

# HỆ THỐNG THU THẬP CHỈ SỐ NƯỚC TIÊU THỤ TỰ ĐỘNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG LoRa

Lê Hoàng Văn, Lê Tuấn Anh, Lương Vinh Quốc Danh và Nguyễn Thị Trâm

Bộ môn Điện tử - Viễn thông, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

E-mail: lvqdanh@ctu.edu.vn

**TÓM TẮT:** Công nghệ truyền thông không dây LoRa là một giải pháp đang được triển khai rộng rãi trong các lĩnh vực Internet của vạn vật (Internet of Things - IoT) và công nghệ M2M (Machine-to-Machine) nhờ sở hữu những tính năng vượt trội về khoảng cách truyền tín hiệu, điện năng tiêu thụ và chi phí đầu tư thấp. Mặc dù vậy, việc ứng dụng công nghệ này vào thực tiễn sản xuất, kinh doanh vẫn còn khá mới mẻ ở Việt Nam. Trong bài viết này, tác giả trình bày việc thiết kế và thi công một hệ thống thu thập dữ liệu chỉ số nước tiêu thụ tự động sử dụng công nghệ truyền thông LoRa. Cấu tạo của hệ thống gồm có 3 thành phần chính: các bộ cảm biến và truyền dữ liệu lắp đặt tại các đồng hồ nước, trạm truyền dữ liệu trung gian (gateway) và máy chủ trung tâm. Máy chủ của hệ thống được xây dựng trên nền tảng Node.js kết hợp với thư viện Socket.IO và cơ sở dữ liệu mã nguồn mở MongoDB để tiếp nhận dữ liệu từ các gateway. Tác giả cũng đã đề xuất một giải pháp khả thi về phần cứng có chi phí thấp cho phép thiết bị có thể hoạt động bằng nguồn pin trong thời gian dài. Kết quả nghiên cứu có thể được ứng dụng để tự động hóa việc ghi nhận chỉ số đồng hồ nước tại các hộ gia đình, khu dân cư và nhà máy.

**Từ khóa:** Cảm biến, Đồng hồ nước, LoRa, MongoDB, Node.js.

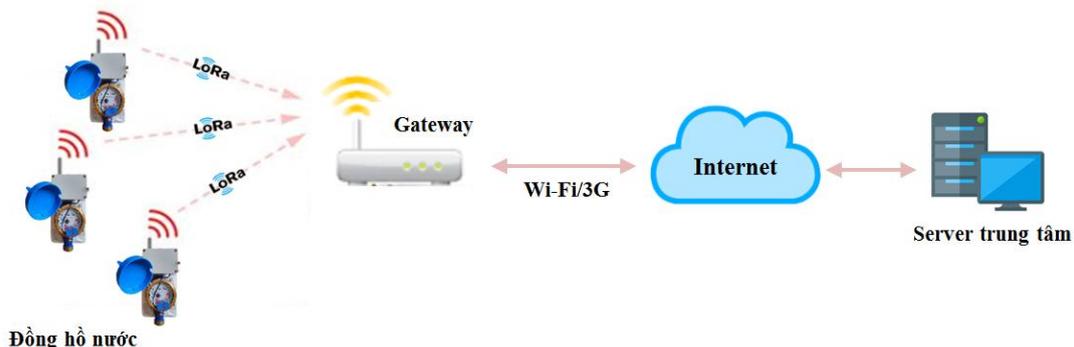
## I. GIỚI THIỆU

Công nghệ truyền thông không dây LoRa (**Long Range**) là một giải pháp đang được triển khai rộng rãi trong các lĩnh vực Internet của vạn vật (Internet of Things - IoT) và công nghệ M2M (Machine-to-Machine) nhờ sở hữu những tính năng vượt trội về khoảng cách truyền tín hiệu, điện năng tiêu thụ và chi phí đầu tư thấp. Công nghệ này được phát triển bởi công ty Cycleo (trụ sở tại Grenoble, Pháp), sau đó được mua và sở hữu độc quyền bởi tập đoàn Semtech (Hoa Kỳ) vào năm 2012 [1]. Công nghệ truyền thông LoRa sử dụng kỹ thuật điều chế trải phổ hoạt động trên các băng tần 433 MHz, 868 MHz và 915 MHz tương ứng với từng dải tần số ISM thuộc các khu vực khác nhau trên thế giới. Nhờ những đặc tính này, công nghệ LoRa có thể được sử dụng trong việc thiết lập các mạng cảm biến không dây truyền - nhận dữ liệu với trung tâm cách xa hàng ki-lô-mét và có thể hoạt động bằng nguồn pin trong thời gian dài. Trong xu thế của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ 4, hiện đã có trên 100 quốc gia bắt đầu triển khai thương mại hệ thống thu thập dữ liệu và giám sát từ xa ứng dụng công nghệ truyền thông LoRa, trong số đó có các quốc gia lân cận nước ta như Thái Lan, Trung Quốc và Malaysia [2]. Mặc dù vậy, việc ứng dụng công nghệ này vào thực tiễn sản xuất, kinh doanh vẫn còn khá mới mẻ ở Việt Nam.

