สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยการส่งข้อมูลผ่านสายไฟและแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยโปรโตคอล เอ็มคิวทีที

ELECTRICITY CONSUMPTION METER VIA POWER LINE USING MQTT PROTOCOL

T144237

โดย

สรกฤช ฉัตรมาลัย

SORAKRIT CHUTMALAI

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. ปานวิทย์ ธุวะนุติ

TN. ส323ค 2557
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....144237
วัน,เดือน,ปี.....09 พ.ย. 2559
ว.00264417
.b.....12817132
.i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาอิสระ 2
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICITY CONSUMPTION METER VIA POWER LINE USING MQTT PROTOCOL

SORAKRIT CHUTMALAI

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY 2

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2015

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองการศึกษาอิสระ 2 (INDEPENDENT STUDY 2)

เรื่อง

เครื่องวัดการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยการส่งข้อมูลผ่านสายไฟและแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยโปรโตคอล เอ็มคิวทีที

ELECTRICITY CONSUMPTION METER VIA POWER LINE USING MQTT PROTOCOL

นายสรกฤช ฉัตรมาลัย

รหัสประจำตัว 56606058

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด

รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ

การศึกษาวิชาการศึกษาอิสระ 2 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

.....**อาจารย์ที่ปรึกษา**

(ผศ.ดร. ปานวิทย์ ธุวนุติ)

.....**กรรมการสอบ**

(รศ.ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์)

.....**กรรมการสอบ**

(ผศ.ดร.กันต์พงษ์ วรรัตน์ปัญญา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	เครื่องวัดการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยการส่งข้อมูลผ่านสายไฟและแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยโปรโตคอลเอ็มคิวทีที
รหัสนักศึกษา	56606058
นักศึกษา	นายสรกฤช ฉัตรมาลัย
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีเครือข่ายและระบบ
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ปานวิทย์ ธุวนุติ

บทคัดย่อ

การใช้ไฟฟ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากจำนวนประชากรได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงมากขึ้นตาม ปัจจุบันเราสามารถรู้ว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดมีการใช้พลังงานเท่าไร เพียงแค่ต่อพ่วง ผ่านเซ็นเซอร์ขนาดเล็ก ก็สามารถรู้การใช้พลังงานของมันได้ว่า ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากน้อยแค่ไหน

ในโลกยุคปัจจุบันอินเทอร์เน็ต ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตของพวกเราไปแล้ว การสื่อสารที่สะดวกที่สุดที่เรานึกถึงก็คือ การสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แต่ถ้ามองให้ลึกลงไปอีก การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ด้วยกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีคนมาสั่งการ เรียกได้ว่า เป็นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ด้วยกันแบบอัตโนมัติ ยังเป็นเรื่องที่ใหม่อยู่ เราเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า อินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ (Internet of things)

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ได้มีการประยุกต์ ใช้งานด้านการรับและส่งข้อมูล จากการใช้เซ็นเซอร์ในการวัดพลังงานไฟฟ้า และคำนวณออกมาเป็นจำนวนเงินที่ต้องเสีย ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Electricity Consumption Meter Via Power Line using MQTT Protocol
Student	Mr.Sorakrit Chutmalai
Student ID.	56606058
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Network Technology and System
Academic Year	2014
Advisor	Asst. Prof. Dr.Panwit Tuvanut

ABSTRACT

From the past until now, demanding of electrical energy has increased, as the result of continuous population growth. Moreover, most people would like to know the electric consumption for each device. Nowadays, measurement of electrical power is able to perceive by peripheral device which is using a small sensor to indicate consuming of electrical power.

Furthermore, the simple way to connected together is the Internet connection as well as the Internet has become a part of our life. "Internet of things", which is the connection between devices via the Internet connection without controlling by humans, is a new technology that has connected automatically between devices.

Therefore, the study will apply this channel to send and receive electric consumption data of device from sensor, also calculate amount of money that we have to pay before automatically send out all information through Internet connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาอิสระ เครื่องวัดการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยการส่งข้อมูลผ่านสายไฟและแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ตด้วยโปรโตคอลเอ็มคิวทีที สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปานวิทย์ ธุวนุติ ที่รับเป็นที่ปรึกษาให้กับข้าพเจ้า โดยกรุณาให้คำปรึกษาและช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาด ตลอดจนให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำโครงการครั้งนี้ตลอดจนสำเร็จโครงการ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า ซึ่งความรู้ต่างๆ ได้นำมาพัฒนาโครงการนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะ ตลอดจนคอยให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาและครอบครัวของข้าพเจ้าผู้ซึ่งเป็นที่เคารพและรักยิ่ง ที่เป็นกำลังใจแรงบันดาลใจ ส่งเสริมและสนับสนุนในทุกเรื่อง จนทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงการนี้ให้สาเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีและประโยชน์อันพึงมาจากโครงการนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สรกฤช ฉัตรมาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 1

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงงาน 2

1.5 ขอบเขตโครงงาน 2

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา 2

บทที่ 2 ทฤษฎี หลักการ และอุปกรณ์ที่นำมาใช้

2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Powerline Communication : PLC) 4

2.2 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ (Internet of Things) 5

2.3 โปรโตคอล เอ็มคิวทีที (Message Queue Telemetry Transport : MQTT) 5

2.4 ลักษณะของสัญญาณแต่ละประเภทที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล 8

2.5 การมอดูเลต 9

2.6 เพาเวอร์ไลน์ มอดูล (Powerline Module) 10

2.7 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) 11

2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 12

2.9 เซ็นเซอร์วัดกระแส (Current Sensor : Hall Effect) 16

บทที่ 3 วิเคราะห์ทดสอบ และออกแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

3.1 การทดสอบ เพาเวอร์ไลน์ มอดูล 18

3.2 การทดสอบ การรับ-ส่งข้อมูลของ เพาเวอร์ไลน์ มอดูล 21

3.3 การทดสอบ การส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า 22

3.4 การทดสอบส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ 25

3.5 รายละเอียดของวงจรแต่ละชนิด 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.6 บล๊อกไดอะแกรม (Block Diagram) 30
บทที่ 4 ออกแบบการทำงานของระบบ และตรวจสอบการทำงานจริง
4.1 แอกทิวิตี ไดอะแกรม (Activity Diagram) 32
4.2 พิจารณาการทำงานของระบบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง 34
บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัย
5.1 การเปรียบเทียบ เพื่อหาความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ ของเครื่องใช้ไฟฟ้า 39
5.2 ข้อสรุปภาพรวมจากโครงการในครั้งนี้ 39
บรรณานุกรม 41
ประวัติผู้เขียน 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงแนวคิดของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ 5
2.2 แสดงการทำงานของโปรโตคอล เอ็มคิวทีที 7
2.3 แสดงการทำงานของโปรโตคอล เอ็มคิวทีที (ต่อ) 8
2.4 แสดงลักษณะของสัญญาณอนาล็อก 8
2.5 แสดงลักษณะของสัญญาณดิจิทัล 9
2.6 แสดงลักษณะการมอดูเลตของสัญญาณแบบ ASK 10
2.7 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ เพาเวอร์ไลน์ มอดูล 10
2.8 แสดงลักษณะของเครื่อง ออสซิลโลสโคป แบบ CRO 11
2.9 แสดงลักษณะของเครื่อง ออสซิลโลสโคป แบบ ดิจิทัล 12
2.10 แสดงลักษณะส่วนประกอบของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 13
2.11 แสดงลักษณะของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบต่างๆ 14
2.12 แสดงลักษณะของบอร์ด อาดุยโน่ (Arduino) 15
2.13 แสดงลักษณะของบอร์ด ราสเบอรี่ พาย (Raspberry Pie) 16
2.14 แสดงลักษณะการทำงานของ Hall Element 16
2.15 แสดงลักษณะของ เซ็นเซอร์วัดกระแส แบบ Hall Effect 17
3.1 แสดงลักษณะของคลื่นพาห์ภายใน เพาเวอร์ไลน์ มอดูล 18
3.2 แสดง สเปกตรัม ของ เพาเวอร์ไลน์ มอดูล 19
3.3 แสดง สัญญาณที่ปรากฏจากการมอดูเลตแบบ ASK 19
3.4 แสดงสัญญาณความถี่ ระหว่างกระแสไฟฟ้า และเพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล 20
3.5 แสดงสัญญาณความถี่ ของเพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล ที่อยู่ร่วมกับกระแสไฟฟ้า 20
3.6 แสดงข้อความเริ่มต้นในการสื่อสารผ่าน เพาเวอร์ไลน์ มอดูล 21
3.7 แสดงข้อความตอบกลับในการสื่อสารผ่าน เพาเวอร์ไลน์ มอดูล 22
3.8 แสดงการอ่านค่าของ เซ็นเซอร์วัดกระแส เมื่อไม่มีการใช้กระแสไฟฟ้า 23
3.9 แสดงกราฟอ้างอิงการอ่านค่าของ เซ็นเซอร์วัดกระแส จาก แผ่นข้อมูล (Data Sheet) 24
3.10 แสดงการอ่านค่าของเซ็นเซอร์วัดกระแส เมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้า 25
3.11 แสดงหน้าเริ่มต้นของผู้ให้บริการที่เป็นเว็บโบรกเกอร์ (Web Broker) 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.12 แสดงหน้าเว็บไซต์หลังจาก ที่มีการล็อกอินเข้ามา ในเว็บโบรกเกอร์ 26
3.13 แสดงการส่งข้อมูลไปยัง เว็บโบรกเกอร์ 27
3.14 แสดงลักษณะของวงจรของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล 28
3.15 แสดงลักษณะของวงจรบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโน่ (UNO 3) 29
3.16 แสดงลักษณะของวงจรเซ็นเซอร์วัดกระแส 29
3.17 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของอุปกรณ์ 31
4.1 แสดงแอกทิวิตี ไดอะแกรม การทำงานของอุปกรณ์ในระบบแต่ละชนิด 32
4.2 แสดงแอกทิวิตี ไดอะแกรม ของอาดุยโน่ ขาส่งข้อมูล ที่มีการประมวลผล 33
4.3 บล๊อกไดอะแกรม ของระบบ ขณะทำงาน 34
4.4 แสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องเสีย เมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้า 35
4.5 แสดงหลักเกณฑ์ในการคิดค่าไฟฟ้าโดยอ้างอิงจากการไฟฟ้านครหลวง 36
4.6 แสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อไม่มีการใช้กระแสไฟฟ้า 36
4.7 แสดงการส่งข้อมูล (Publish) ไปยังเว็บโบรกเกอร์ ที่เชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่าย 37
4.8 แสดงการรับข้อมูล (Subscribe) จากเว็บโบรกเกอร์ ด้วยบอร์ดอาดุยโน่ 37
4.9 แสดงการรับข้อมูล (Subscribe) จากเว็บโบรกเกอร์ ด้วยโทรศัพท์มือถือ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไฟฟ้า เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญกับชีวิต เพราะให้ได้ทั้งแสงสว่างและเป็นแหล่งพลังงานสำหรับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้านานาชนิด ไม่ว่าคุณจะทำอะไร ต้องยอมรับว่าไฟฟ้ากลายเป็นสิ่งที่ทุกคนขาดไม่ได้ เป็นสาธารณูปโภคหลักที่สำคัญของชาติ ลองคิดดูว่าหากไม่มีไฟฟ้าคุณจะใช้ชีวิตลำบากแค่ไหน ทั้งกลางวันและกลางคืน

แต่พลังงาน ก็เป็นสิ่งที่ใช้แล้วมีวันหมดไป การผลิตไฟฟ้าล้วนต้องใช้ทรัพยากรทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นถ่านหินหรือน้ำมัน การใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก เพื่อให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่ามากที่สุด เราสามารถสังเกตการใช้พลังงานได้จากมิเตอร์ไฟฟ้านั่นเอง แต่มันก็เป็นเพียงมิเตอร์รวม ที่วัดการใช้พลังงานรวมทั้งหมดภายในที่พักอาศัยหรืออาคารเท่านั้น

แต่ปัจจุบันเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดการใช้พลังงานมีขนาดเล็กมาก และราคาไม่แพง เพียงแค่ติดตั้ง ไว้คู่กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เราต้องการทราบ ว่ามีการใช้พลังงานเท่าไร ยิ่งนำมาผสานรวมกับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านกระแสไฟฟ้า ซึ่งนับว่า มีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากใช้สายไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟที่มีอยู่แล้ว เป็นตัวช่วยในการรับและส่งข้อมูล ไม่ว่าจะอยู่ภายในหรือภายนอกอาคาร ข้อมูลก็สามารถส่งผ่านถึงกันได้ ก่อนที่จะรวบรวมและส่งออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อที่จะตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ทุกที่ทุกเวลา นั่นเอง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อ จัดทำอุปกรณ์เพื่อมาใช้ในการตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า ผ่านเซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็ก ผสมผสานกับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านกระแสไฟฟ้า (Power Line Communication) และส่งออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ข้อมูลที่ได้รับเป็นแบบปัจจุบัน สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลา ผ่านอุปกรณ์ที่สามารถเข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ทุกรูปแบบ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

สิ่งที่เป็นประโยชน์ของเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านกระแสไฟฟ้า นั้นคือการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ ให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด เนื่องมาจากว่า สายไฟฟ้าในทุกอาคารจะมีการเชื่อมโยงถึงกันหมด นั่นหมายความว่า โอกาสที่จะมีการรับและส่งข้อมูลก็จะครอบคลุมถึงกันด้วย ไม่ว่าคุณจะอยู่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือภายนอกอาคาร แต่มีข้อจำกัดเพียงข้อเดียวนั่นคือ ขอให้สายไฟนั้นอยู่ในเส้นเมนหลักเดียวกันเพียงเท่านั้น เราไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพียงอย่างเดียว เพราะการสื่อสารมีหลากหลายช่องทางและหลายรูปแบบ แต่การศึกษาในครั้งนี้เรามุ่งเน้นที่การสื่อสารผ่านกระแสไฟฟ้า ผนวกกับ การส่งข้อมูลออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบอัตโนมัตินั่นเอง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงงาน

การที่จะรับและส่งข้อมูลภายในกระแสไฟฟ้าได้นั้น เราต้องคำนึงเรื่องความถี่ของสัญญาณภายในกระแสไฟฟ้าก่อนเป็นอันดับแรก เนื่องจากความถี่ภายในของกระแสไฟฟ้านั้นมีค่าเพียงแค่ 50 Hz ซึ่งถือว่าเป็นความถี่ที่ต่ำ เมื่อเทียบกับข้อมูลดิจิทัล ที่มีการรับและส่งข้อมูล ซึ่งจะใช้ความถี่ที่สูงกว่า แต่ทั้งนี้เราสามารถอาศัยเทคนิคและวิธีการที่เรียกว่าการมอดูเลตสัญญาณ ซึ่งหมายถึงนำเอาสัญญาณอนาล็อกและดิจิทัลรวมกัน ก่อนส่งผ่านไปยังตัวกลางซึ่งก็คือกระแสไฟฟ้านั่นเอง โดยอาศัยหลักการ ความถี่ของสัญญาณที่สูงกว่าจะเกาะอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่ต่ำกว่า นั่นหมายความว่าความถี่ของสัญญาณข้อมูลดิจิทัล จะเกาะอยู่บนความถี่ของสัญญาณกระแสไฟฟ้า และเทคนิคการมอดูเลตที่ใช้ก็มีหลายแบบ แต่ที่ใช้ในโครงงานนี้ จะเป็นเทคนิคและวิธีการแบบ Amplitude Shift Keying (ASK) หรือการมอดูเลตแบบเปิด-ปิดนั่นเอง

1.5 ขอบเขตโครงงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนออุปกรณ์ที่ใช้วัดการใช้พลังงานไฟฟ้า และมีการส่งข้อมูลผ่านกระแสไฟฟ้า มีข้อจำกัดเพียงแค่ ขอให้อยู่ในภายใต้ขอบเขตความเร็วในการรับและส่งข้อมูลกับระยะทางตามที่ผู้จัดทำกำหนดขึ้นเท่านั้น และมีการส่งข้อมูลออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านด้วยตัวอุปกรณ์เองโดยอัตโนมัติ

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าและเครือข่ายอินเทอร์เน็ต รวมทั้งหลักเกณฑ์ทฤษฎี ของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แต่ละแบบในโครงการ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเพื่อรับและส่งข้อมูลระหว่างกัน

