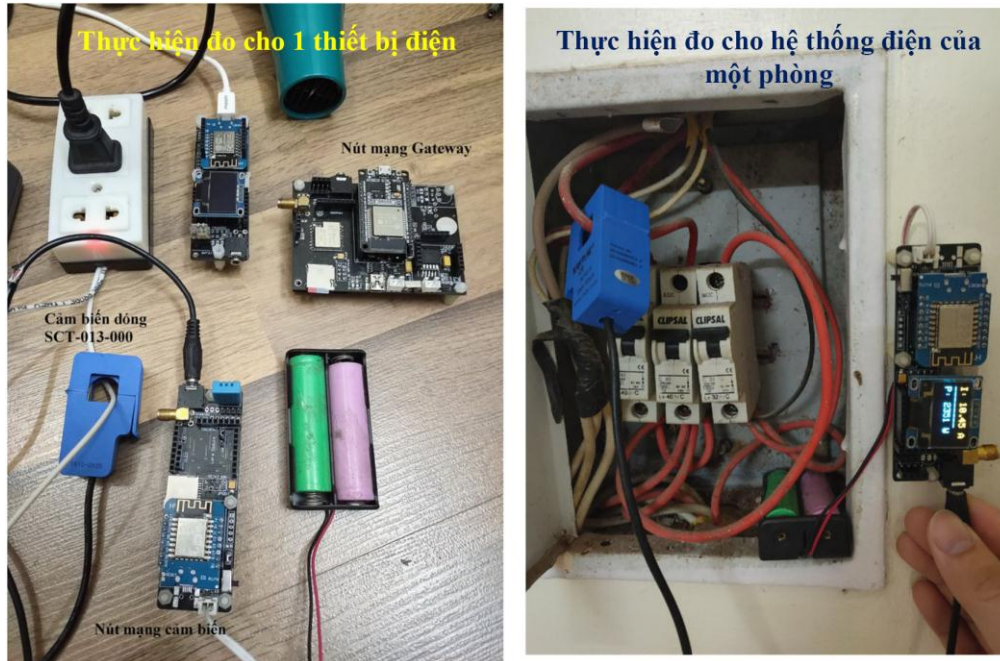
Với cách thức đánh địa chỉ và mô hình kết nối dạng cây, thì cách thức truyền thông giữa các nút cũng phải tuân theo quy tắc: chỉ cho phép truyền thông dữ liệu trực tiếp giữa nút cha và nút con có liên kết. Trong trường hợp một nút con muốn truyền thông với nút con bất kỳ khác thì phải thông qua các nút nhánh (các nút cha) và nút chủ mà không được phép kết nối trực tiếp giữa hai nút này. Ví dụ nút 011 muốn truyền thông với nút 02 thì phải thông qua nút 01 và nút chủ (nút gốc) 00.

Ngoài ra khi thực hiện các kết nối truyền thông dữ liệu trong mạng, thì cơ chế báo nhận bằng phản cứng (được hỗ trợ bởi chip nRF) vẫn được sử dụng đối với các kết nối trực tiếp. Trong trường hợp kết nối gián tiếp, tức là thông qua một số nút trung gian, thì việc báo nhận được thực hiện bằng phần mềm bởi nút đích, đồng thời bỏ qua báo nhận bằng phản cứng trên những chặng chuyển tiếp để giảm thiểu lưu lượng truyền trong mạng.

2.2.2. Các thành phần của hệ thống mạng cảm biến không dây.

a. Các nút mạng cảm biến.

Trong hệ thống mạng các nút mạng cảm biến thường là các nút mạng con (nút nhánh, nút lá), có chức năng thu thập dữ liệu từ các cảm biến để tính toán, lưu trữ các tham số cảm biến, trong trường hợp này bao gồm tham số về mức công suất của thiết bị điện, và các tham số về nhiệt độ, độ ẩm của môi trường. Các tham số cảm biến này sẽ được truyền vào mạng WSN tới nút mạng có chức năng cổng kết nối (Gateway), thường là nút chủ hoặc nút nhánh, để chuyển tiếp lên các máy chủ của IoT. Hình 4 mô tả cách thức thực hiện đo công suất điện đối với một thiết bị điện và một hệ thống điện (của một phòng).



