



การกำจัดเสียงสะท้อนของระบบเสียงสเตอริโอภายในห้อง
โดยตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

STEREO ECHO CANCELLATION IN ROOMS BY ADAPTIVE LINEAR NETWORK FILTERS

นายกวิน เดชวัฒน์โยธิน
นายกษิเดช ชิสอน
นางสาววรรณทิพย์ โต้บัว

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559

การกำจัดเสียงสะท้อนของระบบเสียงสเตอริโอภายในห้องโดยตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้
STEREO ECHO CANCELLATION IN ROOMS BY ADAPTIVE LINEAR NETWORK FILTERS

นายกวิน เดชวัฒน์โยธิน
นายกษิเดช ชิสอน
นางสาววรรณทิพย์ โต้บัว

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงการวิศวกรรม

เรื่อง

การกำจัดเสียงสะท้อนของระบบเสียงสเตอริโอภายในห้องโดยตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

ของ

นายกวิน เดชวัฒน์โยธิน

นายกษิเดช ชิสอน

นางสาววรรณทิพย์ โต้บัว

ได้รับอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.เวคิน ปิยรัตน์)

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำคุณ ศรีสนิท)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พิชญา ชัยปัญญา)

.....กรรมการ

(อาจารย์สุนิศา कुमारักษ์)

การกำจัดเสียงสะท้อนของระบบเสียงสเตอริโอภายในห้องโดย
ตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้
ปีการศึกษา 2559

โดย

นายกวิน เดชวัฒน์โยธิน
นายกษิเดช ธิสอน
นางสาววรรณทิพย์ โต้บัว

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุนิศา คุณารักษ์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานวิศวกรรมนี้คือการกำจัดเสียงสะท้อนในระบบสเตอริโอที่เกิดขึ้นภายในห้อง โดยการออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ซึ่งเป็นตัวกรองที่อยู่บนพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม สัญญาณเสียงพูดที่ได้จากการบันทึกจะถูกนำมาเป็นอินพุทให้กับโครงข่ายและสัญญาณเสียงพูดที่ถูกบันทึกไว้จะถูกสุ่มออกมาประมาณ 50000 ตัวอย่าง จากนั้นจะนำสัญญาณนี้ผ่านเข้าสู่กระบวนการฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเชิงเส้นที่ปรับค่าได้จนกระทั่งสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองมีค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยต่ำกว่า 0.001 จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้สามารถกำจัดเสียงสะท้อนระบบสเตอริโอที่เกิดขึ้นภายในห้องได้จริงและทำให้สัญญาณเสียงที่ได้มีความชัดเจนกว่าเสียงเดิม

คำสำคัญ: ตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ การกำจัดเสียงสะท้อน

ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย โครงข่ายประสาทเทียม ระบบเสียงสเตอริโอ

**STEREO ECHO CANCELLATION IN ROOMS BY ADAPTIVE LINEAR
NETWORK FILTERS
Academic Year 2016**

By

Mr. Kawin Decwattanayothin
Mr. Kasidet Thison
Miss. Wannatip Tobua

Advisor

Miss. Sunisa Kunarak

Abstract

The objective of this engineering project is to get rid of stereo echo cancellation in the rooms that is to design the adaptive linear network filters based on neural networks. The recorded speech signal is introduced to the input of this adaptive linear filters and the recorded sound signal is separated about 50000 samples then the signal brings to the training process with adaptive linear neural network which has been until the mean square error (MSE) less than 0.001 The simulation results are indicated that the adaptive linear network filters can get rid of the stereo echo in the rooms and has more efficiency sound.

Keywords: Adaptive Linear Network Filter, Echo Cancellation, Mean Square Error,
Neural Network, Stereo Sound System

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ อาจารย์สุนิศา คุณารักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่าง ๆ ระหว่างจัดทำโครงการนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ท่านได้ให้ความรู้ ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ให้กับคณะผู้จัดทำโครงการ ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหากโครงการวิศวกรรมฉบับนี้ ได้ก่อให้เกิดคุณประโยชน์ประการใด ผู้จัดทำขอมอบคุณความดีนั้นแก่ทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการวิศวกรรมฉบับนี้ หากโครงการวิศวกรรมฉบับนี้ เกิดข้อผิดพลาดหรือได้รับคำติชมประการใด คณะผู้จัดทำขอน้อมรับคำติชมและความผิดพลาดนั้น และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำโครงการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฎ
ประมวลคำย่อ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎี	3
2.1.1 หลักการเกิดเสียงสะท้อน	3
2.1.2 ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง	3
2.1.3 โครงข่ายประสาทเทียม	4
2.1.4 ตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้	10
2.1.5 ตัวกรองแบบผกผัน	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	19
3.1 ขนาดและลักษณะโดยรวมของห้องทดสอบ	19
3.2 เสียงสะท้อน	21
3.2.1 เสียงสะท้อนที่ไม่ตั้งใจให้เกิดขึ้น	21
3.2.2 เสียงสะท้อนที่ตั้งใจให้เกิดขึ้น	21
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	21
3.4 การออกแบบการทดลอง	22
3.4.1 บันทึกลเสียงสะท้อนของห้อง	23
3.4.2 แยกสัญญาณรบกวนเพื่อนำไปออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้	23
3.4.3 ออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้และกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้น	23
3.4.4 วัดประสิทธิภาพในรูปค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย	23
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	24
4.1 การหาค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง	24
4.1.1 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	24
4.1.2 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	25
4.1.3 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	25
4.1.4 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	26
4.2 การหาค่าสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้	26

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.1 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	27
4.2.2 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน ในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	27
4.2.3 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ.52 โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	28
4.2.4 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	28
4.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	29
4.3 การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้	29
4.3.1 ค่าเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	29
4.3.2 ค่าเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	30
4.3.3 ค่าเปรียบเทียบระหว่างเสียงต้นกำเนิดกับเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ.52 โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	31
4.3.4 ค่าเปรียบเทียบระหว่างเสียงต้นกำเนิดกับเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	32

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3.5 การวิเคราะห์การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับ สัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครมซายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้	32
4.4 การวัดประสิทธิภาพของตัวกรองสัญญาณในรูปของค่าความผิดพลาด กำลังสองเฉลี่ย	33
4.5 การเปรียบเทียบจำนวนดีเลย์ที่ใช้	33
4.5.1 การเปรียบเทียบจำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลง ในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	33
4.5.2 การเปรียบเทียบจำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ ไม่มีคนอยู่ในห้อง	34
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผล	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	37
ประวัติย่อผู้ทำโครงการ	38

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สถานที่และสัญญาณเสียงอินพุตที่ทำการบันทึก	23
4.1 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของแต่ละสัญญาณเสียง	33
4.2 จำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	33
4.3 จำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง	34

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เส้นทางการเคลื่อนที่ของเสียงพูด	3
2.2 ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง	4
2.3 ลักษณะโดยทั่วไปของโครงสร้างระบบประสาท	6
2.4 โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม	7
2.5 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว	8
2.6 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	9
2.7 โครงสร้างของโครงข่ายแบบเชิงเส้น	10
2.8 แบบจำลองของระบบส่งและรับสัญญาณเสียง	12
2.9 แบบจำลองการนำตัวกรองแบบผกผันไปใช้งาน	14
2.10 บล็อกไดแกรมของตัวกรองแบบผกผันด้วยวิธีกำลังสองต่ำสุดในโดเมนเวลา	15
3.1 ลักษณะโดยรวมของห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	19
3.2 ลักษณะโดยรวมของห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้อง วศ.52	20
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยรวม	22
3.4 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง	22
4.1 ผลตอบสนองอิมพัลส์ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลง	24
4.2 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	25
4.3 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการเปิดเพลง	25
4.4 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	26
4.5 สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลง	27
4.6 สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	27
4.7 สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลง	28
4.8 สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง วศ. 52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	28

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลง	29
4.10 เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	30
4.11 เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลง	31
4.12 เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	32

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
α	อัตราการเรียนรู้	-
β	ค่าเรกูล่าไรเซชัน(Regularization)	-
a_i	ข้อมูลป้อนเข้า	-
$a(n)$	เมตริกฟังก์ชันเป้าหมาย	-
b	ค่าไบแอส	-
C	ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง	-
$c(n)$	ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ตำแหน่งที่ n	-
d	การหน่วงเวลา	-
e	ค่าผิดพลาด	-
$e(k)$	ค่าผิดพลาดรอบปัจจุบัน	-
$e(n)$	เวกเตอร์ของค่าผิดพลาดรอบปัจจุบัน	-
$F(k)$	การแปลงฟูเรียร์	-
$F_{\min}(k)$	ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของตัวกรองแบบผกผันที่มีเฟสแบบต่ำสุด	-
$f(n)$	ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของตัวกรองแบบผกผัน	-
$f_{\min}(n)$	ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของตัวกรองแบบผกผันที่มีเฟสแบบต่ำสุด	-
$H(k)$	ฟังก์ชันถ่ายโอน	-
$H_{ap}(k)$	ฟังก์ชันถ่ายโอนที่ผ่านทุกความถี่	-
$H_{\min}(k)$	ฟังก์ชันถ่ายโอนที่มีเฟสแบบต่ำสุด	-
$h(n)$	ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง	-
I	เสียงสะท้อนและเสียงก้องที่เหลืออยู่	-
J	ฟังก์ชันคอสต์	-
k	จำนวนรอบในการฝึกสอน	-
N	ความยาวของสัญญาณ	-

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
p	ค่าอินพุท	-
S	ฟังก์ชันผลรวม	-
T	ค่าเป้าหมาย	-
$u(n)$	การกำเนิดสัญญาณเสียง	-
$v(n)$	เสียงที่ผ่านตัวกรองผกผัน	-
W	ค่าถ่วงน้ำหนัก	รอบ
w_i	ค่าถ่วงน้ำหนักรอบที่ i	รอบ
$w(n)$	เวกเตอร์ที่สร้างขึ้นใหม่	-
$w(n)$	เวกเตอร์ที่สร้างขึ้นใหม่	-
$x(n)$	สัญญาณเสียงที่ส่งออกลำโพง	-
$y(n)$	สัญญาณเสียงที่ไม่โครโฟนตรวจจับได้	-

ประมวลคำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
CPN	การนับแบบกระจาย
ART	แบบจำลองตามทฤษฎีการสะท้อนแบบปรับค่าได้
IW	ค่าถ่วงน้ำหนักในชั้นอินพุต
B	ค่าไบแอส
MSE	ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในการติดต่อสื่อสารเพื่อสนทนากันระหว่างบุคคลภายในห้องที่มีระบบเสียงเตอริโอ จะพบว่าข่าวสารบางส่วนขาดหายไปหรือได้ยินเสียงของผู้พูดได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากระยะทางระหว่างผู้พูดกับผู้ฟังนั้นอยู่ห่างกันมากหรือผู้ฟังอาจอยู่ใกล้ลำโพงตัวใดตัวหนึ่งมากเกินไป ทำให้ขนาดของสัญญาณเสียงที่ผู้ฟังรับได้มีขนาดลดลงมาก หรือสัญญาณเสียงที่ผู้พูดพูดออกไปเกิดการสะท้อนขึ้น ส่งผลกระทบต่อการรับฟังของผู้ฟังซึ่งจะทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงไม่ชัดเจน หรือข้อมูลและข่าวสารที่ได้รับนั้นเกิดการผิดเพี้ยนขึ้น จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้โดยการกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นให้หมดไป ซึ่งวิธีที่นำเสนอในโครงการนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น นั่นก็คือการออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

ขั้นตอนในการออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ จำเป็นต้องทราบถึงเสียงที่ออกมาจากผู้พูดโดยตรงและเสียงรบกวนต่าง ๆ ภายในห้อง แล้วนำมาหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ จะกล่าวถึงต่อไปในภายหลัง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะสภาพสัญญาณเสียงภายในห้องที่กำหนดโดยไม่ผ่านตัวกรอง

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำงานของตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

1.2.3 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เสียงสะท้อนของห้องที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งกำจัดเสียงสะท้อนเหล่านั้นด้วยตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ สำหรับการรับฟังเสียงที่มีคุณภาพสูงขึ้นและชัดเจนยิ่งขึ้น

1.2.4 เพื่อศึกษาหาค่าความผิดพลาด (Error) ที่เกิดขึ้นจากการใช้ตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 สามารถวัดผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องที่เกิดขึ้นได้

1.3.2 สามารถออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้เพื่อใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้น โดยการจำลองสัญญาณเสียงทดสอบเป็นเสียงเพลงที่มีส่วนประกอบเป็นเสียงก้อง

1.3.3 สามารถกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นจริงภายในห้องเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ ห้อง วศ. 52 และห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งเป็นสัญญาณเสียงที่ได้จากการบันทึกไว้ภายในห้องเรียน

1.3.4 วัดประสิทธิภาพของตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ โดยแสดงในรูปค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยซึ่งค่าที่ได้จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.001

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถจำลองรูปแบบการทำงานของตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

1.4.2 สามารถลดปัญหาการเกิดเสียงสะท้อนและเสียงก้องภายในห้องเพื่อให้ได้สัญญาณเสียงที่คุณภาพที่สูงขึ้น

1.4.3 สามารถนำตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ไปโปรแกรมลงฮาร์ดแวร์ เพื่อทำเป็นฮาร์ดแวร์ต้นแบบในอนาคตได้

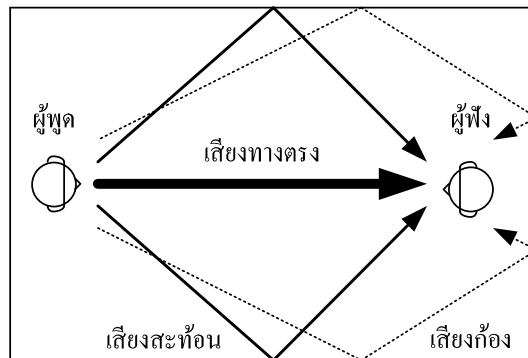
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 หลักการเกิดเสียงสะท้อน

