สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต

ELECTRIC APPLIEACE CONTORL SYSTEM

OVER THE INTERNET

T119174

นางสาวพรพิตรา บุญญฤทธิ์พูลศิริ

นางสาวพลอยสุภัค เชี่ยวชาญ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119174
วัน,เดือน,ปี - 6 ส.ค. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต

ELECTRIC APPLIEACE CONTROL SYSTRM OVER THE INTERNET

ผู้จัดทำ

1. น.ส.พรพิตรา บุญญฤทธิ์พูลศิริ รหัสนักศึกษา 50011049

2. น.ส.พลอยสุภัค เชี่ยวชาญ รหัสนักศึกษา 50011073

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต

นางสาวพรพิตรา บุญญฤทธิ์พูลศิริ 50011049
นางสาวพลอยสุภัค เชี่ยวชาญ 50011073
อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สร้างและออกแบบระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต โดยระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้านี้จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้ 1.ส่วนเว็บไซด์ 2.ส่วนเว็บเซิรฟเวอร์ และ 3.ส่วนอินเตอร์เฟสบอร์ด ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้จะเชื่อมต่อกันโดยมีส่วนเว็บเซิรฟเวอร์เป็นตัวกลาง โดยส่วนเว็บไซด์จะเชื่อมต่อกับส่วนเว็บเซิรฟเวอร์ผ่านทางอินเตอร์เน็ตโดยใช้พอร์ตแลน และส่วนอินเตอร์เฟสจะเชื่อมต่อส่วนเว็บเซริฟเวอร์โดยใช้เอ็กซ์บี

ส่วนอินเตอร์เฟสบอร์ดนั้น จะเป็นส่วนที่ทำการเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ โดยทั้งทำการรับค่าคำสั่งจากเว็บไซด์และส่งค่าข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ในจุดต่างๆกลับไปยังเว็บไซด์เพื่อทำการวิเคราะห์และแสดงผลบนหน้าเว็บไซด์ต่อไป

ELECTRIC APPLIANCE CONTROL SYSTEM OVER THE INTERNET

Ms. Pornpitra Boonyaritpulsiri 50011049
Ms. Ploysupak Cheawcharn 50011073
Mr. Chinnaphat Nanthajiwakornchai Adviser
Academic Year 2010

Abstract

In this thesis, we have fabricated and designed electric appliances control system over the internet. The electric appliance control system assemblies from 3 main sections are 1.Website 2.Web server and 3.Interface Board. Web server and Interface Board sections are connected pass web server section. Website section connects with web server section by LAN port for connect to the internet and interface board section connects with web server section by Xbee.

The interface board section is the part that connects with each electric appliance. It receives the command from website. Then it sends the data from each point of sensor and takes back to website for analysis and indicates data.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ที่ว่าด้วยการประดิษฐ์และออกแบบระบบการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต ซึ่งในการประดิษฐ์นั้นต้องอาศัยความช่วยเชื่อ คำแนะนำ และความเอื้อเฟื้อจาก อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงพี่ๆทุกคนที่ Thai Easy Elec ที่ค่อยให้คำแนะนำ และความรู้เพิ่มเติม ส่งผลทำให้การทำปริญญานิพนธ์ดังกล่าวสำเร็จ และลุลวงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ซึ่งให้กำลังใจกับทางคณะผู้จัดทำเสมอมา ทำให้คณะผู้จัดทำมีพากเพียร และความมานะพยายาม จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พรพิตรา บุญญฤทธิ์พูลศิริ

พลอยสุภัค เชี่ยวชาญ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อยภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการสร้างและออกแบบระบบ 1

1.3 ขั้นตอนการสร้างและการออกแบบระบบ 2

บทที่ 2 ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต 3

2.1 อินเตอร์เน็ต 3

2.1.1 ประวัติของอินเตอร์เน็ต 3

2.1.2 การทำงานของอินเตอร์เน็ต 4

2.1.3 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต 5

2.1.3.1 การเชื่อมต่อแบบใช้สาย 5

2.1.3.1 การเชื่อมต่อแบบไร้สาย 8

2.2 อีเทอร์เน็ต 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1 ประวัติของอีเทอร์เน็ต 10

2.3 Zigbee 11

2.3.1 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee 11

2.4 Open System Interconnection 13

บทที่ 3 คุณสมบัติของเครื่องมือ การออกแบบ และวิธีการทดลอง 18

3.1 คุณสมบัติของเครื่องมือ 18

3.1.1 ส่วนของเว็บเซิร์ฟเวอร์ 18

3.1.2 ส่วนเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต 19

3.1.3 ส่วนปฏิบัติการภายในบ้าน 20

3.2 การออกแบบ 21

3.2.1 การออกแบบ Website 22

3.2.1.1 ส่วนของหน้า log in 22

3.2.1.2 ส่วนของหน้าหลักแสดงผลและสั่งการของเว็ปไซต์ 23

3.2.1.3 ส่วนของหน้าแสดงผล status และ command คำสั่ง 23

3.2.2 การออกแบบภาค Control รับ-ส่งสัญญาณ 24

3.2.2.1 ภาครับ 24

3.2.2.1 ภาคส่ง 26

3.2.3 การออกแบบ Interface Board 27

3.2.2.1 ภาควงจรหลัก 27

3.2.2.2 ภาควงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า 28

3.2.2.3 ภาควงจรรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง....31

4.1 การแสดงค่า logic ของวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า....31

4.2 การแสดงค่า logic ของวงจรแสดงสถานะหลอดไฟ....33

4.3 การวัดระยะการส่งสัญญาณ Wireless....35

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....36

5.1 สรุปผลการทดลอง....36

5.1.1 การแสดงค่า logic ของวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า....36

5.1.2 การแสดงค่า logic ของวงจรแสดงสถานะหลอดไฟ....36

5.1.3 การวัดระยะการส่งสัญญาณ Wireless....36

5.2 วิเคราะห์และวิจารณ์....37

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับบรรณานุกรมเอกสารอ้างอิง....37

บรรณานุกรม....38

ภาคผนวก....39

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 การเปรียบเทียบระหว่าง OSI Model กับการสื่อสารของ Internet ง....17

4.1 แสดงค่า logic ของวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า 31

4.2 แสดงค่า logic ของวงจรแสดงสถานะหลอดไฟ 33

4.3 ตัวอย่างการแสดงผลของหน้าเว็ปไซต์....34

4.4 ระยะการส่งสัญญาณ Wireless 35

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญรูปภาพ

รูป หน้า

2.1 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตรายบุคคล 6
2.2 โมเด็มแบบติดตั้งภายนอก 6
2.3 โมเด็มแบบติดตั้งภายใน 7
2.4 โมเด็มสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก 7
2.5 การเชื่อมอินเตอร์เน็ตแบบองค์กร 8
2.6 โครงสร้างการใช้งานอีเทอร์เน็ต 9
2.7 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee แบบ Star 12
2.8 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee แบบ Cluster Tree 12
2.9 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee แบบ Mesh 13
2.10 โครงสร้างของ OSI Layer 14
2.11 โครงสร้างของ OSI Layer ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ 14
2.12 การเปรียบเทียบระหว่าง OSI Model กับการสื่อสารของ Internet 17
3.1 Blue Screen Sun 7 Board 18
3.2 Blue Screen Sun 7 Port 19
3.3 DP83848 Ethernet Phy Breakout Board 19
3.4 XBee ZB with Whip Ant 20
3.5 โครงสร้างระบบควมคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต 21
3.6 การออกแบบหน้าต่างหน้า login 22
3.7 หน้าต่างสำหรับใส่ Password ของ Website 23
3.8 Website สำหรับแสดงผลและสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้า 23
3.9 การรับ-ส่งสัญญาณระหว่างภาครับกับภาคส่ง 24
3.10 การประมวลผลทำงานของภาครับ 25

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

3.11 การประมวลผลทำงานของภาคส่ง....26

3.12 โครงสร้างของ PIC 16F887....27

3.13 วงจร Interface Board....27

3.14 การทำงานงานของ PIC 16F887....28

3.15 วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า....28

3.16 วงจรรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า....29

3.17 วงจร Blue Screen Sun 7 และ Xbee....30

3.18 วงจร Interface Board....32

4.1 Interface Board ส่วนควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า....32

4.2 การทดลองสั่งการ Interface Board ส่วนควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า....33

4.3 Interface Board ส่วนรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า....33

4.4 การทดลองรับค่า Interface Board ส่วนรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า....34

4.5 การทดลองรับค่า Interface Board ส่วนรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า....35

4.6 Interface Board ส่วนหลัก....36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

เนื่องจากในปัจจุบัน คนเรานั้นต้องการความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตประจำวันมากขึ้น ซึ่งทำให้อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆที่มีความไฮเทคเข้ามามีบทบาทอย่างสูง ไม่ว่าจะเป็นการมีรีโมทคอนอุปกรณ์เหล่านั้นโทร ล ทำให้ไม่ต้องลุกจากที่นั่งไปไหน หรือจะเป็นการตั้งเวลาให้เครื่องมือเครื่องใช้เหล่านั้นเริ่มต้นทำงานอย่างอัตโนมัติ หรือหยุดทำงานลงเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้นั้น ทำให้เรา สามารถงานหลายๆสิ่งหลายๆอย่างได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นสิ่งที่ สามารถตอบโจทย์ความต้องกา รของคนยุคใหม่ ได้อย่างดี โดยเฉพาะ อย่างยิ่ง สำหรับผู้ที่ทำงานเป็นมนุษย์เงินเดือนนั้น กว่าจะกลับมาถึงบ้านก็ดึกดื่น แล้วออกจากบ้าน ไปทำงานก็ตั้งแต่เช้า ดังนั้นก็คงจะเป็นสิ่งที่ดีไม่น้อยถ้าเกิดเราสามารถควบคุมสิ่งต่างๆให้เป็นไปอย่างที่เรา ต้องก าร ก่อนที่เราจะกลับบ้านหรือออกไปไหน

จากความต้องการดังกล่าว ปริญญานิพนธ์นี้จึงได้มีแนวคิดที่จะสร้าง ระบบการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต ขึ้นมา เพื่อเป็นการรวมเครื่องใช้ไฟฟ้า รวมได้ถึงเซนเซอร์ที่ติดไว้ตามประตูหรือหน้าต่างไว้ให้อยู่ในระบบ เพื่อที่ให้สามารถควบคุม สิ่งต่างๆได้ง่ายขึ้น โดยการสั่งการได้จากเว็บไซต์ ที่เดียว โดยสามารถสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ทำงาน รวมไปถึงยังตรวจจับการเปิดปิดของประตู ทำให้รู้ความเคลื่อน ไหวของบ้านได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการสร้างและออกแบบ

ระบบควบคุมเครื่องใ ช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต ได้ถูกสร้างและออกแบบขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในปัจจุบัน ซึ่งระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ตนั้นมีวัตถุประสงค์หลักๆมี 3 ประการ คือ

1.) สามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆได้จากทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์หรือ โทรศัพท์มือถือเพียงแค่มีสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งทำให้เรานั้นสามารถ เข้าเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นเพื่อ ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้จากทุกที ทำให้ไม่จำเป็นที่จะต้องโหลดโปรแกรมหรือแอปพิเคชั่นมาลงบนเครื่องให้วุ่นวาย หรือใช้เครื่องมือที่ราคาสูงเพื่อการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

2.) สามารถนำระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ตไปใช้งานโดยไม่ต้องสร้างเครื่องใช้ไฟฟ้าขึ้นมาเพื่อสนับสนุนระบบ แต่สามารถนำระบบไปประยุกต์ใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วๆไป ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีการต่อเข้าใช้งานกับระบบในลักษณะที่ต่างกันออกไป

3.) ในการ นำระบบควบคุมเครื่องใช้ ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ตไปใช้งานโดยไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟให้วุ่นวาย ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้ ไม่ต้องกังวลว่าอยู่อุปกรณ์ต่างๆจะอยู่ห่างกันมากน้อยเพียงใด

1.3 ขั้นตอนการสร้างและออกแบบ

ในการสร้างและออกแบบระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ตนั้น บอร์ดหลักของระบบต้องมีการเชื่อมต่ออยู่กับหลายส่วน ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาตามหัวข้อดังนี้

1. ศึกษาหลักการทำงานของบอร์ด Blue Screen SUN 7
2. ศึกษาหลักการทำงานของบอร์ด Serial UART to USB mini B Converter
3. ศึกษาหลักการทำงานของบอร์ด Ethernet Phy Breakout
4. ศึกษาหลักการทำงานของ Xbee
5. ศึกษาการใช้โปรแกรม Keil
6. ศึกษาการใช้โปรแกรม Flash Magic
7. ศึกษาภาษาซีเพิ่มเติม
8. ศึกษาการใช้งาน PIC 16F887

เนื้อหาในปริญญานิพนธ์จะเนื้อหาออกเป็นบทต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงที่มา ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของ ปริญญานิพนธ์ เพื่อให้เข้าใจภาพรวมของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี ซึ่งเป็นการกล่าวถึงหลักการทำ งานอินเตอร์เน็ต อีเทอร์เน็ต และการเชื่อมต่อของ Xbee

บทที่ 3 คุณสมบัติของเครื่ องมือและการออกแบบ กล่าวถึงการนำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อกัน โดยคำนึงถึงการใช้งานได้สะดวกและความคุ้มค่าเป็นหลัก

บทที่ 4 ผลการทดลอง กล่าวถึงการนำระบบมาทดลองใช้งานในรูปแบบต่างๆ

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์

บทที่ 2
ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต

ในปัจจุบัน นี้ อินเตอร์เน็ตเข้ามามีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันค่อนข้างสูง ไม่ว่าจะ เป็นประโยชน์ ในการเรียน การทำงาน หรือการติดต่อสื่อสาร ทำให้เกือบแทบทุกบ้านนั้น มีการติดตั้งอินเตอร์เน็ตเอาไว้เพื่อความสะดวกแก่ การใช้งาน และเนื่องอินเตอร์เน็ตสามารถใช้ในการการสื่อสารข้อมูลระยะไกล จึงมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมอุปกรณ์และสังเกตการณ์ตามความต้องการได้อย่างสะดวก ไม่ว่าจะอยู่ส่วนใดของโลก

2.1 อินเตอร์เน็ต (Internet)

อินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่เชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ย่อยๆและระบบต่างๆจากทั่วทุกมุมโลกเข้าเอาไว้ด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นสถาบันการศึกษา องค์กร หน่วยงานทั้งราชการและเอกชน โดยมีมาตราฐานการรับขส่งข้อมูลที่เหมือนกัน โดยข้อมูลเหล่านี้อาจจะเป็นข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อน ไหว หรือเสียงก็ได้ รวมทั้งยังมีความสามารถในการหาข้อมูลที่อยู่ต่างๆทั่วโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเสมือนใยแมงมุมที่ครอบคลุมทั่วโลก โดยในแต่ละจุดที่เชื่อมอินเตอร์เน็ตนั้นสามารถสื่อสารกันได้หลายทาง ไม่กำหนดตายตัว และไม่จำเป็นต้องไปตามเส้นทางโดยตรง อาจจะผ่าน จุดอื่นๆหรือเลือกไปเส้นทางอื่นๆได้หลายเส้นทาง ทำให้การติดต่อสื่อสารผ่านอินเตอร์เน็ตนั้นอาจเรียกได้ว่าเป็นการสื่อสารแบบไร้มิติ หรือ Cyberspace โดยอินเตอร์เน็ตจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1.) เครือข่ายที่เชื่อมคอมพิวเตอร์ไว้ด้วยกัน 2.) ข้อมูลที่อยู่ในคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง

2.1.1 ประวัติของอินเตอร์เน็ต

อินเตอร์เน็ต มีพัฒนาการมาจาก อาร์พาเน็ต (Arpanet) ที่ตั้งขึ้นในปี 2512 เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกระทรวงกลาโหม สหรัฐอเมริกา ที่ใช้ในงานวิจัยด้านทหาร (ARP: Advanced Research Project Agency) จนมาถึงปี 2515 หลังจากที่เครือข่ายทดลองอาร์พาประสบความสำเร็จอย่างสูง และได้มีการปรับปรุงหน่วยงานจากอาร์พามาเป็นดาร์พา (Defense Advanced Research Project Agency: DARPA) และในที่สุดปี 2518 อาร์พาเน็ตก็ขึ้นตรงกับหน่วยการสื่อสารของกองทัพ (Defense Communication Agency)

ในปี 2526 อาร์พาเน็ตก็ได้แบ่งเป็น 2 เครือข่ายด้านงานวิจัย ใช้ชื่ออาร์พาเน็ตเหมือนเดิม ส่วนเครือข่ายของกองทัพใช้ชื่อว่า มิลเน็ต (MILNET: Military Network) ซึ่งมีการเชื่อมต่อโดยใช้โพรโตคอล TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet) เป็นครั้งแรก และในปี 2528 มูลนิธิ

วิทยาศาสตร์แห่งชาติของอเมริกา (NSF) ได้ ให้เงินทุนในการสร้างศูนย์ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ 6 แห่ง และใช้ชื่อว่า NSFNETและพอมาถึงปี 2533 อาร์พารองรับภาระที่เป็นกระดูกสันหลัง (Backbone) ของระบบไม่ได้ จึงได้ยุติอาร์พาเน็ตและเปลี่ยนไปใช้ NSFNET และเครือข่ายขนาด มหึมาจนถึงทุกวันนี้ และเรียกเครือข่ายนี้ว่า อินเตอร์เน็ต

สำหรับประเทศไทยนั้น อินเตอร์เน็ตเริ่มมีบทบาทอย่างมากในช่วงปี 2530-2535 โดยเริ่มจากการเป็นเครือข่ายในระบบคอมพิวเตอร์ระดับมหาวิทยาลัย (Campus Network) แล้วจึงเชื่อมต่อเข้าสู่อินเตอร์เน็ตอย่างสมบูรณ์เ มื่อเดือนสิงหาคม 2535 และในปี 2538 ก็มีการเปิดให้ บริการอินเตอร์เน็ตในเชิงพาณิชย์ (รายแรก คือ อินเตอร์เน็ตเคเอสซี) ซึ่งขณะนั้น เวิร์ลด์ไวด์เว็บกำลังได้รับความนิยมอย่างมากในอเมริกา อย่างไรก็ตาม อินเตอร์เน็ต บ างครั้งก็มีการเรียกย่อเป็น เน็ต (Net) หรือ The Net ด้วยเช่นเดียวกัน อีกคำหนึ่งที่หมายถึงอินเตอร์เน็ตก็คือ เว็บ (Web) และเวิร์ลด์ไวด์เว็บ (World Wide Web) (จริงๆแล้วเว็บเป็นเพียงบริการหนึ่งของอินเตอร์เน็ตเท่านั้น แต่บริการนี้ ถือว่าเป็นบริการที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด)

