



DESIGN OF AN IOTS SYSTEM BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORKS (ZIGBEE) FOR HYDRO-METEOROLOGICAL AND ENVIRONMENTAL MONITORING

Nguyen Anh Tuan^{1, 2*}, Le Trung Thanh¹,
Nguyen Dinh Chinh¹, Nguyen Thanh Hoan³, Nguyen Thanh Truong⁴

¹VNU International School, Vietnam National University-Hanoi, No 144 Xuan Thuy Street, Cau Giay, Hanoi.

²Graduate University of Science and Technology, VAST, No 18 Hoang Quoc Viet Street, Cau Giay, Hanoi

³Institute of Geography, VAST, No 18 Hoang Quoc Viet Street, Cau Giay, Hanoi

⁴Ministry of Science and Technology, No 113 Tran Duy Hung Street, Cau Giay, Hanoi

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 2/7/2020

Revised: 3/8/2020

Accepted: 4/8/2020

Published online: 28/8/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.6.7>

* *Corresponding author*

Email: tuanna@isvnu.vn

Abstract. Nowadays, the monitoring of hydro-meteorological and environmental parameters has become very convenient under the strong development of wireless sensor networks (WSNs) and Internet of Things (IoTs). An automatic monitoring system for hydro-meteorological and environmental parameters in real time will provide a good opportunity to optimize resources and increase efficiency in management. This article will present the architecture of such an IoT system based on the Zigbee wireless sensor network.

Keywords: Wireless sensor network, Internet of things, Remote monitoring of hydro-meteorological and environmental parameters, Zigbee.



THIẾT KẾ HỆ THỐNG IoTs DỰA TRÊN MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY ZIGBEE PHỤC VỤ QUAN TRẮC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN VÀ MÔI TRƯỜNG

Nguyễn Anh Tuấn^{1,2*}, Lê Trung Thành¹,
Nguyễn Đình Chính¹, Nguyễn Thanh Hoàn³, Nguyễn Thanh Trương⁴

¹Khoa Quốc tế, Đại học Quốc gia Hà Nội, Số 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội.

²Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.

³Viện Địa lý, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, Số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.

⁴Bộ Khoa học và Công nghệ, Số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 2/7/2020

Ngày nhận bài sửa: 3/8/2020

Ngày chấp nhận đăng: 4/8/2020

Ngày xuất bản Online: 28/8/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.6.7>

* Tác giả liên hệ

Email: tuanna@isvnu.vn

Tóm tắt. Ngày nay việc giám sát các tham số môi trường đã trở nên rất thuận tiện dưới sự phát triển mạnh mẽ của mạng cảm biến không dây (WSN) và Internet vạn vật kết nối (IoT). Một hệ thống quan trắc tự động các tham số khí tượng thủy văn và môi trường theo thời gian thực sẽ mang tới một cơ hội tốt để tối ưu nguồn lực và tăng hiệu quả trong công tác quản lý. Bài báo này sẽ trình bày kiến trúc một hệ thống IoTs như vậy dựa trên mạng cảm biến không dây Zigbee.

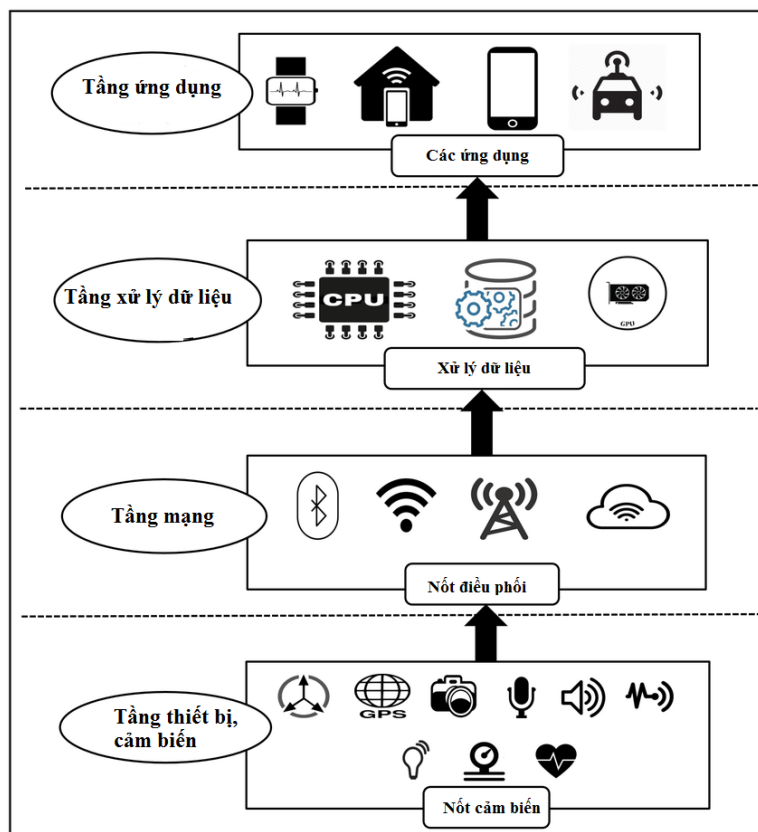
Từ khóa: Mạng cảm biến không dây, Mạng Internet kết nối vạn vật, Giám sát và cảnh báo từ xa.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1 Mạng cảm biến không dây trong hạ tầng IoTs

Trong bối cảnh môi trường tự nhiên bị tác động bởi biến đổi khí hậu và các hoạt động của con người đã gây ra các hiện tượng tai biến thiên nhiên và sự cố môi trường. Do vậy việc theo dõi, giám sát các thông số khí tượng, thủy văn và môi trường trở nên rất quan trọng. Hiện nay việc ứng dụng khoa học kỹ thuật tiên tiến vào lĩnh vực bảo vệ tài nguyên và môi trường đang được chú trọng và phát triển. Đặc biệt, mạng cảm biến không dây đã trở thành một trong những nền tảng công nghệ quan trọng trong việc thu nhận, thao tác và xử lý thông tin. Đây được xem là một giải pháp có chi phí hợp lý để tiến hành giám sát các hiện tượng trên bề mặt trái đất để thu thập nhiều dữ liệu cho các lĩnh vực khác nhau như nông nghiệp, môi trường, y học, giao thông vận tải [1-6] ..v.v.

