



ระบบควบคุมไฟฟ้าในโรงเรมขนาดเล็กแบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบี  
ร่วมกับบอร์ดรีเลย์

โดย

นายอนุพงษ์ แก้วเขียว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ระบบควบคุมไฟฟ้าในโรงเรมขนาดเล็กแบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบี  
ร่วมกับบอร์ดรีเลย์

โดย

นายอนุพงษ์ แก้วเขียว

ห้องสมุดแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
THAMMASAT UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



Wireless Electric Power Control System Using Zigbee and  
Relay Board : A Case Study in A Small Hotel

BY

Mr. Anupong Keawkiow



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (COMPUTER SCIENCE)

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายอนุพงศ์ แก้วเขียว

เรื่อง

ระบบควบคุมไฟฟ้าในโรงเรมขนาดเล็กแบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

เมื่อ วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชฎา คงคงจันทร์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวลักษณ์ วรรธนาภา)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐอนันท์ หงส์สวัสดิ์รัตน์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดนยพฤทธิ์ ไกรฤทธิ์)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบควบคุมไฟฟ้าในโรงงานและเล็กแบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์
ชื่อผู้เขียน	นายอนุพงษ์ แก้วเขียว
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. เสาร์ลักษณ์ วรรณนาภา
ปีการศึกษา	2558

### บทคัดย่อ

พัฒนาไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิตของคนเป็นอย่างมากนับได้ว่าไฟฟ้าเป็นสาธารณูปโภคหลักของการดำรงชีวิต ทั้งในบ้านเรือน บริษัท รวมไปถึงโรงงานต่างๆ ด้วยประชากรที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปริมาณมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีการใช้พลังงานในการประกอบกิจกรรมหรือการปฏิบัติงานต่างๆ มากขึ้นซึ่งเป็นเหตุทำให้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานของผู้บริโภคเข่นกัน การดำเนินชีวิตของคนในยุคปัจจุบันนั้นมีสิ่งอำนวยความสะดวกอยู่รอบตัว ซึ่งสิ่งอำนวยความสะดวกเหล่านั้นส่วนใหญ่มักเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าเป็นหลักอาทิเช่น เครื่องปรับอากาศ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์หุงต้ม หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ภายในบ้านและด้วยพฤติกรรมการดำเนินชีวิตของคนในยุคปัจจุบันที่มักจะดำเนินชีวิตไปด้วยความเร่งรีบ ทำให้บางครั้งความรีบร้อนอาจก่อให้เกิดความประมาท หลงลืมเปิดไฟฟ้าทิ้งไว้ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองจากการลืมปิดอุปกรณ์เหล่านั้นและอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึงตามมาได้ ยิ่งหากเป็นกรณีของที่พักให้เช่า เช่น โรงแรมที่เช่าอาจไม่ได้สนใจที่จะปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและอาจเกิดความเสียหายได้กว้างขวางขึ้น ก่อให้เกิดอัคคีภัยและการระเบิดได้

แนวคิดหนึ่งที่จะช่วยลดความสูญเสียและความเสียหาย จากการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องพัก ได้แก่ การใช้ระบบควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติผ่านระบบเครือข่าย ซึ่งในปัจจุบันมักใช้การเดินสายเชื่อมต่อจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นตัวควบคุมไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องพักต่างๆ ซึ่งระบบจะมีปัญหาในเรื่องค่าใช้จ่ายของสาย ความไม่สะดวกในการติดตั้งในบางพื้นที่และความสวยงาม จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless) ขึ้น

ระบบการประยุกต์พัฒนาไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายไร้สายถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ลดภาระในการเดินสายไฟ การควบคุมระบบไฟฟ้าในอาคารต่าง ๆ ซึ่งระบบจะมีประโยชน์มากในบางพื้นที่ เช่น พื้นที่ที่มีการติดตั้งยากการจำกัดงบประมาณการติดตั้งอุปกรณ์ เป็นต้น อีกทั้งยังลดข้อผิดพลาดจากหลายสาเหตุ เช่น สายไฟเกิดการชำรุด หนูหรือแมลงกัดสายขาด และสายเสื่อมสภาพจากการใช้งานเนื่องจากไม่มีการเดินสายไฟระบบจะถูกควบคุมผ่านระบบเครือข่ายไร้สายแทน ในงานวิจัยนี้เราได้ทำการออกแบบระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อควบคุมไฟฟ้าโดยทำการออกแบบแบบในแต่ละขั้นตอนของการทำงานของระบบเพื่อที่จะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และคำนึงถึงความสำคัญของการใช้พลังงานและทรัพยากรให้น้อยที่สุด

ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายโดยผ่านโมดูลรับส่งสัญญาณชิกบี (Zigbee Wireless Sensor Network) โดยจะทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่และรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย โดยมีการเชื่อมต่อกับชิกบีตัวรับผ่านทางพอร์ตอาร์เอสสองสามสอง (RS232) ซึ่งจะใช้อุปกรณ์บอร์ดรีเลย์เข้ามาควบคุมในการสั่งงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแทนการใช้อุปกรณ์ชิกบีที่ต้องเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อลดค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ในการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สาย

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองการในรูปแบบสามสถานการณ์ ได้แก่ การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สาย การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลักตัวในการควบคุมการส่งสัญญาณ และการควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์ในการควบคุมการส่งสัญญาณ ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบพบว่า มีความแตกต่างกันไม่มากนัก แสดงให้เห็นว่าการทำงานทั้งสองรูปแบบนี้สามารถใช้ทดแทนการทำงานกันได้ โดยระบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจะใช้อุปกรณ์บอร์ดรีเลย์แทนการใช้อุปกรณ์ชิกบีบางตัว จึงทำให้สามารถลดต้นทุนของอุปกรณ์ได้แต่มีประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมไม่แตกต่างจากเดิม และจากการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลดพลังงานการใช้ไฟฟ้าได้ดีกว่า เมื่อไม่ใช้ระบบควบคุมเลยถึงกว่า 40 %

**คำสำคัญ:** ระบบควบคุมไฟฟ้า, ระบบควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สาย, ชิกบี, บอร์ดรีเลย์,

Thesis Title	Wireless Electric Power Control System Using Zigbee and Relay Board : A Case Study in A Small Hotel
Author	Mr. Anupong Keawkiow
Degree	Master of Science Program Computer Science
Major Field/Faculty/University	Department of Computer Science Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Saowaluk Watanapa
Academic Years	2015

## ABSTRACT

Electricity is inarguably a necessity of life in the present. It is consumed everywhere, in households, offices, and factories. With the population increasing steadily every year, the usage of electricity also rises. As the demand for electricity grows, more and more effort is being put into generating enough for the society. Today's lifestyle involves countless accessories and devices, most of which relies on electricity, such as air conditioners, refrigerators, and lights, and other appliances essential in any household. As we hurry through every day as most of us are doing, sometimes we forget things like turning off the electronics we use, resulting in wasteful consumption of electricity, and possibly accidents like fire or explosion. The problems are more serious when occur in larger accomodations like guest-houses or hotels.

One of the solutions is using an automatic electric power control system. Most of systems deployed are wired network which have good signal stability, but several limitations, such as high hardware cost, hardness of installation and lack of tidiness in some areas. Our wireless electric power control system is developed to alleviate the problems of reducing electricity usage, by making it easier and less costly to install such systems in places where there are limitations, whether in accommodating space or hardware cost. It also reduces many possibilities of failure,

such as damaged wire, for the system will make use of wireless network. In this research, we have designed a wireless system to control the usage of electricity, keeping in mind to refine every step of the system's work to be as efficient as we can, using as little energy and resources as possible.

The system controls electric appliances through Zigbee communication modules connected into a wireless communication network, working in conjunction with Arduino microcontrollers connected through port RS232. A relay board is used to send the turn-on, turn-off commands to each electric appliance instead of a separate Zigbee for each individual appliance.

Experiments were set for comparison of the performance of three control system models: the first is the wired control system, the second is wireless system utilizing separate Zigbee for each electrical appliance, and the third is our system, which uses a relay board in place of most Zigbee devices, thus reducing the hardware cost while retaining the same level of reliability and effectiveness. The experimental results confirm that our system successfully reduces electricity consumption.

**Keywords:** Control Lighting System, Zigbee, board relay

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีอี่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวลักษณ์ วรรธนาภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านนั้นได้สละเวลาให้คำแนะนำและแนวทางเกี่ยวกับการวิจัย ท่านให้คำปรึกษาตลอดเวลาเป็นอย่างดีและมีประโยชน์อย่างมากกับวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชฎา คงจะจันทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐรัตน์ ทรงสุริทธิ์ร และรองศาสตราจารย์ ดร.ดนัยพฤทธิ์ ไกรฤทธิ์คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับให้สาเร็จลุล่วงได้อย่างดี

และสุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านในครอบครัว ที่สนับสนุนด้านการเงิน ให้ความห่วงใย และให้กำลังใจ รวมทั้ง นางสาวดรุณี ดวงจินดา ที่เคยให้กำลังใจ ร่วมให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงมาด้วยดีตลอด

นายอนุพงศ์ แก้วเขียว

(6)

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	หน้า (1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญที่และที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 เทคโนโลยีในการควบคุมไฟฟ้า	6
2.1.1 เทคโนโลยีควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย	6
2.1.1.1 สายคู่บิดเกลียว (Twisted-Pair Cable)	6
2.1.1.2 สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable)	7

2.1.1.3 สายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber Cable)	8
2.1.1.4 Personal Area Network (PAN)	9
2.1.1.5 Local Area Network (LAN)	9
2.1.1.6 Metropolitan Area Network (MAN)	10
2.1.1.7 Wide Area Network (WAN)	10
2.1.1.8 การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย PLC	11
2.1.2 เทคโนโลยีควบคุมไฟฟ้าแบบเครือข่ายไร้สาย	13
2.1.2.1 บลูทูธ (Bluetooth)	13
2.1.2.2 วายฟาย (Wi-Fi)	15
2.1.2.3 เทคโนโลยีซิกบี (ZigBee)	16
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	20
2.3 รีเลย์ (Relay)	21
2.4 อาร์เอฟไอดี (RFID)	24
2.4.1 องค์ประกอบของอาร์เอฟไอดี (RFID)	25
2.4.2 มาตรฐานอาร์เอฟไอดี RFID	28
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
 บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบ	31
3.1 ภาพรวมของระบบ	31
3.2 หลักการทำงานของระบบ	32
3.3 การออกแบบแอคทิวิตี้โดยแกรมแสดงการทำงานของระบบ	35
3.4 โปรโตคอลในการเชื่อมต่อบอร์ดรีเลย์	36
 บทที่ 4 การดำเนินการทดลอง	37
4.1 การเตรียมการทดลอง	37

4.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	37
4.1.1.1 หลอดตะเกียง	37
4.1.1.2 อุปกรณ์อีกซ์บี (แรงรับข้อมูล)	38
4.1.1.3 อุปกรณ์อีกซ์บี (ตัวส่งข้อมูล)	38
4.1.1.4 บอร์ดเรลาย (Relay)	39
4.1.1.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Converter)	39
4.1.2 การเข้มต่อของอุปกรณ์	40
4.1.2.1 การเข้มต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอีกซ์บี	40
4.1.2.2 การเข้มต่อระหว่างตัวแปลงสัญญาณและบอร์ดเรลาย	40
4.1.3 ราคาอุปกรณ์	41
4.1.4 เปรียบเทียบราคากลุ่มอุปกรณ์ในแต่ละการทดลอง	41
4.2 การดำเนินการทดลอง	42
4.2.1 การควบคุมไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย	42
4.2.2 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีทหลายคู่	43
4.2.3 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีร่วมกับบอร์ดเรลาย	43
4.3 การดำเนินการทดลอง	44
4.3.1 การทดลองวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	44
4.3.2 สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	48
4.3.3 การทดลองการวัดประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์	51
4.3.4 สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์	55
4.3.5 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในสถานการณ์จริงภายในห้องพัก	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	60
5.2 อภิปรายผลการทดลอง	61
5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต	62

รายการอ้างอิง	63
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมไฟฟ้า	66
ประวัติผู้เขียน	81

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์ซิกบีกับเทคโนโลยีรีสไนแบบอื่น ๆ	16
3.1 ความเร็วที่ใช้ในการส่งข้อมูล	33
3.2 ตารางรูปแบบการส่งโปรโตคอล	36
4.1 ราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	41
4.2 การเปรียบเทียบราคาของอุปกรณ์ในแต่ละการทดลอง	41
4.3 ผลกระทบปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ควบคุมแบบใช้สาย	46
4.4 ผลกระทบปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ควบคุมโดยใช้ซิกบีหลายคู่	47
4.5 ผลกระทบปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์	48
4.6 ผลกระทบการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย และระบบควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีหลายคู่	49
4.7 ผลกระทบการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้าแบบรีสไน โดยใช้ซิกบีหลายคู่และระบบควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์	50
4.8 ผลกระทบการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย และระบบควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์	51
4.9 ผลกระทบประสิทธิภาพการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบใช้สาย	53
4.10 ผลกระทบประสิทธิภาพการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีหลายคู่	54
4.11 ผลกระทบประสิทธิภาพการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์	55
4.12 ผลกระทบการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีหลายคู่	56
4.13 ผลกระทบการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีหลายคู่และระบบควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์	56
4.14 ผลกระทบการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบรีสไนโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์	57
4.15 ผลกระทบการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบ 4 สтанดาร์ด	58

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สายคู่บิดเกลียวชนิดหุ้มฉนวน	7
2.2 สายคู่บิดเกลียวชนิดไม่หุ้มฉนวน	7
2.3 สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable)	8
2.4 สายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber Cable)	8
2.5 การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายพีเออลซี (PLC)	12
2.6 การเชื่อมต่อแบบบลูทูธ (Bluetooth)	14
2.7 การเชื่อมต่อแบบวายฟาย (Wi-Fi)	15
2.8 แสดงภาพ Topology ในการใช้งาน Zigbee Network	18
2.9 โครงสร้างระบบของซิกบี	19
2.10 การเชื่อมต่อของซิกบี	20
2.11 การทำงานของรีเลย์	24
2.12 องค์ประกอบของอาร์เอฟไอดี (RFID)	25
2.13 ป้าย (Tag)	27
2.14 มาตรฐานอาร์เอฟไอดี RFID	28
3.1 ภาพรวมของระบบ	32
3.2 ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล	32
3.3 ส่วนที่ใช้ในการประมวลผล	33
3.4 ส่วนที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูล	34
3.5 ส่วนที่ใช้ควบคุมไฟฟ้าในห้องพักด้วยการ์ด	34
3.6 แอคทิวิตี้โดยแกรมแสดงการทำงานของระบบ	35
4.1 หลอดตะเกียงประเภท 3 แห่งเกลียว	37
4.2 อุปกรณ์อิ๊กซ์บี (แ朋รับข้อมูล)	38
4.3 อุปกรณ์อิ๊กซ์บี (ตัวส่งข้อมูล)	38
4.4 บอร์ดรีเลย์ (Relay)	39
4.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Converter)	39
4.6 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอิ๊กซ์บี	40
4.7 การเชื่อมต่อระหว่างตัวแปลงสัญญาณและบอร์ดรีเลย์	40

4.8 การควบคุมไฟฟ้าโดยแบบใช้สาย	43
4.9 การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีทลัยคุ'	43
4.10 การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์	44
4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบควบคุม	49
ก.1 การเข้าใช้งานระบบ	66
ก.2 เมนูการใช้งานและสถานะห้องพัก	66
ก.3 เมนูปิดโปรแกรมและย่อโปรแกรม	67
ก.4 สถานะการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้า	67
ก.5 เมนูรายงาน	68
ก.6 การตั้งค่าระบบ	68
ก.7 การพื้นฟูการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้า	68
ก.8 สถานะการใช้งานไฟฟ้า	69
ก.9 รายละเอียดการเข้าพัก	70
ก.10 การตั้งค่าต่างๆ	71
ก.11 การตั้งค่าคอมพิวเตอร์ของโปรแกรมควบคุม	71
ก.12 การตั้งค่าอื่นๆ	72
ก.13 การตั้งค่าระบบและห้องพัก	72
ก.14 การตั้งค่าโปรโตคอลการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องพัก	73
ก.15 รายงานการใช้ไฟฟ้า	73

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญที่และที่มาของปัญหา

ในปัจจุบัน พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิตของคนเป็นอย่างมาก นับได้ว่าไฟฟ้าเป็นสารสนับสนุนหลักของการดำรงชีวิต ทั้งในบ้านเรือน บริษัท รวมไปถึงโรงงานต่างๆ ด้วยประชากรที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปริมาณมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานในการประกอบกิจกรรม หรือการปฏิบัติงานต่างๆ มากขึ้น ซึ่งเป็นเหตุทำให้มีการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานของผู้บริโภคเข่นกัน การผลิตพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลักในการผลิตคือทรัพยากรทางธรรมชาติ เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น เราจึงจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นด้วย เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อผู้บริโภค ทำให้มีการเร่งผลิตทรัพยากรธรรมชาติเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้า จึงอาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดความเสียหายมากขึ้นกว่าเดิม

การดำเนินชีวิตของคนในยุคปัจจุบันนั้น มีสิ่งอำนวยความสะดวกอยู่รอบตัว ซึ่งสิ่งอำนวยความสะดวกเหล่านั้นส่วนใหญ่มักเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก อาทิ เช่น เครื่องปรับอากาศ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์หุ้งต้ม หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ภายในบ้าน และด้วยพฤติกรรมการดำเนินชีวิตของคนในยุคปัจจุบันที่มักจะดำเนินชีวิตไปด้วยความเร่งรีบ และอาจไม่ค่อยได้อยู่ที่พักอาศัย ซึ่งทำให้บางครั้งความรีบร้อนอาจก่อให้เกิดความประมาท หลงลืมเปิดไฟฟ้าทิ้งไว้ ส่งผลทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองจากการลืมปิดอุปกรณ์เหล่านั้น และอาจก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึงตามมาได้ เช่น การเกิดอัคคีภัย การระเบิด อุบัติเหตุต่างๆ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน และอาจเกิดการสูญเสียถึงแก่ชีวิตได้ อีกทั้งอาคารสำนักงาน โรงงาน ห้างสรรพสินค้า โรงแรมหรือที่พักต่างๆ ยังคงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้บริโภค ส่งผลทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองตาม마다วย

ในยุคนี้เราไม่สามารถปฏิเสธได้เลยว่าเทคโนโลยี มีความจำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิต ของมนุษย์เป็นอย่างมาก เพราะทุกคนล้วนใช้เทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน เช่น ด้านการสื่อสาร ด้านการคมนาคม ด้านการแพทย์หรือสาธารณสุข ต่างๆ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่อาศัยอยู่ในเมืองที่ชีวิตประจำวันมีแต่ความเร่งรีบ รีบร้อนต้องแข่งขันกับเวลา การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเทคโนโลยีสมัยใหม่นอกจากจะช่วยอำนวยความสะดวกแล้ว

ยังช่วยย่นระยะเวลาทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้สั้นลงด้วย เราได้มีการใช้เทคโนโลยีตั้งแต่เริ่มต้นจนชี้เราใช้นาฬิกาปลุกหรือมือถือตั้งปลุก การรับประทานอาหารเราต้องใช้ไมโครเวฟเพื่อใช้ในการทำอาหาร การซักผ้า การทำความสะอาดบ้าน การทำงานที่ต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ การติดต่อสื่อสารที่ต้องใช้อินเทอร์เน็ตหรือโทรศัพท์มือถือ การเดินทางคุณตามด้วยรถไฟฟ้า สาธารณูปโภคต่าง ๆ ที่ล้วนเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่าเราใช้เทคโนโลยีเพื่อมาอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตตลอดทั้งวัน หากเรามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่สิ้นเปลือง ในอนาคตอาจไม่มีพลังงานเพียงพอต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ได้ ฉะนั้นเรารึงจำเป็นต้องมีมาตรการประหยัดพลังงานเกิดขึ้น ทั้งในภาคธุรกิจและเอกชนได้มีการออกมาตรการรณรงค์ขึ้นเรื่อย ๆ อาทิเช่น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ได้รณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานในปี 2541 ถึง ปี 2542 เป็นช่วงเวลาที่สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพลังงานอย่างต่อเนื่อง ให้มีการประเมินค่าใช้จ่ายพลังงานแห่งชาติ ส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลังงาน ภายใต้โครงการรวมพลัง หารสองโดยใช้แนวความคิดของการประหยัดหนึ่งคันหนึ่งดวง และหนึ่งแก้ว โดยการออกมาตรการณ์ การประหยัดพลังงานในสามด้านด้วยกันคือ น้ำมัน พลังงานไฟฟ้า และน้ำ ซึ่งเป็นพลังงานที่มนุษย์ใช้กันอยู่ทุกวัน

