

อภิธาน์นทาการ



สำนักหอสมุด



การพัฒนาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง
Development of Voice Activated Smart Room Control System



สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร	
วันที่รับเข้า	5 ก.ย. 2558
เลขทะเบียน	19196582
เลขเรียกหนังสือ	

นายคมสัน	สุขมี
นายมงคลชัย	รุ่งเรือง
นายสรวิศ	สุขชานา

๗/๕
๓/๑๒/๖
๒๕๕๘

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2558



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ : การพัฒนาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง
(Development of Voice Activated Smart Room Control System)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายคมสัน สุขมี รหัสบัณฑิต 55361083
นายมงคลชัย รุ่งเรือง รหัสบัณฑิต 55363445
นายสรวิศ สุขชวานา รหัสบัณฑิต 55363629

ที่ปรึกษาโครงการ : ดร.สุเมธ เหมะวัฒน์นะชัย

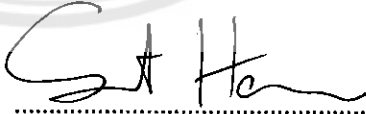
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม : อ.รัฐภูมิ วรรณสาสน์


ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล


ปีการศึกษา : 2558

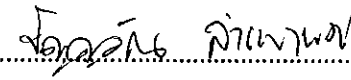
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร.สุเมธ เหมะวัฒน์นะชัย)


.....ที่ปรึกษาโครงการร่วม
(อ.รัฐภูมิ วรรณสาสน์)


.....กรรมการ
(รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสุวรรณ)


.....กรรมการ
(ดร.ปัญญาวัฒน์ ลำเพาพงศ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	: การพัฒนาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง	
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายคมสัน สุขมี	รหัสนิสิต 55361083
	: นายมงคลชัย รุ่งเรือง	รหัสนิสิต 55363445
	: นายสรวิศ สุขชานา	รหัสนิสิต 55363629
ที่ปรึกษาโครงการ	: ดร.สุเมธ เหมะวัฒนะชัย	
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม	: อ.รัฐภูมิ วรานูสาสน์	
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	: 2558	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ป่วยติดเตียงในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยทั่วไปพบว่ากลุ่มผู้ป่วยติดเตียง มีปัญหาหลักคือการเคลื่อนไหวและช่วยเหลือตนเองได้ยากลำบาก จึงจำเป็นต้องรอกการช่วยเหลือจากผู้ดูแล ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ป่วยเหล่านี้ยังสามารถออกเสียงพูดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อตรวจจับและวิเคราะห์สัญญาณเสียงจากผู้ป่วยเพื่อนำไปใช้การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาด้วยภาษา LabVIEW ทำงานโดยรับสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนแล้วนำมาประมวลผลด้วยเทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงความถี่ซึ่งจะถูกแบ่งกลุ่มแล้วเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกไว้แล้วด้วยวิธีการ K-Nearest Neighbor Classification (KNN) เพื่อจำแนกเสียงพูดออกเป็น 5 เสียงพื้นฐานได้แก่ อา อี อุ เอ และโอ โดยเมื่อผู้ใช้งานได้สั่งการตามรหัสที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะทำการส่งคำสั่งควบคุมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อปล่อยสัญญาณอินฟราเรดสำหรับควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องปรับอากาศ และเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดที่ต่อเข้ากับปลั๊กไฟ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ยกตัวอย่างหลอดไฟและพัดลมตั้งพื้น

การตรวจสอบความถูกต้องของระบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มี 4 การทดลอง ได้แก่ การทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่และแบบจังหวะ และการทดสอบระยะเวลาการใช้ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งผลการทดลองพบว่า ที่ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่เกิน 5 เมตร ระบบสามารถส่งสัญญาณได้อย่างถูกต้องมากกว่า 95 % การวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่มีความถูกต้องเฉลี่ยมากกว่า 80 % แบบจังหวะมีความถูกต้องประมาณ 70 % และในการทดสอบระยะเวลาการใช้ระบบ ผู้ทดสอบสามารถสั่งการเพื่อควบคุมระบบต่าง ๆ ได้โดยใช้เวลาเฉลี่ยไม่เกินครั้งนาที โดยสรุปจากผลการทดลองบ่งชี้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องสูงเพียงพอในการนำไปใช้กับผู้ป่วยได้

Project Title : Development of Voice Activated Smart Room Control System

Name : Mr. Mongkolchai Rungrueang Student ID 55363445
 Mr. Sorawid Sukchowna Student ID 55363629
 Mr. Komsan Sukme Student ID 55361083

Project Advisor : Dr. Sunet Heamawatanachai

Project Advisor : Mr. Rattapoom Waranusast

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2015

Abstract

This research presents the development of a voice activated system to assist bedridden patient in controlling of room appliance. Generally, it is hard for bedridden patients to move or to control electrical devices by themselves, thus they have to wait for caregiver to assist. Therefore, the idea of having an assistive device which can recognize patient's voice and to control of room appliances is very challenge. The software in this research was developed using LabVIEW. The voice signal was sent to computer via microphone, then the Fast Fourier Transform technique was applied to get frequency domain data. The k-Nearest Neighbors (k-NN) classification was used to compare the frequency data with the recorded database to recognize the voice. There were five defined voices in this research (R, E, U, A, O) to be used for controlling. After the series of voices which matched with pre-defined codes were recognized, the system will send command to microcontroller to generate infrared signals for controlling of the room appliances such as air conditioner, fan and lighting.

To evaluate the performance of the developed system, there were four experiments in this study: (1) study the factor of distance for communication between devices, (2) efficiency of the system to analyze voices in frequency mode, (3) efficiency of the system to analyze voices in rhythm mode, and (4) performance of the system

in order to control devices. The experimental results reveal that the system can communicate between devices with accuracy greater than 95%. The accuracy of the system to analyze the voice in frequency mode were greater than 80% and in the rhythm mode were about 70%. Moreover, the user can use the system to control of room appliances with the averaging time less than 30 seconds. In conclusion, the experimental results indicating that the developed system is good enough to be used further in patient.



กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียงฉบับนี้สำเร็จได้ด้วย ความอนุเคราะห์จากบุคลากรหลายท่าน ท่านแรกขอกราบขอบพระคุณ ดร.สุเมธ เหมะวัฒนะชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุก ขั้นตอน เพื่อให้การเขียนโครงการนี้ออกมาได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด ท่านที่สองคือ ท่านอาจารย์ รัฐภูมิ วรานุสาสน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ให้คำแนะนำในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ สัญญาณเสียง และขอขอบคุณครูช่าง บุคลากรภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความช่วยเหลือในด้าน อุปกรณ์และอำนวยความสะดวกในการทำโครงการนี้

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบงานวิจัย ท่าน รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสุวรรณค์ และ ดร.ปัญญาวัฒน์ ลำเพาพงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและชี้แนะข้อบกพร่องเพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงโครงการ การศึกษาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียงให้สมบูรณ์และครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมความเที่ยงตรงและการแพทย์ (Precision & Medical Engineering Technology, PMET) ที่อำนวยความสะดวกทั้งสถานที่และเครื่องมือในการทำโครงการและอนุญาตให้ใช้ห้องของหน่วยวิจัยเป็นห้องอัจฉริยะสำหรับทดลองควบคุม เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาเล่าเรียนและเป็นกำลังใจอย่างใกล้ชิดกับผู้ศึกษาเสมอมา ผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้ดำเนินโครงการ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์.....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.6 แผนการดำเนินโครงการ.....	3
1.7 งบประมาณที่ใช้.....	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	5
2.1 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเสียง.....	5
2.2 คลื่นเสียงในการพูดของมนุษย์.....	7
2.3 หลักการแบ่งช่วงข้อมูล (Windowing).....	9
2.4 หลักการวิเคราะห์สัญญาณเสียงเชิงเวลา-ความถี่ (Spectrum).....	10
2.5 หลักการเข้ารหัสด้วยการแบ่งจังหวะของเสียง.....	11
2.6 หลักการส่งสัญญาณด้วยรังสีอินฟราเรด.....	12
2.7 K – Nearest Neighbor Classification.....	14
2.8 วรรณกรรมปริทรรศน์.....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการและการทดลอง	24
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	24
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ.....	26
3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์.....	26
3.4 การทดลอง	36
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	50
4.1 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1	50
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2	52
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3	54
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4	55
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	57
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	58
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก	61
ภาคผนวก ก.....	62
ภาคผนวก ข.....	75
ภาคผนวก ค.....	83
ภาคผนวก ง	88
ภาคผนวก จ.....	98
ภาคผนวก ฉ.....	108
ภาคผนวก ช.....	116
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	119

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการออกเสียงที่มีการสั่นสะเทือนของเส้นเสียงและไม่มีการสั่นสะเทือน	8
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสคำสั่งกับช่วงเวลาการปล่อยอินฟราเรดและช่วงว่างของสัญญาณของรีโมท Saijo Denki รุ่น IR-LCD9	13
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	26
ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของกล่องส่งสัญญาณคำสั่ง	33
ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของกล่องรับสัญญาณคำสั่ง	34
ตารางที่ 3.4 บันทึกผลการทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ	39
ตารางที่ 3.5 ระยะทางระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศจากการคำนวณพีทาโกรัส	40
ตารางที่ 3.6 บันทึกผลการทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	41
ตารางที่ 3.7 บันทึกผลการทดลองตอนที่ 2	45
ตารางที่ 3.8 บันทึกผลการทดลองตอนที่ 3	47
ตารางที่ 3.9 บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4	49
ตาราง ก.1 ผลการทดลองตอนที่ 1 การทดสอบปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ	63
ตาราง ก.2 ผลการทดลองตอนที่ 1 การทดสอบปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศแยกส่วน	64
ตาราง ก.3 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 1	65
ตาราง ก.4 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 2	66
ตาราง ก.5 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 3	67
ตาราง ก.6 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 4	68
ตาราง ก.7 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 5	69
ตาราง ก.8 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดสอบที่ 1	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง ก.9 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดสอบที่ 2.....	70
ตาราง ก.10 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดสอบที่ 3	71
ตาราง ก.11 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดลองที่ 4	71
ตาราง ก.12 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดลองที่ 5	72
ตาราง ก.13 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดสอบที่ 1	73
ตาราง ก.14 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดลองที่ 2	73
ตาราง ก.15 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดสอบที่ 3	73
ตาราง ก.16 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดลองที่ 4	74
ตาราง ก.17 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดลองที่ 5	74
ตาราง ข.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	76
ตาราง ฉ.1 ผลการจำแนกข้อมูลเสียงด้วยวิธี KNN ที่ค่า K ต่าง ๆ.....	110
ตาราง ฉ.2 ผลการทดลองปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้และด้านเสียงรบกวนที่มีผล ต่อการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ของโปรแกรมที่ระยะริมฝีปาก	111
ตาราง ฉ.3 ผลการทดลองปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้และด้านเสียงรบกวนที่มีผล ต่อการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ของโปรแกรมที่ระยะปากคอเสื้อ	112
ตาราง ฉ.4 ผลการทดลองปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้และด้านเสียงรบกวนที่มีผล ต่อการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ของโปรแกรมที่ระยะคอมพิวเตอร์.....	113

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ของคลื่นไซน์	6
รูปที่ 2.2 ส่วนของอวัยวะต่าง ๆ ภายในช่องปากและลำคอ	7
รูปที่ 2.3 คำต่าง ๆ ที่ได้รับการลงความคิดเห็นมากกว่าร้อยละ 75 ตามความถี่ในการสังเคราะห์	8
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการแบ่งข้อมูลส่วนที่มีเสียง.....	9
รูปที่ 2.5 สเปกตรัมแสดงค่าแอมพลิจูดต่อความถี่ของเสียงจากโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง.....	10
รูปที่ 2.6 สเปกโตรแกรม (Spectrogram)	11
รูปที่ 2.7 หลักการเข้ารหัสด้วยการแบ่งจังหวะ	11
รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณอินฟราเรดควบคุมอุณหภูมิซึ่งได้จากรีโมทเครื่องปรับอากาศ Saijo Denki รุ่น IR-LCD9	12
รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งของรหัสที่ใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ	13
รูปที่ 2.10 แสดงระยะห่างของข้อมูลทดสอบกับข้อมูลที่มีอยู่โดยใช้ลักษณะเฉพาะที่ 1 และ 2.....	16
รูปที่ 2.11 กราฟหลังผ่านขั้นตอนการทำรูปแบบบรรทัดฐาน (Normalization)	18
รูปที่ 2.12 ข้อมูลที่ผ่านการแบ่งวินโดว์และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนแล้ว	19
รูปที่ 2.13 การประมวลผลช่วงเวลา	19
รูปที่ 2.14 อัตราการตัดผ่านศูนย์ของหน่วยเสียงย่อคำ ว่า “ถูกเงิน”	20
รูปที่ 2.15 ภาพรวมการทำงานของระบบนำทางรถเข็น NavChair	21
รูปที่ 3.1 กระบวนการดำเนินงาน	25
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง	27
รูปที่ 3.3 แผงวงจรการรับข้อมูลจากไมโครโฟนของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณ	28
รูปที่ 3.4 การแบ่งช่วงข้อมูล (Binning) ของข้อมูลเชิงความถี่ ในช่วง 0-3000 Hz.....	29
รูปที่ 3.5 การกำหนดลักษณะเฉพาะของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่.....	29
รูปที่ 3.6 ไฟแสดงผลการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ	30
รูปที่ 3.7 ระดับการเลือกควบคุม.....	31
รูปที่ 3.8 โปรแกรมสำหรับผู้ใช้.....	31

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ในกล่องส่งสัญญาณคำสั่ง.....	32
รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ในกล่องรับสัญญาณคำสั่ง.....	34
รูปที่ 3.11 การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้ากับกล่องรับสัญญาณ.....	37
รูปที่ 3.12 การประกอบคอมพิวเตอร์เข้ากับไมโครโฟน.....	37
รูปที่ 3.13 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลอง.....	38
รูปที่ 3.14 โปรแกรม Arduino สำหรับควบคุมการส่งสัญญาณ.....	38
รูปที่ 3.15 การเปิด-ปิดหลอดไฟ เมื่อกล่องรับสัญญาณได้รับสัญญาณ.....	39
รูปที่ 3.16 แบบจำลองการทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	40
รูปที่ 3.17 การต่อไมโครโฟนและคอมพิวเตอร์.....	42
รูปที่ 3.18 โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่.....	42
รูปที่ 3.19 บริเวณปุ่ม Setting บนโปรแกรมสำหรับผู้ใช้.....	43
รูปที่ 3.20 หน้าต่างการตั้งค่า.....	43
รูปที่ 3.21 หน้าต่างการฝึกเสียงแบบชุด.....	44
รูปที่ 3.22 ทดสอบโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่.....	44
รูปที่ 3.23 โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ.....	46
รูปที่ 3.24 การติดตั้งกล่องรับคำสั่งเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า.....	48
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำและระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งกับกล่อง รับสัญญาณ.....	51
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำและระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งสัญญาณ กับเครื่องปรับอากาศ.....	51
รูปที่ 4.3 ความถูกต้องในการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ เมื่อใช้ข้อมูลในแต่ละรูปแบบ.....	52
รูปที่ 4.4 ความถูกต้องในการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ.....	54
รูปที่ 4.5 ระยะเวลาในการเข้าควบคุมการใช้งานในแต่ละหมวด.....	55

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.1 คอมพิวเตอร์ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง	78
รูปที่ ข.2 ไมโครโฟนสำหรับรับสัญญาณเสียงจากผู้ทดสอบ	78
รูปที่ ข.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO.....	78
รูปที่ ข.4 ตัวปล่อยอินฟราเรดแบบหนึ่งหลอด	79
รูปที่ ข.5 ตัวปล่อยอินฟราเรดแบบสี่หลอด.....	79
รูปที่ ข.6 ตัวรับอินฟราเรด	79
รูปที่ ข.7 รีเลย์	79
รูปที่ ข.8 สวิตช์.....	80
รูปที่ ข.9 ปลั๊กตัวผู้.....	80
รูปที่ ข.10 ปลั๊กตัวเมีย	80
รูปที่ ข.11 กล่องอเนกประสงค์กันน้ำ.....	80
รูปที่ ข.12 ตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้า AC เป็น DC.....	81
รูปที่ ข.13 หลอด LED	81
รูปที่ ข.14 สายไฟ.....	81
รูปที่ ข.15 พัดลมเป็นหนึ่งในเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องอัจฉริยะ.....	82
รูปที่ ข.16 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	82
รูปที่ ข.17 หลอดไฟ ทังสเทน.....	82
รูปที่ ค.1 การทดสอบหาระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ..	84
รูปที่ ค.2 การทดสอบหาระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศแบบ แยกส่วน	84
รูปที่ ค.3 การทดลองวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ ซึ่งกำลังทดลองเสียง อา โดยมีข้อมูลเสียง 3 เสียง คือ อา อี อุ	85
รูปที่ ค.4 การวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่.....	85
รูปที่ ค.5 ผลการทดสอบชุดคำสั่งเสียง สั้นสั้นสั้น แบบจังหวะ.....	86
รูปที่ ค.6 ผลการทดสอบชุดคำสั่งเสียง สั้นสั้นยาว แบบจังหวะ	86
รูปที่ ค.7 ผลการทดสอบชุดคำสั่งเสียง ยาวยาวยาว แบบจังหวะ.....	86
รูปที่ ค.8 การทดสอบควบคุม เปิด/ปิด หลอดไฟ โดยการสั่งการด้วยเสียง	87

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ค.9 การทดสอบควบคุม เปิด/ปิด พัดลมตั้งพื้น โดยการสั่งการด้วยเสียง.....	87
รูปที่ ง.1 หน้าต่างโปรแกรมผู้ใช้งาน.....	89
รูปที่ ง.2 การตั้งค่าโปรแกรม.....	89
รูปที่ ง.3 การใช้งานโปรแกรม.....	90
รูปที่ ง.4 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าโปรแกรม.....	90
รูปที่ ง.5 การตั้งค่า Arduino Port.....	91
รูปที่ ง.6 การตั้งค่าชุดคำสั่งในการใช้งาน.....	91
รูปที่ ง.7 การปรับความดังขึ้นต่ำในการรับสัญญาณเสียง.....	91
รูปที่ ง.8 การตั้งค่าชื่อไฟล์ของผู้ใช้งาน.....	92
รูปที่ ง.9 ข้อมูลการฝึกเสียงของผู้ใช้งาน.....	92
รูปที่ ง.10 การบันทึกข้อมูลการฝึกเสียงของผู้ใช้งาน.....	93
รูปที่ ง.11 หน้าต่างโปรแกรมผู้ใช้.....	94
รูปที่ ง.12 ออกเสียง “อีอี” เพื่อทำการเข้าหมวดแอร์.....	94
รูปที่ ง.13 ออกเสียง “อาอา” เพื่อทำการยืนยันเลือกหมวดแอร์.....	95
รูปที่ ง.14 ออกเสียง “อีอี” เพื่อเข้าหมวดอุณหภูมิ.....	95
รูปที่ ง.15 ออกเสียง “อาอา” เพื่อทำการยืนยันเข้าหมวดอุณหภูมิ.....	96
รูปที่ ง.16 ออกเสียง “อีอี” เพื่อทำการเลือกอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	96
รูปที่ ง.17 ออกเสียง “อาอา” เพื่อทำการยืนยันส่งคำสั่งควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	97
รูปที่ ฉ.1 กราฟความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ที่ตำแหน่งใกล้ริมฝีปาก... 113	113
รูปที่ ฉ.2 กราฟความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ที่ตำแหน่งปากคอเสื้อ..... 114	114
รูปที่ ฉ.3 กราฟความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ที่ตำแหน่งใกล้คอมพิวเตอร์ 114	114
รูปที่ ข.1 การแบ่งลักษณะของเสียง อา..... 117	117
รูปที่ ข.2 การแบ่งลักษณะของเสียง อี..... 117	117
รูปที่ ข.3 การแบ่งลักษณะของเสียง อุ..... 118	118
ตาราง ข.1 ตัวอย่างลักษณะเฉพาะของเสียงต่าง ๆ..... 118	118

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
y	ระยะในแนวแกนตั้ง	m
A	แอมพลิจูดของคลื่น	m
x	ระยะในแนวแกนนอน	m
ω	อัตราเร็วเชิงมุม	rad/s
t	เวลา	s
ϕ	เฟส (Phase)	rad
k	เลขคลื่น	-
v	ความเร็วคลื่น	m/s
f	ความถี่	Hz
λ	ความยาวคลื่น	m
F_t	ข้อมูลทดสอบที่ต้องการจัดกลุ่ม	-
$F_{db,i}$	ข้อมูล i ใด ๆ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่บันทึกไว้	-
Distance _{i}	ระยะห่างของข้อมูลทดสอบกับข้อมูลที่ตัวที่ i ของฐานข้อมูลที่บันทึกไว้	-
SD	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่บันทึกไว้ในวิธีการคำนวณของ KNN	-
K	จำนวนข้อมูลที่ถูกเลือกในวิธี KNN	-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

กลุ่มผู้ติดเตียง หรือกลุ่มผู้ที่ต้องอยู่บนเตียงเป็นระยะเวลาานาน โดยเคลื่อนไหวและช่วยเหลือตัวเองได้ลำบาก ซึ่งผู้ติดเตียงมีทั้งเป็นผู้ป่วยและผู้สูงอายุ ในปัญหาของผู้ป่วยติดเตียงนั้นมีมานานแล้ว ซึ่งกลุ่มผู้ป่วยเหล่านี้เกิดขึ้นจากกลุ่มผู้ที่ประสบอุบัติเหตุ ผู้เข้ารับการรักษาพยาบาล เช่น การผ่าตัด และการพักฟื้น เป็นต้น กลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรควางอย่างที่ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ เช่น อัมพฤกษ์ อัมพาต เป็นต้น และกลุ่มผู้พิการ ในบางกรณีอาจจะถึงขั้นที่ไม่สามารถพูดได้อย่างชัดเจน แต่ยังสามารถเปล่งเสียงได้บ้าง เช่น อา-อู เป็นต้น

ส่วนผู้ติดเตียงที่เป็นผู้สูงอายุนั้นพบว่า ในปัจจุบันจากผลสำรวจของมูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทยได้เผยว่า สังคมไทยมีแนวโน้มประชากรผู้สูงอายุที่มากขึ้น [1] ดังนั้นจำนวนผู้สูงอายุที่ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิด และนอนติดเตียงจึงมีมากขึ้นตามไปด้วย จึงพอเห็นได้ว่าจำนวนผู้ที่ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิดจึงมีมากขึ้น ไม่ว่าจะด้วยผู้ป่วยติดเตียงที่ประสบอุบัติเหตุ เป็นโรควางอย่าง ผู้พิการ หรือผู้สูงอายุ ปัญหาหลักที่จะพบได้ในคนกลุ่มนี้คือ การเคลื่อนที่ด้วยตัวเองลำบาก และช่วยเหลือตัวเองได้ยาก ทำให้จำเป็นต้องรอการช่วยเหลือ หรือมีผู้ดูแลอย่างใกล้ชิดจากแพทย์ เจ้าหน้าที่ พยาบาล เพื่อน หรือญาติพี่น้อง เช่น การขอความช่วยเหลือในยามฉุกเฉิน การเปิด-ปิดอุปกรณ์ภายในห้องที่พัก เช่น เครื่องปรับอากาศ โทรทัศน์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น ทำให้ผู้ติดเตียงอาจรู้สึกว่าคุณเองเป็นภาระแก่ครอบครัว แต่หากผู้ป่วยติดเตียงสามารถทำอะไรด้วยตนเองได้บ้าง จะทำให้พวกเขารู้สึกว่าคุณเองมีคุณค่ามากขึ้น

ทางกลุ่มวิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการช่วยเหลือผู้ป่วยติดเตียง จึงได้พัฒนาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียง ในห้องอัจฉริยะนี้ผู้ติดเตียงจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องได้โดยไม่ต้องเคลื่อนที่ออกจากเตียง หรือขยับมือในการสัมผัสปุ่มเพื่อสั่งการควบคุม แต่จะใช้เพียงการออกเสียงซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกในการควบคุมและเป็นทางออกที่ดีสำหรับผู้ติดเตียงที่เคลื่อนไหวลำบาก โดยระบบจะสามารถรับรู้ด้วยคำพูดแบบง่ายๆ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะของเสียงคำพูด ได้แก่ อา อี อู เอ โอ และลักษณะตามจังหวะของเสียง เช่น เสียง ยาว-สั้น-ยาว เป็นต้น แล้วจะสั่งการเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยระบบดังกล่าวนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม LabVIEW ในการวิเคราะห์ ประมวลผล และส่งคำสั่งไปยังแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมรีเลย์ในการจ่ายกระแสไฟเข้าสู่อุปกรณ์ไฟฟ้า ได้แก่ หลอดไฟ และพัดลม และควบคุมตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดเพื่อสั่งการอุปกรณ์ ได้แก่ โทรทัศน์ และเครื่องปรับอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาความรู้ทางด้านกายภาพของสัญญาณเสียง
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์สัญญาณเสียง
- 1.2.3 เพื่อสร้างอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องอัจฉริยะ
- 1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมด้านเสียงในการสร้างอุปกรณ์ช่วยเหลือผู้ป่วย

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 สามารถนำซอฟต์แวร์ที่ได้ออกแบบไปใช้ วิเคราะห์เสียง อา อี อุ เอ โอ และวิเคราะห์เสียงแบบเป็นจังหวะ อย่างเช่น ออา-อา เป็นต้น
- 1.3.2 ซอฟต์แวร์ที่ออกแบบจะสามารถใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง เช่น เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ และพัดลม
- 1.3.3 สามารถช่วยให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกสบาย โดยเฉพาะผู้ป่วยสามารถเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยตัวเองได้ ทำให้รู้สึกตนเองมีคุณค่าขึ้น

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 พัฒนาซอฟต์แวร์ วิเคราะห์เสียง อา อี อุ เอ โอ โดยใช้โปรแกรม LabVIEW
- 1.4.2 พัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ เพื่อควบคุมการเปิดปิดของหลอดไฟ พัดลม และระบบการส่งสัญญาณอินฟราเรดสำหรับควบคุมเครื่องปรับอากาศภายในห้อง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.2 ทำการออกแบบซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์
- 1.5.3 ทดสอบการใช้งานของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์
- 1.5.4 แก้ไขและปรับปรุงซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์
- 1.5.5 ทดสอบการใช้งานของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ได้แก้ไข
- 1.5.6 ปรับปรุงแก้ไขวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้
- 1.5.7 จัดทำรูปเล่มปริญาานิพนธ์

1.7 งบประมาณที่ใช้

ค่าทำรูปเล่มรายงาน	1,000	บาท
ค่าถ่ายเอกสาร	300	บาท
ค่าฮาร์ดแวร์	1,000	บาท
ค่าซอฟต์แวร์	1,000	บาท
รวม	<u>3,300</u>	บาท



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเสียง

เสียงเกิดขึ้นจากการสั่นของสสาร [2] โดยส่วนใหญ่สสารซึ่งเป็นตัวกลางในการสั่นคืออากาศ ดังนั้นเมื่อเกิดการสั่นสะเทือนของวัตถุอย่างหนึ่ง ก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานไปยังอากาศ ทำให้อากาศเกิดการอัดและขยายตัวเป็นคลื่นในลักษณะเดียวกันกับการสั่นของวัตถุ การสั่นของสสารนั้นจะอยู่ในรูปคลื่นซึ่งเราเรียกว่า คลื่นเสียง (Sound Wave) โดยกระบวนการนี้ทำให้มนุษย์สามารถนำเสียงมาใช้ประโยชน์ ทั้งด้านการติดต่อสื่อสาร การแพทย์ และการสร้างความบันเทิง เป็นต้น

ในร่างกายของมนุษย์ หูเป็นอวัยวะสำคัญที่ใช้ในการรับเสียง ซึ่งภายในหูนั้นจะประกอบไปด้วยกระดูกค้อน ทั้ง และโกลน เมื่อคลื่นเสียงที่เข้ามาภายในหูจะทำให้กระดูกเหล่านี้เกิดการสั่นไหว ซึ่งการสั่นนี้จะแปรเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเคมีแล้วส่งสัญญาณนั้นไปยังสมอง โดยความถี่ของการสั่นที่มนุษย์สามารถได้ยินอยู่ที่ 20 - 20,000 Hz นอกจากอวัยวะในการรับเสียงแล้ว ร่างกายมนุษย์ยังมีอวัยวะในการออกเสียงที่สำคัญก็คือปากและลำคอ ซึ่งในการออกเสียงพูดของมนุษย์จะอาศัยอากาศที่ไหลผ่านเส้นเสียงที่กำลังสั่นอยู่ภายในลำคอ เป็นตัวกลางของคลื่นเสียงซึ่งถูกส่งออกไปทางช่องปาก

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งดังนั้นจึงสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ได้ โดยสมการของคลื่นสามารถเขียนอยู่ในรูปทั่วไปได้ดังนี้ (แสดงดังรูปที่ 2.1)

$$y = A \sin(kx - \omega t + \phi) \quad (2.1)$$

โดยที่ y คือ ระยะในแนวแกนตั้ง, m

A คือ แอมพลิจูดของคลื่น, m

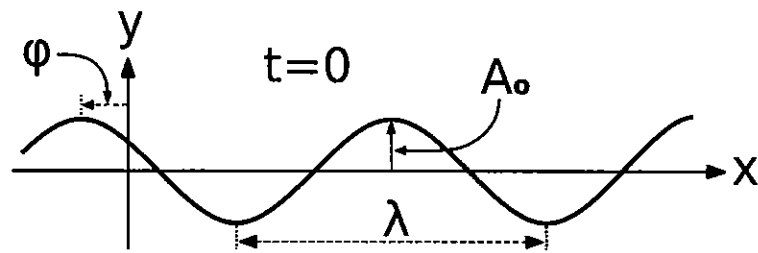
x คือ ระยะในแนวแกนนอน, m

ω คือ อัตราเร็วเชิงมุม, rad/s

t คือ เวลา, s

ϕ คือ เฟส (Phase)

k คือ เลขคลื่น



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ของคลื่นไซน์ [2]

จากสมการที่ 2.1 ทำให้เกิดลักษณะของเสียงซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ [3]

