

MẠNG CÔNG NGHIỆP LORAWAN CHO THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG: GIẢI PHÁP CHO ỨNG DỤNG IoT TẦM XA TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG THẤP

DESIGNING AN INDUSTRIAL LORAWAN NETWORK FOR DANANG CITY: SOLUTION TO LONG-RANGE AND LOW-POWER IoT APPLICATION

Ngô Đình Thanh¹, Fabien Ferrero², Lê Công Vĩnh Khải³, Nguyễn Huỳnh Nhật Thương³,
Phạm Văn Tuấn¹, Lê Quốc Huy¹

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; ndthanh@dut.udn.vn

²LEAT Universite Cote d'Azur, LEAT, CNRS; Fabien.ferrero@unice.fr

³Công ty TNHH Tapit; nhnhtuong@dut.udn.vn

Tóm tắt - Sự phát triển các ứng dụng IoT nhanh như vũ bão về mặt công nghệ và giải pháp trong tất cả lĩnh vực của đời sống. Chính cơ hội này đòi hỏi các thiết bị IoT phải tiêu thụ năng lượng thấp đồng thời có khả năng trao đổi dữ liệu ở khoảng cách xa. LoRa (Long Range) là chuẩn truyền thông không dây mới trong những năm gần đây giải quyết được thách thức trên. Mặc dù, mạng LoRaWAN công nghiệp cho thấy khả năng nổi trội trong truyền dữ liệu xa, tín hiệu sóng LoRa vẫn bị suy giảm trong thực tế bởi khoảng cách truyền, tòa nhà, cây cối và nhiễu bởi các nguồn sóng radio khác. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất mô hình mạng thông tin LoRaWAN công suất thấp cho những ứng dụng IoT với khoảng cách truyền tin xa và đánh giá mức độ phủ sóng LoRa tại thành phố Đà Nẵng với hai IoT LoRaWAN Gateway công nghiệp và các gateway khác.

Từ khóa - Internet vạn vật; LoRaWAN; mức độ phủ sóng; truyền thông tầm xa; truyền thông công suất thấp; quản lý năng lượng

1. Giới thiệu

Những năm gần đây, Internet of Things (IoT) là công nghệ tiềm năng nổi bật trong cuộc cách mạng công nghiệp 4.0. Các ứng dụng IoT xuất hiện khắp nơi trong tất cả các lĩnh vực từ công nghiệp đến nông nghiệp, nhà thông minh, trường học thông minh, thành phố thông minh. Theo dự đoán của Cisco [1], đến năm 2020 có đến trên hàng tỉ thiết bị thông minh kết nối Internet đóng góp then chốt cho nền kinh tế toàn cầu. Sự bùng nổ công nghệ IoT sẽ tiếp tục tăng nhanh chóng theo hàm mũ trong thời gian sắp đến cùng với dữ liệu lớn (Big Data) và vấn đề tiêu thụ năng lượng đối với các thiết bị IoT. Ngày nay, nhiều ứng dụng IoT đòi hỏi thu thập dữ liệu ở khoảng cách xa, tiêu thụ năng lượng thấp. Các thiết bị LoRa có thể hoạt động trao đổi dữ liệu trong mạng với thời gian lên đến 10 năm khi sử dụng pin [2].

LoRa được viết tắt bởi Long Range Radio được nghiên cứu và phát triển bởi Cycleo SAS và sau này công ty Semtech mua lại vào năm 2012. LoRa sử dụng kỹ thuật điều chế (modulation) gọi là Chirp Spread Spectrum duy trì các đặc tính công suất thấp nhưng làm tăng đáng kể phạm vi truyền tin, giúp truyền khoảng cách xa. Băng tần làm việc của LoRa từ 430MHz đến 915MHz tùy từng khu vực khác nhau trên thế giới.

Mạng diện rộng công suất thấp LPWANs (Low-Power Wide Area Network) là công nghệ truyền thông không dây được thiết kế để hỗ trợ triển khai đa dạng các ứng dụng IoT. Những công nghệ này cho phép kết nối diện rộng và quy mô lớn cho các thiết bị công suất thấp, chi phí thấp và tốc độ dữ liệu thấp.

