

Nghiên cứu thiết kế thiết bị đo năng lượng 1 pha không dây ứng dụng trong các tòa nhà thông minh

Lê Quyết Thắng*, Trần Văn Mạnh, Trịnh Công Đồng, Nguyễn Huy Phương, Nguyễn Hoàng Nam, Bùi Đăng Thành

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận bài 21.10.2015, ngày chuyển phản biện 26.10.2015, ngày nhận phản biện 23.11.2015, ngày chấp nhận đăng 30.11.2015

Bài báo trình bày về phân tích thiết kế và chế tạo thiết bị đo năng lượng trong mạch 1 pha, ứng dụng trong tòa nhà thông minh. Thiết bị này được phát triển dựa trên vi điều khiển Pic18f87j72, trong đó sử dụng biến dòng để đo dòng điện và sử dụng mạch phân áp để đo điện áp. Phần mềm thu thập số liệu của thiết bị thông qua máy tính giám sát được xây dựng trên Visual Studio, cho phép người dùng dễ dàng kiểm soát các số liệu đo được.

Từ khóa: thiết bị đo năng lượng, thuật giải, truyền thông ZigBee.

Chỉ số phân loại 2.2

DESIGNING THE ONE PHASE ENERGY MEASURING DEVICE APPLIED FOR SMART BUILDINGS

Summary

This paper presents the analysis, design and implementation of an energy measuring device in the one-phase circuit as a result of application of intelligent buildings. This device was developed based on the microcontroller Pic18f87j72, including the current measurement using current transformers and the voltage measurement using potentiometer circuit. A data collection software on a computer was written on Visual Studio, allowing users to easily monitor measurement data from the device.

Keywords: energy measuring device, the algorithm, ZigBee.

Classification number 2.2

Giới thiệu

Nhà thông minh có thể hiểu là nhà ứng dụng công nghệ tự động hóa làm cho con người có cuộc sống thuận tiện hơn. Hiện có nhiều nghiên cứu liên quan đến nhà thông minh, trong đó có thể kể đến các nghiên cứu liên quan đến các thiết bị tiêu thụ năng lượng thấp sử dụng sóng wifi dùng cho tự động hóa tòa nhà [1], các ứng dụng trên các nền tảng di động như Android, iOS... cho hệ thống nhà thông minh [2]. Ngoài ra, còn có nghiên cứu về nhà thông minh tích hợp tính năng tiết kiệm năng lượng, quản lý năng lượng thông qua việc phân tích cách thức sử dụng của người tiêu dùng [3, 4], và xây dựng hệ thống nhà thông minh dựa trên công nghệ nhúng, truyền thông 3G, truyền thông Zigbee nhằm khắc phục các nhược điểm về tính rời rạc đơn lẻ, khả năng truy cập yếu, tạo ra hệ thống linh hoạt cả cấu trúc phần cứng và phần mềm [5, 6]. Các nghiên cứu về vấn đề sử dụng thuật ngữ nhà thông minh một cách chính xác và khoa học trong không gian theo vị trí và môi trường làm việc cũng được nêu ra trong [7].

Việc nghiên cứu phát triển thiết bị đo năng lượng 1 pha với nhiều tính năng linh hoạt dựa trên vi điều khiển vẫn là hướng nghiên cứu đang được quan tâm. Việc làm chủ công nghệ cũng như đưa sản phẩm vào sử dụng thực tế trong các tòa nhà là mục tiêu của nghiên cứu này.

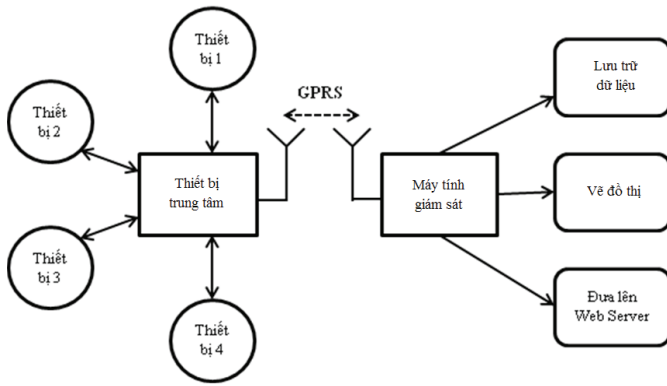
Thiết kế thiết bị đo và giám sát năng lượng 1 pha