- 1) ความดังของเสียง (Loudness) เป็นพลังงานของเสียงที่ขึ้นอยู่กับค่าของแอมพลิจูด
- 2) คุณภาพของเสียง (Quality) เป็นสมบัติหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างของเสียงและเป็นลักษณะเด่นในแต่ละวัสดุ เช่นในการออกเสียงของคนและสัตว์ หรือเสียงของเครื่องดนตรีประเภทเดียวกันแต่ทำจากวัสดุคนละชนิด ก็จะมีเสียงที่แตกต่างกัน ซึ่งสมบัตินี้เกิดจากความถี่ที่ซ้อนกันหลายๆ ความถี่ ส่วนใหญ่จะเป็นความถี่ที่เป็นฮาร์โมนิกกัน
ฮาร์โมนิก คือ ความถี่ที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐาน (ความถี่หลัก) เช่น ฮาร์โมนิกที่ 4 ของความถี่ 200 Hz จะมีค่าเท่ากับ 800 Hz เป็นต้น
- 3) ระดับเสียง (Pitch) เป็นสมบัติที่เกิดจากความถี่ของเสียง จะบ่งบอกความความสูงต่ำของโน้ตเสียง เสียงที่มีความถี่ต่ำจะมีโน้ตต่ำและเสียงที่มีความถี่สูงจะมีโน้ตสูง

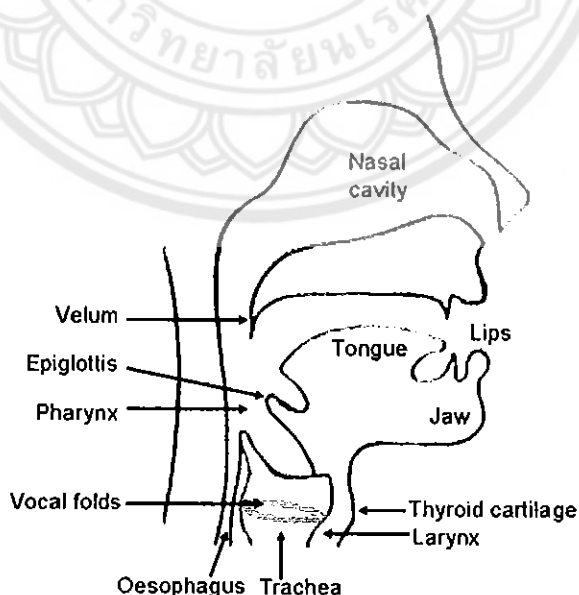
2.2 คลื่นเสียงในการพูดของมนุษย์

ในงานวิจัยของ Joe Wolfe, Mava Garnier และ John Smith ของกลุ่มการศึกษาคลื่นเสียงที่ University of New South Wales [4] ได้ศึกษาคลื่นเสียงในการพูดของมนุษย์ พบว่าเสียงพูดของมนุษย์นั้นมีลักษณะเฉพาะเจาะจงซึ่งเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงสองส่วน ส่วนแรกมาจากอวัยวะบริเวณลำคอ เช่น กล่องเสียง และหลอดลม ซึ่งส่วนนี้จะให้เสียงในหลายความถี่ที่แตกต่างกัน ส่วนที่สองคืออวัยวะภายในช่องปาก เช่น ลิ้น, ฟัน, ริมฝีปาก และลิ้นไก่ (แสดงดังรูปที่ 2.2) ซึ่งจะทำให้เสียงเกิดการปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา

ในการศึกษานี้ยังพบอีกว่าการพูดของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นการพูดในลักษณะใดก็ตาม เสียงพูดนั้นจะเกิดขึ้นด้วยอากาศที่ออกจากปอดผ่านระหว่างเส้นเสียงภายในกล่องเสียง ซึ่งสามารถอธิบายการเกิดในแต่ละลักษณะได้ดังนี้

เสียงพูด เกิดจากเส้นเสียงที่สั่นทำให้อากาศที่ไหลผ่านเกิดเป็นคลื่นเสียงขึ้น การออกเสียงแบบนี้ลำคอจะเกิดการสั่นซึ่งสามารถรู้สึกได้ ซึ่งการสั่นจากเสียงพูดจะมีคลื่นเสียงซึ่งบรรจุชุดความถี่ที่มีความสัมพันธ์กันเรียกว่า “ฮาร์โมนิก”

เสียงกระซิบ จะไม่มีการสั่นของเส้นเสียง การกระซิบข้างค่อนจะก่อให้เกิดการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน แรงลมนี้จึงเป็นลักษณะเด่นของกระซิบ ในกรณีนี้จะเกิดการผสมของความถี่จำนวนมากซึ่งเรียกว่า “Broad Band Sound”



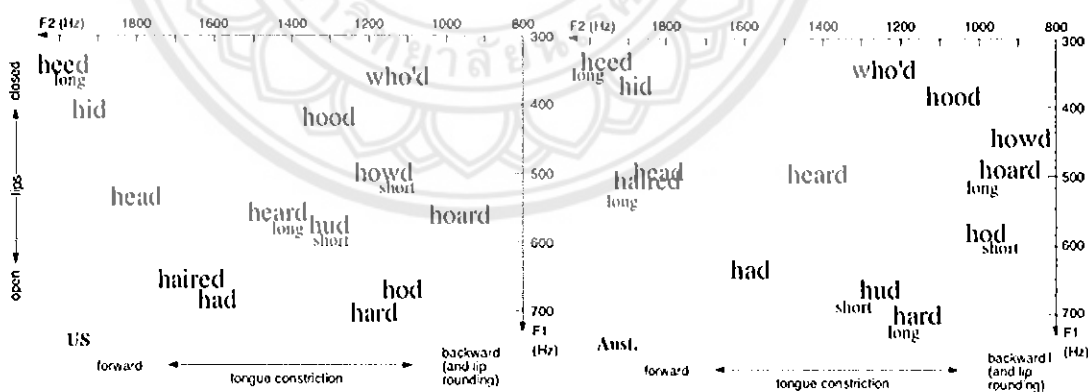
รูปที่ 2.2 ส่วนของอวัยวะต่าง ๆ ภายในช่องปากและลำคอ [4]

ในการออกเสียงบางคำอย่างเช่น 'fuss' ตัว 'f' จะเกิดการไหลของอากาศแบบปั่นป่วนผ่านระหว่างฟันและริมฝีปาก ส่วน 'ss' จะเกิดระหว่างลิ้นและเพดานปาก ทั้งสองอย่างนี้จะมีเสียงที่ไม่ได้เกิดจากการสั่น ส่วนเสียงที่เกิดจากการสั่นบางเสียง จะมีความปั่นป่วนค่อนข้างน้อย เช่น 'v' และ 'z' ใน 'viz' หรือ 'b' และ 'd' ใน 'bid' (แสดงในตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการออกเสียงที่มีการสั่นสะเทือนของเส้นเสียงและไม่มี การสั่นสะเทือน [4]

	Vowels	Fricatives	Plosives
Voiced	normal vowels	z j v	b d g
Unvoiced	whispered vowels	ss sh f	p t k

ในภาษาส่วนใหญ่ สระในภาษาอังกฤษจะถูกกำหนดโดยวิธีการเปิดปากและการหดตัวของลิ้น ทางกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการสำรวจการได้ยินโดยสังเคราะห์คำพูดที่มีพยัญชนะเฮซ (H) จากความถี่สองค่า แล้วให้ผู้ตอบแบบสำรวจการจากสหรัฐอเมริกา (ด้านซ้ายของรูป) และออสเตรเลีย (ด้านขวาของรูป) ระบุว่าเป็นการออกเสียงสระอะไร โดยร้อยละ 75 ของความเห็นที่ตรงกันในแต่ละคำ จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 โดยแสดงแกนนอนเป็นความถี่ที่หนึ่ง แล้วแกนตั้งเป็นความถี่ที่สอง (แสดงดังรูปที่ 2.3)



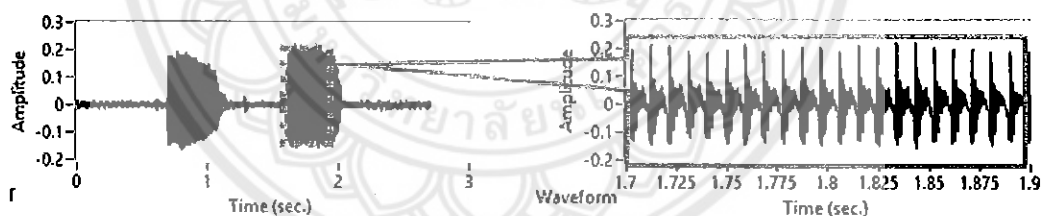
รูปที่ 2.3 คำต่าง ๆ ที่ได้รับการลงความคิดเห็นมากกว่าร้อยละ 75 ตามความถี่ในการสังเคราะห์ [4]

ซึ่งต่อมาได้มีการทดลองการออกเสียงพยัญชนะและตัวสะกด ก็พบว่าเมื่อออกเสียงดังกล่าว จะเกิดความถี่หลักสามค่าในลักษณะเดิม โดยความถี่หลักค่าแรกจะเกิดจากการออกเสียงและเกิดการสั่นของลำคอ ความถี่หลักที่สองจะเกิดจากเสียงในช่องปาก และความถี่หลักที่สามจะเกิดจากบริเวณโพรงจมูก ดังนั้นจากลักษณะเด่นดังกล่าวก็สามารถแยกเสียงคำพูดได้ระดับหนึ่ง

2.3 หลักการแบ่งช่วงข้อมูล (Windowing)

เนื่องจากลักษณะของสัญญาณเสียงที่แตกต่างกันออกไปและมีปัจจัยขึ้นอยู่กับเวลา การนำสัญญาณเสียงมาวิเคราะห์ในช่วงเวลาที่กว้างจะทำให้เห็นความละเอียดและความชัดเจนน้อย เนื่องจากด้วยการวิเคราะห์แบบการแปลงฟูเรียร์ ซึ่งจะแปลงสัญญาณจากโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ ทำให้บางครั้งสัญญาณเสียงที่ได้นั้นอาจจะมีแอมพลิจูด (ความดัง) ที่เด่นขึ้นมาในบางช่วงของสัญญาณ หรือในกรณีที่แหล่งกำเนิดสัญญาณให้ความถี่เด่นค่าหนึ่งแต่เมื่อเวลาผ่านไปให้ความถี่เด่นอีกค่าหนึ่งที่ใกล้เคียงกัน เช่น การออกเสียงของมนุษย์ที่เมื่อออกเสียงระยะหนึ่งก็จะมีเสียงที่ค่อยๆ เบาลงลงเล็กน้อย เป็นต้น เมื่อนำสัญญาณเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์จะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าความถี่ที่แสดงจากการวิเคราะห์นั้นอยู่ในวินาทีที่เท่าไรของสัญญาณหรืออาจจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันเด่นขึ้นมา ทำให้ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณความถี่ที่เด่นรองลงมาได้ ดังนั้นการแบ่งข้อมูลสัญญาณเสียงจำนวนมากให้มีขนาดน้อยลง หรือเรียกว่า “Windowing” จะช่วยให้การวิเคราะห์เชิงความถี่เห็นความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

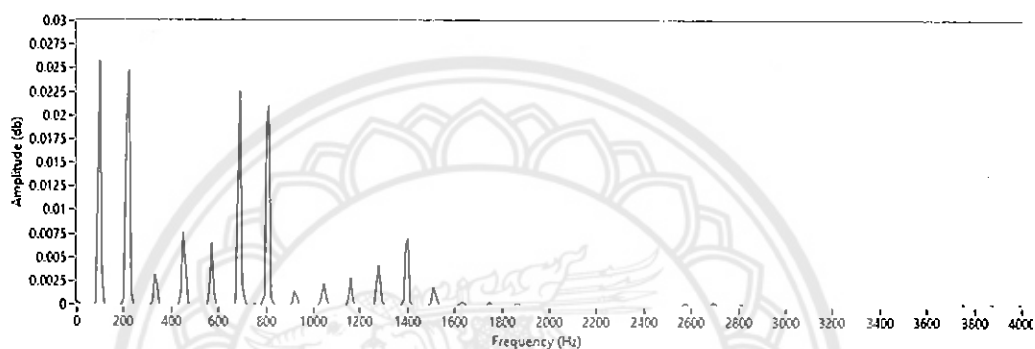
รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการแบ่งข้อมูลของเสียง อา-อา แถบสีน้ำเงินของกราฟในรูปแบบด้านซ้ายแสดงข้อมูลจำนวนมากของข้อมูลเริ่มต้น เมื่อถูกนำมาแบ่งข้อมูลแล้วข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะเหมือนดังรูปทางด้านขวา



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการแบ่งข้อมูลส่วนที่มีเสียง

2.4 หลักการวิเคราะห์สัญญาณเสียงเชิงเวลา-ความถี่ (Spectrum)

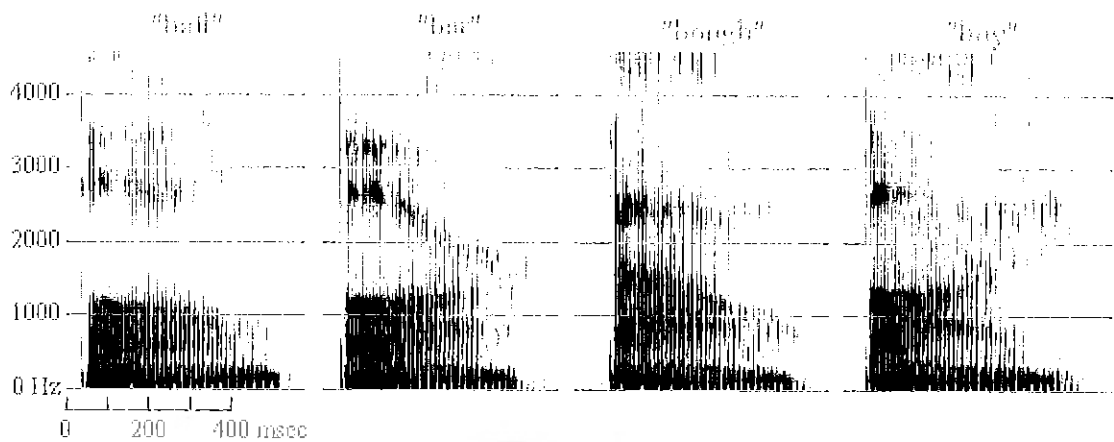
การแปลงฟูรีเยร์ (Fourier Transform, FT) เป็นการวิเคราะห์สัญญาณเสียง โดยมีแนวคิดพื้นฐานที่ว่าสัญญาณใดๆ โดยปกติแล้วจะสามารถแยกองค์ประกอบออกเป็นกลุ่มของกราฟรูปไซน์หลายๆ ความถี่ที่แตกต่างกันได้ แล้วนำมาจัดเรียงให้อยู่ในรูปของสเปกตรัมความถี่ ดังนั้นการแปลงฟูรีเยร์ของสัญญาณใดๆ จะได้ความถี่ทั้งหมดของสัญญาณนั้นซึ่งสามารถนำมาวาดเป็นกราฟเชิงความถี่ โดยที่แกนนอนเป็นความถี่และแกนตั้งเป็นแอมพลิจูด (แสดงดังรูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 สเปกตรัมแสดงค่าแอมพลิจูดต่อความถี่ของเสียงจากโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง

การแปลงฟูรีเยร์เป็นการวิเคราะห์เชิงความถี่ของสัญญาณที่คงที่ (Stationary Signal) ขณะที่สัญญาณส่วนใหญ่ที่พบในชีวิตประจำวันเป็นสัญญาณที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาสัญญาณเชิงเวลาและเชิงความถี่มาใช้งานร่วมกัน ทำให้เห็นการแสดงผลได้อย่างต่อเนื่องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น ทั้งเวลา ความถี่ และแอมพลิจูด ซึ่งกราฟที่ได้แสดงผลขององค์ประกอบทั้งสามอย่างเรียกว่า “สเปกโตรแกรม” (Spectrogram)

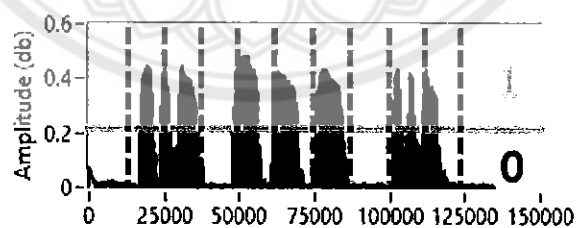
โดยรูปที่ 2.6 ได้แสดงตัวอย่างสเปกโตรแกรมของคำว่า ball, bar, bough และ buy โดยแกนนอนเป็นเวลา แกนตั้งเป็นค่าความถี่ของสัญญาณเสียง และแถบสีเข้มจะแสดงถึงค่าแอมพลิจูดที่มีค่ามาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งสี่คำนั้นมีสเปกโตรแกรมที่แตกต่างกันแม้ว่าทั้งสี่คำจะออกเสียงคล้าย ๆ กัน



รูปที่ 2.6 สเปกโตรแกรม (Spectrogram) [5]

2.5 หลักการเข้ารหัสด้วยการแบ่งจังหวะของเสียง

การเปรียบเทียบข้อมูลในทางคอมพิวเตอร์สามารถทำได้หลายวิธี ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบในกลุ่มย่อย เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่มีจำนวนมากดังนั้นจึงได้ทำการแบ่งข้อมูลให้มีขนาดน้อยลงโดยจัดเป็นกลุ่ม ๆ เท่า ๆ กัน ข้อมูลในแต่ละกลุ่มจะนำมาบวกกันทางคณิตศาสตร์แล้วเทียบข้อมูลแต่ละกลุ่มกับเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ ถ้าหากมีค่ามากกว่าที่กำหนดก็จะกำหนดรหัสเป็น 1 และถ้าน้อยกว่าจะกำหนดรหัสเป็น 0 ด้วยวิธีการนี้จะได้ตัวเลขตามจำนวนกลุ่มที่ได้แบ่งไว้ เมื่อนำมาเรียงกันแล้วจะได้เป็นรหัส รหัสนี้จะใช้ในการเปรียบเทียบกันและสามารถบ่งบอกในเชิงปริมาณได้ (แสดงดังรูปที่ 2.7)



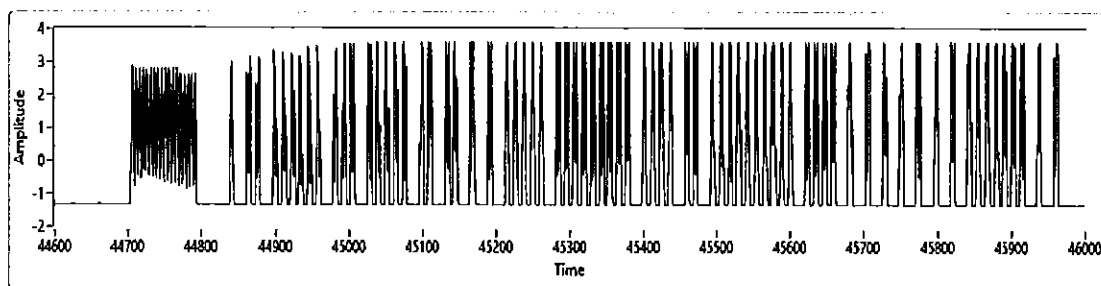
รูปที่ 2.7 หลักการเข้ารหัสด้วยการแบ่งจังหวะ

2.6 หลักการส่งสัญญาณด้วยรังสีอินฟราเรด

รังสีอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประเภทหนึ่ง ซึ่งมีความถี่อยู่ในช่วง $10^{11} - 10^{14}$ Hz โดยเป็นรังสีที่แสงสีแดงซึ่งตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้หรือที่เรียกว่า “รังสีความร้อน” เนื่องจากสสารที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ -200 ถึง 4000 °C จะให้รังสีอินฟราเรดออกมาจากวัตถุ ซึ่งยิ่งมีความร้อนมากก็จะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมามาก แม้แต่ในสิ่งมีชีวิตก็ยังสามารถแผ่รังสีอินฟราเรดได้ ในธรรมชาติความเข้มของแสงแดดเพียง 1 kW/m^2 ที่ระดับน้ำทะเล จะพบรังสีอัลตราไวโอเล็ต 32 W แสงที่สามารถมองเห็น 445 W และเป็นรังสีอินฟราเรด 527 W อีกทั้งสมบัติของรังสีอินฟราเรดก็คือไม่เบี่ยงเบนในสุญญากาศ จึงเหมาะสมกับการนำมาใช้งาน เช่น การส่งสัญญาณข้อมูล เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ เป็นต้น ดังนั้นจึงเห็นได้ว่ารังสีอินฟราเรดถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยในการส่งสัญญาณแบบอินฟราเรด ตัวส่งสัญญาณจะสร้างคลื่นอินฟราเรดและตัวรับสัญญาณจะคอยทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรดที่ได้และแปลค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า [6]

อุปกรณ์ในการสร้างสัญญาณอินฟราเรดมีหลายประเภท ในงานวิจัยนี้ได้นำหลอดอินฟราเรดแบบ LED มาใช้ ซึ่งหลอดนี้จะสร้างสัญญาณตามกระแสไฟฟ้าที่วิ่งผ่าน ดังนั้นหากจ่ายสัญญาณเป็นไฟฟ้ากระแสตรงก็จะทำให้หลอดปล่อยอินฟราเรดออกมาตามกระแสที่ไหลเข้ามา และถ้าหากจ่ายสัญญาณแบบดิจิตอลก็จะทำให้หลอดเกิดการกระพริบตามสัญญาณนั้นซึ่งจะสามารถส่งข้อมูลออกไปได้ผ่านทางสัญญาณอินฟราเรด

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนหลายยี่ห้อ ใช้การควบคุมจากตัวควบคุมทางไกลหรือ “รีโมท” โดยรีโมทจะส่งรหัสผ่านทางสัญญาณอินฟราเรดไปยังตัวรับสัญญาณของเครื่องปรับอากาศ หากวัดสัญญาณจากรีโมทของเครื่องปรับอากาศโดยวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากวงจรตัวรับสัญญาณอินฟราเรดด้วยโมดูลของอุปกรณ์ NI myDAQ (แสดงดังรูปที่ 2.8) จะได้กราฟความต่างศักย์ไฟฟ้าต่อเวลา ตามรูปที่ 2.7 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียง 0.1 Volt จะถือได้ว่ามีารรับสัญญาณอินฟราเรดและจะกำหนดให้เป็น 1 ส่วนที่ไม่มีการรับสัญญาณจะกำหนดค่าให้เป็น 0 ด้วยการกำหนดเช่นนี้จะได้รับรหัสซึ่งเป็นเลขฐานสอง



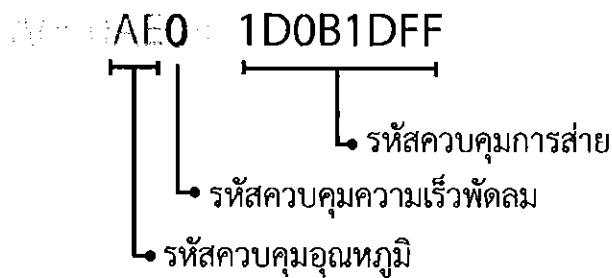
รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณอินฟราเรดควบคุมอุณหภูมิซึ่งได้จากรีโมทเครื่องปรับอากาศ Saijo Denki รุ่น IR-LCD9

การส่งสัญญาณของรีโมทเครื่องปรับอากาศจะมีลักษณะคล้ายกัน โดยช่วงแรกของการปล่อยอินฟราเรดนั้นจะมีระยะเวลาสั้นเพื่อเป็นการแจ้งเปิดการรับข้อมูลของตัวรับสัญญาณอินฟราเรด แล้วจะหยุดปล่อยอินฟราเรดเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อปกป้องไม่ให้สัญญาณการแจ้งเปิดกับสัญญาณคำสั่งในการควบคุมที่ส่งตามมาปนกัน โดยระยะเวลาในการปล่อยอินฟราเรดของรีโมทแต่ละยี่ห้อจะมีช่วงเวลาไม่เท่ากัน ซึ่งในแต่ละช่วงเวลาจะถูกกำหนดไว้เพื่อใช้แทนรหัสคำสั่ง (แสดงตามตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสคำสั่งกับช่วงเวลาการปล่อยอินฟราเรดและช่วงว่างของสัญญาณของรีโมท Saijo Denki รุ่น IR-LCD9

รหัส	ช่วงเวลา (ไมโครวินาที)
แจ้งเปิดการรับสัญญาณ	8950
ช่วงเว้นว่างหลังการแจ้งเปิด	4500
ช่วงเว้นว่างก่อนการส่งรหัส	650
1	1650
0	500

สำหรับรีโมทบางยี่ห้อหรือรีโมทโทรทัศน์ที่จะส่งรหัสเพื่อใช้ควบคุมเพียงตัวแปรอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น หากกดปุ่มเลือกช่องบนรีโมทโทรทัศน์ รหัสที่ได้จากสัญญาณจะเป็นเพียงตัวเลขของช่องที่ต้องการจะเลือกเท่านั้น แต่สำหรับรีโมท Saijo Denki จะส่งสัญญาณคำสั่งทั้งหมดที่มีการตั้งค่าไว้บนหน้าจอของรีโมท รหัสที่ได้จึงมีจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องแปลงรหัสซึ่งเลขฐานสองให้อยู่บนเลขฐานสิบหกก็จะช่วยลดจำนวนตัวเลขลง ทำให้สามารถระบุตำแหน่งของตัวเลขที่ใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิ ความเร็วพัดลม ตำแหน่งการส่าย ฯลฯ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งรูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งของข้อมูลบนรหัสของรีโมท Saijo Denki รุ่น IR-LCD9



รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งของรหัสที่ใช้ในการควบคุมเครื่องปรับอากาศ

2.7 K – Nearest Neighbor Classification

K – Nearest Neighbor Classification (KNN) [7] คือกระบวนการจำแนกข้อมูลที่น่ามาทดสอบว่าอยู่ในกลุ่มใด โดยตั้งเงื่อนไขจากสมบัติหรือลักษณะเฉพาะบางอย่าง (Attribute) ของข้อมูลนั้นเพื่อนำลักษณะเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับลักษณะของข้อมูลที่มีการบันทึกไว้แล้ว ซึ่งค่าจากการเปรียบเทียบจะถูกนำมาเรียงลำดับความแตกต่างกันจากน้อยไปมาก โดยความแตกต่างที่น้อยที่สุดจำนวน K ค่าแรก จะใช้ระบุว่าข้อมูลทดสอบนั้นมีความใกล้เคียงกับกลุ่มในมากที่สุด

เทคนิค KNN ประกอบด้วยกระบวนการหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุเงื่อนไขหรือลักษณะเฉพาะที่ต้องการจัดกลุ่มหรือเปรียบเทียบ การคำนวณหาค่าระยะห่าง (ค่าความแตกต่าง) และการระบุกลุ่มข้อมูลจากข้อมูลจำนวน K ค่า

การระบุเงื่อนไขจากสมบัติหรือลักษณะเฉพาะที่ต้องการจัดกลุ่ม ข้อมูลเหล่านั้นต้องสามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้และเลือกควรมิติหรือลักษณะที่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน เพื่อให้ได้การจำแนกที่ถูกต้อง

การหาความแตกต่างของข้อมูล คือการหาความแตกต่างระหว่างลักษณะเฉพาะของข้อมูลทดสอบกับข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ค่าความแตกต่างของสมบัติหรือลักษณะเฉพาะประเภทเดียวกันที่สามารถคำนวณได้นั้นถูกเรียกว่า “ระยะห่าง (Distance)” โดยสมบัติของระยะห่างนั้นจะประกอบด้วย

1. เมื่อข้อมูลทดสอบกับข้อมูลที่มีอยู่นั้นเป็นข้อมูลเดียวกัน ระยะห่างที่ได้ต้องเท่ากับศูนย์
2. ค่าระยะห่างจะต้องไม่ติดลบ

ในการหาระยะห่างนั้นสามารถหาได้หลายวิธี ได้แก่

- การหาค่าสมบูรณ์ของผลต่าง

$$\text{Distance}_i = |F_t - F_{db,i}| \quad (2.2)$$

- การหาค่ากำลังสองของผลต่าง

$$\text{Distance}_i = (F_t - F_{db,i})^2 \quad (2.3)$$

- Normalized Absolute Value

$$\text{Distance}_i = \frac{|F_t - F_{db,i}|}{(F_t - F_{db,i})_{\max}} \quad (2.4)$$

- การปรับให้เป็นค่ามาตรฐาน

$$\text{Distance}_i = \frac{\left| \frac{F_t - \bar{F}_{db}}{SD - (F_{db,i} - \bar{F}_{db})} \right|}{SD} \quad (2.5)$$

โดยที่ F_t คือ ข้อมูลทดสอบที่ต้องการจัดกลุ่ม

$F_{db,i}$ คือ ข้อมูล i ใด ๆ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่บันทึกไว้

\bar{F}_{db} คือ ค่าเฉลี่ยของฐานข้อมูล

Distance_i คือ ระยะห่างของข้อมูลทดสอบกับข้อมูลตัวที่ i ของฐานข้อมูลที่บันทึกไว้

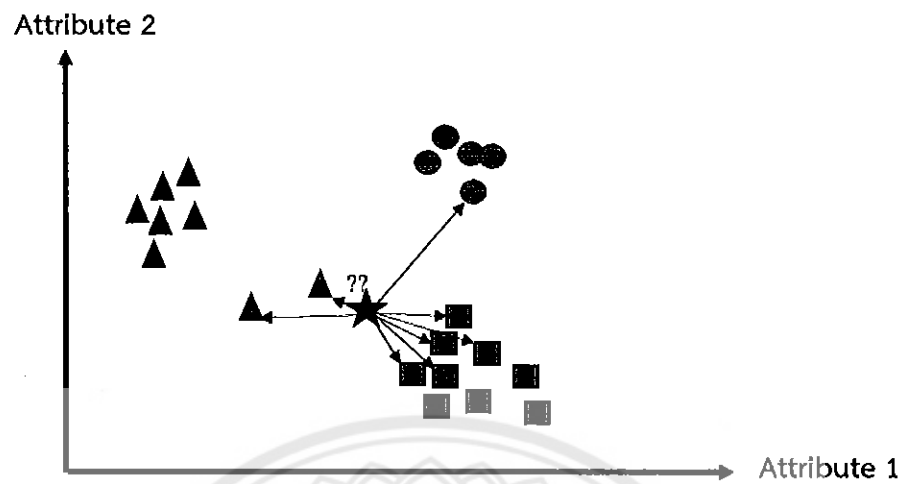
SD คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่บันทึกไว้

ในบางกรณีการจำแนกกลุ่มข้อมูลอาจไม่สามารถหาความแตกต่างได้ด้วยสมบัติหรือลักษณะเฉพาะเพียงแค่อันเดียว จึงจำเป็นต้องใช้สมบัติหรือลักษณะเฉพาะมากกว่าหนึ่งมิติ

ค่าระยะห่างที่เกิดในหลายมิติจะถูกนำมารวมกันก่อนจากเรียงลำดับข้อมูล ซึ่งการรวมค่าระยะห่างของข้อมูลคู่หนึ่งในหลายมิติสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