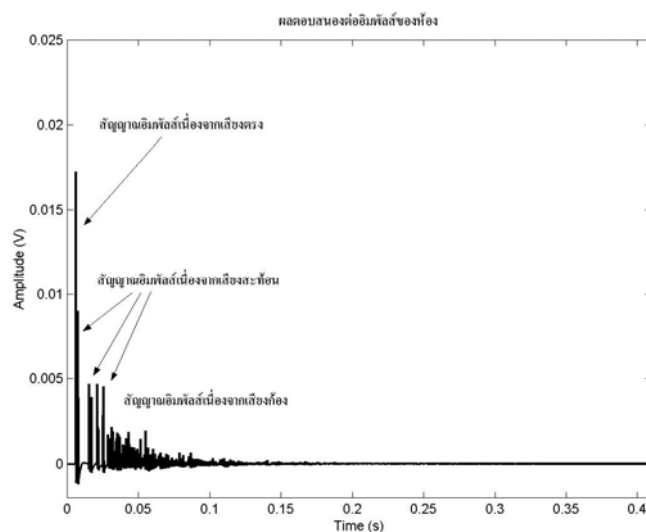
หลักการเกิดเสียงสะท้อนภายในห้อง การเกิดเสียงสะท้อนนั้นอาจเกิดจากการสะท้อนจากเพดานห้องและการสะท้อนจากผนังห้องที่อยู่รอบตัวผู้ฟัง ซึ่งองค์ประกอบหลักของเสียงที่ผู้ฟังได้ยินคือ เสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดโดยตรง และตามด้วยเสียงสะท้อนในระยะเริ่มแรก (Early Reflection) ซึ่งเกิดจากการสะท้อนของผนังที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดสามารถแสดงดังรูปที่ 2.1 การสะท้อนในระยะเริ่มแรกจะมีความหนาแน่นที่น้อยแต่มีขนาดใหญ่ หลังจากนั้นก็เป็นการสะท้อนในระยะท้าย (Late Reflection) ซึ่งเกิดจากการสะท้อนของผนังที่อยู่ไกลออกไป และมีการสะท้อนมากกว่า 1 ครั้งก่อนที่จะมาถึงผู้ฟังซึ่งการสะท้อนในระยะท้ายนี้มีความหนาแน่นมากแต่มีขนาดเล็ก สำหรับระยะเวลาของการเกิดเสียงสะท้อนทั้งหมดจนผู้พูดไม่ได้ยินอาจกินเวลานานประมาณ 2 ถึง 4 วินาที โดยที่เราสามารถจำลองขนาดของเสียงให้น้อยลงได้ด้วยฟังก์ชันเอ็กซ์โปเนนเชียล



รูปที่ 2.1 เส้นทางการเคลื่อนที่ของเสียงพูด

2.1.2 ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง

ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของระบบจะบอกให้เราทราบถึงคุณลักษณะของระบบนั้น ๆ ว่าเป็นอย่างไร โดยที่ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องจะบอกให้เราทราบถึงสภาพของเสียงภายในห้องนั้น ๆ ว่ามีลักษณะเป็นเช่นไร เช่น การสะท้อน (Reflection) และการก้อง (Reverberation) ของเสียงภายในห้องสามารถแสดงดังรูปที่ 2.2 ดังนั้นการวัดผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องจึงมีความสำคัญมาก



รูปที่ 2.2 ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง

วิธีที่ใช้วัดผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องโดยตรงก็คือการส่งสัญญาณอิมพัลส์ออกจากลำโพงและตรวจจับสัญญาณด้วยไมโครโฟนแต่วิธีนี้มีข้อเสียอยู่หลายประการ เช่น สัญญาณอิมพัลส์ที่สมบูรณ์นั้นสร้างได้ยาก ทำให้สัญญาณที่วัดได้ไม่ใช่ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ที่แท้จริงและสัญญาณอิมพัลส์ยังมีช่วงเงียบที่นานมากทำให้สัญญาณรบกวนจากสภาพแวดล้อมเข้ามารบกวนการวัดสัญญาณได้ง่าย

ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องในรูปที่ 2.2 ประกอบด้วยสัญญาณอิมพัลส์เนื่องจากเสียงทางตรง (Impulse of Direct Sound) สัญญาณอิมพัลส์เนื่องจากเสียงสะท้อน (Impulse of Reflected Sound) และสัญญาณอิมพัลส์เนื่องจากเสียงก้อง (Impulse of Reverberant Sound) สัญญาณอิมพัลส์เนื่องจากเสียงทางตรง คือสัญญาณอิมพัลส์ที่เดินทางจากแหล่งกำเนิดเสียง เช่น ลำโพงมาถึงจุดรับฟังโดยตรง ส่วนสัญญาณอิมพัลส์เนื่องจากเสียงสะท้อนคือสัญญาณอิมพัลส์ที่เดินทางจากลำโพงไปสะท้อนกับผนังห้องหรือวัตถุอื่นที่อยู่ภายในห้องก่อนแล้วจึงมาถึงจุดรับฟัง และสัญญาณอิมพัลส์เนื่องจากเสียงก้องคือสัญญาณ อิมพัลส์ที่สะท้อนกลับไปกลับมาก่อนที่จะมาถึงจุดรับฟัง

2.1.3 โครงข่ายประสาทเทียม

2.1.3.1 ประวัติความเป็นมาของโครงข่ายประสาทเทียม

ปี พ.ศ. 2486 (Garson. 1998) ถือได้ว่าเป็นปีแห่งการกำเนิดของสาขาโครงข่ายประสาทเทียมในวงการวิทยาศาสตร์โดยแม็คคัลลอค (McCulloch) และพิตส์ (Pitts) ได้เสนอแบบจำลองของเซลล์ประสาทและได้แสดงให้เห็นว่าในทางทฤษฎีนั้นโครงข่ายของแบบจำลองเซลล์ประสาทสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ต่อมาปี พ.ศ. 2492 โดแนลด์เฮบบ์ (Donald Hebb) ได้เสนอผลงานวิจัยว่าการเรียนรู้ของสมองสามารถอธิบายได้ด้วยรูปแบบของการประกอบเซลล์ประสาทเข้าด้วยกันเป็นโครงข่ายและได้เสนอกฎการเรียนรู้ของเฮบบ์ (Hebb's Rule) ที่ทำให้โครงข่ายของเซลล์ประสาทเทียมที่แม็คคัลลอคและพิตส์เสนอไว้สามารถเรียนรู้ปัญหาต่าง ๆ ได้สำเร็จ การเรียนรู้ในรูปแบบของเฮบบ์บน

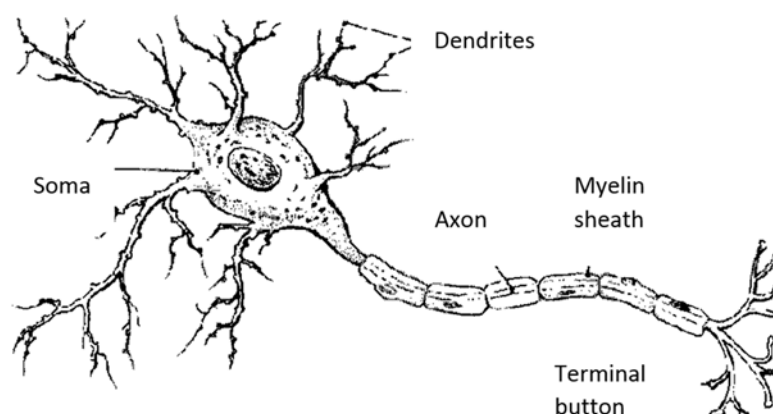
เซลล์ประสาทเทียมของแมคคัลลอคและพิตส์นั้นเป็นการเรียนรู้แบบ “ไม่มีผู้สอน” ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว โครงข่ายประสาทเทียมที่เรียนรู้จะพยายามจัดกลุ่มข้อมูลที่โครงข่ายมองว่าคล้ายคลึงกันไปไว้ในกลุ่มเดียวกันซึ่งไม่เหมาะสมกับปัญหาประเภทที่ต้องมีการควบคุมกระบวนการเรียนรู้ ขณะที่ในช่วงปี พ.ศ. 2490 คอมพิวเตอร์ที่ทำงานเลียนแบบสมองเครื่องแรกของโลกถูกสร้างและทดสอบโดยมินสกี (Minsk) ซึ่งได้เสนอผลงานดังกล่าวในปี พ.ศ. 2511 ว่าเมื่อคอมพิวเตอร์ดังกล่าวได้รับการป้อนตัวอย่างสำหรับการเรียนรู้เข้าไปก็จะสามารถปรับอัตราการขยายสัญญาณในการเชื่อมโยงหรือ “ความแข็งแรงของการเชื่อมโยง” ระหว่างเซลล์ประสาทเทียมได้เองโดยอัตโนมัติซึ่งเป็นการแสดงการเรียนรู้ตัวอย่างที่ถูกป้อนเข้าไป ในปี พ.ศ. 2501 (Garson. 1998) แฟรงค์โรเซ็นแบลทท์ (Frank Rosenblatt) ได้พัฒนาลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นโดยใช้แบบจำลองของแมคคัลลอคและพิตส์เป็นแนวทางรวมทั้งเสนอวิธีการเรียนรู้แบบใหม่สำหรับลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมด้วยโครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวเรียกว่าเพอร์เซพตรอน (Perceptron) ซึ่งมีการเรียนรู้แบบ “มีผู้สอน” (Supervised Learning) โดยการใช้การปรับความแข็งแรงของการเชื่อมโยงซึ่งจะพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบความรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมกับความรู้ของ “ผู้สอน” (Teacher) เพอร์เซพตรอนมีความเหมาะสมกับงานประเภท “การระบุชนิด” ซึ่งในระหว่างการเรียนรู้นั้นเพอร์เซพตรอนจะถูกสอนว่าข้อมูลตัวอย่างที่สอนเข้าไปแต่ละแบบนั้นจัดเป็นชนิดใดบ้างหากปัญหาและข้อมูลตัวอย่างมีความเหมาะสม เพอร์เซพตรอนจะสามารถระบุชนิดของข้อมูลที่ไม่เคยเห็นมาก่อนได้ถูกต้อง

ในช่วงปี พ.ศ. 2500 เบอร์นาร์ด วิโดรว (Bernard Widrow) และมาร์เซียนฮอฟฟ์ (MarcianHoff) ได้พัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า อดาไลน์ (ADALINE; Adaptive Linear Combiner) และกฎการเรียนรู้แบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง เรียกว่ากฎการเรียนรู้ของวินโดรว-ฮอฟฟ์ (Windrow-Hoff Learning Rule) ที่เป็นการเรียนรู้แบบ “มีผู้สอน” ซึ่งในเวลาต่อมา อุปกรณ์ดังกล่าวได้รับการขยายแนวคิดไปเป็นมาดาไลน์ (MADALINE; ManyADALINEs) และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) การพยากรณ์ (Prediction) และระบบควบคุม (Control System) ที่จำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบไปตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

2.1.3.2 ความหมายและหลักการของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมคือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์โดยที่โครงข่ายประสาทของมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neuron) และจุดประสานประสาทหรือไซแนปส์ (Synapses) ซึ่งโครงสร้างของการส่งสัญญาณประสาทประกอบจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทหลายพันล้านเซลล์ โดยเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ประกอบด้วยแขนงรับสัญญาณประสาทซึ่งเป็นเสมือนหน่วยรับข้อมูลป้อนเข้าเรียกว่า “เดนไดรต์” (Dendrites) และส่วนปลายของเซลล์ประสาทในการส่งสัญญาณประสาท ซึ่งเป็นเสมือนหน่วยส่งข้อมูลออกของเซลล์เรียกว่า “แอกซอน” (Axon) โดยการส่งสัญญาณประสาทดังกล่าวอาจทำให้เกิดได้ทั้งการ

กระตุ้นและยับยั้ง ทั้งนี้นอกจากลักษณะดังกล่าวแล้ววิธีการประมวลผลภายในเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ยังมีการขยายหรือลดขนาดของสัญญาณอีกด้วย ซึ่งสัญญาณจากเดนไดรต์ต่าง ๆ จะรวมกันเข้าสู่เซลล์ประสาทและหากสัญญาณรวมมีความแรงเกินค่าระดับ (Threshold) ของเซลล์ประสาทนั้น ๆ เซลล์ประสาทก็จะส่งสัญญาณออกทางแอกซอนต่อไป กระบวนการเรียนรู้ในสิ่งมีชีวิตจะมีผลให้เกิดการสร้างไซแนปส์ระหว่างเซลล์ประสาทขึ้นมาใหม่หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของไซแนปส์ต่าง ๆ ในโครงข่ายของเซลล์ประสาทจึงส่งผล ทำให้โครงข่ายประสาทของสิ่งมีชีวิตไม่ได้ทำงานแบบเป็นลำดับขั้นตอน (Sequential) แต่เพียงอย่างเดียวสามารถแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะโดยทั่วไปของโครงสร้างระบบประสาท

ที่มา: <http://www.mindcreators.com/NeuronBasics.html>

โครงข่ายประสาทเทียมมีคุณลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านสัญญาณประสาทในสมองของมนุษย์ กล่าวคือมีความสามารถในการรวบรวมความรู้ (Knowledge) โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) และความรู้เหล่านี้จะจัดเก็บอยู่ในโครงข่ายในรูปแบบค่าน้ำหนัก (Weight) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้เมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ เข้าไป ค่าน้ำหนักทำหน้าที่เปรียบเสมือนความรู้ที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์ ซึ่งการประมวลผลต่าง ๆ เกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อยเรียกว่าโหนด (Node) ซึ่งโหนดเป็นการจำลองลักษณะการทำงานมาจากเซลล์การส่งสัญญาณ (Signal) ระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกัน (Connection) จำลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดรต์และแอกซอนในระบบประสาทของมนุษย์ โดยภายในโหนดจะมีฟังก์ชันกำหนดสัญญาณส่งออกที่เรียกว่าฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) หรือฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนกระบวนการทำงานในเซลล์ดังรูปที่ 2.4 โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย 5 องค์ประกอบดังนี้