การลดใช้พลังงานลงโดยการจัดการใช้พลังงานให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ประโยชน์ ความมีการดำเนินงานเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากเทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุดไปจนถึงงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูง และเงินลงทุนมากได้แก่

การดูแลรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในที่พักอาศัยภายในที่พักอาศัย โดยวิธีนี้เป็นการปรับแต่งเครื่องใช้ไฟฟ้าการทำงานต่างๆ เช่น การกำหนดให้มีการดูแลรักษาให้ถูกต้อง การทำความสะอาดอุปกรณ์ไฟฟ้า วิธีเหล่านี้จะไม่ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้ารุ่นเก่า อุปกรณ์ไฟฟ้าสมัยเก่าส่วนมากมีการกินพลังงานมากกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าสมัยใหม่ เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น หลอดไฟ เครื่องทำน้ำร้อน เป็นต้น ซึ่งสมัยใหม่นี้มีการบอกอย่างชัดเจนว่าประหยัดได้จริง

การใช้เทคโนโลยีควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของคนนั้นไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะมีการล้มปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในที่พักอาศัยได้ทุกอย่างและเป็นประจำทุกครั้ง อุปกรณ์ในที่พักอาศัยที่มีความจำเป็นต้องทำให้เกิดลักษณะเช่นนี้ได้เสมอ วิจัยนี้ได้เห็นปัญหาลักษณะนี้ไม่ว่าจะเป็นบ้านเรือน คอนโด หรือแม้กระทั่ง โรงแรม โดยที่โรงแรมจะมีห้องพักจำนวนมาก ต้องใช้พลังงานที่มากแต่ถ้าเกิดเหตุลักษณะนี้บ่อยครั้ง จะมีการสิ้นเปลืองพลังงานโดยที่ไม่มีความจำเป็นอย่างมาก many วิจัยนี้จะช่วยในการควบคุมไฟฟ้าในลักษณะเหตุการณ์นี้ได้เป็นอย่างนี้ และถัดไปจะเป็นการกล่าวถึงระบบประหยัดพลังงาน

ระบบการประยัดพลังงานโดยการเปิด – ปิด ไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ลดภาระในการเดินสายไฟ การควบคุมระบบไฟฟ้าในอาคารต่างๆ รวมถึงการตรวจสอบสถานการณ์ใช้งานของระบบไฟฟ้าซึ่งระบบนี้จะมีประโยชน์มากในบางพื้นที่ เช่น พื้นที่ที่มีการติดตั้งยาก การจำกัดงบประมาณการติดตั้งอุปกรณ์ เป็นต้น อีกทั้งยังลดข้อผิดพลาดจากห่วยเสียหาย เนื่องจากไฟฟ้าไม่สามารถเดินสายไปที่พื้นที่ที่ไม่มีการติดตั้ง หรือแมลงกัดสายขาด และสายเสื่อมสภาพจากการใช้งาน เนื่องจากไม่มีการเดินสายไฟระบบจะถูกควบคุมผ่านระบบเครือข่ายไร้สายแทน ในงานวิจัยนี้ เราได้ทำการออกแบบระบบเครือข่ายไร้สายเพื่อควบคุมไฟฟ้า โดยทำการออกแบบในแต่ละชั้นของการทำงานของระบบ เพื่อที่จะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และคำนึงถึงความสำคัญของการใช้พลังงานและทรัพยากรให้น้อยที่สุด

ในวิจัยนี้ผู้พัฒนาโครงการจึงได้นำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้าโดยผ่านโมดูลรับส่งสัญญาณไร้สาย ชิกบี (Zigbee) ซึ่ง ชิกบีจะเป็นการทำไวเลสเซนเซอร์เน็ตเวิร์ค (Zigbee Wireless Sensor Network) จะมีตัวเซนเซอร์ทำการร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่และรับส่งข้อมูลผ่านทางเครือข่ายชิกบี โดยมีการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ ผ่านทางพอร์ตอาร์เอกสาร์อีสสอยสามส่วน ซึ่งเราจะใช้อุปกรณ์บอร์ดเรลายเข้ามาควบคุมในการสั่งงานภายในห้องพัก ในการประยุกต์การใช้งานนั้นจะมีความยืดหยุ่นสูงมาก การนำอุปกรณ์การสื่อสารของเครือข่ายไร้สายชิกบี และการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่ จึงเอาไปใช้ได้หลากหลายแบบ เช่น ในการเกษตรกรรม โรงเรือน หรือฟาร์มเปิดต่างๆ ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนมีการรับส่งข้อมูล สามารถประยุกต์ใช้หลากหลายรูปแบบ

งานวิจัยนี้ได้จัดทำขึ้นมาโดยระบบนี้จะสามารถตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่หรือไม่ หากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอยู่ สามารถสั่งให้ตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าดังกล่าวได้ ซึ่งจะช่วยในการประยัดพลังงานไฟฟ้า และยังช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากความรีบด่วน ความประมาท หรือการหลงลืม ของผู้ใช้ได้ด้วย สำหรับการใช้โมดูลชิกบีนี้ จะสามารถควบคุมการทำงานได้จากระยะไกล มีการใช้พลังงานน้อย ทำให้สามารถใช้งานได้นาน ซึ่งในวิจัยนี้เราจะได้จัดทำวิธีการทดลองในรูปแบบต่างๆ ซึ่งผู้จัดได้จำลองสถานการณ์รูปแบบการทำงานโดยการสร้างอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดสามรูปแบบ เพื่อเปรียบเทียบการทำงานและประสิทธิภาพของระบบ โดยจะเริ่มต้นที่การใช้งานในรูปแบบปกติที่ใช้หัวไปเป็นยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ภายในห้องพัก และต่อมาจะใช้วิธีการเดินสายสัญญาณไปยังอุปกรณ์บอร์ดเรลาย (Board Relay) จากอุปกรณ์บอร์ดเรลายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ภายในห้องพัก และสุดท้ายจึงใช้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายในการเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์บอร์ดเรลัยและไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องพัก โดยสองวิธีที่มีการสั่งสัญญาณนั้น จะสามารถมีโปรแกรมค่อยบวิหารจัดการต่างๆ เพื่อแสดงผลภาพรวมของระบบและยังสามารถอกรายงานข้อมูลหรือมีการตรวจสอบเช็คภายในห้องได้ ซึ่งน่าจะสะดวกสบายมากขึ้นในการจัดการ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบอุปกรณ์ควบคุมการใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติแบบใช้เครือข่ายไร้สาย
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบการควบคุมไฟฟ้าโดยใช้สาย การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีทหลายตัว การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์
3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบการควบคุมไฟฟ้าโดยใช้สาย การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีทหลายตัว การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นต้นแบบของระบบควบคุมการใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติแบบใช้เครือข่ายไร้สาย
2. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมการใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติแบบใช้สาย เปรียบเทียบกับแบบไร้สาย
3. เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกระบบอุปกรณ์ควบคุมการใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติต่อไป

## 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาหลักการทำงานของระบบควบคุมไฟฟ้าอัตโนมัติแบบใช้สาย และแบบไร้สาย
2. ศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า
3. ศึกษาหลักการทำงานของชิปบี เพื่อใช้ในการควบคุมการรับ – ส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์
4. ออกแบบระบบการควบคุมไฟฟ้าภายในห้องพักแบบใช้เครือข่ายไร้สาย
5. ทดลองการใช้งานการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบไม่ผ่านสิ่งกีดขวาง เปลี่ยนรัศมีทำการสูงสุดที่เป็นไปได้
6. ทดลองการใช้งานการควบคุมระบบไฟฟ้าแบบผ่านสิ่งกีดขวาง และสภาพแวดล้อมต่างๆ
7. วัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย
8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ส่วนของบทนำจะกล่าวถึงความเป็นมาของปัญหาซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแหล่งที่มาของปัญหาที่เกิดขึ้น และวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยนี้ และวางแผนวิธีการดำเนินการวิจัยเป็นลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน โดยบทที่สองจะกล่าวถึง ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการประยุกต์พัฒนาไฟฟ้าและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบเทคโนโลยีเปิดปิดไฟฟ้าแบบเครือข่ายไร้สาย ในบทที่สามจะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบเปิดปิดไฟฟ้าอัตโนมัติโดยใช้เครือข่ายไร้สาย จะมีการแสดงตัวอย่างการทดสอบ การเตรียมการทดลอง และวิธีการวัดผลการทดลอง โดยทั้งหมดนี้จะมีการทดลองในสามรูปแบบการทดลอง ได้แก่ การควบคุมไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย การควบคุมไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีหลาຍคู่ การควบคุมไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดวีเลย์ จากนั้นจึงทำการวัดผลความแตกต่างของปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าและประสิทธิภาพการทำงานของระบบการควบคุมไฟฟ้าโดยใช้สาย การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดวีเลย์

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการนำเสนอเทคโนโลยีพื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเทคโนโลยีริสัยต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมระบบไฟฟ้าซึ่งได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า และซิกบีเป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการควบคุมการรับ – ส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ รวมถึงโปรโตคอลและรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาในครั้งนี้ด้วย

#### 2.1 เทคโนโลยีในการควบคุมไฟฟ้า

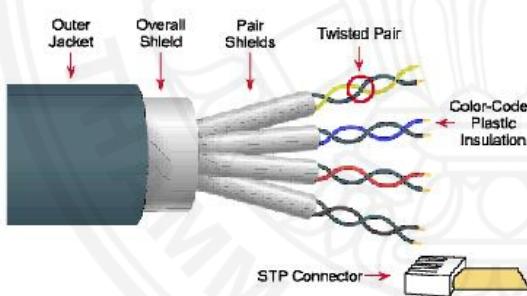
งานวิจัยนี้ดำเนินการนำเสนอเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมการส่งสัญญาณข้อมูล แบ่งออกเป็นสองแบบ ได้แก่ การควบคุมผ่านระบบส่งสัญญาณข้อมูลแบบใช้สายและการควบคุมผ่านระบบส่งสัญญาณข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งทั้งสองแบบจะต่าง ๆ กันทางกายภาพคือมีลักษณะการเชื่อมต่อที่ไม่เหมือนกันหรือการรับส่งสัญญาณที่แตกต่างกัน เพราะมีเส้นทางการเดินของสัญญาณที่แตกต่างกัน

##### 2.1.1 เทคโนโลยีควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย

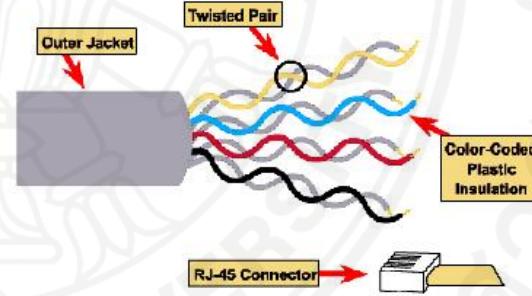
เทคโนโลยีการควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย หมายถึง การสื่อสารที่ใช้สายในการเชื่อมโยงโดยต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และอุปกรณ์ในระยะที่ไม่ห่างกันมากนัก แบ่งออกเป็น

**2.1.1.1 สายคู่บิดเกลียว (Twisted-Pair Cable)** จะประกอบด้วยสายทองแดงสายคู่บิดเกลียว (twisted pair) แต่ละคู่สายทองแดงจะถูกพันกันตามมาตรฐานเพื่อลดการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากคู่สายข้างเคียงภายในเคเบิลเดียวกันหรือจากภายนอก เนื่องจากสายคู่บิดเกลียวหนึ่งคู่ จะสามารถส่งให้สัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงผ่านได้ถึง 10 Hz หรือ 10 Hz เช่น สายคู่บิดเกลียวหนึ่งคู่ จะสามารถส่ง

สัญญาณเสียงได้ถึง 12 ช่องทาง สำหรับอัตราการส่งข้อมูลผ่านสายคู่บิดเกลียวจะขึ้นอยู่กับความหนาของสายด้วย กล่าวคือ สายทองแดงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางกว้าง จะสามารถส่งสัญญาณไฟฟ้ากำลังแรงได้ทำให้สามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราส่วนสูง โดยทั่วไปแล้วสำหรับการส่งข้อมูลแบบดิจิทัล สัญญาณที่ส่งเป็นลักษณะคลื่นสีเหลี่ยม สายคู่บิดเกลียวสามารถใช้ส่งข้อมูลได้หลายเมกะบิตต่อวินาที ในระยะทางได้ไกลหลายกิโลเมตร เนื่องจากสายคู่บิดเกลียว มีราคาไม่แพงมาก ใช้ส่งข้อมูลได้ดี แล้วนำหนักเบาจ่ายต่อการติดตั้ง จึงถูกใช้งานอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างคือ สายโทรศัพท์ สายแบบนี้มีสองชนิดคือ สายคู่บิดเกลียวชนิดหุ้มฉนวน (Shielded Twisted Pair : STP) เป็นสายคู่บิดเกลียวที่หุ้มด้วยฉนวนชั้นนอกที่หนาอีกชั้น ดังรูป เพื่อป้องกันการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายคู่บิดเกลียวชนิดไม่หุ้มฉนวน (Unshielded Twisted Pair : UTP) เป็นสายคู่บิดเกลียวที่หุ้มด้วยฉนวนชั้นนอกที่บางอีกชั้นดังรูป ทำให้สะดวกในการต่อสายแต่สามารถป้องกันการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้น้อยกว่าชนิดแรก



ภาพที่ 2.1 สายคู่บิดเกลียวชนิดหุ้มฉนวน

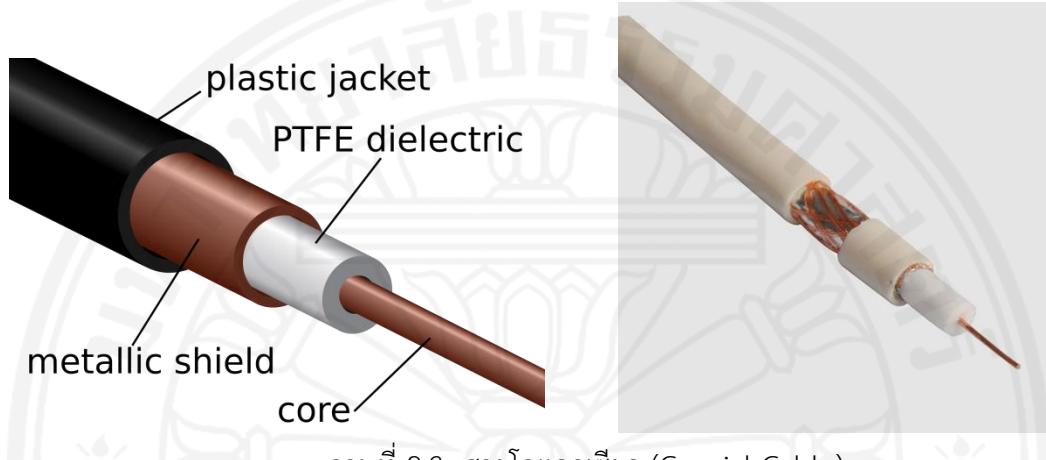


ภาพที่ 2.2 สายคู่บิดเกลียวชนิดไม่หุ้มฉนวน

**2.1.1.2 สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable)** ประกอบด้วยสายทองแดงมีฉนวนที่หุ้มด้วยฉนวนโลหะอย่างหนาอยู่ด้านนอก สายโคแอกถูกใช้เป็นสายโทรศัพท์ ฉนวนของสายโคаксจะช่วยป้องกันการรบกวนทางไฟฟ้าได้เป็นอย่างดีกว่าสายคู่บิดเกลียว นอกจากนั้นยังสามารถนำเสียงและข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง 200 Mbps การส่งข้อมูลผ่านสายโคаксมีวิธีพื้นฐานสองวิธี ได้แก่

การส่งแบบเบสแบนด์ (baseband transmission) เป็นการส่งแบบอนาล็อก และสายหนึ่งเส้นสามารถส่งได้เพียงหนึ่งสัญญาณเท่านั้นในเวลาเดียวกัน

การส่งแบบบroadband (broadband transmission) เป็นการส่งแบบดิจิทัล และสายหนึ่งสามารถส่งสัญญาณไปได้หลายสัญญาณในเวลาเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable)

**2.1.1.3 สายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber Cable)** สื้นไนนำแสง (fiber optic) เป็นการใช้แสงเคลื่อนที่ไปในท่อแก้ว ซึ่งสามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราความหนาแน่นของสัญญาณข้อมูลสูงมาก ปัจจุบันถ้าใช้สื้นไนนำแสงกับระบบอีเออร์เน็ตจะใช้ได้ด้วยความเร็ว 10 เมกะบิต ถ้าใช้กับ FDDI จะใช้ได้ด้วยความเร็วสูงถึง 100 เมกะบิต สื้นไนนำแสงมีลักษณะพิเศษที่ใช้สำหรับเชื่อมโยงแบบจุดไปจุด ดังนั้น จึงเหมาะสมที่จะใช้กับการเชื่อมโยงระหว่างอาคารกับอาคาร ระยะความยาวของสื้นไนนำแสงแต่ละสื้นใช้ความยาวได้ถึงสองกิโลเมตร สื้นไนนำแสงจึงถูกนำไปใช้เป็นสายแกนหลัก สื้นไนนำแสงนี้จะมีบทบาทมากขึ้น เพราะมีแนวโน้มที่จะให้ความเร็วที่สูงมาก แสดงดังรูปที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 สายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber Cable)

#### 2.1.1.4 Personal Area Network (PAN)

เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายในพื้นที่เฉพาะส่วนบุคคลโดยมีระยะทางไม่เกิน 10 เมตร และมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลความเร็วสูงมาก (สูงถึง 480 Mbps) ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลาย มีหลายเทคโนโลยี ดังเช่น

- Ultra Wide Band (UWB) ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.3a
- cdma2000 ที่พัฒนาต่อเนื่องจากจากเทคโนโลยี cdmaOne (IS-95)
- Bluetooth ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.1
- Zigbee ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4

เทคโนโลยีเหล่านี้ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง(peripherals) ให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลถึงกันได้ และยังใช้สำหรับการรับ-ส่งสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียดภาพสูง (high definition video signal) ด้วย

#### 2.1.1.5 Local Area Network (LAN)

เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายในพื้นที่เฉพาะ ซึ่งมีมีระยะทาง ไม่เกิน 100 เมตร และมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลความเร็วที่สูงถึงระดับ 100 Mbps และติดตั้งในรูปแบบเครือข่าย Access Point เพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง (Terminal Equipment) ในลักษณะที่เป็นเซลล์ขนาดเล็กมาก (Pico cells) ที่ไม่แตกต่างจากเซลล์ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มากนัก ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลาย ได้แก่

- Wi-Fi ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 และมาตรฐานที่พัฒนาจากมาตรฐาน
- ดังกล่าว
- ETSI HIPERLAN ตามมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป

ข้อจำกัดสำหรับการใช้งานเทคโนโลยีนี้คือ จำนวนของผู้ใช้งานในขณะเดียวกันนั้นพื้นที่มีจำกัด ระยะห่างระหว่าง access point กับ terminal equipment และความพอเพียงของคลื่นความถี่ เนื่องจาก ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้งานในลักษณะได้รับการยกเว้นใบอนุญาต(unlicensed) จึงต้องใช้คลื่นความถี่ร่วมกันกับผู้ประกอบการ

### 2.1.1.6 Metropolitan Area Network (MAN)

เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายในพื้นที่เขตเมืองหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งมีระยะทางตั้งแต่ 10 ถึง 50 กม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพความถี่ที่ใช้งาน และมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงในระดับ 15 – 50 Mbps ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าเป็น non-line-of-sight (NLOS) หรือ line-of-sight (LOS) โดยเทคโนโลยีที่เป็นที่ก่อตัวถึงในปัจจุบัน ได้แก่

- WiMAX ตามมาตรฐาน IEEE 802.16 และมาตรฐานที่พัฒนาจากมาตรฐาน

ดังกล่าว

- WiBro ซึ่งเป็นมาตรฐานที่พัฒนาโดยประเทศไทยได้ ก่อนที่จะได้พัฒนาต่อเนื่องจน ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน IEEE 802.16
- ETSI HIPERMAN ซึ่งเป็นมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป โดยมีการพัฒนาให้ทำงานร่วมกันได้กับมาตรฐาน IEEE 802.16

แต่เดิมนั้น เทคโนโลยีการเข้าถึงดังกล่าว จะมุ่งเน้นที่การใช้งานแบบประจำที่ (Fixed) ซึ่งอุปกรณ์ของผู้ใช้บริการจะติดอยู่กับที่ในลักษณะภายนอกอาคาร (outdoor) เป็นหลัก ก่อนที่จะมีการพัฒนาไปเป็นการใช้งานภายในอาคาร (indoor) และจึงพัฒนาออกแบบให้สามารถใช้งานแบบเคลื่อนที่ (Mobile) ได้ด้วย