Sơ đồ khối

Mô tả về hệ thống đo năng lượng trong tòa nhà được thể hiện

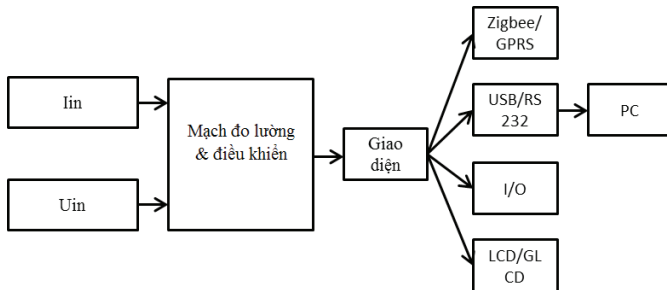
*Tác giả liên hệ: Email: lethang5282@gmail.com

trên hình 1, trong đó thiết bị đo năng lượng (thiết bị 1, thiết bị 2...) là các phần tử trong hệ thống.



Hình 1: sơ đồ khối của hệ thống

Mô tả về thiết bị đo năng lượng được thể hiện trên hình 2, dòng điện (I), điện áp (U) cần đo được đưa qua biến dòng, mạch phân áp qua bộ lọc thông thấp vào khối xử lý trung tâm thông qua chip Pic18f87j72 của MICROCHIP được thiết kế chuyên dụng cho đồng hồ đo điện tử với hiệu suất tính toán cao, hoạt động với nhiều chức năng ADC (Analog digital converter) có độ chính xác, điều khiển màn hình LCD (Liquid crystal display) linh hoạt. Tại đây, các thuật toán được áp dụng để xử lý tín hiệu đo; sau khi hiệu chỉnh sẽ thông qua giao diện, truyền phát và hiển thị ở các dạng khác nhau.



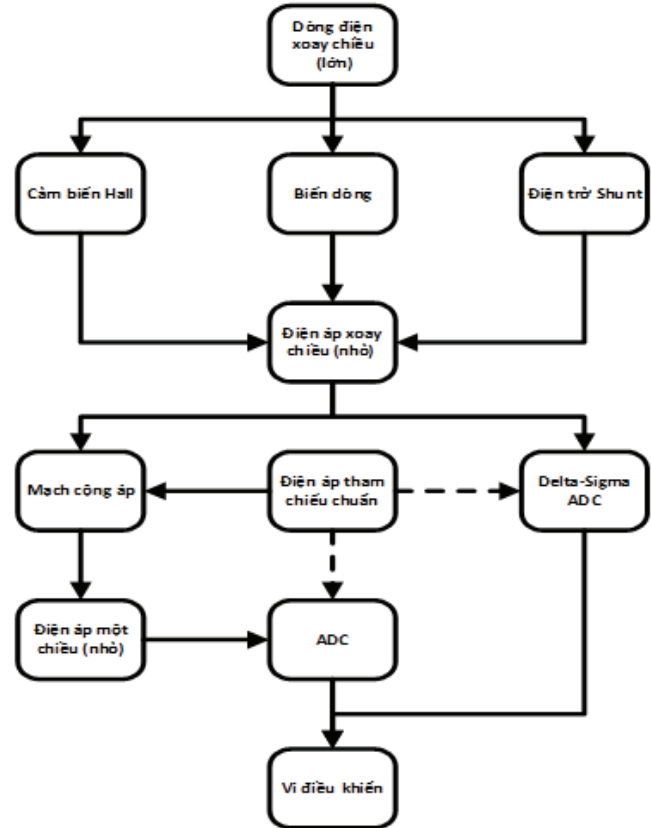
Hình 2: sơ đồ khối thiết bị đo năng lượng

Thiết kế phần cứng

Đo dòng điện:

Phương pháp đo dòng điện xoay chiều được tóm lược trên hình 3. Biến dòng có nhiều ưu điểm về chất lượng đo, dễ thực hiện và giá thành thấp nên được lựa chọn là giải pháp đo trong nghiên cứu này. Cấu tạo của nó giống với biến áp, bao gồm 2 cuộn dây và 1 lõi từ, 2 cuộn dây được gọi là cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp. Cuộn sơ cấp thường chỉ có 1 đến 2 vòng dây, cuộn

thứ cấp có tới hàng nghìn vòng dây. Dòng điện xoay chiều trong cuộn sơ cấp tạo ra 1 từ trường xoay chiều trong lõi từ, từ trường này gây ra 1 dòng điện xoay chiều trong cuộn dây thứ cấp. Mục tiêu quan trọng khi sử dụng biến dòng là dòng điện trong cuộn thứ cấp sẽ tuyến tính với dòng điện trong cuộn sơ cấp.