(1) ข้อมูลป้อนเข้า (Input) เป็นข้อมูลที่เป็นตัวเลขหากเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพต้องแปลงให้อยู่ในรูปเชิงปริมาณที่โครงข่ายประสาทเทียมยอมรับได้

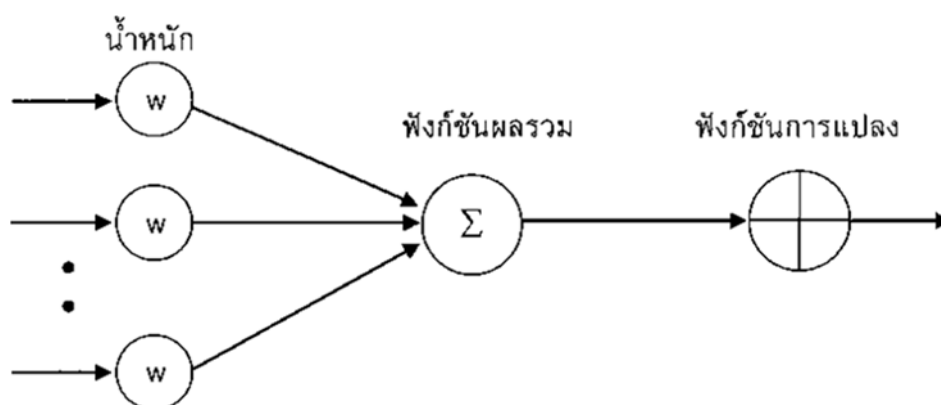
(2) ข้อมูลส่งออก (Output) คือผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Actual Output) จากกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

(3) ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weights) คือสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าค่าความรู้ (Knowledge) ค่านี้จะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการจดจำข้อมูลอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

(4) ฟังก์ชันผลรวม (Summation Function: S) เป็นผลรวมของข้อมูลป้อนเข้า (a_i) และค่าน้ำหนัก (w_i) ตามสมการที่ 2.1

$$S = \sum_{i=1}^n a_i w_i \quad (2.1)$$

(5) ฟังก์ชันการแปลงเป็นการคำนวณการจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม เช่น ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์ (Hyperbolic Tangent Function) เป็นต้น



รูปที่ 2.4 โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

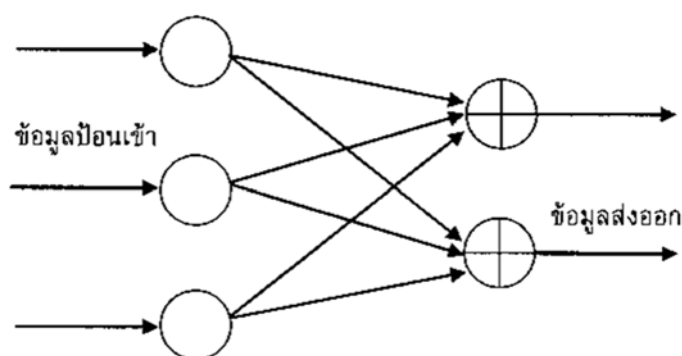
ที่มา: <http://www.mindcreators.com/NeuronBasics.html>

2.1.3.3 ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมหรือโหนดจำนวนมากเชื่อมต่อกันซึ่งการเชื่อมต่อแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยเรียกว่าชั้น (Layer) ชั้นแรกเป็นชั้นนำข้อมูลเข้าเรียกว่าชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) ส่วนชั้นสุดท้ายเรียกว่าชั้นส่งข้อมูลออก (Output Layer) และชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกเรียกว่าชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งโดยทั่วไปชั้นซ่อนอาจมีมากกว่า 1 ชั้นก็ได้ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมตามจำนวนชั้นของโครงข่ายแบบกว้าง ๆ ได้ 2 แบบได้แก่ โครงข่ายแบบชั้นเดียว (Single Layer) และโครงข่ายแบบหลายชั้น (Multi-Layer)

(1) โครงข่ายแบบชั้นเดียว

โครงข่ายแบบชั้นเดียวเป็นโครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่ายที่มีเพียงชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าและชั้นส่งข้อมูลออกเท่านั้น โหนดในชั้นรับข้อมูลป้อนเข้าทำหน้าที่รับข้อมูลเข้า (Input Value) แล้วส่งข้อมูลผ่านเส้นเชื่อมโยงต่าง ๆ ไปให้โหนดในชั้นส่งข้อมูลออก ซึ่งความเข้มของสัญญาณหรือปริมาณข้อมูลที่นำเข้าสู่โหนดในชั้นส่งข้อมูลออกจะขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักที่อยู่บนเส้นเชื่อมโยงนั้น ๆ โหนดในชั้นส่งข้อมูลออกจะนำข้อมูลที่ได้รับมาคำนวณโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ฟังก์ชันการแปลง ที่เหมาะสมกับปัญหาแล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นข้อมูลส่งออก เช่น โครงข่ายแบบชั้นเดียวแบบเพอเซปตรอนอย่างง่าย (Simple Perceptron) และโครงข่ายโฮปฟิลด์ (Hopfield Networks) ลักษณะโครงข่ายแบบชั้นเดียวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.5



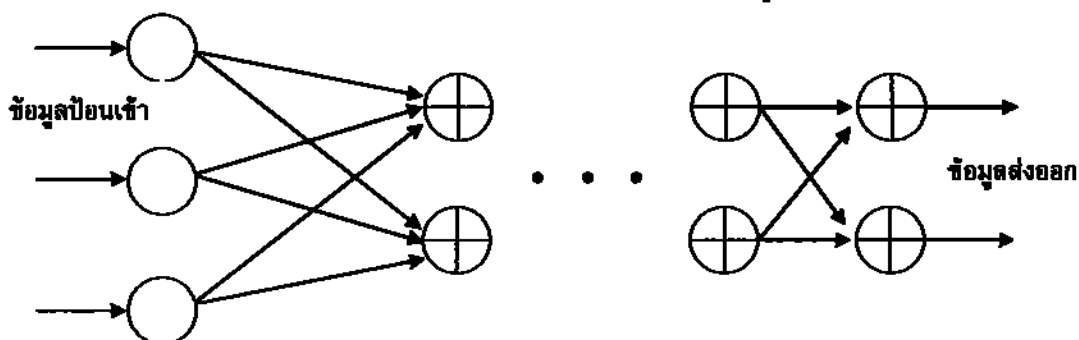
รูปที่ 2.5 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

ที่มา: <http://www.mindcreators.com/NeuronBasics.html>

(2) โครงข่ายแบบหลายชั้น

โครงข่ายแบบหลายชั้นเป็นโครงข่ายที่มีชั้นซ่อนตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป โครงข่ายแบบหลายชั้นจะใช้ในกรณีที่ปัญหาที่มีความซับซ้อนซึ่งโครงข่ายแบบชั้นเดียวไม่สามารถแก้ปัญหาได้จึงเพิ่มจำนวนโหนดที่มีการคำนวณหรือชั้นซ่อนให้กับโครงข่าย ตัวอย่างของโครงข่ายแบบหลายชั้น เช่น การแพร่

ย้อนกลับ (Back Propagation) การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self Organizing Maps) และการกระจายแบบนับ (Counter Propagation) เป็นต้น ลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายแบบหลายชั้นสามารถแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

ที่มา: <http://www.mindcreators.com/NeuronBasics.htm> [รศ.สุเทพ พงศ์ศรีวัฒน์]

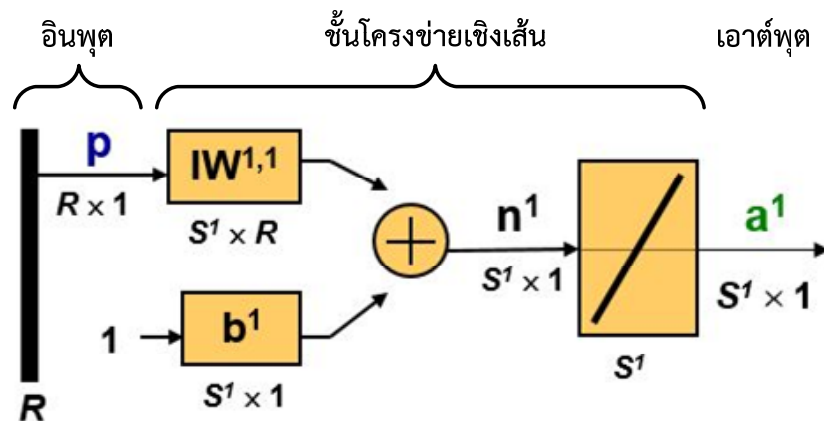
2.1.3.4 ประเภทการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

(1) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ข้อมูลจะประกอบด้วยตัวอย่างข้อมูลที่ต้องการสอนและผลลัพธ์ที่ต้องการให้โครงข่ายสร้างเมื่อมีการนำข้อมูลในลักษณะเดียวกันมาเป็นข้อมูลป้อนเข้าโครงข่ายจะกำหนดค่าผลลัพธ์ที่เป็นเป้าหมายให้กับข้อมูลป้อนเข้าแต่ละตัว โดยโครงข่ายจะนำค่าผิดพลาดระหว่างค่าเป้าหมายกับค่าผลลัพธ์ที่ได้มาใช้ในการปรับค่าน้ำหนักเพื่อให้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเป้าหมายมากที่สุด ถ้าหากเปรียบเทียบกับมนุษย์จะเหมือนกับการสอนนักเรียนโดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำนั่นเอง ตัวอย่างของแบบจำลองนี้ ได้แก่ การแพร่ย้อนกลับ และ เพอเซปตรอน (Perceptron) เป็นต้น

(2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) การเรียนรู้แบบนี้จะสอนโครงข่ายโดยการนำข้อมูลป้อนเข้าอย่างต่อเนื่องเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการส่งค่าผลลัพธ์เป้าหมายให้กับข้อมูลป้อนเข้าแต่ละตัว การปรับน้ำหนักจะใช้ข้อมูลที่นำมาสอนเป็นตัวปรับค่าโดยค่าน้ำหนักจะปรับตามกลุ่มที่ข้อมูลป้อนเข้าที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกัน ถ้าหากเปรียบเทียบกับมนุษย์จะเหมือนกับการที่เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ตามลักษณะรูปร่างของมันได้ด้วยตนเอง ตัวอย่างแบบจำลองนี้ ได้แก่ การนับแบบกระจาย (Counter Propagation: CPN) แบบจำลองตามทฤษฎีการสะท้อนแบบปรับค่าได้ (Adaptive Resonance Theory Neural Networks: ART) เป็นต้น

2.1.4 ตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

โครงการานนี้จำเป็นต้องทราบถึงเสียงที่ออกมาจากผู้พูดโดยตรงและเสียงรบกวนต่าง ๆ ภายในห้อง แล้วนำมาหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย โดยใช้ตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วย ชั้นอินพุต ชั้นโครงข่ายเชิงเส้น และชั้นเอาต์พุต ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 2.7 หลักการทำงานของโครงข่ายเชิงเส้นคือการพยายามปรับปรุงค่าถ่วงน้ำหนัก (Input Weight: IW) และค่าไบแอส (Bias: b) ในการเรียนรู้แต่ละรอบการฝึกสอนของโครงข่ายเพื่อคำนวณหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย ดังสมการที่ 2.2 ให้มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของโครงข่ายแบบเชิงเส้น

$$MSE = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q e(k)^2 = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q (t(k) - a(k))^2 \quad (2.2)$$

สำหรับการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสจะเป็นไปตามสมการที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

$$W(k+1) = W(k) + 2\alpha e(k) pT(k) \quad (2.3)$$

$$b(k+1) = b(k) + 2\alpha e(k) \quad (2.4)$$

เมื่อ	W	=	ค่าถ่วงน้ำหนักของสัญญาณอินพุท
	k	=	จำนวนรอบในการฝึกสอน
	α	=	อัตราการเรียนรู้
	$e(k)$	=	ค่าผิดพลาดรอบปัจจุบัน
	p	=	ค่าอินพุท
	T	=	ค่าเป้าหมาย
	b	=	ค่าไบแอส

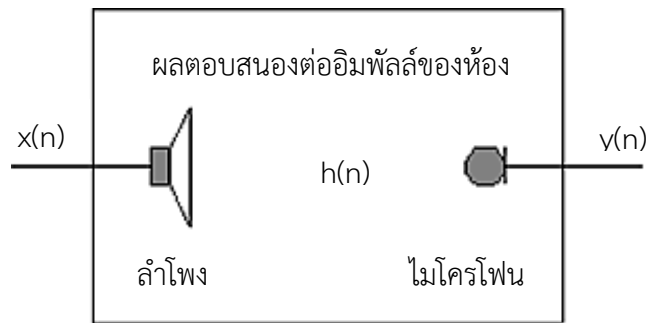
2.1.5 ตัวกรองแบบผกผัน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำตัวกรองแบบผกผันมาประยุกต์ใช้เพื่อกำจัดเสียงสะท้อนภายในห้องโดยส่วนแรกจะกล่าวถึงการผกผันผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องโดยเป็นส่วนที่สำคัญของวิธีนี้ และส่วนที่สองจะกล่าวถึงวิธีการออกแบบตัวกรองแบบผกผันซึ่งวิธีที่นำมาใช้นั้นคือการออกแบบตัวกรองแบบผกผันด้วยวิธีกำลังสองต่ำสุด (Least Square Inverse Filter)