- Manhattan distance or summation เป็นการนำค่าระยะห่างในทุกมิติมารวมกัน
- Normalized summation เป็นการนำค่าระยะห่างในทุกมิติมารวมกันแล้วหารด้วยค่าระยะห่างที่มีค่ามากที่สุด
- Euclidean distance เป็นการหารากที่สอง (Square root) ของระยะห่างในทุกมิติแล้วนำมารวมกัน ซึ่งวิธีนี้จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับการหาขนาดเวกเตอร์ลัพธ์

ส่วนสุดท้ายคือการระบุข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกันจำนวนข้อมูลมากที่สุด โดยการนำข้อมูลมาเรียงลำดับด้วยค่าระยะห่างจากน้อยไปมาก เลือกข้อมูลจำนวน K ค่าแรก (ค่า K จะถูกกำหนดตามความเหมาะสม) แล้วนับจำนวนข้อมูลซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่มีจำนวนมากที่สุด ซึ่งสามารถระบุได้ว่าข้อมูลทดสอบนั้นจัดอยู่ในกลุ่มข้อมูลใด (แสดงดังรูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 แสดงระยะห่างของข้อมูลทดสอบกับข้อมูลที่มีอยู่โดยใช้ลักษณะเฉพาะที่ 1 และ 2

รูปที่ 2.10 ได้แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบกับกลุ่มข้อมูลที่มีอยู่ โดยใช้ลักษณะเฉพาะสองด้าน จากรูปจะสังเกตได้ว่าข้อมูลทดสอบมีความใกล้เคียงกับข้อมูลสามเหลี่ยมมากกว่าข้อมูลสี่เหลี่ยม แต่เมื่อเลือกข้อมูลที่ใกล้ที่สุด 8 ค่า จะพบว่าข้อมูลสี่เหลี่ยมมีจำนวนมากที่สุด จึงระบุได้ว่าข้อมูลทดสอบนั้นควรจัดอยู่ในกลุ่มข้อมูลสี่เหลี่ยมเนื่องด้วยลักษณะเฉพาะที่ 1 และ 2 ที่ค่า $K = 8$

2.8 วรรณกรรมปริทรรศน์

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาระบบวิเคราะห์สัญญาณเสียงนั้นเป็นที่น่าสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากลักษณะเด่นทางกายภาพบางอย่างของเสียง และความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งาน จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและนำมาประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ

ในปี 2551 นลินี ชนะมุล และเบญญาดา อุณหเลขจิตร์ [8] ได้ทำการออกแบบซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์การออกเสียงภาษาไทยด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงพูด โดยสร้างซอฟต์แวร์ด้วยภาษาปาสคาล โดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะตรวจสอบความถูกต้องของการออกเสียงและประเมินการออกเสียงด้วยตัวเองสำหรับผู้ที่มีออกเสียงภาษาไทย ไม่ว่าจะเป็นเด็กหรือชาวต่างชาติ เสียงที่จะใช้ในการวิเคราะห์มาจากกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 7 - 12 ปี และ 20 - 25 ปี โดยพูดผ่านทางไมโครโฟนเพื่อนำเสียงเข้าสู่ระบบในรูปของสัญญาณเสียง แล้ววิเคราะห์สัญญาณด้วยกระบวนการเบื้องต้นดังต่อไปนี้

1. การทำค่าเฉลี่ยให้เป็นศูนย์

เนื่องจากเสียงของแต่ละคนนั้นมีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน เมื่อนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย อาจจะได้ค่าเป็นค่าทางบวกหรือค่าทางลบ แต่เมื่อนำข้อมูลมาปรับโดยการเพิ่มหรือลดด้วยค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ในตอนต้น จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมีค่าเป็นศูนย์ซึ่งจะทำให้การประมวลผลอยู่บนฐานเดียวกัน

2. การทำรูปแบบมาตรฐาน (Normalization)

เพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบข้อมูลได้ง่ายขึ้นกระบวนการประมวลผลให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน จะปรับแอมพลิจูดของสัญญาณให้อยู่ในสเกลหนึ่งหน่วย ซึ่งจะทำให้สัญญาณเสียงมีค่าแอมพลิจูดอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 หน่วย (แสดงดังรูปที่ 2.11)

3. การกำหนดความยาวข้อมูล

ในแต่ละการบันทึกเสียงจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมีการกำหนดความยาวของสัญญาณให้มีขนาดเท่ากัน โดยในการศึกษานี้พบว่าการทดลองออกเสียงคำพูดแต่ละคำในแต่ละครั้ง จะใช้เวลาในการพูดไม่เกิน 1.5 วินาที เพื่อให้ครอบคลุมในการวิเคราะห์จึงกำหนดให้ทุกสัญญาณมีข้อมูลเท่ากับข้อมูลในเวลา 1.5 วินาที ซึ่งจะประกอบไปด้วยการบันทึกค่าแอมพลิจูดเป็นจำนวนทั้งหมดอยู่ 2^{16} หรือ 65,536 ข้อมูล สัญญาณที่มีการบันทึกข้อมูลเกินจะถูกตัดทิ้ง ส่วนสัญญาณที่มีข้อมูลไม่ถึงจะทำการเพิ่มค่าศูนย์เข้าไปให้ครบตามจำนวน

4. การหาค่าพลังงาน

เมื่อข้อมูลที่ได้มีลักษณะในขอบเขตเดียวกันแล้วจึงนำมาหาค่าพลังงานโดยการยกกำลังสองของค่าแอมพลิจูด

5. การหาส่วนเบี่ยงเบนด้วยวิธีแบ่งหน้าต่าง

เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมากถึง 2^{16} ข้อมูล ดังนั้นจึงทำการลดขนาดของข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ซึ่งจะใช้วิธีการแบ่งหน้าต่าง (Windowing) โดยให้แต่ละหน้าต่างมีข้อมูล 256 ค่า ดังนั้นจะสามารถแบ่งได้ 256 ($65,536/256$) หน้าต่าง แล้วทำการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละหน้าต่าง จะได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมด 256 ค่า และมีแนวโน้มตามข้อมูลก่อนหน้าเพียงแต่ขนาดลดลง (แสดงดังรูปที่ 2.12)

6. การกำหนดค่าตัดสិនใจ

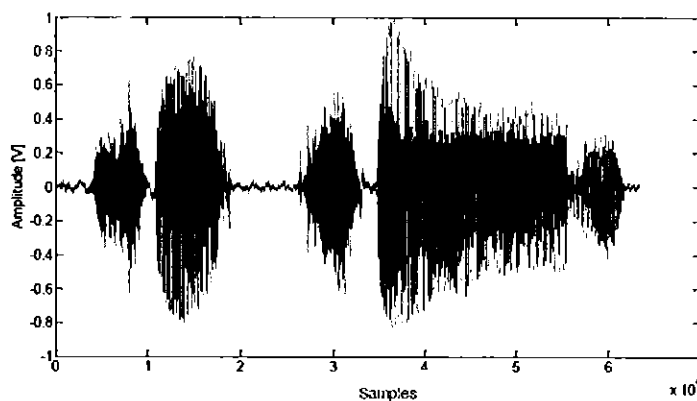
การกำหนดค่าแอมพลิจูดในการตัดสិនใจเป็นการระบุข้อมูลที่มีเสียงเกิดขึ้นและข้อมูลที่ไม่มีเสียงเกิดขึ้นหรือมีสัญญาณรบกวนให้แยกออกจากกันอย่างชัดเจน โดยกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนจะมีค่าการตัดสិនใจไม่เท่ากัน จากงานวิจัยอ้างว่าช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดค่าตัดสិនใจคือ 0.001 - 0.1

7. การแยกส่วนที่เป็นเสียง

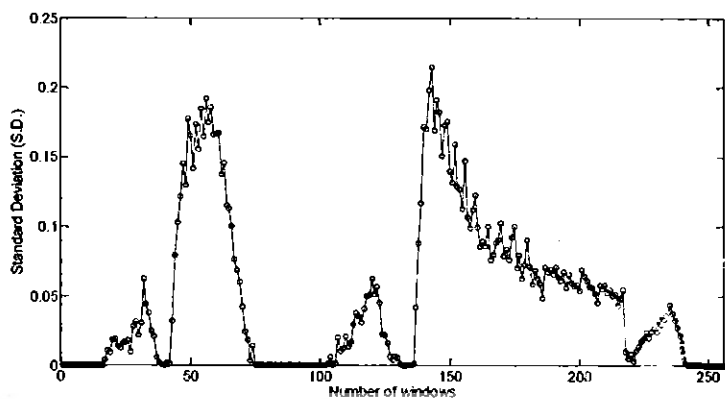
จากการกำหนดค่าตัดสិនใจ ข้อมูลที่เกินค่าตัดสិនใจจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 1 และข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าค่าตัดสិនใจจะกำหนดให้เป็น 0 (ตามรูปที่ 2) ซึ่งสามารถระบุได้ว่าส่วนที่มีค่าเป็น 1 คือส่วนที่มีเสียงเกิดขึ้นและส่วนที่มีค่าเป็น 0 คือส่วนที่ไม่มีเสียงเกิดขึ้นหรืออาจจะมีสัญญาณรบกวน

จากข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการวิเคราะห์สัญญาณเบื้องต้นแล้ว จะนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะเด่น

ต่อไป



รูปที่ 2.11 กราฟหลังผ่านขั้นตอนการทำรูปแบบบรรทัดฐาน (Normalization) [8]



รูปที่ 2.12 ข้อมูลที่ผ่านการแบ่งวินโดว์และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนแล้ว [8]

ในวิเคราะห์คุณลักษณะเด่นมีด้วยกันสองวิธีคือ การหาค่าการตัดผ่านศูนย์ (Zero-Crossing Rate, ZCR) และการหาช่วงเวลาของแต่ละช่วงสัญญาณ (Time Duration) ซึ่งค่าพารามิเตอร์ทั้งสองนี้จะถูกนำไปใช้เป็นแม่แบบในการเปรียบเทียบเพื่อแบ่งเกรด

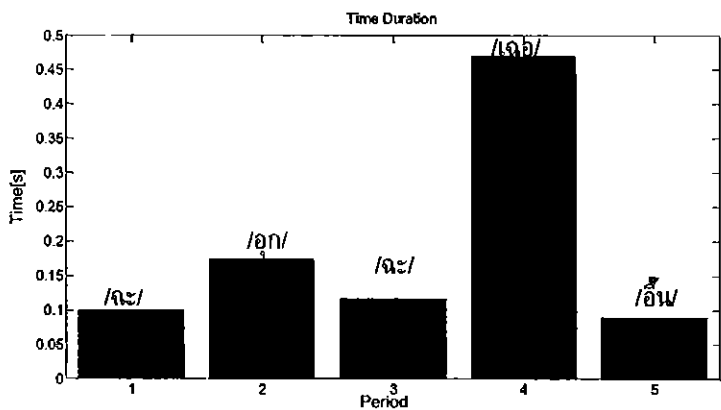
การหาช่วงเวลาของแต่ละช่วงสัญญาณ (Time Duration) จะทำโดยการนับจำนวนข้อมูลในช่วงที่มีการเกิดเสียงและนำมาหารด้วยอัตราการสุ่มข้อมูลซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดเป็น 44,100 Hz ซึ่งจะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_D = \frac{x_{f,n} - x_{i,n}}{f_s} \quad \text{โดยที่ } n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.6)$$

โดยที่ x_i คือ ตำแหน่งของข้อมูลที่มีเสียงเกิดขึ้น

x_f คือ ตำแหน่งของข้อมูลที่ไม่เกิดเสียง

ดังนั้นจะได้เวลาของแต่ละช่วงที่มีการเกิดเสียง (แสดงดังรูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13 การประมวลผลช่วงเวลา [8]

ส่วนในการวิเคราะห์การหาค่าตัดผ่านศูนย์ (ZCR) จะสามารถหาค่าได้ตามสมการต่อไปนี้

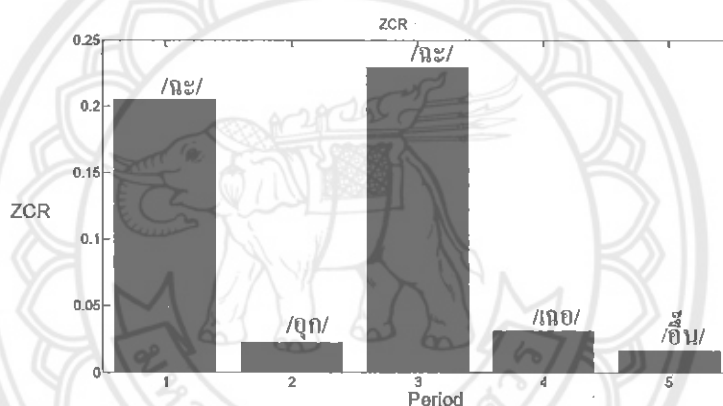
$$ZCR = \sum_{t=0}^{W-1} I\{A\} \quad \text{โดยที่ } A \text{ เป็นค่าความจริงของ } s_t s_{t-1} < 0 \quad (2.7)$$

$$I\{A\} = \begin{cases} 1 \leftrightarrow A \equiv \text{True} \\ 0 \leftrightarrow A \equiv \text{False} \end{cases} \quad (2.8)$$

โดยที่ S คือ สัญญาณเสียงที่ผ่านการประมวลผลเบื้องต้นแล้ว

W คือ จำนวนหน้าต่าง (จากรูปที่ 2.12 ซึ่ง W มีค่าเท่ากับ 256)

$I\{A\}$ คือ ค่าฟังก์ชันของค่าความจริง A โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อ A เป็นจริง และมีค่าเป็น 0 เมื่อ A เป็นเท็จ

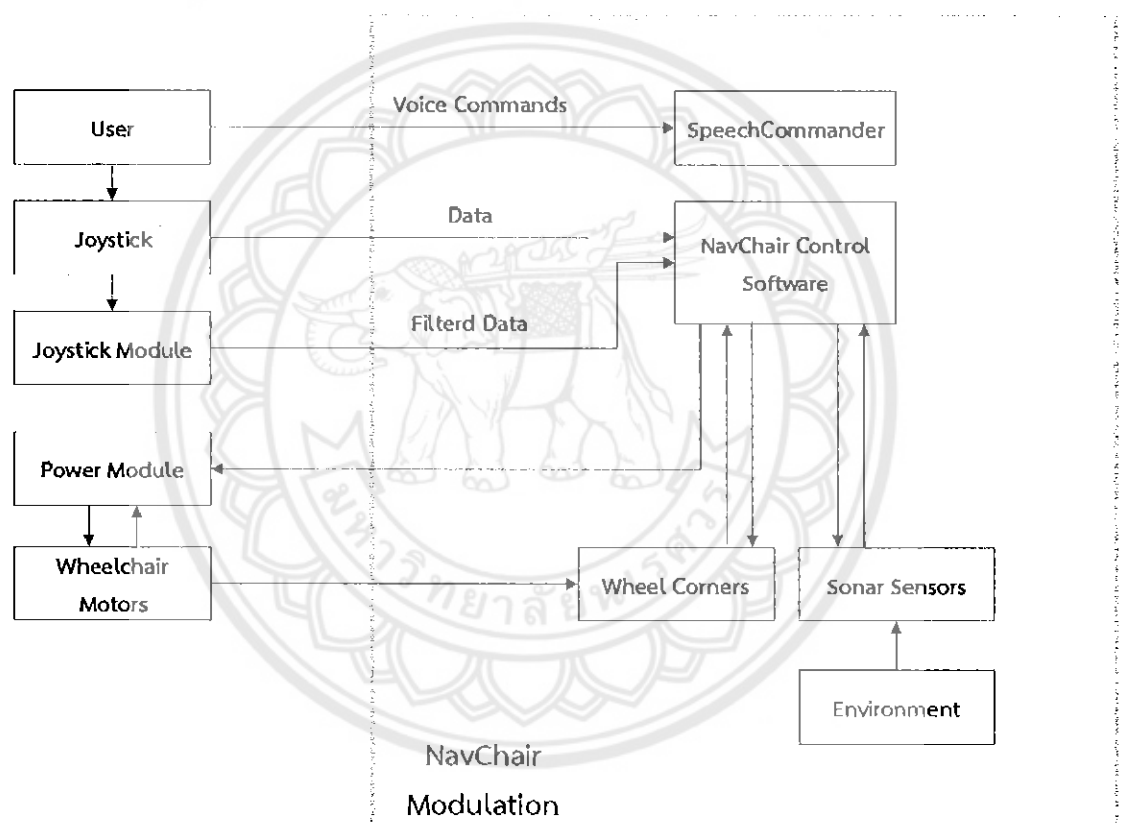


รูปที่ 2.14 อัตราการตัดผ่านศูนย์ของหน่วยเสียงย่อยคำว่า “ลูกเงิน” [8]

รูปที่ 2.14 เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์คำว่า “ลูกเงิน” ด้วยวิธีการตัดผ่านศูนย์ ซึ่งจะพบว่าในแต่ละส่วนของเสียงจะมีค่าการตัดผ่านศูนย์แตกต่างกันออกไป

ข้อมูลจากการวิเคราะห์ลักษณะเด่นของสัญญาณทั้งสองแบบจะนำมากระทำด้วยวิธีทางตรรกศาสตร์กับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เบื้องต้น ซึ่งจะได้ข้อมูลสำหรับใช้ในการเปรียบเทียบกับเสียงแม่แบบ และจะประมวลผลหาความเหมือนกันของข้อมูลเสียงทั้งสองเพื่อแบ่งเกรด

Richard C. Simpson และ Simon P. Levine [9] ได้นำการวิเคราะห์สัญญาณเสียงมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมด้วยเสียงของรถเข็นไฟฟ้า ซึ่งจะนำระบบตัวช่วยในการนำทางที่มีชื่อว่า “NavChair” ติดเข้ากับรถเข็นไฟฟ้าซึ่งมีพื้นฐานมาจากรถเข็นไฟฟ้าของ Everest และ Jennings 1 Lancer [10] เสริมเข้ากับ IBM 33-MHz 80 486-based computer และชุดอาเรย์เซ็นเซอร์โซนาร์ 12 ตัว เซ็นเซอร์ทั้ง 12 ตัวนั้นจะติดตั้งอยู่กับถาดซึ่งวางบนหน้าตักและด้านหน้าหรือด้านข้างของรถเข็น ในขั้นตอนการทำงานทั้งหมด ระบบ NavChair จะเป็นตัวแทรกการเชื่อมต่อระหว่างจอยสติ๊กและมอเตอร์ควบคุมล้อดังที่ได้ (แสดงดังรูปที่ 2.15)



รูปที่ 2.15 ภาพรวมการทำงานของระบบนำทางรถเข็น NavChair [10]

ตัวขับเคลื่อนของรถเข็นจะใช้คำสั่งเสียงเพื่อระบุเส้นทางที่ต้องการในการเดินทาง และข้อมูลนี้จะถูกรวมกับข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมล้อมข้างของรถเข็น ณ ขณะนั้นจากเซ็นเซอร์โซนาร์ เพื่อระบุเส้นทางที่ปลอดภัยที่จะไม่เกิดการชน เมื่อสัญญาณควบคุมมีความสอดคล้องกันแล้วก็จะถูกส่งไปยังมอเตอร์ของรถเข็นเพื่อกำหนดทิศทางและความเร็วของรถเข็น

ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม หัวหน้าสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และคณะ [11] ได้ทำการวิจัยร่วมกับโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ประดิษฐ์ผลงานขึ้นในชื่อว่า *รถเข็นไฟฟ้าควบคุมด้วยเสียง (Electric Wheelchair Control by Voice)* เนื่องจากโรงพยาบาลมีทหารซึ่งได้รับบาดเจ็บในส่วนของประสาทต้นคอทำให้ไม่มีความรู้สึกตั้งแต่หัวไหล่ลงมา บางรายไม่สามารถหันหรือหมุนคอได้ จึงทำให้มีการประดิษฐ์รถเข็นไฟฟ้าควบคุมด้วยเสียงขึ้นมา เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยรถเข็นรวมทั้งสามารถควบคุมการทำงานด้วยเสียงของผู้ป่วยเอง

รถเข็นไฟฟ้าควบคุมด้วยเสียงนี้จะประกอบด้วย ไมโครโฟน, ล้อรถเข็น 4 ล้อ, มอเตอร์ไฟฟ้า ทั้งด้านซ้ายและด้านขวาอย่างละ 1 ลูก ซึ่งมีขนาด 24 โวลต์ 250 วัตต์, แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 2 ลูก และชุดควบคุมซึ่งประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์กับชุดขับมอเตอร์ 2 ชุด

หลักการใช้งาน เริ่มต้นด้วยผู้ป่วยจะต้องบันทึกข้อมูลเสียงของตนเองก่อน เนื่องจากโทรนเสียงของแต่ละคนนั้นไม่เหมือนกัน โดยจะบันทึกออกเสียง ‘หน้า’ ‘หลัง’ ‘ซ้าย’ ‘ขวา’ และ ‘หยุด’ เป็นต้น เพื่อใช้คำเหล่านี้ในการควบคุมรถเข็น หลังจากทำการบันทึกเสียงเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในชุดควบคุม เมื่อผู้ป่วยนั่งบนรถเข็นแล้วทำการออกเสียงตามที่ตัวเองได้บันทึกไว้ เช่น ‘หน้า’ รถเข็นจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้า และถ้าออกเสียงว่า ‘หยุด’ รถเข็นจะหยุด

ปัจจุบันรถเข็นไฟฟ้าควบคุมด้วยเสียงนี้ถูกนำมาใช้กับทหารที่ได้รับบาดเจ็บซึ่งกำลังพักรักษาตัวอยู่ในโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า หลังจากใช้งานพบว่าผู้ป่วยสามารถควบคุมการทำงานรถเข็นได้สะดวกและปลอดภัย ซึ่งส่งผลให้ผู้ป่วยมีสุขภาพจิตดีขึ้น และไม่เป็นภาระกับผู้อื่น

คุณธีรภัทร กิจชัยสุกฤทธิ คุณศักดินันท์ เนียมใหม่ และคุณฐิติพงษ์ สติรเมธิกุล ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน [12] ได้คิดโครงการรถเข็นคนพิการควบคุมด้วยเสียงเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้พิการให้ได้รับความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งมีเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางเพื่อความปลอดภัยของผู้พิการ

หลักการทำงาน ระบบนี้จะรับคำสั่งเสียงเข้ามาทางไมโครโฟนผ่านเข้าโมดูล VRbot ซึ่งจะทำหน้าที่จดจำเสียงสำหรับใช้เป็นคำสั่งในการควบคุม โดยโมดูลนี้จะสามารถใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกตระกูล โมดูลจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) เพื่อประมวลผลคำสั่งและส่งสัญญาณเป็นแบบดิจิทัลขนาด 4 บิต สำหรับสั่งการชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver) ให้หมุนตามคำสั่ง ในกรณีเจอสิ่งกีดขวางทางด้านหน้าหรือด้านหลัง เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกจะทำหน้าที่ตรวจสอบสิ่งกีดขวางโดยได้ตั้งค่าไว้ที่ระยะ 1.50 เมตร หากพบสิ่งกีดขวางอยู่ในระยะต่ำกว่าที่ตั้งไว้ เซ็นเซอร์จะส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อจะสั่งหยุดการทำงานของมอเตอร์ทันที

โดยการทดสอบระบบจะกระทำโดยการพูดคำสั่งเสียงแบบ Speaker dependent recognition (การทดสอบโดยใช้เสียงพูดของผู้บันทึกเสียงและผู้ใช้งานเป็นบุคคลเดียวกัน) โดยทดสอบพูดคำสั่งเสียงใน 2 สถานที่ คือ ในห้องบันทึกเสียงและนอกห้องบันทึกเสียงโดยไม่มีเสียงรบกวน คำสั่งละ 10 ครั้ง ที่ระยะห่าง 60 เซนติเมตร ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยการทำงานทั้งในห้องและนอกห้องเท่ากับ 90% และ 84% ตามลำดับ จากนั้นทำการทดลองในรูปแบบ Speaker independent recognition (การทดสอบโดยใช้เสียงพูดของผู้บันทึกเสียงและผู้ใช้งานเป็นคนละคนกัน) โดยมีจำนวนผู้ทดสอบ 3 คน และทดสอบพูดคำสั่งเสียงใน 2 สถานที่ คือ ในห้องบันทึกเสียงคำสั่งและนอกห้องบันทึกเสียงคำสั่งโดยไม่มีเสียงรบกวน คำสั่งละ 10 ครั้ง ที่ระยะห่าง 60 เซนติเมตร ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยการทำงานในห้องและนอกห้องของผู้ทดสอบทั้ง 3 คน เท่ากับ 70.01% และ 68.33% ตามลำดับ จากนั้นทดลองพูดคำสั่งเสียงแบบ Speaker dependent recognition และ Speaker independent recognition เช่นเดิมแต่เปลี่ยนเป็นสถานที่ที่มีเสียงรบกวน พบว่าค่าเฉลี่ยการทำงานของระบบแบบ Speaker independent recognition และ Speaker dependent recognition เท่ากับ 20% และ 30% ตามลำดับ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการและการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินการพัฒนาและออกแบบสามารถแบ่งขั้นตอนการออกแบบดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลของเสียง
- 2) ออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์สัญญาณเสียง
 - 2.1) วิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่
 - 2.2) วิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ
- 3) ออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องอัจฉริยะ
 - 3.1) กล้องส่งสัญญาณคำสั่งควบคุม
 - 3.2) กล้องรับสัญญาณคำสั่งควบคุม
- 4) ทดลองใช้งานซอฟต์แวร์ร่วมกับฮาร์ดแวร์และรวบรวมผลการทดลอง
- 5) ตรวจสอบข้อผิดพลาด
- 6) แก้ไขข้อผิดพลาดจากการทดลอง
- 7) สรุปผลการทดลอง

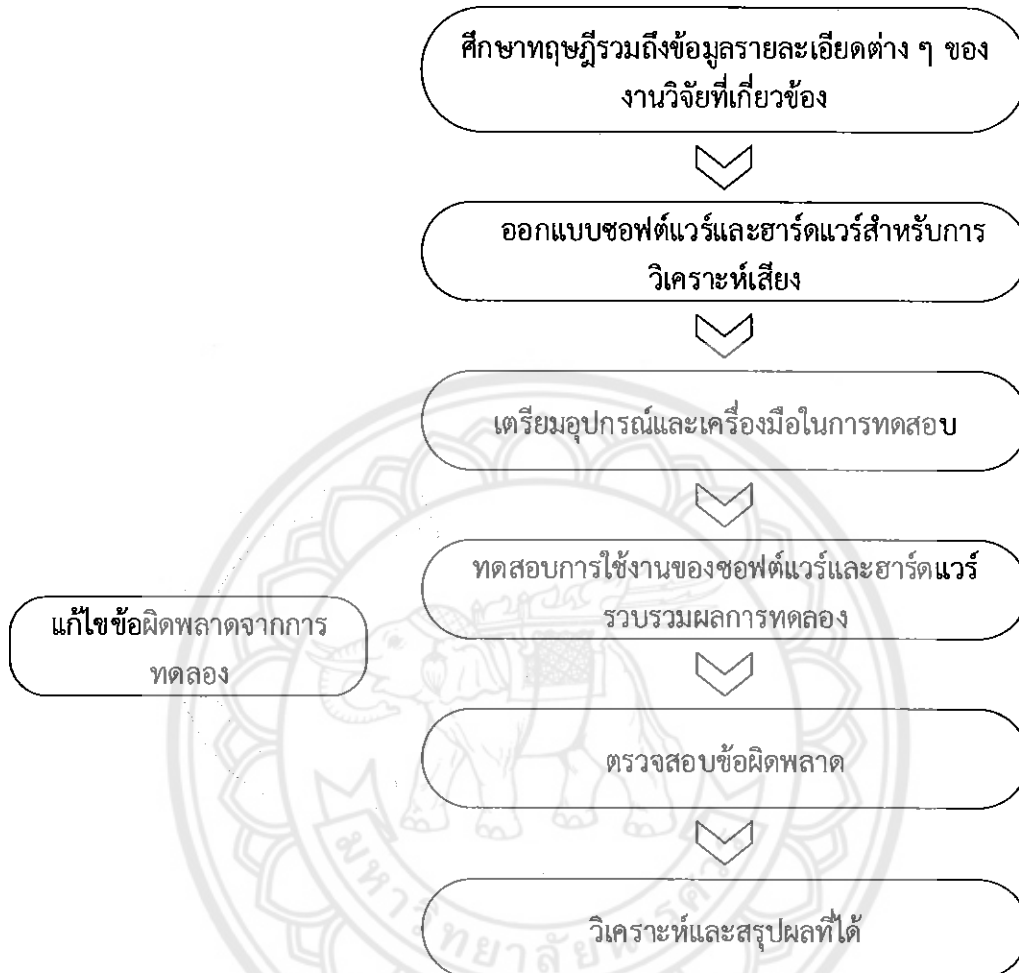
ขั้นตอนการดำเนินงานเขียนเป็นตารางกระบวนการดำเนินงาน (แสดงดังรูปที่ 3.1)

19196582

- 5 ก.ย. 2560



สำนักหอสมุด



รูปที่ 3.1 กระบวนการดำเนินงาน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