2.1.2 การทำงานของอินเตอร์เน็ต

การทำ งานของอินเตอร์เน็ตเป็นการสื่อสารข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์จะมีโปรโตคอล (Protocol) ซึ่งเป็นระเบียบวิธีการสื่อสารที่เป็นมาตรฐานของการเชื่อมต่อกำหนดไว้ โปรโตคอลที่เป็นมาตรฐานสำหรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต คือ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะต้องมีหมายเลขประจำเครื่อง ที่เรียกว่า IP Address เพื่อเอาไว้อ้างอิงหรือติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นๆ ในเครือข่าย ซึ่ง IP ในที่นี้ก็คือ Internet Protocol ตัวเดียวกับใน TCP/IP นั่นเอง IP address ถูกจัดเป็นตัวเลขชุดหนึ่งขนาด 32 บิต ใน 1 ชุดนี้จะมีตัวเลขถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 8 บิตเท่าๆ กัน เวลาเขียนก็แปลงให้เป็นเลขฐานสิบก่อนเพื่อความง่ายแล้วเขียนโดยคั่นแต่ละส่วนด้วยจุด (.) ดังนั้นในตัวเลขแต่ละส่วนนี้จึงมีค่าได้ไม่เกิน 256 คือ ตั้งแต่ 0 จนถึง 255 เท่านั้น เช่น 192.168.1.1 ซึ่ง IP Address นี้จะใช้เป็นที่อยู่เพื่อติดต่อกับเครื่องพิวเตอร์อื่นๆในเครือข่าย

เนื่องจากการติดต่อสื่อสารกันกันในระบบอินเทอร์เน็ตใช้โปรโตคอล TCP/IP เพื่อสื่อสารกัน โดยจะต้องมี IP address ในการอ้างอิงเสมอ แต่ IP address นี้ถึงแม้จะจัดแบ่งเป็นส่วนๆแล้วก็ยังมีอุปสรรคในการที่ต้องจดจำ ถ้าเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายมีจำนวนมากขึ้น การจดจำหมายเลข IP ดูจะเป็นเรื่องยาก และอาจสับสนจำผิดได้ แนวทางแก้ปัญหาคือการตั้งชื่อหรือตัวอักษรขึ้นมาแทนที่ IP address ซึ่งสะดวกในการจดจำมาก กว่านั้นคือ โดเมนเนม (Domain name system: DNS) เช่น ee.kmitl.ac.th โดยโดเมนที่ได้รับความนิยมกันทั่วโลก ที่ถือว่าเป็นโดเมนสากล มีดังนี้ คือ

.com ย่อมาจาก commercial สำหรับธุรกิจ

.edu ย่อมาจาก education สำหรับการศึกษา

.int ย่อมาจาก International Organization สำหรับองค์กรนานาชาติ

.org ย่อมาจาก Organization สำหรับหน่วยงานที่ไม่แสวงหากำไร

การขอจดทะเบียนโดเมนต้องเข้าไปจะทะเบียนกับหน่วยงานที่รับผิดชอบชื่อโดเมนที่ขอจดนั้นไม่สามารถซ้ำกับชื่อที่มีอยู่เดิม เราสามารถตรวจสอบได้ว่ามีชื่อโดเมนนั้นๆ หรือยังได้จากหน่วยงานที่เราจะเข้าไปจดทะเบียน โดยการขอจดทะเบียนโดเมน มี 2 วิธี ด้วยกัน คือ

1. การขอจดะเบียนให้เป็นโดเมนสากล (.com .edu .int .org .net) ต้องขอจดทะเบียนกับ www.networksolution.com ซึ่งเดิม คือ www.internic.net

2. การขอทดทะเบียนที่ลงท้ายด้วย .th (Thailand) ต้องจดทะเบียนกับ www.thnic.net โดเมนเนมที่ลงท้าย ด้วย .th ประกอบด้วย

.ac.th ย่อมาจาก Academic Thailand สำหรับสถานศึกษาในประเทศไทย

.co.th ย่อมาจาก Company Thailand สำหรับบริษัทที่ทำธุรกิจในประเทศไทย

.go.th ย่อมาจาก Government Thailand สำหรับหน่วยงานต่างๆของรัฐบาล

.net.th ย่อมาจาก Network Thailand สำหรับบริษัทที่ทำธุรกิจด้านเครือข่าย

.or.th ย่อมาจาก Organization Thailand สำหรับหน่วยงานที่ไม่แสวงหากำไร

.in.th ย่อมาจาก Individual Thailand สำหรับของบุคคลทั่วๆไป

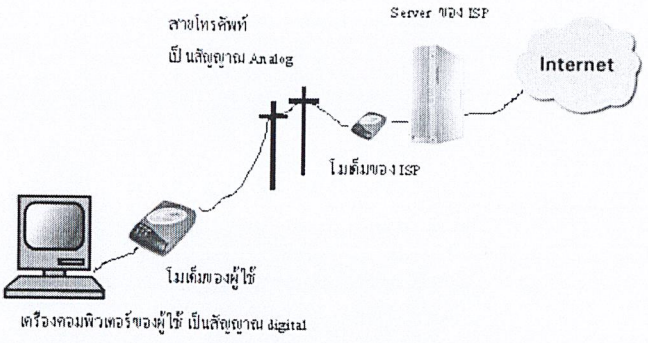
2.1.3 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต

การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตนั้นแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การเชื่อต่อแบบใช้สาย (Wire Internet) และการเชื่อต่อแบบไร้สาย (Wireless Internet)

2.1.3.1 การเชื่อมต่อแบบใช้สาย (Wire Internet)

1. การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตรายบุคคล (Individual Connection)

การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตรายบุคคล คือ การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจากที่บ้าน (Home user) ซึ่งยังต้องอาศัยคู่สายโทรศัพท์ในการเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผู้ใช้ต้องสมัครเป็นสมาชิกกับผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตก่อน จากนั้นจะได้เบอร์โทรศัพท์ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต รหัสผู้ใช้ (User name) และรหัสผ่าน (Password) ผู้ใช้จะเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตได้โดยใช้โมเด็มที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้หมุนไปยังหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต จากนั้นจึงสามารถใช้ งานอินเทอร์เน็ตได้ ดังรูป



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตรายบุคคล

องค์ประกอบของการใช้อินเทอร์เน็ตรายบุคคล

1. โทรศัพท์
2. เครื่องคอมพิวเตอร์
3. ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะให้เบอร์โทรศัพท์ รหัสผู้ใช้ และรหัสผ่าน
4. โมเด็ม (Modem)

โมเด็ม คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณ เนื่องจากสัญญาณในคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) แต่สัญญาณเสียงในระบบโทรศัพท์เป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog) ดังนั้นเมื่อต้องการเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตจึงต้องใช้โมเด็มเพื่อเป็นอุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณดิจิทัลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็น สัญญาณอนาล็อกตามสายโทรศัพท์ และแปลงกลับจา ก สัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เมื่อถึงปลายทาง ความเร็วของโมเด็มมีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second: bps) หมายความว่าในหนึ่งวินาทีจะมีข้อมูลถูกส่งออกไป หรือรับเข้ามากี่บิต เช่น โมเด็มที่มีความเร็ว 56 Kpbs จะรับ-ส่งข้อมูลได้ 56 กิโลบิตในหนึ่งวินาที ซึ่งโมเด็มสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1. โมเด็มแบบติดตั้งภายนอก (External modem) เป็นโมเด็มที่ติดตั้งกับคอมพิวเตอร์ภายนอก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เพราะในปัจจุบันการเชื่อมต่ อกับคอมพิวเตอร์จะผ่าน USB พอร์ต (Universal Serial Bus) ซึ่งเป็นพอร์ตที่นิยมใช้กันมาก ราคาของโมเด็มภายนอกไม่สูงมากนัก แต่จะยังมีราคาสูงกว่าโมเด็มแบบติดตั้งภายใน รูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 โมเด็มแบบติดตั้งภายนอก

2. โมเด็มแบบติดตั้งภายใน (Internal modem) เป็นโมเด็มที่เป็นการ์ดคอมพิวเตอร์ที่ต้องติดตั้งเข้าไปกับแผงวงจรหลักหรือเมนบอร์ด (main board) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โมเด็มประเภทนี้จะมีราคาถูกว่าโม เด็มแบบติดตั้งภายนอก เวลาติดตั้งต้องอาศัยความชำนาญในการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และติดตั้งไปกับแผงวงจรหลัก

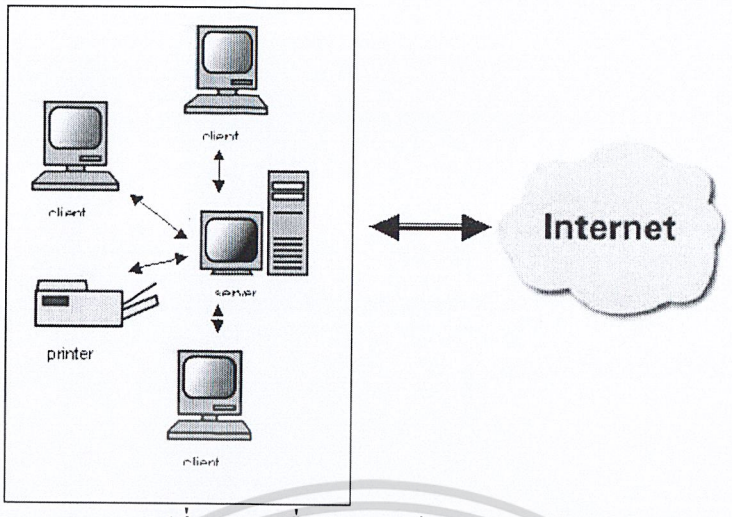
รูปที่ 2.3 โมเด็มแบบติดตั้งภายใน

3. โมเด็มสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Note Book Computer) อาจเรียกสั้นๆว่า PCMCIA modem

รูปที่ 2.4 โมเด็มสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

2. การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบองค์กร (Corporate Connection)

การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบองค์กรนี้จะพบได้ทั่ว ไปตามหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน หน่วยงานต่างๆเหล่านี้จะมีเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network: LAN) เป็นของตัวเอง ซึ่งเครือข่าย LAN นี้ เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา ผ่านทางสายเช่า (Leased line) ดังนั้นบุคลากรในหน่วยงานจึงสามารถใช้อินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา การใช้อินเทอร์เน็ตผ่านระบบ LAN ไม่มีการสร้างการเชื่อมต่อ (Connection) เหมือนผู้ใช้รายบุคคลที่ยังต้องอาศัยคู่สายโทรศัพท์ในการเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 2.5 การเชื่อมอินเตอร์เน็ตแบบองค์กร

2.1.3.2 การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย (Wireless Internet)

1. การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สายผ่านเครื่องโทรศัพท์บ้านเคลื่อนที่ PCT เป็นการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Note book) และคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Pocket PC) โดยผู้ใช้จะต้องมีโมเด็มชนิด PCMCIA ของ PCT ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถใช้อินเทอร์เน็ตไร้ได้ ในเขตกรุงเทพ และปริมณฑลได้

2. การใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือโดยตรง (Mobile Internet)

- WAP (Wireless Application Protocol) เป็นโปรโตคอลมาตรฐานของอุปกรณ์ไร้สายที่ใช้งานบนอินเทอร์เน็ต ใช้ภาษา WML (Wireless Markup Language) ในการพัฒนาขึ้นมาแทนการใช้ภาษา HTML (Hypertext markup Language) ที่พบใน www โทรศัพท์มือถือปัจจุบันหลายๆยี่ห้อจะสนับสนุนการใช้ WAP เพื่อท่องอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 9.6 kbps และการใช้ WAP ท่องอินเทอร์เน็ตนั้น จะมีการคิดอัตราค่าบริการเป็นนาทีซึ่งยังมีราคาแพง

- GPRS (General Packet Radio Service) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้โทรศัพท์มือถือสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตด้วยความเร็วสูง และสามารถส่งข้อมูลได้ในรูปแบบของมัลติมีเดีย ซึ่งประกอบด้วย ข้อความ ภาพกราฟิก เสียง และวีดิโอ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลด้วยโทรศัพท์ที่สนับสนุน GPRS อยู่ที่ 40 kbps ซึ่งใกล้เคียงกับโมเด็มมาตรฐานซึ่งมีความเร็ว 56 kbps อัตราค่าใช้บริการคิดตามปริมาณข้อมูลที่รับ- ส่ง ตามจริง ดังนั้นจึงทำให้ประหยัด กว่าการใช้ WAP และยังสื่อสารได้รวดเร็วขึ้นด้วย

- โทรศัพท์ระบบ CDMA (Code Division Multiple Access) ระบบ CDMA นั้นสามารถรองรับการสื่อสารไร้สายความเร็วสูงได้เป็นอย่างดี โดยสามารถทำการรับส่งข้อมูลได้

สูงสุด 153 Kbps ซึ่งมากกว่าโมเด็มที่ใช้กับโทรศัพท์ตามบ้าน ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้เพียง 56 kbps นอกจากนี้ ระบบ CDMA ยังสนับสนุนการส่งข้อมูลระบบมัลติมีเดียได้ด้วย

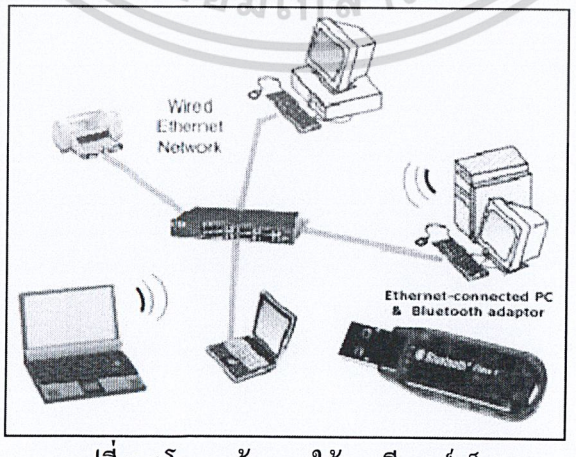
- เทคโนโลยีบลูทูธ (Bluetooth Technology) ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับการสื่อสารแบบไร้สาย โดยใช้หลักการการส่งคลื่นวิทยุ ที่อยู่ในย่านความถี่ ช่วง 2.4 GHz ในปัจจุบันนี้ได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ใช้เทคโนโลยีไร้สายบลูธูทเพื่อใช้ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายๆชนิด เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค คอมพิวเตอร์พ็อคเก็ตพีซี

3. การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตด้วยโน้ตบุ๊ก (Note book) และ เครื่องปาล์ม (Palm) ผ่าน โทรศัพท์มือถือที่สนับสนุนระบบ GPRS

โทรศัพท์มือถือที่สนับสนุน GPRS จะทำหน้าที่เสมือนเป็นโมเด็มให้กับอุปกรณ์ที่นำมาพ่วงต่อ ไม่ว่าจะเป็น Note Book หรือ Palm และในปัจจุบันบริษัทที่ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้มีการผลิต SIM card ที่เป็น Internet SIM สำหรับโทรศัพท์มือถือเพื่อให้สามารถติดต่อกับอินเทอร์เน็ตได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

2.2 อีเทอร์เน็ต (Ethernet)

Ethernet เป็นเทคโนโลยีสำหรับเครือข่ายแบบแลน (LAN) ที่ได้รับความนิยมสูงสุดในปัจจุบัน คิดค้นโดยบริษัท Xerox ตามมาตรฐาน IEEE 802.3 การเชื่อมเครือข่ายแบบ Ethernet สามารถใช้สายเชื่อมได้ทั้งแบบ Co-Axial และ UTP (Unshielded Twisted Pair) โดยสายสัญญาณที่ได้รับความนิยม คือ UTP 10Base-T ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้เร็วถึง 10 Mbps ผ่าน Hub ทั้งนี้การเชื่อมคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย ไม่ควรเกิน 30 เครื่องต่อหนึ่งวงเครือข่าย เนื่องจากอุปกรณ์ใน Ethernet LAN จะแข่งขันในการส่งข้อมูล หากส่งข้อมูลพร้อมกัน และสัญญาณชนกัน จะทำให้เกิดการส่งใหม่ (CSMD/CD: Carrier sense multiple access with collision detection) ทำให้เสียเวลารอ



รูปที่ 2.6 โครงสร้างการใช้งานอีเทอร์เน็ต

คำว่าอีเทอร์เน็ต (Ethernet) หมายถึง ความหมาย ที่มีอยู่ทั่วไป ของอีเทอร์เน็ตซึ่งมีหลากหลายมาตรฐาน อีเทอร์เน็ตพัฒนาขึ้นโดยบริ ษัท Xerox (โดยได้แนวคิดมาจากโครงการสื่อสารผ่านดาวเทียม Aloha ที่พัฒนาขึ้นที่ มหาวิทยาลัย Hawaii) เพื่อเป็นมาตรฐาน สำคัญของเครือข่าย LAN ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ระบบที่ใช้อีเทอร์เน็ตนั้นเหมาะ กับงานที่ต้องการรับส่ง/ข้อมูลในอัตราความ เร็วสูงเป็นช่วงๆ เป็นครั้งคราว การรับ/ส่งข้อมูลในเครือข่ายแบบอีเธอร์เน็ตแต่ละครั้งเครื่องเป็นไปอย่างไม่ มีวินัย นั่นคือเมื่อตรวจสอบแล้วว่าในขณะนั้นไม่มีเครื่องอื่น ๆกำลังส่งข้อมูล แต่ละอย่างเครื่องจะแย่งกันส่งข้อมูลออกมา โดยเครื่องใดที่ส่งข้อมูลออกมาจะมีหน้าที่เฝ้าดูว่ามีเครื่องอื่นทำการ ส่ง ข้อมูลออกไปพร้อมกันด้วยหรือไม่ เพราะถ้าเกิดการส่งพร้อมกันแล้วจะก่อให้เกิดการชนกันของข้อมูล แต่ถ้าตรวจจับได้ว่ามีการขนกันขึ้นก็จะหยุดส่งแล้วรอคอยเป็นระยะเวลาสั้นๆ ก่อนจะทำการส่งข้อมูลออกไปอีกครั้งหนึ่ง เวลาที่ใช้ในการรอคอยนั้นเป็นค่าที่สุ่มขึ้นมา ซึ่งมีความสั้นยาวต่างกันไป เทคนิคหลายอย่างเช่นที่นำมาใช้ในการรอคอยเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกันซ้ำสอง หนึ่งในนั้นคือ คำนวณการเพิ่มระยะเวลารอคอยแบบ Exponential ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

