การรู้จำเสียงโน้ต

NOTE SCORE RECOGNITION

สรวิศ แสงนาค
SORAVITT SANGNARK

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

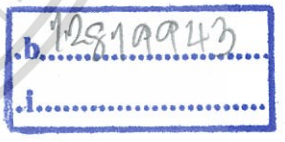
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรู้จำเสียงโน้ต

NOTE SCORE RECOGNITION

สรวิศ แสงนาค

SORAVITT SANGNARK



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTE SCORE RECOGNITION

SORAVITT SANGNARK

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การรู้จำเสียงโน้ต
Thesis Title	NOTE SCORE RECOGNITION
ชื่อนักศึกษา	นายสรวิศ แสงนาค
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา	2558

(.....)
ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การรู้จำเสียงโน้ต
Thesis Title	NOTE SCORE RECOGNITION
ชื่อนักศึกษา	นายสรวิศ แสงนาค รหัสนักศึกษา 55011277
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นการนำเสนอวิธีการรู้จำเสียงโน้ต โดยเริ่มจากบันทึกเสียงโน้ตของเครื่องดนตรีชนิดต่างๆผ่านไมโครโฟน จากนั้นจะทำการคัดกรองคุณลักษณะเด่นด้วย Fourier transform และทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของ Fourier transform ให้อยู่ในรูปแบบของ Log scale แล้วนำมาใช้ตรวจจับคุณลักษณะเด่นเพื่อที่จะสามารถรู้จำเสียงโน้ต ซึ่งสามารถรับรู้เสียงโน้ตได้จากการคำนวณความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะเด่นอ้างอิงของสัญญาณและคุณลักษณะเด่นของสัญญาณที่ทำการบันทึกเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	NOTE SCORE RECOGNITION		
Student	Mr.Soravitt Sangnark	Student ID.	55011277
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Information Engineering		
Academic Year	2015		
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Pitak Thumwarin		

ABSTRACT

This thesis presents a method to recognize a note score. First, a sound of music instrument was recorded using microphone. The feature of the note scores were extracted by using Fourier transform. A log scale of the Fourier transform is used as feature for note score recognition. Finally, the note score can be recognized by calculating a different between the feature obtained from a reference signal and the signal to be recognize.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยความเมตตาและความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและให้ความรู้ต่างๆเกี่ยวกับโครงงานนี้เสมอมา และขอขอบคุณ Professor.Dr.Mun Park ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆของโครงงานชิ้นนี้ ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ทางคณะผู้จัดทำจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานชิ้นนี้จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้ในอนาคต

สรวิศ แสงนาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงงาน 1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงงาน 2
1.5 แผนผังหรือตารางเวลาการดำเนินงานของโครงงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing) 3
2.1.1 การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล 3
2.1.2 การประมวลผลสัญญาณเสียง 5
2.1.3 งานที่มีการประยุกต์ใช้การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล 6
2.2 สัญญาณ (Signal) 6
2.2.1 สัญญาณ Analog และ สัญญาณ Digital 7
2.2.2 สัญญาณเป็นคาบและไม่เป็นคาบ 7
2.2.3 สัญญาณสมมาตร (even) และไม่สมมาตร (odd) 8
2.3 เสียง (Sound) 9
2.3.1 ส่วนประกอบของคลื่นเสียง 9
2.3.2 ฮาร์มอนิก (Harmonic) 10
2.3.3 คุณภาพของเสียง 11
2.3.4 ระดับเสียงดนตรี 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) 12
2.5 การรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) 12
2.5.1 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการรู้จำ 13
2.6 Wavfile 13

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 14
3.1 บทนำ 14
3.2 Time Domain 15
3.3 Frequency Domain 16
3.4 Log Scale 17
3.5 Feature Extraction 18
3.5 Recognition Program 19

บทที่ 4 ผลการทดลอง 20
4.1 audioread 20
4.2 Time Domain 21
4.3 Frequency Domain 23
4.4 Fundamental Frequency 25
4.5 2^{nd} Harmonics 27
4.6 3^{rd} Harmonics 29
4.7 Log Scale 31
4.8 Feature Extraction 32
4.9 Findharmonics 34
4.10 ตารางความถี่ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.11 โปรแกรมรู้จำ....37
4.11.1 audiorecoder....37
4.11.2 Graphic User Interface....37

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....39
5.1 ผลการทดลอง....39
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาโครงงาน....39
5.3 แนวทางการแก้ไข....40
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ....40

บรรณานุกรม....41
ภาคผนวก....42
ภาคผนวก ก Poster....43
ภาคผนวก ข การใช้โปรแกรม MATLAB....45
ภาคผนวก ค การใช้แอพพลิเคชัน....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน....1
ตารางที่ 2.1 ความถี่ของระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์....11
ตารางที่ 2.2 ความถี่ของระดับเสียงดนตรีในทางดนตรีศาสตร์....11
ตารางที่ 4.1 ตารางความถี่ Note C5....36
ตารางที่ 4.2 ตารางความถี่ Note D5....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการชักตัวอย่างสัญญาณและควอนไทซ์....4
รูปที่ 2.2 สัญญาณเสียงในรูปของตัวแปรเวลา....4
รูปที่ 2.3 แผนผังโครงสร้างของระบบประมวลผลสัญญาณ Digital....5
รูปที่ 2.4 แผนผังโครงสร้างของระบบประมวลผลสัญญาณ Digital แบบสมบูรณ์....5
รูปที่ 2.5 สัญญาณ Analog....7
รูปที่ 2.6 สัญญาณ Digital....7
รูปที่ 2.7 สัญญาณเป็นคาบและไม่เป็นคาบ....8
รูปที่ 2.8 สัญญาณที่สมมาตร....8
รูปที่ 2.9 สัญญาณที่ไม่สมมาตร....9
รูปที่ 2.10 คลื่นเสียง....10
รูปที่ 2.11 สัญญาณไซนูซอยด์ของฮาร์มอนิกต่างๆ....10
รูปที่ 2.12 ฮาร์มอนิกลำดับที่ 1,3,5,7....11
รูปที่ 2.13 Wavfile....13
รูปที่ 3.1 หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบ....14
รูปที่ 3.2 ตัวอย่าง Time Domain....15
รูปที่ 3.3 ตัวอย่าง Frequency Domain....16
รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง Log Scale....17
รูปที่ 3.5 การใช้ Findharmonics....18
รูปที่ 3.6 Flow Chart....19
รูปที่ 4.1 (a) Clarinet....20
รูปที่ 4.1 (b) Oboe....20
รูปที่ 4.1 (c) Harp....20
รูปที่ 4.1 (d) Saxophone....20
รูปที่ 4.2 Time Domain Note C5....21
รูปที่ 4.3 Time Domain Note D5....21
รูปที่ 4.4 Frequency Domain Note C5....23
รูปที่ 4.5 Frequency Domain Note D5....23
รูปที่ 4.6 Frequency Domain Note C5 ในกราฟเดียว....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.7 Fundamental Frequency Note C5 25
รูปที่ 4.8 Fundamental Frequency Note D5 26
รูปที่ 4.9 2nd Harmonics Note C5 27
รูปที่ 4.10 2nd Harmonics Note D5 28
รูปที่ 4.11 3rd Harmonics Note C5 29
รูปที่ 4.12 3rd Harmonics Note D5 30
รูปที่ 4.13 Frequency Domain (Log Scale) 32
รูปที่ 4.14 Findpeaks 33
รูปที่ 4.15 Findharmonics 34
รูปที่ 4.16 audiorecoder 37
รูปที่ 4.17 หน้า Interface เริ่มต้น 37
รูปที่ 4.18 หน้า Interface ตอนทำงาน 38
รูปที่ 4.19 แสดงค่าโน๊ตและ Fundamental Frequency ของสัญญาณ 38
รูปที่ ก.1 Poster 44
รูปที่ ข.1 MATLAB 46
รูปที่ ข.2 หน้าจอเริ่มต้น MATLAB 46
รูปที่ ข.3 M-files 47
รูปที่ ค.1 App_NoteRecognition.exe 49
รูปที่ ค.2 หน้าจอการทำงาน 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงเจริญเติบโตได้รวดเร็วมาก มนุษย์ได้พยายามนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น จากจุดนี้ได้มีวิชาการแขนงใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมาย ในส่วนหนึ่งของการพัฒนาก็คือมนุษย์พยายามที่จะนำเอาหลักการวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา เพื่อที่จะทราบถึงหลักการและเหตุผลของสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นเหล่านั้น จากนั้นก็จะนำเทคโนโลยีต่างๆมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้มนุษย์มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สะดวกสบายมากขึ้น ตลอดจนนำมาช่วยสนับสนุนอุตสาหกรรมต่างๆให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในโครงงานนี้ก็เช่นเดียวกัน จะเป็นการนำเอากระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายและวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของเสียงดนตรีที่ทำให้เกิดระดับเสียงที่แตกต่างกันหรือที่เรียกกันว่าโน้ตดนตรี โดยในโครงงานนี้จะนำความรู้ทางด้านประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) มาใช้อธิบายคุณสมบัติที่ทำให้เสียงของเครื่องดนตรีมีความแตกต่างกัน จากนั้นจะใช้ทฤษฎีการรู้จำ (Pattern Recognition) มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถแยกแยะและจดจำคุณสมบัติที่ทำให้เสียงดนตรีมีความแตกต่างกันตามระดับของตัวโน้ตได้

ความสำคัญของโครงงานนี้คือ ให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องประมวลผลสัญญาณและการรู้จำ อีกทั้งยังสามารถส่งเสริมการเข้าใจในการใช้งานทฤษฎีดังกล่าวในด้านดนตรีอีกด้วย

1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงงาน

ลักษณะการทำงานจะเป็นการนำเสียงจากเครื่องดนตรีที่แตกต่างกันมาเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลสัญญาณโดยต้องทำการลด Noise และวิเคราะห์หาลักษณะเด่นของแต่ละเสียงจากกราฟสัญญาณโดยใช้ทฤษฎี Fourier Transform แล้วนำผลการวิเคราะห์มาสร้างการรู้จำ เพื่อตรวจสอบมาว่าสิ่งที่เราวิเคราะห์นั้นตรงกับเสียงดนตรีจริงๆไหม

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อให้ผู้จัดทำโครงงานมีความเข้าใจในทางทฤษฎีและนำมาประยุกต์ใช้กับงาน กับสิ่งที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งในที่นี้คือเสียงดนตรี

2) เพื่อให้ผู้จัดทำโครงงานมีความสามารถในการใช้ทฤษฎีที่ศึกษา มาวิเคราะห์และแก้ปัญหาในเรื่องของการประยุกต์การใช้งานได้

3) เข้าใจในทฤษฎีและองค์ประกอบของเสียงในแต่ละระดับเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงงาน

1) ศึกษาโครงงานที่เกี่ยวข้องกับโครงงานชิ้นนี้
2) ศึกษาทฤษฎีการประมวลผลสัญญาณและการรู้จำ
3) ศึกษาคุณสมบัติของเสียงและโครงสร้างของเสียงที่บันทึกลงในคอมพิวเตอร์
4) วิเคราะห์หาคุณลักษณะเด่นของเสียงในแต่ละ Note score จากข้อมูลเสียง
5) นำทฤษฎีการรู้จำมาแยกแยะลักษณะเด่นของเสียงในแต่ละระดับ
6) ทดลองสร้างระบบรู้จำเสียง
7) สรุปผลและวิเคราะห์ปัญหา

1.5 แผนผังหรือตารางเวลาการดำเนินงานโครงงาน

ลำดับ	รายการ	2558					2559				
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.	ศึกษาโครงงานที่เกี่ยวข้อง	←	→								
2.	ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในโครงงาน	←	→								
3.	ศึกษาMatlab และใช้งานจริง	←	→								
4.	ทดลองวิเคราะห์เสียงดนตรี		←	→	→						
5.	วิเคราะห์ผลและพัฒนาแก้ไข		←					→			
6.	ศึกษาและหาความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี			←	→		→				
7.	นำทฤษฎีรู้จำมาแยกแยะเสียง					←	→			→	
8.	ออกแบบและสร้างระบบรู้จำเสียง						←	→	→		
9.	ทดสอบและปรับปรุงแก้ไข			←	→	→	→	→	→	→	→
10.	จัดทำต้นฉบับปริญญานิพนธ์			←	→	→	→	→	→	→	→

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเปลี่ยนแปลงเจริญเติบโตได้รวดเร็วมาก มนุษย์ได้พยายามนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ในทางด้านดนตรีก็เช่นกัน ปัจจุบันเสียงดนตรีเข้ามามีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันของพวกเรามาก ในโครงงานนี้จึงนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาอธิบายและวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของเสียงดนตรีที่ทำให้เกิดระดับเสียงที่แตกต่างกันหรือเรียกกันว่า โน้ตดนตรี ซึ่งต้องมีความรู้ในองค์ประกอบของเสียง (Sound) ขั้นพื้นฐาน และนำความรู้ทางด้านประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) มาใช้อธิบายคุณสมบัติของเสียงโน้ตดนตรีที่มีความแตกต่างกัน โดยใช้การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) มาวิเคราะห์หาลักษณะเด่นและลักษณะที่แตกต่างกัน และใช้ทฤษฎีการรู้จำ (Pattern Recognition) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถแยกแยะและจดจำคุณสมบัติที่ทำให้เสียงดนตรีมีความแตกต่างกันตามระดับของตัวโน้ตได้

2.1 การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing)

2.1.1 การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล หรือที่เรียกว่า ดีเอสพี (DSP) เป็นการศึกษาการประมวลผลสัญญาณที่อยู่ในรูปดิจิตอล (digital) โดยทั่วๆ ไป การประมวลผลสัญญาณอาจแบ่งได้ตาม

1) รูปแบบของตัวแทนสัญญาณ : การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (digital signal processing) และ การประมวลผลสัญญาณอนาล็อก (analog signal processing)

2) คุณสมบัติของสัญญาณ : การประมวลผลสัญญาณไม่สุ่ม (deterministic signal processing) และ การประมวลผลสัญญาณสุ่ม (stochastic/statistical signal processing)

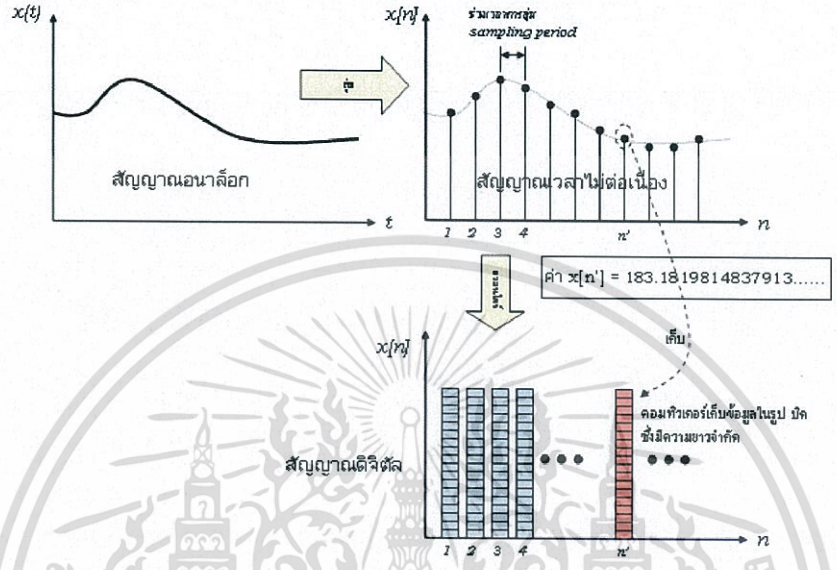
3) ลักษณะการประมวลสัญญาณ : เชิงเส้น (linear signal processing) และ ไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear signal processing)

