

Thiết kế hệ thống thu thập dữ liệu môi trường trong nhà màng sử dụng các cảm biến và máy tính Raspberry Pi

Lê Trường Giang^{1*}, Nguyễn Duy Trinh²

¹ Viện Khoa học và Công nghệ Công nghiệp 4.0, Đại học Nguyễn Tất Thành

² Phòng Khoa học và Công nghệ, Đại học Nguyễn Tất Thành

*letruonggiang2211@gmail.com hoặc ltgiang@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Trong lĩnh vực nông nghiệp, các cảm biến được sử dụng để thu thập các thông số quan trọng đối với cây trồng như nhiệt độ và độ ẩm trong không khí, độ ẩm trong đất và cường độ ánh sáng mặt trời bên trong nhà màng. Một hệ thống sử dụng nhiều cảm biến và cho phép truyền dữ liệu không dây được thiết kế để theo dõi nhiều thông số môi trường trong nhà màng. Các dữ liệu đo được từ cảm biến sẽ được xử lý bởi một máy tính nhỏ Raspberry Pi 3 B+, hoạt động như một trung tâm trung chuyển dữ liệu thông qua các chuẩn truyền không dây. Trước khi gửi đến một máy chủ ở xa, các dữ liệu được thu thập từ cảm biến sẽ được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu (CSDL) cục bộ và xử lý bởi máy tính Raspberry Pi 3 B+ thông qua chuẩn kết nối WiFi (thuộc tiêu chuẩn IEEE 802.11g, hoạt động ở tần số 2.4GHz), để giao tiếp với bộ định tuyến và các cảm biến được kết nối trực tiếp vào các GPIO trên Raspberry Pi. Một giao diện website cũng được thiết kế cho các thí nghiệm, cho phép hiển thị các dữ liệu thu thập được bên trong nhà màng. Hệ thống thiết kế đã ứng dụng và minh chứng các kỹ thuật truyền dữ liệu có dây và không dây, cùng với các cảm biến cần thiết có thể được sử dụng để theo dõi các dữ liệu nông nghiệp hoặc điều khiển các thiết bị bên trong nhà màng, nhằm hỗ trợ nông dân giảm bớt nguồn nước tưới tiêu, vật tư nông nghiệp, cũng như giảm bớt sức lao động mà vẫn đạt hiệu quả cao.

Nhận 09.01.2019
Được duyệt 15.05.2019
Công bố 26.06.2019

Từ khóa
mạng cảm biến không dây, giám sát dữ liệu nông nghiệp, cảm biến hóa học, cảm biến khí hậu, môi trường giám sát

© 2019 Journal of Science and Technology - NTTU

1 Giới thiệu

Ngày nay, nông nghiệp là một ngành cung cấp lương thực quan trọng đối với con người và được nhiều người, nhiều quốc gia quan tâm. Đã có nhiều công nghệ không dây và có dây được ứng dụng cho các hệ thống giám sát môi trường trong nông nghiệp, cho đến các ứng dụng kỹ thuật theo dõi chất lượng lương thực, thực phẩm được phát triển trong siêu thị, ngành tự động hóa và vận chuyển. Các hệ thống này sử dụng công nghệ Radio Frequency Identify (RFID) để thu thập thông tin về chất lượng thực phẩm[1,2] và có thể đưa ra các cảnh báo cho người dùng biết và tránh ngộ độc thực phẩm[3,4]. Đặc biệt, sự ra đời của các công nghệ truyền dẫn vô tuyến như RFID, WiFi, Zigbee-Z Wave, LoraWan[5-7] đã mở rộng sự đa dạng trong các ứng dụng thu thập và theo dõi dữ liệu theo thời gian thực từ xa hoặc điều khiển các thiết bị tải ở xa[8]. Việc chọn lựa các công nghệ trên tùy thuộc vào yêu cầu và mục đích sử dụng của người dùng[9,10, 11, 12]. Nhìn chung, các công nghệ trên chủ yếu dựa vào hai yếu tố chính là khoảng cách và tốc độ truyền dữ liệu.