2.1.5.1 การผกผันผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง

เมื่อมีการสนทนาเกิดขึ้นในห้อง ๆ หนึ่ง เสียงพูดที่เดินทางจากผู้พูดสู่ผู้ฟังจะถูกลดทอนโดยเสียงพูดที่สะท้อนมาจากผนังหรือสิ่งของที่อยู่ใกล้ ๆ บริเวณนั้น เสียงพูดจะไม่เดินทางจากผู้พูดไปยังผู้ฟังเท่านั้น แต่ยังมีเสียงพูดบางส่วนสะท้อนกับผนังห้อง เพดานและสิ่งของต่าง ๆ ที่อยู่ในห้องก่อนจะมาถึงผู้ฟัง การเดินทางของเสียงจากผู้พูดมาสู่ผู้ฟังแสดงอยู่ในรูปที่ 2.8 จากรูปที่ 2.8 ผู้พูดเปรียบเสมือนกับแหล่งจ่ายสัญญาณเสียง (Sound Signal Source) อุปกรณ์ที่มีหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงคือลำโพง ส่วนผู้ฟังเปรียบเสมือนกับภาครับสัญญาณเสียง (Sound Signal Receiver) อุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณเสียง คือไมโครโฟน ให้สัญญาณเสียงที่ส่งออกมาคือ $x(n)$ ส่วนสัญญาณเสียงที่ไมโครโฟนตรวจจับได้คือ $y(n)$ และผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องคือ $h(n)$ ดังนั้นเราสามารถจำลองระบบส่งและรับสัญญาณเสียงได้ดังรูปที่ 2.8 ดังนั้นผลกระทบทางเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้อง (Room Effect) กล่าวได้ว่าเป็นผลการประสานในทางโดเมนเวลาของเสียงพูดกับผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องนั่นเอง ดังสมการที่

$$y(n) = h(n) * x(n) \quad (2.5)$$



รูปที่ 2.8 แบบจำลองของระบบส่งและรับสัญญาณเสียง

ผลกระทบทางเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องที่พบบ่อย ๆ ก็คือ เสียงสะท้อนและเสียงก้อง ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะรบกวนต่อการรับฟังซึ่งเป็นที่เราไม่ต้องการ วิธีที่ใช้เพื่อกำจัดผลกระทบเหล่านี้ ออกไปคือการส่งเสียงพูดที่ถูกทำให้ผิดเพี้ยนด้วยเสียงสะท้อนและเสียงก้องผ่านตัวกรองแบบผกผัน ซึ่งตัวกรองแบบผกผันนี้มีหน้าที่ในการกรองผลกระทบทางเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้องออกไป จากแบบจำลองในรูปที่ 2.8 สัญญาณที่ไมโครโฟนตรวจจับได้ $y(n)$ คือ สัญญาณเสียงที่บันทึกได้ในห้อง ๆ หนึ่ง การกู้สัญญาณ $x(n)$ จากสัญญาณที่บันทึกได้ $y(n)$ นั้น ขั้นแรกเราต้องทราบผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องนั้น ๆ เสียก่อน ซึ่งผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องนี้จะถูกนำมาออกแบบตัวกรองแบบผกผันด้วยการผกผันผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของตัวกรองแบบผกผัน $f(n)$ ที่ได้จะถูกนำมาใช้เพื่อกู้เอาสัญญาณ $x(n)$ กลับคืนมา โดยตัวกรองแบบผกผันจะถูกดำเนินการหาผลประสานกับสัญญาณ $y(n)$ เพื่อทำการประมาณค่าของสัญญาณดั้งเดิม $x(n)$ ดังนี้

$$y(n) * f(n) = x(n) \quad (2.6)$$

แทนสมการที่ 2.5 ลงในสมการที่ 2.6 จะได้

$$x(n) * h(n) * f(n) = x(n) \quad (2.7)$$

จากสมการที่ 2.7 เราสามารถสรุปได้ว่า

$$h(n) * f(n) = \delta(n-d)$$

$$\delta(n) = \begin{cases} 1, & n=0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

เมื่อ d คือ การหน่วงเวลา (Delay Time) จากสมการก่อนหน้านี้เป็นสมการในอุดมคติ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วผลประสานระหว่างผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องกับตัวกรองแบบผกผันจะมีค่าเข้าใกล้ 1 เท่านั้น ดังนั้นสมการที่ 2.8 สามารถเขียนใหม่ได้ว่า

$$h(n) * f(n) = \hat{\delta}(n-d) \quad (2.9)$$

ดังนั้น $e(n)$ สามารถกำหนดเป็นค่าความผิดพลาดในการผกผันได้ดังนี้

$$e(n) = \delta(n-d) - h(n) * f(n) \quad (2.10)$$

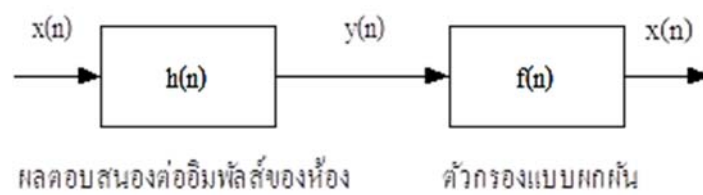
เมื่อค่า $e(n)$ มีค่าน้อยลงหมายความว่าสมรรถนะของการผกผันดีขึ้นในทางโดเมนเวลา และค่าความผิดพลาดยังแสดงให้อยู่ในรูปของพลังงานผิดพลาด (Error Energy) ตลอดช่วงความยาวของสัญญาณ N นั่นคือ

$$I = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^2(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [\delta(n-d) - h(n) * f(n)]^2 \quad (2.11)$$

ค่า I เป็นค่าที่แสดงถึงพลังที่หลงเหลืออยู่ของเสียงสะท้อนและเสียงก้อง ซึ่งไม่สามารถกำจัดออกไปได้ จากสมการที่ 2.9 ฟังก์ชัน $\delta(n)$ มีค่าใกล้เคียงกับฟังก์ชัน $\delta(n)$ แล้วเมื่อแทนในสมการที่ 2.7 จะได้ว่า

$$y(n) * f(n) = \hat{x}(n) \quad (2.12)$$

เมื่อสัญญาณเสียงที่ไม่โครโฟนตรวจจับได้ถูกกรองด้วยตัวกรองแบบผกผัน สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากตัวกรองแบบผกผันคือสัญญาณเสียงที่มีความใกล้เคียงกับสัญญาณเสียงของผู้พูดหรือสัญญาณเสียงจากแหล่งจ่ายเสียงนั่นเอง การดำเนินการของตัวกรองแบบผกผันแสดงไว้ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แบบจำลองการนำตัวกรองแบบผกผันไปใช้งาน

เมื่อสมการที่ 2.8 ถูกแสดงอยู่ในโดเมนความถี่ด้วยการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform)

$$H(k) \cdot F(k) = 1 \Rightarrow F(k) = \frac{1}{H(k)} \quad (2.13)$$

ในสมการที่ 2.12 เป็นวิธีตรงในการผกผันผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง แต่เนื่องจากฟังก์ชันถ่ายโอน $H(k)$ มีเฟสเป็นแบบผสม (Mixed Phase) ดังนั้น การผกผันผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้องโดยตรงจะทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียรขึ้น (Instability) เป็นที่ทราบทั่วกันว่า $H(k)$ เป็นส่วนประกอบด้วยส่วนที่มีเฟสแบบต่ำสุด $H_{\min}(k)$ (Minimum Phase Part) กับส่วนผ่านทุกความถี่ $H_{ap}(k)$ (Allpass Part)

$$H(k) = H_{\min}(k) \cdot H_{ap}(k) \quad (2.14)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอน $H_{\min}(k)$ สามารถทำการผกผันโดยตรงได้ เมื่อนำมาทำการผกผันแล้วจะทำให้ระบบมีความเสถียรภาพ (Stability) และเมื่อทำการแปลงฟูเรียร์ผกผัน (Inverse Fourier Transform) เพื่อเข้าสู่ทางโดเมนเวลา ดังแสดงในสมการที่ 2.15 และ 2.16 ตามลำดับ

$$F_{\min}(k) = \frac{1}{H_{\min}(k)} \quad (2.15)$$

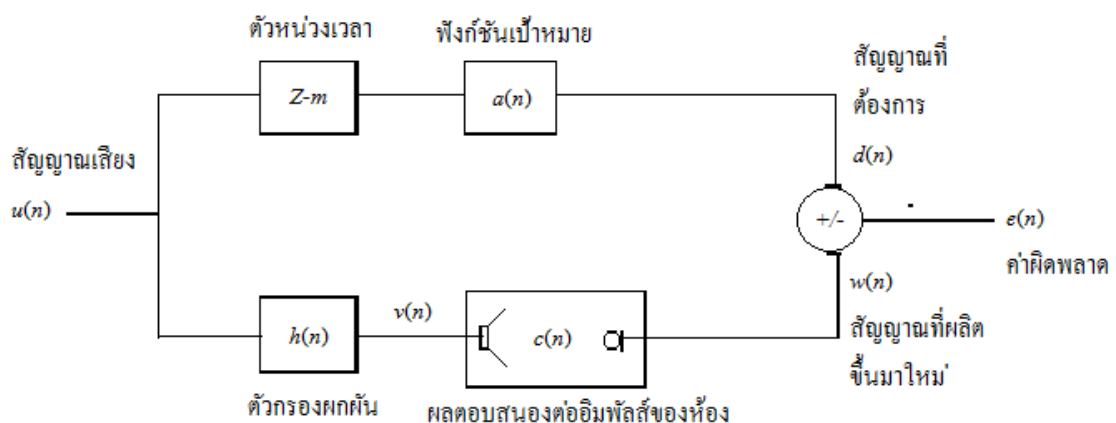
$$f_{\min}(n) = \text{IFFT}(F_{\min}(k)) \quad (2.16)$$

ทำให้ได้ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของตัวกรองแบบผกผันที่มีเฟสแบบต่ำสุด $f_{\min}(n)$ ที่มีเสถียรภาพและเป็นคอแซล (Causal)

2.1.5.2 การออกแบบตัวกรองแบบผกผัน

วิธีที่ในการออกแบบตัวกรองแบบผกผันซึ่งนำมาใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อนภายในห้องคือการออกแบบตัวกรองแบบผกผันด้วยวิธีกำลังสองต่ำสุด (Least Square Filter) ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบตัวกรองแบบผกผันด้วยวิธีกำลังสองต่ำสุดในโดเมนเวลา โดยหลักการสามารถแสดงได้ดังรูปที่

2.10



รูปที่ 2.10 บล็อกไดแกรมของตัวกรองแบบผกผันด้วยวิธีกำลังสองต่ำสุดในโดเมนเวลา

ทำการกำเนิดสัญญาณเสียง $u(n)$ ขึ้นมาแล้วนำสัญญาณที่ได้นี้แยกออกเป็นสองทาง กล่าวคือ ทางหนึ่งนำมาผ่านตัวกรองแบบผกผันซึ่งจะได้สัญญาณ $v(n)$ ออกมา จากนั้นนำสัญญาณ $v(n)$ ป้อนเข้าไปภายในห้องเพื่อหาผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นจะต้องพยายามทำให้ระบบ $h(n)*c(n)$ มีค่าเท่ากับอิมพัลส์ในอุดมคตินั้นคือมีค่าเท่ากับ 1 ก็จะได้สัญญาณ $u(n)$ ที่มีการ

หน่วงเวลา (Delay) เกิดขึ้นมา ส่วนสัญญาณเสียง $u(n)$ อีกทางหนึ่งก็นำมาทำการหน่วงเวลา จำนวนการสุ่ม m ครั้ง แล้วนำสัญญาณเสียง $u(n)$ ทั้งสองทางมาทำการเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะมีค่าผิดพลาด (Error) ออกมาเท่ากับศูนย์ แสดงว่าตัวกรองที่ออกแบบมานั้นมีประสิทธิภาพที่ดีสามารถนำมาใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อนและเสียงก้องได้ เมื่อเวกเตอร์ $u(n)$ คือเวกเตอร์ของสัญญาณเสียง เวกเตอร์ $v(n)$ คือเวกเตอร์ของสัญญาณป้อนเข้าแหล่งจ่ายเสียง เวกเตอร์ $d(n)$ คือ สัญญาณที่ต้องการ ส่วนเวกเตอร์ $w(n)$ คือ เวกเตอร์ที่สร้างขึ้นใหม่ และเวกเตอร์ $e(n)$ คือ เวกเตอร์ของค่าผิดพลาด ในระบบนี้ยังประกอบไปด้วยเมตริกซ์ 3 เมตริกซ์ คือ เมตริกซ์ผลตอบสนองของตัวกรองแบบผกผัน $h(n)$ เมตริกซ์ผลตอบสนองต่ออิมพัลส์ของห้อง $c(n)$ และเมตริกซ์ฟังก์ชันเป้าหมาย $a(n)$ จากรูปที่ 2.10 สามารถแสดงให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$c * h = C \cdot h \quad (2.17)$$

$$w(n) = v(n) * c(n) \quad (2.18)$$

$$d(n) = a(n - m) * u(n) \quad (2.19)$$

$$e(n) = d(n) - w(n) \quad (2.20)$$

$$e = e^T e \quad (2.21)$$

$$V = v_b^T v_b \quad (2.22)$$

$$v_b = b * v \quad (2.23)$$

$$b * v = B \cdot v \quad (2.24)$$

จุดสำคัญของการออกแบบตัวกรองด้วยวิธีนี้คือฟังก์ชันคอสต์ (Cost Function) ที่มีค่าต่ำสุดในโดเมนเวลา

$$J = e^T e + \beta v_b^T v_b \quad (2.25)$$

เมื่อ β คือ ค่าเรกูล่าไรเซชัน (Regularization) มีค่าคงตัวอยู่ระหว่างศูนย์ถึงอนันต์และเมื่อนำสมการที่ 2.17 ถึง สมการที่ 2.24 แทนลงในสมการที่ 2.25 จะได้ผลลัพธ์ดังสมการที่ 2.26 ตามลำดับ

$$h = [C^T C + \beta B^T B]^{-1} \cdot C^T a_m \quad (2.26)$$

จากสมการที่ 2.26 จะทำให้สามารถทราบค่าผลตอบสนองของตัวกรองแบบผกผันได้ในที่สุด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐวุฒิ เสมาทอง และอภิสิทธิ์ พงษ์ดี (2557) ได้ศึกษาโครงการวิศวกรรมเรื่องการกำจัดเสียงสะท้อนของห้องโดยใช้ตัวกรองแบบผกผัน พบว่าในโครงการนี้ได้สามารถกำจัดเสียงสะท้อนของห้องบางส่วนได้จริงและทำให้เกิดเสียงใหม่ที่มีความคมชัดกว่าเสียงเดิมแต่มีข้อเสียคือทุกครั้งต้องทำการวัดค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้องและของสัญญาณเสียงมาร่วมพิจารณาด้วยเสมอ ทำให้ในการนำไปใช้งานจริงนั้นไม่ค่อยสะดวกเท่าที่ควร