Trong bài viết này, tác giả trình bày việc thiết kế và thi công một hệ thống thu thập dữ liệu chỉ số nước tiêu thụ tự động sử dụng công nghệ truyền thông LoRa. Cấu tạo của hệ thống gồm có 3 thành phần chính: các bộ cảm biến và truyền dữ liệu lắp đặt tại các đồng hồ nước, trạm truyền dữ liệu trung gian (gateway) và máy chủ trung tâm. Máy chủ của hệ thống được xây dựng trên nền tảng Node.js kết hợp với thư viện Socket.IO và cơ sở dữ liệu mã nguồn mở MongoDB để tiếp nhận dữ liệu từ các gateway. Tác giả cũng đã đề xuất một giải pháp khả thi về phần cứng có chi phí thấp cho phép thiết bị có thể hoạt động bằng nguồn pin trong thời gian dài. Phần còn lại của bài viết được trình bày như sau: Phần II trình bày các khâu thiết kế phần cứng và phần mềm hệ thống; Phần III trình bày kết quả thực nghiệm của giải pháp đề xuất; Phần cuối cùng là Kết luận.

## II. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

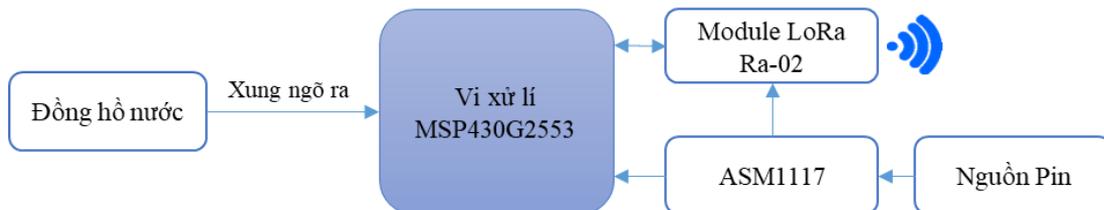
Sơ đồ khối của hệ thống thu thập chỉ số nước tự động ứng dụng công nghệ truyền thông LoRa được trình bày ở Hình 1. Hệ thống bao gồm 3 phần chính: các bộ cảm biến và truyền dữ liệu lắp đặt tích hợp vào các đồng hồ nước, trạm truyền dữ liệu trung gian (gateway) và máy chủ trung tâm với phần mềm quản lý.



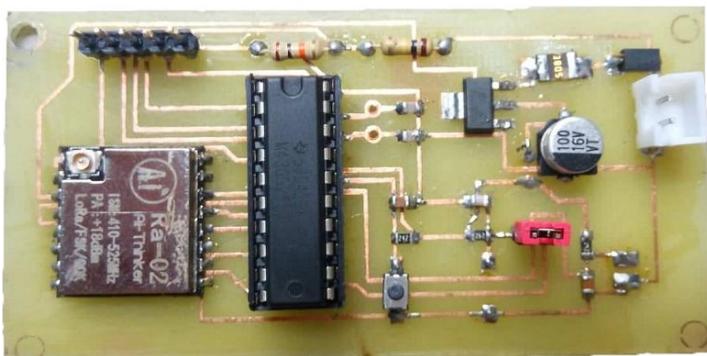
Hình 1. Sơ đồ tổng quan hệ thống ghi nhận chỉ số nước tự động