### 2.1.1.7 Wide Area Network (WAN)

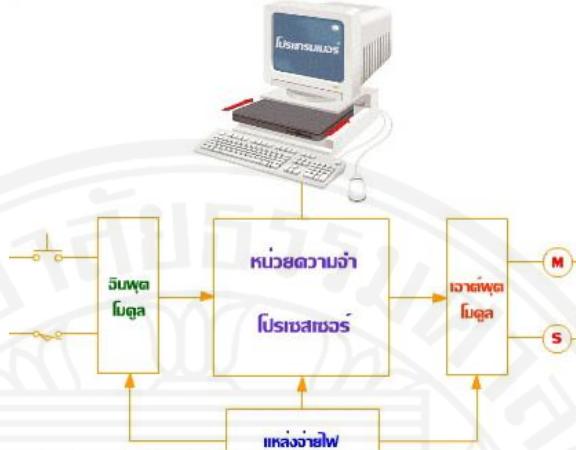
เป็นเทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายบริเวณกว้าง ซึ่งอาจครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ หรือ เขตภูมิภาค แต่จะมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลที่มีความเร็วได้ไม่เกิน 1.5 Mbps เนื่องจาก เน้นการใช้งานแบบเคลื่อนที่ ทั้งนี้เทคโนโลยีการเข้าถึงที่เป็นเทคโนโลยีการเข้าถึงไร้สายบริเวณกว้าง ได้แก่

- เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สาม (3G) ซึ่งพัฒนาต่อเนื่องมาจากเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สองโดยมีสองมาตรฐานหลัก คือ
  - Wideband CDMA (W-CDMA) ที่พัฒนาต่อเนื่องจากเทคโนโลยี GSM
  - cdma2000 ที่พัฒนาต่อเนื่องจากจากเทคโนโลยี cdmaOne (IS-95)

MBWA (Mobile Broadband Wireless Access) ตามมาตรฐาน IEEE 802.2 ซึ่งเป็น มาตรฐานที่เทียบได้กับ IEEE 802.16e (Mobile WiMAX)

#### **2.1.1.8 การควบคุมไฟฟ้า ใช้สาย PLC**

ระบบควบคุมพีเอลซี (Programmable : PLC) ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้คอมคุณอุปกรณ์เครื่องจักรในส่วนงานของอุตสาหกรรม โดยนำคอมพิวเตอร์กับพีเอลซีมาควบคุมรูปแบบการผลิตอัตโนมัติ โดยที่ถ้าระบบนั้นไม่มีความยุ่งยากหรือมีการซับซ้อนการทำงานมากนัก จะนิยมใช้พีเอลซีควบคุมการผลิตอย่างต่อเนื่อง และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรม จะช่วยในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต พีเอลซีนั้นมีบทบาทในงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ อิเล็กทรอนิก เป็นต้น โดยที่จะนำควบคุมเครื่องจักรในรูปแบบต่างๆ เช่น ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สายพานลำเลียง หรือ อุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม การนำพีเอลซีมาใช้งานอุตสาหกรรมสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้ เนื่องจากการทำงานของโรงงานจะเป็นรูปแบบที่เป็นวัฏจักรคือการทำแบบวนซ้ำไปซ้ำมาเหมือนเดิม และต้องการความเสถียรภาพและคุณภาพของผลผลิต ในรูปแบบเดิมอยู่ตลอด ซึ่งเป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เพราะถ้าใช้แรงงานของมนุษย์จะไม่เหมาะสมกับงานลักษณะนี้ เนื่องจากมนุษย์มีความเห็นอิอยล้าและอ่อนเพลียเมื่อมีการทำงานต่อเนื่อง ส่งผลทำให้ผลผลิตเกิดความบกพร่องต่อชิ้นงานได้ พีเอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความดันน้ำ การไฟฟ้า ระดับของน้ำ โดยการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดจะทำงานตามลำดับขั้นตอนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นที่ประมวลผลโดยสั่งการทำงานของระบบ จะกล่าวเรื่องโครงสร้างการทำงานของพีเอลซีเป็นลำดับถัดไป



ภาพที่ 2.5 การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายพีแอลซี (PLC)

ซึ่งโครงสร้างการการทำงานของระบบพีแอลซี ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรมพีแอลซีขนาดเล็กรวมตัวเป็น เครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นรูปแบบที่ขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นย่อยๆ ได้ หน่วยความจำของพีแอลซีจะ ประกอบไปด้วยหน่วยความจำชนิด RAM (Random Access Memory) และ ROM (Read Only Memory) ซึ่งคือการทำหน้าที่เก็บข้อมูลโปรแกรมของผู้ใช้งานระบบกับข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ ระบบ พีแอลซี ตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบมา หน่วยความจำของระบบพีแอลซี แบ่งออกดังนี้

1. RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบบเตอร์เล็กๆไว เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลกรณีที่เกิดไฟฟ้าดับ อ่านและเขียนลงโปรแกรมได้ง่าย หมายเหตุการทดลองเบื้องต้น
2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสง แสงอัลตราไวโอลেตหรือตากแดดร้อนๆ นานๆ หมายเหตุรับใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม
3. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีความพิเศษในการเขียนและลบข้อมูลโปรแกรม โดยใช้วิธีการ ทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบบเตอร์สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาก็แพงกว่า แต่ จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน

### 2.1.2 เทคโนโลยีควบคุมไฟฟ้าแบบเครือข่ายไร้สาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้เกิดการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ สื่อสาร หรือระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่อง หรือ ระหว่างกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถสื่อสารกันได้ รวมถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยปราศจากการใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ แต่จะใช้คลื่นวิทยุเป็นช่องทางการติดต่อสื่อสารแทน ซึ่งใน การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกันผ่านทางอากาศ ทำให้ไม่ต้องมีการเดินสายสัญญาณซึ่งจะช่วยในเรื่องความ สะดวกในการติดตั้งและการใช้งานที่ง่ายขึ้น

หลักการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายจะใช้แม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอากาศ เพื่อรับ-ส่ง ข้อมูลข่าวสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับ อุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้อาจเป็นคลื่นวิทยุ(radio) หรือ อินฟารेड (Infrared) ก็ได้ ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs) เกิดขึ้นครั้งแรก ในปี ค.ศ.1971 บนเกาะฮawaian โดยโครงการของนักศึกษามหาวิทยาลัยฮาวาย ที่ชื่อว่า “ALOHNET” โดยขณะนั้นลักษณะของการส่ง ข้อมูลเป็นแบบ Bi-directional คือทำการส่งสัญญาณไปและกลับผ่านคลื่นวิทยุ สื่อสารกันระหว่าง คอมพิวเตอร์เจ็ดเครื่อง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะสีเกาโดยรอบ และมีศูนย์กลางการเชื่อมต่ออยู่ที่เกาะๆ หนึ่งที่ชื่อ ว่า Oahu

เทคโนโลยีการเข้าถึงข้อมูลความเร็วสูง หรือที่เรียกว่าโดยทั่วไปว่า การเข้าถึงบroadband แบบนี้(Broadband Access) มีได้หลายประเภท ทั้งบroadbandผ่านสาย (สายทองแดง สายเคเบิล และ สายใยแก้วนำแสง) และบroadbandไร้สายผ่านทางคลื่นวิทยุ ซึ่งปัจจุบันสามารถส่งผ่านข้อมูลด้วย ความเร็วสูงยิ่งขึ้น เนื่องจากมีรูปแบบของการมอดูลีชัน ที่ใช้คลื่นวิทยุได้คุ้มค่ามากขึ้น

เทคโนโลยีการเข้าถึงข้อมูลเฉพาะในส่วนที่เป็นการเข้าถึงไร้สาย (Broadband Wireless Access:BWA) นั้น สามารถแยกกลุ่มออกได้ตามลักษณะของการเข้าถึงได้ ดังต่อไปนี้

#### 2.1.2.1 บลูทูธ (Bluetooth)

เป็นระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ บลู ทูธ เป็นเทคโนโลยีสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไร้สายที่ช่วยในเรื่องความสะดวกในการใช้งานสำหรับ

ผู้ใช้ทั่วไป เนื่องจาก เทคโนโลยี บลูทูธ มีราคาถูก ใช้พลังงานน้อย และใช้เทคโนโลยี short – range ซึ่งในอนาคต จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนา เพื่อนำไปสู่การแทนที่อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้สาย เคเบิล เช่น Headset สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น

ระบบการทำงานของบลูทูธ จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz. แต่จะแยกย่อยออกໄປตามแต่ละประเทศ อย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz. แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อหนึ่งวินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz. แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5 -10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และ ป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อของอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียกตามหมายเลขช่อง ทำให้การตัดฟังหรือลักษณะข้อมูลทำได้ยาก

ความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลของ Bluetooth จะอยู่ที่ 1 Mbps และคงจะไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้งานแบบทั่วไป ก็จะถือว่ามีประสิทธิภาพมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ การส่งข้อมูลแบบนี้อาจจะช้าเกินไป และเมื่อนำไปเปรียบกับ Wireless LAN (WLAN) แล้ว ความสามารถของ Bluetooth อาจจะห่างไกลกันมาก ซึ่งในส่วนของ WLAN ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ใกลกว่า แต่ขอได้เปรียบของ Bluetooth อยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่า การติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญ การใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก โดยอยู่ที่ 0.1 วัตต์ และหากเทียบกับคลื่นแม่เหล็กแล้ว การใช้พลังงานยังห่างกันอยู่หลายเท่า แสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การเชื่อมต่อแบบบลูทูธ (Bluetooth)

### 2.1.2.2 วายฟาย (Wi-Fi)

วายฟาย (Wi-Fi) มาจากคำว่า wireless fidelity หมายถึง องค์กรที่ทำหน้าที่ทดสอบผลิตภัณฑ์ระบบเครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Lan) ภายใต้เทคโนโลยีการสื่อสารมาตรฐาน IEEE 802.11 ว่าอุปกรณ์แต่ละยี่ห้อกันนั้นสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยไม่มีปัญหา ซึ่งเมื่ออุปกรณ์เหล่านั้นผ่านการตรวจสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อุปกรณ์ก็จะถูกประทับตราสัญลักษณ์ Wi-Fi Certified รับรองว่าอุปกรณ์ชิ้นนั้นสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ที่มีตราสัญลักษณ์ Wi-Fi certified ได้ ซึ่งนี่คือที่มาของคำนี้ที่ใช้เรียกแทนอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สาย

ลักษณะการเชื่อมต่อของวายฟาย มีลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ภายในเครือข่าย WLAN ไว้สองลักษณะคือโหมด Infrastructure และโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer ประเภทของอุปกรณ์วายฟาย (Wi-Fi) สามารถแยกได้ ดังนี้

1. 802.11a มาตรฐานนี้จะมีความเร็ว และความเสถียรภาพของการเชื่อมต่อสูง แต่ไม่สามารถที่จะทำงานร่วมกับ 802.11b ได้ สำหรับ 802.11a นี้ สามารถที่จะส่งถ่ายข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงถึง 54 Mbps และทำงานที่ความถี่ 5 GHz

2. 802.11b มาตรฐานนี้จะนิยมใช้ตามสถานบินใหญ่ๆ หรือบริการในร้านอินเตอร์เน็ต ซึ่งจะทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz (เป็นความถี่เดียวกับมือถือ และไมโครเวฟ ซึ่งไม่มีอันตราย) และสามารถที่จะส่งถ่ายข้อมูลได้ที่ความเร็วถึง 11 Mbps

3. 802.11g มาตรฐานนี้ทำงานได้ที่ความถี่ 2.4 GHz และสามารถเข้ากับมาตรฐาน 802.11b แต่มีอัตราการส่งถ่ายข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุดถึง 54 Mbps มักนำมาใช้กับงานที่ต้องการความแน่นอน และความเร็วในการเชื่อมต่อรวมถึงการแชร์ไฟล์ขนาดใหญ่



ภาพที่ 2.7 การเชื่อมต่อแบบวายฟาย (Wi-Fi)

### 2.1.2.3. เทคโนโลยีซิกบี ( Zigbee )

ZigBee เป็นมาตรฐานprotoTOCOLการสื่อสารเครือข่ายไร้สายที่ไม่ต้องการอัตราการรับส่งข้อมูลสูง ซึ่งออกแบบขึ้นสำหรับการสื่อสารในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ รอบตัวที่ใช้ชีวิตประจำวันในรูปแบบไร้สายที่ไม่ต้องการใช้ความเร็วสูงมากนัก โดย ZigBee ได้อ้างอิงตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 ที่เน้นการสื่อสารแบบประหยัดพลังงาน ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายรูปแบบของผึ้ง โดยผึ้งจะบินแบบซิกแซก เพื่อจะให้ข้อมูลข่าวสารระหว่างผึ้งด้วยกันเกี่ยวกับทิศทางและระยะทางของอาหารที่พกมันกลับหาอยู่ ความเร็วที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลของซิกบี คือประมาณ 250 kbps ซึ่งเพียงพอสำหรับการส่งสัญญาณควบคุม หรือรับส่งผลลัพธ์จากอุปกรณ์ Sensor ต่าง ๆ ได้ดี โดยเมื่อเปรียบเทียบซิกบี กับเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ ในด้านพลังงานที่ใช้จำนวนหนึ่งต่อสามารถมีได้ในเครือข่าย อัตรารับส่งข้อมูล ระยะทางที่สามารถติดต่อได้ โดยสามารถแสดงการเปรียบเทียบซิกบีกับเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ ในด้านต่าง ๆ ได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.1

ตารางแสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์ซิกบีกับเทคโนโลยีไร้สายแบบอื่น ๆ

Market Name Standard	ZigBee® 802.15.4	GSM/GPRS/CDMA	Wi-fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1
Application Focus	Monitoring & Control	Wide Area Voice & Data	Web, Email, Video	Cable Replacement
System Resources	4 KB -32 KB	16 MB+	1 MB+	250 KB+
Battery Life(day)	100 – 1,000+	1-7	0.5 - 5	1-7
Network Size	Unlimited( $2^{6+}$ )	132		7
Maximum Data Rate (KB/s)	20-250	64-128+	11,000+	720
Transmission Rang	1-100+	1,000+	1-100	1-10+
Success Metrics	Reliability, Power, Cost	Reach, Quality	Speed, Flexibility	Cost, Convenience

### คุณสมบัติของซิกบี

- ย่านความถี่ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลตามมาตรฐานมีสามย่าน ความถี่ คือ ย่าน 2.4 GHz ย่าน 915 MHz และย่าน 868 MHz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วนอัตราการรับส่งข้อมูลจะอยู่ที่ 250 Kbps, 40 Kbps, 20 Kbps ตามลำดับ
- เชื่อมต่อได้หลาย Topology เช่น Star, Peer-to-Peer, Mesh ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย
  - ติดตั้งได้ง่าย ราคาไม่แพง
  - สามารถรับส่งข้อมูลได้โดยเชื่อมั่นความถูกต้องได้
  - ใช้พลังงานในการทำงานต่ำ
  - ระยะทางที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลพื้นฐานอยู่ที่ 5-500 เมตร

### ส่วนประกอบของซิกบี

- ถ้าแบ่งตามรูปแบบการทำงาน เราสามารถแบ่งซิกบีออกเป็นสามส่วน ดังนี้
- ซิกบี โคออดิเนเตอร์ (Zigbee Coordinator) จะทำการสร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงเครือข่ายระหว่าง โคออดิเนเตอร์ – โคออดิเนเตอร์ หรือ โคออดิเนเตอร์ – เร้าเตอร์ (Router) หรือ เอ็นดีไวซ์ (End Device) – เร้าเตอร์ ในการทำงานจะกำหนดแอดเดรสให้เมื่อกัน เป็นตัวจัดการโหนดในโครงข่ายและเก็บสารของโหนดในโครงข่าย
  - ซิกบี เเรอาเตอร์ (Zigbee Router) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลไปยังโหนดอื่น ๆ จัดการเส้นทางของข้อมูลที่ส่งผ่านภายในโครงข่ายระหว่างโหนด
  - ซิกบี เอ็นดีไวซ์ (Zigbee end Device) เป็นจุดปลายของโครงสร้างเครือข่าย อยู่ในส่วนของผู้ใช้งาน มีหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ และทำการส่งต่อ出去 โดยสามารถเป็นได้เป็นสองประเภท ได้แก่

#### 1. Full Function Device ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้

- สามารถทำการ Routing เพื่อหาเส้นทางสำหรับส่งข้อมูลได้
- ใช้งานได้ในทุกรูปแบบ Topology
- ติดต่อกับอุปกรณ์ซิกบีโหนดอื่นได้ทั้งประเภท FFD และ RFD
- สามารถเป็น PAN Coordinator ซึ่งจะเป็นศูนย์กลางของเครือข่ายไร้สาย Zigbee โดยจะทำหน้าที่จัดตั้ง Zigbee Network ขึ้นมา พร้อมทั้งเก็บสารสนเทศของ Zigbee Network

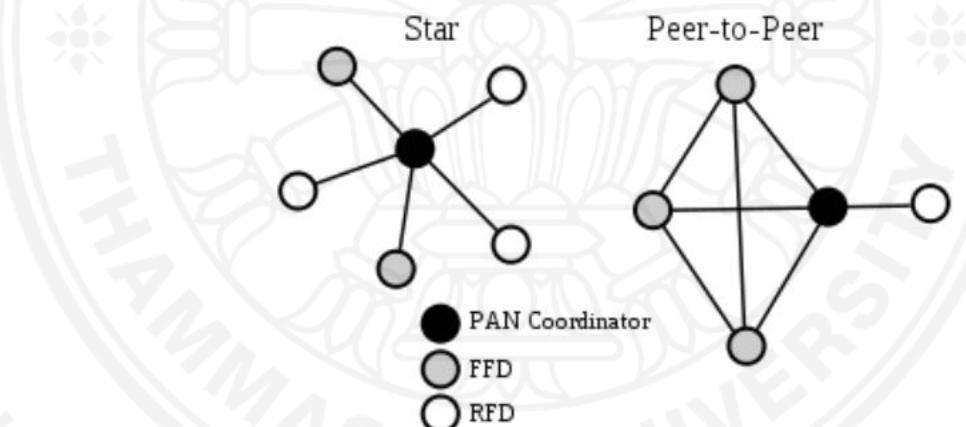
นั้น เช่น Key ที่ใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลภายใน Zigbee Network นี้เป็นต้น โดยในหนึ่ง Zigbee Network จะมี Coordinator นี้เพียงหนึ่ง台หนเดท่านนั้น

## 2. Reduced Function Device (RFD)

- ไม่สามารถหาเส้นทางให้ Zigbee Packet ได้ จึงใช้งานได้เฉพาะ Peer-to-Peer Topology เท่านั้น
- เป็น PAN Coordinator ไม่ได้เป็นได้เฉพาะ End Node ใน Zigbee Network

รูปแบบของ Topology ที่เป็นมาตรฐานในการใช้งานชิกบี เน็ตเวิร์ค (Zigbee Network)

ตามมาตรฐาน 802.15.4 คือ Star Topology และ Peer-to-Peer Topology แสดงดังภาพ

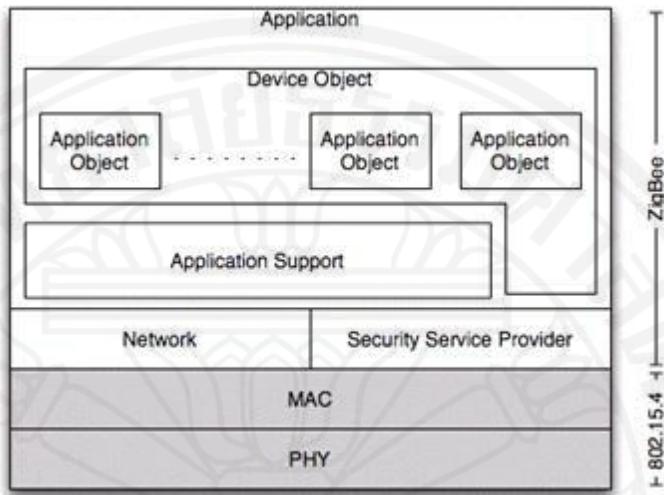


ภาพที่ 2.8 แสดงภาพ Topology ในการใช้งาน Zigbee Network

## โครงสร้างของชิกบี

ชิกบี ถูกแบ่งออกมาแบบการทำงานตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นมาตรฐานการกำหนดการสื่อสารไร้สายแบบ WPAN (Wireless Personal Area Network) ชั้นระดับชั้นที่ 1 จะเป็นพิสิคัลเลเยอร์ (Physical Layer) ระดับชั้นที่สองจะเป็น เม็คแอดเดรส (Mac Address) ส่วนด้านบนจะเป็นส่วนที่ชิกบีจัดไว้ให้ได้แก่ ซีเคียวริตี้เซอร์วิสโปรดักเตอร์ (Security Service Provider), ครีอข่ายชิกบี (Network Zigbee) ซึ่งจะถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ แอพพลิเคชั่นเลเยอร์ (Application layer),