Mạng cảm biến không dây đóng vai trò quan trọng trong hệ thống IoTs. Thông thường kiến trúc của một hệ thống IoTs bao gồm bốn tầng, tầng ứng dụng, tầng dịch vụ, tầng mạng, và tầng thiết bị [9]. Tầng ứng dụng chính là tầng bao gồm các hệ thống thực tế, tầng dịch vụ được định nghĩa là điện toán đám mây. Tầng mạng bao gồm các hệ thống có dây và không dây, kết nối tất cả với các thiết bị Internet cùng với tầng thiết bị chính là tầng cơ sở của hệ thống IoTs như Hình 1 [1-3].



Hình 1. Kiến trúc của một hệ thống IoTs.

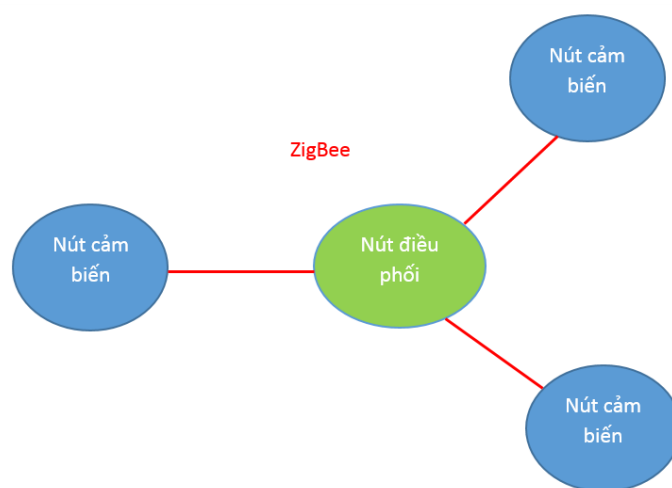
Kiến trúc của hệ thống IoTs trên đã được sử dụng để thiết kế các ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau và hầu hết trong số đó là các ứng dụng quan trắc thông số môi

trường [5]. Hệ thống quan trắc này sẽ giúp cho các nhà quản lý giám sát được các thông số môi trường từ xa, đặc biệt tại các nơi có địa hình phức tạp, các phương tiện giao thông khó tiếp cận.

Nghiên cứu [6] Nguyễn Chí Nhân cùng cộng sự đã trình bày một mô hình ứng dụng mạng cảm biến không dây ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao. Do việc truyền dữ liệu giám sát từ nút mạng cảm biến đến nút thu thập dữ liệu và trung tâm dữ liệu thường có khoảng cách xa, vì vậy các tác giả đã sử dụng công nghệ mạng cảm biến không dây LoRa. Công nghệ LoRa có một số ưu điểm phù hợp cho các ứng dụng trong lĩnh vực nông nghiệp như tiết kiệm năng lượng và khoảng cách truyền xa.

Trong [11] tác giả cũng đã đề xuất kiến trúc hệ thống IoTs trong việc giám sát một số thông số môi trường sử dụng mạng không dây LoRa. Cấu trúc hệ thống quan trắc thiết lập kiểu mạng hình sao truyền về nút trung tâm, nút trung tâm có kết nối với Web server thông qua mạng GPRS/3G, SMS. Nghiên cứu này hướng đến việc nghiên cứu và chế tạo các nút cảm biến tích hợp, linh hoạt, dễ dàng hoán đổi vị trí các khu vực khác nhau sao cho khoảng cách giữa nút cảm biến và nút trung tâm khoảng 7-8km.

Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi tập trung nghiên cứu thiết kế một kiến trúc IoTs tổng thể phục vụ quan trắc các thông số khí tượng, thủy văn và môi trường sử dụng công nghệ mạng cảm biến không dây Zigbee. Các yếu tố khí tượng thủy văn thường được bố trí tại vườn khí tượng, do vậy khoảng cách giữa các nút cảm biến và nút trung tâm thường không quá xa. Do vậy chúng tôi lựa chọn công nghệ Zigbee để tiết kiệm năng lượng và khi cần có thể mở rộng một cách dễ dàng. Hình 2 là một cấu hình của mạng cảm biến không dây sử dụng công nghệ Zigbee.



Hình 2. Cấu hình một mạng cảm biến không dây.

1.2 Cấu hình mạng cảm biến không dây

Một bộ thiết bị cảm biến không dây bao gồm các nút cảm biến và một nút điều phối được kết nối với nhau thành một mạng cảm biến không dây Zigbee và được xây dựng trên khung bảo mật cơ bản xác định trong IEEE 802.15.4, kiểu mạng hình sao như Hình 2.

Mạng cảm biến không dây Zigbee IEEE 802.15.4 (tần số 2.4Ghz, tốc độ dữ liệu 256kbps) cung cấp khoảng cách kết nối điểm tới điểm lên đến 1km. Bên cạnh đó, lớp mạng Zigbee hỗ trợ cả mạng cây và mạng lưới chung. Mỗi mạng phải có một thiết bị điều phối. Trong các mạng sao, điều phối viên phải là nút trung tâm. Cả mạng cây và mạng lưới đều cho phép sử dụng bộ định tuyến Zigbee để mở rộng giao tiếp ở cấp độ mạng. Một tính năng xác định khác của Zigbee là các phương tiện để thực hiện liên lạc an toàn, bảo vệ việc thiết lập và vận chuyển các khóa mật mã, khung mã hóa và thiết bị điều khiển [8-13].

