

XÂY DỰNG HỆ THỐNG THU THẬP DỮ LIỆU DỰA TRÊN MẠNG LoRaWAN

Trương Minh Đức, Chu Văn Cường, Trần Tuấn Anh
Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông

Tóm tắt—Công nghệ LoRa được phát minh bởi Cycleo năm 2010 tại Pháp, sau đó được công ty Semtech mua lại vào năm 2012. LoRa là công nghệ với các module vô tuyến được phát triển cho các ứng dụng có tốc độ thấp, tiêu thụ năng lượng thấp. LoRa cũng là công nghệ cho phép định vị mà không cần đến GPS và cũng là công nghệ cho phép triển khai ứng dụng với chi phí thấp. Trong kiến trúc LoRa lớp MAC được bổ sung để chuẩn hóa và mở rộng lớp truyền thông vật lý để phù hợp với mạng internet và được gọi là đặc tả LoRaWAN. Do vậy, LoRa nói chung và LoRaWAN nói riêng được các nhà phát triển áp dụng rộng rãi khi xây dựng các hệ thống IoT, nhất là những hệ thống đòi hỏi sự gọn nhẹ trong thiết kế và chế tạo. Trong bài viết này, nhóm tác giả đề xuất một giải pháp sử dụng kiến trúc LoRaWAN để xây dựng hệ thống IoT Gateway phục vụ thu thập dữ liệu từ môi trường.

Từ khóa—Internet vạn vật (IoT), công nghệ không dây năng lượng thấp (LPWAN), Mạng cảm biến không dây (WSN), LoRaWAN.

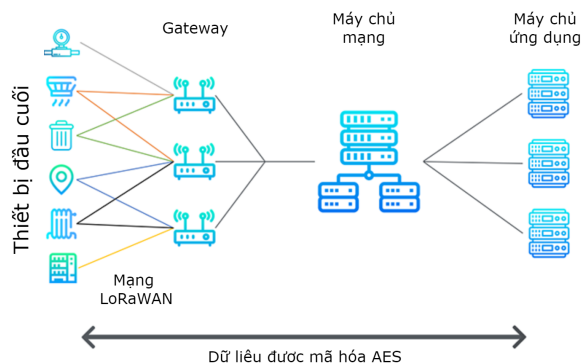
I. GIỚI THIỆU

Cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang diễn ra mạnh mẽ và từng ngày tác động sâu sắc đến mọi mặt của đời sống. Các công nghệ tiên tiến không ngừng được phát triển, thay thế công nghệ cũ với mức độ tích hợp cao hơn, đem lại hiệu quả vượt trội. Đặc biệt, các hệ thống phục vụ cho đồng đảo người dân như dịch vụ công, thanh toán điện tử hay các hệ thống tự động hóa dựa trên Internet vạn vật (IoT) đã trở thành công cụ quan trọng trong việc thu thập các thông số như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng từ môi trường xung quanh [1][2]. Hiện nay, các hệ thống quan trắc dữ liệu môi trường đã phát triển rất đa dạng và phong phú, xuất hiện trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

Ví dụ điển hình là tại các trạm thu phát sóng di động (BTS), nơi các cán bộ kỹ thuật thường phải theo dõi các thông số như nhiệt độ, trạng thái nguồn điện và an ninh. Sự xuất hiện của các hệ thống IoT đã thay đổi hoàn toàn cách thức vận hành, cho phép giám sát từ xa nhiều trạm cùng lúc, thay thế vai trò của con người [3]. Tuy nhiên, các hệ thống BTS hiện nay vẫn trao đổi dữ liệu một cách cục bộ và nếu có yêu cầu trao đổi giữa các trạm thì dữ liệu sẽ được chuyển qua đám mây (cloud).