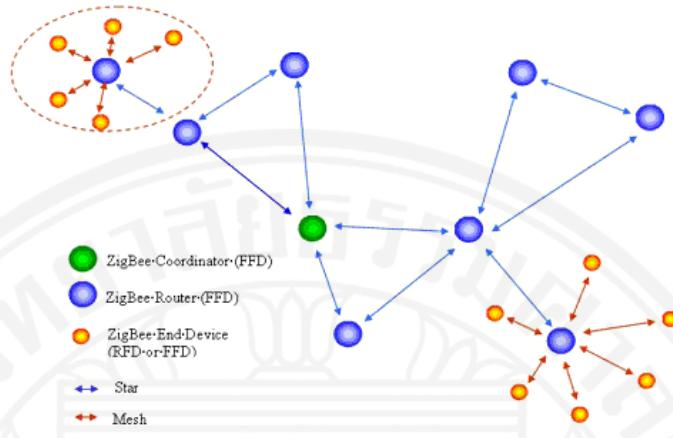
แอพพลิเคชั่น ชั้พพอร์ต เลเยอร์ (Application support layer) และเน็ตเวิร์ค เลเยอร์ (Network layer) ดังภาพ



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างระบบของซิกบี

โครงสร้างของซิกบี จะแบ่งเป็น layer ต่าง ๆ ดังนี้

1. แอพพลิเคชั่นเลเยอร์ (Application layer) เป็นชั้นที่มีส่วนของ Endpoint อยู่เรียกว่า แอพพลิเคชั่น เฟรมเวิร์ก (Application framework) โดยมี ซิกบีดีไวซ์อฟเจ็ค (Zigbee Device Object) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งานแอพพลิเคชั่นเลเยอร์ (Application layer)
2. แอพพลิเคชั่น ชัพพอร์ต เลเยอร์ (Application support sub-layer) ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ แอพพลิเคชั่น เลเยอร์ (Application layer) และทำหน้าที่ในการรับ – ส่งข้อมูลรวมถึงการจัดการด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ แอพพลิเคชั่น เลเยอร์ (Application layer)
3. Network layer ทำหน้าที่ในการ routing ข้อมูลต่าง ๆ จากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายนอกเครือข่ายเดียวกัน หรือต่างเครือข่ายกัน



ภาพที่ 2.10 การเชื่อมต่อของซิกบี

ลำดับถัดไปผู้วิจัยจะกล่าวถึงระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางด้านハードแวร์ที่เลือกนำมาใช้ในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสั่งงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้

## 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กซึ่งถ้ามองให้เห็นเป็นรูปทรงก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งเพียงแต่มีขนาดเล็ก ใช้พลังงานไม่มาก ประมวลผลได้ไม่มากและมีหน่วยความจำไม่มาก ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถแบ่งออกได้เป็นห้าส่วน ดังนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือชิปปี้ (CPU : Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ
  - หน่วยความจำหลัก ทำหน้าที่ในการเก็บโปรแกรมที่เราโหลดเข้าไปเปรียบได้กับฮาร์ดดิสก์ ซึ่งข้อมูลจะยังคงอยู่แม้มีไฟเลี้ยง
  - หน่วยความจำสำรอง ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลเพื่อรักษาประมวลผล เปรียบได้กับแรม (ram) ซึ่งการทำงานในส่วนนี้จำเป็นที่จะต้องใช้ไฟเลี้ยงถ้าขาดไฟเลี้ยงข้อมูลที่อยู่ภายในจะสูญหาย

3. พอร์ตอินพุต (Input Port) ซึ่งใช้ในการรับข้อมูลเข้ามาเพื่อประมวลผล และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์เตาต์พุต (Output Port) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลออกไปภายนอก

4. วงจรนับเวลา (Counter/Timer) ทำหน้าที่นับสัญญาณพัลส์ภายนอก หรือ จับเวลาสัญญาณนาฬิกาภายในของระบบ ซึ่งใช้ในการกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรมที่ใช้กำหนดความถี่ในส่วนของตัวตั้งเวลาไมโครคอนโทรลเลอร์

5. ส่วนอินเตอร์รัฟท์สัญญาณ ทำหน้าที่จัดลำดับการทำงานในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานหลายงานพร้อมกัน

ลำดับถัดไปจะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานในระบบควบคุม ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากโปรแกรมเมื่อมีคำสั่งให้มีการทำงาน ทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ในการเปิด – ปิดอุปกรณ์ตามคำสั่ง โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ดังนี้

### 2.3 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ (Relay) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตช์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์ มันจะทำให้หน้าสัมผัสถูกติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้มัน มันก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่เราใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์ก็จะเป็นไฟที่มาจากพาวเวอร์ซัพพลायของเครื่อง ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่อง ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน

1. รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือมักเรียกว่า คอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือ เพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางที่เรียกว่า “รีเลย์”

## ชนิดของรีเลย์

การแบ่งชนิดของรีเลย์สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของค oyler หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่ รีเลย์ดังต่อไปนี้

1. รีเลย์กระแส (Current Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under Current) และกระแสเกิน (Over Current)
2. รีเลย์แรงดัน (Voltage Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under Voltage) และ แรงดันเกิน (Over Voltage)
3. รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้
4. รีเลย์กำลัง (Power Relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์ แรงดันเข้าด้วยกัน
5. รีเลย์เวลา (Time Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ ด้วยกันสี่แบบคือ
  - รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse Time Over Current Relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส
  - รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous Over Current Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานทันทันใดเมื่อมีกระแสไฟลพ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้ง
  - รีเลย์แบบดิฟฟิวโน่ไทม์เล็ก (Definite Time Lag Relay) คือ รีเลย์ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น
  - รีเลย์แบบอินเวอสติพฟิวโน่ไทม์เล็ก (Inverse Definite Time Lag Relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse Time) และ แบบ ดิฟฟิวโน่ไทม์เล็ก (Definite Time Lag Relay) เข้าด้วยกัน
6. รีเลย์กระแสต่าง (Differential Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส
7. รีเลย์มิทิศ (Directional Relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไฟลพิดทิศทาง มีแบบ รีเลย์กำลัง (Directional Power Relay) และรีเลย์กระแสเมทิศ (Directional Current Relay)

8. รีเลย์ระยะทาง (Distance Relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

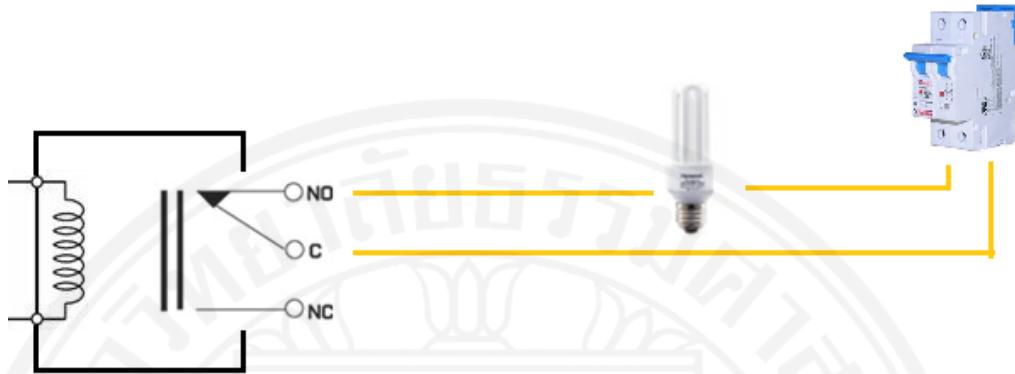
- รีแอคเคนซ์รีเลย์ (Reactance Relay)
- อิมพีเดนซ์รีเลย์ (Impedance Relay)
- โมห์รีเลย์ (Mho Relay)
- ออห์มรีเลย์ (Ohm Relay)
- โพลาไรซ์莫ห์รีเลย์ (Polarized Mho Relay)
- ออฟเซ็ต莫ห์รีเลย์ (Off Set Mho Relay)

9. รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

10. รีเลย์ความถี่ (Frequency Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

11. บุคไฮล์ชรีเลย์ (Buchholz's Relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก้าช ใช้กับหม้อแปลงที่เชื่อมต่ออยู่ในน้ำมันเมื่อเกิด พอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก้าชขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส ให้รีเลย์ทำงาน

ชิ้นอุปกรณ์รีเลย์ที่เราเลือกนั้น เป็น ประเภท รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็ก กำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือ เพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ โดยในงานวิจัยนี้ ได้เลือกชนิดของรีเลย์ควบคุมเป็นรีเลย์กำลังเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยัง อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น พัดลม แอร์ หลอดไฟ เป็นต้น จึงเหมาะสมกับลักษณะการทำงานในรูปแบบนี้ และชนิดของรีเลย์ที่เลือกนั้น ได้ใช้รีเลย์รูปแบบ รีเลย์กำลัง เพราะลักษณะงานไฟฟ้าควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องพักจำเป็นต้องอาศัยสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน โดยอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ทำการสั่งงานในรูปแบบส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังหน้าจอแสดงผลของรีเลย์เพื่อให้รีเลย์ทำงานโดยการเปิดช่องทางส่งกระแสไฟฟ้า หรือมีหน้าที่เปิดเบรกเกอร์



ภาพที่ 2.11 การทำงานของรีเลย์

โดยจากรูปจะเห็นได้ว่า จะมีรูปแบบการเปิดปิดไฟฟ้าผ่านระบบรีเลย์ที่ทำหน้าที่คล้ายเบรกเกอร์ คุณสมบัติของรีเลย์มีดังนี้

1. Common คือเป็นจุดที่จะมีการต่อหรือมีการตัดวงจรกระแสไฟฟ้าจาก NC (Normally Close), NO (Normally Open) ตามแรงดันที่ป้อนให้ชุดทดลอง
2. NC (Normally Close) รูปแบบวงจรปกติ คือ เวลาที่ไม่มีการป้อนแรงดันให้กับชุดทดลองที่อยู่ในที่ต่ออยู่กับขา Common
3. NO (Normally Open) รูปแบบเปิดจ่ายกระแสไฟฟ้า คือ เวลาไม่มีการป้อนแรงดันให้ชุดทดลองจะที่อยู่ภายในที่ต่อ กับขา Common และขา NC จะถูกตัดออกจากขา Common

ลำดับถัดไปนี้จะเป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานในระบบ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่รองรับการอ่านข้อมูลในการติด เพื่อการส่งข้อมูลไปยังบอร์ดรีเลย์ของงานวิจัยชิ้นนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของอุปกรณ์

## 2.4 อาร์เอฟไอดี (RFID)

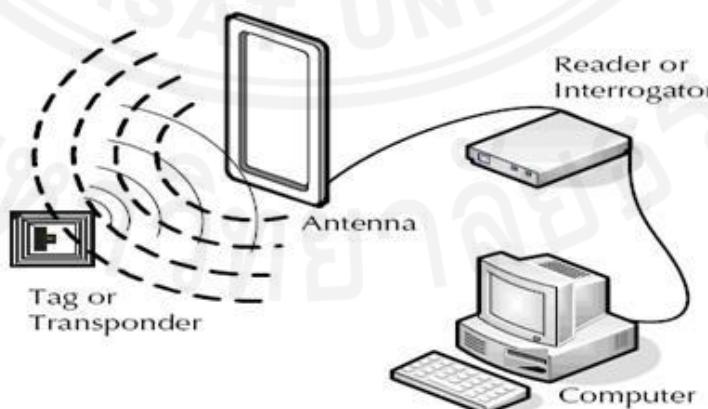
RFID ย่อมาจากคำว่า Radio Frequency Identification คือ ระบบเก็บข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มความสามารถในการคำนวณและการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล และส่งกำลังโดยคลื่นแม่เหล็ก หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทนการสัมผัสทางกายภาพ เป็นการเอกลักษณ์วิทยุมาเป็นคลื่น파หะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูล RFID มีลักษณะเป็นป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (RFID Tag) ที่สามารถอ่านค่าได้โดย

ผ่านคลื่นวิทยุจากระยะห่าง เพื่อตรวจติดตามและบันทึกข้อมูลที่ติดอยู่กับป้าย ซึ่งนำไปสู่ในหรือติดอยู่กับวัตถุต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ กล่อง หรือสิ่งของใดๆ สามารถติดตามข้อมูลของวัตถุว่า คืออะไร ผลิตที่ไหน ใครเป็นผู้ผลิต ผลิตอย่างไร ผลิตวันไหน และเมื่อไหร่ ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนกี่ชิ้น และแต่ละชิ้นมาจากที่ไหน รวมทั้งตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุนั้นๆ ในปัจจุบันว่าอยู่ส่วนใดในโลก โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการสัมผัส (Contact-Less) หรือต้องเห็นวัตถุนั้นๆ ก่อน

เทคโนโลยี RFID เป็นเทคโนโลยีไร้สายประเภทหนึ่ง หลายประเทศให้ความสนใจและตื่นตัวกับเทคโนโลยี RFID จึงมีนโยบายสนับสนุนการใช้ RFID อย่างจริงจัง ปัจจุบันเทคโนโลยี RFID เริ่มเข้ามามีความสำคัญกับเราในชีวิตประจำวันมากขึ้นในรูปแบบการใช้งานต่าง ๆ กันตามแต่คิดจะประยุกต์ใช้งานได้ เช่น บัตรโดยสารรถไฟฟ้าได้ดิน บัตรพนักงาน กุญแจรถยนต์ (Electronics Immobilization) ในแวดวงอุตสาหกรรมในส่วนของการผลิตเพื่อ Track and Trace ระบบบันทึกข้อมูลการจัดการสินค้าระหว่างการผลิตและจำหน่ายสินค้า การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) การบริหารจัดการสินค้าคงคลัง และการกระจายสินค้า ระบบการขนส่ง การติดตามตู้สินค้าระหว่างการขนส่ง (e-Seal) การนำมาประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบย้อนกลับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการตรวจสอบย้อนกลับในอุตสาหกรรมอาหาร (Food Traceability) ซึ่งพัฒนาการของเทคโนโลยี RFID ในปัจจุบันและอนาคตนั้นมีศักยภาพและปัจจัยเอื้ออำนวยอื่นๆ ทำให้เราสามารถคาดการณ์ได้ว่าเทคโนโลยีนี้จะเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการบริหารจัดการธุรกิจรูปแบบใหม่และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินชีวิตอย่างมาก

#### 2.4.1 องค์ประกอบของอาร์เอฟไอดี (RFID)

ในระบบ RFID จะมีองค์ประกอบหลักๆ ด้วยกันสามส่วน คือ



ภาพที่ 2.12 องค์ประกอบของอาร์เอฟไอดี (RFID)

1. ป้าย (Tag, Transponder)
2. เครื่องอ่านป้าย (Reader, Interrogator)
3. ฮาร์ดแวร์ หรือ ระบบที่ใช้ประมวลผล

### **1. ป้าย (Tag, Transponder)**

RFID Tag นั้นเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ทรานส์พอนเดอร์ (Transponder) มาจากคำว่า ทรานส์มิเตอร์ (Transmitter) ผสมกับคำว่า เรสปอนเดอร์ (Responder) RFID Tag จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณวิทยุ หรือ ข้อมูลที่บันทึกอยู่ในไมโครชิปไปยังตัวอ่านข้อมูล การสื่อสารระหว่าง RFID Tag และตัวอ่านข้อมูลจะเป็นแบบไร้สายผ่านอากาศ Wireless ภายใน RFID Tag จะประกอบไปด้วยไมโครชิป ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับสายอากาศ

ไมโครชิปที่อยู่ใน RFID Tag จะมีหน่วยความจำซึ่งอาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือ ทั้งอ่านทั้งเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน โดยปกติหน่วยความจำแบบ ROM จะใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย เช่น ข้อมูลของรหัส Password หรือข้อมูลความลับบุคคล ในขณะที่ RAM จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่ RFID Tag และตัวอ่านข้อมูลทำการติดต่อสื่อสารกัน เราสามารถแบ่งชนิดของ RFID Tag ออกเป็นสองชนิดคือ

#### **1. Active Tag**

RFID Tag ชนิดนี้จะมีแบตเตอรี่อยู่ภายใน เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรภายใน เราจะสามารถทั้งอ่านและเขียนข้อมูลลงใน RFID Tag ชนิดนี้ได้ และการที่ต้องใช้แบตเตอรี่จึงทำให้ RFID Tag ชนิด Active Tag มีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดก็ต้องนำไปทิ้งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากจะมีการ seal จึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ Active Tag มีกำลังส่งสูงและระยะเวลาการรับส่งข้อมูลใกล้กว่า RFID Tag ชนิด Passive Tag และยังสามารถทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดีอีกด้วย

#### **2. Passive Tag**

จะไม่มีแบตเตอรี่อยู่ภายใน แต่จะทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic) จากตัวอ่านข้อมูล จึงทำให้ RFID Tag ชนิด Passive Tag มีน้ำหนักเบากว่า RFID Tag ชนิด Active Tag มีอายุการใช้งานไม่จำกัด ราคาถูกกว่า แต่ข้อเสียคือ ระยะเวลาการรับส่งข้อมูลใกล้ และตัวอ่านข้อมูลจะต้องมีความไวสูง นอกจากราคา Passive Tag มักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งาน

ในสิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงอีกด้วย แต่เมื่อเปรียบเทียบหั้งสองชนิดแล้ว Passive Tag เป็นที่นิยมมากกว่าในเรื่อง ราคาถูกและอายุการใช้งานอย่างไม่จำกัดนั้นเอง



ภาพที่ 2.13 ป้าย (Tag)

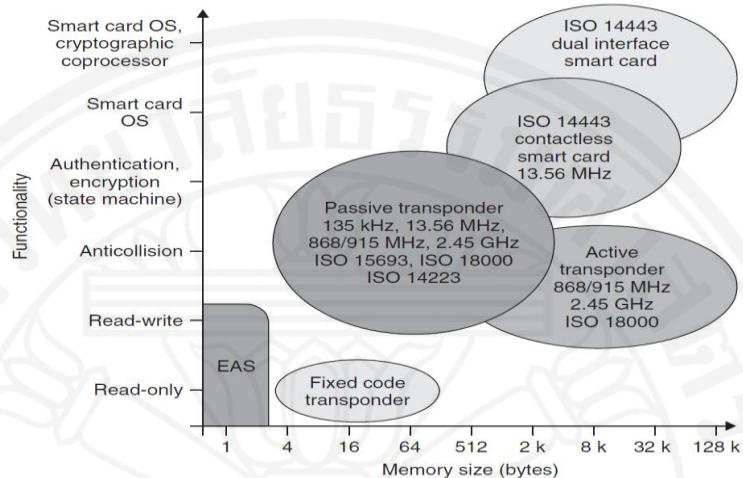
## 2. เครื่องอ่านป้าย (Reader, Interrogator)

Reader หรือตัวอ่านข้อมูลก็คือการรับคลื่นวิทยุข้อมูลที่ส่งมาจาก RFID Tag และทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล รวมทั้งถอดรหัสข้อมูล และนำข้อมูลนั้นไปใช้ต่อไป ตัว Reader ที่ดีต้องมีระบบป้องกันเหตุการณ์การอ่านข้อมูลเรียกว่าระบบ "Hands Down Polling" โดย ตัว Reader จะสั่งให้ RFID Tag หยุดการส่งข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ RFID Tag ถูกวางทึ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในระยะการรับ-ส่งข้อมูลทำให้การรับหรืออ่านข้อมูลจาก RFID Tag ช้าอยู่เรื่อยๆ ไม่สิ้นสุด หรืออาจมีบางกรณีอาจมี RFID Tag อยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมกันหลายอัน หรือที่เรียกว่า "Batch Reading" ตัว Reader ควรจะมีความสามารถที่จะจัดลำดับการอ่าน RFID Tag ละตัวได้

## 3. ฮาร์ดแวร์ หรือ ระบบที่ใช้ประมวลผล

ฮาร์ดแวร์ หรือระบบที่ใช้ประมวลผล เป็นส่วนที่จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาจากป้าย (Tag) หรือจะสร้างข้อมูลเพื่อส่งไปยังป้าย หรือว่าจะเป็นที่เก็บฐานข้อมูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบ นำไปใช้งาน เช่น ระบบการจัดการฟาร์มปศุสัตว์, ระบบคลังสินค้า, ระบบขนส่ง, ระบบการบริหารจัดการทรัพยากรต่างๆ เป็นต้น

## 2.4.2 มาตรฐานอาร์เอฟไอดี RFID



ภาพที่ 2.14 มาตรฐานอาร์เอฟไอดี RFID

มาตรฐาน ISO14443 สำหรับบัตรระยะใกล้ชิด (Proximity card) ที่ความถี่ 13.56 MHz ระยะรับส่งข้อมูล สูงสุดประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้ในงานที่ต้องมีการอ่านและเก็บข้อมูลลงไปในป้าย และต้องการความปลอดภัยสูง เช่น Smart Card บัตรประชาชนที่ต้องเก็บข้อมูลส่วนบุคคล, บัตรพนักงาน, ระบบ e-Purchasing ยังสามารถแยกออกเป็นประเภทต่างๆ คือ ISO14443 Type A เป็นของบริษัท NXP ซึ่งทางการค้าคือบัตร Mifare โดยบัตร Mifare ก็มีรุ่นต่างๆ ด้วยเช่น Classic, Ultralight, Ultralight EV1, Ultralight C, DESFire, Plus, SAM AV2