Có nhiều yếu tố bên trong ảnh hưởng, liên quan đến môi trường của nhà màng như độ pH, độ dẫn điện, khí carbon dioxide, khí oxy, không khí, nhiệt độ và độ ẩm.

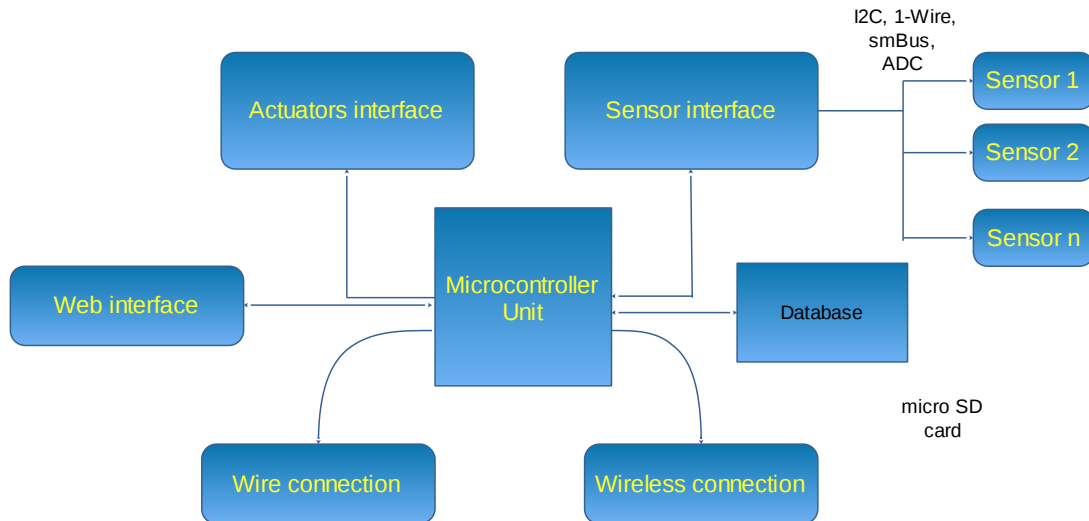
Trong đó, nhiệt độ, độ ẩm không khí và cường độ ánh sáng mặt trời là những yếu tố quan trọng và tác động lên quá trình sinh trưởng của cây trồng[3]. Trong những năm gần đây, các nút cảm biến ứng dụng công nghệ truyền dữ liệu không dây được thiết kế và nhanh chóng phát triển với độ ổn định cao, giá thành thấp, có thể ghi lại các thông tin của cây trồng và cho phép một số cảm biến tiêu tốn công suất thấp được thêm vào như cảm biến nhiệt độ, cảm biến áp suất để đo nhiệt độ bên trong môi trường cây trồng phát triển[5]. Hơn nữa, cảm biến không dây thuận tiện hơn việc sử dụng kết nối có dây rất nhiều vì kết nối có dây có khoảng cách bị giới hạn do tính chất dẫn điện của các loại cáp truyền thông tin. Tùy thuộc vào thuộc tính và yêu cầu của ứng dụng sẽ có các tiêu chuẩn khác nhau cho phạm vi truyền thông không dây và tốc độ truyền dữ liệu. Trong nghiên cứu này, chúng tôi thiết kế truyền dữ liệu theo tiêu

chuẩn IEEE 802.11g với tốc độ dữ liệu cao và khoảng cách truyền đáp ứng được yêu cầu trong khoảng vài chục mét và chúng được sử dụng rộng rãi ở tần số 2,4GHz[6] trong khi[7] có thể giao tiếp ở khoảng cách lớn hơn và hoạt động ở dải tần số siêu cao (UHF), chẳng hạn như tần số của hệ thống tin nhắn toàn cầu cho truyền thông di động (GSM) 900MHz đến 915MHz. Ngược lại, khoảng cách của công nghệ RFID là không đủ cho các ứng dụng của nhà màng và GSM có thể giải quyết tất cả các vấn đề với một khu vực lớn khoảng vài kilomet, nhưng nó là quá xa đối với yêu cầu cho nhà màng. Với các tính năng được chỉ ra ở phần trên, WiFi sẽ là một kỹ thuật truyền dẫn và được lựa chọn phù hợp nhất để theo dõi các yếu tố môi trường và điều khiển các thiết bị bên trong của nhà màng.