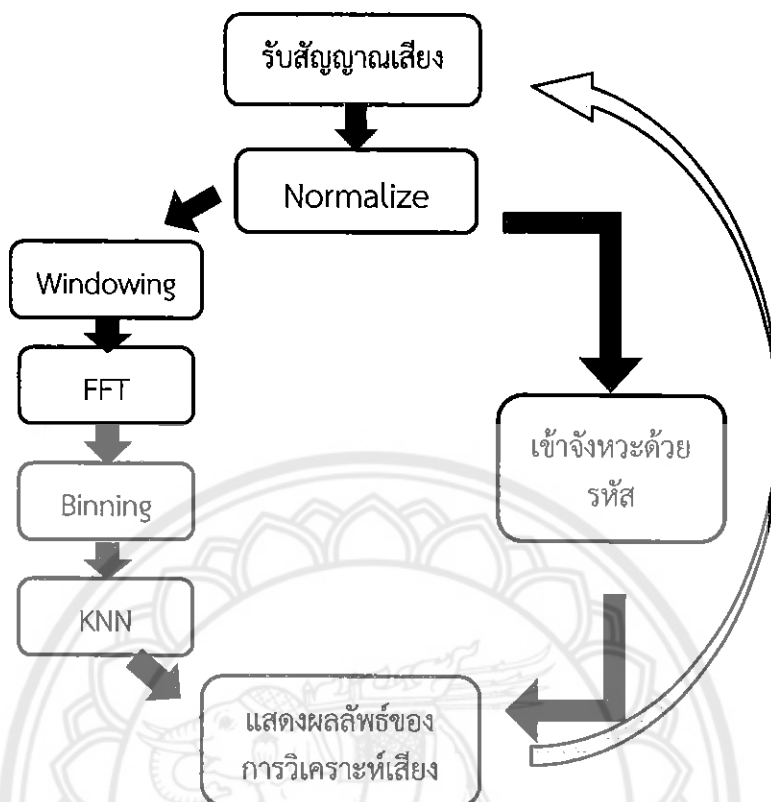
ตารางที่ 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ/อุปกรณ์	จำนวน	สมบัติ/หน้าที่
คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง	ใช้ประมวลผลโปรแกรม
ไมโครโฟน	1 ตัว	รับสัญญาณเสียงพูด
กล่องรับสัญญาณ	1 ชุด	รับสัญญาณคำสั่ง
กล่องส่งสัญญาณ	1 ชุด	ส่งสัญญาณคำสั่ง
ตลับเมตร	1 ตลับ	วัดระยะ
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	1 เครื่อง	อุปกรณ์สำหรับทดสอบผลลัพธ์การควบคุมของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง
พัดลม	1 เครื่อง	อุปกรณ์สำหรับทดสอบผลลัพธ์การควบคุมของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง
หลอดไฟ	1 หลอด	อุปกรณ์สำหรับทดสอบผลลัพธ์การควบคุมของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง

3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์

โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาบนโปรแกรม NI LabVIEW ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรมที่มีการคำนวณหลาย ๆ ด้านพร้อม ๆ กัน และในการเขียนโค้ดจะเป็นการเขียนด้วยรูปภาพแทนการเขียนแบบตัวอักษร

ในการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์นี้ จะแยกการทำงานเป็นสองส่วนหลักๆ คือส่วนของหน้าตาผู้ใช้ โดยส่วนหน้าตาผู้ใช้จะออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมได้ง่ายขึ้นโดยจะมีคำอธิบายและมีไฟบอกสถานะเพื่อแสดงการเข้าถึงคำสั่งควบคุมต่าง ๆ และส่วนของการประมวลผลการวิเคราะห์สัญญาณเสียงซึ่งจะใช้กระบวนการการจัดกลุ่มแบบ KNN เพื่อวิเคราะห์สัญญาณเสียง นอกจากนี้ในส่วนของการประมวลผลยังมีการรับสัญญาณเสียง การประมวลผล การฝึกโปรแกรม และการตั้งค่านวมอยู่ด้วย



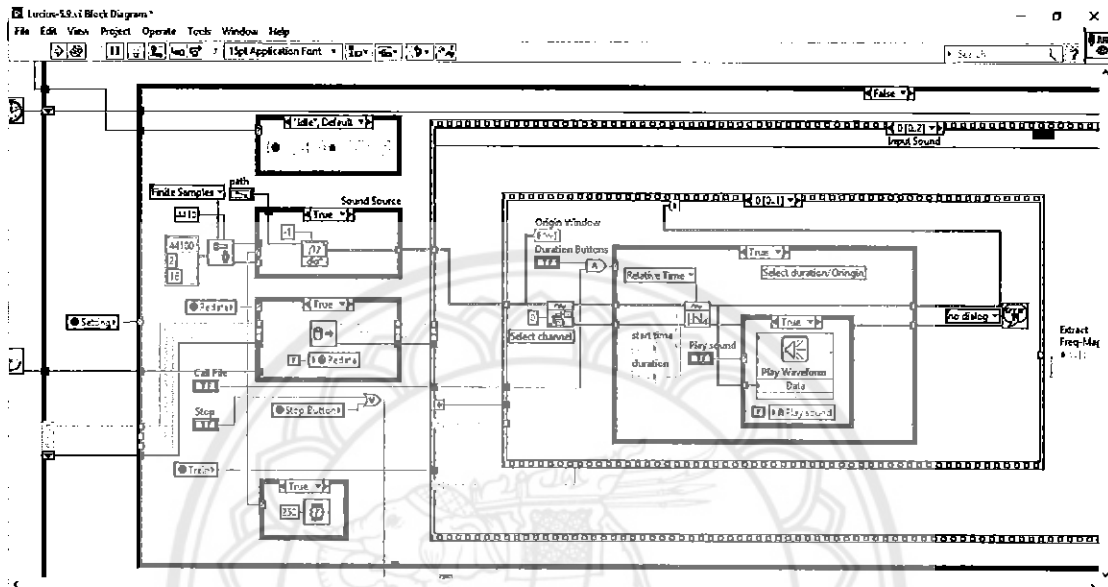
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง

3.3.1 การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง

เนื่องจากข้อมูลในการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะและแบบความถี่นั้นใช้ข้อมูลดิบที่มาจากแหล่งเดียวกัน อีกทั้งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงจึงถูกออกแบบให้มีการทำงานหลัก 3 ด้าน อยู่ด้วยกัน คือ การรับสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน การประมวลผลแบบความถี่และแบบจังหวะ ซึ่งจะประมวลผลตามลำดับ (แสดงดังรูปที่ 3.2)

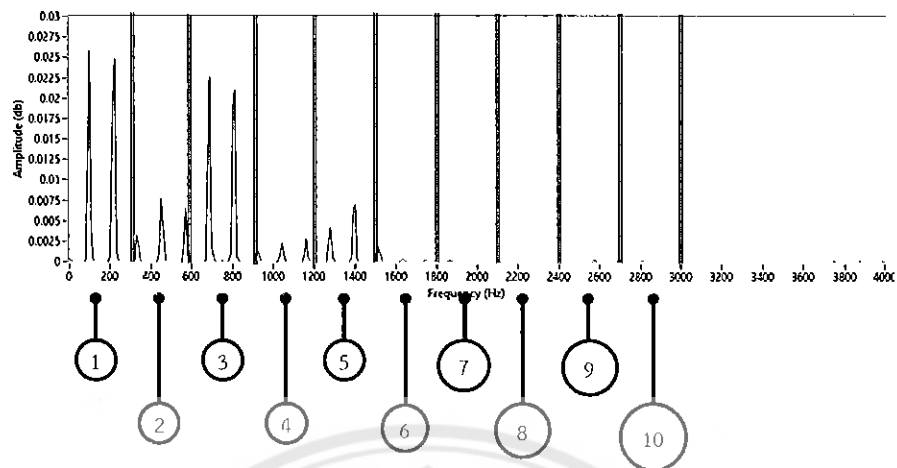
ในส่วนแรกคือการรับข้อมูลของสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน ซึ่งจะรับข้อมูลเป็นค่าแอมพลิจูดต่อเวลา ในกระบวนการรับสัญญาณเสียงนี้จะส่งผลกระทบต่อวิเคราะห์อย่างมาก เพราะจำนวนข้อมูลที่รับเข้ามาจะส่งผลกระทบต่อเวลาในการประมวลผลของโปรแกรมซึ่งขณะที่กำลังประมวลผลอยู่นั้น โปรแกรมจะไม่สามารถรับข้อมูลเสียงได้จนกว่าจะประมวลผลเสร็จ ดังนั้นทำให้ข้อมูลจากสัญญาณเสียงขาดหายไปบางส่วน หากยิ่งรับข้อมูลจำนวนมากขึ้น ก็จะมีข้อมูลที่ขาดหายไปมากขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้การกำหนดเวลาในการรับข้อมูลก็เป็นส่วนสำคัญ เนื่องจากการรับข้อมูลในช่วงเวลาน้อย ๆ (ประมาณ 50 มิลลิวินาที) จะให้ผลการวิเคราะห์เชิงความถี่ที่ชัดเจนมากกว่าการรับข้อมูลในช่วงเวลา มาก ๆ แต่โปรแกรม LabVIEW

จะสามารถกำหนดเวลาได้น้อยที่สุดคือ 100 มิลลิวินาที ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงตั้งค่าการอ่านข้อมูลจำนวนครั้งละ 4,410 Sample ที่ Sampling rate 44,100 sample/s ซึ่งก็คือหนึ่งรอบของการอ่านข้อมูล 4,410 ข้อมูลจะใช้เวลา 100 มิลลิวินาที (แสดงดังรูปที่ 3.3)

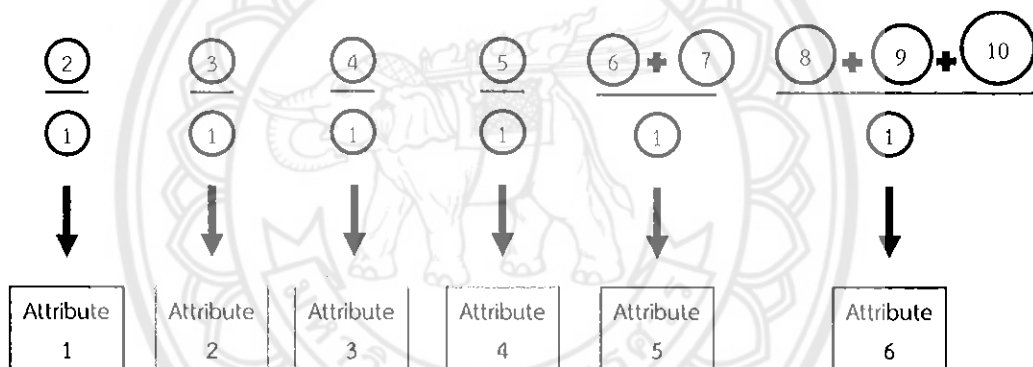


รูปที่ 3.3 แผงวงจรการรับข้อมูลจากไมโครโฟนของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณ

ในส่วนต่อมาเป็นส่วนของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ โดยก่อนทำการวิเคราะห์ สัญญาณเสียงจะถูกปรับค่าโดยวิธี Normalization ซึ่งจะทำให้การคำนวณข้อมูลในแต่ละครั้งมีขนาดสเกลที่เท่ากัน สัญญาณที่ถูกปรับค่าแล้วจะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อแปลงข้อมูลเชิงเวลาให้เป็นข้อมูลเชิงความถี่ เนื่องจากเสียงของมนุษย์ส่วนใหญ่มีแอมพลิจูดน้อยในย่านความถี่สูง ดังนั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจึงใช้ข้อมูลเชิงความถี่ในช่วง 0 - 3,000 Hz มาใช้ในการคำนวณ ข้อมูลเชิงความถี่นี้จะถูกนำมาแบ่งเป็นกลุ่มย่อย (Binning) เพื่อนำไปกำหนดลักษณะเฉพาะ โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน แต่ละส่วนจะมีความกว้าง 300 Hz และจะถูกทำเป็นค่าผลรวม (แสดงดังรูปที่ 3.4) ค่าผลรวมทั้ง 10 ค่า (10 bin) จะนำมากำหนดเป็นลักษณะเฉพาะ 6 ค่า (6 Attribute) โดยค่าลักษณะเฉพาะ 4 ค่าแรกจะกำหนดเป็น bin ที่ 2, 3, 4 และ 5 ทารด้วย bin ที่ 1 ตามลำดับ ส่วนในลักษณะเฉพาะที่ 5 จะเป็นอัตราส่วนระหว่างผลรวมของ bin ที่ 6 และ 7 (ข้อมูลเชิงความถี่ตั้งแต่ 1,500 - 2,100 Hz) ต่อ bin ที่ 1 และลักษณะเฉพาะที่ 6 จะเป็นอัตราส่วนระหว่างผลรวมของ bin ที่ 8, 9 และ 10 (ข้อมูลเชิงความถี่ตั้งแต่ 2,100 - 3,000 Hz) ต่อ bin ที่ 1 (แสดงดังรูปที่ 3.5) โดยตัวอย่างการคำนวณเพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ข



รูปที่ 3.4 การแบ่งช่วงข้อมูล (Binning) ของข้อมูลเชิงความถี่ ในช่วง 0-3000 Hz



รูปที่ 3.5 การกำหนดลักษณะเฉพาะของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่

ลักษณะเฉพาะ 6 ค่านี้ใช้เพื่อเทียบข้อมูลเสียงที่รับมาจากไมโครโฟนกับข้อมูลเสียงที่ได้มีการบันทึกไว้แล้วด้วยวิธีการ K-Nearest Neighbor (KNN) ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์นี้จะแสดงผลบนโปรแกรมผู้ใช้งาน

ส่วนการประมวลผลแบบจังหวะจะนำข้อมูลที่ทำการปรับค่าแล้ว มาเทียบกับค่าที่ได้กำหนดไว้ หากข้อมูลใดที่ได้มีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดจะกำหนดค่าให้เป็นหนึ่งและหากมีน้อยกว่าค่านั้นก็จะเป็นศูนย์ค่าที่ถูกกำหนดขึ้นใหม่นี้จะถูกนำมารวมกันแล้วทำเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนทั้งหมด หากมีค่ามากกว่า 50 % แสดงว่าเสียงนั้นมีความดังผ่านค่าที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นการวิเคราะห์แบบจังหวะยังมีส่วนของการจับเวลา ซึ่งจะจับเวลาเมื่อเสียงที่รับมามีความดังผ่านค่าที่กำหนด โดยปริมาณเวลานี้จะใช้สำหรับระบุความสั้นยาวของเสียงซึ่งในโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณนี้ได้กำหนดเวลาไม่เกิน 200 มิลลิวินาทีเป็นเสียงสั้น

หากเกินกว่านั้นจะเป็นเสียงยาว (สามารถปรับระยะเวลาตามความเหมาะสมของผู้ใช้งาน) ซึ่งรูปที่ 3.6 แสดงผลการออกเสียง 3 ครั้ง ช่องไฟสีเขียวที่สว่างแสดงผลการวิเคราะห์ที่เป็นเสียงยาว และช่องไฟที่ไม่สว่างแสดงผลการวิเคราะห์ที่เป็นเสียงสั้น



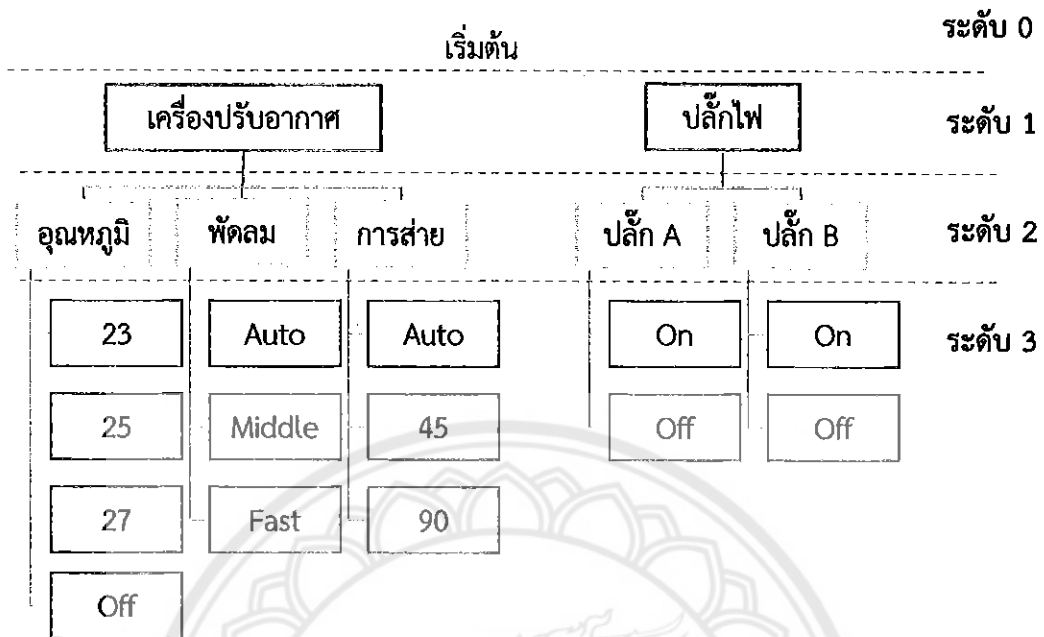
รูปที่ 3.6 ไฟแสดงผลการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ

3.3.2 การออกแบบโปรแกรมสำหรับผู้ใช้งาน

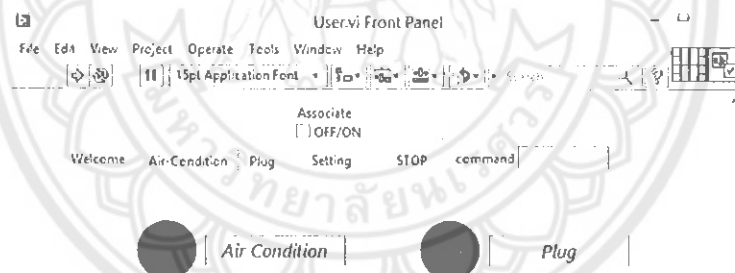
การออกแบบโปรแกรมสำหรับผู้ใช้นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้จากการสั่งการด้วยเสียง ซึ่งในหน้าต่างของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยส่วนของการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นส่วนหลักของโปรแกรมและส่วนของการตั้งค่า (แสดงดังรูปที่ 3.8)

ส่วนของการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นแบบรายการตัวเลือกในการเลือกรายการต่าง ๆ จะต้องออกเสียงตามคำสั่งที่ได้มีการตั้งค่าไว้แทนการคลิกด้วยเมาส์ (ภาคผนวกที่ ๓) และทุกครั้งหลังการเลือกรายการ จะต้องมีการยืนยันซึ่งเปรียบเสมือนการกดปุ่มยืนยันเพื่อจะเข้าสู่การเลือกระดับต่อไป รายการตัวเลือกนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (แสดงดังรูปที่ 3.7) ระดับแรกเป็นการเลือกรายการระหว่างควบคุมเครื่องปรับอากาศกับปลั๊กไฟ ระดับสองเป็นการเลือกการหมวดย่อยของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้า และระดับสามเป็นการเลือกคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละหมวดย่อย หลังจากการเลือกและได้ทำการยืนยันแล้ว โปรแกรมจะส่งคำสั่งในการควบคุมระบบออกไป นอกจากนี้ยังมีคำสั่งเสียงสำหรับกลับไปยังหน้าแรกและคำสั่งย้อนกลับเมื่อต้องการย้อนระดับการเลือก และเพื่อให้ง่ายต่อผู้ใช้ บนหน้าต่างของโปรแกรมยังมีกล่องข้อความสำหรับแนะนำผู้ใช้แต่ละขั้นตอนอีกด้วย

ส่วนของการตั้งค่า ส่วนนี้ถูกออกแบบมาสำหรับผู้ดูแลระบบ ซึ่งส่วนนี้จะไม่สามารถเข้าได้ด้วยการสั่งด้วยเสียง จำเป็นต้องใช้เมาส์กดปุ่ม *Setting* ซึ่งอยู่ด้านบนของหน้าต่างโปรแกรม โดยในการตั้งค่าจะใช้สำหรับปรับระดับการรับเสียงพูด การกำหนดคำสั่งที่จะใช้ในการสั่งการด้วยเสียงเพื่อเข้ารายการต่าง ๆ การตั้งค่าพอร์ตที่เชื่อมต่อกับกล่องส่งสัญญาณเสียง และการจัดการผู้ใช้และฐานข้อมูลของเสียงของผู้ใช้



รูปที่ 3.7 ระดับการเลือกควบคุม



กรรณาเลือกเมนู

Voice Word Answer Confirm

Suggest

- โปรดเลือกเมนูหลัก
- แอร์ ชุด 'AA'
- ปลั๊กไฟ ชุด 'AE'
- มีน้ำ ชุด 'RR'
- ตั้งค่าเลือก ชุด 'RUO'

รูปที่ 3.8 โปรแกรมสำหรับผู้ใ้

3.3.3 การออกแบบกล่องส่งสัญญาณคำสั่ง

กล่องส่งสัญญาณคำสั่งคอยทำหน้าที่รับรหัสจากคอมพิวเตอร์ผ่านทางสาย USB มาอย่างไม่โครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งสัญญาณในการควบคุมไปยังเครื่องปรับอากาศและกล่องรับสัญญาณ ด้านบนฝากล่องจะติดตั้งตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดแบบสีหลอดซึ่งติดบนจานหมุนที่สามารถปรับระดับได้เพื่อปรับระดับและทิศทางการส่งให้ตรงกับตัวรับสัญญาณของเครื่องปรับอากาศ พร้อมทั้งหลอดไฟ LED สีเขียวที่มุมฝากล่องซึ่งจะกะพริบเมื่อมีการส่งสัญญาณอินฟราเรดออกไป ด้านข้างของกล่องจะมีช่องสำหรับตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดแบบหนึ่งหลอดซึ่งติดอยู่ภายในกล่องเพื่อส่งสัญญาณให้กับกล่องรับสัญญาณ ส่วนภายในกล่องจะถูกจัดวางสำหรับแผงวงจรเนกประสงค์และแผงควบคุม Arduino (แสดงดังรูปที่ 3.9 และแสดงดังตารางที่ 3.2)



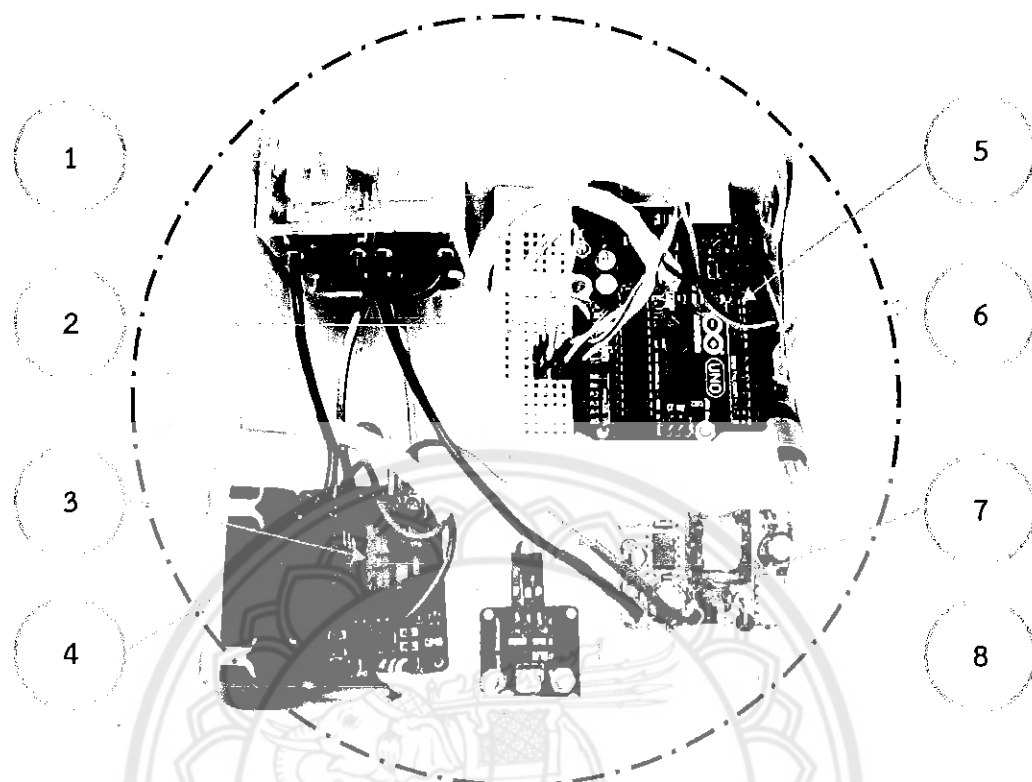
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ในกล่องส่งสัญญาณคำสั่ง

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของกล่องส่งสัญญาณคำสั่ง

หมายเลข	อุปกรณ์	สมบัติ/หน้าที่
1	กล่องอเนกประสงค์	บรรจุชิ้นส่วนและอุปกรณ์สำหรับการส่งสัญญาณ
2	แผงควบคุม Arduino	รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์เพื่อส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังกล่องรับสัญญาณ
3	ตัวส่งอินฟราเรดแบบหนึ่งหลอด	ปล่อยอินฟราเรด
4	ตัวส่งอินฟราเรดแบบสี่หลอด	ปล่อยอินฟราเรด
5	แท่งจานหมุน	ปรับมุมมองในการส่งอินฟราเรด
6	แผงวงจรอเนกประสงค์	ต่อวงจรไฟฟ้า
7	หลอด LED	เปล่งแสงสีเขียวเมื่อมีการส่งสัญญาณออกไป

3.3.4 การออกแบบกล่องรับสัญญาณคำสั่ง

กล่องรับสัญญาณทำหน้าที่รับสัญญาณจากกล่องส่งสัญญาณด้วยตัวรับสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งสัญญาณนั้นจะเป็นรหัสสำหรับสั่งควบคุมการเปิดปิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับปลั๊กไฟโดยการใช้รีเลย์ กล่องรับจำเป็นต้องติดตั้งในบริเวณที่สายไฟสามารถต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้ โดยจะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ความต่างศักย์ 220 - 230 V, ความถี่ 50 - 60 Hz ซึ่งภายในกล่องจะมีตัวแปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสตรง ความต่างศักย์ 9 V เพื่อจ่ายไฟให้กับ Arduino โดยเฉพาะ นอกจากนี้ยังมีสวิตช์สำหรับเปิดปิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ เพื่อป้องกันการลัดวงจรเมื่อมีการโปรแกรมโค้ดให้กับ Arduino (แสดงดังรูปที่ 3.10 และ แสดงดังตารางที่ 3.3)



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ในกล่องรับสัญญาณคำสั่ง

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของกล่องรับสัญญาณคำสั่ง

หมายเลข	อุปกรณ์	สมบัติ/หน้าที่
1	ปลั๊กตัวเมีย	ส่งกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ทดลอง
2	แผงวงจรเนกประสงค์	ต่อวงจรไฟฟ้า
3	รีเลย์	ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าอุปกรณ์ทดลอง
4	สวิตช์แผงควบคุม Arduino	เปิด-ปิดปลั๊กรับสัญญาณ
5	แผงควบคุม Arduino	รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์เพื่อส่งสัญญาณอินฟราเรดไปยังกล่องรับสัญญาณ
6	กล่องอเนกประสงค์	บรรจุชิ้นส่วนและอุปกรณ์สำหรับการส่งสัญญาณ
7	ตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้า AC เป็น DC	แปลงไฟฟ้าเข้าแผงควบคุม
8	ตัวรับอินฟราเรดประจำกล่องรับสัญญาณ	รับสัญญาณอินฟราเรด

3.3.5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นรับส่งข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในกล่องรับ-ส่งสัญญาณ ในกล่องส่งสัญญาณ Arduino จะทำหน้าที่รับรหัสจากโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงผ่านทางพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ แล้วควบคุมให้ตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดให้ปล่อยสัญญาณไปยังเครื่องปรับอากาศและกล่องรับสัญญาณ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงการนี้คือ Arduino Uno เนื่องจากราคาประหยัดและมีสมบัติเพียงพอต่อการทำงาน ซึ่งการเขียนโปรแกรมลงใน Arduino นั้นจำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์ของผู้ผลิตโดยมีพื้นฐานในการเขียนมาจากภาษา C/C++

โค้ดที่ใช้ในการโปรแกรม Arduino จะแบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ โค้ดสำหรับกล่องส่งสัญญาณและโค้ดสำหรับกล่องรับสัญญาณ โดยโค้ดสำหรับกล่องส่งสัญญาณนั้นจะไม่ซับซ้อนมากนัก เนื่องจากมีการทำงานอยู่ 3 อย่างคือ ฟังก์ชันในการอ่านรหัสจากพอร์ต USB ที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันในควบคุมการส่งสัญญาณในตัวส่งสัญญาณอินฟราเรด และฟังก์ชันในการกะพริบไฟหลังจากมีการส่งสัญญาณออกไป

3.4 การทดลอง

การทดลองมีจุดประสงค์คือเพื่อวัดค่าความแม่นยำและประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณ ซึ่งจะมี 2 ลักษณะ คือ การส่งสัญญาณจากกล่องส่งสัญญาณไปยังกล่องรับสัญญาณ และจากกล่องส่งสัญญาณไปยังเครื่องปรับอากาศ จุดประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อหาช่วงระยะทางที่สามารถส่งสัญญาณได้อย่างแน่นอน

การทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ การทดลองนี้เป็นการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมในการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ โดยจะทดสอบ 5 เสียง ได้แก่ อา, อี, อุ, เอ และ โอ ในการทดสอบจะเลือกฐานข้อมูลจำนวน 3 เสียงจากทั้งหมด 5 เสียง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ และในครั้งสุดท้ายจะใช้ฐานข้อมูลทั้ง 5 เสียง เพื่อทดสอบหาเสียงที่โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องที่สุด และผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปใช้ในการตั้งเป็นคำสั่งเสียงในการควบคุมโปรแกรมหน้าต่างผู้ใช้ซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดในการใช้งานลงได้ระดับหนึ่ง

การทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ เพื่อทดสอบความถูกต้องในการวิเคราะห์การจับจังหวะของเสียง

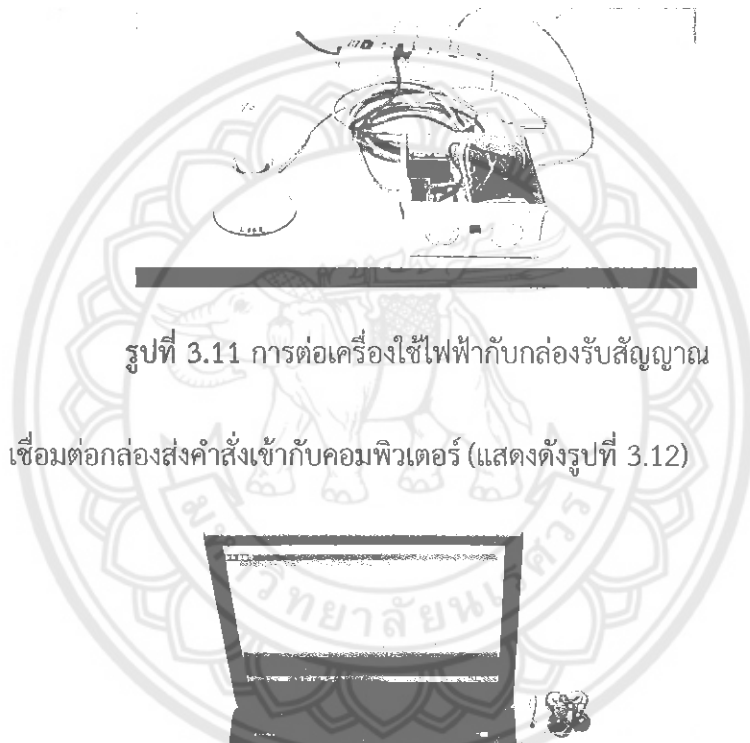
การทดลองที่ 4 การทดสอบระยะเวลาการใช้ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะทดสอบโดยการใช้เสียงสั่งการผ่านระบบที่พัฒนาขึ้นสำหรับควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องอัจฉริยะในหมวดต่าง ๆ เช่น หมวดอุณหภูมิ หมวดความเร็วพัดลมของเครื่องปรับอากาศ หมวดปลั๊กไฟ เป็นต้น เพื่อศึกษาเสถียรภาพของระบบและเวลาในการสั่งการในแต่ละหมวด