Cấu hình mạng Zigbee gồm ba thành phần:

- Điều phối viên Zigbee (ZC): Thiết bị có khả năng nhất, điều phối viên tạo thành gốc của cây mạng và có thể kết nối với các mạng khác. Trong mỗi mạng có chính xác một điều phối viên Zigbee vì đó là thiết bị khởi động mạng ban đầu (thông số kỹ thuật của Zigbee LightLink cũng cho phép hoạt động mà không cần điều phối viên Zigbee). Nó lưu trữ thông tin về mạng, bao gồm đóng vai trò là trung tâm tin cậy và kho lưu trữ cho các khóa bảo mật.

- Bộ định tuyến Zigbee (ZR): Cũng như chạy chức năng ứng dụng, Bộ định tuyến có thể hoạt động như một bộ định tuyến trung gian, truyền dữ liệu từ các thiết bị khác.

- Thiết bị Zigbee EndDevice (ZED): Thiết bị này chứa đủ chức năng để giao tiếp với nút cha (Điều phối viên hoặc Bộ định tuyến); nó không thể chuyển tiếp dữ liệu từ các thiết bị khác. Mỗi quan hệ này cho phép nút ngủ trong một khoảng thời gian đáng kể do đó thời lượng pin sẽ được kéo dài. Một ZED đòi hỏi ít bộ nhớ nhất và do đó, có thể sản xuất ít tốn kém hơn so với ZR hoặc ZC.

Trong mạng Zigbee này, các nút cảm biến sẽ được cấu hình thành các Router hoặc End Device và nút điều phối sẽ được cấu hình thành Coordinator. Mạng Zigbee được thiết kế dựa trên Module Zigbee DRF1605 CC2530 sử dụng chip của hãng Microchip mang lại khả năng hoạt động ổn định và bền bỉ. Mạng Zigbee sẽ giúp các nút cảm biến gửi dữ liệu về nút điều phối nhằm phục vụ cho mục đích lưu trữ tạm thời và truyền lên cơ sở dữ liệu trực tuyến trên Internet.

Cấu hình mạng 3G/GPRS/GSM:

- Cấu hình mạng này được thiết lập tại nút điều phối giúp nó có thể gửi dữ liệu lên cơ sở dữ liệu trên Internet để lưu trữ và tra cứu, phục vụ cho mục đích giám sát. Đồng thời, dữ liệu cũng sẽ được gửi đến điện thoại của người quản lý.

- Người sử dụng cần đăng ký gói cước viễn thông qua nhà mạng cung cấp để duy trì dịch vụ này.

2. Phương pháp thiết kế các thành phần trong hệ thống IoTs

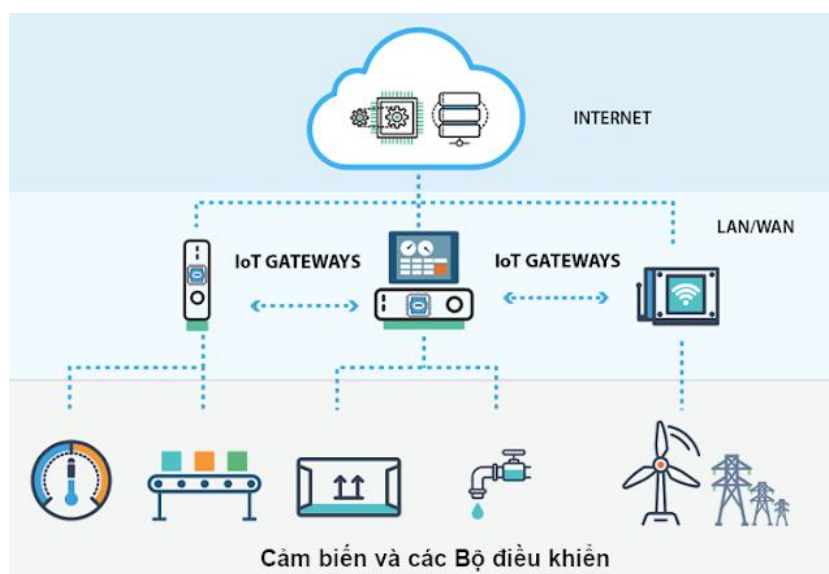
Mạng lưới các cảm biến được kết nối tới các giao thức mạng và các thiết bị IoTs sử dụng các giải pháp không dây thu thập và truyền tải tín hiệu analog/kỹ thuật số dựa theo chuẩn

IEEE 802.15.4 và giao thức ZigBee như Hình 3. Các remote I/O sẽ kết nối với các cảm biến qua đó tín hiệu có thể quan trắc thu thập từ xa các thông số như mực nước, nhiệt độ, độ ẩm ..v.v. Mạng cảm biến không dây có nhiều nút mạng, mỗi nút mạng có thể được kết nối với một hay nhiều cảm biến. Topo mạng gồm ba thành phần chính:

- Bộ điều phối: Là trung tâm thu thập, chuyển giao và truyền tải dữ liệu không dây đến các thiết bị khác;

- Router: Là thiết bị tăng cường tín hiệu không dây và các bộ định tuyến không dây được sử dụng để chọn đường đi tối ưu cho truyền thông không dây giữa các bộ điều phối và các nút cuối;

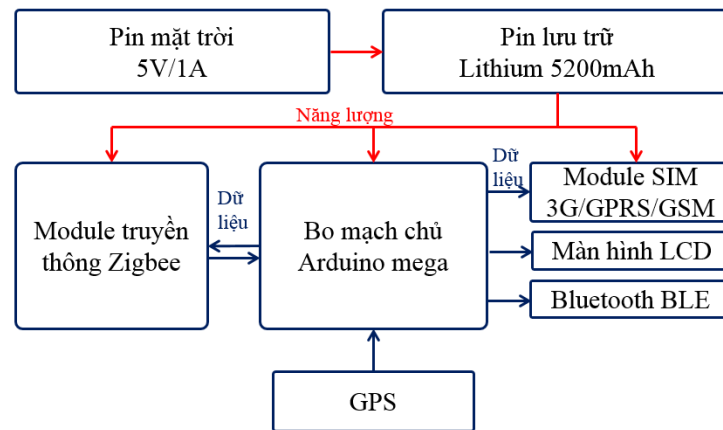
- End Node: Là một remote I/O không dây thu thập dữ liệu. Thông tin được lấy từ các cảm biến và sau đó được truyền tải qua các nút mạng trực tiếp hoặc gián tiếp thông qua router.