เนื่องจากการ์ดอี เทอร์เน็ตที่ใช้ในเครือข่ายแบบนี้สร้างมาจากหลายผู้ผลิต จึงมีองค์กรมาตรฐานขึ้นมากำหนดหมายเลขประจำให้ผู้ผลิตแต่ละราย เพื่อสร้างความมั่น ใจให้การ์ดแต่ละใบจะไม่มีแอดเดรสที่ซ้ำกัน การส่งข้อมูลของอีเทอร์เน็ตนั้นจะเป็นไปในแบบเฟรมที่มีความยาวไม่แน่นอน แม้ว่าเฟรมข้อมูลของอีเทอร์เน็ตจะมีแอดเดรสต้นทางและปลาย แต่เทคโนโลยีอีเทอร์เน็ตเองกลับเป็นการส่งข้อมูลแบบกระจายสัญญาณ (Broadcast) ซึ่งในเครื่องเครือข่ายเดียวกันจะได้รับเฟรมข้อมูลเดียวกันทุกเฟรม โดยเลือกเฉพาะเฟรมที่มีแอดเดรสปลายทางเป็นของตนเองเท่านั้น ส่วนเฟรมอื่น ๆ จะไม่สนใจ แต่ในบางกรณีที่มีการทำงานในโหมด Promiscuous ซึ่งเป็นโหมดที่นำเฟรมข้อมูลทุกเฟรมไปใช้งานโดยส่งต่อไปยังซอฟแวร์ที่ทำ งานอยู่ในระดับที่สูงขึ้นไป เช่น กรณีของเครื่องที่ทำหน้าที่วิเคราะห์โปรโตคอล (Protocols Analyzer) หรืออาจจะเป็น การกระทำของผู้ที่ไม่ประสงค์ดีของพวกแฮกเกอร์ก็ได้ กรณีเช่นนี้จะเห็นถึงความปลอดภัยของมาตรฐานนี้

2.2.1 ประวัติของอีเทอร์เน็ต

ในปี ค.ศ. 1973 บ็อบ เม็ทคาลเฟ (Bob Metcalfe) ได้คิดค้นระบบอีเธอร์เน็ตในการรับ- ส่งข้อมูลในระหว่างคอมพิวเตอร์และสามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ได้ หลังจากนั้นอีเทอร์เน็ตถูกพัฒนาต่อที่ PARC (Palo Alto Research Center) ซึ่งเป็นศูนย์วิจัยของบริษัทซีร็อกซ์ (Xerox) คอมพิวเตอร์จะเชื่อมกันเป็นเครือข่ายโดยใช้ทรานสซีฟเวอร์ (Transceiver) และแชร์สายสัญญาณสำหรับการรับส่งข้อมูล โดยจุดประสงค์ของการสร้างอีเทอร์เน็ต ในตอนแรกนั้น เพื่อให้นักวิจัยสามารถแชร์ข้อมูลร่วมกันได้เท่านั้นไม่ใช่เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ในสมัยแรกจะใช้สายโคแอ็กซ์เชียลแบบหนาเป็นสายสัญญาณในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เหล่านั้น ในตอนนั้นอีเธอร์เน็ตก็

จะถือเป็นเทคโนโลยีที่หน้าทึ่งมากๆ ในการใช้คอมพิวเตอร์ในสมัยนั้น เพราะคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ก็จะเป็นเครื่องเมนเฟรมที่มีราคาแพงมาก มีน้อยคนที่สามารถซื้อระบบเมนเฟรมมาใช้ และคนส่วนใหญ่จะไม่รู้จักการใช้เมนเฟรม แต่การพัฒนาอีเทอร์เน็ตทำให้การใช้คอมพิวเตอร์แพร่หลายมากขึ้น

เมื่อในปี 1973 เม็ทคาเฟได้เขียนอธิบายระบบเครือข่ายที่มีการพัฒนามาจากเครือข่ายอโลฮา (Aloha) ซึ่งได้ถูกพัฒนาที่มหาวิทยาลัยฮาวาย ในทศวรรษ 1960 โดยนอร์แมน แอ็บแรมสัน (Norman Abramson) และเพื่อนร่วมงาน โดยใช้พัฒนาระบบสื่อวิทยุสื่อสารระหว่างเกาะต่างๆ การพัฒนานี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อแชร์สื่อกลางการรับส่งข้อมูลซึ่งในที่นี้คือ อ อากาศที่เป็นสื่อนำคลื่นวิทยุนั่นเอง IEEE ได้ถูกตีพิมพ์มาตรฐานอีเธอร์เน็ตตั้งแต่ในปี 1985 แล้วก็ได้มีการพัฒนามาตรฐานมาเรื่อย ๆ มาตรฐานแรกนั้นก็จะใช้สายโคแอ็กซ์แบบหนา และต่อมาก็ได้เปลี่ยนมาใช้สายโคแอ็กซ์แบบบาง หลังจากนั้นได้พัฒนาสายสัญญาณอื่นๆ เช่น สายคู่เกลียวบิตและสายใยแก้ว เป็นต้น และได้มีการปรับปรุงความเร็วเป็น 100 Mbps และ 1,000 Mbps ปัจจุบันมาตรฐานล่าสุดของอีเทอร์เน็ตอยู่ที่ 10 Gbps

2.3 Zigbee (Xbee)

Xbee เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ แบบ Half Duplex ย่านความถี่ 2.4 Ghz มีการจัดการ โดยใช้พลังงานต่ำ มี interface ที่ใช้รับและส่งข้อมูลกับ Xbee เป็น UART (TTL) และสามารถสร้างระบบเครือข่ายขึ้นมาได้โดย Zigbee และสามารถแบ่ง หน้าที่การทำงานของ Xbee ตามรูปแบบการสื่อสารในลักษณะต่างๆได้ดังนี้

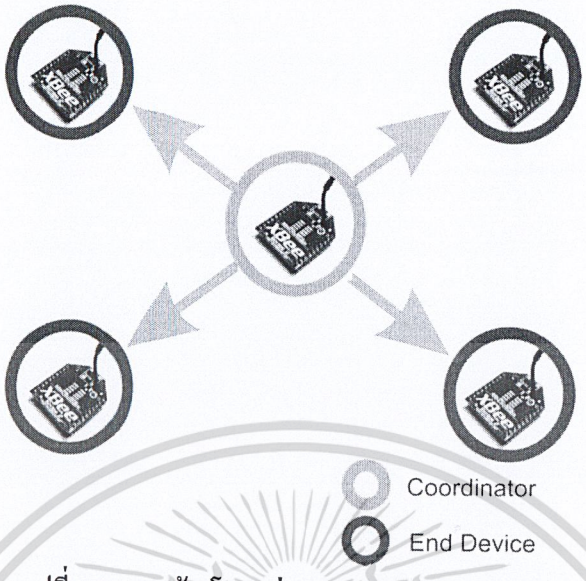
1. Coordinator ทำหน้าที่สร้างการสื่อสารและเชื่อมโยงเครือข่าย
2. Router ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางรับ-ส่งข้อมูลในเครือข่าย
3. End Device เป็นอุปกรณ์ตัวสุดท้ายของระบบ

2.3.1 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee

ในการสร้างโครงข่ายไร้สายของ ZigBee นั้น จะต้องประกอบด้วยโหนดจำนวนอย่างน้อยที่สุด 2 ชนิด คือ Coordinator node และ node ลูกข่าย ชนิดใดชนิดหนึ่ง (Router/End device) จึงจะสามารถสื่อสารและทำงานในรูปแบบของ PAN (Personal area network) ได้ โดย ZigBee สามารถแบ่งรูปแบบ เครือข่ายได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. Star (Broadcast)

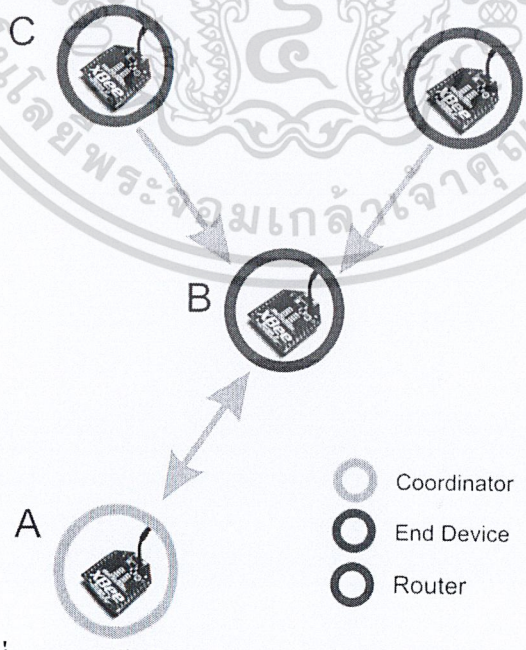
การเชื่อต่อแบบ Star หรือแบบ Broadcast เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ ไม่เฉพาะเจาะจงจุดหมายปลายทาง หรือ XBee ทุกตัวที่อยู่ในระบบเครือข่ายเดียวกันสามารถ รับข้อมูลทุกข้อมูลได้ทุกตัว



รูปที่ 2.7 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee แบบ Star

2. Cluster Tree

การเชื่อต่อแบบ Cluster Tree เป็นการรับ-ส่งข้อมูลแบบส่งผ่าน เช่น A ต้องการติดต่อกับ C แต่ C อยู่ไกลจาก A จน A ไม่สามารถติดต่อกับ C ได้ แต่พอดีมี B ที่อยู่ระหว่าง A กับ C การส่งแบบ Cluster Tree นี้ก็จะใช้ B เป็นเหมือนตัวกลางเชื่อมการติดต่อ (Repeater) ระหว่าง A กับ C



รูปที่ 2.8 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee แบบ Cluster Tree

3. Mesh

การเชื่อต่อเครือข่ายแบบ Mesh เป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจาก ข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ระบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้ แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตาม (ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบของผู้ใช้ด้วย) ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

รูปที่ 2.9 การสร้างโครงข่ายของ Zigbee แบบ Mesh

2.4 Open Systems Interconnection (OSI)

OSI Model เป็นมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงถึงวิธีการในการส่งข้อมูลจาก Computer เครื่องหนึ่งผ่านNetwork ไปยัง Computer อีกเครื่องหนึ่ง ซึ่งหากไม่มีการกำหนดมาตรฐานกลางแล้ว การพัฒนาและใช้งานที่เกี่ยวกับ Network ทั้ง Hardware และ Software ของผู้ผลิตที่เป็นคนละยี่ห้อ อาจเกิดปัญหาเนื่องจากการไม่ compatible กัน OSI เป็น model ในระดับแนวคิด ประกอบด้วย Layer ต่างๆ 7 ชั้น แต่ละ Layer จะอธิบายถึงหน้าที่การทำงานกับข้อมูล

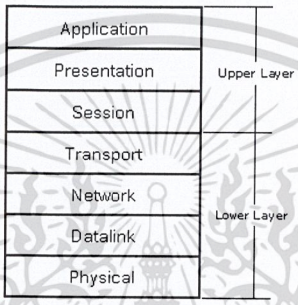
OSI Model พัฒนาโดย International Organization for Standardization (ISO) ในปี 1984 และเป็นสถาปัตยกรรมโมเดลหลักที่ใช้อ้างอิงในการสื่อสารระหว่าง Computer โดยข้อดีของ OSI Model คือแต่ละ Layer จะมีการทำงานที่เป็นอิสระจากกัน ดังนั้นจึงสามารถออกแบบอุปกรณ์ของ

แต่ละ Layer แยกจากกันได้ และการปรับปรุงใน Layer หนึ่งจะไม่มีผลกระทบกับ Layer อื่นๆ โดย 7 Layer ของ OSI Model สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ upper layers และ lower layers

1. Upper layers โดยทั่วไปจะเป็นส่วนที่พัฒนาใน Software Application โดยประกอบด้วย Application Layer, Presentation Layer และ Session Layer

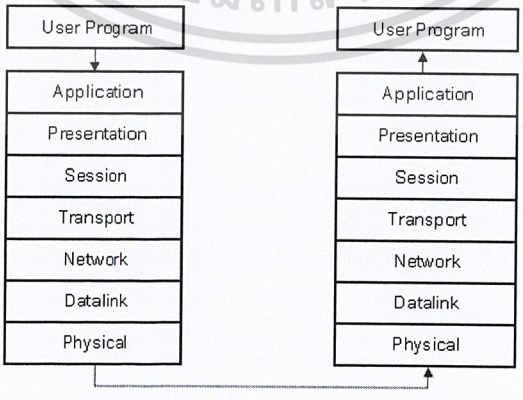
2. Lower Layer จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการสื่อสารข้อมูลซึ่งอาจจะพัฒนาได้ทั้งแบบเป็น Software และ Hardware

OSI Model ประกอบด้วย 7 Layer คือ



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของ OSI Layer

ข้อมูลข่าวสารที่ส่งจาก Application บน Computer เครื่องหนึ่ง ไปยัง Application บน Computer จะต้องส่งผ่านแต่ละ Layer ของ OSI Model ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.10 โดย Layer แต่ละ Layer จะสามารถสื่อสารได้กับ Layer ข้างเคียงในขั้นสูงกว่าและต่ำกว่า และ Layer เดียวกันในอีกระบบ Computer เท่านั้น Data ที่จะส่งจะถูกเพิ่ม header ของแต่ละชั้นเข้าไป เมื่อมีการรับข้อมูลที่ปลายทางแล้ว header จะถูกถอดออกตามลำดับชั้น



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของ OSI Layer ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์

โดยแต่ละ Layer ของ OSI Model จะมีหน้าที่ต่างกันดังนี้

1. Physical Layer

ชั้น Physical เป็นการอธิบายคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น คุณสมบัติทางไฟฟ้า และกลไกต่างๆ ของวัสดุที่ใช้เป็นสื่อกลาง ตลอดจนสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูล คุณสมบัติที่กำหนดไว้ในชั้นนี้ประกอบด้วยคุณลักษณะทางกายภาพของสาย , อุปกรณ์เชื่อมต่อ (Connector), ระดับความต่างศักย์ของไฟฟ้า (Voltage) และอื่นๆ เช่น อธิบายถึงคุณสมบัติของสาย Unshield Twisted Pair (UTP)

2. Datalink Layer

ชั้น Datalink เป็นชั้นที่อธิบายถึงการส่งข้อมูลไปบนสื่อกลาง ชั้นนี้ยังได้ถูกแบ่งออกเป็นชั้นย่อย (SubLayer) คือ Logical Link Control (LLC) และ Media Access Control (MAC) การแบ่งแยกเช่นนี้จะทำให้ชั้น LLC ชั้นเดียวสามารถจะใช้ชั้น MAC ที่แตกต่างกันออกไปได้หลายชั้น ชั้น MAC นั้นเป็นการดำเนินการเกี่ยวกับแอดเดรสทางกายภาพอย่างที่ใช้ในมาตรฐานอีเทอร์เน็ตและโทเคนริง แอดเดรสทางกายภาพนี้จะถูกฝังมาในการ์ดเครือข่ายโดยบริษัทผู้ผลิตการ์ดนั้น แอดเดรสทางกายภาพนั้นเป็นคนละอย่างกับแอดเดรสทางตรรกะ เช่น IP Address ที่จะถูกใช้งานในชั้น Network เพื่อความชัดเจนครบถ้วนสมบูรณ์ของการใช้ชั้น Data-Link นี้

3. Network Layer

ในขณะที่ชั้น Data-Link ให้ความสนใจกับแอดเดรสทางกายภาพ แต่การทำงานในชั้น Network จะให้ความสนใจกับแอดเดรสทางตรรกะ การทำงานในชั้นนี้จะเป็นการเชื่อมต่อและการเลือกเส้นทางนำพาข้อมูลระหว่างเครื่องสองเครื่องในเครือข่าย ชั้น Network ยังให้บริการเชื่อมต่อในแบบ "Connection Oriented" อย่างเช่น X.25 หรือบริการแบบ "Connectionless" เช่น Internet Protocol ซึ่งใช้งานโดยชั้น Transport ตัวอย่างของบริการหลักที่ชั้น Network มีให้คือ การเลือกส้นทางนำพาข้อมูลไปยังปลายทางที่เรียกว่า Routing ตัวอย่างของโปรโตคอลในชั้นนี้ประกอบด้วย Internet Protocol (IP) และ Internet Control Message Protocol (ICMP)

4. Transport Layer

ในชั้นนี้มีบางโปรดตคอลจะให้บริการที่ค่อนข้างคล้ายกับที่มีในชั้น Network โดยมีบริการด้านคุณภาพที่ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือ แต่ในบางโปรโตคอลที่ไม่มีการดูแลเรื่องคุณภาพดังกล่าวจะอาศัยการทำงานในชั้น Transport นี้เพื่อเข้ามาช่วยดูแลเรื่องคุณภาพแทน เหตุผลที่สนับสนุนการใช้งานชั้นนี้ก็คือ ในบางสถานการณ์ของชั้นในระดับล่างทั้งสาม (คือชั้น Physical, Data-Link และ Network) ดำเนินการโดยผู้ให้บริการโทรคมนาคม การจะเพิ่มความมั่นใจในคุณภาพให้กับผู้ใช้บริการก็ด้วยการใช้ชั้น Transport นี้ "Transmission Control Protocol (TCP) เป็นโปรโตคอลในชั้น Transport ที่มีการใช้งานกันมากที่สุด"