4) และอื่นๆ ที่แบ่งตามคุณลักษณะเฉพาะของสัญญาณ หรือ ลักษณะเฉพาะของการประมวลผล เช่น adaptive signal processing, multiresolution signal

การประมวลผลสัญญาณดิจิตอลนี้อาจแบ่งออกได้เป็นในส่วนของ ซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ หรือตามการประยุกต์เป็น การประมวลผลสัญญาณเสียง (audio signal processing) การประมวลผลภาพดิจิตอล (digital image processing) และ การประมวลผลคำพูด (speech processing) ถึงแม้ในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลนั้น สัญญาณที่ใช้ในพิจารณากันจะเป็นดิจิตอล แต่โดยทั่วไปสัญญาณเหล่านี้จากแหล่งกำเนิด จะอยู่ในรูปเดิมที่เป็นอนาล็อก การได้มาซึ่งสัญญาณดิจิตอลซึ่งเป็นตัวแทนสัญญาณอนาล็อกที่เราสนใจนี้ จะต้องผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog-to-Digital Conversion, (ADC)) หรือการดิจิไทซ์ (digitization) ซึ่งประกอบด้วย การสุ่มตัวอย่าง (sampling) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควอนไทซ์ (quantization) ให้อยู่ในรูปดิจิตอลก่อนที่จะทำการประมวลผลต่อไป ซึ่งสามารถแสดงการสุ่มสัญญาณ (signal sampling) และการควอนไทซ์ (quantization) ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการชักตัวอย่างสัญญาณและควอนไทซ์
(https://goo.gl/xdJWse)

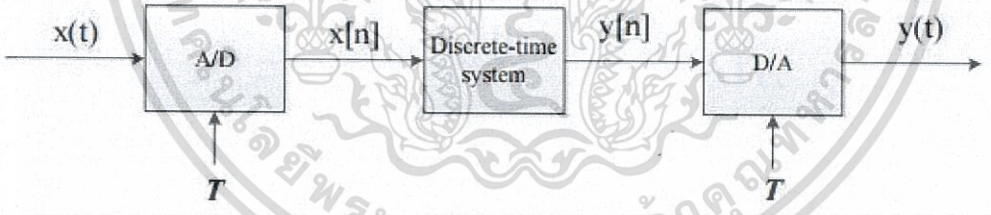
โดเมนของเวลาและตำแหน่ง (Temporal and spatial domain)

รูปที่ 2.2 สัญญาณเสียงในรูปของตัวแปรเวลา
(http://goo.gl/v8l86M)

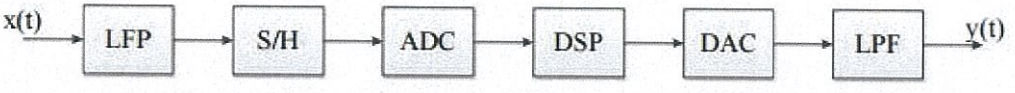
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การประมวลผลสัญญาณเสียง

การประมวลผลสัญญาณเสียง เป็นกระบวนการเกี่ยวกับตัวแทนสัญญาณเสียง หรือ เสียง ตัวแทนสัญญาณเสียงนี้อาจจะอยู่ในรูปดิจิตอล หรืออนาล็อก ซึ่งตัวแทนสัญญาณเสียงในแบบอนาล็อกมักจะอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า โดยความต่างศักย์ไฟฟ้าจะแทนความดันอากาศของคลื่นเสียงในทำนองเดียวกัน ตัวแทนสัญญาณเสียงแบบสัญญาณดิจิตอลจะแทนความดันนั้นด้วยชุดของสัญลักษณ์ ซึ่งโดยทั่วๆ ไปคือเลขฐานสอง 2.2 ตัวกรองเชิงเลข (Digital Filter) โดยทั่วไปสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากการตรวจจับ (Sensor) ส่วนใหญ่มักจะเป็นสัญญาณอนาล็อก ตัวอย่างเช่น สัญญาณเสียที่ได้จากไมโครโฟน สัญญาณรูปที่ได้จากกล้องวีดีโอแรงดันไฟฟ้าจากตัวจับอุณหภูมิ สัญญาณทางการแพทย์ ซึ่งล้วนที่กล่าวมานี้เป็นสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณที่มีความต่อเนื่องทางเวลา (Continuous Time Signal) ทั้งสิ้น ดังนั้นหากจะทำการวิเคราะห์สัญญาณเหล่านี้ด้วยระบบประมวลผลสัญญาณดิจิตอลต้องจำเป็นต้องแปลงสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณต่อเนื่องทางเวลาให้เป็นสัญญาณดิจิตอลหรือสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete Time Signal) โดยใช้วงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) จากนั้นส่งข้อมูลเข้าการประมวลผลสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete Time System) เพื่อทำการคำนวณผลที่ได้ ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณก็จะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก โดยวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อกแสดงได้ตามรูปที่ 2.3 แต่ในการใช้งานจริงการป้อนสัญญาณที่ต่อเนื่องเข้าวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลอาจเกิดข้อผิดพลาดเนื่องจากการสุ่มสัญญาณโดยเฉพาะสัญญาณที่ความถี่สูงความผิดพลาดนี้เรียกว่า Aliasing ซึ่งการแก้ไขสามารถทำได้โดยการต่อ Anti-aliasing Filter (Low-pass Filter) เข้าทางด้านอินพุตและทางด้านเอาต์พุตเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 แผนผังโครงสร้างของระบบประมวลผลสัญญาณดิจิตอล
(https://goo.gl/ZyImLq)



รูปที่ 2.4 แผนผังโครงสร้างของระบบประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่สมบูรณ์
(https://goo.gl/ZyImLq)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 งานที่มีการประยุกต์ใช้การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

ปัจจุบันมีงานหลายอย่างที่ได้นำเอาการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลไปใช้งานคงจะสามารถยกตัวอย่างได้เพียงแค่ส่วนหนึ่งของมันเท่านั้นซึ่งได้แก่

1) การประมวลผลเสียง

เช่นการบีบอัดเสียงหรือเข้ารหัสเสียง (speech coding), การรู้จำเสียง(speech recognition), การเติมเอฟเฟคเสียง (sound effect), การผสมเสียง, การกรองเสียงรบกวน, การสังเคราะห์เสียงดนตรี (music synthesizer) เป็นต้น

2) ระบบสื่อสาร

ได้แก่ modulation/demodulation, การชดเชยผลของช่องสัญญาณ (channel equalizer) ในโทรศัพท์มือถือ, การกรองเสียงสะท้อนในระบบโทรศัพท์ทางไกลและระบบการประชุมทางไกล (video conferencing) , สายอากาศแบบปรับรูปแบบการรับได้เอง , ระบบเรดาร์ , ระบบนำทาง (navigation system) , GPS เป็นต้น

3) ระบบควบคุมโดยดิจิตอล (digital control system) ต่างๆ

4) วงการแพทย์

ได้แก่การวิเคราะห์สัญญาณคลื่นสมอง (EEG) และสัญญาณคลื่นหัวใจ (ECG), เครื่องช่วยได้ยิน (hearing aid) เป็นต้น

5) ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งใช้ในการลดปริมาณของฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้น

6) การประมวลผลสัญญาณแบบหลายมิติ

ได้แก่การประมวลผลภาพนิ่ง (2 มิติ), วีดีโอ (3มิติ), holography (ภาพ 3 มิติ) ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานได้แก่การบีบอัดสัญญาณวีดีโอ, การทำภาพให้ชัดขึ้นเช่นใช้กับภาพถ่ายดาวเทียม, ภาพทางโบราณคดี, และภาพที่ถ่ายแล้วไม่ชัด, ระบบรู้จำภาพ, การมองเห็นของหุ่นยนต์, และการเคลื่อนไหวของภาพสามมิติเป็นต้น

7) ในอุปกรณ์และเครื่องมือทางไฟฟ้าเช่นเครื่องวิเคราะห์ความถี่ (spectrum analyzer) , เครื่องสร้างสัญญาณ (function generator) , และเครื่องตรวจตัวสัญญาณ (pattern matching) เป็นต้น

8) ในการวิเคราะห์ทางสถิติและการเงินกล่าวได้ว่าการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้ปฏิวัติเทคโนโลยีต่างๆให้ก้าวหน้าและมีประสิทธิภาพขึ้นอย่างมากระยะเวลาที่ผ่านมา

2.2 สัญญาณ (Signals)

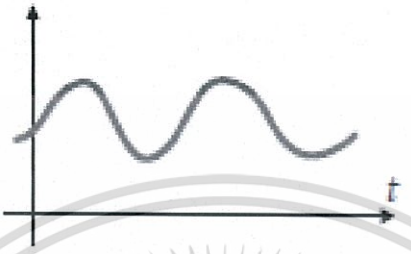
สัญญาณคือปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปกับตัวแปรต้นเป็นเวลาหรือระยะทาง โดยทางคณิตศาสตร์แล้วสัญญาณสามารถถูกเขียนแทนด้วยฟังก์ชั่นของตัวแปรต้นหนึ่งตัวแปรหรือมากกว่าหนึ่งตัวแปร และยังมีสัญญาณอีกประเภทหนึ่งเช่นสัญญาณจากคลื่นไฟฟ้าสมองหรือคลื่นไฟฟ้าจากหัวใจเป็นสัญญาณที่ไม่สามารถอธิบายด้วยฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ใดๆ โดยทั่วไปแล้วสัญญาณประเภทนี้สามารถถูกเขียนแทนด้วยอนุกรมฟูเรียร์ (Fourier Series) ซึ่งเป็นผลบวกของฟังก์ชั่นไซน์ (Sine) ที่แอมพลิจูด (Amplitude) และความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 สัญญาณ Analog และ สัญญาณ Digital

1) สัญญาณอนาล็อก(Analog Signal)

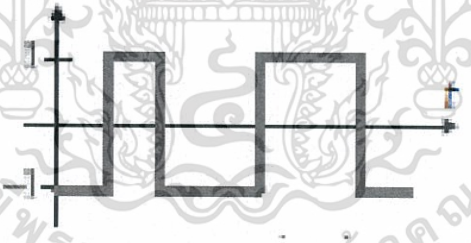
คือสัญญาณที่แอมพลิจูด (Amplitude) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องทางเวลาดังนั้น สัญญาณอนาล็อกทุกสัญญาณจึงถือว่าเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่องทางเวลา



รูปที่ 2.5 สัญญาณ Analog
(https://goo.gl/ZyImLq)

2) สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal)

คือสัญญาณที่มีแอมพลิจูดหรือค่าของสัญญาณภายในเซตจำกัดดังนั้นสัญญาณดิจิตอลอาจหมายถึงสัญญาณที่ต่อเนื่องทางเวลาหรือสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลาก็ได้โดยทั่วไปสัญญาณดิจิตอลแบบที่ต่อเนื่องทางเวลาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือสัญญาณสองระดับหรือสัญญาณไบนารี (binary signal) และสัญญาณหลายระดับ (Multilevel Signal)



รูปที่ 2.6 สัญญาณ Digital
(https://goo.gl/ZyImLq)

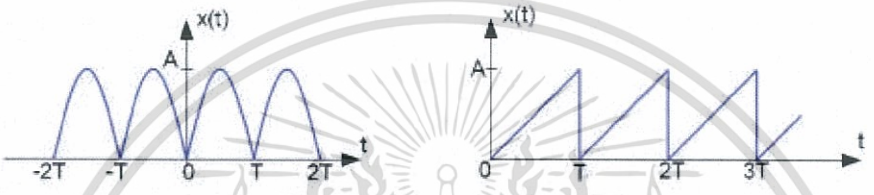
2.2.2 สัญญาณเป็นคาบและไม่เป็นคาบ

สัญญาณคาบ (Periodic Signal) คือสัญญาณที่มีรูปร่างซ้ำตัวมันเองทุกๆช่วงเวลาที่กำหนดโดยจะเรียกช่วงเวลานี้ว่า “คาบ (period)” ของสัญญาณดังนั้นสัญญาณคาบที่ต่อเนื่องทางเวลา (periodic continuous-timesignal) คือสัญญาณที่ต่อเนื่องทางเวลา$x(t)$ ที่สามารถหาคาบเวลาT ที่เป็นค่าบวกที่ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$x(t) = x(t + mT) \tag{2.1}$$

สำหรับทุกค่า t เมื่อ m เป็นเลขจำนวนเต็ม
สัญญาณคาบมีคุณสมบัติที่สำคัญคือสัญญาณคาบเพียงหนึ่งคาบจะมีคุณลักษณะเทียบเท่ากับสัญญาณคาบทั้งหมดดังนั้นสัญญาณคาบเพียงหนึ่งคาบสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆได้ครบถ้วนแทนที่จะวิเคราะห์ข้อมูลจากสัญญาณคาบทั้งหมดสำหรับสัญญาณอื่นๆที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นสัญญาณคาบจะเรียกว่าสัญญาณไม่เป็นคาบ

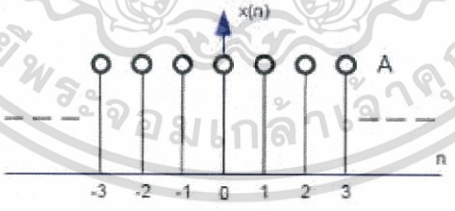


รูปที่ 2.7 สัญญาณเป็นคาบและไม่เป็นคาบ
(https://goo.gl/ZyImLq)

2.2.3 สัญญาณสมมาตร (even) และไม่สมมาตร (odd)

ลำดับสัญญาณที่สมมาตรกัน (Symmetric) มีนิยามเป็นดังสมการที่ 2.2 มีรูปสัญญาณดังรูปที่ 2.8

$$x(-n) = x(n) \tag{2.2}$$

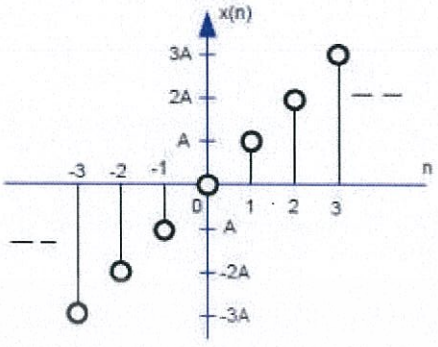


รูปที่ 2.8 สัญญาณที่สมมาตร
(https://goo.gl/ZyImLq)

ลำดับสัญญาณที่ไม่สมมาตรกัน (Asymmetric) มีนิยามดังสมการที่ 2.3 มีรูปสมการดังรูปที่ 2.9

$$-x(n) = x(n) \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 สัญญาณที่ไม่สมมาตร
(https://goo.gl/ZyImLq)

2.3 เสียง (Sound)

เสียงเป็นคลื่นตามยาวชนิดหนึ่งซึ่งอาศัยตัวกลางในเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เสียงเป็นคลื่นตามยาวชิดหนึ่งซึ่งอาซัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ตามปกติหูคนเราสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20,000 Hzคลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ากว่าช่วงความถี่ที่มนุษย์ได้ยิน (infrasonic wave) คือต่ากว่า 20 Hz คลื่นเสียงที่สูงกว่าความถี่ที่มนุษย์อย่างเราๆจะได้ยิน (ultrasonic wave) คือสูงกว่า 20kHz ซึ่งช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20.000 Hz เรียกว่า Audio Frequency

2.3.1 ส่วนประกอบของคลื่นเสียง

1) ความยาวคลื่น (λ)