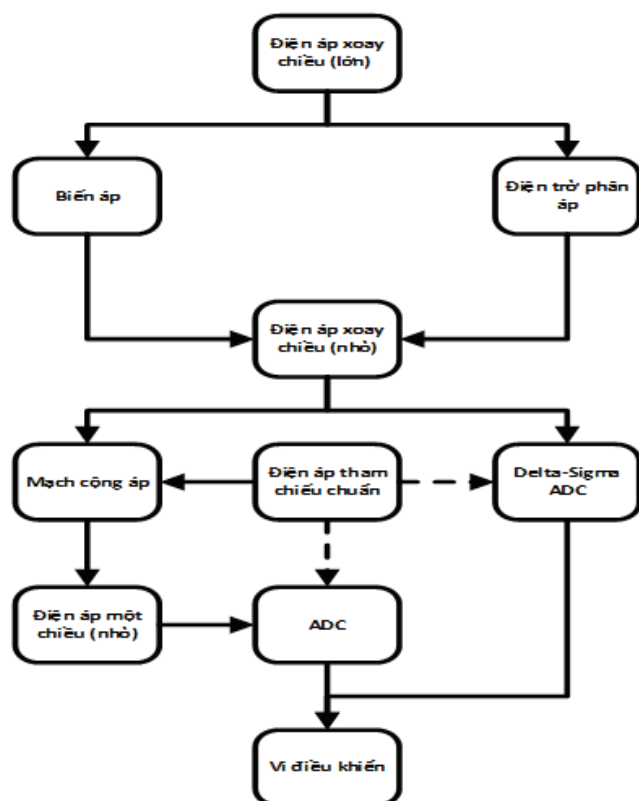


Hình 3: lưu đồ các phương pháp đo dòng điện

Đo điện áp:

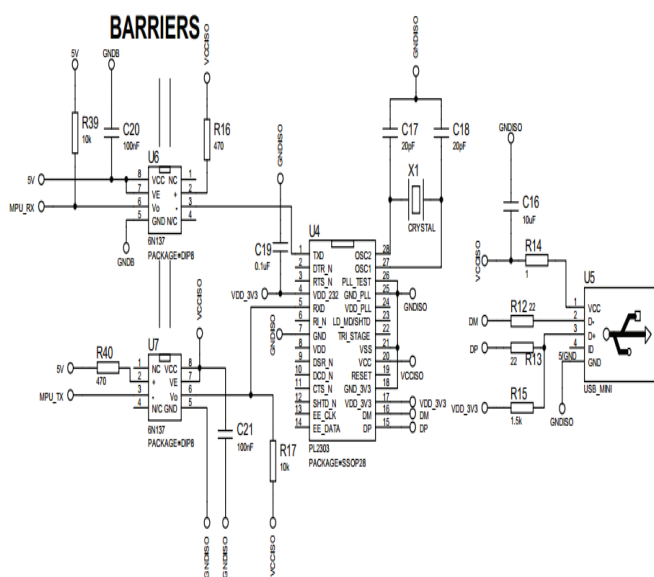
Mô tả về đo điện áp được thể hiện trên hình 4, trong nghiên cứu này sử dụng điện trở phân áp kết hợp với mạch lọc thông thấp, trong đó tín hiệu đo được đưa vào bộ AFE (Analog Front End), chúng được thiết kế để đáp ứng các tiêu chuẩn đo lường quốc tế, tích hợp nhiều tính năng khuếch đại, lọc, bù pha, chuyển đổi được điện áp âm, với độ phân giải lớn (16 đến 24 bit) và có thể lập trình được. Bộ ADC sử dụng thuật toán nhằm giảm thời gian nhàn rỗi trong chuyển đổi, cải thiện chỉ số THD (độ méo sóng hài). Trước mỗi bộ chuyển đổi là bộ khuếch đại (PGA), khuếch đại các tín hiệu yếu, cho phép điện áp nhỏ đi qua, cho phép tích hợp các cảm biến điện áp, dòng điện như: biến dòng, biến áp, điện trở shunt, cuộn dây rogowski...