5. Session Layer

ชั้น Session ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อ , การจัดการระหว่างการเชื่อมต่อ และการตัดการเชื่อมต่อคำว่า "เซสชัน" (Session) นั้หมายถึงการเชื่อมต่อกันในเชิงตรรกะ (Logic) ระหว่างปลายทางทั้งสองด้าน (เครื่อง 2 เครื่อง) ชั้นนี้อาจไม่จำเป็นต้องถูกใช้งานเสมอไป อย่างเช่นถ้าการสื่อสารนั้นเป็นไปในแบบ "Connectionless" ที่ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อ เป็นต้น ระหว่างการสื่อสารในแบบ "Connection-less" ทุกๆ แพ็กเก็ต (Packet) ของข้อมูลจะมีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องปลายทางที่เ ป็นผู้รับติดอยู่อย่างสมบูรณ์ในลักษณะของจดหมายที่มีการจ่าหน้าซองอย่างถูกต้องครบถ้วน ส่วนการสื่อสารในแบบ "Connection Oriented" จะต้องมีการดำเนินการบางอย่างเพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อหรือเกิดเป็นวงจรในเชิงตรรกะขึ้นมาก่อนที่การรับ/ส่งข้อมูลจะเริ่มต้นขึ้น แล้วเมื่อการรับ/ส่งข้อมูลดำเนินไปจนเสร็จสิ้นก็ต้องมีการดำเนินการบางอย่างเพื่อที่จะตัดการเชื่อมต่อลง ตัวอย่างของการเชื่อมต่อแบบนี้ได้แก่การใช้โทรศัพท์ที่ต้องมีการกดหมายเลขปลายทาง จากนั้นก็ต้องมีการดำเนินการบางอย่างของระบบจนกระทั่งเครื่องปลายทางมีเสียงดังขึ้น การสื่อสารจะเริ่มขึ้นจริงเมื่อมีการทักทายกันของคู่สนทนา จากนั้นเมื่อคู่สนทนาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งวางหูก็ต้องมีการดำเนินการบางอย่างที่จะตัดการเชื่อมต่อลงชั้น Sussion นี้มีระบบการติดตามด้วยว่าฝั่งใดที่ส่งข้อมูลซึงเรียกว่า "Dialog Management" Simple MailTransport Protocol (SMTP), File Transfer Protocol (FTP) และ Telnet เป็นตัวอย่างของโปรโตคอลที่นิยมใช้ และมีการทำงานครอบคลุมในชั้น Session, Presentation และ Application

6. Presentation Layer

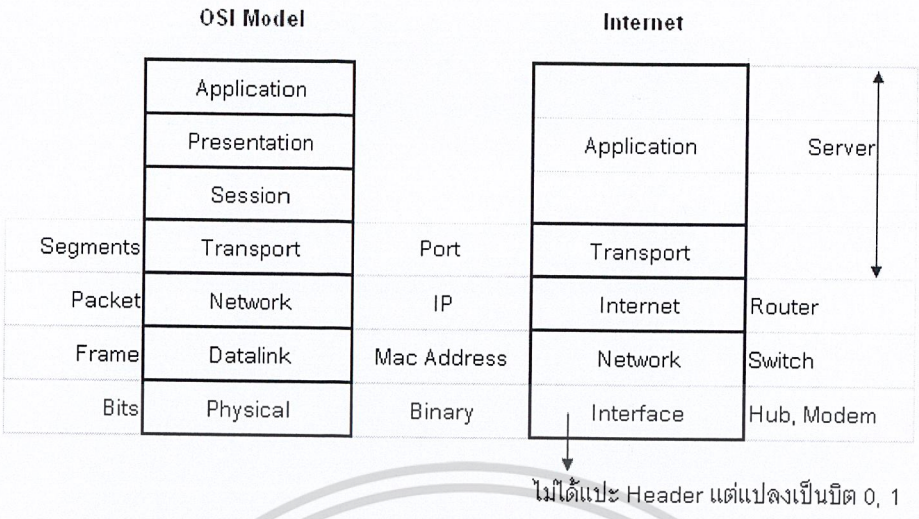
ชั้น Presentation ให้บริการทำการตกลงกันระหว่างสองโปรโตคอลถึงไวยากรณ์ (Syntax) ที่จะใช้ในการรับ/ส่งข้อมูล เนื่องจากว่าไม่มีการรับรองถึงไวยากรณ์ที่จะใช้ร่วมกัน การทำงานในชั้นนี้จึงมีบริการในการแปลข้อมูลตามที่ได้รับการร้องขอด้วย

7. Application Layer

ชั้น Application เป็นชั้นบนสุดของแบบจำลอง ISO/OSI เป็นชั้นที่ใช้บริการของชั้น Presentation (และชั้นอื่นๆ ในทางอ้อมด้วย) เพื่อประยุกต์ใช้งานต่างๆ เช่น การทำ E-mail Exchange (การรับ/ส่งอีเมล์), การโอนย้ายไฟล์ หรือการประยุกต์ใช้งานทางด้านเครือข่ายอื่นๆ

จากรูปที่ 2.11 เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง OSI Model กับการสื่อสารของ Internet โดยจะแสดงรูปแบบข้อมูล และอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่ในแต่ละ Layer

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.12 การเปรียบเทียบระหว่าง OSI Model กับการสื่อสารของ Internet

ข้อมูลที่ส่งในระบบเครือข่ายมีหลายรูปแบบที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับการออกแบบของแต่ละ Application หรือแต่ละผู้ผลิต แต่รูปแบบทั่วไปที่เรียกข้อมูลได้แก่

ตาราง 2.1 การเปรียบเทียบระหว่าง OSI Model กับการสื่อสารของ Internet

Frame	หน่วยของข้อมูลในระดับ Datalink Layer
Packet	หน่วยของข้อมูลในระดับ Network Layer
Datagram	หน่วยของข้อมูลในระดับ Network Layer ที่มีรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Connectional Less
Segment	หน่วยของข้อมูลในระดับ Transport Layer
Message	ระดับข้อมูลในเหนือ Network Layer มักจะหมายถึงระดับ Application Layer
Cell	หน่วยข้อมูลที่มีขนาดแน่นอน ในระดับ Datalink Layer ใช้เป็นหน่วยในลักษณะการส่งข้อมูลแบบสวิตช์ เช่น Asynchronous Transfer Mode (ATM) หรือ Switched Multimegabit Data Service (SMDS)
Data unit	หน่วยข้อมูลทั่วไป

119174

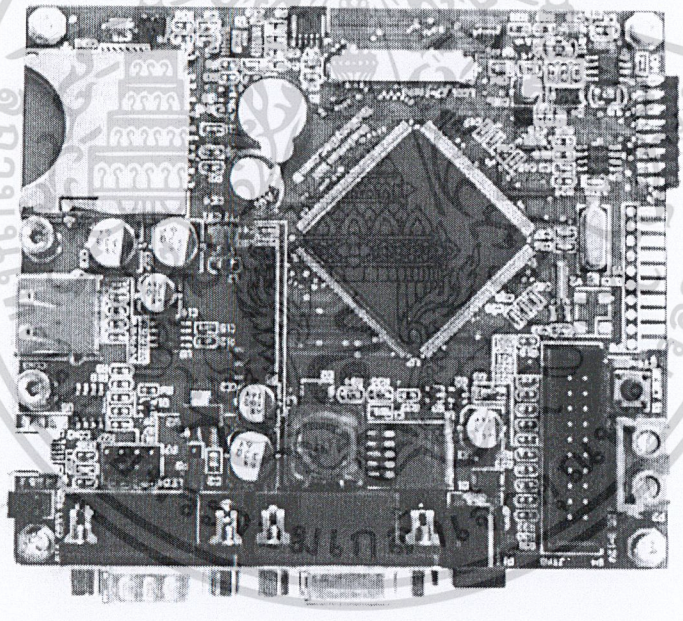
บทที่ 3
คุณสมบัติของเครื่องมือ การออกแบบ และวิธีการทดลอง

3.1 คุณสมบัติของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต จะสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานในระบบได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนเว็บเซิรฟเวอร์
2. ส่วนเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต
3. ส่วนระบบปฏิบัติการภายในบ้าน

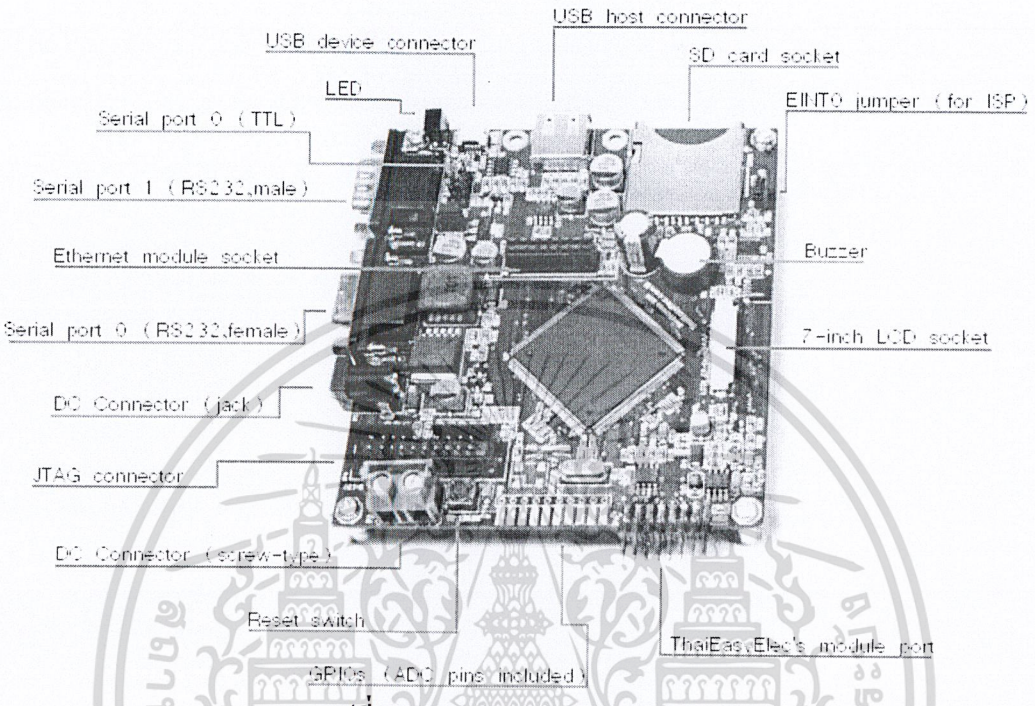
3.1.1 ส่วนเว็บเซิรฟเวอร์



รูปที่ 3.1 Blue Screen Sun 7 Board

เป็นส่วนของการโปรแกรมให้ไมโค รคอนโทรลเลอร์ทำให้ที่เป็นเว็บเซิรฟเวอร์ โดยการเขียนโปรแกรมให้มีการรับและแสดงผล Output ผ่านทางหน้าต่าง website หลัก ก่อนจะเชื่อมต่อระบบ LAN เข้าสู่ระบบอินเตอร์เน็ต โดยอุปกรณ์ที่ถูกเลือกใช้นำมาเป็นเว็บเซิรฟเวอร์นั่นคือ บอร์ด Blue Screen Sun 7 เนื่องจากว่าบอร์ดBlue Screen Sun 7 นั้นมี ARM7 LPC2478 ของ NXP เป็น

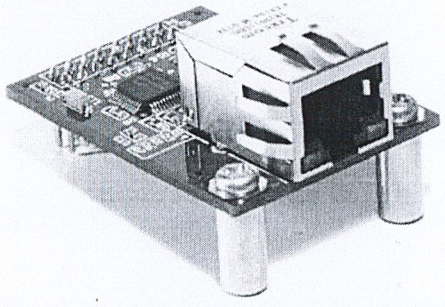
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีหน่วยความจำถึง 64 MB และมี SDRAM 32 bit และตัวบอร์ดก็ได้มีการออกแบบ input/output port ไว้ให้ใช้งานได้อย่างหลากหลายดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Blue Screen Sun 7 Port

พอร์ตของ Blue Screen Sun 7 ได้แก่ Ethernet Port ซึ่งเป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต, SD Card Socket ซึ่งรองรับการความจุได้ถึง 2 GB และยังสามารถเพื่อเติมหรือแก้ไขโปรแกรมโดยให้อ่านจาก SD Card ได้เลยทำให้ไม่ต้องแก้ไขจากโปรแกรมหลัก และยังมี GPIOs Port ซึ่งเป็น output port อเนกประสงค์ สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

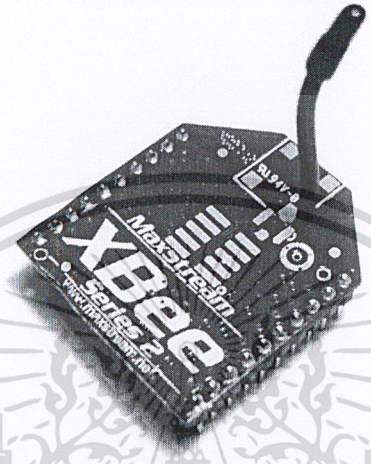
3.1.2 ส่วนเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต



รูปที่ 3.3 DP83848 Ethernet Phy Breakout Board

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างอินเตอร์เน็ตกับเว็บเซิรฟเวอร์ ผ่านทาง Port LAN ซึ่งบอร์ด DP83848 Ethernet Phy Breakout จะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับ Ethernet Module Socket ของบอร์ด Blue Screen Sun 7 และทำหน้าที่เป็น Ethernet Phy Transceiver ทั้งตัวรับและตัวส่ง

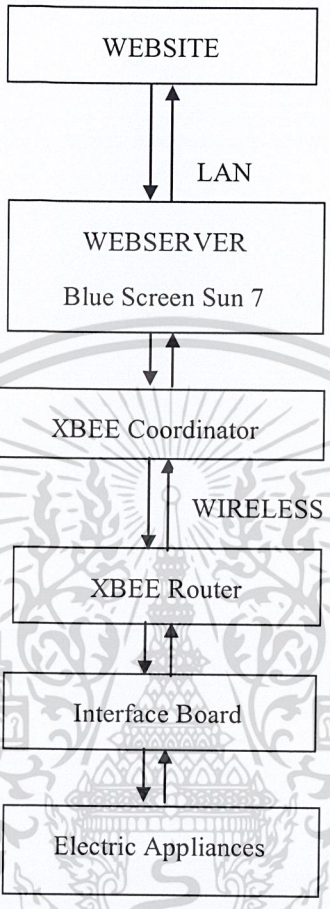
3.1.3 ส่วนปฏิบัติการภายในบ้าน



รูปที่ 3.4 XBee ZB with Whip Ant.

ที่เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะต้องถูกควบคุมและสั่งการผ่านทางเว็บไซด์ ซึ่งมีเว็บเซิรฟเวอร์เป็นตัวกลางให้การเชื่อมต่ออยู่ และต้องทำการการเชื่อมต่อเครื่องใช้ไฟฟ้ากับเว็บเซิรฟเวอร์เกิดขึ้น ซึ่งได้ใช้ XBee ZB with Whip Ant. รุ่น XB24-Z7WIT-004 ของ Digi ทำให้สามารถเชื่อมต่อได้โดยไม่ต้องเดินสายไฟ โดยใช้ความถี่ให้การสื่อสาร 2.4 GHz ส่งสัญญาณภายในบ้านได้ระยะทางสูงสุดถึง 40 เมตร รองรับการเชื่อมต่อระบบแบบ Point-to-multipoint และการเชื่อมต่อแบบ Mesh และยังสามารถ Update Firmware ผ่านทางอากาศได้ด้วย

3.2 การออกแบบ

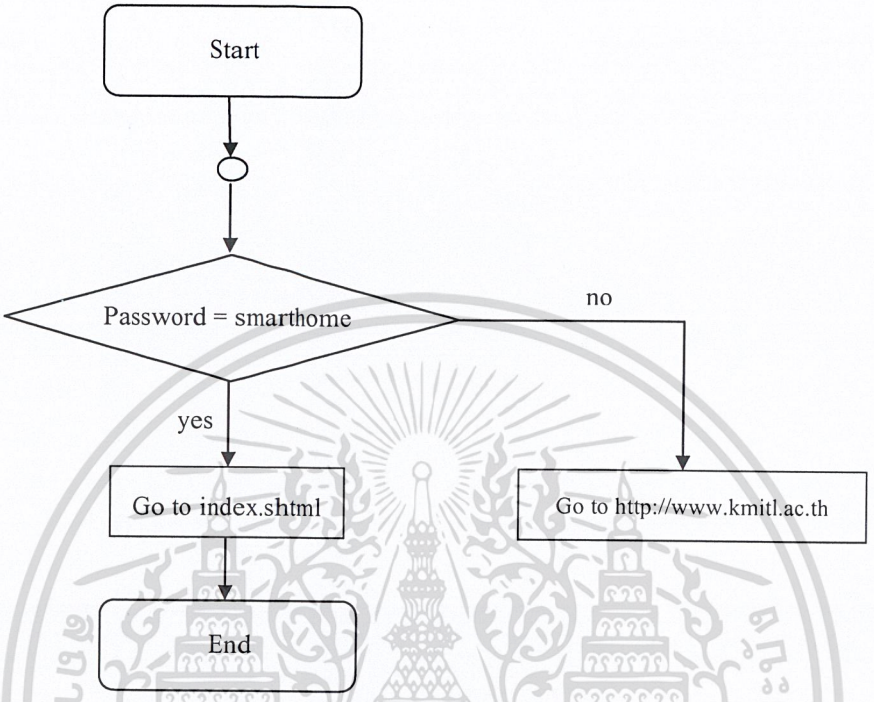


รูปที่ 3.5 โครงสร้างระบบควมคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต

ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ต จะใช้บอร์ด Blue Screen Sun 7 เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ และทำหน้าเป็นตัวกลางเชื่อมต่อกับส่วนอื่นๆ ซึ่งจะเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต โดยใช้บอร์ด DP83848 Ethernet Phy Breakout ต่อกับ Ethernet Module Socket ของบอร์ด Blue Screen Sun 7 และใช้สาย LAN ต่อกับ LAN Port ของบอร์ด DP83848 Ethernet Phy Breakout เชื่อมต่อกับ Internet Service Provider (ISP) และทำการเชื่อมต่อบอร์ด Blue Screen Sun 7 กับส่วนปฏิบัติการภายในบ้านโดยใช้ Xbee ซึ่งจะใช้ Xbee หนึ่งตัวต่ออยู่กับ Blue Screen Sun 7 โดยการส่งคำสั่งให้กับ Xbee อีกตัวเพื่อประมวลผลข้อมูลก่อนจะส่งไปยัง Interface Board เพื่อใช้ควบคุมเครื่องไฟฟ้า และรับค่าสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อส่งกลับไปยัง Web Server