ความยาวของคลื่น 1 ลูก เป็นระยะทางที่วัดระหว่างจุดสองจุดที่สั่นที่สุดบนคลื่นเฟสที่ตรงกัน มีหน่วยเป็นเมตร (m)

2) แอมพลิจูด (A)

การกระจัดสูงสุดของการสั่นอนุภาคจากระดับปกติ ซึ่งความดังของเสียงแปรผันตรงกับแอมพลิจูด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

3) มุมเฟส (θ)

มุมที่ใช้กำหนดตำแหน่งบนคลื่นขณะที่เคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นเรเดียน (Radian ; rad)

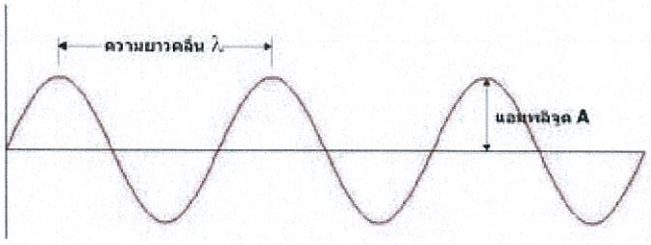
4) ความถี่ (f)

จำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดๆ ใน 1 หน่วยเวลา มีหน่วยเป็น เฮิร์ทซ์ (Hz)

5) คาบการเคลื่อนที่ (T)

เวลาที่คลื่น 1 คลื่น เคลื่อนที่ผ่านจุดใดๆ มีหน่วยเป็นวินาที (s)

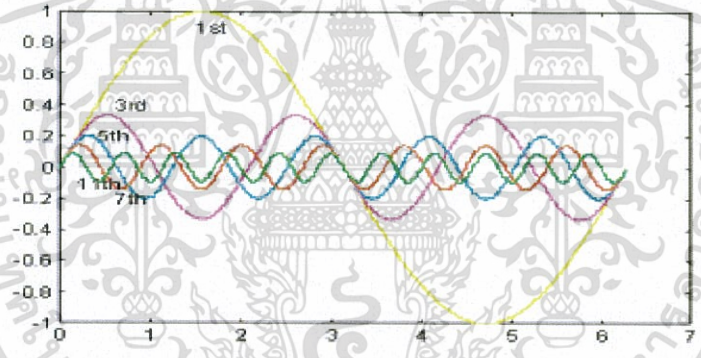
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 คลื่นเสียง
(http://goo.gl/HEbqqD)

2.3.2 ฮาร์มอนิก (Harmonics)

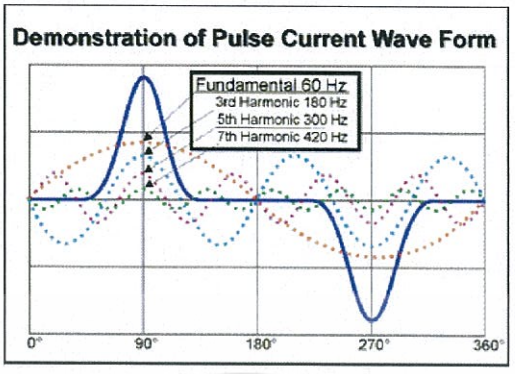
คือ ส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน เช่น สัญญานคลื่นเสียงมีความถี่มูลฐานเท่ากับ 60 Hz ดังนั้นฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 เป็น 180Hz และฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 เป็น 300 Hz



รูปที่ 2.11 สัญญาณไซนูซอยด์ของฮาร์มอนิกต่างๆ
(http://goo.gl/lnO4wU)

และผลของฮาร์มอนิกเมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่มูลฐานด้วยทางขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase) จะทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไปและมีรูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave) ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ฮาร์มอนิกลำดับที่ 1, 3, 5, 7
(http://goo.gl/LvJrqm)

2.3.3 คุณภาพของเสียง

หมายถึงเสียงตัวโน้ตเดียวกันที่เกิดขึ้นจากเครื่องดนตรีต่างชนิด แต่ก็ต่างมีคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องดนตรีนั้น เพราะเสียงตัวโน้ตไม่ได้มีเพียงความถี่เดียว แต่มีฮาร์มอนิกอื่นๆผสมอยู่ด้วย ในอัตราส่วนที่ต่างกัน และ Amplitude ต่างกัน โดยคลื่นเสียงความถี่ต่างๆจะแทรกสอดกัน ทำให้เสียงที่เราได้ยินจากแต่ละเครื่องดนตรีไม่เหมือนกัน เรียกว่า คุณภาพเสียงที่ต่างกัน

2.3.4 ระดับเสียงดนตรี

ความถี่ของเสียงเป็นตัวบอกระดับของเสียงคือ ความถี่มากมีระดับเสียงสูง (เสียงแหลม) ความถี่น้อยมีระดับเสียงต่ำ (เสียงทุ้ม) การจัดแบ่งระดับเสียงทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่แพร่หลายมากที่สุดคือ การแบ่งเป็นระดับเสียงดนตรี โดยมี 2 แบบ คือการแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์ดังตารางที่ 2.1 และการแบ่งเสียงดนตรีในทางดนตรีศาสตร์ ตารางที่ 2.2

ระดับเสียงดนตรี	C (โด)	D (เร)	E (มี)	F (ฟา)	G (ซอล)	A (ลา)	B (ที)	C' (โด)
ความถี่ (Hz)	256	288	320	341	384	427	480	512

ตารางที่ 2.1 ความถี่ของระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์

ระดับเสียงดนตรี	C (โด)	D (เร)	E (มี)	F (ฟา)	G (ซอล)	A (ลา)	B (ที)	C' (โด)
ความถี่ (Hz)	261.6	293.7	329.6	349.2	392	440	493.9	523.6

ตารางที่ 2.2 ความถี่ของระดับเสียงดนตรีในทางดนตรีศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.13 และ 2.14 จะเห็นได้ว่าการแบ่งระดับเสียงของทั้งสองแบบที่กล่าวมามีค่าไม่เท่ากัน แต่ใกล้เคียงกัน และถ้าดูในตารางของแต่ละแบบจะเห็นว่ามีโน้ต C (โด) และโน้ต C' (โด) เป็นเสียงโดเหมือนกัน แต่ความถี่ไม่เท่ากันซึ่งโน้ต C' จะมีค่าความถี่มากกว่าโน้ต C หนึ่งเท่าตัวพอดี นั่นหมายความว่าทั้งสองโน้ตมีเสียงโด แต่โน้ต C' มีความถี่ที่มากกว่าทำให้เสียงสูงกว่า เราเรียกว่า คู่เสียง (Octave)

2.4 การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform)

การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์สัญญาณ ทำให้รู้ว่าสัญญาณนั้นๆ มีองค์ประกอบทางความถี่เป็นอย่างไร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการสื่อสารโทรคมนาคมอย่างมาก ดังนั้นตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา จึงได้มีการพัฒนาขั้นตอนวิธีเพื่อที่จะวิเคราะห์สัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์หลากหลายขั้นตอนวิธี ซึ่งแนวทางเหล่านั้นจุดประสงค์หลักๆ ก็คือ ต้องการให้ประยุกต์ใช้งานได้ง่าย และเพิ่มความเร็วในการประมวลผลให้มากยิ่งขึ้นโดยได้มีการพัฒนาการแปลงฟูเรียร์ด้วยวิธีดิสครีตฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม (Discrete Fourier Transform :DFT) ซึ่งเป็นการคำนวณที่มีสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาท์พุตเป็นจำนวนที่มีลำดับจำกัด จึงสะดวกต่อการนำไปประยุกต์ ให้คอมพิวเตอร์หรือตัวประมวลผลมาช่วยคำนวณการแปลงฟูเรียร์ ซึ่งก็จะสะดวกต่อการนำไปใช้งานมากยิ่งขึ้น

แต่ดิสครีตฟูเรียร์ทรานสฟอร์มก็ยังมีจำนวนครั้งของการคูณกันของจำนวนเชิงซ้อนอยู่มาก จึงต้องใช้เวลานานในการประมวลผล ดังนั้นจึงได้มีผู้พัฒนาต่อโดยลดจำนวนการคูณกันของจำนวนเชิงซ้อนนี้ลงอีก โดยการจัดรูปสมการของดิสครีตฟูเรียร์ทรานสฟอร์มใหม่ ซึ่งก็คือการแปลงฟูเรียร์ด้วยวิธีฟาสฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม (Fast Fourier Transform : FFT) ซึ่งก็ยังคงสามารถใช้คอมพิวเตอร์หรือตัวประมวลผลทำการคำนวณได้ อีกทั้งมีความเร็วเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีผู้สนใจนำไปพัฒนาขั้นตอนวิธีอีกหลากหลาย โดยลดจำนวนครั้งของการคูณกันของจำนวนเชิงซ้อนลง เพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผลให้เพิ่มขึ้นอีก

สมการการแปลงฟูเรียร์มี ดังนี้

$$F\left[y(t)\right] = \int_{-\infty}^{\infty} y(t)e^{-j\omega t}\,dt \tag{2.4}$$

2.5 การรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition)

การรู้จำรูปแบบ เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยกระบวนการตัดสินใจที่เกี่ยวกับการจำแนกกลุ่มการจัดกลุ่มการรู้จำ(Classification,Clustering, Recognition) ศึกษาถึงความแนวคิดต่างๆให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานเหล่านี้ได้โดยใช้เหตุผลหรือคณิตศาสตร์เพื่อหารูปแบบ (Pattern) ซึ่งอาจได้แก่เซตของการวัด, ข้อสังเกต,หรือคำอธิบายของวัตถุใดๆโดยจะใช้ความรู้ด้านอื่นๆเช่นโครงข่ายประสาทเทียม, ทฤษฎีวิภัชนัย (FuzzyTheory) มาช่วยในการวิเคราะห์เป็นวิทยาการที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานทุกสาขาและเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับงานวิจัยในด้านปัญญาประดิษฐ์หรือการสร้างความฉลาดให้คอมพิวเตอร์ตัวอย่างปัญหาในงานด้านนี้ได้แก่การทำให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าภาพที่เข้ามาเป็นอักษรอะไรเสียงที่เข้ามาเป็นเสียงตัวเลขอะไรหรือคำพูดอะไรภาพใบหน้าคนเป็นภาพของใครกระบวนการเหล่านี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความฉลาดของมนุษย์ซึ่งติดตัวมาตั้งแต่แรกเกิดและยังคงเป็นปัญหาที่ยังท้าทายนักวิจัยอยู่ถึงปัจจุบันและสามารถประยุกต์ใช้ในสาขาอื่นได้อีกมาก การรู้จำรูปแบบสามารถแบ่งได้เป็น

1) การรู้จำรูปแบบทางสถิติ (Statistic Pattern Recognition) หรือทฤษฎีการตัดสิน (Decision Theory) โดยจะใช้พื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะเป็นในการวิเคราะห์
2) การรู้จำรูปแบบสังเคราะห์ (Syntactic Pattern Recognition) หรือ Structural Pattern Recognition (Linguistic Method) โดยจะใช้อัลกอริทึมอื่นๆมาวิเคราะห์

2.5.1 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการรู้จำ

สามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วนใหญ่คือ

1) การเก็บข้อมูล (Data Collection)

2) การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Data Pre-Processing) ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนย่อยคือการสร้างและสกัดลักษณะเด่น (Feature Extraction) และการคัดเลือกลักษณะเด่น (Feature Selection)

3) การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification)

ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีวิธีการที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับงานที่นำไปประยุกต์ใช้

2.6 Wavfile

ไฟล์ .Wav เป็นข้อมูลเสียงดิจิตอล สามารถเปิดได้จากโปรแกรม Multimedia จำนวนมาก เป็นสกุลไฟล์เสียงที่เราคุ้นเคยมาก เพราะเป็นไฟล์เสียงที่เราคุ้นเคยกันมาก มีคุณสมบัติที่สำคัญคือครอบคลุมความถี่เสียงได้ทั้งหมดทำให้คุณภาพเสียงดีมาก และยังให้เสียงในรูปแบบ Stereo ได้อีกด้วยข้อเสียคือไฟล์ .Wav มีขนาดใหญ่เพราะเนื้อหาของการบีบอัดสัญญาณเสียงดิจิตอล ข้อมูลเสียงที่มีอยู่ในไฟล์ WAV เหล่านี้จะเรียกว่ารูปคลื่นและคลื่นเหล่านี้สามารถดำเนินการกับ bitrates ต่างๆและอัตราการสุ่มตัวอย่างเริ่มต้นเป็น 44.1 KHz คุณภาพเสียงสเตอริโอ 16 บิตทำให้สินเปลืองพื้นที่ในการเก็บข้อมูลมาก

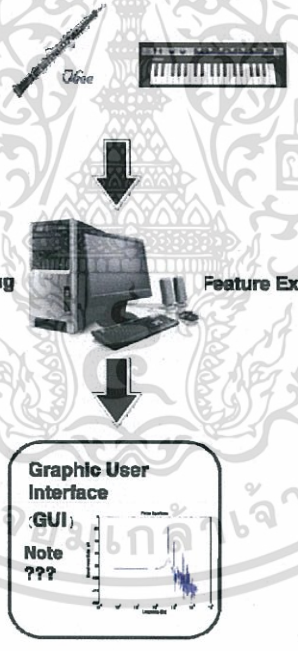
รูปที่ 2.13 Wavfile
(http://goo.gl/3sp4DV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 บทนำ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงภาพรวมการทำงานของโครงงานและรายละเอียดแต่ละส่วนของโครงงาน โดยในการออกแบบและวิเคราะห์การรู้จำเสียงโน้ตดนตรีนั้น จะประกอบไปด้วยการสร้างเสียง MIDI จาก Logic Pro X ด้วยการบันทึกไฟล์เป็นนามสกุล .wav จากนั้น input ไฟล์นั้นเข้าไปใน Matlab เพื่อพล็อตกราฟออกมา แล้วนำความรู้ Signal Processing มาคำนวณ เพื่อทราบสัญญาณสเปกตรัมที่รวมกันอยู่ในนั้นและนำมาวิเคราะห์หาค่า เพื่อหาความสัมพันธ์และความแตกต่างของโน้ตเดียวกันในแต่ละเครื่องดนตรี โดยนำผลที่ได้ไปสร้างโปรแกรมรู้จำโน้ตดนตรี โดยใช้ทฤษฎีการรู้จำ การวิเคราะห์และออกแบบระบบแสดงดังรูปที่ 3.1