LoRaWAN là một trong những công nghệ thành công và

Abstract - The development of IoT applications is lightning-fast in terms of technology and solutions in all areas of life. This brings both opportunity and challenges for IoT application which require IoT devices to consume low energy and be able to exchange data with long distance. LoRa (Long Range) is the new wireless communication standard in recent years to address these challenges. Although, the industrial LoRaWAN network shows its outstanding ability in long range data transmission, the LoRa signal is still practically attenuated by the transmission distance, buildings, trees and other radio signal sources. In this paper, we propose a low-power LoRa information network model for IoT applications with long-distance transmission and assess LoRa coverage in Da Nang City with two industrial IoT LoRaWAN Gateways and other gateways.

Key words - Internet of Things; LoRaWAN; range of coverage; long-range communication; Low-Power communication; power management

phổ biến thuộc LPWANs [2]. LoRaWAN bao gồm giao thức truyền thông được định nghĩa bởi liên minh LoRa, hoạt động trên lớp vật lý LoRa và các băng tần cấp miễn phí.

Chính vì thế, mạng LoRaWAN nhận được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học, viện nghiên cứu [2] ... trên khắp thế giới.

Việc nghiên cứu tính toán, mô phỏng mạng LoRaWAN đã được những thành tựu nhất định, khẳng định vị thế vai trò mạng LoRaWAN trong những ứng dụng IoT tầm xa [2], [3], [4]. Trong bài báo [4], tác giả có đề xuất mạng LoRa với các gateway trong nhà nên khoảng cách truyền dữ liệu hạn chế trong bán kính phủ sóng LoRa khoảng 1km. Tuy nhiên, để đánh giá tính khả thi khi triển khai thực tế mô hình mạng công nghiệp LoRaWAN cần có phân tích đánh giá trong điều kiện địa lý cụ thể cũng như những yếu tố ảnh hưởng đến khoảng cách truyền dữ liệu trong mạng LoRaWAN.

Trong bài báo này, tập trung đánh giá mức độ phủ sóng mạng LoRaWAN với mô hình mạng LoRaWAN công nghiệp đề xuất tại thành phố Đà Nẵng.

2. Mô hình hệ thống mạng

2.1. Đề xuất mô hình mạng LoRaWAN

Trong mô hình đề xuất mạng LoRaWAN công nghiệp gồm 4 lớp chính như Hình 1.

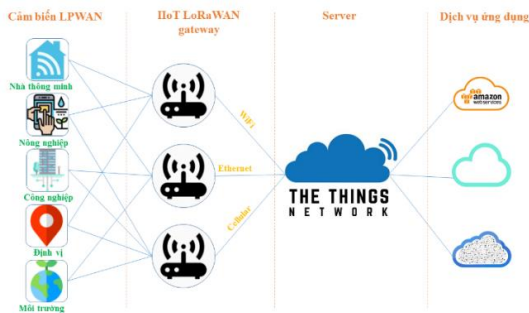
- Lớp cảm biến LPWAN: Phần cứng thiết bị sử dụng board mạch mã nguồn mở của trường UCA [5] gồm module LoRa của Semtech, vi điều khiển Atmega328 và các cảm biến. Ngoài ra trong phạm vi nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng thêm board mạch phát triển của hãng

STMicroelectronics kết hợp với cảm biến chuyển động MEMS và các cảm biến môi trường. Cảm biến thu thập dữ liệu đo lường và truyền về gateway ở khoảng cách gần hay xa, trong nhà hay ngoài trời với yêu cầu tiêu thụ năng lượng thấp nhất.

- Lớp IoT LoRaWAN gateway công nghiệp: Sử dụng gateway công nghiệp của hãng RAK và MultiTech, dữ liệu từ các end-node truyền lên gateway trong mạng LoRaWAN, dữ liệu sau đó được chuyển lên server. Để gia tăng phạm vi phủ sóng, ngoài các gateway công nghiệp còn sử dụng các bộ lặp tín hiệu relay đóng vai trò như gateway ảo.

- Lớp Server: Gateway gửi dữ liệu lên server thông qua mạng Wi-Fi, Ethernet hay mạng di động sử dụng giao thức IoT MQTT. Trong bài báo này sử dụng server của The Things Network [6].

- Lớp dịch vụ ứng dụng: Bao gồm các ứng dụng thông minh trên smartphone, máy tính bảng. Dữ liệu thu thập được chuyển thành dữ liệu mà người dùng hiểu được trên giao diện và các chức năng điều khiển hệ thống, áp dụng các thuật toán học máy và trí tuệ nhân tạo để phân tích, đánh giá dữ liệu.