Hình 4. Sử dụng thiết bị nút mạng cảm biến để đo mức công suất điện

b. Nút mạng cổng kết nối - Gateway

Trong hệ thống mạng WSN, nút mạng chủ hoặc một số nút mạng nhánh được cấu hình có chức năng như một cổng kết nối, hay còn gọi là Gateway. Các nút mạng này có chức năng thu nhận dữ liệu từ các nút mạng cảm biến và chuyển tiếp dữ liệu này lên các hệ thống máy chủ IoT [10]. Các nút Gateway phải có khả năng đáp ứng thu nhận dữ liệu từ nhiều nút mạng khác đồng thời phải kết nối với mạng Internet, qua mạng wifi hoặc mạng di động, và truy xuất tới các tài nguyên mạng đã được cấu hình trên hệ thống máy chủ IoT để ghi hay đọc dữ liệu. Những yêu cầu xử lý này đòi hỏi các nút Gateway phải có cấu hình đủ mạnh. Như đã đề cập ở phần trên, các nút mạng được xây dựng từ chip ESP, trong đó với các nút mạng Gateway được tích hợp chip ESP32 có cấu hình lớn hơn nhiều so với chip ESP8266, được sử dụng để xây dựng các nút mạng cảm biến. Với chip ESP32 ngoài có cấu hình cao cả về tốc độ và bộ nhớ lưu trữ, chip này còn được tích hợp 2 lõi xử lý cho phép thực hiện nhiều phân tuyến xử lý (thread) đồng thời.

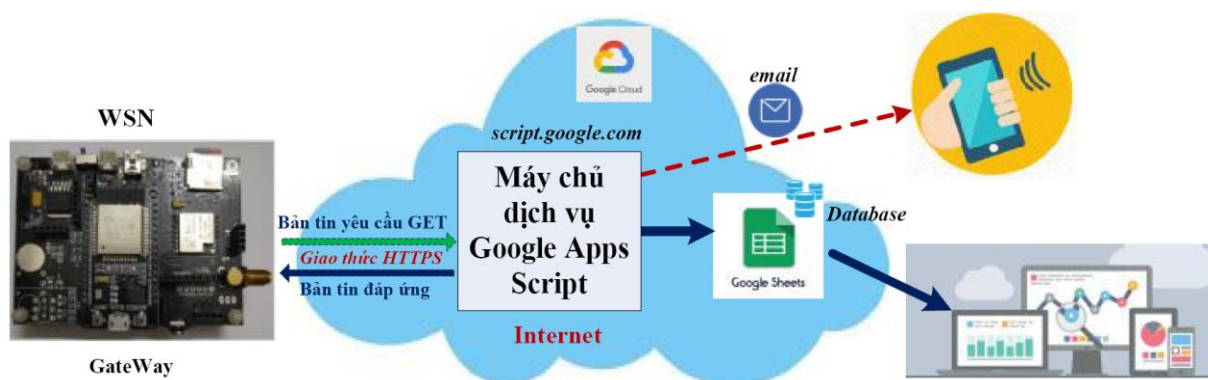
Trong mỗi nút mạng Gateway luôn có hai phân tuyến xử lý đồng thời, mỗi phân tuyến được thực thi trên một lõi xử lý của chip, bao gồm: phân tuyến xử lý truyền thông dữ liệu với mạng cảm biến và phân tuyến truyền thông dữ liệu với máy chủ IoT.

2.3. Quản lý dữ liệu mạng cảm biến không dây thông qua hệ thống máy chủ Google

Với một hệ thống mạng cảm biến thông thường, dữ liệu cảm biến thường được lưu trữ trong bộ nhớ tại từng nút mạng hoặc được lưu trữ tập trung tại nút mạng chủ (máy chủ), là một máy tính đủ mạnh, đáp ứng được chức năng lưu trữ và quản lý thông tin. Tuy vậy trên mô hình mạng được trình bày trong bài báo, việc quản lý thông tin không được thực hiện bởi một máy chủ cục bộ mà được thực hiện thông qua một máy chủ IoT.