3.2.1 การออกแบบ Website

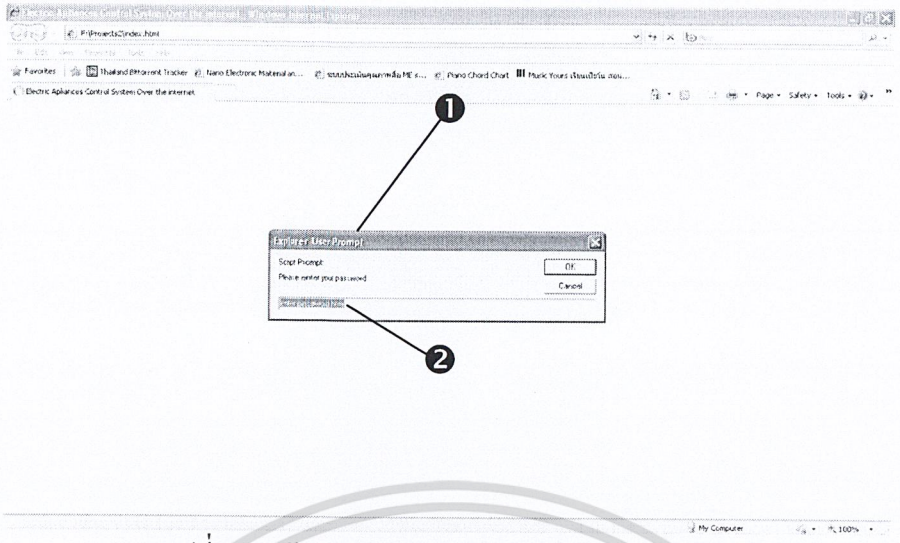
3.2.1.1 ส่วนของหน้า log in



รูปที่ 3.6 การออกแบบหน้าต่างหน้า login

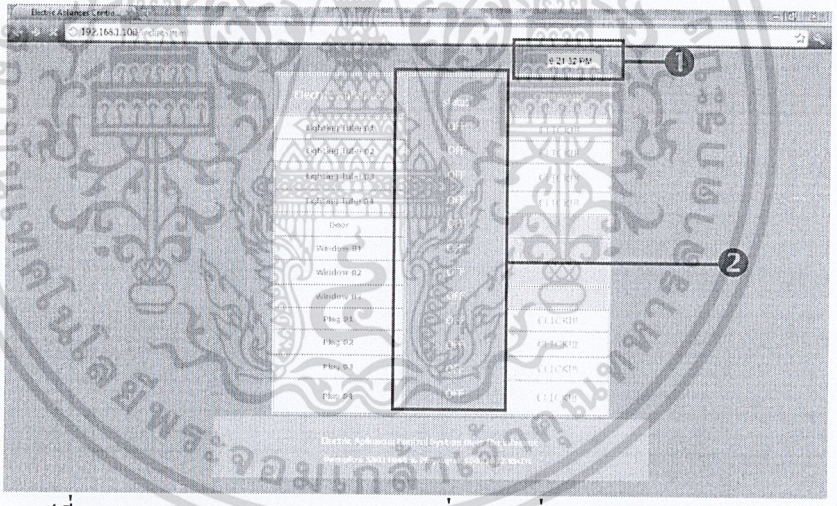
หน้า log in จะมีการใส่ password เพื่อเข้าไปสู่หน้าหลักซึ่งใช้ควบคุมการทำงานของหลอดไฟ โดยถ้าหากใส่ password ไม่ถูกจะลิงค์สู่หน้า www.kmitl.ac.th อัตโนมัติ

```
<script language="javascript">
<!-- BEGIN Script
var wrong="http://www.kmitl.ac.th";      //กำหนดตัวแปรให้กับลิงค์เว็ปไซต์หาก password ผิด
var correct ="index.shtml" ;             //กำหนดตัวแปรให้กับหน้าหลักของการทำงาน
var password="smarthome";                //กำหนด password
var name = prompt("Please enter your password" ❶ ,"enter password here" ❷ ) ;
if (name == password) {location.href=correct}
else {location.href=wrong}
// END Script -->  </script>
```



รูปที่ 3.7 หน้าต่างสำหรับใส่ Password ของ Website

3.2.1.2 ส่วนของหน้าหลักแสดงผลและสั่งการของเว็ปไซต์



รูปที่ 3.8 Website สำหรับแสดงผลและสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้า

มีส่วนการแสดงเวลาอัพเดตแบบเรียลไทม์ ❶ และมีส่วน iframe ❷ ซึ่ง link ที่แสดงค่าสถานะมาจากหน้า .shtml ซึ่งจะรับสถานะมาจาก Blue Screen Sun 7 อีกทีหนึ่ง

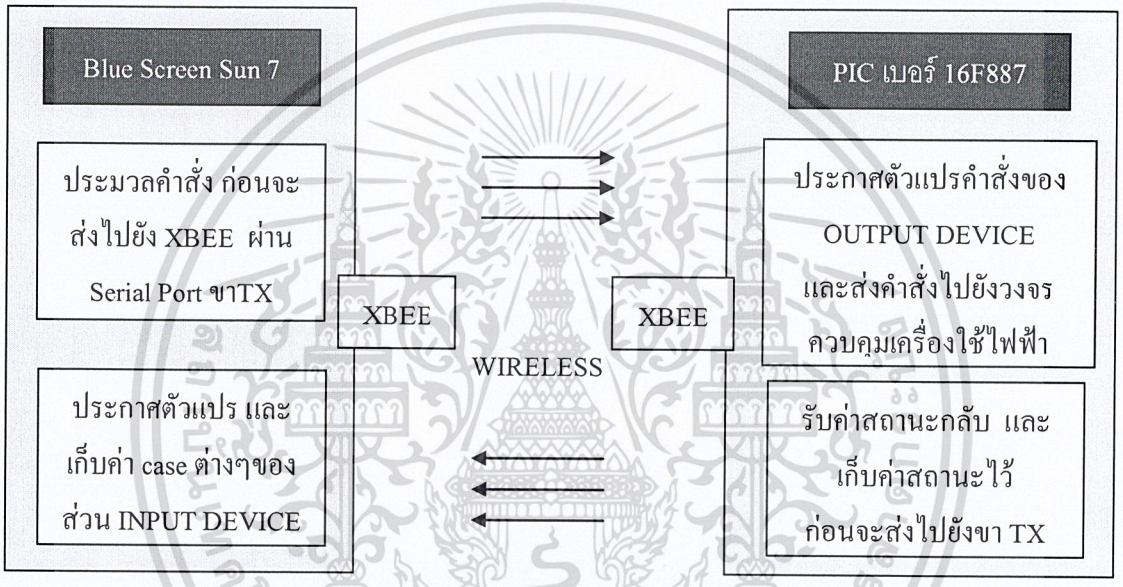
3.2.1.3 ส่วนของหน้าแสดงผล status และ command คำสั่ง

ส่วนของหน้าสั่งการ เราจำเป็นต้องนำ CGI เข้ามาช่วย โดยการใช้คำสั่ง %! LT01-connections_ ซึ่งหมายถึงการสั่งงานให้หลอดไฟดวงที่ 1 ปิดหรือเปิด น อกจากนี้ยังมีการแทรก

คำสั่ง <script language='javascript'>history.back();</script>ที่หน้าshtml ซึ่งเป็นคำสั่ง BACK หน้ากลับอัตโนมัติ โดยเมื่อคลิกปุ่มลิงค์ที่หน้าเว็ปหลักจะเสมือนกับการRefreshหน้าหลักนั่นเอง

ส่วนของหน้าแสดงผล status จะมีการเรียกสถานะที่เก็บ ไว้จากภาค Control มาแสดงผลผ่านทางคำสั่ง CGI (คำสั่ง %! LT-status_) ที่อยู่ทางหน้าสถานะ .shtml เพื่อให้แสดงสถานะการปิดเปิดของอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้าน และยังมีการใช้คำสั่ง Refresh หน้าอัตโนมัติ <meta http-equiv="refresh" content="2">เพื่อให้มีการแสดงผลทุกๆสองวินาที

3.2.2 การออกแบบภาค Control รับ-ส่งสัญญาณ



รูปที่ 3.9 การรับ-ส่งสัญญาณระหว่างภาครับกับภาคส่ง

เราสามารถเขียนการทำงานโดยรวมของการเชื่อมต่อ Wireless ไว้ใน xbee.cในโปรแกรมของ Blue Screen Sun7 โดยไม่รบกวนการทำงานโดยรวมของบอร์ด Microcontroller

3.2.2.1 ภาครับ

โดยการเก็บข้อมูลตัวแปรคำสั่งใน Blue screen sun 7 ที่จะถูกส่งมายัง XBEE Router จาก PIC 16F887 และเป็นส่วนที่ใช้เก็บค่าข้อมูลการแสดงหน้าสถานะของเว็ปไซต์อีกด้วย

โปรแกรม 3.1 การเก็บข้อมูลตัวแปร

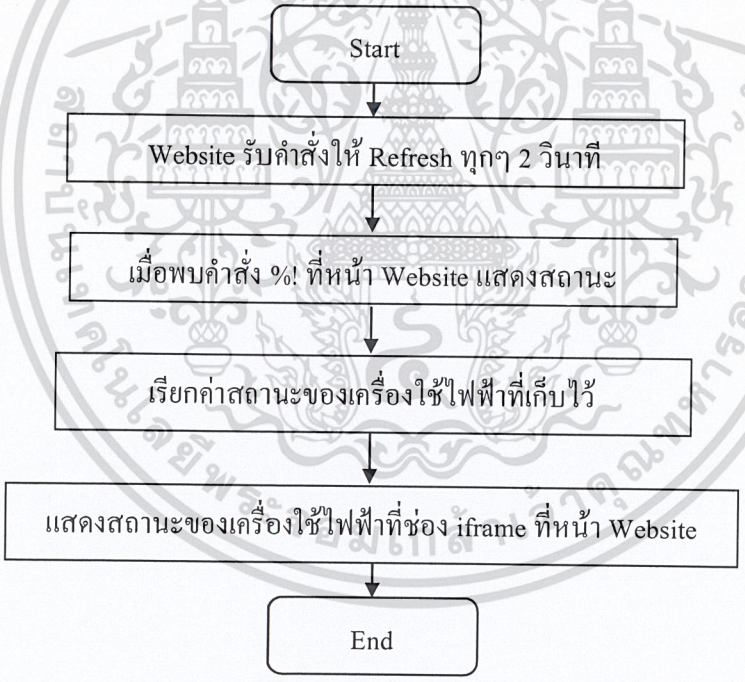
```
char status_on[]={"ON<br>"};
char status_off[]={"OFF<br>"};
```

เป็นการกำหนดค่าเป็นตัวอักษร หาก status on อยู่ จะขึ้นว่า on และคำสั่งเว้นบรรทัดของภาษาhtml

โปรแกรม 3.2 การแสดงผล

```
sprintf(
all_buf_print,"%s<br>%s<br>%s<br>%s<br>%s<br>%s<br>%s<br>%s<br>%s<br>%s<br>%s<br
>%s",i_o1,i_o2,i_o3,i_o4,lt01,lt02,lt03,lt04,door,win1,win2,win3);
} void l01 (void)
```

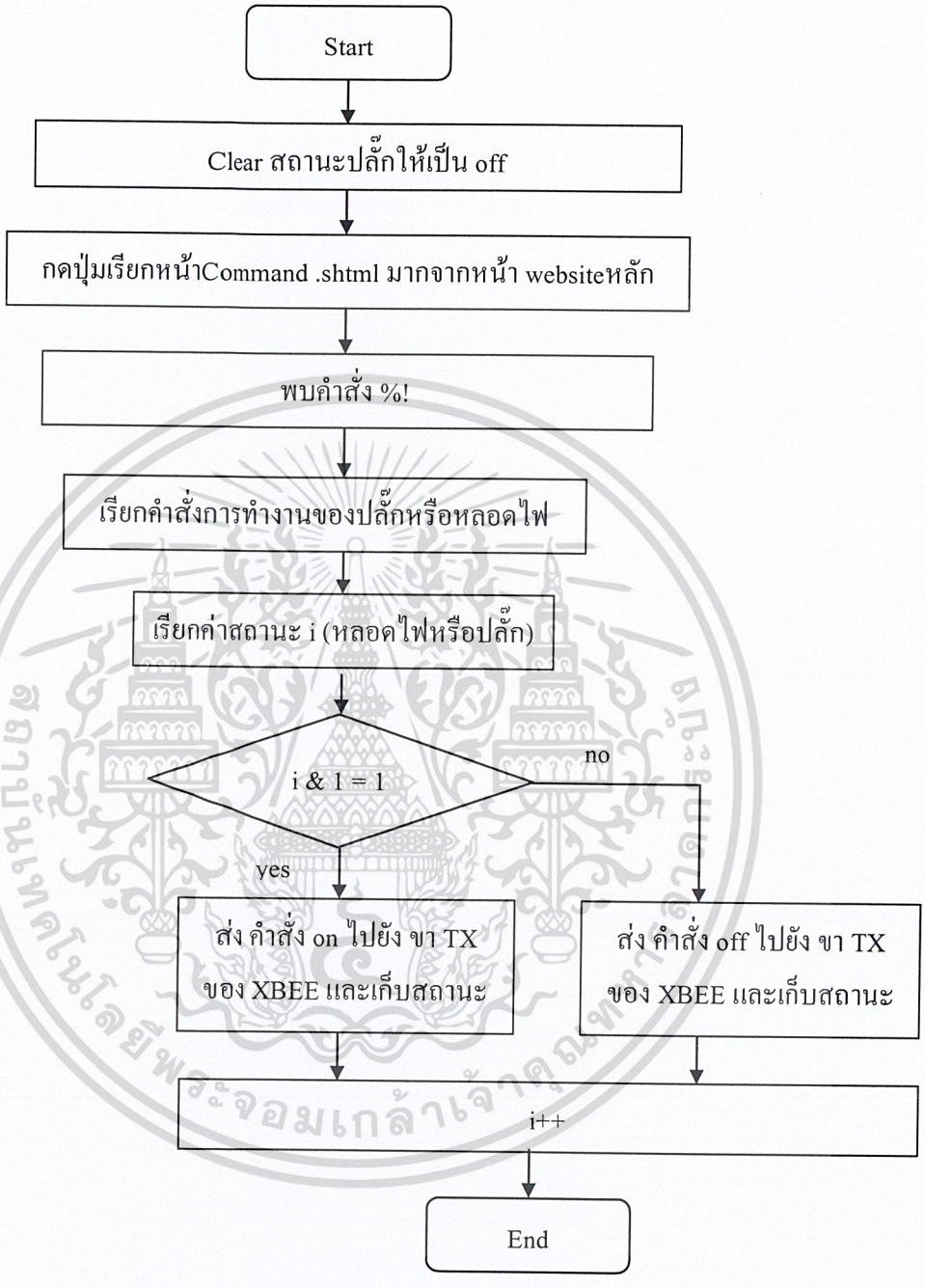
เป็นการเก็บค่าการแสดงสถานะของหน้าสถานะ ซึ่งจะแทรกด้วยคำสั่งเว้นบรรทัดของภาษา html และจะถูกนำไปแสดงผลในหน้าแสดง status ของไฟล์ .shtml



รูปที่ 3.10 การประมวลผลทำงานของภาครับ

3.2.2.2 ภาคส่ง

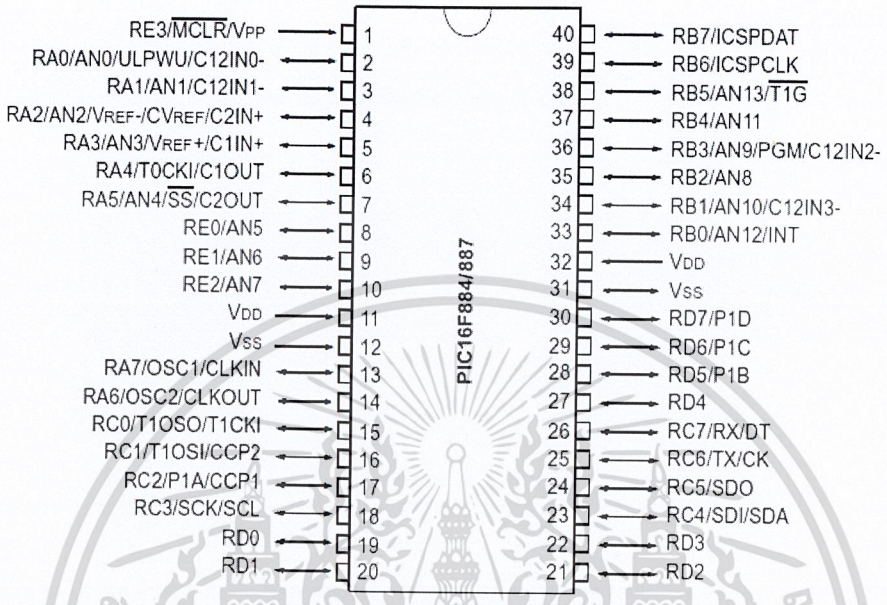
เป็นการประมวลผลก่อนจะส่งคำสั่งเปิดปิดอุปกรณ์ให้กับ XBEE Coordinator โดยจะส่งในรูปของตัวแปรที่ถูกกำหนดไว้ใน PIC 16F887