Nông nghiệp là một lĩnh vực nhận được sự quan tâm đáng kể trong việc ứng dụng công nghệ Internet of Things (IoT) [4][5]. IoT được xem như một giải pháp hoàn hảo cho nông nghiệp thông minh và đã có nhiều mô hình ứng dụng thành công trong thực tiễn. Tuy nhiên, lĩnh vực này vẫn đối mặt với nhiều thách thức lớn, bao gồm yêu cầu tiêu thụ năng lượng thấp, độ ổn định cao, khả năng hoạt động trong điều kiện môi trường khắc nghiệt và khả năng triển khai trên quy mô rộng. Trong nông nghiệp thông minh, các điểm thu thập dữ liệu thường được phân bố rộng rãi trên các khu vực lớn, mỗi node chịu trách nhiệm giám sát một hoặc vài thông số môi trường tại các vị trí như nhà kính, nhà lưới hoặc vườn cây. Những node này cần được thiết kế nhỏ gọn, có khả năng hoạt động độc lập với nguồn năng lượng hạn chế. Ví dụ, trong một nông trại thông minh với nhiều nhà lưới, mỗi nhà lưới có một trung tâm điều khiển để thu thập dữ liệu từ các cảm biến và các trung tâm này cần tương tác với nhau để đưa ra quyết định vận hành. Các hệ thống mạng IoT trong nông nghiệp thường phải hoạt động trên diện tích rộng lớn và trong những điều kiện môi trường đầy thách thức, điều này đặt ra yêu cầu cao về việc duy trì kết nối mạng ổn định và tin cậy [4]. Trước bối cảnh đó, nhu cầu cấp thiết về một hệ thống mạng không dây hiệu quả cho việc

Tác giả liên hệ: Trương Minh Đức,
Email: ductm@ptit.edu.vn,
Đến tòa soạn: 8/2024, chỉnh sửa: 9/2024,
chấp nhận đăng: 10/2024.



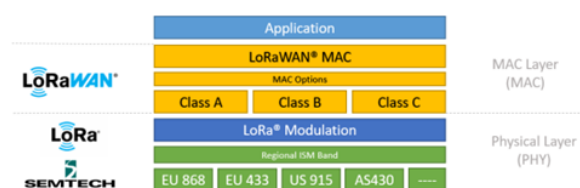
Hình 1: Kiến trúc mạng kiểu star of star của LoRaWAN

trao đổi dữ liệu được đặt ra. Bài báo này đề xuất sử dụng kiến trúc LoRaWAN như một giải pháp tiềm năng để giải quyết những thách thức trên trong lĩnh vực nông nghiệp [6][7].

II. TỔNG QUAN VỀ LORAWAN

LoRa là công nghệ chuyên dụng để phát triển cho các ứng dụng tiêu thụ rất ít năng lượng (low power-năng lượng thấp), tốc độ thấp nhưng lại có khoảng cách truyền thông lớn với độ rộng băng thông lên đến 500kHz [8][9]. Đồng thời LoRa cũng là công nghệ xác định vị trí tương đối của node, trong kiến trúc LoRa lớp MAC được bổ sung để chuẩn hóa và mở rộng lớp truyền thông vật lý để phù hợp với mạng internet và được gọi là đặc tả LoRaWAN. Trong mô hình OSI (Open Systems Interconnection) phổ biến có thể thấy rằng lớp liên kết dữ liệu (data link layer) và lớp mạng (network layer) chính là mô tả rõ ràng nhất cho kiến trúc LoRaWAN hoặc nếu so sánh với mạng ethernet LoRaWAN tương tự như các lớp MAC và IP. Trong kiến trúc mạng LoRaWAN, các Gateway được kết nối với máy chủ mạng thông qua các kết nối IP tiêu chuẩn và các thiết bị đầu cuối sử dụng giao tiếp không dây một bước đến một hoặc nhiều Gateway. Tất cả các giao tiếp điểm cuối đều là hai chiều, nhưng cũng hỗ trợ các hoạt động như phát đa hướng, cho phép nâng cấp phần mềm hoặc các thông điệp phân phối hàng loạt khác để giảm thời gian liên lạc.