Hình 3. Hoạt động của một hệ thống IoTs.

2.1 Thiết kế nút điều phối

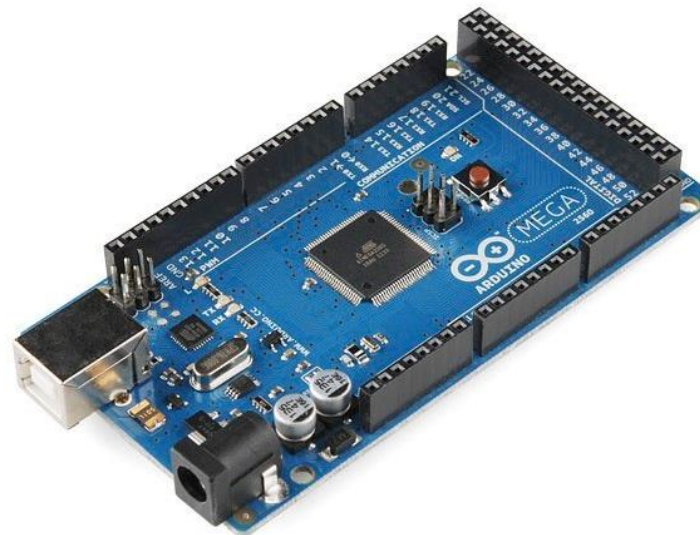
Nút điều phối được thiết kế dựa trên bo mạch chủ Arduino Mega và các module truyền thông. Bo mạch chủ Arduino Mega có vai trò xử lý và điều phối dòng dữ liệu. Dữ liệu sẽ được nhận từ các nút cảm biến thông qua mạng cảm biến không dây Zigbee sau đó sẽ được xử lý và truyền lên cơ sở dữ liệu trên mạng Internet thông qua mạng viễn thông 3G/GPRS/GSM, đồng thời tin nhắn chứa thông tin quan trắc cũng sẽ được gửi tới thuê bao của nhà quản lý. Bên cạnh đó, GPS cũng được sử dụng để lấy vị trí của thiết bị. Bluetooth BLE được sử dụng để gửi dữ liệu trực tiếp từ nút điều phối qua thiết bị di động. Dữ liệu cũng được hiển thị trên màn hình LCD giúp nhà quản lý dễ dàng quan sát. Nút điều phối được cung cấp năng lượng bởi năng lượng mặt trời, phần năng lượng dư thừa sẽ được lưu trữ tại pin Lithium 5200mAh cho hoạt động của nút vào ban đêm.



Hình 4. Bản thiết kế nút điều phối.

a) Arduino Mega

Arduino Mega là dòng vi điều khiển được sử dụng rất phổ biến với giá thành vừa phải và đáp ứng được khả năng tính toán của hệ thống. Vi điều khiển Arduino Mega cung cấp đầy đủ các kết nối phần cứng với các thiết bị ngoại vi với các chuẩn kết nối khác nhau như: UART, SPI, I2C, ADC, I/O, giúp cho việc kết nối giữa vi điều khiển và cảm biến cũng như các module truyền thông một cách dễ dàng.



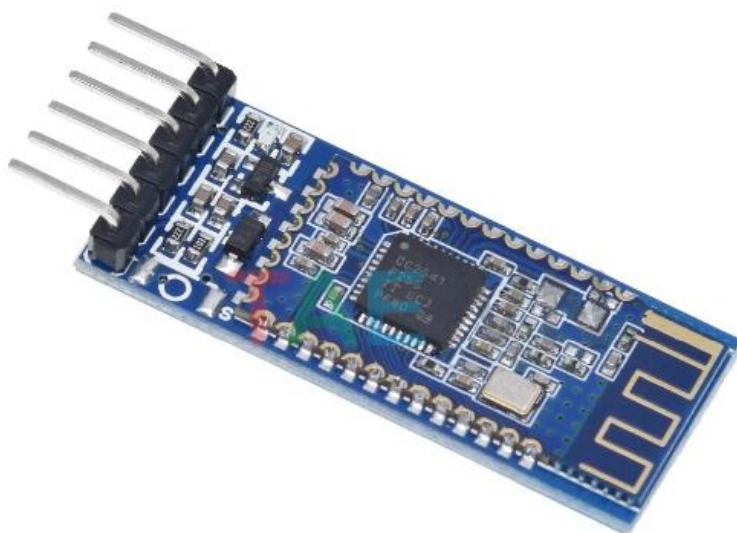
Hình 5. Vi điều khiển Arduino Mega.

b) Mô-đun GPS

LEA-6H là mô-đun thu GPS và GALILEO độc lập hiệu suất cao được thiết kế để cho phép di chuyển dễ dàng, đơn giản từ các phiên bản trước LEA-4. Nó có tính năng công nghệ thu tín hiệu yếu KickStart của u-blox, cũng như các tùy chọn kết nối linh hoạt. LEA-6H đi kèm với bộ nhớ Flash tích hợp cho phép cập nhật chương trình cơ sở và lưu trữ các cài đặt cấu hình cụ thể trong RAM không bay hơi. Trình giám sát ăng-ten tích hợp hỗ trợ các ăng-ten bên ngoài và hoạt động, chẳng hạn như ăng-ten GPS hiệu suất cao AN-blox 'ANN.

c) Mô-đun Bluetooth BLE

Mạch thu phát Bluetooth 4.0 UART CC2541 AT-09 giao tiếp với Vi điều khiển qua giao tiếp UART giúp vi điều khiển có thể giao tiếp và truyền dữ liệu với các thiết bị sử dụng Bluetooth 4.0 như: điện thoại, máy tính bảng, để thực hiện các ứng dụng truyền nhận và điều khiển thiết bị qua Bluetooth 4.0.