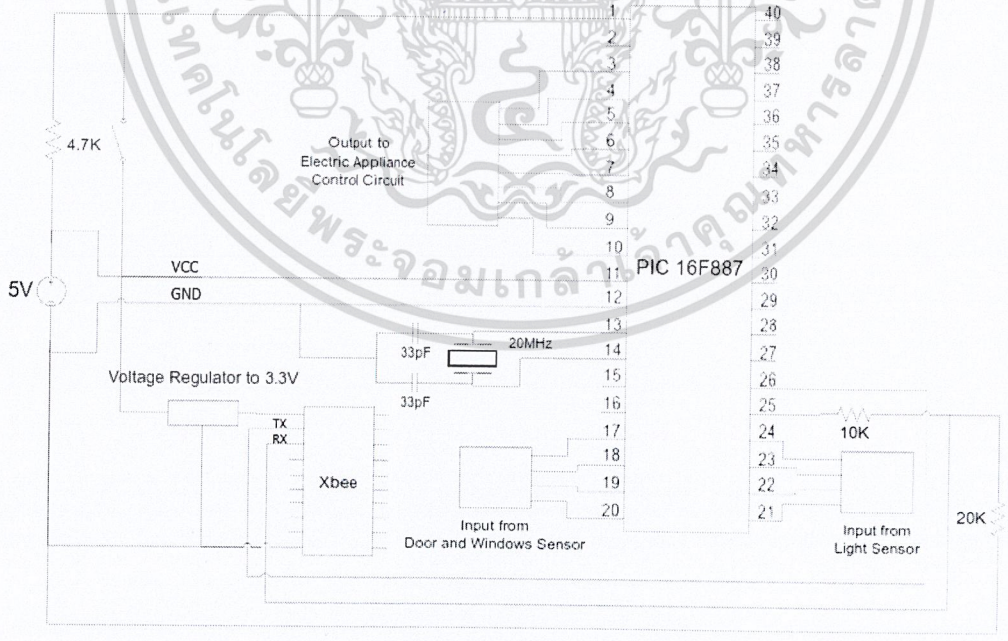
รูปที่ 3.11 การประมวลผลทำงานของภาคส่ง

3.2.3 การออกแบบ Interface Board

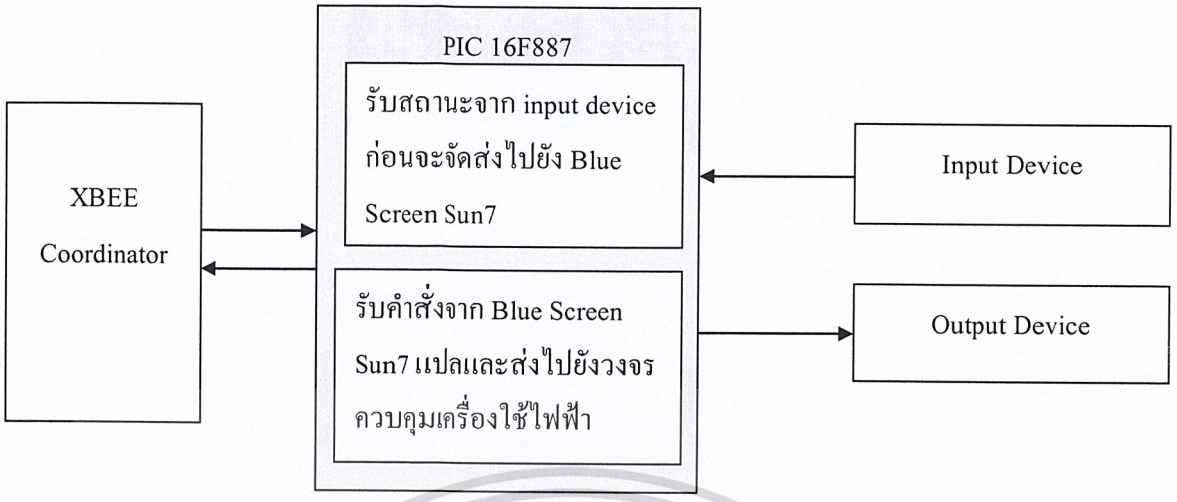
3.2.3.1 วงจรหลัก



รูปที่ 3.12โครงสร้างของ PIC 16F887



รูปที่ 3.13 วงจร Interface Board



รูปที่ 3.14 การทำงานงานของ **PIC 16F887**

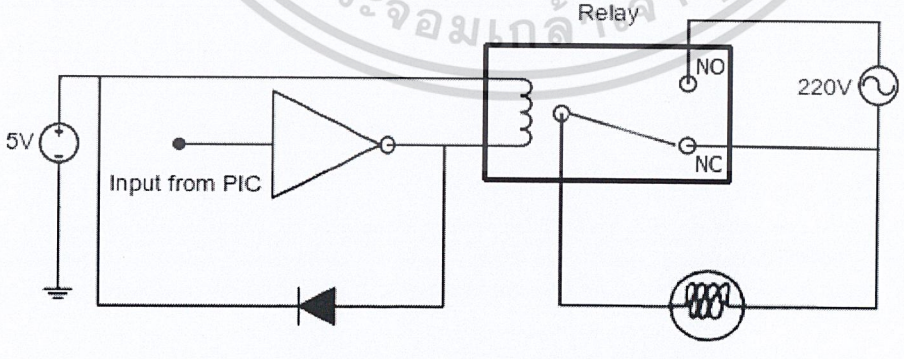
วงจรหลักส่วนนี้ใช้ PIC เบอร์ 16F887 เป็นตัวเก็บค่าสถานะก่อนจะทำการรับส่งข้อมูลให้กับวงจรควมคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าและวงจรรับสถานะหลอดไฟ

ข้อดีของการเลือกใช้ PIC เบอร์ 16F887 เป็น Interface Board

- สามารถประมวลคำสั่งจาก Blue Screen Sun7 ได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่มีความยุ่งยาก

- PIC มี Clock ในตัว ซึ่งจะทำให้ไม่รบกวนการทำงานของบอร์ด Blue Screen Sun7 ส่งผลทำให้บอร์ด Blue Screen Sun7 ทำงานได้เร็วขึ้น

3.2.3.2 ภาควงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

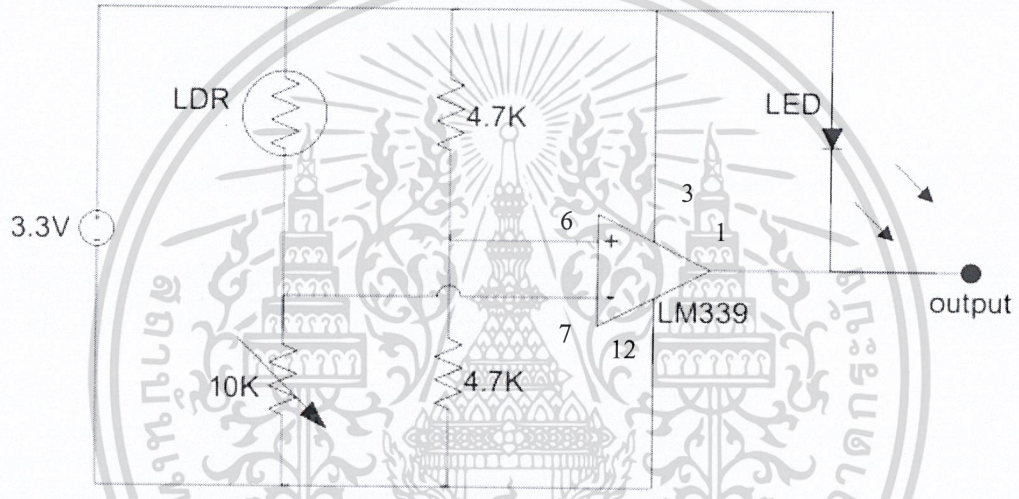


รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

วงจรควบคุมเครื่องเครื่องใช้ไฟฟ้านี้จะรับค่ามาจากส่วนวงจรหลัก โดยหากค่าที่ถูกส่งมาเป็น logic 1 แล้ว จะทำให้วงจร Relay ถูกเหนี่ยวนำสวิตซ์ให้รีเลย์เปลี่ยนจาก NC เป็น NO ซึ่งจะทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงาน และในทางกลับกัน หาก logic ที่ถูกส่งมาเป็น 0 แล้ว จะทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดการทำงาน

ในส่วนนี้ได้มีการเลือกใช้ ULN2803APG ในการขับแรงดันไปสู่ Relay 250VAC 10A โดยสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 8 ตัว

3.2.3.2 ภาควงจรรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 3.16 วงจรรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า

วงจรรับสถานะโดยใช้ LDR เป็นตัว Sensor การทำงานของหลอดไฟโดยอาศัยแรงดันตกคร่อม Comparator ที่ขาบวกเป็นแรงดันเปรียบเทียบ โดยวงจรรับสถานะหลอดไฟนี้สามารถรับหลอดไฟฟ้าสูงสุด 4 ตัว

แรงดันขาบวกของ Comparator เบอร์ LM339 โดยการจ่ายไฟ 3.3 V

$$V(+) = 3.3 \left[\frac{4.7K}{(4.7K+4.7K)} \right]$$

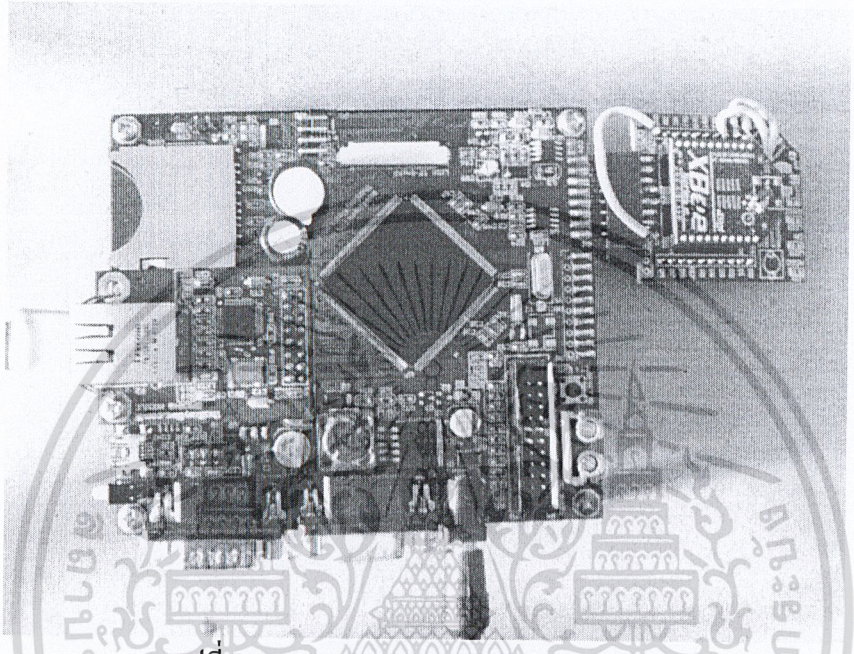
$$= 1.65 \text{ V}$$

จะเห็นได้ว่าถ้าหากแรงดันที่ขาลบของ Comparator มีค่าเท่ากับ 1.65 แล้ว จะทำให้หลอดไฟ LED ดับ และ logic มีสถานะเป็น 1 ดังนั้นการเลือกใช้ R ปรับค่าได้ จากแรงแรงดันที่ตกคร่อม จึงเลือกใช้ R ปรับค่าได้ขนาด 10K เพราะ

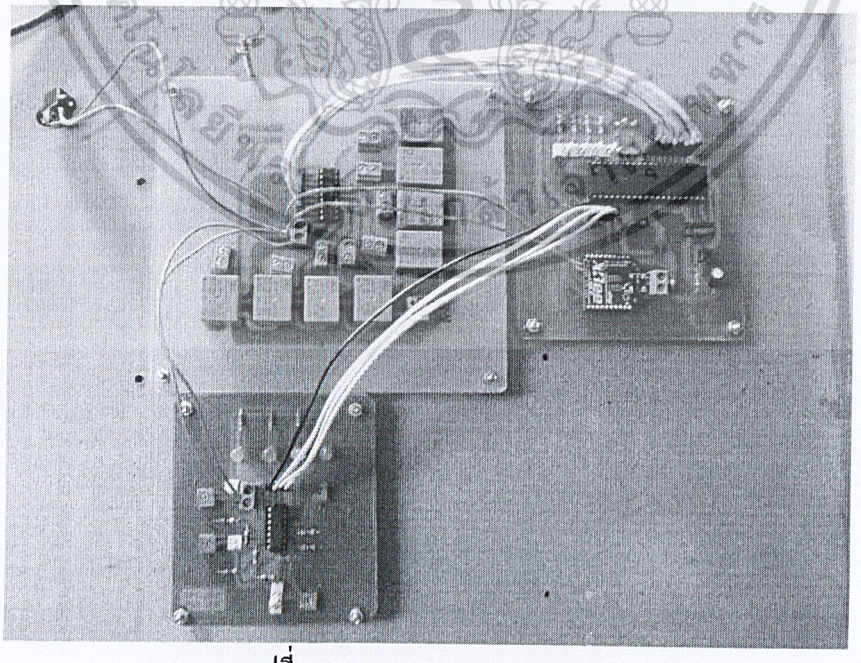
R value = 4.7K + 4.7K

= 9.4K

ดังนั้นเมื่อหลอดไฟติด จะได้ค่า logic 0 ส่งผลกลับไปยัง PIC16F887 เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังส่วนของเว็ปเซอร์เวอร์



รูปที่ 3.17 วงจร **Blue Screen Sun 7** และ **Xbee**



รูปที่ 3.18 วงจร **Interface Board**

บทที่ 4

ผลการทดลอง

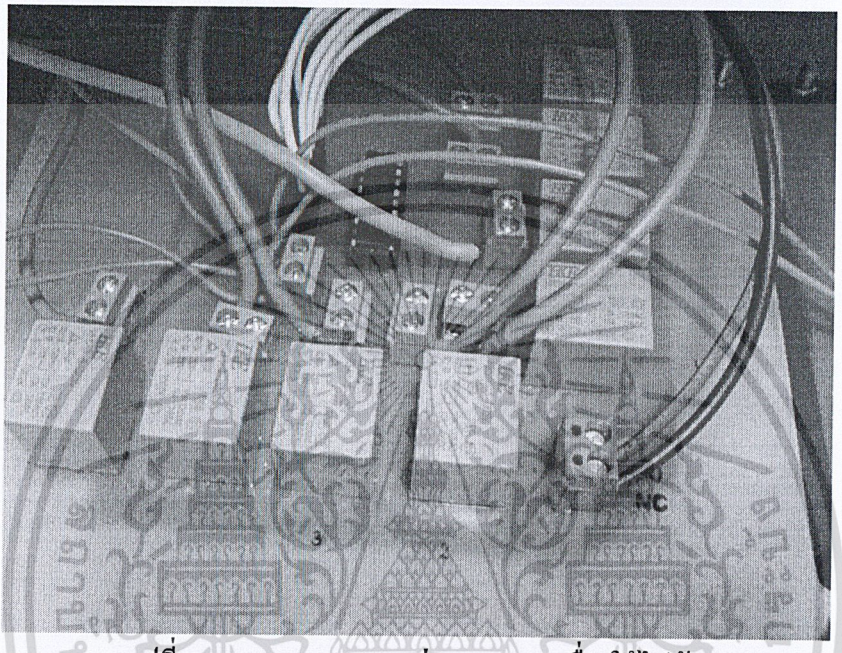
การทดลองระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางอินเตอร์เน็ตได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลอง ทำให้ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 การแสดงค่า logic ของวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

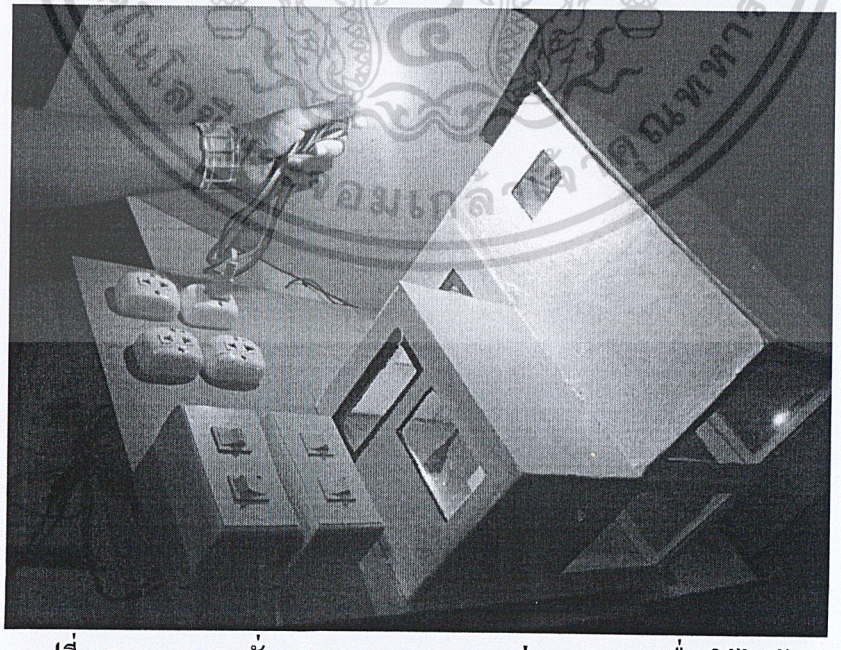
ตาราง 4.1 แสดงค่า logic ของวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้า	INPUT	Relay	Switch	OUTPUT
(1)หลอดไฟสีแดง	0	0	0	0
			1	1
	1	1	0	1
			1	0
(2) หลอดไฟสีเขียว	0	0	0	0
			1	1
	1	1	0	1
			1	0
(3) หลอดไฟสีฟ้า	0	0	0	0
			1	1
	1	1	0	1
			1	0
(4) หลอดไฟสีส้ม	0	0	0	0
			1	1
	1	1	0	1
			1	0
ปลั๊ก 1	0	0		0
	1	1		1
ปลั๊ก 2	0	0		0
	1	1		1

ปลั๊ก 3	0	0		0
	1	1		1
ปลั๊ก 4	0	0		0
	1	1		1



รูปที่ 4.1 Interface Board ส่วนควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