บทที่ 3 กล่าวถึงการทดสอบ การส่งข้อมูลผ่านกระแสไฟฟ้ากับอุปกรณ์ เพาเวอร์ไลน์มอดูล การทดสอบส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และการทดลองส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ เพื่อนำผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อ ในการรับและส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า ก่อนที่จะส่งออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

บทที่ 4 กล่าวถึง การทำงานของระบบ ที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทั้งหมดที่เชื่อมโยงกัน และตรวจดูผลของการทำงานจริง ตั้งแต่ การส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดกระแส ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อนำไปประมวลผล คิดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายจริง และส่งออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านสายไฟฟ้า เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนั้นถูกต้อง และสามารถใช้ได้จริง

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี หลักการและอุปกรณ์ที่นำมาใช้

2.1 เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Powerline communication : PLC)

หมายถึง การใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวกลางในการสื่อสาร เพื่อรับและส่งข้อมูล โดยมีการใช้งานในลักษณะของระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำและแรงปานกลาง แต่ที่จะกล่าวถึงคือ ไฟฟ้าแรงต่ำที่ใช้ตามบ้านเรือนเท่านั้น (220V) การรับและส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นความเร็วต่ำ เช่น การควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้าน หรือความเร็วสูงอาทิเช่น สัญญาณอินเทอร์เน็ต ต่างก็ใช้ระบบการจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำเหมือนกัน

การสื่อสารรับและส่งข้อมูลแต่ละประเภท ช่วงความถี่ที่ใช้จะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้าน ที่ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ความเร็วที่มากนัก แค่ในระดับกิโลบิตต่อวินาที (Kbps) ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วงระหว่าง 20-200 KHz แต่ถ้า เป็นการสื่อสารที่ต้องการความเร็วสูงในระดับเมกะบิตต่อวินาที (Mbps) เช่น สัญญาณอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ความถี่ที่ใช้ก็จะมากขึ้นตาม โดยมีช่วงความถี่ระหว่าง 2-30 MHz

สำหรับการใช้งานเทคโนโลยีนี้ต้องอาศัยอุปกรณ์ทั้งภาคส่งและภาครับ ซึ่งภาคส่งมันจะส่งสัญญาณคลื่นพาห์ ไปยังภายในของกระแสไฟฟ้าซึ่งจะผสมสัญญาณดิจิทัลลงไปด้วย ในขณะที่ภาครับจะมีการทำงานที่รับรู้ได้ว่า สัญญาณที่ส่งมาเป็นของผู้ส่ง และมันสามารถถอดรหัสแยกออกมาเป็นข้อมูลดิจิทัลได้ โดยที่อุปกรณ์ทั้งภาคส่งและภาครับ สามารถเสียบเชื่อมต่อกับไฟบ้าน (220V) โดยตรงได้เลย

เมื่อเราพิจารณาถึงประสิทธิภาพ เราสามารถแยกข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านกระแสไฟฟ้า ได้ดังนี้

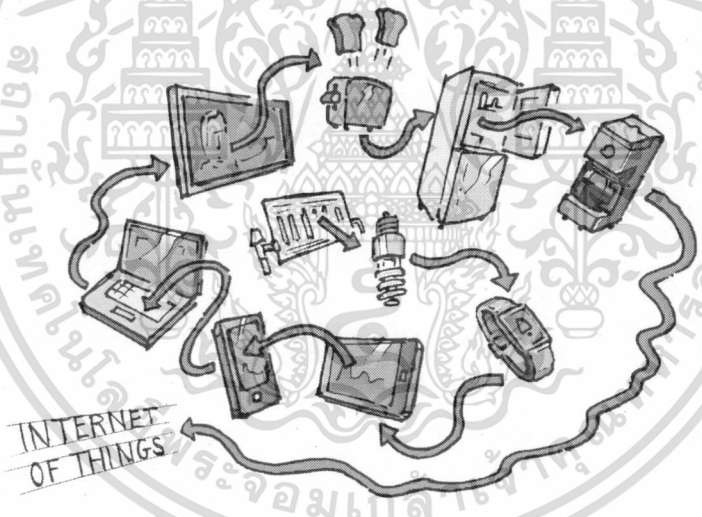
- ข้อดีคือ ระบบไฟฟ้าเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีการติดตั้งใช้งานครอบคลุมทุกพื้นที่อยู่แล้ว เราจึงไม่ต้องลงทุนใหม่ ในการติดตั้งระบบและเดินสายใหม่ สำหรับการให้บริการด้านการสื่อสารรับและส่งข้อมูล ถือว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าและเต็มประสิทธิภาพ
- ข้อเสีย แหล่งกำเนิดสัญญาณ อาจไปรบกวนคลื่นความถี่ของการสื่อสารในรูปแบบอื่นๆ เพราะใช้คลื่นความถี่เดียวกัน อาทิเช่น วิทยุสื่อสารสมัครเล่น วิทยุควบคุมการบิน เป็นต้น เนื่องจากสายไฟฟ้าไม่มีการป้องกันการแพร่กระจายของคลื่นสัญญาณ ในทางกลับกันสัญญาณของตัวมันเองยังสามารถถูกรบกวนได้ง่าย และระยะทางในการรับและส่งข้อมูลสำหรับไฟฟ้าแรงต่ำ มีค่าประมาณเพียง 250 เมตรเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เทคโนโลยีอินเทอร์เนตออฟธิงค์ (Internet of Things)

เมื่อเรานึกถึงการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต นั่นหมายถึงการที่มนุษย์เป็นคนสั่งการ แทบจะทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการเปิดเว็บไซต์เพื่อหาข้อมูลข่าวสาร,ฟังวิทยุออนไลน์,ส่งอีเมลล์หากัน เป็นต้น ทุกกิจกรรมล้วนเกิดจากการที่มนุษย์เป็นคนสั่งการทั้งสิ้น เพราะอินเทอร์เน็ตถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานสำหรับมนุษย์ หากเราลองนึกภาพว่าสิ่งของทุกอย่าง สามารถติดต่อสื่อสารกันเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยที่ไม่ต้องพึ่งพามนุษย์เป็นคนสั่งการอีกต่อไป อาทิเช่น นาฬิกาปลุกถูกตั้งเวลา ไว้ที่แปดนาฬิกา เมื่อได้เวลาก็จะส่งข้อมูลไปยังเครื่องชงกาแฟเพื่อสั่งการให้ทำการต้มกาแฟ เป็นต้น นั่นคือตัวอย่างที่ทำให้เราเห็นภาพได้ง่ายของ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ (Internet of Things)

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั้งหลาย รวมทั้งเซ็นเซอร์ อุปกรณ์รับและส่งข้อมูล ในรูปแบบต่างๆที่ใช้เชื่อมต่อ กับเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ทั้งหลาย มีราคาถูกลงอย่างมาก ภาพในอนาคตอย่างที่ปรากฏในภาพยนตร์หรือจินตนาการของเราจึงเริ่มที่จะเป็นจริงมากขึ้นไม่ใช่แค่ความฝันอีกต่อไป



รูปที่ 2.1 แสดงแนวคิดของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์

2.3 โปรโตคอล เอ็มคิวทีที (Message Queue Telemetry Transport : MQTT)

คือ โปรโตคอลที่เป็นมาตรฐานในการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ ลักษณะการทำงานเหมือนกับ Message Queue โปรโตคอล ที่ใช้กับแอปพลิเคชันการสนทนาทั้งหลาย แต่ความสามารถที่เพิ่มเข้ามาคือ การรับค่าและส่งค่าของข้อมูลต่อไปยังปลายทาง ระหว่างอุปกรณ์ด้วยกัน เพื่อสั่งให้ทำงานต่างๆได้ เช่น เซ็นเซอร์ส่งข้อมูลไปยัง เครื่องปรับอากาศเพื่อเปิดเครื่อง เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ ต้องอาศัยโปรโตคอลเพื่อเป็นมาตรฐานในการสื่อสารกัน แต่ตัวที่เราจะพูดถึงและให้ความสนใจก็คือโปรโตคอล เอ็มคิวทีที เท่านั้น เพราะเหมาะสม สำหรับการสื่อสารกันระหว่างตัวอุปกรณ์ด้วยตัวมันเอง (Machine to Machine : M2M Connection) เป็นมาตรฐานเปิด มีการทำงานระดับ ไอพีแอดเดรส ที่ชั้นบนของโปรโตคอล TCP/IP เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ถูกจำกัดมากกว่าโปรโตคอล HTTP อีกทั้งถูกออกแบบมาเพื่อรองรับกลไกการทำงานที่มีการเชื่อมต่อแบบไม่ต่อเนื่องกัน (Asynchronous connection) หรือเกิดดีเลย์บ่อย รวมไปถึงการใช้งานบนเครือข่ายที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ แพ็กเก็ตข้อมูลมีขนาดน้อยมากในการรับและส่งข้อมูลระหว่างตัวอุปกรณ์ หรือระหว่างเครื่องด้วยกัน อีกทั้งปัญหาด้านข้อจำกัดในการประมวลผล และหน่วยความจำของตัวอุปกรณ์ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆด้วย จึงต้องการแค่แบนด์วิธที่ต่ำก็เพียงพอ โปรโตคอล เอ็มคิวทีที ถือว่ามีความยืดหยุ่นในรูปแบบของการสื่อสารกันและเป็นช่องทางที่ดีมากสำหรับข้อมูล ระดับไบนารี แถมยังถูกออกแบบให้ง่ายในการนำไปพัฒนาต่อ

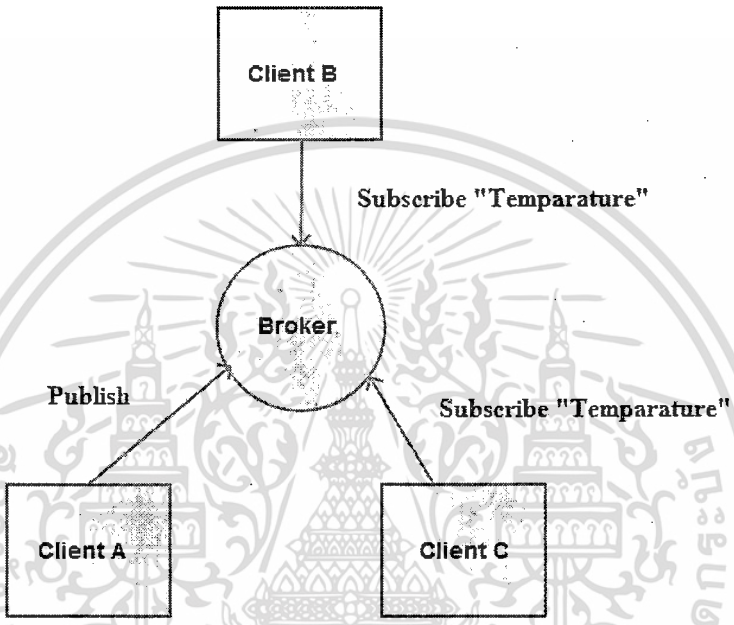
โปรโตคอล เอ็มคิวทีที มันถูกพัฒนาโดยบริษัท IBM ในปี 1999 ผู้คิดค้น คือ Andy Stanford-Clark และ Arlen Nipper จากบริษัท Cirrus Link Solutions ทุกวันนี้เราเห็นตัวอย่างการใช้งานของมันง่ายๆ ได้จากแอปพลิเคชัน Facebook Messenger ที่ผ่านการใช้งานจากโทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ทโฟน อีกทั้งมาจากการส่งผ่านค่ามาจาก เซ็นเซอร์ต่างๆ เป็นต้น

คุณสมบัติทั่วไปในการให้บริการสำหรับการส่ง Message ของโปรโตคอล เอ็มคิวทีที

- มีโอกาสมากที่จะเกิดเหตุการณ์ ข้อมูลมีการส่งออกไปแล้วด้วยโปรโตคอล TCP/IP จะสูญหาย หรือซ้ำกันได้ เช่น เมื่อ เซ็นเซอร์ที่ส่งข้อมูลมีความผิดปกติเกิดขึ้น การอ่านค่าใดค่าหนึ่งของข้อมูลหายไป มันจะมองข้อมูลถัดไปแทน และทำการ Publish ใหม่หลังจากนั้น
- มีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดเหตุการณ์ ข้อมูลถูกส่งไปถึงปลายทางแล้ว อาจเกิดการซ้ำกันได้
- แน่นอนต้องมีสักครั้งหนึ่ง เมื่อข้อมูล ถึงปลายทางไปแล้ว หนึ่งครั้ง อาจเกิดเหตุการณ์ข้อมูลซ้ำกัน หรือสูญหาย ได้
- Overhead ในการส่งข้อมูลมีขนาดที่เล็ก (Fixed Length Header) มีขนาดแค่ 2 ไบต์ และโปรโตคอล เอ็มคิวทีที มีการแลกเปลี่ยนเพื่อลดขนาดของ Network Traffic ระหว่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาปัตยกรรม ของโปรโตคอล เอ็มคิวทีที เป็นแบบ Client/Server จะมองเซ็นเซอร์ทุกๆ อย่างที่มีการส่งข้อมูลเป็น Client โดยที่จะต้องมีการเชื่อมต่อกับ Server ซึ่งจะถูกเรียกว่า Broker และจะใช้โปรโตคอล TCP/IP เป็นช่องทางในการเชื่อมต่อเครือข่ายเข้าด้วยกัน ใช้หลักการทำงาน Publish และ Subscribe เป็น Messaging โปรโตคอล ที่ต้องอาศัย Message Broker เป็นตัวกลางคอยดูแลช่วยรับผิดชอบในการจัดการ Message ให้นั่นเอง โปรโตคอล เอ็มคิวทีที เป็นรูปแบบของข้อความ โดยมองทุกๆข้อความที่ไม่มีความต่อเนื่องกัน ก่อนที่จะส่งไปยัง Broker



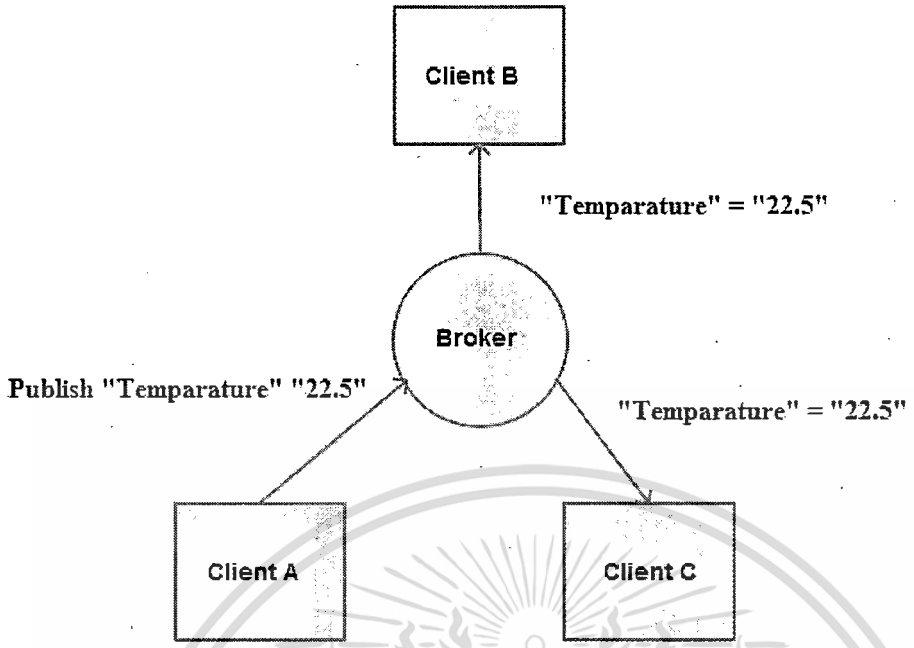
รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของโปรโตคอล เอ็มคิวทีที

ทุกๆ Message ที่มีการ Publish ไปยังปลายทางต้องมี การกำหนด Topic เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน โดยที่ Client เองสามารถทำการ Subscribe ได้พร้อมกันหลายๆ Topic และ Client ทุกตัว ที่ทำการ Subscribe Topic ใดก็ตาม จะได้รับทุก Message ที่มีการ Publish ออกจาก Topic นั้นๆ

ลองดูตัวอย่าง เครือข่ายง่ายๆ โดยที่มี Client 3 ตัว และ Broker 1 ตัว Client ทั้ง 3 ตัว เปิดการเชื่อมต่อแบบ TCP/IP ไปยัง Broker Client B กับ Client C ทำการ Subscribe Topic ที่ชื่อ Temperature เอาไว้ ดังรูปที่ 2.2