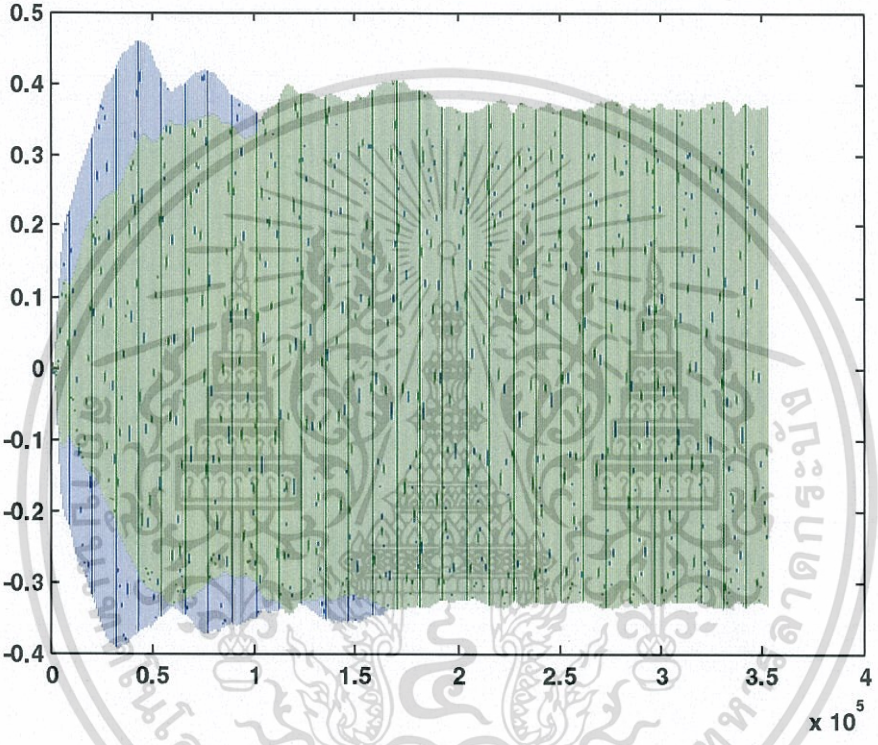


รูปที่ 3.1 หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการ Signal Processing ประกอบด้วย การนำ Fourier Transform มาวิเคราะห์หาสเปกตรัมที่มีแอมพลิจูด ความถี่ ที่ต่างกันหลายแบบ ซึ่งรวมกันทำให้เกิดเสียงโน้ตดนตรีนั้นๆ โดยเราจะอินพุทสัญญาณเข้าไปและแสดงในรูป time domain มีอัตราการแซมปลิ้งอยู่ที่ 44.1 kHz , 16 bits ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน

3.2 Time Domain

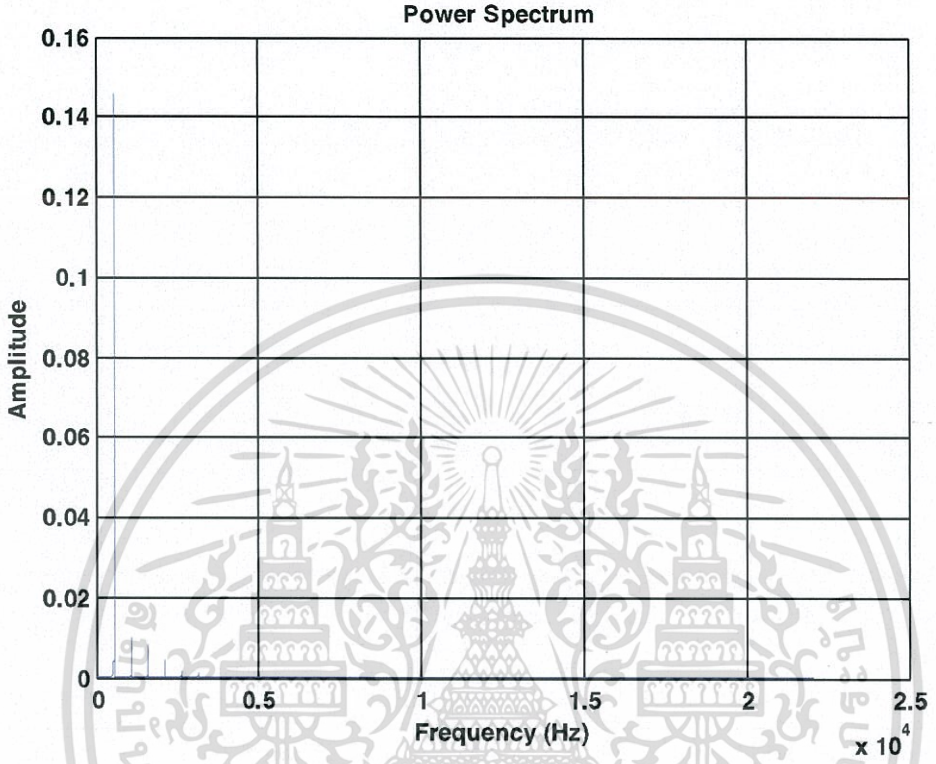


รูปที่ 3.2 ตัวอย่าง Time Domain

ใช้ FFT ใน matlab เพื่อเปลี่ยนสัญญาณ Time domain ให้อยู่ในรูปของ Frequency domain เพื่อวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ที่อยู่ในแต่ละสัญญาณเครื่องดนตรีว่ามีความถี่ใดบ้าง ที่ทำให้เกิดเสียงเครื่องดนตรีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Frequency Domain



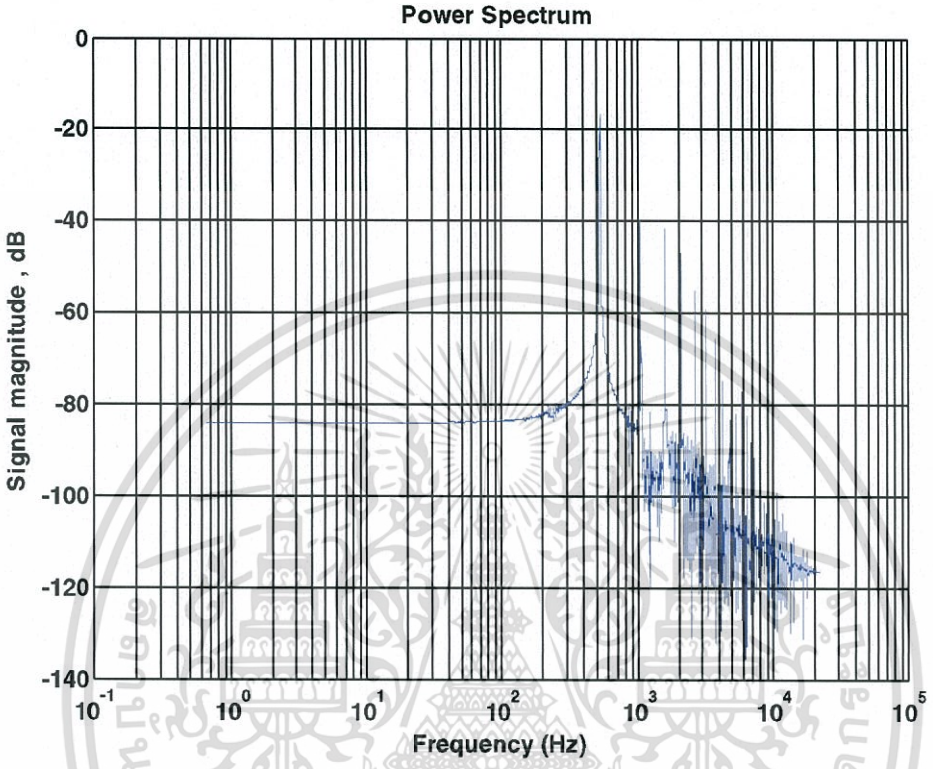
รูปที่ 3.3 ตัวอย่าง Frequency Domain

จากรูปที่ จะพบว่ามีสเปกตรัมที่มีแอมพลิจูดสูงอยู่มาก ซึ่งสเปกตรัมเหล่านี้ก็คือความถี่ต่างๆที่อยู่ในสัญญาณ จะประกอบไปด้วยความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) และฮาร์มอนิกต่างๆ มากมายทำให้เกิดคุณลักษณะของเสียง แต่เนื่องจากการพล็อตกราฟแบบธรรมดา อาจจะทำให้เราเห็นสเปกตรัมของบางความถี่ไม่ชัดเจน เพราะอาจจะมีสเปกตรัมบางความถี่ที่มีแอมพลิจูดน้อยมาก แต่ก็เป็นหนึ่งในสเปกตรัมที่สำคัญของสัญญาณนั้นๆ เราจึงทำการพล็อตกราฟเป็นแบบ Log scale เพื่อที่จะตรวจสอบสเปกตรัมต่างๆได้ง่ายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.4 Log Scale



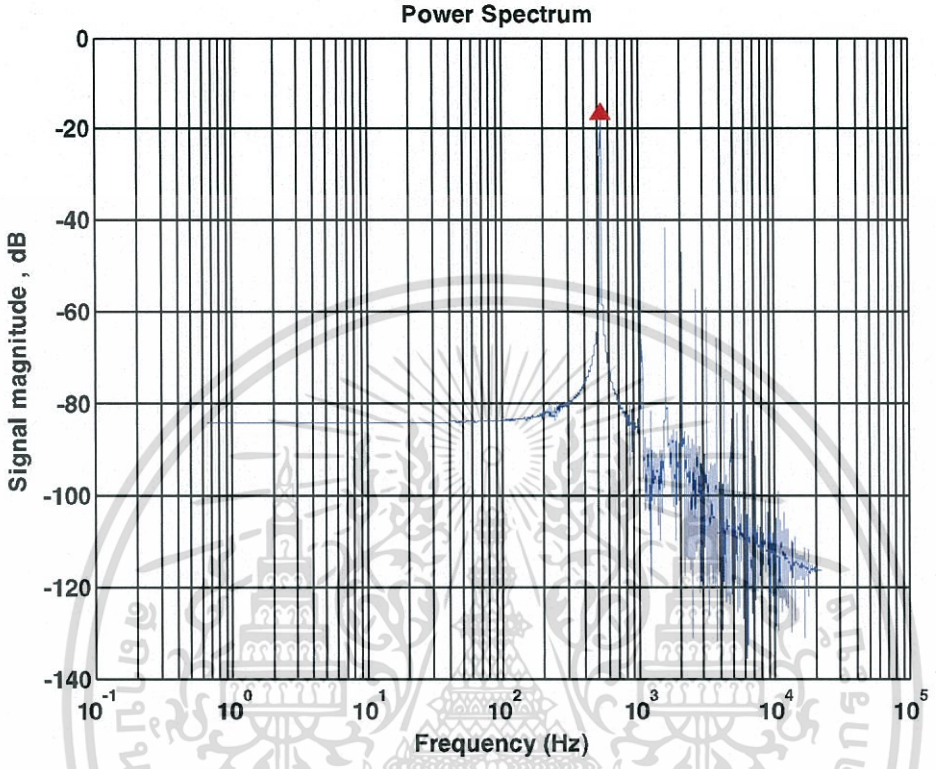
รูปที่ 3.4 ตัวอย่าง Log Scale

จากรูปที่ จะพบว่าเมื่อเราพล็อตกราฟในรูปแบบ Log scale จะทำให้เราเห็นสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณได้ชัดเจนขึ้น และได้เห็นช่วงเวลาทั้งหมดที่มีความถี่เกิดขึ้นของสัญญาณ โดยในแกน x จะยังคงเป็นความถี่หน่วย Hz แต่ในแกน y จะเปลี่ยนจากแอมพลิจูดเป็นแบบเดซิเบล ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของความดังเสียง โดยใช้สมการ 20 x log(FFT)

เมื่อเราได้สัญญาณในรูป Frequency domain มาแล้ว เราก็จะทำการวิเคราะห์หาความถี่มูลฐานและฮาร์มอนิกต่างๆของสัญญาณนั้นๆ โดยใช้ findpeaks เป็นตัวช่วยในการค้นหาและทำการจดบันทึกข้อมูลของแต่ละสัญญาณไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
144420

3.5 Feature Extraction



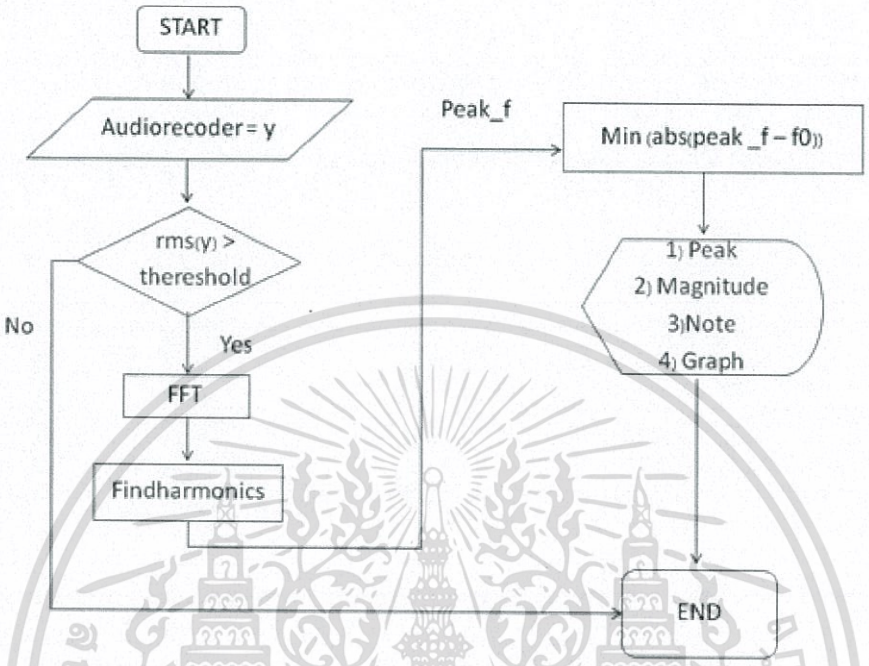
รูปที่ 3.5 การใช้ findharmonics

เราสามารถเซตค่า minpeakdistance , minpeakdistance , threshold และ peaks ให้เหมาะสมเพื่อคัดกรองจุดพีคที่เราต้องการ หากเราไม่เซตค่าเหล่านี้ จะเป็นเหมือนกับในรูปที่ ซึ่งโปรแกรมจะหาจุดพีคทุกจุดให้เองโดยอัตโนมัติ

จากรูปที่ จะพบว่ามีจุดสีแดงเพียงจุดเดียว ซึ่งก็คือความถี่ มูลฐานของสัญญาณนั้น เมื่อเราทราบความถี่มูลฐานของสัญญาณแล้วก็ทำการจดบันทึกไว้ เพราะว่าโน้ตตัวเดียวกัน แต่เครื่องดนตรีแตกต่างกันก็อาจจะมีความถี่มูลฐานที่ต่างกัน เราจึงต้องทำการตรวจสอบจากหลายๆเครื่องดนตรีเพื่อเก็บข้อมูลมาเปรียบเทียบความถี่และรูปกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Recognition Program



รูปที่ 3.6 Flow Chart

ทำการอัดเสียงผ่านไมโครโฟนโดยใช้ฟังชันก์ audiorecoder ใน MATLAB แล้วเก็บค่าไว้ในตัวแปร y ทำการเช็คกำลังสัญญาณโดยใช้ rms ของ y เทียบกับ threshold หาก rms มีค่ามากกว่า threshold ก็จะทำการคำนวณ หาก rms มีค่าน้อยกว่า ระบบก็จะไม่ทำการคำนวณ

นำสัญญาณที่ตรวจสอบ rms แล้วไป FFT เพื่อเปลี่ยนจาก Time Domain เป็น Frequency domain แล้วใช้ฟังชันก์ findharmonics ที่สร้างขึ้นมาตรวจจับคุณลักษณะเด่นของสัญญาณแล้วนำไปเทียบกับสัญญาณอ้างอิงจะได้ผลลัพธ์ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะนำเสนอถึงรายละเอียดการทำงานของโปรแกรมและแสดงถึงผลการทดสอบที่ได้จากกระบวนการหลักซึ่งสามารถแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ การนำเข้าไฟล์เสียง , การวิเคราะห์เสียง , การหาความสัมพันธ์และจุดเด่นของเสียง , การสร้างโปรแกรมรู้จำ

