

ระบบควบคุมหลอดไฟ
Lighting Control System



ไฉฉวี น้อยทอง
ศรัณญา สมพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ที่ผู้ประพันธ์ได้ศึกษาเพื่อขอรับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ระบบควบคุมหลอดไฟ

Lighting Control System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ปีการศึกษา 2556 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมหลอดไฟ

Lighting Control System

ผู้จัดทำ

1. นายไกรวัล ป้อมทอง รหัสนักศึกษา 53010143
2. นางสาวตรีชฎา สายทวี รหัสนักศึกษา 53010546




..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิเนตร อุณากุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมหลอดไฟ

นาย ไกวัล	บ่อมทอง	53010143
นางสาว ตรีชฎา	สายทวี	53010546
ผศ. อภิเนตร	อุณาภูล	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2556		

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันแสงไฟและสีส้มต่างๆ ภายในบ้านหรืองานต่างๆ เพื่อเป็นสีส้มหรือความบันเทิงของงานและสีส้มสำหรับบรรยากาศที่ดีภายในบ้านที่เป็นบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) หรือบ้านที่ทันสมัยมีความต้องการและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น สำหรับหลอดไฟที่ให้ความบันเทิง สามารถใช้แสงมาบำบัดอาการต่างๆ เพื่อผ่อนคลายและพักผ่อนได้ ดังนั้น โครงการเรื่อง ระบบควบคุมหลอดไฟ ได้จัดทำขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านความบันเทิงและสามารถควบคุมหลอดไฟได้ง่าย ระบบควบคุมหลอดไฟนี้ ผู้ใช้สามารถควบคุมได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถควบคุมหลอดไฟได้จากที่ต่างๆ ได้โดยใช้เทคโนโลยีไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lighting Control System

Mr. Kaiwan Pomthong 53010143

Ms. Trichada Saitawee 53010546

Asst. Prof. Apinetr Unakul Advisor

Academic Year 2013

ABSTRACT

Lighting and Color control in home or any party for entertainment inside and for good mood in smart home have demand and more popular in present. For the lamp that entertain and can use lighting various treatment for relaxation. So project “Lighting Control System” that response user in the entertainment and easy to control. This lighting control system user can control it from mobile phone that control lighting from any place by wireless technology.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการระบบควบคุมหลอดไฟ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากคำปรึกษาสำหรับการพัฒนาโครงการจาก ผศ. อภินทร อุณาภูล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการนี้ ที่ได้คอยให้คำแนะนำแนว และให้คำปรึกษาพร้อมทั้งตรวจสอบความก้าวหน้าของโครงการอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ตลอดจนการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนๆ ในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ที่คอยให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือต่างๆ และขอบคุณพิเศษสำหรับ โดยเฉพาะพี่ศุภชัย อินสุข ที่คอยให้คำปรึกษามาโดยตลอด

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของคณะผู้จัดทำ ที่คอยอบรมเลี้ยงดู และให้กำลังใจรวมถึงคำปรึกษาในหลายๆ ด้าน และสนับสนุนด้านการศึกษาโดยตลอดมา

ด้วยคุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากโครงการนี้ เราขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ไก่อัล ป้อมทอง

ตรีชฎา สายทวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำออกอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
ระบบควบคุมหลอดไฟ.....	I
Lighting Control System	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูปภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 ส่วนของปริญญานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 อีเทอร์เน็ต (Ethernet).....	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 สายที่ใช้.....	7
2.1.2 มาตรฐานที่สำคัญของ Ethernet.....	8
2.1.3 Fast Ethernet และ Gigabit Ethernet.....	8
2.1.4 มาตรฐาน.....	9
2.2 TCP/IP.....	9
2.3 UDP.....	11
2.4 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode ; LED).....	11
2.4.1 ประวัติ.....	11
2.4.2 หลักการทำงานของหลอด LED.....	13
2.5 การทำงานของ Wi-Fi.....	14
2.5.1 ประวัติและความเป็นมา.....	14
2.5.2 มาตรฐานต่างๆของ Wi-Fi.....	15
2.5.3 ลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์.....	17
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....	18
2.7 เทคโนโลยี NFC (Near Field Communication).....	22
2.7.1 ความแตกต่างระหว่าง NFC กับ RFID.....	24
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา.....	28
3.1 โครงสร้างของระบบ.....	28
3.2 ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบ.....	29
3.3 ยูสเคสไดอะแกรม (Use case diagram).....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1	คำอธิบายยูสเคส (Use case description).....	30
3.4	Flow chart	33
3.5	State Diagram	34
3.6	Software stack.....	35
3.6	ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface).....	36
3.6.1	หน้าแรก	36
3.6.2	หน้าการเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์.....	37
3.6.3	หน้าการควบคุมหลอดไฟ.....	39
บทที่ 4	การทดลองและผลทดลอง	42
4.1	การสร้างแอปพลิเคชัน.....	42
4.1.1	Use Interface.....	42
4.1.2	ส่วนโปรแกรม.....	44
4.2	ทดลองการใช้งานของหลอด RGB LED	48
4.2.1	การแสดงค่าสีต่างๆ วนไปเรื่อยๆ ตามคำสั่ง	49
4.2.2	การติดต่อกับอินเตอร์เน็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	54
4.2.3	การรับค่าจาก NFC ของโทรศัพท์มือถือมายัง NFC ที่ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	55
บทที่ 5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	57
5.1	บทสรุป.....	57
5.2	ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ VI ึงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ.....	58
บรรณานุกรม.....	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา เลขที่ ๖๖๖ อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 Pairing Device.....	30
3.2 Turn on lump.....	30
3.3 Control lighting.....	31
3.4 Turn off lump.....	31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ ^{viii}อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปรภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 อีเธอร์เน็ต.....	6
2.2 แสดงส่วนประกอบภายในของ LED.....	14
2.3 แสดงส่วนประกอบภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	19
2.4 แสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อภายในไมโครคอนโทรลเลอร์.....	21
2.5 แสดงตัวอย่างการใช้งาน NFC กับซิมการ์ด.....	24
3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมหลอดไฟ.....	28
3.2 Use case diagram.....	29
3.3 Flow chart แสดงการทำงานโดยรวมของระบบ.....	33
3.4 State Diagram.....	34
3.5 Software stack.....	35
3.6 หน้าแรกของแอปพลิเคชัน.....	36
3.7 หน้าการเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์ (1).....	37
3.8 หน้าการเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์ (2).....	38
3.9 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Static.....	39
3.10 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Dynamic.....	40
3.11 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Mood.....	41
4.1 Main Page.....	42
4.2 Control Page.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 โปรแกรมส่วนหน้าหลัก.....	44
4.4 โปรแกรมส่วนแฮดเดอร์ในการนำเข้าไลบรารีต่างๆ.....	45
4.5 โปรแกรมส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (1).....	45
4.6 โปรแกรมส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (2).....	46
4.7 โปรแกรมส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (3).....	47
4.7 โปรแกรมส่วนส่งคำสั่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	47
4.8 การกำหนดค่าตั้งต้นเพื่อทำการกำหนดขาพินของบอร์ด.....	48
4.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำสั่ง PWM.....	48
4.9 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการสั่งให้ส่วนไปเรื่อยๆ.....	49
4.10 แสดงการที่หลอดไฟที่ให้แสงสีน้ำเงิน (สว่าง).....	50
4.11 แสดงการที่หลอดไฟที่ให้แสงสีน้ำเงิน (หรือลง).....	51
4.12 แสดงคำสั่งในการสลับเปลี่ยนสีกันไปเรื่อยๆ.....	52
4.10 แสดงสีต่างๆจำนวนหนึ่งที่ได้จากคำสั่งด้านบน.....	54
4.11 แสดงคำสั่งในการติดต่อกับอินเตอร์เน็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	55
4.12 แสดงคำสั่งในการรับข้อมูลและแสดงผลออกมาผ่าน USART.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ^๕ข้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องด้วยในปัจจุบันในการจัดการแสงไฟของสีสันทันภายในงานต่างๆ เพื่อเป็นสีสันทันหรือความบันเทิงของงานนั้น และสีสันทันสำหรับบรรยากาศที่ดีของบ้าน ซึ่งปัจจุบันสมาร์ทโฮม (Smart Home) หรือบ้านที่ทันสมัย มีความต้องการและเป็นที่นิยมมากขึ้น สำหรับหลอดไฟที่ให้ความบันเทิง และสำหรับงานที่ต้องการแสงไฟและสีสันทันต่างๆ ในงานขนาดเล็กภายในบ้าน ที่ต้องการความสะดวกและไม่ซับซ้อนในการจัดการและควบคุม เช่น การจัดงานเลี้ยงในบ้าน เป็นต้น หรือการแสงสีสันทันต่างๆ สามารถใช้แสงมาบำบัดอาการต่างๆ เพื่อผ่อนคลายและพักผ่อนจากอาการเหนื่อยล้า ซึ่งระบบควบคุมหลอดไฟนี้ไม่ต้องการการจัดการที่ซับซ้อนและยุ่งยาก สามารถจัดการและควบคุมได้ง่ายจากผู้ใช้งาน

ปัจจุบันระบบควบคุมหลอดไฟที่สามารถควบคุมการเปิด - ปิดหลอดหรือควบคุมแสงไฟต่างๆ ได้นั้น จะมีรีโมทควบคุมการทำงานภายในบริเวณนั้น ซึ่งยังไม่สามารถควบคุมได้จากสถานที่อื่นและยังต้องใช้เพียงรีโมทควบคุมในการควบคุมการทำงานต่างๆ โครงการระบบควบคุมหลอดไฟ จัดทำขึ้นสำหรับผู้ใช้หรือผู้จัดการงานที่ต้องการลดความยุ่งยากในการติดตั้งและควบคุม โดยใช้เทคโนโลยีอินเตอร์ที่เป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายและไม่โครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมหลอดไฟ และทำให้สามารถควบคุมได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้ ซึ่งสามารถควบคุมได้จากแอปพลิเคชัน (Application) ในโทรศัพท์ และสามารถควบคุมการทำงานของหลอดไฟได้จากสถานที่ต่างๆ ภายในบริเวณใกล้เคียงได้โดยใช้เทคโนโลยีระบบไร้สายสื่อสารการควบคุมการทำงานจากผู้ใช้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานต่างๆ ตามที่ผู้ใช้ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. สร้างระบบควบคุมหลอดไฟเพื่อความสะดวกในควบคุมและตั้งค่ามากยิ่งขึ้น
2. พัฒนาระบบควบคุมหลอดไฟให้สามารถควบคุมได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ง่าย

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ระบบควบคุมหลอดไฟ จัดทำเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ที่ต้องการลดความยุ่งยากในการติดตั้งและควบคุม สามารถทำให้ควบคุมหลอดได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยโครงการนี้มีขอบเขตดังต่อไปนี้

1. ระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหลอดไฟให้ทำงานได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการและตั้งค่าอุปกรณ์ที่ถูกจับคู่ให้สามารถส่งงานผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้
2. ระบบรับคำสั่งควบคุมจากผู้ใช้ จากแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
3. ระบบสามารถควบคุมการเปิด - ปิด และสามารถทำให้เป็นเฉดสีต่างๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้
4. เป็นแนวทางสำหรับการศึกษา ค้นคว้าและวิจัยในการพัฒนาระบบการควบคุมหลอดไฟสำหรับงานที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้

1.4 วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาและหาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการและควบคุมแสงไฟผ่านแอปพลิเคชันในโทรศัพท์
2. ศึกษารายละเอียดการควบคุมหลอดไฟ LED
3. ศึกษารายละเอียดและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการทำงานผ่านเทคโนโลยีไร้สาย
4. ศึกษาการสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
5. จัดหาวัสดุอุปกรณ์และติดตั้งซอฟต์แวร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาระบบ
6. วิเคราะห์และออกแบบระบบ
7. ทำการทดลองควบคุมหลอดไฟผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สร้างแอปพลิเคชันที่ใช้สั่งงานจากผู้ใช้ไปยังไมโครคอนโทรเลอร์
9. วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการทำงานและการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านเทคโนโลยีไร้สาย
2. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมหลอดไฟ LED โดยไมโครคอนโทรเลอร์
3. สามารถสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้
4. สามารถนำผลงานไปใช้ในงานหรือกิจกรรมต่างๆ ได้จริง

1.6 ส่วนของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของโครงการ วิธีการดำเนินการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีที่ได้ศึกษามาใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบ ได้แก่ Ethernet, TCP/IP, UDP, ไดโอดเปล่งแสง, WiFi, ไมโครคอนโทรเลอร์และเทคโนโลยี NFC

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา กล่าวถึง โครงสร้างของระบบ ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบ ยูสเคสไดอะแกรม (Use case diagram) Flow chart แสดงการทำงานโดยรวมของระบบ State Diagram และ Software stack

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึง การสร้างแอปพลิเคชันและการทดลองการใช้งานของหลอด RGB LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุป กล่าวถึงบทสรุปของโครงการ วิเคราะห์สิ่งที่ได้รับจากโครงการ ข้อจำกัด รวมถึง ปัญหาอุปสรรคต่างๆ ของโครงการ และข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 อีเธอร์เน็ต (Ethernet)

อีเธอร์เน็ต คือเทคโนโลยีเครือข่ายแลนที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน มีอุปกรณ์สนับสนุนเพื่อใช้งานเครือข่ายดังกล่าวมากที่สุดในท้องตลาด ตั้งอยู่บนพื้นฐานโทโปโลยีแบบบัส (Bus) โดยใช้สาย Coaxial ทั้งแบบหนา (Thick Ethernet Cable : RG-8) และแบบบาง (Thin Ethernet Cable : RG-58 A/U) ซึ่งต่อมาก็ได้มีการพัฒนาด้วยการนำมาใช้กับโทโปโลยีแบบดาว (Star) โดยมี ฮับ เป็นอุปกรณ์รวมของสัญญาณเพื่อกระจายสัญญาณไปยังเครือข่าย

อีเธอร์เน็ต (Ethernet) เป็นระบบ LAN ที่พัฒนาขึ้นโดย 3 บริษัทใหญ่ คือ บริษัท Xerox Corporation, Digital Equipment Corporation (DEC) และ Intel ในปี ค.ศ. 1976 เริ่มจากศูนย์วิจัย PARC (Palo Alto Research Center) ของ XEROX โดยถูกจัดเป็นมาตรฐานของ IEEE ในกลุ่มที่มีรหัส IEEE 802.3 และใช้กันอย่างแพร่หลายจนกระทั่งถึงปัจจุบัน