### A. Bộ cảm biến và truyền dữ liệu tại đồng hồ nước

Sơ đồ nguyên lý bộ cảm biến và truyền dữ liệu lắp đặt tại các đồng hồ nước được thể hiện ở Hình 2. Trong nghiên cứu này, một đồng hồ nước cơ học được gắn cảm biến từ trường để tạo ra một xung điện ứng với mỗi 10 lít nước tiêu thụ [3]. Xung điện ngõ ra của đồng hồ nước đồng thời cũng là tín hiệu ngắt giúp đánh thức bộ xử lý MSP430G2553. Bộ xử lý MSP430G2553 của hãng Texas Instruments [4] có mức tiêu thụ điện năng thấp và được lập trình để hoạt động ở chế độ ngủ (sleep mode) khi không có tín hiệu xung điện từ đồng hồ nước nhằm tiết kiệm năng lượng. Khi nhận tín hiệu xung điện từ đồng hồ nước, bộ vi điều khiển thực hiện lưu thông tin lượng nước tiêu thụ vào bộ nhớ đồng thời gửi thông tin chỉ số nước tiêu thụ và mã định danh đồng hồ nước dưới dạng gói tin JSON [5] về máy chủ trung tâm thông qua kết nối không dây nhờ module truyền dữ liệu LoRa Ra-02 hoạt động trên dải tần số 433 MHz [6]. Toàn bộ mạch điện của phần này hoạt động dựa trên năng lượng cung cấp bởi nguồn pin và vi mạch ổn định điện thế ASM1117 nên vấn đề tiết kiệm năng lượng vô cùng quan trọng. Việc chọn sử dụng bộ vi xử lý MSP430G2553 cùng phương thức truyền thông không dây LoRa đã giúp giải quyết được vấn đề năng lượng ở phần này.



**Hình 2.** Sơ đồ khối mạch điện cảm biến tại các đồng hồ nước.

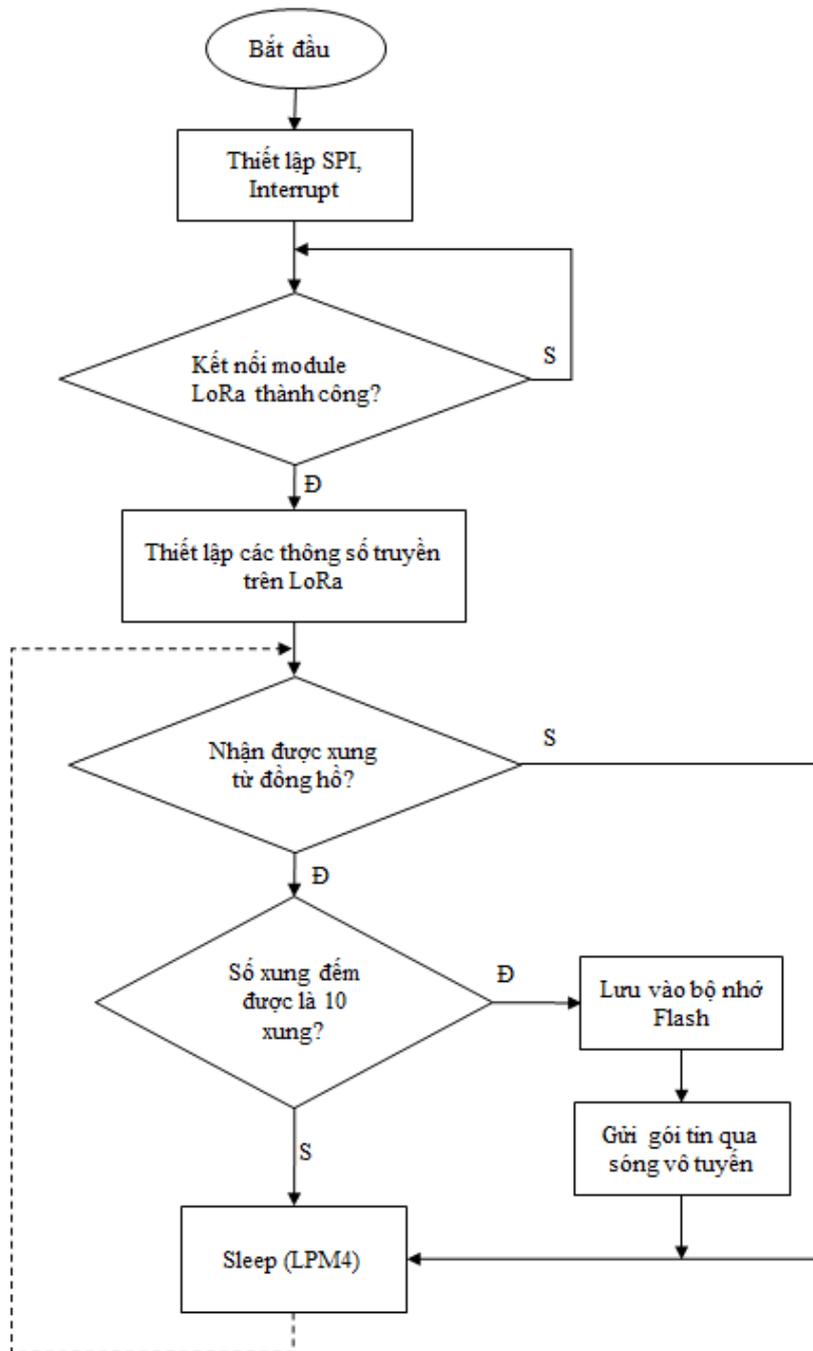


**Hình 3.** Bộ cảm biến và truyền dữ liệu tại đồng hồ nước: a) Mạch điện thực tế và b) lắp đặt mạch điện vào đồng hồ nước