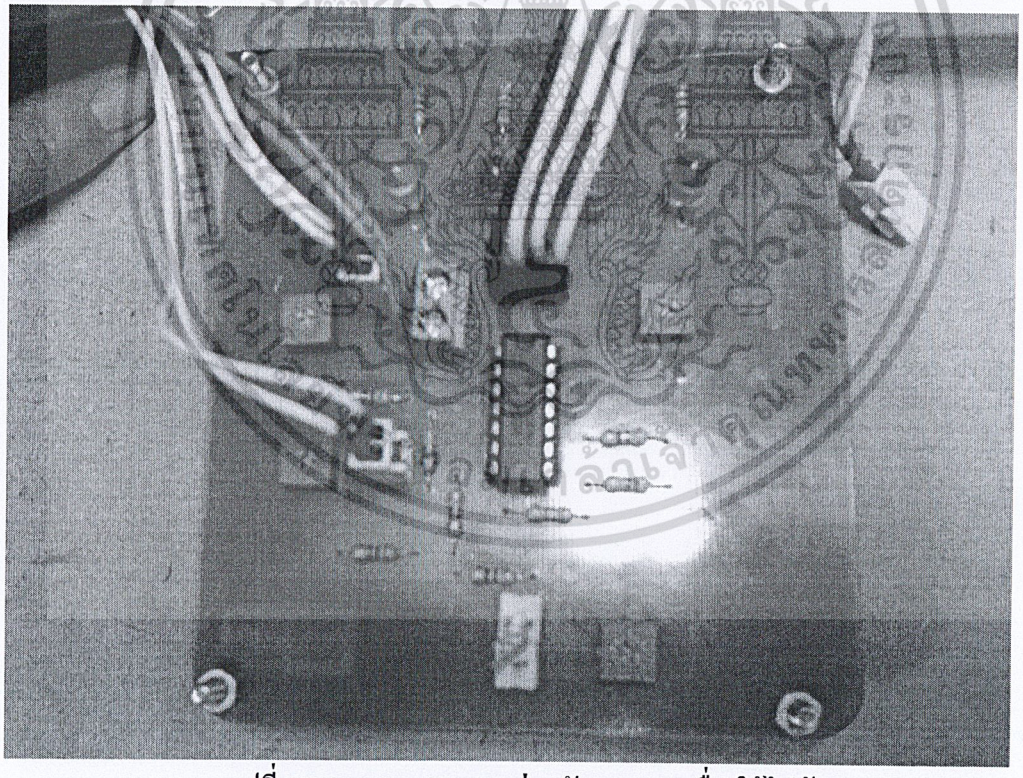


รูปที่ 4.2 การทดลองสั่งการ **Interface Board** ส่วนควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

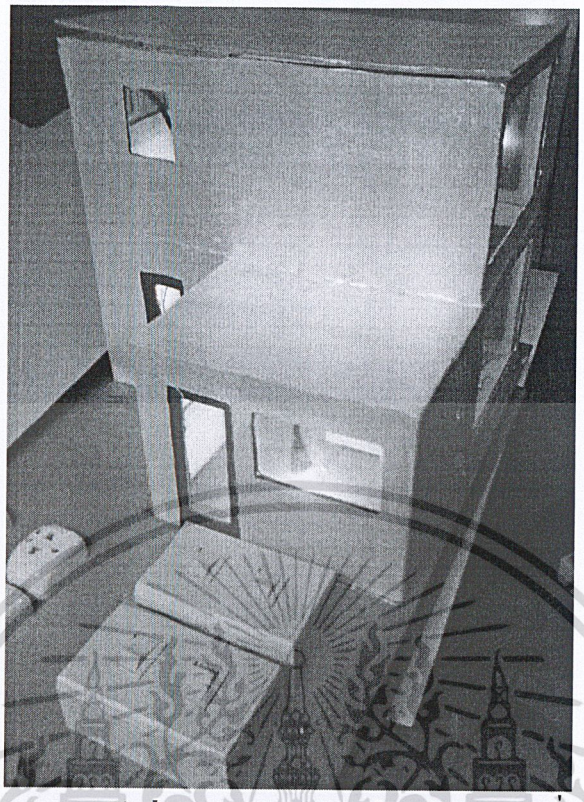
4.2 ตารางแสดงค่า logic ของวงจรแสดงสถานะหลอดไฟ

ตาราง 4.2 แสดงค่า logic ของวงจรแสดงสถานะหลอดไฟ

หลอดไฟ	INPUT	OUTPUT
(1) หลอดไฟสีแดง	0	1
	1	0
(2) หลอดไฟสีเขียว	0	1
	1	0
(3) หลอดไฟสีฟ้า	0	1
	1	0
(4) หลอดไฟสีส้ม	0	1
	1	0



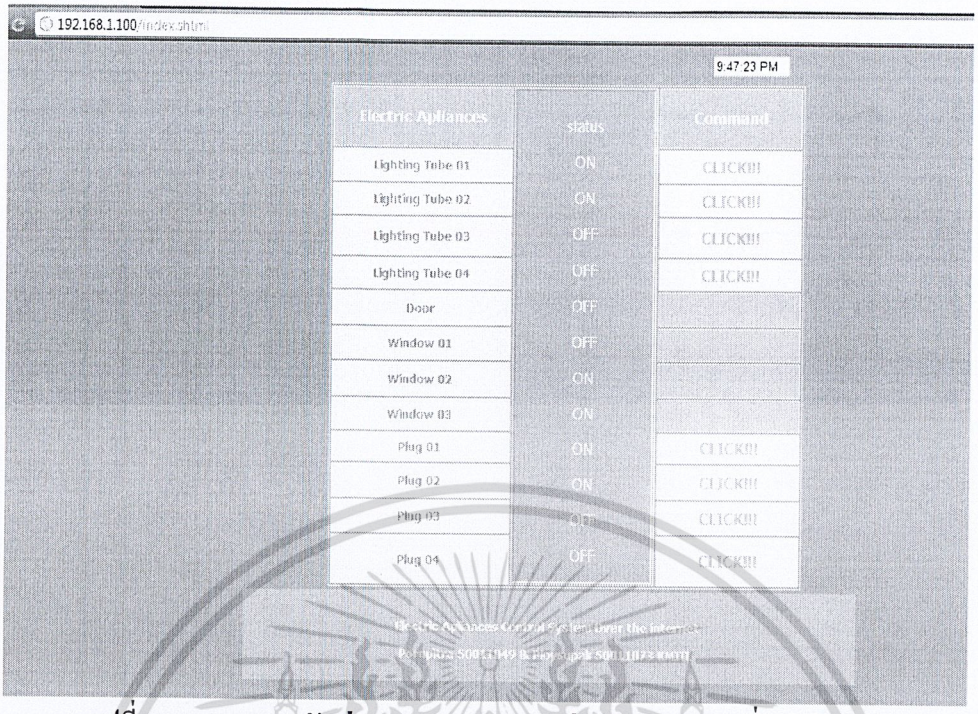
รูปที่ 4.3 Interface Board ส่วนรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 4.4 การทดลองรับค่า Interface Board ส่วนรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า

ตาราง 4.3 ตัวอย่างการแสดงผลของหน้าเว็ปไซต์

อุปกรณ์ไฟฟ้า	สถานะการทำงานจริง	สถานะบนหน้าเว็ปไซต์
(1)หลอดไฟสีแดง	ON	ON
(2)หลอดไฟสีเขียว	ON	ON
(3)หลอดไฟสีฟ้า	OFF	OFF
(4)หลอดไฟสีส้ม	OFF	OFF
ประตู	OFF	OFF
หน้าต่าง 1	OFF	OFF
หน้าต่าง 2	ON	ON
หน้าต่าง 3	ON	ON
ปลั๊ก 1	ON	ON
ปลั๊ก 2	ON	ON
ปลั๊ก 3	OFF	OFF
ปลั๊ก 4	OFF	OFF

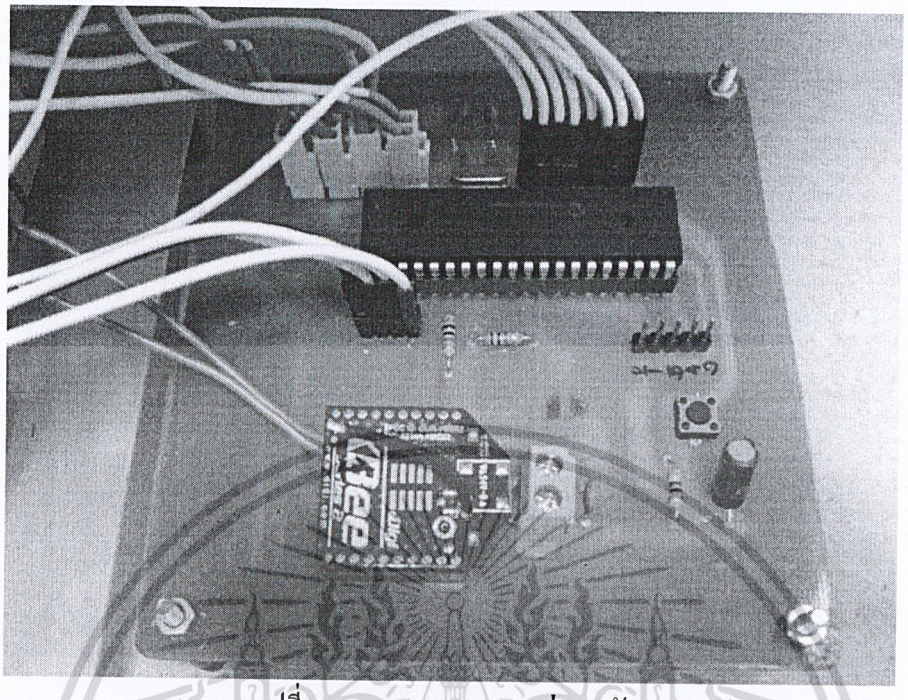


รูปที่ 4.5 การทดลองรับค่า **Interface Board** ส่วนรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า

4.3 การวัดระยะการส่งสัญญาณ Wireless

ตาราง 4.4 ระยะการส่งสัญญาณ **Wireless**

ระยะ	5 เมตร	10 เมตร	15 เมตร	20 เมตร	25 เมตร
หลอดไฟสีฟ้า	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
หลอดไฟสีเขียว	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
หลอดไฟสีแดง	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
หลอดไฟสีส้ม	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
ปลั๊ก 1	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
ปลั๊ก 2	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
ปลั๊ก 3	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
ปลั๊ก 4	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
ประตู	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
หน้าต่าง 1	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
หน้าต่าง 2	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน
หน้าต่าง 3	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ไม่ทำงาน



รูปที่ 4.6 Interface Board ส่วนหลัก

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การควบคุมเครื่องใช้ภายในบ้านผ่านอินเตอร์เน็ตนั้น จะใช้บอร์ด Blue Screen Sun 7 เป็น Microcontroller ที่ใช้ในการควมคุมระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้าน โดยทำหน้าที่เป็น Web Server ที่สามารถเก็บค่าสถานะเพื่อการแสดงผลและสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นผ่านทาง Website หน้าหลัก โดย Blue Screen Sun 7 จะส่งคำสั่งไปทางขา Serial ออกไปยังขา Tx ของ Xbee Coordonator เพื่อส่งสัญญาณ Wireless ไปยัง Xbee Router ซึ่งจะรับคำสั่งผ่านทางขา Rx เพื่อนำไปประมวลผลที่ PIC 16F887 และสั่งการให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานหรือหยุดการทำงาน ในทางกลับกันก็จะรับค่าสถานะจะเครื่องไฟฟ้าส่งกลับไปยังขา TX ของ Xbee Router เพื่อนำไปประมวลผลใน Blue Screen Sun 7 ก่อนจะแสดงสถานะผ่านทางหน้าเว็ปหลัก

5.1.1 การแสดงค่า logic ของวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

จากวงจรควบคุมเครื่องใช้ฟ้านั้น เราสามารถควบคุมหลอดไฟให้ติดได้จากทางหน้าเว็ปไซต์หลักและจากสถานที่จริง แต่ปลั๊กไฟนั้นสามารถควบคุมผ่านทางเว็ปไซต์ได้อย่างเดียว และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ในกรณีของปลั๊ก ถ้าหากส่ง Logic 1 Relay จะถูกเหนี่ยวนำให้ทำงาน ส่งผลทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆทำงาน และถ้าหากส่ง Logic 0 จะทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดการทำงาน แต่หากเป็นกรณีของหลอดไฟแล้ว หลอดไฟจะทำงานก็ต่อเมื่อสถานะการทำงานของรีเลย์สลับกับสถานะการทำงานของสวิตซ์ สองทาง หรือจะกล่าวได้ว่า logic ของหลอดไฟจะขึ้นอยู่กับสถานะรีเลย์ XOR กับสถานการณ์ทำงานของสวิตซ์นั่นเอง

5.1.2 ตารางแสดงค่า logic ของวงจรแสดงสถานะหลอดไฟ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าถ้าหาก หลอดไฟสว่าง จะทำให้ LDR ทำงาน ส่งผลให้ Output ของ LM339 มีสถานะเป็น 0 จากหลักการการทำงานของ Comparator และในทางกลับกันหาก หลอดไฟดับ ก็จะทำให้ Output มีสถานะเป็นหนึ่ง

5.1.3 ตารางการวัดระยะการส่งสัญญาณ Wireless

จากข้อมูลที่ระบุได้จาก Digi.com Xbee สามารถส่งสัญญาณ Wireless ได้ไกลสูงสุดถึง 40 เมตร แต่จากการทดลองนั้นสามารถส่งได้ไกลสูงสุดเพียงแค่ 20 เมตร เท่านั้น เนื่องจาก มีสิ่งกีดขวางค่อนข้างมาก จึงเป็นอุปสรรคในการส่งสัญญาณ นอกจากนั้นสัญญาณรบกวนอาจจะทำให้ระยะการส่งลดลงอีกด้วย

5.2 วิเคราะห์และวิจารณ์

1.) ตัวส่งสัญญาณ Xbee ซึ่งอาจจะมีระยะจำกัดในการส่ง จากข้อจำกัดของสิ่งกีดขวาง และสัญญาณรบกวน แต่ก็มีระยะเพียงพอที่จะส่งสัญญาณถึงกันในบริเวณภายในบ้านได้

2.) เนื่องจากหน่วยความจำของ บอร์ด Blue Screen Sun 7 มีจำกัด จึงต้องระมัดระวังในการออกแบบเว็ปไซต์ไม่ให้มีพื้นที่เยอะจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้ Microcontroller ประมวลผลช้าได้

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

ในปัจจุบันการสื่อสารผ่านอินเตอร์เน็ตถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยสามารถอ อนไลน์ผ่านคอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์มือถือ ทำให้การควบคุมระบบเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ตนั้น สามารถเช็คข้อมูลผ่านทางโลกออนไลน์ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถสั่งการผ่านทางอินเตอร์เน็ตได้ แม้ไม่ได้อยู่ในสถานที่จริง นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาให้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าป ระเภทอื่นๆได้อีกด้วย อีกทั้งการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ทำให้ได้ทราบถึงความสามารถต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ Blue Screen Sun 7 ซึ่งสามารถใช้งานได้อย่างหลากหลาย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำงานอื่นๆได้อีกมากมาย

บรรณานุกรม

ประจิน พลังสันติกุล. **PIC Works Example and C Source Code.** Appsofttech.

ประจิน พลังสันติกุล. **PIC C Programming กับ CCS C** คอมไพเลอร์. Appsofttech.

อภิชาติ ภู่พลับ. 2552. **เขียนโปรแกรมควบคุม Microcontroller ด้วยภาษา C, Assembly และ VB.** ไอดีซี อินโฟร์ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด.

http://www.electoday.com/bbs/

http://www2.srp.ac.th/~tee/html/internet.htm

http://www.webcomzone.com/

http://www.bcoms.net/article/historyinternet.asp

http://vclass.mgt.psu.ac.th/~465-302/

http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=e-network&month

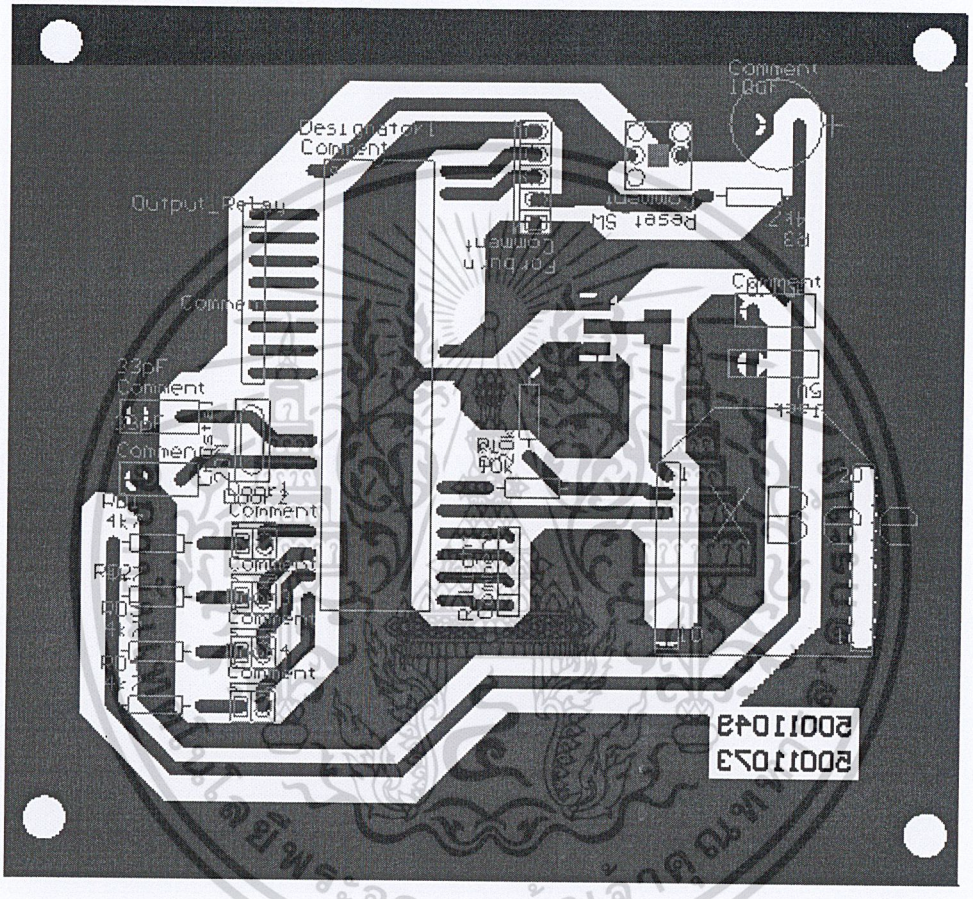
http://www.thaifwd.com/redirect.php?tid=773&goto=lastpost