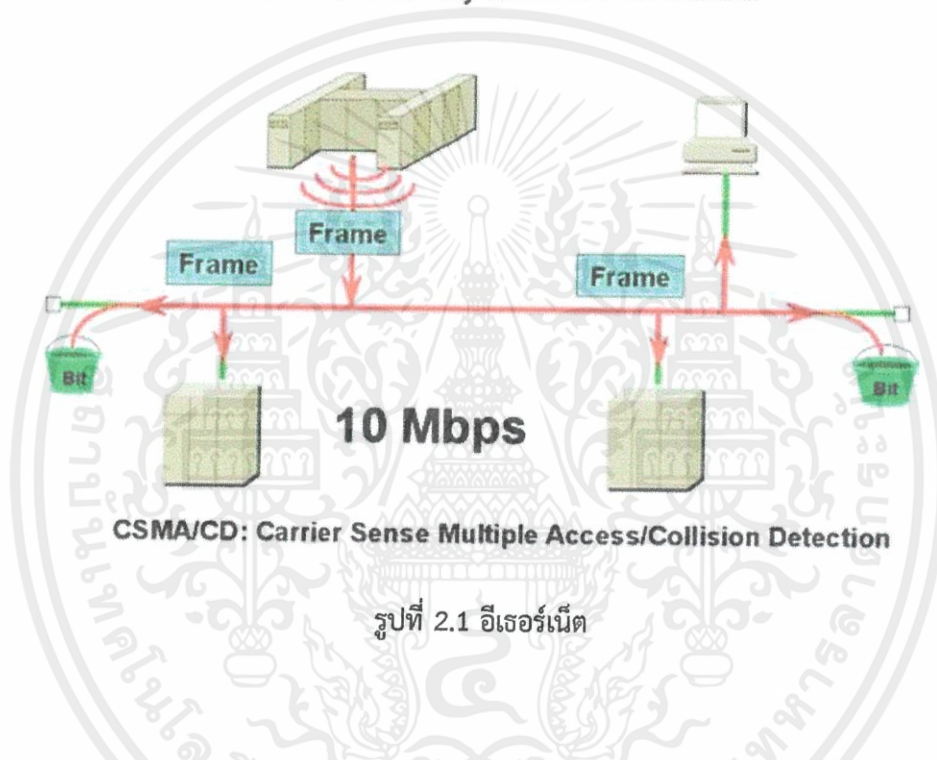
อีเธอร์เน็ตในระยะแรกใช้สาย Coaxial เป็นหลัก ต่อมาได้พัฒนาไปใช้สายแบบ UTP มากขึ้นเรื่อยๆ และเพิ่มความเร็วจาก 10 Mbps ขึ้นไปเป็น 100-1000 Mbps (1 Gbps) ในปัจจุบันลักษณะสำคัญแต่เดิมของ Ethernet คือข้อมูลทุกอย่างจะส่งผ่านตัวกลางหรือ Ether ที่เชื่อมระหว่างทุกๆ node ซึ่งในที่นี้ก็คือสาย Coaxial นั่นเอง ดังนั้น Ethernet ในยุคแรกจึงใช้การต่อสายแบบ Bus ที่วิ่งผ่านทุกเครื่อง และต่อมาก็อยุยๆ เปลี่ยนไปสู่การต่อแบบ Star ที่รวมสายเข้าศูนย์กลางเมื่อมีการใช้สาย UTP ที่ต่อผ่านอุปกรณ์ HUB เกิดขึ้น มาตรฐานของระบบ Ethernet เป็นไปตามมาตรฐานที่ชื่อ IEEE 802.3 ซึ่งในการต่อสายแบบที่เชื่อมทุกเครื่องถึงกันโดยตรง โดยมีกฎเกณฑ์หรือโปรโตคอลแบบ CSMA/CD ซึ่งชื่อมาตรฐานของ Ethernet นั้นจะแยกแยะได้ด้วยรหัสดังตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็ว / วิธีส่งสัญญาณ / สายที่ใช้

10 Base – 5

Ethernet, IEEE 802.3



รูปที่ 2.1 อีเธอร์เน็ต

ความเร็ว เป็นตัวบอกว่าระบบนั้นทำความเร็วได้เท่าไร ปัจจุบันมีที่ใช้กันคือ 10, 100 หรือ 1000 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) ซึ่งตัวเลขนี้จะเป็นค่าสูงสุดที่ระบบ LAN นั้นทำได้ในกรณีที่ไม่มีอุปสรรคอื่นใด มาถ่วงให้ช้าลง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วจะได้ความเร็วต่ำกว่านี้มาก และการนำไปใช้เทียบกับค่าอื่นๆ ก็อาจต้องแปลค่านี้ให้เป็นไบต์เสียก่อน โดย 1 ไบต์ = 8 บิต โดยประมาณ (หากคิดถึงการเสียเวลาอื่นๆ เช่นส่งข้อมูลตรวจสอบการแปลงข้อมูลและอื่นๆ แล้วจะทำให้ความเร็วในทางปฏิบัติจริงต่ำลงอีก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติรหัสที่ใช้บอกการส่งสัญญาณทางไฟฟ้าบนระบบ Ethernet จะมี 2 ลักษณะ คือ Baseband และ Broadband ซึ่งระบบ LAN ปัจจุบันยังเป็นแบบ Baseband อยู่

Baseband เป็นส่งสัญญาณแบบดิจิทัล 0 และ 1 หรือ แรงดันไฟฟ้า 0 และ 5 โวลต์ โดยไม่มีการผสมสัญญาณนี้เข้ากับสัญญาณความถี่สูงอื่นใด วิธีนี้การทำงานจะง่ายทั้งวงจรับและส่ง แต่จะถูกรบกวนได้ง่าย และส่งได้ระยะทางไม่ไกล นอกจากนี้สายเส้นหนึ่งๆ ยังส่งสัญญาณแบบนี้ได้เพียงชุดเดียวเท่านั้น

Broadband มีการผสมสัญญาณข้อมูลที่จะส่งเข้ากับสัญญาณอนาล็อกหรือคลื่นพาห์ ที่มีความถี่สูง เพื่อให้ส่งได้ไกลและมีความเพี้ยนน้อยกว่าแบบแรก นอกจากนี้ยังสามารถส่งได้หลายช่องสัญญาณหรือหลายแชนแนล (Channel) โดยจัดการให้ข้อมูลชุดหนึ่งผสมกับสัญญาณที่ความถี่ช่วงหนึ่ง นับเป็น 1 แชนแนล พอมีข้อมูลอีกชุดหนึ่งก็เลยไปใช้การผสมเข้ากับสัญญาณที่ความถี่ช่วงหนึ่ง นับเป็น 1 แชนแนล พอมีข้อมูลอีกชุดหนึ่งก็เลยไปใช้การผสมเข้ากับสัญญาณที่ความถี่ช่วงหนึ่ง นับเป็น 1 แชนแนล ก็จะได้เป็นอีกแชนแนลหนึ่ง ที่สามารถรับส่งไปพร้อมๆ กันได้ วิธีนี้จะส่งได้ไกลขึ้น ส่งข้อมูลได้มากขึ้น ทำให้ความเร็วโดยรวมสูงขึ้น แต่การทำงานของอุปกรณ์ก็ซับซ้อนกว่า และมีราคาสูงตามไปด้วย

2.1.1 สายที่ใช้

Ethernet แบบดั้งเดิมนั้นมีความเร็วเพียง 10 Mbps และมีการต่อสาย 3 แบบ ต่อมาเมื่อสาย Fiber Optic เพิ่มขึ้นมา และสาย UTP ก็พัฒนาขึ้นไปจนทำความเร็วได้เป็น 1000 Mbps ซึ่งสายแต่ละแบบใช้รหัสดังนี้

5 ใช้สายแบบ Thick Coaxial ขนาดใหญ่โยงถึงกัน สายแบบนี้ลากไปได้ไกลไม่เกิน 500 เมตร จึงใช้เลข 5 กำกับ

2 ใช้สายแบบ Thin Coaxial ขนาดเล็กโยงถึงกัน สายแบบนี้ลากไปได้ไกลไม่เกิน 200 เมตร จึงใช้เลข 2 กำกับ

T ใช้สาย UTP (Unshielded Twisted-Pair) แบบที่เรียกว่าสาย Category 5 หรือ CAT 5 ต่อจากทุกเครื่องเข้าหาอุปกรณ์รวมสายหรือ Hub สายแบบนี้ลากไปได้ไกลไม่เกิน 100 เมตรโดยประมาณ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F เป็นระบบใช้สาย Fiber-Optic ซึ่งสามารถลากไปได้ไกลหลายร้อยเมตรขึ้นไป

2.1.2 มาตรฐานที่สำคัญของ Ethernet

10Base-5 ใช้สายแบบ Thick Coaxial ขนาดใหญ่โยงถึงกัน โดยแต่ละจุดจะต้องมีอุปกรณ์ Transceiver เป็นตัวเชื่อม และจาก transceiver นี้ออกไปยังการ์ด LAN จะใช้สายสั้นๆ ที่เรียกว่า AUI Cable อีกทีหนึ่ง

10Base-2 ใช้สายแบบ Thin Coaxial ขนาดเล็กโยงถึงกัน ด้วยการต่อเข้ากับการ์ด LAN โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ Transceiver แต่ต้องมีหัวต่อสามทางที่เรียกว่า T-Connector สำหรับแยกสายเข้าแต่ละเครื่อง และต้องมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Terminator ปิดท้ายที่ปลายสายทั้งสองด้านเพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของสัญญาณที่อาจรบกวนการทำงานได้

10Base-T ใช้สาย UTP (Unshielded Twisted-Pair) แบบที่เรียกว่าสาย Category 5 หรือ CAT 5 ต่อจากทุกเครื่องเข้าหาอุปกรณ์รวมสายหรือ Hub จากนั้นจึงต่อระหว่าง Hub หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (ถ้ามี) ด้วยสาย UTP ก็ได้ หรือบางแบบที่เก๋าก็น้อยก็อาจมีช่องให้ต่อเข้ากับสายแบบ Thick หรือ Thin เพื่อเชื่อมโยงระหว่างแต่ละ Hub อีกทีหนึ่ง

2.1.3 Fast Ethernet และ Gigabit Ethernet

Ethernet ในปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีความเร็วเพิ่มจาก 10 Mbps ขึ้นเป็น 100 และ 1000 Mbps หรือกว่านั้น ซึ่งมากพอที่จะใช้กับข้อมูลขนาดใหญ่หรือภาพนิ่ง รวมทั้งข้อมูลที่ต้องรับส่งให้ได้ตามเวลาจริงหรือ Real-Time เช่น ภาพเคลื่อนไหวและเสียง ได้ดีขึ้นกว่าเดิม ซึ่งมาตรฐานของ Ethernet ความเร็วสูงเหล่านี้อาจจัดเป็นหลายกลุ่มด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 มาตรฐาน

100Base-T เป็นระบบที่พัฒนาต่อจาก Ethernet โดยใช้สายที่ดีขึ้นกว่า 10Base-T เดิม คือควรใช้เป็นสาย UTP แบบ Category 5 (Data-Grade) หรือดีกว่า เช่น สาย CAT5+ หรือ CAT5e ส่วนการต่อจะต้องต่อกับ Hub เช่นเดียวกับ 10Base-T แต่ต้องเป็น Hub ที่ทำมาให้รองรับความเร็ว 100 Mbps ด้วยเท่านั้น สายที่ใช้กับระบบ 100Base-T นี้จะแยกรับส่งข้อมูลเป็น 4 คู่สาย ด้วยความเร็วคู่สายละ 25 Mbps รวมเป็น $25 \times 4 = 100$ Mbps

Gigabit Ethernet หรือเรียกกันเป็น 1000Base-T (สาย UTP) หรือ 1000Base-F (Fiber Optic) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่จะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในระดับความเร็ว 1,000 Mbps หรือ 1 Gigabit per second (1 Gbps) ซึ่งกำลังจะเป็นมาตรฐานใหม่ของเครือข่ายระดับ high-end สำหรับงานที่ต้องการความเร็วสูงมาก เช่น งานกราฟิก หรือใช้เชื่อมต่อตรงช่วงที่เข้าเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้สามารถรองรับงานจากเครื่องอื่นๆ ได้มากพร้อมๆ กัน สายที่ใช้ก็จะมีได้ทั้งแบบที่เป็น UTP (แต่ความยาวไม่มากนัก) และ Fiber Optic

10 Gigabit Ethernet เป็นเทคโนโลยีใหม่ซึ่งจะสามารถรับส่งข้อมูลได้ในระดับความเร็ว 10,000 Mbps หรือ 10 Gbps คาดว่าระยะแรกจะใช้กับการเชื่อมต่อระหว่างเมือง หรือ WAN

2.2 TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) เป็นระบบโปรโตคอล การสื่อสารพื้นฐานของระบบอินเทอร์เน็ต มันสามารถใช้เป็น โปรโตคอลในการสื่อสารภายใน เครือข่ายส่วนบุคคล เรียกว่า intranet และ extranet เมื่อมีการติดต่อโดยตรงกับ internet เครื่องคอมพิวเตอร์จะได้รับการคัดลอกโปรแกรม TCP/IP เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เพื่อให้ส่งข้อความขอรับสารสนเทศ

TCP/IP เป็นโปรแกรม 2 เลเยอร์ TCP (Transmission Control Protocol) เป็นเลเยอร์ที่สูงกว่า ทำหน้าที่จัดการแยกข้อความหรือไฟล์แลปรกอบให้เหมือนเดิม IP (Internet Protocol) เป็นเลเยอร์ที่ต่ำกว่า ทำหน้าที่จัดการส่วนของที่อยู่ของแต่ละชุดข้อมูล เพื่อให้มีปลายทางที่ถูกต้อง เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ทำหน้าที่เป็น Gateway บนเครือข่ายจะตรวจที่อยู่นี้เพื่อหาจุดหมายในการส่งข้อความ ชุดข้อมูลอาจจะใช้เส้นทางไปยังปลายทางต่างกัน แต่ทั้งหมดจะได้รับการประกอบใหม่ที่ปลายทาง

TCP/IP ใช้ในแบบ client/server ในการสื่อสาร (ระหว่างคอมพิวเตอร์) ซึ่งผู้ใช้คอมพิวเตอร์ (client) เป็นผู้ขอและการบริการได้จากคอมพิวเตอร์เครื่องแม่ข่ายในระบบเครือข่าย การสื่อสารของ TCP/IP เป็นแบบจุดต่อจุด (point-to-point) หมายความว่า การสื่อสารแต่ละครั้งเกิดจากจุดหนึ่ง (เครื่อง host เครื่องหนึ่ง) ไปยังจุดอื่นหรือเครื่อง host เครื่องอื่นในเครือข่าย TCP/IP และโปรแกรมประยุกต์ระดับสูงอื่นที่ใช้ TCP/IP สามารถเรียกว่า "Stateless" เพราะการขอแต่ละ client ได้รับการพิจารณาเป็นการขอใหม่โดยไม่สัมพันธ์กับการขอเดิม (แต่แตกต่างจากการสนทนาทางโทรศัพท์) การที่เป็นพาร์ทของเครือข่ายอิสระแบบ "Stateless" ดังนั้นทุกคนสามารถใช้พาร์ทได้อย่างต่อเนื่อง (หมายเหตุ เลเยอร์ของ TCP จะไม่ "Stateless" ถ้ายังทำการส่งข้อความใดข้อความหนึ่ง จะทำการส่งจนกระทั่งชุดข้อมูลนั้นได้รับครบชุด)