Kiến trúc của LoRaWAN thể hiện như hình 1. Đây là một mạng kiểu “star of star”, trong đó Gateway có nhiệm vụ chuyển tiếp các bản giữa các thiết bị đầu cuối và máy chủ của mạng lõi trung tâm. Tất cả các Gateway kết nối với máy



Hình 2: Mô hình tách lớp của kiến trúc LoRaWAN

chủ thông qua các kết nối IP chuẩn trong khi các thiết bị cuối sử dụng truyền thông LoRa kiểu sing-hop kết nối với một hoặc nhiều Gateway. Với một Gateway trung tâm kết nối, lắng nghe tất cả các bản tin tới từ các node trong vùng phủ sóng (Coverage Area) và Gateway đóng vai trò là cầu chuyển tiếp bản tin giữa các thiết bị đầu cuối và một máy chủ mạng trung tâm [10][11]. Để tối ưu hoạt động của LoRaWAN và để phù hợp cho nhiều thiết bị và ứng dụng khác nhau, một thiết bị trong mạng LoRaWAN có thể có các tính năng độc lập. Để hiểu đầy đủ về mạng LoRaWAN, hãy bắt đầu xem xét sơ đồ trong hình 2, LoRa là lớp vật lý (PHY), tức là lớp điều chế không dây được sử dụng để tạo liên kết truyền thông tầm xa. Như đã trình bày phía trên nhóm tác giả sử dụng mô hình OSI theo hướng dẫn của nhà phát triển SemTech (đơn vị phát triển kiến trúc LoRaWAN) để giải thích kiến trúc lớp đầu của mạng.

Kiến trúc mạng LoRaWAN bao gồm năm thành phần chính:

End Devices (thiết bị cuối): đây là các cảm biến hoặc thiết bị truyền động kết nối không dây với mạng LoRaWAN thông qua các Gateway bằng công nghệ điều chế LoRa. Các thiết bị này chủ yếu hoạt động bằng pin và có chức năng số hóa các thông tin vật lý hoặc môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng và các cơ cấu chấp hành [12].

Gateway LoRaWAN (cổng LoRaWAN): nhận dữ liệu RF được điều chế LoRa từ các thiết bị cuối và chuyển tiếp dữ liệu này đến máy chủ mạng thông qua mạng IP backbone. Đặc điểm nổi bật của hệ thống là cùng một cảm biến có thể gửi dữ liệu đến nhiều Gateway, giúp giảm thiểu khả năng mất gói tin và tối ưu hóa năng lượng cho các cảm biến.

Network server (máy chủ mạng): đóng vai trò quản lý toàn bộ hệ thống mạng, điều chỉnh các thông số và thiết lập kết nối an toàn thông qua mã hóa AES 128-bit để đảm bảo tính xác thực và

toàn vẹn của dữ liệu. Tuy nhiên, máy chủ mạng không thể truy cập vào dữ liệu ứng dụng.

Application servers (máy chủ ứng dụng): chịu trách nhiệm xử lý, quản lý và phân tích dữ liệu từ các cảm biến một cách an toàn, đồng thời tạo tải trọng ngược để điều khiển các thiết bị cuối.

LoRaWAN có nhiều đặc tính kỹ thuật ưu việt, bao gồm: tầm xa nhờ sử dụng kỹ thuật điều chế chirp spread spectrum [13]; công suất thấp với giao thức không đồng bộ, giúp tiết kiệm năng lượng cho thiết bị; dung lượng đường truyền cao hơn so với các công nghệ LPWAN khác như Sigfox; chi phí thấp do sử dụng các dải tần ISM miễn phí [14]; bảo mật với hai lớp mã hóa AES đảm bảo tính bảo mật dữ liệu [15]; và khả năng tiêu chuẩn hóa nhờ sự công nhận của Liên minh LoRa (LoRa Alliance), hỗ trợ tiêu chuẩn hóa các mạng diện rộng công suất thấp [16][17]. Các đặc tính này làm cho LoRaWAN trở thành một giải pháp tiềm năng cho các ứng dụng IoT trong nông nghiệp và các lĩnh vực khác.