4.1 audioread

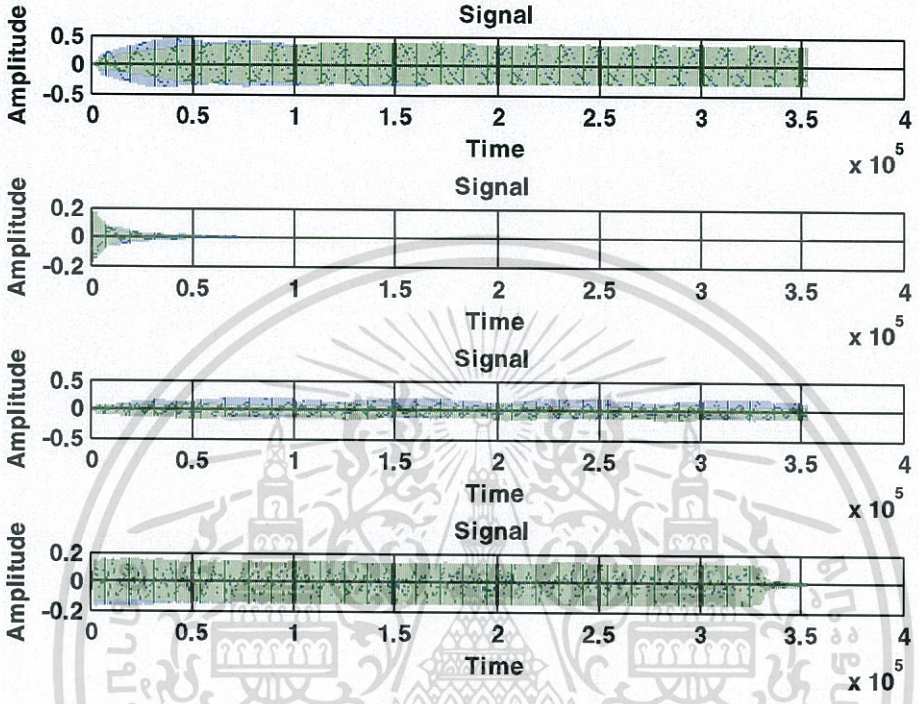
อันดับแรกสร้างไฟล์เสียงนามสกุล .wav จากเครื่องดนตรีของโปรแกรม Logic เพื่อนำไปวิเคราะห์สัญญาณเสียงก่อนที่จะนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงจากเครื่องดนตรีจริงๆ โดยเสียงจากโปรแกรมจะมาจากเครื่องดนตรี 4 ชนิด คือ Clarinet , Saxophone , Oboe , Harp โดยเราจะเลือกโน้ต C (โด) , โน้ต D (เร) มาทำการวิเคราะห์ เมื่อสร้างไฟล์เสียงเสร็จแล้วก็นำไฟล์เข้าสู่โปรแกรม matlab ด้วยคำสั่ง audioread

```
file = ' ชื่อไฟล์.wav ' ;          % กำหนด file ที่ต้องการวิเคราะห์
[y , fs] = audioread(file) ;      % y คือ sound data และ fs คือความถี่แซมปลิ้ง
t = ( 1 : length(y) / fs ) ;          % time (length(y) คือ หาความยาวของแมทริก y)
```

รูปที่ 4.1 (a) Clarinet , (b) Oboe , (c) Harp , (d) Saxophone

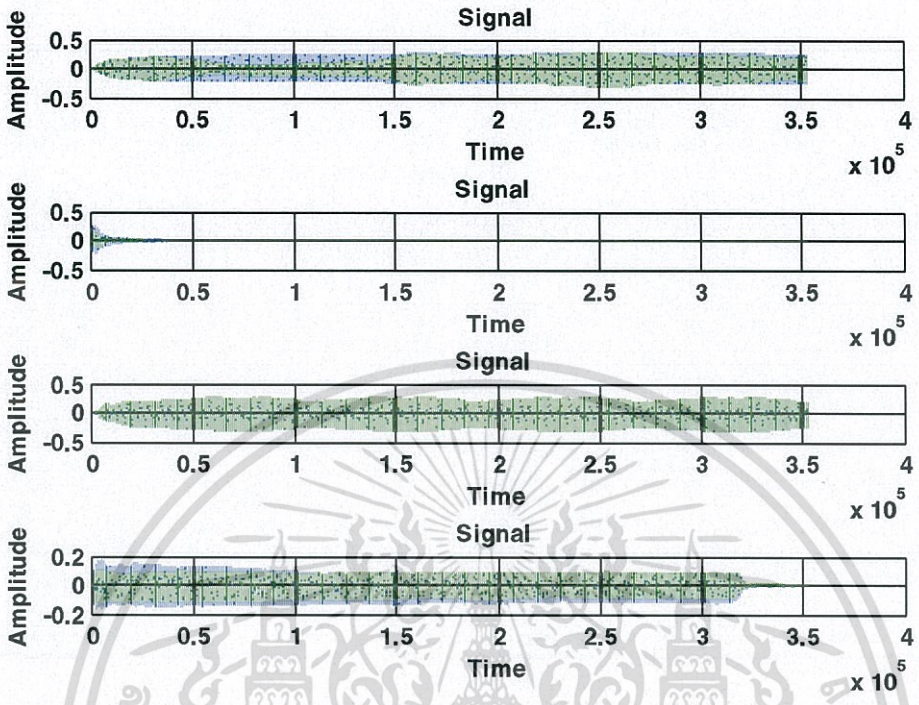
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Time Domain



รูปที่ 4.2 TimeDomain Notec5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

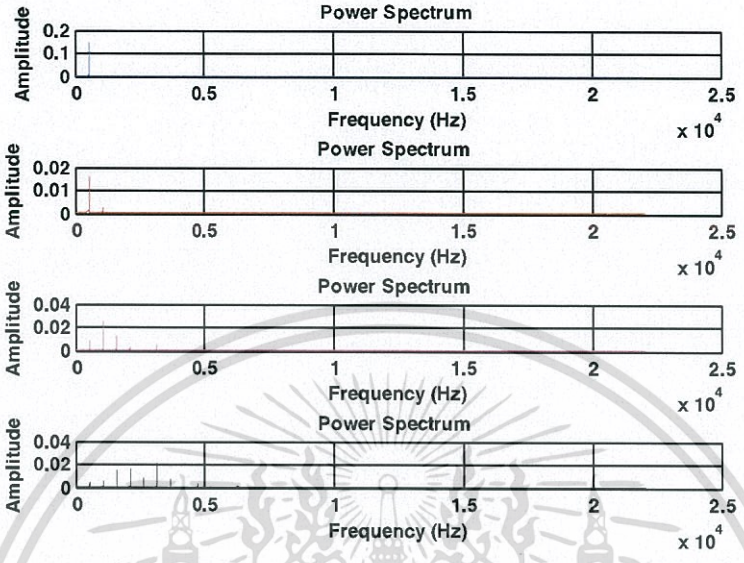


รูปที่ 4.3 TimeDomain NoteD5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

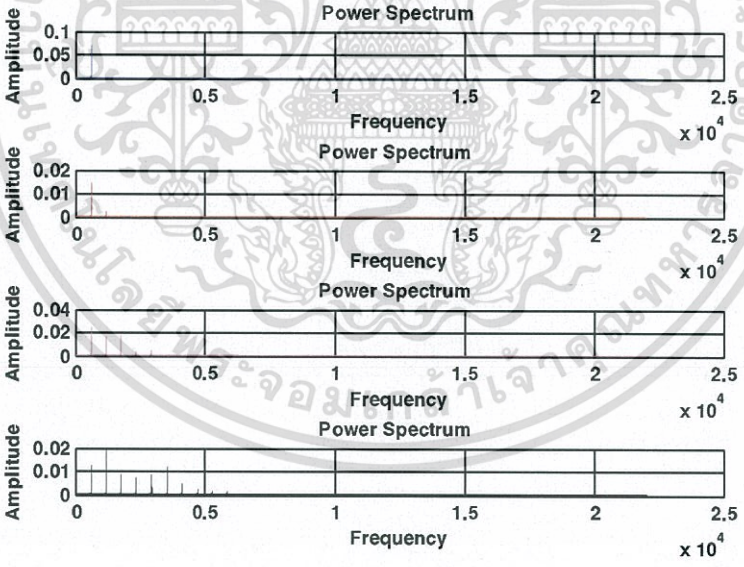
เมื่อทำการนำเข้าไฟล์แล้วก็พล็อตกราฟออกมาซึ่งจะอยู่ในรูปของ Time domain ซึ่งเสียงที่บันทึกไปนั้นเป็นแบบสเตอริโอทำให้มีกราฟสองสีคือสีเขียวและสีน้ำเงินซึ่งไม่ได้มีผลต่อการวิเคราะห์ ซึ่งเมื่อเราได้สัญญาณของเครื่องดนตรีตามที่ต้องการแล้วเราก็จะนำสัญญาณเหล่านี้ไปทำกระบวนการ FFT(Fast fourier transform) เพื่อเปลี่ยนจาก Time domain เป็น Frequency domain เพื่อวิเคราะห์หาสเปกตรัมความถี่ของแต่ละเครื่องดนตรี จะได้ผลดังรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Frequency Domain

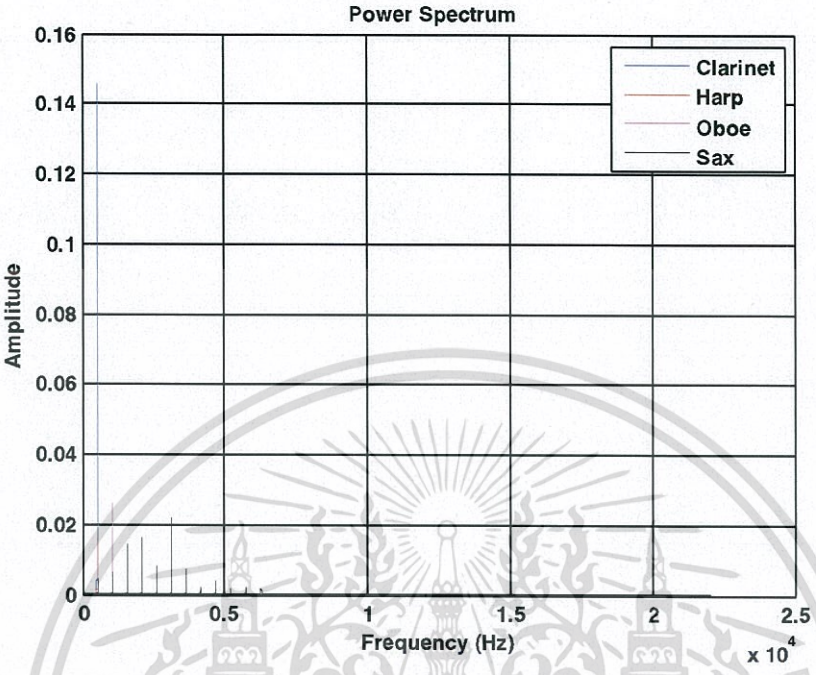


รูปที่ 4.4 Frequency Domain Notec5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax



รูปที่ 4.5 Frequency Domain NoteD5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

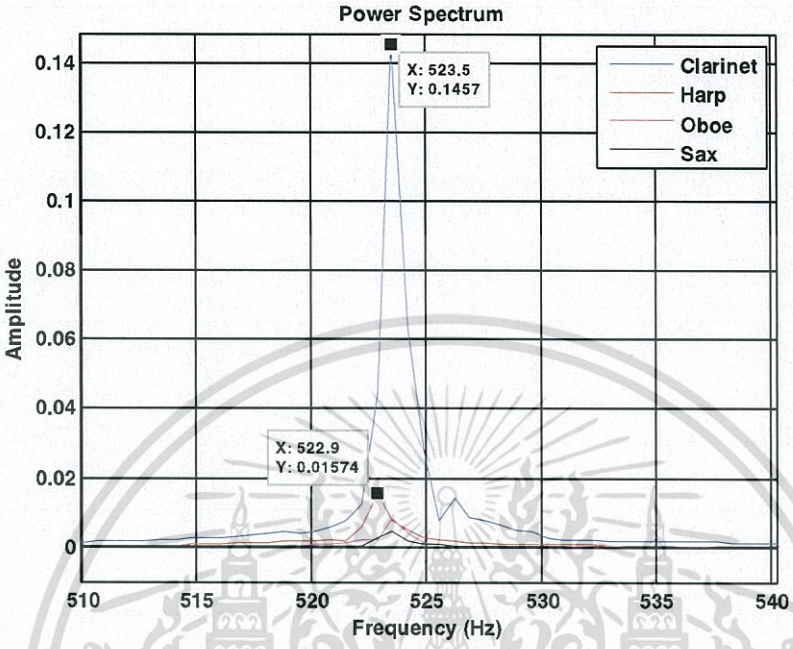


รูปที่ 4.6 Frequency Domain NoteC5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax แบบรวมกันในกราฟเดียว

จากรูปที่ 4.6 จะพบว่าสเปกตรัมของแต่ละเครื่องดนตรีขึ้นทับซ้อนกัน ดูเหมือนจะมีความถี่ที่เท่ากัน แต่อาจจะมีจำนวนฮาร์มอนิกที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

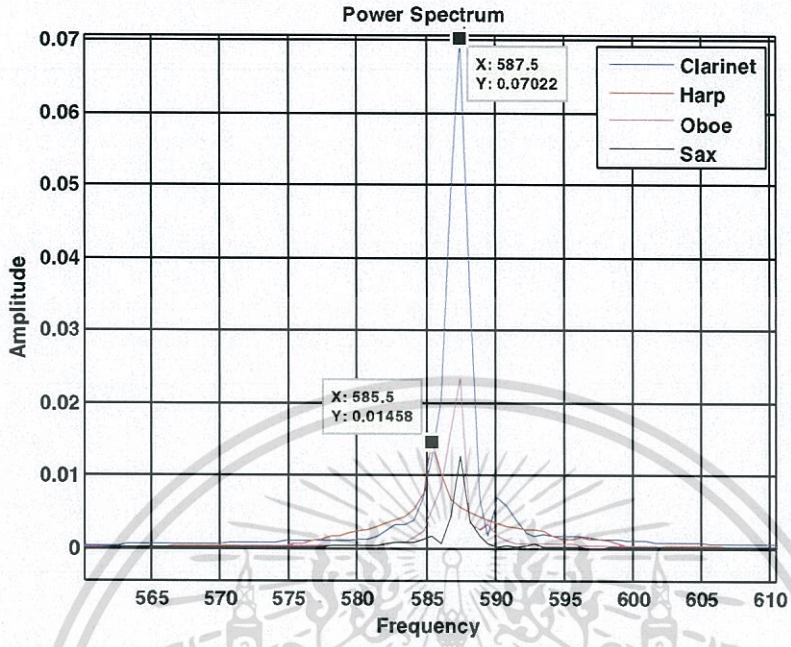
4.4 Fundamental Frequency



รูปที่ 4.7 Fundamental Frequency NoteC5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

จากรูปที่ 4.7 เราได้ลองขยายภาพเพื่อไปดูสเปกตรัมแต่ละความถี่ก็พบว่าเครื่องดนตรีบางชนิดอาจจะมีความที่เท่ากันหรือไม่เท่ากัน ดังเช่นรูปที่ ได้ลองขยายภาพเข้าไปดูสเปกตรัมของความถี่มูลฐานจะพบว่าสเปกตรัมของ Clarinet , Saxophone และ Oboe มีความถี่มูลฐานที่เท่ากันคือ 523.5 Hz แต่ Harp กลับมีความถี่มูลฐานที่ 522.9 ซึ่งไม่เท่ากับเครื่องดนตรีอื่น นั่นก้แสดงว่าความถี่มูลฐานไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกเครื่องดนตรี แต่ก็สามารถให้เสียงโน้ตเดียวกันได้ และเมื่อนำ (523.5 + 522.9) / 2 = 523.2 ซึ่งตรงกับความถี่มาตรฐานสากลของตัวโน้ต C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

