การศึกษากระบวนการแปลงเสียงไปสู่ภาพเคลื่อนไหว ผ่านกระบวนการสร้างสรรค์ผลงาน “พูดกับฉันสิ” The Study of The Process of Converting Sound to Animation, Through the Creative Process “Talk to Me”

ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา*[1]
Pattarapong Sripanya*[1]

บทคัดย่อ

บทความได้มุ่งเน้นการถ่ายทอดวิธีการศึกษาและกระบวนการในการสร้างสรรค์ผลงาน บูรณาการองค์ความรู้ระหว่างดนตรี เสียง เทคโนโลยี และภาพเคลื่อนไหว โดยท้ายสุดสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการทำงานวิจัยสร้างสรรค์ผลงาน นำไปต่อยอดในการสร้างงานดนตรีและงานเสียงที่ผนวกกับสื่ออื่นได้ เป็นการขยายความคิดสร้างสรรค์และก้าวข้ามกรอบเดิมออกไป

คำสำคัญ : เสียง / การแปลงฟูรีเยอ / ภาพเคลื่อนไหว

Abstract

This article focuses on educational methods and the process of creating works. That is the integration of knowledge between music, sound, technology and animation. In the end being able to bring the knowledge from this research. It can be used to create music and

* corresponding author, email: pattarapong.sr@hotmail.com

[1] อาจารย์พิเศษภาควิชาสื่อผสม คณะจิตรกรรมประติมากรรมและภาพพิมพ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[1] Visiting Faculty in Department of Mixed Media, Faculty of Painting, Sculpture and Graphic Arts, Silpakorn University

Received: August 30, 2020 / **Revised:** November 9, 2020 / **Accepted:** December 4, 2020

sound work that can be combined with other media. It's an extension of creativity and pushed out from the comfort zone.

Keywords: Sound / FFT / Animation

บทนำ

ในการสร้างสรรค์งานชิ้นนี้ ผู้วิจัยต้องการที่จะขยายชุดความรู้ในเรื่องของเทคโนโลยีดนตรี และเสียง ไปประยุกต์ใช้ในการทำศิลปะแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวที่อาศัยตัวแปรจากเสียงของมนุษย์ มาใช้ในการสร้างสรรค์ ซึ่งผู้วิจัยมีความต้องการที่ให้ผู้ชมได้สำรวจความเป็นเอกลักษณ์และลักษณะเฉพาะของเสียงของตนเอง จากการเปล่งเสียงผ่านไมโครโฟน การเปล่งเสียงในลักษณะใด ๆ ก็ตามแต่ คลื่นเสียงเหล่านี้จะถูกแปลงให้เป็นภาพที่มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงไปตามเสียงที่ผู้ชมได้เปล่งออกมา ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้ผู้ชมนั้น ได้ทดลองเปล่งเสียงในลักษณะต่าง ๆ ทั้งนี้ในการสร้างงานที่จำเป็นต้องผนวกหลายความรู้เข้าด้วยกัน ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องศึกษาเครื่องมือ และทฤษฎี เพื่อที่จะนำองค์ความรู้ที่ได้ทำการศึกษานำมาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างที่ต้องการ อันได้แก่

กายภาพของเสียง

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง ที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนของวัตถุที่เป็นแหล่งให้กินเนิดของเสียง คลื่นเสียงจะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง อาทิเช่น อากาศ มายังหูของมนุษย์ที่สามารถรับคลื่นเสียงได้ คุณลักษณะที่ทำให้เสียงมีความแตกต่างกันในแต่ละเสียงอันได้แก่

ความถี่ของเสียง (frequency) หมายถึงระดับเสียงที่มีความสูงต่ำแตกต่างกัน โดยจะวัดจากการความยาวของคลื่นเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นเป็นรูปคลื่นคล้ายคลึงกับคลื่นในทะเล ซึ่งจะมีทั้งขึ้นและลง ในการขึ้นและลงนั้นจะนับเป็น 1 รอบ การหาความถี่ของเสียงนั้นจะมีหน่วยวัดเป็นรอบ ต่อ 1 วินาที

ยกตัวอย่างเช่นเสียง ลา (A) ที่ตรงกลางของเปียโน จะมีการสั่นสะเทือนอยู่ที่ 440 รอบต่อ 1 วินาที การสั่นสะเทือน ถ้าความยาวของคลื่นเสียงมีมากเสียงก็จะต่ำ ถ้าความยาวของคลื่นเสียงมีน้อยเสียงก็จะสูง หน่วยที่ใช้วัดคลื่นเสียงคือ เฮิรตซ์ (Hz)

การแยกประเภทของคลื่นเสียงตามความถี่การได้ยินของมนุษย์ 3 สามารถแยกได้ 3 แบบดังนี้

1) คลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยิน (Audible waves) โดยธรรมชาติมนุษย์มีความสามารถรับรู้ความถี่ของคลื่นเสียงได้ตั้งแต่ 20 Hz – 20kHz ระดับความสามารถในการับรู้เสียงสูงจะค่อยลดลงไปเรื่อย ๆ ตามปัจจัยของอายุที่มากขึ้นและเหตุปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ

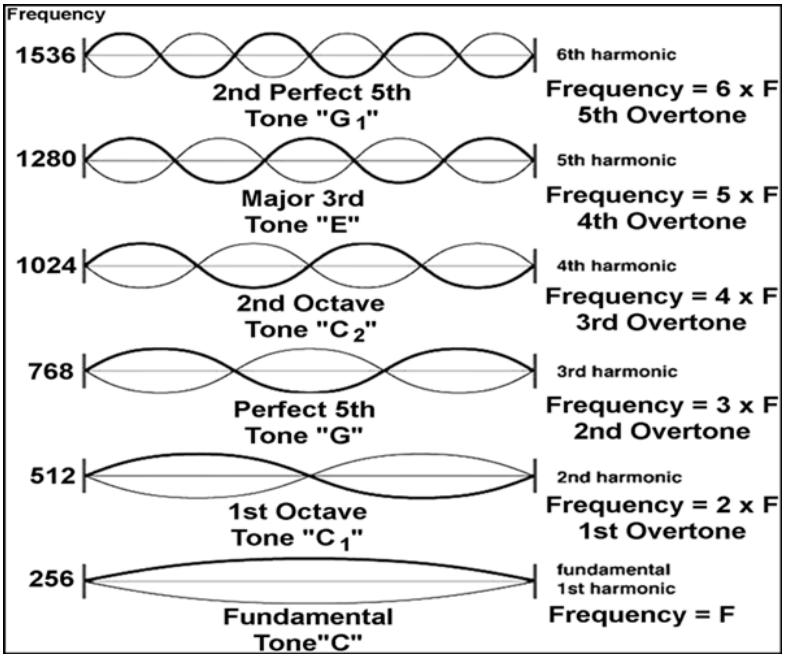
2) อินฟราซาวด์ (Infrasonic waves) เป็นคลื่นความถี่ต่ำกว่า 20 Hz ลงไป สิ่งมีชีวิตที่สามารถรับรู้คลื่นเสียงชนิดนี้ได้ อาทิเช่น ช้าง นกพิราบ ปลาหมึก วาฬ

3) อัลตราโซนิค (Ultrasonic waves) เป็นคลื่นเสียงที่สูงกว่า 20kHz ขึ้นไป เป็นคลื่นเสียงที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น อัลตราซาวด์ (Ultrasound) หรือการตรวจคลื่นเสียงความถี่สูง เป็นการตรวจทางการแพทย์ที่ไม่อันตรายต่อผู้ได้รับการตรวจ การตรวจชนิดนี้นี้มักเป็นที่รู้จักในการใช้ตรวจการตั้งครรภ์เพื่อดูภาพของทารกที่อยู่ภายในครรภ์ อัลตราโซนิค เซนเซอร์ (Ultrasonic Sensors) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดระยะที่เห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น ในระบบการถอยของรถยนต์ เซนเซอร์จะปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูงออกไป เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับวัตถุ ก็จะเกิดการสะท้อนกลับมายังตัวรับ ทำให้สามารถรู้ระยะห่างของวัตถุโดยวัดจากช่วงเวลาของเสียงที่ไปกระทบ แล้วส่งกลับมาได้ สิ่งมีชีวิตที่สามารถรับรู้คลื่นเสียงชนิดนี้ได้ อาทิเช่น ค้างคาว วาฬ โลมา แมลงเม่า หนู กบ

ความดังของเสียง หรือ ความเข้มข้นของคลื่นเสียง (Amplitude, Loudness) เป็นความสูงของคลื่นเสียงในแนวตั้ง หรือความเข้มข้นของเสียง โดยมีหน่วยวัดเป็น เดซิเบล (dB) ยิ่งความเข้มข้นของเสียงมีมากเสียงก็จะดังมาก แต่ถ้าความเข็มข้นของเสียงน้อยเสียงก็จะเบา มนุษย์สามารถรับรู้เสียงที่มีความดังในระดับของความเข้มข้นตั้งแต่ 0 – 120 เดซิเบล ถ้าเสียงที่ดังมากกว่านั้นจะส่งผลอันตราย

ต่อหู ทำให้หูหนวกได้ ซึ่งความเข้มข้นของเสียงที่มีความปลอดภัยต่อหูของมนุษย์ต้องต่ำกว่า 85 dB

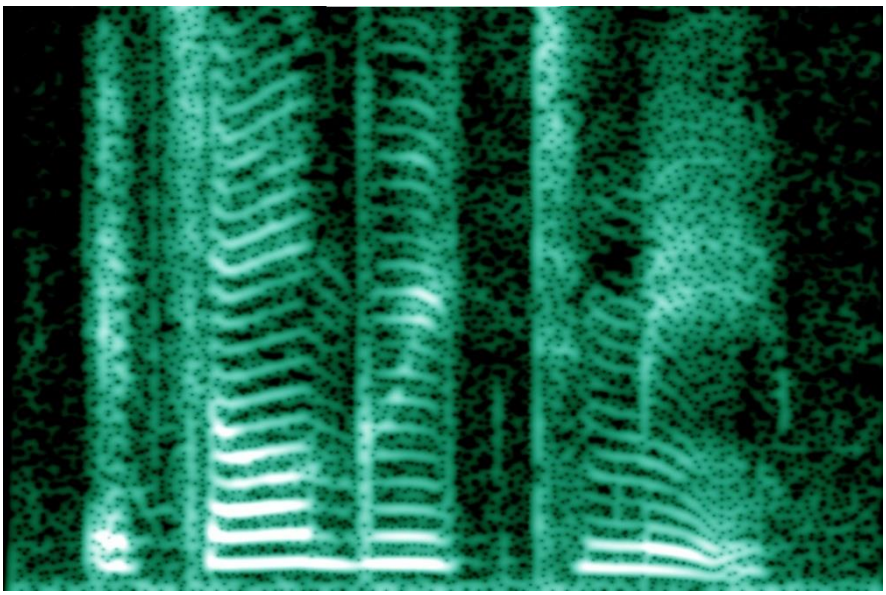
โอเวอร์โทน (Overtone) คือ ความคลื่นความถี่เสียงที่อยู่ถัดไปจากความถี่มูลฐาน โดยธรรมชาติเสียงที่เกิดขึ้นจะมีโอเวอร์โทนแฝงอยู่ในเสียงหลัก ยกตัวอย่างเช่นเสียงของเครื่องดนตรีที่เล่นโน้ตตัวโด ถ้าเรานำเสียงนั้นมาวิเคราะห์เราก็จะเห็นความถี่ที่เป็นเสียงของตัวโด มีโน้ตตัวอื่นเกิดขึ้นซ้อนกันในความเข้มข้นของเสียงที่น้อยกว่า ซึ่งความถี่ที่เรียงกันนั้นเรียกว่าอนุกรมฮาร์มอนิก (Harmonic Series)