ISO14443 Type B บริษัท Texas Instruments

ISO14443 Type C บริษัท Sony ซึ่งทางการค้าคือบัตร FeliCa

ISO14443 Type D-G เป็นมาตรฐานทั่วไปของผู้ผลิตรายอื่นๆ

ในหัวข้อถัดไปจะพูดถึงการภาษาที่ใช้พัฒนาโปรแกรม ควบคุมบันคุมพิวเตอร์ในชุดทำงานนี้ ซึ่งสามารถสั่งผ่านโปรแกรมที่พัฒนาไปยังฮาร์ดแวร์ได้

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาการออกแบบสถาปัตยกรรมการควบคุมการประยัดพลังงานภายในห้องพักแบบไร้สายควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น หลอดไฟ แอล อาร์ ทีวี เป็นต้น ซึ่งกระบวนการของงานวิจัยที่นี้จะพูดถึงการควบคุมอุปกรณ์แบบไร้สายผ่านระบบซิกบี ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งก็ได้มีวิจัยอื่นๆ ออกแบบอย่างไรรูปแบบ สามารถสรุปได้ดังนี้

กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในรูปแบบพื้นฐานที่มีการเชื่อมต่อโดยทั่วไป โดยที่ไม่มีระบบควบคุมนั้นก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับทางด้านการหล่อเลี้ยงมนุษย์ได้ ซึ่งปัญหานี้ได้ก่อให้เกิดการใช้พลังงานสูงเป็นโดยไม่จำเป็น ได้มีผู้วิจัยค้นหาวิธีการควบคุมไฟฟ้าให้省电 และทันสมัยมากขึ้น และยังสามารถประยัดค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีการนำเทคโนโลยีจากบริษัท อิเล็กทรอนิกส์ เต็ม จำกัด ได้ออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ การควบคุมไฟฟ้าในรูปแบบการใช้สายสัญญาณในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการเดินสายควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้มีการควบคุมไฟฟ้าจากระยะไกลได้ ต่อมาได้พัฒนารูปแบบการสื่อสารโดยใช้สัญญาณวิทยุ ( ชีระ สถาดล้วน , 2555 ) วงจรควบคุมระดับน้ำม้าประยุกต์ใช้กับเครื่องส่งสัญญาณวิทยุโดยส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับเพื่อสั่งงานควบคุมบีบีม้าโดยผ่านกลไกสั่งงาน ซึ่งจะสั่งให้บีบีม้าทำงานและหยุดการทำงาน

การควบคุมแบบไร้สายนั้นมีหลายรูปแบบ พัฒนาต่อเนื่องมา จนถึงการสั่งงานในรูปแบบอินฟราเรด ( Jinsoo Han , 2009 ) ได้พัฒนาการออกแบบควบคุมอุปกรณ์เช่นกัน แต่จะใช้ในรูปแบบของแพร์โมท ซึ่งแต่ละปุ่มนั้นต้องมีรูปแบบสัญญาณต่างกันทุกอุปกรณ์ ส่งสัญญาณอินฟราเรด ไปยังอุปกรณ์นั้นๆ เช่นเดียวกับรีโมททั่วไป การส่งสัญญาณจะเป็นในรูปแบบเส้นตรงไม่มีสิ่งกีดขวาง เพราะจะทำให้ไม่สามารถไปถึงอุปกรณ์รับอินฟราเรดได้ นั่นคือข้อเสีย ของการส่งสัญญาณของอินฟราเรด การที่จะทำให้อุปกรณ์รับข้อมูลทำการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าได้มากขึ้นจำเป็นต้องให้อุปกรณ์นั้นมีความฉลาดมากขึ้น

ระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายผ่านเว็บбраузอร์ โครงงานระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายผ่านเว็บбраузอร์ ( ประisan เนียมน้อย , 2555 ) และผู้ร่วมวิจัย ได้พัฒนา การทำงานของระบบนี้ มีการทำงานในรูปแบบการสื่อสารไร้สายโดยใช้ไวไฟในการสื่อสารควบคุมในเครือข่ายเดียวกัน ส่งสัญญาณไปยังเชิฟเวอร์ที่อยู่ในบ้านแล้วทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ ARM9 ทำหน้าที่ควบคุมโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งในสมัยนั้นค่อนข้างราคาสูง

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ผ่านบลูทูธด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่เทคโนโลยี บลูทูธ ( ปริชา สมสอน และคณะ ) โดยออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่รับคำสั่งจากอุปกรณ์มือถือไปส่งระบบ บลูทูธไปยัง

อุปกรณ์คอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลคำสั่งที่ได้รับแล้วไปแสดงผลลัพธ์กับอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่บลูทูธมีการส่งข้อมูลที่เป็นระยะทางที่สั้นกว่า และการเชื่อมต่อจะเป็นต้องจับคู่อุปกรณ์เท่านั้น ซึ่งต้องหาอุปกรณ์ที่สามารถรองรับการทำงานที่มากขึ้น

ซึ่งก็ได้มี ( V-chip Microsystems, Inc. ) ได้พัฒนาสินค้าเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านชิปบี ซึ่งได้มีการสร้างการเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย โดยใช้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์มือถือในการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ซึ่งบีตัวรับนั้นๆ ทำการส่งคำสั่งไปให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน ซึ่งก็สามารถประยุกต์ไปควบคุมได้หลายชนิด เช่น ปั๊มน้ำ ประตูเลื่อนหน้าบ้าน ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นเหตุผลของงานวิจัยขึ้นนี้ ซึ่งเราจะสร้างการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในรูปแบบไร้สายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์ที่สิ้นเปลือง โดยต้องมีการออกแบบการทำงานของระบบตามรูปแบบของการติดตั้งระบบ

## บทที่ 3

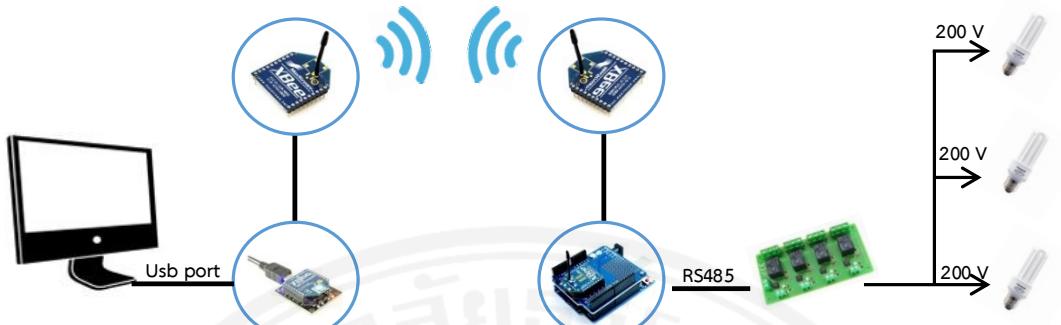
### การออกแบบและพัฒนาระบบ

การควบคุมไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่ายไร้สายถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานผ่านสัญญาณไร้สายโดยมีเทคโนโลยี ชิกบี เป็นตัวรับ - ส่งสัญญาณเพื่อทำการควบคุมไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาบอร์ดเรียลย์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการสั่งงานชิกบีในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำมาทดลองอุปกรณ์ชิกบีได้ และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของโครงสร้างระบบ

ในบทนี้เราจะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานที่เกี่ยวกับการควบคุมไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการจำลองแบบการในรูปแบบสามสถานการณ์ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบและวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละระบบเพื่อทำการเปรียบเทียบการค่าไฟฟ้าและประสิทธิภาพของการทำงานที่เกิดขึ้น

#### 3.1 ภาพรวมของระบบ

จากการออกแบบโครงสร้างของระบบการควบคุมไฟฟ้าผ่านระบบไร้สายโดยใช้ชิกบีในการควบคุมการสั่งสัญญาณ ระบบจะประกอบไปด้วยเครือข่ายชิกบีสองตัว ซึ่งชิกบีตัวแรกจะทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้งานสั่งงาน แล้วส่งไปยังชิกบีอีกตัวซึ่งทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจากชิกบีที่รับคำสั่งมาจากคอมพิวเตอร์และส่งคำสั่งนั้นไปยังบอร์ดเรียลย์ โดยแต่ละเครือข่ายจะทำการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเอ็คชีบี โดยความถี่ที่ใช้ในระบบเป็นความถี่ 2.4GHz ใช้ระยะทางในการรับส่งประมาณ 20 – 50 เมตร ข้อมูลที่ถูกส่งมาจะถูกประมวลผลและควบคุมโดยคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน (Controller Arduino) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ (Gateway) ในการเชื่อมต่อผ่านระบบข้อมูลที่ได้จากบอร์ดเรียลย์จะส่งให้โหลดของอุปกรณ์ทำงาน ระบบที่สร้างขึ้นจะช่วยลดจำนวนอุปกรณ์เอ็คชีบี จากระบบเดิมที่มีการต่อเอ็คชีบีพ่วงเข้ากับโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัว เราจึงลดอุปกรณ์เอ็คชีบีตัวนี้เพื่อลดอัตราการใช้อุปกรณ์และอาจจะส่งผลทำให้สามารถลดจ่ายใช้ในพลังงานไฟฟ้าขึ้นด้วย เนื่องจากใช้อุปกรณ์น้อยลง โดยสามารถแสดงการทำงานของระบบดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ภาพรวมของระบบ

### 3.2 หลักการทำงานของระบบ

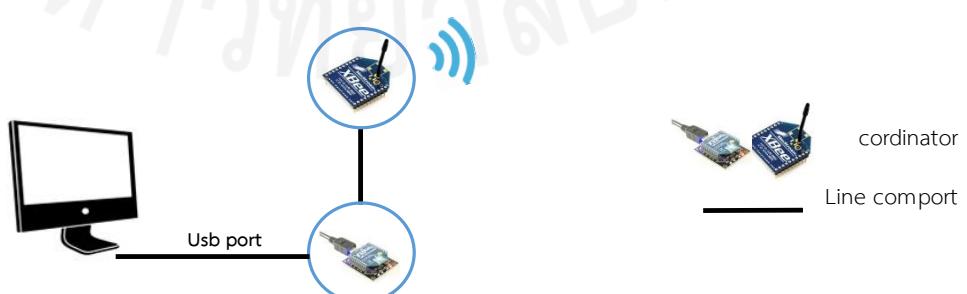
ระบบที่ออกแบบขึ้นมาจะมีลักษณะการทำงานการส่งข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์ชิกบี ซึ่งชิกบีจะสามารถทำหน้าที่ทั้งรับและส่งภายในตัวเดียวกัน โดยใช้โหมดการสื่อสารชนิด AT mode จะมีการติดต่อกันและรับ-ส่งข้อมูลกันตลอดเวลา (Transparent) ข้อมูลที่ส่งจากชิกบีตัวหนึ่งจะส่งไปยังชิกบีอีกตัวหนึ่งตามที่อยู่ปลายทางที่ได้ต่อพ่วงไว้กับโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้า

รูปแบบ拓扑ology (Topology) ที่ใช้งานในระบบ จะใช้การเชื่อมต่อแบบ Point to Point คือการเชื่อมต่อโดยการกำหนดให้ตัวแรกเป็น Coordinator มีหน้าที่เพื่อใช้ในการสร้างเครือข่ายชิกบีขึ้นมาต่อ กับไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่ และชิกบีอีกตัวจะทำหน้าที่เป็น End device คือทำหน้าที่ รับ-ส่งข้อมูลในเส้นทางต่างๆ ของเครือข่าย

ระบบสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้สี่ส่วนดังนี้

#### 1. ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล

ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล ประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการส่งข้อมูล ถูกต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่โดยมีชิกบีต่อเข้ากับบอร์ดเพื่อใช้ในการรับข้อมูลและส่งต่อไปยังอุปกรณ์ชิกบีตัวรับข้อมูล แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูล

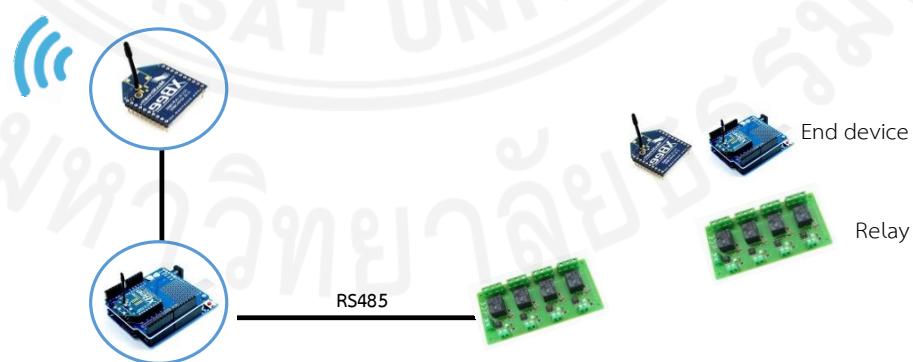
จากภาพจะแสดงการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ส่งสัญญาณไร้สาย โดยที่คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่โดยผ่านระบบอาร์เอสสองสามสอง ที่ใช้ ที่ตั้งค่าระบบไปที่ Board rate 9600 ซึ่งเป็นค่าปกติที่ใช้งานกันโดยทั่วไป

### ตารางที่ 3.1 ความเร็วที่ใช้ในการส่งข้อมูล

อัตราในการส่งข้อมูล (บิต/วินาที)	ช่วงเวลาการส่งข้อมูล (มิลลิวินาที)
19200	50
9600	500
4800	1000
2400	3000

### 2. ส่วนที่ใช้ในการประมวลผล

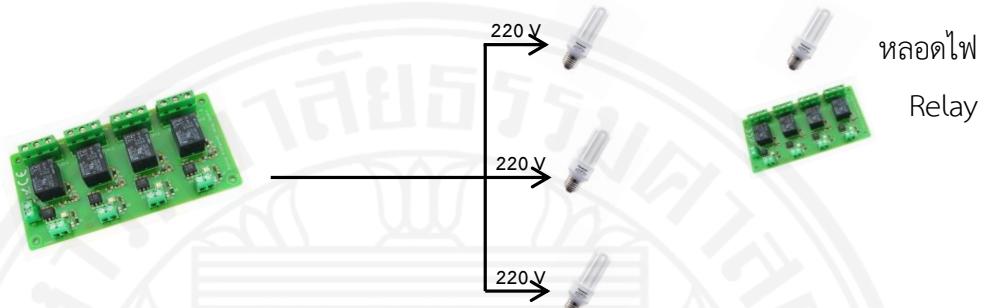
ส่วนที่ใช้ในการประมวลผลจะประกอบไปด้วย คอนโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่รับข้อมูลผ่านอุปกรณ์ซิกบีตัวรับและมีการส่งสัญญาณรูปแบบอาร์เอสสีแปดห้า ออกไปยังอุปกรณ์บอร์ดเรลายจากขา TX RX และบอร์ดคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลจากคำสั่งที่ส่งไปแล้วสั่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตามคำสั่งนั้น



ภาพที่ 3.3 ส่วนที่ใช้ในการประมวลผล

### 3. ส่วนที่ใช้ในการแสดงผล

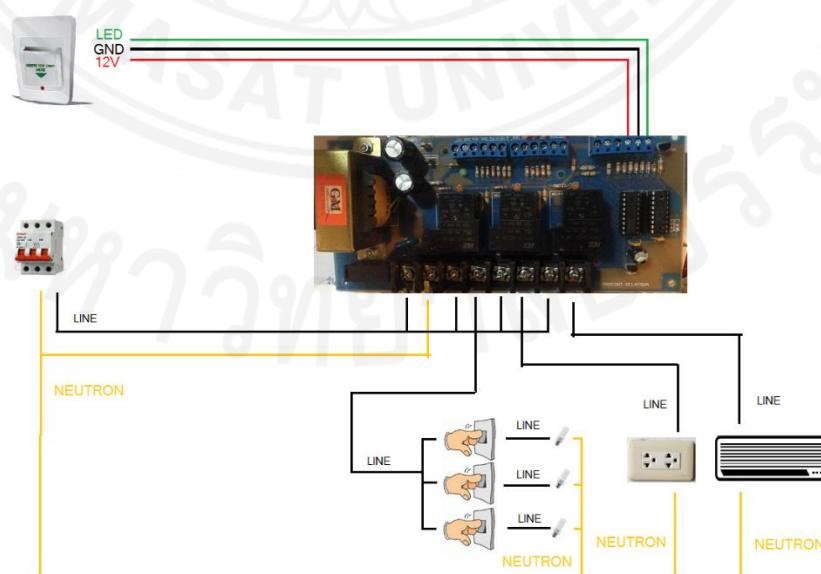
ส่วนที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูลคือส่วนสุดท้ายของระบบที่มีการทำงานโดยหลอดไฟจะเปิดไฟ ก็ต่อเมื่อมีการสั่งงานมาจากบอร์ดเรลาย ไฟฟ้าที่ถูกจ่ายออกไปจะจ่าย 220 โวลต์



ภาพที่ 3.4 ส่วนที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูล

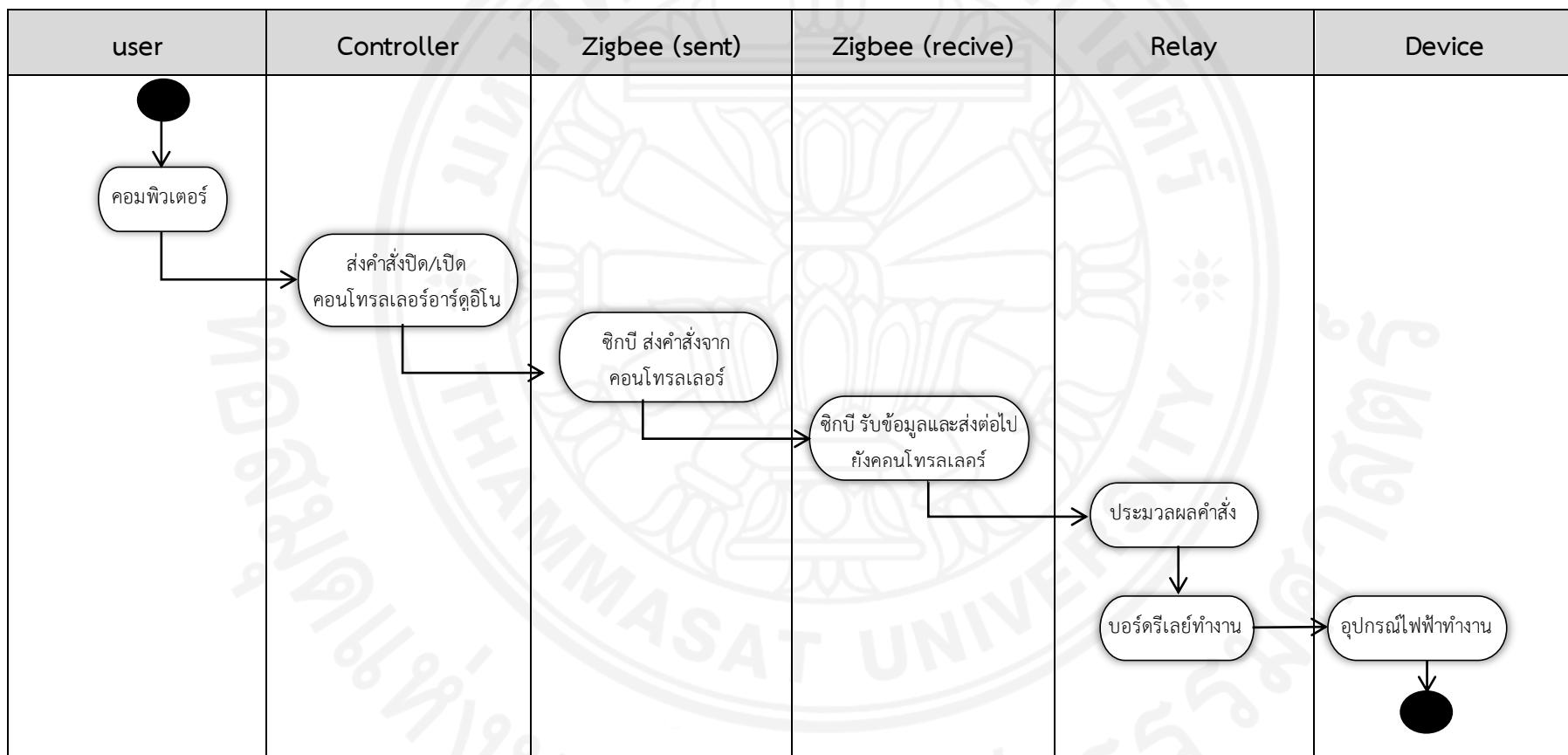
### 4. ส่วนที่ใช้ควบคุมไฟฟ้าในห้องพักด้วยการกด

ส่วนที่ใช้ควบคุมไฟฟ้าในห้องพักด้วยการกดคือส่วนสะพานไฟฟ้าที่ทำหน้าที่คลายเบรกเกอร์ย่อยที่ทำการตัดไฟฟ้าจากส่วนที่อยู่ภายในห้องทั้งหมด เพียงแต่จะทำงานหลังจากมีการสั่งไฟฟ้ามาแล้วจากส่วนกลาง ซึ่งการรูปแบบการต่อสายไฟในห้องพักจะเป็นลักษณะตามรูปนี้



ภาพที่ 3.5 ส่วนที่ใช้ควบคุมไฟฟ้าในห้องพักด้วยการกด

### 3.3 การออกแบบแอคทิวิตี้โดยแกรมแสดงการทำงานของระบบ



ภาพที่ 3.6 แอคทิวิตี้โดยแกรมแสดงการทำงานของระบบ

### 3.4 โพรโตคอลในการเชื่อมต่อบอร์ดรีเลย์

อุปกรณ์บอร์ดรีเลย์นั้นจำเป็นต้องมีโพรโตคอลที่กำหนดโดยในคอนโทรลเลอร์ของบอร์ดซึ่งรองรับในรูปแบบการส่งข้อมูลดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 3.2

ตารางรูปแบบการส่งโพรโตคอล

เริ่มต้นการส่งข้อมูล	เลขที่บอร์ด	เลขที่ โหลด	คำสั่งในการ เปิด/ปิด	ปิดการส่ง
\$	01-99	1-4	0/1	!

