

ระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง  
INTELLIGENT VOICE CONTROL SYSTEM

โดย

นายเนติพงษ์	ฟองสุวรรณ
นายภัทรพงศ์	สุทธิ
นายภาณุพงศ์	รวมจิต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2560

ระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง  
INTELLIGENT VOICE CONTROL SYSTEM

โดย

นายเนติพงษ์	พองสุวรรณ	57010695
นายภัทรพงศ์	สุทธิ	57010959
นายภาณุพงศ์	ร่วมจิต	57010973

อาจารย์ที่ปรึกษา  
ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม  
ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2560

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว  
  
.....  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
(S./5./61)  
วิศวกรรมโทรคมนาคม  
Telecommunications Engineering  
KMITL

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว  
  
.....  
กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน  
18/5/61  
วิศวกรรมโทรคมนาคม  
Telecommunications Engineering  
KMITL

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง

INTELLIGENT VOICE CONTROL SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายเนติพงษ์ ฟองสุวรรณ 57010695
2. นายภัทรพงศ์ สุทธิ 57010959
3. นายภาณุพงศ์ ร่มจิต 57010973



.....

(ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงได้เลยหากขาดคำแนะนำ คำสั่งสอน ความเมตตา ความเอาใจใส่ จากอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านทั้งได้แก่ ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม และ ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ และที่ขาดไม่ได้ ผศ.ดร.ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ อาจารย์ทั้งสามท่านได้คอยติดตามความคืบหน้า ชี้แนะ บอกถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในงาน ฝึกฝนทักษะต่างๆ ให้แก่ข้าพเจ้า ทั้งการคิด การแก้ไขปัญหา และ แนวทางการปรับปรุงปริญญาานิพนธ์ ในมุมมองที่ข้าพเจ้าเองยังไม่เคยได้เรียนรู้มาก่อน รวมทั้งอบรม สั่งสอน ชี้แนะ สิ่งอื่นๆ ที่อยู่นอกเหนือจาก ห้องสี่เหลี่ยม และ ตำราเรียน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ เพื่อนๆ และ รุ่นพี่จากภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนกำลังใจที่ดีแก่ข้าพเจ้าเสมอมา และ สำคัญที่สุดข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดามารดาครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยดูแลเอาใจใส่ พร้อมคอยสนับสนุนทางการศึกษาแก่เด็กคนหนึ่งมาโดยตลอด รวมไปถึงคุณครูและอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ข้าพเจ้าจนมาเป็นข้าพเจ้าในทุกวันนี้

ท้ายที่สุดทางผู้จัดทำคาดหวังว่าปริญญาานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์แก่ทุกท่านที่สนใจ และได้เข้ามาศึกษา ไม่มากก็น้อยและถ้าปริญญาานิพนธ์เล่มนี้เกิดข้อบกพร่อง ความไม่สมบูรณ์ในส่วนใดส่วนหนึ่งของเนื้อหา ทางผู้จัดทำขออ้อมรับความผิดนี้แต่เพียงผู้เดียว และ พร้อมรับทุกคำแนะนำเพื่อพัฒนาปริญญาานิพนธ์อื่นๆ ในโอกาสต่อไป

นาย เนติพงษ์ พองสุวรรณ

นาย ภัทรพงศ์ สุทธิ

นาย ภาณุพงศ์ ร่วมจิต

ผู้จัดทำ

## ระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง

## INTELLIGENT VOICE CONTROL SYSTEM

โดย	นาย เนติพงษ์ พองสุวรรณ	57010695
	นาย ภัทรพงศ์ สุทธิ	57010959
	นาย ภาณุพงศ์ ร่วมจิต	57010973

## อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม

ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ

## บทคัดย่อ

ในยุคโลกาภิวัตน์ไม่สามารถปฏิเสธได้เลยว่ามีเทคโนโลยีมากมายถูกพัฒนาขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานให้ได้รับความสะดวกสบายและความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะความต้องการพื้นฐานในที่อยู่อาศัย ปรินญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ที่จะตอบสนองความต้องการเหล่านั้นของผู้ใช้ ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการพัฒนาระบบสั่งการด้วยเสียงสำหรับควบคุมระบบต่างๆภายในห้องพัก คือ ระบบเครื่องปรับอากาศ และ ระบบให้แสงสว่าง พร้อมทั้งพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยโดยนำระบบรู้จำใบหน้ามาใช้ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง และทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย ทั้งนี้ผู้จัดทำยังได้เพิ่มระบบ Graphic User Interface ซึ่งจะคอยแสดงข้อมูลข่าวสารและสามารถเพิ่มผู้ใช้งานในระบบรู้จำใบหน้า เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้งานระบบมากยิ่งขึ้น

## ABSTRACT

In globalization era, we could not refuse that many technologies have been developed to satisfy the needs of users to acquire the better conveniences and safety, especially the basic requirements in residence. This project is aimed to satisfy the requirements of users thus we have developed voice control system for

controlling the systems in recreation place both air-conditioning system and illuminating system as well as develop security system by applying face recognition system to be the more proper, easier and user-friendliness system for practical use also apply Graphic User Interface to display news and able to append new user in face recognition system for the better convenience.

## สารบัญ

	หน้า	
กิตติกรรมประกาศ	I	
บทคัดย่อ	II-III	
สารบัญ	IV-V	
สารบัญรูป	VI-X	
สารบัญตาราง	XI	
<b>บทที่ 1</b>	<b>บทนำ</b>	<b>1-3</b>
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
<b>บทที่ 2</b>	<b>ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3-41</b>
	2.1 ระบบรู้จำใบหน้า (FACE RECOGNITION)	3-22
	2.2 หน่วยประมวลผลส่วนกลางของระบบ	23-29
	2.3 สัญญาณอินฟราเรดรีโมทคอนโทรล	30-38
	2.4 ระบบรู้จำด้วยเสียง (SPEECH RECOGNITION)	39-40
	2.5 หลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบรู้จำใบหน้า	41
<b>บทที่ 3</b>	<b>การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์</b>	<b>42-59</b>
	3.1 การออกแบบ	42-51
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	51-58
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	59

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
<b>บทที่ 4</b>	<b>ผลการทดลอง</b>	<b>60-84</b>
	4.1 ผลการทดสอบระบบสั่งการด้วยเสียง	60-62
	4.2 ผลการทดสอบเมื่อกดปุ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ	63-71
	4.3 ผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลงเสียงพูดเป็นข้อความ	71-74
	4.4 ผลการทดสอบการควบคุมหลอดไฟด้วยเสียง	74-75
	4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบรู้จำใบหน้า	75-84
<b>บทที่ 5</b>	<b>สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	<b>85-86</b>
	5.1 สรุปผล	85
	5.2 ปัญหาและอุปสรรค	86
	5.2 ข้อเสนอแนะ	86
<b>บรรณานุกรม</b>		<b>87</b>

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	บล็อกไดอะแกรมของระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง	2
2.1	ภาพรวมขั้นตอนก่อนการประมวลผลรูปใบหน้า (PRE-PROCESSING OF IMAGE STAGE)	5
2.2	การปรับปรุงคุณภาพด้วยการชดเชยฮิสโตแกรม (ก) รูปภาพก่อนการชดเชยฮิสโตแกรม (ข) รูปภาพหลังการชดเชยฮิสโตแกรม	6
2.3	ภาพจำลองการแทนพิกเซลด้วยวิธีการชดเชยแบบ BI-CUBIC	7
2.4	รูปร่างของตัวระบุตำแหน่งใบหน้าที่ใช้ในขั้นตอนก่อนการประมวลผล	8
2.5	ภาพรวมของการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ (FEATURE VECTOR)	10
2.6	ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน (TRAINING SET)	14
2.7	EIGENFACE ที่ได้จากชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน	14
2.8	ภาพเฉลี่ยของชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน	15
2.9	ผังการทำงานโดยรวมของระบบรู้จำใบหน้าขั้นตอนวิเคราะห์ห้องค์ประกอบสำคัญ	18
2.10	การโปรเจกชันจุดลงบนเส้นตรง (ก) กรณีจุดต่างๆรวมกันเมื่อโปรเจกชันลงบนเส้นตรง (ข) กรณีจุดต่างๆแยกกันเมื่อโปรเจกชันลงบนเส้นตรง	19
2.11	ความแตกต่างระหว่างการแบ่งแยกหมวดหมู่ (ก) การแบ่งแยกหมวดหมู่แบบดี (ข) การแบ่งแยกหมวดหมู่แบบไม่ดี	20
2.12	ผังการทำงานโดยรวมของระบบรู้จำใบหน้า ขั้นตอนวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม	22
2.13	RASPBERRY PI 3 MODEL B	23
2.14	RASPBERRY PI 3 MODEL B PIN	25
2.15	การติดตั้งระบบปฏิบัติการ RASPBIAN	26
2.16	เปิดโปรแกรม ETCHER เพื่อทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการลง MICROSD CARD	26
2.17	การเลือกไฟล์ RASPBIAN.ZIP	27
2.18	การเลือกไดรฟ์ของ MICROSD CARD	27
2.19	กระบวนการติดตั้ง RASPBIAN ขั้นตอนสุดท้าย	28

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.20	การนำ MICROSD CARD เชื่อมต่อกับ RASPBERRY PI 3 MODEL B	28
2.21	รูปหน้าจอ RASPBERRY PI ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ RASPBIAN	29
2.22	รูปแบบลจิกของ BI-PHASE CODING	31
2.23	รูปแบบลจิกของ PULSE-DISTANCE MODULATION	31
2.24	รูปแบบลจิก PULSE-LENGTH CODE	31
2.25	รูปแบบรหัสการส่งของ RC 5	32
2.26	รูปแบบการแปลงข้อมูลไบนารีเป็นสัญญาณมอดูเลต	33
2.27	การติดตั้ง LIBRARY เพื่อใช้งานวงจร IR BLASTER	34
2.28	การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ CONFIG.TXT	34
2.29	การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ MODULES	35
2.30	การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ ไฟล์ HARDWARE.CONF	36
2.31	คำสั่งสัญญาณรีโมทที่ได้จากคำสั่ง IRSEND LIST	38
2.32	คำสั่งควบคุมการทำงานของแอร์	38
2.33	คำสั่ง UPGRADE แพ็กเกจ	39
2.34	คำสั่ง UPDATE ฐานข้อมูลแพ็กเกจ	40
2.35	การติดตั้ง LIBRARY SPEECHRECOGNITION	40
3.1	บล็อกไดอะแกรมระบบสั่งการด้วยเสียง	42
3.2	วงจรของระบบสั่งการด้วยเสียงในส่วนของการส่งสัญญาณ	43
3.3	วงจรของระบบสั่งการด้วยเสียงในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	43
3.4	แผนภาพการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัยด้วยระบบรู้จำใบหน้า	44
3.5	แผนภาพการทำงานของระบบแสดงข่าวสาร	45
3.6	ส่วนแสดงข่าวสารของระบบ GRAPHIC USER INTERFACE	46
3.7	เว็บข่าวที่เปิดด้วยการกดลิงก์ข่าวผ่านหน้า GRAPHIC USER INTERFACE	46
3.8	ปุ่มรีเฟรช ใช้เพื่ออัปเดตข่าวสารใหม่แทนที่ข่าวสารเก่า	46

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.9	ส่วนแสดงข่าวสารที่ถูกรีเฟรชด้วยการกดปุ่มรีเฟรชผ่านหน้า GRAPHIC USER INTERFACE	47
3.10	แผนภาพการทำงานของระบบ ADD USER	47
3.11	GRAPHIC USER INTERFACE (GUI)	48
3.12	ปุ่ม HOME ใช้เพื่อเข้าหน้า LOGIN เพื่อ ADD USER	48
3.13	หน้าต่าง LOGIN หลังจากใส่รหัสผ่านถูกต้อง	48
3.14	หน้าต่าง LOGIN หลังจากใส่รหัสผ่านไม่ถูกต้อง	49
3.15	หน้าต่าง ADD USER	49
3.16	หน้าต่างใส่ชื่อของ NEW USER	50
3.17	หน้าต่าง OPENCV	50
3.18	หน้าแสดงการเก็บบันทึกใบหน้าสำเร็จ	50
3.19	หน้าต่าง RECOGNIZER เมื่อกดปุ่ม “OK” จะเข้าสู่การ TRAIN	51
3.20	RASPBERRY PI 3 MODEL B	51
3.21	WEB CAMERA รุ่น OKER OE-177	52
3.22	โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบอินฟาเรด	53
3.23	กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า (MAGNETIC LOCK)	54
3.24	IR REMOTE TSOP483	55
3.25	IR LED	56
3.26	MICROPHONE	57
3.27	สถานะการณ์ทำงานของ RELAY	58
3.28	รีเลย์ 4 ช่อง (4-CHANNEL 5V RELAY)	58
4.1	ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์ 15 องศา”	60
4.2	ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์ 16 องศา”	61
4.3	ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์ 17 องศา”	61
4.4	ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์”	62

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5	ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง“ปิดแอร์”	62
4.6	สัญญาณเปิดเครื่องปรับอากาศจากรีโมท	64
4.7	สัญญาณที่ได้จากการกดเปิดเครื่องปรับอากาศ	64
4.8	สัญญาณปิดเครื่องปรับอากาศจากรีโมท	66
4.9	สัญญาณที่ได้จากการกดปิดเครื่องปรับอากาศ	66
4.10	สัญญาณการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 15 องศาจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ	68
4.11	สัญญาณที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 15 องศา	68
4.12	สัญญาณการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 16 องศาจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ	70
4.13	สัญญาณที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 16 องศา	70
4.14	ข้อความเมื่อรับคำว่า “เปิดไฟ”	71
4.15	ข้อความเมื่อรับคำว่า “ปิดไฟ”	72
4.16	ข้อความเมื่อรับคำว่า “เปิดแอร์”	72
4.17	ข้อความเมื่อรับคำว่า “ปิดแอร์”	73
4.18	ข้อความเมื่อรับคำต่างๆไป	73
4.19	คำสั่งเปิดไฟ	74
4.20	คำสั่งปิดไฟ	75
4.21	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 1	76
4.22	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 2	76
4.23	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 3	77
4.24	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 4	77
4.25	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 5	78
4.26	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 6	78
4.27	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 7	79
4.28	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานะข้อมูลลำดับที่ 8	79

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่		
4.29	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 9	80
4.30	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 10	80
4.31	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลคนที่ 1	82
4.32	การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลคนที่ 2	82
4.33	ผลการตรวจสอบใบหน้าบุคคลที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ฐานข้อมูล	84

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของ RASPBERRY PI 3 MODEL B	24
3.1	INFRARED OBSTACLE AVOIDANCE SENSOR ULTRA-SMALL	53
3.2	IR REMOTE TSOP4838 PIN	55
3.3	คุณสมบัติของ IR LED	56
3.4	4-CHANNEL 5V RELAY PIN	57
4.1	ผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลงเสียงพูดเป็นข้อความ	74
4.2	ผลการทดสอบระบบรู้จำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล	81

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดำเนินชีวิตในปัจจุบันล้วนต้องเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีไม่ว่าทางใดก็ทางหนึ่ง กล่าวคือมีการนำเทคโนโลยีมาเพื่อใช้พัฒนาสิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการในชีวิต ความสะดวกสบายและความปลอดภัยเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการนำเทคโนโลยีเข้ามาพัฒนา ในการดำรงชีวิตประจำวันนั้นล้วนต้องการความปลอดภัยและความสะดวกสบายมากขึ้น ในวันนี้ได้คำนึงถึงห้องพัก ที่ให้ความสะดวกสบายในการใช้งาน ตลอดจนมีความมั่นใจในเรื่องความปลอดภัยสำหรับการเข้าใช้งานห้องพักนั้น จนสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

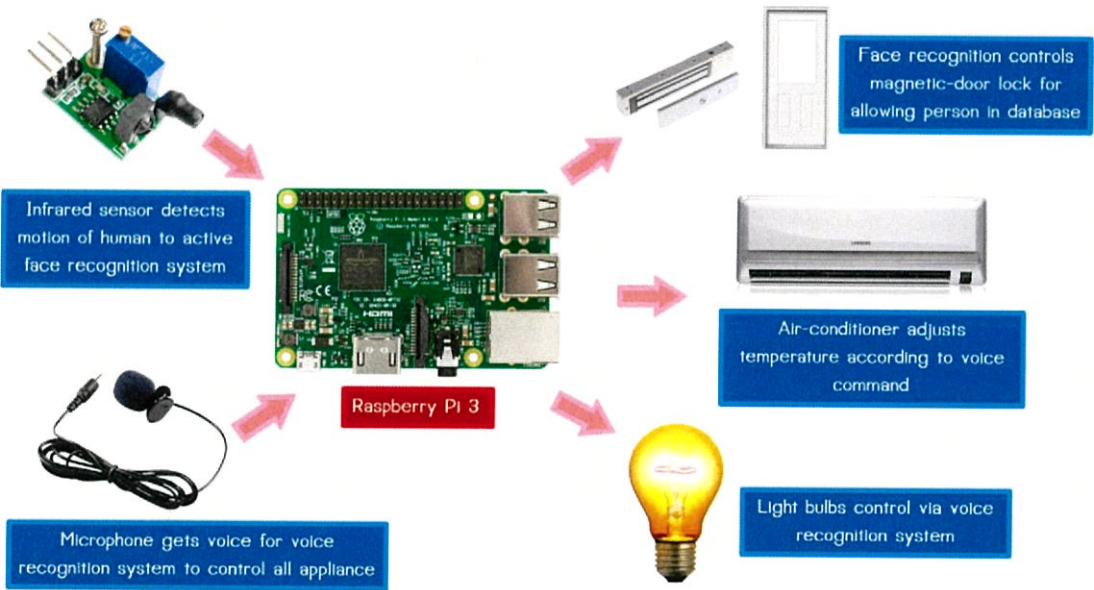
จากแนวคิดที่ต้องการเพิ่มความสะดวกสบายและความปลอดภัยในการใช้งานห้องพักให้กับผู้เข้าใช้งานนั้น ทำให้เกิดการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้กับห้องพัก โดยจัดทำเป็นระบบที่สามารถใช้งานได้ อย่างครอบคลุม เริ่มจากการรักษาความปลอดภัยโดยใช้ระบบรู้จำใบหน้า ที่มีการเพิ่มขีดความสามารถจากเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว นอกจากความสามารถในด้านความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นมานั้น ยังสามารถแสดงข่าวสารระหว่างที่ไม่มีผู้ใช้งานระบบรู้จำใบหน้าได้อีกด้วย เทคโนโลยีที่นำมาใช้นั้น ไม่ได้จำกัดอยู่แค่ความปลอดภัยสำหรับการเข้าใช้งานเท่านั้น ยังสามารถเพิ่มความสะดวกสบายภายในห้องได้โดยติดตั้งระบบสั่งการด้วยเสียง โดยผู้ใช้งานจะสามารถใช้เสียงสั่งการการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในห้องได้อีกด้วย

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบห้องพักอัจฉริยะ
2. ออกแบบระบบเพื่อให้ผู้ใช้งานมีความปลอดภัยและสะดวกสบายมากขึ้น
3. ศึกษาหลักการทำงานของ เซ็นเซอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้งาน
4. ศึกษาองค์ความรู้ของระบบรู้จำใบหน้าและนำมาประยุกต์ใช้เพื่อระบุตัวตนในการเข้าใช้งานห้องพักอัจฉริยะ
5. ออกแบบและจัดทำระบบ Graphic User Interface ซึ่งคอยแสดงข้อมูลข่าวสารและสามารถเพิ่มผู้ใช้งานในการใช้ระบบรู้จำใบหน้า
6. ศึกษาองค์ความรู้ของระบบรู้จำเสียงและนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในห้องพักอัจฉริยะ

### 1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบห้องพักอัจฉริยะที่สามารถสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องพัก คือ ระบบเครื่องปรับอากาศ และ ระบบให้แสงสว่าง ด้วยระบบรู้จำเสียง อีกทั้งยังมีการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยด้วยการใช้ระบบรู้จำใบหน้ามาประยุกต์ใช้เพื่อระบุตัวตนในการเข้าใช้งานพร้อมออกแบบและจัดทำระบบ Graphic User Interface ซึ่งคอยแสดงข้อมูลข่าวสารระหว่างที่ไม่มีบุคคลเดินผ่านและสามารถเพิ่มผู้ใช้งานในการใช้ระบบรู้จำใบหน้าได้



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในปฏิญญาฉบับนี้ได้แบ่งระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบรักษาความปลอดภัยโดยการใช้ระบบรู้จำใบหน้าในหัวข้อที่ 2.1 ซึ่งประมวลผลผ่าน Raspberry Pi ไปควบคุมกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อใช้ในการเปิดประตู และ อีกส่วนนั้น คือ ระบบสั่งการด้วยเสียงซึ่งมีการรับอินพุตเสียงผ่านไมโครโฟนพร้อมนำไปประมวลผลที่ Raspberry Pi ด้วย Google Speech API ก่อนนำไปควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าดังหัวข้อที่ 2.2 ถึง 2.4 โดยภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 1.1

#### 2.1 ระบบรู้จำใบหน้า (Face recognition)

ระบบรู้จำใบหน้าเป็นเทคโนโลยียุคใหม่ ที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการใช้งานในการยืนยันตัวบุคคล โดยจะทำการแยกแยะจุดเด่นและลักษณะเฉพาะของแต่ละใบหน้าจากข้อมูลที่รับสตรีมมิ่งมาจากกล้องวิดีโอแบบเทียบกับข้อมูลใบหน้าของบุคคลที่ต้องการเปรียบเทียบอัตลักษณ์ จากการบันทึกเป็นรูปภาพด้วยกล้องถ่ายภาพหรือกล้องวิดีโอและเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูล ก่อนที่จะแสดงผลความถูกต้องว่าใบหน้าที่กำลังตรวจสอบนั้น มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลหรือไม่

ทั้งนี้ระบบรู้จำใบหน้าสามารถใช้ได้หลายหลักการ แต่ที่ทางผู้จัดทำใช้คือหลักการของ Fisherfaces ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี เนื่องในการจำแนกว่าใบหน้าต่าง ๆ เป็นใบหน้าของบุคคลใด จะต่างจากวิธีอื่นๆ โดยการวิเคราะห์ “ค่าความแตกต่างของใบหน้า” แทนการวิเคราะห์ “คุณลักษณะของใบหน้าทั้งหมด” ซึ่งจะทำให้การประมวลผลนั้นรวดเร็วและแม่นยำกว่า

ในพื้นที่ฐานกระบวนการเชิงเทคนิคการทำระบบรู้จำใบหน้า นั้น จะประกอบไปด้วย 2 กระบวนการย่อย โดยกระบวนการแรกนั้น จะเป็นกระบวนการสร้าง “เวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature Vector)” ซึ่งจะถูกสร้างโดยการรวมคุณลักษณะต่างๆบนใบหน้า เช่น ตา จมูก และ ปาก โดยรวมเข้าเป็นรูปแบบของเมตริกซ์แนวตั้งที่ประกอบไปด้วยเวกเตอร์ หรือที่เรียกว่า “คอลัมน์เวกเตอร์ (Column vector)” สำหรับระบบรู้จำใบหน้า

และในกระบวนการที่สองสำหรับระบบรู้จำใบหน้าคือ การสร้าง “เวกเตอร์น้ำหนัก (Weight vector)” ซึ่งสามารถสร้างโดยการโปรเจกชันเวกเตอร์คุณลักษณะที่ได้มาจากกระบวนการแรกลงบน พื้นที่ลักษณะของไอเกน (Eigen feature space) หรือที่เรียกว่าเป็นวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (Principal Component Analysis) และ โปรเจกชันลงบนพื้นที่ลักษณะของ

ไอเกน (Fisher feature space) หรือที่เรียกว่าเป็นวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (Linear Discriminant Analysis)

ในส่วนหนึ่งของระบบรู้จำใบหน้านั้น กระบวนการทั้งสองที่กล่าวไปข้างต้นจะถูกนำมาใช้ในระบบรู้จำใบหน้า โดยกระบวนการแรก หรือ กระบวนการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ จะถูกสร้างเพื่อใช้ในการพิจารณาเฉพาะบางส่วนของใบหน้า อาทิ ตา จมูก และ ปาก โดยในระบบรู้จำใบหน้าทุกเทคนิค รวมถึงเทคนิคที่ใช้ในปริศยานิทรรศการนี้ต้องการขั้นตอนกระบวนการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้าและความรวดเร็วของระบบ จากนั้นเพื่อประสิทธิภาพในการตัดสินใจที่ดียิ่งขึ้นสำหรับหมวดหมู่รูปภาพที่ต่าง ๆ กัน กระบวนการที่สองหรือกระบวนการลดขนาดและมิติของข้อมูลด้วย วิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (Principal Component Analysis) และเทคนิควิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (Linear Discriminant Analysis) จะถูกนำมาใช้ตามลำดับ

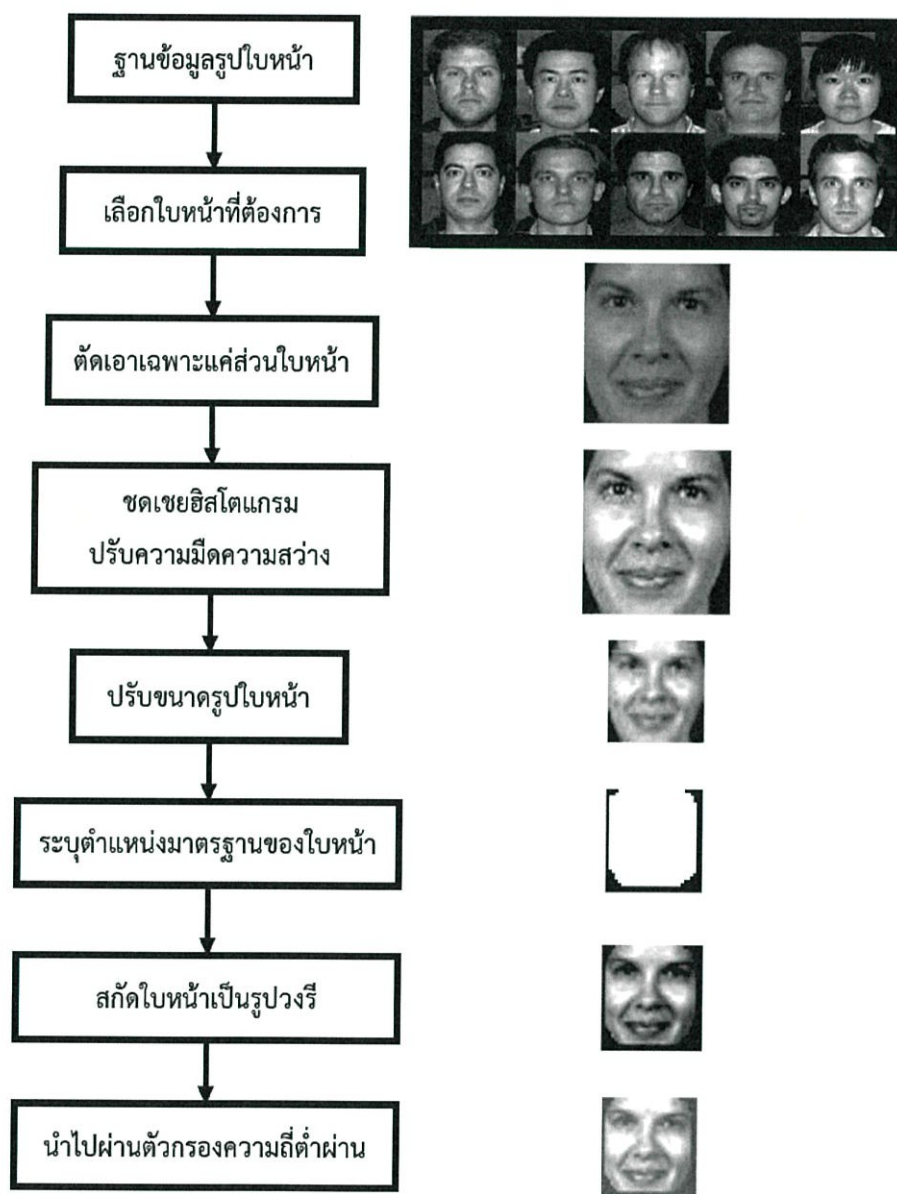
### 2.1.1. ขั้นตอนก่อนการประมวลผลรูปใบหน้า (Pre-Processing of image stage)

ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการทั้งการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะและเวกเตอร์น้ำหนักทั้งสองที่กล่าวไปข้างต้น ขั้นตอนหนึ่งที่ต้องทำก่อนคือ “ขั้นตอนก่อนการประมวลผลรูปใบหน้า (Pre-Processing of image stage)” โดยในขั้นตอนนี้จะมีวัตถุประสงค์เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำของระบบ เพิ่มความเร็วในการประมวลผล และ ลดขนาดหน่วยความจำที่ต้องการ โดยจะประกอบไปด้วยกระบวนการต่างๆ ทั้งการตัดส่วนภาพที่เหลือแค่ใบหน้า (Cropping Face Region) การชดเชยฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) การปรับขนาดภาพด้วยวิธีการชดเชยแบบ Bi-Cubic (Bi-Cubic Interpolation) การระบุตำแหน่ง (Masking) และ การนำมาผ่านตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-Pass Filtering) โดยภาพรวมของขั้นตอนก่อนการประมวลผลรูปใบหน้า (Pre-Processing of image stage) จะแสดงดังรูปภาพที่ 2.1 พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียดในหัวข้อนี้ต่อไป

#### 2.1.1.1. การตัดส่วนภาพที่เหลือแค่ใบหน้า (Cropping Face Region)

เมื่อพื้นที่ของรูปนั้นมีขนาดใหญ่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเฉพาะส่วนใบหน้า พื้นที่ที่จะถูกตัดเพื่อนำมาประมวลผลจะเป็นเฉพาะส่วนใบหน้า และเฉพาะพื้นที่ส่วนนี้เท่านั้นที่จะถูกใช้ในระบบรู้จำใบหน้า เหตุผลที่ต้องทำการตัดที่เหลือเฉพาะส่วนใบหน้านั้น เพื่อเป็นการลดส่วนที่ไม่จำเป็นต่อการประมวลผล เนื่องจากรูปภาพที่ใหญ่โดยไม่จำเป็น จะทำให้การประมวลผลช้าลงซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการสร้างการรู้จำใบหน้าต่ำลงที่สุดในที่สุด

ในปริณญาณิพนธ์นี้การเลือกพื้นที่ใบหน้านั้นจะใช้วิธีการระบุแบบเลือกเอง โดยการใช้ระบบตรวจจับใบหน้าด้วย Haar Cascade เพื่อทำการระบุว่าพื้นที่ใดคือใบหน้า ก่อนที่จะทำการวาดรูปสี่เหลี่ยมกรอบส่วนใบหน้า โดยในพื้นที่สี่เหลี่ยมนี้จะต้องประกอบไปด้วยตา จมูก และ ปาก ก่อนที่จะทำการบันทึกภาพส่วนที่ครอบไว้ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 ภาพรวมขั้นตอนก่อนการประมวลผลรูปใบหน้า (Pre-Processing of image stage)

### 2.1.1.2. การชดเชยฮิสโตแกรม (Histogram Equalization)

กระบวนการชดเชยฮิสโตแกรมนั้นจะใช้เพื่อการพัฒนาคุณภาพของรูปภาพที่มีความแตกต่างระหว่างความสว่างและความมืดไม่สูงนัก เพื่อจะพัฒนาประสิทธิภาพของระบบรู้จำใบหน้าต่อไป โดยขั้นตอนนี้จะทำการปรับความแตกต่างระหว่างความสว่างและความมืด (Contrast) ของภาพ โดยผลที่ได้คือคุณลักษณะที่สำคัญของใบหน้าจะเด่นชัดขึ้น

สมการทางคณิตศาสตร์ของการชดเชยฮิสโตแกรมสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2.1

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $k$  มีค่าเท่ากับ  $0, 1, 2, \dots, L-1$

$n$  คือ จำนวนพิกเซลในรูปภาพทั้งหมด

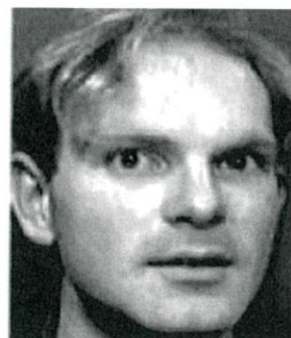
$n_j$  คือ จำนวนพิกเซลที่มีโทนสีเทาในระดับ  $r_k$

$L$  คือ จำนวนของระดับสีเทาทั้งหมดที่มีอยู่ภายในรูปใบหน้า

ซึ่งสมการนี้สามารถกล่าวได้ว่าเป็นการเอาจำนวนพิกเซลทั้งหมดไปหารเข้ากับจำนวนพิกเซลที่มีโทนสีเทาในแต่ละระดับทั้งหมด  $L$  ระดับ เพื่อให้โทนสีในแต่ละพิกเซลนั้นมีความแตกต่างกันชัดเจนขึ้น โดยสาเหตุที่จะต้องเป็นสีเทานั้น เนื่องมาจากพิกเซลสีเทาเป็นพิกเซลสีที่เป็นการผสมของความมืดและความสว่าง โดยความแตกต่างระหว่างรูปก่อนทำการชดเชยและหลังชดเชยสามารถดูได้ในรูปที่ 2.2



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 การปรับปรุงคุณภาพด้วยการชดเชยฮิสโตแกรม

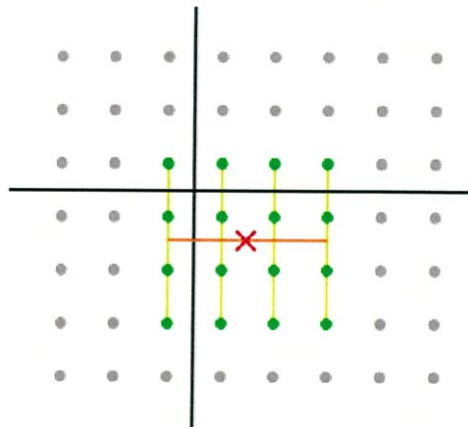
(ก) รูปภาพก่อนการชดเชยฮิสโตแกรม (ข) รูปภาพหลังการชดเชยฮิสโตแกรม

### 2.1.1.3. การปรับขนาดภาพด้วยการใช้วิธีการชดเชยแบบ Bi-Cubic

กระบวนการปรับขนาดรูปนั้น จะเป็นการลดขนาดของรูปภาพลง เพื่อเป็นการลดความละเอียด (Resolution) ของภาพ โดยการลดความละเอียดของภาพใบหน้านั้นจะเป็นการลดความซับซ้อนในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (PCA) และ การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (LDA) ที่จะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 2.1.3

การปรับลดความละเอียดภาพนั้นมีอยู่หลายเทคนิค แต่เทคนิคใช้สำหรับระบบรู้จำใบหน้าของพีชเซอร์ คือ “วิธีการชดเชยแบบ Bi-Cubic” โดยข้อดีของวิธีชดเชยแบบ Bi-Cubic คือ จะให้พื้นผิวใบหน้าที่ราบเรียบ (Smooth) มากกว่าวิธีการชดเชยแบบอื่นๆ

เทคนิคการชดเชยแบบ Bi-Cubic จะทำการพิจารณา พิกเซล 16 พิกเซลที่วางต่อกันเป็นตาราง (Grid) รูปสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 2.3 พร้อมทั้งคำนวณน้ำหนักเฉลี่ยของพิกเซลเหล่านี้ เพื่อทำการพิกเซลทั้ง 16 ด้วยจุดพิกเซลเดียว (เครื่องหมายกากบาทในรูปที่ 2.3) โดยพิกเซลที่แทนลงไป จะมีคุณลักษณะของทั้ง 16 พิกเซลที่ถูกแทนลงไป

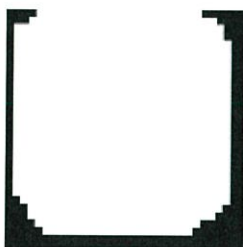


รูปที่ 2.3 ภาพจำลองการแทนพิกเซลด้วยวิธีการชดเชยแบบ Bi-Cubic

#### 2.1.1.4. การระบุดำแหน่ง (Masking)

การระบุดำแหน่งจะเป็นขั้นตอนในการระบุดำแหน่งพื้นที่ของใบหน้า (Face mask) ซึ่งโดยปกติแล้วใบหน้าของมนุษย์จะมีความมนคล้ายวงรีที่ตรงขอบด้านล่างของใบหน้า ตั้งแต่บริเวณคางจนถึงโหนุ และมนคล้ายวงรีอีกครั้ง ตั้งแต่โหนุถึงปลายคีรษะ

โดยกระบวนการระบุดำแหน่งนี้จะทำให้ พื้นที่ของส่วนที่ไม่เกี่ยวกับใบหน้าที่อยู่ภายในรูปถูกตัดออกไปมากขึ้น เพื่อเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบรู้จำให้สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น



รูปที่ 2.4 รูปร่างของตัวระบุดำแหน่งใบหน้าที่ใช้ในขั้นตอนก่อนการประมวลผล

#### 2.1.1.5. การนำมาผ่านตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-Pass Filtering)

ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (Average filter) ถูกใช้เพื่อสร้าง “ผลกระทบแบบพร่ามัว (Blurry effect)” เพื่อการลดขนาดภาพ ในขณะที่ยังคงรักษาคุณภาพของรูปภาพใบหน้า รวมไปถึงคุณลักษณะของใบหน้าไว้ได้ โดยในขั้นตอนนี้จะใช้ตัวกรองขนาด  $5 \times 5$  เพื่อการคำนวณค่าเฉลี่ยของ 25 พิกเซล รอบกรอบขนาด  $5 \times 5$  พิกเซล ณ ตำแหน่งนั้น โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.2

$$R = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} Z_i \quad (2.2)$$

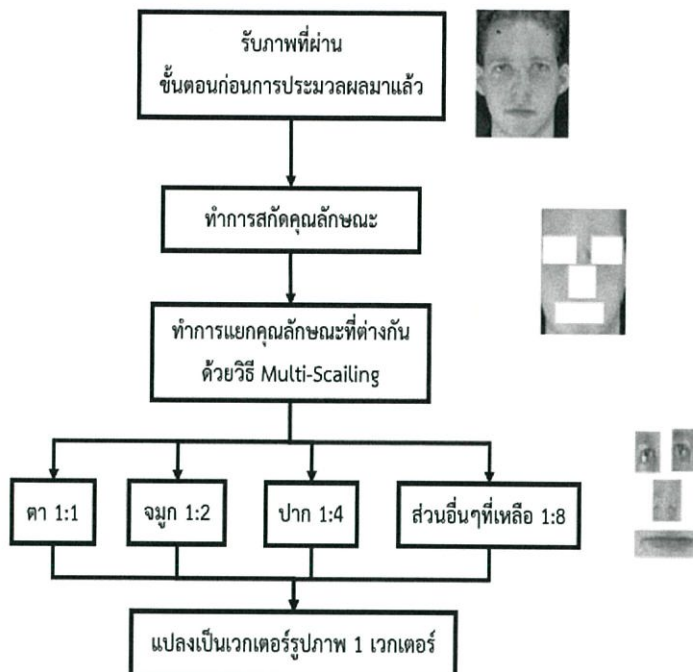
เมื่อ  $z$  คือ อินพุตโดยเป็นตำแหน่งที่จะนำมาผ่านตัวกรอง (Mask) และ  $i$  คือ องค์ประกอบต่างๆ ของอินพุตพิกเซลนั้นๆ (Mask element)

## 2.1.2. การสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature Vector)

### 2.1.2.1 ภาพรวมของการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ

หลังจากที่ภาพผ่านขั้นตอนก่อนการประมวลผลแล้ว ลำดับขั้นตอนต่อมาคือการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature vector) ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในขั้นต้น กระบวนการในขั้นตอนนี้ จะตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่าในใบหน้าของมนุษย์มีลำดับความสำคัญต่างกัน เช่น ตา จมูก และ ปากจะมีความสำคัญมากกว่า รวมไปถึงสำคัญสำหรับการสร้างระบบรู้จำใบหน้ามากกว่าส่วนอื่นๆ เทคนิคที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะทำให้ระบบไม่จำเป็นต้องพิจารณาใบหน้าทุกส่วน โดยจะทำการตัดส่วนอื่นๆที่ไม่จำเป็นกับระบบรู้จำใบหน้าออกไป เพื่อประสิทธิภาพในการตัดสินใจที่สูงขึ้น และ รวดเร็วยิ่งขึ้น หลังจากองค์ประกอบทั้ง 4 ส่วนของใบหน้า ได้แก่ ตา ทั้งสองข้าง จมูก และ ปาก จะถูกคัดแยกออกจากส่วนอื่นๆ โดยขนาดของส่วนต่างๆในใบหน้าจะถูกลดลงด้วยวิธีการ Downsampling ต่อไป ทั้งนี้อัตราการ Downsampling จะทำด้วยความละเอียด (Resolution) ที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับลำดับความสำคัญขององค์ประกอบนั้นๆ ในใบหน้า

เวกเตอร์คุณลักษณะนั้นจะได้มาจากการเก็บรายละเอียดของส่วนต่างๆ ทั้ง ตา จมูก ปาก และส่วนอื่นๆของรูปภาพใบหน้า โดยเรียงลำดับความสำคัญจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดและรวมเข้าสู่คอลัมน์เวกเตอร์อันหนึ่ง (สาเหตุที่เรียกว่าคอลัมน์เวกเตอร์เพราะเป็นเมตริกซ์แบบ 1 หลักซึ่งแทนเวกเตอร์นั้น) โดยขนาดสุดท้ายของคอลัมน์เวกเตอร์นี้จะมีขนาด  $N \times 1$  เมื่อ  $N$  เป็นจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่ได้มาจากองค์ประกอบทั้ง 4 ที่กล่าวไปข้างต้น ทั้งนี้ค่า  $N$  นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของรูปภาพดั้งเดิม ความละเอียด และ อัตราการ Downsampling ที่ใช้ ซึ่งพิกเซลที่ได้ออกมานั้นจะมีค่าน้อยกว่ารูปภาพต้นฉบับอย่างมาก โดยภาพรวมของระบบจะเป็นไปดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ภาพรวมของการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature vector)

#### 2.1.2.2 การสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ (Implementation of feature vector)

อัลกอริทึมที่จะใช้งานในปริญญาานิพนธ์นี้ มีกระบวนการดังนี้

- 1) รูปภาพต้นฉบับจากฐานข้อมูลมาผ่านขั้นตอนก่อนการประมวลผลรูปใบหน้า (Pre-Processing) และ ชดเชยฮิสโตแกรม (Histogram Equalization)
- 2) การปรับขนาดภาพด้วยการใช้วิธีการชดเชยแบบ Bi-Cubic (Bi-Cubic Interpolation)
- 3) ความรีของรูปใบหน้าถูกสกัดด้วยการระบุตำแหน่งมาตรฐานของใบหน้า (Standard mask)
- 4) ส่วนตา จมูก และ ปากของใบหน้าถูกสกัดออกมาโดยเทคนิคการตัดส่วน (Cropping technique) โดยเทคนิคการตัดนี้จะถูกนำไปใช้กับรูปทุกรูปในฐานข้อมูล
- 5) ขนาด (Dimension) ขององค์ประกอบใบหน้าจะถูกลดลงด้วยการ Downsampling
- 6) ส่วนอื่นๆบนใบหน้านอกจากส่วนตา จมูก และ ปาก จะถูก Down sampling ด้วยอัตราส่วนที่สูงขึ้น เนื่องจากส่วนเหล่านี้ของใบหน้ามีความสำคัญไม่มากนักเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ เช่น ตา จมูก และ ปาก

7) เวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature vector) จะสามารถสร้างได้จากนำ ส่วนของใบหน้าที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 ตามลำดับ จากนั้นจะทำการรวมกันเป็นคอลัมน์เวกเตอร์ (Column vector) อันหนึ่งซึ่งมีขนาด  $N \times 1$  โดยกระบวนการสร้างเมตริกซ์ของเวกเตอร์คุณลักษณะสามารถทำได้ดังนี้

ยกตัวอย่าง รูปภาพต้นฉบับมีขนาด  $192 \times 128$

- นำมาผ่านกระบวนการ pre-processing และ ลดขนาดจะได้ ภาพที่ถูกสกัดลักษณะสำคัญออกมาดังนี้
  - ส่วนตาซ้าย (Left eye: L) มี Dimension ขนาด  $12 \times 7$  ย่อด้วยอัตราส่วน 1:1 จะได้  $12 \times 7$
  - ส่วนตาขวา (Right eye: R) มี Dimension ขนาด  $12 \times 7$  ย่อด้วยอัตราส่วน 1:1 จะได้  $12 \times 7$
  - ส่วนจมูก (Nose: N) มี Dimension ขนาด  $11 \times 9$  (พิจารณาเป็น  $10 \times 8$ ) ย่อด้วยอัตราส่วน 1:2 จะได้  $40 \times 1$  (จาก 80 เหลือ 40)
  - ส่วนปาก (Mouth: M) มี Dimension ขนาด  $5 \times 15$  (พิจารณาเป็น  $4 \times 14$ ) ย่อด้วยอัตราส่วน 1:4 จะได้  $14 \times 1$  (จาก 56 เหลือ 14)
  - ส่วนอื่นๆ ที่เหลือ (Remaining portions: RE) มี Dimension ขนาด  $32 \times 32$  ย่อด้วยอัตราส่วน 1:8 จะได้  $128 \times 1$  (จาก 1024 เหลือ 128)
  - แปลงเป็นคอลัมน์เวกเตอร์ 1 เมตริกซ์ โดยจัดเรียงองค์ประกอบ ดังสมการที่ 2.3

$$Feature Vector = \begin{bmatrix} L \\ R \\ N \\ M \\ RE \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

โดยมิติของเวกเตอร์ดังกล่าว จะเป็น 350 แถว 1 หลัก ( $350 \times 1$ ) โดยได้มาจากการรวมกันของ L (ส่วนตาซ้าย) ขนาด  $12 \times 7$  เท่ากับ 84 R (ส่วนตาขวา) ขนาด  $12 \times 7$  เท่ากับ 84 N (ส่วนจมูก) ขนาด  $40 \times 1$  เท่ากับ 40 M (ส่วนปาก) ขนาด  $14 \times 1$  เท่ากับ 14 และ RE (ส่วนอื่นๆ ที่เหลือ) ขนาด  $128 \times 1$  เท่ากับ 128 นำมาจัดเรียงเป็น 350 แถวตามลำดับ

### 2.1.3 เทคนิคการลดขนาดคุณลักษณะด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (PCA) และ การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (LDA)

การลดขนาดของอินพุตที่ใช้ในการประมวลผลนั้นสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะช่วยเพิ่มความเร็วในการประมวลผล และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรู้จำ โดยในหัวข้อที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะกล่าวถึง “เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (Principal Component Analysis)” หรือ “PCA” และ “การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (Linear Discriminant Analysis)” หรือ “LDA” ซึ่งเป็นอีกเทคนิคที่นำมาใช้ในการลดขนาดอีกขั้นตอนต่อจากเทคนิคที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ผ่านมา

#### 2.1.3.1 เทคนิคการลดขนาดคุณลักษณะ (Feature Dimensional Reduction Techniques)

การเลือกคุณลักษณะในระบบรู้จำใบหน้า นั้น จะขึ้นอยู่กับกระบวนการ “สกัด” คุณลักษณะของข้อมูลอินพุต และ ความสามารถในการ “จำแนก” ลักษณะในหมวดหมู่ต่างๆ โดยลักษณะของใบหน้าที่เป็นสำหรับระบบรู้จำใบหน้าจำนวนหนึ่งจะถูกเก็บไว้ในขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อประสิทธิภาพของระบบที่ดียิ่งขึ้นทั้งในเรื่องของเวลาในการทำงาน ขนาดหน่วยความที่ใช้ และ ประสิทธิภาพในการตัดสินใจ

วิธีการสกัดคุณลักษณะจะใช้วิธีการ การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (PCA) และ การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (LDA) เพื่อทำการลดขนาดของคุณลักษณะในใบหน้า ซึ่งคุณลักษณะนี้จะใช้ในขั้นตอนการจำแนกใบหน้าต่อไป

ทั้งเทคนิค PCA และ LDA นั้นจะไม่ทำให้ตำแหน่งของข้อมูลทั้งที่ยังไม่ผ่านขั้นตอนการลดขนาดและผ่านขั้นตอนการลดขนาดแล้วนั้นเปลี่ยนไป โดยจะเปลี่ยนไปเฉพาะแกนอ้างอิงของข้อมูล โดยจะเปลี่ยนไปอยู่ในตำแหน่งที่มุมมอง (Point of view) ที่ดีกว่าเดิม โดยจะกล่าวภายในหัวข้อนี้ต่อไป

#### 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (Principal Component Analysis)

“การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ” หรือ “PCA” เป็นหนึ่งในเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรโดยไม่มีการแบ่งกลุ่มตัวแปรว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม และ/หรือตัวแปรอิสระ สนใจเพียงต้องการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เหล่านั้น โดยจะสร้างตัวแปรใหม่ซึ่งประกอบขึ้นด้วยความแปรผันหรือความแปรปรวนของตัวแปรเดิม จึงนิยมใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้เพื่อลดขนาดเมตริกซ์ของตัวแปรให้เล็กลงหรือใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล

ในกระบวนการรู้จำใบหน้าเกือบทุกวิธีการในปัจจุบัน “หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ” หรือที่มีอีกชื่อหนึ่งว่า “Karhunen-loeve transformation” จะถูกใช้เป็นเทคนิคมาตรฐานสำหรับการลดขนาดและการสกัดคุณลักษณะ โดย PCA นั้นจะทำการลดการคำนวณส่วนที่ไม่จำเป็นของข้อมูล ในขณะที่ยังคงรักษาองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของข้อมูลเอาไว้ได้ดีที่สุด

รูปภาพใบหน้า 2 มิติขนาด  $N \times N$  สามารถพิจารณาในรูปแบบของเวกเตอร์ 1 มิติขนาด  $N^2$  ได้ ยกตัวอย่างเช่น รูปภาพขนาด  $112 \times 92$  จะถูกพิจารณาเป็นเวกเตอร์ที่มีขนาดพื้นที่ (Dimension space) 10,304 (ซึ่งได้จากผลคูณระหว่าง  $112 \times 92$ )

เนื่องจากข้อมูลของรูปภาพทั้งหมดไม่ได้กระจายตัวแบบสุ่ม และมีความคล้ายคลึงกันกับข้อมูลรูปส่วนใบหน้า จึงเป็นไปได้ที่จะอธิบายรูปภาพใบหน้าด้วยการใช้พื้นที่ย่อย (Subspace) ที่ผ่านการลดขนาดลงด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (PCA) และ การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (LDA) ได้ โดยหัวใจหลักของการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ คือ การหาเวกเตอร์ที่สามารถอธิบายการกระจายของรูปใบหน้าจากพื้นที่รูปทั้งหมดได้ดีที่สุด โดยเวกเตอร์เหล่านี้จะนิยามพื้นที่ย่อยของรูปใบหน้า (Subspace of face images) หรือที่เรียกว่า “พื้นที่หน้า (Face space)” โดยเวกเตอร์นั้นจะมีขนาด  $N^2$  ซึ่งใช้ในการอธิบายรูปภาพขนาด  $N \times N$  โดยเป็นการรวมกันเชิงเส้นของรูปภาพต้นฉบับ

เนื่องจากเวกเตอร์ที่แทนรูปภาพเหล่านี้เป็น “ไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector)” ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ซึ่งได้มาจากรูปภาพใบหน้าต้นฉบับดังนั้นชุดข้อมูลของลักษณะใบหน้าที่อยู่ในเซตของ Eigenvector เหล่านี้จะเรียกว่า “ไอเกนเฟซ (Eigenfaces)”

โดยตัวอย่างของรูปภาพในชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน (Training set) และ Eigenface ที่ได้จากชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝนสามารถดูได้จากรูปที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ



รูปที่ 2.6 ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน (Training set)



รูปที่ 2.7 Eigenface ที่ได้จากชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน

เมื่อพิจารณาชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝนของรูปภาพใบหน้า โดยจะแทนด้วยสัญลักษณ์  $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_M$  ดังนั้นค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลดังกล่าวจะหาได้จากสมการที่ 2.4 โดย  $M$  เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (2.4)$$

$$\Phi = \Gamma_i - \Psi \quad (2.5)$$

ดังนั้น “ความแตกต่างเวกเตอร์ (Vector differentiate)” ของแต่ละใบหน้า หรือ ค่าความแตกต่างระหว่างแต่ละใบหน้าที่ค่าเฉลี่ยนั้นจะสามารถหาได้จากสมการที่ 2.5 โดยการนำค่าเฉลี่ยในสมการที่ 2.4 ไปลบเข้ากับทุกค่าในชุดข้อมูลของรูปภาพใบหน้า โดยตัวอย่างรูปภาพเฉลี่ยจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ภาพเฉลี่ยของชุดข้อมูลสำหรับการฝึกฝน

จากนั้นจะนำชุดข้อมูลเวกเตอร์ที่ได้จากสมการที่ 2.5 ซึ่งยังคงมีขนาดที่ใหญ่เกินไป ไม่เหมาะสมกับการใช้งานชุดนี้ไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญด้วยการหา Orthogonal vector ( $u_k$ ) ของชุดข้อมูลดังกล่าว ซึ่ง Orthogonal vector นี้จะเป็นส่วนที่สามารถอธิบายการกระจายตัวของข้อมูลรูปภาพใบหน้าทั้งหมดได้ดีที่สุด จากนั้นจะนำเวกเตอร์ไปใช้ในการคำนวณสมการที่ 2.6

$$\lambda_k = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (U_k^T \Phi_n)^2 \quad (2.6)$$

โดยในสมการที่ 2.6 นั้นจะเป็นการหาเวกเตอร์  $U_k$  และ ค่าสเกลาร์  $\lambda_k$  หรือ Eigenvector และ Eigenvalue ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมตามลำดับ ซึ่งโดยปกตินั้นการจะคำนวณหาเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix)  $C$  นั้นสามารถหาได้จากสมการที่ 2.7

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \quad (2.7)$$

เมื่อเมตริกซ์  $A = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_M]$  และเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม  $C$  ที่ได้จะมีมิติขนาด  $N^2 \times N^2$  และเป็นเมตริกซ์สมมาตรของจำนวนจริง ทั้งนี้การจะคำนวณ Eigenvector ขนาด  $N^2$  และ Eigenvalue สำหรับแต่ละมิติแต่ละตำแหน่งของเมตริกซ์ดังกล่าวนั้นเป็นเรื่องยาก ดังนั้นเพื่อลดความซับซ้อน วิธีการลดความซับซ้อนในการคำนวณ Eigenvalue จะถูกนำมาเพื่อแก้ปัญหาคำนวณดังกล่าว

โดยการลดความซับซ้อนในการคำนวณ Eigenvector สามารถทำได้โดยให้  $v$  เป็น Eigenvector ของเมตริกซ์  $A^T A$  โดยจะได้ว่า

$$A^T A v_i = \mu_i v_i \quad (2.8)$$

เมื่อทำการคูณเมตริกซ์  $A$  เข้าที่ทั้ง 2 ข้างสมการที่ 2.8 จะได้ว่า

$$A A^T A v_i = \mu_i A v_i \quad (2.9)$$

ทั้งนี้ที่ฝั่งขวาของสมการจะได้  $\mu_i A v_i$  โดย  $A v_i$  คือ Eigenvector และ  $\mu_i$  คือ Eigenvalue ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม  $C = A A^T$  ตามลำดับ

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ด้านบน ทางฝั่งซ้ายจะเกิดเมตริกซ์  $L = A^T A$  ซึ่งมีขนาด  $M \times M$  โดย  $L_{mn} = \Phi_m^T \Phi_n$  จากนั้นนำ Eigenvectors ( $v_i$ ) ของ  $L$  ทั้งหมด  $M$  เวกเตอร์จะสามารถหาค่าได้ และเมื่อพิจารณาการรวมกันเชิงเส้นของรูปภาพใบหน้าในชุดข้อมูลฝึกฝน (Training set) ทั้งหมด  $M$  ชุดจะสามารถหาค่า Eigenfaces ( $U_i$ ) ได้ดังสมการที่ 2.10 โดย  $i=1, 2, \dots, M$

$$U_i = \sum_{k=1}^M v_{lk} \Phi_{nk} \quad (2.10)$$

จากการวิเคราะห์ข้างต้น การคำนวณสำหรับการสร้างเมตริกซ์จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณมิติของภาพขนาดจำนวน  $N^2$  สำหรับจำนวนภาพในชุดฝึกฝน (Training set) ทั้งหมด  $M$  ภาพอีกต่อไป ในระบบรู้จำใบหน้าเกือบทุกกรณี จำนวนภาพใบหน้าในชุดฝึกฝนนั้นจะน้อยกว่ามากๆ เมื่อเทียบกับมิติของรูปภาพใบหน้า ( $M \ll N^2$ ) และวิธีการดังกล่าวจะทำให้การคำนวณนั้นลดลงเหลืออยู่ในระดับที่สามารถจัดการได้

เพื่อที่จะจำแนกความแตกต่างรูปภาพต่างๆ Eigenvalue นั้นจะมีประโยชน์สำหรับการจัดตำแหน่งของ Eigenvector โดย Sirovich & Kirby นักคณิตศาสตร์ผู้ริเริ่มการใช้งานระบบรู้จำใบหน้า ได้ทำการคำนวณขอบเขตการทำงานของวิเคราะห์ที่ได้กล่าวไปด้านบน และพบว่าฐานข้อมูลขนาด 115 รูปภาพ ( $M = 115$ ) ซึ่งถูกแปลงเป็นเลขพิกเซลแล้วนั้นจะต้องใช้ 40 Eigenfaces ( $M' = 40$ ) ถึงจะเพียงพอในการทดแทนรูปภาพใบหน้าได้

เมื่อ Eigenfaces ยึดขนาดเท่ากับพื้นที่ย่อยขนาด  $M'$  ของพื้นที่  $N^2$  ของรูปภาพต้นฉบับนั้น ค่า Eigenvector  $M'$  ของเมตริกซ์  $L$  จะมีค่า Eigenvalue สูงที่สุดและเพียงพอสำหรับการแทนข้อมูลรูปใบหน้าที่ถูกต้องในพื้นที่ของใบหน้า (Face space) ซึ่งถูกคุณลักษณะโดย Eigenface

ด้วยการใช้วิธีอย่างง่ายข้างต้น รูปภาพของใบหน้าชุดฝึกฝน ( $\Gamma$ ) จะสามารถถูกแปลงเป็น “องค์ประกอบไอเกนเฟซ (Eigenface component)” ของตัวมันเองได้ โดยการทำการโปรเจกชันลงบน “พื้นที่ของใบหน้า (Face space)” ดังสมการที่ 2.11

$$w_k = U_k^T (\Gamma - \Psi) \quad (2.11)$$

เมื่อ  $k = 1, \dots, M'$  โดยค่าน้ำหนักจากโปรเจกชันเวกเตอร์ (Projection vector) สามารถหาได้จากสมการที่ 2.12

$$\Omega^T = [w_1, w_2, \dots, w_{M'}] \quad (2.12)$$

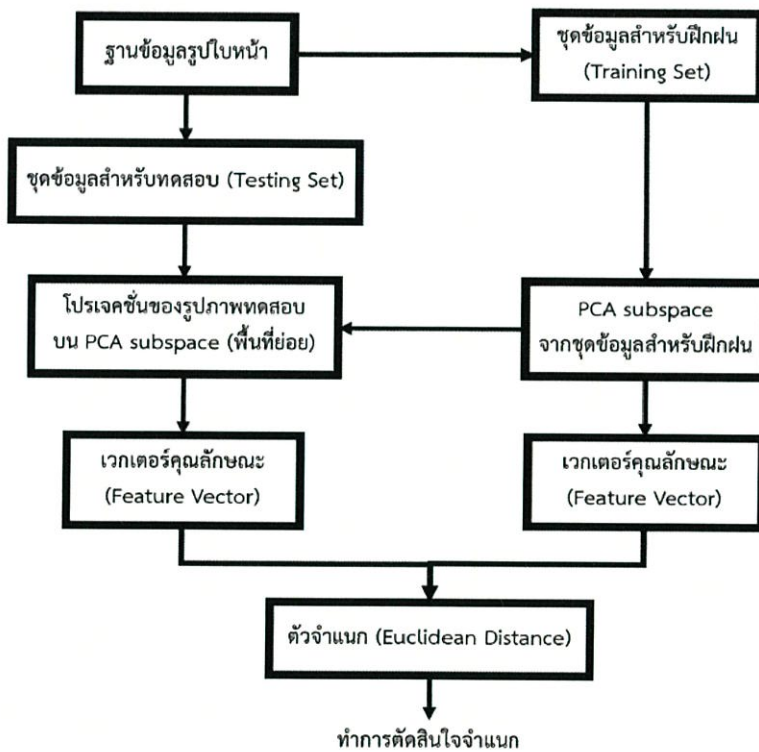
โดยจากการใช้ Eigenfaces แทนชุดข้อมูลพื้นฐานของใบหน้านั้น จะทำให้การอธิบายการกระจายตัวของ แต่ละ Eigenface ในอินพุตรูปใบหน้านั้นง่ายขึ้น โดยโปรเจกชันเวกเตอร์ (Projection vector) ที่หาได้เวกเตอร์จะถูกใช้เป็นอัลกอริทึมการรู้จำมาตรฐานในภายหลัง และจะถูกใช้เป็นตัวจำแนกใบหน้า (Classifier) ต่อไป

“หมวดหมู่ใบหน้า (Face class)” จะแทนด้วยตัวแปร  $\Omega_k$  โดยหาได้จากค่าเฉลี่ยของ Eigenface บนรูปภาพตัวอย่างใบหน้าบางส่วนในแต่ละหมวดหมู่ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการจัดหมวดหมู่จะถูกวัดโดยการเปรียบเทียบระหว่าง “โปรเจกชันเวกเตอร์ของชุดรูปภาพสำหรับฝึกฝน (Projection vectors of training set)” กับ “โปรเจกชันเวกเตอร์ของอินพุตรูปภาพใบหน้า (Projection vectors of input face image)” ด้วยการหา “ระยะทางยูคลิด (Euclidean distance)” ระหว่างหมวดหมู่ใบหน้าที่มีอยู่กับรูปภาพใบหน้าอินพุต

โดยต่อจากนี้แนวความคิดหลักสำหรับการสร้างระบบรู้จำใบหน้า คือ การหา “หมวดหมู่ใบหน้า (face class)” ซึ่งแทนด้วยตัวแปร  $k$  โดยหมวดหมู่ใบหน้านั้นจะต้องทำให้ระยะทางยุคลิด (Euclidean distance) น้อยที่สุด โดยระยะทางยุคลิดสามารถหาได้จากสมการที่ 2.13 เมื่อ  $\Omega_k$  เป็นเวกเตอร์หนึ่งที่อธิบายหมวดหมู่ใบหน้าที่ลำดับที่  $k$

$$\mathcal{E}_k = \|(\Omega - \Omega_k)\| \quad (2.13)$$

โดยรูปภาพที่ 2.9 แสดงถึงผังสรุปการทำงานของขั้นตอนวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของระบบรู้จำใบหน้าด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ (PCA)

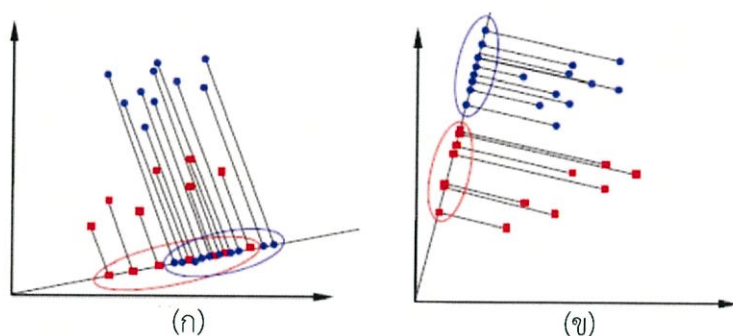


รูปที่ 2.9 ผังการทำงานโดยรวมของระบบรู้จำใบหน้าขั้นตอนวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญ

## 2) การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (LDA)

การวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม จะถูกประยุกต์เข้ากับ “เกณฑ์การจำแนกประเภทแบบเชิงเส้นของฟิชเชอร์ (Fisher’s linear discriminant criterion)” เพื่อเอาชนะความจำกัดของวิธีการของไอเกน (Eigen method) โดยการพยายามให้อัตราส่วนระหว่าง “Determinant ของระหว่างหมวดหมู่รูปภาพ (คนละหมวดหมู่)” ต่อ “Determinant ของเมตริกซ์การกระจายภายในหมวดหมู่เดียวกัน (Within class scatter matrix) ของตัวอย่างรูปภาพที่ถูกโปรเจกชัน” นั้นสูงที่สุด

การจัดกลุ่มรูปภาพที่อยู่ภายในหมวดหมู่เดียวกัน (ใบหน้าคนเดียวกัน) พร้อมทั้งแยกรูปภาพที่อยู่คนละหมวดหมู่ออกไปนั้นจะเกิดขึ้นได้โดยการใช “ตัวจำแนกของฟิชเชอร์ (Fisher’s discriminants)” โดยโปรเจกชันของรูปภาพใบหน้าบนพื้นที่ของฟิชเชอร์ (Fisher space) จะเป็นการแปลงมิติของรูปภาพใบหน้าจากพื้นที่มิติ  $N^2$  เป็นพื้นที่มิติ  $C$  เมื่อ  $C$  เป็นจำนวนหมวดหมู่ของรูปภาพ ยกตัวอย่างเช่น จุดข้อมูล 2 ชุด จะถูกพิจารณาเป็น พื้นที่ 2 มิติ โปรเจกชันลงบนเส้นตรงเพียงเส้นเดียวทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ทิศทางของจุดว่าจะรวมกัน (Mixed) หรือ แยกกัน (Separated) ดังรูปที่ 2.10



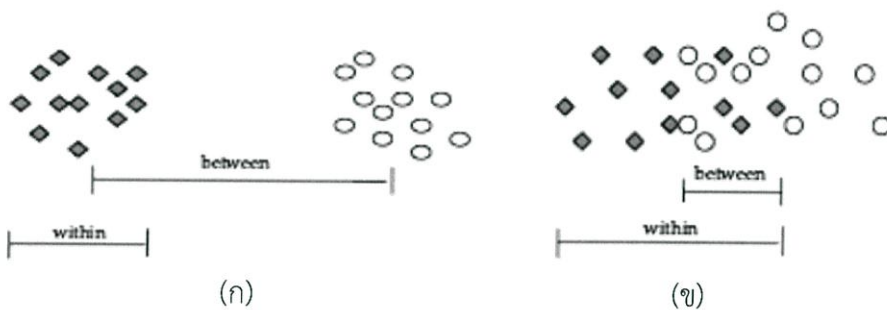
รูปที่ 2.10 การโปรเจกชันจุดลงบนเส้นตรง (ก) กรณีจุดต่างๆรวมกันเมื่อโปรเจกชันลงบนเส้นตรง  
(ข) กรณีจุดต่างๆแยกกันเมื่อโปรเจกชันลงบนเส้นตรง

การจำแนกของฟิชเชอร์ทำเพื่อหาเส้นตรงที่สามารถแยกจุดของข้อมูลได้ดีที่สุด โดยยกตัวอย่างเช่น เพื่อที่จะระบุรูปภาพทดสอบอินพุต จะต้องมีการเปรียบเทียบระหว่างรูปภาพทดสอบที่ถูกโปรเจกชัน กับรูปภาพชุดฝึกฝน (Training image) จากนั้นถ้ารูปภาพอินพุตที่ทดสอบใกล้เคียงกับรูปภาพในชุดฝึกฝนรูปใดมากที่สุดก็จะสามารถระบุได้ว่าเป็นใคร

ทั้งนี้จากการทำโปรเจกชันบน Eigenspace ในหัวข้อมก่อนหน้า รูปภาพชุดฝึกฝนจะยังคงถูกโปรเจกชันลงบนพื้นที่ย่อย และรูปภาพอินพุตที่ถูกทดสอบจะถูกโปรเจกชันลงบนพื้นที่เดียวกันและสามารถวัดได้ด้วยเทคนิคการวัดที่คล้ายกัน โดยสิ่งเดียวที่แตกต่างออกไปคือ ในขั้นตอนของ PCA ส่วนที่ถูกคำนวณจะเป็นพื้นที่ย่อย

กระบวนการ PCA นั้นจะถูกใช้ในการสกัดคุณลักษณะที่จะแทนรูปภาพของใบหน้าออกมา และ กระบวนการ LDA จะทำการจำแนกความแตกต่างระหว่างหมวดหมู่ระหว่างแต่ละคนบนใบหน้าเพื่อทำการหาพื้นที่ย่อย ดังที่แสดงในรูปที่ 2.11

เมตริกซ์การกระจายตัวภายในหมวดหมู่เดียวกันจะแสดงความแตกต่างซึ่งเกิดจากความแตกต่างของแสงไฟและการแสดงออกทางอารมณ์บนใบหน้าในรูปร่างหน้าตาของบุคคลคนเดียวกัน ในขณะที่เมตริกซ์การกระจายตัวระหว่างหมวดหมู่จะแสดงถึงความแตกต่างของเอกลักษณ์บนใบหน้าของบุคคลคนละคนกัน ดังนั้นในการนำวิธีการที่กล่าวถึงข้างต้นทั้ง PCA และ LDA ไปใช้ ทิศทางการโปรเจกชันไปในทิศทางเดียว จะทำให้ระยะทางยูคลิดระหว่างรูปภาพใบหน้าของหมวดหมู่ที่ต่างกัน(คนละบุคคล) นั้นมากที่สุด ในทางตรงกันข้ามจะเป็นการทำให้ระยะทางยูคลิดระหว่างรูปภาพใบหน้าของหมวดหมู่เดียวกัน (บุคคลคนเดียวกัน) น้อยที่สุดเช่นกัน โดยจะพบว่าการแบ่งแยกหมวดหมู่หรือการจำแนกบุคคลที่ดีที่สุดนั้น เมตริกซ์การกระจายระหว่างหมวดหมู่ (Between-class scatter matrix :  $S_b$ ) ควรจะมากที่สุด และเมตริกซ์การกระจายตัวภายในหมวดหมู่ (Within-class scatter matrix :  $S_w$ ) ควรมีค่าน้อยที่สุดดังที่แสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ความแตกต่างระหว่างการแบ่งแยกหมวดหมู่

(ก) การแบ่งแยกหมวดหมู่แบบดี (ข) การแบ่งแยกหมวดหมู่แบบไม่ดี

โดยสมการสำหรับการหาค่าเมตริกซ์การกระจายระหว่างหมวดหมู่ ( $S_b$ ) และเมตริกซ์การกระจายตัวภายในหมวดหมู่ ( $S_w$ ) สามารถหาได้จากสมการที่ 2.14 และ 2.15 ตามลำดับ

$$S_w = \sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^{N_j} (\Gamma_i^j - \mu_j)(\Gamma_i^j - \mu_j)^T \quad (2.14)$$

$$S_b = \sum_{j=1}^C (\mu_j - \mu)(\mu_j - \mu)^T \quad (2.15)$$

โดยที่  $\Gamma$  คือตัวอย่างลำดับที่  $i^{th}$  ภายในหมวดหมู่  $j$ ,  $\mu_j$  คือค่าเฉลี่ยของหมวดหมู่  $j$ ,  $C$  คือจำนวนของหมวดหมู่,  $N_j$  คือจำนวนของตัวอย่างในหมวดหมู่  $j$  และ  $\mu$  คือค่าเฉลี่ยของหมวดหมู่สำหรับสมการที่ 2.15

ทั้งนี้วัตถุประสงค์หลักของ LDA คือการหาโปรเจกชันเมตริกซ์ที่ทำให้อัตราส่วนระหว่าง เมตริกซ์การกระจายระหว่างหมวดหมู่ ( $S_b$ ) และเมตริกซ์การกระจายตัวภายในหมวดหมู่ ( $S_w$ ) มากที่สุดซึ่งจะหาได้จากสมการที่ 2.16

$$w = \arg \max \left| \frac{W^T S_b W}{W^T S_w W} \right| \quad (2.16)$$

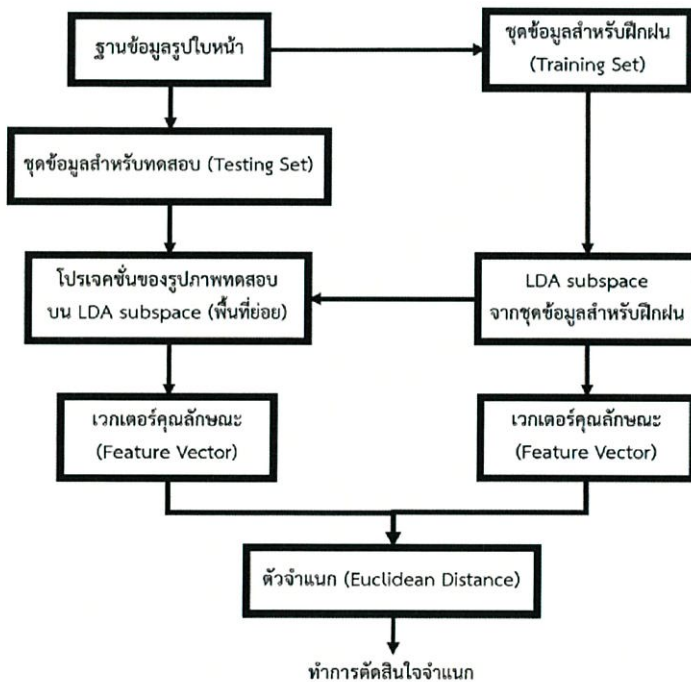
เมื่อ  $w = [w_1, w_2, \dots, w_d]$  คือ ชุดของเวกเตอร์ที่วางตัวอยู่บนพื้นที่ย่อยของ LDA โดยเมตริกซ์การกระจายตัวภายในหมวดหมู่ ( $S_w$ ) จะแสดงว่ารูปภาพใบหน้าวางตัวกระจายใกล้กันเพียงใดภายในหมวดหมู่เดียวกัน ในขณะที่เมตริกซ์การกระจายระหว่างหมวดหมู่ ( $S_b$ ) จะแสดงว่ารูปภาพใบหน้าวางตัวกระจายห่างซึ่งกันและกันเพียงใดระหว่างหมวดหมู่นั้นๆ

และดังที่กล่าวไปแล้วการแบ่งแยกหมวดหมู่หรือการจำแนกบุคคลที่ดีที่สุดนั้น เมตริกซ์การกระจายระหว่างหมวดหมู่ ( $S_b$ ) ควรจะมากที่สุด และเมตริกซ์การกระจายตัวภายในหมวดหมู่ ( $S_w$ ) ควรมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งก็คือการทำให้เวกเตอร์  $w$  ในสมการที่ 2.16 นั้นมีค่ามากที่สุดหรือจากทำให้เวกเตอร์ที่เป็นตัวเศษ (Numerator) และตัวส่วน

(Denominator) ในสมการที่ 2.16 มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ โดยวิธีการนี้มีอีกชื่อหนึ่งคือ “การจำแนกของฟิชเชอร์ (Fisher’s Discrimination)”

วิธีการของ LDA นี้จะคล้ายคลึงกับวิธีการของไอเกนซึ่งใช้การโปรเจกชันรูปภาพชุดฝึกฝน (Training image) ลงบนพื้นที่ย่อย โดยรูปภาพอินพุตที่จะทดสอบจะถูกโปรเจกชันลงบนพื้นที่ย่อยเดียวกันและทำการระบุใบหน้าด้วยวิธีการวัดที่คล้ายคลึงกัน โดยสิ่งเดียวที่แตกต่างกันคือวิธีในการคำนวณพื้นที่ย่อยที่กำหนดคุณลักษณะของพื้นที่ใบหน้า

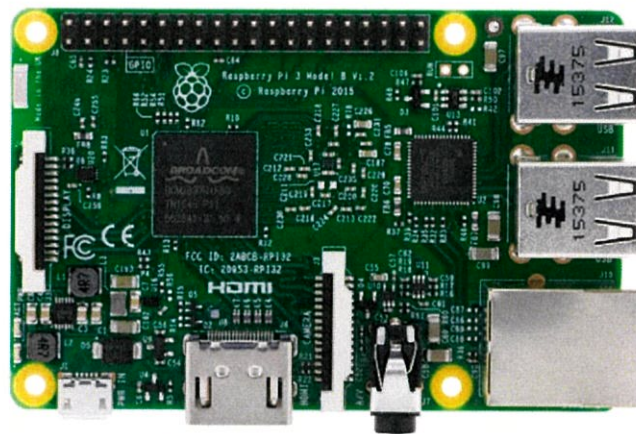
รูปภาพใบหน้าที่มีระยะทางยูคลิดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับใบหน้าอินพุตที่ทำการทดสอบจะถูกระบุว่าเป็นตัวตนของใบหน้าที่ทำการทดสอบนั้น โดยระยะทางยูคลิดที่น้อยที่สุดดังกล่าวสามารถคำนวณได้โดยใช้วิธีการคำนวณระยะทางของยูคลิด (ในสมการที่ 2.13) โดยรูปภาพที่ 2.12 แสดงผังการทำงานโดยรวมของระบบรู้จำใบหน้าขั้นตอนวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม (LDA) ที่กล่าวมาทั้งหมดในหัวข้อนี้



รูปที่ 2.12 ผังการทำงานโดยรวมของระบบรู้จำใบหน้าขั้นตอนวิเคราะห์สมการเชิงเส้นเพื่อการจำแนกกลุ่ม

## 2.2 หน่วยประมวลผลส่วนกลางของระบบ

ในระบบทั้งหมดของห้องพักนั้นจะมีหน่วยประมวลผลส่วนกลางที่คอยควบคุมทั้ง ระบบรักษาความปลอดภัยและระบบอำนวยความสะดวกด้วยเสียง ในที่นี่จะใช้บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi 3 Model B โดยมีความเร็วของ CPU (สัญญาณนาฬิกา) 1.2 GHz และใช้ชิปช่วยประมวลผลกราฟฟิกของ VideoCore IV สามารถรองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian Pidora และ Arch Linux โดยต้องติดตั้งบน MicroSD Card และมีจุดเชื่อมต่อ GPIO PIN ให้ผู้ใช้งานนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ โดย Raspberry Pi 3 Model B มีลักษณะดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 Raspberry Pi 3 Model B

จากรูปที่ 2.13 เหตุผลที่เลือกใช้ Raspberry Pi 3 Model B เนื่องจาก หน่วยประมวลผลหลักที่มีความเร็ว (สัญญาณนาฬิกา) 1.2 GHz ซึ่งเร็วกว่า Raspberry Pi รุ่นอื่นๆ ซึ่งเหมาะกับการทำงานในการประมวลผลภาพสำหรับระบบรู้จำใบหน้า รวมทั้งสามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายได้ ซึ่งสะดวกแก่การทำงานในขั้นตอนต่างๆ รวมทั้งในขั้นตอนสุดท้ายในการเชื่อมโยงระบบเข้าด้วยกัน (Integrated)

### 2.2.1 คุณสมบัติของ Raspberry Pi 3 Model B

คุณสมบัติหลักของบอร์ด Raspberry Pi 3 Model B คือ หน่วยประมวลผลหลักที่มีความเร็ว (สัญญาณนาฬิกา) 1.2 GHz หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 1 GB เชื่อมต่อเครือข่ายได้ทั้งการเชื่อมต่อผ่านสาย Ethernet และ Wireless ตามมาตรฐาน IEEE 802.11n พร้อมทั้ง Bluetooth 4.1 พร้อม Port GPIO 40 pins สาย HDMI และ Audio port

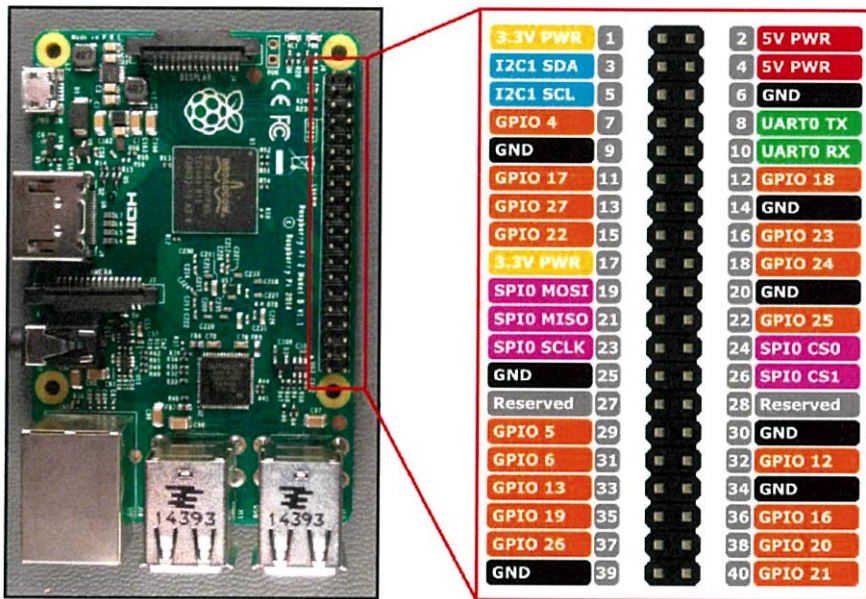
ทั้งนี้ port ต่างๆ นั้นมีความสำคัญต่อระบบภายในห้องพัก อาทิเช่น ช่องต่อลำโพง เพื่อออกเสียงตอบรับ GPIO สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในห้องพัก และ HDMI สำหรับการต่อจอเพื่อแสดงข่าวสารหน้าห้องพัก

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ Raspberry Pi 3 Model B

SoC (System on a chip)	Broadcom BCM2837
หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit)	4 ARM Cortex-A53, 1.2GHz
หน่วยประมวลผลภาพ : (GPU: Graphics Processing Unit)	Broadcom VideoCore IV
หน่วยความจำหลัก (RAM : Random Access Memory)	1GB LPDDR2 (900 MHz)
การเชื่อมต่อเครือข่าย (Networking)	10/100 Ethernet, 2.4GHz 802.11n wireless
Bluetooth	Bluetooth 4.1 Classic, Bluetooth Low Energy
หน่วยความจำ (Storage)	microSD
พอร์ตเนกสค์ (GPIO : General Purpose Input Output)	40-pin header, populated
Ports	HDMI, 3.5mm analogue audio-video jack, 4xUSB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface (CSI), Display Serial Interface (DSI)

## 2.2.2 ข้อมูลทั่วไปของ Raspberry Pi 3 Model B PIN

Raspberry Pi 3 Model B PIN หรือ GPIO PIN ย่อมาจาก General Purpose Input/Output หรือพอร์ตอเนกประสงค์ สามารถควบคุมให้ลอจิกเป็น "1" หรือ "0" ได้ ทั้งนี้ใน Raspberry Pi 3 นั้นมี GPIO ทั้งหมด 40 pins โดยที่จะสามารถควบคุมแต่ละ pin ได้โดยจะใช้ GPIO PIN ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆที่หล่อดไฟ และ เครื่องปรับอากาศ

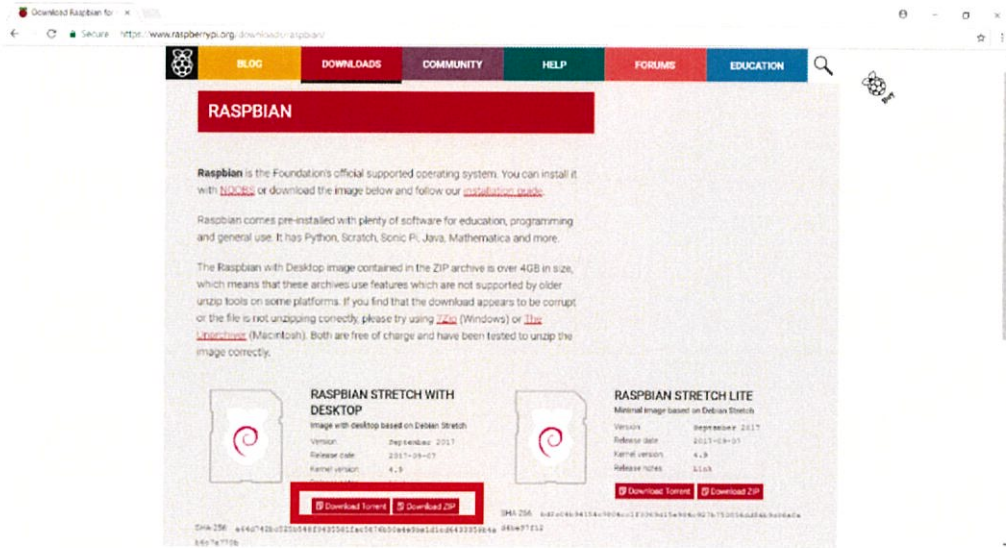


รูปที่ 2.14 Raspberry Pi 3 Model B PIN

## 2.3.3 การติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian ลง MicroSD Card

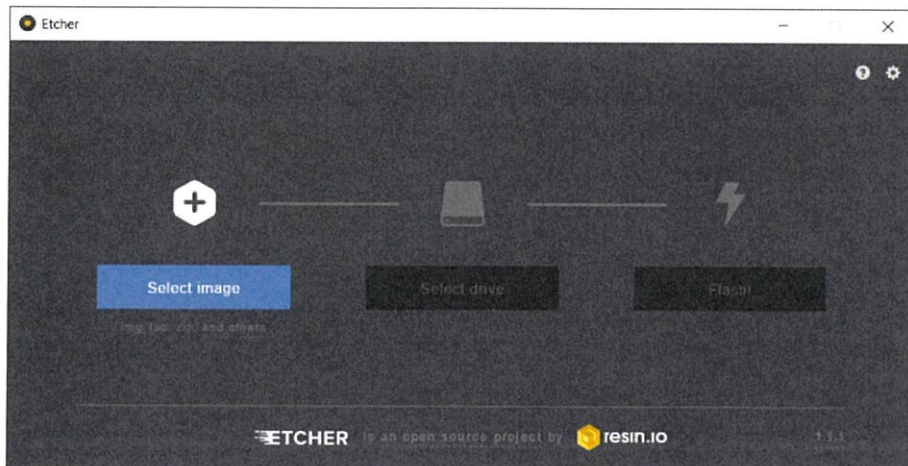
ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian ลงบน Raspberry Pi โดยอุปกรณ์ที่ต้องใช้ Raspberry Pi 3 Model B MicroSD Card ขนาดตามความเหมาะสมของการใช้งาน พร้อมจอและสาย HDMI เพื่อใช้ในการแสดงผล โดยขั้นตอนการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian ลง MicroSD Card มีขั้นตอนดังนี้