เมื่อเห็นการทำงานดังรูปที่ 2.3 การสื่อสารด้วยโปรโตคอล เอ็มคิวทีที จะเป็นได้ทั้งแบบ 1:1 1:Many และ Many:1 ในการกระจายข้อมูล อีกทั้งไม่ต้องยึดติดกับแอปพลิเคชันที่ใช้งาน หลังจากนั้น Client A ได้ทำการ Publish ข้อมูล 22.5 ไปยัง Topic “Temperature” จากนั้น Broker ทำการ Forward Message นี้ไปยังทุกๆ Client ที่ได้มีการ Subscribe เอาไว้

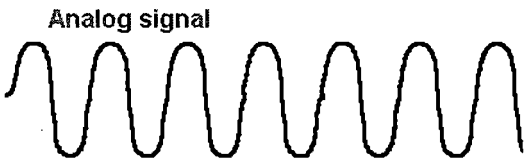
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของโปรโตคอล เอ็มคิวทีที(ต่อ)

2.4 ลักษณะของสัญญาณแต่ละประเภทที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล

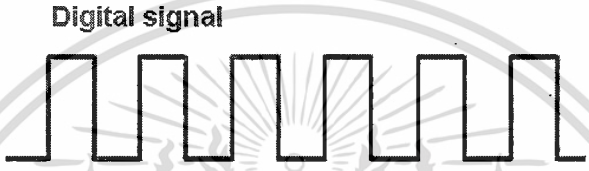
1. สัญญาณข้อมูลอนาล็อก จะมีลักษณะเป็นรูปคลื่น (sine wave) ที่มีความต่อเนื่องกันตลอด อาทิเช่น เสียงพูดของคน,เสียงดนตรี หรือสัญญาณในไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นต้น ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณ ตามขนาดของสัญญาณ (Amplitude) และความถี่ (Hz) ซึ่งเป็นหน่วยวัดความถี่ของสัญญาณในรูปแบบอนาล็อก วิธีการวัดความถี่จะวัดจากจำนวนรอบของสัญญาณที่เกิดขึ้นภายใน 1 วินาที เช่น สัญญาณความถี่ 30 Hz นั่นหมายความว่า ใน 1 วินาทีสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลง 30 รอบนั่นเอง ส่วนข้อจำกัดของสัญญาณอนาล็อก ก็คือถูกรบกวนสัญญาณได้ง่าย แต่มันก็สามารถส่งไปได้ระยะทางที่ไกล



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณข้อมูลดิจิทัล จะมีลักษณะที่ไม่มีความต่อเนื่องกัน ซึ่งจะแตกต่างกับสัญญาณอนาล็อกอย่างเห็นได้ชัด ประกอบด้วยระดับของสัญญาณที่มีเพียงสองค่า คือ 0 กับ 1 หรือปิดกับเปิดนั่นเอง สัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน หน่วยที่ใช้วัดอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล คือ บิทเรต โดยวิธีการคือจะนับจำนวนบิตข้อมูลที่ส่งได้ในช่วงระยะเวลา 1 วินาที เช่น ที่อัตรา 56 Kbps นั่นหมายความว่า ใน 1 วินาที มีความเร็วในการส่งข้อมูลได้ 56,000 บิต นั่นเอง ส่วนข้อจำกัดของสัญญาณดิจิทัล ก็คือระยะทางในการส่งทำได้แค่ระยะสั้น ไม่สามารถทำระยะได้ไกลเหมือนกับสัญญาณแบบอนาล็อก



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของสัญญาณดิจิทัล

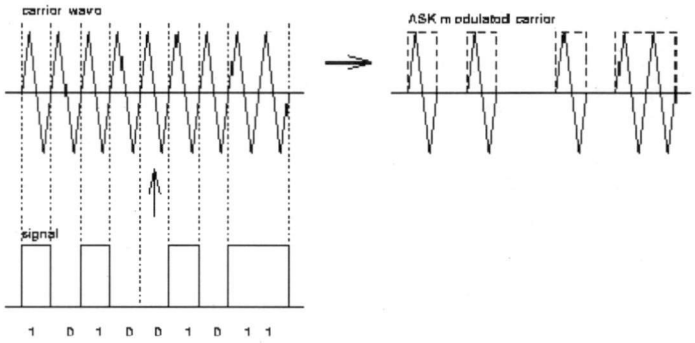
2.5 การมอดูเลต

การส่งสัญญาณหรือข้อมูล ผ่านช่องทางการสื่อสารนั้น จำเป็นต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าช่วยพาสัญญาณเคลื่อนย้ายไป โดยขบวนการในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวเรียกว่า การมอดูเลต (Modulation) ซึ่งการมอดูเลต หมายถึง การแปลงรูปแบบของสัญญาณให้เหมาะสมต่อการรับและส่งข้อมูลระหว่างสัญญาณอนาล็อกกับดิจิทัล ในการส่งข้อมูลนั้นมันจะมีการสร้างสัญญาณคลื่นพาห์ (Carrier Wave) เพื่อรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูล ก่อนที่จะส่งออกไปยังภาครับ ซึ่งในส่วนของภาครับจะมีกระบวนการแยกสัญญาณคลื่นพาห์ออก และคงเหลือไว้เพียงแค่ข้อมูลที่ต้องการเพียงเท่านั้น กระบวนการนี้เราเรียกว่า การดีมอดูเลต (Demodulation) นั่นเอง

เทคนิคและวิธีการที่ใช้มีมากมาย หลายรูปแบบ แต่วิธีการที่ให้ความสนใจ ซึ่งจะกล่าวถึงในโครงการนี้คือ การมอดูเลตสัญญาณข้อมูลดิจิทัล กับสัญญาณอนาล็อกของคลื่นพาห์ (Carrier Wave) ผ่านทางกระแสไฟฟ้า ด้วย เทคนิค Amplitude Shift Keying (ASK) นั่นคือการมอดูเลต แบบเปิด-ปิด หรือที่เรียกว่า การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมพลิจูด

ความถี่ของสัญญาณนำพา (Carrier Signal) ของกระแสไฟฟ้าจะมีค่าคงที่ ซึ่งมีค่าความถี่ 50 Hz และในขณะที่มีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างกัน ขนาดของสัญญาณดิจิทัล จะมีเพียงแค่ 2 ค่า คือ 0 กับ 1 ดังนั้นเมื่อเกิดการมอดูเลต จะทำให้สัญญาณที่มีการมอดูเลตในรูปแบบ ASK ที่ได้มีเพียงช่วงที่เกิดสัญญาณ (เปิด) และช่วงที่ไม่เกิดสัญญาณ (ปิด) ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการมอดูเลตของสัญญาณแบบ ASK

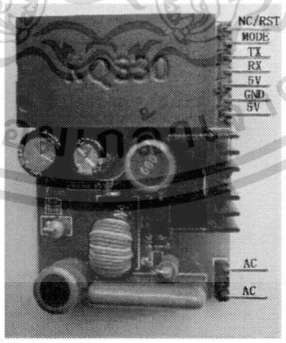
จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการส่งผ่านข้อมูล คลื่นความถี่ก็จะปรากฏให้เห็น และช่วงขณะที่ไม่มีการส่งผ่านข้อมูล คลื่นความถี่ก็จะไม่แสดง หรือหายไปนั่นเอง แต่ข้อเสียของวิธีการนี้คือ ถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย

2.6 เพาเวอร์ไลน์ มอดูล (Power Line Module)

เป็นฮาร์ดแวร์สำหรับแปลงข้อมูลเพื่อสื่อสารและส่งผ่านทางสายไฟฟ้า โดยที่ต้องประกอบด้วยฝั่งส่งและฝั่งรับ เปรียบเสมือนตัวกลางที่ส่งผ่านข้อมูลไปยังกระแสไฟฟ้านั่นเอง สามารถเสียบเพื่อเชื่อมต่อกับไฟบ้าน (220V) ได้ทันที

สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์ที่นำมาทำการทดลอง ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1. ความถี่ที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลอยู่ที่ 120-135 KHz
2. อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลอยู่ที่ 9,600 Bps

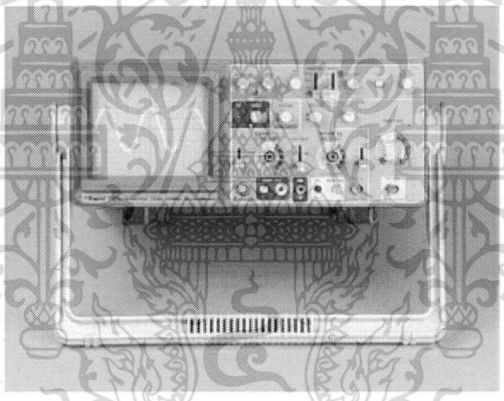


รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ เพาเวอร์ไลน์ มอดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

คือ เครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำให้เห็นลักษณะคลื่นของสัญญาณต่างๆ โดยเริ่มต้นจาก การรับสัญญาณเข้ามาเพื่อแสดงภาพกราฟออกมา และวิเคราะห์สัญญาณจากกราฟ โดยภาพที่แสดงให้เห็นนั้น จะเป็นกราฟของแรงดันบนแกนเวลาที่จอภาพ สามารถแสดงค่าแรงดันที่เปลี่ยนไปตามเวลา เช่น การวัดสัญญาณของกระแสไฟฟ้า และด้วยช่องตารางที่ถูกแบ่งออกเท่าๆกัน ทำให้สามารถวัดค่าแรงดันกับเวลา จากจอภาพได้ รูปกราฟที่แสดง เราจะเรียกว่าเทรซ หรือรอยเส้น ซึ่งเกิดขึ้นจากลำแสงอิเล็กตรอนภายในหลอด ยิงมากระทบหน้าจอ ที่ฉาบด้วยฟอสเฟอร์ทำให้เกิดการเปล่งแสงสีเขียว ลักษณะการเกิดขึ้นของภาพ จะเหมือนกับลักษณะการเกิดของภาพ จากจอโทรทัศน์ทั่วไป ประโยชน์ของเครื่องออสซิโลสโคปที่เรานำมาใช้นั้นมีมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) ใช้วัดความถี่ของสัญญาณ ใช้วัดผลต่างทางเฟสของสัญญาณ เพื่อเปรียบเทียบกัน เป็นต้น



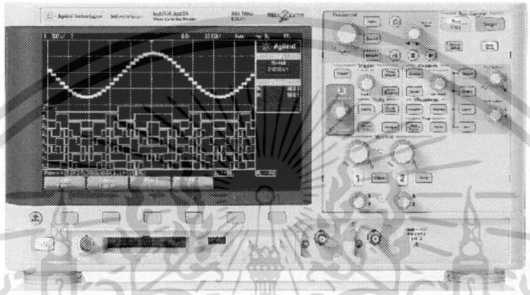
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของเครื่อง Oscilloscope แบบ CRO

ออสซิลโลสโคปรุ่นเก่า ที่ใช้หลอดสุญญากาศ จะประกอบด้วย ขั้วลบ (แคโทด) ซึ่งมีปืนยิงอิเล็กตรอนอยู่ด้วย และขั้วบวก (แอโนด) ซึ่งแยกกันอยู่คนละฝั่ง โดยที่การทำงานเริ่มจากขั้วลบที่มีปืนอิเล็กตรอน จะยิงเพื่อเร่งอนุภาคการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนให้รวดเร็ว ไปแสดงผลที่จอภาพและที่หลอด ยังมีขั้วสำหรับทำหน้าที่เบี่ยงเบนลำแสงอิเล็กตรอน ให้ไปทางซ้าย-ขวา และบน-ล่าง อีกด้วย การที่ขั้วลบ (แคโทด) มีปืนที่คอยยิงอิเล็กตรอน ทำให้เราเรียกอิเล็กตรอนนี้ว่ารังสีแคโทด (Cathode Ray) และออสซิโลโลสโคปที่ใช้หลอดชนิดนี้ เราจึงเรียกว่าออสซิลโลสโคปชนิดที่ใช้รังสีแคโทด (Cathode Ray Oscilloscope) หรือ CRO นั่นเอง

ปัจจุบัน ออสซิลโลสโคป แบบ CRO ไม่นิยมใช้กันแล้ว เนื่องมาจากหลอด CRT เลิกผลิตไปแล้ว และมีการใช้จอภาพ LCD เข้ามาแทนที่ ออสซิลโลสโคปรุ่นใหม่ๆ หรือที่เรียกว่า ดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสซิลโลสโคป สามารถแสดงรอยเส้นแบบคู่ได้ (Dual Trace) ซึ่งหมายถึง แสดงกราฟสัญญาณสองรอยบนจอภาพ ทำให้สะดวกในการใช้งาน เช่น การวัดเปรียบเทียบสัญญาณเข้าและออกของเครื่องได้ หรือขยายลักษณะภาพที่ปรากฏได้ง่ายขึ้น เป็นต้น เนื่องจากคุณสมบัติที่กล่าวมาในด้านประสิทธิภาพการทำงานที่เพิ่มมากขึ้น ราคาเครื่องก็จะมีราคาที่สูงตามไปด้วย และปัจจุบันดิจิทัลออสซิลโลสโคป มีให้เลือกการแสดงผลมากกว่า 2 ช่อง สามารถแสดงกราฟได้หลากสี มีคุณสมบัติการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น ขนาดก็เล็กลง น้ำหนักเบาขึ้น แต่กินไฟน้อยลง ซึ่งเป็นไปตามการพัฒนาที่เป็นไปตามยุคตามสมัย



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของเครื่อง Oscilloscope แบบดิจิทัล

สำหรับการพัฒนาอุปกรณ์ในโครงการนี้ เราใช้จะเครื่อง ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล ในการวัดค่าหาสัญญาณข้อมูลที่ส่งผ่านในสายไฟฟ้า ว่ามันสามารถส่งสัญญาณข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าได้ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ รวมทั้งวัดลักษณะสัญญาณของคลื่นพาห์ ภายในของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล อีกทั้งใช้พิจารณาความถี่ ที่แสดงออกมาของสัญญาณทั้งสองชนิดด้วย เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ยืนยันสมมติฐานของเรานั่นเอง

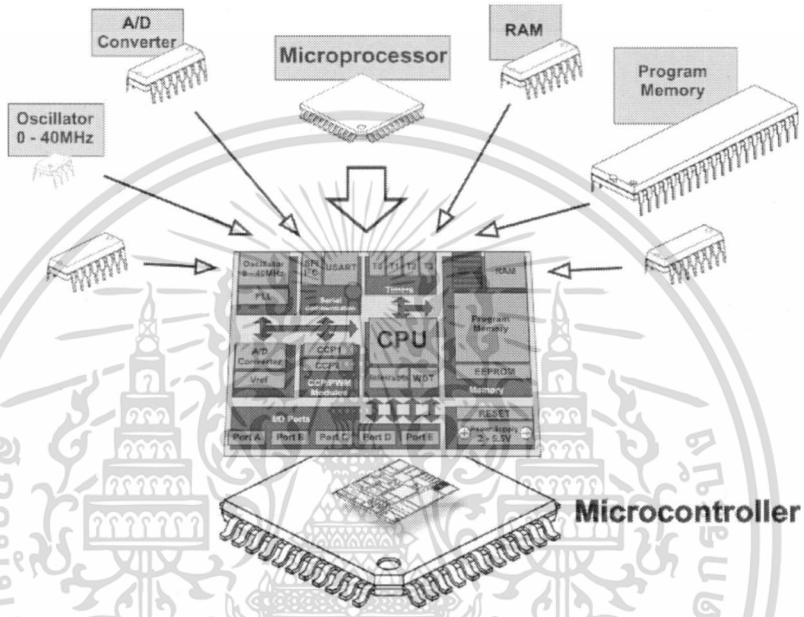
2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการประมวลผลได้ด้วยตัวมันเอง มีลักษณะคล้ายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพียงแต่ว่ามีขนาดที่เล็กกว่ามาก สามารถรับและส่งข้อมูล ได้ทั้งแบบดิจิทัล และอนาล็อก ใช้พลังงานน้อย ภาษาที่ใช้ในการควบคุมคำสั่งต่างๆจะถูกเขียนด้วยภาษาที่นิยมใช้กันแพร่หลายทั่วไป เช่น C หรือ Java เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์นิยมนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบงานต่างๆได้ เนื่องจากมีขนาดที่เล็กกะทัดรัด เช่น การประมวลผลของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ อุปกรณ์เซ็นเซอร์เพื่อใช้ในการส่งข้อมูล และระบบตอบรับ อัตโนมัติต่างๆ อีกมากมาย ข้อดีคือเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ต้องมานั่งต่อวงจรเอง เราเพียงแค่เขียนโปรแกรมควบคุมมันเท่านั้น ส่วนข้อจำกัดของมันอยู่ที่สามารถทำงานได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ซึ่งตรงข้ามกับคอมพิวเตอร์ปกติทั่วไป ที่สามารถประมวลผลหลายๆอย่างได้พร้อมกัน ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายต่างๆของระบบคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย โดยเฉพาะกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สะดวกมากในการสั่งการหรือประมวลผลข้อมูลในรูปแบบต่างๆจากภายนอก