การทดลองที่ 1 การทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณ

- การทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ

มีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

- 1) ต่อกกล่องรับกับแหล่งจ่ายไฟและประกอบเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า คือ หลอดไฟ (แสดงดังรูปที่ 3.11)



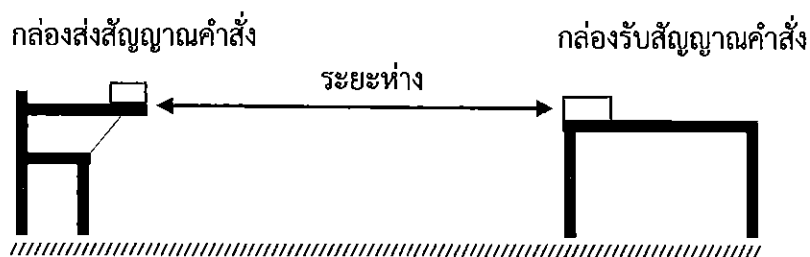
รูปที่ 3.11 การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้ากับกล่องรับสัญญาณ

- 2) เชื่อมต่อกกล่องส่งคำสั่งเข้ากับคอมพิวเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 3.12)



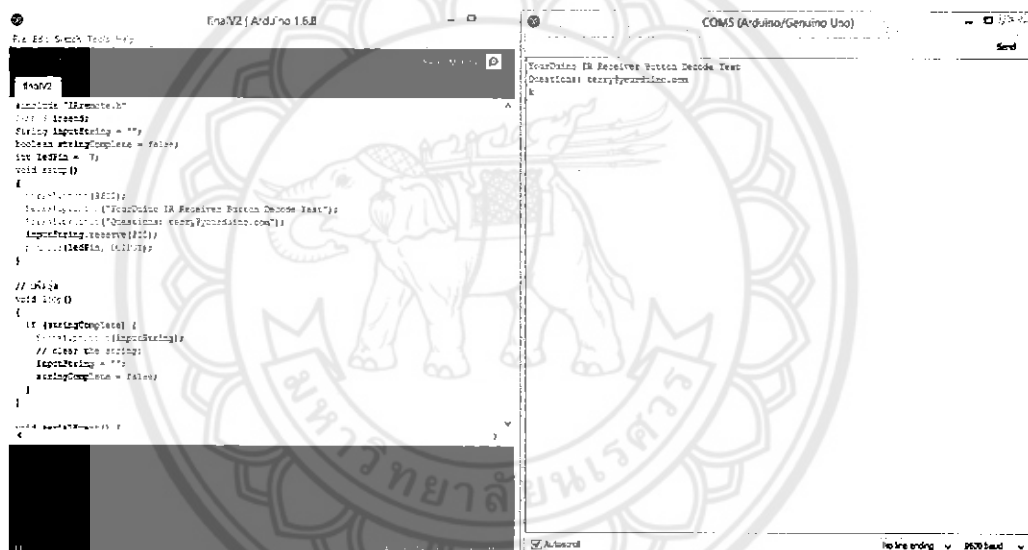
รูปที่ 3.12 การประกอบคอมพิวเตอร์เข้ากับไมโครโฟน

- 3) ติดตั้งกล่องส่งคำสั่ง จัดวางตำแหน่งให้ตรงกับกล่องรับคำสั่ง โดยมีระยะห่างเริ่มต้นที่ 0 เมตร (การเริ่มต้นที่ระยะ 0 เมตร เพื่อทดสอบให้แน่ใจว่าทั้งกล่องส่งคำสั่งและกล่องรับคำสั่งสามารถทำงานได้ปกติโดยไม่มีปัจจัยเรื่องระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง) (แสดงดังรูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

- 4) เปิดโปรแกรม Arduino เพื่อทำการส่งสัญญาณจากกล่องส่งให้กับกล่องรับสัญญาณ (แสดงดังรูปที่ 3.14)



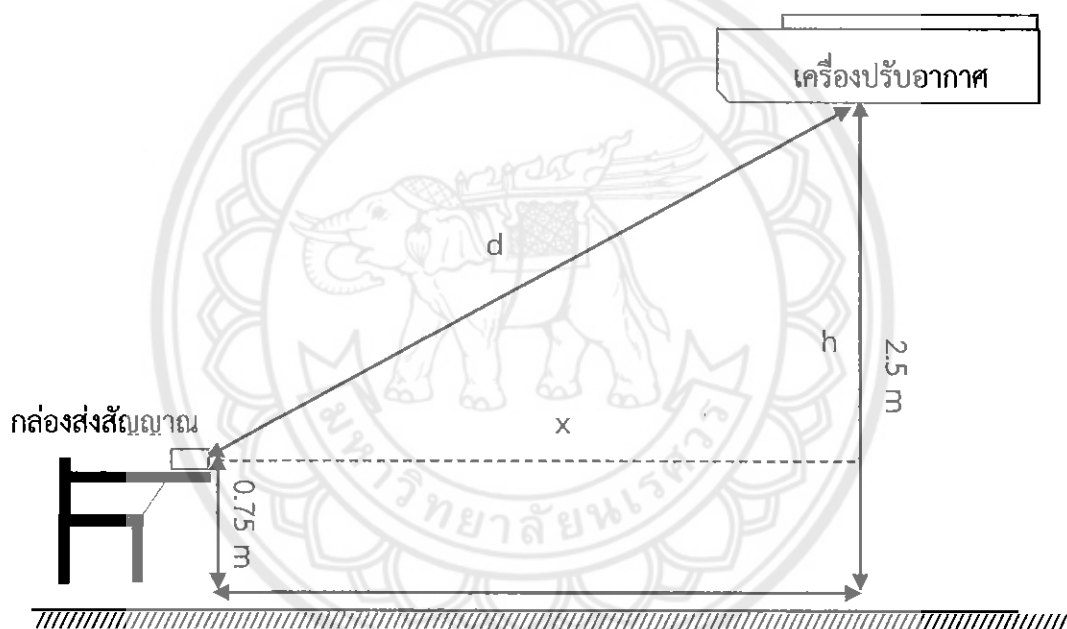
รูปที่ 3.14 โปรแกรม Arduino สำหรับควบคุมการส่งสัญญาณ

- 5) พิมพ์คำสั่งสำหรับเปิด-ปิดหลอดไฟในหน้าต่างแสดงผลของโปรแกรม Arduino เพื่อเปิด-ปิดหลอดไฟจำนวน 10 ครั้ง โดย 1 ครั้งหลอดไฟจะต้องเปิด-ปิดครบตามลำดับ (แสดงดังรูปที่ 3.15)
- 6) บันทึกผลการทดลอง ลงในตารางที่ 3.4 โดยบันทึกค่าความสำเร็จในการรับ-ส่งแต่ละครั้งเป็น 1 เมื่อมีการรับ-ส่งสัญญาณแล้วหลอดไฟสามารถเปิดและปิดได้สำเร็จ และให้ค่าเป็น 0 เมื่อสามารถรับ-ส่งสัญญาณได้

- การทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

มีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

- 1) เชื่อมต่อกล่องส่งคำสั่งเข้ากับคอมพิวเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 3.12)
- 2) จัดวางตำแหน่งให้ตรงกับกล่องรับคำสั่ง และมีระยะห่างระหว่างกล่องส่งสัญญาณถึงเครื่องปรับอากาศเริ่มต้นที่ 1.75 เมตร (เนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีความสูงจากตำแหน่งวางกล่องส่งสัญญาณ 1.75 เมตร ดังนั้นจึงอาศัยการคำนวณพีทาโกรัสเพื่อปรับระยะในแนวราบแทน) (แสดงดังรูปที่ 3.16)



รูปที่ 3.16 แบบจำลองการทดลองปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ตารางที่ 3.5 แสดงระยะทางระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศจากการคำนวณพีทาโกรัส

ตัวแปร	ระยะทาง (เมตร)									
	0.00	1.76	1.79	2.44	3.03	3.60	4.15	4.68	5.21	5.74
x	0.00	1.76	1.79	2.44	3.03	3.60	4.15	4.68	5.21	5.74
h	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
d	1.75	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00

การทดลองที่ 2 ทดสอบโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่

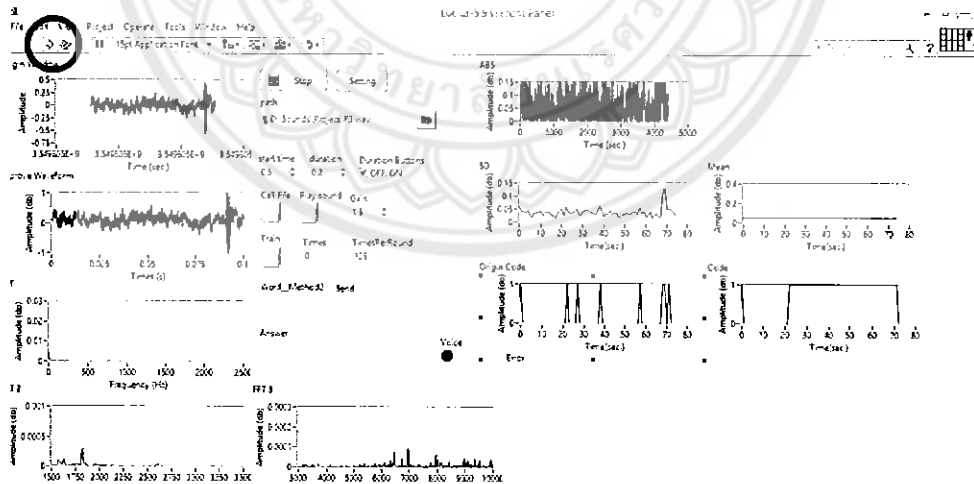
มีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. เชื่อมต่อไมโครโฟนเข้ากับคอมพิวเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 3.17) และติดไมโครโฟนที่บริเวณปกคอเสื้อของผู้ใช้



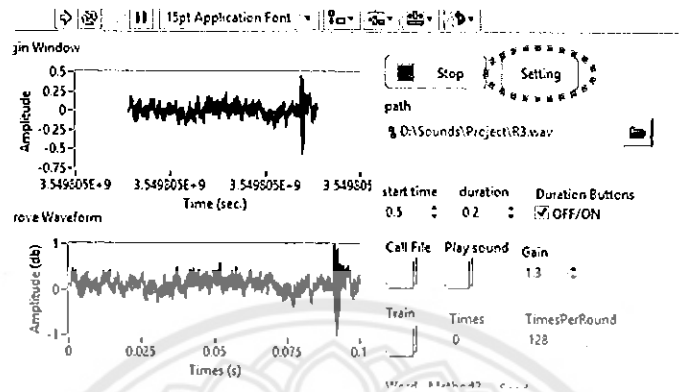
รูปที่ 3.17 การต่อไมโครโฟนและคอมพิวเตอร์

2. เปิดและเริ่มโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ โดยกดลูกศรด้านซ้ายบนของโปรแกรม (แสดงดังรูปที่ 3.18)



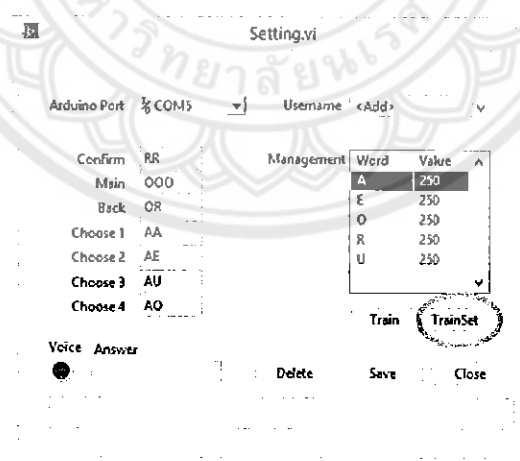
รูปที่ 3.18 โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่

3. จากนั้นกด *Setting* จะมีหน้าต่างตั้งค่าปรากฏดังรูปที่ 3.20 เพื่อตั้งค่าและทำการฝึกเสียงให้กับโปรแกรม



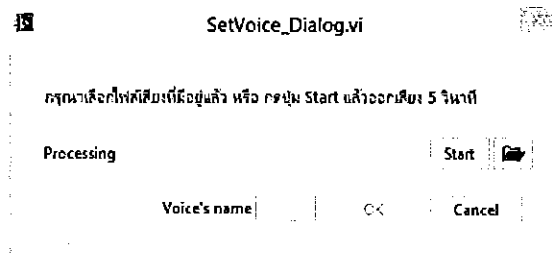
รูปที่ 3.19 บริเวณปุ่ม *Setting* บนโปรแกรมสำหรับผู้ใช้

4. หากยังไม่มียชื่อผู้ใช้ ให้ทำการเพิ่มชื่อผู้ใช้ โดยการกดเลือกในช่อง *Username* แล้วเลือก *<Add>* จะมีหน้าต่างให้เพิ่มชื่อผู้ใช้ หลังจากนั้นกดปุ่ม *OK*
5. จากนั้นกดปุ่ม *TrainSet* จะปรากฏหน้าต่างให้ทำการบันทึกเสียงเพื่อทำการฝึกเสียงแบบชุดให้กับโปรแกรมโดยมีทั้งหมด 5 เสียงได้แก่ อา อี อุ เอ และโอ (แสดงดังรูปที่ 3.20)



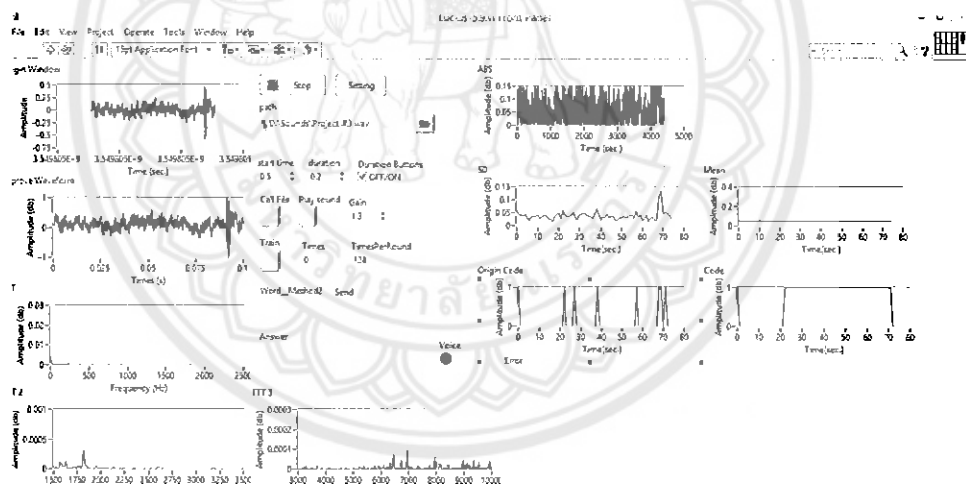
รูปที่ 3.20 หน้าต่างการตั้งค่า

6. กดปุ่ม *Start* จากนั้นออกเสียง อา อี อุ เอ และโอ ซึ่งแต่ละคำต้องทำการออกเสียงเป็นเวลานาน 5 วินาที แล้วใส่ชื่อเสียงในช่อง *Voice's name*
7. ทำการบันทึกเป็นจำนวน 5 ครั้งซึ่งจะเป็นข้อมูลทั้งหมด 250 ข้อมูลต่อ 1 เสียง (แสดงดังรูปที่ 3.21)



รูปที่ 3.21 หน้าต่างการฝึกเสียงแบบชุด

8. เมื่อมีข้อมูลเสียงครบ 250 ข้อมูล ทั้งหมดจำนวน 5 เสียง แล้วจึงทำการทดสอบโดยเลือกไฟล์ข้อมูล 3 เสียงจาก 5 เสียงและในครั้งสุดท้ายจะใช้ข้อมูลทั้ง 5 เสียง ซึ่งจะต้องแก้ไขไฟล์ข้อมูลในแฟ้ม *Temporary* ของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง
9. ทดสอบและบันทึกผลการทดลอง ลงในตารางที่ 3.7
10. วิเคราะห์ผลการทดสอบ (แสดงดังรูปที่ 3.22)

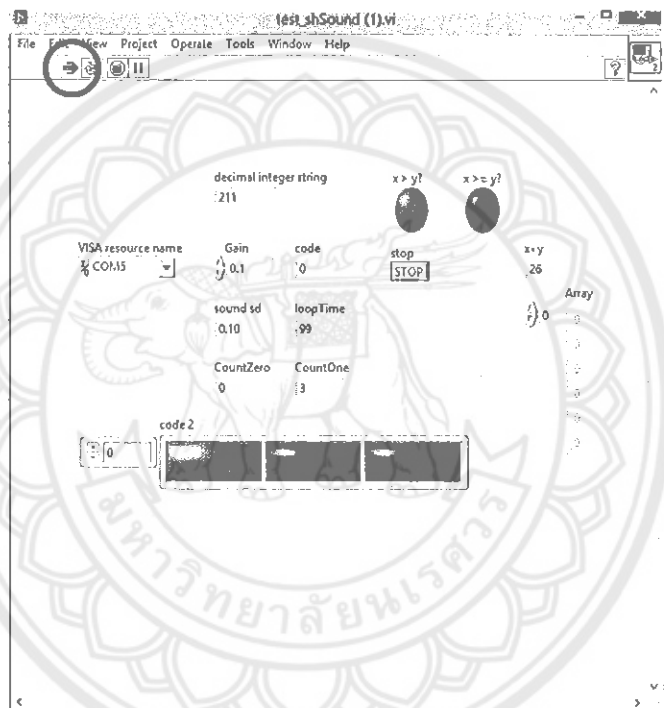


รูปที่ 3.22 ทดสอบโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่

การทดลองที่ 3 ทดสอบโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ

มีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. เชื่อมต่อไมโครโฟนเข้ากับคอมพิวเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 3.17) และติตไมโครโฟนที่บริเวณปกคอเสื้อของผู้ใช้
2. เปิดและเริ่มโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ โดยกดลูกศรด้านซ้ายบนของโปรแกรม (แสดงดังรูปที่ 3.23)



รูปที่ 3.23 โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ

3. ทดสอบออกคำสั่ง ซึ่งหนึ่งคำสั่งจะประกอบด้วยการออกเสียงสามครั้ง ในแต่ละครั้งจะออกเสียงสั้น และเสียงยาว เมื่อนำมาสลับกัน จะได้ชุดคำสั่ง ได้แก่ สั้นสั้นสั้น, สั้นสั้นยาว ... และ ยาวยาวยาว รวมทั้งหมด 8 ชุดคำสั่ง โดยการทดสอบนี้จะทำซ้ำเป็นจำนวน 10 ครั้งต่อชุดคำสั่ง
4. บันทึกผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์สัญญาณเสียงจากโปรแกรม ลงในตารางที่ 3.8
5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ตารางที่ 3.8 บันทึกผลการทดลองตอนที่ 3

จำนวนครั้ง	รหัส							
	สสส	สสย	สยส	สยย	ยยย	ยยส	ยสย	ยสส
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
เฉลี่ย (%)								

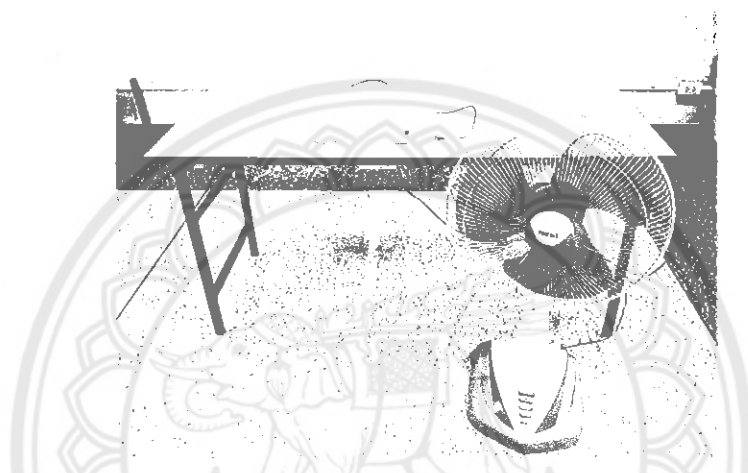
หมายเหตุ : 'ส' ย่อมาจากเสียง "สั้น"

'ย' ย่อมาจากเสียง "ยาว"

การทดลองที่ 4 ทดสอบการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

มีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. เชื่อมต่อไมโครโฟนเข้ากับคอมพิวเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 3.17)
2. ติดตั้งกล่องรับคำสั่งเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า และเชื่อมต่อกล่องส่งคำสั่งเข้ากับคอมพิวเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 3.24)



รูปที่ 3.24 การติดตั้งกล่องรับคำสั่งเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า

3. เปิดและเริ่มโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่
4. กำหนดชุดคำสั่งที่จะใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า
5. กำหนดชุดคำสั่งที่เหมาะสมที่จะใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งได้จากผลการทดลองที่ 2
6. ทดลองเข้าคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ในหมวดย่อยแรกของหมวดเครื่องปรับอากาศ โดยไม่เจาะจงคำสั่งสุดท้าย ซึ่งจะทดลองเข้าคำสั่งเป็นจำนวน 10 ครั้ง
7. บันทึกผลการทดลอง ลงในตารางที่ 3.9
8. เข้าคำสั่งในหมวดย่อยถัดไปจนทดลองเข้าคำสั่งครบทุกหมวดย่อย ซึ่งจะมีทั้งหมด 5 หมวดย่อย ได้แก่ หมวดย่อยควบคุมอุณหภูมิ หมวดย่อยควบคุมความเร็วลมเครื่องปรับอากาศ และหมวดย่อยตำแหน่งการส่ายซึ่งอยู่ในหมวดเครื่องปรับอากาศ และหมวดย่อยควบคุมปลั๊ก A โดยต่อเข้ากับหลอดไฟกับหมวดย่อยควบคุมปลั๊ก B โดยต่อเข้ากับพัดลมตั้งพื้นซึ่งอยู่ในหมวดควบคุมปลั๊กไฟ

ตารางที่ 3.9 บันทึกผลการทดลองตอนที่ 4

ครั้ง	Temp	Fan	Swing	Plug A	Plug B
1					
2					
3					
4					
5					
เฉลี่ย					



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงทั้งแบบความถี่และ จังหวะ ได้นำมาทำการทดลอง ทั้งระยะการรับ-ส่งสัญญาณอินฟราเรด ความถูกต้องของการวิเคราะห์ สัญญาณเสียงแบบความถี่และจังหวะ และการเข้าคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องอัจฉริยะ แล้วทำการบันทึกการทดลอง โดยผู้ทดลองจะมีทั้งหมด 5 ผู้ทดลอง

เมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาความแม่นยำและความเที่ยงตรงของระบบควบคุมห้อง อัจฉริยะในสถานการณ์จริงแล้ว สามารถอธิบายรายละเอียดการวิเคราะห์ผลการทดลองดังต่อไปนี้

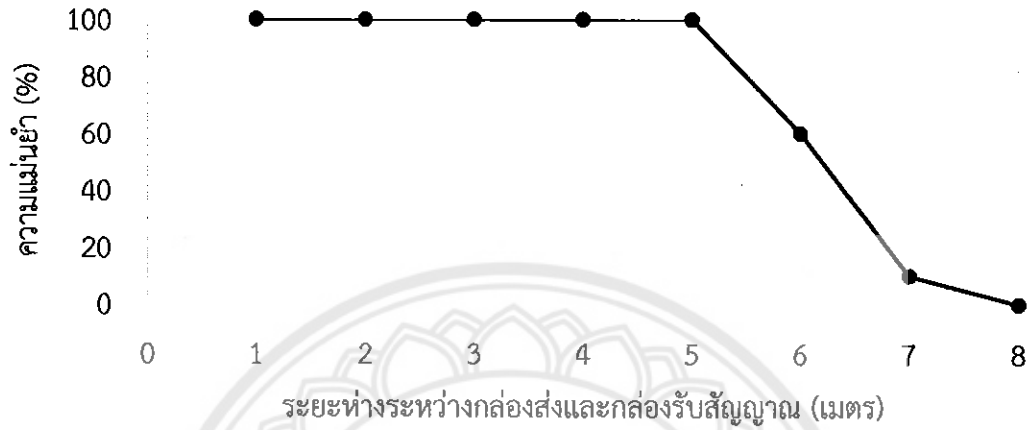
4.1 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

จากผลการทดลองปัจจัยด้านระยะทางการรับ-ส่งสัญญาณของกล่องรับ-ส่งสัญญาณ (ภาคผนวกที่ ก.1) เมื่อนำมาสร้างกราฟวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการรับ-ส่งสัญญาณ พบว่า สามารถส่งสัญญาณได้ตั้งแต่ระยะห่าง 0 เมตร จนถึงที่ 5 เมตร ได้อย่างแน่นอน 100 % แต่ตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไป ความแม่นยำในการส่งจะลดลง จนกระทั่งไม่สามารถรับ-ส่งสัญญาณได้ที่ระยะ 8 เมตร

ส่วนในการทดลองระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศ (ภาคผนวกที่ ก.2) พบว่า สามารถรับ-ส่งสัญญาณได้อย่างแน่นอนจนถึงระยะห่าง 6 เมตร และคาดว่าสามารถรับ-ส่งสัญญาณได้ไกลกว่านั้น แต่เนื่องจากห้องที่ใช้ในการทดลองมีความกว้างไม่พอที่จะเพิ่มระยะในการทดลองต่อได้ ส่วนที่ระยะ 5.5 เมตร มีค่าความแม่นยำ 90 % อาจเกิดจากองศาระหว่างตัวรับและตัวส่งสัญญาณมี มุมเบี่ยงกว้างมากเกินไปทำให้ตัวรับสัญญาณอินฟราเรดของเครื่องปรับอากาศไม่สามารถรับสัญญาณ จากการส่งในบางครั้งได้

จากผลการทดลองที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าการส่งสัญญาณไปยังเครื่องปรับอากาศสามารถทำ ได้ดีกว่าการส่งสัญญาณไปยังกล่องรับสัญญาณ อาจเป็นเพราะว่าตัวรับสัญญาณของเครื่องปรับอากาศ มีประสิทธิภาพที่สูงกว่า นอกจากนี้คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองเบื้องต้นด้วยการรับ-ส่งสัญญาณที่ ระยะห่าง 6 เมตร ในสภาวะเปิดและปิดหลอดไฟบริเวณใกล้เคียงกับเครื่องปรับอากาศ พบว่าขณะที่ เปิดหลอดไฟอยู่นั้นการรับ-ส่งสัญญาณจะไม่สามารถทำได้เลย แต่เมื่อปิดหลอดไฟแล้วก็จะสามารถ รับ-ส่งสัญญาณได้ตามปกติ จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าคลื่นอินฟราเรดจากหลอดไฟอาจจะรบกวน สัญญาณที่ได้ส่งออกไปทำให้ความแม่นยำในการรับ-ส่งสัญญาณในระยะไกลมีค่าลดลง

ความแม่นยำการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำและระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งกับกล่องรับสัญญาณ

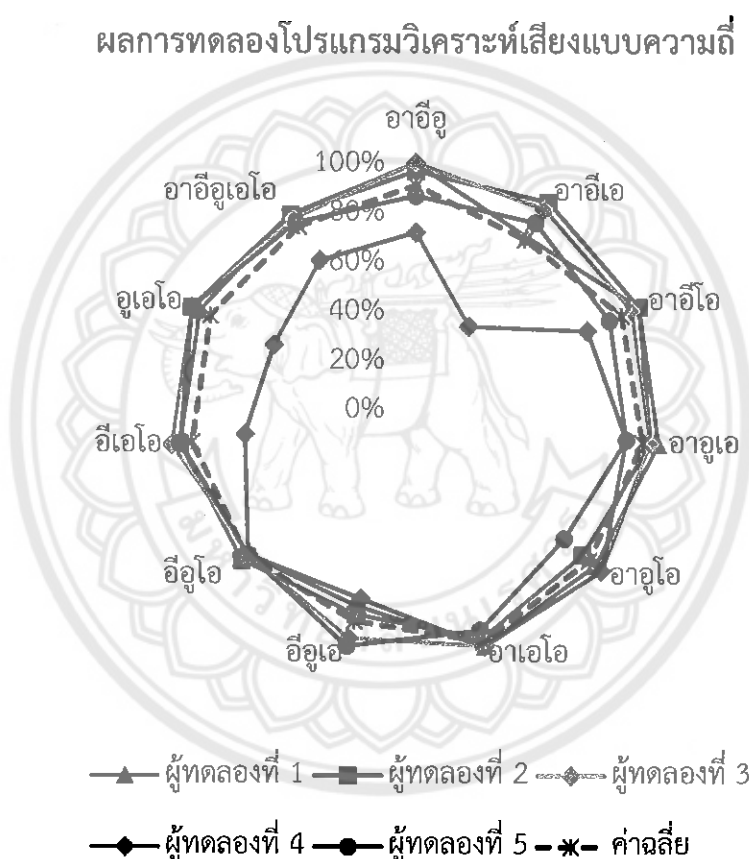
ความแม่นยำการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแม่นยำและระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศ

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ 5 เสียง ได้แก่ เสียง อา อี อุ เอ และโอ โดยทดสอบกับข้อมูลเสียง 3 เสียงจากทั้งหมด 5 เสียง และทดสอบกับข้อมูลเสียง 5 เสียง (ภาคผนวกที่ ก.3, ก.4 และ ก.5) แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยและสร้างกราฟเพื่อวิเคราะห์ (แสดง ดังรูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 ความถูกต้องในการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ เมื่อใช้ข้อมูลในแต่ละรูปแบบ

