

THIẾT KẾ “MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM IoT” ỨNG DỤNG TRONG GIẢNG DẠY BẬC ĐẠI HỌC

PHẠM QUANG TRÍ, NGUYỄN NGỌC SƠN, CAO VĂN KIÊN,
Faculty of Electronics Technology, Industrial University of Ho Chi Minh City, Viet Nam
nguyennngocson@iuh.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo này thiết kế nền tảng mô hình thí nghiệm để giảng dạy học phần IoT (Internet of Things) ở trường đại học. Ý tưởng thiết kế bao gồm các khía cạnh quan trọng được xét đến đó là dễ dàng thực hiện, chi phí thấp, có khả năng mở rộng đa trạm kết nối, thu thập dữ liệu và điều khiển được các thiết bị công nghiệp. Nền tảng mô hình thí nghiệm bao gồm 4 thành phần như thiết bị “IoT Gateway” sử dụng máy tính nhúng Raspberry Pi 3 B+; các “IoT Node” sử dụng vi điều khiển TMS320; “IoT Networks” sử dụng mạng LoRaWAN, Modbus RTU và Internet để trao đổi dữ liệu giữa các “IoT Node” và giữa “IoT Node” và “IoT Gateway”; và Server lưu trữ dữ liệu điện toán đám mây sử dụng “ThingSpeak IoT”. Kết quả kiểm chứng cho thấy, mô hình thí nghiệm đề xuất chạy ổn định, thu thập dữ liệu và điều khiển các thiết bị công nghiệp khá chính xác, dễ dàng triển khai các bài thí nghiệm theo tiếp cận học qua dự án PBL (Project Based Learning) từ đơn giản đến nâng cao cho người học.

Từ Khóa: IoT, LoRaWAN, Raspberry Pi 3, Project-Based Learning.

DESIGN “IoT LAB PLATFORM” APPLIED IN UNIVERSITY CURRICULA

Abstract. In this paper, the IoT platform is designed to teach the IoT course in our university. The designed ideas have covered some important aspects of a building platform including easy to implement, low-cost, ability to data acquisition and control, easy to expand multi-node connection. The IoT platform includes 4 components such as “IoT gateway” based Raspberry Pi 3 B+, “IoT Node” based TMS320 chip, “IoT networks” supported LoRaWAN, Modbus RTU, Internet, and “Server” based ThingSpeak platform. The results show that the IoT platform runs stability and can meet the requirements of data acquisition, control, transmission in a wide area. Moreover, it is easy to deploy experiments according to learning approach through Project-Based Learning (PBL) method from simple to advanced for students.

Keywords. Internet of things, LoRaWAN, Raspberry Pi 3, Project-Based Learning.

1 GIỚI THIỆU

Sau hơn bốn thập kỷ kể từ khi Internet [1] ra đời, thuật ngữ “Internet” giờ đây trực tiếp đề cập đến các ứng dụng khổng lồ được xây dựng trên mạng máy tính và được kết nối, phục vụ cho hàng tỷ người dùng trên toàn thế giới liên tục 24/7. Chúng ta đang ở giai đoạn khởi đầu của một kỷ nguyên mới, nơi truyền thông và kết nối ở khắp mọi nơi, nó không còn là giấc mơ hay thách thức. Giờ đây, trọng tâm công nghệ đã chuyển sang tích hợp con người và thiết bị thông qua một môi trường ảo gọi là Internet of Things (IoT). IoT được dự báo sẽ là xu hướng công nghệ của thế giới vào năm 2020. Gartner [2] ước tính rằng đến cuối năm 2020, sẽ có 25 tỷ vật dụng kết nối Internet. Cisco [2] dự kiến sẽ tăng gấp đôi, sẽ có 50 tỷ mặt hàng được kết nối Internet vào cuối năm 2020. Mọi vật dụng đều có khả năng trở nên “thông minh” khi có kết nối Internet. Cũng như chính con người, IoT có thể được ứng dụng trong các lĩnh vực như nhà thông minh [3], [4], giao thông thông minh [5], y tế thông minh [6], nông nghiệp thông minh [7], thành phố thông minh [8], [9] và các ngành công nghiệp khác. IoT đã và đang thay đổi cách con người tương tác với thiết bị, giữa thiết bị với thiết bị từ đó tạo ra nhiều cơ hội kinh doanh, hình thức kinh doanh khác nhau cho các doanh nghiệp và cộng đồng khởi nghiệp.

Hiện nay, các Trường Đại học và tập đoàn lớn trên thế giới đã phát triển các phòng LAB chuyên nghiên cứu và giảng dạy trong lĩnh vực IoT. Chẳng hạn như, bài báo [10] giới thiệu về nền tảng mô hình thí nghiệm mở FIT IoT-LAB. FIT IoT-LAB cung cấp một nền tảng thí nghiệm quy mô lớn cho phép các nhà nghiên cứu, nhà thiết kế IoT, nhà phát triển và kỹ sư IoT thiết kế, đánh giá và tối ưu hóa các giao thức, ứng dụng và dịch vụ của họ. Trung tâm C-DAC (Centre For Development of Advanced Computing) [11] đã phát triển IoT-Lab bao gồm Wi-Fi Mote, Ubimote, BLE Mote, UbiSense and WINGZ. Bài báo này mô tả các thông số kỹ thuật, các ứng dụng thời gian thực và cơ hội nghiên cứu của các thiết bị như là

một phần của bộ công cụ IoT Lab. Bài báo [12] giới thiệu nền tảng IoT Lab dùng Arduino/Genuino UNO, ngôn ngữ lập trình Python và ThingSpeak IoT.

Tại Việt Nam, ứng dụng IoT đang được quan tâm và kêu gọi đầu tư rất lớn từ chính quyền, các quỹ đầu tư mạo hiểm và từ các tập đoàn lớn trên thế giới: Khu Công nghệ cao Tp.HCM: đang ưu tiên ươm tạo các công ty khởi nghiệp mảng IoT và thường xuyên tổ chức các hội thảo về IoT. Hiện nay, khu công nghệ cao đang phát động cuộc thi với chủ đề “Phát triển đô thị thông minh và nâng cao chất lượng cuộc sống dựa trên nền tảng IoT” vào tháng 09/2019. Đề xuất xây dựng chính quyền điện tử của Bí thư Thành ủy Tp.HCM với đối tác Microsoft vào ngày 31/03/2016. Tỉnh Bình Dương đang tích cực tìm hiểu để triển khai xây dựng “Thành phố thông minh ứng dụng công nghệ thông tin”. Hội thảo do UBND tỉnh Bình Dương và Tổng Lãnh sự quán Hà Lan tại Tp.HCM phối hợp tổ chức vào ngày 28/03/2016, tại Trung tâm Hội nghị và Triển lãm tỉnh. Các công ty hàng đầu thế giới như Intel, Cisco, IBM, Google,... cùng lập quỹ đầu tư IoT trên toàn thế giới và quỹ này đang dành nhiều ưu tiên tại Việt Nam. Hiện nay, IoT đã và đang được các trường đại học trong cả nước đưa vào chương trình giảng dạy chính khóa dành cho sinh viên các bậc học, các LAB nghiên cứu của các giảng viên. Chẳng hạn như: Ngày 7/7/2016 tại Khu Công nghệ cao Hòa Lạc, Bộ Khoa học Công nghệ đã tổ chức khai trương Phòng thí nghiệm Hòa Lạc IoT Lab (HIL). IoT Lab trưng bày công nghệ IoT như Smart Home, Smart City, IoT trong công nghiệp, giao thông, y tế, giáo dục thông minh. Nhóm nghiên cứu UiTiO tại Bộ môn Mạng máy tính, Trường ĐH CNTT – ĐHQG HCM, hiện đang tập trung nghiên cứu, phát triển và xây dựng các giải pháp, ứng dụng trong các lĩnh vực: Internet of Things (IoT). Tháng 03/2019, Vintech đã khánh thành phòng LAB IoT tại Hàn Quốc. Các tập đoàn công nghệ lớn của Việt Nam đều có phòng LAB IoT như VNPT, FPT, VNG, VIETTEL, VINTECH, INTEL, National Instruments, SIEMENS and so on.

