สารบัญ

หน้า

สารบัญ.....(6)
รายการตาราง.....(8)
รายการภาพประกอบ.....(10)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ.....(12)
บทที่
1. บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์.....1
1.2 การตรวจเอกสาร (Literature Review).....2
1.3 วัตถุประสงค์.....5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....6
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย.....6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7
1.7 ภาพรวมของระบบ.....7
2. ทฤษฎีและหลักการ
2.1 ทฤษฎีดนตรีเบื้องต้น.....8
2.2 ระนาดเอก.....14
2.3 การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing).....15
2.4 โครงข่ายประสาทเทียม.....23
2.5 โครงสร้างของไฟล์มีดี (MIDI Structure).....26
2.6 สรุป.....30
3. การออกแบบระบบ
3.1 ภาพรวมของการออกแบบระบบ.....31
3.2 การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing).....32
3.3 การกรองผ่านแถบความถี่ (Band Pass Filtering).....33
3.4 การชดเชยค่าความเด่นชัดของตัวโน้ต (Note Compensation).....35
3.5 การตัดสินใจระบุตัวโน้ต (Note Selection).....38
3.6 การทำโพสโปรเซสซิ่ง (Post-Processing).....42
3.7 การแบ่งช่วงโน้ตเสียงแบบต่อเนื่อง (Boundary Detection).....44
3.8 สรุป.....44

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4. ผลและการอภิปรายผลการทดลอง
4.1 การจัดทำฐานข้อมูลเสียง 46
4.2 การทดลองสำหรับกรณีการใช้ค่าพลังงานอิงในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต 47
4.3 การทดลองสำหรับกรณีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต 48
4.4 การทดลองสำหรับกรณีการแบ่งช่วงโน้ตเสียงแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการใช้ค่าอัตราเปลี่ยนแปลงพลังงาน 53
4.5 สรุป 61
5. การพัฒนาโปรแกรมตัวอย่างสำหรับการรู้จำตัวโน้ต
5.1 การออกแบบโปรแกรมสำหรับการรู้จำตัวโน้ต 62
5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม 64
5.3 การพัฒนาโปรแกรมตัวอย่างและการทดสอบ 64
5.4 สรุป 68
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ
6.1 บทสรุป 69
6.2 ข้อเสนอแนะ 70
เอกสารอ้างอิง 71
ประวัติผู้เขียน 74

รายการตาราง

ตาราง หน้า

3-1การกำหนดค่าของตัวกรองผ่านแถบความถี่ 34

3-2 ค่าความเด่นชัดเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ชดเชยของแต่ละตัวโน้ต 36

3-3 ค่าเฉลี่ยอินพุตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโน้ตเสียงในแต่ละเฟรมที่สอน..... 41
ระบบโครงข่ายประสาทเทียม

3-4 ช่วงระยะเวลาของตัวโน้ตเมื่อกำหนดค่า Tempo เท่ากับ 120 บีตต่อนาที 42

4-1 อัตราเฉลี่ยความถูกต้องของการรู้จำตัวโน้ตเมื่อใช้ค่าพลังงานอ้างอิง 47
ในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต

4-2 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้ใน 49
การสอนระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ tansig

4-3 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้ใน 49
การสอนระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ logsig

4-4 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้..... 50
เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ tansig

4-5 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้..... 50
เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ logsig

4-6 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ใน 51
การสอนระบบและฐานข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอด
ข้อมูลแบบ tansig

4-7 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ใน 51
การสอนระบบและฐานข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอด
ข้อมูลแบบ logsig

4-8 อัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตสูงสุดในแต่ละกรณีเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียง 52
ที่ใช้ในการสอนระบบและข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำ

4-9 ผลลัพธ์ของการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่มีช่องว่างระหว่างโน้ตแต่ละตัว 54

4-10 ผลลัพธ์ของการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่เคาะต่อเนื่อง 55

4-11 ค่าคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่ช่องว่างระหว่างโน้ตแต่ละตัว..... 56

4-12 ค่าคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่เคาะต่อเนื่อง 56

รายการตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

4-13 ค่าความถูกต้องของการระบุตัวโน้ตที่ได้การแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่มีช่องว่าง..... 57
ระหว่างโน้ตแต่ละตัว

4-14 ค่าความถูกต้องของการระบุตัวโน้ตที่ได้การแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่เคาะต่อเนื่อง..... 57

4-15 ค่าคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปด 58

4-16 ค่าความถูกต้องของการระบุตัวโน้ตคู่แปด..... 58

4-17 รายละเอียดเฟรมย่อย 10 อันดับแรกที่ได้จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตลำดับที่ 8 และ 60
โน้ตลำดับที่ 15