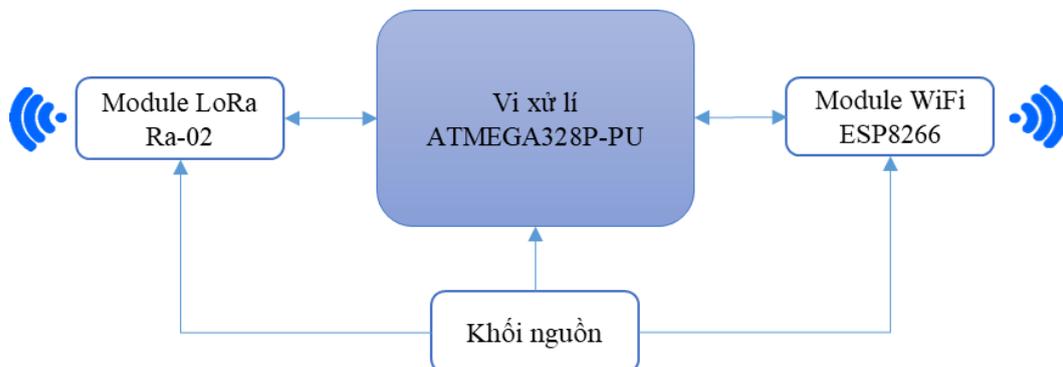
Hình ảnh của bộ cảm biến và truyền dữ liệu lắp đặt tại đồng hồ nước được trình bày ở Hình 3. Ăng-ten của module LoRa được đặt bên ngoài vỏ hộp để đảm bảo điều kiện truyền sóng tốt. Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển viết cho bộ xử lý MSP430G2553 được mô tả ở Hình 4 [7]. Trong chương trình này, việc đặt bộ xử lý MSP430G2553 ở chế độ ngủ giúp hệ thống tiết giảm điện năng tiêu thụ nhằm kéo dài thời gian sử dụng pin.

### B. Trạm truyền dữ liệu trung gian (Gateway)

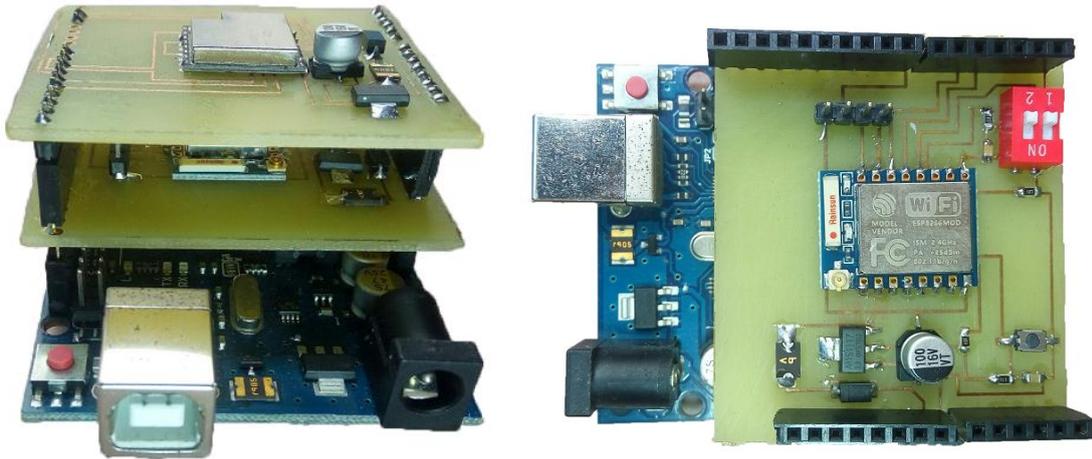
Trạm truyền dữ liệu trung gian Gateway thu nhận thông tin chỉ số nước tiêu thụ từ bộ truyền dữ liệu của đồng hồ nước và chuyển tiếp dữ liệu này về máy chủ trung tâm. Sơ đồ khối của mạch điện Gateway được trình bày ở Hình 5. Hoạt động của trạm Gateway được điều khiển bởi bộ vi xử lý ATMega328P [8] với nhiệm vụ nhận các gói tin được gửi từ các đồng hồ nước thông qua giao tiếp không dây LoRa nhờ module truyền nhận dữ liệu LoRa Ra-02. Các gói tin này sau đó tiếp tục được chuyển tiếp về máy chủ trung tâm thông qua kết nối internet Wi-Fi nhờ module ESP8266 [9]. Hình ảnh thực tế của mạch điện trạm truyền dữ liệu trung gian Gateway được mô tả ở Hình 6. Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển viết cho bộ xử lý ATMega328P được trình bày trên Hình 7.