2 Thiết kế hệ thống

Cấu trúc của hệ thống đã thiết kế có thể được chia thành ba phần chính. Khối giao tiếp cảm biến (Sensor interface) có

chức năng kết nối của các cảm biến với khối Vi điều khiển (Microcontroller Unit). Khối vi điều khiển (MCU) là khối xử lý chính trong hệ thống, các mã nguồn được lập trình trước bên trong và được tích hợp một cơ sở dữ liệu nền tảng CSDL MySql được cài đặt trước và cho phép điều khiển qua giao diện website được điều khiển bởi nền tảng trung tâm Apache 2.0 giao tiếp website truy xuất dữ liệu và cho phép ghi/xóa dữ liệu. Nó quyết định hiệu suất thiết bị, khả năng mở rộng, giao tiếp với cảm biến, kiểm soát tất cả các bộ truyền động và nó cũng đặt giới hạn ở độ phức tạp của chương trình. Giao diện trang website (web interface) cho phép người dùng sử dụng hệ thống và xem tất cả các kết quả được đo đạc từ cảm biến. Các cảm biến (sensor 1, sensor 2... sensor n) là các cảm biến vi khí hậu được chọn lựa để kết nối vào hệ thống thông qua các chuẩn kết nối thông dụng như I2C, Analogue to digital (ADC), 1-Wire. Các thành phần chính của hệ thống có thể được trình bày trong Hình 1.



Hình 1 Sơ đồ khối của hệ thống thu thập dữ liệu

2.1 Các loại cảm biến

Có ba loại cảm biến được sử dụng để thử nghiệm trong mô hình. Chúng có thể đo được bốn thông số như đã giới thiệu ở trên, bao gồm cảm biến DS18B20, cảm biến AM2315 và cảm biến BH1750. Một mạch in được thiết kế để kết nối tất cả các cảm biến với MCU. Một yêu cầu cơ bản khi thiết kế hệ thống là khả năng mở rộng tương thích và để giảm thiểu sự can thiệp sâu liên quan đến kỹ thuật chuyên môn của người dùng cho cả phần cứng và phần mềm giao diện (web). Để đạt được điều này, các cảm biến hoặc bảng mạch cảm biến phải được xác định trước cho hệ thống theo một cách nào đó. Phương pháp này cho phép nhiều tùy chọn hơn. Xem như đã có bảng cảm biến, có chứa nhiều cảm biến hơn bên trong bảng mạch in. Bảng điều khiển (website) có cấu trúc cụ thể

và kết nối với bo mạch chủ dựa trên giao diện được thiết kế trên các tiêu chuẩn phổ biến hiện nay cho kết nối có dây tiêu chuẩn như I2C và tương tự với chuyển đổi kỹ thuật số (ADC), 1-dây (One-wire). Do chỉ có một vi điều khiển chính nên sẽ dễ dàng hơn, bởi vì chỉ phải viết một chương trình để giao tiếp với các cảm biến và xử lý các tác vụ theo yêu cầu. Vấn đề sẽ khó khăn hơn nếu sử dụng nhiều MCU kết nối với nhau, đòi hỏi các kỹ thuật giao tiếp giữa các vi điều khiển. Do đó, nghiên cứu này, sẽ chọn Raspberry Pi 3 B+ (RPi3) với 2GB RAM, 16GB bộ nhớ hệ điều hành và chương trình để thiết kế hệ thống thu thập dữ liệu môi trường trong nhà màng. Bên dưới là các thông số về các cảm biến đã triển khai trong nghiên cứu và được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1 Các thông số kỹ thuật của cảm biến AM2315 và cảm biến DS18B20