Đại học Công nghiệp Tp.HCM đang định hướng xây dựng các chương trình đào tạo đáp ứng yêu cầu công nghiệp 4.0. Trong đó, IoT là một lĩnh vực then chốt, là hạt nhân của cuộc cách mạng công nghiệp này. Hiện nay, IoT đã được xây dựng thành môn học giảng dạy cho sinh viên hệ Đại học cho các ngành đào tạo của Khoa Công nghệ Điện tử, Khoa Công nghệ Điện và Khoa Công nghệ Thông tin.

Trong bài báo này, chúng tôi thiết kế nền tảng mô hình thí nghiệm để giảng dạy học phần IoT ở trường đại học. Ý tưởng thiết kế bao gồm các khía cạnh quan trọng được xét đến đó là dễ dàng thực hiện, chi phí thấp, có khả năng mở rộng đa trạm kết nối, thu thập dữ liệu và điều khiển được các thiết bị công nghiệp. Mô hình thí nghiệm đề xuất là một hệ thống IoT hoàn chỉnh gồm 3 thành phần như phần cứng, phần mềm và truyền thông, với các tính năng mở. Sau đó, chúng tôi thực hiện biên soạn bài giảng dựa vào mô hình thí nghiệm đề xuất và cách tiếp cận học tập dựa trên dự án PBL [13], [14] (Project Based Learning). Các dự án đi từ đơn giản đến phức tạp sẽ giúp sinh viên có khả năng: hiểu được kiến trúc IoTs, xu hướng công nghệ và thách thức của IoTs, xu hướng thiết kế IoTs cho các ứng dụng công nghiệp; nắm bắt được nền tảng phần cứng được sử dụng để thiết kế các ứng dụng IoTs trong công nghiệp; hiểu được nền tảng mạng truyền thông có dây và không dây thường được sử dụng cho các ứng dụng IoTs; tư duy phân tích và lựa chọn thiết bị phần cứng, truyền thông và phần mềm cho một ứng dụng IoTs trong công nghiệp; thiết kế, lập trình và chạy thử nghiệm một ứng dụng IoTs trong công nghiệp.

Cấu trúc của bài báo bao gồm các phần như sau: Phần 2 giới thiệu mô hình kiến trúc IoT, phần 3 trình bày thiết kế mô hình thí nghiệm IOT bao gồm “IoT Node”, “IoT Gateway” và IoT Server. Trong phần 4, các thí nghiệm để kiểm chứng tính chính xác và hiệu quả của mô hình thí nghiệm được thực hiện. Phần 5 giới thiệu việc áp dụng mô hình thí nghiệm đề xuất và cách tiếp cận học tập dựa trên dự án PBL (Project Based Learning) vào giảng dạy sinh viên đại học. Cuối cùng, một số kết luận được trình bày ở phần 6.

2 KIẾN TRÚC IoT

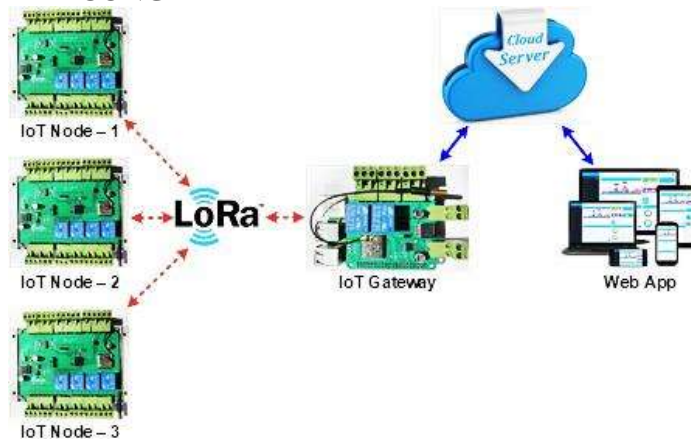
Mô hình kiến trúc IoT đóng vai trò quan trọng để có tư duy thiết kế một ứng dụng IoT trong thực tiễn. Các bài báo [15]–[17] đã thực hiện khảo sát và kết luận rằng mô hình kiến trúc IoT có thể được chia thành nhiều lớp. Chẳng hạn như, nghiên cứu [18] đề xuất mô hình kiến trúc 3 lớp gồm lớp ứng dụng, lớp mạng và lớp vật lý. Nghiên cứu [19] đề xuất mô hình kiến trúc 5 lớp gồm lớp cảm biến, lớp truy nhập dữ liệu, lớp mạng, lớp middleware và lớp ứng dụng. Một số ứng dụng tiếp cận kiến trúc IoT 4 lớp bao gồm lớp cảm biến và thiết bị chấp hành, lớp thu thập dữ liệu và Internet Gateway, lớp thực hiện điện toán biên, lớp trung tâm dữ liệu điện toán. Tùy vào quy mô hệ thống mà mô hình kiến trúc có thể từ 3 lớp đến nhiều lớp. Trong bài báo này, mô hình kiến trúc IoT được chúng tôi đề xuất bao gồm 3 lớp cơ bản đó là lớp thiết bị, lớp mạng và lớp ứng dụng. Mô hình kiến trúc này được mô tả như hình 1.



Hình 1. Kiến trúc IoT

- **Lớp thiết bị**
 - Lớp này bao gồm các cảm biến, thiết bị chấp hành và các bộ điều khiển như vi xử lý/vi điều khiển, PLC, FPGA đến các máy tính nhúng.
 - Lớp thiết bị thực hiện đo lường và thu thập dữ liệu các đại lượng vật lý thông qua các cảm biến, điều khiển các thiết bị chấp hành và có thể truyền và nhận dữ liệu từ các thiết bị khác qua mạng.
- **Lớp mạng**
 - Chức năng lớp mạng xác định các giao thức truyền thông khác nhau được sử dụng cho việc kết nối mạng và thực hiện điện toán biên.
 - Lớp mạng bao gồm các thiết bị liên kết mạng như Hub, Switch, Router; các thiết bị chuyển đổi giao thức mạng như Gateways; đến các thiết bị có khả năng lưu trữ, xử lý cục bộ trước khi gửi dữ liệu lên Server trung tâm.
 - Các “Things” ở lớp thiết bị được kết nối với thiết bị Gateway ở lớp mạng thông qua các mạng cục bộ như Wifi, Zigbee, Bluetooth, LoRaWAN ... đến các mạng có dây như CAN, Modbus, Profibus, RS485, Ethernet,... Sau đó, thiết bị ở lớp mạng thực hiện xử lý và gửi lên trung tâm dữ liệu qua mạng toàn cầu như Internet, 3G/4G/LTE, GSM.
- **Lớp ứng dụng**
 - Đây là trung tâm lưu trữ dữ liệu hay đám mây điện tử.
 - Lớp này thực hiện thu nhận dữ liệu từ lớp mạng, lưu trữ, xử lý dữ liệu và ra quyết định dựa trên các thuật toán AI/ML hoặc các công cụ phân tích dữ liệu hiện đại.

3 THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG



Hình 2. Sơ đồ khối các thành phần mô hình thí nghiệm IoT.

Ý tưởng thiết kế mô hình thí nghiệm bao gồm các khía cạnh quan trọng được xét đến đó là dễ dàng thực hiện, chi phí thấp, có khả năng mở rộng đa trạm kết nối, thu thập dữ liệu và điều khiển được các thiết bị

công nghiệp, và đặc biệt có khả năng kết nối không dây ở khoảng cách xa. Dựa vào mô hình kiến trúc IoT được đề xuất gồm 3 lớp như mô tả ở mục 2, nền tảng mô hình thí nghiệm bao gồm 4 thành phần chính như sau: “IoT networks”, “IoT Node”, “IoT Gateway” và máy chủ (Server).