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะส่วนประกอบของ ไมโครคอนโทรลเลอร์

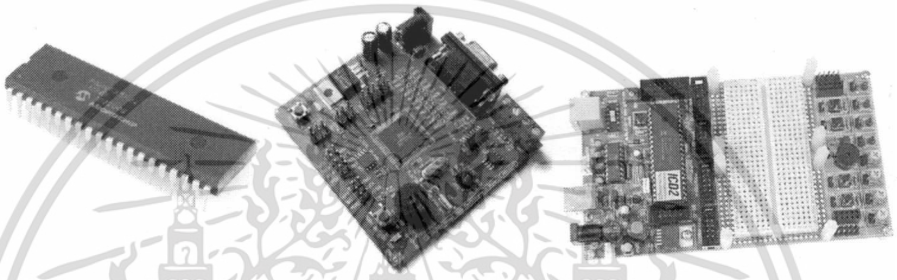
โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เราสามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU)
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ
   - หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ (Program Memory) ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหาย แม้จะไม่มีไฟเลี้ยงอยู่ก็ตาม
   - หน่วยความจำข้อมูล (RAM) ใช้ในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลต่างๆก็จะหายไป
3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ
   - Input port เป็นส่วนที่รับข้อมูลเข้ามาจากภายนอก เพื่อนำมาใช้ประมวลผล
   - Output port เป็นส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อส่งค่าแสดงออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) เป็นเส้นทางในการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต ที่อยู่ภายในของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

5. วงจรสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) เป็นส่วนประกอบที่มีสำคัญมาก เพราะการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะในการทำงาน หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่ที่สูง จังหวะของการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นมากขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีความเร็วในการประมวลผลที่สูงมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบต่างๆ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีหลากหลายให้เลือก อยู่ที่ผู้ใช้งานว่าสนใจตัวไหน เพื่อที่จะศึกษาและนำไปพัฒนา แต่ที่จะกล่าวในการศึกษานี้คือ บอร์ดอาดุยโน่ เพียงเท่านั้น

ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋ว ที่สามารถทำงานและมีคุณสมบัติคล้ายๆกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพียงแต่ว่าตัวมันเองมีระบบปฏิบัติการในตัว ซึ่งคือข้อได้เปรียบที่มากกว่าตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แบบปกติ และที่นิยมใช้กันก็คือ ราสเบอรี่ พาย (Raspberry Pi) เมื่อพิจารณาแล้ว มีรายละเอียดระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองตัว ดังนี้

2.8.1 อาดุยโน่ (Arduino)

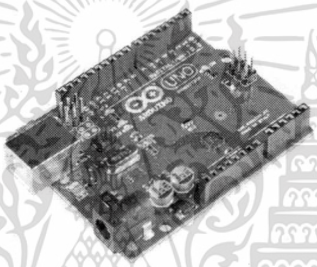
คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง ที่ตัวแผ่นบอร์ดนั้นออกแบบ มาจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ที่มีการพัฒนาแบบเปิด นั่นหมายความว่า มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ มีโปรแกรมให้ใช้งานได้โดยไม่ต้องกังวลกับเรื่องลิขสิทธิ์ สามารถนำไปใช้งานทั่วไป หรืองานในเชิงพาณิชย์ได้โดยที่ไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ใดๆเลย

อาดุยโน่เป็นรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีข้อมูลให้ได้ศึกษามากที่สุดบนอินเทอร์เน็ตและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย การพัฒนาง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เพราะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างมากมาย การเขียนโปรแกรมคำสั่ง สามารถทำได้เสมือนเขียนโปรแกรมภาษาที่ใช้สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ทั่วไป ที่สำคัญราคาไม่แพง ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม จากระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย เรียกได้ว่า ไม่ยึดติดกับระบบปฏิบัติการใดๆเลย ซึ่งก็คือข้อดีที่ทำให้อาดุยโน่แตกต่างกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดอื่น

ความง่ายของบอร์ดอาดุยโน่ ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ ขาอินพุต (Input) และขาเอาต์พุต (Output) ของบอร์ดได้เลย ทำให้สามารถรับสัญญาณข้อมูล จากสิ่งต่างๆได้โดยตรง ไม่ว่าจะมาจากสวิตช์ เซ็นเซอร์ หรืออุปกรณ์ใดๆก็ตาม และยังสามารถควบคุมอุปกรณ์อื่นๆได้โดยตรง อาทิ เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของบอร์ดอาดุยโน่

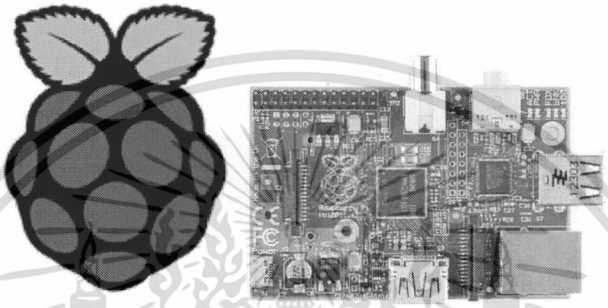
2.8.2 ราสเบอร์รี่ พาย (Raspberry Pi)

เป็นแผ่นบอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก คุณสมบัติเหมือนกับคอมพิวเตอร์ปกติ แทบจะทุกอย่าง ที่ประกอบไปด้วย ซีพียู สำหรับใช้ในการประมวลผล หน่วยความจำชั่วคราว หน่วยความจำถาวร อินพุต/เอาต์พุต พอร์ต ที่ไว้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยเมื่อพิจารณาความสามารถของมันแล้ว ก็เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ในสมัยก่อน เพียงแต่แตกต่างกันที่ขนาด โดย ราสเบอร์รี่ พาย จะมีขนาดที่เล็กกว่ามาก พูดง่ายๆก็คือ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกย่อส่วนลงนั่นเอง

สิ่งที่ทำให้ ราสเบอร์รี่ พาย แตกต่างกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไปก็คือการมีระบบปฏิบัติการในตัวมันเอง ซึ่งก็คือระบบปฏิบัติการ ลินุกซ์ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

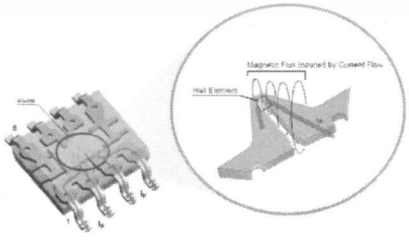
เพราะเป็นระบบปฏิบัติการแบบเปิด ในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้เพียงแค่เขียนโปรแกรมเพื่อสั่งการลงไปเท่านั้น การที่มีระบบปฏิบัติการคอยจัดการสิ่งต่างๆให้เรา ก็เพื่อคอยช่วยอำนวยความสะดวก ในการทำงานมากขึ้น และยังมีการประมวลผลที่ไวกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์อีกด้วย เมื่อเทียบกับงานที่ต้องการความสามารถในการประมวลผลมากๆ และมีประสิทธิภาพสูงๆ เช่น การประมวลผลภาพวีดีโอในระดับ เอชดี (HD) เป็นต้น



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของบอร์ด Raspberry Pi

2.9 เซ็นเซอร์วัดกระแส (Current Sensor : Hall Effect)

เป็นเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ใช้ตรวจดูค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน อาศัยทฤษฎีของสนามแม่เหล็กที่ไหลออกมาจากกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด หลักการทำงานของมัน เมื่อกระแสไฟฟ้าได้ไหลเข้าสู่ Hall Element จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นมากระทบกับมัน จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า ที่ตกคร่อมกับ Hall Element และการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้านี้เองทำให้สามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้



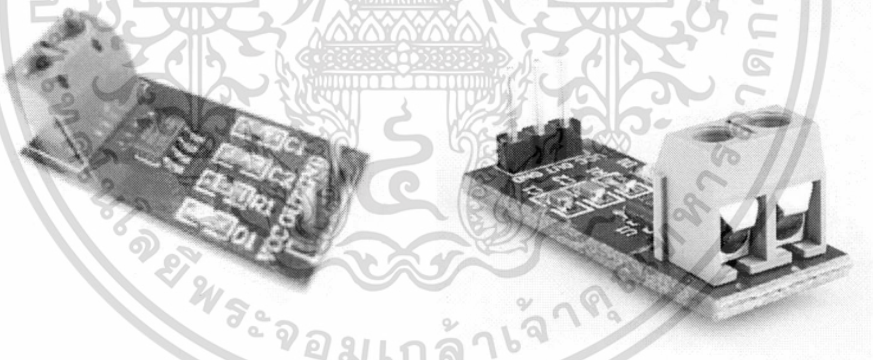
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการทำงานของ Hall Element

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเป็นการใช้สนามแม่เหล็กในการวัดกระแสไฟฟ้า จึงไม่ควรมีโลหะหรือสายไฟเส้นอื่นที่ไม่ใช่ตัวที่ต้องการวัด อยู่ใกล้ตัวเซ็นเซอร์ในขณะที่ทำการวัด เพราะค่าที่ได้อาจผิดเพี้ยน

ปัจจุบันเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบ Hall Effect มีการผลิตรองรับกระแสไฟฟ้าที่ต่ำไปจนถึงกระแสไฟฟ้าขนาดหนึ่งร้อยแอมป์ แต่เซ็นเซอร์วัดกระแส ที่เราได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีขนาด 5 แอมป์ เท่านั้น โดยที่มีลักษณะเป็นแบบ มอดูล เพื่อใช้เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ใช้ไอซี ACS712-05 ซึ่งเป็น เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดกระแสโดยใช้หลักการของ Hall Effect
- วัดกระแสได้ในย่าน -5 ถึง +5 แอมป์ (วัดได้ทั้งกระแส AC และ DC)
- ใช้แหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์
- Sensitivity 185 mV/A
- 5 μs output rise time in response to step input current
- มีแบนด์วิธที่ขนาด 80 KHz ในการรับ-ส่งข้อมูล



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของ เซ็นเซอร์วัดกระแส แบบ Hall Effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

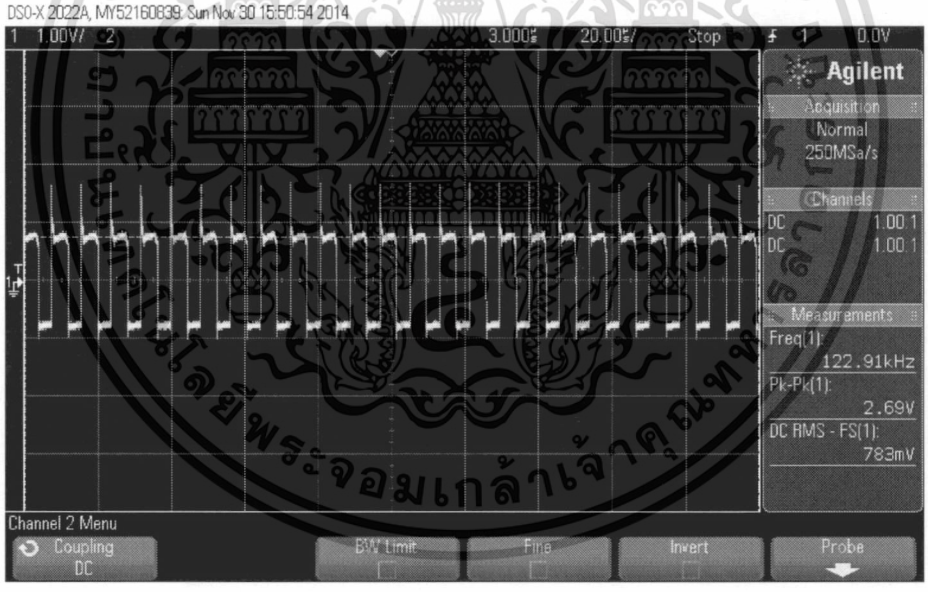
144237

บทที่ 3
วิเคราะห์ทดสอบ และออกแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

3.1 การทดสอบ เพาเวอร์ไลน์ มอดูล ด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

เพื่อดูผลลัพธ์ว่าลักษณะของสัญญาณที่ส่งผ่านในรูปแบบต่างๆมีลักษณะอย่างไรเมื่อวัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป และเป็นการยืนยันสมมติฐานว่า สามารถรับ-ส่งข้อมูลภายในกระแสไฟฟ้าได้จริง

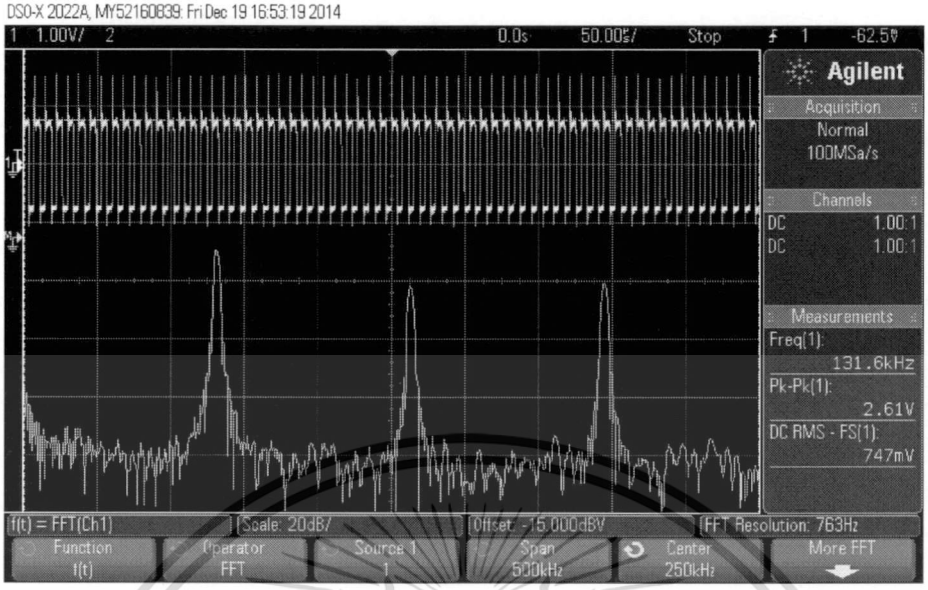
- การทดสอบว่าคลื่นพาห์ภายในของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล มีลักษณะเป็นอย่างไรเมื่อตรวจวัดด้วยเครื่อง ออสซิลโลสโคป จะปรากฏดังรูปที่ 3.1 โดยที่การทำงานของมันจะเกิดขึ้นที่ย่านความถี่ช่วงประมาณ 130 KHz



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของคลื่นพาห์ ของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

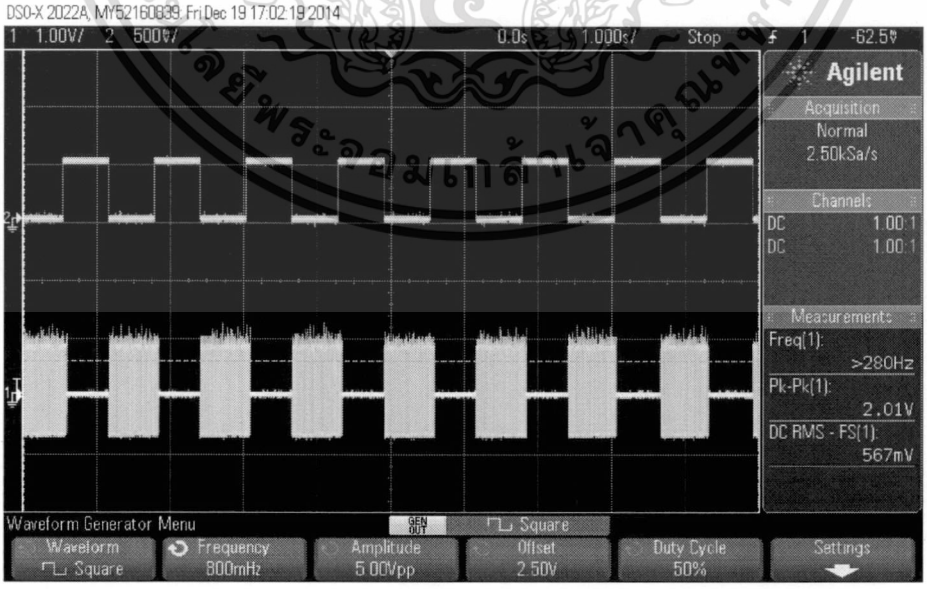
- การแสดงสเปกตรัม เราจะให้เห็นว่าที่ย่านความถี่ประมาณ 130 KHz จะมีการรับและส่งข้อมูลภายในของตัว เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล ซึ่งมันจะเกิดขึ้นทุกๆ 130 KHz ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ แต่การทดลองนี้สมมติตัวอย่างจากแค่ 3 ตัวเท่านั้น ผลที่แสดงออกมาทางจอภาพจึงมีสเปกตรัมแค่เพียง 3 ตัว ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดง สเปกตรัมของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