Dahanayaka I.J., Kulasekara P.K.Y.N., Zihra M.N.F. and Chamindu S.H.G. (2010) ในบทความฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการนอร์มอลไลซ์กำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดเพื่อการกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นระหว่างลำโพงและไมโครโฟน ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมที่ใช้พูดคุยติดต่อสื่อสารผ่านระบบโทรศัพท์โดยการประมวลผลผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีและใช้โปรแกรมแมทแลปมาช่วยประมวลผลลงบนบอร์ดควบคุมดิจิทัลตามเวลาจริง แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ค่อนข้างซับซ้อน

ดังนั้นในโครงการเล่มนี้จึงวิธีตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้มาประยุกต์ใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อน เนื่องจากวิธีนี้มีข้อดีคือผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทำการวัดผลตอบแทนอิมพัลส์ของห้องและของสัญญาณเสียงเราสามารถใช้นสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้นได้โดยตรง รวมทั้งสมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาพิจารณาไม่ซับซ้อน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

เนื้อหาในบทนี้จะประกอบไปด้วยวิธีการดำเนินงานต่าง ๆ ในการศึกษาการกำจัดเสียงสะท้อนของระบบเสียงสเตอริโอภายในห้องโดยตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ การออกแบบสัญญาณเสียงสะท้อนทั้งแบบที่ตั้งใจให้เกิดเสียงสะท้อน เช่นเสียงเพลงที่มิกซ์ประกอบของเสียงสะท้อนอยู่ในตัวเอง และเสียงที่ไม่ได้ตั้งใจให้เกิดเสียงสะท้อน เช่นเสียงพูดภายในห้องเรียน เป็นต้น เพื่อให้มีข้อมูลมากพอที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกำจัดเสียงสะท้อนของระบบสเตอริโอภายในห้องโดยตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาพิจารณาหาค่าอัตราการเกิดการเกิดเสียงสะท้อนของระบบ

3.1 ขนาดและลักษณะโดยรวมของห้องทดสอบ

การออกแบบการกำจัดเสียงสะท้อนของระบบสเตอริโอภายในห้องโดยตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ทำการจำลองด้วยโปรแกรมแมทแล็บ และใช้เสียงบันทึกจากสถานที่จริงในการทดลองเพื่อแสดงผลให้เห็นอย่างชัดเจน โดยทำการทดสอบจากห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้อง วศ.52 โดยทำการทดลองในกรณีที่ไม่มีบุคคลอยู่ในห้องซึ่งลักษณะของห้องโดยรวมดังแสดงในรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 ลักษณะโดยรวมของห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.1 ลักษณะของห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มีลักษณะเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 10 ตารางเมตร ความยาว 16 ตารางเมตร และความสูง 5 เมตร ผนังด้านขวามือและด้านซ้ายมือเป็นผนังปูนและหน้าต่างกระจกตามลำดับ ส่วนด้านหน้าห้องเป็นผนังปูนและด้านหลังของห้องเป็นผนังปูนและหน้าต่างกระจก สิ่งของต่าง ๆ ภายในห้องประกอบไปด้วย เก้าอี้ 51 ตัว โต๊ะเรียน 26 ตัว โต๊ะอาจารย์ 2 ตัว กระดานไวท์บอร์ด 1 แผ่น ตู้เก็บของ 1 หลัง พัดลม 5 ตัว และเครื่องปรับอากาศ 4 ตัว



รูปที่ 3.2 ลักษณะโดยรวมของห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้อง วศ.52

จากรูปที่ 3.2 ลักษณะของห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้อง วศ.52 มีลักษณะเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 8.14 เมตร ความยาว 7.48 เมตร และสูง 3.05 เมตร ผนังด้านขวามือและซ้ายมือเป็นผนังปูนและหน้าต่างกระจก ส่วนด้านหน้าและด้านหลังของห้องเป็นผนังปูน สิ่งของต่าง ๆ ภายในห้องประกอบไปด้วย เก้าอี้จัดบันทึก 49 ตัว

3.2 เสียงสะท้อน

ในโครงการนี้เราทำการออกแบบเสียงสะท้อนซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ เสียงสะท้อนที่ไม่ตั้งใจให้เกิดขึ้น และเสียงสะท้อนที่ตั้งใจให้เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เห็นความแตกต่างระหว่างเสียงทั้งสองและการทำงานของตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ที่ออกแบบมาว่าสามารถกำจัดเสียงสะท้อนในลักษณะใดได้บ้างและมีประสิทธิภาพมากเพียงใด ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

3.2.1 เสียงสะท้อนที่ไม่ตั้งใจให้เกิดขึ้น

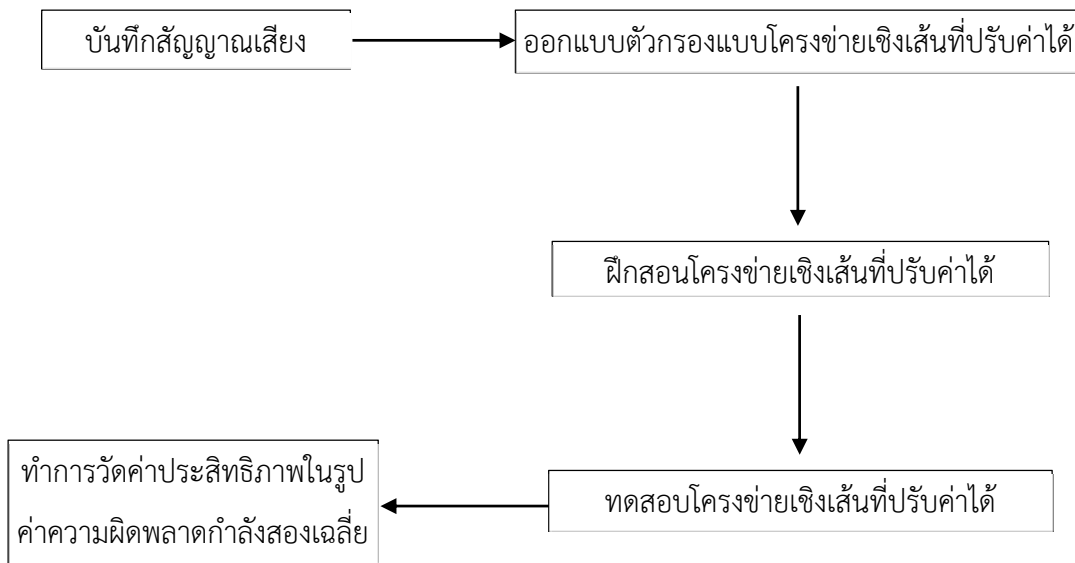
กล่าวคือ ในกรณีที่ผู้ใช้ใช้การพูดผ่านไมโครโฟนนั้น เราจะสังเกตเห็นว่าเสียงจากผู้พูดที่ส่งไปยังผู้ฟังอาจจะเกิดเสียงที่มาจากหลายทิศทางและมีเสียงสะท้อนเกิดขึ้นร่วมด้วย การเกิดเสียงสะท้อนในลักษณะนี้เราเรียกว่าเป็นการเกิดเสียงสะท้อนขึ้นโดยไม่ตั้งใจแต่เสียงนั้นมาจากปัจจัยของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสภาพแวดล้อมได้เสมอ

3.2.2 เสียงสะท้อนที่ตั้งใจให้เกิดขึ้น

กล่าวคือ ในกรณีที่ผู้ฟังฟังเพลง เราจะสังเกตเห็นว่าเสียงจากเพลงที่ส่งไปยังผู้ฟังมีความก้องกังวานอยู่ในบทเพลงอาจจะเกิดจากเสียงของเครื่องดนตรีและเสียงของการบันทึกเพลงร่วมด้วย การเกิดเสียงสะท้อนในลักษณะนี้เราเรียกว่าเป็นการเกิดเสียงขึ้นโดยตั้งใจเพราะเสียงนั้นอาจจะเป็นองค์ประกอบที่สื่อถึงอารมณ์ความรู้สึกหรือจังหวะของบทเพลงนั้น ๆ

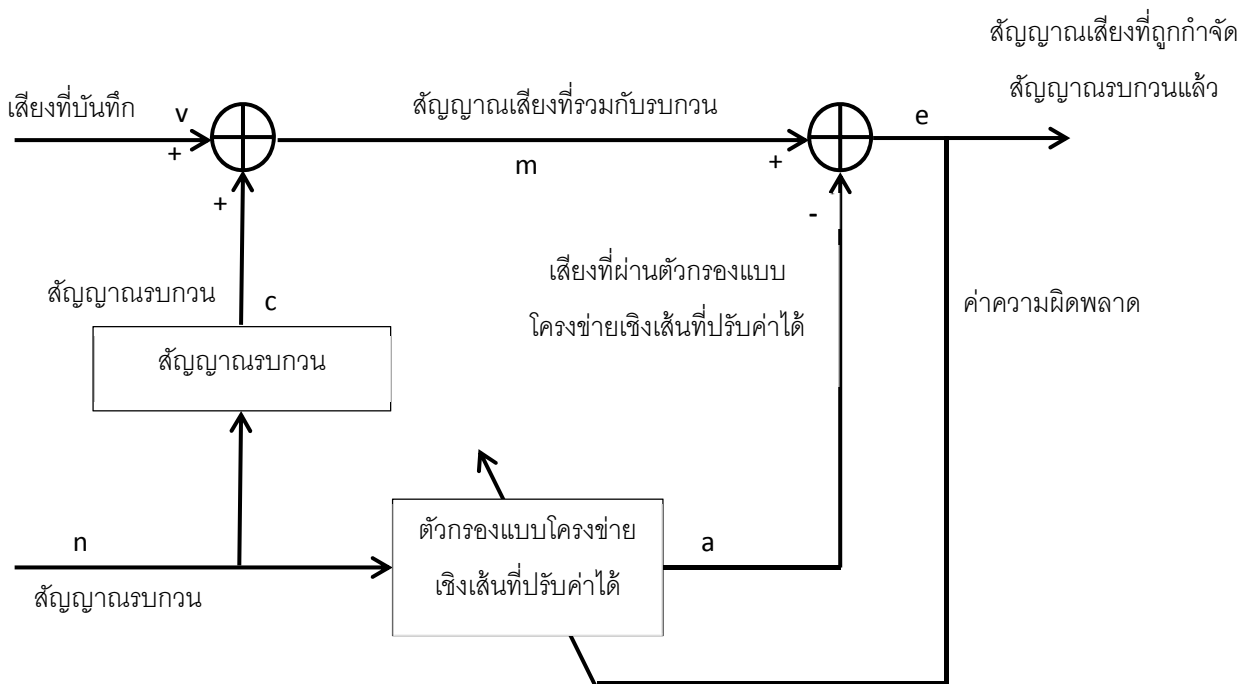
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

สำหรับวิธีดำเนินการทดลองจะเริ่มจากการบันทึกสัญญาณเสียงทั้งสัญญาณเสียงพูดและสัญญาณเสียงเพลงจากห้องที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 2 ห้อง จากนั้นจะทำการออกแบบตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นที่สามารถปรับค่าได้ แล้วนำสัญญาณเสียงที่ถูกบันทึกไว้มาสุ่มตัวอย่างโดยประมาณ 50,000 ตัวอย่างเพื่อนำมาฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายเชิงเส้นดังกล่าว สุดท้ายทำการวัดประสิทธิภาพของวิธีโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้โดยใช้การพิจารณาจากค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย สามารถแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยรวม

3.4 การออกแบบการทดลอง



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

จากรูปที่ 3.4 จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการออกแบบการทดลองในแต่ละส่วน ๆ ดังนี้

3.4.1 บันทึกเสียงสะท้อนของห้อง

เสียงที่ทำการบันทึกเป็นเสียงจริงจากห้องโดยบันทึกจากห้องเรียน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้อง วศ.52 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สถานที่และสัญญาณเสียงอินพุตที่ทำการบันทึก

ครั้งที่	สถานที่	เสียงอินพุต
1	ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ห้องทดลองที่ 1)	เสียงพูด
2	ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ห้องทดลองที่ 1)	เสียงเพลง
3	ห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้อง วศ.52 (ห้องทดลองที่ 2)	เสียงพูด
4	ห้องเรียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ ห้อง วศ.52 (ห้องทดลองที่ 2)	เสียงเพลง

3.4.2 แยกสัญญาณรบกวนเพื่อนำไปออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

เนื่องจากสัญญาณรบกวนมีคุณลักษณะของการกระจายเป็นแบบโค้งปกติ (Normal Distribution) เราจึงทำการสร้างสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการกระจายเป็นแบบเกาส์เซียน (Gaussian) มาเป็นต้นแบบเพื่อให้โครงข่ายเชิงเส้นสามารถเรียนรู้และแยกสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณเสียงจริงได้นั่นเอง

3.4.3 ออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้และกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้น

ทำการออกแบบตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ซึ่งนำมาใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อนภายในห้องตามกระบวนการในรูปที่ 3.4 โดยทำการปรับค่าต่าง ๆ เช่น จำนวนโหนดอินพุต จำนวนตัวหน่วงเวลา ค่าอัตราการเรียนรู้ และค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการปรับเพื่อให้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีค่าที่ต่ำจนเป็นที่ยอมรับได้ เป็นต้น

3.4.4 วัดประสิทธิภาพในรูปค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย

ทำการวัดประสิทธิภาพของตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้โดยการประมวลผลด้วยตัวโปรแกรมแมทแลบออกมาในรูปค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย ซึ่งค่าที่ยอมรับได้ในโครงงานนี้จะมีค่าความผิดพลาด (Error) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.001

บทที่ 4

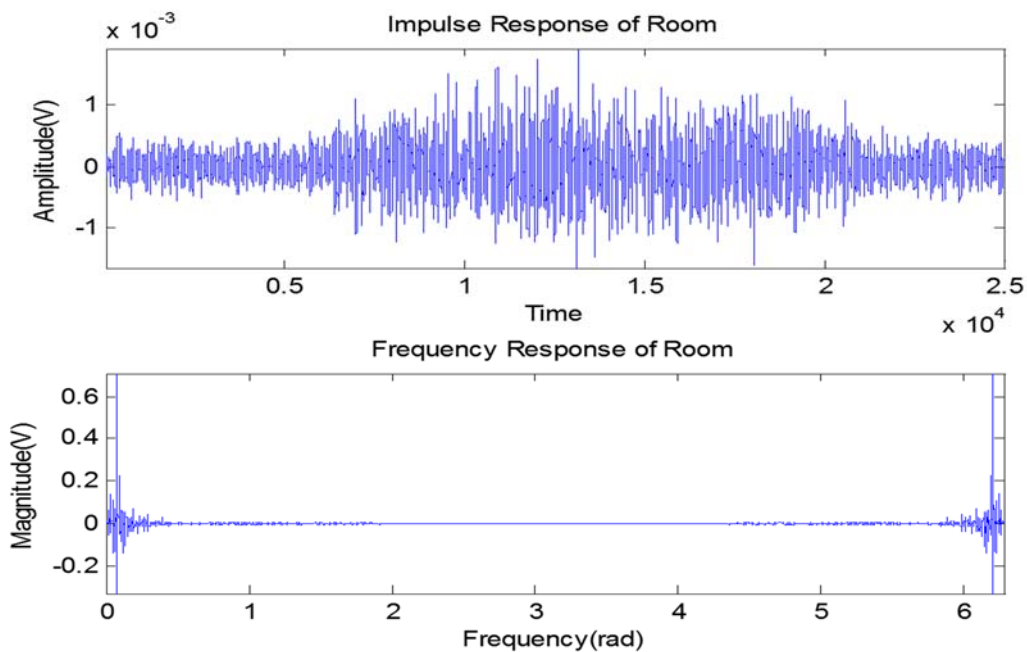
ผลการทดลอง

สำหรับในส่วนของเนื้อหาของบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดลองต่าง ๆ ทั้งหมดที่ได้มีการอธิบายหลักทฤษฎีเอาไว้แล้วในตอนต้นเพื่อพิสูจน์ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า การออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้สามารถนำมาใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นมาภายในห้องต่าง ๆ ที่ได้ทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 การหาค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง

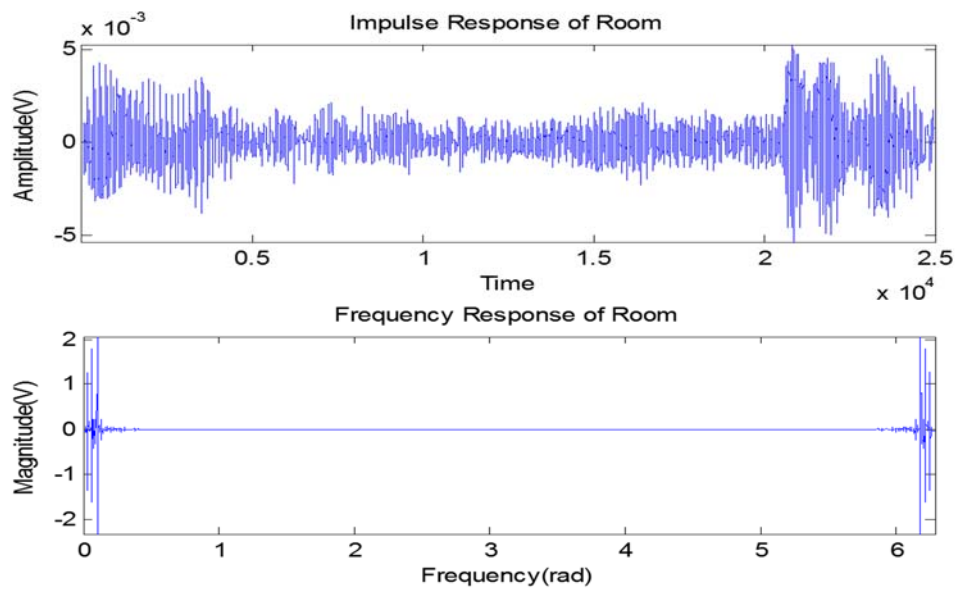
สำหรับในโครงงานวิศวกรรมนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรณี คือ

4.1.1 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



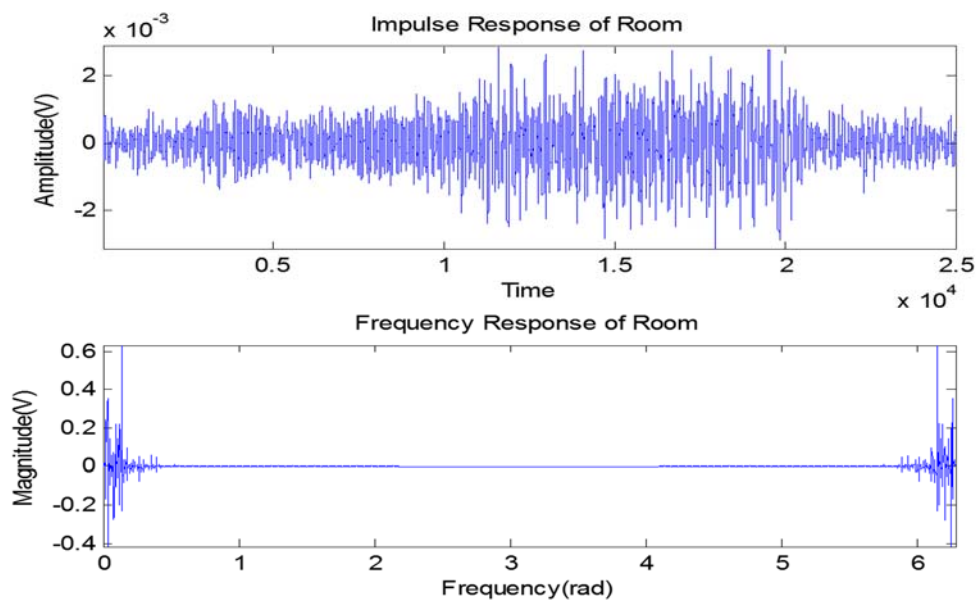
รูปที่ 4.1 ผลตอบสนองอิมพัลส์ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลง

4.1.2 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



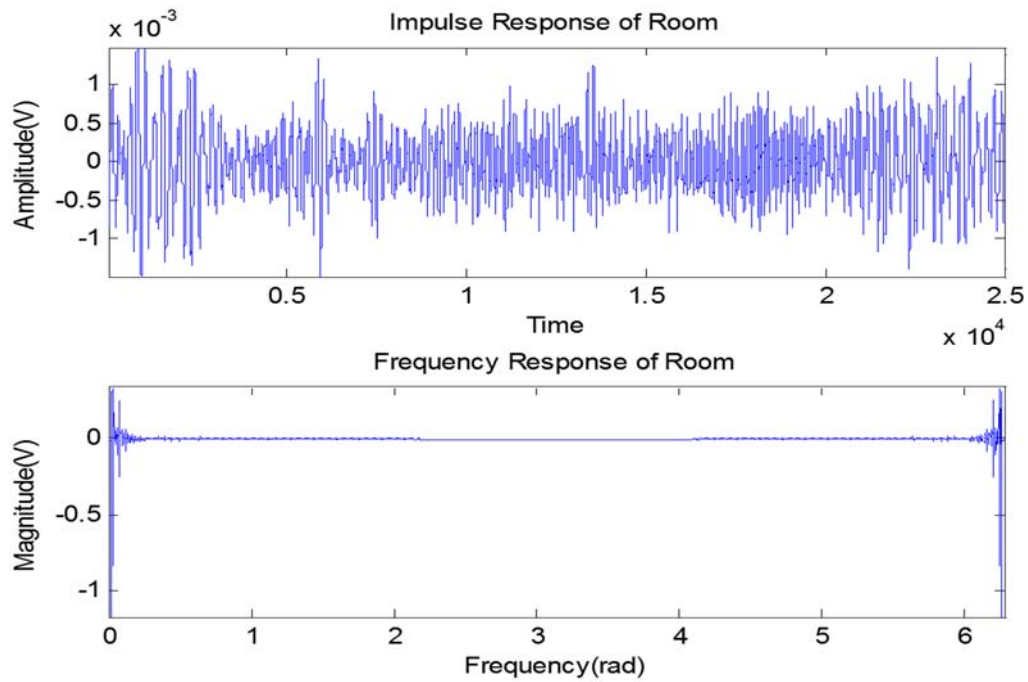
รูปที่ 4.2 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน

4.1.3 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



รูปที่ 4.3 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการเปิดเพลง

4.1.4 ผลการตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟนใน ขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง

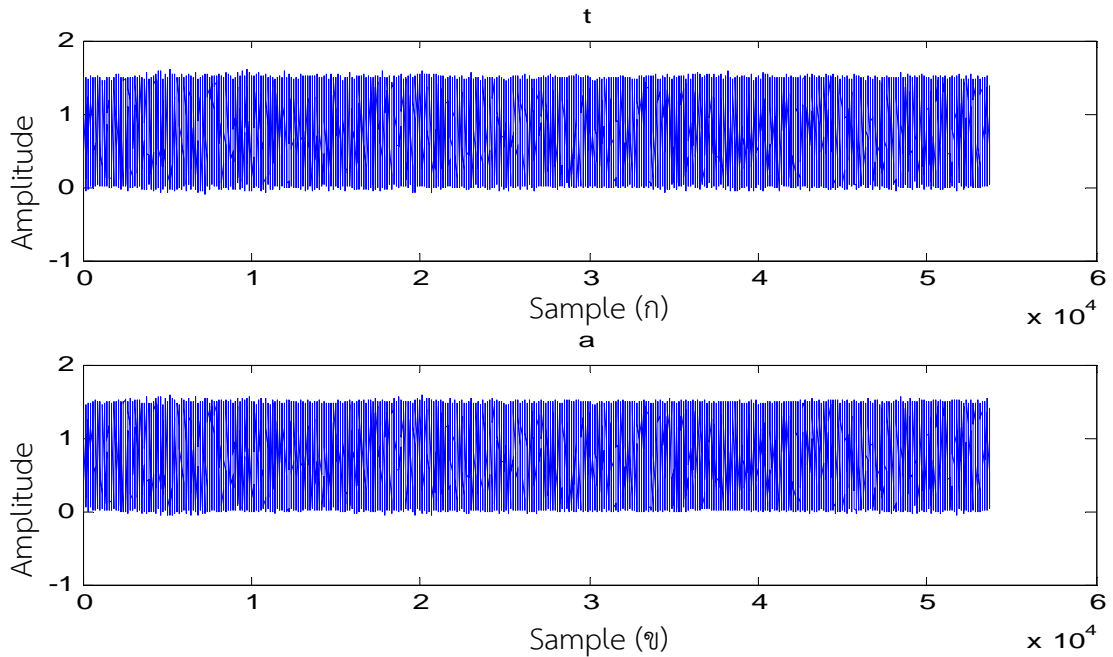


รูปที่ 4.4 ผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ณ ห้อง วศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟน

4.2 การหาค่าสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

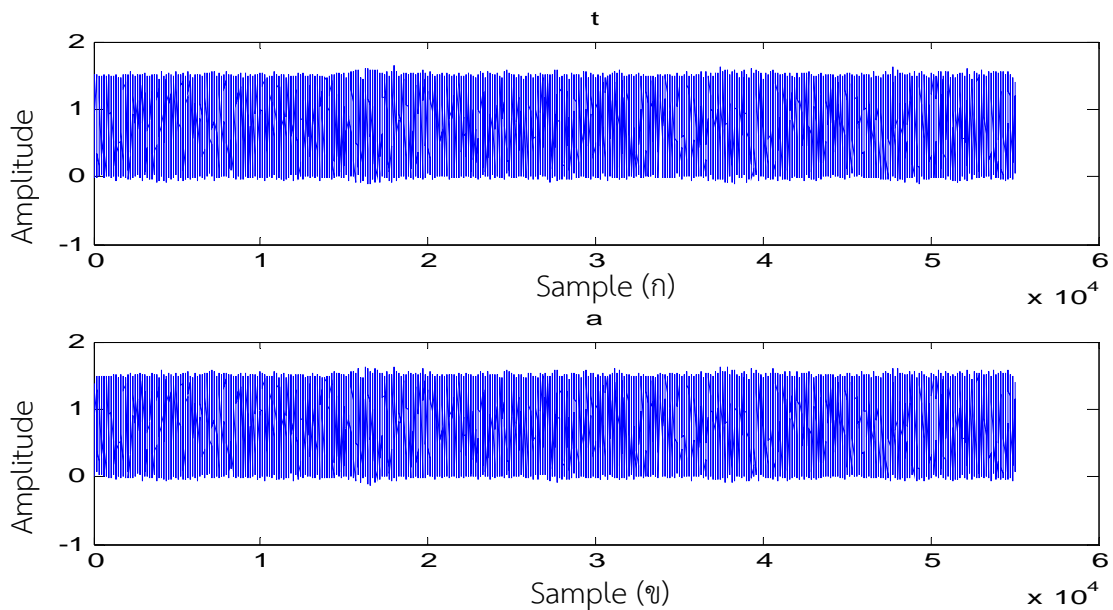
สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กรณี เช่นเดียวกับการหาผลตอบสนองอิมพัลส์ของห้อง ดังนี้