ผู้ใช้อินเทอร์เน็ต จำนวนมากคุ้นเคยกับการประยุกต์เลเยอร์ระดับสูง โดยใช้ TCP/IP เพื่อเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ต ทั้งนี้รวมถึง World Wide Web's Hypertext Transfer Protocol (HTTP), File Transfer Protocol (FTP) ซึ่งในการเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ในระยะไกล และ Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) Protocol เหล่านี้ จะเป็นชุดเดียวกับ TCP/IP ในลักษณะ "Suite" เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มักจะเข้าสู่อินเทอร์เน็ต ผ่าน Serial Line Internet Protocol (SLIP) หรือ Point-To-Point Protocol (PPP) โพรโตคอลแบบนี้จะควบคุมชุดข้อมูลของ IP ดังนั้น จึงสามารถใช้ส่งผ่านการติดต่อด้วยสายโทรศัพท์ ผ่านโมเด็ม Protocol ที่สัมพันธ์กับ TCP/IP ได้แก่ User Datagram Protocol (UDP) สำหรับใช้แทน TCP/IP ในกรณีพิเศษ ส่วนโพรโตคอลอื่นที่ใช้โดยเครื่อง host ของเครือข่ายสำหรับการแลกเปลี่ยนสารสนเทศกับ router ได้แก่ Internet Control Message Protocol (ICMP) Interior Gateway Protocol (IGP) Exterior Gateway Protocol (EGP) และ Border Gateway Protocol (BGP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 UDP

User Datagram Protocol (UDP) เป็นวิธีการสื่อสารหรือโพรโตคอลที่จำกัดจำนวนการบริการ เมื่อข่าวสารมีการแลกเปลี่ยน ระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายที่ใช้ Internet Protocol (IP) โดย UDP เป็นตัวเลือกหนึ่งของ Transmission Control Protocol (TCP) และใช้ร่วมกับ IP บางครั้งเรียกว่า UDP/IP ซึ่ง UDP เหมือนกับ TCP ในการใช้ IP ในการตั้งหน่วยข้อมูล (เรียกว่า datagram) จากคอมพิวเตอร์หนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง แต่ต่างจาก TCP โดย UDP ไม่ให้บริการสำหรับการแบ่งข่าวสาร เป็นแพ็คเกจ (datagram) และประกอบขึ้นใหม่เมื่อถึงปลายทางหนึ่ง UDP ไม่ให้ชุดของแพ็คเกจที่ข้อมูลมาถึง หมายความว่า โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ UDP ต้องมีความสามารถในการสร้างมั่นใจว่าข่าวสารที่มาถึงอยู่ใน ลำดับที่ถูกต้อง การประยุกต์เครือข่ายที่ต้องการประหยัดเวลาในการประมวลผล เพราะมีหน่วยข้อมูลใน การแลกเปลี่ยน (ดังนั้น จึงมีข่าวสารน้อยมากในการประกอบขึ้นใหม่) จะชอบ UDP มากกว่า TCP ซึ่ง Trivial File Transfer Protocol (TFTP) ใช้ UDP แทนที่ TCP

UDP ให้ 2 บริการที่ไม่มีโดยเลเยอร์ของ IP คือ Port number เพื่อช่วยแยกแยะการขอของผู้ใช้ และความสามารถ checksum เพื่อตรวจสอบการมาถึงข้อมูล ในแบบจำลองการสื่อสาร Open System Interconnection (OSI) UDP เหมือนกับ TCP คือ อยู่ที่เลเยอร์ 4 Transport Layer

2.4 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode ; LED)

2.4.1 ประวัติ

ถึงแม้ว่าไดโอดแบบผลึกสารกึ่งตัวนำ (Crystal semiconductor diode) จะเป็นที่ยอมรับมาก่อน ไดโอดแบบใช้ความร้อน (Thermionic diode) แต่ไดโอดทั้งสองแบบก็มีพัฒนาการเป็นแบบคู่ขนาน โดย ในปี พ.ศ. 2416 เฟรดเดอริก กัธรี ค้นพบหลักการพื้นฐานในการทำงานของไดโอดแบบใช้ความร้อน กัธรี ค้นพบว่าประจุบวกในอิเล็กโทรสโคป สามารถคายประจุได้เมื่อนำแผ่นกราวด์มาโดนอิเล็กโทรสโคป แต่จะ ไปเกิดในประจุลบ เปรียบเสมือนกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปในทิศทางเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการข้างต้น ในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2423 โทมัส อัลวา เอดิสัน ได้ตรวจสอบไส้หลอดไฟว่าทำไม่ไส้หลอดคาร์บอนบริเวณปลายฝั่งที่ต่อกับขั้วบวกจึงถูกเผาไหม้อยู่เสมอ เอดิสันจึงสร้างกระเปาะแบบพิเศษที่มีแผ่นตัวนำโลหะ (plate) ที่ปิดสนิทอยู่ในหลอดแก้ว เมื่อเอดิสันได้ทดสอบอุปกรณ์ชิ้นนี้แล้ว ก็ทำให้เขายืนยันได้ว่ากระแสที่มองไม่เห็นนั้นจะไหลจากไส้หลอดผ่านสุญญากาศไปยังแผ่นตัวนำโลหะ ซึ่งจะไปทางเดียวเท่านั้น คือแผ่นตัวนำโลหะที่ติดอยู่กับแหล่งจ่ายแรงดันขั้วบวก

เอดิสันวางแผนที่จะใช้อุปกรณ์นี้แทนที่ตัวต้านทานในวงจรโวลต์มิเตอร์กระแสตรง สิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวได้สิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2427 ไม่มีใครนำอุปกรณ์นี้ไปใช้งานจริงในเวลานั้น แต่การจดสิทธิบัตรเอาไว้ก่อนนั้นเป็นเสมือนการปกป้องสิทธิ์ของตนเองเอาไว้ก่อน เราจึงเรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ตัวนี้ว่า “ปรากฏการณ์เอดิสัน” (Edison effect) 20 ปีต่อมา จอห์น แอมบรอส เฟรมมิ่ง (ที่ปรึกษาทางวิทยาศาสตร์ของบริษัทมาร์โคนีของกุสเซลโม มาร์โกนี และเป็นอดีตลูกจ้างของเอดิสัน) ตระหนักถึงความสำคัญของปรากฏการณ์เอดิสันว่าสามารถใช้ในการตรวจจับคลื่นวิทยุได้อย่างแม่นยำ เฟรมมิ่งได้จดสิทธิบัตรไดโอดแบบใช้ความร้อนเป็นตัวแรกที่เขาจะบริเตนใหญ่เมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2447 (ใน U.S. Patent 803,684 กล่าวว่ามีการจดสิทธิบัตรในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2448)

ในปี พ.ศ. 2417 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน คาร์ล เฟอร์ดินานด์ บรอน ค้นพบคุณสมบัติการนำไฟฟ้าข้างเดียวของผลึก บรอนจดสิทธิบัตรการเรียงกระแสของผลึกในปี พ.ศ. 2442 โดยการเรียงตัวของผลึกคอปเปอร์ออกไซด์กับเซลเลนียมถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานไฟฟ้ากำลังในอีก 20 ปีต่อมา จักกฤษ จันทรา โบส นักวิทยาศาสตร์ชาวอินเดียค้นพบการใช้ประโยชน์ของการเรียงกระแสในผลึกมาใช้ในการตรวจจับคลื่นวิทยุเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2437 การใช้ผลึกในการตรวจจับคลื่นวิทยุถูกพัฒนาให้ใช้ได้จริงในทางปฏิบัติในเครื่องรับวิทยุแบบไร้สายโดยกรีนลีฟ ไวท์เทอร์ พิคการ์ดผู้บุกเบิกวงการวิทยุในสหรัฐอเมริกา ได้คิดค้นการนำผลึกซิลิกอนมาใช้ตรวจรับสัญญาณในปี พ.ศ. 2446 และทำการจดสิทธิบัตรในวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2449 ส่วนนักทดลองคนอื่นๆ ก็ได้นำธาตุนานาชนิดมาทำการทดลอง แต่ที่นิยมใช้ในวงกว้างมากที่สุดคือแร่กาลีน่า (lead sulfide สารประกอบของตะกั่วกับกำมะถัน) ในช่วงระยะเวลาแห่งการค้นพบนั้น อุปกรณ์ดังกล่าวถูกตั้งชื่อว่า “ไดโอด” โดยผู้ที่ตั้งชื่อนั้นคือ วิลเลียม เฮนรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

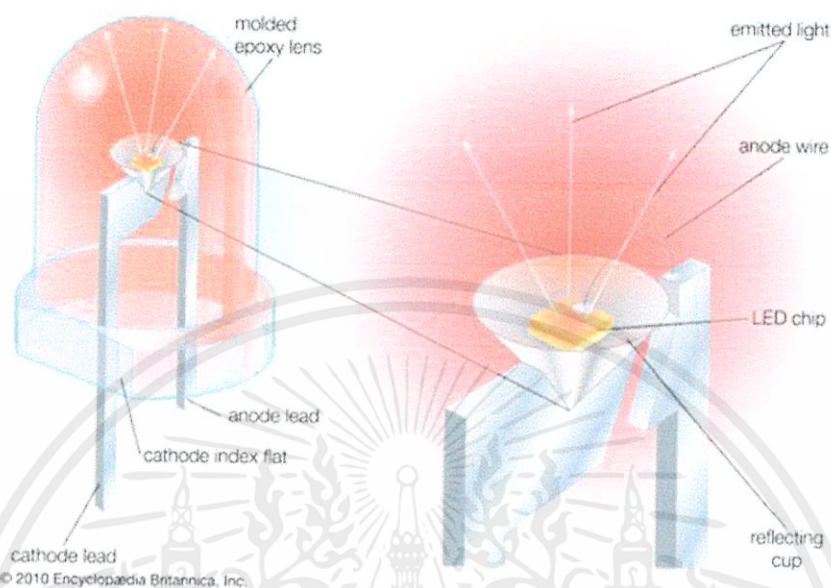
เอคเกิล นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ โดยคำนี้มาจากภาษากรีกคำว่า dia แปลว่าผ่าน และ ode (จากคำว่า ὅδος) แปลว่าเส้นทาง

2.4.2 หลักการทำงานของหลอด LED

หลอด LED หรือไดโอดเปล่งแสง โครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด (สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจกเมื่อจ่ายไฟฟ้า กระแสตรงผ่านตัว LED โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอนโนด (A) จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (K) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้น จนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิด N ไปรวมกับโฮลในสารชนิด P การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ PN ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง

สีของแสงที่เกิดจากรอยต่อจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้าง LED ทั้งชนิดที่เป็นของเหลวและกึ่งตัวนำ เช่น ใช้แกลเลียมฟอสไฟด์ (GALLIUM PHOSPHIDE, GaP) ทำให้เกิดแสงสีแดง ใช้แกลเลียมอาร์เซไนด์ ฟอสไฟด์ (GALLIUM ARSENIDE PHOSPHIDE, GaAsP) เกิดแสงสีเหลืองและเขียว การควบคุมปริมาณแสงสว่างจะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอด LED หากกระแสที่ไหลสูงเกินไปจะทำให้หลอดมีความสว่างมาก แต่หากป้อนกระแสสูงเกินไปจะทำให้บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำเกิดความร้อนปริมาณมากจนทำให้โครงสร้างหลอดเสียหายไม่สามารถใช้งานได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบภายในของ LED

2.5 การทำงานของ Wi-Fi

2.5.1 ประวัติและความเป็นมา

หมายถึงชุดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่สามารถใช้ได้กับมาตรฐานเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย (WLAN) ซึ่งอยู่บนมาตรฐาน IEEE 802.11 เดิมทีวางขายออกมาใช้สำหรับอุปกรณ์พกพาต่างๆ และใช้เครือข่าย LAN เท่านั้น แต่ปัจจุบันนิยมใช้วางขายเพื่อต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยอุปกรณ์พกพาต่างๆ สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าแอคเซสพอยต์ และบริเวณที่ระยะทำการของแอคเซสพอยต์ครอบคลุมเรียกว่า ฮอตสปอต แต่เดิมคำว่า Wi-Fi เป็นชื่อที่ตั้งแทนตัวเลข IEEE 802.11 ซึ่งง่ายกว่าในการจดจำ โดยนำมาจากเครื่องขยายเสียง Hi-Fi อย่างไรก็ตามในปัจจุบันใช้เป็นคำย่อของ Wireless-Fidelity โดยมีแสดงในเว็บไซต์ของ Wi-Fi Alliance โดยใช้ชื่อวางขายเป็นเครื่องหมายการค้า ปัจจุบัน มีการใช้งานวางขายอย่างแพร่หลาย เครื่องเล่นวิดีโอเกม นินเทนโด ดีเอส และพีเอสพีมีความสามารถในการเล่นเกมกับเครื่องอื่นผ่านวางขายเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไวไฟ หรือ เทคโนโลยีเครือข่ายแบบไร้สาย มาตรฐาน IEEE 802.11 ถือกำเนิดขึ้นในปี พ.ศ. 2528 จัดตั้งโดยองค์กรไอทริปเปิลอี (สถาบันวิศวกรรมทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) มีความเร็ว 1 Mbps ในยุคเริ่มแรกนั้นให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งไม่มีการรับรองคุณภาพของการให้บริการที่เรียกว่า QoS (Quality of Service) และมาตรฐานความปลอดภัยต่ำ จากนั้นทาง IEEE จึงจัดตั้ง คณะทำงานขึ้นมาปรับปรุงหลายกลุ่มด้วยกัน โดยที่กลุ่มที่มีผลงานเป็นที่น่าพอใจและได้รับการยอมรับ อย่างเป็นทางการว่า ได้มาตรฐานได้แก่กลุ่ม 802.11a, 802.11b และ 802.11g

2.5.2 มาตรฐานต่างๆของ Wi-Fi

มาตรฐาน IEEE 802.11b เสร็จสมบูรณ์เมื่อปี พ.ศ. 2542 ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า CCK (Complimentary Code Keying) ผสมกับ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) เพื่อปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz (เป็นย่านความถี่ที่เรียกว่า ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งได้รับการจัดสรรไว้ อย่างสากลสำหรับการใช้งานอย่างสาธารณะด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และการแพทย์ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้ก็เช่น IEEE 802.11, Bluetooth, โทรศัพท์ไร้สาย, และเตาไมโครเวฟ) มีระยะการส่ง สัญญาณได้ไกลมาก ถึง 100 เมตร ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายภายใต้มาตรฐานนี้ได้รับการ ผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก และที่สำคัญแต่ละผลิตภัณฑ์มีความสามารถทำงานร่วมกันได้ อุปกรณ์ของ ผู้ผลิตทุกยี่ห้อต้องผ่านการตรวจสอบจากสถาบัน Wi-Fi Alliance เพื่อตรวจสอบมาตรฐานของอุปกรณ์ และความเข้ากันได้ของแต่ละผู้ผลิต ปัจจุบันนี้นิยมนำอุปกรณ์ WLAN ที่มาตรฐาน 802.11b ไปใช้ใน องค์กรธุรกิจ สถาบันการศึกษา สถานที่สาธารณะ และกำลังแพร่เข้าสู่สถานที่พักอาศัยมากขึ้น มาตรฐาน นี้มีระบบเข้ารหัสข้อมูลแบบ WEP ที่ 128 บิต