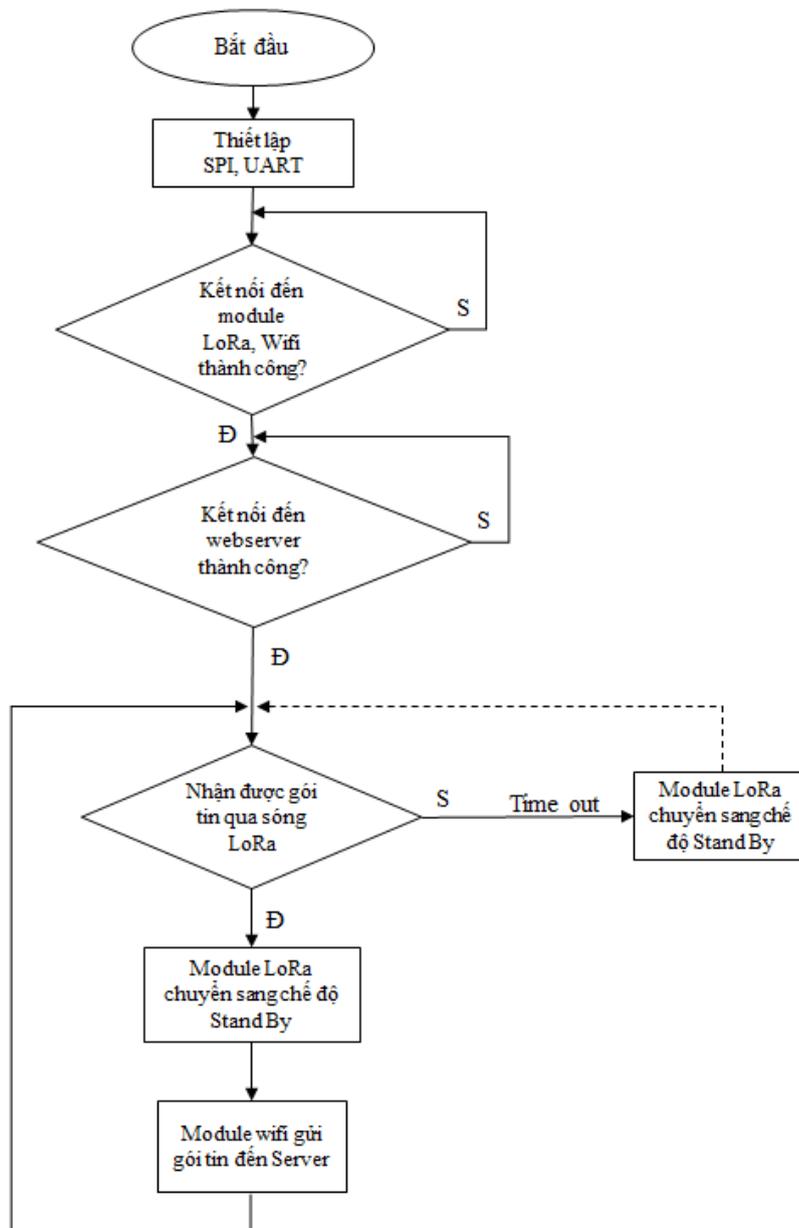
**Hình 4.** Lưu đồ giải thuật điều khiển bộ cảm biến và truyền dữ liệu của đồng hồ nước