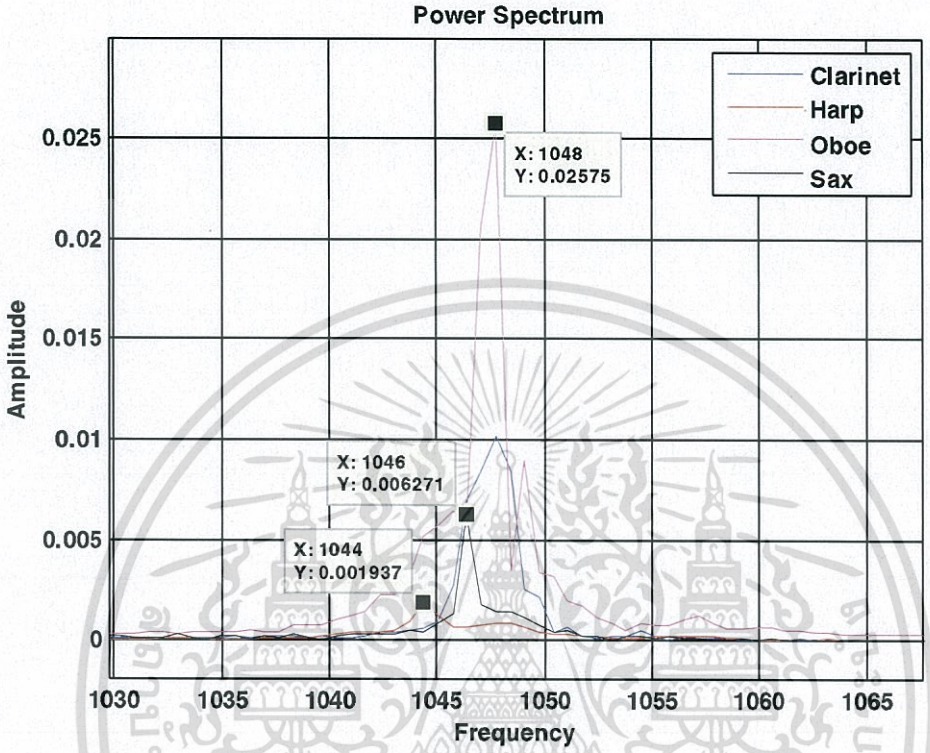


รูปที่ 4.8 Fundamental Frequency NoteD5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

จากรูปที่ 4.8 ได้ลองขยายภาพเข้าไปดูสเปกตรัมของความถี่มูลฐานจะพบว่าสเปกตรัมของ Clarinet , Saxophone และ Oboe มีความถี่มูลฐานที่เท่ากันคือ 587.5 Hz แต่ Harp กลับมีความถี่มูลฐานที่ 585.5 Hz ซึ่งไม่เท่ากับเครื่องดนตรีอื่น นั่นก้แสดงว่าความถี่มูลฐานไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกเครื่องดนตรี แต่ก็สามารถให้เสียงโน้ตเดียวกันได้ และเมื่อนำ (587.5 + 585.5) / 2 = 586.5 ซึ่งตรงกับความถี่มาตรฐานสากลของตัวโน้ต D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

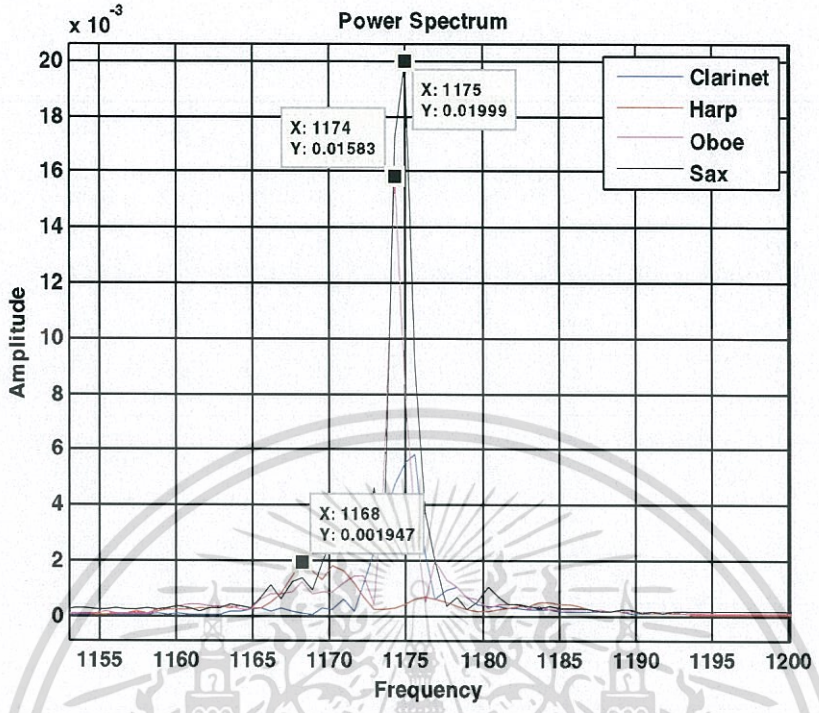
4.5 2nd Harmonics



รูปที่ 4.9 2nd Harmonics NoteC5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

จากรูปที่ 4.9 ลองมาวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่ 2 ของแต่ละเครื่องดนตรีก็พบว่ามีถึง 3 ความถี่ด้วยกัน จาก 4 เครื่องดนตรี โดย Clarinet และ Oboe มีความถี่เท่ากันที่ 1,048 Hz ส่วน Saxophone มีความถี่ 1,046 Hz และ Harp มีความถี่ 1,044 Hz ซึ่งเมื่อนำ (1,048 + 1044) / 2 = 1,046 Hz ซึ่งตรงตามกฎฮาร์มอนิก (n * ความถี่มูลฐาน) เมื่อ n คือลำดับฮาร์มอนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

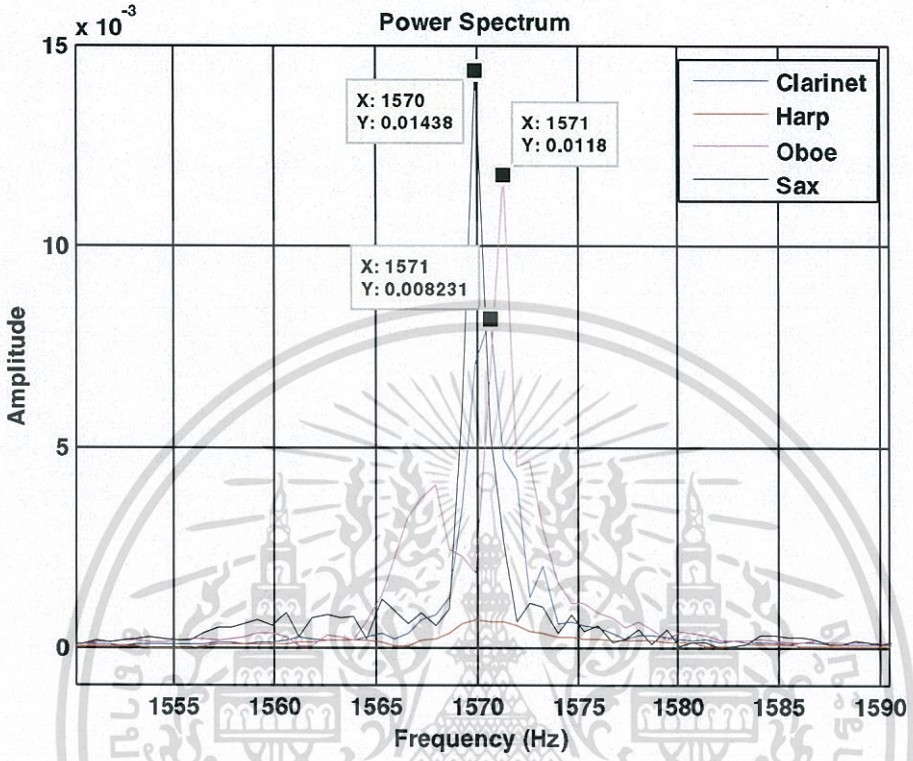


รูปที่ 4.10 2nd Harmonics NoteD5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

จากรูปที่ 4.10 ลองมาวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่ 2 ของแต่ละเครื่องดนตรีก็พบว่ามีถึง 3 ความถี่ด้วยกัน จาก 4 เครื่องดนตรี โดย Clarinet และ Saxophone มีความถี่เท่ากันที่ 1,175 Hz ส่วน Oboe มีความถี่ 1,174 Hz และ Harp มีความถี่ 1,168 Hz ซึ่งเมื่อนำ (1,175 + 1,168) / 2 = 1,172 Hz ซึ่งตรงตามกฎฮาร์มอนิก (n * ความถี่มูลฐาน) เมื่อ n คือลำดับฮาร์มอนิก และมี 3 ความถี่คล้าย NoteC แต่เครื่องดนตรีไม่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 3rd Harmonics

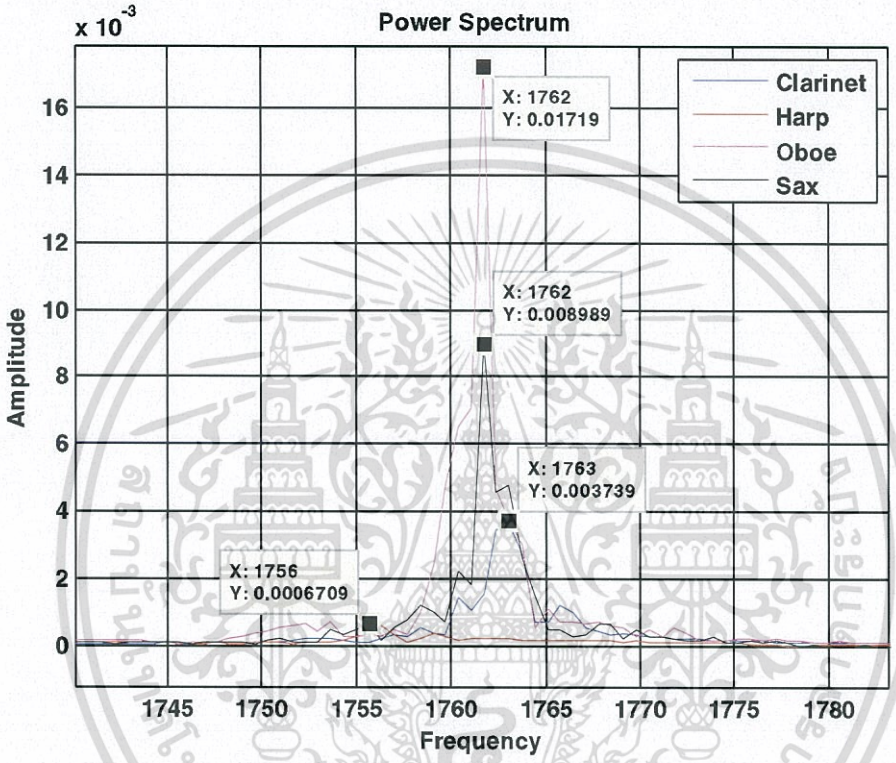


รูปที่ 4.11 3rd Harmonics NoteC5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

จากรูปที่ 4.11 ลองมาวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่ 3 ของแต่ละเครื่องดนตรีก็พบว่ามี 2 ความถี่ที่ใกล้เคียงกันคือ 1,570 Hz และ 1,571 Hz และได้พบว่าความถี่นี้เป็นของโน้ต G ซึ่งในทางทฤษฎีดนตรีโน้ต C และ โน้ต G ถือว่าเป็นคู่ประสานกันหรือคู่ห้า ซึ่งจากโครงงานชิ้นนี้ทำให้ทราบว่าคู่ประสานทางเสียงดนตรีมีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เหมือนกัน ไม่ใช่กล่าวขึ้นมาแบบไม่มีทฤษฎีอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 ลองมาวิเคราะห์ฮาร์มอนิกที่ 3 ของโน้ต D แต่ละเครื่องดนตรีก็พบว่ามี 3 ความถี่ที่ใกล้เคียงกันคือ 1,763 Hz , 1,762 Hz และ 1,756 Hz ได้พบว่าความถี่นี้เป็นของโน้ต A ซึ่งในทางทฤษฎีดนตรี โน้ต D และ โน้ต A ถือว่าเป็นคู่ประสานกันหรือคู่ห้า ซึ่งยืนยันได้ว่าฮาร์มอนิกที่ 3 มักจะเป็นความถี่คู่ประสานหรือคู่ห้าของโน้ตหลัก



รูปที่ 4.12 3rd Harmonics NoteD5 ของ Clarinet , Harp , Oboe ,Sax

จากการวิเคราะห์ต่างๆที่กล่าวมาก จะพบว่ามีสเปกตรัมที่มีแอมพลิจูดสูงอยู่มาก ซึ่งสเปกตรัมเหล่านี้ก็คือความถี่ต่างๆที่อยู่ในสัญญาณ จะประกอบไปด้วยความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) และฮาร์มอนิกต่างๆมากมายทำให้เกิดคุณลักษณะของเสียงที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากการพล็อตกราฟแบบธรรมดา อาจจะทำให้เราเห็นสเปกตรัมของบางความถี่ไม่ชัดเจน เพราะอาจจะมีสเปกตรัมบางความถี่ที่มีแอมพลิจูดน้อยมาก แต่ก็เป็นหนึ่งในสเปกตรัมที่สำคัญของสัญญาณนั้นๆ เราจึงทำการพล็อตกราฟเป็นแบบ Log scale เพื่อที่จะตรวจสอบสเปกตรัมต่างๆได้ง่ายมากขึ้นดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 Log Scale

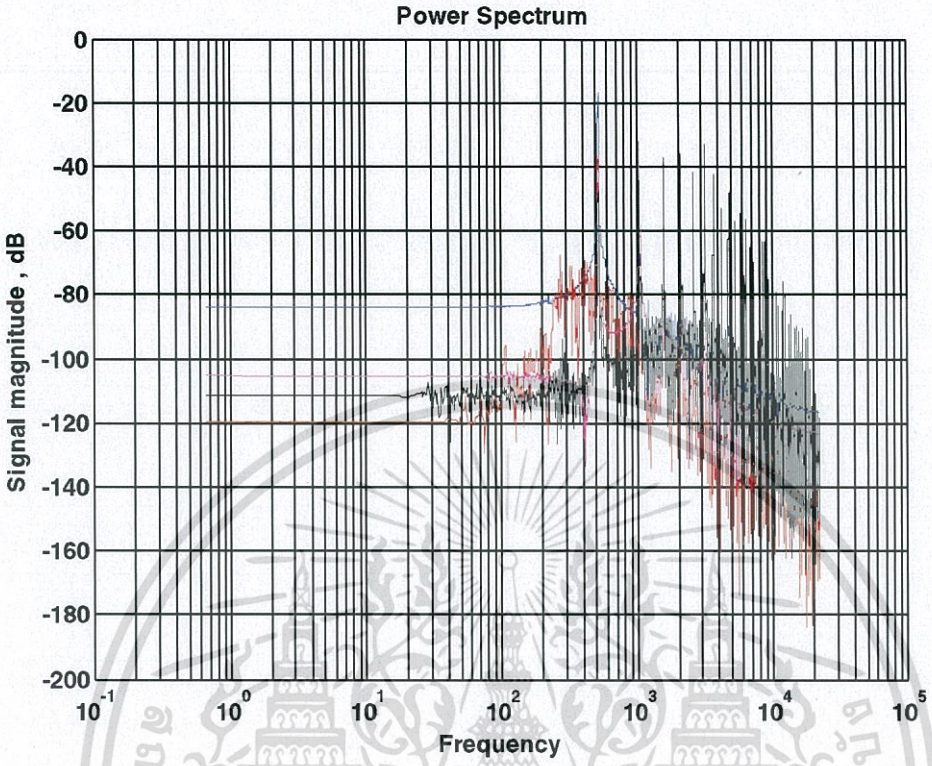
เหตุผลที่เราใช้ FFT ก็เพราะสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณที่ไม่เป็นคาบ เราไม่สามารถที่จะใช้ Fourier series ได้ เพราะ Fourier series จะใช้ได้กับสัญญาณที่เป็นคาบเท่านั้น แต่เราสามารถใช้ FFT เพื่อทราบค่าแอมพลิจูด,ความถี่ และฮาร์มอนิกทั้งหมดของสัญญาณได้เหมือนกับการใช้ Fourier series โดยเขียนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไซนูซอยด์ได้เช่นกัน สมการ FFT มีดังนี้

$$FFT = F\left[y(t)\right] = \int_{-\infty}^{\infty} y(t)e^{-j\omega t}\,dt \tag{4.1}$$

แต่เนื่องจาก Frequency Domain จากการ FFT อาจทำให้เราเห็น Spectrum ทั้งหมดของสัญญาณได้ไม่ชัดเจน เราจึงทำเปลี่ยนสัญญาณ Frequency Domain ให้อยู่ในรูปของ log scale จะทำให้เราเห็นสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณทั้งหมดได้ชัดเจนขึ้น และได้เห็นช่วงเวลาทั้งหมดที่มีความถี่เกิดขึ้นของสัญญาณ โดยในแกน x จะยังคงเป็นความถี่หน่วย Hz แต่ในแกน y จะเปลี่ยนจากแอมพลิจูดเป็นแบบเดซิเบล ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของความดังเสียง จะได้กราฟดังรูปที่ 4.13 โดยใช้สมการดังนี้

$$\log scale(dB) = 20log_{10}(F\left[y(t)\right]) \tag{4.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 Frequency Domain (Log Scale)

4.8 Feature Extraction

เมื่อพล็อตกราฟแล้วก็นำมาเปรียบเทียบกันเช่นเคย โดยเราจะลองใช้ฟังชั่นก์ findpeak ในการช่วยค้นหาสเปกตรัมแต่ละความถี่ โดยกำหนดค่า minpeakdistance , minpeakheight , threshold และ peaks ให้เหมาะสมเพื่อคัดกรองจุดพีคที่เราต้องการ โดยกำหนดค่าดังนี้

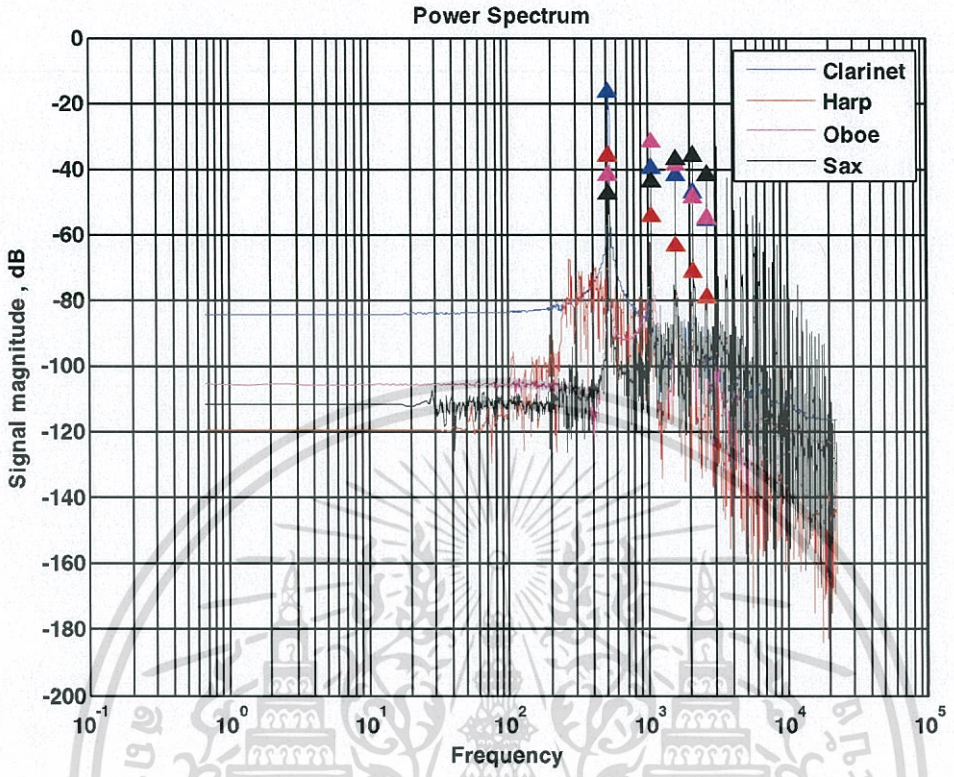
Minpeakdistance = 5

Minpeakheight = -60

THRESHOLD = 1

NPEAKS = 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 findpeaks

สร้างฟังชั่นก์ findharmonic ขึ้นมาเอง โดยนำ findpeaks มาประยุกต์ใช้ และนำฟังก์ชั่นที่สร้างมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์และการสร้างโปรแกรมรู้จำ

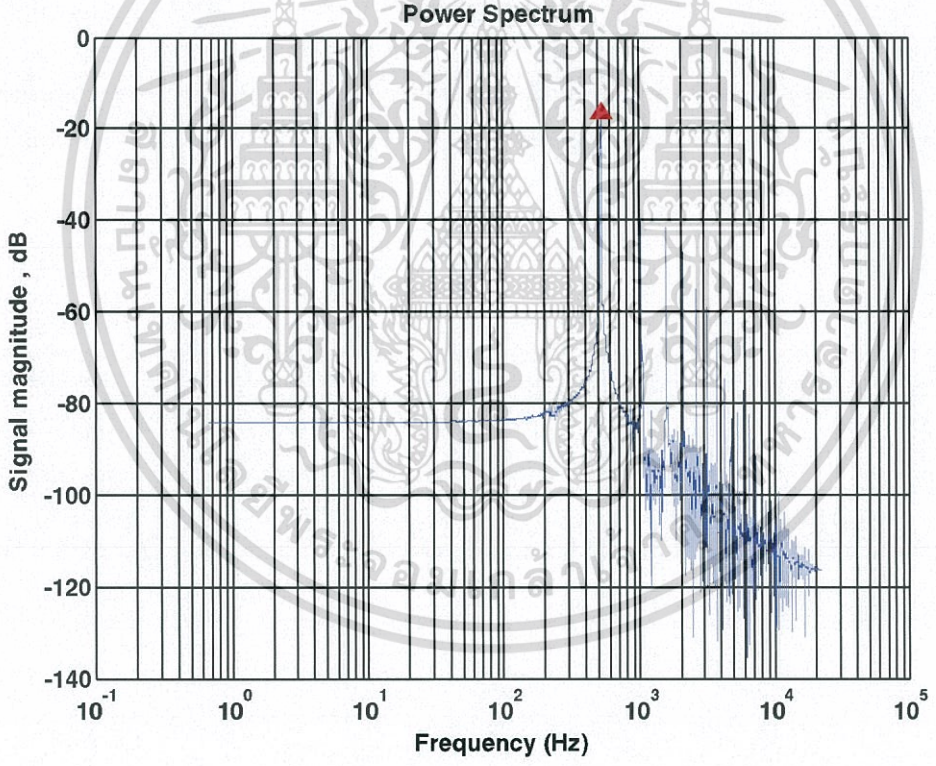
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 Findharmonics

function [peak_mag, peak_f] = findharmonics (wavfile ,Nfft , np , m_pd , m_ph , thrs);

ฟังชั่นก์ findharmonics นี้จะต้อง Input ไฟล์ .wav minpeakdistance , minpeakheight , threshold และ npeaks เพื่อคำนวณหาจุดที่เราต้องการออกมา โดยที่ในหน้า command history ก็จะบอกค่า peak_f , peak_mag ที่เป็นค่า output ออกมาด้วย แปรผันตามเงื่อนไขที่เรา input ให้ findharmonics ดังรูปที่ และ รูปที่

```
>> findharmonics('clar_c4_1.wav',65536,1,500,-80,0);
peak_f = 523.541978
peak_mag = -16.732062
```



รูปที่ 4.15 findharmonics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 คือตัวอย่างการใช้ findharmonics โดยเลือกไฟล์ clarinet ทำการ FFT หาจุดพีค 1 จุด เพื่อหาแค่ความถี่มูลฐาน พร้อมแสดงค่า peak_f หรือความถี่ของสเปกตรัมและ peak_mag หรือสเปคตรัมมีค่ากี่ dB ทำให้ง่ายต่อการ input ไฟล์ต่างๆ เมื่อเราต้องการวิเคราะห์ไฟล์เสียงอื่นๆ

4.10 ตารางความถี่

	Clarinet C5		Harp C5		Oboe C5		Saxophone C5	
	Fq (Hz)	Mag (dB)	Fq (Hz)	Mag (dB)	Fq (Hz)	Mag (dB)	Fq (Hz)	Mag (dB)
Fundamental	523.5	-16.73	522.9	-36.06	523.5	-41.67	523.5	-47.3
2nd Harmonics	1047.8	-39.82	1044.4	-54.26	1047.8	-31.8	1046.4	-44.05
3rd Harmonics	1570.6	-41.70	1569	-63.01	1571.3	-38.56	1569	-36.84
4th Harmonics	2093.5	-47.02	2092.8	-71.17	2094.8	-48.71	2092.8	-35.76
5th harmonics	2617	-55.20	2619	-78.86	2618.4	-54.87	2616.4	-41.80

ตารางที่ 4.1 ตารางความถี่ Note C5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Clarinet D4		Harp D4		Oboe D4		Saxophone D4	
	Fq (Hz)	Mag (dB)	Fq (Hz)	Mag (dB)	Fq (Hz)	Mag (dB)	Fq (Hz)	Mag (dB)
Fundamental	587.5	-23.07	585.5	-36.72	587.5	-32.58	587.5	-37;95
2nd Harmonics	1175.6	-44.67	1168.2	-54.1	1174.3	-36.01	1174.9	-33.98
3rd Harmonics	1763.1	-48.70	1755.7	-63.20	1761.7	-35.3	1761.6	-40.93
4th Harmonics	2350.6	-55.2	2342.5	-62.82	2348.5	-49.37	2349.2	-42.23
5th harmonics	2936.7	-81.21	2928	-88.74	2936	-46.26	2936.7	-41.04

ตารางที่ 4.2 ตารางความถี่ Note D5

เมื่อนำค่า Magnitude ของทั้งสองตารางมาเปรียบเทียบระดับความดังของสเปกตรัม ว่ารูปร่างคล้ายกันไหม มีผลต่อตัวโน้ตไหม พบว่าไม่มีความคล้ายคลึงกัน มีแค่ความถี่มูลฐานคอยบ่งชี้โน้ตก็เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 โปรแกรมรู้จำ

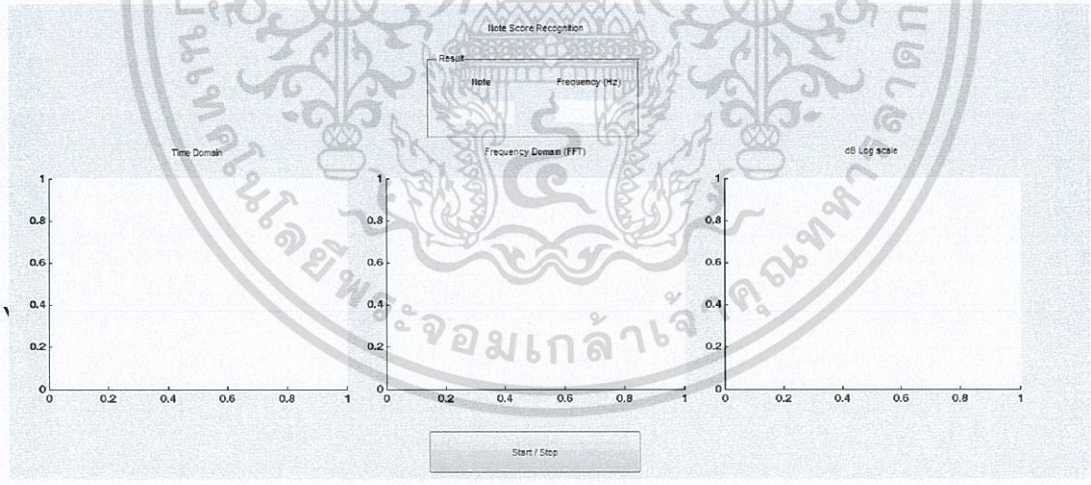
4.11.1 audiorecoder

```
recObj = audiorecorder
disp('RECORD')
recordblocking(recObj, 3);
disp('STOP!');
y = getaudiodata(recObj);
```

รูปที่ 4.16 audiorecoder

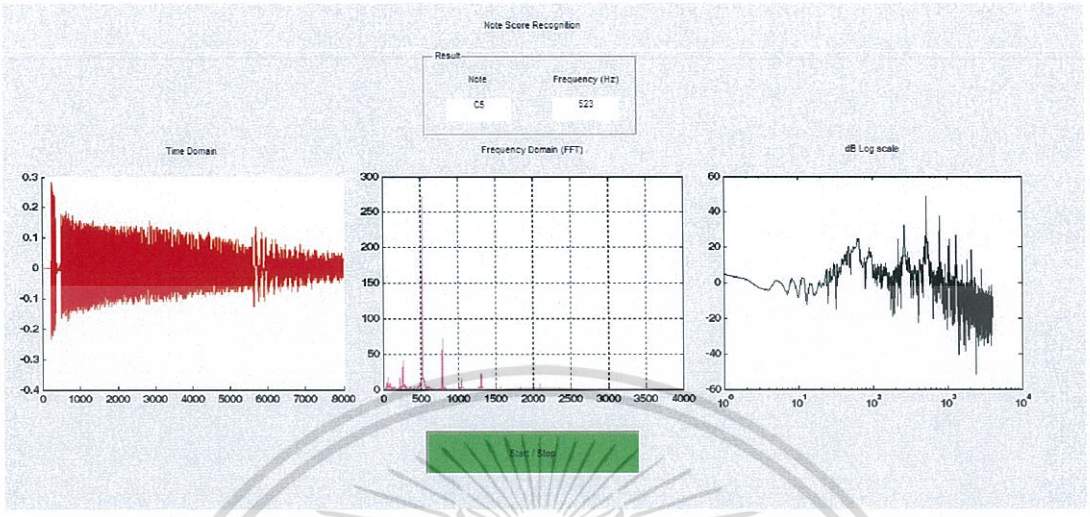
ใช้คำสั่ง audiorecoder ใน MATLAB เพื่อทำการบันทึกเสียงโดยใช้ไมโครโฟนจาก Notebook Samsung กำหนดระยะเวลาในการอัดเสียง 3 วินาทีหรือแล้วแต่ความเหมาะสม และนำไฟล์เสียงที่อัดไว้เก็บไว้ในค่าตัวแปร y เพื่อนำไปคำนวณในโปรแกรมรู้จำ

4.11.2 Graphic User Interface



รูปที่ 4.17 หน้า Interface เริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 หน้า Interface ตอนทำงาน

Note	Frequency (Hz)
C5	523

รูปที่ 4.19 แสดงค่าโน้ตและความถี่มูลฐานของสัญญาณ

ตัวโปรแกรมจะแสดง Time Domain, Frequency Domain, Log scale, Note (Octave) , Fundamental Frequency จากรูปที่ 4.19 คือ Note C Octave 5 และ Fundamental = 523 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลอง

จากโครงงานเรื่องการรู้จำเสียงโน้ต (Note Score Recognition) ได้จัดทำขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์ลักษณะและความแตกต่างของเสียงโน้ตในแต่ละเครื่องดนตรี โดนใช้ความรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณและข้อมูลจากการวิเคราะห์มาสร้างโปรแกรมรู้จำและนำโปรแกรมมาทดสอบกับเครื่องดนตรีที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของผลที่วิเคราะห์

จากการทดลองพบว่าเสียงของตัวโน้ตเดียวกัน แต่เครื่องดนตรีต่างกัน ก็อาจจะมีความถี่มูลฐานที่เท่ากันและไม่เท่ากัน เนื่องจากจุดพีคของแต่ละสเปกตรัมไม่มีได้มีเพียงค่าเดียว แต่จุดพีคมี range ของฮาร์มอนิกนั้นๆ ทำให้แต่ละเครื่องดนตรีสามารถมีความถี่ไม่เท่ากันได้ แต่ยังคงอยู่ใน range นั้นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทเครื่องดนตรี ชนิดวัสดุ และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งความถี่ที่แตกต่างกันของแต่ละเครื่องดนตรีทำให้เกิดเสียงที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องดนตรี

โดยเราสามารถนำค่า Fundamental Frequency เพียงค่าเดียวมาตรวจสอบเสียงโน้ตได้ ไม่จำเป็นต้องนำฮาร์มอนิกอื่นมาใช้ในการตรวจสอบ แม้ว่าค่า fundamental จะมีความถี่ที่ค่อนข้างไม่เท่ากันก็ไม่มีปัญหาและได้ทดสอบแล้วว่าสามารถนำโปรแกรมรู้จำมาใช้ตรวจสอบเสียงโน้ตได้จริง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาโครงงาน

1) เนื่องจากผู้จัดทำมีความรู้เรื่องการประมวลผลสัญญาณน้อยมาก ทำให้ใช้เวลานานในการศึกษา

2) เนื่องจากผู้จัดทำมีความรู้ในโปรแกรม MATLAB น้อยมาก ทำให้ไม่ทราบคำสั่งเฉพาะของโปรแกรม และต้องใช้เวลาศึกษานาน

3) เนื่องจากผู้จัดทำมีความเชี่ยวชาญในภาษาอังกฤษน้อยมาก ทำให้การค้นคว้าหาข้อมูลเป็นไปค่อนข้างลำบาก

5.3 แนวทางการแก้ไข

1) ศึกษาภาษาอังกฤษมาก หมั่นฝึกฝนอ่าน textbook จากต่างประเทศ

2) ศึกษาจาก code ในเรื่องที่คล้ายๆกัน เช่นอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งนิยมทำกันแพร่หลายและนำมาประยุกต์กับโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ

1) สามารถนำไปศึกษาต่อเพื่อสร้างโปรแกรมที่บ่งบอกเครื่องดนตรีแต่ละชนิดได้

2) นำความรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณไปประยุกต์ใช้ได้หลายแบบ

4) นำความรู้ด้านเสียงไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์

3) ลองใช้การประมวลลผลสัญญาณในรูปแบบอื่นๆมาวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของคุณลักษณะและความแตกต่าง จะทำให้ได้ข้อมูลที่แน่นอนกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติพงษ์ มีสวาสดิ์. 2555. การสังเคราะห์เสียงฆ้องด้วยตัวกรองดิจิทัลและการประยุกต์ใช้งาน [Online]. Available: https://app.enit.kku.ac.th/mis/administrator/doc_upload/20150525163942.pdf

A. Eronen, "Automatic musical instrument recognition," **Mémoire de DEA**, Tempere University of Technology, 2001.

A. Giulio, M. Longari, and E. Pollastri, "Musical instrument timbres classification with spectral features," ***EURASIP Journal on Applied Signal Processing***, vol. 1, pp. 5-14, 2003.

E. Slim, G. Richard, and B. David. "Musical instrument recognition by pairwise classification strategies," Audio, Speech, and Language Processing, **IEEE Transactions on**, vol. 14, no. 4, pp. 1401-1412, Jul. 2006.

Martin, K. D. "Musical Instrument Identification: A Pattern Recognition Approach". **Presented at the 136th meeting of the Acoustical Society of America**, 1998.

Walker , et al.,"Methods, systems and computer program fundamental frequency. products for detecting musical notes in an audio signal," U.S. Patent 7,598,447,6 Oct. 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

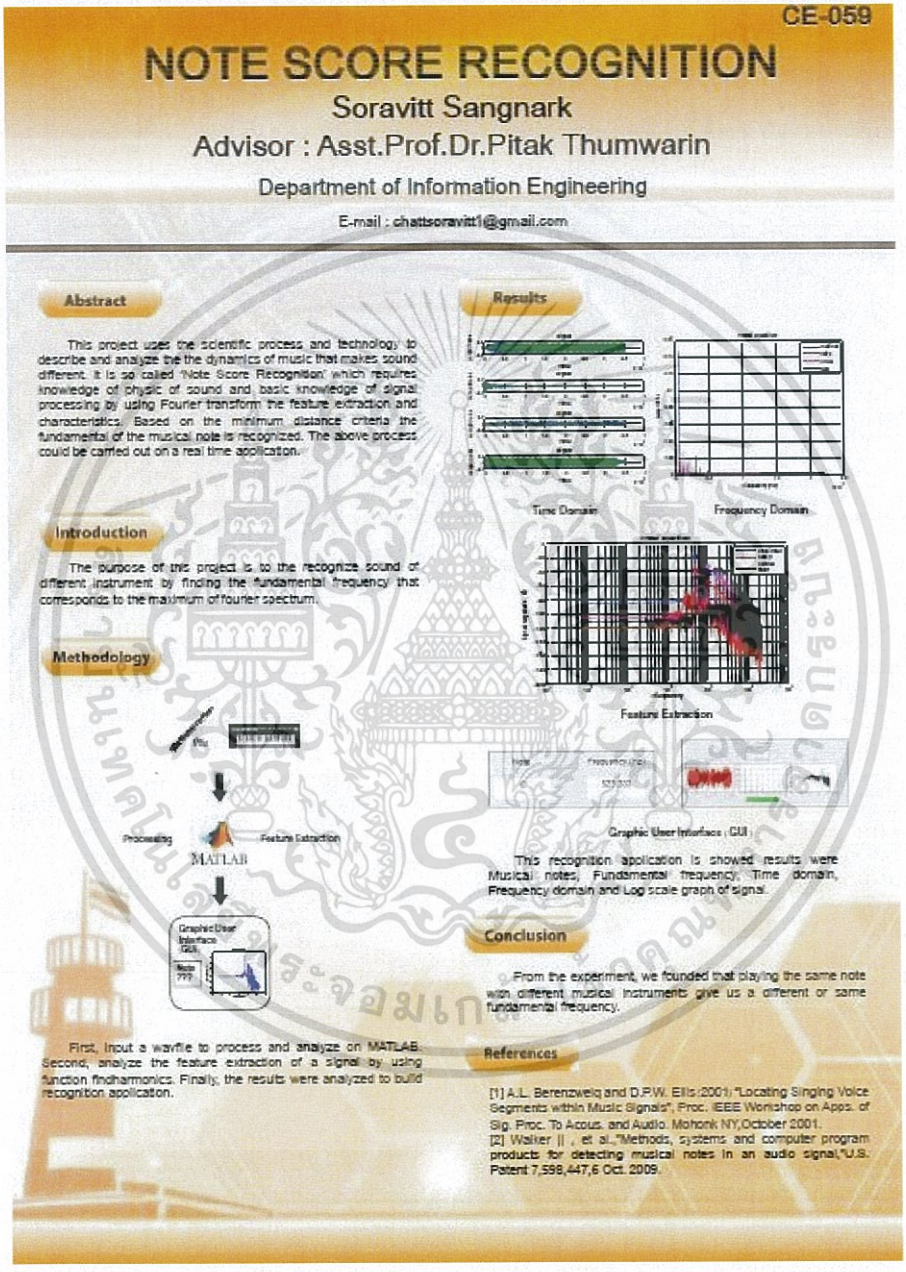
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
Poster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1) Poster



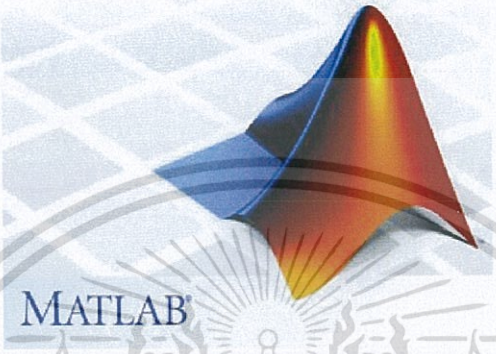
รูปที่ ก.1 Poster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

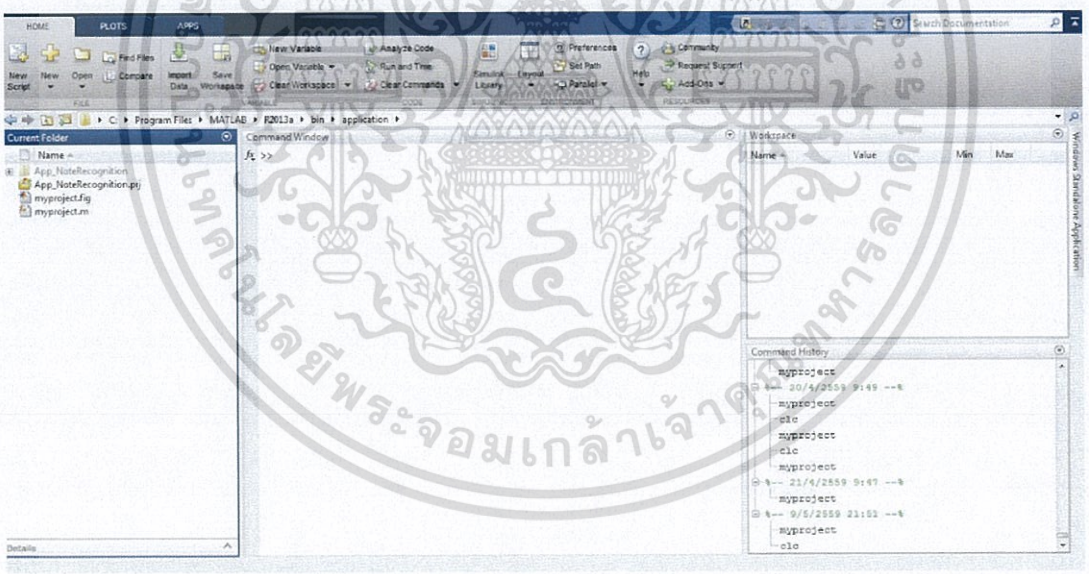
ภาคผนวก ข
โปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การใช้โปรแกรม MATLAB



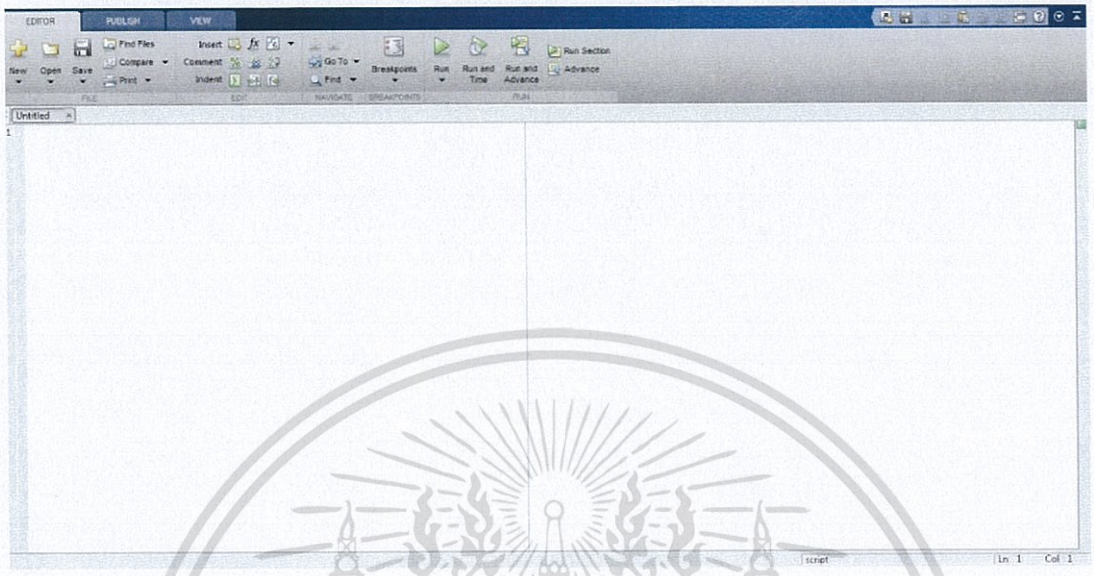
รูปที่ ข.1 MATLAB



รูปที่ ข.2 หน้าจอเริ่มต้น MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ M-files ในการเขียน Code



รูปที่ ข.3 M-files

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตัวอย่าง การใช้แอพพลิเคชัน

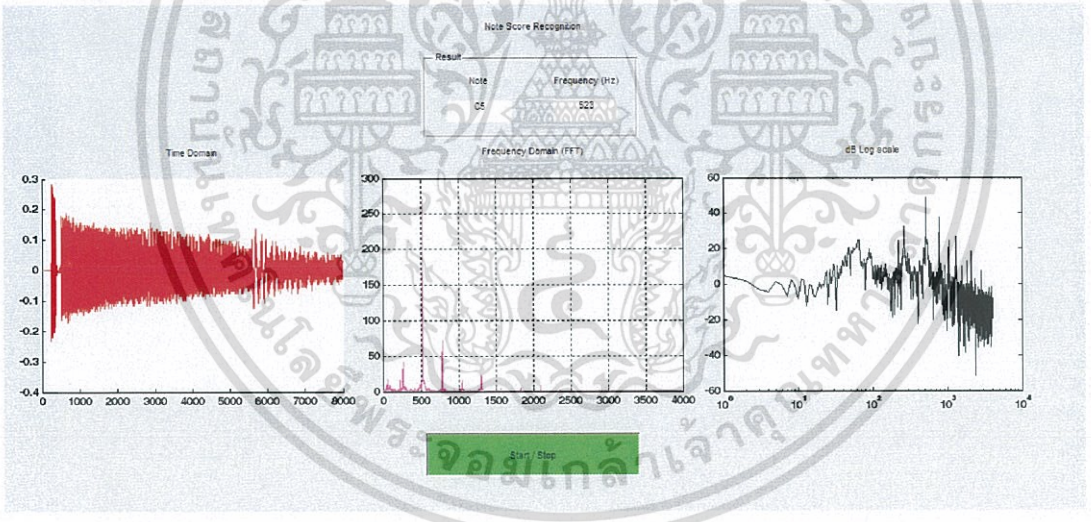
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตัวอย่าง การใช้แอพพลิเคชัน

1) คลิกไปที่โปรแกรม App_NoteRecognition.exe เพื่อติดตั้งและใช้งาน

รูปที่ ค.1 App_NoteRecognition.exe

2) เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา กดไปที่ปุ่ม Start/Stop ให้เป็นสีเขียวเพื่อเริ่มต้นการทำงาน และเป็นสีแดงหากต้องการให้หยุดการทำงาน



รูปที่ ค.2 หน้าจอการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้