III. XÂY DỰNG MẠNG LORAWAN

A. Cấu hình LoRaWAN Gateway

Mô hình đề xuất trong nghiên cứu này được trình bày như cấu trúc của hệ thống LoRaWAN, trong đó với thành phần Gateway là cực kỳ quan trọng, đây là nơi trung chuyển dữ liệu và quản lý các thiết bị đầu cuối (end devices). LoRaWAN Gateway - hình 3 - được cấu tạo bởi các thành phần phần cứng như sau:



Hình 3: Phần cứng của LoRaWAN Gateway

Đầu tiên, cần tải và cài đặt ChirpStack Gateway OS, một hệ điều hành nhúng dựa trên OpenWrt dành cho các LoRa Gateway sử dụng Raspberry Pi. ChirpStack có hai phiên bản: Base và Full. Quá

trình cài đặt bắt đầu bằng việc ghép nối Raspberry Pi với mini PCI-e WANN HAT và ClodPi Labs LoRaWAN Concentrator Card, sau đó tải và ghi ChirpStack Gateway OS vào thẻ nhớ. Khi khởi động, Gateway sẽ tự động lấy địa chỉ IP qua DHCP. Nếu có Wi-Fi, Gateway sẽ tạo điểm truy cập (ChirpStackAP) với IP là 192.168.0.1. Sau khi đăng nhập, cần đặt mật khẩu cho root và router [11][18].

B. Cấu hình LoRaWAN Node

Để xây dựng các node cho mạng LoRaWAN, cần hai thành phần chính: vi điều khiển và module LoRa. Vi điều khiển ESP32 được sử dụng để thu thập, xử lý dữ liệu từ các cảm biến (nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng...) và điều khiển các thiết bị như relay, bóng đèn, động cơ. Dữ liệu sau khi xử lý được gửi đến LoRaWAN Gateway qua module LoRa. Module LoRa (Dev Kit RA08-H) được cấu hình bằng các lệnh AT để điều chỉnh tần số, băng thông, tốc độ truyền và các thông số kết nối như DEVEUI, APPEUI, APPKEY, thông qua giao thức UART.

IV. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

A. Thử nghiệm

Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu đã thành công trong việc xây dựng hệ thống mạng LoRaWAN trên các thiết bị phần cứng đã liệt kê. Sau khi hoàn thiện hệ thống, nhóm tiến hành thử nghiệm thực tế với hai kịch bản: thử nghiệm trong nhà và ngoài trời.

Đối với thử nghiệm trong nhà, nhóm đã thiết lập một môi trường với các thông số được mô tả trong bảng I. Các thiết bị được bố trí như hình 5, trong đó Gateway kết nối với máy tính để kiểm tra quá trình truyền dữ liệu. Các thiết bị đầu cuối được gắn trên trần để giảm thiểu ảnh hưởng của vật cản và thiết bị hiển thị thông tin được đặt ngẫu nhiên trong phòng để theo dõi dữ liệu. Nhóm đã thực hiện việc truyền tin từ máy tính đến các thiết bị hiển thị thông qua Gateway nhằm đánh giá khả năng truyền tín hiệu trong không gian nhỏ, kín và có vật cản, với chỉ số RSSI được ghi nhận để phản ánh khoảng cách truyền tối đa có thể đạt được.