Mô tả	AM2315	DS18B20
Phạm vi đo	0°C -100°C, 10%-90%	-55°C to 125°C
Độ chính xác	±2% , ±1°C	±0.5 °C over range (-10°C to 85°C)
Nhiệt độ hoạt động	0°C - 80°C, 0%-90%	-55°C -125°C
Điện áp cung cấp	3.3-5.0VDC	3.0-5.5VDC
Thời gian đáp ứng	≤100ms	≤750ms
Chuẩn kết nối	I2C	1-Wire Interface
Kích thước	16mm x 98mm	3 pins

Việc kết nối các cảm biến với MCU có thể được thực hiện với các chuẩn truyền thông kết nối có dây. Trong hệ thống, các cảm biến sử dụng các chuẩn truyền thông I2C (AM2315, BH1750) và 1-Wire (DS18B20). Các dữ liệu đo đạt được từ cảm biến sẽ được vi điều khiển đọc vào bộ nhớ tạm và lưu trữ trong CSDL MySQL. Từng loại cảm biến sẽ hoạt động

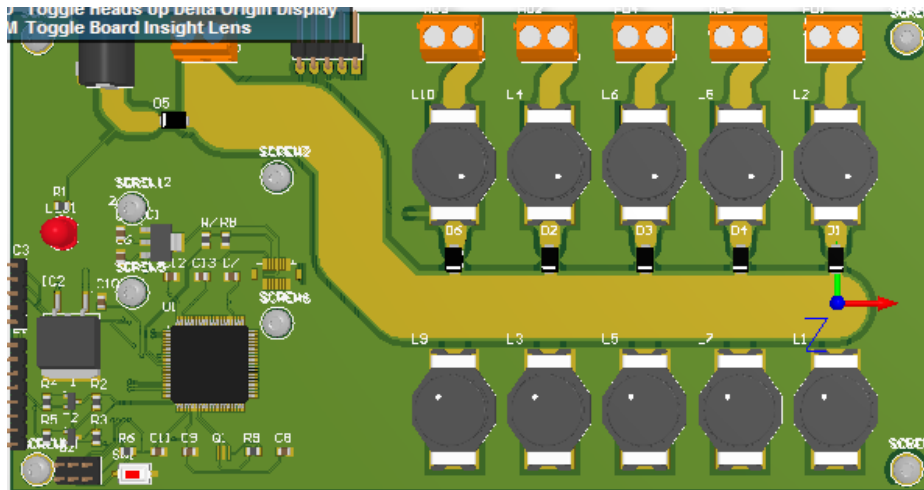
như một hệ thống riêng biệt khi giao tiếp với MCU và các cảm biến có thể được thay thế bởi người sử dụng một cách dễ dàng thông qua các đầu nối xoắn ốc. Trong Bảng 2 mô tả các đặc điểm chính của các chuẩn kết nối không dây được ứng dụng rộng rãi hiện nay.

Bảng 2 The comparison of wireless communication technology

Tên gọi	Dây tần số	Phạm vi truyền thông	Tốc độ dữ liệu	Kỹ thuật mã hóa	Ứng dụng
Zigbee	2.4GHz	<1.6Km	<250kbps	DSSS, CSMA/CA	Nông nghiệp, nhà thông minh
GSM	GSM850MHz, GSM900MHz DCS1800MHz or PCS1900MHz	Depend on network	<85.6kpbs	TCP/UDP, HTTP	Internet, Vice, SMS, Nông nghiệp
Bluetooth	2.4GHz	<90m	<1Mbps	FHSS	Tự động hóa, nhà thông minh
Wifi	2.4GHz	<45m	<1-100Mbps	DSSS/CCK, OFDN	Video, thành phố thông minh, nông nghiệp
Lora	433MHz 868MHz or 915 MHz	<10km	<19.7kbps	OOK/FSK	Nông-công nghiệp, thành phố thông minh, nông nghiệp, nhà thông minh