ภาพที่ 1 อนุกรมฮาร์มอนิก ที่สัมพันธ์กับความถี่และโน้ตดนตรี
(ที่มา : https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-Pitch-timbre-tone-overtone)

สีสันของเสียง (Timbre) เป็นตัวที่บ่งบอกถึงลักษณะของเสียงที่มีความแตกต่างกันจากลักษณะของเนื้อเสียง และอนุกรมฮาร์มอนิกที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน เช่น เสียงของไวโอลินจะมีอนุกรมฮาร์มอนิกที่ยาวและมีความเข้มข้น

ของความถี่ที่ไม่เท่ากัน เมื่อเทียบกับเสียงของเครื่องลมทองเหลือง เช่นเดียวกับเสียงของมนุษย์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะคน อันเนื่องมาจากโครงสร้างของร่างกายที่มีไม่เท่ากัน ส่งผลให้ลักษณะของอนุกรมฮาร์มอนิกนั้นมีความเข้มข้นของแต่ละความถี่ที่ไม่เท่ากัน



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์เสียงในรูปแบบ spectrogram จากเสียงของมนุษย์
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

การแปลงฟูรีเยออย่างเร็ว ผู้วิจัยได้ศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์เสียงการแปลงฟูรีเยออย่างเร็ว (Fast Fourier Transform (FFT) Algorithm) เป็นการวิเคราะห์ความถี่ของเสียงโดยการแยกคลื่นความถี่ออกเป็นช่วง ๆ จะทำให้สามารถแบ่งแยกความถี่ของเสียงที่มีความสลับซับซ้อนในขณะที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาเดียวกันได้ ว่าในขณะนั้น คลื่นความถี่ใดบ้างที่เกิดขึ้น และมีความดังแค่ไหน

ดังในภาพด้านล่างที่มีลักษณะเป็นกราฟ แสดงโดยที่ แกนนอน (horizontal axis) จะมีค่า 20Hz ไปถึง 20,000Hz ซึ่งจะเป็นการไล่ระดับจากความถี่ต่ำ ไปยังความถี่สูง แล้วในภาพจะเห็นลักษณะของแท่งที่ถูกวางซ้อนกัน แท่งเหล่านั้นจะแสดงถึงการแบ่งช่วงความถี่ของเสียงออกเป็นส่วนย่อย ๆ ออกไป

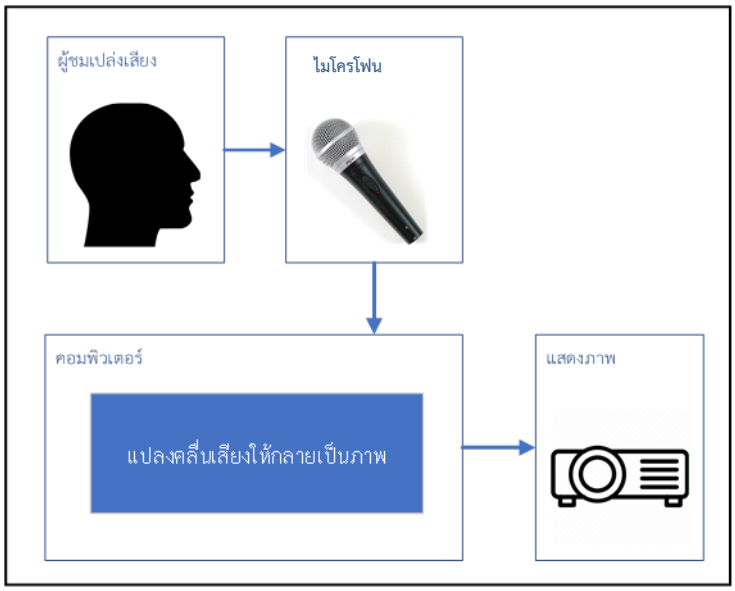
ภาพที่ 3 การแบ่งช่วงความถี่ของเสียงจาก 20Hz ไปจนถึง 20,000 Hz
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