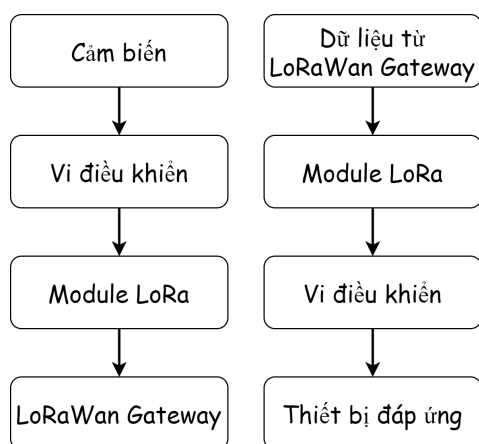
Để đánh giá hiệu suất hoạt động ngoài trời của mạng LoRaWAN, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thử nghiệm trên một cánh đồng rộng lớn, thoáng đãng, không có vật cản. Gateway được đặt tại

Bảng I: Quy mô kích thước thử nghiệm

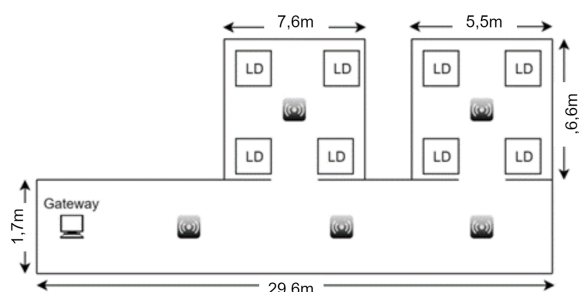
Truyền thẳng	8.3m
Chiều dài	29.6m
Độ cao	3.6m

Bảng II: Khoảng cách truyền tối đa với môi trường có vật cản

Vật cản là cửa kính	16m	2 lớp kính
Vật cản là tường, bê tông	12m	20cm tường



Hình 4: Quá trình truyền nhận dữ liệu từ node tới Gateway



Hình 5: Mô hình thử nghiệm trong nhà



Hình 6: Mô hình thử nghiệm ngoài trời

trung tâm khu vực, với các node LoRa được bố trí ở các khoảng cách khác nhau, từ 1km đến 3km (hình 6). Mặc dù theo thông số của nhà sản xuất, các thiết bị LoRa có thể hoạt động trong phạm vi lên đến 15km, nhưng do điều kiện hạn chế, thử nghiệm chỉ được thực hiện trong khoảng 1-3km. Kích bản thử nghiệm bao gồm việc chọn một khu vực rộng rãi, bố trí các node ở độ cao 1,5-3m, tiến hành truyền dữ liệu từ các node về gateway, sau đó kết nối máy tính với gateway để thu thập và phân tích dữ liệu, đánh giá hiệu suất hoạt động của hệ thống.

Kết quả thử nghiệm chứng minh khả năng truyền thông tầm xa của mạng LoRaWAN qua việc đo tỷ lệ mất gói tin ở các khoảng cách khác nhau. Nhóm nghiên cứu thực hiện thử nghiệm, trong đó mỗi node truyền liên tục 1000 bản tin đến Gateway, mỗi bản tin có dài 64 byte và được gửi với chu kỳ 1 giây 1 bản tin, từ đó đánh giá hiệu suất và độ ổn định của mạng.

Ngoài ra, nhóm cũng đo dòng điện tiêu thụ để đánh giá mức độ tiêu hao năng lượng của các node LoRa. Các node hoạt động ở hai trạng thái: ngủ đông để tiết kiệm năng lượng và thức dậy để truyền bản tin, giúp xác định tính khả dụng lâu dài của thiết bị.