1) เข้าสู่ website <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbi> พร้อมทั้งกด Download ในรูปแบบ Desktop ตามรูปที่ 2.15 แสดง



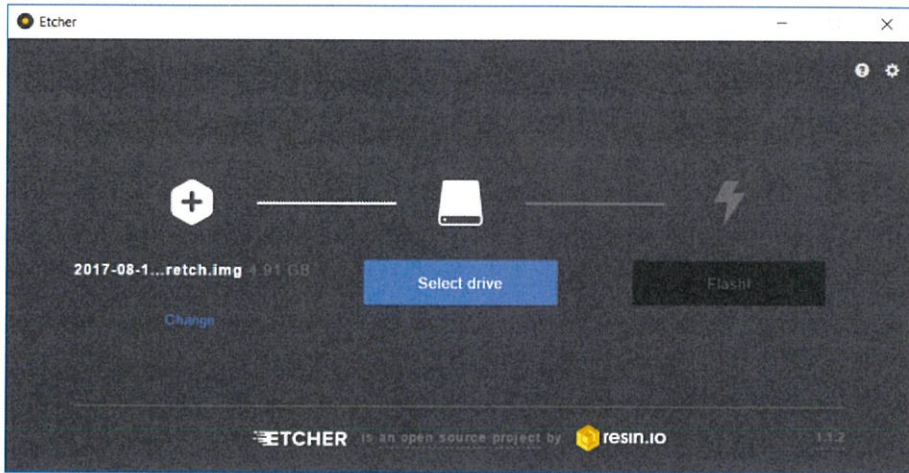
รูปที่ 2.15 การติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian

2) เมื่อได้ไฟล์ Raspbian ในรูปแบบ .zip มาแล้ว ให้ทำการเปิดโปรแกรม Etcher ดังที่แสดงในรูปที่ 2.16 เพื่อทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการลง MicroSD Card



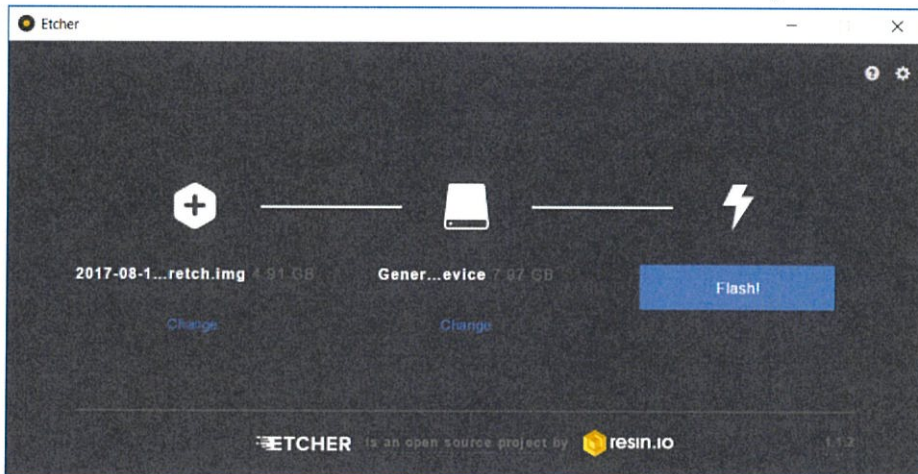
รูปที่ 2.16 เปิดโปรแกรม Etcher เพื่อทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการลง MicroSD Card

3) ทำการเลือกไฟล์ Raspbian.zip ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ดังที่แสดงรูปที่ 2.17



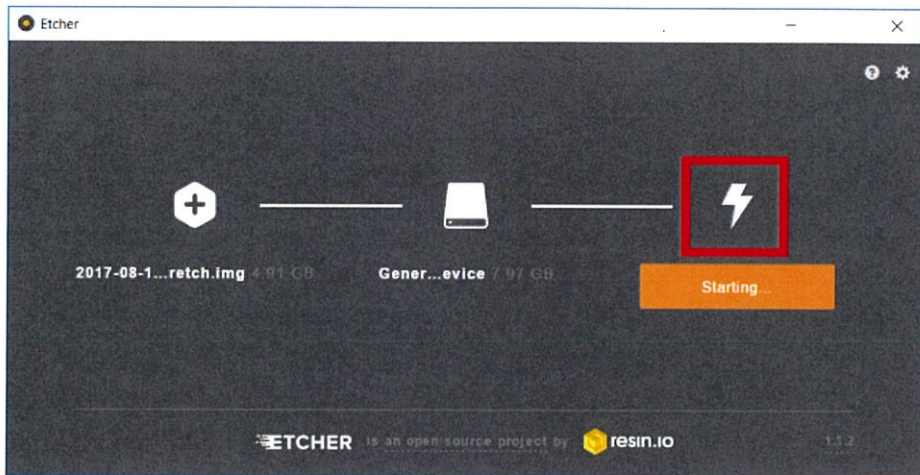
รูปที่ 2.17 การเลือกไฟล์ Raspbian.zip

4) ทำการเลือกไดรฟ์ของ MicroSD Card ดังที่แสดงในรูป ที่ 2.18



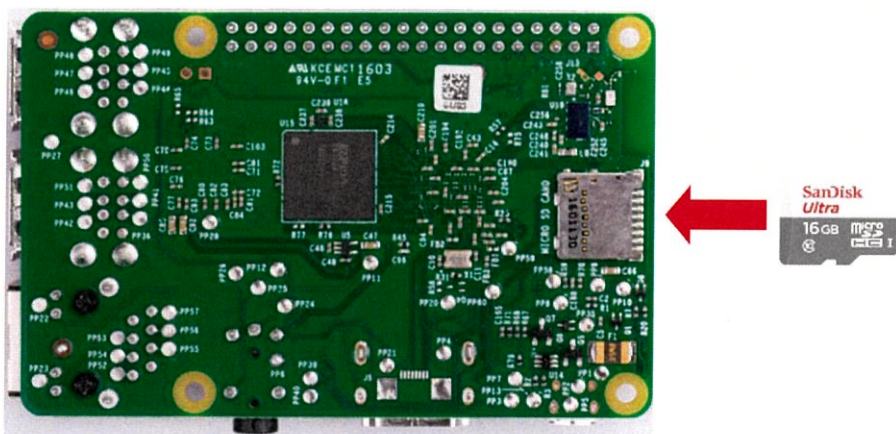
รูปที่ 2.18 การเลือกไดรฟ์ของ MicroSD Card

5) จากนั้นกด Flash และ รอจนกระทั่งกระบวนการติดตั้งเสร็จสิ้นดังที่แสดง  
ในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 กระบวนการติดตั้ง Raspbian ขั้นตอนที่สุดท้าย

6) นำ MicroSD Card ที่ได้เสียบเข้ากับพอร์ต MicroSD Card บน Raspberry Pi ดังแสดงในรูปที่ 2.20 จากนั้นทำการเชื่อมต่อสาย HDMI เข้ากับ Monitor พร้อมทั้งจ่ายแหล่งพลังงานเข้าสู่ Raspberry Pi 3



รูปที่ 2.20 การนำ MicroSD Card เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi 3 Model B

7) จากนั้นเมื่อนำ Raspberry Pi ที่ทำการติดตั้ง Raspbian แล้วมาต่อเข้ากับจอแสดงผลผ่าน Port HDMI จะได้ระบบปฏิบัติการ Raspbian ดังภาพที่ 2.21



รูปที่ 2.21 รูปหน้าจอ Raspberry Pi ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Raspbian

## 2.3 สัญญาณอินฟราเรดรีโมทคอนโทรล

รังสีอินฟราเรดเป็นรูปแบบของแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 750 นาโนเมตร -1 มิลลิเมตร ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากมนุษย์สามารถมองเห็นได้ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 380-750 นาโนเมตร ทั้งนี้การสื่อสารด้วยสัญญาณอินฟราเรดเป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ง่ายต่อการใช้งาน และมีประโยชน์มากมาย โดยจะถูกส่งในย่านความถี่ที่ 30 ถึง 60 กิโลเฮิร์ตซ์ สาเหตุที่ต้องใช้ความถี่สูงนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ เข้ามารบกวนได้ ตัวอย่างที่พบได้ในชีวิตประจำวันคือ รีโมทคอนโทรล เช่น เซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และเครื่องตรวจจับความร้อนแบบอินฟราเรด เป็นต้น เนื่องจากสัญญาณอินฟราเรดก็เป็นแสงชนิดหนึ่ง ดังนั้นจึงไม่มีความสามารถในการส่งผ่านผนังหรือวัสดุอื่นๆ เหมือนสายพายุหรือบลูทูธ

### 2.3.1 วิธีการทำงานของรีโมทอินฟราเรดและตัวรับสัญญาณ

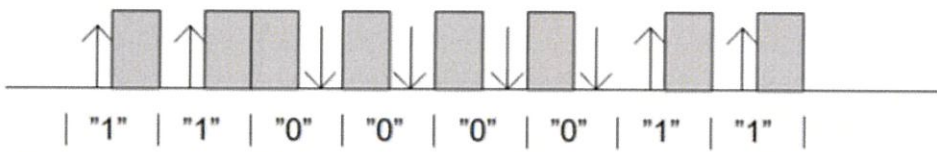
ระบบสื่อสารแบบอินฟราเรดทั่วไปจำเป็นต้องมีตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดและตัวรับสัญญาณอินฟราเรด ตัวส่งสัญญาณจะมีลักษณะเหมือนกับไฟแอลอีดีทั่วไป ยกเว้นว่าจะมีการผลิตแสงในย่านความถี่ของอินฟราเรด แทนที่จะเป็นย่านความถี่แบบแอลอีดีทั่วไป ตัวรับสัญญาณอินฟราเรดคือโฟโตไดโอดและมีเครื่องขยายสัญญาณก่อนจะแปลงสัญญาณอินฟราเรดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า

ในการส่งสัญญาณอินฟราเรดมีกระบวนการมอดูเลชันสัญญาณ โดยเครื่องเข้ารหัสบนรีโมทอินฟราเรดจะแปลงสัญญาณไบนารีเป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกส่งไปยังแอลอีดี จากนั้นแอลอีดีจะแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณอินฟราเรดส่งออกไป โดยสัญญาณอินฟราเรดที่ผ่านการมอดูเลตคือชุดของคลื่นแสงอินฟราเรดที่เปิดและปิดที่ความถี่สูงที่เรียกว่า ความถี่พาห้ ความถี่ในการส่งสัญญาณที่ใช้ในเครื่องส่งสัญญาณส่วนใหญ่คือ 38 กิโลเฮิร์ตซ์จากเครื่องส่งโดยไม่ได้รับการรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก ไดโอดรับสัญญาณจะรับความถี่ทั้งหมดของแสงอินฟราเรด จากนั้นผ่านแบนพาสฟิลเตอร์กรองเฉพาะความถี่ที่ 38 กิโลเฮิร์ตซ์ จากนั้นจะขยายสัญญาณก่อนจะแปลงกลับเป็นไบนารี และจะส่งข้อมูลไปยังคอนโทรลเลอร์ต่อไป

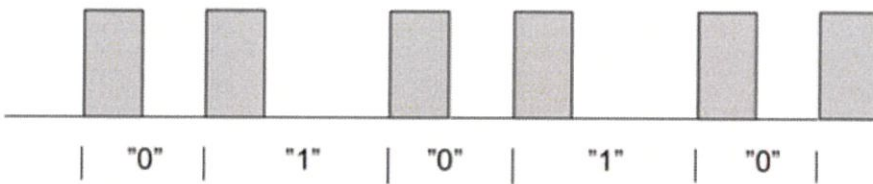
### 2.3.2 รูปแบบการเข้ารหัสของข้อมูล

ในการควบคุมระยะไกลส่วนใหญ่จะมีการส่งข้อมูลขนาดเล็กไปควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆภายในบ้าน เช่น การกดรีโมทเพื่อควบคุมโทรทัศน์ เป็นต้น คำสั่งมักจะถูกส่งซ้ำจนกว่าอุปกรณ์จะทำงานตามที่ต้องการ โดยผู้ใช้งานสามารถสังเกตผลของการกดปุ่มที่มีการตอบกลับด้วยภาพ หรือเสียง ในระบบควบคุมระยะไกลมีรูปแบบการเข้ารหัสที่ใช้ทั่วไป 3 รูปแบบ

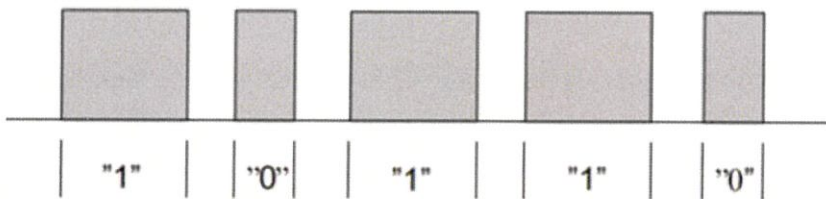
รูปแบบแรกคือ “Bi-Phase Coding” โดยการเข้ารหัสนี้แต่ละคาบจะมีขอบขาขึ้นหรือขอบขาลงอยู่ที่กึ่งกลางเพื่อบอกถึงลอจิกว่าเป็น “1” หรือ “0” ดังรูปที่ 2.22 รูปแบบที่สองคือ “Pulse-Distance Coding” ทุกพัลส์จะมีความยาวเท่ากัน แต่ช่องว่างระหว่างพัลส์จะมีความยาวแตกต่างกันดังรูปที่ 2.23 และรูปแบบที่สามคือ “Pulse-Length Code” จะมีความยาวของพัลส์ต่างกัน โดยมีระยะห่างระหว่างพัลส์เท่ากันดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.22 รูปแบบลอจิกของ Bi-Phase coding



รูปที่ 2.23 รูปแบบลอจิกของ Pulse-Distance modulation



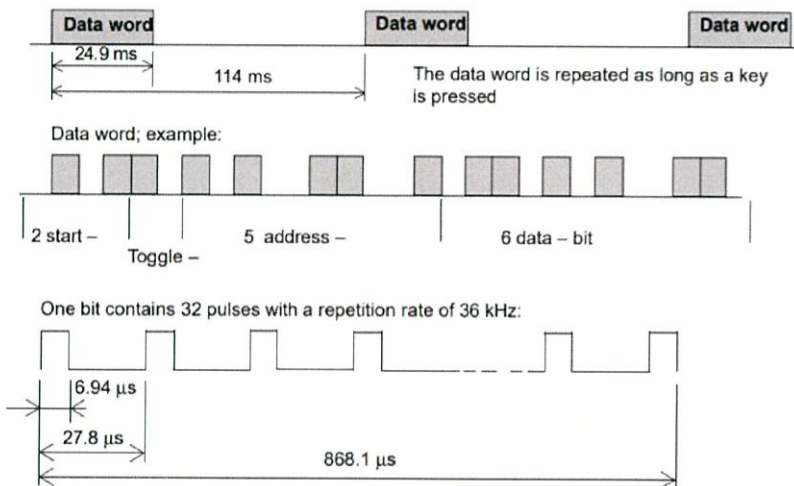
รูปที่ 2.24 รูปแบบลอจิก Pulse-Length code

โมดูลรับสัญญาณอินฟราเรดได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานในการส่งความถี่คลื่นพาห์ โดยความถี่ในการทำงานจะอยู่ในช่วง 30 จนถึง 60 กิโลเฮิร์ตซ์ มีความถี่มาตรฐานคือ 30, 33, 36, 37, 38, 40 และ 56 กิโลเฮิร์ตซ์ นอกจากชนิดของการเข้ารหัสและความถี่ของผู้ให้บริการที่แตกต่างกันแล้ว ยังมีรูปแบบของข้อมูลที่มีจำนวนหรือความยาวของบิต

ข้อมูลต่างกัน โดยการดำเนินการนั้นมีโปรโตคอลในการรับส่งข้อมูลอินฟราเรดจำนวนมาก เช่น Sony, Matsushita, NEC, RC5, RC6, Panasonic, Sharp และ Thomson RCA เป็นต้น โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างเพียงบางตัวเท่านั้น

### 2.3.2.1 RC5 Code

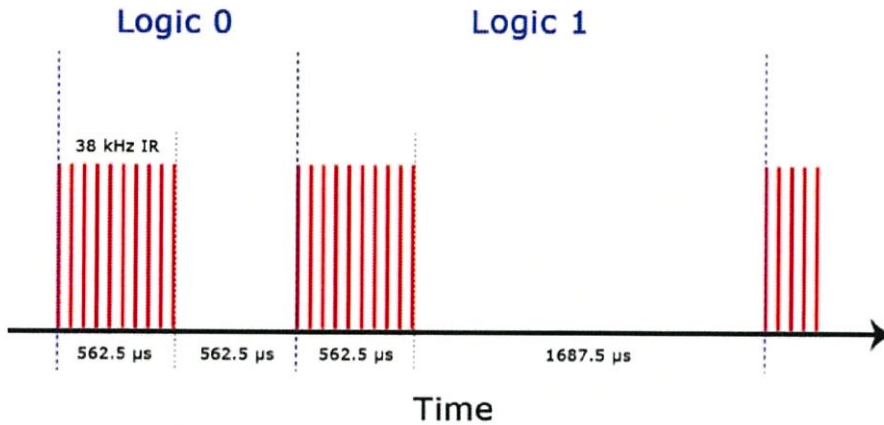
ในมาตรฐาน RC5 มีการประยุกต์ใช้ Bi-Phase coding และใช้ความถี่พาห้ นำสัญญาณที่ 36 กิโลเฮิร์ตซ์ เริ่มต้นส่งค่าด้วย 2 บิตเริ่มต้นตามด้วยบิตที่ถูกกลับ 1 บิต 5 บิต ต่อมาแสดง address ของอุปกรณ์ที่จะควบคุม และตามด้วยบิตคำสั่ง 6 บิต โดย 1 บิตจะมีประมาณ 32 พัลส์ แสดงดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 รูปแบบรหัสการส่งของ RC 5

### 2.3.2.2 NEC Code

ในมาตรฐาน NEC มีการประยุกต์ใช้ Pulse-Distance modulation แต่ ละพัลส์กว้าง 562.5 ไมโครวินาที มีค่าความถี่พาห้ นำสัญญาณอินฟราเรด 38 กิโลเฮิร์ตซ์ ค่าลอจิก “1” มีพัลส์ยาว 562.5 ไมโครวินาทีและมีช่องว่างยาว 1.6875 มิลลิวินาที รวมเวลาในการส่งใช้เวลา ประมาณ 2.25 มิลลิวินาที ค่าลอจิก “0” ความกว้างของพัลส์และช่องว่างมีขนาดเท่ากันที่ 562.5 ไมโครวินาที รวมใช้เวลาส่งไปประมาณ 1.125 มิลลิวินาที



รูปที่ 2.26 รูปแบบการแปลงข้อมูลไบนารีเป็นสัญญาณมอดูเลต

ทุกครั้งที่ผู้ใช้งานกดปุ่มบนรีโมทคอนโทรล ระบบจะสร้างเลขฐานสิบหกที่ไม่ซ้ำกัน นั่นคือข้อมูลที่ถูกลมอดูเลตและส่งผ่านอินฟราเรดไปยังตัวรับ เพื่อที่จะถอดรหัสว่าส่งค่าอะไรมา ตัวรับจะต้องทราบค่าแต่ละค่าบนรีโมทคอนโทรลมีอะไรบ้าง ตรงกับค่าที่ส่งมาหรือไม่ โดยรีโมทคอนโทรลที่ต่างกันจะส่งค่าต่างกัน ดังนั้นเมื่อมีการใช้ตัวส่งอื่นที่ไม่ใช่รีโมทคอนโทรลเดิมจะต้องมีการตรวจสอบค่าที่สร้างขึ้นมาระหว่างตัวส่งใหม่กับรีโมทคอนโทรลว่าค่าที่ส่งออกไปเหมือนกันหรือไม่ ถ้าอุปกรณ์ปลายทางสามารถทำงานได้เหมือนเดิมแสดงว่าค่าที่ใช้งานถูกต้อง

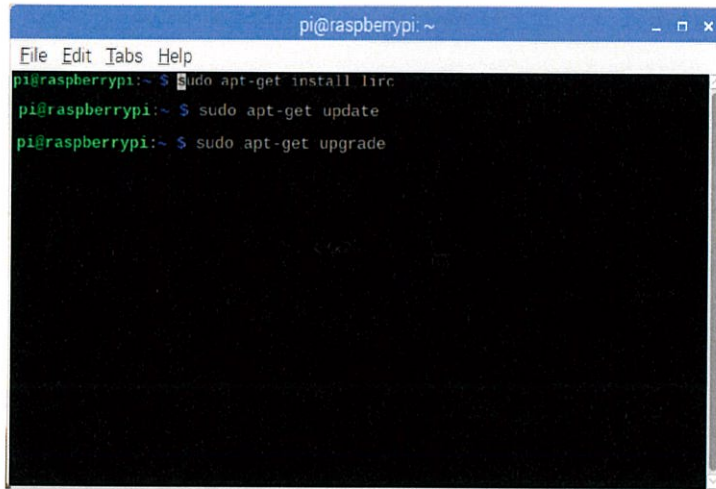
### 2.3.3 การติดตั้งและการแก้ไข library เพื่อใช้งานวงจร IR Blaster

Library lirc คือ แพ็กเกจที่ช่วยถอดรหัส จัดจํารูปแบบของสัญญาณและส่งสัญญาณอินฟราเรดของรีโมทควบคุมระยะไกลที่ใช้กันทั่วไป โดยทำให้ Raspberry Pi ทำตัวเป็นเครื่องรับและเครื่องส่งสัญญาณอินฟราเรด

#### 2.3.3.1 การติดตั้ง library lirc

- sudo apt-get install lirc เป็นการโหลดไฟล์จากเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการ
- sudo apt-get update อัปเดตฐานข้อมูลแพ็กเกจทั้งหมด
- sudo apt-get upgrade ตรวจสอบแพ็กเกจที่ติดตั้งไปทั้งหมดว่ามี

แพ็กเกจใดต้องการอัปเดตบ้างหลังจากนั้นจะมีคำถามตามมาว่าต้องการที่จะดาวน์โหลดและติดตั้งหรือไม่ ถ้าต้องการติดตั้งให้กด Y หากไม่ต้องการให้กด N



```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get install lirc
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get update
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get upgrade

```

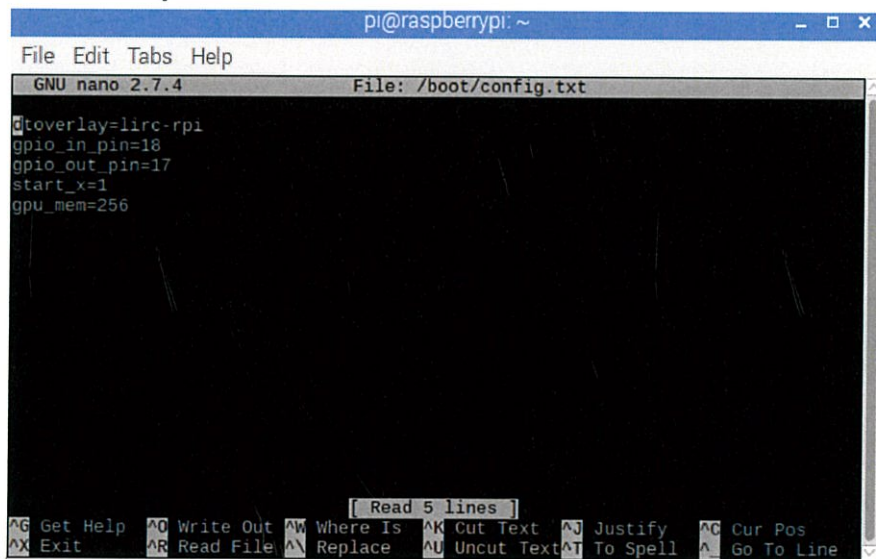
รูปที่ 2.27 การติดตั้ง library เพื่อใช้งานวงจร IR Blaster

จากรูปที่ 2.27 คำสั่ง apt-get คือคำสั่งติดตั้งแพ็คเกจ โดยสามารถเปลี่ยนลิงก์ดาวน์โหลดแพ็คเกจได้ด้วยการเข้าไปแก้ลิงก์ที่อยู่ใน /etc/apt/sources.list

### 2.3.3.2 แก้ไขข้อมูลในไฟล์เพื่อให้ lirc สามารถทำงานได้

#### 1) การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ config.txt

sudo nano /boot/config.txt เป็นคำสั่งเรียกไฟล์เพื่อแก้ไขข้อมูล โดยไฟล์อยู่ในโฟลเดอร์ boot และไฟล์มีชื่อว่า config.txt หลังจากเปิดไฟล์ config ขึ้นมาแล้วให้เขียนคำสั่งดังรูปที่ 2.28



```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 2.7.4 File: /boot/config.txt
dtoverlay=lirc-rpi
gpio_in_pin=18
gpio_out_pin=17
start_x=1
gpu_mem=256

```

รูปที่ 2.28 การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ config.txt

จากรูปที่ 2.28 เป็นแก้ไขเพื่อให้สามารถเรียกใช้งาน lirc ตอนที่ทำการ boots ขึ้นมาและกำหนดให้ขาอินพุตเป็นขา 18 และ ขาเอาต์พุตเป็นขา 17 และ memory ของ GPU เป็น 256

## 2) การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ modules

sudo nano /etc/modules เป็นคำสั่งเรียกไฟล์เพื่อแก้ไขข้อมูล โดยไฟล์อยู่ในโฟลเดอร์ etc และไฟล์มีชื่อว่า modules หลังจากเปิดไฟล์ modules ขึ้นมาแล้วให้เขียนคำสั่งดังรูปที่ 2.29

```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 2.7.4 File: /etc/modules
# /etc/modules: kernel modules to load at boot time.
#
# This file contains the names of kernel modules that should be loaded
# at boot time, one per line. Lines beginning with "#" are ignored.

lirc_dev
lirc_rpi gpio_in_pin=18 gpio_out_pin=17

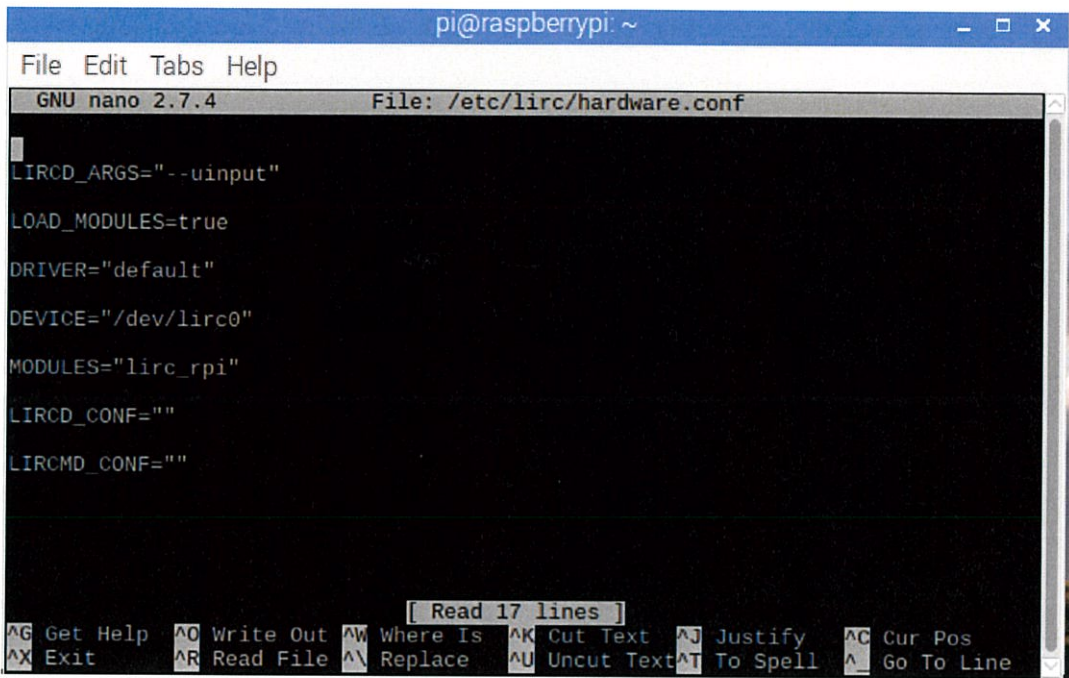
Read 8 lines
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
  