โปรแกรม Processing

Processing คือซอฟแวร์ที่ใช้เขียนโปรแกรม ที่เน้นไปทางด้านของการสร้างภาพทั้งที่เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ รวมไปถึงสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวและการปฏิสัมพันธ์ได้อีกด้วย รวมไปถึงซอฟแวร์นี้เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ซ (Open Source) จึงทำให้เหมาะสำหรับที่จะนำมาใช้ในการสร้างงานชิ้นนี้ เพื่อที่ว่าจะสามารถกระจายความรู้ในการสร้างงานครั้งนี้ไปสู่ผู้อื่นได้ง่าย โดยไม่มีอุปสรรคทางด้านราคาของซอฟต์แวร์ โดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือในการสร้างภาพเคลื่อนไหวที่มีเงื่อนไขมาจากเสียงของผู้ชมงาน

ขั้นตอนการศึกษาและการสร้างสรรค์

จากแนวคิดในขั้นต้น ผู้วิจัยจึงต้องสร้างแผนผังระบบขึ้นมาอย่างคร่าว ๆ เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงสิ่งที่ต้องสร้างสรรค์ขึ้นมา โครงสร้างระบบของงานชิ้นนี้ เมื่อผู้ชมเริ่มเปล่งเสียงผ่านไมโครโฟน เสียงนั้นจะเข้าไปสู่กระบวนการแปลงเสียงของผู้ชม ให้สามารถแสดงเป็นภาพฉายออกผ่านโปรเจคเตอร์ได้

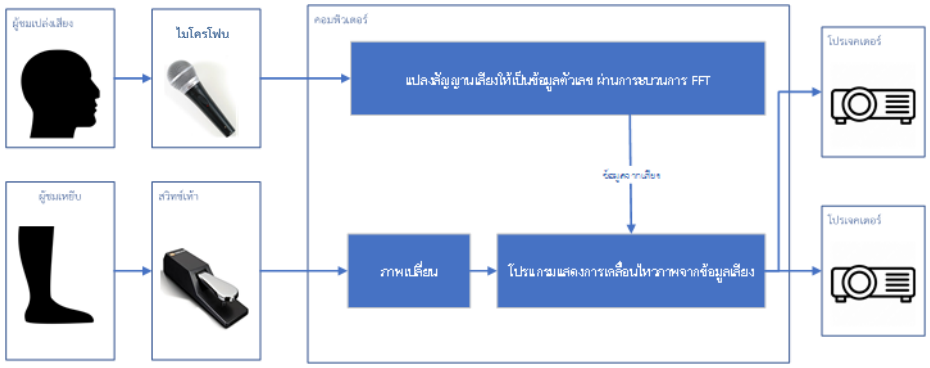


ภาพที่ 4 แผนผังระบบงานในขั้นแรก

(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

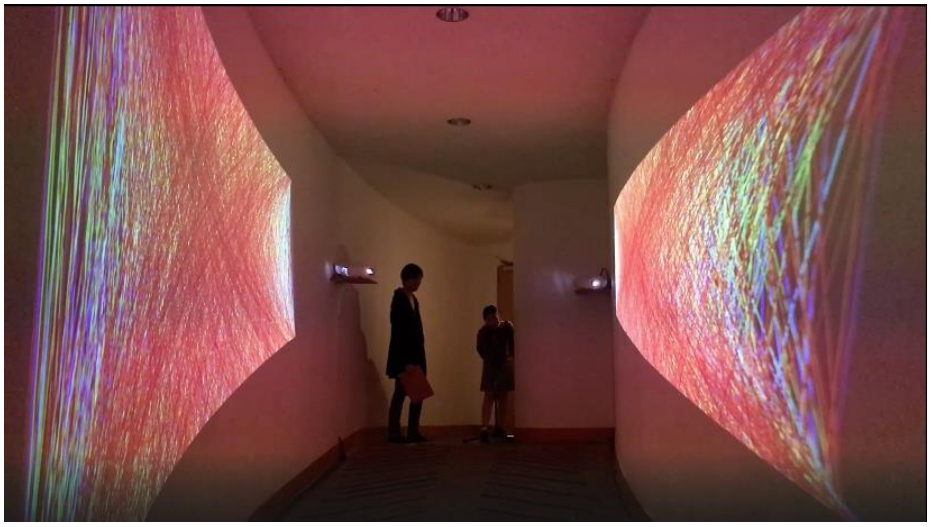
การเปลี่ยนแปลงเสียงมาสู่ภาพโดยใช้ processing

ในงานชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ใช้ไมโครโฟนเป็นตัวรับเสียงของผู้ชมงาน โดยใช้สวิตช์เท้าเป็นตัวที่ทำให้ภาพเปลี่ยน เมื่อผู้ชมทำการเหยียบสวิตช์ ชุดของภาพก็จะเปลี่ยน โดยที่เมื่อเสียงเข้ามาผ่านไมโครโฟน โปรแกรมจะวิเคราะห์สัญญาณของเสียงโดยใช้หลักการของ FFT เมื่อความถี่ได้เกิดขึ้น โปรแกรมก็จะส่งค่าความดังของความถี่นั้นเพื่อไปทำให้ภาพนั้นเกิดการเคลื่อนไหวตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้



ภาพที่ 5 แผนผังแสดงระบบการทำงานของงานชิ้นนี้

(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)



ภาพที่ 6 ผลงาน “พูดกับฉันสิ”