มาตรฐาน IEEE 802.11a เสร็จสมบูรณ์เมื่อปี พ.ศ. 2542 โดยออกเผยแพร่ช้ากว่าของมาตรฐาน IEEE 802.11b ใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เพื่อปรับปรุงความเร็วในการส่งข้อมูลให้วิ่งได้สูงถึง 54 Mbps บนความถี่ 5Ghz ซึ่งจะมีคลื่นรบกวนน้อยกว่า ความถี่ 2.4 Ghz ที่มาตรฐานอื่นใช้กัน ที่ความเร็วนี้สามารถทำการแพร่ภาพและข่าวสารที่ต้องการความ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียดสูงได้ อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสามารถปรับระดับให้ช้าลงได้ เพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อให้มากขึ้น แต่ทว่าข้อเสียก็คือ ความถี่ 5 GHz นั้น หลายๆประเทศไม่อนุญาตให้ใช้ เช่นประเทศไทย เพราะได้จัดสรรให้อุปกรณ์ประเภทอื่นไปแล้ว และยิ่งไปกว่านั้น ระยะการส่งข้อมูลของ IEEE 802.11a ยังสั้นเพียง 30 เมตรเท่านั้น อีกทั้งอุปกรณ์ของ IEEE 802.11a ยังมีราคาสูงกว่า IEEE 802.11b ด้วย ดังนั้นอุปกรณ์ IEEE 802.11a จึงได้รับความนิยมน้อยกว่า IEEE 802.11b มาก จึงทำให้ไม่ค่อยเป็นที่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร

มาตรฐาน IEEE 802.11g เสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2546 ทางคณะกรรมการ IEEE 802.11g ได้นำเอาเทคโนโลยี OFDM ของ 802.11a มาพัฒนาบนความถี่ 2.4 GHz จึงทำให้ใช้ความเร็ว 36-54 Mbps ซึ่งเป็นความเร็วที่สูงกว่ามาตรฐาน 802.11b ซึ่ง 802.11g สามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน มาตรฐานนี้เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้เป็นจำนวนมากและกำลังจะเข้ามาแทนที่ 802.11b ในอนาคตอันใกล้

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ใช้เทคโนโลยีเฉพาะตัวเข้ามาเสริม ทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 54 Mbps เป็น 108 Mbps แต่ต้องทำงานร่วมกันเฉพาะอุปกรณ์ที่ผลิตจากบริษัทเดียวกันเท่านั้น ซึ่งความสามารถนี้เกิดจากชิป (Chip) กระจายสัญญาณของตัวอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตบางรายสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่ง สัญญาณเป็น 2 เท่าของการรับส่งสัญญาณได้แต่ปัญหาของการกระจายสัญญาณนี้จะมีผลทำให้อุปกรณ์ ไร้สายในมาตรฐาน 802.11b มีประสิทธิภาพลดลงด้วยเช่นกัน

มาตรฐาน IEEE 802.11e คณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานหลักการ Quality of Service สำหรับ application เกี่ยวกับมัลติมีเดีย (Multimedia) เนื่องจาก IEEE 802.11e เป็นการปรับปรุง MAC Layer ดังนั้นมาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ทุกเวอร์ชันได้ แต่อย่างไรก็ตามการทำงานของคณะทำงานชุดนี้ยังไม่แล้วเสร็จในขณะนี้

มาตรฐาน IEEE 802.11i คณะทำงานชุดนี้ได้รับมอบหมายให้ปรับปรุง MAC Layer ของ IEEE 802.11 ในด้านความปลอดภัย เนื่องจากเครือข่าย IEEE 802.11 WLAN มีช่องโหว่อยู่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) ด้วย key ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คณะทำงานชุด IEEE 802.11i จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเอาเทคนิคขั้นสูงมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลด้วย key ที่มีการเปลี่ยนค่าอยู่เสมอและการตรวจสอบผู้ใช้ที่มีความปลอดภัยสูง มาตรฐานเพิ่มเติมนี้จึงสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ IEEE 802.11 WLAN ทุกเวอร์ชันได้ แต่อย่างไรก็ตามการทำงานของคณะทำงานชุดนี้ยังไม่แล้วเสร็จในขณะนี้

มาตรฐาน IEEE 802.11n เป็นมาตรฐานใหม่ที่ทางWi-Fi Alliance กำลังอยู่ในช่วงการทดสอบ โดยคาดว่าจะมีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลอยู่ที่ 74 Mbps และสูงสุดที่ 248 Mbps ซึ่งหมายถึงว่าความเร็วกว่ารุ่นก่อนถึงประมาณ 5 เท่า นอกจากนี้ก็ยังมีรัศมีทำการภายในอาคารที่ 70 เมตร และนอกอาคารที่ 160 เมตร เพิ่มความสามารถในการกันสัญญาณกวนจากอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ความถี่ 2.4GHz เหมือนกัน และสามารถรองรับอุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ได้ มาตรฐาน IEEE 802.11n นี้ได้เสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2552

2.5.3 ลักษณะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

2.5.3.1 โหมด Infrastructure

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ในเครือข่ายวายฟาย จะเชื่อมต่อกันในลักษณะของโหมด Infrastructure ซึ่งเป็นโหมดที่อนุญาตให้อุปกรณ์ภายใน LAN สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่นได้ ในโหมด Infrastructure นี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 2 ประเภทได้แก่ สถานีผู้ใช้ (Client Station) ซึ่งก็คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Desktop, แล็ปท็อป, หรือ PDA ต่างๆ) ที่มีอุปกรณ์ Client Adapter เพื่อใช้รับส่งข้อมูลผ่านวายฟาย และสถานีแม่ข่าย (Access Point) ซึ่งทำหน้าที่ต่อเชื่อมสถานีผู้ใช้เข้ากับเครือข่ายอื่น (ซึ่งโดยปกติจะเป็นเครือข่าย IEEE 802.3 Ethernet LAN) การทำงานในโหมด Infrastructure มีพื้นฐานมาจากระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ กล่าวคือสถานีผู้ใช้จะสามารถรับส่งข้อมูลโดยตรงกับสถานีแม่ข่ายที่ให้บริการ แก่สถานีผู้ใช้นั้นๆ ส่วนสถานีแม่ข่ายจะทำหน้าที่ส่งต่อ (forward) ข้อมูลที่ได้รับจากสถานีผู้ใช้ไปยังจุดหมายปลายทางหรือส่งต่อข้อมูลที่ได้ รับจากเครือข่ายอื่นมายังสถานีผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.2 โหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer

เครือข่ายวายพายในโหมด Ad-Hoc หรือ Peer-to-Peer เป็นเครือข่ายที่ปิดคือไม่มีสถานีแม่ข่าย และไม่มี การเชื่อมต่อ กับ เครือข่ายอื่น บริเวณของเครือข่ายวายพายในโหมด Ad-Hoc จะเรียกว่า Independent Basic Service Set (IBSS) ซึ่งสถานีผู้ใช้หนึ่งสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับสถานีผู้ใช้อื่นๆ ในเขต IBSS เดียวกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านสถานีแม่ข่าย แต่สถานีผู้ใช้จะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกับ เครือข่ายอื่น ๆ ได้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

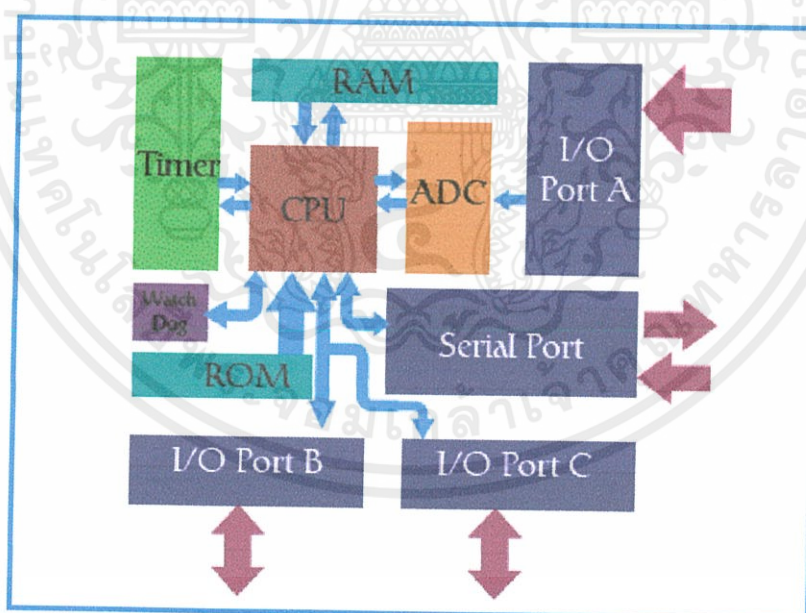
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่ คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถัง เดียวกัน

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บ โปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของ เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานขดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะ ทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำ แรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และ พอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะใช้การกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น
4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)
5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย



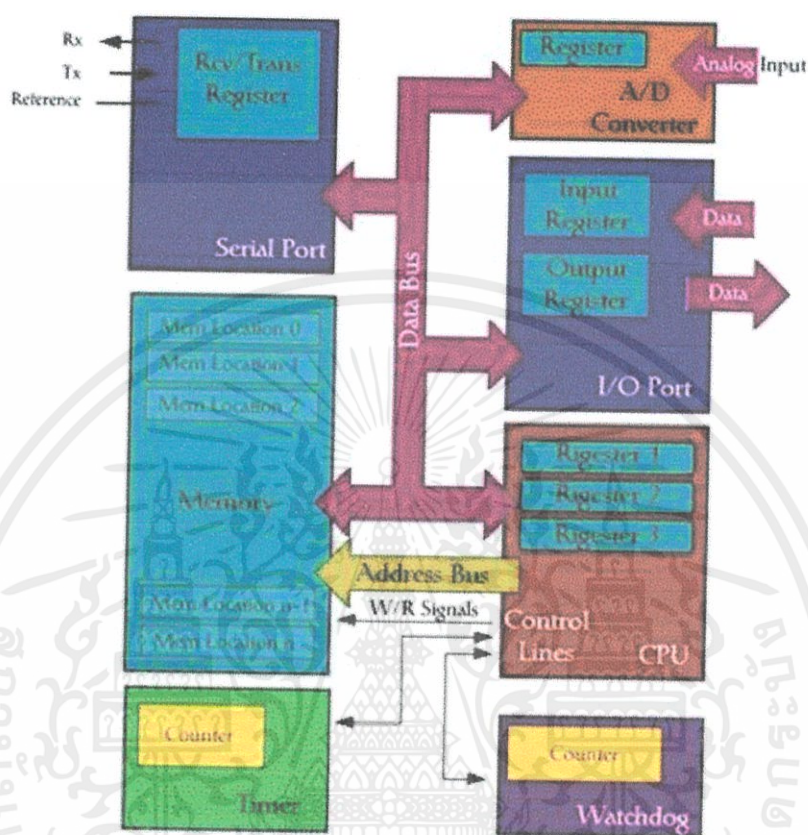
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีส่วนพิเศษอื่นๆ จะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่จะผลิตขึ้นมาใส่คุณสมบัติพิเศษลงไปเช่น

- ADC (Analog to Digital) ส่วนภาครับสัญญาณอนาล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิทัล
- DAC (Digital to Analog) ส่วนภาคส่งสัญญาณดิจิทัลแปลงไปเป็นสัญญาณอนาล็อก
- I2C (Inter Integrate Circuit Bus) เป็นการสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสาร ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips Semiconductors โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ serial data (SDA) และสาย serial clock (SCL) ซึ่งสามารถ เชื่อมต่ออุปกรณ์ จำนวนหลายๆ ตัว เข้าด้วยกันได้ ทำให้ MCU ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น
- SPI (Serial Peripheral Interface) เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronize) มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องกับระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หรือจะเป็นอุปกรณ์ภายนอกที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ SPI อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) โดยปกติแล้วจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ หรืออาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ Master จะต้องควบคุมอุปกรณ์ Slave ได้ โดยปกติตัว Slave มักจะเป็นไอซี (IC) หน้าที่พิเศษต่างๆ เช่น ไอซีอุณหภูมิ, ไอซีฐานเวลาดิจิทัลจริง (Real-Time Clock) หรืออาจเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ในโหมด Slave ก็ได้เช่นกัน
- PWM (Pulse Width Modulation) การสร้างสัญญาณพัลส์แบบสแควร์เวฟ ที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่และ Duty Cycle ได้เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์
- UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส สำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโคร คอนโทรลเลอร์ มีด้วยกันหลายประเภทแบ่งตามสถาปัตยกรรม

(การผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล) ที่มีใช้ในปัจจุบันยกตัวอย่างดังนี้

1. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip ไมโครชิป)
2. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel, Phillips)
3. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)
4. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7,ARM9 (บริษัทผู้ผลิต Atmel, Phillips, Analog Device, Sumsung, STMicroelectronics)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)
6. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล PSOC (บริษัทผู้ผลิต CYPRESS)
7. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP (บริษัทผู้ผลิต Texas Instruments)
8. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC (บริษัทผู้ผลิต MOTOROLA)
9. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล H8 (บริษัทผู้ผลิต Renesas)
10. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล RABBIT (บริษัทผู้ผลิต RABBIT SEMICONDUCTOR)
11. ไมโคร คอนโทรลเลอร์ตระกูล Z80 (บริษัทผู้ผลิต Zilog)

2.7 เทคโนโลยี NFC (Near Field Communication)

Near Field Communication (NFC) เป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีการส่งข้อมูลแบบไร้สาย และเทคโนโลยีการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ เทคโนโลยีไร้สายที่นำมาใช้ใน NFC คือ เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี NFC ใช้คลื่นความถี่ 13.56 Mhz. ซึ่งเทคโนโลยี NFC จะรองรับกับเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีตามรายละเอียดด้านล่าง

NFC Forum Platform	RFID Compatible
NFC Forum Type 1 tag	Innovision Topaz
NFC Forum Type 2 tag	Mifare Ultralight Mifare Ultralight C
NFC Forum Type 3 tag	Sony Felica
NFC Forum Type 4 tag	DESfire SmartMX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยี NFC นี้ช่วยให้การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สามารถทำได้ง่ายขึ้น ต่างจากเทคโนโลยีไร้สายประเภทอื่น ได้แก่ WIFI หรือ Bluetooth ที่ต้องมีตั้งค่าต่าง ๆ ก่อนการใช้งาน แต่เทคโนโลยี NFC เพียงแค่นำอุปกรณ์มือถือ เช่น โทรศัพท์ ไปใกล้กับเครื่องอ่านหรืออาร์เอฟไอดีการ์ด (RFID tag) ก็จะสามารถที่จะทำการส่งข้อมูลระหว่างกันได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องมีการตั้งค่าใดใดก่อนการใช้งาน การใช้งานเทคโนโลยี NFC มีได้สามลักษณะ ได้แก่

1. ทำงานเป็นอาร์เอฟไอดีการ์ด (RFID Tag) อุปกรณ์มือถือ เช่นโทรศัพท์มือถือที่มีเครื่องอ่าน NFC ฝังอยู่สามารถทำงานเป็น RFID tag ได้ซึ่งต่างจากเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีในปัจจุบันที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องอ่านเพียงอย่างเดียว การทำงานในลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะใช้ใน Application ในเรื่องการเงิน เช่น การจ่ายเงินชำระค่าผ่านทาง การจ่ายเงินตาม POS ต่าง ๆ เพียงแค่นำโทรศัพท์มือถือไปใกล้กับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ที่ติดตั้งไว้ที่จุดชำระเงิน ก็สามารถทำการชำระเงินได้ แทนการชำระเงินด้วยบัตรอาร์เอฟไอดีหรือเงินสด