```

รูปที่ 2.29 การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ modules

โดยจากรูปที่ 2.29 จะเป็นการกำหนดให้ขาอินพุต เป็นขา 18 และ ขาเอาต์พุตเป็นขา 17

## 3) การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ ไฟล์ hardware.conf

sudo nano /etc/lirc/hardware.conf เป็นคำสั่งเรียกไฟล์เพื่อแก้ไขข้อมูล โดยไฟล์อยู่ในโฟลเดอร์แรกชื่อ etc โฟลเดอร์สองชื่อ lirc และไฟล์มีชื่อว่า hardware.conf หลังจากเปิดไฟล์ hardware.conf ขึ้นมาแล้วให้เขียน คำสั่งตามนี้ โดยจากรูปที่ 2.30 เป็นการตั้งค่าการทำงานของ hardware ของอุปกรณ์ จากนั้นทำการรีบูทเพื่อให้ Raspberry pi ได้อัพเดทส่วนที่แก้ไขไป โดยใช้คำสั่ง sudo reboot



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
GNU nano 2.7.4 File: /etc/lirc/hardware.conf  
LIRCD_ARGS="--uinput"  
LOAD_MODULES=true  
DRIVER="default"  
DEVICE="/dev/lirc0"  
MODULES="lirc_rpi"  
LIRCD_CONF=""  
LIRCMD_CONF=""  
[ Read 17 lines ]  
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^K Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos  
^X Exit ^R Read File ^\ Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
```

รูปที่ 2.30 การแก้ไขข้อมูลในไฟล์ ไฟล์ hardware.conf

## 2.3.4 ทำการทดสอบการรับค่าจากรีโมทและการส่งสัญญาณ

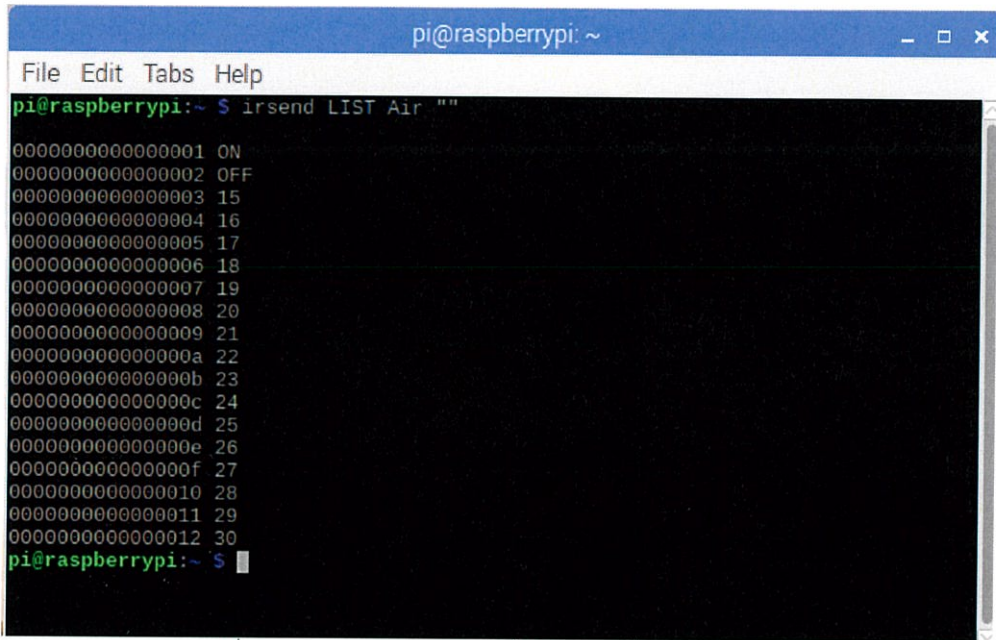
### 2.3.4.1 การทดสอบการรับค่าจากรีโมท (รับค่าสัญญาณอินฟราเรด)

- ขั้นตอนแรกคือทำการรีเซ็ต lirc ด้วยคำสั่ง `sudo kill $(pidof lircd)`
- ขั้นตอนที่สองคือใช้คำสั่งรับค่าสัญญาณจากรีโมท `mode2 -d /dev/lirc0 -m` โดยใช้ `-m` เนื่องจากต้องการให้ข้อมูลที่ได้ออกมาในรูปแบบ โดยตัวอย่างข้อมูลที่เก็บค่าสัญญาณของแอร์ที่ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสได้มีดังนี้

เริ่มต้น	9023	4475					
ข้อมูล	530	581	549	612	523	1690	
	554	582	557	1683	555	580	
	555	609	527	627	527	626	
	511	1684	556	581	556	686	
	560	683	552	583	552	615	
	526	1711	557	573	551	585	
	551	612	522	613	527	608	
	530	608	527	607	530	638	
	520	604	527	610	528	609	
	523	612	525	612	525	612	
	525	612	525	630	534	603	
	523	614	523	617	521	612	
	525	612	525	611	525	612	
	525	634	524	513	523	529	
	599	540	556	1674			
	สิ้นสุด	551					

### 2.3.4.2 การทดสอบการส่งสัญญาณรีโมทที่ได้ไปใช้ควบคุมแอร์

ขั้นตอนแรกทำการตรวจสอบค่าสัญญาณรีโมทว่ามีการบันทึกแล้วหรือยัง โดยใช้คำสั่ง `irsend LIST Air` โดยที่จะได้ค่าสัญญาณที่บันทึกได้ ตามรูปที่ 2.31 และ Air คือชื่อของรีโมทที่ได้ตั้งขึ้นแล้วบันทึกไว้



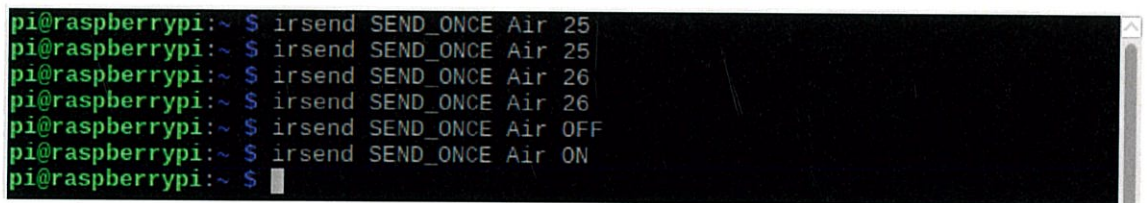
```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ irsend LIST Air ""
0000000000000001 ON
0000000000000002 OFF
0000000000000003 15
0000000000000004 16
0000000000000005 17
0000000000000006 18
0000000000000007 19
0000000000000008 20
0000000000000009 21
000000000000000a 22
000000000000000b 23
000000000000000c 24
000000000000000d 25
000000000000000e 26
000000000000000f 27
0000000000000010 28
0000000000000011 29
0000000000000012 30
pi@raspberrypi:~ $

```

รูปที่ 2.31 ค่าสัญญาณรีโมทที่ได้จากคำสั่ง `irsend LIST`

ขั้นตอนที่สองทำการส่งสัญญาณรีโมทเพื่อควบคุมการทำงานของแอร์ ด้วยคำสั่ง `irsend SEND_ONCE Air` ดังแสดงในรูปที่ 2.32



```

pi@raspberrypi:~ $ irsend SEND_ONCE Air 25
pi@raspberrypi:~ $ irsend SEND_ONCE Air 25
pi@raspberrypi:~ $ irsend SEND_ONCE Air 26
pi@raspberrypi:~ $ irsend SEND_ONCE Air 26
pi@raspberrypi:~ $ irsend SEND_ONCE Air OFF
pi@raspberrypi:~ $ irsend SEND_ONCE Air ON
pi@raspberrypi:~ $

```

รูปที่ 2.32 คำสั่งควบคุมการทำงานของแอร์


## 2.4 ระบบรู้จำด้วยเสียง (Speech Recognition)

การรู้จำด้วยเสียง (Speech Recognition) คือ เทคโนโลยีที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จำเสียงพูดของมนุษย์ได้ โดยในกรณีทั่วไปการรู้จำเสียงพูดของมนุษย์จะหมายถึง การแปลงเสียงพูดให้กลายเป็นคำสิ่งที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ โดยในปฏิยานิพนธ์นี้ได้้นำเทคโนโลยีแยกแยะเสียงพูด Cloud Speech API ที่ Google ปล่อยให้ใช้งาน โดยสามารถทำงานได้แม้มีเสียงรบกวน และรองรับทั้งการแปลงเสียงแบบเรียลไทม์ หรือแปลงไฟล์เสียงที่อัดมาก่อนแล้ว

### 2.4.1 การติดตั้ง Software ระบบสั่งการด้วยเสียงบน Raspberry Pi

#### 2.4.1.1 ขั้นตอนการติดตั้งระบบสั่งการด้วยเสียงบน Raspberry pi

1) `sudo apt-get upgrade` ตรวจสอบแพ็คเกจที่ติดตั้งไปทั้งหมดว่ามีแพ็คเกจใดต้องการอัปเดตบ้าง หลังจากนั้นจะมีคำถามตามมว่าต้องการที่จะดาวน์โหลดและติดตั้งหรือไม่ ถ้าต้องการติดตั้งให้กด Y หากไม่ต้องการให้กด N



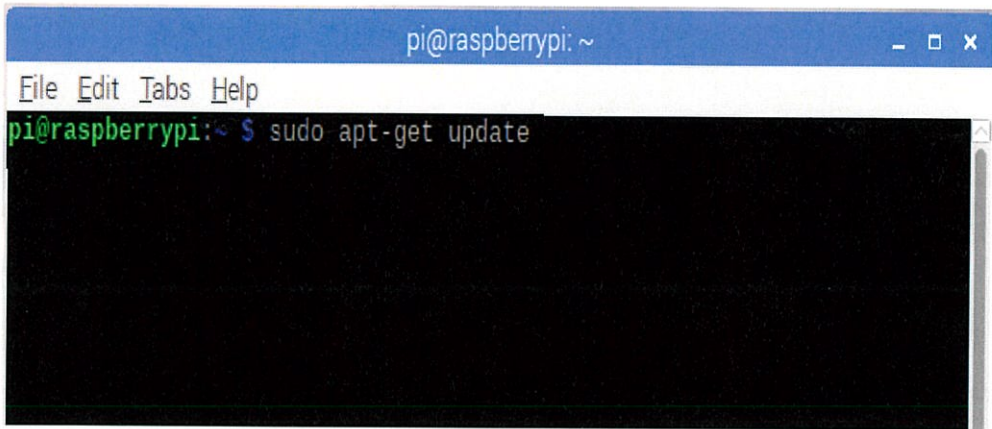
```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get upgrade
  
```

รูปที่ 2.33 คำสั่ง upgrade แพ็คเกจ

2) `sudo apt-get update` อัปเดตฐานข้อมูลแพ็คเกจทั้งหมดดังรูปที่

2.34



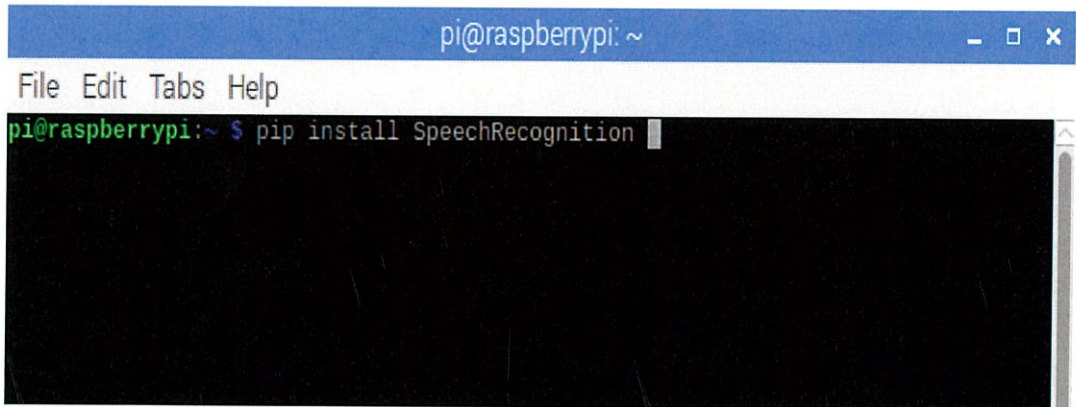
```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get update

```

รูปที่ 2.34 คำสั่ง update ฐานข้อมูลแพ็คเกจ

3) SpeechRecognition คือระบบที่สามารถแปลงเสียงพูด (Audio File) เป็นข้อความตัวอักษร (Text) ได้โดยการรับไฟล์ของอินพุตจากเสียงมนุษย์เข้ามา โดยสามารถทำการติดตั้ง library ของ Python ได้โดยการใช้คำสั่ง `pip install SpeechRecognition`