4.2.1 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



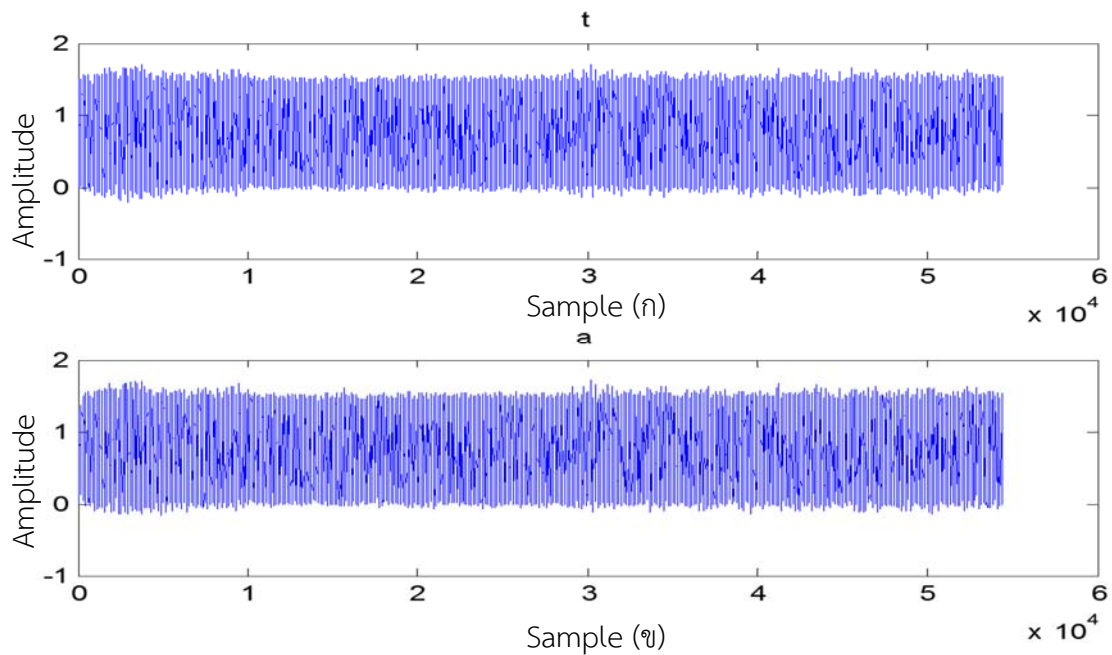
รูปที่ 4.5 (ก) สัญญาณเสียงเป้าหมายของโครงข่าย (ข) สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลง

4.2.2 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



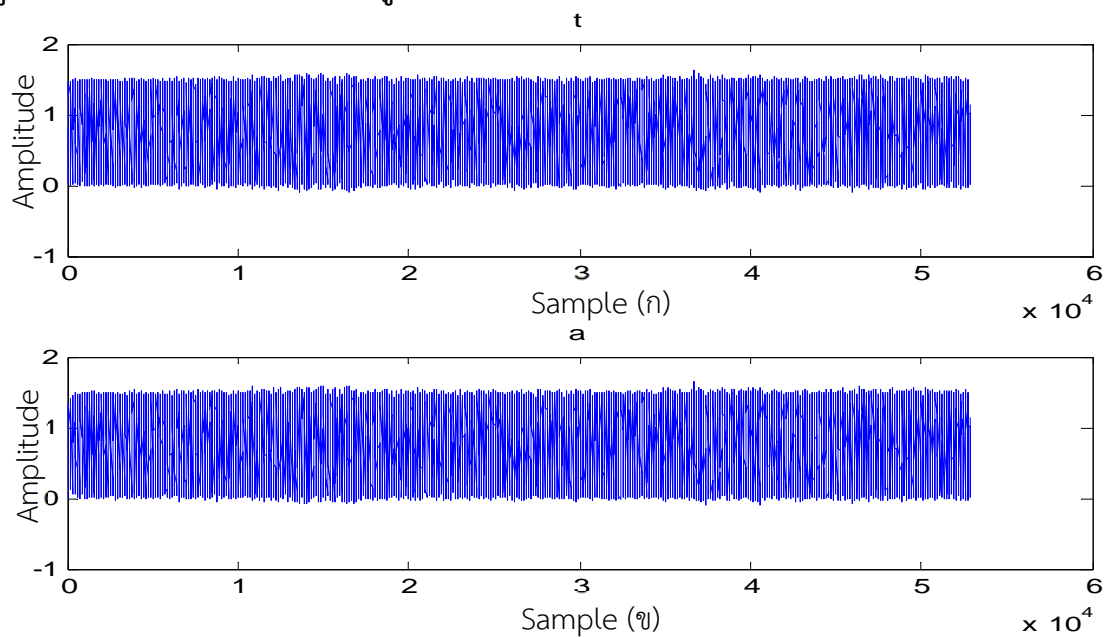
รูปที่ 4.6 (ก) สัญญาณเสียงเป้าหมายของโครงข่าย (ข) สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน

4.2.3 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง วมศ.52 โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



รูปที่ 4.7 (ก) สัญญาณเสียงเป้าหมายของโครงข่าย (ข) สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง วมศ. 52 โดยการเปิดเพลง

4.2.4 ค่าของเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นแบบปรับค่าได้ ณ ห้อง วมศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



รูปที่ 4.8 (ก) สัญญาณเสียงเป้าหมายของโครงข่าย (ข) สัญญาณเสียงเมื่อผ่านตัวกรอง ณ ห้อง วมศ. 52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟน

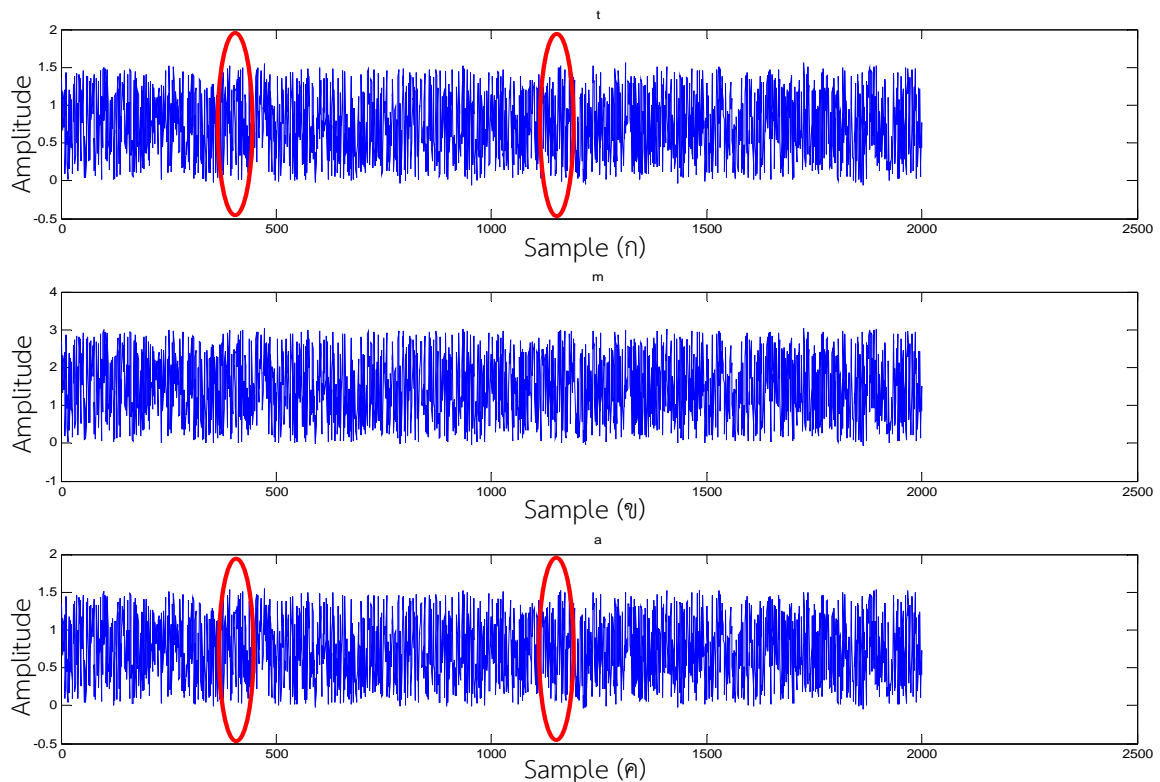
4.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.5–4.8 จะสังเกตได้ว่าการเปลี่ยนแปลงห้องเป็นขนาดต่าง ๆ และลักษณะของสัญญาณเสียงบันทึกที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อค่าของสัญญาณเสียงที่ออกมาจากตัวกรอง ดังนั้นในโครงการนี้จึงเลือกตัวอย่างห้องและสัญญาณเสียงต้นแบบที่มีความหลากหลายเพื่อยืนยันค่าถ่วงน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ว่าตัวกรองที่ออกแบบมานั้นสามารถใช้งานได้จริง

4.3 การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

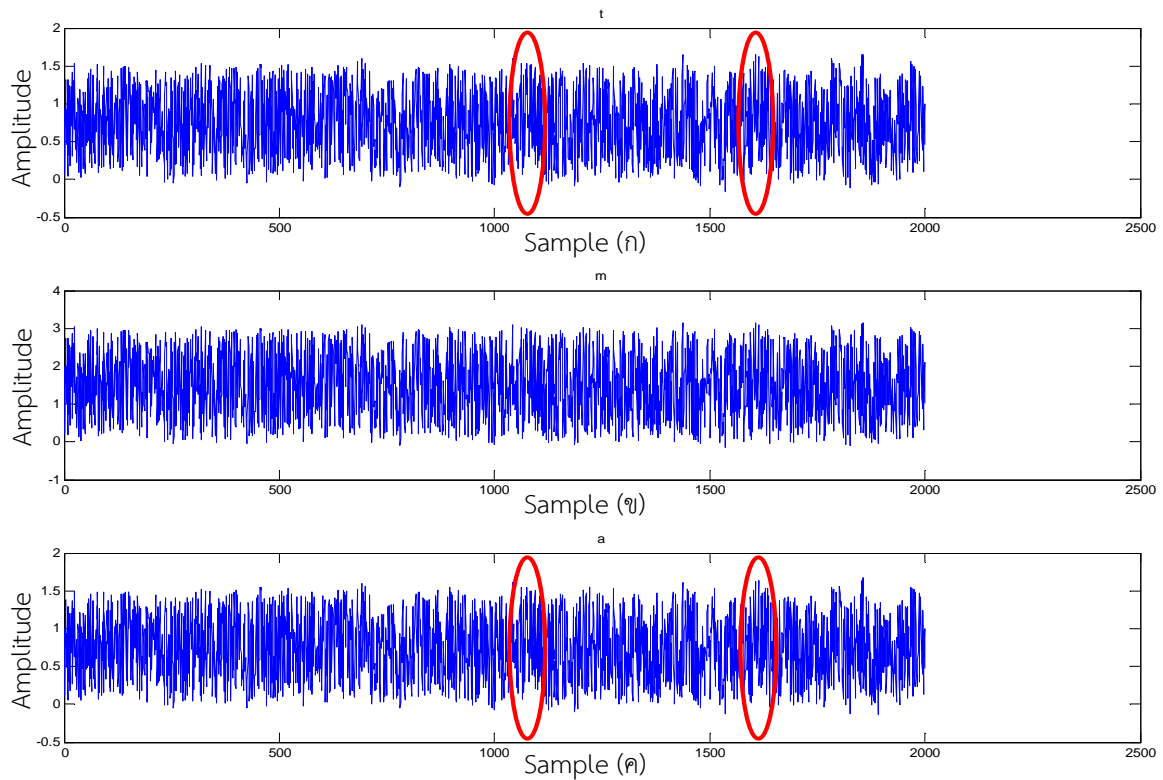
ในการเปรียบเทียบสัญญาณเสียงทั้งสองชนิดจะถูกพิจารณาในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

4.3.1 ค่าเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



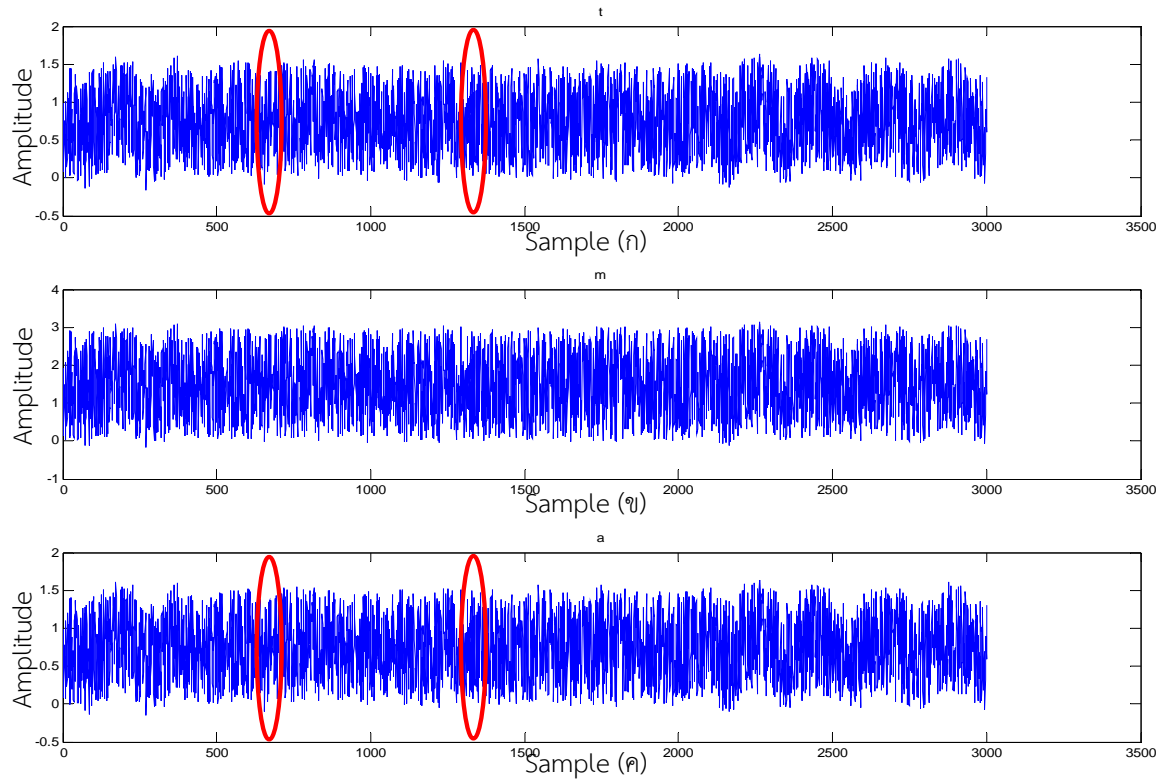
รูปที่ 4.9 (ก) เสียงต้นกำเนิด (ข) เสียงที่ยังไม่ผ่านตัวกรอง (ค) เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลง

4.3.2 ค่าเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบ
 โครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนใน
 ขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



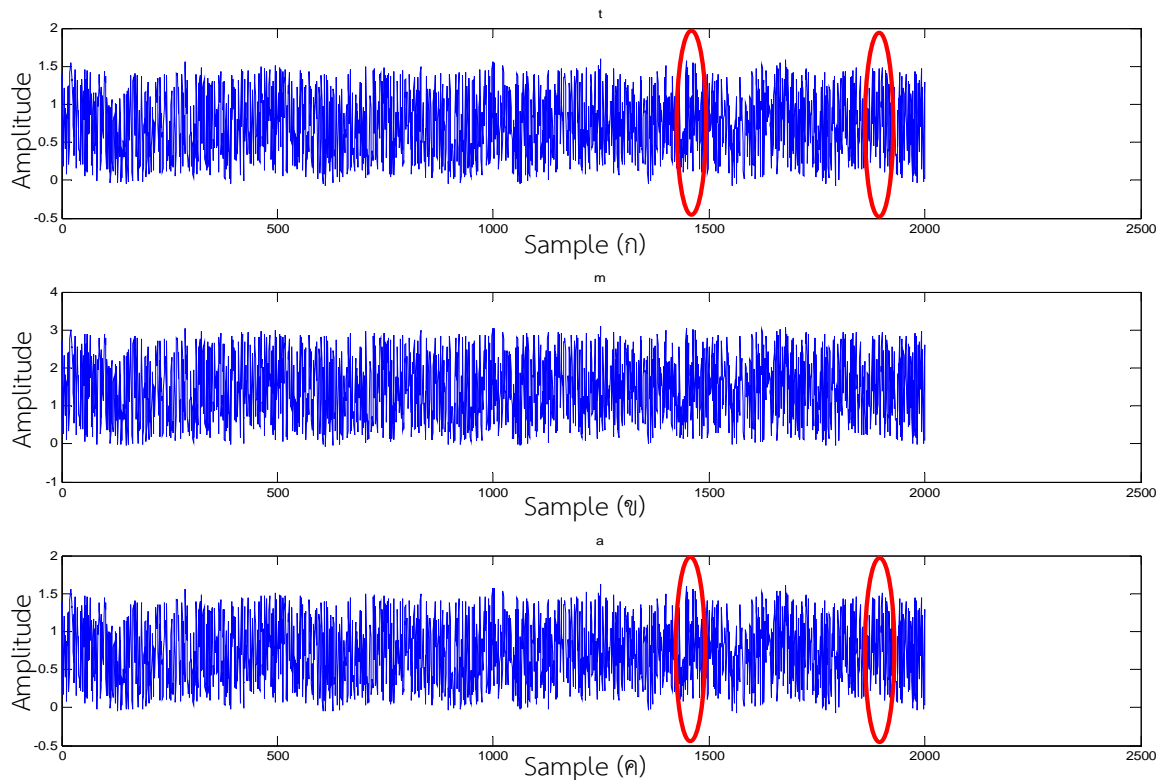
รูปที่ 4.10 (ก) เสียงต้นกำเนิด (ข) เสียงที่ยังไม่ผ่านตัวกรอง (ค) เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้น
 ที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน

4.3.3 ค่าเปรียบเทียบระหว่างเสียงต้นกำเนิดกับเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ.52 โดยการเปิดเพลงในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



รูปที่ 4.11 (ก) เสียงต้นกำเนิด (ข) เสียงที่ยังไม่ผ่านตัวกรอง (ค) เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลง

4.3.4 ค่าเปรียบเทียบระหว่างเสียงต้นกำเนิดกับเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ.52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง



รูปที่ 4.12 (ก) เสียงต้นกำเนิด (ข) เสียงที่ยังไม่ผ่านตัวกรอง (ค) เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟน

4.3.5 การวิเคราะห์การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเสียงต้นกำเนิดกับสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้

จากรูปที่ 4.9–4.12 จะเห็นได้ว่าลักษณะของสัญญาณเสียงต้นกำเนิดและสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองมีความคล้ายคลึงใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถกำจัดเสียงสะท้อนบางส่วนออกไปเพื่อให้สัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ออกมามีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามก็จะมีขนาดสัญญาณในบางส่วนของเสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ลดลงจากขนาดของสัญญาณเสียงต้นกำเนิดเดิม ซึ่งวงกลมสีแดงในรูปจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างขนาดของสัญญาณเสียงต้นกำเนิดและสัญญาณเสียงที่ผ่านตัวกรอง เนื่องจากยังคงมีสัญญาณรบกวนบางส่วนที่ไม่สามารถกำจัดออกไปได้นั่นเอง

4.4 การวัดประสิทธิภาพของตัวกรองสัญญาณในรูปของค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย

ตารางที่ 4.1 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของแต่ละสัญญาณเสียง

สัญญาณเสียง	ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)
เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการเปิดเพลง	9.0670e-004
เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	5.4164e-004
เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลง	7.7138e-004
เสียงที่ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการพูดใส่ไมโครโฟน	3.8894e-004

4.5 การเปรียบเทียบจำนวนดีเลย์ที่ใช้

4.5.1 การเปรียบเทียบจำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลงในกรณีที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง

ตารางที่ 4.2 จำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง วศ. 52 โดยการเปิดเพลงในกรณีที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง

จำนวนดีเลย์	ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (s)
3	0.0013	245.314368
4	0.0012	246.853317
5	0.0010	238.424353
6	9.5020e-004	240.498751
7	8.7775e-004	248.249657
8	8.1842e-004	239.375128
9	7.7138e-004	238.962411
10	7.3262e-004	273.978569

จากตารางที่ 4.2 จะสังเกตเห็นว่าจำนวนดีเลย์ที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้จะมีจำนวน 9 ตัว เพราะมีค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยต่ำสุดและใช้เวลาในการประมวลผลที่ไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับจำนวนดีเลย์ที่มากกว่านี้

4.5.2 การเปรียบเทียบจำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง

ตารางที่ 4.3 จำนวนดีเลย์ที่ใช้ ณ ห้อง 205 ชั้น 2 อาคารปฏิบัติการไฟฟ้า โดยการพูดใส่ไมโครโฟนในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในห้อง

จำนวนดีเลย์	ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (s)
3	9.9425e-003	285.174498
4	8.6930e-003	325.721331
5	7.7100e-004	313.061188
6	6.9304e-004	322.443668
7	6.3077e-004	327.537969
8	5.8061e-004	329.379179
9	5.4164e-004	307.807810
10	5.0864e-004	312.205203

จากตารางที่ 4.3 จะสังเกตเห็นว่าจำนวนดีเลย์ที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบตัวกรองโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้จะมีจำนวน 9 ตัว ซึ่งมีแนวโน้มที่เหมือนกับตารางที่ 4.2 เพราะมีค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยค่อนข้างต่ำและใช้เวลาในการประมวลผลที่ไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับจำนวนดีเลย์ที่มากกว่านี้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทสุดท้ายนี้จะเป็นการกล่าวสรุปผลการทดลองทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโครงการวิศวกรรมฉบับนี้ รวมทั้งการสรุปผลที่เป็นข้อดีจากการออกแบบตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ เพื่อนำมาใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อน และข้อเสนอแนะหรือแนวทางในการที่จะสามารถพัฒนางานให้ก้าวหน้าขึ้นไปในอนาคต

5.1 สรุปผล

เนื่องจากเสียงที่ได้บันทึกมาในตอนแรกนั้นยังไม่ผ่านตัวกรองใด ๆ ทั้งสิ้น จะเห็นว่าเสียงที่ได้ยินนั้น มีความก้องกังวานเนื่องจากการสะท้อนของเสียงที่เกิดขึ้นภายในห้อง คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการสร้างตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ในการกำจัดเสียงสะท้อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาภายในห้องที่ทดลอง เพื่อให้เสียงที่ได้ผ่านตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ออกมานั้นมีความชัดเจนกว่าเสียงเดิมที่ได้บันทึกไว้ในตอนแรก และจากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าการนำตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้มาใช้ในการกำจัดเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องสามารถใช้งานได้จริง จึงทำให้เกิดเสียงใหม่ที่มีความคมชัดกว่าเสียงเดิมที่คณะผู้จัดทำได้ทำการบันทึกมาจากในห้องที่ใช้เป็นห้องทดลองทั้งสองห้อง ซึ่งจะทำให้เกิดปัจจัยที่ทำให้เสียงที่บันทึกมาได้นี้มีความแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ปัจจัยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นสามารถจำแนกประเภทได้ 2 ลักษณะ นั่นก็คือ 1) ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ 2) ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ กล่าวคือ

1) ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ก็คือ สภาพแวดล้อมหรือค่าต่าง ๆ ที่เราสามารถเป็นคนกำหนดเองได้ว่าจะให้มีปริมาณมากน้อยแค่ไหน เช่น จำนวนคน หรือ สิ่งของที่อยูภายในห้องที่ทดลอง เสียงที่เราใช้ในการพูดใส่ไมโครโฟนโดยมีเครื่องขยายเสียงเป็นระบบสเตอริโอเสียงเราก็สามารถที่จะปรับระดับเสียงจากตัวลำโพงได้ เป็นต้น

2) ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ก็คือ สภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เหนือการควบคุมของเรา เช่น เสียงที่ตั้งมาจากห้องข้าง ๆ เสียงนจากข้างนอก หรือแม้กระทั่งเสียงลมที่พัดอยู่ในห้องที่แทรกเข้ามาในไมโครโฟน

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับในอนาคตการปรับปรุงหรือพัฒนาการกำจัดเสียงสะท้อนโดยใช้ตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้นั้น สามารถทำได้โดยการสร้างตัวกรองแบบโครงข่ายเชิงเส้นที่ปรับค่าได้ขึ้นมาในรูปแบบที่เป็นฮาร์ดแวร์ เพื่อใช้ในสถานการณ์ที่เกิดเสียงสะท้อนขึ้นได้ โดยการนำข้อมูลจากโครงข่ายนี้ไปปรับปรุงและพัฒนาในลำดับต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ไกรกร เศรษฐไกรกุล,. “MATLAB Primer ภาษาไทย,” 2545.

ณัฐรุณี เสมาทอง และอภิสิทธิ์ พงษ์ดี, “การกำจัดเสียงสะท้อนของห้องโดยใช้ตัวกรองแบบผกผัน,”
ปริญญาานิพนธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

I.J. Dahanayaka, P.K.Y.N Kulasekara,M.N.F. Zihra, and S.H.G. Chamindu, “Acoustic Echo
Cancellation for Hand-free Applications Using Adaptive Filters,” in Department of
Electrical and Information Engineer – University of Ruhuna – Sri Lanka,Annual Technical
Conference 2010 of IET – YP Sri Lanka, 16th October 2010, pp. 1 – 4.

<https://www.mathworks.com>

online: 1 Oct. 2016

<http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/568%E0%B8%81%E0%B8%B%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B8%B0%E0%B8%97%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%87?groupid=157>

online: 1 Oct. 2016

ประวัติย่อผู้ทำโครงการงาน

ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

ชื่อ ชื่อสกุล

นายกวิน เดชวัฒน์โยธิน

วันเดือนปีเกิด

29 พฤษภาคม 2538

สถานที่เกิด

เขตบางรัก จังหวัดกรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

898 ซอยงามปิ่นจะ1 แขวงบางแค

เขตบางแค จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10160

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ

086-397-0912

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557

มัธยมศึกษาปีที่ 6

จากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

พ.ศ. 2560

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

ชื่อ ชื่อสกุล	นายกษิเดช ธิสอน
วันเดือนปีเกิด	27 พฤศจิกายน 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	278/11 ตำบลพงาว อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย 57160
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	082-780-6774
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2557	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเทิงวิทยาคม
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ประวัติย่อผู้ทำโครงการ

ชื่อ ชื่อสกุล

นางสาววรรณทิพย์ โตบัว

วันเดือนปีเกิด

2 ตุลาคม 2537

สถานที่เกิด

เขตคลองสาน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

1068 หมู่บ้านพฤษภาวิไล 7

ตำบล ประชาธิปัตย์ อำเภอธัญบุรี

จังหวัดปทุมธานี 12130

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ

090-981-6764

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2557

มัธยมศึกษาปีที่ 6

จากโรงเรียนสายปัญญารังสิต

พ.ศ. 2560

กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