**Hình 5.** Sơ đồ khối trạm truyền dữ liệu trung gian Gateway



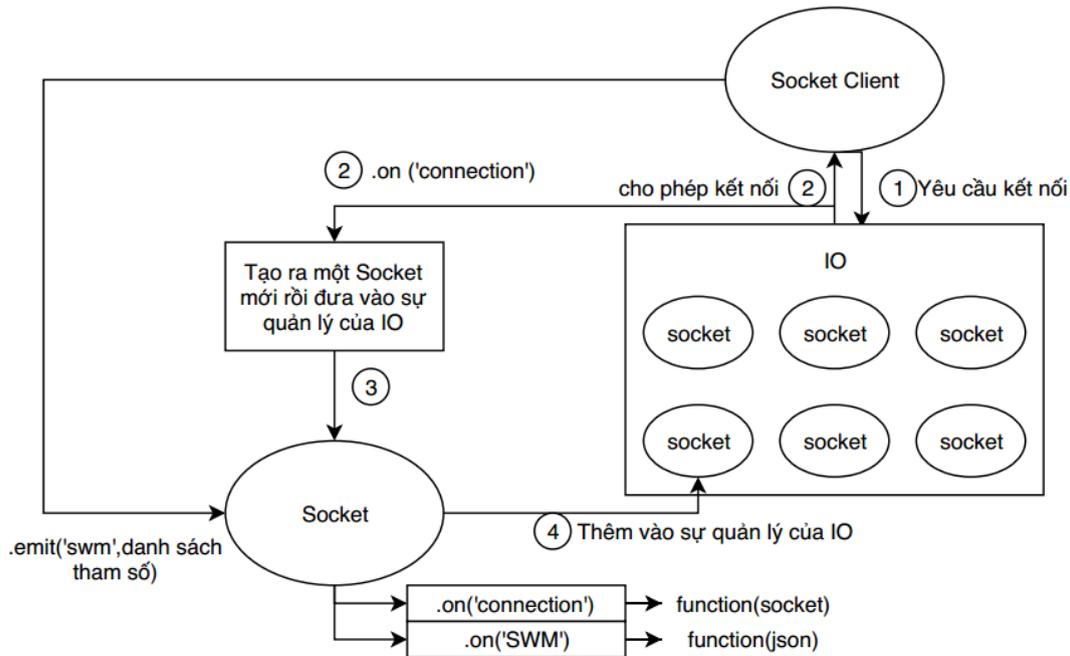
Hình 6. Mạch điện thực tế của trạm truyền dữ liệu trung gian Gateway



Hình 7. Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển hoạt động của Gateway

### C. Máy chủ trung tâm

Máy chủ trung tâm là một web server được xây dựng trên nền tảng Node.js [10], kết hợp sử dụng thư viện Socket.IO [11] cho phép Server hoạt động theo thời gian thực. Máy chủ trung tâm có nhiệm vụ nhận gói tin dạng JSON từ trạm truyền dữ liệu trung gian thông qua đường truyền internet. Các gói tin nhận được sẽ được phân tích và lưu vào cơ sở dữ liệu mã nguồn mở MongoDB [12]. Nguyên lý hoạt động của máy chủ trung tâm được trình bày trên Hình 8. Đầu tiên, socket server sẽ lắng nghe các kết nối từ phía client tại cổng 80. Các socket client muốn kết nối đến socket server cần phải dùng tên miền và địa chỉ cổng kết nối các dịch vụ của socket server. Khi có yêu cầu kết nối từ phía client, socket server sẽ cho phép client kết nối. Sau đó, socket server sẽ đăng ký và lắng nghe 2 sự kiện “Connection” và “SWM”. Khi phía client có tín hiệu “emit” lên 2 sự kiện này, các hàm đăng ký kèm theo sẽ được thực thi.



Hình 8. Sơ đồ khối mô tả hoạt động của socket server

Một ứng dụng web được thiết kế bằng các ngôn ngữ HTML5 với các chế độ truy cập dành riêng cho người quản lý và khách hàng. Phần mềm cho phép người quản lý theo dõi, thống kê và tổng hợp thông tin số liệu về chỉ số tiêu thụ của từng đồng hồ nước và lượng nước tiêu thụ theo thời gian thực. Ngoài ra, ứng dụng web còn có các chức năng như tính toán và in xuất hóa đơn tiền nước.



Hình 9. Giao diện của ứng dụng web dành cho khách hàng



Xin chào, Van

✉ 👤 ⚙️

### Danh sách trạm thu dữ liệu trên hệ thống

Tên Trạm	Trạng Thái	Thông Tin	Sửa	Xóa
Trạm Đại Học Cần Thơ	Đang hoạt động	Xem chi tiết		
Trạm khu dân cư g1B	Không hoạt động	Xem chi tiết		
Trạm Cái Khế	Không hoạt động	Xem chi tiết		
Trạm Cồn Khương	Không hoạt động	Xem chi tiết		
Trạm khu dân cư metro	Không hoạt động	Xem chi tiết		
Trạm khu dân cư An Khánh	Không hoạt động	Xem chi tiết		