```

pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
pi@raspberrypi:~ $ pip install SpeechRecognition

```

รูปที่ 2.35 การติดตั้ง library SpeechRecognition

## 2.5 หลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบรู้อำโงหน้า

### 2.5.1 อินเเออร์รัพท์ (Interrupt)

เนื่องจากระบบรู้อำโงหน้ามีการรอรับอินพุตอยู่ตลอดเวลาทำให้หน่วยประมวลผลส่วนกลางมีการทำงานที่หนัก ดังนั้นจึงต้องใช้การอินเเออร์รัพท์ เพื่อที่จะให้ระบบรู้อำโงหน้า ถูกเรียกใช้เฉพาะตอนที่มียินพุตที่ต้องการเท่านั้นเข้ามา และจะทำให้การทำงานของ หน่วยประมวลผลส่วนกลางไม่จำเป็นที่จะต้องประมวลผลของระบบรู้อำโงหน้าเมื่อไม่มีอินพุตเข้ามาด้วย

อินเเออร์รัพท์คือ การขัดจังหวะการทำงานของระบบ เพื่อให้ระบบหยุดการทำงานในปัจจุบันไว้ก่อน จากนั้นจะทำการเปลี่ยนไปทำงานในชุดคำสั่งที่มีการตั้งค่าอินเเออร์รัพท์ไว้ โดยเรียกการอินเเออร์รัพท์ว่าโปรแกรมสำหรับอินเเออร์รัพท์ (ISR : Interrupt service routine) เมื่อการทำงานของอินเเออร์รัพท์ที่เข้ามาเสร็จสิ้นแล้วจะกลับไปเริ่มการทำงานของโปรแกรมที่ถูกหยุดไว้ก่อนหน้านี้

โดยสามารถจะแบ่งประเภทของอินเเออร์รัพท์ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) Non-maskable Interrupt (NMI) คือ การเกิดอินเเออร์รัพท์ที่ไม่สามารถปฏิเสธได้ หากมีการอินเเออร์รัพท์ประเภทนี้เกิดขึ้น จะต้องหยุดการทำงานของโปรแกรมที่ทำอยู่ในขณะนั้นทันที และเปลี่ยนไปทำงานในชุดคำสั่งที่อินเเออร์รัพท์เข้ามา

2) Maskable Interrupt (INT) คือ การอินเเออร์รัพท์ที่หน่วยประมวลผลส่วนกลางสามารถปฏิเสธได้ โดยจะขึ้นอยู่กับสถานะของหน่วยประมวลผลส่วนกลาง ถ้าอยู่ในสถานะ Disable Interrupt แล้วการอินเเออร์รัพท์นั้นก็ได้รับการปฏิเสธ แต่ถ้าอยู่ในสถานะ Enable Interrupt การอินเเออร์รัพท์นั้นก็ได้รับการสนองตอบ โดยจะนำการอินเเออร์รัพท์มาประยุกต์ใช้กับระบบรู้อำโงหน้าดังนี้

## บทที่ 3

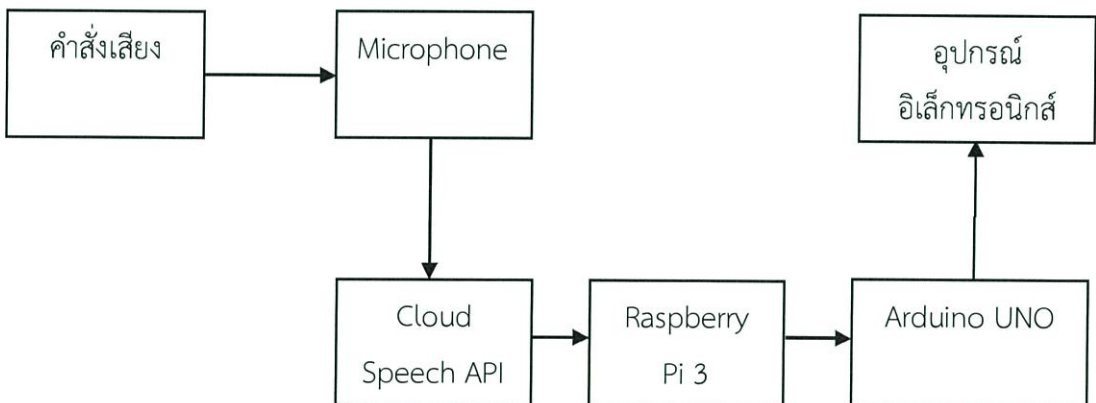
### การออกแบบและการจัดทำปฏิญญานิพนธ์

#### 3.1 การออกแบบ

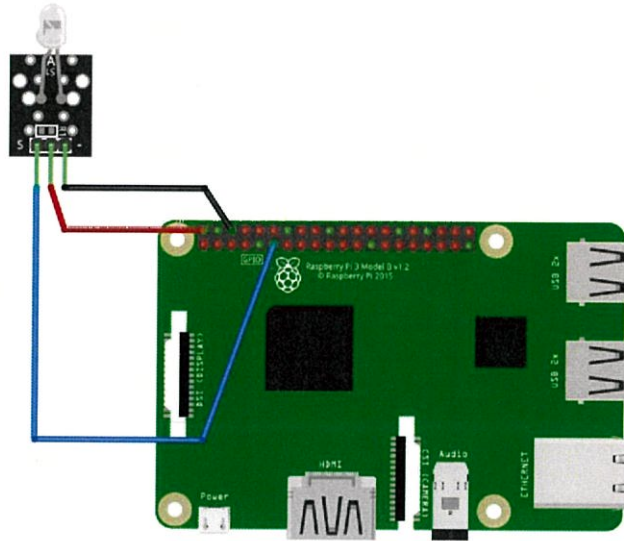
ระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียงออกแบบโดยแบ่งส่วนจากตำแหน่งของการทำงาน คือ การเข้าใช้งานหน้าห้อง และการใช้งานในตัวห้อง โดยมีการใช้ระบบรักษาความปลอดภัยด้วยระบบรู้จำใบหน้า มีการแสดงข่าวสารด้วยระบบ Graphic User Interface และมีระบบสั่งการด้วยเสียงที่สามารถควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในห้องได้ โดยมีการออกแบบการทำงานของระบบเป็นดังนี้

##### 3.1.1 การออกแบบระบบสั่งการด้วยเสียง

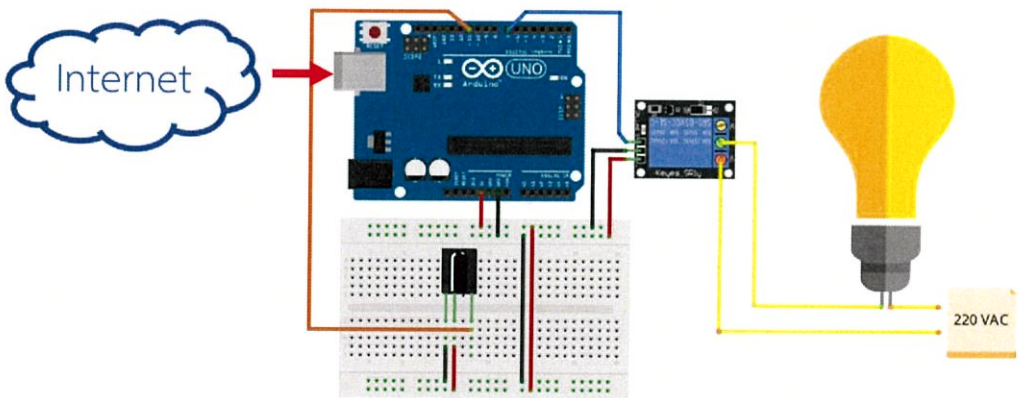
ระบบสั่งการด้วยเสียง เป็นการรับคำสั่งเสียงจากไมโครโฟนมาที่ Raspberry Pi เพื่อทำการส่งเสียงไปประมวลผลที่ Cloud Speech API ของ Google จากนั้นจะได้รับข้อความกลับมาที่ Raspberry Pi ถ้าข้อความตรงกับชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ จะดำเนินการส่งคำสั่งไปควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อมต่อไว้ บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบสั่งการด้วยเสียงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบสั่งการด้วยเสียง



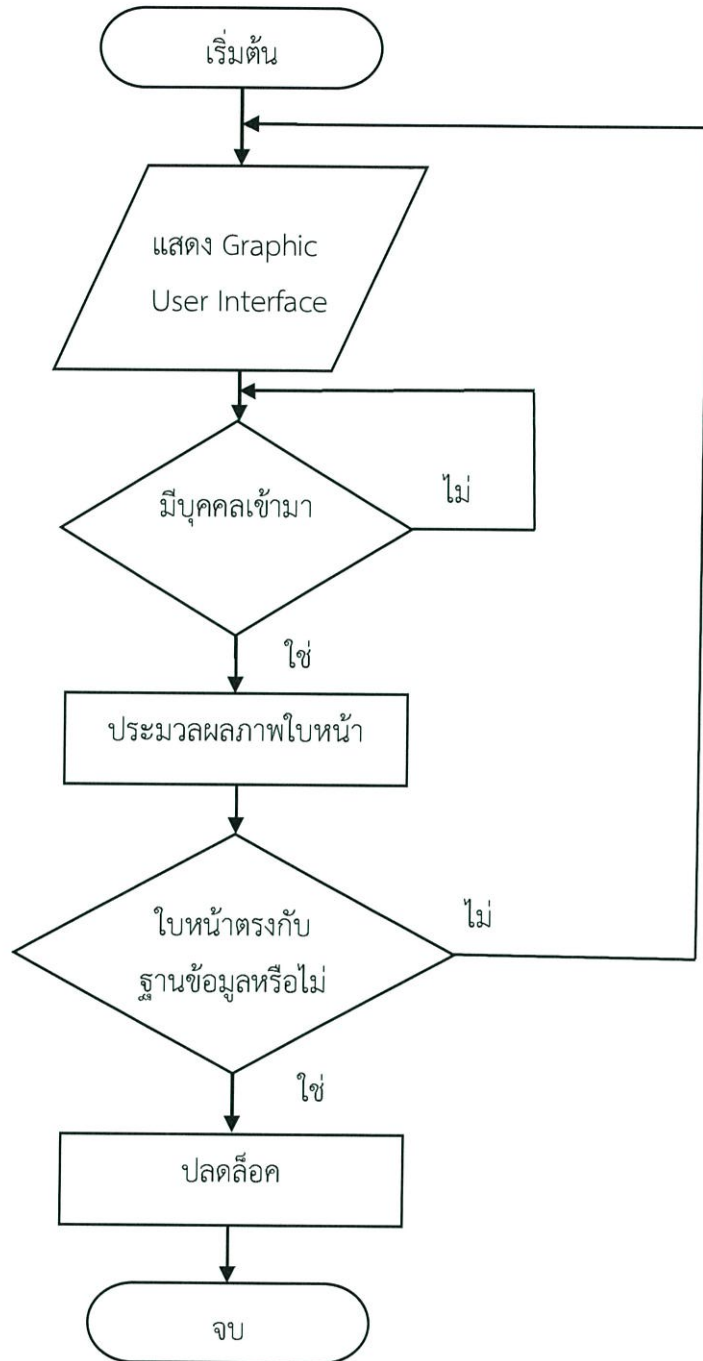
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมระบบสั่งการด้วยเสียง



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมระบบสั่งการด้วยเสียง

จากรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3 แสดงวงจรของระบบสั่งการด้วยเสียงในส่วนของการส่งสัญญาณเพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยรูปที่ 3.2 เป็นส่วนของการส่ง และรูปที่ 3.3 เป็นส่วนของการรับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

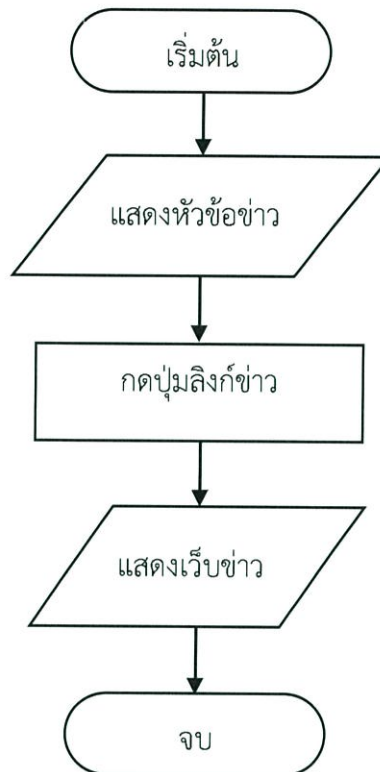
### 3.1.2 การทำงานของระบบรักษาความปลอดภัยด้วยระบบรู้จำใบหน้า



รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของวงจรรักษาความปลอดภัยด้วยระบบรู้จำใบหน้า

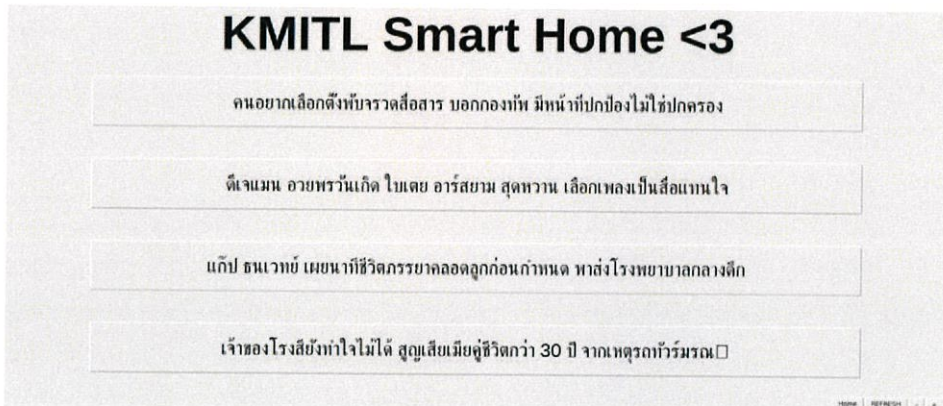
### 3.1.3 การออกแบบและการทำงานของระบบ Graphic User Interface

การออกแบบระบบ Graphic User Interface ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ด้วยกันคือส่วนแสดงข่าวสารและส่วนของการ Add User โดยการออกแบบระบบ Graphic User Interface นั้นจัดทำขึ้นเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายในการใช้งานมากขึ้น



รูปที่ 3.5 แผนภาพการทำงานของระบบแสดงข่าวสาร

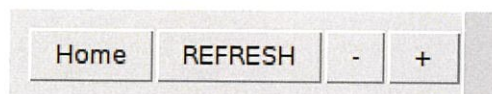
โดยส่วนแรกนั้นคือส่วนแสดงข่าวสารมีส่วนประกอบดังนี้ ปุ่มเข้าสู่ลิงก์ข่าว ซึ่งสามารถเข้าไปยังหน้าเว็บของข่าวดังแสดงในรูปที่ 3.7 สำหรับปุ่มรีเฟรชหน้าข่าวจะทำการรีเฟรชข่าวใหม่ในกรณีที่มีการอัปเดตจากทางต้นทางและเมื่อไม่มีข่าวใหม่จะทำการแสดงข่าวเดิมโดยผลที่ได้จากการรีเฟรชหน้าข่าวใหม่คือมีข่าวใหม่ขึ้นมาแทนที่ข่าวเก่าทั้งหมดดังรูปที่ 3.9 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.6



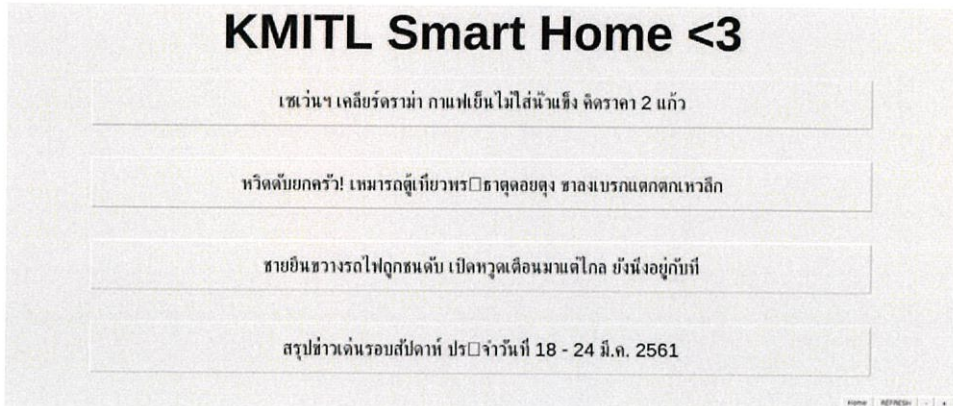
รูปที่ 3.6 ส่วนแสดงข่าวสารของระบบ Graphic User Interface



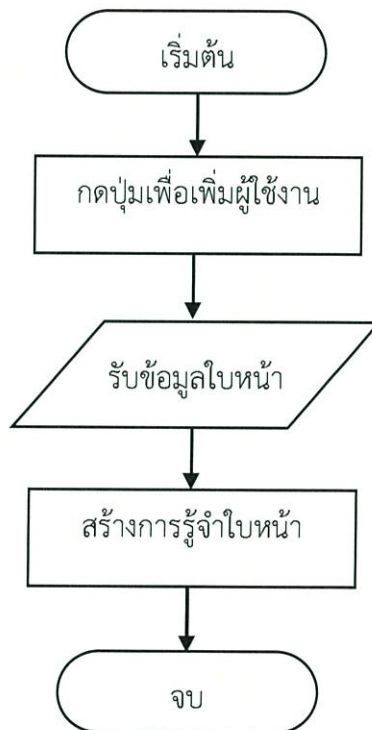
รูปที่ 3.7 เว็บไซต์ที่เปิดด้วยการกดลิงก์ข่าวผ่านหน้า Graphic User Interface



รูปที่ 3.8 ปุ่มรีเฟรช ใช้เพื่ออัปเดตข่าวสารใหม่แทนที่ข่าวสารเก่า



รูปที่ 3.9 ส่วนแสดงข่าวสารที่ถูกรีเฟรชด้วยการกดปุ่มรีเฟรชผ่านหน้า Graphic User Interface ส่วนที่สองนั้นคือส่วน Add User โดยจัดทำขึ้นเพื่อให้สามารถเพิ่มผู้ใช้งานใหม่ในระบบได้ โดยมีแผนภาพและขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผนภาพการทำงานของระบบ Add User

## KMITL Smart Home <3

เสียงระฆังยาม MRT กอดกั๊นง-เพิ่มที่ว่างในขบวนรถไฟฟ้าใต้ดินวันแรก

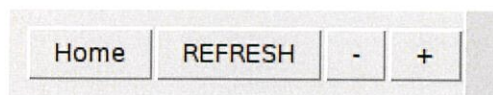
'กั๊กชิน' ตรวจสอบสภาพ บอกหัวใจแข็งแรงดี ไม่ได้อกหัก

ยายวัย 93 ลั่นใจแล้ว หลังลูกหลานทางแหขวางประตู เชื้อถูกฉีดยอบสิล

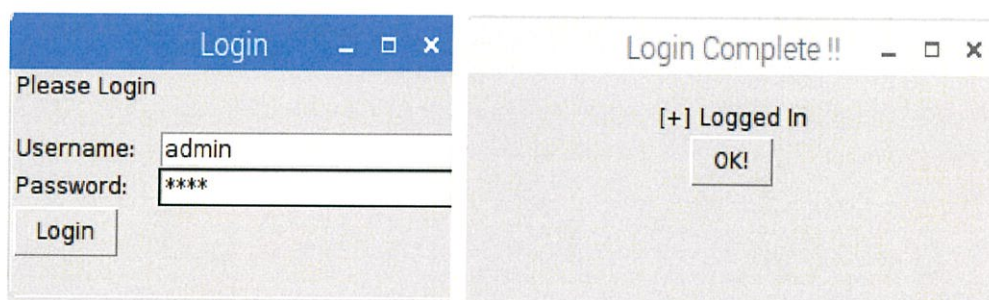
Home REFRESH - +

รูปที่ 3.11 Graphic User Interface (GUI)

กดปุ่ม Home ที่อยู่ในหน้า Graphic User Interface (GUI) เพื่อเข้าสู่ระบบ Add User โดยจะมีหน้าต่าง Login ขึ้นมาให้ใส่ Username, Password โดยเมื่อรหัสถูกต้องจะแสดงหน้าต่างแจ้งว่า “Login Complete !!” จากนั้นกดปุ่ม “OK”



รูปที่ 3.12 ปุ่ม Home ใช้เพื่อเข้าหน้า Login เพื่อ Add User



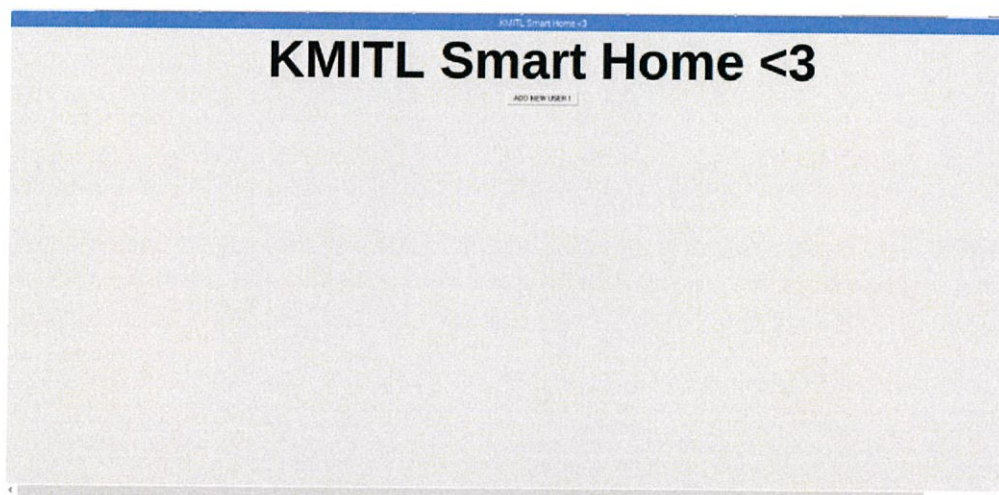
รูปที่ 3.13 หน้าต่าง Login หลังจากใส่รหัสผ่านถูกต้อง

ถ้า Username และ Password ที่กรอกเข้ามาไม่ถูกต้อง จะทำการสร้างหน้าต่างแจ้งว่า “[!] Invalid Login” โดยมีปุ่มกากบาทให้กดเพื่อกลับไปกรอกรหัสผ่านอีกครั้ง

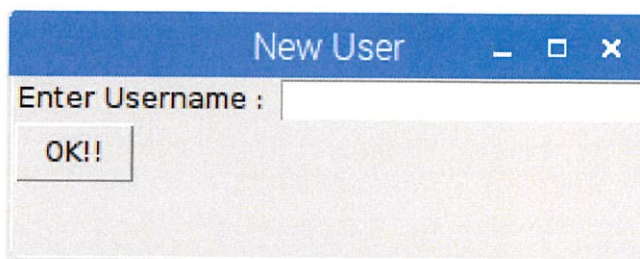


รูปที่ 3.14 หน้าต่าง Login หลังจากใส่รหัสผ่านไม่ถูกต้อง

หลังจากที่ Login ได้แล้วจะมีหน้าต่าง ADD USER ขึ้นมาให้กดปุ่ม ADD NEW USER ! เพื่อทำการเพิ่ม New User โดยการกรอกชื่อลงในช่องว่าง จากนั้นกดปุ่ม “OK” เพื่อทำการ Add User เข้าสู่ฐานข้อมูล

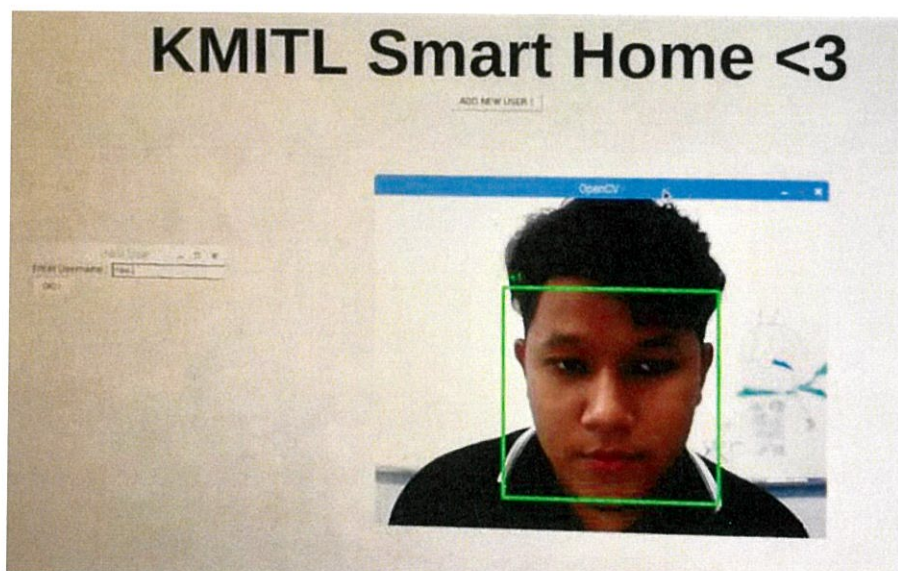


รูปที่ 3.15 หน้าต่าง ADD USER

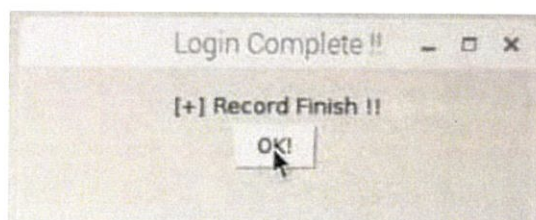


รูปที่ 3.16 หน้าต่างใส่ชื่อของ New User

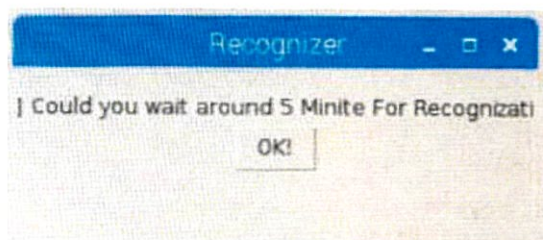
หลังจากกดปุ่ม “OK!!” แล้วจะเรียกหน้าต่าง OpenCV ขึ้นมาเพื่อทำการเก็บบันทึกใบหน้าเข้าสู่ฐานข้อมูล เมื่อเก็บบันทึกใบหน้าเสร็จแล้วจะแสดงหน้าต่าง Record Finish !! จากนั้นจะเข้าสู่การ Train ด้วยการกดปุ่ม “OK” ในหน้าต่าง Recognizer



รูปที่ 3.17 หน้าต่าง OpenCV



รูปที่ 3.18 หน้าแสดงการเก็บบันทึกใบหน้าสำเร็จ



รูปที่ 3.19 หน้าต่าง Recognizer เมื่อกดปุ่ม “OK” จะเข้าสู่การ Train

## 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

### 3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง

#### 3.2.1.1 Raspberry Pi 3 model B

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi 3 Model B โดยมีความเร็วของ CPU (สัญญาณนาฬิกา) 1.2 GHz และใช้ชิพช่วยประมวลผลกราฟฟิกของ VideoCore IV สามารถรองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ



รูปที่ 3.20 Raspberry Pi 3 model B

### 3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเข้าถึงระบบรู้จำใบหน้า

#### 3.2.2.1 Web Camera รุ่น OKER OE-177 ยี่ห้อ OKER

สำหรับกล้องวิดีโอที่นำมาใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยนั้นจะใช้งานร่วมกับระบบรู้จำใบหน้า โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับอินพุตใบหน้าเข้ามาเพื่อนำไปใช้ในระบบรู้จำใบหน้า

คุณสมบัติของอุปกรณ์

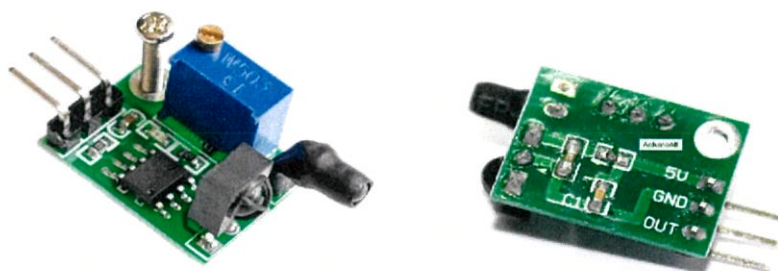
- ความละเอียด 2 ล้านพิกเซลและสามารถปรับความละเอียดสูงสุดได้ถึง 16 ล้านพิกเซล โดยใช้ Software สนับสนุน
- อัตราส่วนในการแสดงผลของภาพ 60 เฟรมต่อวินาที
- สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ USB 1.1 และ USB 2.0



รูปที่ 3.21 Web Camera รุ่น OKER OE-177

### 3.2.2.2 โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด (Infrared obstacle avoidance sensor ultra-small)

Infrared obstacle avoidance sensor ultra-small เป็น โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด ทำงานได้ที่ระยะ 1-80 cm สามารถปรับระยะเซนเซอร์ได้ โมดูลมีขนาดเล็ก ใช้ไฟ 3.8-5 โวลต์ ให้สัญญาณออกมาเป็น 1 ที่ขา OUT และมีไฟ LED ติดอยู่บนบอร์ดเพื่อแสดงสถานะเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน



รูปที่ 3.22 โมดูลเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด

จากรูปที่ 3.22 Infrared obstacle avoidance sensor ultra-small ในที่นี้ใช้เป็นตัวตรวจจับบุคคลที่เข้ามาในระยะ เพื่อทำการอินเตอร์รัพท์ให้ระบบ ทำการเรียกโปรแกรมตรวจจับใบหน้าขึ้นมายืนยันตัวตนบุคคล

คุณสมบัติของอุปกรณ์

- สามารถทำงานได้ที่ระยะตั้งแต่ 1-80 เซนติเมตร
- ใช้แรงดันไฟ 3.8-5 โวลต์

ตารางที่ 3.1 Infrared obstacle avoidance sensor ultra-small

Pin No.	Name	Description
1	OUT	Output Voltage
2	GND	Supply ground
3	Vin	Supply Voltage

### 3.2.2.3. กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Door lock)

สำหรับกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าที่นำมาใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยนั้นจะใช้งานร่วมกับระบบรู้จำใบหน้า โดยเมื่อทำการยืนยันตัวบุคคลได้แล้วนั้นกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำการปลดล็อกเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาในห้องได้

คุณสมบัติของอุปกรณ์

- รับแรงดึงได้ 180 กิโลกรัม
- ใช้แรงดันไฟฟ้า DC 12 โวลต์
- ใช้กระแสไฟฟ้า 500 มิลลิแอมป์
- ขนาด: 155 x 34 x 20 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.23 กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Lock)

### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสั่งการด้วยเสียง

#### 3.2.3.1 IR REMOTE TSOP4838

การที่จะทราบว่ารีโมทมีสัญญาณอย่างไร จึงจำเป็นที่จะต้องมียุภัณฑ์รับสัญญาณ เพื่อที่วิเคราะห์สัญญาณรีโมทโดย อุปกรณ์ที่ใช้รับคือ IR REMOTE TSOP 4838 ดังรูปภาพที่ 3.24



รูปที่ 3.24 IR REMOTE TSOP4838

โดย IR REMOTE TSOP4838 ทำหน้าที่เป็นตัว Receiver ที่คอยรับสัญญาณจากรีโมท โดย Pin ต่างๆ สามารถดูได้ดังตารางที่ 3.2 และมีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

- ตัวรับอินฟราเรดจะรับที่ความถี่ 38 kHz
- ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร
- ใช้แรงดันไฟ 3.3-5 โวลต์

ตารางที่ 3.2 IR REMOTE TSOP4838 Pin

Pin No.	Name	Description
1	Vo, Io	Output Voltage, Output Current
2	GND	Supply ground
3	Vs, Is	Supply Voltage, Supply Current

### 3.2.3.2 Infrared Light-Emitting Diode (IR LED)

IR LED ในวงจรทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าจาก GPIO Pin ของ Raspberry Pi เป็นสัญญาณอินฟราเรดเพื่อส่งคำสั่งไปที่เครื่องปรับอากาศ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 IR LED

จากรูปที่ 3.25 IR LED ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัว Transmitter ที่คอยส่งสัญญาณรีโมทในการควบคุมไปยังเครื่องปรับอากาศ โดยมีข้อมูลขาดังตารางที่ 3.3 และมีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

- ขนาดหลอด 5 มิลลิเมตร
- ให้ความยาวคลื่น 940-950 นาโนเมตร
- ใช้แรงดันไฟ 3.3-5 โวลต์

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของ IR LED

Parameter	Value
Voltage	5 V
Current	100 mA
Operating Temperature Range	-55 – 100 C

### 3.2.3.3 Microphone

มีหน้าที่ในการรับเสียง Analog เข้ามาเพื่อเป็นอินพุตของระบบโดยจะเปลี่ยนเสียงเป็นดิจิทัลและส่งผ่านทาง USB เนื่องจากในการเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi นั้น Raspberry Pi ไม่มีพอร์ต audio input ทำให้ต้องส่งผ่านทางพอร์ต USB



รูปที่ 3.26 Microphone

### 3.2.3.4 รีเลย์ 4 ช่อง (4-channel 5V relay)

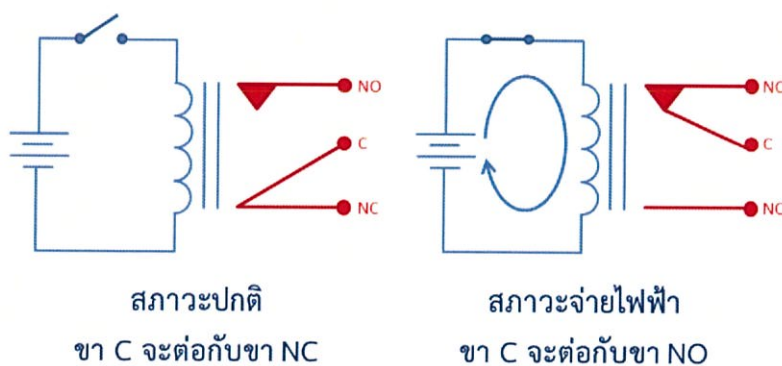
สำหรับการใช้งานนั้น ได้นำรีเลย์มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ เช่น หลอดไฟ กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆ ได้โดย Pin ต่างๆ จะมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.4 โดยคุณสมบัติเบื้องต้นของอุปกรณ์มีดังนี้

- การทำงานสามารถทำงานได้ 4 ช่อง แยกกันอย่างอิสระ
- แรงดันไฟฟ้า 5-7 โวลต์
- ป้องกันไฟได้สูงสุด 240 โวลต์ 10 แอมป์

ตารางที่ 3.4 4-Channel 5V relay Pin

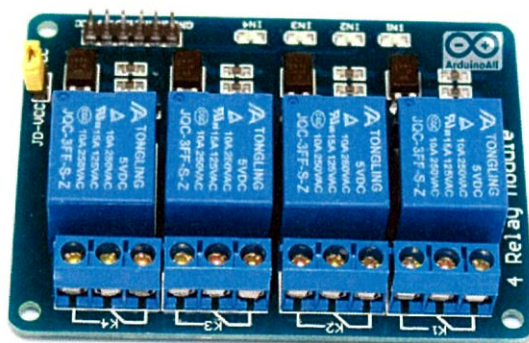
Pin No.	Name	Description
1	GND	Supply ground
2-5	IN 1-4	GPIO Input
6	Vin	Supply Voltage

หลักการทำงานของ Relay จะประกอบไปด้วยขดลวดและหน้าสัมผัสต่างๆ คือ หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสที่จะต่อเข้ากับขา C (Common) เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด และจะไม่มี การเชื่อมต่อกับขา C (Common) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด, หน้าสัมผัส NO (Normally Open) เป็นหน้าสัมผัสที่จะต่อเข้ากับขา C (Common) เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด และจะไม่มี การเชื่อมต่อกับขา C (Common) เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด และ ขา C (Common) เป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่าง NC และ NO ขึ้นอยู่กับว่าขณะนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดหรือไม่ดังที่แสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 สถานะการทำงานของ Relay

โดยรีเลย์ 4 ช่องที่ใช้ในการทดลองนั้นสามารถ ดูได้จากรูปที่ 3.28 โดยมีรีเลย์ 4 ช่องดังกล่าว จะถูกใช้ในการควบคุมหลอดไฟต่อไป



รูปที่ 3.28 รีเลย์ 4 ช่อง (4-channel 5V relay)

### 3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

#### 3.3.1 การทดสอบในส่วนของระบบสั่งการด้วยเสียง

1. ทดสอบระบบโดยส่งคำสั่งเสียงผ่านไมโครโฟน จากนั้นทำการสังเกตคำสั่งที่ได้จากการประมวลผลผ่าน Raspberry Pi
2. คำสั่งที่รับมาถ้าตรงกับคำสั่งเสียงในฐานข้อมูล จะทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
3. สังเกตว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีการทำงานตามคำสั่งเสียง
4. บันทึกผลค่าความถูกต้องของคำสั่งเสียง และลองคำสั่งเสียงอื่นๆ

#### 3.3.2 การทดสอบในส่วนของระบบรักษาความปลอดภัยด้วยระบบรู้จำใบหน้า

1. นำใบหน้าเข้ามาทดสอบที่กล้อง
2. ให้ระบบตรวจสอบใบหน้ากับฐานข้อมูล
3. สังเกตผลที่ได้จากระบบรู้จำใบหน้า
4. บันทึกผล และทำการเปลี่ยนใบหน้าเพื่อทดสอบต่อไป

#### 3.3.3 การทดสอบในส่วนของระบบ Add User

1. บันทึกใบหน้าที่ลงฐานข้อมูล
2. นำใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูลมาสร้างการรู้จำใบหน้า
3. สังเกตผลที่ได้ และทำการบันทึกผล

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การทดสอบระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง ได้ทำการทดสอบและจัดเก็บผลการทำงานของระบบ โดยมีการแบ่งการทดสอบและจัดเก็บผลการทดสอบเป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการทดสอบระบบสั่งการด้วยเสียง

##### 4.1.1 ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศ

จากการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศโดยทำการป้อนคำสั่งเสียงผ่านไมโครโฟน และมีการประมวลผลคำสั่งเสียงที่ Raspberry Pi เมื่อประมวลผลแล้วตรงกับคำสั่งเสียงที่ตั้งไว้ จะมีการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปควบคุมเครื่องปรับอากาศ โดยสามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 15 ถึง 30 องศาเซลเซียส และการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ พบว่าเครื่องปรับอากาศสามารถปรับอุณหภูมิตามคำสั่งที่สั่งไปได้ ผลการทดสอบจะแสดงการปรับอุณหภูมิ 15 ถึง 17 องศาเซลเซียส และการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ

##### 4.1.1.1 การปรับอุณหภูมิเป็น “15 องศาเซลเซียส”

การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเป็น 15 องศา ใช้คำสั่งเสียงว่า “เปิดแอร์ 15 องศา” เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วจะทำการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศด้วยคำสั่ง `irsend SEND_ONCE Air 15` คือ คำสั่งปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเป็น 15 องศา



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์ 15 องศา

#### 4.1.1.2 การปรับอุณหภูมิเป็น “16 องศาเซลเซียส”

การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเป็น 16 องศา ใช้คำสั่งเสียงว่า “เปิดแอร์ 16 องศา” เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วจะทำการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศด้วยคำสั่ง `irsend SEND_ONCE Air 16` คือ คำสั่งปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเป็น 16 องศา



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์ 16 องศา”

#### 4.1.1.3 การปรับอุณหภูมิเป็น “17 องศาเซลเซียส”

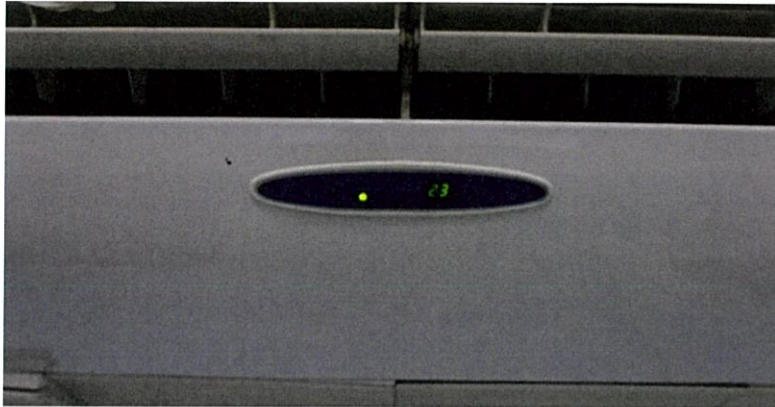
การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเป็น 17 องศา ใช้คำสั่งเสียงว่า “เปิดแอร์ 17 องศา” เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วจะทำการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศด้วยคำสั่ง `irsend SEND_ONCE Air 17` คือ คำสั่งปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเป็น 17 องศา



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์ 17 องศา”

#### 4.1.1.4 การเปิดเครื่องปรับอากาศ

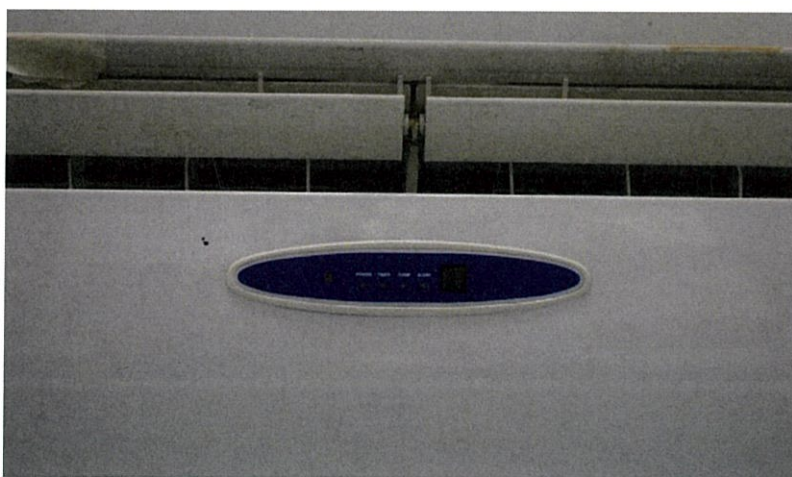
การเปิดเครื่องปรับอากาศ ใช้คำสั่งเสียงว่า “เปิดแอร์” เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วจะทำการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศด้วยคำสั่ง `irsend SEND_ONCE Air ON` คือ คำสั่งเปิดเครื่องปรับอากาศโดยแสดงอุณหภูมิที่ปรับไว้ครั้งสุดท้าย



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “เปิดแอร์”

#### 4.1.1.5 การปิดเครื่องปรับอากาศ

การปิดเครื่องปรับอากาศ ใช้คำสั่งเสียงว่า “ปิดแอร์” เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วจะทำการส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังเครื่องปรับอากาศด้วยคำสั่ง `irsend SEND_ONCE Air OFF` คือ คำสั่งปิดเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศที่คำสั่ง “ปิดแอร์”

## 4.2 ผลการทดสอบสัญญาณอินฟราเรด

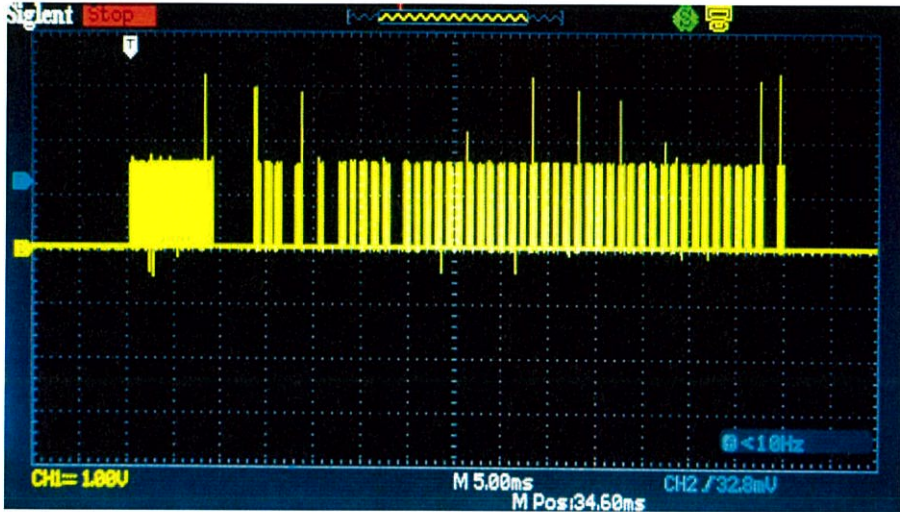
### 4.2.1 ผลการทดสอบเมื่อกดปุ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

#### 4.2.1.1 ผลการทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทโดยตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 มีการรับสัญญาณเข้ามาประมวลผลโดย LIRC ใน Raspberry Pi 3 โดยแสดงเป็นชุดตัวเลขเมื่อกดปุ่มเปิดเครื่องปรับอากาศดังนี้

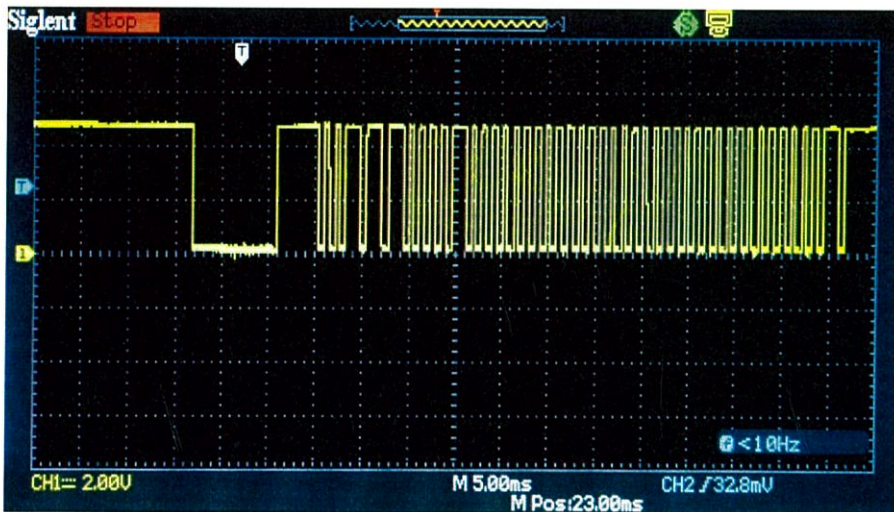
เริ่มต้น	9025	4482				
ข้อมูล	530	581	549	612	523	1690
	554	1582	557	1683	555	580
	555	609	527	627	527	626
	511	1684	556	581	556	686
	560	683	552	583	552	615
	526	611	557	573	551	585
	551	612	522	613	527	608
	530	608	527	607	530	638
	520	604	527	610	528	609
	523	612	525	612	525	612
	525	612	525	630	534	603
	523	614	523	617	521	612
	525	612	525	611	525	612
	525	634	524	613	523	689
	599	640	556	1674		
สิ้นสุด	551					

ชุดตัวเลขที่แสดงทั้งหมดนี้ เป็นค่าที่แสดงการเปิดปิดไฟของ IR led ในหน่วยไมโครวินาที ชุดตัวเลขนี้จะถูกแสดงแบบสัญญาณในรูปที่ 4.6 โดยจะมีการใช้รูปแบบของโปรโตคอล NEC ในการอ่าน ซึ่งจะสามารถแปลงเป็นเลขไบนารีได้ดังนี้ 00111000 01000000 00000000 00000000 00000000 0001



รูปที่ 4.6 สัญญาณเปิดเครื่องปรับอากาศจากรีโมท

#### 4.2.1.2 ผลการวัดสัญญาณอินฟราเรดจาก TSOP4838



รูปที่ 4.7 สัญญาณที่ได้จากการกดเปิดเครื่องปรับอากาศ

สัญญาณที่แสดงในรูปที่ 4.7 เป็นสัญญาณอินฟราเรดที่ผ่านตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์ โดยมีสัญญาณไบนารีเฉพาะส่วนข้อมูลดังนี้

00111000 01000000 00000000 00000000 00000000 0001 เมื่อทำการเปรียบเทียบไบนารี บิตที่ได้จากรีโมทเครื่องปรับอากาศกับไบนารีบิตที่ได้จากการวัดสัญญาณอินฟราเรดผ่านขาของ TSOP4838 ที่ต่ออยู่กับ Raspberry Pi นั้นจะพบว่าไบนารีบิตที่ตรงกันซึ่งสามารถดูได้จาก หัวข้อที่ 4.2.1.1 และ 4.2.1.2

## 4.2.2 ผลการทดสอบเมื่อกดปุ่มปิดเครื่องปรับอากาศ

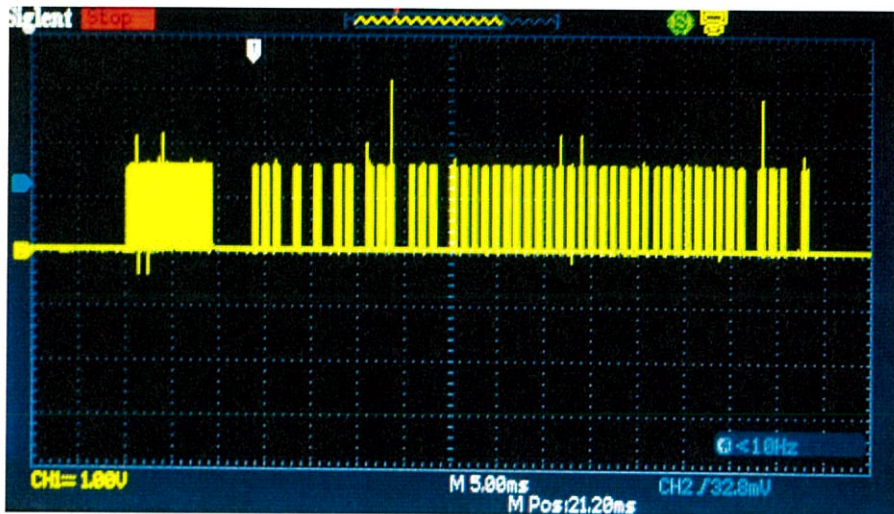
### 4.2.2.1 ผลการทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทโดยตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 มีการรับสัญญาณเข้ามาประมวลผลโดย LIRC ใน Raspberry Pi 3 โดยแสดงเป็นชุดตัวเลขเมื่อกดปุ่มปิดเครื่องปรับอากาศดังนี้

เริ่มต้น	9025	4482				
ข้อมูล	530	581	549	612	523	1690
	554	1582	557	1683	555	580
	555	1609	527	627	527	626
	511	1684	556	581	556	686
	560	1683	552	583	552	615
	526	611	557	573	551	585
	551	612	522	613	527	608
	530	608	527	607	530	638
	520	604	527	610	528	609
	523	612	525	612	525	612
	525	612	525	630	534	603
	523	614	523	617	521	612
	525	612	525	611	525	612
	525	634	524	1613	523	689
	599	640	556	1674		
สิ้นสุด	551					

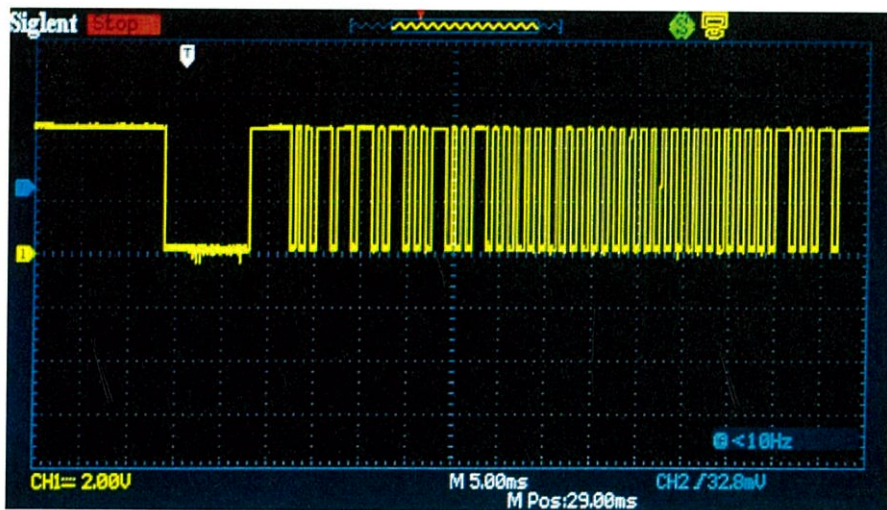
ชุดตัวเลขที่แสดงทั้งหมดนี้ เป็นค่าที่แสดงการเปิดปิดไฟของ IR led ใน หน่วยไมโครวินาที ชุดตัวเลขนี้จะถูกแสดงแบบสัญญาณในรูปที่ 4.8 โดยจะมีการใช้รูปแบบของ

โปรโตคอล NEC ในการอ่าน ซึ่งจะสามารถแปลงเป็นเลขไบนารีได้ดังนี้ 00111010 01001000  
00000000 00000000 00000000 1001



รูปที่ 4.8 สัญญาณปิดเครื่องปรับอากาศจากรีโมท

#### 4.2.2.2 ผลการวัดสัญญาณอินฟราเรดจาก TSOP4838



รูปที่ 4.9 สัญญาณที่ได้จากการกดปิดเครื่องปรับอากาศ

สัญญาณที่แสดงในรูปที่ 4.9 เป็นสัญญาณอินฟราเรดที่ผ่านตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์ โดยมีสัญญาณไบนารีเฉพาะส่วนข้อมูลดังนี้ 00111010 01001000 00000000 00000000 00000000 1001 เมื่อทำการเปรียบเทียบไบนารีบิตที่ได้จากรีโมทเครื่องปรับอากาศกับไบนารีบิตที่ได้จากการวัดสัญญาณอินฟราเรดผ่านขาของ TSOP4838 ที่ต่ออยู่กับ Raspberry Pi นั้นจะพบว่าไบนารีบิตที่ตรงกันซึ่งสามารถดูได้จาก หัวข้อที่ 4.2.2.1 และ 4.2.2.2

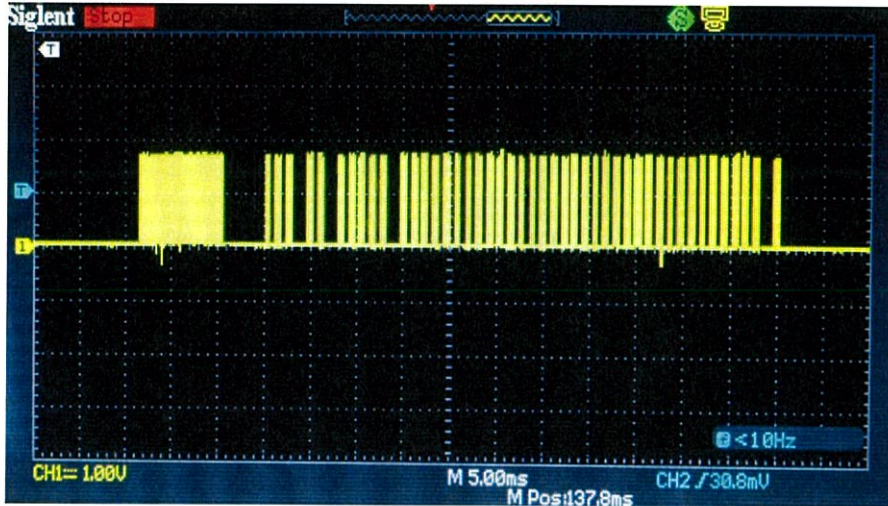
#### 4.2.3 ผลการทดสอบเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 15 องศา

##### 4.2.3.1 ผลการทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทโดยตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 มีการรับสัญญาณเข้ามาประมวลผลโดย LIRC ใน Raspberry Pi 3 โดยแสดงเป็นชุดตัวเลขเมื่อกดปุ่มเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 15 องศา ดังนี้

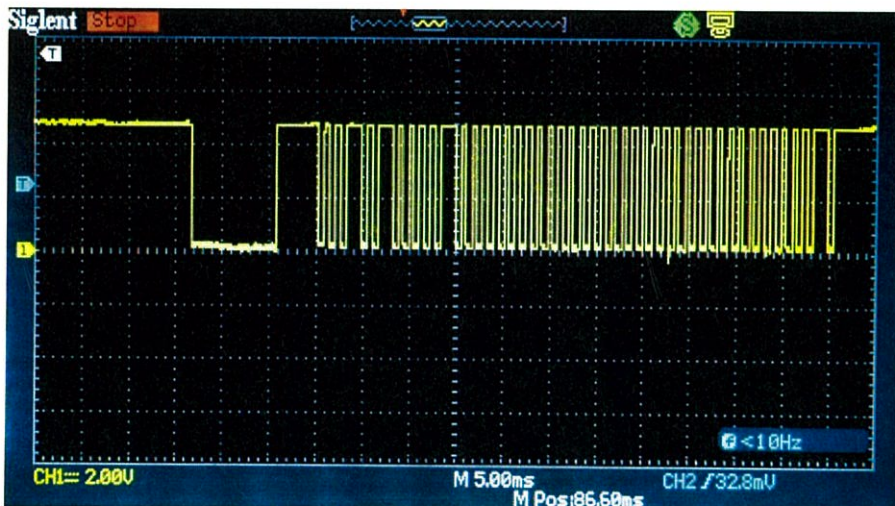
เริ่มต้น	9023	4475				
ข้อมูล	530	581	549	612	523	1690
	554	582	557	1683	555	580
	555	609	527	627	527	626
	511	1684	556	581	556	686
	560	683	552	583	552	615
	526	1711	557	573	551	585
	551	612	522	613	527	608
	530	608	527	607	530	638
	520	604	527	610	528	609
	523	612	525	612	525	612
	525	612	525	630	534	603
	523	614	523	617	521	612
	525	612	525	611	525	612
	525	634	524	513	523	529
	599	540	556	1674		
สิ้นสุด	551					

ชุดตัวเลขที่แสดงทั้งหมดนี้ เป็นค่าที่แสดงการเปิดปิดไฟของ IR led ในหน่วย ไมโครวินาที ชุดตัวเลขนี้จะถูกแสดงแบบสัญญาณในรูปที่ 4.10 โดยจะมีการใช้รูปแบบของ โปรโตคอล NEC ในการอ่าน ซึ่งจะสามารถแปลงเป็นเลขไบนารีได้ดังนี้ 00101000 01000000 00000000 00000000 00000000 0001



รูปที่ 4.10 สัญญาณการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 15 องศาจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ

#### 4.2.3.2 ผลการวัดสัญญาณอินฟราเรดจาก TSOP4838



รูปที่ 4.11 สัญญาณที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 15 องศา

สัญญาณที่แสดงในรูปที่ 4.11 เป็นสัญญาณอินฟราเรดที่ผ่านตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์ โดยมีสัญญาณไบนารีเฉพาะส่วนข้อมูลดังนี้ 00101000 01000000 00000000 00000000 00000000 0001 เมื่อทำการเปรียบเทียบไบนารีบิตที่ได้จากรีโมทเครื่องปรับอากาศกับไบนารีบิตที่ได้จากการวัดสัญญาณอินฟราเรดผ่านขาของ TSOP4838 ที่ต่ออยู่กับ Raspberry Pi นั้นจะพบว่าไบนารีบิตที่ตรงกันซึ่งสามารถดูได้จาก หัวข้อที่ 4.2.3.1 และ 4.2.3.2

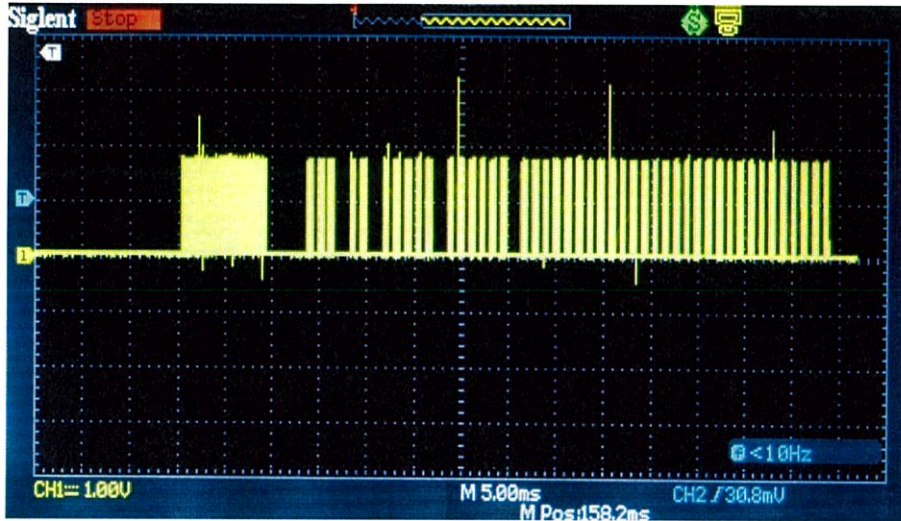
#### 4.2.4 ผลการทดสอบเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 16 องศา

##### 4.2.4.1 ผลการทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ

การทดสอบรับสัญญาณจากรีโมทโดยตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 มีการรับสัญญาณเข้ามาประมวลผลโดย LIRC ใน Raspberry Pi 3 โดยแสดงเป็นชุดตัวเลขเมื่อกดปุ่มเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 16 องศา ดังนี้

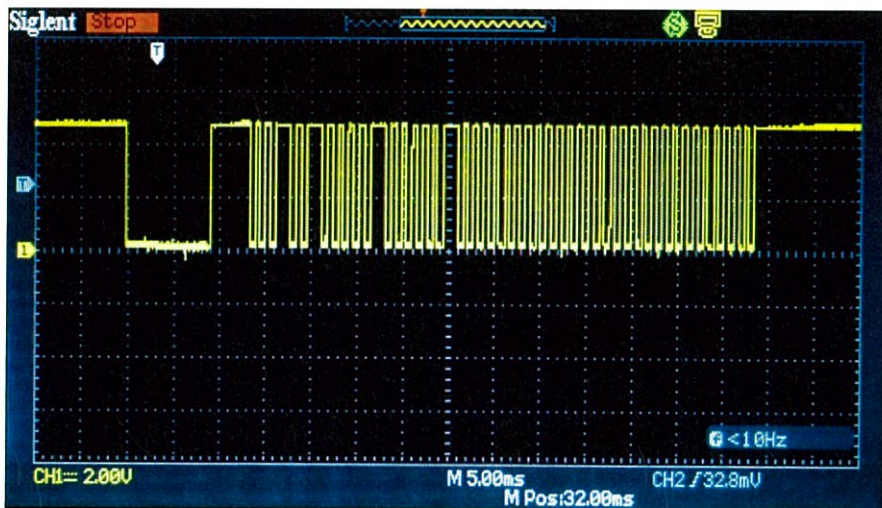
เริ่มต้น	9022	4477				
ข้อมูล	529	582	552	586	551	1685
	555	584	554	1683	554	584
	554	584	555	598	556	582
	551	1688	553	583	555	583
	554	583	552	582	555	582
	556	1699	559	584	549	584
	554	583	555	582	561	579
	565	591	568	552	549	600
	554	584	554	582	555	583
	523	612	525	582	524	582
	558	575	558	582	554	582
	555	583	554	581	548	582
	578	559	554	585	554	584
	554	604	555	579	555	582
	556	582	556	569		
สิ้นสุด	554					

ชุดตัวเลขที่แสดงทั้งหมดนี้ เป็นค่าที่แสดงการเปิดปิดไฟของ IR led ในหน่วยไมโครวินาที ชุดตัวเลขนี้จะถูกแสดงแบบสัญญาณในรูปที่ 4.12 โดยจะมีการใช้รูปแบบของโปรโตคอล NEC ในการอ่าน ซึ่งจะสามารถแปลงเป็นเลขไบนารีบิตได้ดังนี้ 00101000 01000001 00000000 00000000 00000000 0000



รูปที่ 4.12 สัญญาณการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 16 องศาจากรีโมทเครื่องปรับอากาศ

#### 4.2.4.2 ผลการวัดสัญญาณอินฟราเรดจาก TSOP4838



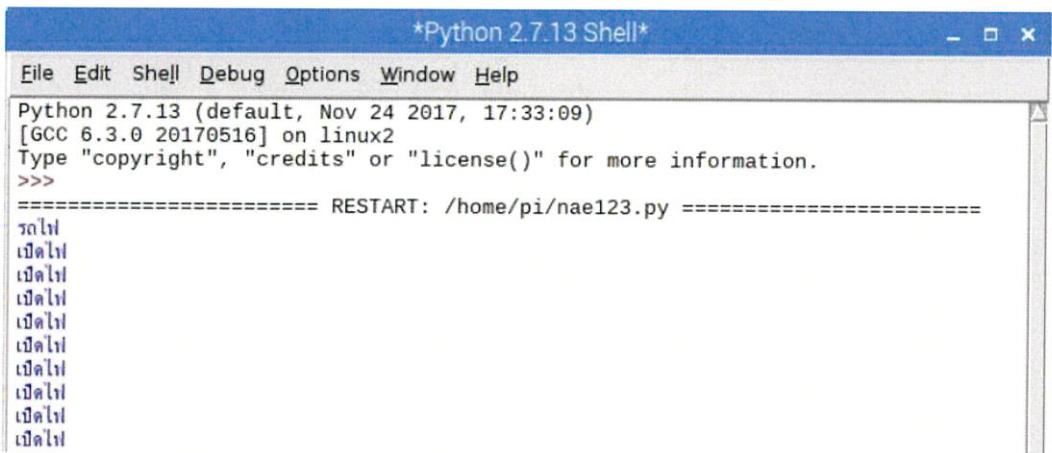
รูปที่ 4.13 สัญญาณที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 16 องศา

สัญญาณที่แสดงในรูปที่ 4.13 เป็นสัญญาณอินฟราเรดที่ผ่านตัวรับสัญญาณอินฟราเรด TSOP4838 ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์ โดยมีสัญญาณไบนารีเฉพาะส่วนข้อมูลดังนี้ 00101000 01000001 00000000 00000000 00000000 0000 เมื่อทำการเปรียบเทียบไบนารีบิตที่ได้จากรีโมทเครื่องปรับอากาศกับไบนารีบิตที่ได้จากการวัดสัญญาณอินฟราเรดผ่านขาของ TSOP4838 ที่ต่ออยู่กับ Raspberry Pi นั้นจะพบว่าไบนารีบิตที่ตรงกันซึ่งสามารถดูได้จาก หัวข้อที่ 4.2.4.1 และ 4.2.4.2

การทดสอบเปลี่ยนอุณหภูมิจะเห็นได้ว่าส่วนของข้อมูลจะมีอยู่ 5 ไบต์ และอีก 4 บิต พบว่า ไบต์แรกคือฟังก์ชันของการส่ง ไบต์ที่สองคือโหมดและระดับของอุณหภูมิ เครื่องปรับอากาศ ไบต์ที่เหลือเป็นเวลา และ 4 บิตสุดท้ายมีไว้ตรวจสอบความถูกต้องของผู้ผลิต

### 4.3 ผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลงเสียงพูดเป็นข้อความ

จากการทดสอบรับเสียงพูดจากไมโครโฟน แล้วทำการเปลี่ยนเป็นข้อความ โดยพูดคำสั่งที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ และคำพูดทั่วไป ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.14

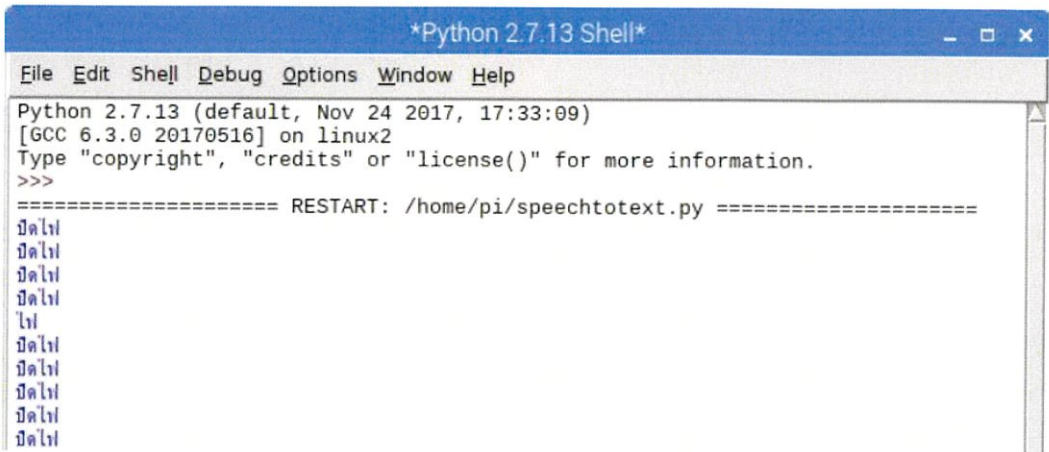