Hình 1. Sơ đồ kết nối mạng LoRaWAN

2.2. IoT LoRaWAN gateway công nghiệp [6]

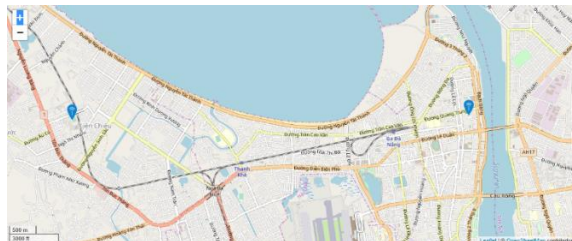


Hình 2. IoT LoRaWAN gateway của hãng RAK và MultiTech

Trong mô hình mạng LoRaWAN đề xuất hiện tại nhóm tác giả sử dụng hai IoT LoRaWAN gateway công nghiệp. Trong lần thử nghiệm đầu tiên một IoT gateway công nghiệp của hãng MultiTech được lắp đặt trên tòa nhà 21 tầng của Công viên phần mềm Đà Nẵng (DSP) tại trung tâm thành phố Đà Nẵng. Gateway này sử dụng antenna 6dBi. Để tăng mức độ phủ sóng LoRa khắp thành phố Đà Nẵng, IoT LoRaWAN gateway RAK7249 được lắp đặt sau đó trên tòa nhà 10 tầng thuộc khu S tại Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng. Đây là gateway công nghiệp sử dụng ngoài trời IP67 phiên bản mới nhất của hãng RAK. Với gateway này sử dụng antenna 12dBi và 3dBi.

Cả hai gateway được cấu hình sử dụng ở tần số 868 MHz. Hình 3 cho thấy vị trí lắp đặt hai IoT gateway

công nghiệp này trên bản đồ.



Hình 3. Vị trí 2 IoT LoRaWAN gateway công nghiệp tại thành phố Đà Nẵng

2.3. Cảm biến LPWAN

Để tiến hành đánh giá mức độ phủ sóng mạng LoRaWAN, tại các LoRa sensor node nhóm tác giả sử dụng 2 phiên bản để thử nghiệm: Board mạch phát triển của UCA và Board mạch phát triển B-L072Z-LRWAN1.

2.3.1. Board mạch phát triển của UCA



Hình 4. Node cảm biến được thiết kế bởi UCA

Sensor node sử dụng module LoRa RFM95W, Arduino Mini Pro 3.3V 8MHz và cho phép kết nối với các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm như DHT-22, BME280, cảm biến chuyển động, cảm biến khoảng cách ... Mô tả chi tiết về thiết kế antenna được trình bày trong [7], [8]. Antenna thiết kế trên board mạch theo hình dạng logo của trường Université Côte d'Azur (UCA). Toàn bộ thiết kế mạch được cung cấp thông qua git [5]. Sensor node này được cấp nguồn bởi một viên pin lithium AA.

2.3.2. Board mạch phát triển B-L072Z-LRWAN1

Board mạch phát triển tích hợp này dựa trên công nghệ LoRa, Sigfox sử dụng vi điều khiển STM32L072Cz và module truyền nhận LoRa SX1276, cung cấp khả năng giao tiếp phổ rộng cực xa và khả năng chống nhiễu cao cũng như giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng. Để đo lường các thông số môi trường, shield X-Nucleo-IKS01A1 được sử dụng tích hợp cảm biến chuyển động MEMS và các cảm biến môi trường. Sensor node này được cấp nguồn bởi 3 viên pin Lithium AAA.



Hình 5. Node cảm biến môi trường MEMS dựa trên board B-L072Z-LRWAN1

3. Đánh giá hiệu năng hoạt động của mạng LoRaWAN

Để đánh giá hiệu năng hoạt động, bài báo đánh giá, so sánh các công nghệ LPWAN khác [9]. Như kết quả trong Bảng 1, LoRaWAN và Sigfox là công nghệ tiềm năng cho ứng dụng tầm xa với thời gian pin lên đến 10 năm và giá thành thấp cho một end-node. Tuy nhiên, khi xét đến tính bảo mật thì công nghệ LoRaWAN ưu thế hơn Sigfox. Bên cạnh đó, LoRaWAN khắc phục nhược điểm của những công nghệ khác như Wifi, ZigBee ... [2].

Bảng 1. So sánh các công nghệ LPWAN [9]

Đặc tính	LoRaWAN	NB-IoT	Sigfox	LTE-M
Thành thị	2-5 km	1.5 km	3-10 km	200 km 4G
Nông thôn	45 km	20-40 km	30-50 km	
Thời gian pin	~10 năm	~10 năm	~10 năm	< 10 năm
Giá thành	Thấp	Cao	Thấp	Cao
Tốc độ dữ liệu	290 bps – 50 kbps	20 kbps - 250 kbps	100 bps	200kbps-1Mbps
Bảo mật	Có	Có	Không	Có

LoRa sử dụng ba băng thông BW là 125kHz, 250kHz và 500kHz. Băng thông càng rộng thì thời gian mã hóa tín hiệu càng ngắn, từ đó thời gian truyền dữ liệu cũng giảm xuống nhưng khoảng cách truyền cũng giảm theo. Trong thử nghiệm này, nhóm tác giả mong muốn truyền với khoảng cách xa nên chọn giá trị BW=125kHz.

Hệ số trải phổ SF xác định số lượng tín hiệu chirp khi mã hóa tín hiệu được điều chế tần số (chipped signal) của dữ liệu. Trong thử nghiệm, nhóm tác giả chọn SF=12, một mức logic của tín hiệu chirp được điều chế sẽ được mã hóa bởi 12 xung tín hiệu chirp. Để đánh giá mức độ phủ sóng, hệ thống mạng LoRaWAN được thiết lập cho gateway và các node mạng với các thông số như Bảng 2.

Bảng 2. Thông số gateway và end-node LoRa

Thông số	Gateway	Node
Tần số	868 MHz	868 MHz
Băng thông	125 kHz	125 kHz
Hệ số trải phổ SF	12	12
Công suất phát	14 dBm	14 dBm
Tốc độ mã hóa	4/5	4/5

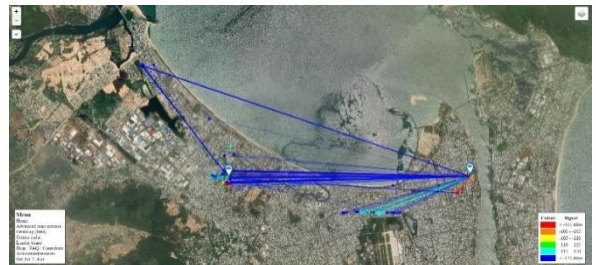
3.1. Mạng LoRaWAN toàn thành phố Đà Nẵng

Khoảng cách xa nhất đạt được lên đến 26 km từ đỉnh núi Bà Nà đến công viên phần mềm Đà Nẵng theo kết quả lần test đầu tiên [10]. Mức độ phủ sóng ổn định lên đến 6km xung quanh gateway.



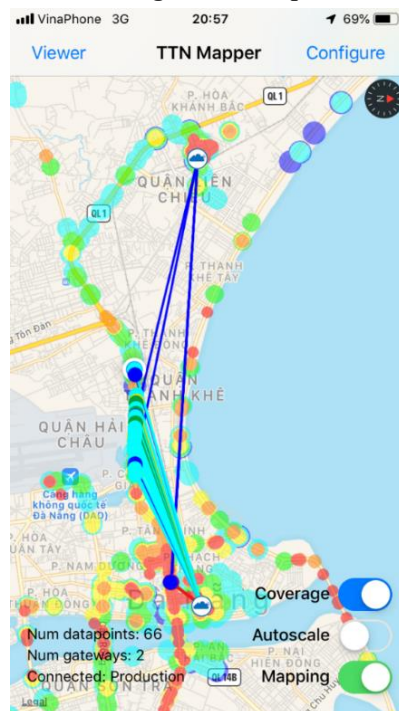
Hình 6. Phạm vi phủ sóng LoRa tại thành phố Đà Nẵng

Trong lần thử nghiệm thứ hai sử dụng sensor node gồm board mạch B-L072Z-LRWAN1 kết hợp với shield X-Nucleo-IKS01A1 để thu thập dữ liệu môi trường. Việc thử nghiệm được tiến hành ở môi trường đô thị và thu được kết quả phủ sóng LoRa như Hình 7. Khoảng cách trao đổi dữ liệu xa nhất lên đến hơn 10km. Với kết quả ban đầu này cho thấy mạng LoRaWAN là ứng viên tiềm năng cho các ứng dụng IoT tầm xa thành phố Đà Nẵng.



Hình 7. Phạm vi phủ sóng LoRa với node cảm biến trên board mạch B-L072Z-LRWAN1

3.2. LoRaWAN tại trung tâm thành phố Đà Nẵng



Hình 8. Mức độ phủ sóng khi thử nghiệm ngày 01/09/2019

Trong phạm vi trung tâm thành phố Đà Nẵng thì node cảm biến gửi dữ liệu với xác suất thành công cao đến gateway đặt tại Công viên phần mềm Đà Nẵng. Quá trình test cảm biến môi trường MEMS được đặt trong xe ô tô di chuyển với tốc độ 40 km/h với xác suất truyền dữ liệu đến hai gateway như Hình 8. Tại vị trí xung quanh gateway trong bán kính 6km mức độ phủ sóng với tín hiệu tốt hơn với chỉ số RSSI bé hơn -110 dBm. Phạm vi phủ sóng LoRa thực nghiệm cho thấy cũng bị ảnh hưởng bởi môi trường có nhiều vật cản như các tòa nhà cao tầng, cây cối ... vì thế việc xác định vị trí lắp đặt gateway rất quan trọng. Tại thành phố Đà Nẵng, tổng số LoRaWAN gateway hiện tại gồm 2 gateway công nghiệp và 5 gateway indoor. Tuy nhiên, các gateway indoor thì mức độ phủ sóng hạn chế hơn chỉ từ 2 km đến 5km. Vì thế để tăng thêm mức độ phủ

sống cần lắp đặt thêm các gateway công nghiệp tại các quận khác ngoài quận Liên Chiểu và Hải Châu.

3.3. Các ứng dụng tầm xa IoT dựa trên công nghệ LoRaWAN

- Quản lý năng lượng trong nhà thông minh: Giải pháp quản lý năng lượng trong nhà thông minh tập trung giám sát các tải tiêu thụ lớn trong nhà như điều hòa, sưởi, máy bơm, tủ lạnh, bếp, bình nước nóng ... giúp khách hàng chủ động giám sát điện năng tiêu thụ và sớm phát hiện các trường hợp tiêu thụ điện bất thường và sự cố [10], [11]. Từ đó giúp giảm điện năng tiêu thụ trong nhà và chi phí tiền điện phải trả hàng giờ, hàng ngày, hàng tháng đồng thời đề xuất chiến lược sử dụng điện hiệu quả, tiết kiệm hơn và an toàn hơn. Giải pháp này dựa trên công nghệ LoRa đã triển khai thành công nhằm giảm chi phí tiêu thụ điện năng tại hai thành phố Lyon và Grenoble, Pháp. Kết quả giảm 16% [10] tiền điện phải trả cho việc sưởi mang lại lợi ích cho khách hàng sử dụng điện cũng như về mặt môi trường.

- Giám sát chất lượng không khí và môi trường: Xây dựng hệ thống cảnh báo chất lượng không khí và ô nhiễm môi trường bằng cách sử dụng các cảm biến môi trường như: nhiệt độ, độ ẩm, CO, CO₂, NOx, PM2.5 ... kết hợp với các IoT LoRaWAN gateway để cung cấp thông số môi trường đến người dân trong thành phố và cảnh báo về chất lượng môi trường. Trong bài báo [12], tác giả đã triển khai mạng LoRaWAN gồm 22 cảm biến PM2.5 và 1 gateway outdoor để đo chất lượng không khí trong khuôn viên trường đại học quốc gia Chiao Tung, Đài Loan. Khi mật độ dân số ngày càng tăng cùng với xu hướng người dân di chuyển sống tập trung ở thành phố, vấn đề ô nhiễm không khí trở nên thách thức lớn. Chính vì thế hệ thống IoT giám sát chất lượng không khí và môi trường toàn thành phố [13] trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết vì liên quan trực tiếp đến sức khỏe của người dân trong thành phố. Hình 9 cho thấy, mô hình mạng LoRaWAN cho hệ thống giám sát ô nhiễm không khí.



Hình 9. Hệ thống giám sát ô nhiễm không khí [10]

4. Kết luận

Trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất và khảo sát phạm vi phủ sóng của mạng LoRaWAN dựa trên kết quả triển khai thí điểm tại thành phố Đà Nẵng nhằm xem xét tính khả thi cho những ứng dụng hướng đến thành phố thông minh theo đề án 950 của thành phố. Trong đó đặc biệt chú ý đến các ứng dụng IoT tầm xa và tiêu thụ năng lượng thấp nhằm tận dụng ưu thế của mạng LoRaWAN. Với kết quả ban đầu về đánh giá mức độ phủ sóng thì mạng

LoRaWAN là ứng cử viên đầy tiềm năng với khoảng cách truyền dữ liệu lên đến 26 km và tín hiệu truyền ổn định xung quanh gateway công nghiệp đặt tại Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng và tại Công viên Phần mềm Đà Nẵng với bán kính phủ sóng đến 6km. Tại các end-node thời lượng pin cho mỗi thiết bị lên đến 10 năm. Bên cạnh đó, mạng LoRaWAN có giá thành triển khai thấp hơn các công nghệ khác như NB-IoT nên phù hợp khi triển khai các ứng dụng IoT cho toàn thành phố khi số lượng gateway công nghiệp được triển khai thêm cho các quận, huyện còn lại trong tương lai. Mạng LoRaWAN không chỉ là giải pháp cho các ứng dụng IoT về quản lý năng lượng, giám sát chất lượng không khí mà còn các ứng dụng liên quan trong lĩnh vực nông nghiệp thông minh, chiếu sáng, giao thông thông minh, du lịch ...

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn tới Trường Đại học (UCA) đã tài trợ gateway công nghiệp và hợp tác triển khai mạng LoRaWAN tại thành phố Đà Nẵng. Cảm ơn quý phát triển khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng đã tài trợ cho dự án với đề tài có mã số: B2016-DNA-41-TT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Evans, "The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything", CISCO white paper, 2011.
- [2] W. Ayoub, A. E. Samhat, F. Nouvel, M. Mrroue and J. Prévotet, "Internet of Mobile Things: Overview of LoRaWAN, DASH7, and NB-IoT in LPWANs Standards and Supported Mobility", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, pp. 1561-1581, 2019.
- [3] L. F. Ugarte, M. C. Garcia, E. O. Rocheti, E. Lacusta, L. S. Pereira and M. C. de Almeida, "LoRa Communication as a Solution for Real-Time Monitoring of IoT Devices at UNICAMP", in *International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*, Porto, 2019.
- [4] Tran Van Lic, Le Hong Nam, "LoRa wireless network for an long-range IoT application", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng Số 11(132)*, 2018, Quyển 1, 50-53, 2018.
- [5] F. Ferrero, "UCA Board", [Online]. Available: https://github.com/FabienFerrero/UCA_Board.
- [6] "The Things Network", [Online]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org/>.
- [7] L. H. Trinh et al, "Miniature antenna for IoT devices using LoRa technology", in *2017 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC)*, Quy Nhon, 2017.
- [8] C. Pham, F. Ferrero, M. Diop, L. Lizzi, O. Dieng and O. Thiaré, "Low-cost antenna technology for LPWAN IoT in rural applications", in *2017 7th IEEE International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces (IWASI)*, Vieste, 2017.
- [9] J. Č. Gambiroža, T. Mastelić, P. Šolicić and M. Čagalj, "Capacity in LoRaWAN Networks: Challenges and Opportunities", in *2019 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, Split, Croatia, 2019.
- [10] Semtech, "Smart Cities Transformed Using Semtech's LoRa Technology", 2017.
- [11] N. D. Thinh, "Thiết kế IoT gateway sử dụng máy nhúng cho lưới điện thông minh trong hộ gia đình", 2018.
- [12] S. Wang, J. Zou, Y. Chen, C. Hsu, Y. Cheng and C. Chang, "Long-Term Performance Studies of a LoRaWAN-Based PM2.5 Application on Campus", in *2018 IEEE 87th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Porto, 2018.
- [13] Semtech, "Air pollution Monitoring", 2017.
- [14] S. Wang et al, "Performance of LoRa-Based IoT Applications on Campus", in *IEEE 86th Vehicular Technology Conference*, Toronto, 2017.