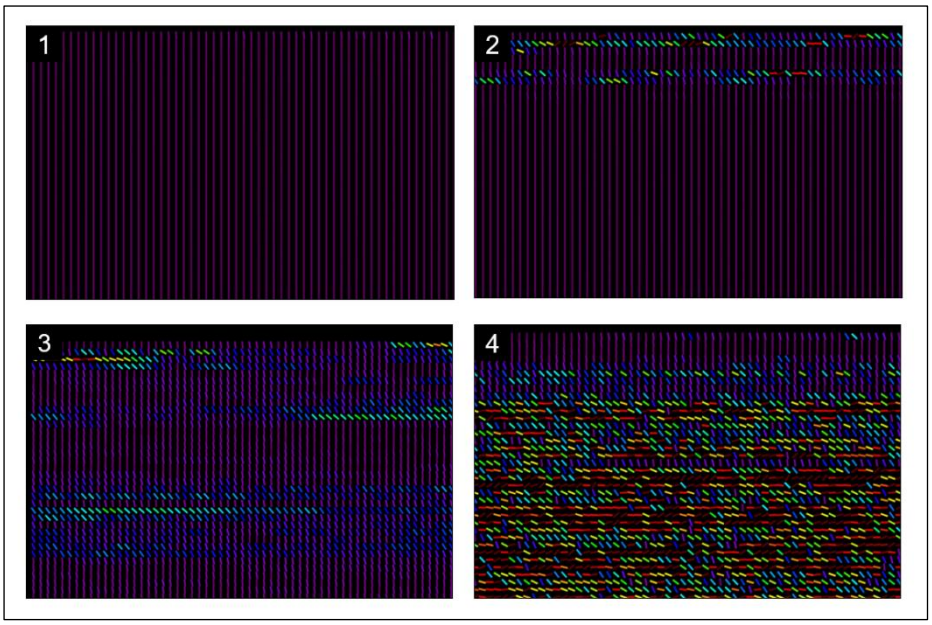
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

คำอธิบายลักษณะของภาพเคลื่อนไหว

ในงาน “พูดกับฉันสิ” จะมีชุดของภาพเคลื่อนไหวอยู่ทั้งหมด 6 แบบด้วยกัน ซึ่งแต่ละแบบจะใช้เสียงเข้ามาเป็นเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงภาพในลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

ภาพเคลื่อนไหวที่ 1 แท่ง

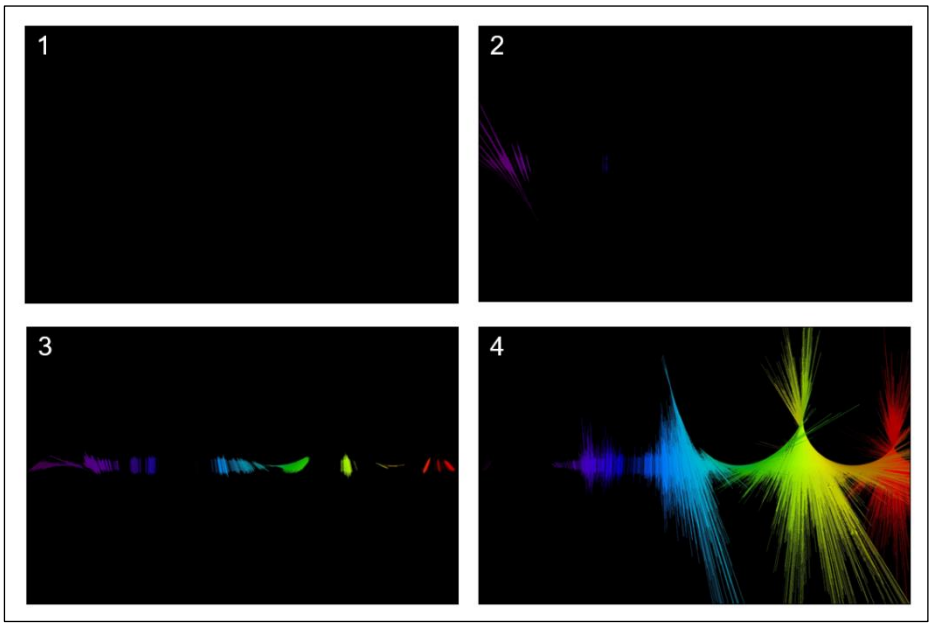
ในช่วงที่ยังไม่มีเสียงเข้ามา ภาพจะเป็นลักษณะเป็นเส้นตรงยาวเป็นแถว ๆ เมื่อมีเสียงภาพจะทำงานโดยการแบ่งย่านความถี่ของเสียงจากต่ำไปสูง เทียบกับภาพโดยการกำหนดแท่งเล็ก ๆ ในตำแหน่งเสียงต่ำอยู่ด้านบน เสียงที่สูงกว่าอยู่ด้านล่างต่อเนื่องกัน เมื่อมีเสียงเข้ามาตรงตามความถี่ของภาพนั้น แท่งเหล่านั้นก็จะหมุนและเปลี่ยนสีตามความดังของแต่ละย่านที่เข้ามา โดยในภาพที่ 7 1) หมายเลขที่ 1 เป็นภาพในช่วงไม่มีเสียง 2) หมายเลขที่ 2 เป็นภาพในช่วงที่มีเสียงต่ำเข้ามา 3) หมายเลขที่ 3 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่กลาง 4) หมายเลขที่ 4 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่สูง และดัง



ภาพที่ 7 ภาพเคลื่อนไหวที่ 1 แท่ง
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