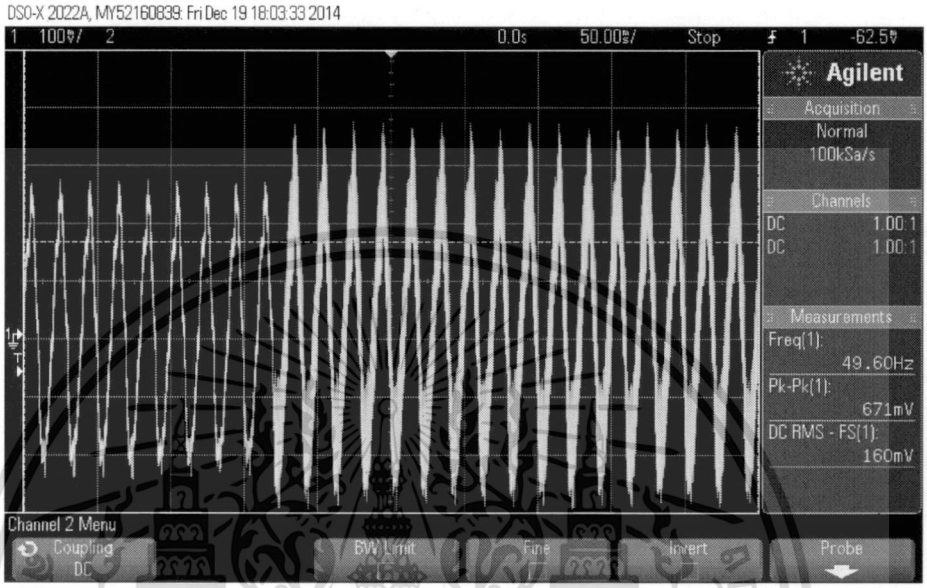
- เมื่อมีการรับและส่งข้อมูล สัญญาณจะปรากฏขึ้นเฉพาะเวลาที่มีข้อมูลดิจิทัลเท่านั้น เมื่อไม่มีข้อมูลก็จะไม่ปรากฏ หรือไม่แสดงให้เห็น ซึ่งเป็นหลักการมอดูเลตแบบ ASK หรือการมอดูเลตแบบ เปิด-ปิดนั่นเอง



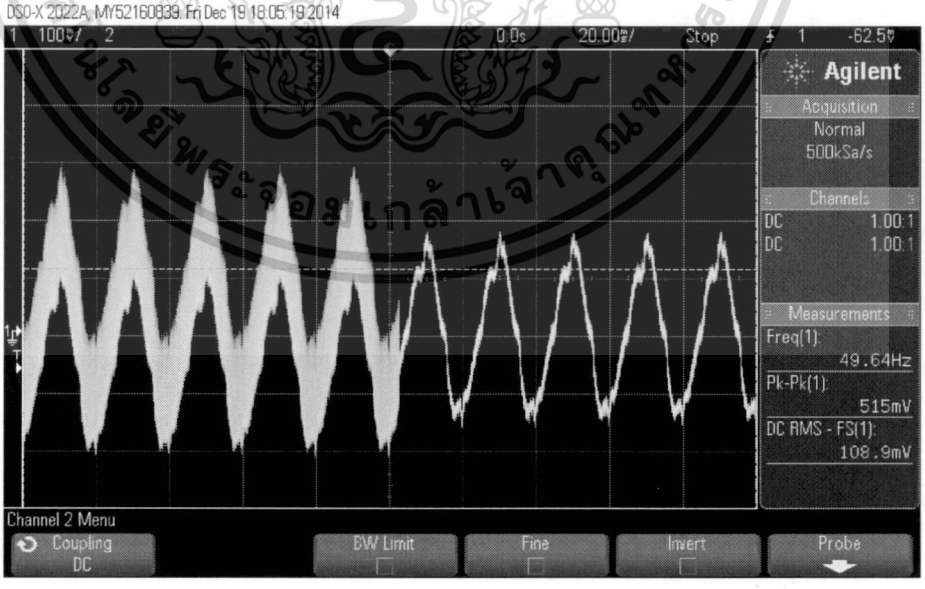
รูปที่ 3.3 แสดง สัญญาณที่ปรากฏจากการมอดูเลตแบบ ASK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความถี่ของกระแสไฟฟ้า จะมีค่าที่ต่ำ (50 Hz) ในขณะที่ความถี่ของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล จะมีค่าความถี่อยู่ที่ประมาณ 130 KHz ตามหลักการแล้วความถี่ที่สูง จะขี่อยู่บนความถี่ของตัวที่ต่ำกว่าจึงแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.4 และ รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 แสดงสัญญาณความถี่ ระหว่างกระแสไฟฟ้าและ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

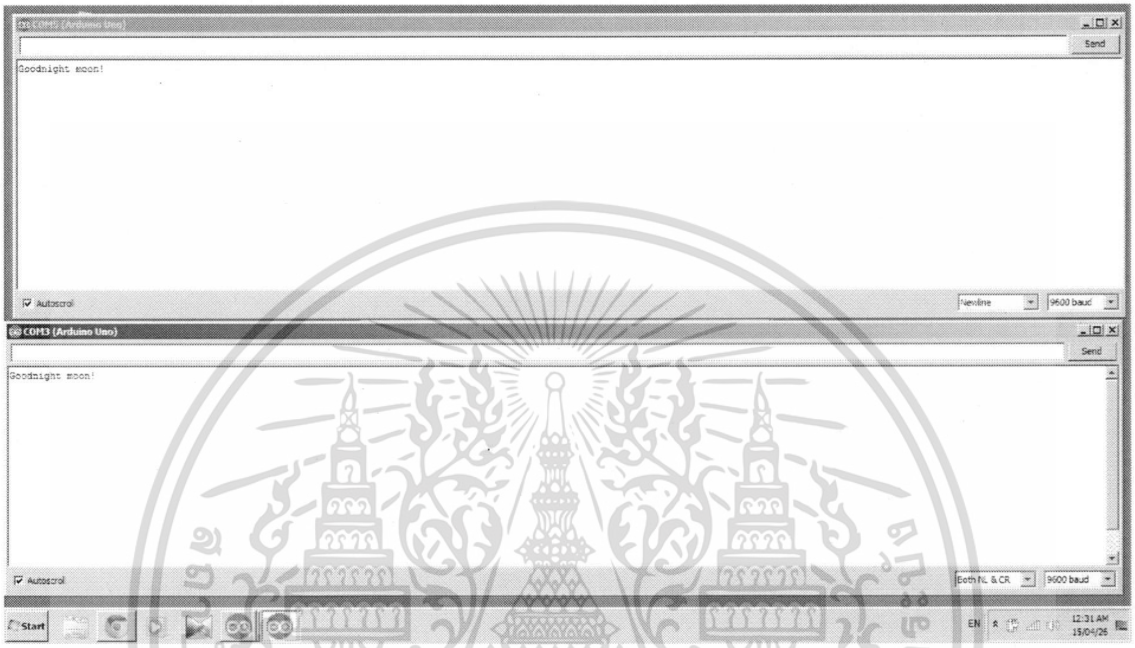


รูปที่ 3.5 แสดงสัญญาณความถี่ ของเพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล ที่อยู่ร่วมกับกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบ การรับ-ส่งข้อมูลของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

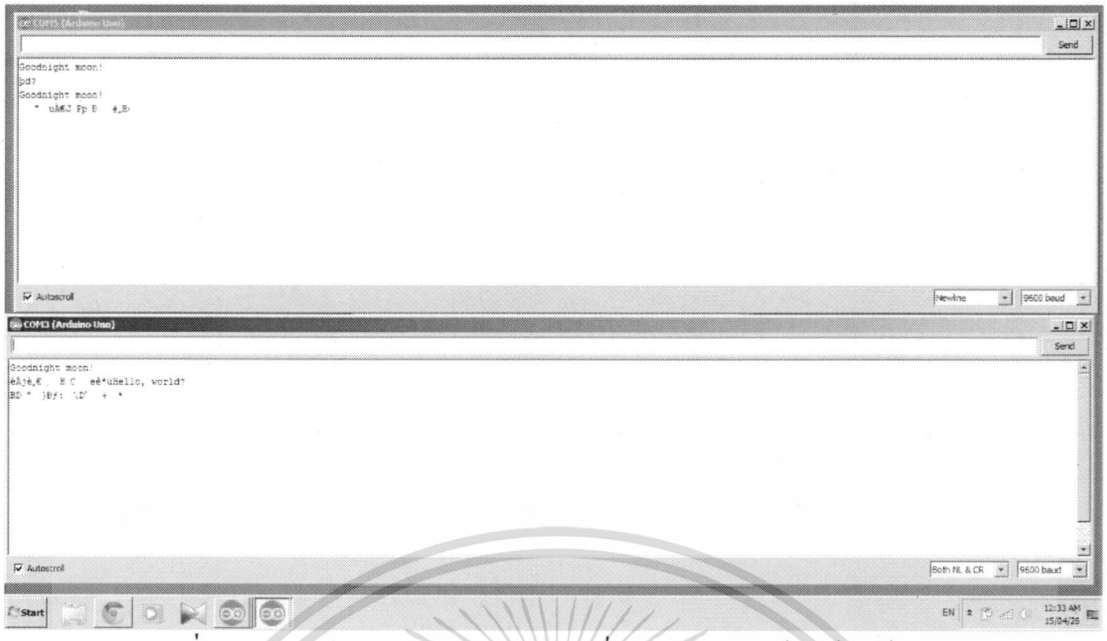
- ทดลองส่งข้อความผ่าน เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล ทั้งขาส่งและขารับ เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีการรับและส่งข้อมูลได้จริง โดยข้อความเริ่มต้นคือ Goodnight moon! ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงข้อความเริ่มต้นในการสื่อสารผ่าน เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

- เมื่อมีการส่งข้อความเริ่มต้น Goodnight moon! แล้ว ก็จะมีข้อความตอบกลับมาที่ฝั่งขารับ ด้วยข้อความ Hello, world? เพื่อเป็นการยืนยันว่าข้อมูลจากผู้ส่ง ได้ไปถึงปลายทางของผู้รับ ดังรูปที่ 3.7 เป็นการยืนยันว่า ข้อมูลสามารถสื่อสารกันได้ผ่านทางกระแสไฟฟ้านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงข้อความตอบกลับในการสื่อสารผ่าน เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

- ในระหว่างการส่งข้อความจะมีอักขระอื่น แทรกปนด้วยในระหว่างการส่งข้อความหากัน เนื่องมาจากในกระแสไฟฟ้ามีการถูกแทรกด้วยสัญญาณรบกวนอื่นๆ ได้ง่าย แต่ก็ยังสามารถรับและส่งข้อมูลหากันได้

3.3 การทดสอบ การส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า

เมื่อมีการนำ เซ็นเซอร์วัดกระแส ต่อเข้ากับวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโน่และทำการเขียนโปรแกรมเพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ มีรายละเอียดดังนี้

- เมื่อไม่ได้มีการใช้กระแสไฟฟ้าจะแสดงผลดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

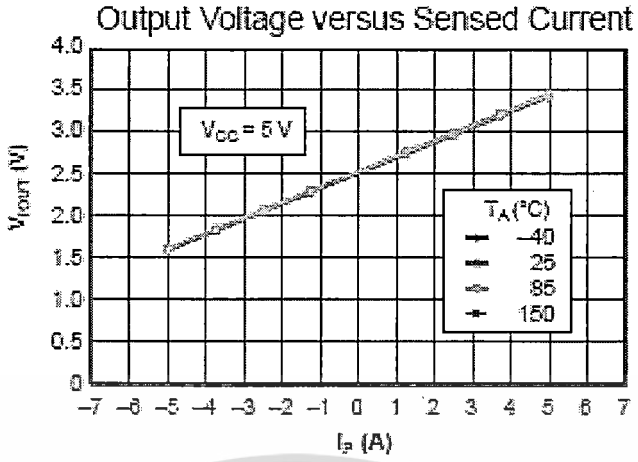
```
sensor = 519    output = 2.53V  Irms = 0.17A   Power = 37.60W
sensor = 514    output = 2.51V  Irms = 0.05A   Power = 10.74W
sensor = 508    output = 2.48V  Irms = -0.10A  Power = -21.48W
sensor = 523    output = 2.55V  Irms = 0.27A   Power = 59.08W
sensor = 513    output = 2.50V  Irms = 0.02A   Power = 5.37W
sensor = 513    output = 2.50V  Irms = 0.02A   Power = 5.37W
sensor = 514    output = 2.51V  Irms = 0.05A   Power = 10.74W
sensor = 516    output = 2.52V  Irms = 0.10A   Power = 21.48W
sensor = 514    output = 2.51V  Irms = 0.05A   Power = 10.74W
sensor = 511    output = 2.50V  Irms = -0.02A  Power = -5.37W
sensor = 512    output = 2.50V  Irms = 0.00A   Power = 0.00W
sensor = 521    output = 2.54V  Irms = 0.22A   Power = 48.34W
sensor = 508    output = 2.48V  Irms = -0.10A  Power = -21.48W
sensor = 516    output = 2.52V  Irms = 0.10A   Power = 21.48W
sensor = 517    output = 2.52V  Irms = 0.12A   Power = 26.86W
sensor = 512    output = 2.50V  Irms = 0.00A   Power = 0.00W
sensor = 513    output = 2.50V  Irms = 0.02A   Power = 5.37W
sensor = 515    output = 2.51V  Irms = 0.07A   Power = 16.11W
sensor = 512    output = 2.50V  Irms = 0.00A   Power = 0.00W
sensor = 503    output = 2.46V  Irms = -0.22A  Power = -48.34W
sensor = 501    output = 2.45V  Irms = -0.27A  Power = -59.08W
sensor = 519    output = 2.53V  Irms = 0.17A   Power = 37.60W
sensor = 512    output = 2.50V  Irms = 0.00A   Power = 0.00W
sensor = 521    output = 2.54V  Irms = 0.22A   Power = 48.34W
sensor = 514    output = 2.51V  Irms = 0.05A   Power = 10.74W
sensor = 509    output = 2.49V  Irms = -0.07A  Power = -16.11W
sensor = 514    output = 2.51V  Irms = 0.05A   Power = 10.74W
sensor = 524    output = 2.56V  Irms = 0.29A   Power = 64.45W
sensor = 514    output = 2.51V  Irms = 0.05A   Power = 10.74W
```

รูปที่ 3.8 แสดงการอ่านค่าของ เซ็นเซอร์วัดกระแส เมื่อไม่มีการใช้กระแสไฟฟ้า

เนื่องมากจากเซ็นเซอร์วัดกระแส ที่นำมาใช้งานรองรับแรงดันได้มากสุด 5 โวลต์ และค่าเซ็นเซอร์ที่อ่านได้จะเป็นข้อมูลอนาล็อก ที่ประกอบไปด้วยค่า 0 ถึง 1,023 ณ สภาวะปกติ ที่ไม่ได้มีการใช้กระแสไฟฟ้า ค่าจึงเป็นกลางอยู่ระหว่างราวๆ 500 โดยจะแสดงคำว่า sensor ตามที่ปรากกฏดังรูปที่ 3.8 เพราะข้อมูลมีการสวิงขึ้น-ลง ต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อแปลงค่าให้ออกมาโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แรงดันกระแสไฟฟ้า มีการแสดงด้วยคำว่า output เขียนได้จากสูตร (sensor*5)/1,024 มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
2. ค่ากระแสไฟฟ้า มีการแสดงด้วยคำว่า Irms เขียนได้จากสูตร (แรงดันกระแสไฟฟ้า * 5) - 12.5 มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A) สังเกตได้ว่ามีทั้งค่าบวกและค่าลบ อันเนื่องมาจาก เมื่อนำมาผ่านสมการแล้ว มีโอกาสมีค่าเป็นลบได้ เพราะกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะแสดงด้วยคลื่นรูปซายน์ทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้ เป็นทั้งค่าบวกและค่าลบ ที่มาของสูตรสมการ เกิดมาจากกราฟสมการเส้นตรง ตามรูปที่ 3.10 ซึ่งอยู่ในเอกสารอ้างอิงของ เซ็นเซอร์วัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงกราฟอ้างอิงการอ่านค่าของ เซ็นเซอร์วัดกระแส จาก แผ่นข้อมูล (Data Sheet)