3.1 “IoT networks”

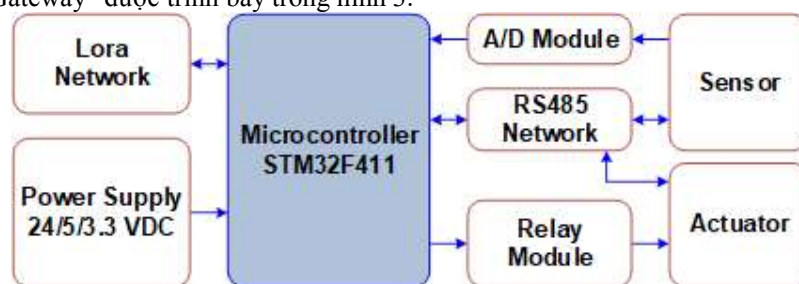
Việc lựa chọn mạng không dây để kết nối các “IoT node” với nhau và để kết nối các “IoT node” và “IoT Gateway” đóng vai trò rất quan trọng trong thiết kế. Dựa vào đặc tính kỹ thuật được mô tả trong bảng 1, mạng LoRaWan với các ưu điểm nổi bật về khoảng cách truyền, năng lượng tiêu thụ đã được chúng tôi sử dụng trong thiết kế mô hình thí nghiệm này.

Bảng 1. Đặc tính kỹ thuật một số kỹ thuật mạng không dây

Thông số	IEEE 802.15.4	Bluetooth	WiFi	Zigbee	Z-wave	LoRaWan
Băng tần	868/915 MHz, 2.4 GHz	2.4 GHz	2.4, 5.8 GHz	2.4GHz, 868MHz, 915MHz	868.42 MHz EU, 908.42 MHz USA	867 to 869 MHz EU 902.3 to 914.9 MHz USA
Tốc độ truyền	250 Kpbs	723 Kpbs	11 - 105 Mbps	20–250Kbps	Lên đến 100kbit/s	21.9 kbps
Khoảng cách	10 - 300 m	10 m	10 - 100 m	1–75 m	30 m	15 - 20 km
Năng lượng tiêu thụ	Rất thấp	Thấp	Cao	Rất thấp	Thấp	Thấp

3.2 “IoT Node”

Chức năng của “IoT Node” là thu thập thông tin của các cảm biến thông qua mô-đun A/D hoặc thông qua truyền thông nối tiếp (RS232, RS485), song song (SPI, I2C) và xuất tín hiệu điều khiển các thiết bị chấp hành thông qua mô-đun A/D, PWM hoặc truyền thông nối tiếp (RS232, RS485), song song (SPI, I2C). “IoT Node” sẽ thực hiện việc truyền thông với “IoT Gateway” thông qua mạng không dây LoRa. Sơ đồ khối của “IoT Gateway” được trình bày trong hình 3.

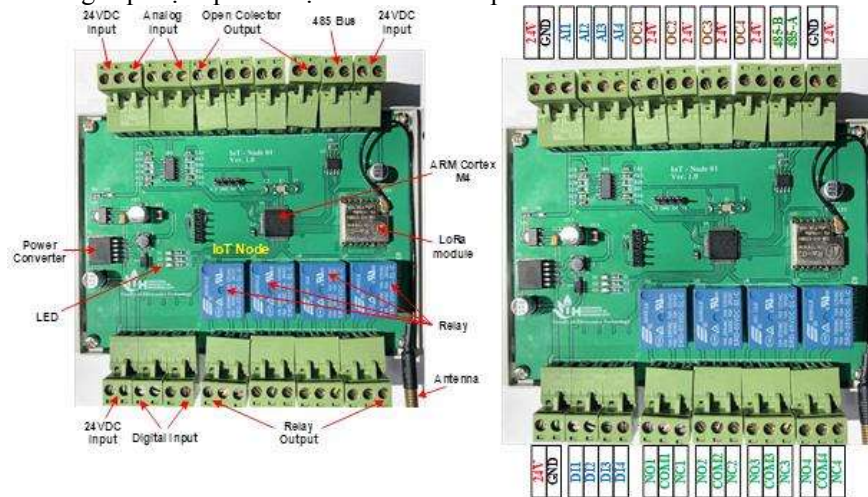


Hình 3. Sơ đồ khối của mô-đun “IoT Node”.

Phần cứng của “IoT Node” được trình bày trong hình 4. Các thành phần chính của mô-đun bao gồm: Bộ xử lý trung tâm, phần truyền thông, phần thu thập dữ liệu và điều khiển, phần nguồn.

- ✓ Bộ xử lý trung tâm được xây dựng dựa trên nền tảng là vi điều khiển STM32F411 (ARM Cortex M4) chạy ở tốc độ 100 MHz. Bộ vi điều khiển STM32F411 tích hợp 256 – 512KB Flash và 128 KB SRAM, 3 cổng USART chạy với tốc độ lên tới 12,5Mbit/s, 5 cổng SPI (đa hợp với I2S) chạy với tốc độ lên tới 50 Mbit/s, 3 cổng I²C, 1 cổng SDIO chạy ở tốc độ 48 MHz, ADC 12 bit đạt 2,4 MSPS, 11 bộ định thời 16 và 32 bit.
- ✓ Phần truyền thông bao gồm truyền thông mạng không dây LoRa và mạng có dây RS485. Phần cứng LoRa được thiết kế dựa trên mô-đun LoRa Ra-02 SX1278 được kết nối với chân SPI của vi điều khiển và phần cứng RS485 được thiết kế dựa trên vi mạch MAX485 được kết nối với các chân TXD và RXD của vi điều khiển.

- ✓ Phần thu thập dữ liệu và điều khiển sẽ thực hiện việc thu thập thông tin cảm biến thông qua mô-đun ADC hoặc giao tiếp nối tiếp RS485 và tạo ra các tín hiệu điều khiển truyền tới các cơ cấu chấp hành thông qua các ngõ ra số, PWM hoặc giao tiếp nối tiếp RS485.
- ✓ Phần nguồn được thiết kế để hỗ trợ các mức điện áp nguồn theo chuẩn công nghiệp 24VDC, 5VDC và 3.3VDC cung cấp điện áp làm việc cho tất cả các phần của “IoT Node”.



Hình 4. Cấu trúc phần cứng của mô-đun “IoT Node”.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của các chân chức năng trên mô-đun “IoT Node”.

STT	Tên chân	Công dụng	Thông số
1	24V	Ngõ vào cung cấp điện áp nguồn cho hệ thống hoạt động.	$V_{IN} = 24V_{DC}$ $I_{IN(MIN)} = 2000mA$
2	GND		
3	485-A	Cổng giao tiếp nối tiếp theo giao thức RS485.	
4	485-B		
5	DI1 – DI4	Ngõ vào tín hiệu số.	Logic 1: 17V – 24V Logic 0: 0V – 7V
6	AI1 – AI4	Ngõ vào tín hiệu tương tự (ADC có độ phân giải 12bit).	$I_{IN} = 0 – 20mA$ $V_{IN} = 0V – 3,3V_{DC}$
7	OC1 – OC4	Ngõ ra cực thu hút.	$I_{SINK(MAX)} = 100mA$
8	NO1 – NO4	Chân thường hở của các Relay.	Tiếp điểm: 10A/250V _{AC} 10A/30V _{DC}
9	COM1 – COM4	Chân chung của các Relay.	
10	NC1 – NC4	Chân thường đóng của các Relay.	

Đặc tính kỹ thuật và thông số làm việc của các chân chức năng được tích hợp sẵn trên “IoT Node” được mô tả trong Bảng 2. Việc điều khiển các chân chức năng này sẽ được thực hiện thông qua việc điều khiển các thanh ghi chức năng đặc biệt trong vi điều khiển STM32F411. Quan hệ điều khiển giữa các thanh ghi chức năng đặc biệt trong vi điều khiển STM32F411 và các thiết bị tích hợp trên “IoT Node” được mô tả chi tiết ở Bảng 2.