2. ทำงานเป็นเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี อุปกรณ์มือถือ เช่นโทรศัพท์มือถือที่มีเครื่องอ่าน NFC ฝังอยู่สามารถทำงานเป็นเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอาร์เอฟไอดีการ์ด (RFID Tag) เช่น การใช้งานในลักษณะ Smart Poster เป็นต้น โดยที่โปสเตอร์จะมีอาร์เอฟไอดีสติ๊กเกอร์ (RFID Sticker) เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจาก RFID Sticker เพียงแค่นำโทรศัพท์มือถือที่มีเครื่องอ่านไปอ่านอาร์เอฟไอดีสติ๊กเกอร์บนโปสเตอร์ ข้อมูลในโปสเตอร์ก็จะปรากฏขึ้นมาบนโทรศัพท์มือถือ

3. การสื่อสารในลักษณะ Pier to Pier (P2P) เครื่องอ่าน NFC สองเครื่องสามารถที่จะติดต่อสื่อสารกันโดยตรงได้ เมื่อต้องการส่งข้อมูล ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์มือถือสองเครื่องที่มีฟังก์ชัน NFC สามารถที่จะส่งข้อมูลให้แก่กันได้โดยตรง เพียงนำโทรศัพท์ทั้งสองเครื่อง เข้ามาใกล้กันในระยะที่เครื่องอ่านที่อยู่ในโทรศัพท์ทั้งสองสามารถอ่านกันได้ ก็สามารถที่จะส่งข้อมูลถึงกันได้ โดยไม่ต้องผ่านเครือข่ายของโทรศัพท์มือถือ ไม่ว่าจะเป็น GPRS หรือ EDGE เป็นต้น

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยี NFC จะได้รับการกล่าวถึงเป็นอย่างมากในปัจจุบัน แต่อุปกรณ์มือถือที่รองรับเทคโนโลยี NFC ยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นในช่วงการเปลี่ยนผ่านจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อรองรับกับเทคโนโลยี NFC ที่กำลังจะเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยี SIM Card + เสวอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการต่อเสาอากาศเพิ่มจาก SIM Card ของโทรศัพท์มือถือ ได้แก่ SIMpass, N-Flex เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ ใช้อาร์เอฟไอดีคลื่นความถี่ 13.56 Mhz เหมือนกับเทคโนโลยี NFC เทคโนโลยีนี้มีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศจีน



รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการใช้งาน NFC กับซิมการ์ด

เทคโนโลยีอีกประเภทคือ การติดอาร์เอฟไอดีการ์ด (RFID Tag) หรือสติ๊กเกอร์บนโทรศัพท์มือถือ (ดูเพิ่มเติมใน ช่วยlink ไปที่ web เราในส่วน Tag ที่มี product mobile phone tag) จากเดิมที่อาร์เอฟไอดีสติ๊กเกอร์(RFID Tag)ไม่สามารถที่จะทำงานบนผิวโลหะได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสติ๊กเกอร์ (RFID Tag) มีการพัฒนาให้สามารถทำงานบนผิวโลหะได้ และมีขนาดเล็กและบางเพื่อรองกับSmart Phone ที่มีพื้นผิวเป็นโลหะ เช่น Blackberry เป็นต้น

2.7.1 ความแตกต่างระหว่าง NFC กับ RFID

2.7.1.1 RFID (Radio Frequency Identification)

เทคโนโลยี อาร์เอฟไอดี (RFID ย่อมาจากคำเต็มว่า Radio-frequency identification) จะเป็นวิธีการในการเก็บข้อมูลหรือระบุข้อมูลแบบอัตโนมัติ โดยทำงานผ่านการรับสัญญาณจากแท็กเข้าสู่ตัวส่งสัญญาณ ผ่านทางคลื่นวิทยุ แท็กของอาร์เอฟไอดีโดยปกติจะมีขนาดเล็กซึ่งสามารถติดตั้งเข้ากับผลิตภัณฑ์สินค้า สัตว์ บุคคลได้ ซึ่งเมื่อตัวส่งสัญญาณส่งคลื่นวิทยุไป และพบเจอแท็กนี้ สัญญาณจะถูกส่งกลับพร้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับข้อมูลที่เก็บไว้ในแท็ก โดยตัวส่งสัญญาณนี้เองยังสามารถบันทึกข้อมูลลงในแท็กได้ แท็กอาร์เอฟไอดีจะประกอบไปด้วยสองส่วนหลักคือ ส่วนวงจรไฟฟ้าที่เก็บข้อมูลและคำนวณการของข้อมูล และอีกส่วนคือ ส่วนเสาอากาศหรือตัวรับส่งสัญญาณ RFID tag มีการทำงานบางส่วนที่สามารถทำงานได้ในขณะที่ไม่มีแบตเตอรี่ และมีแบตเตอรี่ นั่นคือการอ่านและเขียนบน EEPROM ผ่านทาง Low frequency radio

เทคโนโลยี RFID นั้นเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากทั่วโลกในขณะนี้ ด้วยเชื่อว่าจะเป็นเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวันและการดำเนิน ธุรกิจ เพราะเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น ในระบบค้าปลีก คำสั่ง การผลิต จนกระทั่งการบริหารจัดการ Supply Chain และระบบ Logistic ตลอดจนระบบรักษาความปลอดภัย (Security & Access Control) และคาดว่าจะจะเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาททดแทนระบบบาร์โค้ด ด้วยคุณสมบัติของตัวชิปที่มีศักยภาพสูงกว่า อาจกล่าวได้ว่า เทคโนโลยี RFID เป็นระบบเก็บข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเพิ่มขีดความสามารถในการบันทึกและรักษาความปลอดภัยของข้อมูล และส่งกำลังโดยคลื่นแม่เหล็กหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแทนการสัมผัสทางกายภาพ

ดร.นัย วุฒิ วงษ์โคเมท กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไออี เทคโนโลยี จำกัด กล่าวว่า เทคโนโลยี RFID เป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์และมี Application การใช้งานที่หลากหลาย โดยมีจุดเด่นที่สำคัญ คือ การเป็นชิปขนาดเล็กที่มี ID สามารถเก็บข้อมูลได้ เป็นชิปที่เอื้ออำนวยต่อการ Integrated ระบบต่างๆ ทั้งยังมี Security ที่ดี สามารถนำไปใช้กับการทำงานด้านการเงินและ e-Purchase ได้ ซึ่งหากระบบ RFID มีการ Integration ที่ดีจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ เป็นอีก หนึ่งคุณสมบัติที่ดีของการนำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้ ทำให้เกิดความสะดวกสบายกับผู้ใช้งานและผู้บริโภค โดยเฉพาะเมื่อนำคุณสมบัติของเทคโนโลยี RFID มา เปรียบเทียบกับการใช้บาร์โค้ด ย่อมแสดงถึงการมี Reliability ที่ดีกว่า เพราะรหัสไม่เลือนหาย และมีหน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลไว้ในชิปได้นาน ปัจจุบันการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID สามารถ แบ่ง Application การใช้งานได้ 4 กลุ่มหลัก คือ

- 1) Access Control เป็นลักษณะของ Personal Identification เกี่ยวกับการควบคุมการเข้าออกอาคารหรือสถานที่ต่างๆ
- 2) Member Card เพื่อสนับสนุนการใช้งานด้าน Retail และ e-Purchasing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) Logistic และ Supply Chain Management
- 4) Animal Tracking งานที่เกี่ยวข้องกับด้านการเกษตรและปศุสัตว์ ซึ่งประเทศไทยสามารถนำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้งานได้เป็นอย่างดี

RFID เป็นเทคโนโลยีที่มีมานาน แต่ยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ยังมีขนาดใหญ่ไม่สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน ปัจจุบัน เทคโนโลยีนี้กำลังจะมีบทบาทมากขึ้นอย่างรวดเร็ว และเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราอย่างเลี่ยงไม่ได้ ส่วนประกอบของระบบ RFID มี 2 ส่วนดังนี้

- 1) RFID Tags หรือ Transponder
- 2) เครื่องอ่าน Reader หรือ Interrogator

พื้นฐานของ RFID คือความต้องการให้ สิ่งมีชีวิต วัตถุ หรือ เจ้าของวัตถุ ที่มีฉลากหรือป้าย RFID ติดอยู่สามารถแจ้งข้อมูล ประวัติ หรือ ลักษณะเฉพาะ ของตัวเองให้ผู้อื่น ที่มีเครื่องอ่าน RFID ทราบได้ผ่านทางคลื่นวิทยุโดยอัตโนมัติ RFID คือการใช้ไอซีประเภทไมโครชิปใส่ไว้ในป้ายหรือฉลาก ซึ่งไมโครชิปจะเก็บข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นไว้ และส่งสัญญาณข้อมูลออกมาด้วยความถี่วิทยุที่กำหนดไว้ ไปยังเครื่องรับหรือเครื่องอ่านข้อมูลRFID ที่อยู่ในระยะส่ง แผ่น ป้ายหรือฉลากที่ระบุข้อมูลไว้ในไมโครชิปนี้ เราเรียกว่า RFID Tags หรือ Transponder แผ่นป้ายระบุข้อมูล (RFID Tags) ประกอบด้วยแผงวงจรไมโครชิปกับเสาอากาศขนาดเล็ก (แบบไดโพล) ที่ฝังเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นป้ายระบุข้อมูล

RFID tags แบ่งได้เป็นสองประเภท ได้แก่ 1. Active RFID tags และ 2. Passive RFID tags

- 1) Active RFID tags ต้องใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (แบตเตอรี่) ที่ติดตั้งอยู่ภายในเพื่อการทำงาน ข้อสังเกต คือ ราคาแพง, มีขนาดใหญ่กว่าแบบPassive, อายุการใช้งานจำกัด, ไม่ต้องใช้เครื่องอ่านที่มี กำลังสูง
- 2) Passive RFID tags ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 ความแตกต่างระหว่าง NFC และ RFID

ความ ที่ RFID เป็นเทคโนโลยีที่มี Applications การนำไปใช้ที่กว้างมากแบ่งแยกกันไปตามย่านของความถี่เช่นถ้าเป็นย่าน LF ก็จะเป็นในพวกปคัสต์ร์ ถ้าเป็นย่าน HF ก็จะเป็นพวก security access, transportation, cash card และถ้าเป็นย่าน UHF ก็จะเป็นทางด้าน logistics, supply chain, warehouse ต่างๆ หากเราพูดกันถึงย่าน HF (13.56MHz) ก็จะมีเรื่องของ NFC หรือ Near Field Communications ซึ่งจริงๆถ้าไม่ได้ตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องก็อาจจะไปแปลตรงๆ แล้วก็นึกว่าเป็นการพูดถึง Near Field กับ Far Field ที่เป็นการแยกแยะ mechanism ในการทำงานของ RFID ที่ใช้ inductive coupling กับ backscattering ตามลำดับ และก็จะนึกว่า Near Field Communications ก็คือ RFID ในย่าน 13.56 MHz นั่นเอง ซึ่งก็จะกลายเป็นคนละความหมายของคนที่พูดถึง NFC ไป เพราะ NFC นั้นจะหมายถึง 2-way communications ในแบบ short range ที่ใช้เทคโนโลยี RFID โดยมักจะ focus ไปที่การนำไปใช้ในมือถือเป็นหลักก่อน และ application ก็หลากหลายมากตั้งแต่ใช้จ่ายเงิน ซื้อตั๋วต่างๆ ขึ้นรถไฟฟ้า access เข้าประตู เป็นต้น

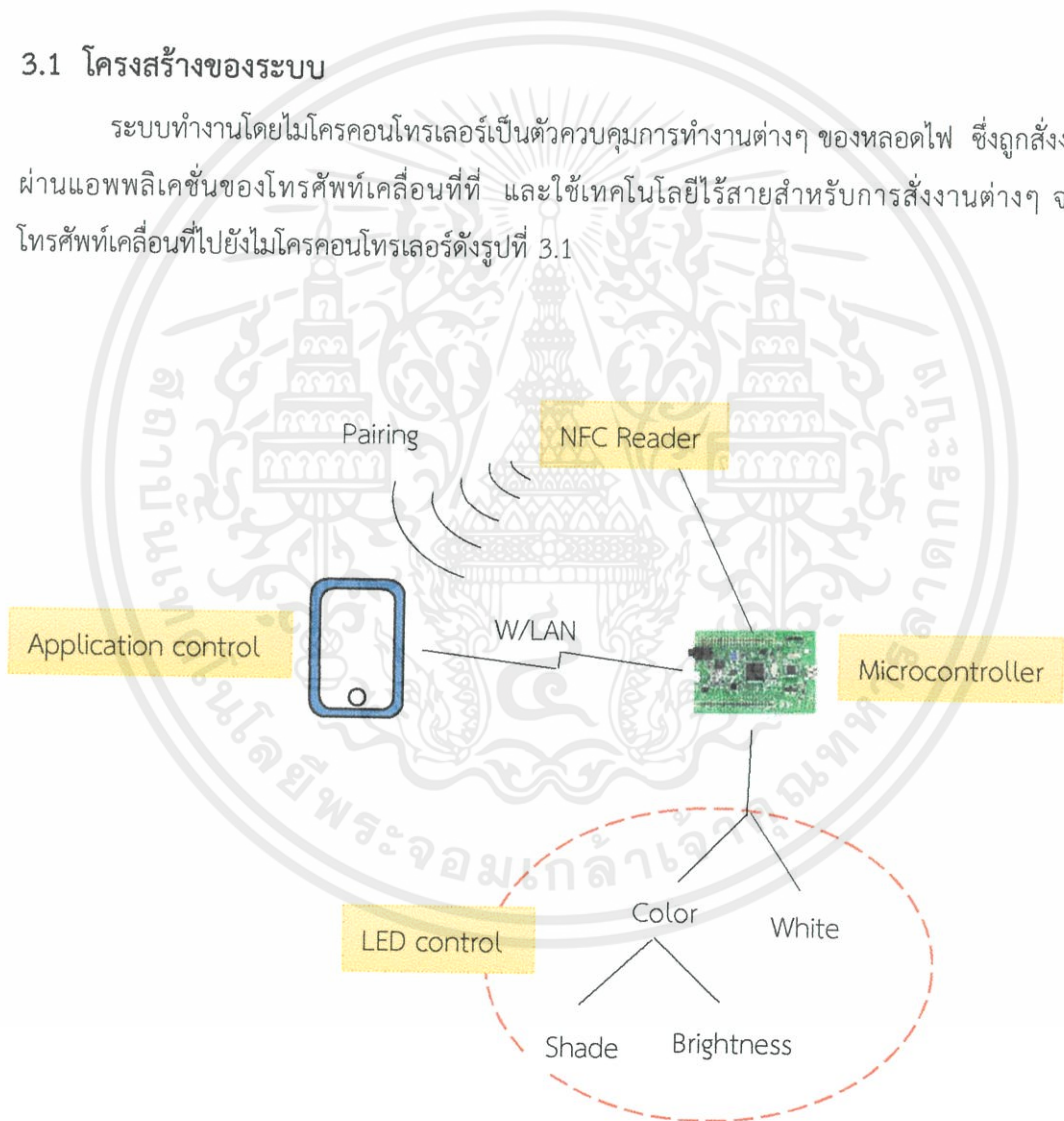
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนา

3.1 โครงสร้างของระบบ

ระบบทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานต่างๆ ของหลอดไฟ ซึ่งถูกสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ และใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับการสั่งงานต่างๆ จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมหลอดไฟ

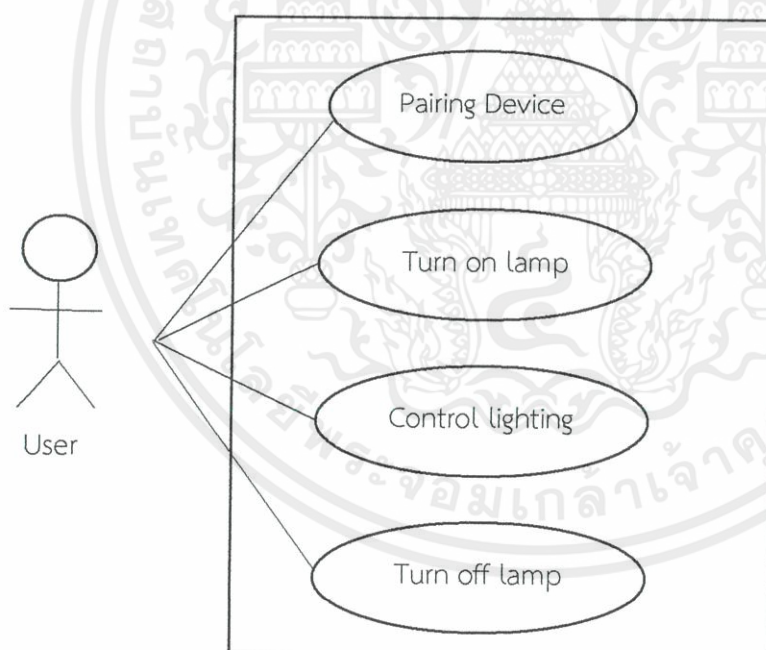
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบ

1. ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ แสดงกราฟฟิกและรับคำสั่งจากผู้ใช้งานแอปพลิเคชันผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ประมวลผลคำสั่งควบคุมหลอดไฟจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ส่งเข้ามา และสั่งการให้หลอดไฟทำงานตามที่ใช้ต้องการ

3.3 ยูสเคสไดอะแกรม (Use case diagram)

เป็นส่วนที่แสดงถึงการใช้งานของผู้ใช้ที่กระทำต่อระบบ ได้แก่ การจับคู่อุปกรณ์เพื่อทำให้สามารถสั่งงานได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่, การควบคุมแสงไฟของหลอดไฟเป็นตัวส่งคำสั่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหลอดไฟให้ทำงานตามต้องการ



รูปที่ 3.2 Use case diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 คำอธิบายยูสเคส (Use case description)

ในส่วนของรายละเอียดของยูสเคสส่วนต่างๆ ของระบบที่เกิดจากผู้ใช้นี้

1. คำอธิบาย Pairing Device
2. คำอธิบาย Turn on lump
3. คำอธิบาย Control lighting
4. คำอธิบาย Turn off lump

ตารางที่ 3.1 Pairing Device

Use case name	Pairing Device
Description	ผู้ใช้งานจะต้องทำการจับคู่กับอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่กับระบบควบคุมหลอดไฟ
Actors	ผู้ใช้งาน
Trigger	เมื่อผู้ใช้งานต้องการจะติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมหลอดไฟ
Preconditions	ต้องเข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟ
Basic course of event	1. ผู้ใช้งานเข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟ 2. ผู้ใช้งานใส่ IP Address ของไมโครคอนโทรลเลอร์
Exception	-
Post conditions	เมื่อมีการจับคู่อุปกรณ์แล้วจะสามารถควบคุมการทำงานของหลอดไฟได้

ตารางที่ 3.2 Turn on lump

Use case name	Turn on lump
Description	ผู้ใช้งานสามารถเปิดหลอดไฟที่ต้องการควบคุม
Actors	ผู้ใช้งาน
Trigger	เมื่อผู้ใช้งานต้องการเปิดหลอดไฟที่ได้เลือกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preconditions	ผู้ใช้งานต้องเข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟและเลือกหลอดไฟที่ต้องการควบคุม
Basic course of event	1. ผู้ใช้เข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟ 2. เปิดหลอดไฟที่ต้องการควบคุม
Exception	หากผู้ใช้ไม่เลือกหลอดไฟ จะไม่มีการทำงานเกิดขึ้น
Post conditions	หลอดไฟทำงานและสามารถควบคุมแสงไฟได้

ตารางที่ 3.3 Control lighting

Use case name	Control lighting
Description	ผู้ใช้งานสามารถควบคุมแสงไฟได้ตามต้องการ
Actors	ผู้ใช้
Trigger	เมื่อผู้ใช้งานต้องการควบคุมแสงไฟของหลอดไฟที่ได้เลือกแล้ว
Preconditions	ผู้ใช้งานต้องเข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟและเลือกหลอดไฟที่ต้องการควบคุม
Basic course of event	1. เข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟ 2. ผู้ใช้เปิดหลอดไฟ 3. ควบคุมแสงไฟได้ตามต้องการ
Exception	-
Post conditions	หลอดไฟสามารถควบคุมแสงไฟได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

ตารางที่ 3.4 Turn off lamp

Use case name	Turn off lamp
Description	ผู้ใช้งานสามารถเปิดหลอดไฟที่ต้องการควบคุม
Actors	ผู้ใช้
Trigger	เมื่อผู้ใช้งานต้องการปิดหลอดไฟหลังการใช้งาน

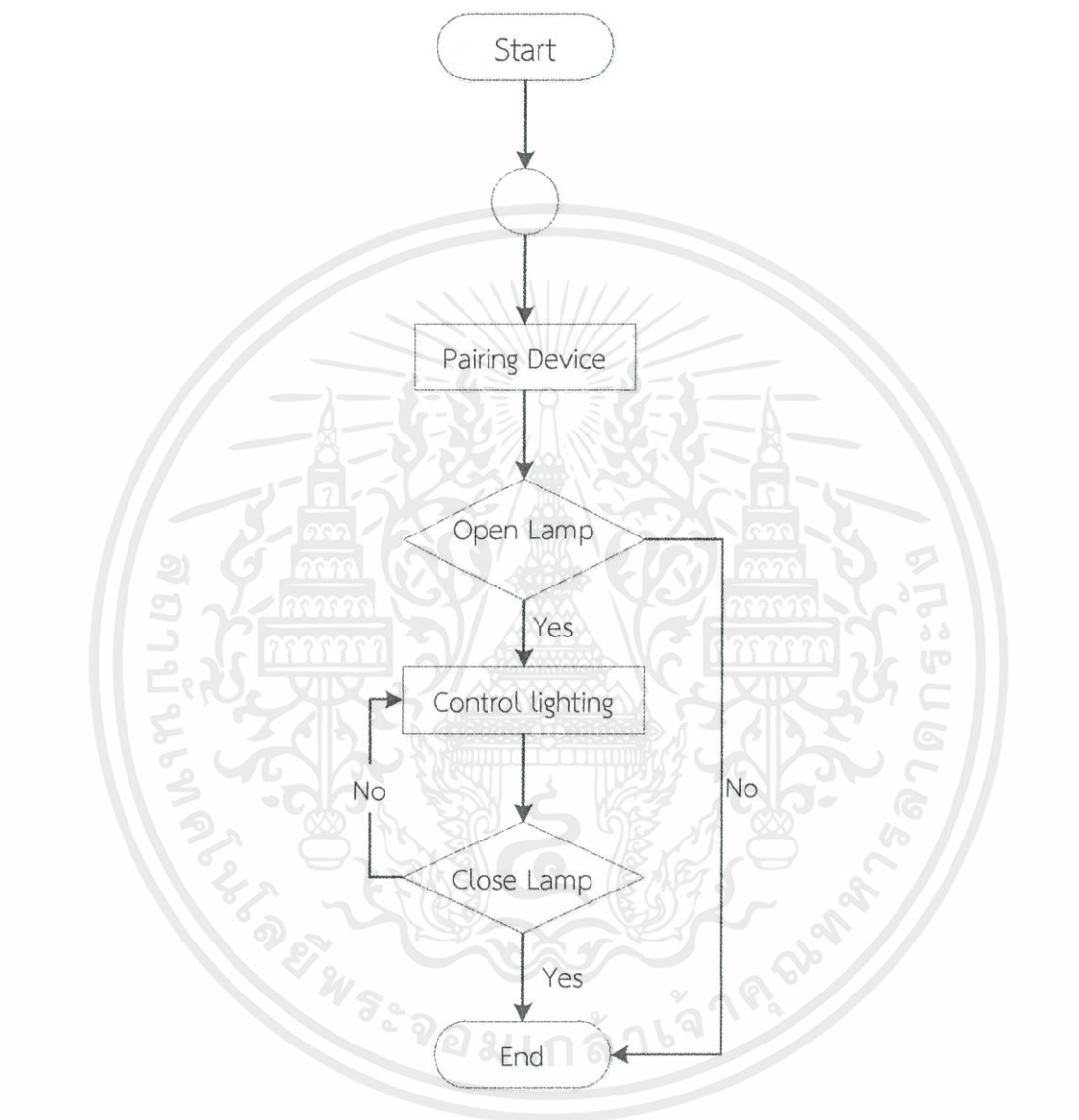
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preconditions	ผู้ใช้งานต้องเข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟและเลือกหลอดไฟที่ต้องการควบคุม
Basic course of event	1. ผู้ใช้เข้าแอปพลิเคชันควบคุมหลอดไฟ 2. ปิดหลอดไฟที่ต้องการควบคุม
Exception	-
Post conditions	หลอดไฟปิดการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

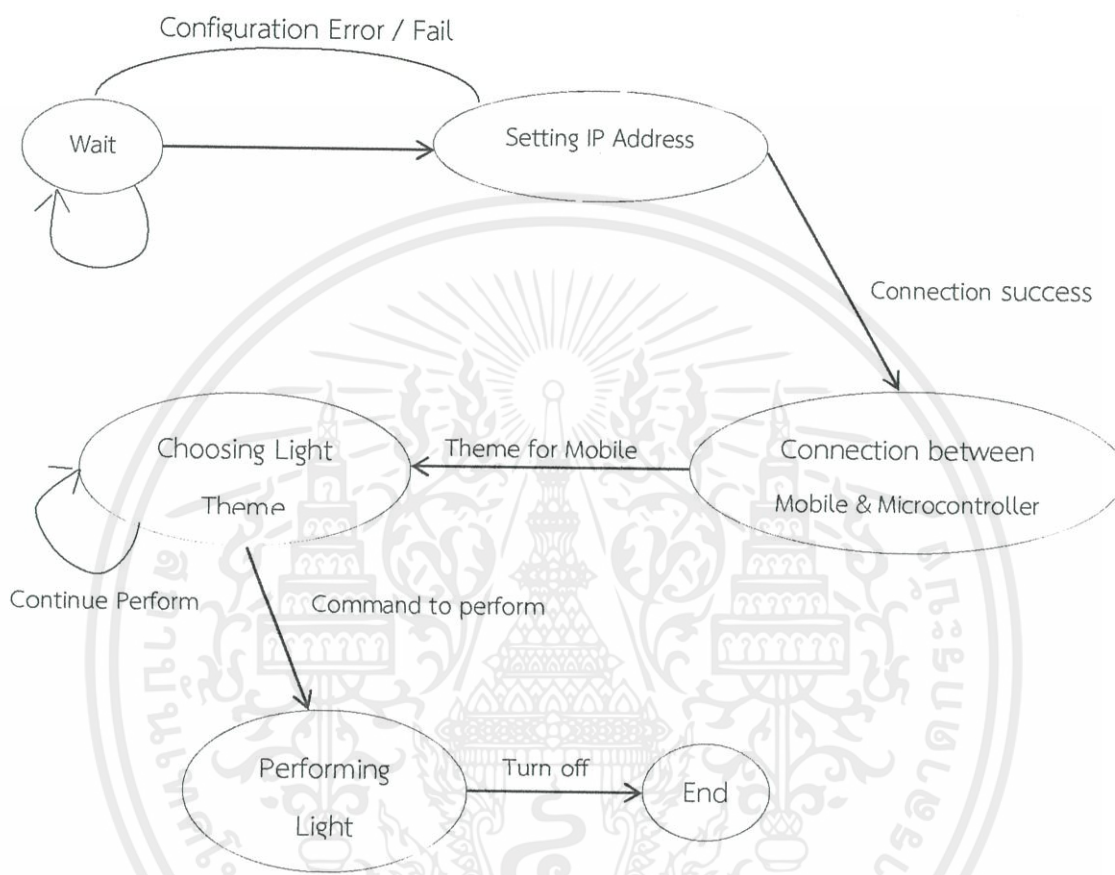
3.4 Flow chart



รูปที่ 3.3 Flow chart แสดงการทำงานโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

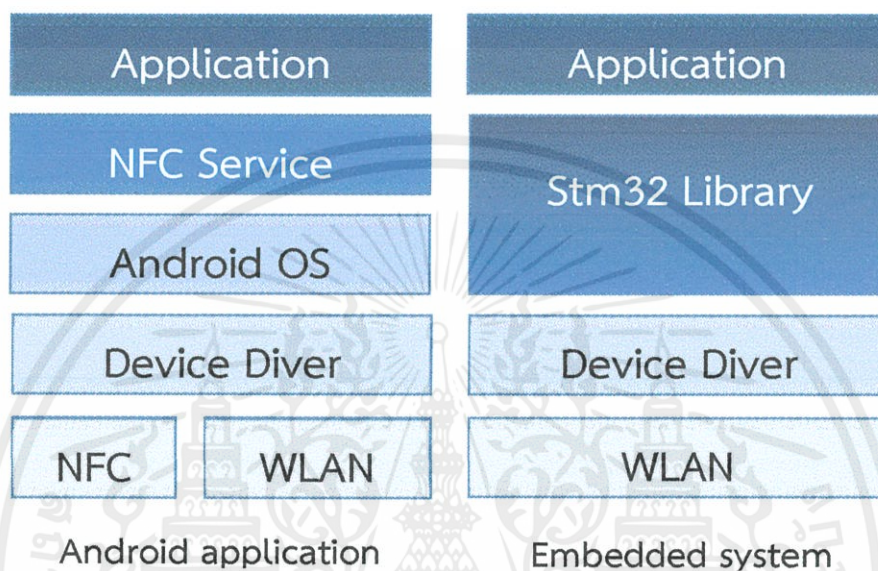
3.5 State Diagram



รูปที่ 3.4 State Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Software stack



รูปที่ 3.5 Software stack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ แสดงกราฟฟิกและรับคำสั่งจากผู้ใช้งานแอปพลิเคชันผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบ่งเป็นหน้าต่างๆ ดังนี้

3.6.1 หน้าแรก

หน้าแรกของแอปพลิเคชัน เป็นส่วนเริ่มต้นของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.6 หน้าแรกของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 หน้าการเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์

หน้าการเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์ เป็นส่วนให้ผู้ใช้แท็กโทรศัพท์กับ NFC tag เพื่อเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์



รูปที่ 3.7 หน้าการเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 หน้าการเชื่อมต่อและจับคู่อุปกรณ์ (2)