ภาพเคลื่อนไหวที่ 2 เส้น 3 มิติ

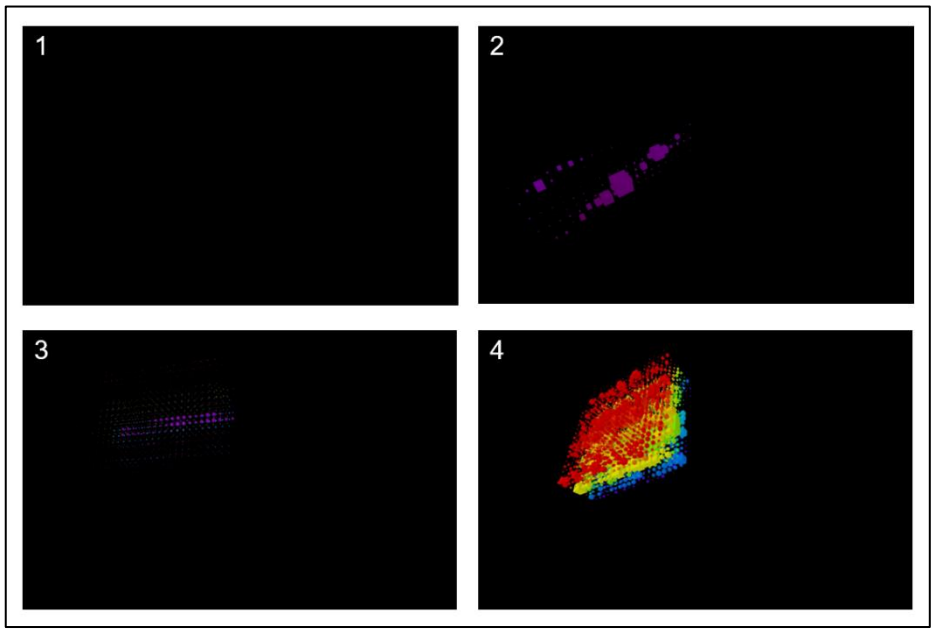
ในช่วงที่ยังไม่มีเสียงเข้ามา ภาพจะเป็นสีดำ เมื่อมีเสียงภาพจะทำงานโดยการแบ่งย่านความถี่ของเสียงจากต่ำไปสูง ในตำแหน่งเส้น 3 มิติ จากซ้ายไปขวา โดยลักษณะของภาพจะเป็นเส้นที่มีรูปร่าง 3 มิติ เมื่อมีเสียงเข้ามาในย่านที่ตรงกับเส้นในภาพ เส้นนั้นก็จะมีขนาดที่ยาวขึ้น และมีสีสันที่แตกต่างกันตามลักษณะของความดังของเสียง โดยเส้นเหล่านี้จะหมุนตามแกนกลางอยู่ตลอดเวลา โดยในภาพที่ 8 1) หมายเลขที่ 1 เป็นภาพในช่วงไม่มีเสียง 2) หมายเลขที่ 2 เป็นภาพในช่วงที่มีเสียงต่ำเข้ามา 3) หมายเลขที่ 3 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่กลาง 4) หมายเลขที่ 4 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่สูง และดัง



ภาพที่ 8 ภาพเคลื่อนไหวที่ 2 เส้น 3 มิติ
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

ภาพเคลื่อนไหวที่ 3 สี่เหลี่ยม 3 มิติ

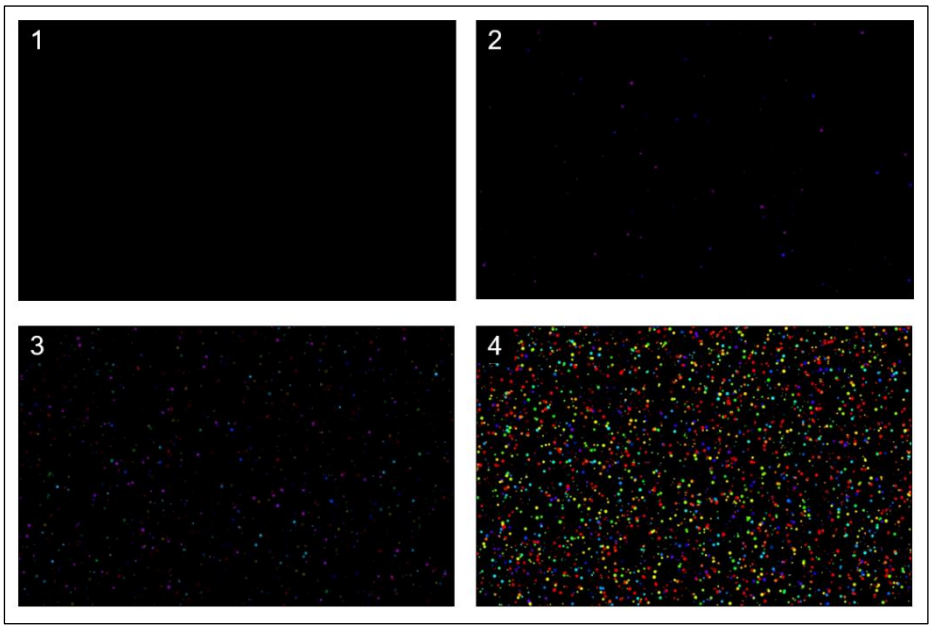
ในช่วงที่ยังไม่มีเสียงเข้ามา ภาพจะเป็นสีดำ เมื่อมีเสียงภาพจะทำงานโดยการแบ่งย่านความถี่ของเสียงจากต่ำไปสูง เป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส 3 มิติ ประกอบเข้าด้วยกัน จากบนที่ไปเสียงต่ำ ไปด้านล่างที่เป็นเสียงสูง เมื่อความถี่เสียงไปตรงกับตำแหน่งของสี่เหลี่ยมใด ๆ ก็จะมีผลให้สี่เหลี่ยมนั้นใหญ่ขึ้น ในส่วนของสีจะมีการเทียบความถี่ของเสียง จากสูงไปหาต่ำ นำมาเทียบเคียงกับสเปกตรัมของสี และการเคลื่อนที่ของสี่เหลี่ยมจะหมุนรอบเฟรมในทิศทางที่สุ่ม คล้ายกับการล่องลอยหมุนไปไม่มีสิ้นสุด โดยในภาพที่ 9 1) หมายเลขที่ 1 เป็นภาพในช่วงไม่มีเสียง 2) หมายเลขที่ 2 เป็นภาพในช่วงที่มีเสียงต่ำเข้ามา 3) หมายเลขที่ 3 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่กลาง 4) หมายเลขที่ 4 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่สูง และดัง