Thiết kế phần truyền thông:



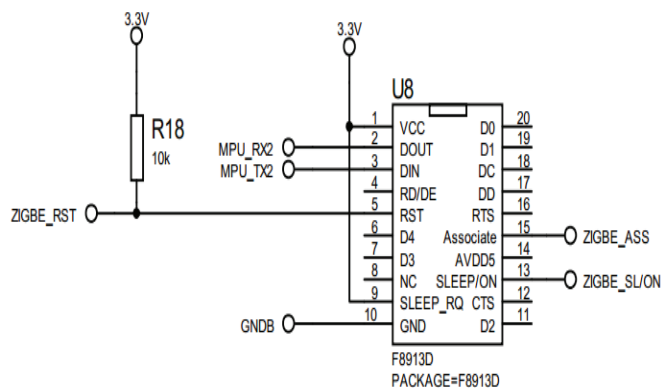
Hình 4: lưu đồ các phương pháp đo điện áp

Phần truyền thông được chia làm 2 khối riêng biệt, khối thứ nhất thực hiện nhiệm vụ truyền dữ liệu lên máy tính thông qua USB phục vụ cho việc gỡ rối chương trình và hiệu chỉnh thiết bị. Mạch sử dụng chip PL2303 kết hợp thêm cặp Optocoupler 6N137 nhằm đảm bảo an toàn tuyệt đối cho máy tính, cách ly hoàn toàn khỏi thiết bị (hình 5).



Hình 5: sơ đồ kết nối truyền thông với máy tính

Khối thứ 2 thực hiện nhiệm vụ truyền dữ liệu về trung tâm thông qua truyền thông Zigbee/GPRS và module F8913 của hãng “Four-Faith” tuân theo tiêu chuẩn IEEE 802.15.4, dải tần: ISM 2,4~2,5 GHz (hình 6).

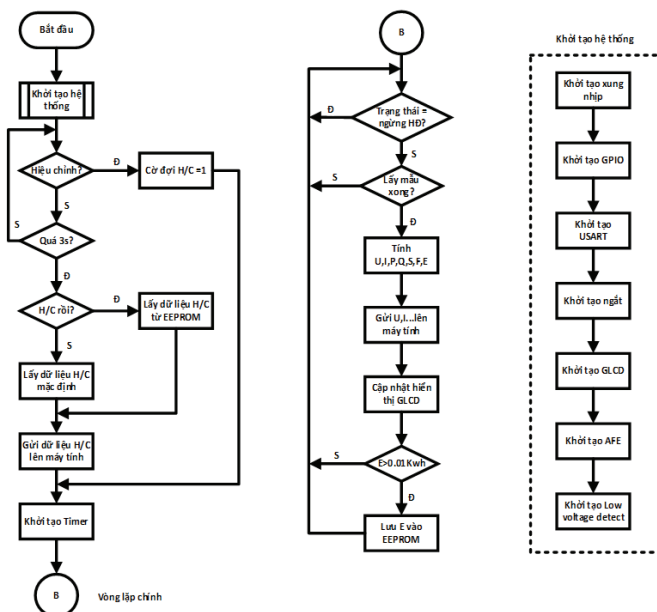


Hình 6: sơ đồ kết nối truyền thông Zigbee

Thiết kế phần mềm

Phần mềm viết cho vi điều khiển:

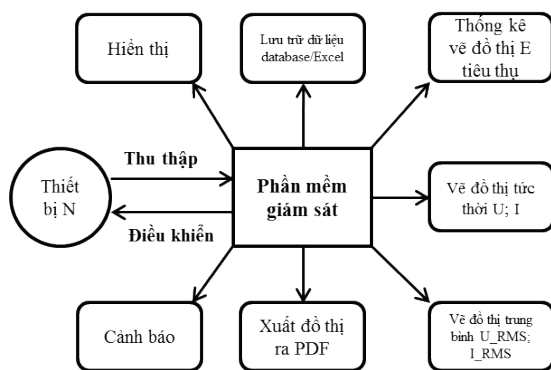
Phần mềm được viết theo lưu đồ hình 7, sau khi được cấp nguồn, thiết bị sẽ khởi động các tính năng cần thiết, sau 3s để máy tính gửi lệnh hiệu chỉnh xuống, khi thiết bị nhận được lệnh hiệu chỉnh, nó sẽ bật cờ hiệu chỉnh lên “1”, cho phép lưu lại các giá trị hiệu chỉnh được máy tính gửi xuống vào EEPROM, nếu quá 3s mà không nhận được lệnh hiệu chỉnh, thiết bị sẽ tự động lấy các giá trị hiệu chỉnh từ EEPROM đã được hiệu chỉnh trước đó hoặc lấy các giá trị mặc định trong chương trình. Sau đó, thiết bị sẽ hoạt động dựa trên sự điều khiển của máy tính, nếu máy tính gửi lệnh hoạt động xuống, nó sẽ cho phép ngắt AFE, cho phép thiết bị lấy mẫu tín hiệu trên 2 kênh đầu vào, khi đủ 512 mẫu sẽ bật cờ kết thúc quá trình lấy mẫu lên 1, thiết bị tính toán các thông số cần thiết sau đó gửi lên máy tính và hiển thị ra màn hình LCD. Khi máy tính gửi lệnh dừng hoạt động thì thiết bị sẽ dừng và không cho phép ngắt AFE. Nếu phát hiện ra điện áp dưới mức đã định sẽ xảy ra ngắt “Low voltage detected” cho phép lưu lại giá trị điện năng đã sử dụng vào EEPROM, tránh trường hợp bị mất dữ liệu.