อธิบายโพรโตคอล

\$ คำสั่งนี้ เป็นคำสั่งในการเปิดแพ็ตแกตการส่งข้อมูล

xx เลขที่ของอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์อยู่อินเทอร์เน็ตต่อกับอุปกรณ์ซิกบีตัวรับ

1-4 เลขที่โหลดของโหลดไฟที่ต้องการจะเปิด หรือ ปิด

! คำสั่งในการปิดแพ็ตเกตการส่งนั้น

การสั่งงานระบบโดยการส่งโพรโตคอลในการสั่งอุปกรณ์เปิดปิดไฟฟ้า จะถูกสั่งงานโดยคอมพิวเตอร์โดยมีโปรแกรมค่อยจัดการบริหารทางด้านควบคุมไฟฟ้าในแต่ละส่วน เพื่อควบคุมในแต่ละห้องพักหรือโหลดไฟฟ้า ได้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก.

## บทที่ 4

### การดำเนินการทดลอง

ในบทนี้จะอธิบายถึงผลการทดลอง ซึ่งได้ทำการจำลองในรูปแบบสามสถานการณ์ ดังนี้

1. การใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย
2. การใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบี hely
3. การใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดวีเลอร์

โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการของระบบควบคุมทั้งสามระบบ เพื่อเปรียบเทียบความเสถียรของอุปกรณ์และทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบจำลอง จากนั้นจึงได้นำระบบควบคุมทั้งสามไปใช้ในสถานการณ์จริงภายในห้องพักและทำการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า

#### 4.1 การเตรียมการทดลอง

##### 4.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

###### 4.1.1.1 หลอดตะเกียง

หลอดตะเกียงที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ เป็นหลอดตะเกียงประเภทสามแท่งข้างเกลียว มีบลัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในตัว ซึ่งเป็นหลอดไฟที่ใช้ภายในบ้าน มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 14 วัตต์ มีคุณสมบัติประทัยด้วยพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 80% และดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 หลอดตะเกียงประเภท 3 แท่งเกลียว

#### 4.1.1.2 อุปกรณ์เอ็กซ์บี (แพร่รับข้อมูล)

อุปกรณ์เอ็กซ์บี (XBee Shield V2.0 for Arduino) เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการรับข้อมูลด้วยย่านความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ความเร็วที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลของเอ็กซ์บี คือประมาณ 250 kpbs ระยะทางที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลพื้นฐานอยู่ที่ 5 - 20 เมตร แพร่รับใช้ปริมาณไฟฟ้าอยู่ที่ 0.5 แอมป์ หรือเท่ากับ 110 วัตต์ แสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 อุปกรณ์เอ็กซ์บี (แพร่รับข้อมูล)

#### 4.1.1.3 อุปกรณ์เอ็กซ์บี (ตัวส่งข้อมูล)

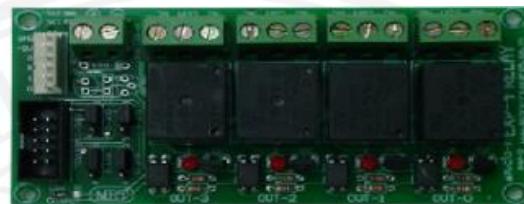
อุปกรณ์เอ็กซ์บีตัวส่งข้อมูล เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการส่งข้อมูลความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่เดียวกัน ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ความเร็วที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลของชิคบี คือประมาณ 250 kpbs ระยะทางที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลพื้นฐานอยู่ที่ 5 - 20 เมตร เอ็กซ์บีที่เป็นแพร่ส่งใช้ปริมาณไฟฟ้าอยู่ที่ 0.3 แอมป์ หรือเท่ากับ 66 วัตต์ แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 อุปกรณ์เอ็กซ์บี (ตัวส่งข้อมูล)

#### 4.1.1.4 บอร์ดรีเลย์ (Relay)

อุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่นำมาในการควบคุมไฟฟ้าโดยรับคำสั่งมาจากคอมพิวเตอร์แล้วทำการประมวลผลจากนั้นจึงส่งงานให้อุปกรณ์ทำงานตามคำสั่งปิด – เปิดไฟ โดยใช้ปริมาณไฟฟ้าอยู่ที่ 0.1 แอมป์ หรือ 22 วัตต์ แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 บอร์ดรีเลย์ (Relay)

#### 4.1.1.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Converter)

อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Converter) ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณที่ได้รับมาจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้รับสัญญาณ RS232 จากนั้นจึงทำการแปลงสัญญาณเป็น RS485 ใช้ปริมาณไฟฟ้าอยู่ที่ 0.7 แอมป์ หรือ 154 วัตต์



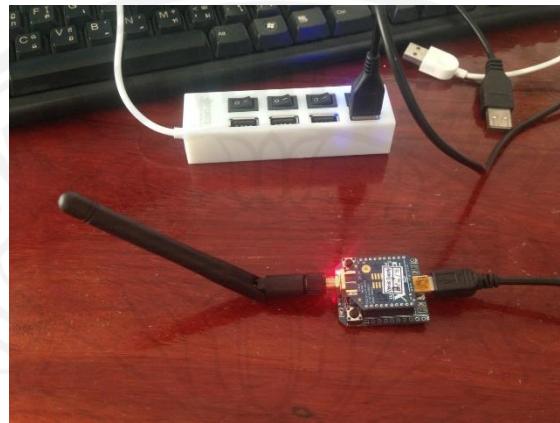
ภาพที่ 4.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Converter)

#### 4.1.2 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์

##### 4.1.2.1 การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และເອັກືບີ

คอมพิวเตอร์และເອັກືບີຈະทำการເຂົ້ມຕ່ອງກັນ ໂດຍໃຫ້ພອຣັດ RS232

ສໍາຮັບໃໝ່ໃນການສັ່ງງານຂອງໂໂລດອຸປະກອນ ແສດດັ່ງກາພທີ 4.6



ກາພທີ 4.6 ກາຣເຊື້ມຕ່ອງກັນກົມພິວເຕອຣີແລະເອັກືບີ

##### 4.1.2.2 ກາຣເຊື້ມຕ່ອງກັນຕົວແປລງສັ່ງງານແລະບອർດີຣີເລີຍ

ຕົວແປລງສັ່ງງານຈະຄູກເຊື້ມຕ່ອງເຂົ້າກັບບອർດີຣີເລີຍ ໂດຍກາຣຕ່ອເຂົ້າກັບ  
ສາຍສັ່ງງານສອງຄອງ ເພື່ອທໍາທຳທີ່ໃນກາຣແປລງສັ່ງງານເພື່ອໃຫ້ສັ່ງງານໄປໄດ້ໄກລໜຶ່ນ ໂດຍກາຣແປລງ  
ສັ່ງງານຈາກ RS232 ເປັນສັ່ງງານ RS485 ໃຊ້ກາຣສື່ອສາຮີຂ້ອມຸລໃນຮູບແບບຂອງ Half-duplex ແສດ  
ດັ່ງກາພທີ 4.7



ກາພທີ 4.7 ກາຣເຊື້ມຕ່ອງກັນຕົວແປລງສັ່ງງານແລະບອർດີຣີເລີຍ

#### 4.1.3 ราคาของอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วย อุปกรณ์แปลงสัญญาณชิกบี บอร์ด อาร์ดูโอโน่ บอร์ดรีเลย์ และสายสัญญาณ ซึ่งจากราคาที่ได้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจจากร้านขาย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

ตารางที่ 4.1

ราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ราคาของอุปกรณ์ (บาท)				
อุปกรณ์แปลงสัญญาณ	ชิกบี + บอร์ด อาร์ดูโอโน่ (ตัวส่ง)	ชิกบี + บอร์ดอาร์ ดูโอโน่ (ตัวรับ)	บอร์ดรีเลย์	สายสัญญาณ เมตรละ
1,800	1,400	2,100	460	30

#### 4.1.4 เปรียบเทียบราคาของอุปกรณ์ในแต่ละการทดลอง

การเปรียบเทียบอุปกรณ์ในการทดลองการควบคุมไฟฟ้าทั้งสามรูปแบบ โดยทำการทดลองกับหลอดไฟสามหลอดในระยะทาง 15 เมตร

ตารางที่ 4.2

การเปรียบเทียบราคาของอุปกรณ์ในแต่ละการทดลอง

การทดลอง	จำนวนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง					ราคารวม (บาท)
	อุปกรณ์แปลง สัญญาณ	ชิกบี (ตัวส่ง)	ชิกบี (ตัวรับ)	บอร์ดรีเลย์	สายสัญญาณ (เมตร)	
การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย	1			1	120	5,860
การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้ชิกบี หลายตัวควบคุม		1	3			7,700
การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ด รีเลย์		1	1	1		3,960

จากตารางการเปรียบเทียบราคาอุปกรณ์ในการทดลองระบบการควบคุมไฟฟ้า การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายจำเป็นต้องใช้สายสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการเดินสายสัญญาณ หากมีการใช้งานอยู่ในจุดที่ติดตั้งยาก การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้ซิกบีหลายตัวควบคุม จะเป็นการติดตั้งที่สามารถติดตั้งได้ง่ายและสะดวกกว่าการเดินสายสัญญาณ แต่ค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์ซิกบีค่อนข้างจะมีราคาสูงด้วยเห็นกัน ซึ่งถ้าใช้อุปกรณ์ซิกบีในจำนวนมากก็จะมีปัญหาค่าใช้จ่ายได้ จึงได้เกิดการควบคุมไฟฟ้าแบบใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์ เพื่อให้การทำงานยังคงรูปแบบเดิมและสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการเดินสายและลดจำนวนอุปกรณ์ซิกบีลง จึงได้เกิดการทำงานในรูปแบบนี้ขึ้นมา

## 4.2 การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการจำลองแบบการในรูปแบบสามสถานการณ์ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย การใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีหลายตัว การใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์ โดยแต่ละระบบจะถูกต่อเข้ากับหลอดไฟจำนวนสามดวง จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบควบคุมไฟฟ้า และเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้า ดังนี้

### 4.2.1 การควบคุมไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย

การควบคุมไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบแบบใช้สาย ระบบจะถูกสั่งงานด้วยคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการใช้ไฟฟ้า โดยคอมพิวเตอร์จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ Converter ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณเพื่อให้ส่งสัญญาณข้อมูลได้ไกลขึ้น โดยจะแปลงสัญญาณ RS232 เป็นสัญญาณ RS485 การสื่อสารข้อมูลจะเป็นในรูปแบบของ Half-duplex สัญญาณข้อมูลที่ได้จากการแปลงจะถูกส่งไปยังบอร์ดรีเลย์ โดยบอร์ดรีเลย์จะทำหน้าที่เสมือนเบรกเกอร์ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องพัก



ภาพที่ 4.8 การควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย

#### 4.2.2 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี helytaw

การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี helytawในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า หลักการทำงานคือชิคบีตัวส่งสัญญาณจะรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังชิคบีตัวรับสัญญาณ โดยชิคบีตัวรับสัญญาณจะถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งชิคบีตัวรับสัญญาณจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าในแต่ละอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องพัก ซึ่งการต่อประภานี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมรีสอร์ท หรือโรงแรมที่มีการควบคุมห้องพักหลายห้อง

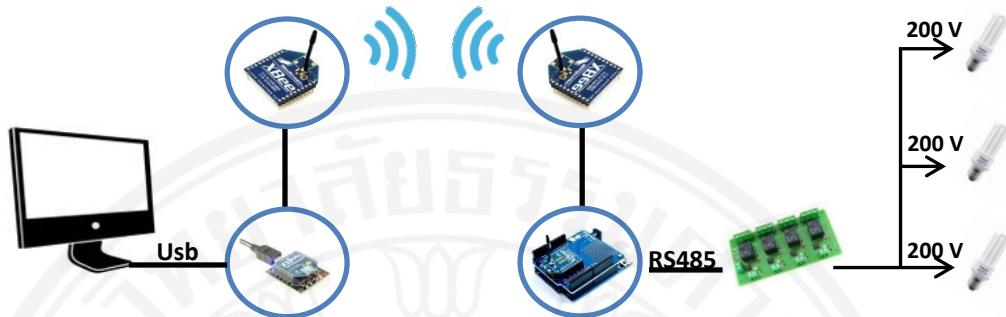


ภาพที่ 4.9 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี helytaw

#### 4.2.3 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้บอร์ดรีเลย์ร่วมกับบอร์ดรีเลย์

การควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายด้วยบอร์ดรีเลย์โดยใช้ชิคบีในการควบคุมการส่งสัญญาณ หลักการทำงานคือคอมพิวเตอร์จะถูกต่อเข้ากับชิคบีซึ่งทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปยังบอร์ดที่ต่อ กับ อุปกรณ์ชิคบีซึ่งทำหน้าที่ในการรับสัญญาณ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังบอร์ดรีเลย์ อีกด้านหนึ่ง โดยบอร์ดรีเลย์จะถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการจ่าย

กระแสไฟฟ้าภายในห้องพัก ซึ่งระบบนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อลดอุปกรณ์การใช้ชิกบีหลายตัวในการควบคุมไฟฟ้าจึงนำบอร์ดรีเลย์เข้ามาทำการควบคุมไฟฟ้าแทน



ภาพที่ 4.10 การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

### 4.3 ผลการทดลอง

#### 4.3.1 การทดลองวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

การทดลองเบื้องต้นเพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการทดลองซึ่งใช้อุปกรณ์หลอดไฟจำนวนสามหลอดเป็นการแสดงผลและใช้คอมพิวเตอร์ในการสั่งงาน โดยที่เปลี่ยนชุดอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อเป็นสามรูปแบบเพื่อที่จะวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ทำการจำลองแบบการทดลองในรูปแบบสามสถานการณ์ ดังนี้

1. การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สาย
2. การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว
3. การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

โดยในแต่ละระบบ ผู้วิจัยได้ทำการต่อเข้ากับโหลดของอุปกรณ์ซึ่งเป็นหลอดตะเกียงจำนวนสามหลอด จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นของระบบทั้งสามระบบ และตั้งสมมติฐานการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าไว้ดังนี้

### **สมมติฐานการวิจัย**

**สมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายและระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี hely**

$H_0$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี hely

$H_1$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี

**สมมติฐานที่ 2 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี hely และระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์**

$H_0$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี hely และการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_1$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี hely และการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

**สมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์**

$H_0$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_1$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

- ผลการทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบใช้สายโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย การทดลองนี้เป็นการต่อสัญญาณไฟฟ้าโดยมีตัวแปลงสัญญาณทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณจาก RS232 เป็นสัญญาณ RS485 และทำการส่งคำสั่งนั้นไปยังบอร์ดรีเลย์เพื่อสั่งให้โหนดของอุปกรณ์ทำงาน

ผลการทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบใช้สายโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย จะวัดจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ในระบบการควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายโดยผ่านบอร์ดรีเลย์ ซึ่งมีบอร์ดรีเลย์เป็นตัวควบคุมการเปิด – ปิดไฟฟ้า โดยวัดจากระยะเวลาสี่ช่วงเวลาได้แก่ 10 ชั่วโมง 20 ชั่วโมง 30 ชั่วโมง และ 40 ชั่วโมง ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

ผลการทดลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่มีการควบคุมแบบใช้สาย

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)			
	หลอดตะเกียง	อุปกรณ์แปลง สัญญาณ	บอร์ดรีเลย์	รวม
10	38.15	648.2	185.3	<b>871.65</b>
20	74.02	1,294.5	402.42	<b>1,770.94</b>
30	112.48	1,905.09	592.02	<b>2,609.59</b>
40	151.10	2,614.89	770.62	<b>3,536.61</b>

ผลการทดลองในการเปิดการใช้งานของระบบการควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายโดยผ่านบอร์ดรีเลย์ไว้เป็นเวลา 40 ชั่วโมง และเก็บสถิติในการใช้พลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 10 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังนี้

- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 871.65 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 1770.94 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 30 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 2609.59 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 40 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 3536.61 วัตต์

## 2. ผลการทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว

การทดลองนี้เป็นการต่อสัญญาณไฟฟ้าโดยที่อุปกรณ์ชิกบีแต่ละตัวจะต่อเข้ากับโหลดของอุปกรณ์ทุกตัว โดยลักษณะการทำงานจะแบ่งออกเป็นสองฝั่งคือ ชิกบีในส่วนของการส่งสัญญาณ และชิกบีในส่วนของการรับสัญญาณ

ผลการทดลองการควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีในการควบคุมการส่งสัญญาณ จะวัดจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ในระบบการควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีในการควบคุมการส่งสัญญาณ ซึ่งมีชิกบีที่ได้ถูกติดตั้งไว้กับหลอดตะเกียงเป็นตัวรับสัญญาณและควบคุมการปิด – เปิดหลอดไฟ โดยวัดจากระยะเวลาสี่ช่วงเวลา ได้แก่ 10 ชั่วโมง 20 ชั่วโมง 30 ชั่วโมง และ 40 ชั่วโมง ซึ่งมีผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

ผลการทดลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)					
	หลอดตะเกียง	อุปกรณ์ชิกบี ส่งข้อมูล	อุปกรณ์ชิกบี รับข้อมูล 1	อุปกรณ์ชิกบี รับข้อมูล 2	อุปกรณ์ชิกบี รับข้อมูล 3	ผลรวม
10	40.31	64.60	105.16	108.53	105.10	<b>423.70</b>
20	75.82	125.35	212.37	217.5	214.21	<b>845.25</b>
30	117.63	184.42	318.58	321.31	319.50	<b>1,261.44</b>
40	160.27	250.52	424.82	429.53	426.44	<b>1,691.58</b>

ผลการทดลองในการเปิดการใช้งานของระบบการควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีในการควบคุมการส่งสัญญาณไว้เป็นเวลา 40 ชั่วโมง และเก็บสถิติในการใช้พลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 10 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังนี้

- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 423.70 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 845.25 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 30 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 1261.44 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 40 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 1691.58 วัตต์

### 3. ผลการทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

การทดลองนี้เป็นการต่อสัญญาณไฟฟ้าแบบใช้บอร์ดรีเลย์ในการควบคุมการส่งสัญญาณไปที่โหลดของอุปกรณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเข้ามาแทนการทำงานของชิกบีที่ใช้ในการควบคุมแต่ละโหลดของอุปกรณ์เพื่อเป็นการลดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการควบคุมสัญญาณ

ผลการทดลองการควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายด้วยบอร์ดเรียลีย์โดยใช้ชิกบีในการควบคุม การส่งสัญญาณจะวัดจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ในระบบการควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายด้วยบอร์ดเรียลีย์โดยใช้ชิกบีในการควบคุมการส่งสัญญาณ ซึ่งมีชิกบีเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมบอร์ดเรียลีย์อีกด้วยหนึ่งในการควบคุมการเปิด – ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยวัดจากระยะเวลาสี่ช่วงเวลาได้แก่ 10 ชั่วโมง 20 ชั่วโมง 30 ชั่วโมง และ 40 ชั่วโมง ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ผลการทดลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดเรียลีย์

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)				
	หลอดตะเกียง	อุปกรณ์ชิกบี ส่ง ข้อมูล	อุปกรณ์ชิกบี รับข้อมูล	บอร์ดเรียลีย์	ผลรวม
10	39.05	104.86	90.89	186.70	<b>421.50</b>
20	74.02	208.57	158.18	403.53	<b>844.30</b>
30	116.48	311.08	238.20	593.42	<b>1259.18</b>
40	158.10	415.73	339.59	775.82	<b>1689.24</b>