```

*Python 2.7.13 Shell*
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 2.7.13 (default, Nov 24 2017, 17:33:09)
[GCC 6.3.0 20170516] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: /home/pi/nae123.py =====
รณไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ
เปิดไฟ

```

รูปที่ 4.14 ข้อความเมื่อรับคำว่า “เปิดไฟ”

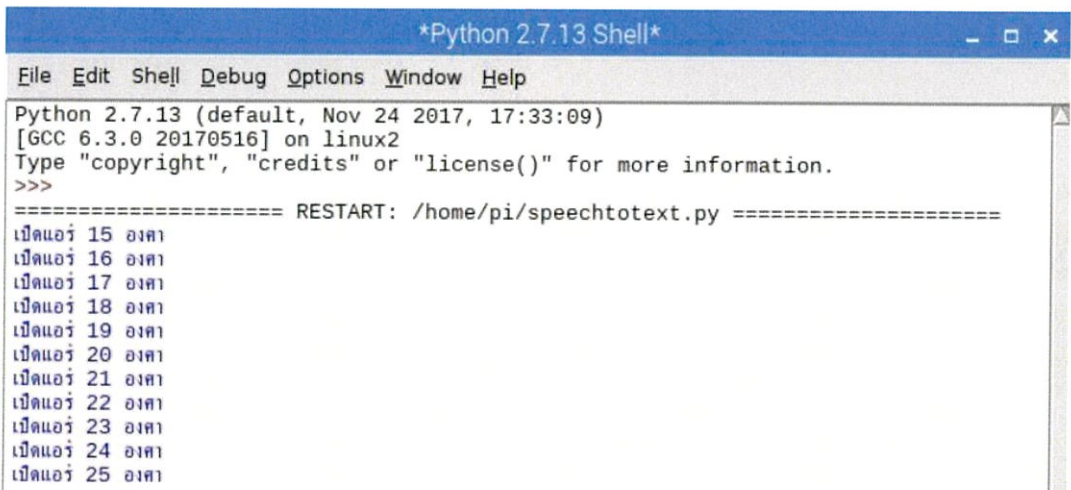


```

Python 2.7.13 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 2.7.13 (default, Nov 24 2017, 17:33:09)
[GCC 6.3.0 20170516] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: /home/pi/speechtotext.py =====
ปิดไฟ
ปิดไฟ
ปิดไฟ
ปิดไฟ
ไฟ
ไฟ
ปิดไฟ
ปิดไฟ
ปิดไฟ
ปิดไฟ
ปิดไฟ

```

รูปที่ 4.15 ข้อความเมื่อรับคำว่า “ปิดไฟ”