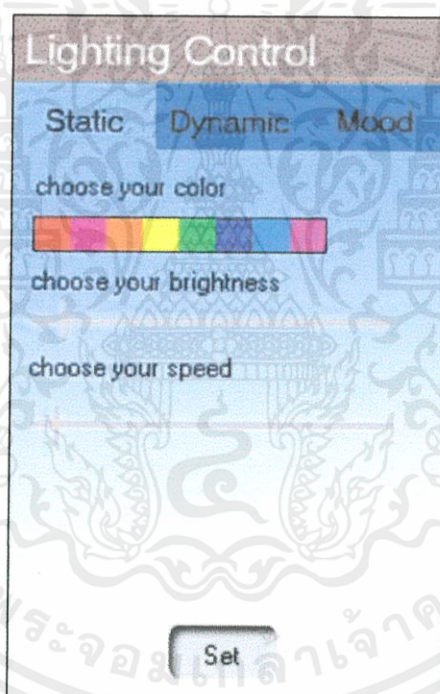
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 หน้าการควบคุมหลอดไฟ

หน้าการควบคุมหลอดไฟจะแบ่งการทำงานเป็นโหมดต่างๆ ซึ่งออกแบบไว้ให้แสดงกราฟฟิกเป็นแท็บของแอปพลิเคชัน ได้แก่ หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Static หน้า ,การควบคุมหลอดไฟแบบ Dynamic หน้า ,การควบคุมหลอดไฟแบบ Mood

3.6.3.1 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Static

หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Static เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้สามารถกำหนดสีของหลอดไฟได้เพียงสีเดียว แต่สามารถปรับความสว่างและความเร็วได้ตามต้องการ

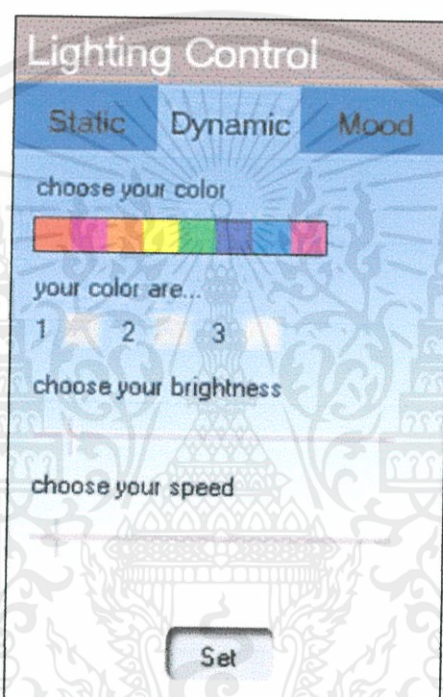


รูปที่ 3.9 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Static

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.2 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Dynamic

หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Dynamic เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้สามารถกำหนดสีของหลอดไฟได้ตามหลายสี เพื่อให้มีทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ สามารถเปลี่ยนเป็นสีตามที่ผู้ใช้กำหนดวนไปเรื่อยๆ และสามารถปรับความสว่างและความเร็วได้ตามต้องการ



รูปที่ 3.10 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Dynamic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.3 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Mood

หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Mood เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้สามารถเลือกสีหลอดไฟตามที่เราได้กำหนดมาให้ในรูปแบบของอารมณ์ต่างๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ



รูปที่ 3.11 หน้าการควบคุมหลอดไฟแบบ Mood

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

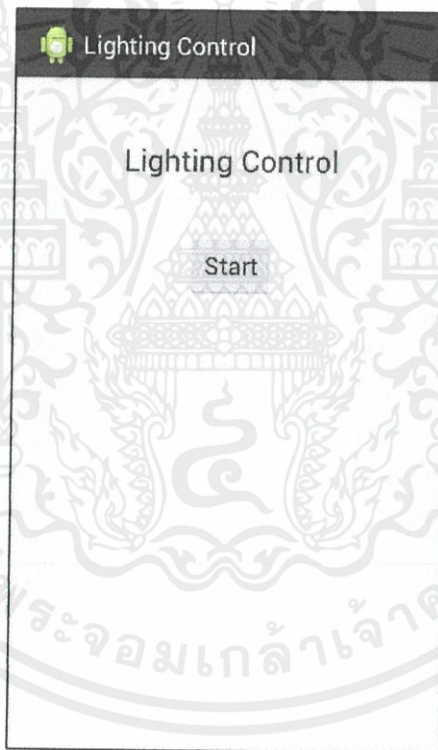
บทที่ 4

การทดลองและผลทดลอง

4.1 การสร้างแอปพลิเคชัน

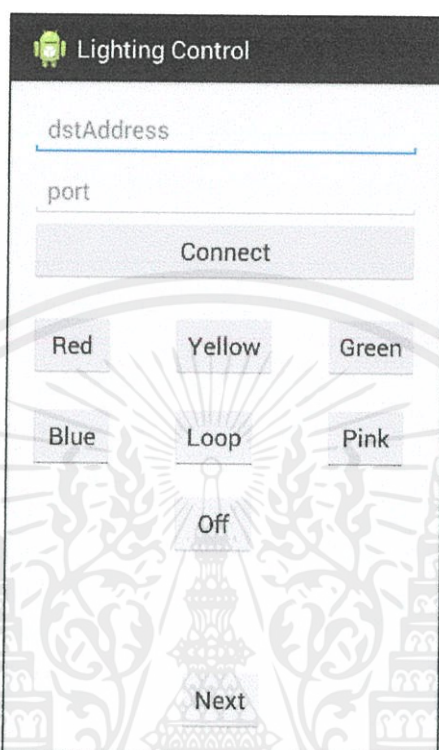
4.1.1 Use Interface

เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ แสดงการใช้งานในส่วนต่างๆ ได้แก่ First Page, Control Page



รูปที่ 4.1 Main Page

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 Control Page

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ส่วนโปรแกรม

4.1.2.1 Main

โปรแกรมส่วนหน้าหลักเพื่อรับการเข้าสู่หน้าอื่นๆ ต่อไป

```
public class MainActivity extends Activity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);

        Button StrButton = (Button)findViewById(R.id.startBtn);
        StrButton.setOnClickListener(new OnClickListener() {

            @Override
            public void onClick(View v) {
                // TODO Auto-generated method stub
                Intent str = new Intent(getApplicationContext(), connect_page.class);
                startActivity(str);
            }
        });
    }
}
```

รูปที่ 4.3 โปรแกรมส่วนหน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ส่วนการติดต่อกับที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์

ส่วนการติดต่อกับที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งคำสั่งการทำงานของหลอดไฟไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต

```
import java.io.ByteArrayOutputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;
import java.io.PrintWriter;
import java.net.Socket;
import java.net.UnknownHostException;

import android.app.Activity;
import android.content.Intent;
import android.os.AsyncTask;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.TextView;
```

รูปที่ 4.4 โปรแกรมส่วนเซตเตอร์ในการนำเข้าไลบรารีต่างๆ

```
OnClickListener buttonConnectOnClickListener =
    new OnClickListener(){
        @Override
        public void onClick(View arg0) {
            MyClientTask myClientTask = new MyClientTask(
                editTextAddress.getText().toString(),
                Integer.parseInt(editTextPort.getText().toString()));
            myClientTask.execute();
        }
    });
```

รูปที่ 4.5 โปรแกรมส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

public class MyClientTask extends AsyncTask<Void, Void, Void> {
    String dstAddress;
    int dstPort;
    String response = "";

    MyClientTask(String addr, int port){
        dstAddress = addr;
        dstPort = port;
    }

    @Override
    protected Void doInBackground(Void... arg0) {

        try {
            socket = new Socket(dstAddress, dstPort);

            ByteArrayOutputStream byteArrayOutputStream =
                new ByteArrayOutputStream(1024);
            byte[] buffer = new byte[1024];

            int bytesRead;
            InputStream inputStream = socket.getInputStream();
            out = new PrintWriter(
                socket.getOutputStream(), true);

            while ((bytesRead = inputStream.read(buffer)) != -1){
                byteArrayOutputStream.write(buffer, 0, bytesRead);
                response += byteArrayOutputStream.toString("UTF-8");
            }
        } catch (UnknownHostException e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
            response = "UnknownHostException: " + e.toString();
        } catch (IOException e) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e.printStackTrace();
            response = "IOException: " + e.toString();
        } finally{
            if(socket != null){
                try {
                    socket.close();
                } catch (IOException e) {
                    // TODO Auto-generated catch block
                    e.printStackTrace();
                }
            }
        }
        return null;
    }
}

```

รูปที่ 4.6 โปรแกรมส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

@Override
protected void onPostExecute(Void result) {
    textResponse.setText(response);
    super.onPostExecute(result);
}

```

รูปที่ 4.7 โปรแกรมส่วนติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (3)

4.1.2.3 ส่วนการคำสั่ง

```

buttonPink.setOnClickListener(new OnClickListener(){
    @Override
    public void onClick(View v) {
        out.write("p");
        out.flush();
    }
});
buttonRed.setOnClickListener(new OnClickListener(){
    @Override
    public void onClick(View v) {
        out.write("r");
        out.flush();
    }
});
buttonBlue.setOnClickListener(new OnClickListener(){
    @Override
    public void onClick(View v) {
        out.write("b");
        out.flush();
    }
});

```

รูปที่ 4.7 โปรแกรมส่วนสั่งคำสั่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

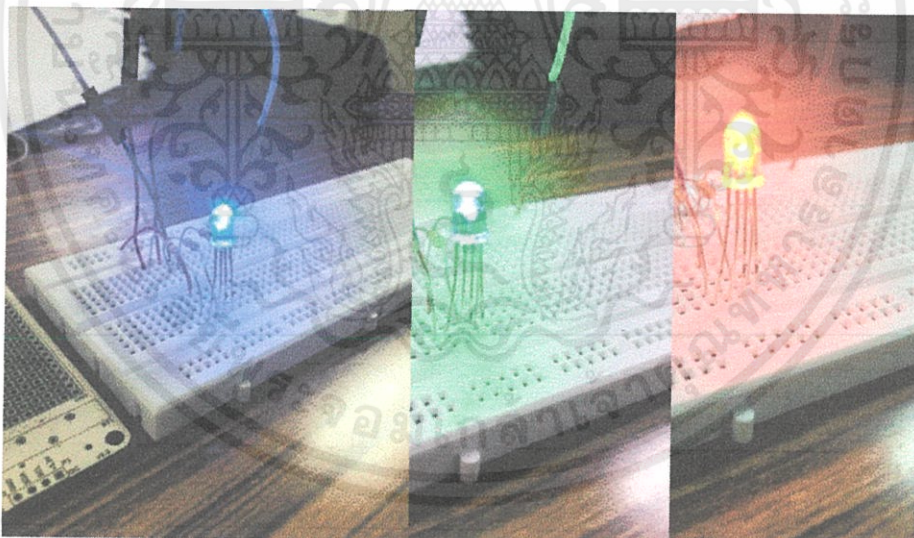
4.2 ทดลองการใช้งานของหลอด RGB LED

1. เข้าสู่โปรแกรมโดยใช้หลักการ PWM เพื่อจ่ายสัญญาณ Pulse โดยกำหนด pin ที่ใช้ในการจ่ายสัญญาณเป็น pc6, pc7, pc8

```
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_6 | GPIO_Pin_7 | GPIO_Pin_8 ;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_100MHz;
GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_UP ;
GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);
```

รูปที่ 4.8 การกำหนดค่าตั้งต้นเพื่อทำการกำหนดขาพินของบอร์ด

2. ทำการจ่ายค่า 0 ให้กับขา pc6 pc7 และ pc8 เพื่อทดสอบค่าสีต่างๆของหลอด RGB LED โดยใช้คำสั่ง PWM_SetDC(1,0); PWM_SetDC(2,0); PWM_SetDC(3,0); ตามลำดับ โดยได้ผลลัพธ์ดังนี้



รูปที่ 4.8 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำสั่ง PWM

จากรูปข้างต้น ที่ต้องทำตามลำดับเพราะถ้าหากทำการใส่ค่า 0 ให้กับขาทุกขา เพราะค่าสีที่ได้จะเกิดการผสมกัน โดยทั้งสามสี คือ น้ำ เขียว และสีแดงเมื่อทำการผสมกันแล้วจะได้เป็นสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การแสดงค่าสีต่างๆ วนไปเรื่อยๆ ตามคำสั่ง

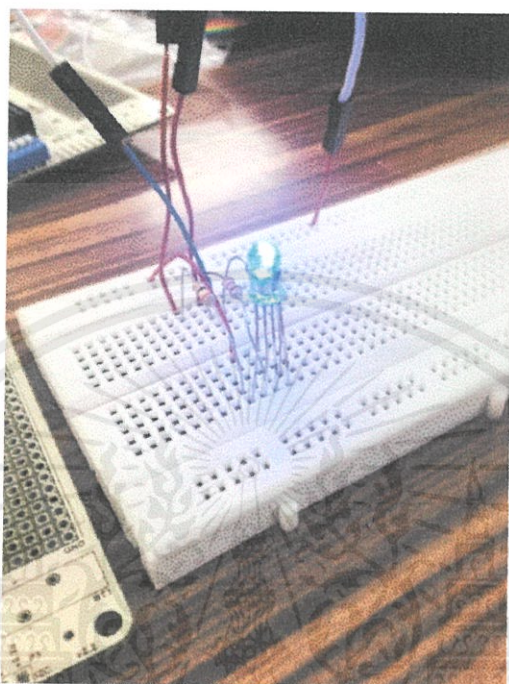
1. ทดลองการใช้ PWM ในการทริลลวดไฟ

```
void LoopColor(uint16_t channel,uint16_t color){
  while(color>=0 && color<1000){
    color--;
    PWM_SetDC(channel,color);
    Delay(50000);
    if(color==0){
      color=1000;
    }
  }
  PWM_SetDC(channel,1000);
}
```

รูปที่ 4.9 แสดงคำสั่งที่ใช้ในการสั่งให้สีวนไปเรื่อยๆ

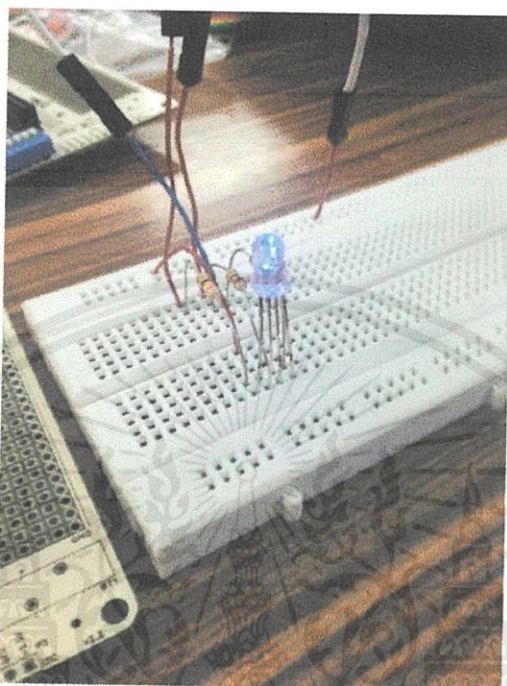
ซึ่งคำสั่งด้านบนนั้นจะทำให้เกิดการวนซ้ำสีเดิมโดย ทริแสงไฟให้มีดลงเรื่อยๆจนกระทั่งดับแล้วเร่งจนสว่างสุดวนไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงการหรี้หลอดไฟที่ให้แสงสีน้ำเงิน (สว่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงการหรีลอดไฟที่ให้แสงสีน้ำเงิน (หรีลอง)