3. ค่ากำลังไฟฟ้า มีการแสดงด้วยคำว่า Power เขียนได้จากสูตร P = I * V เกิดจากการนำจำนวนของกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) ที่อ่านได้ไปคูณกับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในไฟบ้าน ซึ่งก็คือ 220 โวลต์ ผลลัพธ์ที่ได้จะปรากฏค่าที่เป็นลบด้วย อันเนื่องมาจาก ค่ากระแสไฟฟ้าที่นำมาคำนวณมีค่าเป็นลบ ปนมาด้วย ซึ่งตามหลักความเป็นจริงต้องนำค่ากระแสที่ได้ทั้งหมดแต่ละตัวมายกกำลังสอง และ หาค่ารากที่สองของมัน ก่อนที่จะหาค่าเฉลี่ย ค่าที่ได้ต้องเป็นบวกเท่านั้น หมายถึงค่ากระแสไฟฟ้าจริงๆ ที่นำมาใช้คำนวณ ในส่วนของการทดลองนี้ เป็นแค่ขั้นทดสอบเบื้องต้น ไม่ใช่ขั้นตอนที่จะนำข้อมูลมาใช้จริงๆ ซึ่งเราจะกล่าวถึงในบทถัดไป

- เมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น จะแสดงผลดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sensor = 473    output = 2.31V  Irms = -0.95A   Power = -209.47W
sensor = 626    output = 3.06V  Irms = 2.78A    Power = 612.30W
sensor = 459    output = 2.24V  Irms = -1.29A   Power = -284.67W
sensor = 461    output = 2.25V  Irms = -1.25A   Power = -273.93W
sensor = 617    output = 3.01V  Irms = 2.56A    Power = 563.96W
sensor = 528    output = 2.56V  Irms = 0.39A    Power = 85.94W
sensor = 406    output = 1.98V  Irms = -2.59A   Power = -569.34W
sensor = 545    output = 2.66V  Irms = 0.81A    Power = 177.25W
sensor = 592    output = 2.89V  Irms = 1.95A    Power = 429.69W
sensor = 419    output = 2.05V  Irms = -2.27A   Power = -499.51W
sensor = 498    output = 2.43V  Irms = -0.34A   Power = -75.20W
sensor = 607    output = 2.96V  Irms = 2.32A    Power = 510.25W
sensor = 447    output = 2.18V  Irms = -1.59A   Power = -349.12W
sensor = 465    output = 2.27V  Irms = -1.15A   Power = -252.44W
sensor = 616    output = 3.01V  Irms = 2.54A    Power = 558.59W
sensor = 527    output = 2.57V  Irms = 0.37A    Power = 80.57W
sensor = 414    output = 2.02V  Irms = -2.39A   Power = -526.37W
sensor = 563    output = 2.75V  Irms = 1.25A    Power = 273.93W
sensor = 569    output = 2.78V  Irms = 1.39A    Power = 306.15W
sensor = 410    output = 2.00V  Irms = -2.49A   Power = -547.85W
sensor = 573    output = 2.80V  Irms = 1.49A    Power = 327.64W
sensor = 554    output = 2.71V  Irms = 1.03A    Power = 225.59W
sensor = 414    output = 2.02V  Irms = -2.39A   Power = -526.37W
sensor = 595    output = 2.91V  Irms = 2.03A    Power = 445.80W
sensor = 519    output = 2.53V  Irms = 0.17A    Power = 37.60W
sensor = 427    output = 2.08V  Irms = -2.08A   Power = -456.54W
sensor = 618    output = 3.02V  Irms = 2.59A    Power = 569.34W
sensor = 412    output = 2.01V  Irms = -2.44A   Power = -537.11W
```

รูปที่ 3.10 แสดงการอ่านค่าของเซ็นเซอร์วัดกระแส เมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้า

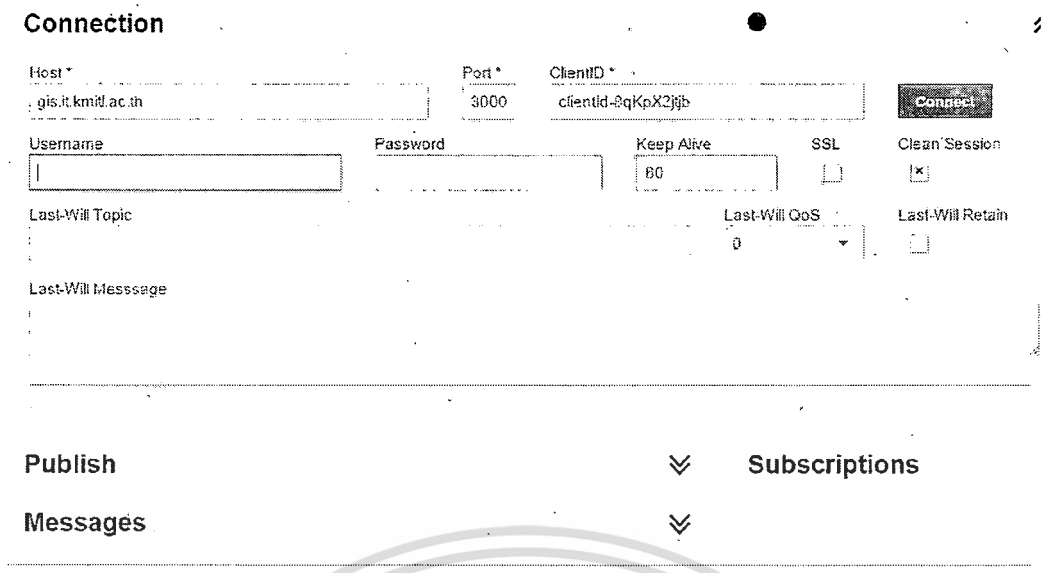
เมื่อมีการทดสอบด้วยไดร์เป่าผม พบว่าค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ จะสังเกตได้ว่ามีค่าเพิ่มขึ้น และมีการสวิงมากขึ้นด้วย สาเหตุก็เพราะว่ามีการกระแสไฟฟ้าไหลเข้ามาเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

3.4 การทดสอบส่งข้อมูลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์

เป็นการนำตัวอย่างข้อมูลที่กำหนด ส่งค่าออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผ่านโปรโตคอล เอ็มคิวทีที ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- เข้าสู่เว็บไซต์ผู้ให้บริการ ที่ทำหน้าที่เป็น Broker ของโปรโตคอล เอ็มคิวทีที ดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



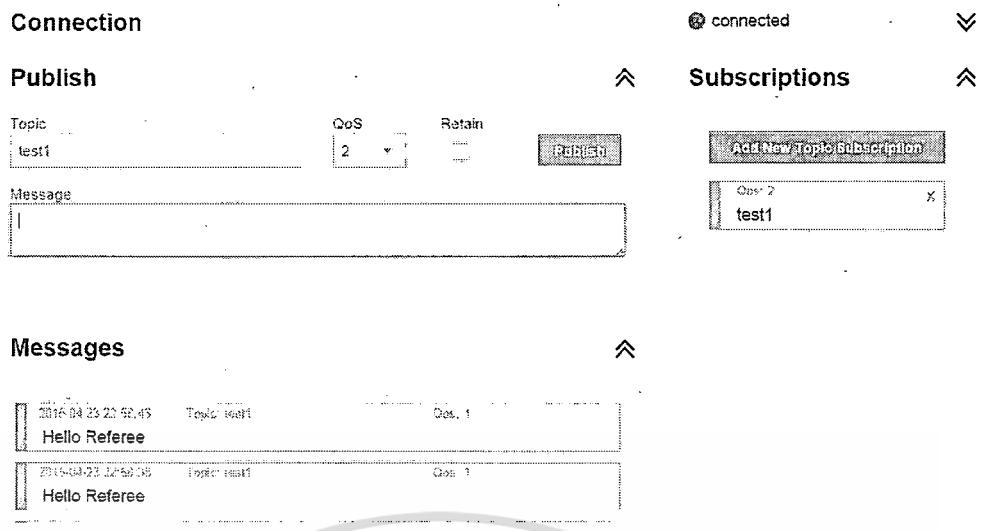
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าเริ่มต้นของผู้ให้บริการที่เป็นเว็บโบรกเกอร์ (Web Broker)

- ใส่ Username และ Password ที่กำหนดเพื่อเป็นการให้ความสนใจแต่เฉพาะข้อมูลภายใต้ Username นั้นๆ เพียงเท่านั้น

รูปที่ 3.12 แสดงหน้าเว็บไซต์หลังจาก ที่มีการล็อกอินเข้ามา ในเว็บโบรกเกอร์

- ทำการทดลองส่งข้อมูลที่กำหนดไว้ ด้วยข้อความ "Hello Referee" ภายใต้ Topic เดียวกันเวลาทำการ Subscription

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงการส่งข้อมูลไปยัง เว็บโบรกเกอร์

3.5 รายละเอียดของวงจรแต่ละชนิด

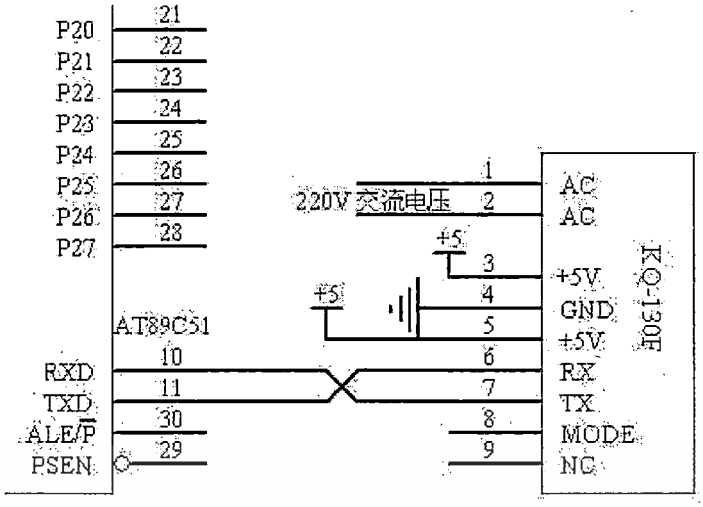
ก่อนที่จะออกแบบการเชื่อมต่อ ของอุปกรณ์แต่ละชนิดให้ทำงานเข้าด้วยกัน เพื่อเขียนเป็นบล๊อกไดอะแกรม เราควรต้องรู้ลักษณะของวงจรแต่ละชนิดก่อน ว่ามีการเชื่อมโยงกันอย่างไร และทำหน้าที่อะไร โดยสามารถจำแนก ได้ ดังนี้

3.5.1 วงจร เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

ใช้เป็นตัวกลางเพื่อเชื่อมต่อการทำงานในการรับ-ส่งข้อมูลภายในกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยทั้งขาส่งข้อมูล และขารับข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

- ขาส่ง รับข้อมูล ด้วยขาหมายเลข 6 ซึ่งก็คือ ขา RX ที่เชื่อมโยงกับบอร์ดอาดุยโน่ที่ขา TX ในการส่งข้อมูลมาจากบอร์ดอาดุยโน่
- ขารับ ส่งข้อมูล ด้วยขาหมายเลข 7 ซึ่งก็คือ ขา TX ที่เชื่อมโยงกับบอร์ดอาดุยโน่ที่ขา RX ในการรับข้อมูลของบอร์ดอาดุยโน่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของวงจรของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

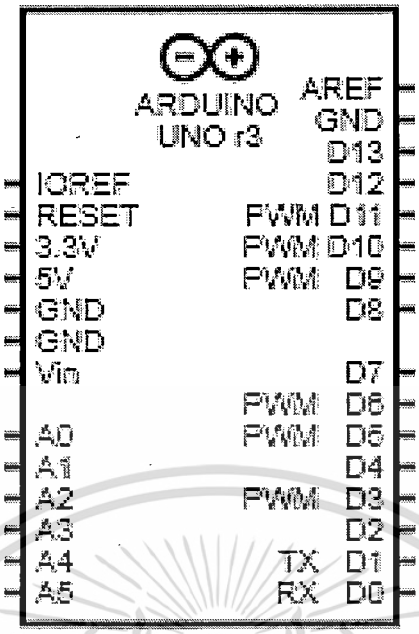
- หมายเลข 1 และ 2 หมายถึงขาที่ต้องต่อกับไฟบ้าน 220 V
- หมายเลข 3 และ 5 หมายถึงขาที่ใช้ไฟเลี้ยงกับตัวอุปกรณ์ ที่แรงดันขนาด 5 V
- หมายเลข 4 หมายถึง ขาสาย Ground
- หมายเลข 6 หมายถึง ขาที่ใช้รับข้อมูล
- หมายเลข 7 หมายถึง ขาที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล

3.5.2 วงจรบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโน่ (UNO 3)

ใช้ประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมาจากการอ่านค่า ของเซ็นเซอร์วัดกระแส และส่งข้อมูลออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยตรง ประกอบด้วยฝั่งขาส่ง และขารับข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

- ขาส่ง ส่งข้อมูลด้วยขา TX ที่ประมวลผลแล้วมาจากเซ็นเซอร์วัดกระแส ซึ่งเชื่อมโยงกับ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล ที่ขา RX ในการรับข้อมูลของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล
- ขารับ รับข้อมูลด้วยขา RX ที่เชื่อมโยงกับ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล ที่ขา TX ในการส่งข้อมูลของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



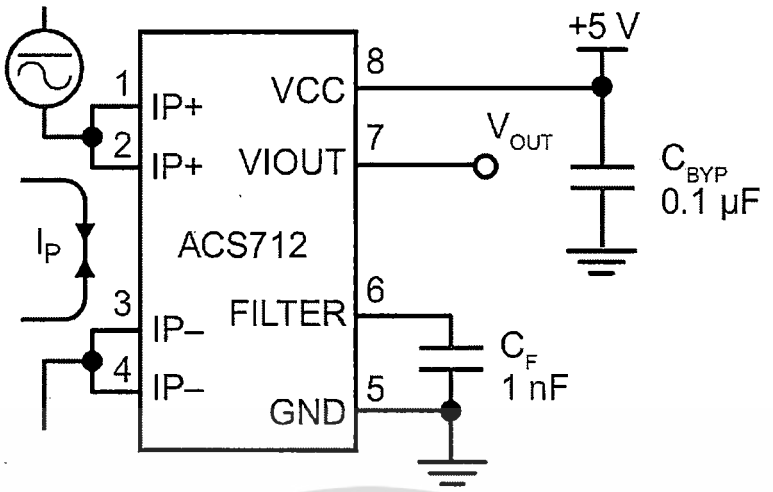
รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะของวงจรบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโน่ (UNO 3)

- ขา A0 ถึง A5 หมายถึง ขาที่รับข้อมูลมาจากตัวเซ็นเซอร์วัดกระแส
- ขา GND หมายถึง Ground
- ขา 5V หมายถึง ขาที่ใช้ไฟเลี้ยงกับตัวอุปกรณ์ขนาดแรงดัน 5 V
- ขา TX หมายถึง ขาที่ใช้ส่งผ่านข้อมูลไปยังกระแสไฟฟ้า
- ขา RX หมายถึง ขาที่ใช้รับข้อมูลมาจากกระแสไฟฟ้า

3.5.3 วงจร เซ็นเซอร์วัดกระแส

ใช้รับข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้า มาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง โดยเชื่อมโยงกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งข้อมูลไปให้ ประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



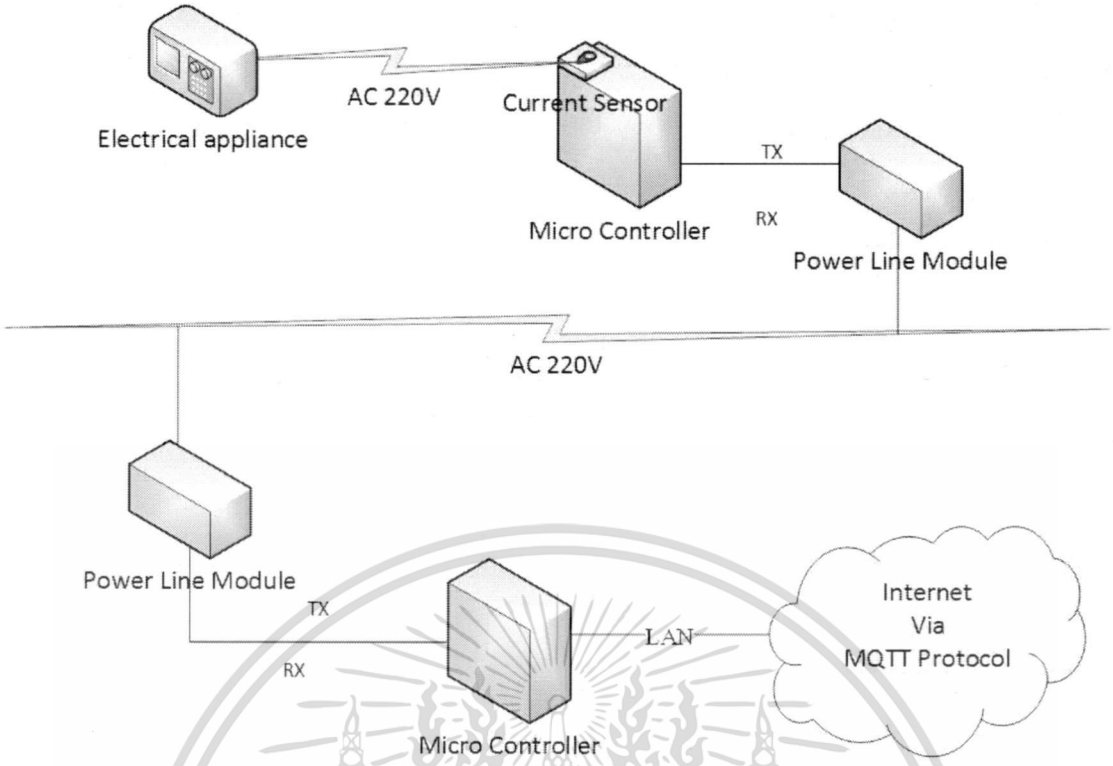
รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะของวงจรเซ็นเซอร์วัดกระแส

- ขา GND หมายถึง Ground
- ขา VCC หมายถึง ขาที่เชื่อมโยงกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโน่ ซึ่งต้องอาศัยแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 V
- ขา VIOUT หมายถึง ขาที่ใช้ส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่อ่านได้ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดุยโน่
- ขา IP+ และ IP- หมายถึง ส่วนที่ต่อกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านที่แรงดัน 220 V (ไฟบ้าน) ที่ต้องการวัดค่า การใช้พลังงานไฟฟ้า

3.6 บล๊อกไดอะแกรม (Block Diagram)

เป็นแผนภาพ แสดงภาพรวมของอุปกรณ์ทั้งหมด ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบ เพื่อยึดเป็นแนวทางใช้ในการอ้างอิง ว่า อุปกรณ์ไหน เชื่อมต่อกับอะไร โดยแสดงดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของอุปกรณ์

จากบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.17 เป็นการออกแบบภาพรวมการทำงาน และเชื่อมต่อกันของตัวอุปกรณ์แต่ละชนิด จะเห็นได้ว่า เซ็นเซอร์วัดกระแส (Current Sensor) จะเชื่อมต่ออยู่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า จากเครื่องใช้ไฟฟ้าก่อนจะส่งข้อมูลไปยัง เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล โดยใช้สายไฟฟ้าเป็นช่องทางในการส่งข้อมูล

ส่วนทางภาครับของ เพาว์เวอร์ไลน์ มอดูล จะนำข้อมูลที่ได้มาจากสายไฟฟ้า ส่งต่อไปยังตัวอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่พร้อมทำการส่งข้อมูลออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านเว็บไซต์ผู้ที่ให้บริการเป็น Broker โดยใช้โปรโตคอล เอ็มคิวทีที ในการสื่อสารกัน

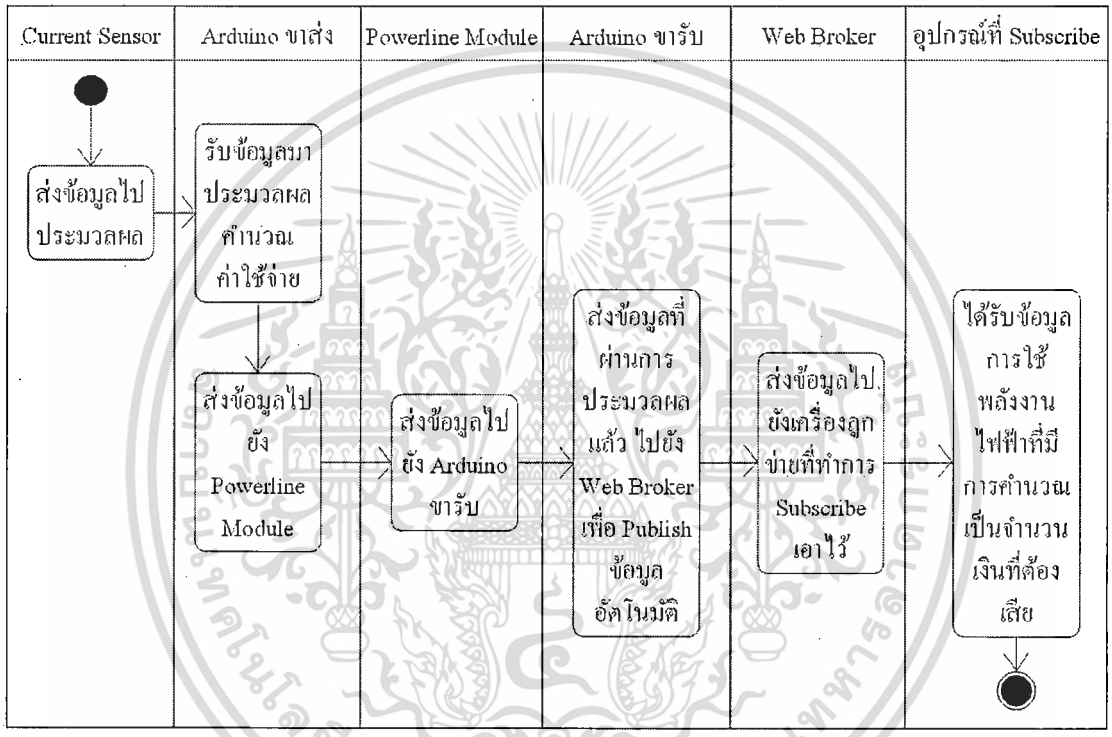
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ออกแบบการทำงานของระบบ และตรวจสอบการทำงานจริง

4.1 แอกทิวิตี ไดอะแกรม (Activity Diagram)

- ภาพรวมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ (Work Flow) แต่ละชนิด ที่เชื่อมโยงกัน โดยมีรายละเอียด การทำงานตามรูปที่ 4.1 ดังนี้



รูป 4.1 แสดงแอกทิวิตี ไดอะแกรม การทำงานของอุปกรณ์ในระบบแต่ละชนิด

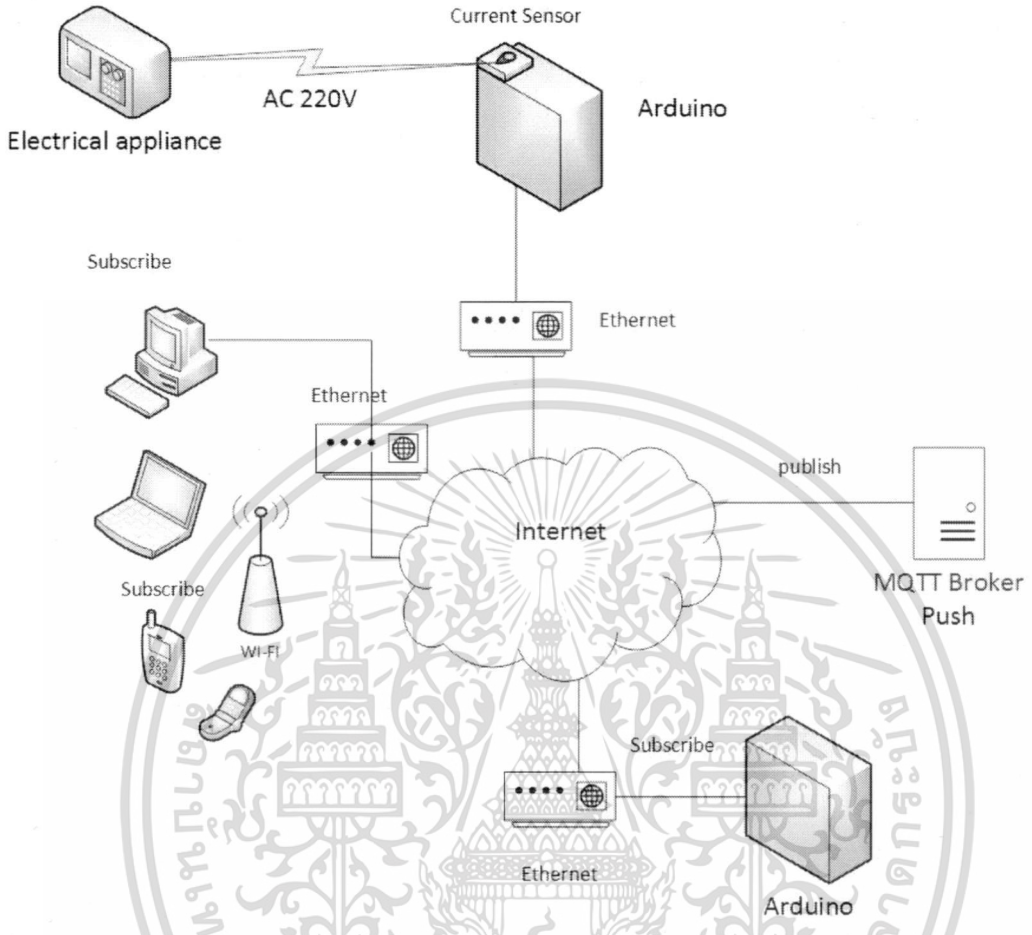
- เมื่อพิจารณา อุปกรณ์ในส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด ก็คือ บอร์ดอาดุยโน่ (ขาส่งข้อมูล) ที่มีการประมวลผล เพื่อคิดค่าใช้จ่ายออกมา มีกระบวนการทำงาน ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.2 แสดงแอกทิวิตี ไดอะแกรม ของอาดุยโน่ ขาส่งข้อมูลที่มีการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 พิจารณาการทำงานของระบบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 4.3 บล๊อกไดอะแกรม ของระบบ ขณะทำงาน

- เครื่องใช้ไฟฟ้า (การทดลองจะใช้ ไดร์เป่าผม ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์) เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดกระแส ที่ต่ออยู่กับบอร์ดอาดุยโน่ ขาส่งข้อมูล เพื่ออ่านค่าการใช้พลังงาน และมีการคำนวณค่าใช้จ่ายออกมา ด้วยกระบวนการตาม แอกทิวิตี ไดอะแกรม ในรูปที่ 4.2 ซึ่งขอบเขตของการทดสอบ จะใช้ข้อมูล 20 ค่า เท่านั้น ไม่ได้ใช้ข้อมูล 3,600 ค่า (1 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 3,600 วินาที จึงต้องมีการเก็บค่าในทุกๆ วินาที) อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของ บอร์ดอาดุยโน่ ซึ่งผลการทำงานแสดงดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sensor = 426     output = 2.08V  Irms = 2.10A    Power = 0.46KW
sensor = 553     output = 2.70V  Irms = 1.00A    Power = 0.22KW
sensor = 622     output = 3.04V  Irms = 2.69A    Power = 0.59KW
sensor = 508     output = 2.48V  Irms = 0.10A    Power = 0.02KW
sensor = 411     output = 2.01V  Irms = 2.47A    Power = 0.54KW
sensor = 499     output = 2.44V  Irms = 0.32A    Power = 0.07KW
sensor = 626     output = 3.06V  Irms = 2.78A    Power = 0.61KW
sensor = 543     output = 2.65V  Irms = 0.76A    Power = 0.17KW
sensor = 403     output = 1.97V  Irms = 2.66A    Power = 0.59KW
sensor = 497     output = 2.43V  Irms = 0.37A    Power = 0.08KW
sensor = 622     output = 3.04V  Irms = 2.69A    Power = 0.59KW
sensor = 557     output = 2.72V  Irms = 1.10A    Power = 0.24KW
sensor = 417     output = 2.04V  Irms = 2.32A    Power = 0.51KW
sensor = 462     output = 2.26V  Irms = 1.22A    Power = 0.27KW
sensor = 602     output = 2.94V  Irms = 2.20A    Power = 0.48KW
sensor = 590     output = 2.88V  Irms = 1.90A    Power = 0.42KW
sensor = 448     output = 2.19V  Irms = 1.56A    Power = 0.34KW
sensor = 435     output = 2.12V  Irms = 1.88A    Power = 0.41KW
sensor = 565     output = 2.76V  Irms = 1.29A    Power = 0.28KW
sensor = 623     output = 3.04V  Irms = 2.71A    Power = 0.60KW
        Average = 0.38KW
        Cost = 0.70 BAHT
```

รูปที่ 4.4 แสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้า

สังเกตได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าไม่มีค่าลบแล้ว เนื่องมาจาก ได้มีการหาค่า RMS ก่อนโดยการนำค่ากระแสที่ได้ทั้งหมดแต่ละค่า มายกกำลังสอง และ หาค่ารากที่สองของมัน ผลที่แสดงออกมา คือ จำนวนเต็มบวกเท่านั้น

เมื่อได้ค่ากระแสไฟแล้ว จึงนำมาคูณกับแรงดันไฟบ้าน (220V) ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้า มีที่มาจากสูตร P = V * I โดยข้อมูลที่ได้ จะมีหน่วยเป็นวัตต์ แต่การคิดค่าไฟฟ้า ที่อ้างอิงมาจากการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งมีหลักเกณฑ์ดังรูปที่ 4.5 จะคิดจากหน่วยที่มีการใช้งาน โดยที่ แต่ละหน่วย มีค่าเท่ากับ กิโลวัตต์/ชั่วโมง จึงต้องทำให้ค่ากำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ ก่อน

หลังจากที่ค่ากำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ แล้ว ต้องมีการเก็บข้อมูล 3,600 ค่า เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จึงต้องมีการเก็บข้อมูลทุกๆ วินาที แต่เนื่องจากข้อจำกัดของตัวบอร์ดอาดุยโน่ ดังที่กล่าวไปแล้ว จึงใช้ข้อมูลที่นำมาหาค่าเฉลี่ย เพียงแค่ 20 ค่า แล้วนำมาคูณ กับอัตราที่เรียกเก็บของการไฟฟ้านครหลวง

สุดท้ายแล้ว จำนวนค่าไฟฟ้าที่ต้องเสีย จากการใช้งานจริง ที่ได้มาจากการคำนวณ ก็คือ 0.70 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า		
15 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 15)	หน่วยละ	1.8632 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25)	หน่วยละ	2.5026 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35)	หน่วยละ	2.7549 บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 100)	หน่วยละ	3.1381 บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 – 150)	หน่วยละ	3.2315 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	หน่วยละ	3.7362 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	3.9361 บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน) :	8.19	

1.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า		
150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 150)	หน่วยละ	2.7628 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	หน่วยละ	3.7362 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	3.9361 บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน) :	38.22	

รูปที่ 4.5 แสดงหลักเกณฑ์ในการคิดค่าไฟฟ้าโดยอ้างอิงจากการไฟฟ้านครหลวง

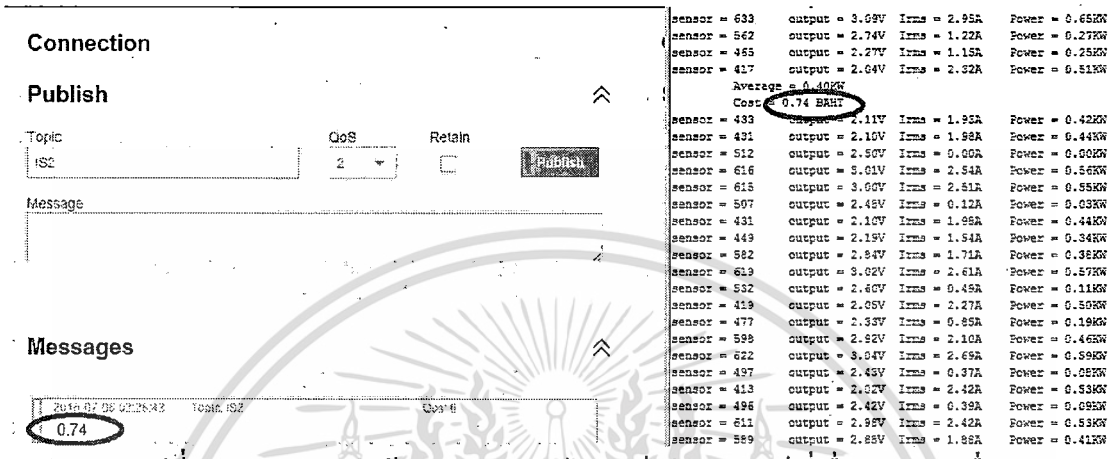
- ในขณะที่เมื่อไม่มีการใช้กระแสไฟฟ้าผลที่ได้จะปรากฏดังรูป

```
sensor = 518     output = 2.53V  Irms = 0.15A    Power = 0.03KW
sensor = 518     output = 2.53V  Irms = 0.15A    Power = 0.03KW
sensor = 519     output = 2.53V  Irms = 0.17A    Power = 0.04KW
sensor = 515     output = 2.51V  Irms = 0.07A    Power = 0.02KW
sensor = 513     output = 2.50V  Irms = 0.02A    Power = 0.01KW
sensor = 506     output = 2.47V  Irms = 0.15A    Power = 0.03KW
sensor = 515     output = 2.51V  Irms = 0.07A    Power = 0.02KW
sensor = 520     output = 2.54V  Irms = 0.20A    Power = 0.04KW
sensor = 517     output = 2.52V  Irms = 0.12A    Power = 0.03KW
sensor = 514     output = 2.51V  Irms = 0.05A    Power = 0.01KW
sensor = 515     output = 2.51V  Irms = 0.07A    Power = 0.02KW
sensor = 520     output = 2.54V  Irms = 0.20A    Power = 0.04KW
sensor = 517     output = 2.52V  Irms = 0.12A    Power = 0.03KW
sensor = 518     output = 2.53V  Irms = 0.15A    Power = 0.03KW
sensor = 510     output = 2.49V  Irms = 0.05A    Power = 0.01KW
sensor = 514     output = 2.51V  Irms = 0.05A    Power = 0.01KW
sensor = 520     output = 2.54V  Irms = 0.20A    Power = 0.04KW
sensor = 509     output = 2.49V  Irms = 0.07A    Power = 0.02KW
sensor = 517     output = 2.52V  Irms = 0.12A    Power = 0.03KW
sensor = 513     output = 2.50V  Irms = 0.02A    Power = 0.01KW
         Average = 0.02KW
         Cost = 0.05 BAHT
```

รูปที่ 4.6 แสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียเมื่อไม่มีการใช้กระแสไฟฟ้า

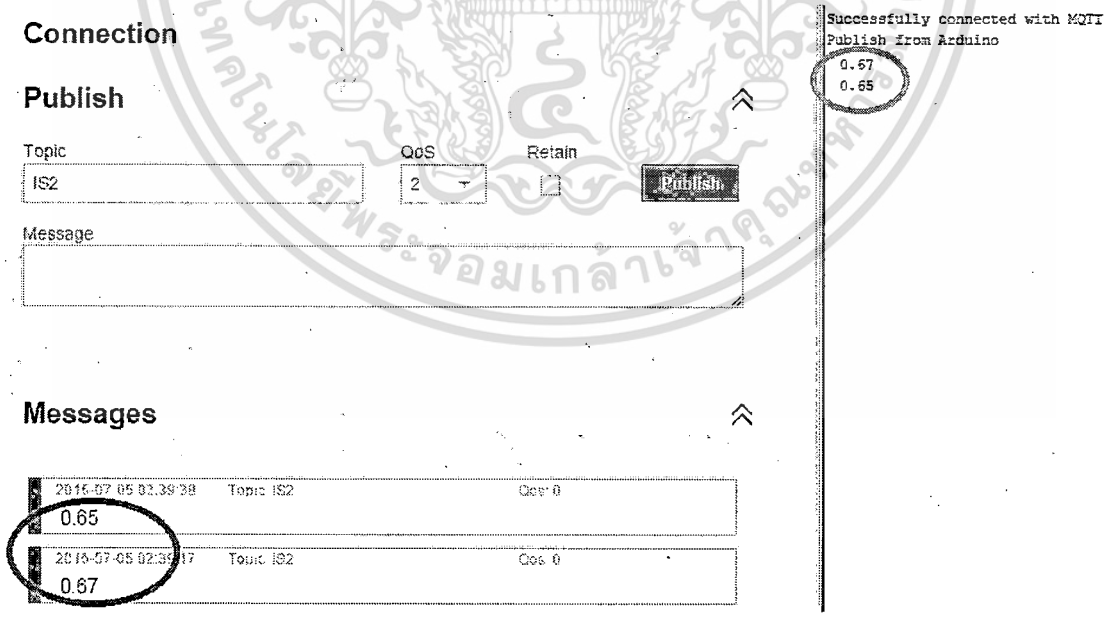
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลังจากที่บอร์ดอาดุยโน่ ประมวลผลข้อมูลเสร็จ จนได้จำนวนค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียแล้ว ก็จะทำการ ส่งข้อมูลออก (Publish) ไปที่ปลายทางของผู้ให้บริการที่เป็นเว็บโบรกเกอร์ ผ่านโปรโตคอล เอ็มคิวทีที โดยที่เครื่องลูกข่าย (Client) ที่ทำการ Subscribe ก็จะได้รับข้อมูลทันที ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการส่งข้อมูล (Publish) ไปยังเว็บโบรกเกอร์ ที่เชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่าย

- เมื่อนำบอร์ดอาดุยโน่อีกตัว ที่ได้ทำการ Subscribe ไว้รับข้อมูลจากเว็บโบรกเกอร์ โดยตรง ก็จะมีการแสดงผลดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการรับข้อมูล (Subscribe) จากเว็บโบรกเกอร์ ด้วยบอร์ดอาดุยโน่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อนำโทรศัพท์มือถือ ที่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำการ Subscribe จากเว็บโบรกเกอร์ เพื่อรับข้อมูลโดยตรง ก็จะแสดงผลดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 แสดงการรับข้อมูล (Subscribe) จากเว็บโบรกเกอร์ ด้วยโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปผลการวิจัย

5.1 การเปรียบเทียบ เพื่อหาความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ ของเครื่องใช้ไฟฟ้า

ข้อมูลที่ประมวลผล จากการทำงานของอุปกรณ์ จนได้เป็นค่าใช้ไฟฟ้าที่ต้องเสียจริงนั้น ยังไม่ได้มีการรวม ค่าไฟฟ้าผันแปร (FT) ค่าบริการ และภาษีมูลค่าเพิ่ม เป็นเพียงค่าไฟฟ้าพื้นฐานที่เกิดมาจากการใช้งานจริง เพียงเท่านั้น โดยคิดตามหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้านครหลวง

เครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำมาใช้คำนวณ คือ ไดร์เป่าผม ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ ซึ่งเมื่อนำมาคิดแบบคร่าวๆ ถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องเสีย จากการใช้งาน เมื่อเปิดใช้ 1 ชั่วโมง จะคำนวณได้จากสูตร (วัตต์/1000) * ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย (ในที่นี้ให้มีการทดสอบแค่ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 หน่วย) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ (700/1000) * 1.8632 = 1.30 บาท

แต่สิ่งที่เราคำนวณมาจาก การทำงานของอุปกรณ์ในบทที่ 4 ซึ่งได้ผลลัพธ์ของจำนวนกิโลวัตต์ที่ใช้ เท่ากับ 0.38 กิโลวัตต์ เมื่อนำมาคูณกับ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย (ในที่นี้ให้มีการทดสอบแค่ 1 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 หน่วย) มีค่าเท่ากับ 0.38 * 1.8632 = 0.70 บาท

จะเห็นได้ว่ามีค่าไม่เท่ากัน เพราะการคิดคำนวณในแบบแรก เป็นการประมาณการคร่าวๆ จาก ฉลากของจำนวนวัตต์ที่ใช้ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ไม่ได้เกิดจากการทำงานที่วัดจากเซ็นเซอร์วัดกระแสจริงๆ เพราะการคำนวณจะคำนึงถึง สภาพแวดล้อมจริงที่มีการใช้งานด้วย ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ณ ขณะนั้น สภาพความพร้อมของอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ไม่มีการชำรุด หรือเสียหาย รวมไปถึงคุณภาพของสายไฟ และเต้ารับ ที่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้ามา เป็นต้น

เพราะฉะนั้น การวัดผลข้อมูลจากเซนเซอร์วัดกระแสจึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่า

5.2 ข้อสรุปภาพรวมจากโครงการในครั้งนี้

การรับและส่งข้อมูลโดยใช้กระแสไฟฟ้าเป็นสื่อกลาง หรือที่เรียกว่าเทคโนโลยี Power Line Communication นั้นเป็นช่องทางการสื่อสาร ที่เรียกได้ว่ามีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด ซึ่งก็คือสายไฟซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีอยู่แล้วนั่นเอง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ว่าสัญญาณโดนรบกวนได้ง่ายจากคลื่นความถี่ที่มาจากภายนอก จึงนับว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญของเทคโนโลยีนี้

ส่วนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ นับว่ามีประโยชน์มากขึ้นเรื่อยๆ เพราะเป็นการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระหว่างอุปกรณ์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยตัวของมันเอง ไม่จำเป็นต้องพึ่งพามนุษย์เพียงอย่างเดียว และปัจจุบันอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆรวมไปถึงบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีราคาที่ถูกลงมากกว่าในอดีต อีกทั้งยังเพิ่มศักยภาพโดยการทำงานผ่านเซ็นเซอร์ในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการวัดข้อมูล การเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ เป็นต้น

สำหรับผลการวิจัยในครั้งนี้ ได้เลือกการวัดค่าการใช้กระแสฟ้าโดยมีการคำนวณออกมาเป็นจำนวนเงินที่ต้องเสียไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นๆ เมื่อมีการใช้งาน และส่งข้อมูลผ่านกระแสไฟฟ้า ก่อนจะส่งออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์ ด้วยโปรโตคอล เอ็มคิวทีที ซึ่งเป็นตัวกลางที่มี Broker คอยดูแลในการรับข้อมูล มาจากตัวเซ็นเซอร์วัดกระแส ที่ต่ออยู่กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจ เพราะสามารถรับรู้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง โดยการส่งผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ กับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบอัตโนมัติ

การวิจัยครั้งนี้ผู้จัดทำเชื่อว่าสามารถนำไปประยุกต์ และต่อยอดกับแนวคิดอื่นๆ อาทิเช่น ส่งข้อมูลที่เกี่ยวกับทางด้านการแพทย์ ทางการทหาร และทางด้านอื่นๆได้อีกมากมาย โดยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงค์เข้ามาช่วยนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. 2550. **มาตรฐานทางเทคนิค สำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า**.[Online] Available: http://www.nbtc.go.th/wps/wcm/connect/b069bc00424515f9bc87be6c94bc6c9a/3_PLC_DraftHearing.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=b069bc00424515f9bc87be6c94bc6c9a

เจ้าของร้าน. 2014. **Raspberry Pi - Media Center (ตอนที่ 1)**. [Online] Available: http://www.arduitronics.com/article/raspberry-pi-media-center-ตอนที่-1

บทเรียน Online วิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ. **ชนิดของสัญญาณข้อมูล**. [Online] Available: http://www.tanti.ac.th/Com-tranning/webnot/index62.htm

ภูมิพัฒ แสงอุดมเลิศ. **การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า(Power Line Communications)**. [Online] Available: http://thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Power_Line_Communications

มาร์ค Blognone. **Internet of Things เมื่อสิ่งของทุกชนิด "ต่อเน็ตและคุยกันเอง"**. [Online] Available: http://www.thairath.co.th/content/393132

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **ไมโครคอนโทรลเลอร์**. [Online] Available: http://th.wikipedia.org/wiki/ไมโครคอนโทรลเลอร์

ศูนย์การเรียนรู้ออนไลน์ สำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. **ระบบการมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น (Modulation and Demodulation System).** [Online] Available: http://lms.icit.kmutnb.ac.th/moodle/Modulate/

24 มีนาคม 2557. **เทคโนโลยีที่ 3: Internet of Things** [Online] Available: http://strategic-man.com/articles/detail/19#.VS88YtyUdex

การมอดูเลตสัญญาณและวิธีการสื่อสาร(Signal Modulation and Communication Method). [Online] Available: http://netra.lpru.ac.th/~suchada/files/3_4.ppt

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส). [Online] Available: http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ-current-sensor-เซ็นเซอร์วัดกระแส.html

ออสซิลโลสโคป(Oscilloscopes). [Online] Available: http://icelectronic.com/beginner/study/cro.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

ออสซิลโลสโคป. [Online] Available: http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/labphysics2/meter/GATE.html

Arduino คืออะไร. [Online] Available: http://guru.citec.us/2841/arduino-คืออะไร

Arduino คืออะไร ?. [Online] Available: http://www.wara.com/modules.php?name=News&file=article&sid=711

Chapter2 การส่งผ่านและการอินเตอร์เฟส. [Online] Available: ora.chandra.ac.th/kiadtipo/data_com/chapt2.ppt

Academic@microchip.com. **What is a Microcontroller**. [Online] Available: https://www.youtube.com/watch?v=jKT4H0bstH8

Chokeumnuay Khowsakool. 2013. **อะไรหรือ คือ Arduino ?**. [Online] Available: http://www.chokelive.com/blog/2013/10/what-is-arduino.html

Chokeumnuay Khowsakool. 2013. **แกะกล่อง Raspberry Pi ไมโครคอมพิวเตอร์จิ๋วขนาดเท่าบัตรสมาร์ทการ์ด.** [Online] Available: http://www.chokelive.com/blog/2013/08/unbox-raspberry-pi-microcomputer.html#more-510

Cholatip Yawut. **Broadband Powerline (BPL)**. [Online] Available: http://suanpalm3.kmutnb.ac.th/teacher/FileDL/cholatip45202255521065.pdf

Dave locke. 19 August 2010. **MQ Telemetry Transport (MQTT) V3.1 Protocol Specification**. [Online] http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-mqtt/

Dept.Computer Engineering,Chiang Mai University. **Current Sensor**. [Online] Available:http://mcu56.learninginventions.org/?page_id=260

IBM Social Media. **The Internet of Things**. [Online] Available: https://www.youtube.com/watch?v=sfEbMV295Kk

jump startinnovation. 2556. **ไมโครคอนโทรลเลอร์...มันคืออะไร?.** [Online] Available: http://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html

ThaiEasyElec.com (Venus Supply Company Limited, Thailand). **บทความการพัฒนาโปรแกรมบน Raspberry Pi ด้วย Qt**. [Online] Available: http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/บทความการพัฒนาโปรแกรมบน-raspberry-pi-ด้วย-qt.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

Tobey Jaffey. February 2014. **MQTT and CoAP, IoT Protocol**. [Online] Available: http://eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php

17 March 2015. **MQTT**.[Online] http://en.wikipedia.org/wiki/MQTT

5A Current Sensor Module. [Online] Available:http://www.arduitronics.com/product/24/5a-current-sensor-module-2

Internet of Things (IoT). [Online] Available: http://whatis.techtarget.com/definition/Internet-of-Things

Internet of Things (IoT). [Online] Available: http://www.techopedia.com/definition/28247/internet-of-things-iot

KQ330 Module Description. [Online] Available: http://forum.arduino.cc/index.php?topic=268584.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายสรกฤช ฉัตรมาลัย
วันเดือนปีเกิด	14 กรกฎาคม พ.ศ.2527
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร(คอมพิวเตอร์ธุรกิจ)
สถานที่สำเร็จการศึกษา	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2549
สถานทำงาน	นักคอมพิวเตอร์ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้