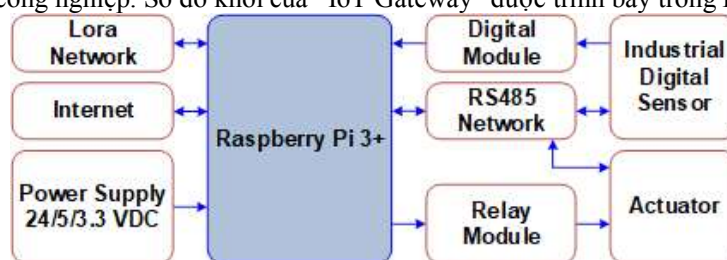
Bảng 3. Quan hệ điều khiển giữa vi điều khiển STM32F411 và mô-đun “IoT Node”.

STT	“IoT Node”		STM32F411	Điều khiển	Công dụng
1	485 Bus	485 – A	PB6/TX	...	Truyền thông RS485
		485 – B	PB7/RX	...	Truyền thông RS485
		Enable	PB7	[1] – Transmit [0] – Receive	Cho phép gửi dữ liệu Cho phép nhận dữ liệu
2	Digital Input	DI1 DI2	NODE_REG[4] NODE_REG[5]	[1] – 17V...24V [0] – 0V...7V	Đọc vào các dữ liệu số

		DI3 DI4	NODE_REG[6] NODE_REG[7]		
3	Analog Input	AI1 AI2 AI3 AI4	NODE_REG[0] NODE_REG[1] NODE_REG[2] NODE_REG[3]	Dãy giá trị ADC (ADC có độ phân giải 12bit) [0]...[4096]	Đọc vào các dữ liệu tương tự $I_{IN} = 0 - 20\text{mA}$ $V_{IN} = 0\text{V} - 3,3\text{V}_{DC}$
4	OC Output	OC1 OC2 OC3 OC4	NODE_REG[12] NODE_REG[13] NODE_REG[14] NODE_REG[15]	[1] – BJT dẫn [0] – BJT ngắt	Điều khiển các BJT (cực thu để hở) dẫn hoặc ngắt
5	Relay Output	Relay 1 Relay 2 Relay 3 Relay 4	NODE_REG[8] NODE_REG[9] NODE_REG[10] NODE_REG[11]	[1] – Relay đóng [0] – Relay ngắt	Điều khiển các relay đóng hoặc ngắt

3.3 “IoT Gateway”

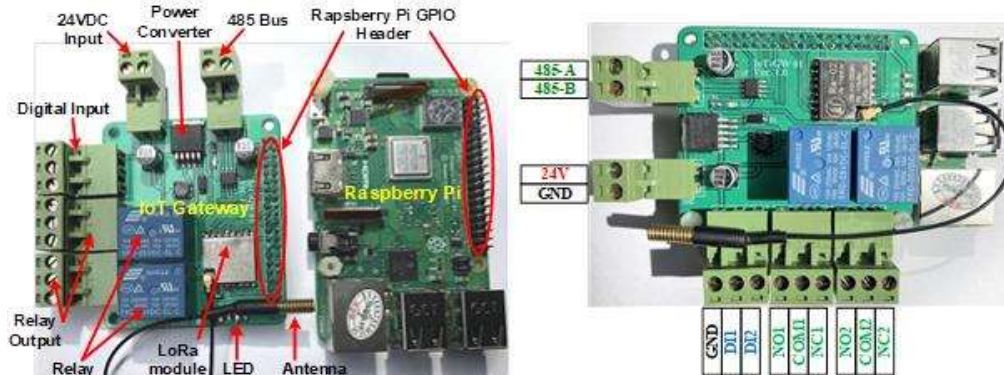
Chức năng của mô-đun “IoT Gateway” là nhận thông tin được gửi từ các “IoT Node” thông qua mạng không dây LoRa, xử lý các thông tin nhận được và sau đó gửi các thông tin này đến Server ThingSpeak. Hơn nữa, “IoT Gateway” cũng có khả năng thu thập được các thông tin cảm biến và điều khiển được các thiết bị chấp hành công nghiệp. Sơ đồ khối của “IoT Gateway” được trình bày trong Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ khối của “IoT Gateway”.

Phân cứng của mô-đun “IoT Gateway” được trình bày trong Hình 6. Vị trí của các chân chức năng được tích hợp sẵn trên mô-đun “IoT Gateway” được mô tả trong hình 7. Các thành phần chính của mô-đun bao gồm: Bộ xử lý trung tâm, phần truyền thông, phần thu thập dữ liệu và điều khiển.

- ✓ Bộ xử lý trung tâm được xây dựng dựa trên nền tảng là mô-đun Raspberry Pi 3 B+.
- ✓ Phần truyền thông bao gồm truyền thông cục bộ (được xây dựng dựa trên nền tảng là mạng không dây LoRa và mạng có dây RS485) và mạng Internet.
- ✓ Phần thu thập dữ liệu và điều khiển được thiết kế để thu thập thông tin từ các cảm biến công nghiệp và được tích hợp thêm các mô-đun Relay để có thể điều khiển được các thiết bị chấp hành công nghiệp. Đây là điểm nổi bật của nền tảng phần cứng của bài báo.



Hình 6. Hình ảnh thực nghiệm “IoT Gateway”.

Công dụng và thông số làm việc của các chân chức năng được tích hợp sẵn trên mô-đun “IoT Gateway” được mô tả trong Bảng 4.

Bảng 4. Công dụng và thông số của các chân chức năng trên mô-đun “IoT Gateway”.

STT	Tên chân	Công dụng	Thông số
1	24V	Ngõ vào cung cấp điện áp nguồn cho hệ thống hoạt động.	$V_{IN} = 24V_{DC}$ $I_{IN(MIN)} = 2000mA$
2	GND		
3	485-A	Cổng giao tiếp nối tiếp theo giao thức RS485	
4	485-B		
5	DI1 – DI2	Ngõ vào tín hiệu số.	Logic 1: 17V – 24V Logic 0: 0V – 7V
6	NO1 – NO2	Chân thường hở của các Relay.	Tiếp điểm: 10A/250V _{AC} 10A/30V _{DC}
7	COM1 – COM2	Chân chung của các Relay.	
8	NC1 – NC2	Chân thường đóng của các Relay.	

Việc điều khiển các chân chức năng này và LED tích hợp trên mô-đun “IoT Gateway” sẽ được thực hiện thông qua việc điều khiển các chân GPIO trên mô-đun Raspberry Pi. Quan hệ điều khiển giữa mô-đun Raspberry Pi và các thiết bị tích hợp trên “IoT Gateway” sẽ được mô tả chi tiết ở bảng 5.

Bảng 5. Quan hệ điều khiển giữa mô-đun Raspberry Pi và mô-đun “IoT Gateway”.

	“IoT Gateway”		Raspberry	Điều khiển	Công dụng
1	485 Bus	485 – A	GPIO14/TX	...	Truyền thông RS485
		485 – B	GPIO15/RX	...	Truyền thông RS485
		Enable	GPIO18	[1] – Transmit [0] – Receive	Cho phép gửi dữ liệu Cho phép nhận dữ liệu
2	Digital Input	DI1	GPIO23	[1] – 17V...24V	Đọc vào các dữ liệu số
		DI2	GPIO22	[0] – 0V...7V	
3	Relay Output	Relay 1	GPIO17	[1] – Relay đóng	Điều khiển các relay đóng hoặc ngắt
		Relay 2	GPIO27	[0] – Relay ngắt	
4	LED	LED 1	GPIO5	[1] – LED bật [0] – LED tắt	Điều khiển các LED đơn bật hoặc tắt
		LED 2	GPIO6		
		LED 3	GPIO13		
		LED 4	GPIO19		

3.4 IoT ThingSpeak

Trong phần này, đám mây điện tử lưu trữ dữ liệu được sử dụng trong mô hình thí nghiệm để xuất sử dụng nền tảng ThingSpeak. ThingSpeak một ứng dụng cung cấp mã nguồn mở cho các ứng dụng của “Internet of Things”. Mã nguồn này hỗ trợ các API lưu trữ và truy xuất dữ liệu từ các thiết bị qua giao thức HTTP hoặc MQTT qua Internet hoặc mạng cục bộ. ThingSpeak được phát triển bởi ioBridge và được OpenSource trên GITHUB <https://github.com/iobridge/thingspeak>.