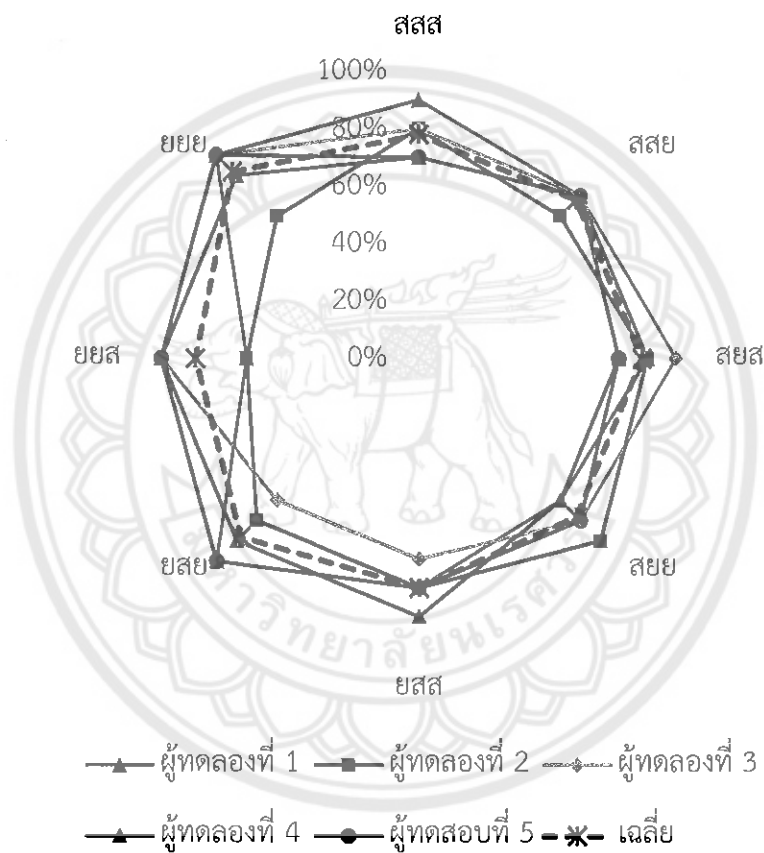
จากรูปที่ 4.3 แสดงความถูกต้องของการวิเคราะห์เสียงผู้ทดสอบของแต่ละคนในแต่ละฐานข้อมูลเสียง ซึ่งผลการทดสอบส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความถูกต้องที่ต่ำที่สุดเมื่อใช้ฐานข้อมูลเสียง อาอีเอ ของผู้ทดลองที่ 4 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 40 % โดยค่าเฉลี่ยความถูกต้องของผู้ทดสอบทั้งหมดมีค่าต่ำสุด 80 % เมื่อใช้ฐานข้อมูลเสียง อาอีเอ และมีค่ามากที่สุด 92 % เมื่อใช้ฐานข้อมูลเสียง อาเอโอ

จากผลการทดลองที่ 2 พบว่าโปรแกรมสามารถวิเคราะห์เสียงของผู้ทดสอบได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 82 – 92% ในทุกรูปแบบของฐานข้อมูลเสียง แต่ในการทดสอบของผู้ทดสอบบางท่านยังมีค่าความถูกต้องที่น้อย คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะเสียงของผู้ทดสอบที่ 1 พบว่าเสียง อี และ เอ ของผู้ทดสอบนั้นมีลักษณะเฉพาะของเสียงที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ค่าความถูกต้องของการทดสอบกับฐานข้อมูลเสียง ฮาวอฮู มีค่าน้อยกว่าการทดลองกับฐานข้อมูลอื่น ๆ เช่นเดียวกันกับเสียงของผู้ทดสอบที่ 4 ที่มีลักษณะเฉพาะของเสียง เอ อี และ อุ ที่ใกล้เคียงกันมาก ทำให้การทดสอบกับฐานข้อมูลในหลาย ๆ รูปแบบเกิดความผิดพลาด โดยสาเหตุอาจจะเกิดจากเสียงของผู้ทดสอบที่ 4 นั้นเป็นเสียงผู้หญิง มีลักษณะเสียงแหลมใสทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลใน Attribute ที่เป็นเสียงต่ำและเสียงกลางมีประสิทธิภาพต่ำลง ซึ่งในกรณีเสียงของผู้ทดสอบที่ 4 นี้ มีเสียง เอ อี และ อุ ที่มีลักษณะเสียงใน Attribute แรกเหมือนกัน แต่เสียง เอ จะมี Attribute ที่ห้ามากกว่าเล็กน้อย ส่วนเสียง อี จะมี Attribute ที่หกที่เพิ่มขึ้นมา นอกจากนี้เสียงจากสภาพแวดล้อมก็ส่งผลกระทบต่อวิเคราะห์สัญญาณ เนื่องจากเสียงรบกวนอาจจะไม่ได้ส่งผลให้โปรแกรมตรวจจับเสียงรบกวนได้โดยตรงแต่จะส่งผลให้ลักษณะเสียงในบาง Attribute มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้การวิเคราะห์ลักษณะของเสียงมีประสิทธิภาพน้อยลง ซึ่งในกรณีนี้สามารถปรับการแบ่งขนาดของ Attribute ให้สอดคล้องกับลักษณะของเสียงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ได้

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจิ้งหะ โดยทำการออกเสียงสั้น-ยาว สลับกัน 3 เสียงซึ่งเป็นจำนวน 8 รูปแบบ ๆ ละ 10 ครั้ง นำมาสร้างกราฟแสดงความถูกต้อง (แสดงดังรูปที่ 4.4)

ผลการทดลองโปรแกรมวิเคราะห์เสียงแบบจิ้งหะ



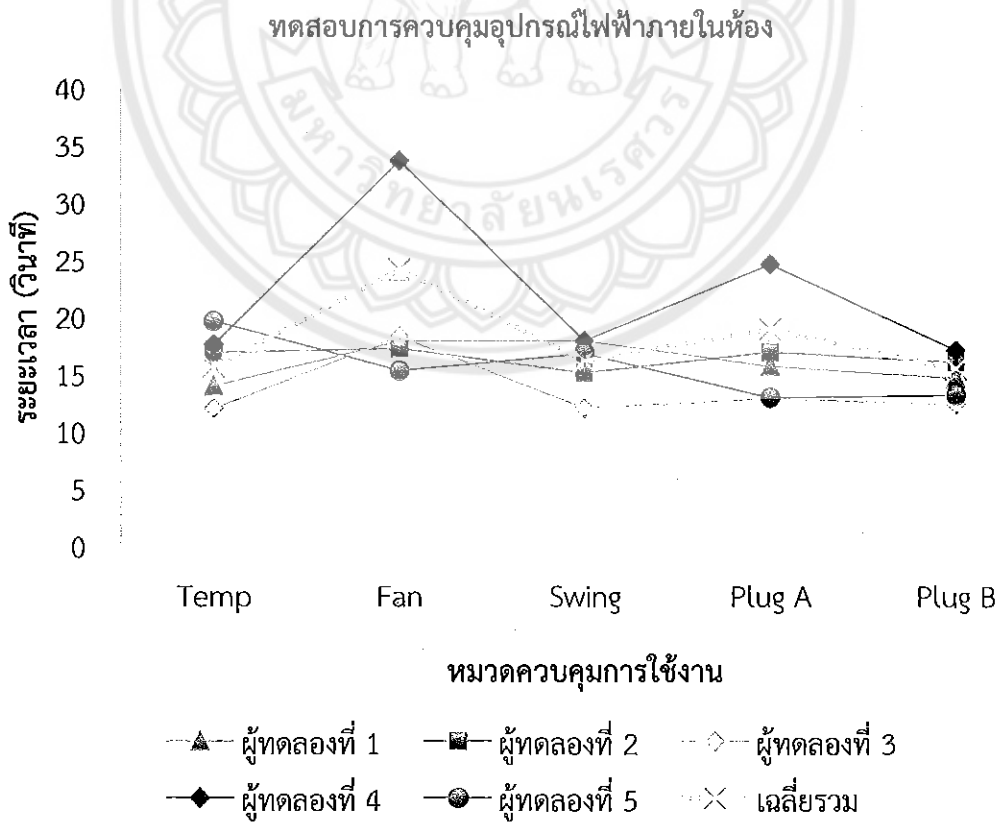
รูปที่ 4.4 ความถูกต้องในการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจิ้งหะ

จากรูปที่ 4.4 จะพบว่าผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องไม่สม่ำเสมอ โดยมีความถูกต้องต่ำสุดที่เสียงยาว-ยาว-สั้น ของผู้ทดลองที่ 1 กับ 2 และมีความถูกต้องสูงสุดที่ มีความถูกต้องเฉลี่ยต่ำสุดและสูงสุดที่ เสียงยาว-ยาว-สั้น 78 % และเสียงยาว-ยาว-ยาว 92 % ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ 3 การวิเคราะห์จังหวะของผู้ทดสอบแต่ละท่านมีความถูกต้องค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยความผิดพลาดส่วนใหญ่เกิดขึ้นในการทดสอบที่มีเสียงสั้น ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการจับเวลาในการรับเสียงและการวิเคราะห์ระดับเสียงของโปรแกรม ซึ่งแม้ว่าจะใช้เวลาในการประมวลผลเล็กน้อย แต่ทำให้ช่วงเวลานั้นไม่สามารถรับเสียงได้ ข้อมูลเสียงในระยะเวลาสั้นจึงขาดหายไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการจัดจังหวะการออกเสียงสั้นของผู้ทดสอบ เมื่อผู้ทดสอบออกเสียงตรงกับช่วงที่โปรแกรมประมวลผลพอดีจึงเกิดความผิดพลาด และนอกจากนี้อาจเกิดความผิดพลาดจากผู้ใช้ออกเสียงได้ไม่ตรงจังหวะ เช่น ออกเสียงสั้น แต่อาจมีหางเสียงที่ใช้ระยะเวลานาน หรือการออกเสียงอย่างซ้ำ ๆ เป็นต้น

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4

จากผลการทดสอบควบคุมห้องอัจฉริยะโดยสั่งการด้วยคำสั่งที่เหมาะสม โดยทำการจับเวลาในการเข้าใช้การควบคุมในแต่ละหมวดโดยไม่กำหนดคำสั่งในแต่ละหมวดอย่างเจาะจง แล้วนำผลเวลาที่ได้มาสร้างกราฟ (แสดงดังรูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 ระยะเวลาในการเข้าควบคุมการใช้งานในแต่ละหมวด

จากรูปที่ 4.5 จะพบว่าระยะเวลาในการเข้าคำสั่งควบคุมในแต่ละหมวดของผู้ทดสอบจะมีระยะเวลาใกล้เคียงกัน โดยการเข้าคำสั่งที่มีระยะเวลาเฉลี่ยมากที่สุดเป็นการเข้าคำสั่งเพื่อควบคุมความเร็วของพัดลมเครื่องปรับอากาศของผู้ทดลองที่ 4 ซึ่งใช้เวลา 33.68 วินาที และระยะเวลาเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเป็นการเข้าคำสั่งเพื่อควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศของผู้ทดลองที่ 3 ซึ่งใช้ระยะเวลา 12.02 วินาที และเมื่อทำการเฉลี่ยระยะเวลาของผู้ทดสอบทุกท่านพบว่า การเข้าคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่องไฟฟ้ามีระยะเวลาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15 – 25 วินาที โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยที่ช้าที่สุด 24.17 วินาที ด้วยการเข้าคำสั่งควบคุมความเร็วพัดลมของเครื่องปรับอากาศ และระยะเวลาที่เร็วที่สุดคือการเข้าคำสั่งควบคุมปลั๊ก B โดยใช้เวลา 15.48 วินาที ซึ่งระยะเวลาของการเข้าคำสั่งเพื่อควบคุมแต่ละหมวดเฉลี่ยรวมแล้วเป็นเวลา 18.06 วินาที

จากการทดลองสามารถสังเกตได้ว่า ผลจากการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่และแบบจังหวะของผู้ทดสอบแต่ละท่านมีผลต่อการเข้าคำสั่งควบคุมเครื่องไฟฟ้า ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในผู้ทดสอบที่ 4 ที่มีผลของความถูกต้องในการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่และจังหวะที่น้อย ทำให้ใช้เวลาในการเข้าคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่องไฟฟ้าใช้เวลานานกว่าผู้ทดสอบท่านอื่น ๆ และนอกจากผลจากการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแล้ว ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการเข้าคำสั่งอาจเกิดจากความคุ้นเคยและการเรียนรู้ในการใช้โปรแกรมของผู้ทดสอบแต่ละท่านที่แตกต่างกัน และความถูกต้องในการเข้าคำสั่ง ซึ่งจากการทดลองผู้ใช้มักจะออกเสียงเข้าคำสั่งได้ดีขึ้นเมื่อผู้ใช้เริ่มคุ้นเคยและจดจำการออกเสียงในการเข้าคำสั่งได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง ระยะทางในการส่งสัญญาณนั้นควรอยู่ในระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร จากกล่องส่งสัญญาณไปกับกล่องรับสัญญาณ และระยะห่างระหว่าง 0 – 6 เมตร สำหรับกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศสามารถรับ-ส่งสัญญาณได้อย่างแน่นอน หากระยะห่างมากกว่านี้ ประสิทธิภาพในการรับ-ส่งสัญญาณจะลดลง

ส่วนโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงนั้น โปรแกรมสามารถวิเคราะห์สัญญาณเสียงได้อย่างถูกต้องทั้งแบบความถี่และจังหวะ โดยในแบบความถี่จะสามารถแยกเสียงที่มีความแตกต่างกันเช่นเสียง อา และ เอ ได้อย่างชัดเจน ส่วนเสียงที่มีความใกล้เคียงกันเช่น อี และ เอ จะสามารถแยกได้ปานกลาง โดยการวิเคราะห์สัญญาณเสียงของโปรแกรมมีค่าความถูกต้องที่สามารถยอมรับได้ประมาณ 80 – 90% ซึ่งโปรแกรมนี้อาจสามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะเสียงที่เป็นเสียงสระหรือเสียงที่เป็นเสียงพื้นฐานเท่านั้น เช่น อา อี อุ เอ และ โอ เป็นต้น ส่วนการวิเคราะห์ในแบบจังหวะ โปรแกรมจะสามารถแบ่งจังหวะได้อย่างถูกต้อง เพียงแต่ผู้ใช้จะต้องมีความเข้าใจและคุ้นเคยระดับหนึ่ง

ส่วนสุดท้ายการใช้โปรแกรมสำหรับผู้ใช้เพื่อควบคุมเครื่องไฟฟ้า ผู้ทดสอบสามารถเข้าคำสั่งได้ด้วยการใช้เวลาเฉลี่ยไม่เกินครึ่งนาที แต่ผู้ใช้จะต้องมีความคุ้นเคยกับโปรแกรม และเนื่องจากการวิเคราะห์สัญญาณเสียงทั้งสองแบบนี้มีผลต่อการใช้งาน จึงต้องเลือกใช้ฐานข้อมูลที่มีเสียงที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ฐานข้อมูลเสียง อา และ เอ เป็นต้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และลดระยะเวลาในการเข้าควบคุม และพบข้อสังเกตว่าเมื่อผู้ทดสอบได้รับการอบรมการใช้งานและฝึกใช้งานไม่เกิน 5 นาที ผู้ทดสอบก็สามารถเข้าใจและใช้งานได้ โดยระยะเวลาในการใช้งานในช่วงเริ่มต้นกับในช่วงที่มีความคุ้นเคยแล้ว มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาระบบควบคุมห้องอัจฉริยะสั่งการด้วยเสียงให้ดียิ่งขึ้นจำเป็นต้องพัฒนาระบบในหลายด้านเช่น การรับเสียง การประมวลผล และการส่งสัญญาณให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในส่วนของ การรับเสียง เสียงที่มีคุณภาพดีจะช่วยให้การเก็บข้อมูลลักษณะของเสียงมีคุณภาพที่ดีเช่นกัน ซึ่งจะส่งผลให้การวิเคราะห์การเปรียบเทียบเสียงเห็นผลได้ชัดเจนมากขึ้น ดังนั้นควรใช้ไมโครโฟนที่มีคุณภาพสูงขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์มากขึ้น นอกจากนี้หากโปรแกรมมีระบบกรองสัญญาณเสียงรบกวนที่ดีก็จะช่วยลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้

ส่วนของการประมวลผล มีสองปัจจัยที่สำคัญคือ ส่วนของการคำนวณและระยะเวลาในการประมวลผล ในกระบวนการประมวลผลของโปรแกรมขณะนี้ยังมีการประมวลผลเชิงความถี่ด้วยการแปลง Fast Fourier Transform พื้นฐาน ทำให้ได้ความถี่ไม่ตรงกับความถี่ที่เกิดขึ้นจริงอย่างสมบูรณ์ จึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าเสียงที่เป็นค่านั้นจะประกอบไปด้วยสามส่วนคือ พัลส์ชณะ สระและตัวสะกด ซึ่งส่วนของพัลส์ชณะและตัวสะกดนั้นมีช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 50 มิลลิวินาที และในการออกเสียงของมนุษย์ยังมีลักษณะเฉพาะของความถี่ที่มีความสัมพันธ์แบบฮาร์โมนิกอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรปรับปรุงสูตรการคำนวณ ประกอบกับลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นหรือจัดกระบวนการการประมวลผลใหม่เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผลซึ่งจะทำให้สามารถพัฒนาไปสู่การจับเสียงเป็นคำพูดได้

ด้านการส่งสัญญาณอินฟราเรด รหัสของสัญญาณรีโมท Saijo Denji มีความซับซ้อนมาก เพราะเป็นการส่งรหัสข้อมูลทั้งหมดบนหน้าจอร์โมท หากสามารถถอดรหัสจากรีโมทได้ก็จะสามารถควบคุมหมวดต่าง ๆ ของเครื่องปรับอากาศได้มากขึ้น และควรเปลี่ยนตัวรับและตัวส่งอินฟราเรดให้มีกำลังส่งมากขึ้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำของการรับ-ส่งสัญญาณในระยะทางที่ไกลขึ้นและช่วยลดปัญหาคลื่นอินฟราเรดจากแหล่งอื่นเข้ามารบกวน

บรรณานุกรม

- [1] มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). รายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2557. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://thaitgri.org/?p=36746>. (18 พฤศจิกายน 2558).
- [2] David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker. Fundamentals of Physics. Wiley, 2010.
- [3] Pass My Exams. Pitch Loudness and Quality of Musical Notes. [Online]. Available แหล่งที่มา <http://www.passmyexams.co.uk/GCSE/physics/pitch-loudness-quality-of-musical-notes.html>. (18 พฤศจิกายน 2558).
- [4] Joe Wolfe, Mava Garnier and John Smith. Voice Acoustics. The Acoustics Group at UNSW, 2009.
- [5] Ronald N. Bracewell. The Fourier Transform and its Applications. 3 edition. McGraw-Hill, 1999.
- [6] National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. (2010). Infrared Waves. Available from แหล่งที่มา http://missionscience.nasa.gov/ems/07_infraredwaves.html. (วันที่ค้นหา 20 พฤศจิกายน 2558)
- [7] รศ.วิชชุดา ไชยศิริมงคล. K-Nearest Neighbour Algorithm. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา home.kku.ac.th/wichuda/DMining/Sudent/K-Nearest.ppt. (วันที่ค้นหา 17 พฤษภาคม 2559)
- [8] นลินี ชนะมุล และเบญญาดา อุณหเลขจิตร. ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์การออกเสียงภาษาไทย ด้วยการประมวลผลสัญญาณเสียงพูด. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2551.
- [9] Richard C. Simpson and Simon P. Levine. Voice Control of a Powered Wheelchair. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2002.
- [10] Everest and Jennings, Inc., 3601 Rider Trail South, Earth City, MO 63045 USA

- [11] ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม หัวหน้าสาขาวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (มทร.) รถเข็นไฟฟ้าควบคุมด้วยเสียง (Electric Wheelchair Control by Voice) แหล่งที่มา <https://www.rmutt.ac.th/content/34763> (วันที่ค้นหา 17 พฤษภาคม 2559)
- [12] อธิภัทร กิจชัยสกุลฤทธิ์ ศักดินันท์ เนียมใหม่และฐิติพงษ์ สติรเมธิกุล ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์กา แพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกา แพงแสน รถเข็นคนพิการควบคุมด้วยเสียงผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Voice Controlled Wheelchair via Microcontroller) แหล่งที่มา http://www.eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc69_IdPro480.pdf (วันที่ค้นหา 17 พฤษภาคม 2559)







ตาราง ก.1 ผลการทดลองตอนที่ 1 การทดสอบปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ

จำนวนครั้ง	ระยะทาง (m)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	0
4	1	1	1	1	1	1	0	0
5	1	1	1	1	1	1	0	0
6	1	1	1	1	1	1	0	0
7	1	1	1	1	1	1	0	0
8	1	1	1	1	1	0	0	0
9	1	1	1	1	1	0	0	0
10	1	1	1	1	1	0	0	0
ค่าเฉลี่ย	100%	100%	100%	100%	100%	60%	10%	0%

ตาราง ก.2 ผลการทดลองตอนที่ 1 การทดสอบปัจจัยด้านระยะทางการส่งสัญญาณระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศแยกส่วน

จำนวนครั้ง	ระยะทาง (m)							
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1
ค่าเฉลี่ย	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%

ตาราง ก.3 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 1

ชุดคำสั่งเสียง	เสียง	จำนวน										ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรวม
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
REU	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REA	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	97%
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	A	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	
REO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	97%
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90%	
RUA	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	97%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	A	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	
RUO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
RAO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
EUA	E	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90%	97%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
EUO	E	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90%	90%
	U	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	80%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
EAO	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
UAO	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REUAO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	94%
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	A	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	80%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90%	

ตาราง ก.5 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 3

ชุดคำสั่งเสียง	เสียง	จำนวน										ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรวม
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
REU	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	97%
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	90%	
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REA	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
RUA	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	97%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	A	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	90%	
RUO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	90%
	U	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	70%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
RAO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	97%
	A	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	90%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
EUA	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	87%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90%	
	A	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	70%	
EUO	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	93%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	80%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
EAO	E	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	97%
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
UAO	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REUAO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	92%
	E	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	80%	
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	90%	
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90%	

ตาราง ก.7 ผลการทดสอบตอนที่ 2 สำหรับผู้ทดลองที่ 5

ชุดคำสั่งเสียง	เสียง	จำนวน										ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรวม
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
REU	R	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	80%	87%
	E	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	80%	
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REA	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	90%
	E	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	70%	
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	87%
	E	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	70%	
	O	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	
RUA	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	87%
	U	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	70%	
	A	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	90%	
RUO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	80%
	U	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	90%	
	O	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	50%	
RAO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	93%
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	90%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	90%	
EUA	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
EUO	E	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	80%	90%
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	90%	
EAO	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	97%
	A	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
UAO	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	100%
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
REUAO	R	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	90%
	E	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	
	U	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	80%	
	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	
	O	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	80%	

ตาราง ก.8 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดสอบที่ 1

ผู้ทดสอบที่ 1	ชุดคำสั่งเสียงแบบจังหวะ							
จำนวนครั้งการทดสอบ	สสส	สสย	สยส	สยย	ยยย	ยยส	ยสย	ยสส
1	0	0	1	1	1	0	1	1
2	1	1	1	0	0	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	0	0	1	1	1
6	0	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	0	1	1	0	1	1
8	1	1	1	1	0	1	1	1
9	1	1	1	1	1	0	1	1
10	1	0	1	1	1	1	0	1
ค่าเฉลี่ย	80%	80%	90%	80%	70%	70%	90%	100%

ตาราง ก.9 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดสอบที่ 2

ผู้ทดสอบที่ 2	ชุดคำสั่งเสียงแบบจังหวะ							
จำนวนครั้งการทดสอบ	สสส	สสย	สยส	สยย	ยยย	ยยส	ยสย	ยสส
1	1	1	0	0	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	0	0	1	0	1
4	1	1	1	1	1	1	0	1
5	1	0	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	0	1	1	1
7	1	1	1	0	1	1	0	1
8	1	0	1	1	1	1	1	1
9	0	1	0	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1
ค่าเฉลี่ย	90%	80%	80%	60%	80%	100%	60%	100%

ตาราง ก.10 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดสอบที่ 3

ผู้ทดสอบที่ 3	ชุดคำสั่งเสียงแบบจังหวะ							
	จำนวนครั้งการทดสอบ	สสส	สสย	สยส	สยย	ยยย	ยยส	ยสย
1	1	1	0	1	0	0	1	1
2	0	1	1	1	0	1	1	1
3	1	0	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	0	1
5	0	1	1	0	1	0	1	1
6	1	0	0	1	1	0	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	0
8	1	0	1	1	0	0	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	0
10	1	1	1	1	1	1	0	1
ค่าเฉลี่ย	80%	70%	80%	90%	70%	60%	80%	80%

ตาราง ก.11 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดลองที่ 4

ผู้ทดสอบที่ 4	ชุดคำสั่งเสียงแบบจังหวะ							
	จำนวนครั้งการทดสอบ	สสส	สสย	สยส	สยย	ยยย	ยยส	ยสย
1	1	1	1	0	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1	1
3	1	0	1	1	0	1	1	1
4	0	1	0	1	1	1	1	1
5	1	1	0	1	1	0	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	0	0	1	1	1	0
8	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	1	1	1	1	1	1
10	0	1	1	1	1	1	0	1
ค่าเฉลี่ย	70%	80%	70%	70%	90%	90%	90%	90%

ตาราง ก.12 ผลการทดลองที่ 3 สำหรับผู้ทดลองที่ 5

ผู้ทดสอบที่ 5	ชุดคำสั่งเสียงแบบจังหวะ								
	จำนวนครั้งการทดสอบ	สสส	สสย	สยส	สยย	ยยย	ยยส	ยสย	ยสส
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1	1	1
3	0	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1
5	1	0	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	0	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	1	0	0	1	1	1	1	1
9	0	0	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	0	1	0	1	1
ค่าเฉลี่ย	70%	80%	70%	80%	80%	100%	90%	100%	

ตาราง ก.13 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดสอบที่ 1

ครั้ง	Temp-air	Fan-air	Swing-air	Plug A	Plug B
1	12.36	17.31	12.46	12.38	16.18
2	11.93	14.04	11.46	13.98	10.68
3	11.46	32.83	13.97	14.57	9.69
4	10.46	15.78	11.45	10.87	11.54
5	13.89	11.62	10.94	12.73	14.00
เฉลี่ย	12.02	18.32	12.06	12.91	12.418

ตาราง ก.14 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดลองที่ 2

ครั้ง	Temp-air	Fan-air	Swing-air	Plug A	Plug B
1	14.56	16.86	16.85	18.99	18.46
2	15.79	17.61	20.46	19.77	13.88
3	10.08	16.75	18.98	11.07	19.42
4	15.98	20.93	11.47	17.68	12.25
5	13.55	17.40	21.96	11.16	9.40
เฉลี่ย	13.99	17.91	17.94	15.73	14.68

ตาราง ก.15 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดสอบที่ 3

ครั้ง	Temp-air	Fan-air	Swing-air	Plug A	Plug B
1	15.35	20.63	15.15	21.21	13.46
2	16.75	20.24	17.92	16.74	15.77
3	19.29	16.43	15.08	16.02	22.93
4	19.59	14.12	13.92	15.33	13.98
5	13.33	14.87	13.70	15.47	14.21
เฉลี่ย	16.86	17.26	15.15	16.95	16.07

ตาราง ก.16 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดลองที่ 4

ครั้ง	Temp-air	Fan-air	Swing-air	Plug A	Plug B
1	17.80	16.34	17.12	26.36	12.62
2	16.09	30.91	26.68	23.77	20.17
3	13.30	65.54	16.78	32.24	14.32
4	13.60	33.95	13.30	21.73	25.43
5	27.24	21.66	15.77	19.06	13.03
เฉลี่ย	17.61	33.68	17.93	24.63	17.11

ตาราง ก.17 ผลการทดสอบตอนที่ 4 สำหรับผู้ทดลองที่ 5

ครั้ง	Temp-air	Fan-air	Swing-air	Plug A	Plug B
1	30.50	14.11	21.57	14.32	17.32
2	24.03	21.44	17.11	15.38	13.89
3	16.03	13.66	19.17	12.84	12.89
4	18.25	7.76	11.00	12.50	11.53
5	9.36	19.66	15.24	9.89	10.46
เฉลี่ย	19.63	15.33	16.82	12.99	13.22



ภาคผนวก ข

รูปภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

มหาวิทยาลัยพระนคร

ตาราง ข.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือ/อุปกรณ์	จำนวน	ยี่ห้อ/รุ่น	สมบัติเฉพาะ
คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง	ASUS / A45V	Intel® Core™ i5 3230M Processor 2.8 GHz, Windows 10 Professional, SDRAM DDR3 1600 MHz 8 GB, Display 14.0", Graphic NVIDIA® GeForce® 610M 2GB DDR3 VRAM, Storage 500GB 5400 rpm
ไมโครโฟน	1 เครื่อง	Dragon	ข้อหมุนแบบ 360 องศา, ขนาด ความยาวสาย 2.7 เมตร
แผงควบคุม	1 แผง	Arduino / Genuine Uno	Operating Voltage 5V, Input Voltage (recommended) 7-12V, Digital I/O Pins 14 (of which 6 provide PWM output), PWM Digital I/O Pins 6, Analog Input Pins 6, SRAM 2 KB (ATmega328P), Clock Speed 16 MHz, Weight 25 g
ตัวปล่อยอินฟราเรด แบบหนึ่งหลอด	1 ตัว	-	GND, 5V, D3 (PWM port), ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร
ตัวปล่อยอินฟราเรด แบบหนึ่งหลอด	1 ตัว	-	GND, 5V, D3 (PWM port), ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร
ตัวรับอินฟราเรด	1 ตัว	-	Supply voltage 3.3V ~ 5.5V, Output matching TTL, CMOS level, active low
รีเลย์	1 ตัว	-	รับกระแสได้สูงถึง 10 A, รับแรงดันระดับ 5 V
สวิตช์	1 ตัว	ข้าง (Chang)	-
ปลั๊กตัวผู้	1 ตัว	ข้าง (Chang)	-

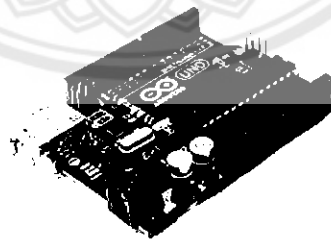
เครื่องมือ/อุปกรณ์	จำนวน	ยี่ห้อ/รุ่น	สมบัติเฉพาะ
ปลั๊กตัวเมีย	2 ตัว	ช่าง (Chang)	-
กล่องไฟกันน้ำ	2 กล่อง	NATO	ขนาด 6 x 6 x 3.5 นิ้ว
ตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้า AC เป็น DC	1 ตัว	ZEQi รุ่น ZE - 25	Input: 220 VAC, 1.5 A Output: 5 VDC
หลอด LED	2 หลอด	-	Forward Voltage (V) 1.8-3.4 V, Current 20MA, Luminous Intensity 5000~7000mcd, View Angle About 30 degrees
สายไฟ	5 ชุด	-	ความยาว 20 cm
พัดลม	1 เครื่อง	House Worth / Mini fan 6"	6 Inch Dia., 220 V 50 Hz, Thermofuse auto off
เครื่องปรับอากาศ	1 เครื่อง	Saijo Denki / SUE-25F-S- STMP1	25440.90 BTU/h
หลอดไฟฟ้าทังสแตน	1 หลอด	Panasonic / Frosted	40 W, 220 – 230 V, 335 lm
ซอฟต์แวร์สำหรับ พัฒนาโปรแกรม วิเคราะห์สัญญาณเสียง	-	NI LabVIEW 2013	Window XP, 32 bit
ซอฟต์แวร์สำหรับ ควบคุมอุปกรณ์	-	Arduino	runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing and other open- source software.