ภาพที่ 9 ภาพเคลื่อนไหวที่ 3 สี่เหลี่ยม 3 มิติ
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

ภาพเคลื่อนไหวที่ 4 จุด

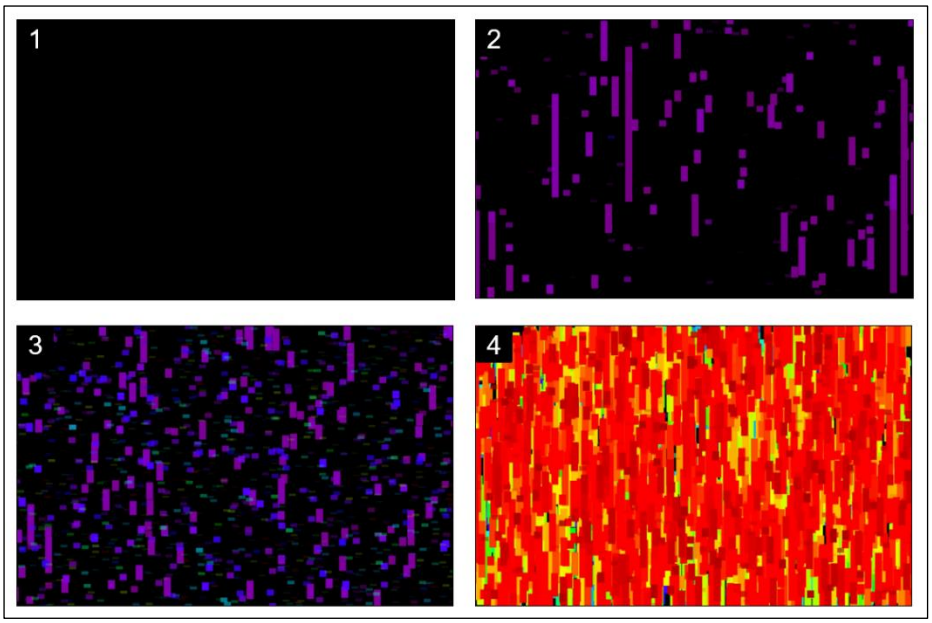
ในช่วงที่ยังไม่มีเสียงเข้ามา ภาพจะเป็นสีดำ เมื่อมีเสียงภาพที่เห็นจะมีลักษณะเป็นจุด ๆ ซึ่งแต่ละจุดจะแทนด้วยการแสดงความถี่ต่าง ๆ ที่อยู่ในลักษณะกระจัดกระจายไม่ได้เรียงตามแบบแผน ภาพที่เห็นจึงมีลักษณะคล้ายกับหมู่ของดาว โดยจะมีการใช้สีไล่ระดับจากสีม่วงไปยังสีแดง เพื่อเป็นตัวแสดงความถี่ของเสียงจากต่ำไปหาสูง โดยในภาพที่ 10 1) หมายเลขที่ 1 เป็นภาพในช่วงไม่มีเสียง 2) หมายเลขที่ 2 เป็นภาพในช่วงที่มีเสียงต่ำเข้ามา 3) หมายเลขที่ 3 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่กลาง 4) หมายเลขที่ 4 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่สูง และดัง



ภาพที่ 10 ภาพเคลื่อนไหวที่ 4 จุด
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