ผลการทดลองในการเปิดการใช้งานของระบบการควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีในการควบคุมการส่งสัญญาณไว้เป็นเวลา 40 ชั่วโมง และเก็บสถิติในการใช้พลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 10 ชั่วโมง ผลลัพธ์ที่ได้เป็นดังนี้

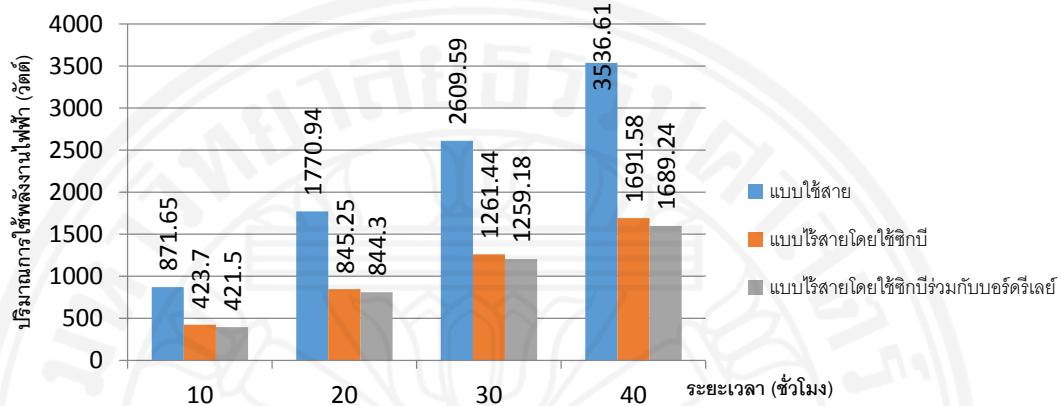
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 421.50 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 844.30 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 30 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 1259.18 วัตต์
- เมื่อเปิดการใช้งานระบบไว้เป็นเวลา 40 ชั่วโมง จะใช้ปริมาณไฟฟ้ารวม 1689.24 วัตต์

#### 4.3.2 สรุปผลการทดลองการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ผลการทดลองเบื้องต้นเพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์หลอดไฟฟ้าชุดเดิมเป็นการแสดงผลการทำงานโดยเปลี่ยนชุดอุปกรณ์ควบคุมในแต่ละสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตั้งสมมุติฐานการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยใช้

Paired t-Test เพื่อการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าของสองสถานการณ์โดยคนละวิธีการภายใต้อุปกรณ์หลอดไฟฟ้าเดียวกัน ซึ่งได้ผลลัพธ์เกี่ยวกับการทดลองดังนี้

### 1. การทดลองการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้า



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้า

สมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายและระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีบีหลายตัว

$H_0$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีบีหลายตัว

$H_1$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีบีหลายตัว

ตารางที่ 4.6

ผลการทดลองการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีบีหลายตัว

	Paired Differences			t	df	Sig(2-tailed)
	N	Mean	STD			
Wired	4	2.1972E3	1140.59415	3.832	3	0.031
Zigbee-N		1.0555E3	544.78906			

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีความแตกต่างกันระหว่างระบบควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายและระบบควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว ( $Sig = 0.031$ )

**สมมติฐานที่ 2** การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว และระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_0$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัวและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_1$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัวและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

ตารางที่ 4.7

ผลการทดลองการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว และระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

	Paired Differences			t	df	Sig(2-tailed)
	N	Mean	STD			
Zigbee-N	4	1.0584E3	541.58852	2.993	3	0.058
Zigbee-Relay	4	1.0564E3	540.36953			

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่แตกต่างกันระหว่างระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว และระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์ ( $Sig. = 0.058$ )

**สมมติฐานที่ 3** การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมแบบไร้สายและระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_0$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย

$H_1$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย

ตารางที่ 4.8

ผลการทดลองการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบควบคุมแบบไร้สายและระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย

	Paired Differences			t	df	Sig(2-tailed)
	N	Mean	STD			
Wired	4	2.1972E3	1140.59415	3.831	3	0.031
Zigbee-Relay	4	1.0020E3	516.90242			

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีความแตกต่างกันระหว่างระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย ( $Sig. = 0.031$ )

#### 4.3.3 การทดลองการวัดประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์

การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์การทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สั่งงานไฟฟ้าเข้าด้วยกัน ซึ่งการทดลองนี้เราได้จำลองในโรงเรมหรือบ้านพักที่มีจำนวนไม่เกิน 15 ห้องพัก หรือ 15 หลังที่แบบบ้านพัก และมีระยะทางระหว่างห้องไม่เกิน 15 เมตรในแต่ละห้องพักด้วยกัน ซึ่งจะมีสิ่งกีดขวางเพียงกำแพงของห้องพักเท่านั้น

ผู้วิจัยได้ทำการจำลองแบบการในรูปแบบสามสถานการณ์ ดังนี้

- การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สาย
- การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ซิกบีหลายตัว

3. การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของแต่ละระบบโดยในการทดลองจะทำการส่งข้อมูลเพื่อส่งให้โหลดของอุปกรณ์ทำงาน และตั้งสมมติฐานการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์เว้ดังนี้

**สมมติฐานการวิจัย**

**สมมติฐานที่ 1** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีหลายตัว

$H_0$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีหลายตัว

$H_1$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีหลายตัว

**สมมติฐานที่ 2** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีหลายตัวและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_0$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีหลายตัวและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_1$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีหลายตัวและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

**สมมติฐานที่ 3** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_0$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_1$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แต่กันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

### 1. ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สาย

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ โดยได้นำไปใช้งานในโรงเรมที่มีที่พักจำนวน 15 ห้องพัก โดยจำนวนครั้งการใช้งานของแต่ละห้องพักต่อวันมีการสั่งอุปกรณ์สามครั้ง ต่อหนึ่งวัน ซึ่งขนาดห้องพัก 15 ห้องพักต่อวันมีการสั่งงาน 45 ครั้งต่อวัน ผู้วิจัยได้ทดสอบจำนวน 100 ครั้ง เป็นการวัดประสิทธิภาพการทำงานของโรงเรมเป็นเวลาสองวันเพื่อวัดผลลัพธ์ และได้ทดสอบต่อเนื่องเป็นจำนวน 200 ครั้งเพื่อวัดผลลัพธ์การทำงานต่อจากเดิมและหาข้อผิดพลาดการทำงาน ผู้วิจัยได้ทดสอบจำนวน 300 600 และ 1000 ครั้งเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในโรงเรมที่มีขนาดห้องพักมากกว่า 15 ห้อง ซึ่งจำนวนการสั่งอุปกรณ์ไฟฟ้าย่อมมีมากขึ้นตามลำดับ แสดงผลตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9

#### ผลการทดลองประสิทธิภาพการควบคุมการใช้ไฟฟ้าแบบใช้สาย

การส่งข้อมูลจาก คอมพิวเตอร์ (ครั้ง)	ประสิทธิภาพในเชื่อมต่อการส่งสัญญาณ (เปอร์เซ็นต์)	
	อุปกรณ์แปลงสัญญาณ RS232-RS485	หลอดไฟฟ้าทำงาน
100	100.00 %	100.00 %
200	99.50 %	99.50 %
300	99.66 %	99.66 %
600	99.50 %	99.50 %
1,000	99.40 %	99.40 %

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์แปลงสัญญาณ RS232-RS485 มีความแม่นยำในการส่งข้อมูลค่อนข้างสูงในการสั่งงานในช่วง 300 แต่จะเกิดข้อผิดพลาดที่ในช่วงที่มีการใช้งานต่อเนื่อง เกิดจากการที่ความเร็วในการสั่งงานไปยังอุปกรณ์ประมวลผล หน่วยประมวลผลเกิดการผิดพลาดในการอ่านข้อมูล ทำให้การสั่งการเปิดไฟอาจมีการติดขัดได้

**2. ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้ชิกบีทลายตัว**  
**ผู้จัยได้ทำการทดลองการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชิกบี และให้อุปกรณ์ชิกบีสั่งให้**  
**อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน แสดงผลตามตารางที่ 4.10**

ตารางที่ 4.10

ผลการทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายโดยใช้ชิกบีทลายตัว

การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ (ครั้ง)	ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)	
	อุปกรณ์ชิกบี	หลอดไฟฟ้าทำงาน
100	100.00 %	100.00 %
200	100.00 %	100.00 %
300	100.00 %	99.66 %
600	100.00 %	99.66 %
1,000	100.00 %	99.70 %

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ชิกบีมีความแม่นยำในการส่งข้อมูลค่อนข้างเสถียร เกิดข้อผิดพลาดที่ไม่มากในจุดที่คอลโทรลเลอร์อาร์ดูโอโน่ที่อยู่กับอุปกรณ์ชิกบีตัวรับข้อมูลส่งออกไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ามีแรงดันที่ต่ำกว่าปกติ ทำให้ไม่สามารถไปจุดหนาแน่นสัญญาณที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้ ทำให้การสั่งการเปิดไฟในช่วงหลังเกิดข้อผิดพลาด

**3. ผลการทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์**

ผู้จัยได้ทำการทดลองการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชิกบี และทำการให้อุปกรณ์บอร์ดรีเลย์สั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน แสดงผลตามตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11

ผลการทดลองการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

การส่งข้อมูลจาก คอมพิวเตอร์ (ครั้ง)	ประสิทธิภาพในการทำงาน (เปอร์เซ็นต์)		
	อุปกรณ์ชิกบี	บอร์ดรีเลย์	หลอดไฟฟ้าทำงาน
100	100.00 %	99.00 %	98.00 %
200	100.00 %	98.50 %	98.50 %
300	100.00 %	99.10 %	99.10 %
600	100.00 %	99.76 %	99.76 %
1,000	100.00 %	99.10 %	99.10 %

จากการทดลองการสั่งงานไปยังอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ จะสังเกตได้ว่าข้อผิดพลาดใน การส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ชิกบีไปยังอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์อยู่เป็นระยะ เนื่องจากอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์นั้นเกิดข้อผิดพลาดจากความเร็วในการรับส่งข้อมูลทำให้หน่วยประมวลผลเกิดความผิดพลาดใน การอ่านข้อมูล ซึ่งผลที่ออกมามีความใกล้เคียงกับการควบคุมไฟฟ้าโดยใช้ชิกบีหลายตัว

#### 4.3.4 สรุปผลการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์

จากการทดลองการสั่งงานไปยังอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ จะสังเกตได้ว่าอาจ มีค่าการส่งข้อมูลผิดพลาดระหว่างอุปกรณ์ชิกบีที่ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ ที่ประกอบไปด้วยบอร์ดคอนโทรลเลอร์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์นั้นหน้าที่ประมวลผลจากการรับคำสั่งจากอุปกรณ์ชิกบีเพื่อให้อุปกรณ์หลอดไฟฟ้าทำงาน หน่วยประมวลผลของคอนโทรลเลอร์นี้บางจังหวะการทำงานของคอนโทรลเลอร์เกิดการแรเงดันที่ส่งไปนั้นมีไม่ถึงที่จะทำให้คอนโทรลเลอร์ทำงาน

#### สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของระบบควบคุมแบบใช้สาย และระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว

$H_0$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว

$H_1$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีหลายตัว

ตารางที่ 4.12

ผลการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบี hely ตัว

	Paired Differences			t	df	Sig(2-tailed)
	N	Mean	STD			
Wired	5	99.6120	0.23605	-2.017	4	0.114
Zigbee-N	5	99.8040	0.17967			

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างระบบการควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายและระบบควบคุมไฟฟ้าแบบไร้สายโดยใช้ชิกบี hely ตัว ( $Sig = 0.114$ )

**สมมติฐานที่ 2** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบี hely ตัวและการควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย

$H_0$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบี hely ตัวและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย

$H_1$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แตกต่างกันระหว่างระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบี hely ตัวและระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย

ตารางที่ 4.13

ผลการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ของระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบี hely ตัวและการควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดเรลาย

	Paired Differences			t	df	Sig(2-tailed)
	N	Mean	STD			
Zigbee-N	5	99.8040	0.17967			
Zigbee-Relay	5	99.0920	0.44869	2.692	4	0.055

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี relay และระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์ ( $Sig = 0.055$ )

**สมมติฐานที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์**

$H_0$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

$H_1$  = ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

ตารางที่ 4.14

ผลการทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมแบบใช้สายและระบบควบคุมการแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

	Paired Differences			t	df	Sig(2-tailed)
	N	Mean	STD			
Wired	5	99.6120	0.23605	2.198	4	0.093
Zigbee-Relay	5	99.0920	0.44869			

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ไม่แตกต่างกันระหว่างการควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สายและการควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิคบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์ ( $Sig = 0.093$ )

#### 4.3.5 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในสถานการณ์จริงภายในห้องพัก

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในห้องพัก ซึ่งภายในห้องพักประกอบไปด้วย เครื่องปรับอากาศหนึ่งตัว โทรทัศน์หนึ่งเครื่อง เครื่องทำน้ำอุ่นหนึ่งเครื่อง หลอดไฟสามดวง และปลั๊กสามจุด โดยจำลองแบบการในรูปแบบสี่สถานการณ์ ดังนี้

1. การใช้ไฟฟ้าแบบไม่มีระบบควบคุม
2. การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบใช้สาย
3. การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีทลายตัว
4. การควบคุมการใช้ไฟฟ้าโดยมีระบบควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์

ตารางที่ 4.15

ผลการทดลองการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบสี่สถานการณ์

ระยะเวลา	การใช้ไฟฟ้าในรูปแบบ 4 สถานการณ์			
	ไม่มีระบบควบคุม	แบบใช้สาย	แบบไร้สายโดยใช้ชิปบีทลายตัว	แบบไร้สายโดยใช้ชิปบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์
1 วัน	23,105 W	16,341 W	15,134 W	15,076 W
3 วัน	67,634 W	47,540 W	45,670 W	45,165 W

จากการทดลองการใช้งานในสถานการณ์จริงทั้งสี่รูปแบบนั้นสามารถเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในห้องพักในแต่ละแบบการควบคุมได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ออกมากสรุปได้ว่า การที่ไม่มีระบบควบคุมเลยนั้นจะมีค่าการใช้ไฟฟ้าสูง เนื่องจากผู้เข้าพักในห้องพักมีการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแล้วเกิดจากการลืมหรือมีความตั้งใจจะเปิดทิ้งไว้ ทำให้เกิดการใช้พลังงานต่อเนื่องจึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้านั้นสูงตาม เมื่อมีระบบควบคุมเข้ามา ก็จะสามารถช่วยในเรื่องการหลงลืมการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าไว้ได้อย่างต่อเนื่อง ลดค่าไฟฟ้าได้ถึงกึ่ง 40% นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดอัคคีภัยได้ เพราะถ้ามีการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ไม่มีคนอยู่ในห้องพัก สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้อย่างรุนแรง สำหรับบางสถานที่ไม่สามารถมีการเดินสายสัญญาณควบคุมได้สะดวก ก็จะใช้ในรูปแบบไร้สายจะได้ช่วยในความสะดวกในการติดตั้งและยังลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสายอีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบกัน การควบคุมไร้สายมีสองรูปแบบ ในด้านควบคุมไร้สายแบบเดิมซึ่งใช้ชิปบีตามจำนวน

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุม จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ชิกบีจำนวนมาก ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ซึ่งมีราคาต่ำกว่ามากเข้ามาเพื่อทดแทนชิกบี เพื่อที่จะลดจำนวนชิกบีลง จึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า ดังนั้น จากผลลัพธ์ค่าไฟฟ้าที่ออกมานะ จะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของไม่มีระบบควบคุมมีการใช้ไฟฟ้าที่สูง และการควบคุมการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบรีสายโดยใช้ชิกบีร่วมกับบอร์ดรีเลย์มีความสะดวกในการติดตั้ง สามารถควบคุมไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปวิทยานิพนธ์และสิ่งที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยแบ่งออกเป็นหัวข้ออยู่ดังนี้ การสรุปงานวิจัย อภิปรายผลการทดลอง ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการทดลองการควบคุมไฟฟ้า และได้จำลองสถานการณ์เพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ ซึ่งได้ทดลองการเชื่อมต่อรูปแบบพื้นฐานที่ใช้งานในบ้านพักโดยที่ไม่มีระบบควบคุม โดยทำการต่อสวิตช์การอุปกรณ์โหลดไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งผลลัพธ์ที่ให้เห็นว่าการใช้งานในลักษณะนี้ไม่สามารถที่จะกระทำโดยสามารถควบคุมผ่านระบบสื่อสารต่างๆได้ จะเป็นเพียงรูปแบบการใช้การเปิดปิดสวิตช์เท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายปริมาณการใช้ไฟฟ้านั้นไม่สามารถควบคุมได้

ต่อมาได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการเชื่อมต่อรูปแบบใช้สายสัญญาณในการควบคุม ได้สร้างการจำลองโดยการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมและเชื่อมต่อสายไปยังตัวแปลงสัญญาณซึ่งทำหน้าที่แปลความหมายไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณ จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ที่สามารถรับคำสั่งจากตัวแปลงสัญญาณได้ โดยบอร์ดรีเลย์จะทำงานตามที่คอมพิวเตอร์สั่งงาน ซึ่งใช้โปรโตคอลในการสื่อสาร และยังสามารถควบคุมโหลดต่างๆได้ ซึ่งผลลัพธ์ ซึ่งให้เห็นว่าการใช้งานใช้สายนี้สามารถควบคุมไฟฟ้าได้จากระยะทางที่สามารถทำการเดินสายสัญญาณได้

ต่อมาได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการเชื่อมต่อรูปแบบไร้สาย ซึ่งในการควบคุมลักษณะนี้ ได้สร้างการจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมผ่านอุปกรณ์ซิกบี ซึ่งซิกบีจะคอยทำหน้ารับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์แล้วทำหน้าที่ส่งต่อไปยังอุปกรณ์รับซิกบีและทำหน้าที่ถอยส่งสัญญาณให้อุปกรณ์ไฟฟ้า นั้นๆทำงานได้ ซึ่งก็จำเป็นต้องอุปกรณ์ซิกบีจำนวนเทียบเท่ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการเชื่อมต่อ ผลลัพธ์จากการใช้ระบบนี้สามารถควบคุมไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องทำการเดินสายไปตามจุดต่างๆ ซึ่งจะสะดวกสบายจากการติดตั้งอุปกรณ์ สามารถติดตั้งได้แบบก่อนการก่อสร้างหรือหลังก่อสร้างได้ จะทำให้การทำงานง่ายขึ้นกว่าการเดินสาย แต่จำเป็นจะต้องใช้จำนวนของอุปกรณ์ไร้สายให้เท่ากับจำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่นั้นๆ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์นั้นมีราคาแพงขึ้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการศึกษาเทคโนโลยีการเชื่อมต่อรูปแบบไร้สาย ในการควบคุมลักษณะนี้ ได้สร้างการจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมผ่านอุปกรณ์ชิกบี ซึ่งชิกบีจะคอยทำหน้ารับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์แล้วทำหน้าที่ส่งต่อไปยังอุปกรณ์รับชิกบี อุปกรณ์รับชิกบีนั้นจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมโหลดไฟฟ้า โดยใช้ชิกบีในการรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ก็จะสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละโหลดได้ จะมีการทำงานที่คล้ายกับการใช้อุปกรณ์ชิกบีจำนวนมาก แต่ลดการใช้อุปกรณ์ลงเพื่อลดต้นทุนในการใช้อุปกรณ์จำนวนมาก โดยใช้เทคโนโลยีบอร์ดรีเลย์เข้ามามีบทบาทในการควบคุมไฟฟ้า ผลลัพธ์จากการทดลองนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกับการใช้อุปกรณ์ไร้สายชิกบี ได้ข้อสรุปว่ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน และประสิทธิภาพการทำงานของสองระบบไม่แตกต่างกัน

## 5.2 อภิปรายผลการทดลอง

ในด้านการใช้งานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้ชิกบีควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และ ใช้ชิกบีโดยต่อกับบอร์ดรีเลย์ซึ่งก็สามารถควบคุมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้เช่นกัน ผลลัพธ์ที่ออกมามีความคล้ายกัน ซึ่งชิกบีนั้นมีการทำงานโดยการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ตัวลูกและยังสามารถควบคุมไฟฟ้าผ่านไร้สายได้เหมือนกัน ส่วนอุปกรณ์ที่เป็นบอร์ดรีเลย์ต่อจากชิกบีนั้นเราจะเห็นได้ว่ามีการใช้อุปกรณ์ชิกบีที่น้อยลงโดยใช้บอร์ดรีเลย์เข้ามาเสริมทำให้รถอัตราตันทุนการลงอุปกรณ์ ซึ่งสามารถซึ่งจะได้ว่าการใช้อุปกรณ์ชิกบีที่มีจำนวนเยอะห้อ่มีการลงทุนเป็นเรื่องที่เยอะ เช่นกัน เราสามารถที่จะลดต้นทุนการใช้ชิกบี ลงได้โดยใช้บอร์ดรีเลย์เข้ามาเสริมแทนซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำงานเท่าเทียมกันหรือใกล้เคียงกันก็สามารถทดสอบกันได้แต่จะลดต้นทุนในการใช้งานลงได้มาก ในระบบนี้จะหมายความกับการใช้งานในลักษณะของโรงแรมที่มีขนาดห้องพักไม่เกิน 15 ห้องพัก ซึ่งเป็นขนาดโรงแรมที่เล็ก โดยระบบควบคุมไฟฟ้าไร้สายทั้งสองอย่างนี้ก็สามารถที่จะควบคุมผ่านระบบสมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์ได้หรือจะสามารถจะไปอื้อต่อยอดในการทำส่งข้อมูลแบบอื่นๆได้เช่นกันนอกจากการควบคุมไฟฟ้าอาจเช่นปั๊มน้ำประปาหน้าบ้านอื่นๆอีกมากมายที่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าภายในบ้าน