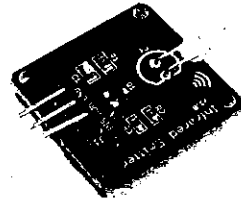
รูปที่ ข.1 คอมพิวเตอร์ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง



รูปที่ ข.2 ไมโครโฟนสำหรับรับสัญญาณเสียงจากผู้ทดสอบ



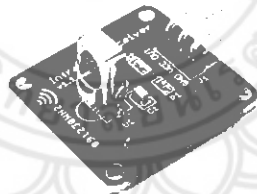
รูปที่ ข.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO



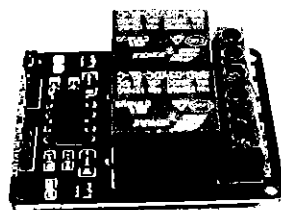
รูปที่ ข.4 ตัวปล่อยอินฟราเรดแบบหนึ่งหลอด



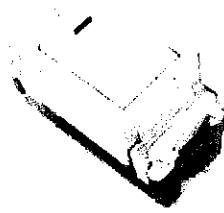
รูปที่ ข.5 ตัวปล่อยอินฟราเรดแบบสี่หลอด



รูปที่ ข.6 ตัวรับอินฟราเรด



รูปที่ ข.7 รีเลย์



รูปที่ ข.8 สวิตช์



รูปที่ ข.9 ปencil ตัวผู้

รูปที่ ข.10 ปencil ตัวเมีย



รูปที่ ข.11 กล่องเนกประสงคกันน้ำ



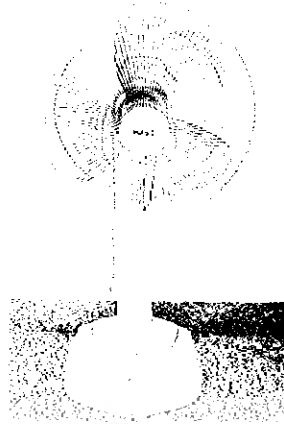
รูปที่ ข.12 ตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้า AC เป็น DC



รูปที่ ข.13 หลอด LED



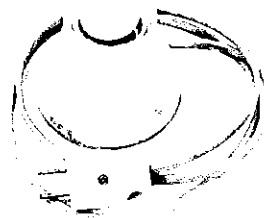
รูปที่ ข.14 สายไฟ



รูปที่ ข.15 พัดลมเป็นหนึ่งในเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องอัจฉริยะ



รูปที่ ข.16 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
ยี่ห้อ Sajo Denki เป็นหนึ่งในเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องอัจฉริยะ



รูปที่ ข.17 หลอดไฟ ทังสแตน



การทดลองตอนที่ 1 การทดลองปัจจัยด้านระยะการส่งสัญญาณ

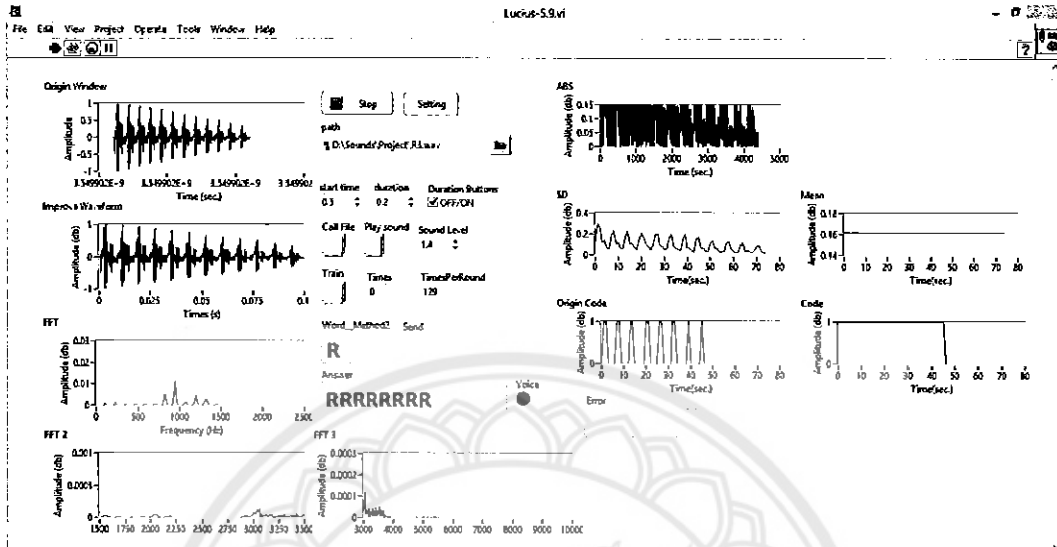


รูปที่ ค.1 การทดสอบหาระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับกล่องรับสัญญาณ

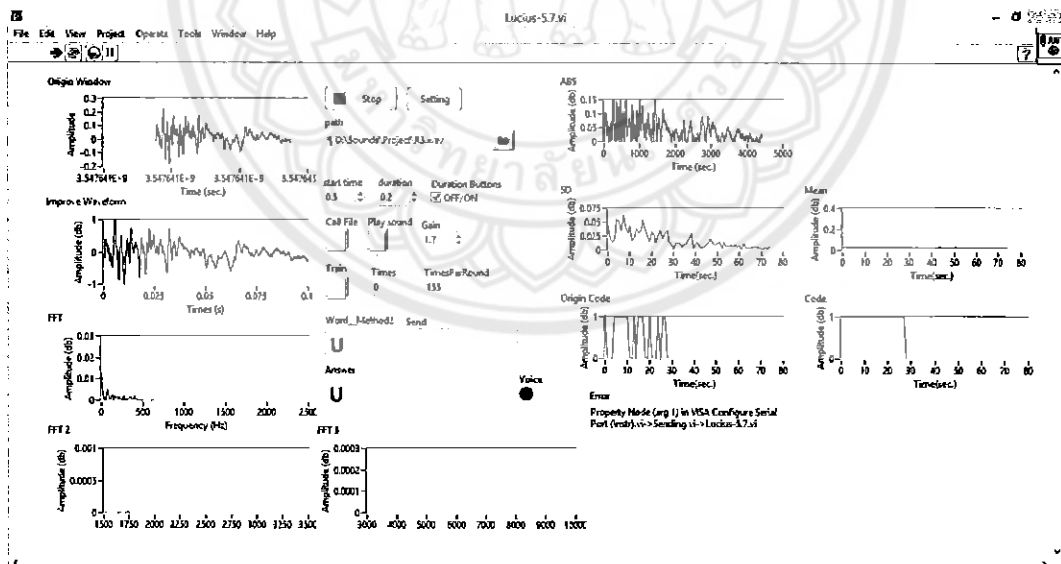


รูปที่ ค.2 การทดสอบระยะการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่างกล่องส่งสัญญาณกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

การทดลองตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่

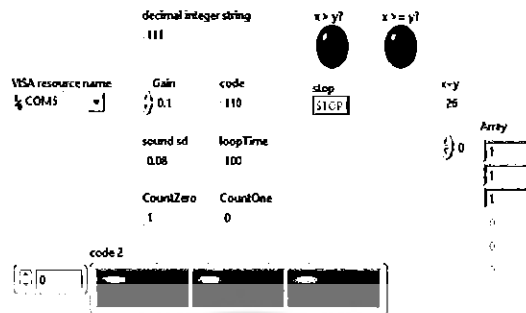


รูปที่ ค.3 การทดลองวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ ซึ่งกำลังทดลองเสียง อา โดยมีข้อมูลเสียง 3 เสียง คือ อา อี อู



รูปที่ ค.4 การวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่

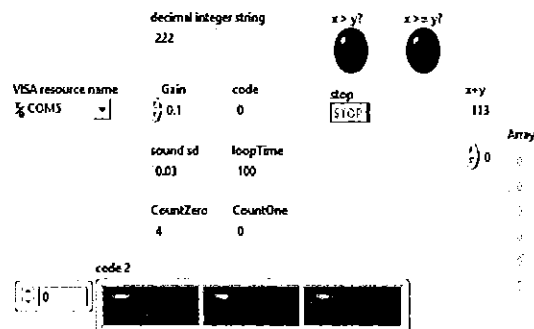
การทดลองตอนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบจังหวะ



รูปที่ ค.5 ผลการทดสอบชุดคำสั่งเสียง สั้นสั้นสั้น แบบจังหวะ

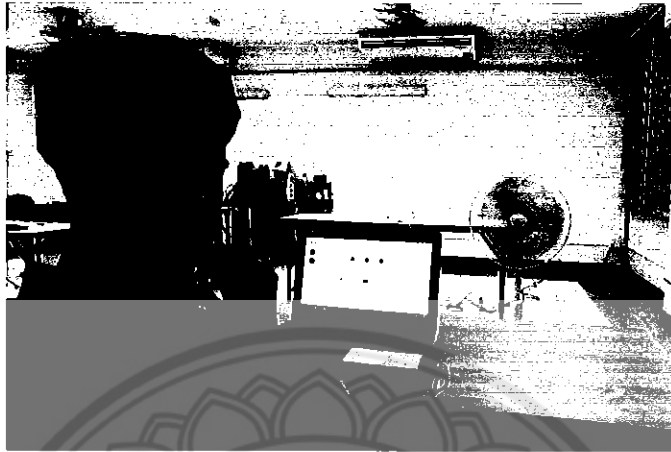


รูปที่ ค.6 ผลการทดสอบชุดคำสั่งเสียง สั้นสั้นยาว แบบจังหวะ

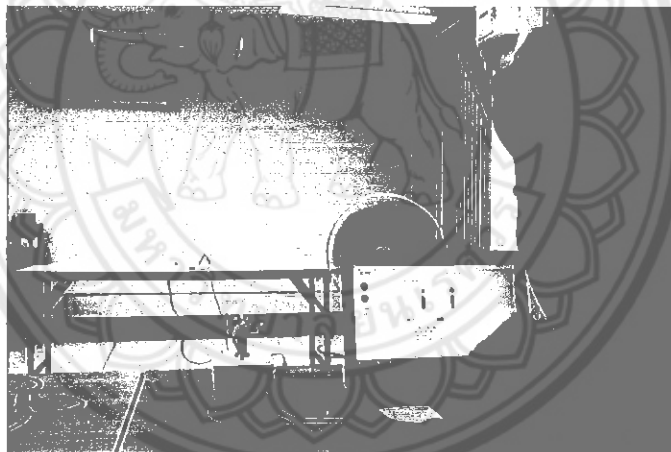


รูปที่ ค.7 ผลการทดสอบชุดคำสั่งเสียง ยาวยาวยาว แบบจังหวะ

การทดลองตอนที่ 4 การทดสอบการใช้ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ ค.8 การทดสอบควบคุม เปิด/ปิด หลอดไฟ โดยการสั่งการด้วยเสียง

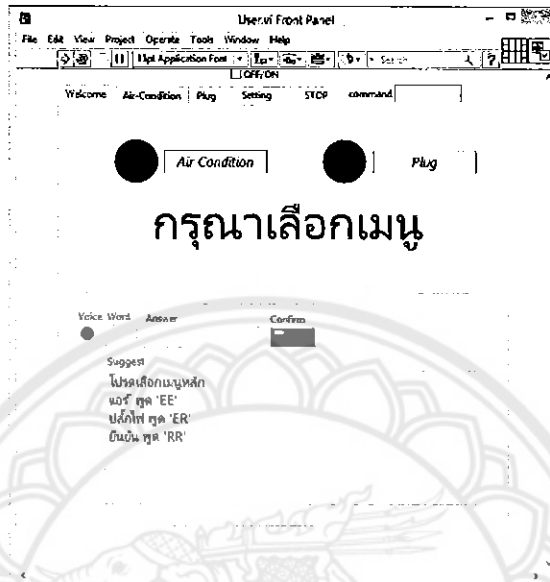


รูปที่ ค.9 การทดสอบควบคุม เปิด/ปิด พัดลมตั้งพื้น โดยการสั่งการด้วยเสียง



คู่มือการใช้งานโปรแกรมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

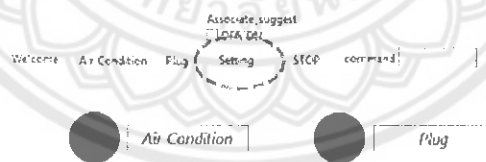
1. เปิดโปรแกรมหน้าต่างผู้ใช้งาน (User)



รูปที่ ง.1 หน้าต่างโปรแกรมผู้ใช้งาน

ซึ่งหน้าต่างโปรแกรมผู้ใช้งานสามารถแบ่งการใช้งานได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

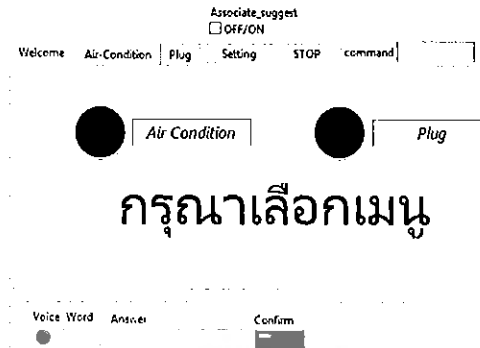
- ส่วนการตั้งค่าโปรแกรม



กรุณาเลือกเมนู

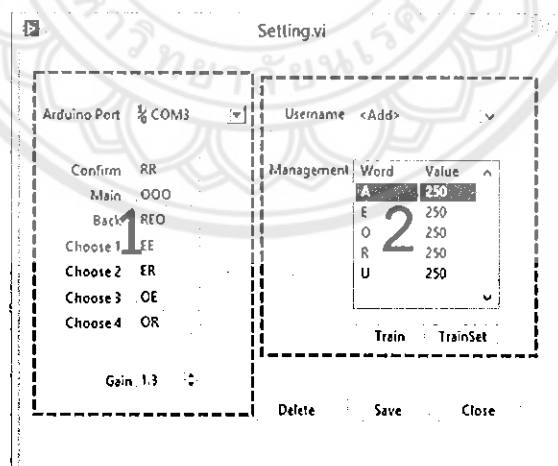
รูปที่ ง.2 การตั้งค่าโปรแกรม

- ส่วนการใช้งานโปรแกรม



รูปที่ ๓.3 การใช้งานโปรแกรม

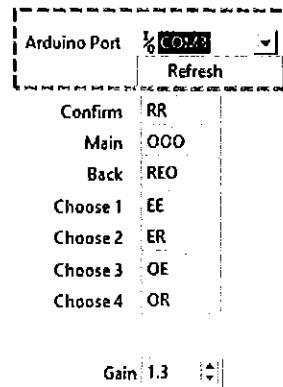
2. เมื่อกด Setting จะพบหน้าต่างการตั้งค่าโปรแกรมแสดงดังรูปที่ ซึ่งหน้าต่างการตั้งค่าแบ่งการตั้งค่าออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนตั้งค่าการควบคุมและส่วนระบบข้อมูลเสียง



รูปที่ ๓.4 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าโปรแกรม

- 2.1. ส่วนตั้งค่าการควบคุม ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

- *Arduino Port* คือ การเลือก Port Arduino ที่มีการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์อยู่



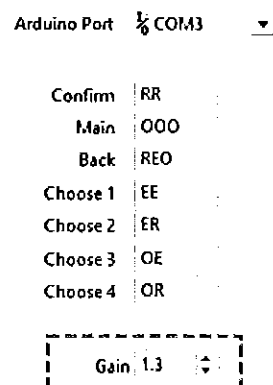
รูปที่ ๑.5 การตั้งค่า Arduino Port

- การตั้งค่าคำสั่งในการใช้งาน คือ การเลือกชุดคำสั่งที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกค่าที่เหมาะสมกับผู้ใช้งานได้



รูปที่ ๑.6 การตั้งค่าชุดคำสั่งในการใช้งาน

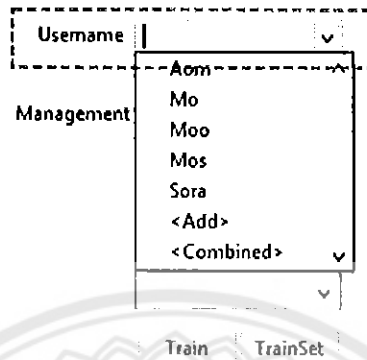
- Gain คือ การปรับความดังขึ้นต่ำในการรับสัญญาณเสียง



รูปที่ ๑.7 การปรับความดังขึ้นต่ำในการรับสัญญาณเสียง

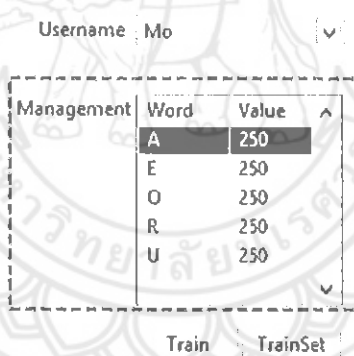
2.2. ส่วนระบบข้อมูลเสียง หรือการฝึกเสียงของผู้ใช้งาน ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- *Username* คือ การระบุชื่อไฟล์ของข้อมูลเสียงผู้ใช้งาน แสดงดังรูปที่



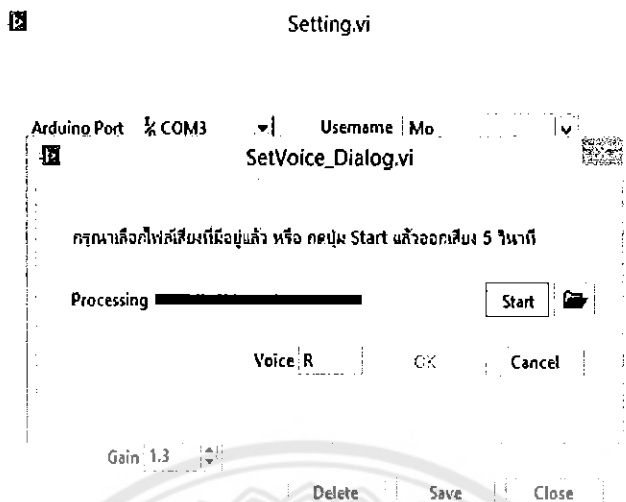
รูปที่ ง.8 การตั้งค่าชื่อไฟล์ของผู้ใช้งาน

- *Management* คือ ข้อมูลการฝึกเสียงของผู้ใช้งาน แสดงดังรูปที่



รูปที่ ง.9 ข้อมูลการฝึกเสียงของผู้ใช้งาน

- *Trainset* คือ การฝึกเสียงของผู้ใช้งาน ลงไปในฐานข้อมูลของโปรแกรม ซึ่งหน้าต่าง *Trainset* สามารถรับเสียงได้ 2 แบบ คือ เสียงจากไมโครโฟน และไฟล์เสียงที่มีอยู่ แล้วแต่ต้องมีความยาวตั้งแต่ 5 วินาทีขึ้นไป ถ้าหากใช้จากไมโครโฟนให้ทำการกดปุ่ม *Start* แล้วออกเสียงเป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นระบุชื่อเสียงลงในช่องว่าง 'voice' เมื่อมีการเติมชื่อแล้ว ปุ่ม *ok* จะสามารถกดได้ หลังจากนั้นให้ทำการกดปุ่ม *ok* เพื่อบันทึกข้อมูล



รูปที่ ง.10 การบันทึกข้อมูลการฝึกเสียงของผู้ใช้งาน

3. เมื่อทำการฝึกเสียงเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำการกดปุ่ม Close เพื่อเสร็จสิ้นการตั้งค่าพร้อมสำหรับการใช้งานต่อไป

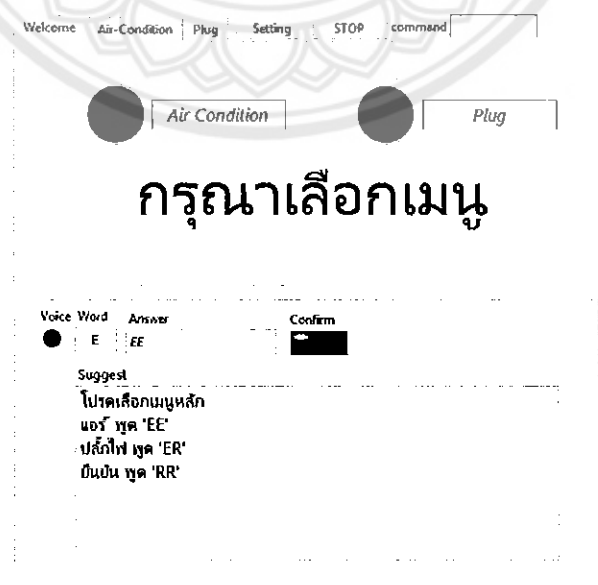
ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม เช่น การสั่งควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1. เปิดโปรแกรม User และรันโปรแกรม



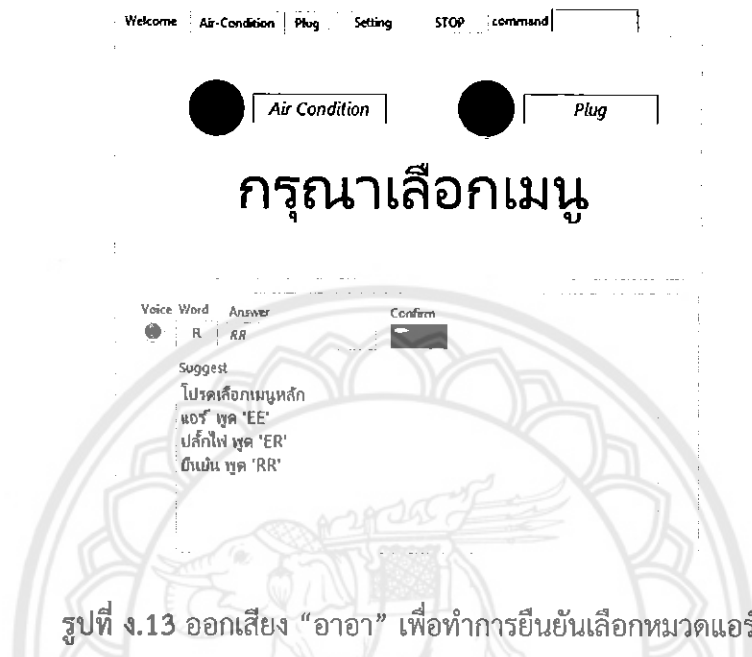
รูปที่ ง.11 หน้าต่างโปรแกรมผู้ใช้

2. ออกเสียงพูด “อีอี” เพื่อเลือกหมวดคำสั่งแอร์



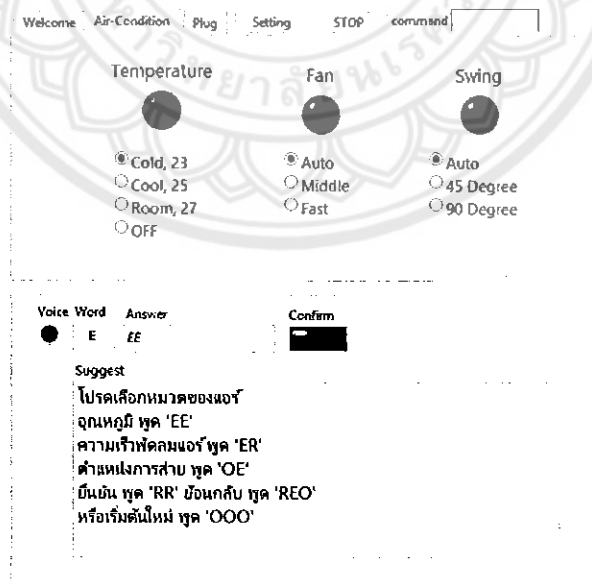
รูปที่ ง.12 ออกเสียง “อีอี” เพื่อทำการเข้าหมวดแอร์

3. เมื่อสัญญาณไฟหมวดแอร์ติดทำการออกเสียงพูด “อาา” เพื่อทำการตกลงการเลือกสั่ง



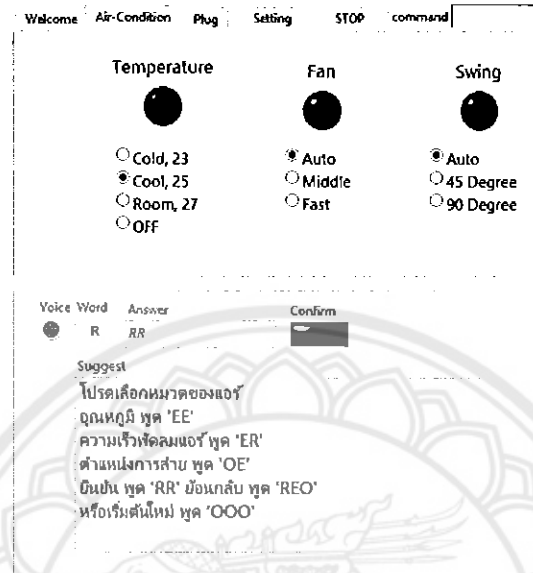
รูปที่ ง.13 ออกเสียง “อาา” เพื่อทำการยืนยันเลือกหมวดแอร์

4. ออกเสียงพูด “อีอี” เพื่อเลือกหมวดคำสั่ง Temperature



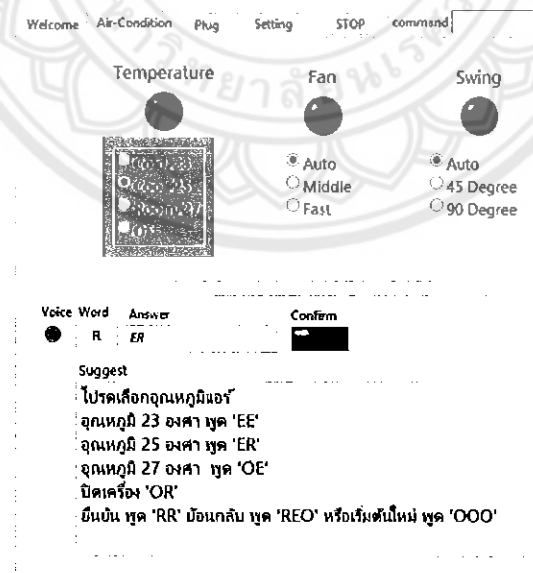
รูปที่ ง.14 ออกเสียง “อีอี” เพื่อเข้าหมวดอุณหภูมิ

5. เมื่อสัญญาณไฟหมวด Temperature ดัดทำการออกเสียงพูด “อาา” เพื่อทำการตกลงการเลือกสั่ง



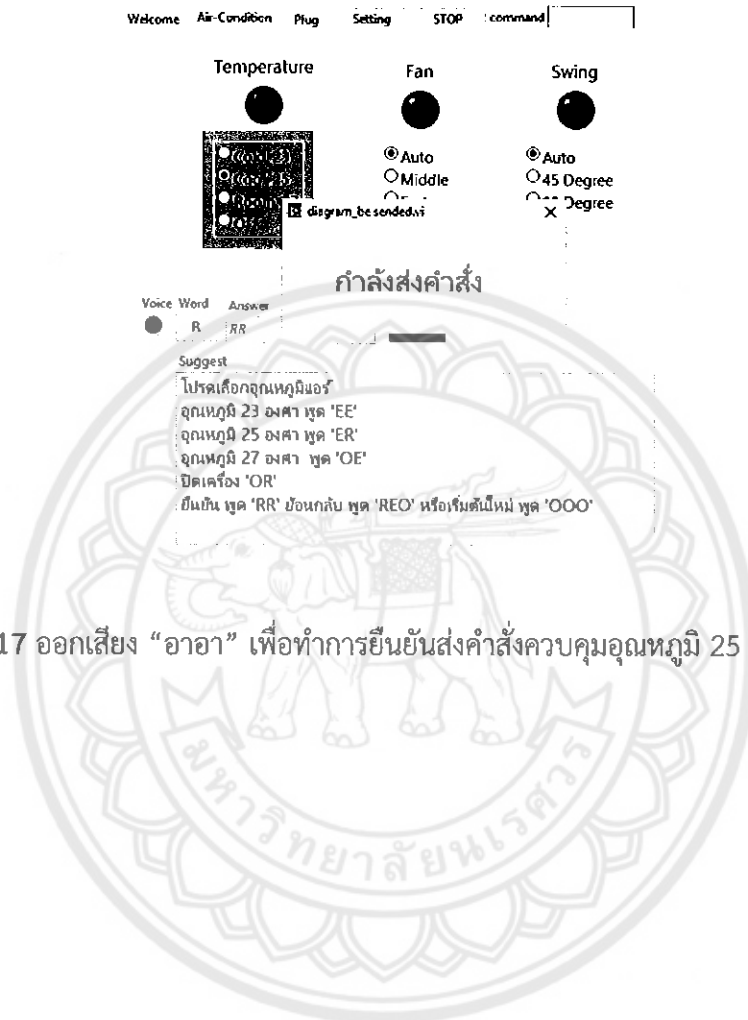
รูปที่ ง.15 ออกเสียง “อาา” เพื่อทำการยืนยันเข้าหมวดอุณหภูมิ

6. ออกเสียงพูด “อีอา” เพื่อเลือกสั่งอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ ง.16 ออกเสียง “อีอา” เพื่อทำการเลือกอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

7. ออกเสียงพูด “อาอา” เพื่อทำการยืนยันส่งคำสั่งควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ ง.17 ออกเสียง “อาอา” เพื่อทำการยืนยันส่งคำสั่งควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



โค้ด Arduino ในกล่องส่งสัญญาณ

```

1 #include "IRremote.h"
2
3 IRsend irsend;
4 int ledPin = 7;
5 IRrecv irrecv(1);
6 decode_results results;
7
8 String inputString = "";
9 boolean stringComplete = false;
10 unsigned int rawx[148];
11 boolean dump_open = false;
12 char str;
13
14 void setup()
15 {
16   Serial.begin(9600);
17   Serial.println("Sender Decode READY");
18   pinMode(ledPin, OUTPUT);
19   inputString.reserve(200);
20 }
21
22
23 void loop()
24 {
25   if (stringComplete) {
26     Serial.println(inputString);
27     Serial.println(str);
28     inputString = "";           // clear the string:
29     stringComplete = false;
30   }
31 }
32
33 void serialEvent() {
34   while (Serial.available()) {