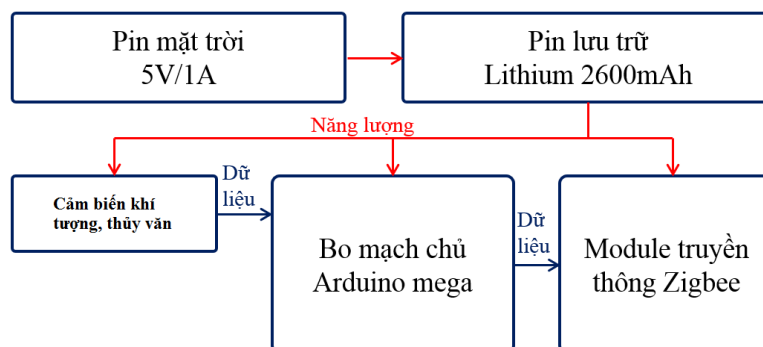


Hình 6. Vi điều khiển Bluetooth BLE.

2.2 Thiết kế các nút cảm biến

Bài báo này tập trung thiết kế nút mạng thu thập một số thông số như mực nước, nhiệt độ và độ ẩm không khí. Các nút cảm biến được thiết kế như trình bày dưới đây.

Nút cảm biến đo các thông số khí tượng, thủy văn bao gồm các thành phần: Bo mạch chủ Arduino Mega giống như trên nút điều phối, Module truyền thông Zigbee được cấu hình với vai trò là Router, các cảm biến đo thông số khí tượng thủy văn gồm: cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm, và cảm biến mực nước, nguồn cấp gồm Pin lưu trữ và Pin năng lượng mặt trời như Hình 7.



Hình 7. Nút cảm biến đo các yếu tố khí tượng, thủy văn.

Bo mạch chủ Arduino Mega sẽ đọc các xung điện áp tương ứng các yếu tố cần đo qua cảm biến tại địa điểm đo và tính toán, chuyển đổi các xung điện về giá trị cần đo tương ứng. Dữ liệu được tính toán sau đó sẽ được gửi về nút điều phối thông qua mạng Zigbee.

a) Nút cảm biến đo mực nước

Nút cảm biến bao gồm các thành phần: Bo mạch chủ Arduino Mega giống như trên nút điều phối, Module truyền thông Zigbee được cấu hình với vai trò là Router, cảm biến mực nước, nguồn cấp gồm Pin lưu trữ và Pin năng lượng mặt trời.



Hình 8. Thiết bị đo mực nước hoàn chỉnh.

Bo mạch chủ Arduino Mega sẽ đọc giá trị điện áp tương ứng với áp suất trên bề mặt cảm biến tại địa điểm đo và tính toán, chuyển đổi giá trị điện áp về giá trị chiều sâu tương ứng. Dữ liệu được tính toán sau đó sẽ được gửi về nút điều phối thông qua mạng Zigbee. Hình 8 là thiết bị đo mực nước hoàn chỉnh.

Sử dụng nguyên tắc áp điểm để đo áp lực nước tác động vào bề mặt cảm biến. Áp suất của độ sâu nước sẽ được so sánh với áp suất không khí để tính ra độ sâu của mực nước. Cảm biến mực nước được giao tiếp với vi điều khiển Arduino Mega thông qua giao tiếp ADC.

b) Nút cảm biến đo nhiệt độ và độ ẩm

Nút cảm biến bao gồm các thành phần: Bo mạch chủ Arduino Mega giống như trên nút điều phối, Module truyền thông Zigbee được cấu hình với vai trò là Router, cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT11, nguồn cấp gồm Pin lưu trữ và Pin năng lượng mặt trời.



Hình 9. Thiết bị đo nhiệt độ và độ ẩm hoàn chỉnh.

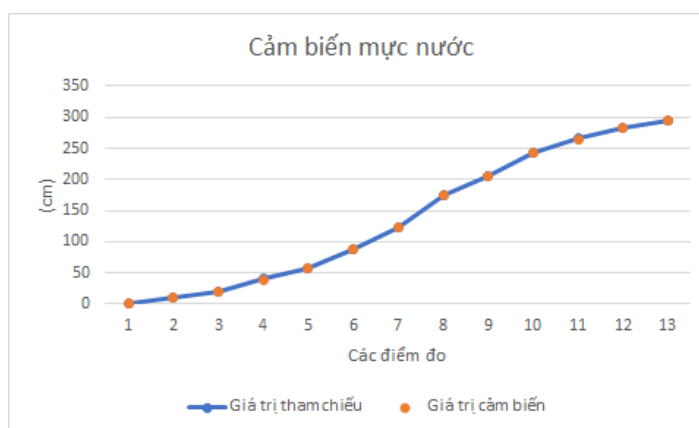
Bo mạch chủ Arduino Mega sẽ đọc tín hiệu số trả về tương ứng với giá trị nhiệt độ và độ ẩm từ cảm biến; và tính toán, chuyển đổi giá trị số về giá trị nhiệt độ và độ ẩm tương ứng. Dữ liệu được tính toán sáu đó sẽ được gửi về nút điều phối thông qua mạng Zigbee. Hình 9 là nút cảm biến đo thông số nhiệt độ và độ ẩm.

3. Kiểm định và thử nghiệm các nút cảm biến.

3.1. Kết quả kiểm định

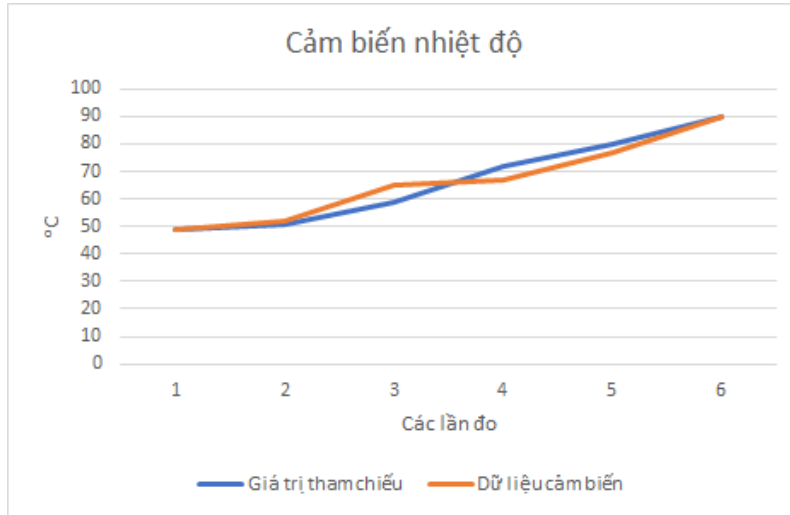
Hệ thống IoTs dựa trên mạng cảm biến không dây Zigbee đã được thiết kế thành công theo kiến trúc đề xuất. Các nút cảm biến đo mực nước, nhiệt độ và độ ẩm được tiến hành kiểm định tại Trung tâm Quan trắc khí tượng thủy văn, kết quả kiểm định được đánh giá đạt theo tiêu chuẩn.

Hình 10 là kết quả kiểm định của 13 điểm đo mực nước khác nhau theo quy trình kiểm định phương tiện đo mực nước KMN: 115 của Trung tâm quan trắc khí tượng thủy văn.



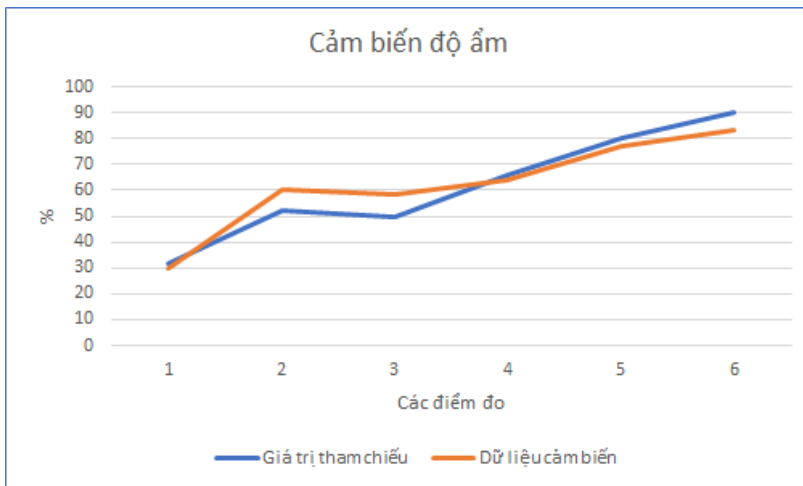
Hình 10. Kết quả kiểm định cảm biến đo thông số mực nước.

Đối với cảm biến đo nhiệt độ được Trung tâm Quan trắc khí tượng thủy văn kiểm định theo văn bản kỹ thuật đo lường Việt Nam ĐLVN 88:2001. Phương pháp kiểm định phương tiện đo nhiệt độ không khí kiểu cảm biến là so sánh kết quả đo trực tiếp nhiệt độ bằng phương tiện đo nhiệt độ cần kiểm định và giá trị của nguồn chuẩn nhiệt độ. Kết quả kiểm định của 6 điểm đo như Hình 11.



Hình 11. Kết quả kiểm định cảm biến đo thông số nhiệt độ.

Cảm biến đo độ ẩm không khí được kiểm định theo văn bản kỹ thuật đo lường Việt Nam ĐLVN 87:2005. Phương pháp kiểm định là so sánh trực tiếp giá trị thể hiện trên phương tiện đo độ ẩm không khí cần kiểm định với giá trị chuẩn của nguồn chuẩn độ ẩm không khí tại nhiệt độ $(20 \pm 0.1) ^\circ\text{C}$. Hình 12 thể hiện kết quả kiểm định của 6 điểm đo.



Hình 12. Kết quả kiểm định cảm biến đo thông số độ ẩm.

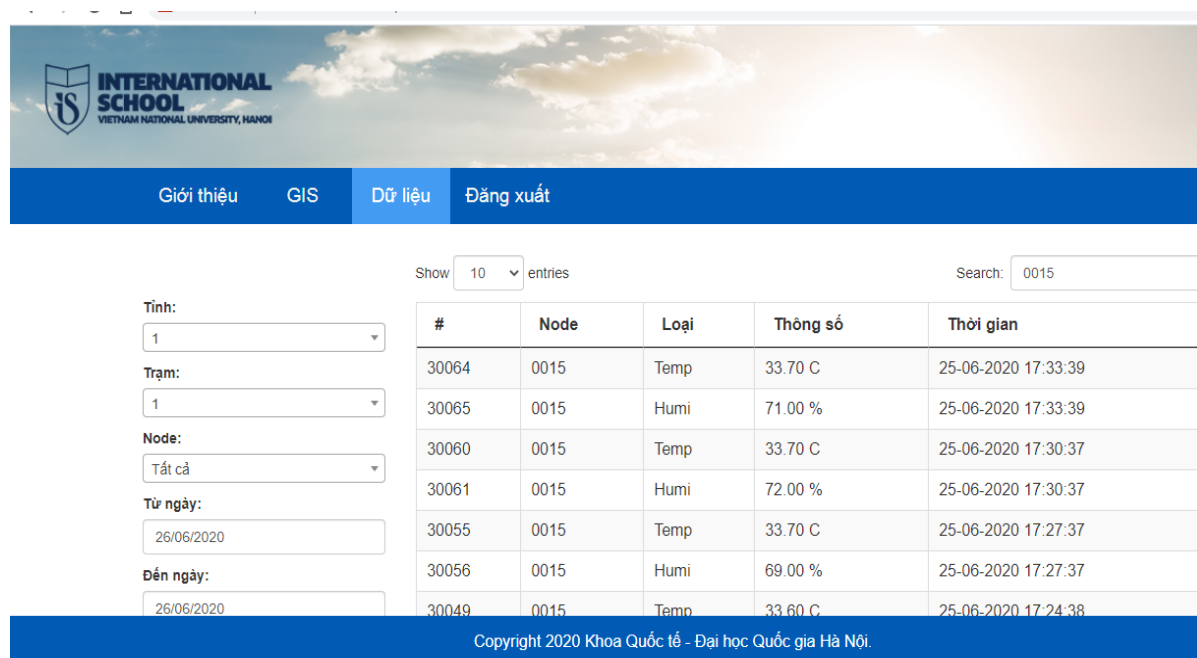
3.2 Vận hành hệ thống và kết quả thử nghiệm tại một số trạm đo

Hệ thống sau khi hoàn thiện được lắp đặt thử nghiệm tại Trạm khí tượng và Môi trường nền vùng Cúc Phương, và Trạm Thủy văn Như Tân thuộc tỉnh Ninh Bình. Nút gateway sau

khi nhận dữ liệu từ các nút cảm biến sẽ được đóng gói và gửi lên cơ sở dữ liệu trực tuyến. Phương thức truyền thông được sử dụng là GSM/GPRS. Phương thức này giúp tiết kiệm năng lượng nên sẽ kéo dài thời gian hoạt động của thiết bị trong điều kiện sử dụng năng lượng dự trữ. Dữ liệu được đóng gói theo cấu trúc "Tên nút: loại dữ liệu: giá trị dữ liệu". Dữ liệu sẽ được nút gateway thu thập từ các nút cảm biến và gửi lên cơ sở dữ liệu trực tuyến với chu kỳ 5 giây.

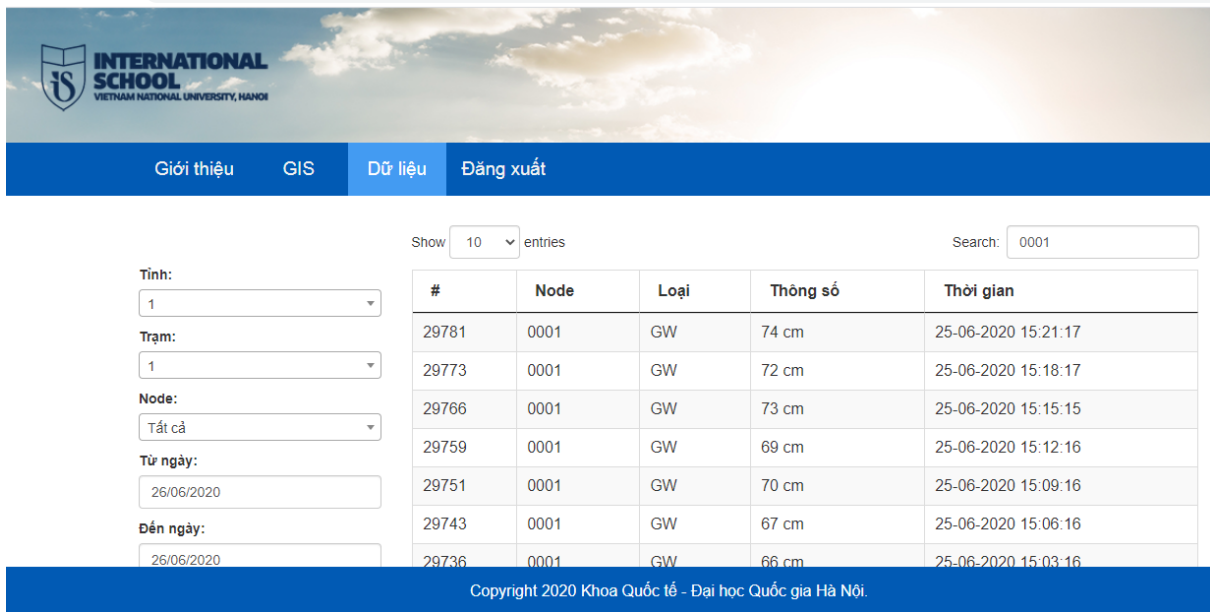
Sau khi dữ liệu được thu thập và lưu trữ trên cơ sở dữ liệu trực tuyến, máy chủ sẽ kết nối đến cơ sở dữ liệu bằng giao thức HTTP và HTTPS sử dụng PDO Drive được cài đặt trên hệ thống máy chủ. PDO Drive cho phép kết nối với 12 hệ quản trị CSDL khác nhau một cách dễ dàng. Bên cạnh đó, khi cơ sở dữ liệu cần nâng cấp hay chuyển đổi sang dạng cơ sở dữ liệu khác thì PDO Drive không yêu cầu phải thay đổi cấu trúc lệnh truy vấn dữ liệu như các cơ chế truy cập cơ sở dữ liệu khác mà chỉ cần thay đổi thông tin kết nối. Ngoài ra, PDO Drive còn được sử dụng thông qua Yii Framework – một PHP Framework mã nguồn mở có hiệu năng cao, khả năng mở rộng lớn giúp phát triển tốt nhất các ứng dụng Web 2.0.

Nút cảm biến số thứ nhất có mã nút 0015 đo các thông số nhiệt độ và độ ẩm được lắp đặt tại Trạm Khí tượng và Môi trường nền vùng Cúc Phương, kết quả quan trắc trực tuyến như Hình 13.



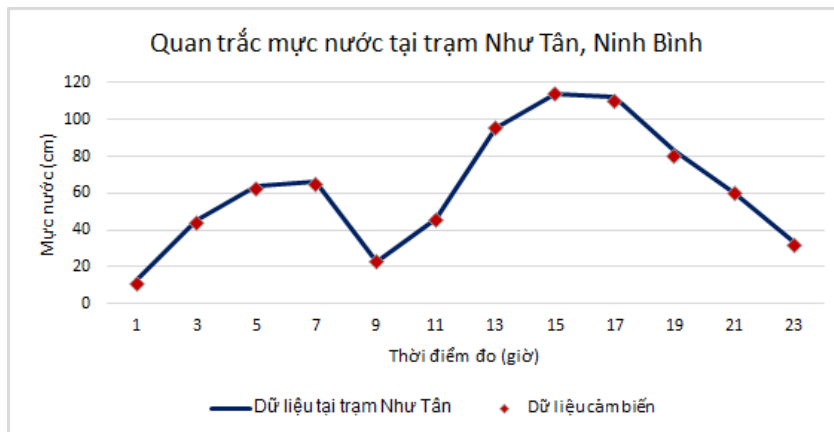
Hình 13. Kết quả đo trực tuyến thông số nhiệt độ và độ ẩm tại trạm Cúc Phương.

Nút cảm biến thứ hai có mã nút 0001 đo thông số về mực nước được lắp đặt và chạy thử nghiệm tại Trạm Thủy văn Như Tân, kết quả quan trắc trực tuyến như Hình 14.



Hình 14. Kết quả quan trắc mực nước tại Trạm thủy văn Như Tân.

Kết quả quan trắc mực nước tại sông Đáy được so sánh với kết quả đo tại trạm trong cùng thời điểm như Hình 15.



Hình 15. So sánh dữ liệu quan trắc tại Trạm Như Tân thử nghiệm trong 1 ngày.

4. Kết luận và kiến nghị

Hệ thống thông tin tích hợp quan trắc từ xa, tự động các yếu tố khí tượng thủy văn và môi trường gồm các nút mạng cảm biến không dây dựa trên công nghệ Zigbee đã hoàn thành. Hệ thống quan trắc có thể thu thập, xử lý dữ liệu truyền về trung tâm để người dùng có thể giám sát và nhận cảnh báo từ xa qua SMS và môi trường Internet. Với thực trạng tại hai trạm Khí tượng và Môi trường nền vùng Cúc Phương và trạm Thủy văn Như Tân nói riêng và các trạm khí tượng thủy văn chưa có hệ thống quan trắc tự động nói chung, đây là hệ thống quan trọng được thiết kế dựa trên công nghệ tiên tiến và đúng với xu hướng hiện đại hóa ngành khí tượng thủy văn của các cơ quan quản lý nhà nước. Hệ thống IoTs quan trắc tự động các thông số khí tượng, thủy văn và môi trường sẽ giúp cho việc cải tiến kỹ thuật, ứng dụng khoa học công

nghệ trong công tác dự báo, cảnh báo cũng như quan trắc thông tin dữ liệu khí tượng thủy văn.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Văn phòng Chương trình KH&CN cấp Quốc gia về TNMT&BĐKH - Bộ Tài nguyên và Môi trường, Khoa Quốc tế-ĐHQGHN đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện đề tài cấp nhà nước mã số BĐKH.30/16-20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring, In Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications. pp. 88-97, 2002. <https://doi.org/10.1145/570738.570751>
- [2] A. M. Adnan, Data Gathering In Wireless Sensor Network For Environmental Monitoring, 2010.
- [3] N. Jin et al., A Novel Design of Water Environment Monitoring System Based on WSN, In Proceedings of the 2010 International Conference on Computer Design and Applications (ICCD), Qinhuangdao, China, 25–27 June 2010; pp. 593–597. <https://doi.org/10.1109/ICCD.2010.5541305>
- [4] Liang Xia, Ali Cheshmehzangi, Llewellyn Tang, Oluleke Bamodu, Felix Osebor, Indoor environment monitoring based on humidity conditions using a low-cost sensor network, Energy Procedia, 145 (2018) 464-471. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.04.093>
- [5] Mohd Fauzi Othman, Khairunnisa Shazali, Wireless sensor network applications: A study in environment monitoring system, Procedia Engineering, 41 (2012) 1204-1210. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.302>
- [6] Nguyễn Chí Nhân, Phạm Ngọc Tuấn, Nguyễn Huy Hoàng, Mạng cảm biến không dây ứng dụng cho nông nghiệp công nghệ cao, Tạp chí Phát triển khoa học và Công nghệ - Khoa học tự nhiên, 3 (2019) 259–270.
- [7] R. Ranjan, Rajasekar Mohan, Sagar V Belavadi, Sreenidhi Rajagopal, Air quality forecasting using LSTM RNN and Wireless Sensor Networks, Procedia Computer Science, 170 (2020) 241-248. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.036>
- [8] S. Saha, M. Matsumoto, A Framework for Disaster Management System and WSN Protocol for Rescue Operation, In Proceedings of the IEEE Region 10 Conference on TENCON 2007, Taipei, Taiwan, 30 October–2 November 2007; pp. 1–4. <https://doi.org/10.1109/TENCON.2007.4429104>
- [9] Sami Kara, Wen Li, Methodology for Monitoring Manufacturing environment by using wireless sensor network (WSN) and the Internet of Things (IoT), Procedia CIRP, 61 (2017) 323-328. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.182>
- [10] S. Tembekar, A. Saxena, Monitoring Wireless Sensor Network using Android based SmartPhone Application, IOSR J. Comput. Eng. , 16 (2014) 53–57. <https://doi.org/10.9790/0661-162105357>
- [11] Vũ Văn Thanh, Nghiên cứu ứng dụng IoT trong quan trắc và cảnh báo mức độ ô nhiễm nguồn nước, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, 17 (2019) 74–79.
- [12] V. Mhatre, C. Rosenberg, Design guidelines for wireless sensor networks: communication, clustering and aggregation, Ad Hoc Networks, 2 (2004) 45-63.
- [13] Yubin Lan, Yali Zhang, Xuanchun Yin, Jie Hu, Xiaodong Peng, Goubin Wang, Shengde Chen, Fan Ouyang, Hui Cheng, Automatic delivery and recovery system of Wireless Sensor Networks (WSN) nodes based on UAV for agricultural applications, Computers and Electronics in Agriculture 162 (2019) 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.025>