THÊM

**Hình 10.** Giao diện của ứng dụng web dành cho người quản lý

### III. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Để đánh giá khả năng truyền nhận dữ liệu của các module LoRa trong điều kiện thực tế, tác giả đã tiến hành lắp đặt thiết bị tại đồng hồ nước đặt trên mặt đất và trạm truyền dữ liệu trung gian gateway được đặt ở độ cao 20 m (Hình 11). Kết quả đo đạc thực nghiệm cho thấy, hệ thống có thể truyền nhận truyền/nhận dữ liệu ở khoảng cách đến 2,3 km. Theo đó, một trạm gateway sẽ có khả năng thu thập dữ liệu trong một vùng có diện tích khoảng 13,7 km<sup>2</sup> (vùng hoạt động được xem có dạng hình lục giác với bán kính R = 2,3 km). Như vậy, đơn vị cung cấp nước chỉ cần lắp đặt 8 trạm gateway để phục vụ cho một thành phố trung bình có diện tích 100 km<sup>2</sup>. Vùng hoạt động của trạm gateway có thể được mở rộng bằng cách tăng độ cao và độ lợi của ăng-ten trạm.



(a)



(b)

**Hình 11.** Lắp đặt thiết bị tại (a) đồng hồ nước và (b) trạm truyền dữ liệu trung gian gateway

Để đảm bảo mạch điện đồng hồ nước có thể hoạt động ổn định trong thời gian dài, tác giả đã thực hiện ước tính thời gian sử dụng pin của mạch điện cảm biến lắp đặt tại đồng hồ nước. Bằng cách lựa chọn loại pin có đặc tính và điện thế phù hợp, việc sử dụng vi mạch ổn áp ASM1117 sẽ không còn cần thiết. Khi đó, bộ phận tiêu thụ điện năng nhiều nhất trong mạch điện là module thu/phát LoRa Ra-02 với dòng điện tiêu thụ trung bình ở chế độ hoạt động (active mode) khoảng 100 mA. Ở chế độ ngủ, dòng điện tiêu thụ trung bình của vi mạch MSP430G2553 và module LoRa Ra-02 rất nhỏ và lần lượt bằng 0,15  $\mu$ A, 0,2  $\mu$ A. Giả sử nguồn pin có dung lượng 3000 mAh, tần suất gửi dữ liệu về trung tâm là 24 lần/ngày, mỗi lần mạch hoạt động trong 1 giây, module Ra-02 được đặt ở chế độ ngủ khi không có hoạt động truyền dữ liệu, thời gian sử dụng pin có thể được ước tính như sau:

$$T = 3000 \text{ mAh} * \epsilon * 3600 \text{ s} / (100 \text{ mA} * 24 \text{ s}) = 2925 \text{ ngày} \approx 8 \text{ năm}$$

Trong đó,  $\epsilon = 0,65$  được xem là hiệu suất sử dụng pin.

Với thời gian hoạt động như trên, mạch điện cảm biến và truyền dữ liệu gắn tại đồng hồ có thể đáp ứng được các yêu cầu về mặt kỹ thuật của ngành cung cấp nước.

Bảng 1 trình bày các lợi ích mà hệ thống thu thập chỉ số nước tự động sử dụng công nghệ truyền thông LoRa mang lại so với phương pháp thu thập chỉ số nước bằng nhân công.

**Bảng 1.** So sánh hệ thống thu thập chỉ số nước tự động và phương pháp nhân công

	<b>Thu thập chỉ số nước bằng nhân công</b>	<b>Hệ thống thu thập chỉ số nước tự động</b>
Đối với khách hàng	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cần sự hỗ trợ của khách hàng trong việc ghi chỉ số nước.</li> <li>- Không có thông tin về lịch sử hoạt động sử dụng nước.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tránh được sai sót trong việc ghi nhận chỉ số tiêu thụ.</li> <li>- Thông tin lượng nước tiêu thụ được lưu lại chi tiết theo thời gian, đảm bảo sự rõ ràng và minh bạch về hoạt động sử dụng nước.</li> </ul>
Đối với đơn vị cung cấp nước	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tốn chi phí nhân công và thời gian cho việc thu thập chỉ số nước.</li> <li>- Không thể thu thập thông tin lượng nước tiêu thụ theo thời gian thực.</li> <li>- Không thể cung cấp cho khách hàng lịch sử hoạt động sử dụng nước; Gặp khó khăn trong việc cung cấp chứng cứ khi có khiếu nại từ khách hàng.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thu thập chỉ số từ xa tự động, tiết kiệm được chi phí nhân công và thời gian.</li> <li>- Ghi nhận được lượng nước tiêu thụ của khách hàng theo thời gian thực.</li> <li>- Có thông tin đầy đủ về hoạt động sử dụng nước của khách hàng, dễ dàng giải quyết khi có thắc mắc, khiếu nại từ khách hàng.</li> </ul>

Bên cạnh đó, so sánh với giải pháp sử dụng mạng điện thoại di động để truyền dữ liệu, giải pháp công nghệ truyền thông LoRa không đòi hỏi cao trong việc xây dựng, lắp đặt trạm gateway, số trạm gateway cần lắp đặt cũng ít hơn và không tốn chi phí thuê bao thẻ SIM cho từng đồng hồ nước. Đây có thể được xem là một giải pháp có tính khả thi cao để thu thập chỉ số nước tiêu thụ tự động cũng như triển khai ứng dụng cho các mục đích tương tự trong thực tiễn.

#### IV. KẾT LUẬN

Nội dung bài viết đã trình bày việc thiết kế và thi công một hệ thống thu thập chỉ số nước tự động sử dụng công nghệ truyền thông LoRa. Hệ thống được xây dựng trên nền tảng phần mềm mã nguồn mở với cấu tạo phần cứng phù hợp đã mang đến một giải pháp khả thi để tự động hóa việc ghi nhận chỉ số đồng hồ nước tại các hộ gia đình, khu dân cư và nhà máy. Hệ thống cũng có thể được sử dụng như một mô hình tham khảo trong việc xây dựng các giải pháp giám sát, cảnh báo sự cố nói chung.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Semtech. URL: <https://www.semtech.com/lora>, truy cập ngày 20/9/2018.
- [2] LoRaWAN global adaptation. URL: <http://techblog.comsoc.org/tag/idtechex/>, truy cập ngày 26/9/2018.
- [3] SH-Meters. URL: <https://www.shmeters.com>, truy cập ngày 29/7/2018.
- [4] MSP430G2553. URL: <http://www.ti.com/product/MSP430G2553>, truy cập ngày 29/7/2018.
- [5] Learn JSON, “JSON - Introduction”. URL: [https://www.w3schools.com/js/js\\_json\\_intro.asp](https://www.w3schools.com/js/js_json_intro.asp), truy cập ngày 29/7/2018.
- [6] Module LoRa Ra-02. URL: [http://wiki.ai-thinker.com/\\_media/lora/docs/c048ps01a1\\_ra-02\\_product\\_specification\\_v1.1.pdf](http://wiki.ai-thinker.com/_media/lora/docs/c048ps01a1_ra-02_product_specification_v1.1.pdf), truy cập ngày 29/7/2018.
- [7] Lương Vinh Quốc Danh, Trần Hữu Danh, “*Giáo trình kỹ thuật Vi điều khiển MSP430*”, Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ, 2017.
- [8] Arduino, ATmega328. URL: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/ArduinoToBreadboard>, truy cập ngày 29/7/2018.
- [9] Espressif, ESP8266. URL: <https://bit.ly/2zIKRd7>, truy cập ngày 29/7/2018.
- [10] Learn Node.js, “*Node.js Tutorial*”. URL: <https://www.w3schools.com/nodejs/default.asp>, truy cập ngày 29/7/2018.
- [11] Socket.IO Tutorials. URL: <https://www.tutorialspoint.com/socket.io/>, truy cập ngày 29/7/2018.
- [12] MongoDB Tutorials, “*MongoDB CRUD Operations*”. URL: <https://docs.mongodb.com/manual/crud/>, truy cập ngày 26/7/2018.

## A LoRa TECHNOLOGY BASED - AUTOMATED WATER-METER READING SYSTEM

Le Hoang Van, Le Tuan Anh, Luong Vinh Quoc Danh and Nguyen Thi Tram

**ABSTRACT:** *The LoRa wireless communication technology has been widely deployed in the Internet of Things (Internet of Things - IoT) and M2M (Machine-to-Machine) areas thanks to its superior features about transmission distance, low power consumption and investment costs. However, the application of this technology in practical production and business is still quite new in Vietnam. In this paper, the authors present the design and implementation of an automated water-meter reading system based on the LoRa technology. The designed system consists of three main components: sensors and data transceivers installed at water-meters, intermediate transceiver stations (gateways) and a server. The system server is built on Node.js platform combined with the Socket.IO library and the MongoDB open source database to receive data from the gateways. The authors also proposed a feasible and low cost solution for the system hardware that allows the devices to operate on battery power for a long time. The research results can be applied for automated water meter readings in households, residential areas and factories.*

**Keywords:** *LoRa, MongoDB, Node.js, Sensors, Water-meter.*