ภาพเคลื่อนไหวที่ 5 สี่เหลี่ยม 2 มิติ

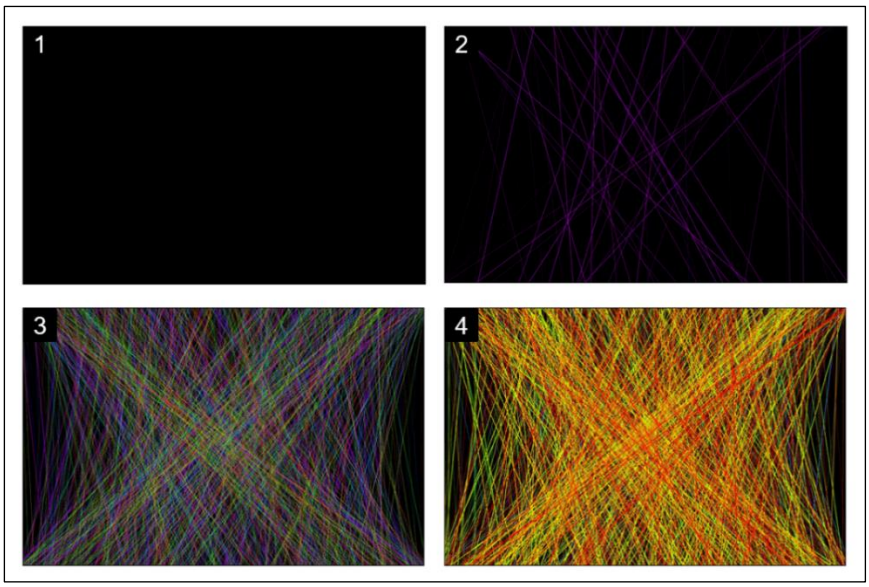
ในช่วงที่ยังไม่มีเสียงเข้ามา ภาพจะเป็นสีดำ เมื่อมีเสียงภาพที่เห็นจะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งแต่ละจุดจะแทนด้วยการแสดงความถี่ต่าง ๆ ที่อยู่ในลักษณะกระจัดกระจายไม่ได้เรียงตามแบบแผน เมื่อเสียงในย่านความถี่ที่นั้นดัง ตัวสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็จะเพิ่มความยาวขึ้นตามความดังของเสียง โดยจะมีการใช้สีไล่ระดับจาก สีม่วงไปยังสีแดง เพื่อเป็นตัวแสดงความถี่ของเสียงจากต่ำไปหาสูง โดยในภาพที่ 11 1) หมายเลขที่ 1 เป็นภาพในช่วงไม่มีเสียง 2) หมายเลขที่ 2 เป็นภาพในช่วงที่มีเสียงต่ำเข้ามา 3) หมายเลขที่ 3 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่กลาง 4) หมายเลขที่ 4 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่สูง และดัง



ภาพที่ 11 ภาพเคลื่อนไหวที่ 5 สี่เหลี่ยม 2 มิติ
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

ภาพเคลื่อนไหวที่ 6 เส้น

ในช่วงที่ยังไม่มีเสียงเข้ามา ภาพจะเป็นสีดำ เมื่อมีเสียงภาพที่เห็นจะมีรูปร่างเป็นลักษณะของเส้นที่พาดจากบนลงล่าง ในลักษณะที่ไม่ได้เรียงต่อกับตามความถี่ของเสียง โดยตัวเส้นจะพาดสลับกันไปมา เมื่อเสียงเกิดขึ้นในความที่ตรงกัน เส้นก็จะปรากฏออกมา โดยสีของเส้นจะไล่ระดับจากสีม่วงไปยังสีแดง เพื่อเป็นตัวแสดงความถี่ของเสียงจากต่ำไปหาสูง โดยในภาพที่ 12 1) หมายเลขที่ 1 เป็นภาพในช่วงไม่มีเสียง 2) หมายเลขที่ 2 เป็นภาพในช่วงที่มีเสียงต่ำเข้ามา 3) หมายเลขที่ 3 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่กลาง 4) หมายเลขที่ 4 เป็นภาพในช่วงที่เป็นเสียงในย่านความถี่สูง และดัง



ภาพที่ 12 ภาพเคลื่อนไหวที่ 6 เส้น
(ที่มา : ภัทรพงศ์ ศรีปัญญา, 2563)

สรุป

การสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนี้ได้สะท้อนให้เห็นถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางดนตรีในปัจจุบันที่มีมากขึ้น ส่งผลให้ขอบเขตของการสร้างสรรค์ผลงานทางดนตรีนั้นมีความเป็นไปได้หลากหลายเช่นเดียวกัน ซึ่งงานชิ้นนี้ได้แสดงให้เห็นถึงการสร้างสรรค์ผลงานที่เป็นการบูรณาการองค์ความรู้ ในเรื่องของเทคโนโลยีดนตรีไปสู่การสร้างสรรค์งานศิลปะแบบสื่อผสม ผ่านการศึกษาการทำงานของการวิเคราะห์กายภาพของเสียง นำไปสู่การศึกษาและค้นคว้าวิธีการ และการหาเครื่องมือที่เหมาะสม เพื่อขยายขอบเขตการนำเสนอโดยการส่งผ่านข้อมูลกายภาพของเสียง ไปสู่การสร้างภาพเคลื่อนไหว ในรูปแบบของศิลปะสื่อผสม ที่เปิดโอกาสให้ผู้ชมเข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์ผลงาน

ทั้งนี้องค์ความรู้ที่ได้ นอกเหนือจากการนำไปต่อยอดเพื่อสร้างงานดนตรีผสานกับงานศิลปะแบบสื่อผสมของผู้วิจัยแล้ว องค์ความรู้เหล่านี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่อยู่ในสายดนตรีที่สนใจการนำองค์ความรู้เหล่านี้มาใช้ในการสร้างสรรค์งานในรูปแบบที่มีการผสมผสานความรู้ในแขนงอื่นเข้ามาประกอบด้วย

บรรณานุกรม

Karrenberg, U. (2020). **An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing.** 1st ed. New York: Springer Science & Business Media.

Roads, C, & Strawn, J. (1996). **The Computer Music Tutorial.** 1st ed. Cambridge: MIT Press.

Reas, C, & Fry, B. (2014). **Processing, second edition: A Programming Handbook for Visual Designers and Artists.** 2nd ed. Cambridge: MIT Press.

Meysenburg, M. (2015). **Introduction to Programming Using Processing.** 2nd ed. Morrisville: Lulu Press.

Manzo, V. (2016). **Max/MSP/Jitter for Music: A Practical Guide to Developing Interactive Music Systems for Education and More.** 2nd ed. Oxford : Oxford University Press.