4 THÍ NGHIỆM KIỂM CHỨNG

Trong phần này, các bo mạch thiết kế được kiểm chứng thực nghiệm các tính năng như thu thập dữ liệu, điều khiển thiết bị chấp hành và truyền nhận dữ liệu qua mạng LoRa để đánh giá độ chính xác của thiết bị phần cứng vừa thiết kế.

4.1. Kiểm tra truyền – nhận dữ liệu qua mạng LoRa

Trường hợp 1. Kiểm tra truyền – nhận dữ liệu giữa các tòa nhà X-V của trường Đại học Công nghiệp TP.HCM.

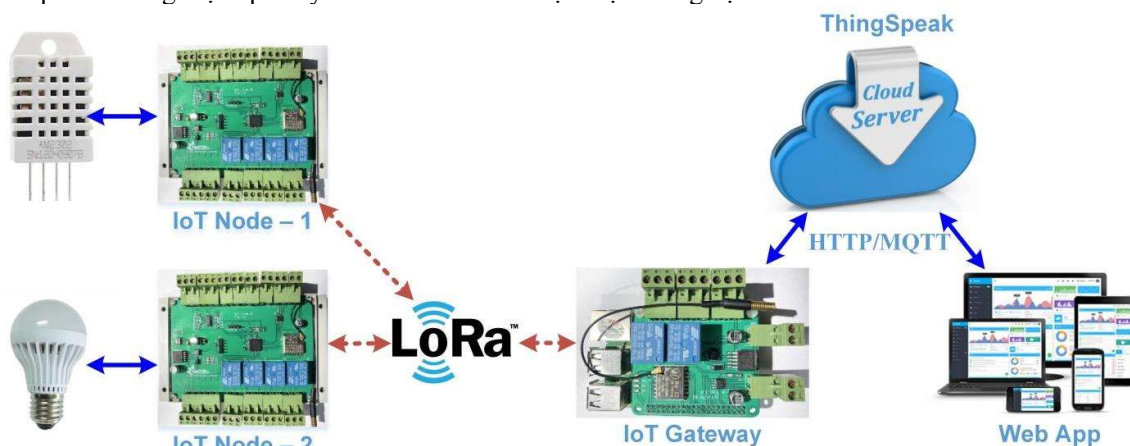
Thực hiện việc xác minh hiệu suất truyền thông LoRa bằng cách cấu hình trao đổi dữ liệu giữa “IoT Node” và “IoT Gateway”. Sau đó tiến hành thực hiện việc di chuyển mô-đun “IoT Gateway” để xác định khoảng cách truyền dữ liệu qua mạng không dây LoRa. Hình 7 cho thấy tín hiệu mà mô-đun “IoT Gateway” truyền đến mô-đun “IoT Node”. Hình 8 mô tả kết quả việc nhận dữ liệu của mô-đun “IoT Node” tại các vị trí khác nhau. Nếu mô-đun “IoT Node” nhận được tín hiệu được gửi đến từ mô-đun “IoT Gateway”, thì khi đó một LED màu xanh lá sẽ bật sáng lên.

Trường hợp 2: Kiểm tra tại Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh. Thực hiện việc xác minh kết quả truyền nhận qua mạng LoRa bằng cách việc kiểm tra ngoài trời tại Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh. Hình 9 mô tả khoảng cách mà mô-đun “IoT Gateway” truyền dữ liệu tới mô-đun “IoT Node”, khoảng 203,38 mét.

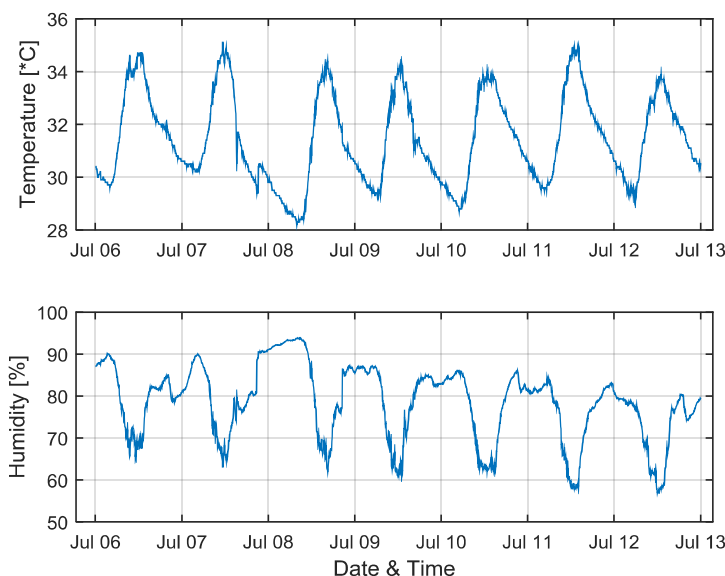
Tóm lại, khoảng cách truyền dữ liệu giữa mô-đun “IoT Gateway” và mô-đun “IoT Node” là khoảng 200 mét khi có chướng ngại vật. Đây là một khoảng cách lớn có thể được áp dụng cho nhiều ứng dụng trong nông nghiệp thông minh, nhà thông minh và nhà máy thông minh.

4.2. Kiểm tra chức năng thu thập dữ liệu và điều khiển

Trường hợp 3: Dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm được thu thập mỗi 5 phút tại mô-đun “IoT Node” bằng cảm biến DHT22. “IoT Node” cũng được tích hợp trên đó 4 ngõ ra Relay để điều khiển trực tiếp các thiết bị chấp hành dùng điện áp xoay chiều. Sơ đồ khối thực hiện thí nghiệm như mô tả ở hình 10.



Hình 10. Thu thập dữ liệu và điều khiển

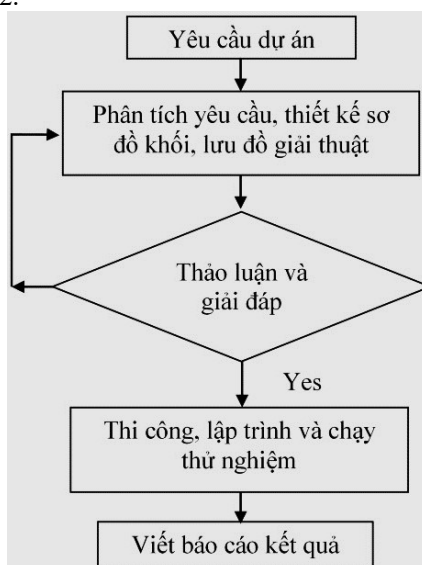


Hình 11. Thu thập dữ liệu từ “IoT Node” gửi lên đám mây để lưu trữ thông qua “IoT Gateway”