http://www.thaieasyelec.com/

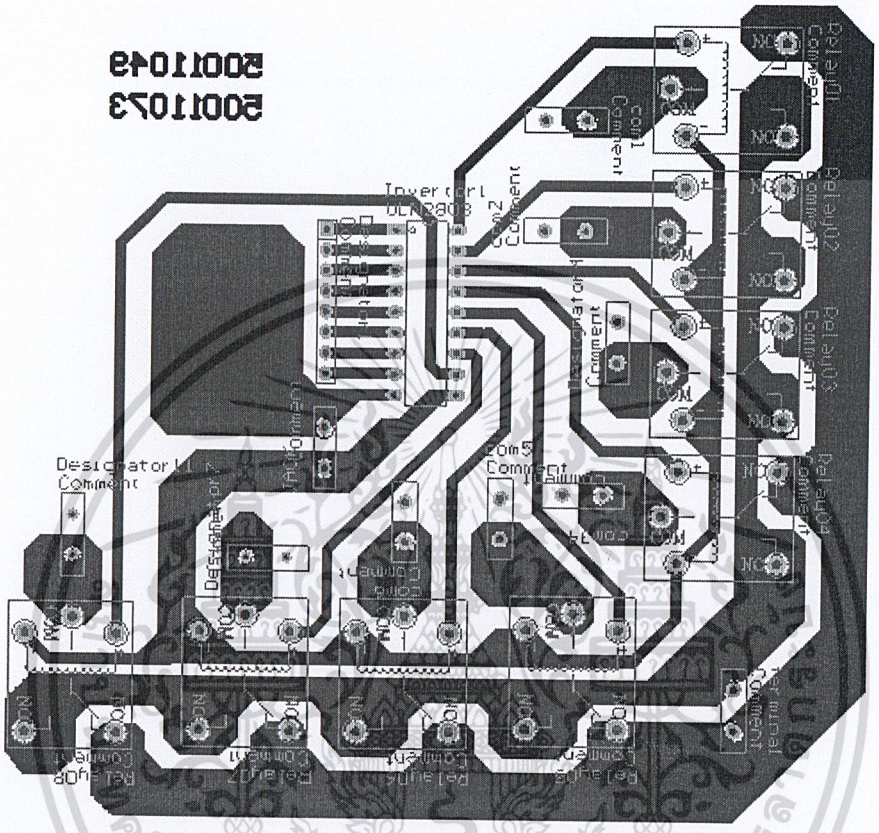
http://www.mcudevzone.com/

ภาคผนวก

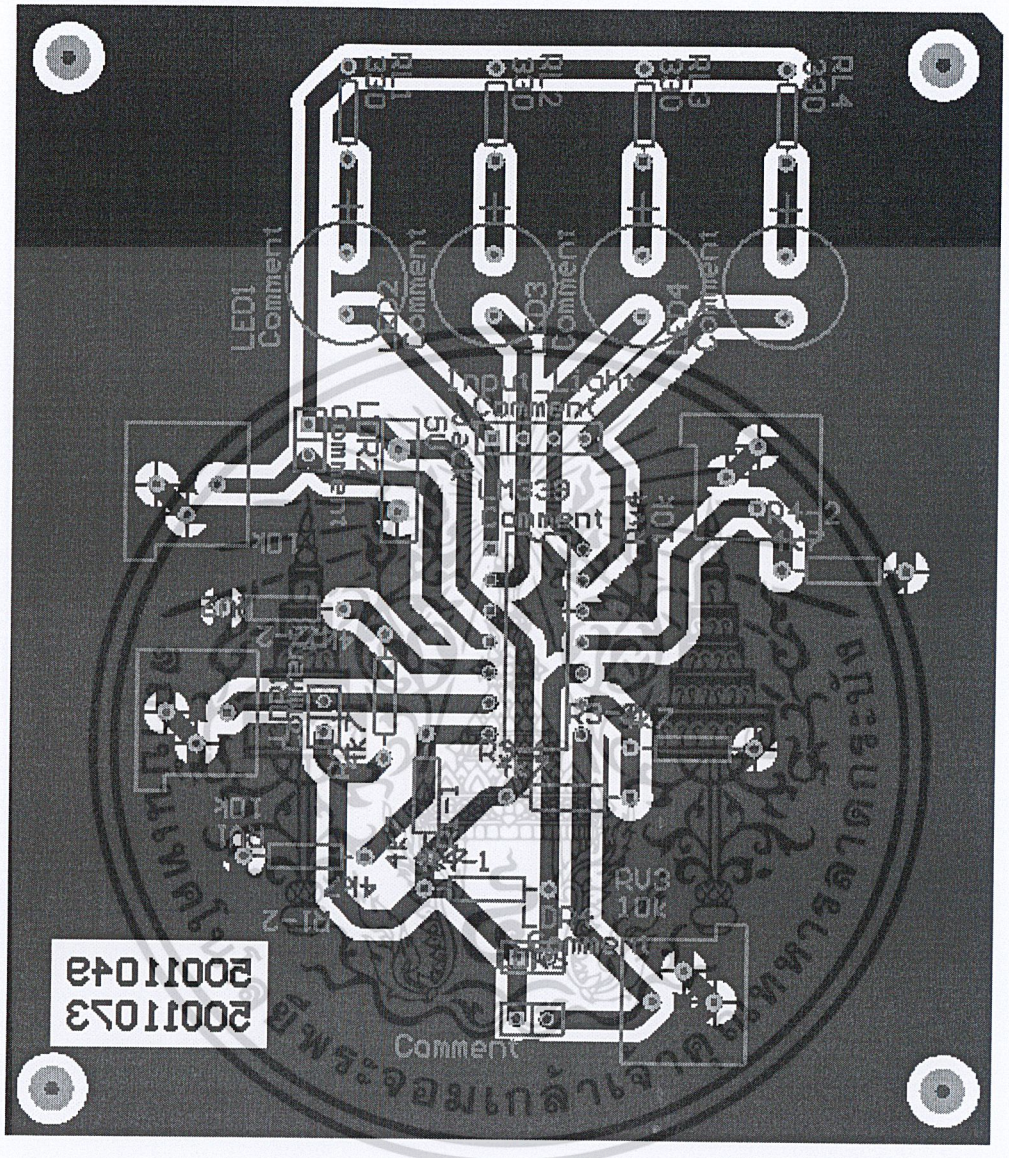
ก.1 ลายวงจร Interface Board ส่วนหลัก



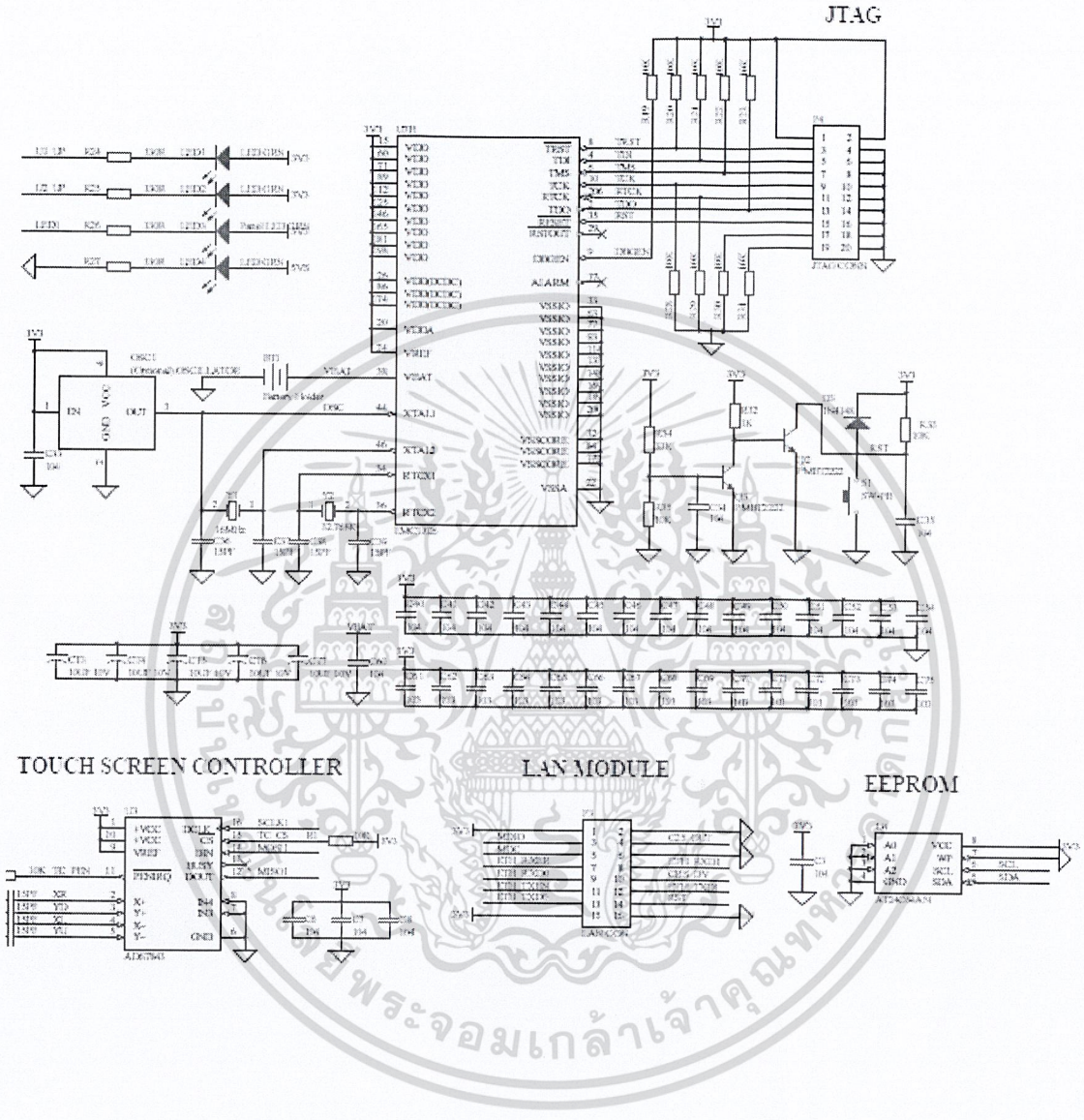
ก.2 ลายวงจร Interface Board ส่วนควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า



ก.3 ลายวงจร Interface Board ส่วนรับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า



ก.4 โครงสร้าง Blue Screen Sun 7 Board



SDRAM

TFT LCD

โครงการพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ก.5 Datasheet XBEE

XBee®/XBee-PRO® ZB OEM RF Modules

ZigBeeOEM RF Modules by Digi International

Firmware Versions:

- 20xx - Coordinator - AT/Transparent Operation
- 21xx - Coordinator - API Operation
- 22xx - Router - AT/Transparent Operation
- 23xx - Router - API Operation
- 28xx - End Device - AT/Transparent Operation
- 29xx - End Device - API Operation

1. Overview

The XBee/XBee-PRO ZB OEM RF Modules are designed to operate within the ZigBee protocol and support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between remote devices.

The modules operate within the ISM 2.4 GHz frequency band and are compatible with the following:

- XBee RS-232 Adapter
- XBee RS-232 PH (Power Harvester) Adapter
- XBee RS-485 Adapter
- XBee Analog I/O Adapter
- XBee Digital I/O Adapter
- XBee Sensor Adapter
- XBee USB Adapter
- XStick
- ConnectPort X Gateways
- XBee Wall Router.

The XBee/XBee-PRO ZB firmware release can be installed on XBee modules. This firmware is compatible with the ZigBee 2007 specification, while the ZNet 2.5 firmware is based on Ember's proprietary "designed for ZigBee" mesh stack (EmberZNet 2.5). ZB and ZNet 2.5 firmware are similar in nature, but not over-the-air compatible. Devices running ZNet 2.5 firmware cannot talk to devices running the ZB firmware.

Key Features

High Performance, Low Cost

- Indoor/Urban: up to 300' (100 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 1 mile (1.6 km)
- Transmit Power Output: 100 mW (20 dBm) EIRP
- Receiver Sensitivity: -102 dBm

RF Data Rate: 250,000 bps

Advanced Networking & Security

Retries and Acknowledgements

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Each direct sequence channel has over 65,000 unique network addresses available

Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported

Self-routing, self-healing and fault-tolerant mesh networking

Low Power

XBee-PRO

- TX Current: 295 mA (@3.3 V)
- RX Current: 45 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 1 µA @ 25°C

Easy-to-Use

No configuration necessary for out-of box RF communications

AT and API Command Modes for configuring module parameters

Small form factor

Extensive command set

Free X-CTU Software (Testing and configuration software)

Free & Unlimited Technical Support

Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee®/XBee-PRO® ZB OEM RF Module

Specification	XBee	XBee PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	up to 133 ft. (40 m)	up to 300 ft. (100 m)
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 400 ft. (120 m)	up to 1 mile (1.6 km)
Transmit Power Output	2mW (+3dBm), boost mode enabled 1.25mW (+1dBm), boost mode disabled	50mW (+17 dBm) 10mW (+10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 - 230400 bps (non-standard baud rates also supported)	1200 - 230400 bps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-96 dBm, boost mode enabled -95 dBm, boost mode disabled	-102 dBm
Power Requirements		

Table 1-01. Specifications of the XBee®/XBee-PRO® ZB OEM RF Module

Specification	XBee	XBee PRO
Supply Voltage	2.1 - 3.6 V	3.0 - 3.4 V
Operating Current (Transmit, max output power)	40mA (@ 3.3 V, boost mode enabled) 35mA (@ 3.3 V, boost mode disabled)	295mA (@3.3 V)
Operating Current (Receive))	40mA (@ 3.3 V, boost mode enabled) 38mA (@ 3.3 V, boost mode disabled)	45 mA (@3.3 V)
Idle Current (Receiver off)	15mA	15mA
Power-down Current	< 1 uA @ 25ºC	< 1 uA @ 25ºC
General		
Operating Frequency Band	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960 x 1.297 (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip, RPSMA, or U.FL Connector*	Integrated Whip, Chip, RPSMA, or U.FL Connector*
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint, Peer-to-peer, and Mesh	Point-to-point, Point-to-multipoint, Peer-to-peer, and Mesh
Number of Channels	16 Direct Sequence Channels	13 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID and Addresses, Cluster IDs and Endpoints (optional)	PAN ID and Addresses, Cluster IDs and Endpoints (optional)
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	FCC ID: OUR-XBEE2	FCC ID: MCQ-XBEEPRO2
Industry Canada (IC)	IC: 4214A-XBEE2	IC: 1846A-XBEEPRO2
Europe (CE)	ETSI	ETSI
RoHS	Compliant	Compliant

Mechanical Drawings

Figure 1-01. Mechanical drawings of the XBee®/XBee-PRO® ZB OEM RF Modules (antenna options not shown)

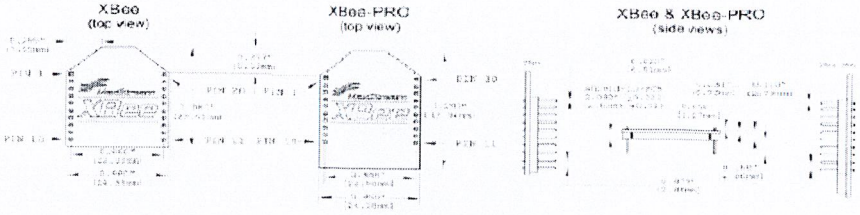


Figure 1-02. Mechanical Drawings for the RPSMA Variant

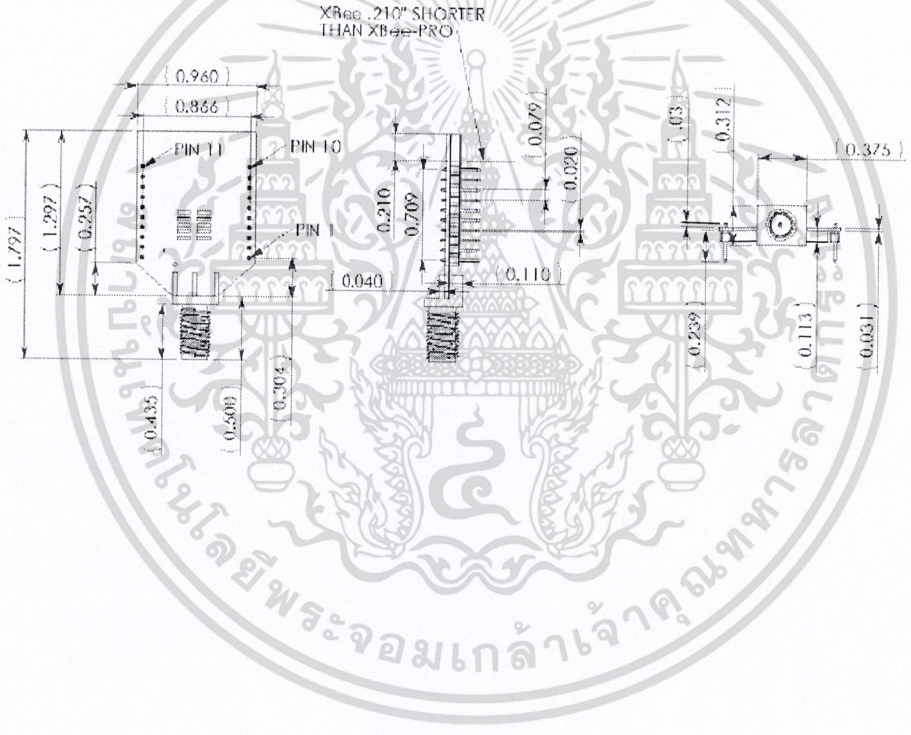


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee-PRO Modules
(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / $\overline{\text{CONFIG}}$	Input	UART Data In
4	DIO12	Either	Digital I/O 12
5	$\overline{\text{RESET}}$	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI / DIO10	Either	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator / Digital IO
7	PWM / DIO11	Either	Digital I/O 11
8	[reserved]	-	Do not connect
9	$\overline{\text{DTR}}$ / SLEEP_RQ/ DIO8	Either	Pin Sleep Control Line or Digital IO 8
10	GND	-	Ground
11	DIO4	Either	Digital I/O 4
12	$\overline{\text{CTS}}$ / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / $\overline{\text{SLEEP}}$ / DIO9	Output	Module Status Indicator or Digital I/O 9
14	VREF	Input	Not used on this module. For compatibility with other XBee modules, we recommend connecting this pin to a voltage reference if Analog sampling is desired. Otherwise, connect to GND.
15	Associate / DIO5	Either	Associated Indicator, Digital I/O 5
16	$\overline{\text{RTS}}$ / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0 / Commissioning Button	Either	Analog Input 0, Digital IO 0, or Commissioning Button

Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections to support serial firmware upgrades: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 30k Ohm resistor attached to $\overline{\text{RESET}}$
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected