Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 8 No. 2 July – December, 2017

การวิเคราะห์สัญญาณเสียงโดยใช้กีตาร์ไฟฟ้าที่ตั้งเสียงแบบมาตรฐานโดยแสดงผลเป็น MIDI Note ผ่านโปรแกรม Pure Data

วิริทธิพล เตชิตกุลทรัพย์[1*] สรเดช ครุฑจ้อน[2] และ จรัญ แสนราช[3]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงกีตาร์ไฟฟ้าแบบมาตรฐาน ให้เป็น MIDI Note และระดับของ MIDI Note ซึ่งจะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการสร้างโปรแกรมการสอนการเล่นกีตาร์ไฟฟ้าด้วยตนเองต่อไป โดยพัฒนาจากโปรแกรม Pure Data ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ ส่วนที่แรก ส่วนรับข้อมูล ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเสียงกีตาร์ที่รับเข้ามาในระบบให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ส่วนที่สอง ส่วนวิเคราะห์สัญญาณทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ Discrete Fourier Transform จะได้ค่าความถี่ และ แปลง MIDI Note ส่วนที่สาม ส่วนแสดงผล จะทำหน้าที่ในการแยกสัญญาณให้เป็น MIDI Note และระดับของ MIDI Note ผลจากการพัฒนาโปรแกรมพบว่าโปแกรมสามารถระบุ MIDI Note และระดับของสัญญาณ MIDI Note แบบ Real – Time ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

คำสำคัญ: Pure Data, Patch , fiddle , MIDI , Note

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] อาจารย์ ภาควิชาคอมคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาคอมคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 09-5749-2301 อีเมล : wts_rock@hotmail.com

_18-0086(284-291)32.indd 284 2/2/61 BE 11:09 AM

Signal Analysis with Guitar Standard Tuning and Display MIDI Note on Program Pure Data

Wiritthiphol Taechitkulsub[1*] Soradesh Krujohn[2] and Charun Sanrach[3]

Abstract

The purpose of this article was to represent how to convert standard tuning guitar signal into MIDI Note and MIDI Note Level. To develop the guitar sound, we use Pure Data program as a programing tool. The developed program divided into 3 parts: Part One, Input part, the function of this part is to receive analog signal input and convert to digital signal. Part Two, signal analysis part, receives digital signal from input part then converts into MIDI Note. And Part Three, Output Part, the function of this part is to identify and classify MIDI Note and MIDI Note Level and display all to console window of Pure data. The result shown that the developed program could Identify and classify Real – Time MIDI Note and MIDI Note Level correctly and quickly.

Keyword : Pure Data, Patch , fiddle , MIDI , Note

[1] Graduate Student, Department of Computer Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Lecturer, Department of Computer Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[3] Assistant Professor, Department of Computer Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

* Corresponding Author Tel. 09-5749-2301 e-mail: wts_rock@hotmail.com

_18-0086(284-291)32.indd 285 2/2/61 BE 11:09 AM

1. บทนำ

กีต้าร์เป็นเครื่องดนตรีสากลที่มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนาน และ ได้รับความนิยมในการเล่นอย่างแพร่หลายในหลายๆประเทศ ซึ่งในอดีตนั้นเครื่องดนตรีชนิดนี้ได้ถูกพัฒนาปรับปรุง และ แก้ไข จนมาเป็นรูปทรงอย่างในปัจจุบันนี้ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ Acoustic และ Electric [1-3] โดยหลักการทำงานของกีต้าร์ทั้ง 2 ประเภทนั้นเหมือนกันโดยอาศัยการสั่นพ้อง (Resonance) ของสายกีต้าร์เป็นตัวให้กำเนิดความถี่ (Frequency) และขยายเสียงโดยลำตัวของกีต้าร์แบบ Acoustic นั้นจะออกให้ภายในนั้นโปร่ง (Hollow Body) เพื่อขยายการสั่นพ้องของสายกีต้าร์ให้ดังออกมา ส่วนกีต้าร์แบบ Electric นั้นลำตัวจะเป็นไม้แบบตัน (Solid Body) โดยอาศัยอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Pickup) เพื่อขยายสัญญาณโดนต่อผ่านเครื่องขยายเสียง (Amplifier) โดยกีต้าร์ทั้ง 2 ประเภทนี้ได้ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในงานทางด้านดนตรี และการแพทย์ หรือแม้กระทั่ง การทดลองทางด้าน Digital Signal Processing (DSP) โดยการวิเคราะห์สัญญาณเสียงโดยใช้ กีต้าร์เป็นเครื่องมือ

การวิเคราะห์ สัญญาณเสียง โดยใช้หลักทฤษฎี Discrete Fourier Transform (DFT) ซึ่งภายในโปรแกรม Pure Data ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้าน DSP นั้นได้มี Object "[fiddle~]" [4-6] ในการวิเคราะห์สัญญาณ ระบุเสียงตัวโน้ตโดยใช้กีต้าร์ในการทดสอบ เพราะความถี่ของสัญญาณเสียงในแต่ละสาย และ แต่ละตำแหน่งนั้นมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันถึงแม้ว่าจะเป็นตัวโน้ตที่ความถี่ (Frequency) เดียวกันก็ตาม

สำหรับการฝึกเล่นกีต้าร์นั้นอุปสรรคอย่างหนึ่งของผู้ที่ฝึกนั้นคือทักษะความเข้าใจของแต่ละคนนั้นไม่เท่ากันถึงแม้ว่าจะฝึกตามแบบฝึกหัดเดียวกันก็ตาม ปัญหาตรงนี้เองจึงทำให้เกิดการเสียเวลาในการฝึก และ เสียค่าใช้จ่ายในการไปเรียนมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์สัญญาณเสียงโดยระบุความถี่ และ ชื่อของตัวโน้ต ที่จะนำมาช่วยในการฝึกการเล่นกีต้าร์ด้วยตนเอง เพื่อช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายดังกล่าวลง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงกีตาร์ไฟฟ้าแบบมาตรฐาน ให้เป็น MIDI Note และระดับของ MIDI Note

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียงกีตาร์ไฟฟ้าแบบมาตรฐาน ให้เป็นMIDI Note และ ระดับของ MIDI Note โดย โปรแกรม Pure Data นั้นจะประกอบด้วย Object ต่างๆ ที่นำมาประกอบกันจนเป็นระบบ ซึ่งใช้ทฤษฎี และอัลกอริทึ่มจากงานวิจัยทางด้านDSP ดังนี้

3.1 Discrete Fourier Transform

DFT [4-6] เป็นวิธีการแปลงลำดับของตัวเลขทั้งที่เป็นจำนวนจริงและจำนวนเชิงซ้อนจำนวน N จุด ไปอยู่ในรูปของลำดับของ ตัวเลขเชิงซ้อนจำนวน N จุดอีกชุดหนึ่ง โดยมีวิธีการแปลงตามสมการ

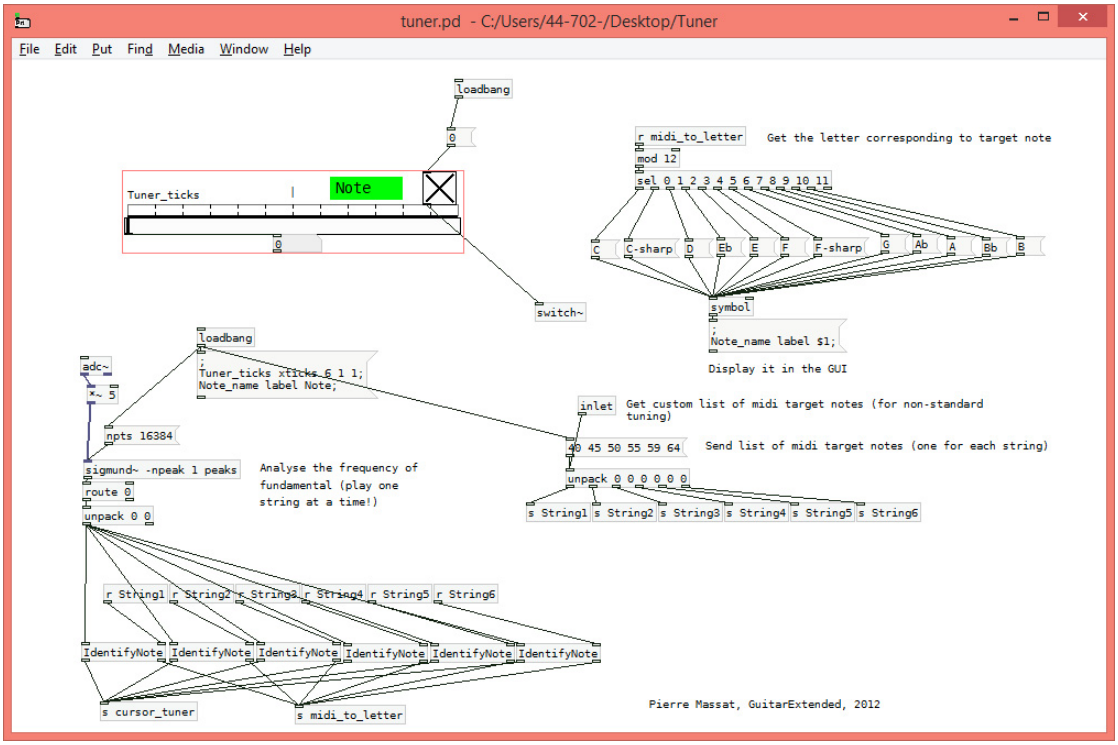
ให้ x(n), n = 0,1,2 . . . , N-1 เป็นลำดับของตัวเลขจำนวนจริง หรือ ลำดับของตัวเลขเชิงซ้อน และ X(m), m = 0,1,2, . . . , N-1 เป็น DFT ของ x(n)

$$\mathrm{X(m)} = \sum_{N=0}^{N-1} \mathrm{x(n)} e^{-\frac{j2\pi nm}{N}}, j = \sqrt{-1} \qquad (1)$$

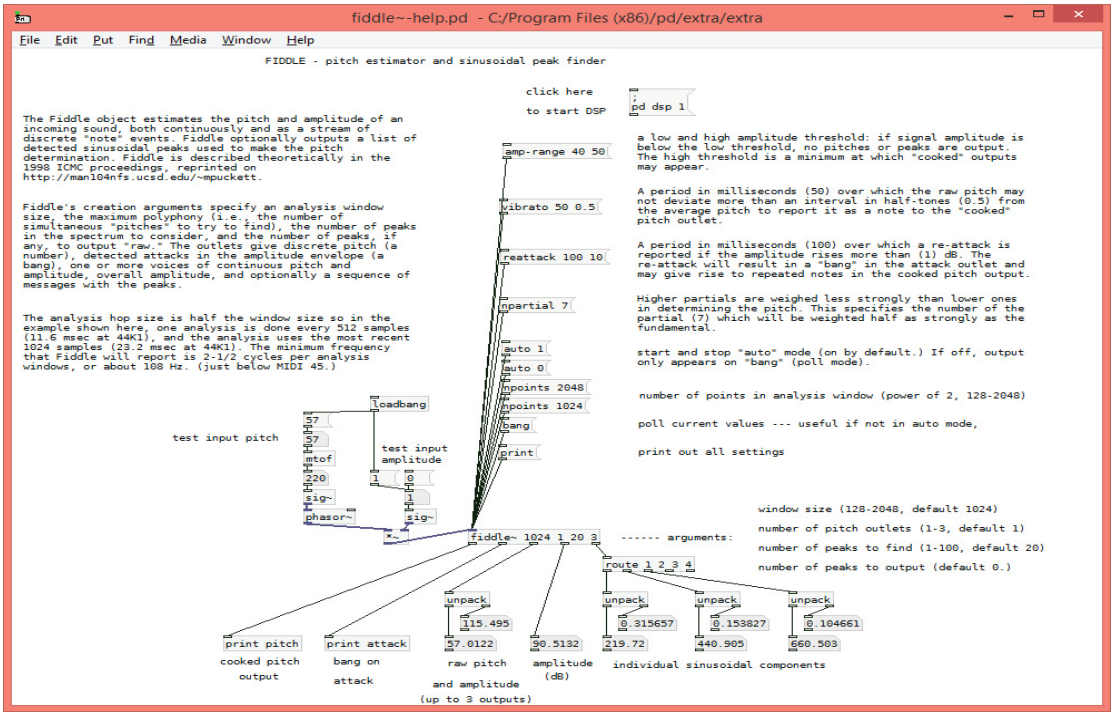
ซึ่ง *X*(*m*) เป็น DFT ขนาด N จุด (N-point DFT) ของ *x* เพราะจำนวนจุดที่ใช้ในการคำนวณ DFT นั้นมีผลกับการใช้งาน DFT ในการประมาณสเปคตรัมของสัญญาณ ในกรณีนี้เช่นแทน *X* ด้วย *XN* จะเห็นว่าค่าของ DFT หนึ่งจุดคือ*X*(*m*) นั้นได้จากการบวกกันของผลคูณของ *x*(*n*) กับเลขเชิงซ้อน $e^{-j2\pi nm/N}$ *โดยกำหนดให้ n* = 0,1,2, ..., *N* - 1 ซึ่งเป็นรากที่N ของหนึ่ง (N^{th} root of unit)

3.2 การทำงานของโปรแกรม Pure Data

โปรแกรม Pure Data [4] , [7] คือ โปรแกรมทางด้าน Digital Signal Processing ซึ่งมีวิธีการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของ Data Flow Programing Language โดย ฟังก์ชั่นอัลกอริทึ่มต่างๆ นั้นจะแสดงในรูปแบบของ Object ที่แสดงในส่วนของหน้าจอแสดงผล (Canvas) โดยแต่ละ Object จะเชื่อมโยงกันโดยผ่านเส้น (Cord) จาก Object หนึ่งๆ ไปยัง Object อื่นๆ ซึ่งการคำนวณสัญญาณออดิโอ (Audio Signal) ที่เข้ามาในระบบพื้นฐานจนกระทั่งถึงการคำนวณที่มีความซับซ้อนทางด้าน Digital Signal Processing มากขึ้นได้ โดยโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นจะถูกเรียกว่า "Patch" ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่าง Patch เครื่องตั้งสายกีต้าร์ (Guitar Tuner) ในโปรแกรม Pure Data



รูปที่ 2 ตัวอย่างการแสดงผลการคำนวณสัญญาณ ของ Object [Fiddle~]

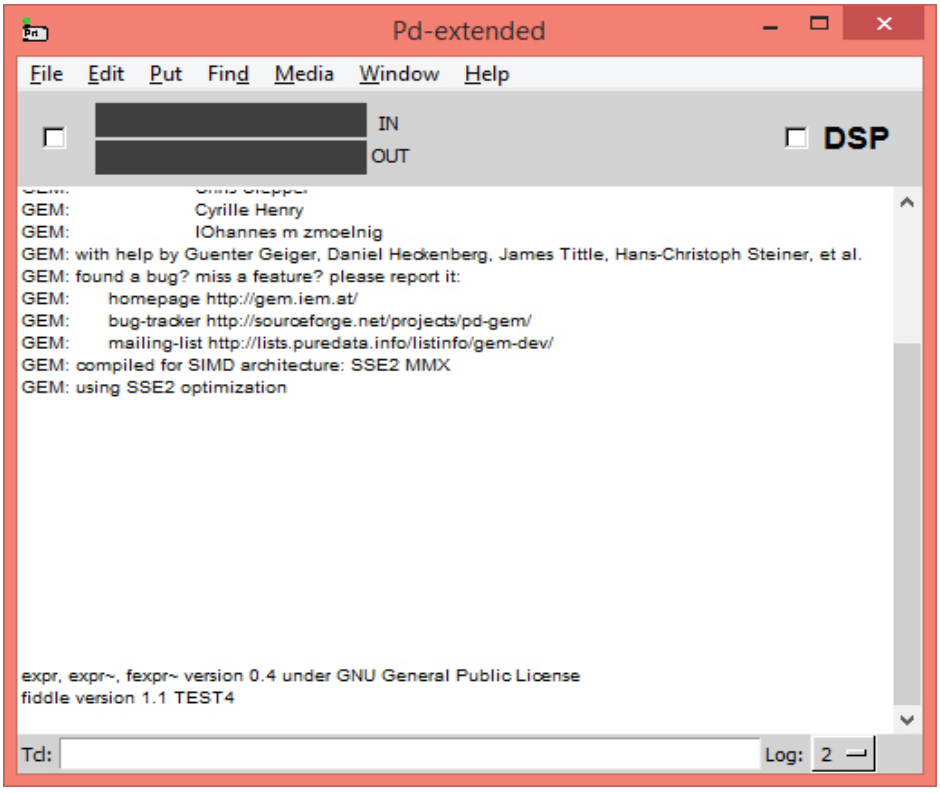
3.3 ทฤษฎีพื้นฐานของ Object "[fiddle~]"

ในโปรแกรม Pure Data นั้น Object "[fiddle~]" [4-8] สามารถประมาณค่า Pitch และ ค่า Amplitude ของสัญญาณเสียงต่อเนื่องที่ผ่านเข้ามาในระบบ โดยใช้การแปลงสัญญาณจากTime - Domain ให้อยู่ในรูปของ Frequency - Domain โดยใช้วิธีการแปลง แบบ Discrete Fourier Transform และ แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณออกมาทาง Output ของตัว Object [fiddle~] อีกทั้งยังสามารถกำหนด Argument ในตัว Object เองเพื่อปรับแต่งค่าการแสดงผลเพิ่มเติมได้ดังรูปที่ 2 ตามตัวอย่างพร้อมทั้งสามารถแสดงผลในหน้าต่าง Console ดังรูปที่ 3

3.4 ทฤษฎีการแปลงค่าความถี่เป็น MIDI โน้ต

Object "[ftom]" [4] , [7] , [9] สามารถแปลงค่าความถี่ (Frequency) เป็น MIDI โน้ตได้โดยสมการ โดยกำหนดให้ d คือ MIDI โน้ต และ f คือ ความถี่ (Frequency)

$$d = 69 + 12\log_2 \frac{f}{440} \qquad (2)$$

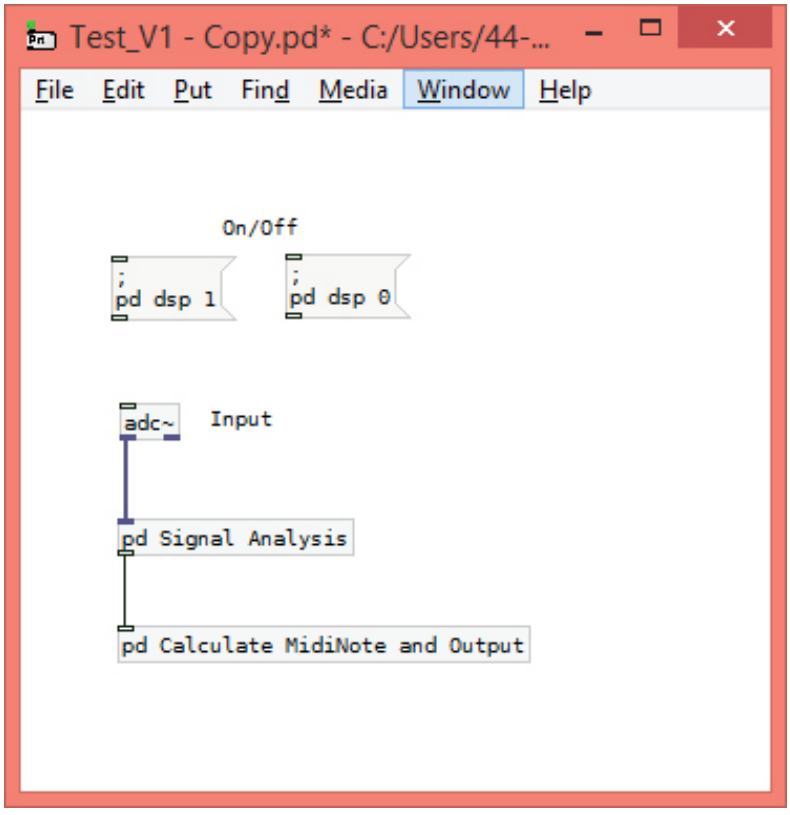


รูปที่ 3 หน้าต่าง Console ในโปรแกรม Pure Data

4. วิธีการวิจัย

จากการนำทฤษฎีและ Object ต่างๆดังกล่าวข้างต้นมาเขียน Patch ทำให้สรุปเป็นแผนภาพ แสดงแนวคิดในการเขียนโปรแกรมโดยมีขั้นตอน ดังรูปที่ 4 และ เมื่อนำมาเขียนด้วยโปรแกรม Pure Data ดังรูปที่ 5

รูปที่ 4 แนวคิดในการสร้างระบบ



รูปที่ 5 ระบบที่สร้างจากโปรแกรม Pure data

4.1 ขั้นตอนที่ 1 Input

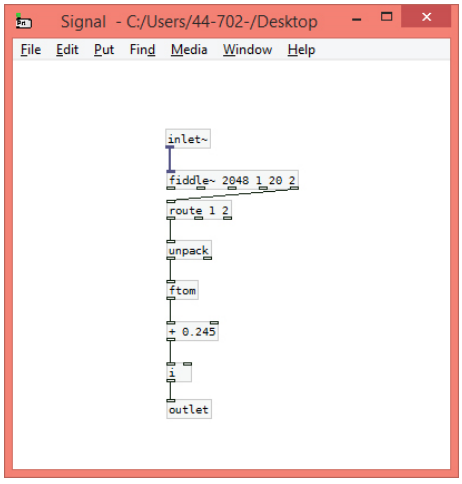
เป็นขั้นตอนการนำสัญญาณเข้าไปในระบบโดยผ่านการแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น Digital โดยใช้ Object “[adc~]” โดยการรับสัญญาณความถี่จากกีต้าร์ แบบ Analog ผ่านตัวแปลงสัญญาณเป็น Digital เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนที่ 2

4.2 ขั้นตอนที่ 2 Signal Analysis

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าความถี่โดยรับค่าสัญญาณ Digital จากขั้นตอนที่ 1 และ ส่งผ่านไปที่ Object “[fiddle~]” เพื่อประมวลผลสัญญาณความถี่ จากนั้นผ่านการแปลงความถี่เป็น MIDI Note ด้วย Object “[ftom]” ดังรูปที่ 6

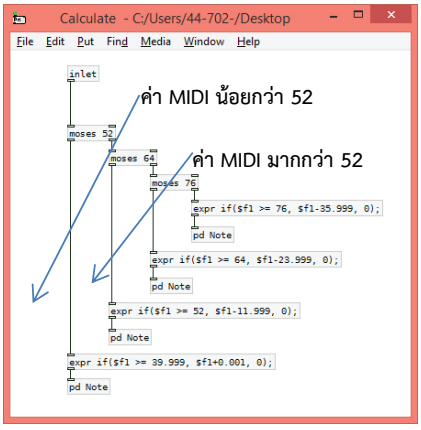
4.3 ขั้นตอนที่ 3 Output

เป็นขั้นตอนการคัดแยก MIDI Note โดยผ่าน Object “[moses]” โดยค่า 52 นั้นคือเงื่อนไขการส่งต่อค่าของสัญญาณ ตัวอย่างเช่น ถ้าค่าที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 น้อยกว่า 52 นั้นจะถูกส่งผ่านไปทาง output ทาง

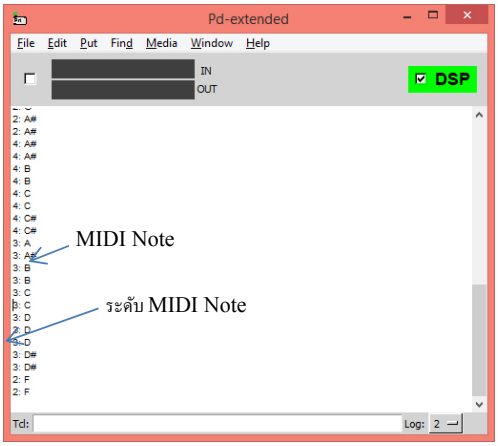


รูปที่ 6 Sub Patch ในส่วนSignal Analysis

ซ้ายของ Object “[moses 52]” แต่ถ้ามากกว่า 52 จะส่งจะส่งไปทางด้านขวา เพื่อเข้า Object “[expr]” เพื่อกำหนดเงื่อนไขการแสดงผลของระดับ และ MIDI Note ในหน้าต่าง Console ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 Sub Patch ในส่วนของ Output



รูปที่ 8 หน้าต่าง Console แสดงผล

5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าโปรแกรม Pure Data นั้นสามารถวิเคราะห์สัญญาณ และ แสดงผลทางหน้าต่าง Console ได้แบบ Real Time ค่อนข้างรวดเร็วและคำนวณแม่นยำของตัวโน้ตเกินกว่า 80 % ในแต่ละสาย ทดลองโดยการดีดโน้ตตั้งแต่สายเปิด Fret 0 – 12 บนสายกีต้าร์ทั้ง 6 สาย ตำแหน่งละ 10 ครั้งโดยคำนวณความแม่นยำเป็น % ของโน้ตที่ถูกต้องในแต่ละ Fret ของแต่ละตั้งแต่สายที่ 1 – 6 โดยแสดงผลรวมของความแม่นยำดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแม่นยำของตัวโน้ต

จำนวนการดีด 10 ครั้ง /fret	สาย 6	สาย 5	สาย 4	สาย 3	สาย 2	สาย 1
fret 0	8	9	9	10	10	10
fret 1	9	9	10	9	10	10
fret 2	10	9	10	9	9	10
fret 3	10	10	10	9	9	10
fret 4	10	10	10	9	9	10
fret 5	10	10	10	9	9	9
fret 6	10	10	10	9	9	8
fret 7	10	10	10	9	9	8
fret 8	10	10	10	9	8	8
fret 9	10	10	10	9	8	8
fret 10	10	10	10	8	8	8
fret 11	10	10	10	8	8	8
fret 12	10	10	10	8	8	8
รวม	97.60%	97.60%	99%	88.40%	87.96%	96.15%

6. อภิปรายผล

การวิเคราะห์สัญญาณเสียงโดยใช้กีตาร์ไฟฟ้าที่ตั้งเสียงแบบมาตรฐานโดยแสดงผลเป็น MIDI Note ผ่านโปรแกรม Pure Data ที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ ดังนี้

กีต้าร์ไฟฟ้า (Electric Guitar) เป็นเครื่องดนตรีที่ใช้การสั่นพ้องของสายกีต้าร์ในการให้กำเนิดเสียง [1], [2] ซึ่งเป็นสัญญาณในรูปแบบของ Analog โดยผ่านตัวกลาง

ในการรับสัญญาณคือ Pickup [3] ซึ่งการจะเปลี่ยนสัญญาณ Analog มาเป็น Digital เพื่อวิเคราะห์สัญญาณเสียงด้วยวิธีการ Digital Signal Processing แบบ Real time โดยผ่านโปรแกรม Pure Data [4] นั้นจะต้องผ่านการแปลงรูปแบบของสัญญาณ จาก Time Domain ให้อยู่ในรูปแบบของ Frequency Domain ด้วยการใช้ Discrete Fourier Transform ซึ่งเป็นอัลกอริทึ่มที่ได้พัฒนามาจาก Fourier Transform [5] โดย Object ที่ถูกนำมาใช้งานใน โปรแกรม Pure Data คือ Object “[fiddle~]” ซึ่งจะช่วยในการคำนวณหาค่าความถี่ [6] ในรูปแบบของ Frequency Domain โดยมีตัวอย่างงานวิจัยที่สอดคล้อง ดังนี้

1) A Timbre Analysis and Classification Toolkit for Pure Data [7] สอดคล้องในเรื่องการนำ Fourier Transform มาใช้ในการคำนวณหาค่าความถี่ของสัญญาณเสียง

2) STARI a self tuning Auto-Monochord Robotic Instrument [8] สอดคล้องในเรื่องการนำ Object [fiddle~] มาช่วยในการวิเคราะห์ความถี่ของเส้นลวดที่ถูกดีด เพื่อนำไปสั่งงาน Stepping Motor เพื่อเพิ่ม – ลดความตึงของเส้นลวด ให้เท่ากับค่า Parameter ที่ใส่ใน Program

3) Frequency to Midi Converter for Musical Instrument Microphone System [9] สอดคล้องในเรื่องการการนำสัญญาณเสียงที่ได้มาแปลงเป็น MIDI Note โดยรับสัญญาณความถี่ทาง Microphone และ แปลงสัญญาณเสียงที่เข้ามาในระบบโดยใช้การแปลงสัญญาณใน Time Domain ให้อยู่ในรูปของ Frequency Domain โดยใช้ Fourier Transform และนำค่าสัญญาณที่ได้ไปคำนวณดัง สมการที่ 2 เพื่อแปลงเป็น MIDI Note

7. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากผลการทดลองผู้วิจัย และ ความสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [1-8] นั้นสามารถนำไปต่อยอดในการสร้าง “ระบบรู้จำตำแหน่งโน้ตบนคอกีต้าร์โดยการวิเคราะห์ความถี่” เพื่อที่จะเพิ่มการรู้จำสายกีต้าร์ และตำแหน่งของ Fret ได้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Thomas D. Rossing. (2010). “Plucked String.” The Science of String Instrument. 4 Edited by Rossing, Thomas (Ed.) : Springer.

[2] Thomas D. Rossing. and Graham Calder Smith (2010). “Guitar & Lutes.” The Science of String Instrument. 38. Edited by Rossing, Thomas (Ed.) : Springer.

[3] Colin Gough. (2010). “Electric Guitar & Violin.” The Science of String Instrument. 393. Edited by Rossing, Thomas (Ed.) : Springer.

[4] Puckette, M. ; Apel, T. (1998) “Real-time audio analysis tools for Pure Data and MSP” In Computer Music Conference. Sanfrancisco : The International Computer Music Association, (109-112).

[5] William T. Coran. (1967). “What is Fourier Transform.” IEEE. Vol. 55 : 1664.

[6] Nathan Whetsel. (n.d). [online]. How fiddle~ Works. [cited july 12, 2014]. Available from : http://www.music.mcgill.ca/~ich/classes/mumt621_11/final%20projects/ final/Report.pdf

[7] William Brent. [online]. A TIMBRE ANALYSIS AND CLASSIFICATION TOOLKIT FOR PURE DATA. [cited july 12, 2014]. Available from : http://williambrent.conflations.com/papers/timbreID.pdf

[8] Trail ,S. (2013). STARI a self tuning Auto-Monochord Robotic Instrument. Paper Presented at the Meeting of The Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM), IEEE, August.

[9] Runfeng Yang. (2012). Frequency to Midi Converter for Musical Instrument Microphone System, Paper Presented at the Meeting of Consumer Electronics, Communications and Networks(CECNet), April.