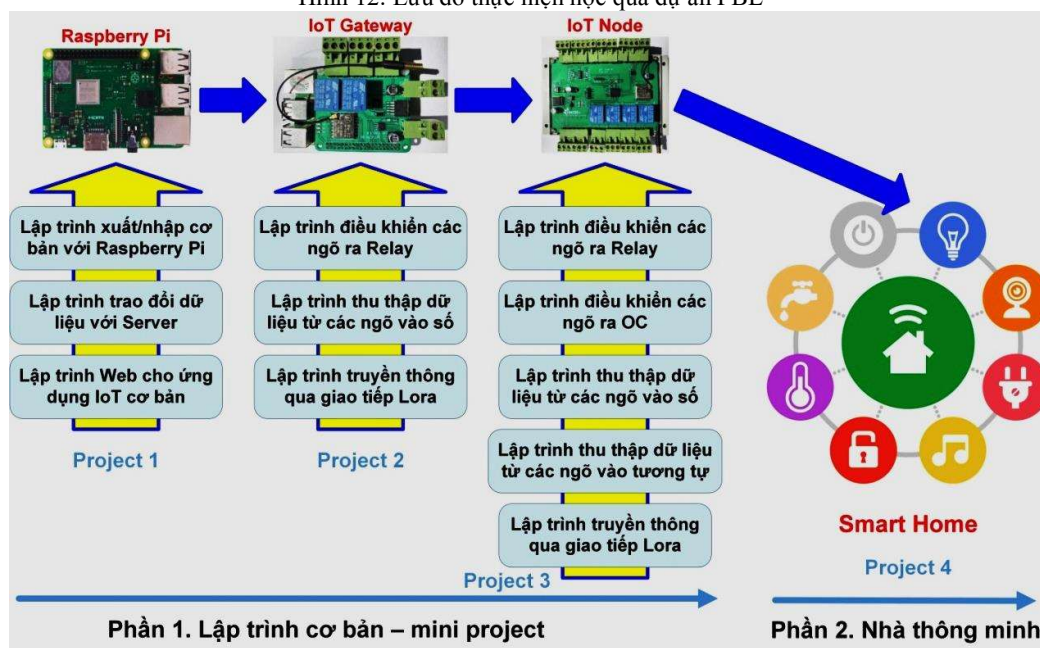
Thiết bị này được đặt trong phòng trống để thu thập dữ liệu trong vòng 7 ngày, từ ngày 06/07/2019 đến ngày 13/07/2019 (xem minh họa trong Hình 11). Dữ liệu được truyền từ mô-đun “IoT Node” đến mô-đun “IoT Gateway” thông qua truyền thông LoRa và từ sau đó dữ liệu này được gửi từ mô-đun cổng IoT lên đám mây để lưu trữ.

5 ÁP DỤNG GIẢNG DẠY

Việc thiết kế các bài LAB để giảng dạy thí nghiệm IoT cho sinh viên Đại học được tiếp cận theo mức độ phức tạp từ dễ đến khó và tiếp cận học tập dựa trên dự án PBL (Project based learning). Các dự án hiệu quả là những vấn đề thu hút sự quan tâm của sinh viên và thúc đẩy họ khám phá để hiểu sâu hơn về các yêu cầu đã cho. Các dự án tốt yêu cầu học sinh hình thành ý tưởng hoặc phán đoán dựa trên các sự kiện có thể là kiến thức trước, thông tin được đưa ra trong kịch bản và logic. Học tập dựa trên dự án thường bao gồm một số bước như hình 12.



Hình 12. Lưu đồ thực hiện học qua dự án PBL



Hình 13. Các khối kiến thức được đề xuất trong bài giảng

Môn học này trong chương trình đào tạo là môn học 2 TC thực hành (60 tiết), sau khi học môn học này, người học có khả năng: tư duy phân tích và lựa chọn thiết bị phần cứng, truyền thông và phần mềm cho một ứng dụng IoTs trong công nghiệp; Thiết kế, lập trình và chạy thử nghiệm một ứng dụng IoTs. Do đó, các nội dung được thiết kế cho người học như hình 13.

5.1. Lập trình cơ bản - 30 tiết

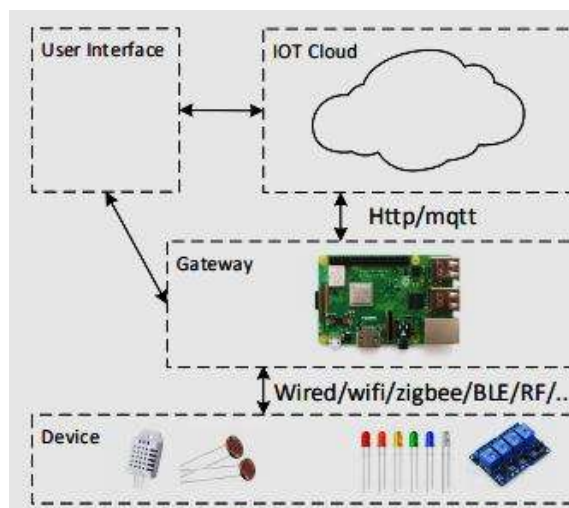
Dự án 1. Lập trình cơ bản – 10 tiết (500 phút)

Mục tiêu: Đo nhiệt độ và độ ẩm của môi trường và gửi dữ liệu lên Server; Dữ liệu này được giám sát từ xa qua mạng Internet trên Website. Sơ đồ khối như mô tả ở hình 14.

Thiết bị:

- Máy tính nhúng Raspberry Pi 3+.
- Cảm biến DHT22.
- Điện trở 10KΩ.
- Dây cáp các loại.

Yêu cầu dự án: Lập trình sao cho máy tính nhúng Raspberry Pi 3+ có thể liên tục thu thập dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm của môi trường. Sau đó cập nhật các dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm này lên Server theo thời gian thực. Thông qua mạng Internet, máy tính và các thiết bị di động khác có thể được sử dụng để giám sát được sự biến động về nhiệt độ và độ ẩm của môi trường từ một giao diện Web.



Hình 14. Sơ đồ khối dự án 1

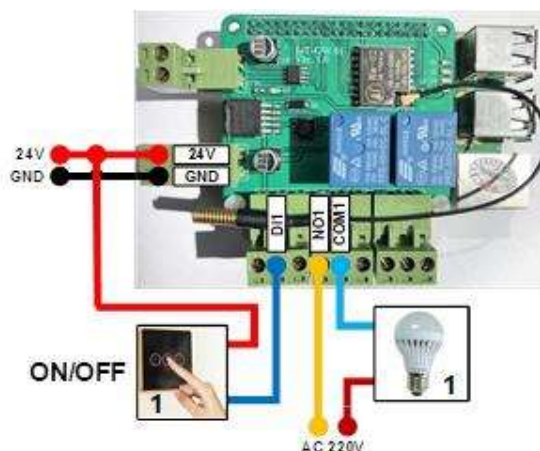
Dự án 2. Lập trình ứng dụng “IoT Gateway” – 5 tiết (250 phút)

Mục tiêu: Điều khiển bật/tắt bóng đèn AC từ xa qua mạng Internet, sơ đồ khối ở hình 15.

Thiết bị:

- Mô-đun “IoT Gateway”.
- Bóng đèn AC 220V.
- Công tắc cảm ứng.
- Dây cáp các loại.

Yêu cầu dự án: Lập trình sao cho “IoT Gateway” điều khiển bật/tắt bóng đèn AC bằng công tắc cảm ứng tại chỗ. Hoặc thông qua mạng Internet, máy tính và các thiết bị di động khác có thể được sử dụng để điều khiển bật/tắt bóng đèn AC này từ một giao diện Web.