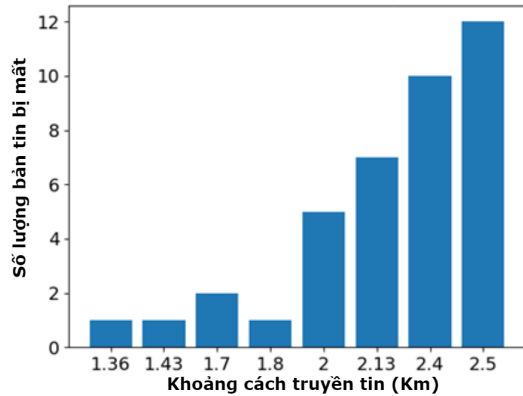
B. Kết quả

Nhóm nghiên cứu đã thực hiện thử nghiệm thực tế để đánh giá hiệu suất của mô hình. Trong quá trình thử nghiệm trong nhà, các vật cản như cửa kính và tường đã ảnh hưởng đáng kể đến khả năng truyền tín hiệu của mạng LoRa. Cụ thể, khoảng cách truyền tối đa qua hai lớp cửa kính là 16m, trong khi qua tường gạch hoặc bê tông dày 20cm, chỉ đạt 12m (bảng II). Chỉ số RSSI cho thấy ở khoảng cách 2-10m là -104dBm và từ 10-20m là -128dBm (bảng III). Đáng chú ý, không có bản tin nào bị mất, chứng tỏ mạng hoạt động ổn định và tin cậy trong thử nghiệm trong nhà.

Đối với thử nghiệm ngoài trời (hình 7), kết quả cho thấy khi khoảng cách dưới 2km, tỷ lệ mất gói tin dưới 1% (ít hơn 10/1000 gói), trong khi ở khoảng cách lớn hơn 2km, tỷ lệ mất gói tăng lên. Khoảng cách dưới 2km được xác định là tối ưu để triển khai mạng LoRaWAN ngoài trời. Tuy nhiên, mô hình hiện tại chỉ đạt tối đa 3km, chưa đạt mức 15km theo công bố của nhà sản xuất, do hạn chế trong cấu hình và tối ưu hóa. Mặc dù có sự chênh lệch nhỏ về tỷ lệ mất gói giữa các điểm

Bảng III: Kết quả RSSI

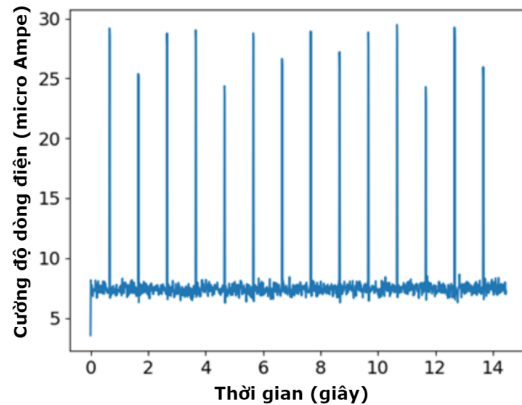
Khoảng cách truyền	RSSI
2 - <10m	-104dBm
10 - 20m	-128dBm



Hình 7: Sự mất mát bản tin theo khoảng cách truyền tin

1,7km và 1,8km, nhưng không đáng kể trong tổng thể.

Về mức tiêu thụ năng lượng, đồ thị trong hình 8 cho thấy trong 14 giây, thiết bị đã thức dậy 14 lần, tiêu thụ từ 23 đến 30μA mỗi lần truyền tin trong 0,02 giây và ở trạng thái ngủ, tiêu thụ từ 7-8μA. Đây là mức tiêu hao năng lượng rất thấp, cho phép thiết bị hoạt động ngoài trời với nguồn pin trong vài tháng. Tuy nhiên, khi tích hợp thêm các cảm biến khác, mức tiêu thụ sẽ tăng lên, phụ thuộc vào loại cảm biến sử dụng. Ngoài ra, thiết bị có thể tiêu hao nhiều năng lượng hơn nếu phải gửi lại các bản tin do mất gói và không nhận được phản hồi từ Gateway LoRaWAN hoặc khi khoảng cách truyền tin xa hơn. Trong bài báo [19], mức tiêu thụ năng lượng của các node LoRaWAN được đo ở trạng thái thiết bị hoạt động bình thường, tiêu thụ trung bình dao động từ 65μA khi lắng nghe tín hiệu, đến 99mA khi nhận gói tin và 128,8mA khi phát lại gói tin. Khi ở chế độ ngủ, khi không nhận hoặc phát tín hiệu, mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị được giảm xuống rất thấp, ở mức 7-8μA, giúp kéo dài thời gian sử dụng pin, khá tương đồng với kết quả của nghiên cứu hiện tại. Tuy nhiên, bài báo cũng nhấn mạnh rằng các yếu tố như khoảng cách đến Gateway và tần số truyền tin, độ nhạy cũng có ảnh hưởng lớn đến mức tiêu thụ năng lượng tổng thể.