Hình 7: lưu đồ thuật toán viết cho vi điều khiển (H/C: hiệu chỉnh; HD: hoạt động)

Phần mềm giám sát:

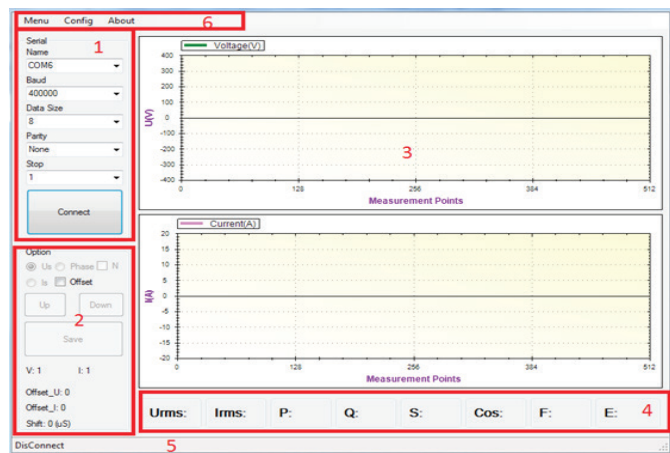
Phần mềm giám sát cài đặt trên máy tính trung tâm, được viết trên Microsoft Visual Studio, thực hiện chức năng thu thập dữ liệu từ các thiết bị gửi về, lưu trữ, vẽ đồ thị tức thời của U và I, vẽ đồ thị điện áp hiệu dụng U_{RMS} , dòng điện hiệu dụng I_{RMS} , năng lượng tiêu thụ, cosφ theo giờ, ngày, tháng (hình 8).



Hình 8: sơ đồ tính năng phần mềm giám sát

Chương trình có khả năng tự động phát hiện cổng COM khi có 1 thiết bị được kết nối với máy tính, thông báo cho người giám sát biết tình trạng kết nối với thiết bị, bản tin được truyền nhận thành công hay thất bại...

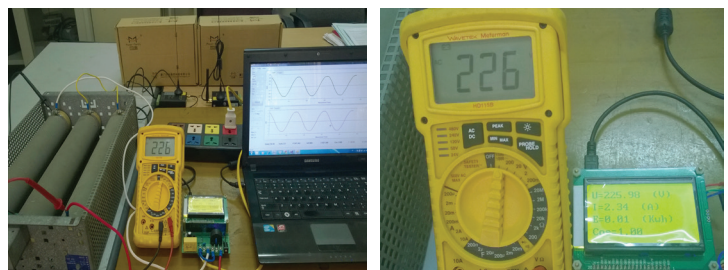
Giao diện chương trình sẽ tự động thay đổi theo lựa chọn của người giám sát sao cho phù hợp, khi người giám sát thay đổi loại đồ thị thì tên và thang đo trên đồ thị ngay lập tức sẽ thay đổi. Thời gian kết thúc thay đổi phụ thuộc vào thời gian bắt đầu, đảm bảo thời gian kết thúc luôn lớn hơn thời gian bắt đầu (hình 9).