Hình 15. Sơ đồ khối dự án 2

Dự án 3. Lập trình ứng dụng “IoT Node” tích hợp – 15 tiết (750 phút)

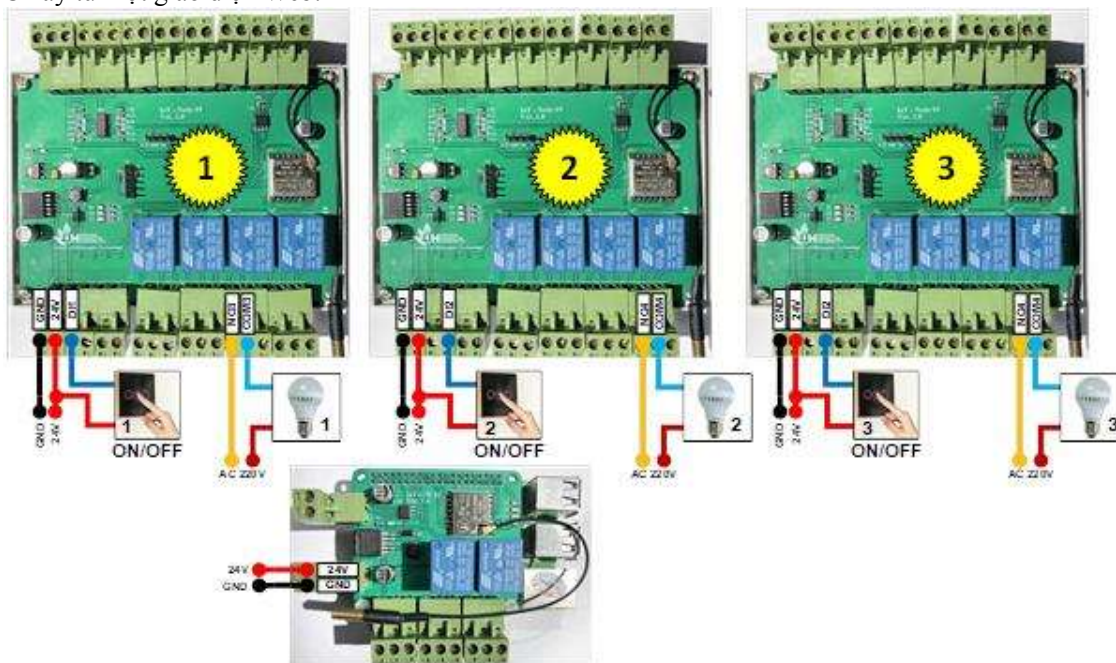
Mục tiêu: Điều khiển bật/tắt bóng đèn AC từ xa qua mạng Internet, các bóng đèn được lắp trên 3 trạm khác nhau như hình 16.

Thiết bị:

- Mô-đun “IoT Gateway”.
- Mô-đun “IoT Node”.
- Bóng đèn AC 220V.
- Công tắc cảm ứng.
- Dây cáp các loại.

Yêu cầu dự án: Lập trình sao cho “IoT Gateway” thông qua mạng LoRa có thể thu thập dữ liệu từ các mô-đun “IoT Node” và điều khiển hoạt động của các mô-đun này. Các “IoT Node” sẽ truyền thông với “IoT Gateway” để có thể điều khiển bật/tắt bóng đèn AC bằng công tắc cảm ứng tại chỗ. Hoặc thông qua

mạng Internet, máy tính và các thiết bị di động khác có thể được sử dụng để điều khiển bật/tắt bóng đèn AC này từ một giao diện Web.



Hình 16. Sơ đồ khởi dự án 3

5.2. Ứng dụng Smart Home - 30 tiết

Dự án 4. Thiết kế nhà thông minh – 30 tiết (1.500 phút)

Mục tiêu: Thiết kế và thi công ứng dụng nhà thông minh (Smart Home) trong thực tế. Smart Home sẽ kết nối tất cả các thiết bị điện – điện tử trong ngôi nhà của mình lại với nhau thành một hệ thống. Từ đó chủ nhân của ngôi nhà có thể điều khiển chúng một cách trực tiếp thông qua các thiết bị được gắn cố định trong nhà hoặc điều khiển từ xa thông qua máy tính và Smart Phone. Smart Home cũng có thể hoạt động một cách tự động dựa trên các chế độ làm việc thông minh.

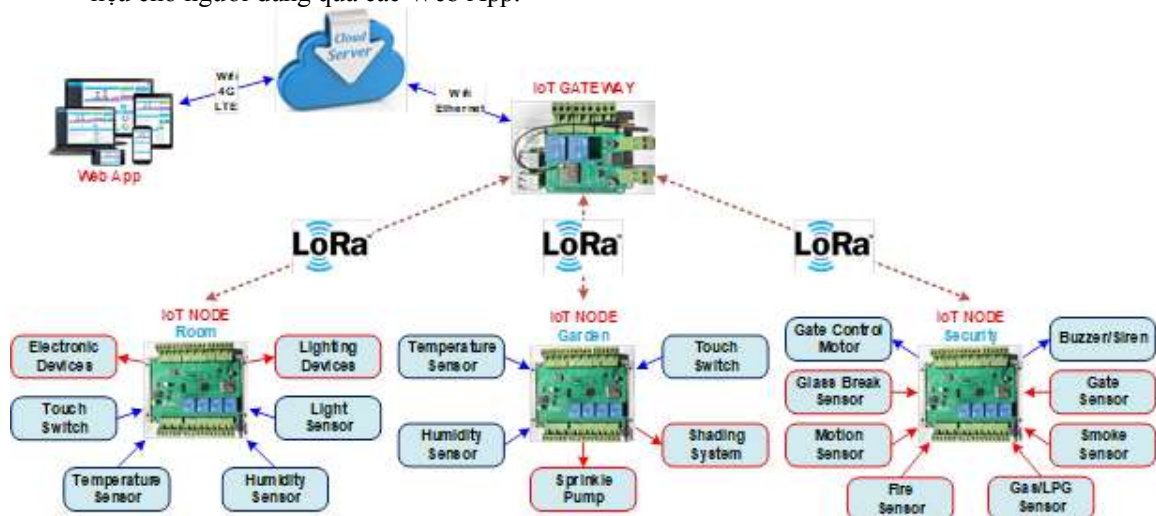
Thiết bị:

- Mô-đun “IoT Gateway”; Mô-đun “IoT Node”.
- Bóng đèn AC 220V; Công tắc cảm ứng; Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm; Cảm biến ánh sáng; Cảm biến kính vỡ; Cảm biến chuyển động; Cảm biến cháy; Cảm biến khí gas; Cảm biến khói; Cảm biến đóng/mở cửa; Hệ thống bơm tưới cây xanh, tiểu cảnh, hồ cá,...; Hệ thống màn che nắng; Hệ thống động cơ điều khiển đóng mở cửa; Hệ thống chuông báo động.

Yêu cầu dự án: Dựa vào ý tưởng mà bạn muốn thiết kế mà ngôi nhà của bạn có thể có các tính năng khác nhau. Tuy nhiên, thông thường một Smart Home bao gồm các thành phần như mô tả hình 17. Trong đó:

- “IoT Node” - Room: Thu thập dữ liệu từ các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng để gửi về “IoT Gateway”. Nhận dữ liệu từ “IoT Gateway” để điều khiển các thiết bị điện tử và thiết bị chiếu sáng trong phòng hoặc có thể điều khiển trực tiếp thông qua các công tắc cảm ứng tại phòng.
- “IoT Node” – Garden: Thu thập dữ liệu từ các cảm biến nhiệt độ, độ ẩm để gửi về “IoT Gateway”. Nhận dữ liệu từ “IoT Gateway” để điều khiển hệ thống bơm nước tưới cây, tiểu cảnh, bể cá cảnh và hệ thống che nắng mưa sân vườn hoặc có thể điều khiển trực tiếp thông qua các công tắc cảm ứng tại sân vườn.
- “IoT Node” – Security: Thu thập dữ liệu từ các cảm biến để gửi về “IoT Gateway” nhằm đảm bảo an ninh cho nhà, chống xâm nhập trái phép (cảm biến phát hiện mở cổng, phát hiện chuyển động, phát hiện kính vỡ), kiểm soát các nguy cơ cháy nổ. Nhận dữ liệu từ “IoT Gateway” để điều khiển hệ thống đóng mở cổng và hệ thống chuông báo động.

- “IoT Gateway”: Thu thập toàn bộ dữ liệu từ các “IoT Node” trong hệ thống Smart Home, cập nhật dữ liệu lên Cloud Server theo thời gian thực. Nhận dữ liệu điều khiển các thiết bị trong nhà từ máy tính và smartphone của người dùng thông qua Cloud Server.
- Cloud Server: Lưu trữ dữ liệu của toàn hệ thống Smart Home theo thời gian thực, cung cấp dữ liệu cho người dùng qua các Web App.