5-1 ผลลัพธ์การทดสอบโปรแกรมในการรู้จำตัวโน้ต 67

รายการภาพประกอบ

รูป หน้า

1.1 ขั้นตอนการทำงานการรู้จำเสียงเปียโน 3
1.2 การทำงานของระบบแบล็คบอร์ด (Blackboard System) 4
1.3 ภาพรวมของระบบ 7
2.1 การแบ่งช่วงเสียงของดนตรีสากลและดนตรีไทย 11
2.2 ตัวอย่างโน้ตเพลงดนตรีไทย 14
2.3 ระนาดเอก 14
2.4 สัญญาณเชิงเวลาต่อเนื่อง 17
2.5 สัญญาณเชิงเวลาเต็มหน่วย 17
2.6 การควอนไตซ์ 18
2.7 ผลตอบสนองของตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ 20
2.8 ผลการสูญเสียของตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ 20
2.9 ผลตอบสนองของตัวกรองผ่านความถี่สูง 21
2.10 ผลการสูญเสียของตัวกรองผ่านความถี่สูง 21
2.11 ผลตอบสนองของตัวกรองผ่านแถบความถี่ 22
2.12 ผลการสูญเสียของตัวกรองผ่านแถบความถี่ 22
2.13 ผลตอบสนองของตัวกรองหยุดแถบความถี่ 23
2.14 ผลการสูญเสียของตัวกรองหยุดแถบความถี่ 23
2.15 โครงสร้างของเซลล์ประสาท 24
2.16 โครงสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทในระบบคอมพิวเตอร์ 24
2.17 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น 26
2.18 โครงสร้างของไฟล์มีดี (MIDI Structure) 27
2.19 โครงสร้างของ Header Chunk 27
2.20 การะบุความหมายของ Delta-times 28
2.21 โครงสร้างของ Track chunk 28
2.22 รูปแบบของ Mtrk event 29
3.1 ขั้นตอนวิธีการระบุตัวโน้ต 32
3.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ Output Energy ที่ได้จากการป้อนสัญญาณเสียงของ 35
โน้ตตัวที่ 7เข้าไปยังตัวกรองผ่านแถบความถี่ทั้ง 21 ตัว
3.3 ค่าความเด่นชัดเฉลี่ยของตัวโน้ตแต่ละตัว 37
3.4 ค่าสัมประสิทธิ์ชดเชยของตัวโน้ตแต่ละตัว 38

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

รูป หน้า

3.5 แผนผังกระบวนการตัดสินใจเลือกโน้ตด้วยการใช้ค่าพลังงานอ้างอิง 39
3.6 แผนผังกระบวนการทำโพสโปรเซสซิ่ง (Post-processing) 43
4.1 ลักษณะการจัดตั้งอุปกรณ์ในการบันทึกเสียงระนาด 46
4.2 แผนภูมิแสดงอัตราเฉลี่ยความถูกต้องของการรู้จำตัวโน้ตเมื่อใช้ค่าพลังงานอ้างอิง 48
ในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต
4.3 แผนภูมิแสดงอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตสูงสุดเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียง..... 52
ที่ใช้ในการสอนระบบและข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ Activate Function แบบ tansig
4.4 แผนภูมิแสดงอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตสูงสุดเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียง..... 52
ที่ใช้ในการสอนระบบและข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ Activate Function แบบ logsig
4.5 ตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15 58
4.6 โน้ตส่วนที่หนึ่งที่ได้จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15 ... 59
4.7 โน้ตส่วนที่สองที่จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15 59
4.8 ภาพขยายรายละเอียดโน้ตส่วนที่สองที่จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ต 60
ในลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15
5.1 สถาปัตยกรรมของการออกแบบโปรแกรมสำหรับการรู้จำตัวโน้ตจากเสียงระนาดเอก..... 62
5.2 หน้าจอหลักของโปรแกรมตัวอย่างที่ใช้ในการรู้จำตัวโน้ต 64
5.3 หน้าจอโปรแกรมที่ใช้ในการหาค่าอ้างอิงในการแบ่งช่วงตัวโน้ต 65
5.4 ผลลัพธ์จากการค่าหาค่าอ้างในการแบ่งช่วงตัวโน้ต..... 65
5.5 หน้าจอสำหรับการสร้างและแก้ไขชุดตัวกรองผ่านแถบความถี่ 66
5.6 หน้าจอโปรแกรมเมื่อกำหนดค่าชุดตัวกรอง 66
5.7 โน้ตเพลงค้างคาวคาบกล้วยที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม 67

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

MIDI	Music Instrument Digital Interface
FFT	Fast Fourier Transform
DFT	Discrete Fourier Transform
STFT	Short-Time Fourier Transform
AR	Autoregressive Model
MD	Modal Distribution
MLP	Multilayer perceptron
TDNNs	Time-Delay Network
RBF	Radial Basis Function
SVMs	Support Vector Network
DSP	Digital Signal Processing
A/D	Analog to Digital Converter
D/A	Digital to Analog Converter
LPF	Lowpass Filter
HPF	Highpass Filter
BPF	Bandpass Filter
BSF	Bandstop Filter
ANN	Artificial Neural Network
SD	Standard Deviation