Hình 9: thiết kế giao diện chương trình giám sát

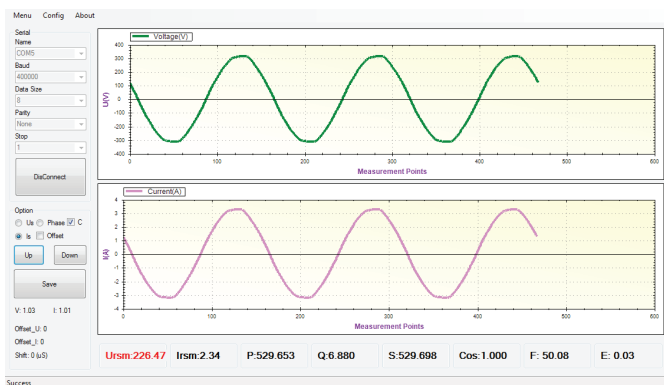
Kết quả nghiên cứu

Bước đầu, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm mạch với các tải là thuần trở. Các tải thử nghiệm này có sẵn trong phòng thí nghiệm của Viện Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, phục vụ cho các nghiên cứu về thay đổi tính chất của tải. Các thông tin về thiết bị đo, kết quả dòng điện, điện áp được thể hiện trong phần sau. Do sai số của linh kiện, các loại nhiễu, điều kiện thời tiết, và nhiều yếu tố khách quan, thiết bị đo được hiệu chỉnh bằng 1 máy phát tín hiệu chuẩn, phát ra tín hiệu có các thông số nhất định, sau đó sử dụng thiết bị, đo tín hiệu được tạo ra, so sánh kết quả và tiến hành hiệu chỉnh sao cho đạt độ chính xác như máy phát tín hiệu chuẩn (hình 10).



Hình 10: chạy thử nghiệm với tải thuần trở

Mạch đo nhận các thông số của mạch 1 pha từ tải cần đo; dữ liệu sau khi được tính toán bằng bộ AFC được gửi đồng thời đến ZigBee và máy tính, thể hiện trên hình 11. Kết quả ban đầu cho thấy, thiết bị hoạt động tốt, ngay cả khi một số nhiễu được tạo ra trong quá trình thử nghiệm thì các thuật toán cài đặt trong vi điều khiển đã dễ dàng tìm ra các điểm bắt đầu của chu kỳ tín hiệu xoay chiều để từ đó xác định được các thông số liên quan như góc pha, hệ số công suất.



Hình 11: giá trị đo được và vẽ đồ thị trên máy tính

Kết luận

Các kết quả đạt được cho thấy, thiết bị đo năng lượng trong mạch 1 pha đã hoạt động ổn định trong phòng thí nghiệm. Hiện thiết bị đang được phát triển thêm các thuật toán để tăng sự linh hoạt khi áp dụng vào thực tế, trong đó có thể kể đến là việc cho phép người dùng giám sát số liệu về năng lượng thông qua các thiết bị di động.

Bước đầu truyền thông giữa thiết bị và máy tính giám sát được thực hiện thông qua giao tiếp USB đã hoạt động tốt. Dự kiến bước tiếp theo sẽ triển khai thông qua mạng GPRS/3G để cho phép người dùng có thể giám sát các số liệu đo thông qua mạng viễn thông.

Tài liệu tham khảo

- [1] Folea S, Bordenca D, Hotea C, Valean H (2012), “Smart home automation system using Wi-Fi low power devices”, *Proceeding of IEEE international conference on automation quality and testing robotics*, pp.569-574, Cluj-Napoca, Romania.
- [2] Ramlee R.A, Othman M.A, Leong M.H, Ismail M.M (2013), “Smart home system using android application”, *Proceeding of IEEE international conference on Information and Communication Technology (ICICT)*, pp.277-280, Bandung, Indonesia.
- [3] Jahn M, Jentsch M, Prause C.R, Pramudianto F (2010), “The Energy Aware Smart Home”, *Future Information Technology (FutureTech), 5th International Conference on*, pp.1-8, Busan, Korea.
- [4] Adam Zipperer, Patricia A, Aloise-Young, Siddharth Suryanarayanan, Robin Roche, Lieko Earle, Dane Christensen, Pablo Bauleo, Daniel Zimmerle (2013), “Electric Energy Management in the Smart Home: Perspectives on Enabling Technologies and Consumer Behavior”, *Proceeding of National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, USA.
- [5] Dongmei Yan, Zhiguang Dan (2010), “ZigBee-based Smart Home system design”, *Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 3rd International Conference on*, Vol.2, Chengdu, China.
- [6] Kang Bing, Liu Fu, Yun Zhuo, Liang Yanlei (2011), “Design of an Internet of Things-based smart home system”, *Intelligent Control and Information Processing (ICICIP), 2nd International Conference on*, Vol.2, pp.921-924, Harbin, China.
- [7] Sanchez A, Tercero R (2010), “Smart Home Technologies: Uses and Abuses”, *Artificial Intelligence (MICAI), Ninth Mexican International Conference on*, pp.97-102, Pachuca, Mexico.