Hình 17. Sơ đồ khối các thành phần một Smart Home.

5.3. Kế hoạch giảng dạy và đánh giá

Dựa vào các nội dung giảng dạy được trình bày ở mục 5.1 và 5.2, trong phần này chúng tôi sẽ trình bày kế hoạch triển khai giảng dạy và phương pháp đánh giá được áp dụng.

- **Chuẩn đầu ra (course learning outcomes):** Khi hoàn thành học phần, người học có khả năng:

CLOs	Chuẩn đầu ra của học phần
1	Có khả năng phân tích, thiết kế giải thuật và lập trình ứng dụng IoT.
2	Thiết kế được ứng dụng IoT trong công nghiệp với các ràng buộc về kỹ thuật, an toàn và môi trường.

- **Kế hoạch và phương pháp giảng dạy**

STT	Nội dung giảng dạy	Số tiết	CLOs	Phương pháp giảng dạy
5.1. Lập trình cơ bản - 30 tiết		30		
1	Dự án 1 (Mục tiêu, các yêu cầu xem trình bày ở trên)	10	1	L, Q
2	Dự án 2 (Mục tiêu, các yêu cầu xem trình bày ở trên)	5	1	O, D, P
3	Dự án 3 (Mục tiêu, các yêu cầu xem trình bày ở trên)	15	1	O, D, P
5.2. Ứng dụng Smart Home - 30 tiết		30		
4	Dự án 4 (Mục tiêu, các yêu cầu xem trình bày ở trên)	30	2	PBL
Cộng		60		

Trong đó: **L:** Lecture, **O:** Observe, **D:** Discussion, **PBL:** Project Based Learning, **P:** Practices

- **Phương pháp đánh giá các chuẩn đầu ra của học phần**

Đến hiện tại, chúng tôi đã triển khai giảng dạy thử nghiệm thành công 02 lớp Đại học năm 3 ngành Điện tử - máy tính. Trong học kỳ tiếp theo, chúng tôi sẽ tiếp tục triển khai trên các sinh viên Đại học ngành Điện tử - viễn thông và sẽ thực hiện các khảo sát từ sinh viên, phân tích kết quả học tập chi tiết để thấy rõ hơn tác động của mô hình thí nghiệm IoT trong giảng dạy sinh viên.

CLOs	Phương pháp đánh giá	Tỷ trọng %
1	Kỹ năng thực hành (Lab skills)	70
	Báo cáo thực hành (Lab report)	30
2	Kỹ năng thực hành (Lab skills)	20
	Báo cáo thực hành (Lab report)	30
	Trình bày dự án (Presentation skill)	50

6 CONCLUSION

Trong bài báo này, chúng tôi đã thiết kế một nền tảng mô hình thí nghiệm IoT sẽ được sử dụng trong việc giảng dạy tại Khoa Công nghệ Điện tử, trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh. Nền tảng được đề xuất bao gồm 4 thành phần là mô-đun “IoT Gateway” sử dụng Raspberry Pi 3 B+, mô-đun “IoT Node” sử dụng chip TMS320, “IoT Network” sử dụng mạng LoRaWAN và Internet, nền tảng đám mây điện tử ThingSpeak. Kết quả kiểm chứng thực tế đã chứng tỏ các mô hình thí nghiệm đề xuất chạy ổn định và dữ liệu được thu thập chính xác, có thể đáp ứng các yêu cầu thu thập, truyền tải và tính toán dữ liệu trong một khu vực rộng. Hơn nữa, chúng tôi đã xây dựng các bài LAB dựa vào mô hình thí nghiệm vừa thiết kế và học theo dự án PBL và đã triển khai giảng dạy thành công trên lớp thực tiễn. Các kết quả áp dụng cho thấy tính hiệu quả của mô hình đề xuất. Trong tương lai, chúng tôi sẽ biên soạn các tài liệu hướng dẫn chi tiết, video hướng dẫn trực quan cho người học.

ACKNOWLEDGMENT

Nghiên cứu này được tài trợ bởi trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh theo hợp đồng số 16/HĐ-ĐHCN, tháng 01 năm 2019.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Postel, “Internet protocol,” 1981.
- [2] I. Lee and K. Lee, “The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises,” *Bus. Horiz.*, vol. 58, no. 4, pp. 431–440, 2015.
- [3] D. N. Le, L. Le Tuan, and M. N. D. Tuan, “Smart-building management system: An Internet-of-Things (IoT) application business model in Vietnam,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 141, pp. 22–35, 2019.
- [4] Z. A. Almusaylim and N. Zaman, “A review on smart home present state and challenges: linked to context-awareness internet of things (IoT),” *Wirel. Networks*, vol. 25, no. 6, pp. 3193–3204, 2019.
- [5] F. Cicirelli, A. Guerrieri, C. Mastroianni, G. Spezzano, and A. Vinci, *The Internet of Things for Smart Urban Ecosystems*. Springer, 2019.
- [6] S. T. U. Shah, H. Yar, I. Khan, M. Ikram, and H. Khan, “Internet of Things-Based Healthcare: Recent Advances and Challenges,” in *Applications of Intelligent Technologies in Healthcare*, Springer, 2019, pp. 153–162.
- [7] A. Khanna and S. Kaur, “Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 157, pp. 218–231, 2019.
- [8] W. Ejaz and A. Anpalagan, “Internet of Things for Smart Cities: Overview and Key Challenges,” in *Internet of Things for Smart Cities*, Springer, 2019, pp. 1–15.
- [9] Y. Liu, C. Yang, L. Jiang, S. Xie, and Y. Zhang, “Intelligent edge computing for IoT-based energy management in smart cities,” *IEEE Netw.*, vol. 33, no. 2, pp. 111–117, 2019.
- [10] E. Fleury, N. Mitton, T. Noel, and C. Adjih, “FIT IoT-LAB: The largest iot open experimental testbed,” 2015.
- [11] N. M. Shweta *et al.*, “Applications of IoT Lab Kit in Educational Sector,” *IETE J. Educ.*, pp. 1–9, 2019.
- [12] D. Dobrilovic and S. Zeljko, “Design of open-source platform for introducing Internet of Things in university curricula,” in *2016 IEEE 11th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)*, 2016, pp. 273–276.
- [13] J. Macías-Guarasa, J. M. Montero, R. San-Segundo, Á. Araujo, and O. Nieto-Taladriz, “A project-based learning approach to design electronic systems curricula,” *IEEE Trans. Educ.*, vol. 49, no. 3, pp. 389–397, 2006.
- [14] J. E. Mitchell and J. Smith, “Case study of the introduction of problem-based learning in electronic engineering,” *Int. J. Electr. Eng. Educ.*, vol. 45, no. 2, pp. 131–143, 2008.
- [15] P. P. Ray, “A survey on Internet of Things architectures,” *J. King Saud Univ. Inf. Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 291–319, 2018.
- [16] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, “Internet of things: A survey on

- enabling technologies, protocols, and applications,” *IEEE Commun. Surv. tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015.
- [17] J. Lin, W. Yu, N. Zhang, X. Yang, H. Zhang, and W. Zhao, “A survey on internet of things: Architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 4, no. 5, pp. 1125–1142, 2017.
- [18] R. Mahmoud, T. Yousuf, F. Aloul, and I. Zuolkernan, “Internet of things (IoT) security: Current status, challenges and prospective measures,” in *2015 10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, 2015, pp. 336–341.
- [19] M. Wu, T.-J. Lu, F.-Y. Ling, J. Sun, and H.-Y. Du, “Research on the architecture of Internet of Things,” in *2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, 2010, vol. 5, pp. V5-484.

. Ngày nhận bài: 16/10/2019

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2019