```

Python 2.7.13 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 2.7.13 (default, Nov 24 2017, 17:33:09)
[GCC 6.3.0 20170516] on linux2
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: /home/pi/speechtotext.py =====
เปิดแอร์ 15 องศา
เปิดแอร์ 16 องศา
เปิดแอร์ 17 องศา
เปิดแอร์ 18 องศา
เปิดแอร์ 19 องศา
เปิดแอร์ 20 องศา
เปิดแอร์ 21 องศา
เปิดแอร์ 22 องศา
เปิดแอร์ 23 องศา
เปิดแอร์ 24 องศา
เปิดแอร์ 25 องศา

```

รูปที่ 4.16 ข้อความเมื่อรับคำว่า “เปิดแอร์”



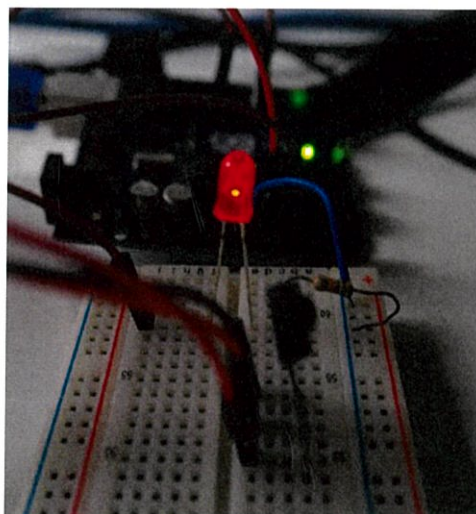
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความถูกต้องในการแปลงเสียงพูดเป็นข้อความ

คำสั่ง	จำนวนข้อความที่ถูก	จำนวนข้อความที่ผิด	ความถูกต้องคิดเป็นเปอร์เซ็นต์
เปิดไฟ	9	1	90%
ปิดไฟ	9	1	90%
เปิดแอร์	10	0	100%
ปิดแอร์	8	2	80%
อื่นๆ	10	0	100%

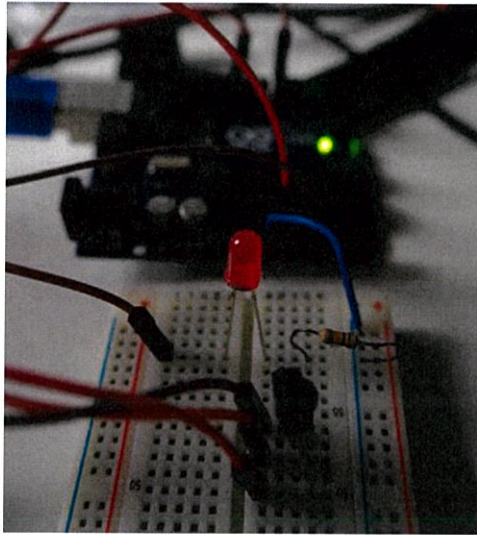
จากการทดสอบข้างต้นพบว่า การแปลงเสียงพูดเป็นข้อความมีความถูกต้องทั้งหมด 46 ครั้ง จากการพูด 50 ครั้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 92 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ความถูกต้องของการแปลงนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัย เช่น ความแรงของสัญญาณอินเทอร์เน็ต คำที่มีเสียงพูดใกล้เคียงกัน ความเร็วในการพูด และเสียงรบกวนภายในห้อง เป็นต้น

#### 4.4 ผลการทดสอบการควบคุมหลอดไฟด้วยเสียง

จากการทดสอบควบคุมหลอดไฟด้วยคำสั่งเสียง “เปิดไฟ” และ “ปิดไฟ” คำสั่งเสียงจะไปสั่งการให้ Raspberry Pi ส่งสัญญาณอินฟราเรดมาที่ Arduino เมื่อ Arduino ตรวจพบสัญญาณอินฟราเรดที่ตรงกับที่เก็บค่าไว้ จะจ่ายลอจิกทำให้ไฟติด หรือดับได้ ดังรูปที่ 4.19 และ 4.20



รูปที่ 4.19 คำสั่งเปิดไฟ

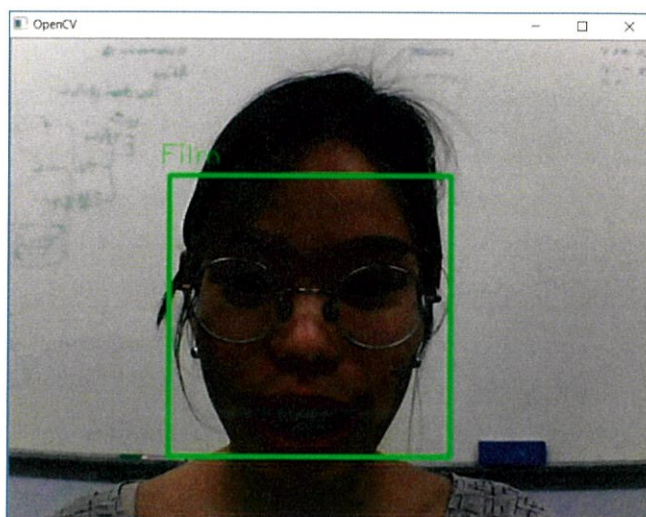


รูปที่ 4.20 คำสั่งปิดไฟ

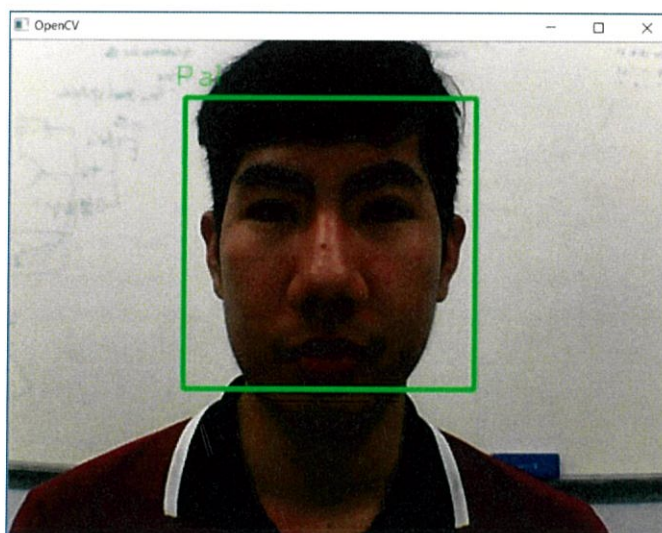
## 4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบรู้จำใบหน้า

### 4.5.1 สรุปผลการทดสอบระบบรู้จำใบหน้า

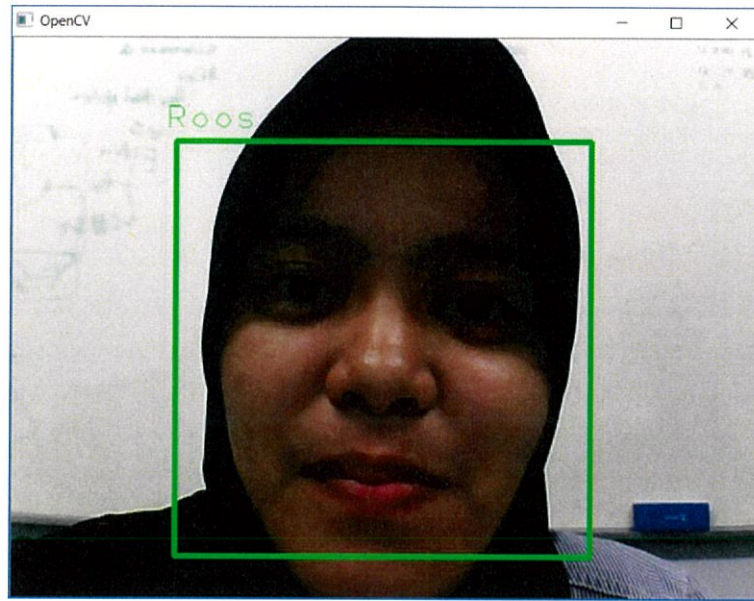
ในระบบรู้จำใบหน้าจะทำตรวจสอบใบหน้า ที่ต้องการเข้าสู่ภายในห้องพัก โดยถ้าระบบตรวจสอบแล้วตรงกับใบหน้าในฐานข้อมูลจะขึ้นกรอบสีเขียวพร้อมชื่อของบุคคลที่ทำการทดสอบและทำการเปิดประตูต่อไป โดยในการทดสอบได้ทำการทดสอบใบหน้าของบุคคลในรูปที่ 4.21 ถึงรูปที่ 4.30 ซึ่งเป็นผู้ทดสอบลำดับที่ 1 ถึง 10 ตามลำดับ โดยเป็นบุคคลที่มีรูปใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูล และผลการทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 4.2



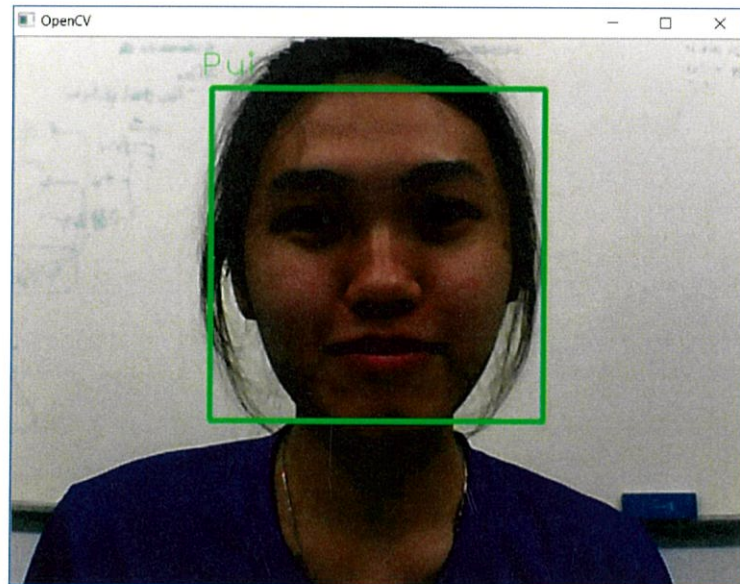
รูปที่ 4.21 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 1



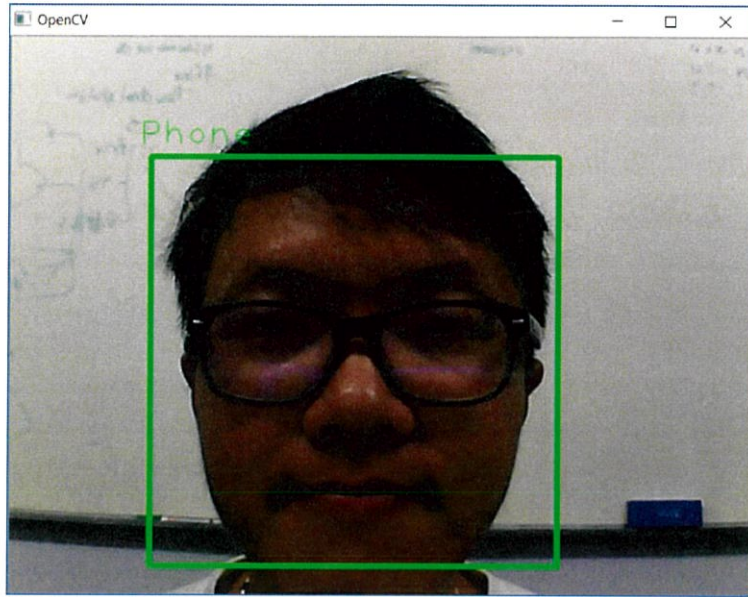
รูปที่ 4.22 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 2



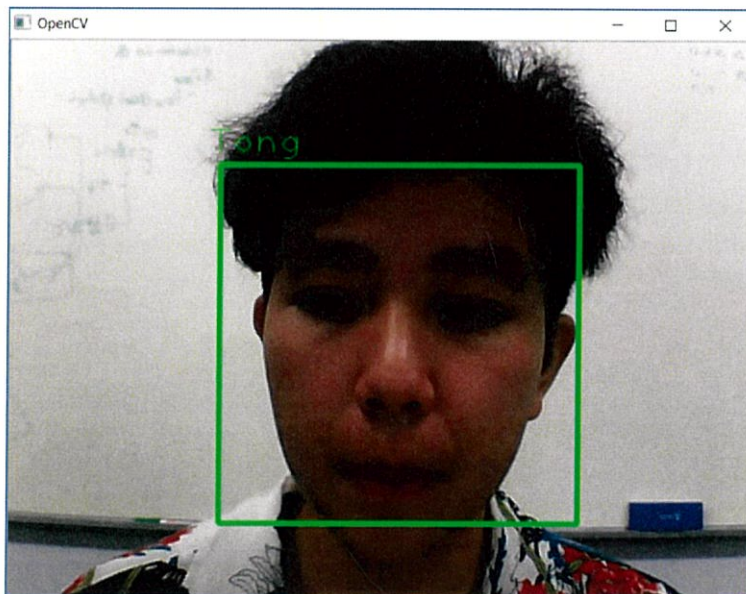
รูปที่ 4.23 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 3



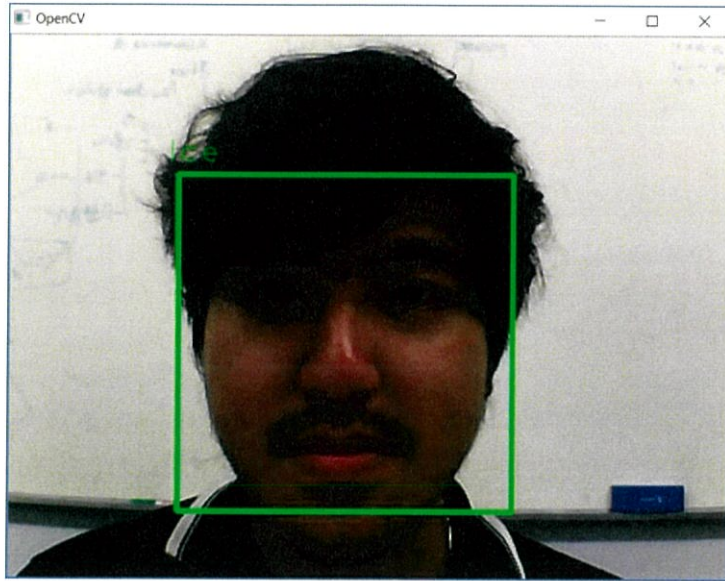
รูปที่ 4.24 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 4



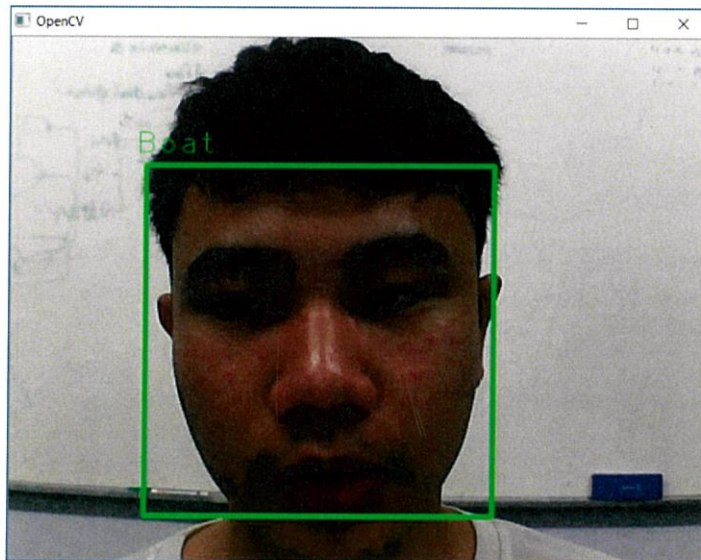
รูปที่ 4.25 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 5



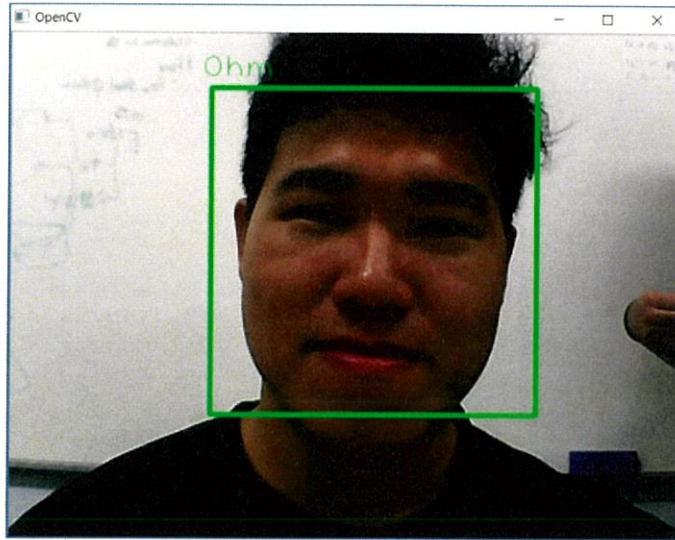
รูปที่ 4.26 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 6



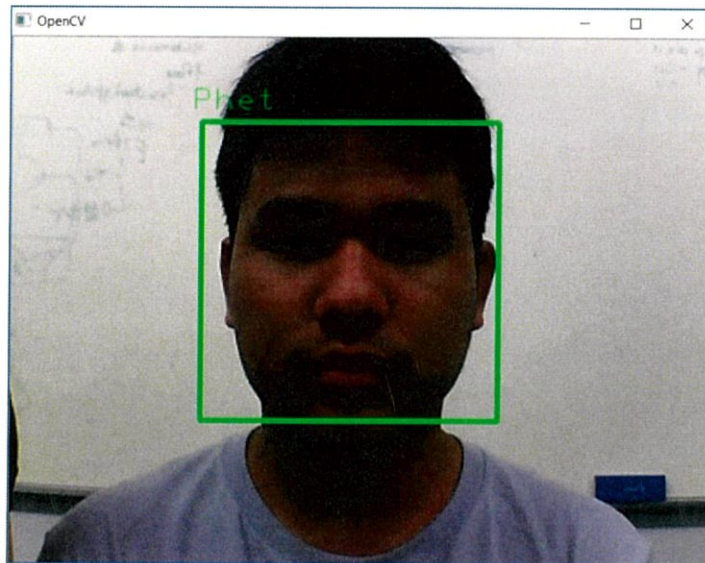
รูปที่ 4.27 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 7



รูปที่ 4.28 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 8



รูปที่ 4.29 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 9

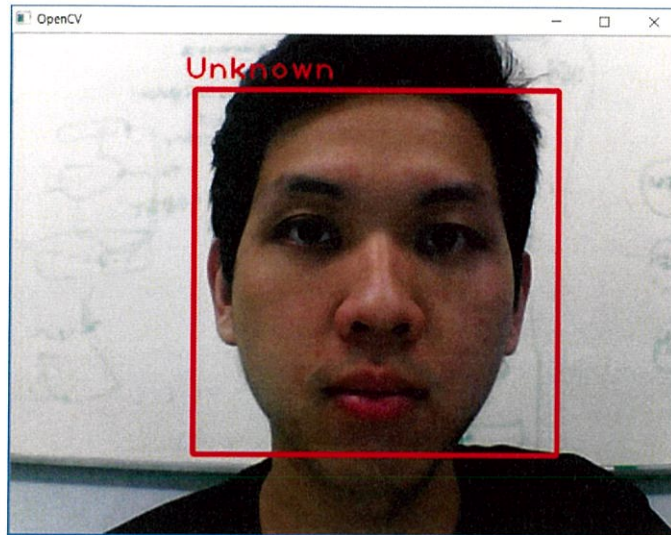


รูปที่ 4.30 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลในฐานข้อมูลลำดับที่ 10

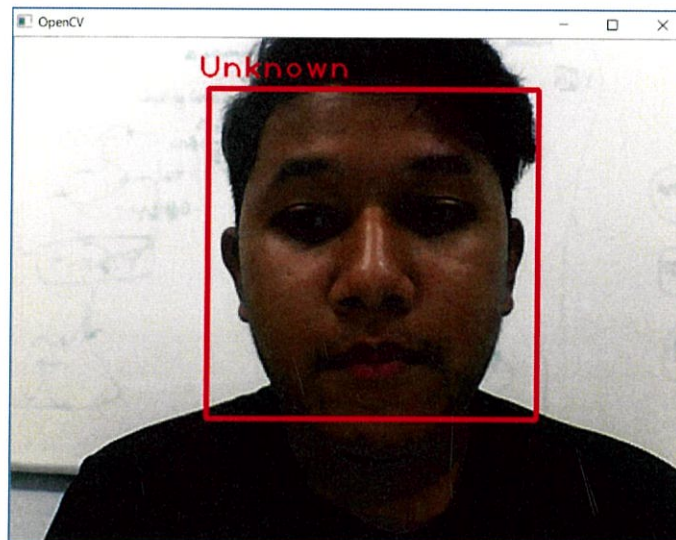
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบระบบรู้จำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล

ชื่อผู้ทดสอบ	กรณี que แสดงชื่อบุคคลอื่นในฐานข้อมูล	กรณีที่แสดงว่าไม่ตรงกับบุคคลใดในฐานข้อมูล	จำนวนครั้งที่แสดงชื่อตรงกับฐานข้อมูลจากทั้งหมด 10 ครั้ง
1. Film	×	✓	6
2. Pai	×	✓	9
3. Roos	×	✓	8
4. Pui	×	✓	8
5. Phone	×	✓	8
6. Tong	×	✓	9
7. Ice	×	✓	8
8. Boat	×	✓	8
9. Ohm	×	✓	7
10. Phet	×	✓	9

จากนั้นทำการทดสอบใบหน้าที่ไม่มีอยู่ภายในฐานข้อมูล โดยถ้าไม่มีใบหน้าอยู่ในฐานข้อมูลจะเกิดกรอบสีแดงขึ้นพร้อม ข้อความว่า “UNKNOWN” โดยผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในการทดสอบกับบุคคลที่ไม่มีใบหน้าในฐานข้อมูลจะมีเพียงกรณีเดียว คือ ไม่ตรงกับใบหน้าใดๆในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.31 และ 4.32



รูปที่ 4.31 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลคนที่ 1



รูปที่ 4.32 การทดสอบผู้ทดสอบบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลคนที่ 2

โดยสรุป ผลจากการทดสอบระบบรู้จำใบหน้าที่ได้ทำการออกแบบนั้นจะมีความถูกต้อง 71% (เมื่อทดสอบภายใต้แสงสว่างระดับเดียวกับในฐานข้อมูลและแสดงสีหน้าตรงกับในฐานข้อมูล) โดยผลการทดสอบแบ่งได้ 2 กรณีดังนี้

#### 1) กรณีที่ใบหน้ามีอยู่ภายในฐานข้อมูล

ในกรณีที่ใบหน้าทดสอบมีอยู่ภายในฐานข้อมูลนั้น ทุกใบหน้าที่ทำการทดสอบนั้นจะมีผลลัพธ์เพียง 2 กรณี คือ ถูกต้องโดยแสดงชื่อตรงกับฐานข้อมูลที่เก็บเอาไว้ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นและเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการจากระบบ และ “UNKNOWN” คือ ไม่ตรงกับใบหน้าในใดๆ ฐานข้อมูล ซึ่งเกิดจากการยังวางใบหน้าไม่ตรงกับตำแหน่ง ความสว่างไม่ตรงกับรูปในฐานข้อมูล หรือ มีการแสดงสีหน้า (Face expression) ที่ต่างจากที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล และ เมื่อทำการปรับใบหน้าให้เข้ากับตำแหน่งที่อยู่ในฐานข้อมูลก็จะวนกลับมาแสดงชื่อที่ตรงตามที่ระบุไว้ในฐานข้อมูลตามลำดับ

#### 2) กรณีที่ใบหน้าไม่มีอยู่ภายในฐานข้อมูลนั้น

ในกรณีที่ใบหน้าทดสอบไม่อยู่ภายในฐานข้อมูลนั้นผลลัพธ์จะออกมาเพียงกรณีเดียว คือ “UNKNOWN” คือ ไม่ตรงกับใบหน้าในใดฐานข้อมูล ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการในกรณีนี้ โดยเป็นการที่ระบบไม่ต้องการให้บุคคลที่อยู่ภายนอกฐานข้อมูลเข้าห้องไม่ว่าในกรณีใดก็ตาม

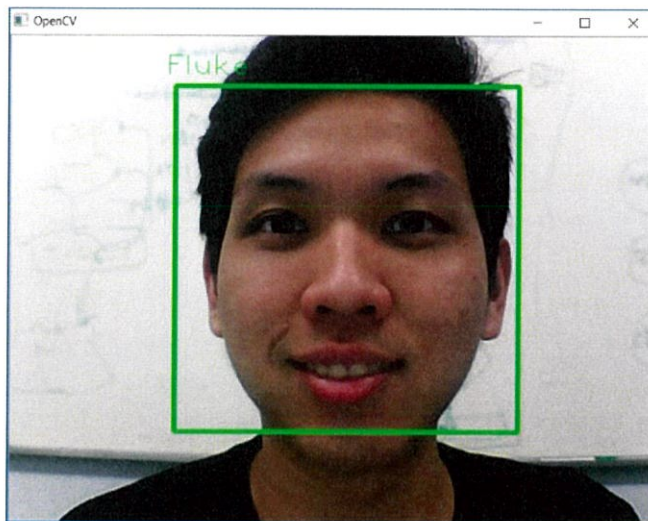
### 4.5.2 ข้อจำกัดของระบบรู้จำใบหน้า

ทั้งนี้ความแม่นยำของระบบรู้จำใบหน้าจะลดลง เมื่อภาพที่ทำการทดสอบนั้น มีความสว่างต่างจากภาพที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล, ผู้ทดสอบใส่แว่นหรือถอดแว่น รวมไปถึงการแสดงสีหน้าต่างๆบนใบหน้า เช่น การยิ้ม ขมวดคิ้ว จะมีผลทำให้ความแม่นยำลดลงเช่นกัน

สุดท้ายนี้ระบบรู้จำใบหน้ามีข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดคือ คือ ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างคู่แฝดได้

#### 4.5.3 การตรวจสอบหลังจากเพิ่มบุคคลเข้าสู่ฐานข้อมูล

เมื่อได้ทำการเพิ่มบุคคลใดๆที่ไม่ได้อยู่ในฐานข้อมูล เข้าสู่ฐานข้อมูลและทำการทดสอบใบหน้า อีกครั้ง ผลการทดสอบที่ได้ คือ บุคคลคนเดียวกับที่ตรวจสอบไม่ผ่านในรูปที่ 4.31 จะสามารถถูกรู้จำได้ว่าอยู่ในฐานข้อมูล และขึ้นชื่อถูกต้องตามฐานข้อมูลและกรอบสีเขียวดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 ผลการตรวจสอบใบหน้าบุคคลที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ฐานข้อมูล

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

“ระบบอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง” นั้นมุ่งเน้นการพัฒนาระบบอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยสำหรับการใช้งานต่างๆ ในห้องพัก โดยมุ่งเน้นการใช้คำสั่งเสียงสำหรับควบคุมการทำงานต่างๆ ในห้องพัก เช่น การควบคุมหลอดไฟฟ้าผ่านทางรีเลย์ และการควบคุมระบบเครื่องปรับอากาศผ่านทางโมดูลอินฟราเรด มีระบบรักษาความปลอดภัยด้วยระบบรู้จำใบหน้า และการใช้ Graphic User Interface แสดงข่าวสารเมื่อไม่มีบุคคลมาสแกนใบหน้าผ่านการตรวจจับด้วยโมดูลเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด และสามารถลิงก์ไปยังหน้าเว็บหลักของข่าวสารนั้นๆ ได้

ในส่วนการสั่งการด้วยเสียงนั้นระบบจะรับอินพุตซึ่งเป็นเสียงพูดของผู้ใช้งานผ่านทางไมโครโฟนและส่งอินพุตเข้าสู่อุปกรณ์ Raspberry Pi จากนั้นระบบจะทำการค้นหาและวิเคราะห์ว่าเสียงพูดที่อินพุตรับเข้ามานั้นตรงกับคำสั่งกรณีใดในระบบบ้าง และจะมีการสั่งการไปยังอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่ได้ประมวลผลมาแล้ว จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ และควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปได้

ในส่วนระบบรักษาความปลอดภัยในปริญญาานิพนธ์นี้ มุ่งเน้นระบบที่เรียบง่าย ความปลอดภัยที่สูงขึ้น และ ต้นทุนการลงทุนทางด้านอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานจริง นั่นคือ การใช้ระบบรู้จำใบหน้า โดยเมื่อมีบุคคลต้องการเข้าสู่ภายในห้องพัก ระบบจะทำการตรวจสอบใบหน้า ถ้าใบหน้านั้นตรงกับภายในฐานข้อมูลระบบจะแสดงชื่อของบุคคลนั้นออกมา จากนั้นจึงจะอนุญาตให้เข้าสู่ห้องพักได้ โดยส่วนของการทำางานนั้นสามารถทำงานได้ตามที่วางระบบไว้

## 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ปัญหาของระบบรู้จำใบหน้าคือ ประสิทธิภาพและความแม่นยำของระบบนั้นจะสูงที่สุดก็ต่อเมื่อบุคคลที่ใช้งานยืนอยู่ในตำแหน่งที่รูปใบหน้าที่มีทิศทางตรงกับทิศทางในฐานข้อมูลมากที่สุด และมีแสงสว่างเพียงพอ

2. ปัญหาของระบบรู้จำเสียงคือ การที่ระบบต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตตลอดเวลาเพื่อใช้การประมวลผลของ Cloud Speech API เมื่อไม่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตระบบสั่งการด้วยเสียงก็จะไม่สามารถทำงานได้

3. ปัญหาของระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศด้วยสัญญาณอินฟราเรด คือประสิทธิภาพของสัญญาณนั้นไม่ดีพอ เนื่องจากช่วงการกระจายในการส่งสัญญาณอินฟราเรดแคบ

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การใช้งานระบบตรวจจับใบหน้านั้น ผู้ใช้งานต้องยืนให้มีทิศทางตรงกับภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลมากที่สุด และ ระหว่างการตรวจจับใบหน้านั้นต้องมีแสงสว่างเพียงพอ เพื่อประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้าที่สูงขึ้น

2. การใช้งานระบบรู้จำด้วยเสียงนั้น ควรใช้งานระบบที่สามารถทำงานในขณะทีออฟไลน์ได้ด้วยเพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน

3. การใช้งานระบบควบคุมเครื่องปรับอากาศด้วยสัญญาณอินฟราเรด มุมองศาของการส่งสัญญาณต้องตรงกับตัวรับ จึงควรทำการล็อกตัวอุปกรณ์ให้อยู่กับที่ เพื่อป้องกันการขยับของมุมที่ทำให้การปรับไว้แล้ว

## บรรณานุกรม

- [1] รุสลี สุทรวีร์กุล และ วิไลพร แซ่ลี. “การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ Haar-like (Face Detection based-on Haar-like Features)”. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2. ธันวาคม พ.ศ.2554
- [2] จุฑามาศ มาบรรดิษ, ภัทยาอินต๊ะวิกุล และ ปาริฉัตร เสริมวุฒิสาร. “การรู้จำอารมณ์บนใบหน้าโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์จำแนกประเภทเชิงเส้น ( Facial Expression Recognition Based on PCA and LDA) ” คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, 2558
- [3] Gary Bradski. “Learning OpenCV”. Learning OpenCV Book First Edition. the United States of America: O’Reilly Media, 2008.
- [4] Daniel Lélis Baggio. “Mastering OpenCV with Practical Computer Vision Projects”. First Edition. UK: Packt Publishing Ltd.,2012
- [5] Pattapong J. “Raspberry Pi3”.  
<https://blog.pattapongj.com/raspberry-pi-3-day-2-ir-remote-8a6d60045ef8>
- [6] Piddler. “IR Blaster(LIRC)”.  
<http://www.piddlerintheroot.com/ir-blaster-lirc/>