Các chuẩn kết nối không dây này rất quan trọng, do nó sẽ làm tăng khả năng sử dụng của các cảm biến, các thiết bị mà không bị giới hạn về mặt địa lí, không gian, nhưng sẽ làm tăng chi phí sản xuất. Vì vậy, phải thiết kế lại tất cả các kết nối này theo yêu cầu của hệ thống, sử dụng các định dạng dữ liệu phải chặt chẽ, theo cách cụ thể nào đó để tương thích với giao diện phần mềm web và có thể sử dụng mở rộng với các

hệ thống khác. Một bảng mạch in điều khiển thứ hai (Hình 2) được thiết kế để kết nối với tất cả các thiết bị truyền động như bơm mini hoặc một số rơ-le. Người dùng có thể dễ dàng điều khiển và nhận biết trạng thái các thiết bị điều khiển này đang hoạt động dựa trên các màu sắc trên giao diện của phần mềm.



Hình 2 Bảng mạch in kết nối và điều khiển các thiết bị

2.2 Phần mềm giao diện người dùng

Một giao diện website cấu trúc giao diện đơn giản và dễ sử dụng được thiết kế để dễ tương tác với người dùng. Trong quá trình phát triển, chúng tôi cảm ơn các tác giả và một số trang web [10, 11] đã hướng dẫn chúng tôi hoàn thành ứng dụng này. Ngoài ra, nó có thể được sử dụng để hiển thị thu thập và lưu trữ trong CSDL MySQL. Người dùng có thể điều khiển thiết bị chấp hành như máy bơm, động cơ thông gió, máy phun sương thông qua một CSDL cục bộ và các mã nguồn được lập trình bằng ngôn ngữ Python 2.7. Khi phần mềm khởi động, nó khai báo các biến toàn cục, nhập các thư viện của các cổng GPIO để giao tiếp với RPi3 B+; kiểm tra tất cả các bảng cơ sở dữ liệu đã khởi tạo với các biến chứa các thông số đã thiết lập; xác định các hàm chức năng của hệ thống; kiểm tra các cảm biến được kết nối vào hệ thống. Vì điều khiển có thể truy cập CSDL thông qua các dịch vụ của bộ xử lý RPi3 B+, bộ điều khiển Apache 2.0 và các giá trị được khai báo, nó được xác định bởi một bản ghi các bảng liên kết phức tạp bên trong CSDL tùy chỉnh. Khi gán các biến gán các giá trị trong phần mềm khởi tạo, các kết nối cảm biến sẵn sàng, các GPIO ngoài việc khởi động gỡ lỗi cơ bản, cho phép gỡ lỗi của người dùng, khi bộ cảm biến bị lỗi trong khi khởi chạy lần đầu. RPi3 B+ chịu trách nhiệm đọc dữ liệu cảm biến và xuất ra các cảnh báo cho người dùng. Dữ liệu được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu sau khi kiểm tra và xử lý. Vì vậy, chúng tôi có thể dễ dàng tiếp cận bất kỳ nơi nào để lấy kết quả dữ liệu đo được từ nhiều loại cảm biến.

Tùy thuộc vào cấu hình của cảm biến có thể hiển thị dữ liệu từ nhiều cảm biến cùng một lúc, nhưng điều này có thể được mở rộng với nhiều cảm biến. Sau khi dữ liệu đọc được thực

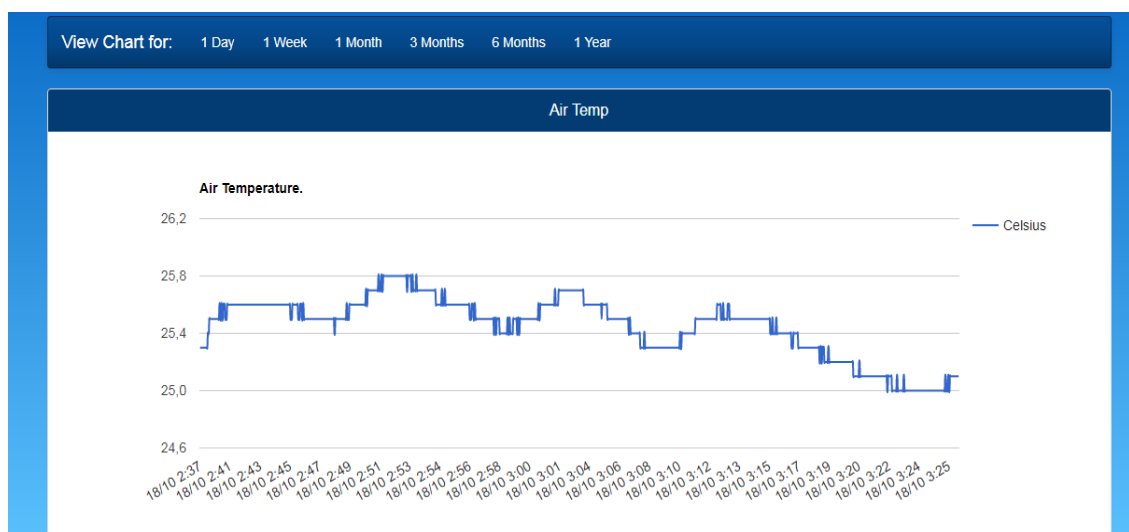
hiện, các sự kiện đang diễn ra tùy thuộc vào mã nguồn đã lập trình trước đó. Nếu tại phần tiếp theo không có bất kỳ lỗi nào và giá trị của cảm biến lớn hơn 0, dữ liệu đo được sẽ được lưu, thiết bị sẽ cố gắng thực hiện lưu dữ liệu vào bảng bên trong CSDL MySQL với tên "sensors" và bảng "relay_num_timer". Nếu có sự cố với cơ sở dữ liệu hoặc không thể khởi động trong hệ thống, thông báo lỗi sẽ được tạo để cảnh báo người dùng và khởi động lại toàn hệ thống. Với cơ sở dữ liệu đang hoạt động, thiết bị sẽ tự động tạo cấu trúc thư mục và việc thu thập dữ liệu bắt đầu vào tệp tin "config.json" bằng cách sử dụng cấu trúc tệp được xác định. Cấu trúc này tạo điều kiện dễ dàng và chuẩn hóa cho việc xử lý tiếp trên các thiết bị khác.

3 Kết quả thực nghiệm và thảo luận

Tiếp theo, nghiên cứu này sẽ trình bày các thực hiện với hệ thống được thiết kế và ghi lại dữ liệu đo được trong một tuần không liên tục với khoảng thời gian thu thập mẫu khoảng 30 giây trong điều kiện nhiệt độ phòng và giao diện được đề xuất như thể hiện trên Hình 3 và Hình 4. Kết quả đo được của các cảm biến bên trong phòng đã được ghi lại và hiển thị lên các biểu đồ trong Hình 4 thể hiện sự thay đổi nhiệt độ trong ngày mà các cảm biến đã đo được từ điều kiện môi trường bên ngoài. Trong khi thông số nhiệt độ môi trường có dấu hiệu dao động quanh giá trị 25°C (được thử nghiệm bên trong căn phòng nhỏ 25m²). Các giao tiếp với các loại cảm biến còn lại cũng tương tự của các cảm biến khác cũng được hiển thị trên phần mềm. Các kết quả đo được thể hiện trong Hình 3.

Danh Sách Các Cảm Biến			
Sensor	Now	Avg	State
Nhiệt độ nước(DS18B20)	24.7°C		
Nhiệt độ không khí(AM2315)	24.8°C		
Độ ẩm không khí(AM2315)	67.2%RH		
Cường độ ánh sáng(BH1750)	253.3lux		
Các Thiết Bị Điều Khiển			
Relay	Setting		
Humidifier	On	Auto	Off
Lights	On	Auto	Off
Water Feature	On	Auto	Off
Miscellaneous	On	Auto	Off

Hình 3 Giao diện chính của phần mềm



Hình 4 Ảnh chụp biểu đồ của cảm biến nhiệt độ không khí

4 Kết luận

Trong bài báo này, một thiết kế hệ thống cảm biến sử dụng máy tính RPi3 B+ chạy hệ điều hành Raspbian và một giao diện web nhằm theo dõi một số thông số của môi trường đã được trình bày. Hệ thống được thiết kế bao gồm một cảm biến AM2315 đo nhiệt độ, độ ẩm trong không khí; một cảm biến nhiệt độ trong nước DS18B20; một cảm biến BH1750 đo cường độ ánh sáng mặt trời, cơ cấu cơ khí và một máy chủ cục bộ được cài CSDL MySQL. Hệ thống thiết kế có thể được sử dụng để thu thập nhiệt độ trong nước, nhiệt độ và độ ẩm trong không khí bên trong nhà kính, cũng như phân

tích môi trường trước từ dữ liệu thu thập được trong cơ sở dữ liệu của RPi 3 B+. Đề tài cũng đã thực hiện được một số thí nghiệm với kết quả đo lường các cảm biến này và cải thiện chính xác dữ liệu được thu thập. Xa hơn, sẽ tiến hành thực nghiệm tại các vườn trồng cây ăn quả của nông dân và cải tiến các nhược điểm của hệ thống. Người dùng có thể kiểm tra từ xa các điều kiện môi trường bên trong ngôi nhà xanh thông qua hệ thống giám sát.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ NTTU trong đề tài mã số 2018.01.05.

References

1. M. Rahimi et al. "Cyclops: In situ image sensing and Interpretation in wireless sensor networks", in ACM Sen Sys, 2005
2. S. Hengstler et al. "Mesheye: A hybrid-resolution Smart camera mote for applications in distributed Intelligent surveillance", in IPSN, 2007
3. P. Chen et al. "Citric: A low-bandwidth wireless Camera network platform," in ACM/IEEE ICDCS, 2008
4. LoRa Alliance, "LoRa WAN specification, v1.01," Oct. 2015
5. V. Lecuire, L. Makkaoui, and J. -M. Moureaux, "Fast Zonal DCT for energy conservation in wireless image sensor networks", Electronics Letters, vol. 48, 2012
6. Aloÿs Augustin¹, Jiazi Yi^{1,*}, Thomas Clausen¹ and William Mark Townsley², "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things", Journal of Agricultural Informatics, vol. 6, No. 2:54-61, 2015.
7. Evidence Embedding Technology, "Seed-eye board, a multimedia wsn device"
8. A. Rodriguez-Vazquez et al. "The Eye-RISC MOS vision system," in Analog Circuit Design, H. Casier, M. Steyaert and A. V. Roermund, Eds
9. A. Rowe, D. Goel, and R. Rajkumar, "Firefly mosaic: A vision-enabled wireless sensor networking system," In IEEE RTSS, 2007
10. Tools, Available at: www.w3school.com
11. Python tutorial, Available at: <https://myhydropi.com/hosting-a-website-on-a-raspberry-pi>
12. Evidence Embedding Technology, "CMU cam: open source programmable embedded color vision sensors"

Multiple Sensors System Design using Raspberry Pi for Monitoring the Greenhouse Environment

Le Truong Giang^{1*}, Nguyen Duy Trinh²

¹Institute of Science and Technology of Industry 4.0, Nguyen Tat Thanh University

²Nguyen Tat Thanh Institute of Hi-Technology, Nguyen Tat Thanh University

*letruonggiang2211@gmail.com or ltgiang@ntt.edu.vn

Abstract A multi-sensor system that uses wireless sensing is designed and implemented for monitoring many parameters of environment inside a greenhouse. In agricultural sector, sensors are used to collect air temperature, air humidity, soil moisture and intensity of sun light inside the greenhouse. The measurement results are sent to a Raspberry Pi which works like a coordinator in a wireless sensor network. The data collected from sensor node are stored in a local database and analyzed by the Raspberry Pi. It uses WiFi (IEEE 802.11g standard, operating at 2.4GHz) standard protocol to communicate with a router and uses wired connection to sensors. A website interface application is designed for experiments and showing the measured results on the greenhouse. The proposed system can be used to monitor multiple agricultural data on the greenhouse with highly exact results.

Keywords wireless sensor network, monitoring agricultural data, chemical sensor, climate sensor, monitoring environment