การใช้คำสั่ง PWM นั้นหลักการทำงานคือการป้อน Pulse เข้าไปที่ขา RGB LED โดยที่สามารถควบคุมการหรีลอดไฟได้โดยที่ควบคุมความกว้างของสัญญาณที่ป้อนเข้าต่อคลื่น ลูก ซึ่งถ้าความกว้าง 1 เนื่องจาก 0 ดังนั้นหรีลเพราะว่าถ้าต้องการให้สว่างสุดต้องจ่ายเป็นนั้นมีค่ามาก จะทำให้แสงสว่างที่ RGB LED นั้นเป็นประเภท common anode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการสั่งให้วนแสดงสีต่างๆ ไปเรื่อยๆ

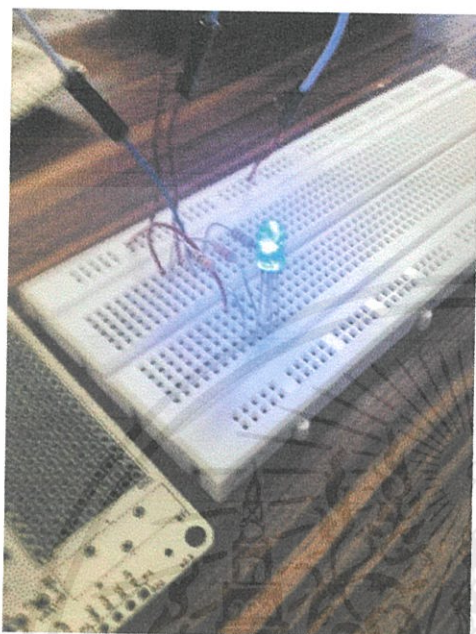
```

157 void LoopRainbow(void) {
158     int r=1000,g=1000,b = 1000,a11=0;
159     //loop blue -> increase
160     while(1) {
161         while(b>0){
162             PWM_SetDC(2,b);
163             b--;
164             Delay(25000);
165         }
166         //loop red -> increase
167         while(r>0){
168             PWM_SetDC(3,r);
169             r--;
170             Delay(100000);
171         }
172         // loop blue -> decrease
173         while(b<1000){
174             PWM_SetDC(2,b);
175             b++;
176             Delay(50000);
177         }
178         // loop green -> increase
179         while(g>0) {
180             PWM_SetDC(1,g);
181             g--;
182             Delay(50000);
183         }
184         // loop red -> decrease
185         while(r<1000) {
186             PWM_SetDC(3,r);
187             r++;
188             Delay(50000);
189         }
190         // loop blue -> increase
191         while(b>0){
192             PWM_SetDC(2,b);
193             b--;
194             Delay(50000);
195         }
196         // loop green -> decrease
197         while(g<1000){
198             PWM_SetDC(1,g);
199             g++;
200             Delay(50000);
201         }
202     }
203 }
204 }
205 }
206 }
207 }
208 }
209 }
210 }

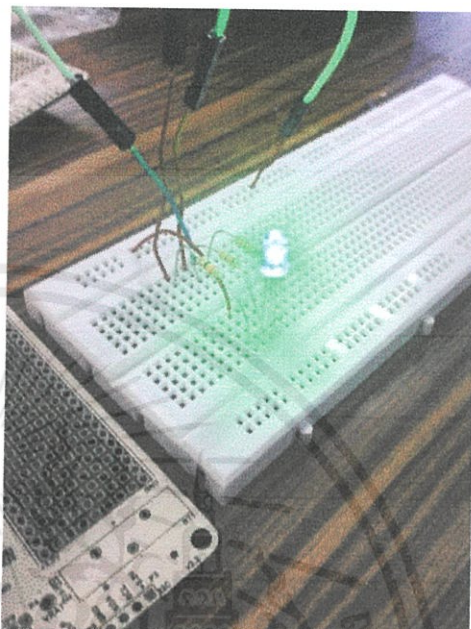
```

รูปที่ 4.12 แสดงคำสั่งในการสลับเปลี่ยนสีวนไปเรื่อยๆ

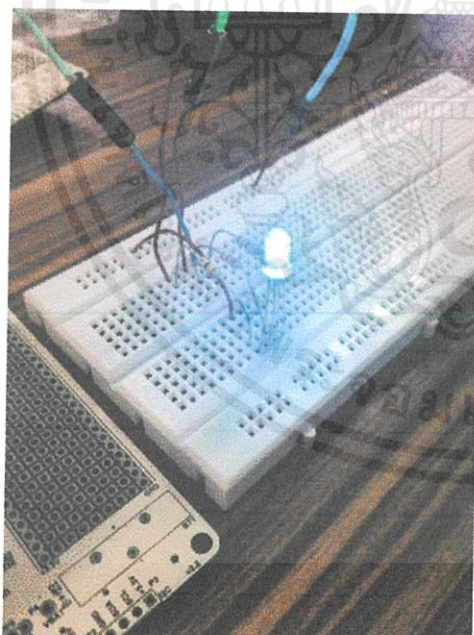
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



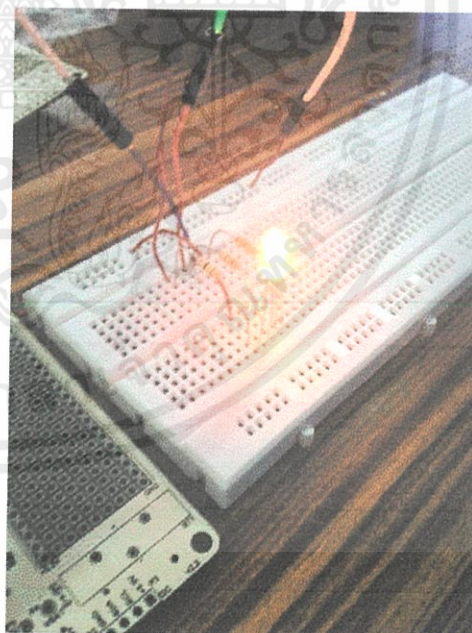
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 แสดงสีต่างๆจำนวนหนึ่งที่ได้จากคำสั่งด้านบน

(ก) แสดงสีที่กำหนดสีที่ 1

(ข) แสดงสีที่กำหนดสีที่ 2

(ค) แสดงสีที่กำหนดสีที่ 3

(ง) แสดงสีที่กำหนดสีที่ 4

4.2.2 การติดต่อกับอินเทอร์เน็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนนี้คือการทำให้โทรศัพท์มือถือที่มี NFC นั้นสามารถทำการเชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเชื่อมต่อกับสาย LAN หัวต่อ RJ45 โดยเมื่อเวลาใช้งานจริงนั้นในส่วนของการตั้งค่า IP Address, Subnet mask และ Gateway จะทำการตั้งค่าผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยส่วนของการโปรแกรมจะใช้โค้ดในการติดต่อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

48 static void tpecho_thread(void *arg)
49 {
50     struct netconn *conn, *newconn;
51     err_t err;
52
53     LWIP_UNUSED_ARG(arg);
54
55     /* Create a new connection identifier. */
56     conn = netconn_new(NETCONN_TCP);
57     printf("TCP Ok\r\n");
58     if (conn!=NULL)
59     {
60         /* Bind connection to well known port number 7. */
61         err = netconn_bind(conn, NULL, 7);
62         printf("TCP port 7\r\n");
63
64         if (err == ERR_OK)
65         {
66             /* Tell connection to go into listening mode. */
67             netconn_listen(conn);
68
69             while (1)
70             {
71                 /* Grab new connection. */
72                 newconn = netconn_accept(conn);
73                 printf("TCP port accep\r\n");
74
75                 /* Process the new connection. */
76                 if (newconn)
77                 {
78                     struct netbuf *buf;
79                     u8_t *data;
80                     u16_t len;
81                     //struct netbuf *buf;
82                     //u8_t *data;
83                     void* buf_addr;
84                     char Msg[100];
85                     int i=0;
86                     strcpy(Msg,"TEST ee\r\n");
87                     //printf("%s",mm);
88

```

รูปที่ 4.11 แสดงคำสั่งในการติดต่อกับอินเทอร์เน็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2.3 การรับค่าจาก NFC ของโทรศัพท์มือถือมายัง NFC ที่ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนการรับค่าจาก NFC ของโทรศัพท์มือถือมายัง NFC ที่ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ข้อมูลที่ได้จาก NFC นั้น จะส่งข้อมูลผ่าน USART เข้ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์โดยทำการทดลองให้ข้อมูลที่ส่งผ่าน USART นั้นแสดงผลที่ terminal บนจอคอมพิวเตอร์เพื่อทำการตรวจสอบการรับค่าผ่าน USART และค่าที่ได้จากการรับส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต โดยส่วนของโปรแกรมมีโค้ดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

160 void USART_Send(uint16_t data)
161 {
162     //send data
163     USART_SendData(USART2,data);
164
165     //wait for USART2 finish sending
166     while (USART_GetFlagStatus(USART2,USART_FLAG_TXE) != SET);
167
168     //Clear Transmit FLAG
169     USART_ClearFlag(USART2,USART_FLAG_TXE);
170
171
172
173 }
174 uint16_t USART_Receive(void)
175 {
176     //wait for USART2 finish Receive
177     while (USART_GetFlagStatus(USART2,USART_FLAG_RXNE) != SET);
178
179     //Clear Transmit FLAG
180     USART_ClearFlag(USART2,USART_FLAG_RXNE);
181
182     return USART_ReceiveData(USART2);
183 }
184 void USART_Print(char * str)
185 {
186     uint16_t i;
187     i=0;
188     while(str[i] !='\0')
189     {
190         USART_Send(str[i]);
191         i++;
192     }
193 }
194 void USART_Readln(char * str_out)
195 {
196     uint16_t i;
197     i=0;
198     do
199     {
200         str_out[i]=USART_Receive();
201         if(str_out[i]!='\r')
202         {
203             USART_Send(str_out[i]);
204
205         }
206         i++;
207     }
208     while(str_out[i-1] !='\r');
209     str_out[i-1] ='\0';
210 }

```

รูปที่ 4.12 แสดงคำสั่งในการรับข้อมูลและแสดงผลออกมาผ่าน USART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

ในการทำโครงการ ระบบควบคุมหลอดไฟนี้ เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อสนองความต้องการและอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานที่ต้องการทางด้านความบันเทิงในการจัดงานหรือการพักผ่อนโดยใช้แสงไฟสีต่างๆ โดยสามารถเข้าใช้และควบคุมได้ง่ายทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยทำการติดตั้งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถทำการเสียบสายแลนผ่านช่องเสียบ Ethernet และจากนั้นใช้โทรศัพท์มือถือที่มีระบบ NFC อยู่ ทำการตั้งค่า IP Address, Subnet mask และ Gate way เพื่อให้อุปกรณ์นั้นสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ จากนั้นเมื่อทำการตั้งค่าเสร็จแล้วผู้ใช้งานจะสามารถทำการควบคุมหลอดไฟได้อย่างอิสระ ซึ่งจะสามารถสั่งการใช้งานจากแอปพลิเคชันในโทรศัพท์มือถือ โดยมีฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานต่างๆที่สามารถเรียกใช้ได้ทันที และยังสามารถตั้งค่าด้วยตนเองได้อีกด้วย

ระบบควบคุมหลอดไฟ เมื่อนำหลอดไฟไปติดตั้งตัวหลอดและเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตจะสามารถควบคุมหลอดไฟได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านทางแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

1. ขาดความเข้าใจเรื่องอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์และเป็นเรื่องใหม่ซึ่งมีตัวอย่างให้ศึกษาได้น้อยจึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษาและแก้ปัญหา การแก้ปัญหาคือการเพิ่มเวลาในส่วนของการศึกษาให้มากขึ้นพร้อมทั้ง หาตัวอย่างจากหลายๆที่เพื่อทำการทดลองและสังเกตผล
2. อุปกรณ์ส่งสัญญาณ NFC นั้น ในส่วนของชุดไลบรารียังมีผู้เผยแพร่ออกมาน้อย ขั้นตอนในการนำมาใช้งานจึงยังเป็นความลับของหลายๆบริษัทและผู้พัฒนาค้านี้ยังมีน้อยจึงขาดตัวอย่างและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขาดความสมบูรณ์ของงานที่ได้ ซึ่งแก้ไขโดยหลีกเลี่ยงการใช้งานไลบรารีเดิมของบริษัทผู้ผลิต และพยายามสร้างชุดคำสั่งที่เป็นของตนเองขึ้นมาใช้งาน
4. เมื่อเกิดปัญหาขึ้นเวลาทำการบันทึกโปรแกรมลงอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เมื่อเกิดปัญหาขึ้น บางทีปัญหาไม่ได้เกิดขึ้นที่การโปรแกรม แต่เกิดปัญหาที่ตัวฮาร์ดแวร์ซึ่งทำให้ใช้เวลาในการค้นหาค้นหา แม้อาจเกิดเพียงเพราะสายหลวม

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

1. พัฒนาต่อในส่วนของการเชื่อมต่อโดยใช้เทคโนโลยีเอนเอฟซีให้มีความสะดวกต่อผู้ใช้งานมากขึ้น
2. พัฒนาต่อในส่วนของการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถทำการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้มากกว่า 1 ชนิด
3. เปลี่ยนจากการเชื่อมต่อสายแลนแบบ static IP เปลี่ยนเป็น DHCP และต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้สามารถใช้งานแบบ WIFI ได้
4. พัฒนาฟังก์ชันการทำงานของหลอดไฟให้สามารถตอบสนองต่อรูปแบบการนำไปใช้งานได้มากขึ้น พร้อมทั้งปรับปรุงในส่วนของแอปพลิเคชันให้ใช้งานได้สะดวกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] “เนียร์ฟิลด์คอมมูนิเคชัน.” [Online]. Available :
<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%9F%E0%B8%B5%E0%B8%A5%E0%B8%94%E0%B9%8C%E0%B8%84%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%8A%E0%B8%B1%E0%B8%99.>
 2013.
- [2] “ไดโอดเปล่งแสง.” [Online]. Available :
<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87.> 2013.
- [3] “การศึกษาเปรียบเทียบเทคโนโลยี RFID กับ NFC.” [Online]. Available :
[http://msit23.blogspot.com/2010/10/rfid-nfc.html.](http://msit23.blogspot.com/2010/10/rfid-nfc.html)
- [4] “ไดโอด.” [Online]. Available :
<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%94.> 2013.
- [5] “ไดโอดเปล่งแสง.” [Online]. Available :
[http://202.143.156.146/~bse/4_2electronic_device/4_2_3diode_LED.html.](http://202.143.156.146/~bse/4_2electronic_device/4_2_3diode_LED.html)
- [6] “ไดโอดเปล่งแสง (LED).” [Online]. Available :
[http://www.thaigoodview.com/node/121585.](http://www.thaigoodview.com/node/121585)
- [7] “NFC คืออะไร.” [Online]. Available : tech.mthai.com/mobile-tablet/24218.html.
 2013.
- [8] “NFC คืออะไร.” [Online]. Available :
[http://www.id.co.th/component/content/article/58-knowledge-nfc/85-what-is-nfc.](http://www.id.co.th/component/content/article/58-knowledge-nfc/85-what-is-nfc)
 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [9] “NFC.” [Online]. Available : http://www.etda.or.th/etda_website/mains/display/698. 2012.
- [10] “NFC คืออะไร.” [Online]. Available : <http://technology-nfc.blogspot.com/p/nfc.html>. 1998.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้