Hình 8: Mức độ tiêu thụ năng lượng của node LoRa

V. KẾT LUẬN

Kết quả thử nghiệm và đánh giá cho thấy mô hình mạng LoRaWAN nhóm nghiên cứu đề xuất có khả năng hoạt động. Mạng LoRaWAN có khả năng hoạt động trong không gian các không gian thử nghiệm, kiến trúc LoRaWAN đã được triển khai và thực thi thành công. Đối với thử nghiệm hoạt động trong nhà, do ảnh hưởng của vật cản cũng như đặc tính của tín hiệu Chirp, nên khoảng cách truyền bị giới hạn nhiều rất nhiều. Ngược lại, với môi trường thử nghiệm là không gian rộng lớn không vật cản mạng LoRaWAN có khả năng hoạt động với diện tích lên tới vài km^2 . Tuy nhiên, số lượng bản tin mất mát trong quá trình truyền tin sẽ có xu hướng tăng lên theo khoảng cách. Trong mô hình mạng LoRaWAN này nhóm nghiên cứu chưa đạt được cấu hình tốt nhất do khoảng cách triển khai giữa node và Gateway tốt nhất là dưới 2km (giới hạn của nhà sản xuất là 15km) với tỉ lệ mất bản tin $\leq 1\%$. Đồng thời, thiết bị có mức độ tiêu thụ năng lượng thấp cỡ 6-8μA khi ngủ và 22-30μA, điều này phù hợp để triển khai hoạt động lâu dài với nguồn điện cung cấp từ pin. Kết quả nghiên cứu là nền tảng để nhóm thực hiện các nghiên cứu kế tiếp nhằm đưa kết quả nghiên cứu thành ứng dụng thực tế. Trong giai đoạn sắp tới, nhóm tiếp tục nghiên cứu, đánh giá khả năng hoạt động của mô hình ở quy mô lớn hơn từ đó có những điều chỉnh để hoàn thiện hướng nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. H. Kim, J. M. Jeong, M. T. Hwang, and C. S. Kang, "Development of an iot-based atmospheric environment monitoring system," in *2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*. IEEE, 2017, pp. 861–863.
- [2] S. R. Shinde, A. Karode, and S. Suralkar, "Review on-iot based environment monitoring system," *International Journal of Electronics and Communication Engineering and Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 103–108, 2017.
- [3] P. A. M. Hambali, M. R. Effendi, E. A. Z. Hamidi *et al.*, "Prototype design of monitoring system base transceiver station (bts) base on internet of things," in *2020 6th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*. IEEE, 2020, pp. 1–6.
- [4] A. Tzounis, N. Katsoulas, T. Bartzanas, and C. Kittas, "Internet of things in agriculture, recent advances and future challenges," *Biosystems engineering*, vol. 164, pp. 31–48, 2017.
- [5] C. Verdouw, S. Wolfert, and B. Tekinerdogan, "Internet of things in agriculture." *CABI Reviews*, no. 2016, pp. 1–12, 2016.
- [6] D. Dacev, K. Mitreski, S. Trajkovic, V. Nikolovski, and N. Koteli, "Iot agriculture system based on lorawan," in *2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)*, 2018, pp. 1–4.
- [7] M. Jouhari, N. Saeed, M.-S. Alouini, and E. M. Amhoud, "A survey on scalable lorawan for massive iot: Recent advances, potentials, and challenges," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 25, no. 3, pp. 1841–1876, 2023.
- [8] P. Seneviratne, *Beginning LoRa Radio Networks with Arduino: Build Long Range, Low Power Wireless IoT Networks*. Apress, 2019.
- [9] S. Hussain, *Mastering LoRaWAN: A Comprehensive Guide to Long-Range, Low-Power IoT Communication: Unlock the Potential of LoRa and LoRaWAN for Seamless Connectivity and Extended Battery Life in Your IoT Projects*. Kindle, 2024.
- [10] J. Haxhibeqiri, E. De Poorter, I. Moerman, and J. Hoebeke, "A survey of lorawan for iot: From technology to application," *Sensors*, vol. 18, no. 11, 2018.
- [11] A. Kurniawan, *Building Wireless Sensor Networks with ESP32 LoRa*. PE Press, 2019.
- [12] O. Khutsoane, B. Isong, and A. M. Abu-Mahfouz, "Iot devices and applications based on lora/lorawan," in *IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, 2017, pp. 6107–6112.
- [13] E. Sisinni, P. Ferrari, D. F. Carvalho, S. Rinaldi, P. Marco, A. Flammini, and A. Depari, "Lorawan range extender for industrial iot," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 8, pp. 5607–5616, 2019.
- [14] S. Bagwari, A. Gehlot, R. Singh, N. Priyadarshi, and B. Khan, "Low-cost sensor-based and lorawan opportunities for landslide monitoring systems on iot platform: a review," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 7107–7127, 2021.
- [15] K.-L. T. Y.-L. H. F.-Y. L. I. Y. Y.-L. HUANG and C.-H. TSAI, "Aes-128 based secure low power communication for lorawan iot environments," in *SPECIAL SECTION ON SECURITY AND TRUSTED COMPUTING FOR INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS*, 2018.
- [16] L. Casals, B. Mir, R. Vidal, and C. Gomez, "Modeling the energy performance of lorawan," *Sensors*, vol. 17, no. 10, 2017.
- [17] P. S. Cheong, J. Bergs, C. Hawinkel, and J. Famaey, "Comparison of lorawan classes and their power consumption," in *2017 IEEE Symposium on Communications and Vehicular Technology (SCVT)*, 2017, pp. 1–6.
- [18] N. D. D. R. A. SAADANI, *LoRa Device Developer Guide*. Orange Connected Objects and Partnerships, 2016.
- [19] T. Van Lic and T. V. Hien, "Extend low-power lorawan coverage device for iot applications," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ-Đại học Đà Nẵng*, pp. 41–45, 2023.

DEVELOPING A DATA COLLECTION SYSTEM BASED ON LORAWAN NETWORK

Abstract - LoRa technology was invented by Cycleo in 2010 in France and was later acquired by Semtech in 2012. LoRa is a technology featuring radio modules developed for applications with low data rates and low power consumption. LoRa also enables positioning without GPS and allows for low-cost application deployment. In LoRa architecture, the MAC layer is enhanced to standardize and extend the physical communication layer to be compatible with the internet, known as the LoRaWAN specification. Thus, LoRa in general, and LoRaWAN in particular, are widely adopted by developers in building IoT systems, especially those requiring compact design and manufacture. In this article, the authors propose a solution using the LoRaWAN architecture to build an IoT Gateway system for environmental data collection..

Keywords - Internet of Things (IoT), Low Power Wide Area Network (LPWAN), Wireless Sensor Network (WSN), LoRaWAN.



Trương Minh Đức nhận bằng kỹ sư và thạc sĩ ngành Điện tử tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông lần lượt năm 2014 và 2022. Hiện đang là giảng viên tại khoa Kỹ thuật Điện tử I, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.



Chu Văn Cường nhận bằng kỹ sư và thạc sĩ ngành Điện tử tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông lần lượt năm 2021 và 2024. Hiện đang là giảng viên tại khoa Kỹ thuật Điện tử I, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Trần Tuấn Anh nhận bằng tiến sĩ ngành Điện tử Viễn thông tại Đại học Bách khoa Hà nội năm 2020. Hiện đang là giảng viên tại khoa Kỹ thuật Điện tử I, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.