### 5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ชี้ให้เห็นการควบคุมไฟฟ้าในรูปแบบไร้สายที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยมีประสิทธิภาพต่างจากการระบบควบคุมไฟฟ้าแบบใช้สายแต่มีข้อได้เปรียบเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งได้ทำการทดลองเบื้องต้นการทำงานของการควบคุมทั้งรูปแบบการควบคุมการใช้สาย และการควบคุมแบบไร้สายโดยใช้ชิปบีทหลายคู่ และการควบคุมแบบไร้สายร่วมกับบอร์ดเรียล์ โดยทำการทดลองการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟ โดยเปรียบเทียบทั้งสามระบบ เพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของหลอดไฟ ต่อมาก็ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้การของระบบควบคุมทั้งสามระบบ ผลลัพธ์คือประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน แล้วจึงไปทดลองกับห้องพักในโรงแรมที่มีขนาดเล็กที่มีจำนวนของห้องพักไม่เกิน 15 ห้องพักที่มีจำนวนครั้งในการส่งสัญญาณที่ไม่มากซึ่งอาจทำให้ผลลัพธ์ที่ออกมานามาตรฐานได้ ถ้าจะใช้ในจำนวนขนาดโรงแรมที่ใหญ่ขึ้นอาจเป็นปัญหาที่การส่งสัญญาณความเสียหายอาจเกิดมากขึ้น ก่อให้เกิดการสั่งงานที่ผิดพลาดบ่อยครั้ง แนวทางการแก้ปัญหาคือการจัดลำดับของการส่งสัญญาณให้มีความต่อเนื่องโดยทำซ่อนว่างของเวลาให้เหมาะสมสมการจำนวนและระยะเวลาในการส่งสัญญาณ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาครั้งต่อไปด้วย สำหรับต่อไปโดยการนำอุปกรณ์ชิปบีทมีการเชื่อมต่อบอร์ดเรียล์ไปใช้ในการทดสอบในรูปแบบที่มีปริมาณมากขึ้น โดยการนำไปใช้ควบคุมไฟฟ้าในอาคารเรียน ในโรงงานอุตสาหกรรม การควบคุมการเปิดปิดให้ตรงเวลา ซึ่งจะเหมาะสมในการใช้ลักษณะนี้ สามารถเรียนรู้ได้ว่าเทคโนโลยีไร้สายนั้น ประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ เพื่อความสะดวกสบายผู้ใช้งาน ในอนาคตเทคโนโลยีไร้สายจะมีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิต

## รายการอ้างอิง

### บทความavarสาร

ปรีชา สมสอน โสวัตร์ บุญยศ และ ประสิทธิ์ นครราช. (2554). การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านบลูทูธ ด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่. UBU Conference Proceeding, (pp. 164-173).

Bilal Ghazal and Khaled Al-Khatib, Smart Home Automation System for Elderly and Handicapped People using XBee. International Journal of Smart Home, (pp. 203- 210).

Gwang Jun Kim, Chang Soo Jang, Chan Ho Yoon, Seung Jin Jang and Jin Woo Lee. (2013). The Implementation of Smart Home System Based on 3G and ZigBee in Wireless Network System. International Journal of Smart Home, (pp. 311- 320).

Imayavaramban. M. (2015). Energy Management System for Home Appliance and Theft Control System. International Journal of Digital Communication and Networks (IJDCN), (pp.12- 15).

Jinsoo Han, Haeryong Lee, Kwang-Roh Park. (2009). Remote-Controllable and Energy-Saving Room Architecture based on ZigBee Communication. IEEE Consumer Electronics Society, (pp. 264-268).

### วิทยานิพนธ์

ธนกร สนันทชัยกุล. (2553). การจัดสรรช่องความถี่สำหรับโครงข่าย Zigbee (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

R.S. Hsiao, D.B. Lin, H.P. Lin, C.H. Chung and S.C. Cheng. (2012). Integrating zigbee lightint control into existing building automation systems. IET International Conference on Information Science and Control Engineering 2012

## งานวิจัย

วนพันธ์ วัยวุฒิ. (2555). ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างผ่านเครือข่ายไร้สายอัตโนมัติ. งานวิจัย  
สาขาวิชาระบบที่ปรึกษาด้านคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระ  
นคร

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

XBee Gateway ZB Wi-Fi and ConnectPort X2e Wi-Fi,

Available from <http://www.digi.com/support/productdetail?pid=5591&type=documentation>

ZigBee GatewayUnique devices for more ZigBee network coverage and connections  
to the Internet. Available from <http://www.zigbee.org/?wpdmdl=2122>

Creating a Simple Zigbee Communication Network using XBee

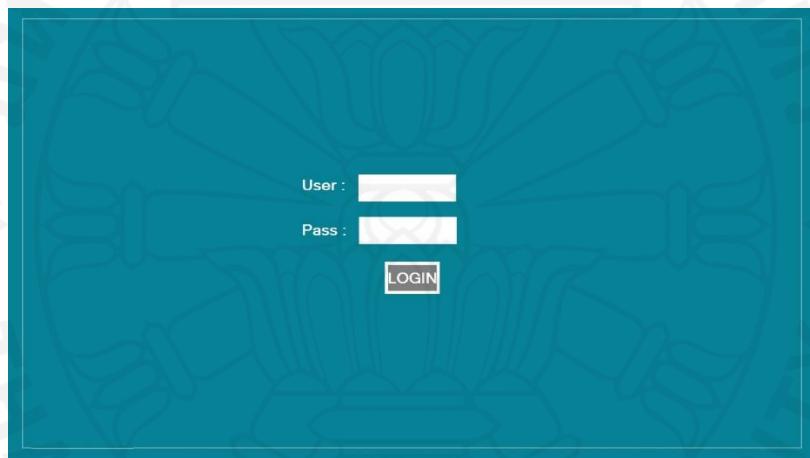
Available from <http://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring13/group02/documents/Technical%20Presentation.pdf>



## ภาคผนวก ก

### โปรแกรมควบคุมไฟฟ้า

- การเข้าใช้งานระบบการควบคุมไฟฟ้า มีการกรอกข้อมูล ชื่อລະຮ້າສ ของຜູ້ໃຊ້ງານເພື່ອທີ່ຈະເຂົ້າໃຊ້ງານໃນສ່ວນຂອງໂປຣແກຣມควบคຸມ ເພື່ອປັບປຸງກັນຜູ້ອື່ນເຂົ້າໃຊ້ງານໂດຍໄມ້ໄດ້ຮັບອຸນຸມາຕີ ແລະຍັງສາມາຄວາມສອບກາຍຫລັງໄດ້ວ່າຜູ້ທີ່ມີການເຂົ້າຮ່າຍມາ ໄດ້ທຳການເຂົ້າຮ່າຍມາຫຼືວ່າງວເລາໃໝ່ແລະອອກຈາກຮ່າຍວເລາໃໝ່



ก. 1 การเข้าใช้งานระบบ

- ເມື່ອເຂົ້າໃຊ້ງານຮ່າຍທຳການເຂົ້າຮ່າຍໄດ້ແລ້ວ ຈະເປັນໃນເຮືອງຂອງສຖານະຫຼວງພັກວ່າ ມີການໃຊ້ງານໃນຮູບແບບໄຫນບ້າງ ມີການເປີດໄຟຟ້າໃນຫ້ອັນດັບໃໝ່ ໃນສຖານະອະໄຮ



ก. 2 เมໜູການໃຊ້ງານແລະສຖານະຫຼວງພັກ

จากภาพจะแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของห้องพักนั้นได้มีการใช้งานแต่ละห้องพักเป็นรูปแบบใดซึ่งมีเมนูการใช้งานประกอบไปด้วย

2.1 ปุ่มปิดโปรแกรม และ ปุ่มย่อโปรแกรมให้อยู่ด้านล่างของคอมพิวเตอร์



ก. 3 เมนูปิดโปรแกรมและย่อโปรแกรม

2.2 สถานะการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ ซึ่งในที่นี้หมายถึงเมื่อมีการสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ไปก็จะมีการตอบกลับของอุปกรณ์บอร์ดรีเลย์ที่มีการรับส่งสัญญาณผ่านอุปกรณ์ซิกบีในรูปแบบไร้สายกลับมายังคอมพิวเตอร์ ถ้ามีการตอบกลับ สถานะจะขึ้นว่า เชื่อมต่อระบบไฟ ตัวหนังสือเป็นสีเขียว ถ้าไม่มีการตอบกลับมา สถานะขึ้นว่า ไม่เชื่อมต่อระบบไฟ ตัวหนังสือจะเป็นสีแดง



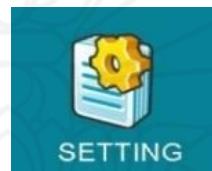
ก. 4 สถานะการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้า

2.3 เมนูรายงาน สามารถใช้เมนูรายงานนี้ได้โดยการกดเข้าไปยังเมนูนี้ ก็จะบอกถึงรายงานที่เกี่ยวกับเปิดปิดไฟฟ้าในห้องพักทุกรครั้ง ที่มีการเปิดปิด ซึ่งก็สามารถตรวจสอบภายในห้องพักได้ว่ามีการใช้ไฟฟ้าในห้องพักไหนบ้าง



ก. 5 เมนูรายงาน

2.4 เมนูการตั้งค่าต่างๆ เกี่ยวกับการใช้งานในระบบควบคุมไฟฟ้า ก็จะประกอบไปด้วยการตั้งค่าห้องพัก เช่น เลขที่ห้อง จำนวนห้องพัก แบ่งเป็นชั้น จัดการเรื่องໂປຣໂຕຄອລของแต่ละห้องพักในการเปิดปิดไฟฟ้า สามารถตั้งราคาห้องพักได้ ตั้งค่าคอมพิวเตอร์ที่เขื่อมต่อ กับระบบควบคุมไฟฟ้าได้



ก. 6 การตั้งค่าของระบบ

2.5 การฟื้นฟูการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้า เมื่อมีการตกล่นของการส่งสถานะไฟฟ้าในกรณีที่ได้ทำการสั่งงานเปิดสถานะไปแล้ว โดยที่ไฟฟ้าไม่ทำงาน สามารถฟื้นฟูสถานะได้โดยกดปุ่มนี้ ก็จะส่งสถานะไปอีกครั้งเพื่อสั่งงานไฟฟ้าให้ทำงาน



ก. 7 การฟื้นฟูการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้า

2.6 สถานะการใช้งานห้องพัก ในที่นี้หมายถึงการเปิดไฟฟ้านั้นมีหลายรูปแบบว่าจะทำการเปิดปิดไฟฟ้าในรูปแบบไหน เพื่อที่จะทำการบันทึกการเปิดปิด และสามารถตรวจสอบได้รายหลังการใช้งาน



ก. 8 สถานะการใช้งานไฟฟ้า

### สถานะการใช้งานมีดังต่อไปนี้

- ห้องว่าง หมายถึง ไม่มีผู้อยู่อาศัยในห้องนี้
- ห้องใช้ไฟฟ้ารายวัน หมายถึง ห้องที่มีการเปิดไฟฟ้ารายวัน
- ห้องใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมง หมายถึง ห้องที่มีการเปิดรายชั่วโมง
- ห้องซ้อมบำรุง หมายถึง ห้องที่กำลังซ่อมแซม
- ห้องหมดเวลา หมายถึง ห้องที่ครบกำหนดทำการตัดไฟฟ้า

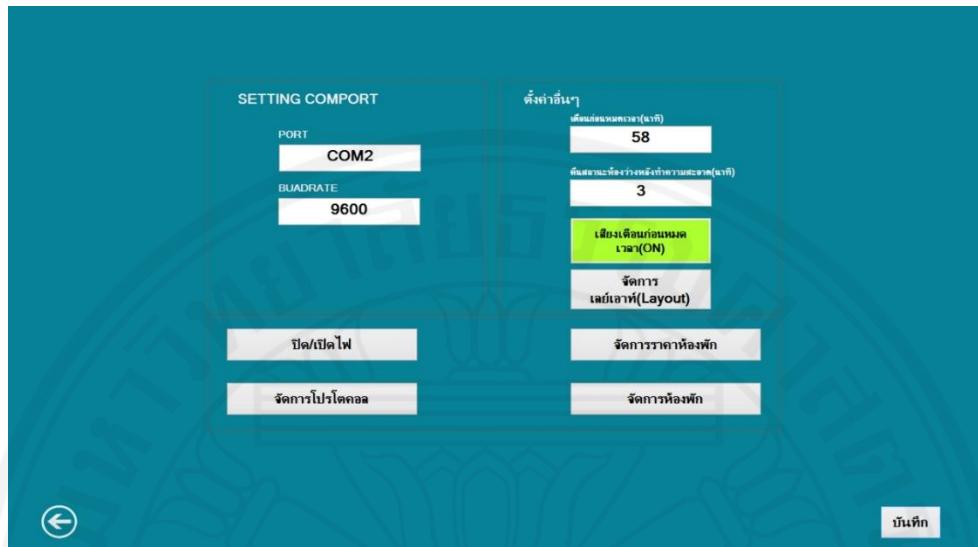
3. การเปิดไฟฟ้าในห้องพัก เมื่อทำการกดไปที่ห้องพักนั้นๆ ก็เข้าสู่หน้าจอกของการกรอกข้อมูลของผู้มาขอใช้บริการ จะประกอบไปด้วยการ กรอกข้อมูลชื่อผู้เข้าพัก เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ เวลาที่เข้าพักจะขึ้นอัตโนมัติในขณะที่ทำการกรอกข้อมูล เวลาที่ออกจากห้องพักนั้น จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการเข้าพัก ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือการเข้าพักแบบรายชั่วโมง และการเข้าพักแบบรายวัน เมื่อทำการกรอกข้อมูลเสร็จแล้ว ให้ทำการกดปุ่ม Checkin เพื่อทำการเปิดไฟให้สำหรับห้องพักนี้



ก. 9 รายละเอียดการเข้าพัก

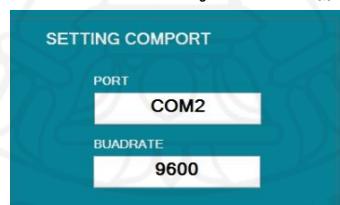
#### 4. ภาพรวมการตั้งค่าการใช้งานของระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องพัก ประกอบไปด้วย

- การตั้งค่าคอมพิวเตอร์การเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้า
- การตั้งค่า อินๆ เช่น การตั้งค่าการเตือนใกล้หมดเวลา การตั้งค่าวลากำความสะอาด การตั้งค่าเสียงเตือนเมื่อเวลาใกล้หมด และ การจัดผังห้องพัก
- การเปิดสถานะการสั่งไฟฟ้า
- การจัดการproto콜การเชื่อมต่อไปยังห้องพัก
- การจัดการราคาห้องพัก
- การจัดการห้องพัก



ก. 10 การตั้งค่าต่างๆ

4.1 การตั้งค่าคอมพอร์ตการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องพัก โดยการตั้ง ชื่อพอร์ตให้ตรงกับ การใช้งานบนคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ และ Baudrate อยู่ที่ค่ามาตรฐานคือ 9600



ก. 11 การตั้งค่าคอมพอร์ตของโปรแกรมควบคุม

4.2 การตั้งค่าอื่นๆ ประกอบไปด้วย

- การตั้งค่าการเตือนก่อนหมดเวลา จะมีการเตือนล่วงหน้าเพื่อให้ผู้ที่ดูและระบบสังเกตได้ง่ายขึ้น ก่อนที่จะมีการตัดกระแสไฟฟ้าไปยังห้องพักนั้นๆ
- เวลาในการทำงานสะอาด เมื่อห้องพักนั้นๆได้ถูกใช้งานไปแล้ว ก่อนที่จะเปิดให้ผู้เข้าพักราย ใหม่จำเป็นต้องมีการทำความสะอาดห้องพักเสียก่อน
- ตั้งค่าเสียงของการเตือนการหมดเวลาการใช้งานห้องพัก บางครั้งในเวลากลางคืนผู้ดูและระบบ อาจจะเกิดความอ่อนเพลียเสียงเตือนอาจทำให้ช่วงให้ผู้ดูและระบบกลับมาสังเกตอีกครั้งได้

- จัดการเรียลไทม์ คือการจัดการวางแผนห้องพักโดยสามารถจัดเป็นรูปต่างๆที่สถานที่จริงได้จัดไว้เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น



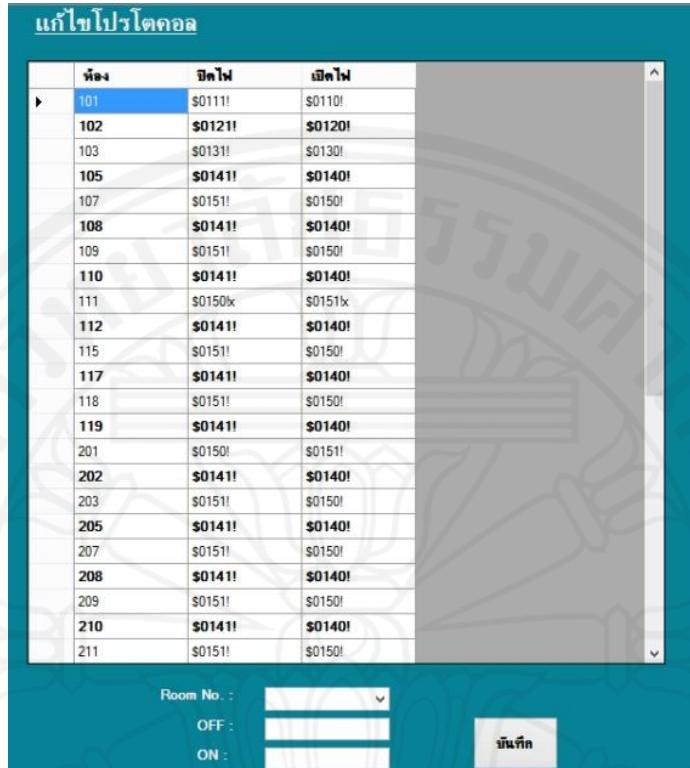
### ก. 12 การตั้งค่าอื่นๆ

#### 4.3 การตั้งค่าห้องพัก ประกอบไปด้วย

- การเปิดปิดการใช้โน้มด้วยการเชื่อมต่อไฟฟ้า สามารถเปิดให้เชื่อมต่อ หรือ ไม่เปิดการเชื่อมต่อได้
- การจัดการໂປຣໂຄລ คือการจัดการเกี่ยวกับห้องพักนั้นๆอยู่ในตำแหน่งที่เท่าไหร่ของอุปกรณ์บอร์ดวีเลอร์เพื่อเชื่อมต่อไปยังห้องพักนั้นๆ
  - การจัดการราคาห้องพัก สามารถจัดการราคาได้หลายรูปแบบตามการเข้าพักรูปแบบต่างๆ และประเภทห้องพักต่างๆ
  - จัดการห้องพัก คือสามารถเพิ่มหรือลดจำนวนห้องพักได้ สามารถตั้งชื่อห้องพักนั้นๆได้ และสามารถเปลี่ยนประเภทห้องพักนั้นๆได้



### ก. 13 การตั้งค่าระบบและห้องพัก



ก. 14 การตั้งค่าprotoคอลการเชื่อมต่อระบบควบคุมไฟฟ้าในห้องพัก

รายการที่	เวลาที่	เวลาออก	ชั่วโมงค่า	ยอดเรียบร้อย	ยอดเบรนช์	ที่จอด	ราคาค่าจอด	คิดเพิ่ม	ค่าเดินทาง	รวม
1.GH11-00001	11/29/2015 4:47:22 PM		ชั่วโมง 0.0	0	101	490	0	0	0	490

ก. 15 รายงานการใช้ไฟฟ้า

### ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอนุพงษ์ แก้วเจียว
วันเดือนปีเกิด	08 สิงหาคม 2530
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2552: วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยรังสิต
ตำแหน่ง	วิศวกร บริษัท proccon thailand limited จำกัด

ผลงานทางวิชาการ

วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต มหาวิทยาลัย  
สวนดุสิต ปีที่ ๑๒ ฉบับที่ ๓