Chức năng chính và quan trọng của nút mạng Gateway là kết nối, truyền thông dữ liệu với một hệ thống máy chủ IoT. Có nhiều lựa chọn cho hệ thống máy chủ IoT để kết nối, thực hiện chức năng giám sát, như ThingSpeak, Ubidot, ThingIO,... Tuy vậy trong trường hợp này, hệ thống máy chủ Google được lựa chọn sử dụng do có những ưu điểm như khả năng đáp ứng tốt, thuận tiện, dễ dàng tiếp cận cho người sử dụng và không đòi hỏi chi phí đầu tư, do sử dụng những công cụ, tiện ích miễn phí của Google.

Dữ liệu từ các nút mạng cảm biến khi truyền tới nút mạng Gateway sẽ được lưu trữ tạm thời trong mảng bộ đệm và được một phân tuyến xử lý truyền lên máy chủ Google. Các dữ liệu này được định dạng theo chuẩn JSON, và được gắn vào các bản tin yêu cầu GET hoặc POST, theo giao thức HTTPS [6], để gửi tới máy chủ Google như mô tả trong hình 5.



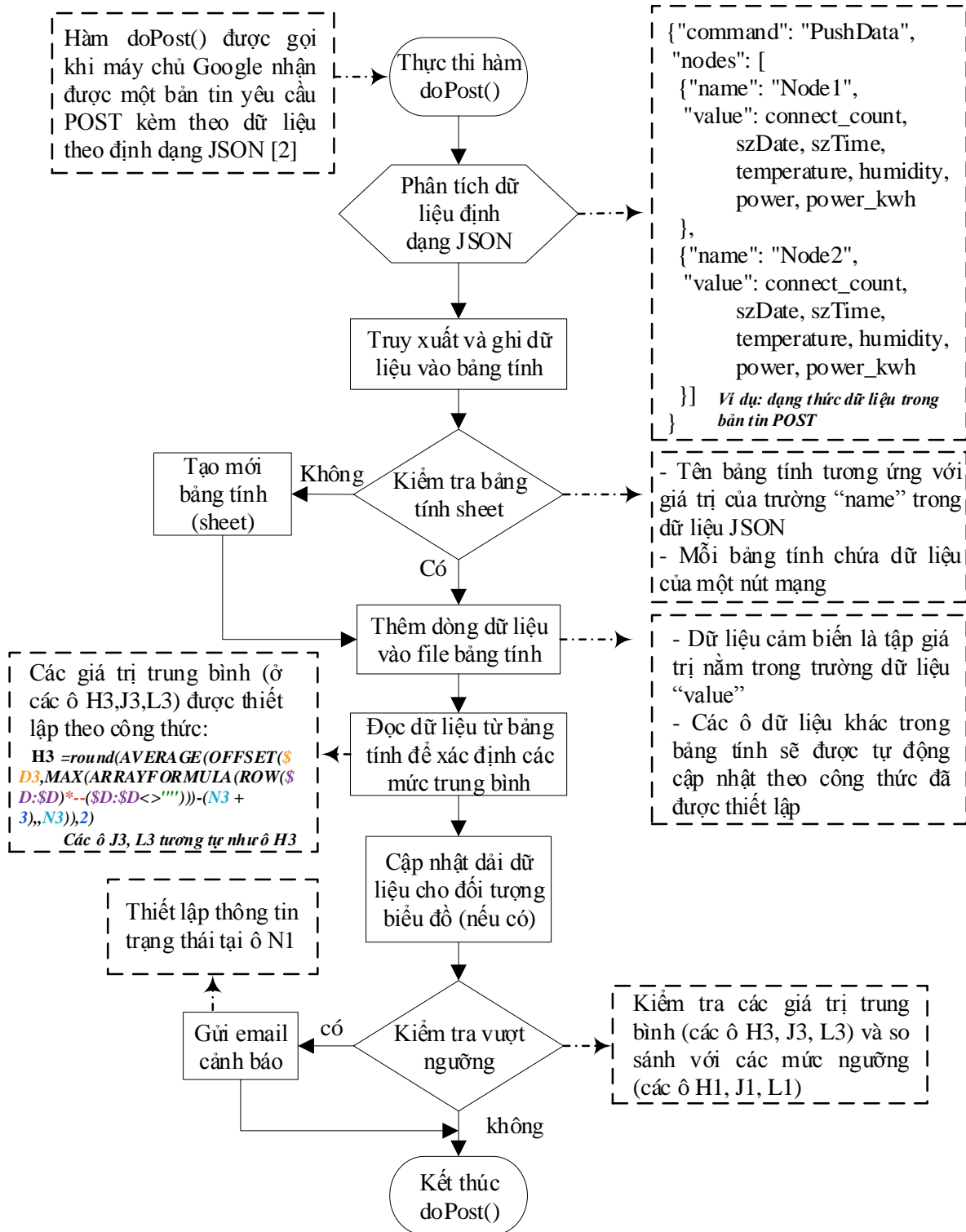
Hình 5. Mô hình kết nối giữa thiết bị Gateway với máy chủ Google

Ở phía máy chủ Google, bao gồm nhiều thành phần, cung cấp và đáp ứng nhiều dịch vụ khác nhau, trong đó máy chủ thành phần Google Apps Script có chức năng thực thi một mã kịch bản do người dùng xây dựng sẵn nhằm truy xuất các đối tượng, tài nguyên dữ liệu được quản lý bởi Google [1,2], trong đó có file bảng tính - Spreadsheet, giống như file bảng tính excel trong Microsoft Office, được sử dụng để lưu trữ, quản lý như một cơ sở dữ liệu.

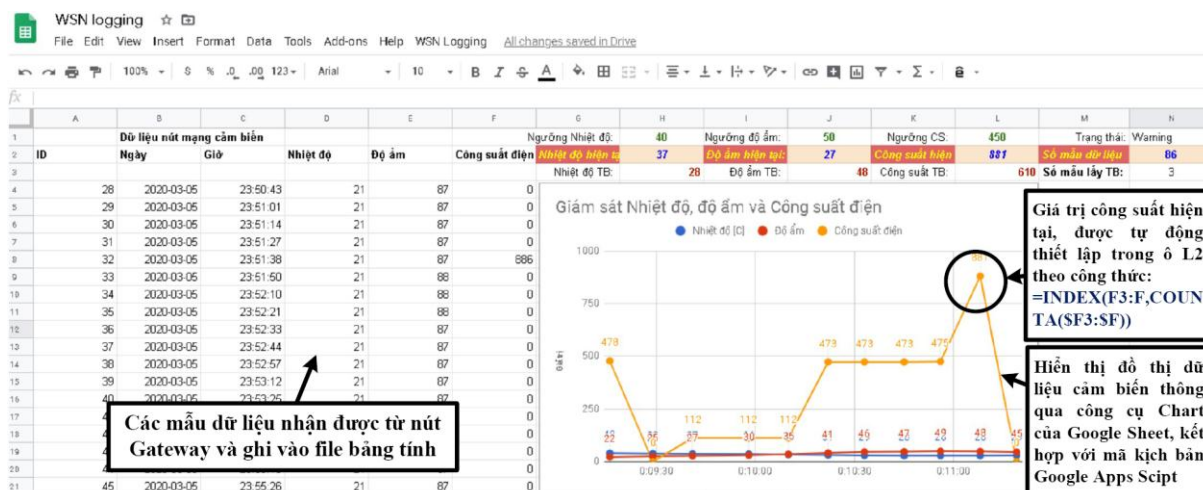
Khi tiếp nhận các bản tin yêu cầu từ phía nút mạng Gateway, máy chủ dịch vụ thực thi mã kịch bản sẽ phân tích thông tin để ghi dữ liệu cảm biến vào file bảng tính, đồng thời gửi phản hồi một bản tin thông báo về trạng thái xử lý theo mô hình truyền thông của giao thức HTTP/HTTPS [7,8].

Giản đồ xử lý của mã kịch bản được thiết lập trên máy chủ Google được mô tả trong hình 6, trong đó cho phép gửi đi một cảnh báo qua email [3,4], khi giá trị trung bình của các tham số cảm biến lớn hơn mức ngưỡng đã được người dùng thiết lập trong file bảng tính.

File bảng tính tại máy chủ Google được sử dụng như một cơ sở dữ liệu, vừa để lưu dữ liệu cảm biến mà Gateway gửi lên máy chủ Google, vừa cho phép người dùng giám sát cũng như phân tích dữ liệu dựa các tiện ích mà Google Office hỗ trợ.



Hình 6. Giảm đồ thuật toán của mã kịch bản được thiết lập trên máy chủ Google.



Hình 7. Dữ liệu mạng cảm biến WSN được giám sát và phân tích trên công cụ văn phòng của Google.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu hệ thống mạng và các thiết bị nút mạng cảm biến không dây có chức năng xử lý, tính toán mức công suất điện tiêu thụ trên các thiết bị điện hay một hệ thống điện. Hệ thống mạng được kết nối với máy chủ Google cho phép lưu trữ và quản lý các thông tin, dữ liệu của các nút mạng một cách linh hoạt, đồng thời cho phép người dùng dễ dàng phân tích dữ liệu như cách thức thực hiện đối với file bảng tính (excel, hình 7) của ứng dụng văn phòng. Hệ thống đã sử dụng được những công cụ, tiện ích mà hệ thống máy chủ Google hỗ trợ cho người dùng, đồng thời với khả năng lưu trữ lớn, không đòi hỏi nhiều chi phí sẽ đem lại hiệu quả trong việc triển khai trong thực tế. Ngoài chức năng giám sát mức tiêu thụ điện năng, hệ thống có thể mở rộng các tính năng để phù hợp với các bài toán khác nhau trong ứng dụng thực tế.

LỜI CẢM ƠN

Nội dung của bài báo nằm trong nội dung nghiên cứu của đề tài mã số T2019-ĐT-006 được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải. Cảm ơn các thầy, cô thuộc bộ môn Kỹ thuật Viễn thông, hội đồng Khoa học Khoa Điện – Điện tử đã hỗ trợ, trao đổi góp ý trong quá trình thực hiện nghiên cứu của đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. James Ferreira, Google Apps Script, Second Edition., O'Reilly Media, USA, 2014. https://books.google.com.vn/books/about/Google_Apps_Script_2nd_Edition.html?id=UJgnnQAACA-AJ&redir_esc=y
- [2]. Michael Maguire., Google Sheets Programming With Google Apps Script, 2016. <https://leanpub.com/googlespreadsheetprogramming>
- [3]. Serge Gabet, Google Apps Script for Beginners, Packt Publishing Ltd, UK, 2014. https://books.google.com.vn/books/about/Google_Apps_Script_for_Beginners.html?id=zDfoAgAAQBAJ&redir_esc=y
- [4]. Ramalingam Ganapathy, Learning Google Apps Script, Packt Publishing, UK, 2016. https://books.google.com.vn/books/about/Learning_Google_Apps_Script.html?id=iS6fDAEACAAJ&redir_esc=y

- [5]. Marco Schwartz, ESP8266 Internet of Things Cookbook, Packt Publishing, UK, 2017. https://books.google.com.vn/books/about/ESP8266_Internet_of_Things_Cookbook.html?id=7UEwDwAAQBAJ&redir_esc=y
- [6]. Lê Minh Tuấn, Giải pháp thu thập dữ liệu cảm biến thông qua mạch ESP8266 và máy chủ Google, Tạp chí Thông tin và Truyền thông, 558 (2018) 35-39. <http://elib.duytan.edu.vn/Tapchi/Detail/93538/2/3983#content>
- [7]. David j. Wetherall, Computer Networks, fifth edition, Prentice Hall, USA, 2011. https://books.google.com.vn/books/about/Computer_Networks.html?id=I764bwAACAAJ&redir_esc=y
- [8]. Joe Casad, Teach Yourself TCP/IP in 24 Hours, Pearson Education. USA, 2009. https://books.google.com.vn/books/about/Sams_Teach_Yourself_TCP_IP_in_24_Hours.html?id=q81cs5140_YC&redir_esc=y
- [9]. Ibrahiem M. M. El Emary, Wireless Sensor Networks From Theory to Applications, CRC Press, 2014.
- [10]. Robert Faludi, Building Wireless Sensor Networks, O'Reilly Media, USA, 2010. https://books.google.com.vn/books?id=xMC69vQJLZIC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false