```

```

35 // str = Serial.read();
36 int cmd = Serial.parseInt();
37 boolean cmd_ok = false;
38 // digitalWrite(ledPin, HIGH); delay(50);
39 // digitalWrite(ledPin, LOW); delay(50);
40 // digitalWrite(ledPin, HIGH); delay(50);
41 // digitalWrite(ledPin, LOW); delay(50);
42 // char inChar = (char)Serial.read();
43
44 inputString += (String)cmd;
45 if (cmd == 1234) { dump_open = !dump_open; }
46 else if (cmd == 67)
47 { create_mark(0xA000B602, 0x2C8A2CFF, 0xED, 32); cmd_ok = true; }
48 else if (cmd == 111)
49 { create_mark(0xA090B202, 0x120A12FF, 0x5A, 32); cmd_ok = true; }
50 else if (cmd == 2311)
51 { create_mark(0xA090AE03, 0x1D0B1DFF, 0x7C, 32); cmd_ok = true; }
52 else if (cmd == 2312)
53 { create_mark(0xA090AE83, 0x1C0B1CFF, 0x07, 32); cmd_ok = true; }
54 else if (cmd == 2313)
55 { create_mark(0xA090AE43, 0x170B17FF, 0xC8, 32); cmd_ok = true; }
56 else if (cmd == 2321)
57 { create_mark(0xA090AE03, 0x16AB16FF, 0xEB, 32); cmd_ok = true; }
58 else if (cmd == 2322)
59 { create_mark(0xA090AE83, 0x16AB16FF, 0xEB, 32); cmd_ok = true; }
60 else if (cmd == 2323)
61 { create_mark(0xA090AE43, 0x15AB15FF, 0xA9, 32); cmd_ok = true; }
62 else if (cmd == 2331)
63 { create_mark(0xA090AE03, 0x146B14FF, 0xB2, 32); cmd_ok = true; }
64 else if (cmd == 2332)
65 { create_mark(0xA090AE83, 0x146B14FF, 0xB2, 32); cmd_ok = true; }
66 else if (cmd == 2333)
67 { create_mark(0xA090AE43, 0x136B13FF, 0x75, 32); cmd_ok = true; }
68 else if (cmd == 2511)
69 { create_mark(0xA090B203, 0x0C0B0CFF, 0x7C, 32); cmd_ok = true; }
70 else if (cmd == 2512)

```

```
71 { create_mark(0xA090B283, 0x0B0B0BFF, 0x59, 32); cmd_ok = true; }
72 else if (cmd == 2513)
73 { create_mark(0xA090B243, 0x068B06FF, 0xA0, 32); cmd_ok = true; }
74 else if (cmd == 2521)
75 { create_mark(0xA090B203, 0x09AB09FF, 0xE2, 32); cmd_ok = true; }
76 else if (cmd == 2522)
77 { create_mark(0xA090B283, 0x08AB08FF, 0xC3, 32); cmd_ok = true; }
78 else if (cmd == 2523)
79 { create_mark(0xA090B243, 0x07AB07FF, 0x01, 32); cmd_ok = true; }
80 else if (cmd == 2531)
81 { create_mark(0xA090B203, 0x078B07FF, 0xE3, 32); cmd_ok = true; }
82 else if (cmd == 2532)
83 { create_mark(0xA090B283, 0x078B07FF, 0xE3, 32); cmd_ok = true; }
84 else if (cmd == 2533)
85 { create_mark(0xA090B243, 0x090B09FF, 0xA0, 32); cmd_ok = true; }
86 else if (cmd == 2711)
87 { create_mark(0xA090B603, 0x030B03FF, 0x28, 32); cmd_ok = true; }
88 else if (cmd == 2712)
89 { create_mark(0xA090B612, 0x0B620BFF, 0xB3, 32); cmd_ok = true; }
90 else if (cmd == 2713)
91 { create_mark(0xA090B643, 0x020B02FF, 0xEB, 32); cmd_ok = true; }
92 else if (cmd == 2721)
93 { create_mark(0xA090B651, 0x330133FF, 0x04, 32); cmd_ok = true; }
94 else if (cmd == 2722)
95 { create_mark(0xA090B683, 0x01AB01FF, 0x89, 32); cmd_ok = true; }
96 else if (cmd == 2723)
97 { create_mark(0xA090B643, 0x01AB01FF, 0x49, 32); cmd_ok = true; }
98 else if (cmd == 2731)
99 { create_mark(0xA090B603, 0x006B00FF, 0x52, 32); cmd_ok = true; }
100 else if (cmd == 2732)
101 { create_mark(0xA090B683, 0x006B00FF, 0x52, 32); cmd_ok = true; }
102 else if (cmd == 2733)
103 { create_mark(0xA090B692, 0x15A215FF, 0xE7, 32); cmd_ok = true; }
104
105 unsigned long rawn = 0;
106 if (cmd == 61) {
```

```
107     rawn = 0xffa25d;
108     }
109     else if (cmd == 109) {
110         rawn = 0xffa25e;
111     }
112     else if (cmd == 62) {
113         stringComplete = true;
114         rawn = 0xff42bd;
115     }
116     else if (cmd == 110) {
117         stringComplete = true;
118         rawn = 0xff42be;
119     }
120
121     if (cmd_ok) {
122         irsend.sendRaw(rawx, 148, 38);
123         if (dump_open) { dump();}
124         digitalWrite(ledPin, HIGH);
125         delay(500);
126         digitalWrite(ledPin, LOW);
127         delay(500);
128         cmd_ok = false;
129         stringComplete = true;
130     }
131     else if (rawn != 0) {
132         irsend.sendNEC(rawn, 32); delay(100); rawn = 0;
133     }
134 }
135 }
136
137
138 void create_mark (unsigned long hash1, unsigned long hash2, unsigned long
hash3, int fbits)
139 {
140     rawx[0] = 8950;
141     rawx[1] = 4500;
```

```
142 unsigned long BIT = 0x80000000;
143 for (int i = 1; i < fbits + 1; i++) { // Code1
144     if (hash1 & BIT) {
145         rawx[i*2] = 650;
146         rawx[i*2 + 1] = 1650;
147     }
148     else {
149         rawx[i*2] = 650;
150         rawx[i*2 + 1] = 500;
151     }
152     hash1 <<= 1;
153 }
154 for (int i = fbits + 1; i < 2 * fbits + 1; i++) { // Code2
155     if (hash2 & BIT) {
156         rawx[i*2] = 650;
157         rawx[i*2 + 1] = 1650;
158     }
159     else {
160         rawx[i*2] = 650;
161         rawx[i*2 + 1] = 500;
162     }
163     hash2 <<= 1;
164 }
165 for (int i = 2 * fbits + 1; i < 2 * fbits + 9; i++) { // Code3
166     if (hash3 & 0x80) {
167         rawx[i*2] = 650;
168         rawx[i*2 + 1] = 1650;
169     }
170     else {
171         rawx[i*2] = 650;
172         rawx[i*2 + 1] = 500;
173     }
174     hash3 <<= 1;
175 }
176 rawx[146] = 650;
177 rawx[147] = 0;
```

```
178 }  
179  
180 void dump()  
181 {  
182   for (int i = 1; i <= 148 ; i++)  
183   {  
184     Serial.println(rawx[i-1]);  
185     Serial.println(", ");  
186   }  
187 }
```



โค้ด Arduino ในกล่องรับสัญญาณ

```

1 #include <IRremote.h>
2 #include "IRremote.h"
3 IRsend irsend;
4 String inputString = "";
5 boolean stringComplete = false;
6
7 int RECV_PIN = 11;
8 int relay_pin1 = 5;
9 int relay_pin = 6;
10 int actual_state = LOW;
11 int actual_state1 = LOW;
12 IRrecv irrecv(RECV_PIN);
13 decode_results results;
14
15 void setup()
16 {
17
18   Serial.begin(9600);
19   inputString.reserve(200);
20
21   irrecv.enableIRIn(); // Start the receiver
22   pinMode(relay_pin, OUTPUT); // relay pin 5
23   pinMode(relay_pin1, OUTPUT); // relay pin 6
24   Serial.println("Receiver Station are Ready : ");
25 }
26
27 int c = 0;
28
29 void dump(decode_results *results) {
30   int count = results->rawlen;
31   Serial.println(c);
32   c++;
33   Serial.println("For IR Scope: ");
34   for (int i = 1; i < count; i++) {

```



```
35
36   if ((i % 2) == 1) {
37     Serial.print("+");
38     Serial.print(results->rawbuf[i]*USECPERTICK, DEC);
39   }
40   else {
41     Serial.print(-(int)results->rawbuf[i]*USECPERTICK, DEC);
42   }
43   Serial.print(" ");
44 }
45 Serial.println("");
46 Serial.println("For Arduino sketch: ");
47 Serial.print("unsigned int raw");
48 Serial.print(c);
49 Serial.print("[");
50 Serial.print(count, DEC);
51 Serial.print("] = {");
52 for (int i = 1; i < count; i++) {
53
54   if ((i % 2) == 1) {
55     Serial.print(results->rawbuf[i]*USECPERTICK, DEC);
56   }
57   else {
58     Serial.print((int)results->rawbuf[i]*USECPERTICK, DEC);
59   }
60   Serial.print(",");
61 }
62 Serial.print("};");
63 Serial.println("");
64 Serial.print("irsend.sendRaw(");
65 Serial.print("raw");
66 Serial.print(c);
67 Serial.print(",");
68 Serial.print(count, DEC);
69 Serial.print(",38);");
70 Serial.println("");
```

```
71 Serial.println("");
72 }
73
74
75 void loop()
76 {
77   if (Irrecv.decode(&results))
78   {
79     if (results.value == 0xffa25d) { // On/Off button
80       Serial.println(results.value, HEX);
81       actual_state = (actual_state == LOW) ? HIGH : LOW;
82       dump(&results);
83       digitalWrite(relay_pin, actual_state);
84       irrecv.resume();
85     }
86     else if (results.value == 0xff42bd) { // On/Off button
87       Serial.println(results.value, HEX);
88       actual_state1 = (actual_state1 == LOW) ? HIGH : LOW;
89       dump(&results);
90       digitalWrite(relay_pin1, actual_state1);
91       irrecv.resume();
92     }
93   }
94   else
95   {
96     if (irrecv.decode(&results))
97     {
98       Serial.println("No found");
99       Serial.println(results.value, HEX);
100      Serial.println(results.decode_type);
101      dump(&results);
102      irrecv.resume();
103    }
104  }
105 }
```



การออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ ได้ใช้หลักการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการ K – Nearest Neighbor ซึ่งในกระบวนการนี้มีการกำหนดค่าคงที่ของจำนวนที่ใกล้ที่สุดเป็นจำนวน K ค่า โดยค่า K จะถูกกำหนดตามความเหมาะสม เนื่องจากในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงนั้นได้ใช้ฐานข้อมูลของผู้ทดสอบจำนวนเสียงละ 250 ข้อมูล ดังนั้นจำนวนการเลือกข้อมูลที่ใกล้ที่สุดอาจจะส่งผลต่อการจำแนก ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองค่า K เพื่อหาค่า K ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ของโปรแกรม

ในการทดลองจะใช้ข้อมูลเสียง เอ ของผู้ทดสอบทั้ง 5 ท่าน ซึ่งได้จากการบันทึกเสียงไว้ 5 วินาที โดยทำการสุ่มเลือกข้อมูลลักษณะเสียงมา 3 ชุด หลังจากนั้นจึงนำไปจำแนกด้วยวิธีการ KNN โดยเริ่มต้นที่ค่า $K = 1$ และปรับค่า K เพิ่มขึ้นทีละ 1 ค่า จนถึง $K = 20$ และมีฐานข้อมูลเสียงทั้งหมด 5 เสียง ได้แก่ อา อี อุ เอ และโอ ซึ่งในแต่ละเสียงนั้นจะมีจำนวน 250 ข้อมูล โดยผลลัพธ์จากการทดสอบเมื่อมีการจำแนกถูกต้องจะกำหนดให้เป็น 1 และหากจำแนกผิดจะกำหนดค่าเป็น 0

จากตารางที่ อ.1 จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องเมื่อทำการเปลี่ยนค่า K ของชุดข้อมูลทดสอบส่วนใหญ่ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง แต่สำหรับผู้ทดสอบที่ 4 ค่า K ตั้งแต่ 3 ขึ้นไปให้ผลการทดสอบที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นการเลือกค่า K จึงส่งต่อการวิเคราะห์ของโปรแกรม ซึ่งค่า K ที่เหมาะสมที่สุดในกรณีของโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงโดยใช้ลักษณะเฉพาะ 6 ค่า อยู่ที่ $K = 1, 2$ แต่หากมีการปรับการแบ่งกลุ่มข้อมูลลักษณะเฉพาะของสัญญาณเสียงใหม่ ค่า K ที่เหมาะสมที่สุดอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไป

ตาราง ฉ.1 ผลการจำแนกข้อมูลเสียงด้วยวิธี KNN ที่ค่า K ต่าง ๆ

K	ผู้ทดลองที่ 1			ผู้ทดลองที่ 2			ผู้ทดลองที่ 3			ผู้ทดลองที่ 4			ผู้ทดลองที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1

เนื่องจากในระหว่างทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่พบข้อสังเกตว่า ปัจจัยของระยะห่างของไมโครโฟนกับผู้ทดสอบและสภาพแวดล้อมที่มีเสียงรบกวน มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ของโปรแกรม คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้และด้านเสียงรบกวนที่มีผลต่อการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ของโปรแกรม

การทดลองนี้จึงได้ใช้โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่วิเคราะห์เสียงของผู้ทดสอบที่ 1 โดยทดลองระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้โดยมีการติดตั้งตำแหน่งไมโครโฟนเป็นสามตำแหน่ง คือ ตำแหน่งใกล้ริมฝีปาก ตำแหน่งปากคอเสื้อ และตำแหน่งใกล้คอมพิวเตอร์ (มีระยะห่างประมาณ 40 เซนติเมตร ระหว่างผู้ทดสอบกับไมโครโฟน) โดยในแต่ละระยะห่างจะทดลองใน 2 สภาวะ คือ สภาวะมีเสียงรบกวนและสภาวะไม่มีเสียงรบกวน ซึ่งจะทดสอบทั้งหมด 5 เสียง ได้แก่ อา อี อุ เอ และโอ และทดสอบเสียงละ 10 ครั้ง

ตาราง ๑.2 ผลการทดลองปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้และด้านเสียงรบกวนที่มีผลต่อการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ของโปรแกรมที่ตำแหน่งใกล้ริมฝีปาก

จำนวนครั้ง	ไม่มีเสียงรบกวน					มีเสียงรบกวน				
	อา	อี	อุ	เอ	โอ	อา	อี	อุ	เอ	โอ
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
4	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
7	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
8	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
9	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ค่าเฉลี่ย (%)	100	90	70	100	100	100	60	20	100	90

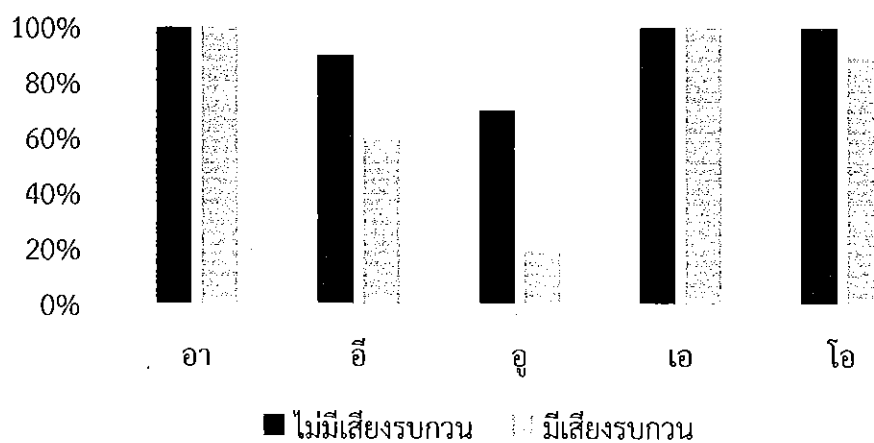
ตาราง ฉ.3 ผลการทดลองปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้และด้านเสียงรบกวนที่มีผลต่อการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ของโปรแกรมที่ตำแหน่งปกคอเสื้อ

จำนวนครั้ง	ไม่มีเสียงรบกวน					มีเสียงรบกวน				
	อา	อี	อุ	เอ	โอ	อา	อี	อุ	เอ	โอ
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
4	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
7	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
8	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
9	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
10	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
ค่าเฉลี่ย (%)	100	80	100	100	100	100	30	10	100	80

ตาราง ฉ.4 ผลการทดลองปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ใช้และด้านเสียงรบกวนที่มีผลต่อการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ของโปรแกรมที่ตำแหน่งใกล้คอมพิวเตอร์

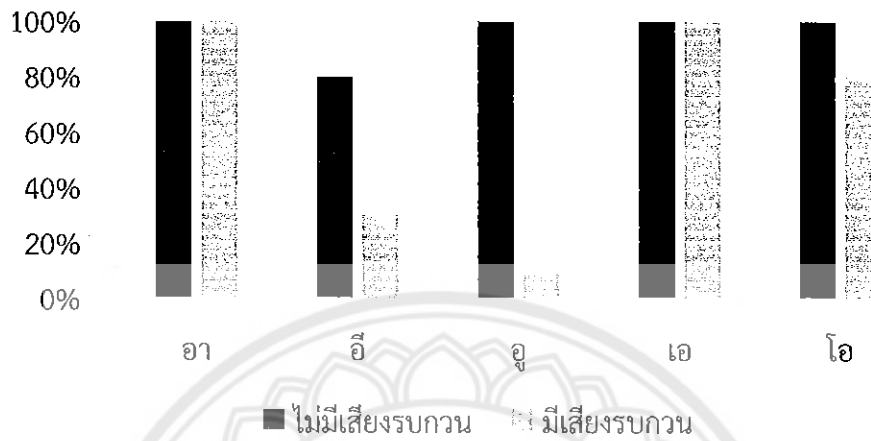
จำนวนครั้ง	ไม่มีเสียงรบกวน					มีเสียงรบกวน				
	อา	อี	อุ	เอ	โ	อา	อี	อุ	เอ	โ
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
2	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
4	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
5	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
6	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
7	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0
8	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
10	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
ค่าเฉลี่ย (%)	100	50	40	100	100	100	10	0	70	70

ความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่
ที่ตำแหน่งใกล้ริมฝีปาก



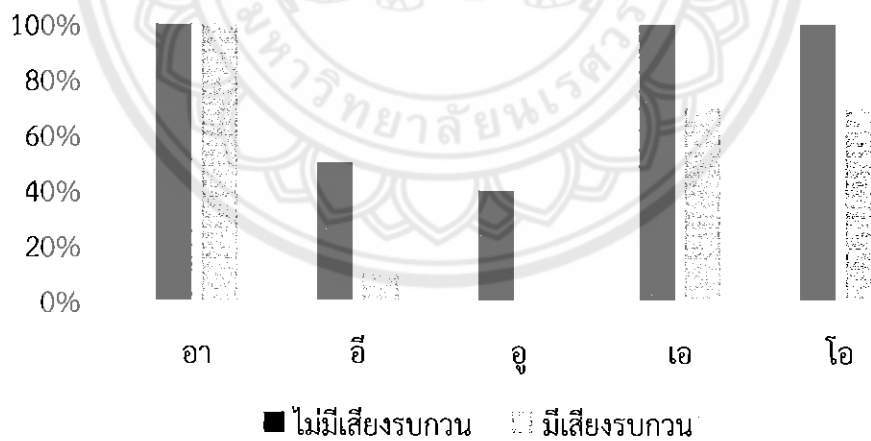
รูปที่ ฉ.1 กราฟความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ ที่ตำแหน่งใกล้ริมฝีปาก

ความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่
ที่ตำแหน่งปกคอเสื้อ



รูปที่ ๑.2 กราฟความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ ที่ตำแหน่งปกคอเสื้อ

ความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่
ที่ตำแหน่งใกล้คอมพิวเตอร์



รูปที่ ๑.3 กราฟความถูกต้องของการวิเคราะห์สัญญาณเสียงแบบความถี่ ที่ตำแหน่งใกล้คอมพิวเตอร์

จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยด้านระยะห่างระหว่างไมโครโฟนกับผู้ทดสอบมีผลต่อเสียง *อู* มากที่สุด โดยเสียง *อู* จะวิเคราะห์ได้ดีที่สุดเมื่อไมโครโฟนอยู่ที่ตำแหน่งปกคอเสื้อ อาจด้วยเนื่องจากเสียง *อู* และ *โอ* นั้นมีความใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันที่ลักษณะเฉพาะในย่านความถี่ต่ำซึ่งเสียง *โอ* มีค่ามากกว่า และย่านความถี่สูง เสียง *โอ* มีค่าน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อออกเสียง *อู* ที่ตำแหน่งใกล้ริมฝีปาก อาจจะทำให้ย่านความถี่ต่ำที่เกิดจากลมปากมีค่ามากจึงทำให้โปรแกรมวิเคราะห์ที่ได้เสียง *โอ* ในบางครั้ง (จากรูปที่ ๑.1) และเมื่อออกเสียง *อู* ที่ตำแหน่งใกล้คอมพิวเตอร์ ไมโครโฟนอาจจะรับเสียงในย่านความถี่สูงได้น้อยทำให้การวิเคราะห์เป็นเสียง *โอ* ด้วยเช่นกัน (จากรูปที่ ๑.2) แต่ที่ตำแหน่งปกคอเสื้อเป็นระยะที่ไม่ได้รับเสียงจากลมปากโดยตรงและไม่ไกลเกินไปทำให้เสียง *อู* วิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำ (จากรูปที่ ๑.3) ส่วนเสียง *อี* จะมีความถูกต้องลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มมากขึ้น อาจเป็นเพราะเสียง *อี* มีลักษณะเฉพาะอยู่ในย่านความถี่สูงซึ่งทำให้เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้นไมโครโฟนอาจจะรับเสียงย่านความถี่สูงได้น้อยลง ทำให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องน้อยลง

ด้านปัจจัยเสียงรบกวน เสียง *อู* ได้รับผลจากเสียงรบกวนมากที่สุด และรองลงมาคือเสียง *อี* ซึ่งได้รับผลในทุกระยะ อาจเป็นเพราะเสียง *อู* และ *อี* นั้นมีลักษณะเฉพาะจำนวนน้อยทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้บ่อย ส่วนเสียง *โอ* ได้รับผลกระทบมากขึ้นเพิ่มระยะห่างเพิ่มขึ้น และเสียง *เอ* จะได้รับผลกระทบเมื่อไมโครโฟนอยู่ที่ระยะคอมพิวเตอร์เท่านั้น อาจเนื่องจากตำแหน่งที่คอมพิวเตอร์มีระยะที่ไกลทำให้ได้รับเสียงย่านความถี่สูงน้อยลง ทำให้วิเคราะห์จึงเริ่มเกิดความผิดพลาด แต่เสียง *อว* เป็นเสียงที่ยังคงวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ไม่ว่าจะปัจจัยทางด้านระยะห่างหรือปัจจัยด้านเสียงรบกวน อาจจะเป็นเนื่องจากเสียง *อว* เป็นเสียงที่มีลักษณะเฉพาะจำนวนมากอยู่ในหลายย่านความถี่ทำให้เสียง *อว* ได้รับผลกระทบจากทั้งสองปัจจัยค่อนข้างน้อยกว่าเสียงอื่น ๆ

ดังนั้นจะพบว่าปัจจัยด้านระยะห่างของไมโครโฟนมีผลต่อเสียงที่มีลักษณะเฉพาะอยู่ในย่านความถี่สูง เช่นเสียง *โอ* และ *เอ* เป็นต้น ส่วนปัจจัยด้านเสียงรบกวนจะมีผลต่อการออกเสียงที่มีลักษณะเฉพาะน้อยอย่างเช่น เสียง *อู* และ *โอ* ได้อย่างชัดเจน เพราะฉะนั้นในการใช้งานจริงจะต้องคำนึงถึงระยะห่างและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

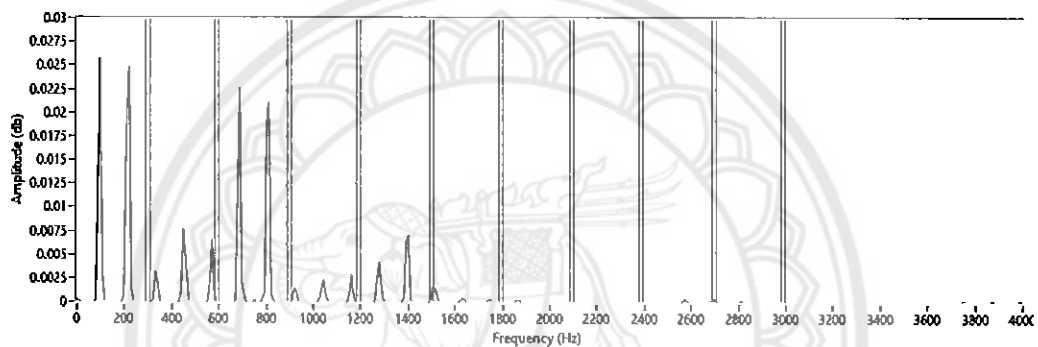


ภาคผนวก ข

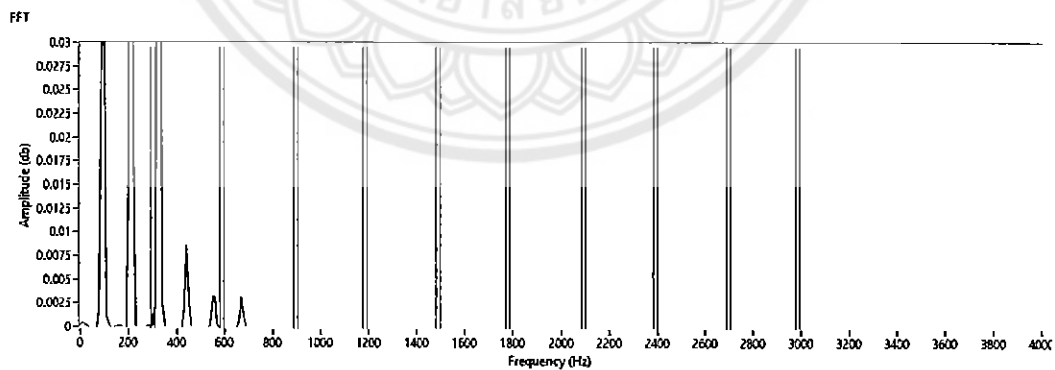
ตัวอย่างการแบ่งลักษณะเฉพาะ (Attribute)

ในการจำแนกข้อมูลด้วยวิธี K - Nearest Neighbor จะใช้ลักษณะเฉพาะ (Attribute) ในการเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่าง ซึ่งในโปรแกรมวิเคราะห์ที่สัญญาณเสียงแบบความถี่นี้ได้ใช้ลักษณะเฉพาะ 6 ค่า (แสดงดังรูปที่ 3.5) เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

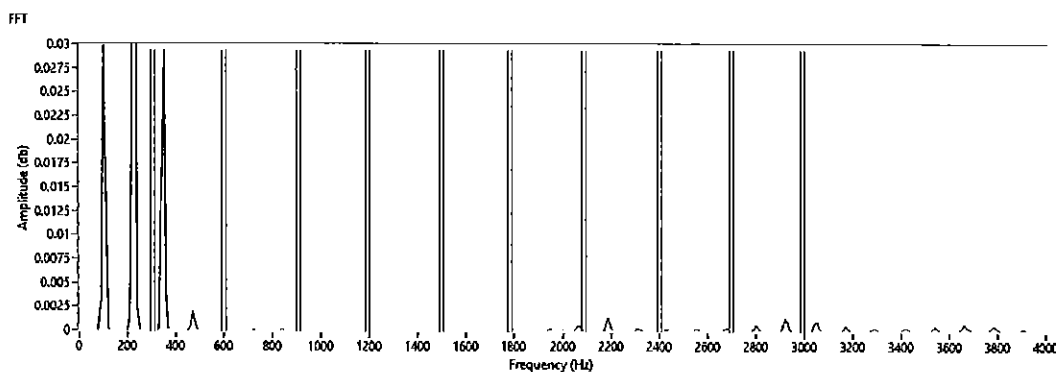
จากการกำหนดลักษณะดังกล่าว จะทำให้ค่าลักษณะเฉพาะมีความแตกต่างกันซึ่งสามารถมองออกได้เบื้องต้น โดยรูปที่ ข.1 เป็นการแบ่งลักษณะเฉพาะของเสียง อว ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าในลักษณะเฉพาะซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับเสียง อี และ อุ ซึ่งแสดงในรูปที่ ข.2 และ ข.3 ตามลำดับ เนื่องจากเสียง อุ เป็นเสียงที่ค่อนข้างเกิดจากลมปาก ดังนั้นจึงมีย่านความถี่ต่ำอย่างชัดเจน



รูปที่ ข.1 การแบ่งลักษณะของเสียง อว



รูปที่ ข.2 การแบ่งลักษณะของเสียง อี



รูปที่ ข.3 การแบ่งลักษณะของเสียง อู

ตาราง ข.1 ตัวอย่างลักษณะเฉพาะของเสียงต่าง ๆ

เสียง	Attribute 1	Attribute 2	Attribute 3	Attribute 4	Attribute 5	Attribute 6
อา	0.366	1.123	0.767	0.529	0.931	0.000
อา	0.422	1.256	0.849	0.807	0.879	0.079
อา	0.438	1.099	1.012	0.701	0.931	0.129
อ๓	0.855	0.000	0.000	0.000	0.000	0.479
อ๓	0.978	0.000	0.000	0.000	0.000	0.299
อ๓	0.666	0.000	0.000	0.000	0.000	0.628
อ๔	0.884	0.389	0.059	0.014	0.000	0.000
อ๔	0.803	0.379	0.048	0.000	0.000	0.000
อ๔	0.948	0.415	0.065	0.000	0.000	0.000

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ	นายมงคลชัย	รุ่งเรือง
วัน เดือน ปีเกิด	9 กันยายน	2536
วุฒิการศึกษา	ประถมศึกษา	โรงเรียนโรจนวิทย์มาลาเปียง จ.พิษณุโลก
	มัธยมศึกษา	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จ.พิษณุโลก
	ปริญญาตรี	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ	นายสรวิศ	สุขชานา
วัน เดือน ปีเกิด	19 สิงหาคม	2536
ประวัติการศึกษา	ประถมศึกษา	โรงเรียนโรจนวิทย์ จ.พิษณุโลก
	มัธยมศึกษา	โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จ.พิษณุโลก
	ปริญญาตรี	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ	นายคมสัน	สุขมี
วัน เดือน ปีเกิด	30 มกราคม	2537
ประวัติการศึกษา	ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลลานกระบือ จ.กำแพงเพชร
	มัธยมศึกษา	โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ จ.กำแพงเพชร
	ปริญญาตรี	วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยนเรศวร