สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแยกแยะและรู้จำข้อมูลเสียง

Speech Recognition

โดย

นางสาว พิมพ์ใจ นิลเนตร รหัสประจำตัว 39014370

นางสาว ศันสนีย์ ซื่อตรง รหัสประจำตัว 39014514

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว

ปริญญานิพนธ์สำหรับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36940
วัน, เดือน, ปี 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การแยกแยะและรู้จำข้อมูลเสียง

ผู้จัดทำ

นางสาว พิมพ์ใจ นิลเนตร รหัส 39014370

นางสาว ศันสนีย์ ซื่อตรง รหัส 39014514

(ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์	การแยกแยะและรู้จำข้อมูลเสียง (Speech Recognition)		
จัดทำโดย	นางสาว พิมพ์ใจ นิลเนตร	เลขประจำตัว	39014370
	นางสาว ศันสนีย์ ซื่อตรง	เลขประจำตัว	39014514
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว		

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ .....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว)

วันที่ 3 / 4 / 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

- การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของ ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษา คอยให้กำลังใจ คำแนะนำและชี้แนะแนวทางวิธีการซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการดำเนินการวิจัย ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
- ขอขอบพระคุณบิดา-มารดาเป็นอย่างสูงที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านทุนทรัพย์
- ขอขอบคุณพี่จิ่ง เป็นอย่างมากที่คอยให้คำแนะนำตลอดเวลา
- ขอขอบคุณพี่ ๆ ปริญญาโททุก ๆ คนที่ห้อง Reccit เป็นอย่างมากที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี
- ขอบใจ โอ้ มากที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา
- ขอขอบคุณพี่นนท์มากค่ะที่ทำให้รู้ว่าความอดทนคืออะไร
- ขอบคุณพี่จิ๋มมากค่ะที่คอยเป็นกำลังใจมาตลอด

พิมพ์ใจ นิลเนตร

.....

(นางสาว พิมพ์ใจ นิลเนตร)

ศันสนีย์ ซื่อตรง

.....

(นางสาว ศันสนีย์ ซื่อตรง)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกแยะและรู้จำข้อมูลเสียง

นางสาว พิมพ์ใจ นิลเนตร
นางสาว ศันสนีย์ ซื่อตรง
ดร. ยุทธนา คิดใจเดียว
อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการแยกแยะและรู้จำข้อมูลเสียง ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดดิจิตอลนิวรอล เพื่อให้รู้จำเสียงของบุคคลคนเดียว โดยเสียงพูดจะถูกบันทึกผ่านเข้ามาทางไมโครโฟนโดยสัญญาณที่ได้ คือ แอมปลิจูดในแกนเวลาและสเปคตรัมความถี่ในแกนของ frequency วิธีการที่นำเสนอนี้เป็นวิธีการใหม่ในการรู้จำเสียง โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบดิจิตอล(Digital Neural Network) ซึ่งมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนใช้เวลาในการเรียนรู้น้อย ใช้วิธีการ Optimization ในการเลือกพิกเซล(Pixel) ที่มีข้อมูลบรรจุอยู่สูงในการนำไปสร้าง GRAM ซึ่งเป็นส่วนของหน่วยความจำที่เก็บค่าที่ได้เรียนรู้ไว้ และใช้ Hamming Distance ไปประยุกต์ใช้ในการเรียกคืน(Recall) ผลลัพธ์ในการทดลองนอกจากจะแสดงให้เห็นว่าสามารถเรียกคืนได้แล้ว ยังสามารถทนทานต่อความผิดพลาดบางส่วนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPEECH RECOGNITION

Miss Phimchai Ninnate

Miss Sansanee suetrong

Dr. Yuttana Kitjaidure

(Advisor)

Education year 1999

Abstract

This thesis present the speech recognize based on Digital Neural Network . Proposed to recognize speaker dependent. The signal will be record from microphone in time domain (Amplitude) and frequency domain (Spectrum).

This method is the new algorithm for speech recognition using Digital Neural Network which isn't complexity and take small learning time. Use the optimization to select pixel that obtained large data for building GRAM. GRAM is the unit of memory that keep the learning value and use Hamming distance to apply for Recall. The experimentally show the recall process and stable for error.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขต	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีการสร้างเสียงพูด	5
2.1 เสียงพูด	5
2.1.1 อวัยวะที่ใช้ในการออกเสียง(Organs of speech)	5
2.1.2 การเกิดของเสียง(Speech Production)	8
บทที่ 3 การวิเคราะห์เสียงพูด	9
3.1 การวิเคราะห์เสียงพูด(Speech Ananlysis)	9
3.2 การใช้วินโดว์(Windowing)	11
3.3 การวิเคราะห์ในโดเมนเวลา	13
3.3.1 การหาอัตราตัดผ่านศูนย์เฉลี่ยช่วงสั้น ๆ	14
3.3.2 การปรับขนาดข้อมูล	16
3.4 ค่าพารามิเตอร์ในโดเมนความถี่	17
3.4.1 การวิเคราะห์ฟูเรียร์ช่วงสั้น(Short-time Fourier Transform)	17
บทที่ 4 โครงข่ายประสาทเทียม	19
4.1 คุณสมบัติและความสามารถที่เป็นประโยชน์ของโครงข่ายประสาทเทียม	19
4.2 โครงข่ายประสาทชีวภาพ	20
4.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบดิจิตอล	21
4.4 ขั้นตอนการทำการทดลอง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลอง สรุปและวิจารณ์	27
5.1 ผลการทดลองในส่วนปรีโปรเซสซิ่ง	27
5.2 ผลการทดลองในส่วนของการรู้จำ	33
5.3 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	35
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1

รูปที่ 1.1 แสดงถึงรูปคลื่นเสียงของเสียง “เอ” ที่พูดจากบุคคลเดียวกัน 3 ครั้ง 2

บทที่ 2 ทฤษฎีการสร้างเสียงพูด 5

รูปที่ 2.1 แสดงอวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงพูด 6

บทที่ 3 การวิเคราะห์เสียงพูด 9

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของสัญญาณเสียงพูด 9

รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งสัญญาณเสียงพูดออกมาเป็นเฟรม 11

รูปที่ 3.3 วินโดว์รูปสี่เหลี่ยมที่มีความยาววินโดว์ N = 8 12

รูปที่ 3.4 แฮมมิ่งวินโดว์ที่มีความยาววินโดว์ N = 8 12

รูปที่ 3.5 การใช้แฮมมิ่งวินโดว์กับสัญญาณเสียงพูด 13

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการสุ่มสัญญาณเสียง(ด้วยอัตราการสุ่ม 8 กิโลเฮิร์ต) 14

รูปที่ 3.7 บล๊อกไดอะแกรมแสดงการหาค่า Zero Crossing 15

รูปที่ 3.8 แสดง Normalize time flow chart 17

บทที่ 4 โครงข่ายประสาทเทียม 19

รูปที่ 4.1 โครงสร้างตัวอย่างของเซลล์ประสาทชีวภาพ 20

รูปที่ 4.2 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการทดลอง 21

รูปที่ 4.3 กระบวนการเรียนรู้(Training) 22

รูปที่ 4.4 แสดงขบวนการ Optimization 22

รูปที่ 4.5 แสดงขบวนการสร้าง GRAM 23

รูปที่ 4.6 แสดงขบวนการเรียกคืน(Recall) 23

รูปที่ 4.7 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ใน Form ของโปรแกรมในส่วนของปรีโปรเซสซิ่ง 24

รูปที่ 4.8 แสดง Flow chart ของขบวนการเทรนนิ่ง 25

รูปที่ 4.9 แสดง Flow chart ของขบวนการเรียกคืน 26

บทที่ 5 ผลการทดลอง สรุปและวิจารณ์ 27

รูปที่ 5.1 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ใน Form ของโปรแกรมในส่วนของปรีโปรเซสซิ่ง 27

รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “ศูนย์” 28

รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “หนึ่ง” 28

รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “สอง” 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “สาม” 29
รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “สี่” 30
รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “ห้า” 30
รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “หก” 31
รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “เจ็ด” 31
รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “แปด” 32
รูปที่ 5.11 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “เก้า” 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยให้การประมวลผลเป็นไปอย่างรวดเร็วและถูกต้อง โดยปกติการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับมนุษย์จะทำโดย เครื่องจะรับคำสั่งหรือข้อมูลทางแป้นพิมพ์ และจะแสดงผลทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ การติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางแป้นพิมพ์ต้องอาศัยความชำนาญ และการฝึกฝนเป็นเวลานานจึงจะสามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากมนุษย์มีความต้องการที่จะเพิ่มความสามารถในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Man-machine Communication) และโดยปกติมนุษย์มักจะสื่อสารกันด้วยเสียงพูด ทั้งนี้เพราะเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้แป้นพิมพ์ ทำให้การติดต่อกับเครื่องโดยใช้เสียงพูดเป็นที่ต้องการประการหนึ่งของคนเรา

ปัญหาพื้นฐาน 2 ประการ สำหรับการรับรู้เสียงพูดด้วยคอมพิวเตอร์ คือ

ประการแรก ในแต่ละคำพูดของคนเราที่เปล่งออกมาจะมีลักษณะเฉพาะ แม้ว่าเราจะพยายามเปล่งคำพูดให้มีเสียงใกล้เคียงกันเท่าใดก็ตาม จากรูปที่ 1.1 จะแสดงให้เห็นถึงรูปคลื่นของเสียง "เอ" ที่พูดจากบุคคลเดียวกันหลายครั้ง เราจะพบถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน

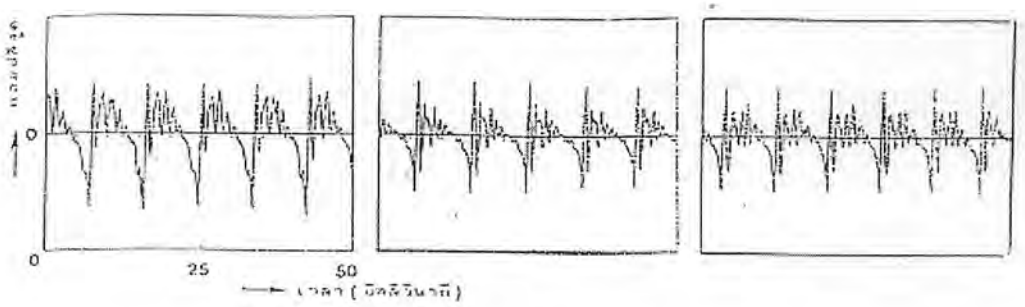
ประการที่สอง เนื่องจากเสียงของคนเราที่ใช้ในการสื่อความหมายต่าง ๆ นั้น จะอยู่ในช่วงความถี่ 300 เฮริตซ์ – 3 กิโลเฮริตซ์ และจากทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง(Sampling Theorem) พบว่า ในการที่จะรักษาความหมายของเสียงที่พูดออกมา 1 วินาทีให้สมบูรณ์นั้น จะต้องใช้อัตราการสุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 2 เท่าของความถี่เสียง (Carlson A.B., 1975) ซึ่งจะเท่ากับ 8,000 – 10,000 ค่าเป็นอย่างน้อย ในการรับรู้เสียงพูดของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นต้องใช้เสียงพูดเป็นหลายวินาทีและผู้พูดหลายคน ดังนั้นจึงมีข้อมูลจำนวนมากที่จะต้องถูกเก็บและนำไปใช้ ซึ่งจะมีผลต่อสื่อที่ใช้ในการบันทึก และเวลาที่ใช้ในการรับรู้ เทคนิคของการวิเคราะห์ให้ได้พารามิเตอร์ของสัญญาณ เพื่อลดจำนวนข้อมูลลงจึงเป็นทางออกประการหนึ่งในการแก้ปัญหานี้

เราสามารถแบ่งวิธีการรับรู้เสียงพูดออกได้เป็น 2 วิธี คือ

ก. แบบพิจารณาทั้งภาษาที่เปล่งออกมาทั้งชุด (Isolated Words Recognition)

หน่วยภาษาที่พิจารณาในวิธีนี้อาจจะเป็นพยางค์เดี่ยว คำ กลุ่มคำ วลี หรือประโยคก็ได้ วิธีนี้มีผลดี คือ จะหลีกเลี่ยงผลกระทบอันเกิดจากฐานของเสียงภายในคำ หรือกลุ่มคำนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1.1 แสดงถึงรูปคลื่นเสียงของเสียง "เอ" ที่พูดจากบุคคลเดียวกัน 3 ครั้ง (Bunge E., 1977)

ข. การรับรู้โดยแยกแยะรายละเอียดของหน่วยเสียง (Phonetic recognition)

ในวิธีนี้จะพิจารณาลักษณะของหน่วยเสียงที่มีขนาดเล็กลงไป เช่น ระดับสระ พยัญชนะ หรือวรรณยุกต์ เป็นต้น โดยจะใช้หน่วยเสียงย่อยเหล่านี้เป็นหลักในการเปรียบเทียบ วิธีนี้จะมีความสะดวกสำหรับระบบที่จะรับรู้จำนวนคำมาก ๆ การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการเลือกหน่วยเสียง แสดงได้ตามตารางที่ 1.1

ข้อดี	ข้อเสีย
คำ - ไม่มีผลกระทบอันเกิดจากฐานเสียงภายใน - ใช้ได้กับทุกภาษา และง่าย	**คำ** - จำนวนคำจำกัด - ยากต่อการปรับแต่ละคน
พยางค์ - ง่ายต่อการแยก - ไม่มีผลกระทบอันเกิดจากฐานของเสียงภายใน	**พยางค์** - จำนวนหน่วยเสียงหลักที่จะเปรียบเทียบเพิ่มขึ้น - ยากต่อการหาขอบเขตของพยางค์
หน่วยเสียง (Phoneme) - จำนวนคำเปรียบเทียบในหน่วยความจำน้อย	**หน่วยเสียง (Phoneme)** - ปัญหาการแยกขึ้นกับความหมาย - จำนวนกฎเพื่อหาและแยกมีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำง่ายต่อการสร้างด้วยโฟนีม	
หน่วยเสียงย่อย (Allophone) - ง่ายต่อการหาและตรวจพบ	**หน่วยเสียงย่อย (Allophone)** - จำนวนหน่วยเสียงหลักที่จะเปรียบเทียบสูง

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการเลือกหน่วยภาษา

จากวิธีการทั้งสองนี้ เราสามารถจำแนกวิธีการรับรู้เสียงพูดออกได้ตามลักษณะของคำพูดที่รับรู้ คือ

ก. การรับรู้คำเดี่ยว (Isolated Words)

ข. การรับรู้คำพูดต่อเนื่อง (Continuous Words)

และยังจำแนกได้ตามผู้พูด คือ

ก. การรับรู้เสียงพูดเพียงคนเดียว (Speaker Dependent)

ข. การรับรู้เสียงพูดแบบต่างบุคคล (Speaker Independent)

ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ ดังตารางที่ 1.2

	ผู้พูดคนเดียว	แบบต่างบุคคล
วิธีการพิจารณาทั้งชุด	คำเดี่ยว	คำต่อเนื่อง
วิธีแยกแยะ	คำเดี่ยว	คำต่อเนื่อง

ตารางที่ 1.2 แสดงถึงวิธีการจำแนกวิธีการรับรู้เสียงพูดต่าง ๆ

ในการวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่การรับรู้เสียงพูดแบบบุคคลเดี่ยว ซึ่งจะมีปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ เช่น ผู้พูดจะมีลักษณะเสียงเฉพาะของตนเอง ความเร็วในการออกเสียง การเน้นเสียง รวมทั้งสำเนียงที่พูดในแต่ละครั้งแตกต่างกันอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบให้สามารถรับรู้เสียงพูดแบบบุคคลเดี่ยว
2. เพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มอัตราความถูกต้องในการรับรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขต

ทำการศึกษาและทดลองเพื่อหากรรมวิธีที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการรับรู้เสียงพูดของกลุ่มคำโดยแบบบุคคลเดี่ยว

ขอบเขตการทำงาน คือ รับเสียงพูดตั้งแต่เลข 0 – 9 เข้ามา แล้วตัดหัวไฟล์เพื่อเตรียมเข้าสู่การทำ Normalize และสร้างการเลียนแบบการทำงานของใยประสาทมนุษย์ในเบื้องต้น โดยใช้โครงสร้างประสาทแบบ General Neural Unit

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ศึกษาระบบการรับรู้เสียงพูดในลักษณะต่าง ๆ
2. คัดเลือกกรรมวิธีที่เหมาะสมในการรับรู้เสียงพูดของกลุ่มคำเดี่ยวแบบบุคคลเดี่ยว โดยคำนึงถึงเวลาในการตอบสนอง และความถูกต้องในการรับรู้
3. คัดเลือกคำที่จะใช้ทดสอบในการรับรู้ โดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม
4. ทำการทดสอบ และปรับปรุงคุณภาพในการรับรู้ รวบรวมข้อมูล และประเมินผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการรับรู้เสียงพูดในลักษณะอื่น ๆ ต่อไป เช่น การรับรู้เสียงพูดแบบคำต่อเนื่อง เป็นต้น
2. สามารถนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้เสียงพูด เช่น การนำไปเชื่อมต่อกับเวิร์ดโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการสร้างเสียงพูด

ในการวิเคราะห์เสียงพูด สิ่งที่จำเป็น คือ การศึกษาวิเคราะห์เสียงพูดจริง เพื่อหาคุณสมบัติหรือตัวแทน(Signal Representation) ของเสียง ตามหลักการต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียด ดังจะกล่าวต่อไป

2.1 เสียงพูด

คนเราเปล่งเสียงพูดด้วยอวัยวะที่ใช้ในการออกเสียง (Organs of Speech) ทำเสียงตามที่มีอยู่ในระบบภาษาของตน แม้ว่าคนที่อยู่ในสังคมเดียวกันจะใช้ภาษาเดียวกัน แต่ถ้าพิจารณาเสียงที่เปล่งออกมาจริง ๆ ในแต่ละครั้งแล้ว ก็อาจจะสังเกตลักษณะที่แตกต่างกันได้ เราจึงสามารถจำเสียง จำวิธีพูดของคนที่เราคุ้นเคยได้ โดยเสียงพูดนี้มีลักษณะที่จะอธิบายได้ด้วยหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสากลแม้ว่าภาษาหนึ่ง ๆ จะมีเสียงแตกต่างกันไปมากบ้างน้อยบ้าง แต่ละเสียงก็สามารถจะนำมาพิจารณา และอธิบายให้รู้ลักษณะการออกเสียง และตำแหน่งที่เกิดของเสียงได้ คำอธิบายนี้จะทำให้เข้าใจลักษณะเสียงทุกเสียง ซึ่งวิชาที่ว่าด้วยเสียงพูดเราเรียกว่า " วิชาสัทศาสตร์ (Phonetics) "

ในการศึกษาเรื่องเสียงพูดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

ก. สรีรสัทศาสตร์(Articulatory Phonetics) เป็นการศึกษาเสียงพูดจากอวัยวะ และการเคลื่อนไหวของอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียงพูด การอธิบายก็จะอธิบายโดยอาศัยลักษณะและอาการเคลื่อนไหวของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในการเปล่งเสียงพูดนั้น

ข. กลสัทศาสตร์(Acoustic Phonetics) เป็นการศึกษาเสียงพูดจากลักษณะคลื่นเสียงที่ผู้พูดเปล่งออกมาแล้ว และผู้ฟังได้ยิน ว่ามีลักษณะทางกลศาสตร์เป็นอย่างใด การศึกษาตามแนวนี้ต้องอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์เข้าช่วยอธิบายลักษณะของคลื่นเสียง

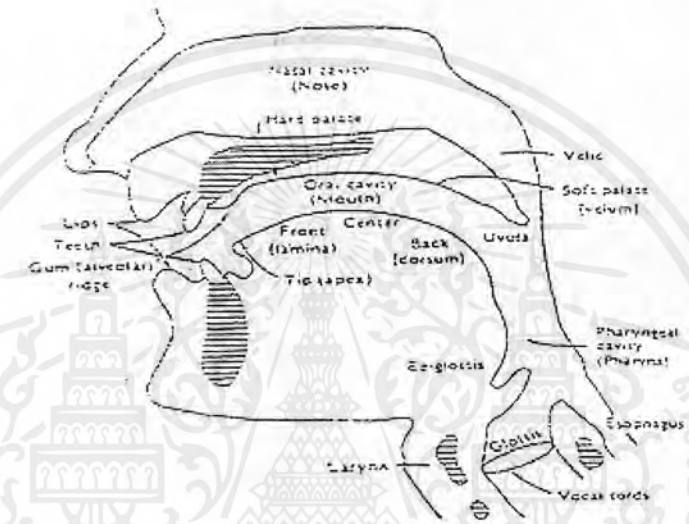
2.1.1 อวัยวะที่ใช้ในการออกเสียง (Organs of Speech)

อวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงพูดมีอยู่หลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนสามารถทำให้เสียงพูดแตกต่างกันไปได้ อวัยวะเหล่านี้มีปาก และส่วนต่าง ๆ ภายในปาก ช่องคอ กล่องเสียง ช่องปาก และช่องจมูก ดังรายละเอียดในรูปที่ 2.1.1 อวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงแบ่งได้เป็น 2 พวก คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. อวัยวะที่ใช้ในการกระทำอาการ(Articulator) หมายถึง อวัยวะส่วนที่เคลื่อนไหว เพื่อผลักดันลมไปยังส่วนต่าง ๆ อวัยวะตัวที่กระทำอาการที่สำคัญ คือ ลิ้น ซึ่งเป็นส่วนที่เคลื่อนไหวได้มากที่สุด

ข. อวัยวะที่เป็นตำแหน่งที่เกิดเสียงต่าง ๆ (Point of Articulator) หมายถึง ตำแหน่งหรือฐานกรณ์ที่เกิดของเสียงต่าง ๆ เช่น ริมฝีปาก ฟัน เพดานส่วนต่าง ๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แสดงอวัยวะที่ใช้ในการออกเสียงพูด

อวัยวะส่วนที่มีหน้าที่โดยตรงในการออกเสียงพูด มีดังนี้

ก. ริมฝีปาก เป็นอวัยวะที่สามารถเคลื่อนไหวได้มาก และทำให้เสียงแตกต่างกันได้มาก เราอาจบังคับริมฝีปากให้อยู่ชิดกัน ห่างกัน ยื่นออกมา หรือห่อกลม ฯลฯ ก็ได้ ลักษณะริมฝีปากต่าง ๆ นี้ล้วนแต่มีอิทธิพลต่อการออกเสียง และการทำให้เสียงแตกต่างกันไปทั้งสิ้น

ข. ฟัน เป็นอวัยวะที่เกิดของเสียงหลายชนิด เช่น เมื่อฟันบนกดลงบนริมฝีปากล่าง หรือกดกับฟันล่าง ลมที่ผ่านออกมาโดยแรงจะลอดช่องที่พอผ่านได้ออกมา ทำให้เกิดเป็นเสียงชนิดที่เรียกว่า เสียงเสียดแทรกที่เกิดที่ฟัน เป็นต้น

ค. ปุ่มเหงือก เป็นส่วนนูนออกมาอยู่หลังฟันด้านบน ถ้าเอาลิ้นแตะดูจะรู้สึกว่ามีลักษณะเป็นคลื่น ปุ่มเหงือกเป็นบริเวณที่เกิดเสียง(Alveolar Sound) ปุ่มเหงือกนั้นเป็นตำแหน่งสำคัญในการอธิบายเรื่องเสียงตำแหน่งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. เพดานแข็งหรือเพดานปาก คือ ส่วนเฉพาะเพดานที่โค้งเป็นกระดูกแข็ง

จ. เพดานอ่อน คือ ส่วนของเพดานที่อยู่ต่อเพดานแข็งไปข้างใน มีลักษณะเป็นกระดูกอ่อนที่ขยับขึ้นลงได้ เวลาหายใจเพดานอ่อน และลิ้นไก่ซึ่งอยู่ปลายเพดานอ่อนจะลดระดับลงมาเปิดช่องให้ลมออกไปทางจมูก เวลาพูดส่วนใหญ่ปลายเพดานอ่อน และลิ้นไก่จะถูกยกขึ้นไปจรดกับหลังคอ นอกจากเวลาออกเสียงนาสิกเท่านั้น ที่เพดานอ่อนจะลดระดับลงมา

ฉ. ลิ้นไก่ เป็นก้อนเนื้อเล็ก ๆ อยู่ต่อจากปลายเพดานอ่อนตรงกลางปาก สั่นรัวได้

ช. ลิ้น ลิ้นเป็นส่วนที่เคลื่อนไหวมากที่สุดในการออกเสียงพูด จึงต้องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ด้วยกัน ตามหน้าที่ที่มีในการออกเสียง

- ปลายลิ้น (Blade of the Tongue) คือ ลิ้นส่วนปลาย ซึ่งสามารถจะยกขึ้นไปแตะอวัยวะส่วนต่าง ๆ ในปากตอนบนได้ง่าย
- หน้าลิ้น (Front of the Tongue) คือ ลิ้นส่วนที่อยู่ตรงข้ามกับเพดานแข็ง จะวางลิ้นราบกับปากอย่างในขณะที่ไม่พูด
- หลังลิ้น (Back of the Tongue) คือ ส่วนของลิ้น ซึ่งถ้าวางลิ้นราบกับปาก ตามปกติจะอยู่ตรงข้ามกับเพดานอ่อน

ซ. แผ่นเนื้อปากหลอดลม (Epiglottis) เป็นก้อนเนื้อเล็ก ๆ คล้ายลิ้นไก่ อยู่ต่อจากโคนลิ้นลงไปในลำคอ มีหน้าที่ปิดช่องลมเมื่อรับประทานอาหาร และเปิดช่องลมเมื่อพูด

ฌ. ช่องคอ (Pharynx) หมายถึง ช่องคอซึ่งอยู่ถัดจากช่องปากลงไปจนถึงเส้นเสียง

ญ. เส้นเสียง(Vocals Cords) เป็นอวัยวะสำคัญที่เกิดของเสียง เส้นเสียงมีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อ 2 แผ่นภายในกล่องเสียง ปิดขวางอยู่ปากช่องหลอดลมจากด้านหลังมาด้านหน้า ระหว่างเส้นเสียงจะมีช่องว่างซึ่งเป็นทางให้ลมผ่านเข้าไปถึงปอด และออกมาจากปอดได้โดยช่องนี้เรียกว่า ช่องว่างระหว่างเส้นเสียง(Glottis) เส้นเสียงทั้งสองสามารถจะดึงออกให้ห่างจากกัน หรือดึงเข้ามาชิดกันก็ได้ เส้นเสียงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดเสียงพูดขึ้น

ฐ. ช่องจมูก (Nasal Cavity) หมายถึง โพรงในช่องจมูกซึ่งอยู่เหนือลิ้นไก่ขึ้นไป เป็นช่องที่ลมซึ่งผ่านเส้นเสียงขึ้นมาจะผ่านออกไปทางจมูกได้เมื่อเวลาหายใจ และเวลาออกเสียงนาสิก ในเวลาพูดเสียงอื่น ๆ ลิ้นไก่จะถูกยกขึ้นไปปิดช่องจมูก เพื่อให้ลมออกมาทางปาก

เสียงที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นเสียงประเภทใด จะผ่านไปตามทางเดินของเสียง(Vocal Tract) โดยจะเริ่มตั้งแต่ช่องว่างระหว่างเส้นเสียงถึงริมฝีปาก ในทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า ทางเดินเสียง คือ ท่อนำเสียงที่มีรูปร่างไม่แน่นอน(Non Uniform Acoustic Tube) มีความยาวประมาณ 17 เซนติเมตร มีพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนแปลงได้ระหว่าง 0 ถึง 20 ตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การเกิดของเสียง (Speech Production)

ขั้นตอนการเกิดของเสียงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

ก. ขั้นเริ่มต้น (Initiation) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ลมเริ่มถูกขับออกจากปอด เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนที่สองต่อไป

ข. ขั้นตอนดัดแปลงลมที่เส้นเสียง (Phonation) เป็นขั้นตอนที่ลมจากปอด จะผ่านมายังหลอดลม และกล่องเสียง ซึ่งที่กล่องเสียงนี้ เส้นเสียงนี้จะทำหน้าที่เปิดปิด ทำให้เกิดเสียงได้ 2 ชนิด คือ เสียงก้อง(Voiced Sounds) และเสียงไม่ก้อง (Unvoiced Sounds) อวัยวะที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ ส่วนที่ต่อจากปอดขึ้นมาจนถึงกล่องเสียง

ค. ขั้นตอนเปลี่ยนแปลงลักษณะเสียง (Articulation) ในขั้นตอนนี้ ลมที่ผ่านออกมาจากกล่องเสียง จะถูกแปลงให้เกิดเสียงในลักษณะต่าง ๆ อวัยวะที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ ส่วนที่ต่อจากกล่องเสียงจนถึงริมฝีปาก

เสียงที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนดังกล่าว จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

ก. เสียงก้อง (Voiced Sounds) เกิดเนื่องจากการออกเสียงในขณะที่เส้นเสียงถูกดึงเข้ามาใกล้กันจนเกือบปิดช่องทางลมเสียดสีนิท ลมที่ดันขึ้นมาจากปอดจะทำให้เส้นเสียงทั้งสองต้องสั่นสะบัด คือ ลมจะพยายามหาทางออก ทำให้เส้นเสียงส่วนที่อยู่ด้านล่างเปิดออก แล้วส่วนกลางก็เปิดออกตาม แล้วเปิดเรื่อยไปจนถึงส่วนบน พอส่วนบนเปิดส่วนล่างก็ปิด สลับกันอยู่ดังนี้ แต่อาการที่เกิดขึ้นนี้เร็วมาก จนเป็นอาการสั่น ลมที่ออกมาไม่สะดวกเพราะต้องบีบตัวผ่านช่องแคบเป็นจังหวะจึงทำให้เกิดเป็นเสียงขึ้น เรียกว่า " เสียงก้อง " ตัวอย่างของเสียงก้องได้แก่ บ น เป็นต้น

ข. เสียงไม่ก้อง (Unvoiced Sounds) เป็นการออกเสียงในขณะที่เส้นเสียงยังเปิดกว้าง โดยเปิดช่องระหว่างเส้นเสียงหรือช่องคอหอย(Glottis) ให้ลมหายใจผ่านเข้าออกสะดวก เราเรียกเสียงเหล่านี้ว่า " เสียงไม่ก้อง " ตัวอย่างของเสียงไม่ก้อง ได้แก่ พ ท ป ส เป็นต้น

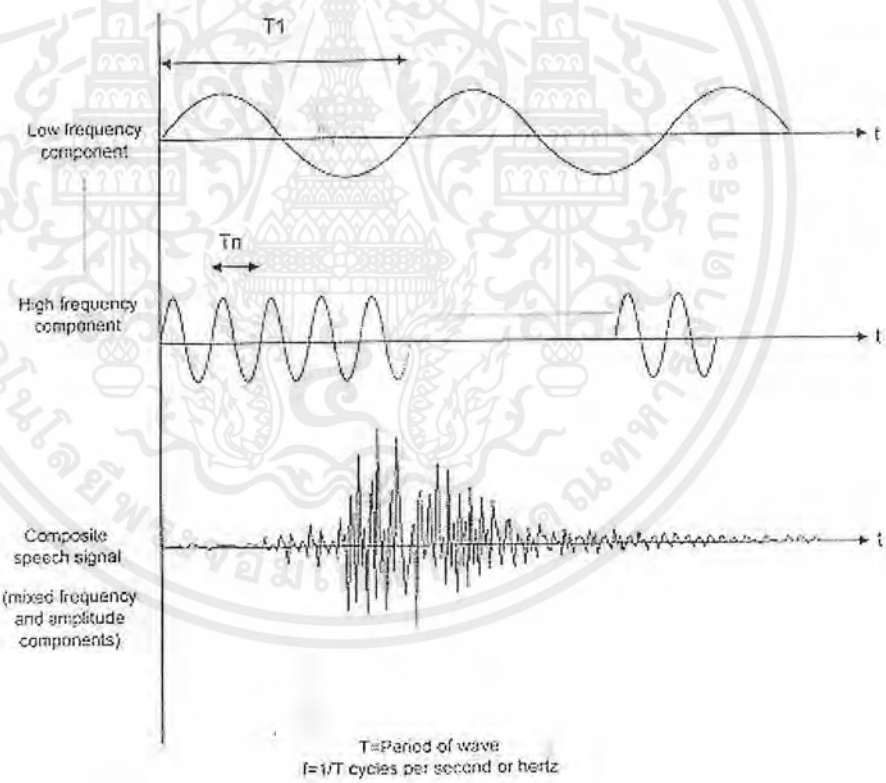
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์เสียงพูด

3.1 การวิเคราะห์เสียงพูด (Speech Analysis)

ในการวิเคราะห์เสียงพูดนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ในลักษณะแรกจะกล่าวถึง วิธีการเปลี่ยนสัญญาณเสียงพูดหรือสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ในลักษณะที่สองจะกล่าวถึง การวิเคราะห์ในโดเมนเวลา ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยตรงกับสัญญาณ และลักษณะสุดท้ายจะเป็นการวิเคราะห์ในโดเมนความถี่

เสียงพูดนั้นประกอบไปด้วยความถี่หลายความถี่ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของสัญญาณเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเก็บหรือจดจำเสียงพูด เราต้องพยายามลดช่วงของสัญญาณเสียงพูดที่เกิดซ้ำซ้อนกัน โดยใช้ตัวแทนของเสียงพูดที่สามารถแทนลักษณะสำคัญของเสียงพูดนั้นในเทอมของค่าพารามิเตอร์ (Parameter) เพื่อให้จัดการกับข้อมูลได้ง่าย

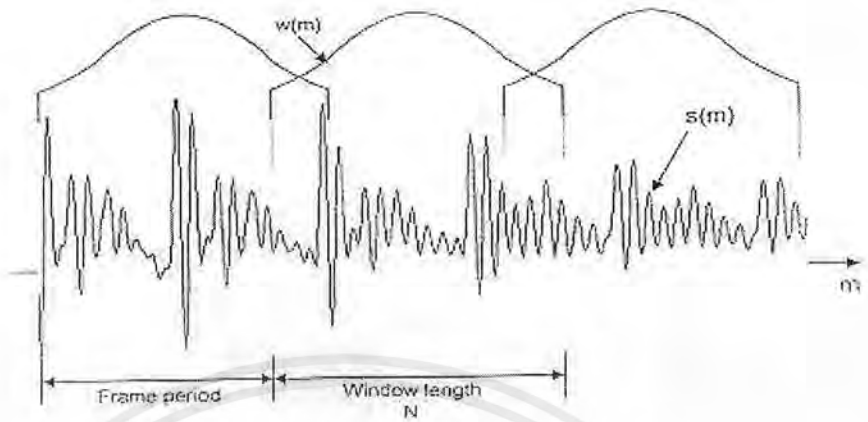
ต่อไปเราจะได้อธิบายถึงวิถีการที่ใช้ในการวิเคราะห์เสียงพูด ทั้งในโดเมนเวลา(กระทำกับเสียงพูดที่เก็บไว้โดยตรง)และโดเมนความถี่ (ผ่านการแปลงเป็นความถี่ก่อน) เพื่อหาตัวแทนของสัญญาณเสียงพูดในรูปของพารามิเตอร์ของเสียงพูดที่เหมาะสมที่สุด สามารถนำไปใช้งานได้ และมีข่าวสารของข้อมูลครบถ้วน การวิเคราะห์ในโดเมนเวลาเราต้องการการคำนวณเพียงเล็กน้อย ทำให้ถูกจำกัดให้วัดได้ในลักษณะง่ายๆเท่านั้น เช่น การวัดพลังงานและความเป็นคาบของสัญญาณ ในขณะที่การวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ จะให้ค่าพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า แต่การสุ่มสัญญาณเสียงพูดจะต้องมีความเที่ยงตรงสูง

เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์เสียงพูด อาจทำได้ทั้งแบบดิจิตอลและอนาลอกการประมวลผลสัญญาณอนาลอกเป็นการใช้วงจรทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีข้อดีอยู่ที่ความเร็วสูง แต่จำเป็นต้องใช้วงจรเฉพาะอย่างทำให้ต้องต่อสายใหม่และปรับค่าใหม่ทุกครั้งที่นำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นในขณะที่เทคนิคทางดิจิตอลจะสร้างและเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่า เพียงแต่ต้องการซอฟท์แวร์หรือโปรแกรม และฮาร์ดแวร์พิเศษ (ไมโครโปรเซสเซอร์ และชิพต่างๆ) ถึงแม้ว่าอาจจะมีในเรื่องความเร็วที่ไม่สามารถตอบสนองในเวลาจริงได้ แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้าน VSLI (Very Large Integrated Circuit) ได้พัฒนาไปอย่างมากทำให้ลดข้อเสียเปรียบของเทคนิคทางดิจิตอลไปได้มาก

สัญญาณเสียงพูดเป็นสัญญาณที่เปลี่ยนไปตามเวลา โดยเกิดในลักษณะแบบสุ่ม (Random) โดยต้องขึ้นอยู่กับการควบคุมเสียงของผู้พูดด้วย เพราะเสียงที่เปล่งออกมาในช่วงเวลาหนึ่งนั้น จะขึ้นอยู่กับรูปร่างของท่อกำทอนเสียง (Vocal Tract) และลักษณะการสั่นของเส้นเสียง (Vocal Cord) สัญญาณของเสียงพูดจึงเป็นสัญญาณที่เป็นคาบเวลาชั่วขณะ (quasi – periodic) หมายความว่าสัญญาณเสียงพูดมีคาบเวลาคงที่ในระยะเวลาสั้นๆ และมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างระยะเวลาสั้นๆ นั้น

ถ้าเราพูดช้ามากๆ เสียงพูดที่ได้ อาจเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงมากกว่า 200 มิลลิวินาทีก็ได้ แต่การพูดโดยทั่วไปลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเสียงพูดจะอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยประมาณ 80 มิลลิวินาที ในการวิเคราะห์เราจะใช้วินโดว์ (Window) วิเคราะห์สัญญาณเสียงเป็นช่วงๆ หรือเรียกว่าการวิเคราะห์เฟรม (frame) ดังรูปที่ 3.2 ช่วงเวลาของวินโดว์จะมีค่าไม่แน่นอน ในบางครั้งอาจต้องใช้ถึง 100 มิลลิวินาที ในบางครั้งเมื่อทำการวิเคราะห์สัญญาณเสียงพูดที่เร็วมากและไม่มีช่วงหยุดเลย เราอาจต้องใช้ช่วงเวลาของวินโดว์ต่ำถึง 5 – 10 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งสัญญาณเสียงพูดออกมาเป็นเฟรม

3.2 การใช้วินโดว์ (Windowing)

รูปแบบของการเฉลี่ย โดยปกติมีวิธีหลายอย่างเพื่อให้ได้เส้นของพารามิเตอร์เป็นฟังก์ชันของเวลาแสดงได้อย่างถูกต้อง ทางเลือกทางหนึ่งที่ใช้คือ ขนาดของวินโดว์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. วินโดว์จะต้องเล็กพอๆ กับลักษณะของคำพูด
2. วินโดว์จะต้องยาวพอที่จะใช้ในการคำนวณหาพารามิเตอร์
3. วินโดว์ที่ดีจะต้องไม่สั้นจนข้ามบางช่องของคำพูด
4. การวิเคราะห์จะต้องทำเป็นคาบๆ ไป ซ้ำๆ กันตลอดที่ได้รับสัญญาณ

เงื่อนไขท้ายนี้จะขึ้นกับจำนวนครั้งต่อวินาทีที่กระทำต่อสัญญาณวิเคราะห์ (frame rate) มากกว่าขนาดของวินโดว์ ปกติจะใช้จำนวนครั้งต่อวินาทีที่กระทำต่อสัญญารวิเคราะห์ประมาณ 2 เท่าของความถี่เพื่อให้วินโดว์ทับกัน 50%

การทำวินโดว์เป็นการคูณสัญญาณเสียง โดยวินโดว์ที่มีช่วงเวลาจำกัด (Finite – duration window) ซึ่งกลุ่มของสัญญาณเสียงที่สุ่มมาจะถูกให้น้ำหนักโดยรูปของวินโดว์

วินโดว์อาจมีคาบเวลาแบบไม่จำกัด แต่ในทางปฏิบัติจะใช้แบบมีจุดสิ้นสุด เพื่อให้ง่ายในการคำนวณโดยการใช้ฟังก์ชั่น w(n) ตรวจสอบส่วนต่างๆ ของ S(n) โดยการเคลื่อนวินโดว์ วินโดว์ที่มีรูปแบบง่ายที่สุดคือ รูปแบบสี่เหลี่ยม W(m) ซึ่งมีสมการดังนี้

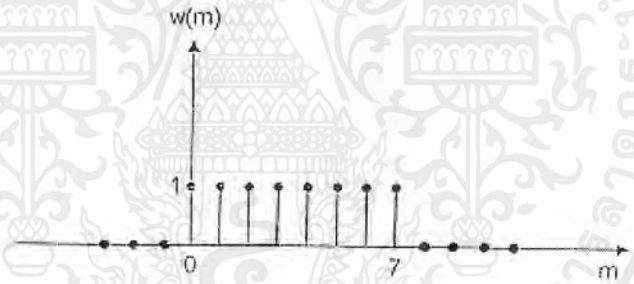
W(m) = 1	เมื่อ 0 < = n < = N-1	
W(m) = 0	อื่นๆ	.....(3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

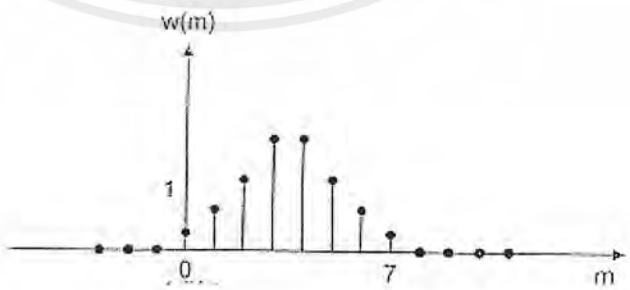
การวิเคราะห์แบบนี้เป็นการจำกัดช่วงสุ่มให้เหลือ N โดยแต่ละจุดมีการถ่วงน้ำหนักเท่าๆ กัน วินโดว์ที่ใช้งานจริงนั้นต้องมีรูปร่างตามรูปที่ 3.3 สมมุติว่า เสียงพูดประมาณว่าคงที่ในช่วง 10 ms เราต้องใช้วินโดว์ที่ช่วงเวลาเท่ากับ 20 ms โดยให้จุดตรงกลางมีการถ่วงน้ำหนักมากกว่าจุดต้นและจุดปลาย เหตุผลที่ต้องถ่วงน้ำหนักจุดกลางมากกว่าจุดปลายเพราะรูปร่างวินโดว์มีผลต่อพารามิเตอร์ของเสียงพูดเมื่อเราเลื่อนวินโดว์ในโดเมนเวลาเพื่อวิเคราะห์เฟรมของสัญญาณเสียงพูด ผลของพารามิเตอร์อาจเปลี่ยนแปลงอย่างมากถ้าใช้ฟังก์ชัน W(m)

วินโดว์อีกอันหนึ่งที่นิยมใช้กันมากคือ แฮมมิ่งวินโดว์ (Hamming Window) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$W(m) = 0.54 - 0.46 \cos(2\pi m/N) \quad \text{เมื่อ} \quad 0 <= m <= N-1$$
$$= 0 \quad \text{เมื่อ อื่นๆ} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(3.2)$$

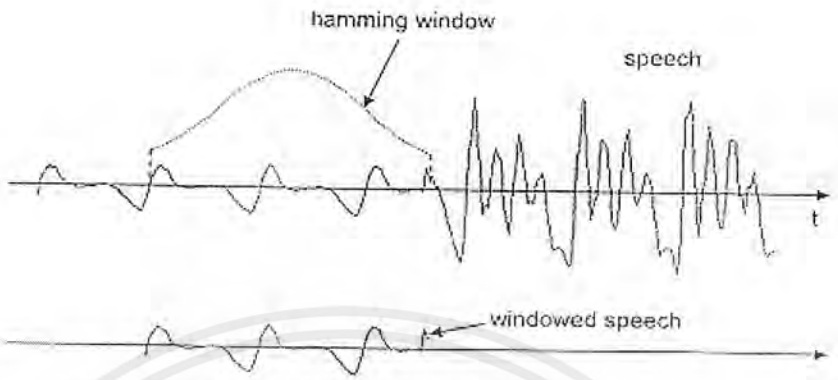


รูปที่ 3.3 วินโดว์รูปสี่เหลี่ยมที่มีความยาววินโดว์ N = 8



รูปที่ 3.4 แฮมมิ่งวินโดว์ที่มีความยาววินโดว์ N = 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การใช้แฮมมิ่งวินโดว์กับสัญญาณเสียงพูด

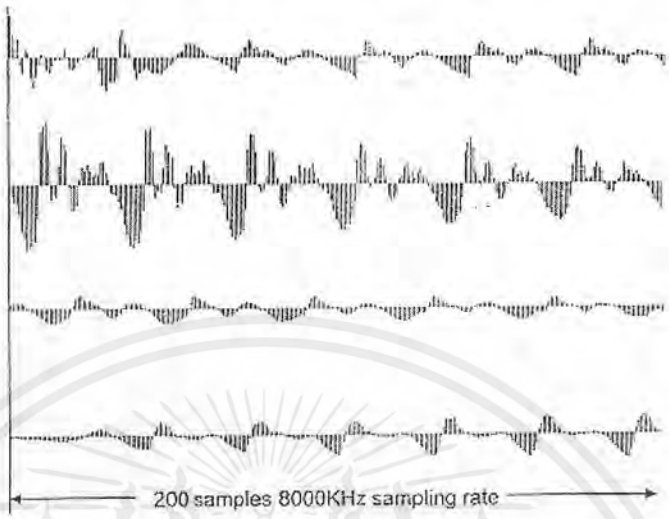
การทำให้ขอบวินโดว์ลาดลง ในการวิเคราะห์เฟรมโดยการเลื่อนตลอดแนวความยาวของสัญญาณทั้งหมด ไม่มีผลเสียต่อพารามิเตอร์เสียงพูด

3.3 การวิเคราะห์ในโดเมนเวลา

ขบวนการของสัญญาณเสียงในฟังก์ชั่นของเวลา จะมีความได้เปรียบในด้านความง่ายคำนวณเร็ว และง่ายในการแปลความหมาย พารามิเตอร์ของเสียงสำหรับการเข้ารหัสและการจำ สามารถทำได้จากการวิเคราะห์ฟังก์ชันของเวลา เช่น การวัดค่าเฉลี่ยของอัตราตัดผ่านศูนย์ การวัดพลังงาน (Amplitude) และการหาค่าฟังก์ชั่น ออโตคอรีเรชัน (Auto-correration function)

สัญญาณเสียงที่ถูกสุ่มด้วยอัตราสุ่ม 8000 ครั้งต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของเสียงนั้นเปลี่ยนไปตามเวลา ตัวอย่างเช่นการเปลี่ยนแปลงระหว่างสัญญาณเสียงก้องและเสียงไม่ก้อง ซึ่งมีขนาดแอมปลิจูด ต่างกัน ซึ่งโดเมนเหล่านี้สามารถหาได้จากการวิเคราะห์ในโดเมนของเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการสุ่มสัญญาณเสียง (ด้วยอัตราการสุ่ม 8 กิโลเฮิร์ต)

ถ้าสมมุติว่าสัญญาณเสียงเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ตามเวลา และเราตัดเอาช่วงหนึ่งของเสียงนั้นมาวิเคราะห์เราจะเรียกว่า การวิเคราะห์ในโดเมนเวลาช่วงสั้นๆ (Short – time analysis) โดยที่ส่วนที่ถูกตัดช่วงสั้นๆ นั้นเชื่อมต่อกัน โดยมีบางส่วนที่เหลื่อมซ้อนกัน ผลของการวิเคราะห์ในแต่ละส่วนซึ่งเราเรียกว่าเฟรม (Analysis frame) อาจจะมีค่าเป็นตัวเลขค่าเดียวหรือหลายค่า

การหาค่าพารามิเตอร์ในโดเมนเวลานั้นมีการทำได้หลายวิธี แต่จะนำเสนอเป็นตัวอย่างบางวิธีเท่านั้น ดังต่อไปนี้

3.3.1 การหาอัตราตัดผ่านศูนย์เฉลี่ยช่วงสั้นๆ

สำหรับสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องกันทางเวลา การตัดผ่านศูนย์จะเกิดขึ้นเมื่อตัวอย่างที่สุ่มได้แต่ละตัวมีเครื่องหมายต่างกันอัตราการตัดผ่านศูนย์เป็นวิธีการง่ายๆ ที่ใช้ในการวัดองค์ประกอบทางความถี่เสียง โดยเฉพาะสัญญาณที่มีแถบความถี่เสียงแคบ ตัวอย่างเช่นสัญญาณรูปซายน์ความถี่ F_O ถูกสุ่มตัวอย่างด้วยอัตรา F_S จะได้จำนวนตัวอย่างเท่ากับ F_S / F_O ตัวอย่างต่อคลื่นซายน์ 1 รอบ ในแต่ละรอบจะมีการตัดผ่านศูนย์ 2 ครั้ง

อัตราเฉลี่ยในช่วงเวลายาวนานของการตัดผ่านศูนย์คือ

$$Z = 2 F_S / F_O \qquad \text{crossing/sampling}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น อัตราเฉลี่ยของการตัดผ่านศูนย์ จะเป็นวิธีที่น่าเชื่อถือวิธีหนึ่งที่ใช้ในการประมาณค่าความถี่ของคลื่นรูปซายน์

สัญญาณเสียงเป็นสัญญาณที่มีช่วงกว้างและการแสดงอัตราเฉลี่ยของการตัดผ่านศูนย์มีความละเอียดหรือความแม่นยำค่อนข้างน้อย เราจึงจำเป็นต้องใช้วินโดว์

นิยามของอัตราตัดผ่านศูนย์

$$Z_n = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left|\text{sgn}\left[x(m)\right] - \text{sgn}\left[x(m-1)\right]\right| w(m-n) \qquad \text{.....(3.3)}$$

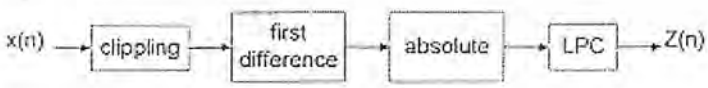
โดยที่

$$\text{sgn}\left[x(n)\right] = 1 \quad \text{เมื่อ} \quad x(n) \geq 0$$
$$\text{sgn}\left[x(n)\right] = -1 \quad \text{เมื่อ} \quad x(n) < 0$$

และ

$$w(n) = \frac{1}{2n} \quad \text{เมื่อ} \quad 0 \leq n \leq n-1$$
$$w(n) = 0 \quad \text{เมื่อ} \quad \text{อื่นๆ}$$

สมการของอัตราตัดผ่านศูนย์แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บล๊อกไดอะแกรมแสดงการหาค่า Zero Crossing

อัตราตัดผ่านศูนย์เฉลี่ยช่วงสั้นๆ จะมีคุณสมบัติทั่วไปเหมือนกันกับค่าพลังงานช่วงสั้นๆ และขนาดเฉลี่ยในช่วงสั้นๆ แต่ตามสมการดังกล่าวทำให้การหาค่าอัตราตัดผ่านศูนย์ มีความยุ่งยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากเกินความจำเป็นเราจะนำอัตราตัดผ่านศูนย์เฉลี่ยช่วงสั้นๆ มาประยุกต์ใช้กับสัญญาณเสียงพูดได้ อย่างไร รูปแบบของการสร้างเสียงพูดแนะนำว่า พลังงานของเสียงก้องจะหนาแน่นในช่วงที่ต่ำกว่า 3 กิโลเฮิร์ต ในขณะที่เสียงไม่ก้อง พลังงานส่วนใหญ่จะถูกพบที่ความถี่สูงกว่า เนื่องจากความถี่ค่าสูงจะมีค่าอัตราตัดผ่านศูนย์เฉลี่ย (โดยเฉลี่ยเกินกว่า 10 nm) ของเสียงก้องและเสียงไม่ก้องค่าเฉลี่ยของอัตราตัดผ่านศูนย์เฉลี่ยช่วงสั้น สำหรับเสียงไม่ก้อง คือ 49 ต่อ 10 nm และสำหรับเสียงก้องคือ 14 ต่อ 10 nm

3.3.2 การปรับขนาดข้อมูล

ปัญหาพื้นฐานของระบบจดจำเสียงเสียงพูด คือ เสียงที่เปล่งออกมาในขณะตรวจสอบนั้นอาจจะไม่เหมือนกับตอนที่เรียนรู้เสมอไป เสียงที่เปล่งออกมา 2 ครั้ง จะมีระยะเวลาที่แตกต่างกันและระยะห่างของการออกเสียง ที่ไม่แน่นอนจะทำให้การเปรียบเทียบไม่สามารถทำได้เพราะคำอ้างอิงกับคำที่มาเปรียบเทียบเวลาจะต่างกัน

ในกรณีเช่นนี้ถึงแม้ว่าจะเปรียบเทียบกับคำที่ไม่รู้กับรูปแบบที่ถูกต้องของตัวมันเองแล้วก็ตาม แต่ก็อาจให้ผลที่แตกต่างได้เช่นเดียวกับที่เปรียบเทียบกับรูปแบบอ้างอิงของคำอื่น ซึ่งจะเป็นปัญหา ถ้าคำที่ถูกเปรียบเทียบเป็นการเปรียบเทียบทั้งคำต้นแบบ แทนที่จะเปรียบเทียบบางส่วนของคำโดยการเปรียบเทียบส่วนต่อส่วน ความจริงนั้นแม้ในระหว่างเสียงสองเสียง ที่ใช้ในการเรียนรู้รายละเอียดของเวลาก็ยังต่างกันเมื่อเก็บข้อมูลเสียงหลายๆ ครั้ง จึงต้องทำการเฉลี่ยในระหว่างการเรียนรู้ก่อนนำไปเปรียบเทียบ

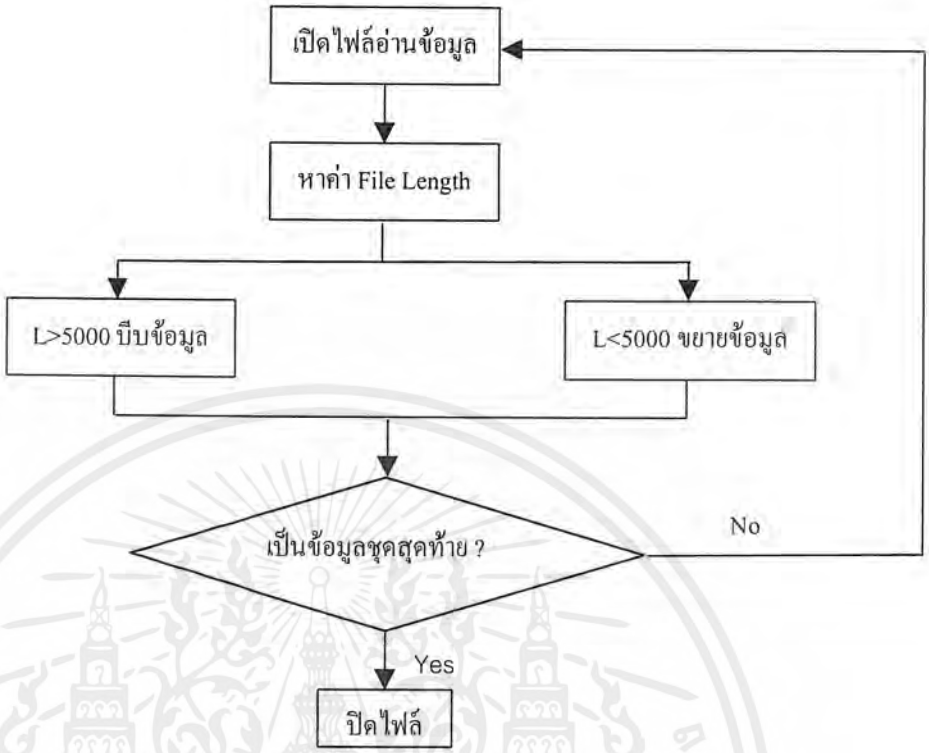
ในหลายๆ กรณีความแม่นยำของการปรับ จะขึ้นอยู่กับความแม่นยำของการแสดงจุดสิ้นสุดของคำ ความผิดพลาดในการจดจำจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของคำ จะทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้น โดยความผิดพลาดของจุดสิ้นสุดจะเกิดขึ้นในคำที่ขึ้นต้นและลงท้ายด้วยพยางค์ที่ออกเสียงเบา การพูดบางครั้งอาจจบประโยคด้วยเสียงสั้นพยางค์เสียงสั้นนี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบคำในห้องทดลอง

การจดจำจุดสิ้นสุดอาจจะทำง่ายเพราะข้อมูลเสียงถูกรวบรวมภายใต้การควบคุมสภาวะเพื่อหาจุดสิ้นสุด ยิ่งกว่านั้น ผู้พูดที่บันทึกข้อมูลในห้องทดลอง จะทำด้วยความระมัดระวัง แต่นอกห้องทดลองไม่ได้เป็นอย่างนั้น เสียงพูดจะมีการรบกวนจากรอบข้างเพราะไม่มีการควบคุมสภาวะและผู้พูดไม่มีแรงจูงใจที่จะช่วยในการจดจำ

เมื่อได้ข้อมูลเสียงที่ผ่านการตัดต้นคำท้ายคำมาแล้วมาแล้ว จากนั้นเราก็จะนำข้อมูลที่ได้มาทำการบีบอัดหรือขยาย โดยมีขั้นตอนในการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.8 แสดง Normalize time flow chart

3.4 ค่าพารามิเตอร์ในโดเมนความถี่

ค่าพารามิเตอร์สำคัญจำนวนมากถูกค้นพบในโดเมนความถี่ เพราะท่อกำทอนเสียงให้กำเนิดสัญญาณที่สามารถวิเคราะห์เป็นความถี่ได้ง่ายกว่าทำในโดเมนของเวลาโดยตรง เสียงคนคนเดียวกันในแต่ละครั้งเมื่อพิจารณาในโดเมนของเวลาจะเห็นผลของความแตกต่างของสัญญาณ แต่เมื่อพิจารณาผ่านในโดเมนความถี่สัญญาณที่ได้จะมีความคล้ายคลึงกันมาก

ระบบการได้ยินของมนุษย์จะตอบสนองต่อรูปร่างของสัญญาณเสียง หรือขนาดที่กระจายอยู่ในโดเมนความถี่ มากกว่าที่เฟส (Phase) ของสัญญาณในโดเมนเวลาด้วยเหตุผลเหล่านี้ การวิเคราะความถี่จึงถูกใช้ในการดึงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญจากเสียงพูด ต่อไปจะได้กล่าวถึงวิธีการต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความถี่

3.4.1 การวิเคราะห์ฟูเรียร์ช่วงสั้น (Short – time Fourier Transform)

การวิเคราะห์ฟูเรียร์สั้นเป็นเทคนิคการหาความถี่ที่ใช้กันมานานแล้ว การวิเคราะห์ฟูเรียร์ให้ตัวแทนของสัญญาณเสียงพูดเป็นฟังก์ชันความถี่ในเทอมของขนาดและเฟส เนื่องจากเสียงพูดไม่ได้นิ่งอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ในช่วงสั้น โดยใช้วินโดว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36940

การใช้ฟูเรียร์ช่วงสั้นมีสมการว่า

$$S_n\left(e^{-j\omega}\right) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} s(m)\left[\exp(-j\omega m)w(n-m)\right] \qquad \text{.....(3.4)}$$

ในการคำนวณเราต้องใช้ DFT แทนการแปลงฟูเรียร์แบบต่อเนื่องโดยใช้ฟังก์ชันวินโดว์ W ลดข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องทั้งหมดให้เหลือจำนวน N ตัว (N คือ ช่วงเวลาหรือขนาดของวินโดว์ ที่ใช้ในการแปลงฟูเรียร์แบบไม่ต่อเนื่อง) ข่าวสารต่างๆ ในสมการที่ 3.4 จะไม่สูญหายไปจากข้อมูลเดิม ถ้าการแปลงนั้นสุ่มมาด้วยความถี่สูงเพียงพอ (คือช่วงระยะห่างระหว่าง N) และวินโดว์ W(n) ไม่มีจุดสุ่มที่เป็นศูนย์ตลอดช่วง N ตัวแปร N เป็นตัวที่ต้องระวังมากเป็นพิเศษในการวิเคราะห์ความถี่ช่วงสั้น ถ้าค่าของ N ต่ำ (ใช้วินโดว์ช่วงสั้น) จะทำให้ความละเอียดในโดเมนความถี่หยาบมาก เพราะจะให้ผลดีในโดเมนเวลา เพราะการเฉลี่ยถูกทำในช่วงสั้นๆ เท่านั้นในทางตรงข้าม ถ้า มีขนาดใหญ่จะให้ผลความละเอียดในโดเมนเวลาที่ไม่ดี แต่จะทำให้โดเมนความถี่มีความละเอียดสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โครงข่ายประสาทเทียม

โดยปกติการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นจะเริ่มต้นที่การพิจารณาอินพุท แล้วออกแบบขบวนการที่จะดำเนินการกับอินพุทเหล่านั้น เพื่อจะได้สร้างเอาท์พุทได้ตามที่เราต้องการ วิธีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบคลาสสิกนี้มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถใช้ได้กับปัญหาซึ่งขบวนการ(Process) มีความซับซ้อนอย่างมากจนเราไม่สามารถสรุปเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนได้ โครงข่ายประสาทเทียมเป็นรูปแบบในการแก้ปัญหาอีกแบบหนึ่งที่เหมาะกับปัญหาดังกล่าว โครงข่ายประสาทเทียมจะสร้างขบวนการ(Process) ขึ้นเองจากความรู้ ซึ่งได้มาโดยการเรียนรู้จากตัวอย่าง(Learning by Examples) ทั้งนี้ถ้าตัวอย่างที่นำมาสอนแก่โครงข่ายประสาทเทียมมีจำนวนมากพอและวิธีการสอนดีพอ ขบวนการที่ถูกสร้างขึ้นก็จะมีความถูกต้องเพียงพอสำหรับการนำไปใช้งานจริงได้

โครงข่ายประสาทเทียม หมายถึง โครงข่ายใยประสาทที่เชื่อมต่อกันระหว่างเซลล์ประสาทจำนวนมากมายมหาศาล มีความสามารถประมวลผลสูง บรรจุอยู่ในสมอง สมองชีวภาพที่เป็นจุดศูนย์กลางการควบคุมกิจกรรมของการดำเนินชีวิต การวิจัยสร้างโครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network) มีแนวคิดเลียนแบบการทำงานของสมองชีวภาพ โดยเรียนรู้และศึกษาการทำงานของสมองชีวภาพเพื่อกำหนดแนวทางสำหรับแบบจำลองขึ้นมา แล้วพยายามสมมติฐานลักษณะการทำงานโดยจำลองเป็นโมเดลคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเดียวกันแล้วดำเนินการคำนวนโดยใช้คอมพิวเตอร์

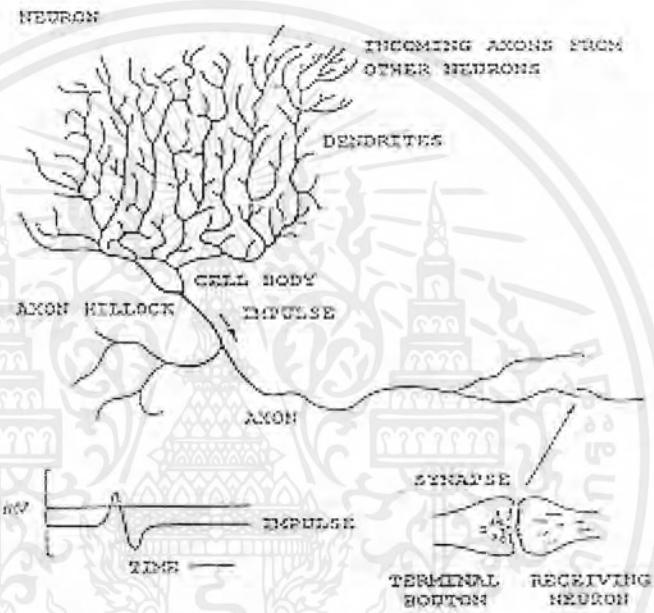
4.1 คุณสมบัติและความสามารถที่เป็นประโยชน์ของโครงข่ายประสาทเทียม

1. มีความยืดหยุ่นสูง จนสามารถจำลองขบวนการของปัญหาใด ๆ
2. มีความสามารถในการจำชุดของคู่อินพุท – เอาท์พุท ที่มีความซับซ้อนมากจนไม่สามารถจำลองแบบในเชิงความน่าจะเป็นได้
3. มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม
4. มีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ไม่เคยเห็น
5. ความรู้จะกระจายอยู่ทั่วทั้งโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียม ทำให้สามารถดำเนินการกับสารสนเทศเชิงอรรถาธิบาย(Contextual Information) ได้อย่างเป็นธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 โครงข่ายประสาทชีวภาพ

ระบบคิดคำนึงของมนุษย์ มีโครงสร้างมาจากสมองที่เราเรียกว่า "นิวรอล(Neurons)" เรียงเป็นชั้น ๆ อย่างซับซ้อนจำนวนมหาศาล ประมาณหมื่นล้าน(10^{11})นิวรอล และอาจมีจุดเชื่อมโยงส่งผ่านจุดเชื่อมโยงภายในถึงพันล้านล้าน(10^{15})จุด แต่ละนิวรอลจะมีลักษณะแตกต่างกันไปโดยมีการทำงานคล้ายกัน คือ รับเข้า ประมวลผล ส่งออกสัญญาณไฟฟ้าเคมีผ่านไปยังนิวรอล ซึ่งจะส่งสื่อสารไปตามระบบของสมอง



รูปที่ 4.1 โครงสร้างตัวอย่างของเซลล์ประสาทชีวภาพ

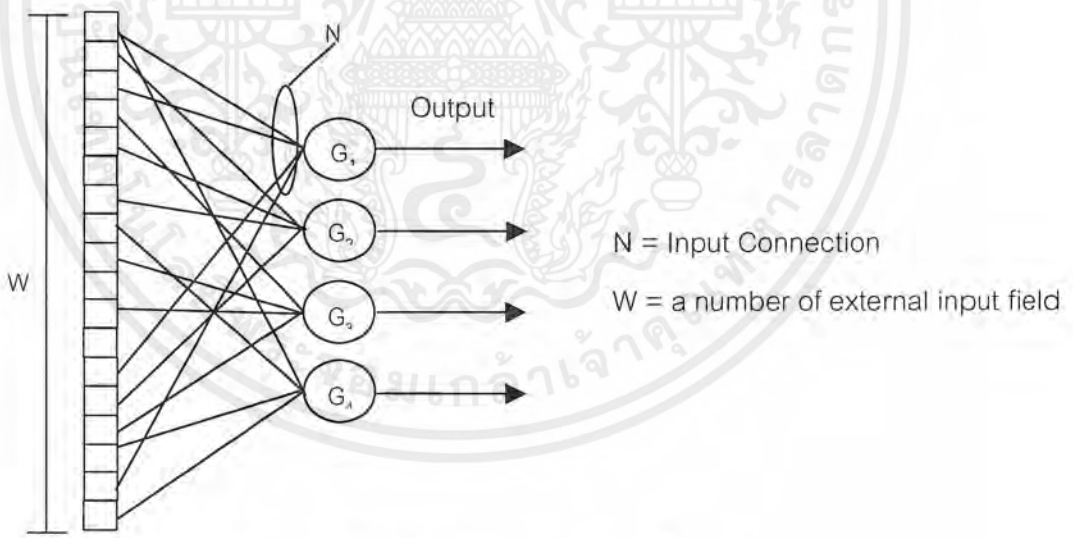
จากรูปที่ 4.1 ส่วนแขนงที่ขยายออกไปจากตัวเซลล์ต่อไปยังเซลล์อื่น ๆ เพื่อรับสัญญาณเรียกว่า "เดนไดรท์(Dendrites)" จุดรับสัญญาณจากเซลล์อื่นเข้ามายังตัวเซลล์จะผ่านมาทางจุดเชื่อมต่อที่เรียกว่า "ไซแนปส์(Synapse)" และส่วนที่ใช้เป็นตัวส่งสัญญาณเอาท์พุทออกไปยังนิวรอลอื่นเรียกว่า "แอกซอน(Axon)" จากผลการวิจัยพบว่า แต่ละนิวรอลจะเชื่อมต่อออกไปยังนิวรอลอื่นๆ ซึ่งแต่ละนิวรอล จะมีคุณสมบัติในการเพิ่มขยายหรือลดทอนความเข้มของสัญญาณบางสัญญาณที่เข้ามาทางเดนไดรท์ของเซลล์(ซึ่งมีแขนงมากมาย) อาจสามารถกระตุ้นตัวเซลล์ แต่บางสัญญาณก็อาจจะยับยั้งตัวเซลล์เนื่องจากเซลล์ประสาทหนึ่งมีเดนไดรท์มาก ดังนั้นสัญญาณกระตุ้นจากเดนไดรท์ที่รับเข้ามาจากเซลล์ประสาทอื่น ๆ จะถูกนำมารวมกันที่ตัวเซลล์ประสาท และที่ตัวเซลล์ประสาทนี้จะมีค่าเทรสโฮล(Threshold) ค่าหนึ่ง หากผลรวมของสัญญาณไฟฟ้าเคมี(Electrochemical) มีค่ามากกว่า ค่าเทรสโฮลเซลล์ เซลล์ประสาทก็จะส่งสัญญาณขนาดหนึ่งผ่านทางแอกซอนไปยังนิวรอลอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่น การจัดเรียงชั้น(Layer) และลักษณะการเชื่อมโยงระหว่างนิวรอลในสมองนั้นมีการจัดเรียงที่ซับซ้อน สอดคล้องกับหน้าที่การทำงานเฉพาะส่วน มีการเจริญเติบโตสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และมีการเรียนรู้ตลอดเวลาซึ่งใช้เวลานานนับปี ดังนั้นจึงยากที่จะสร้างโมดุลขึ้นมาเลียนแบบให้มีคุณลักษณะเหมือนสมองชีวภาพได้ทั้งหมด ผลงานที่ได้จากการทำวิจัยในปัจจุบันเป็นเพียงการจำลองการเลียนแบบ และการทำงานเฉพาะบางส่วนของโครงข่ายประสาทมาใช้เฉพาะกับงานใดงานหนึ่ง ซึ่งมีการวิจัยลักษณะของโครงข่ายแบบต่าง ๆ ขึ้นมา โดยแต่ละแบบจะเหมาะกับงานประเภทหนึ่ง ๆ เท่านั้น

4.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบดิจิตอล

ในการรู้จำเสียงพูดนั้นได้มีการพัฒนามาเป็นเวลานาน และมีหลาย ๆ วิธีในการรู้จำ ซึ่งในปัจจุบันกระบวนการรู้จำได้พัฒนาไปใช้ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network) โดยโครงสร้างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ Feed Forward Backpropagation ซึ่งมีเปอร์เซนต์การผิดพลาดต่ำ และใช้กันมากในแถบอเมริกา แต่การออกแบบโครงสร้างนี้ค่อนข้างซับซ้อน และจุดด้อยอีกประการหนึ่ง คือ การเรียนรู้(Training) ที่ต้องใช้เวลานาน

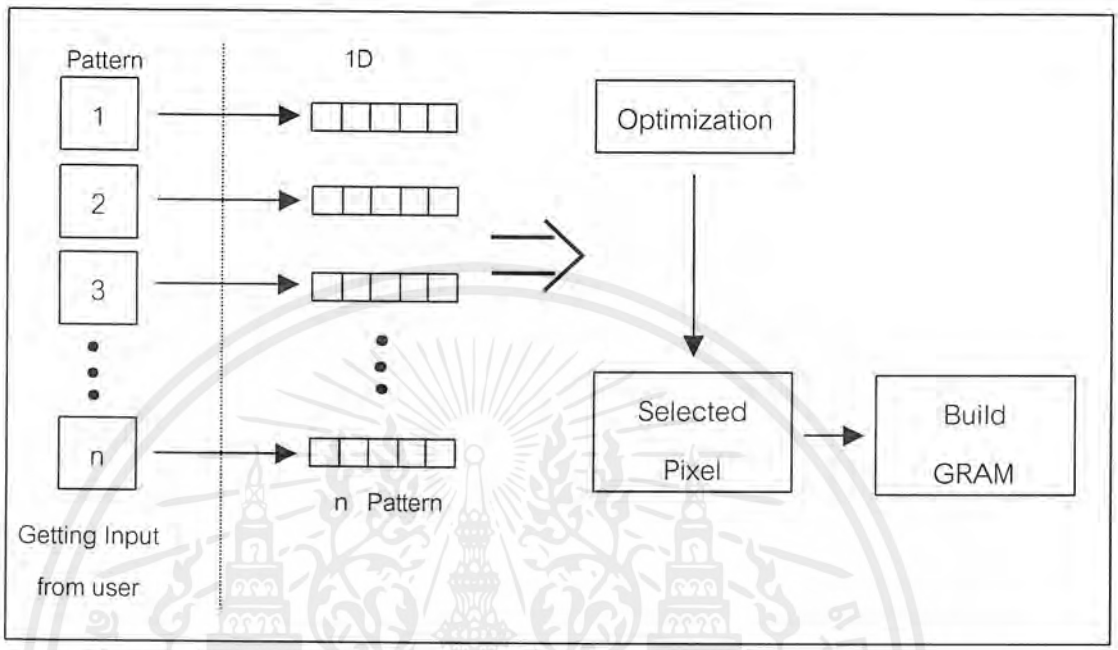


รูปที่ 4.2 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการทดลอง

หลักการที่นำเสนอนี้เป็นหลักการใหม่ ในการรู้จำเสียงพูดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบดิจิตอลที่ใช้เวลาในการเรียนรู้น้อยและมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน เรียกว่า " The General Neural Unit " ซึ่งเป็นแบบ Singer Layer feed-forward โดยมีหลักการที่สำคัญของโครงข่ายประสาทเทียมแบบติจิตอล อยู่ด้วยกัน 2 ส่วน ได้แก่ กระบวนการเรียนรู้(Training) และการเรียกคืน(Recall) โดยรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

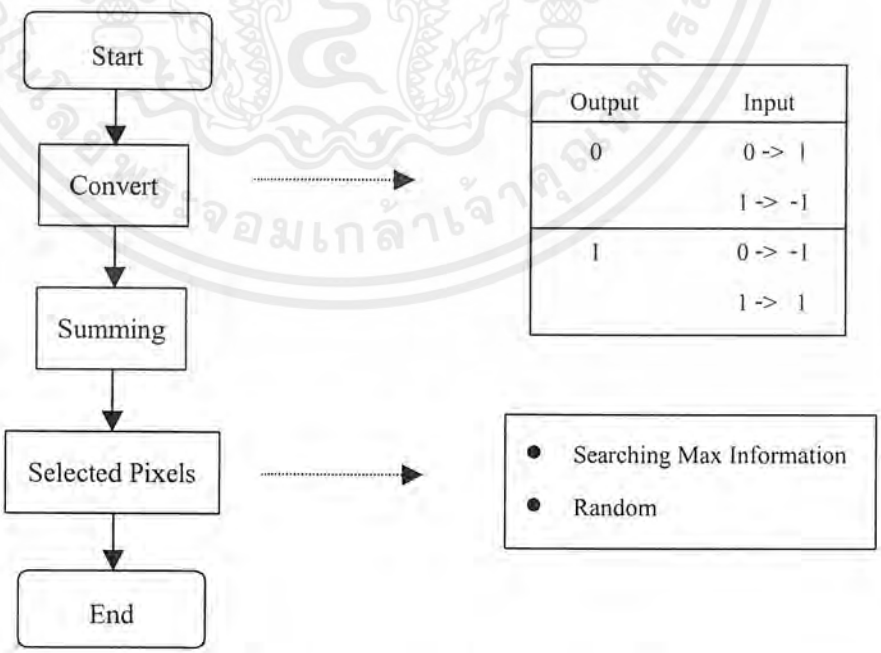
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระบวนการเรียนรู้(Training)



รูปที่ 4.3 กระบวนการการเรียนรู้(Training)

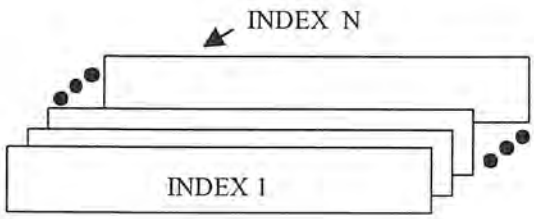
- Optimization เป็นวิธีที่ใช้ในการเลือกตำแหน่งของภาพที่มีความสำคัญก่อนนำไปสร้าง GRAM

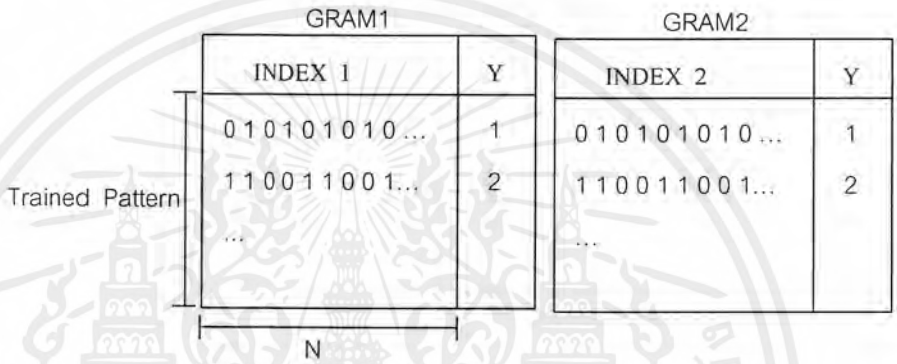


รูปที่ 4.4 แสดงขบวนการ Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

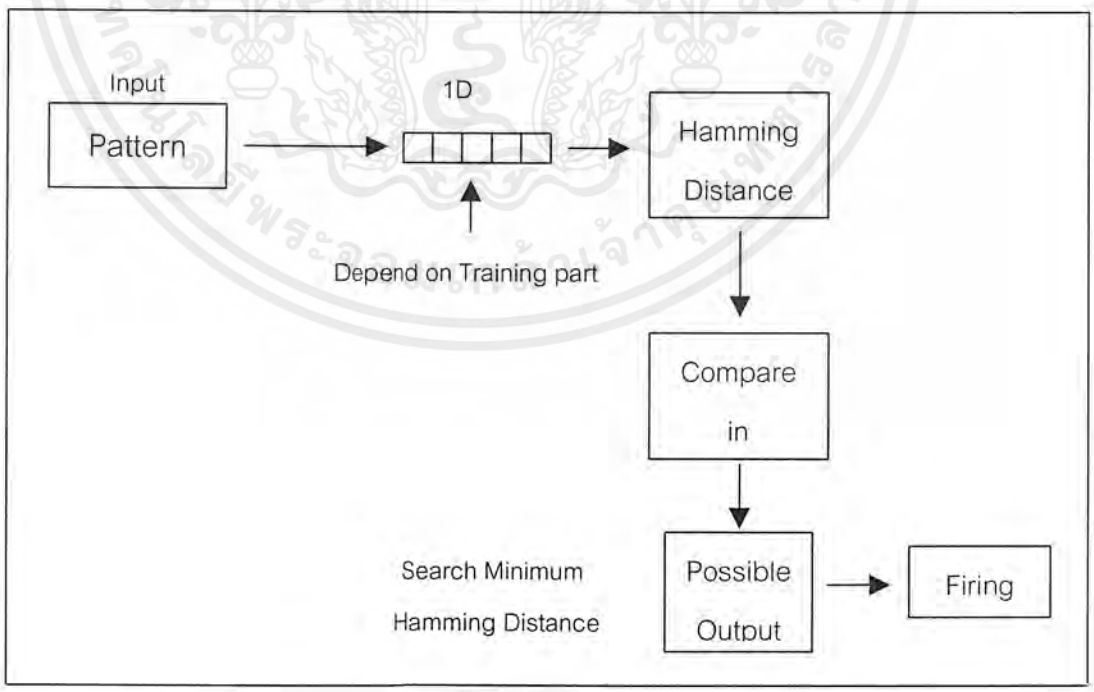
- GRAM เป็นส่วนของหน่วยความจำที่เก็บค่าการเรียนรู้เอาไว้





รูปที่ 4.5 แสดงขบวนการสร้าง GRAM

2. การเรียกคืน(Recall)



รูปที่ 4.6 แสดงขบวนการเรียกคืน (Recall)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

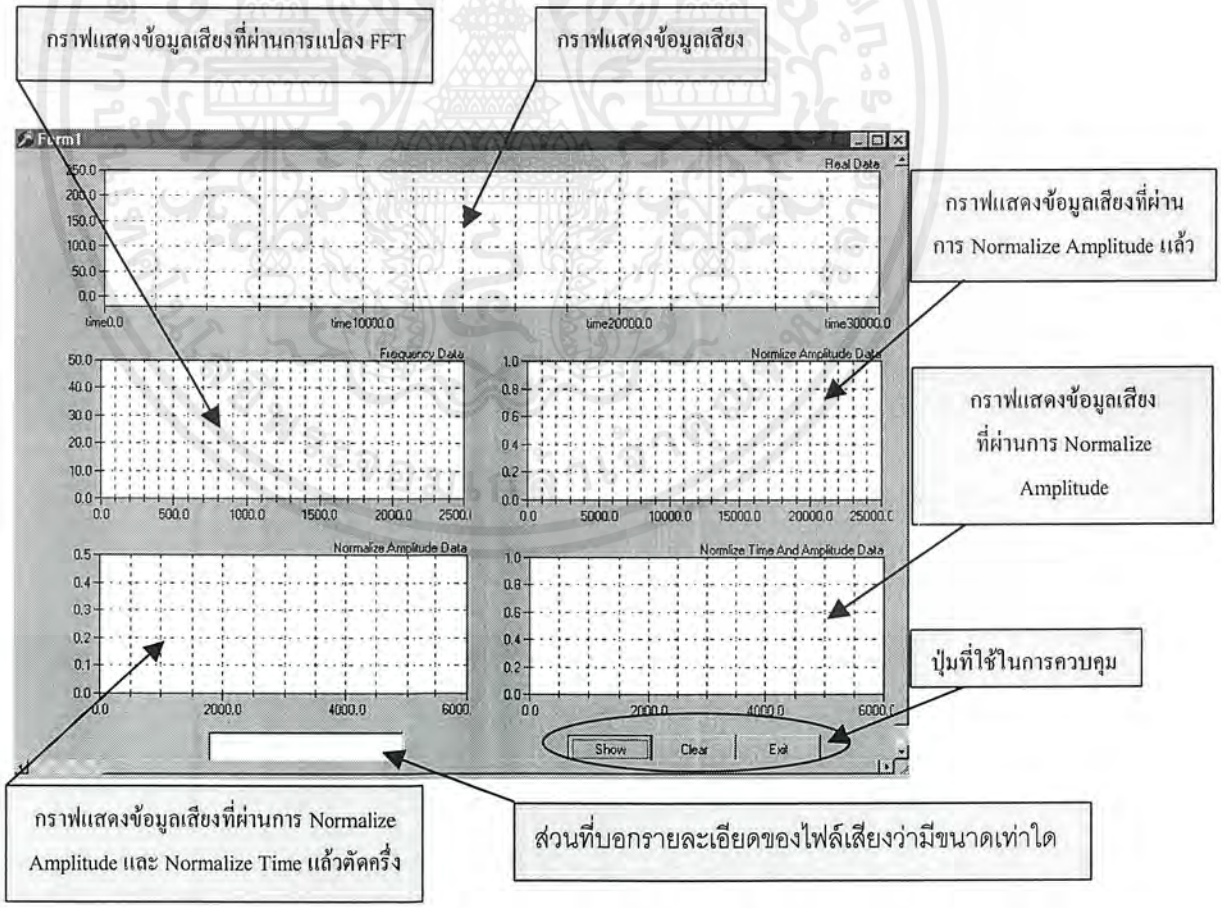
- Hamming Distance ใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลที่ป้อนเข้ามากับข้อมูลที่มีอยู่ใน GRAM
- Voting Rule เป็นการโหวตก่อนที่จะ Firing ในกรณีที่ใช้ Parallel Node

4.4 ขั้นตอนการทำการทดลอง

ขั้นแรกนั้น เราจะนำกราฟที่ได้จากส่วนของการทำปรีโปรเซสซิ่งเสียงละ 3 กราฟ คือ

- กราฟแสดงข้อมูลเสียงที่ผ่านการแปลง FFT
- กราฟแสดงข้อมูลเสียงที่ผ่านการทำ Normalize Amplitude และ Normalize Time แล้วตัดครึ่ง
- กราฟแสดงข้อมูลเสียงที่ผ่านการทำ Normalize Amplitude และ Normalize Time แล้ว

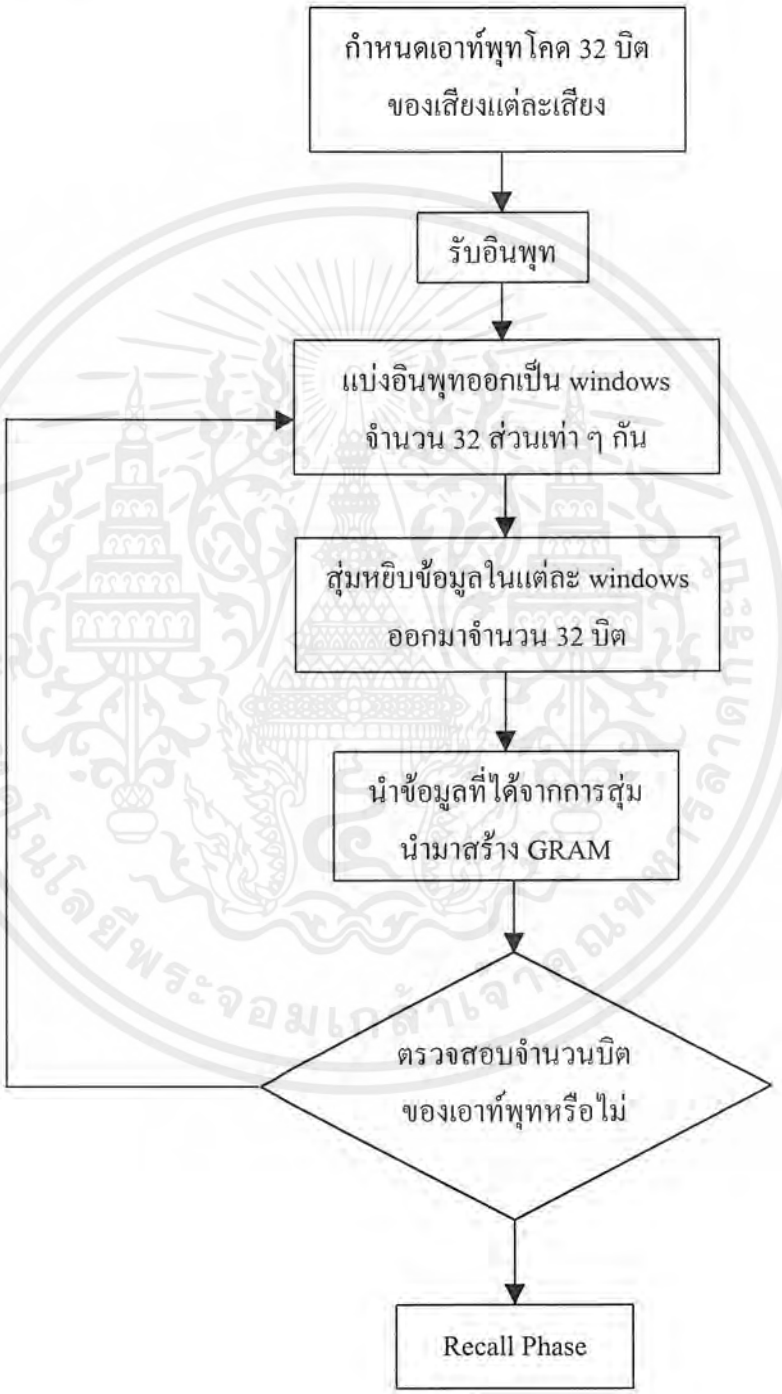
ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ใน Form ของโปรแกรมในส่วนของปรีโปรเซสซิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

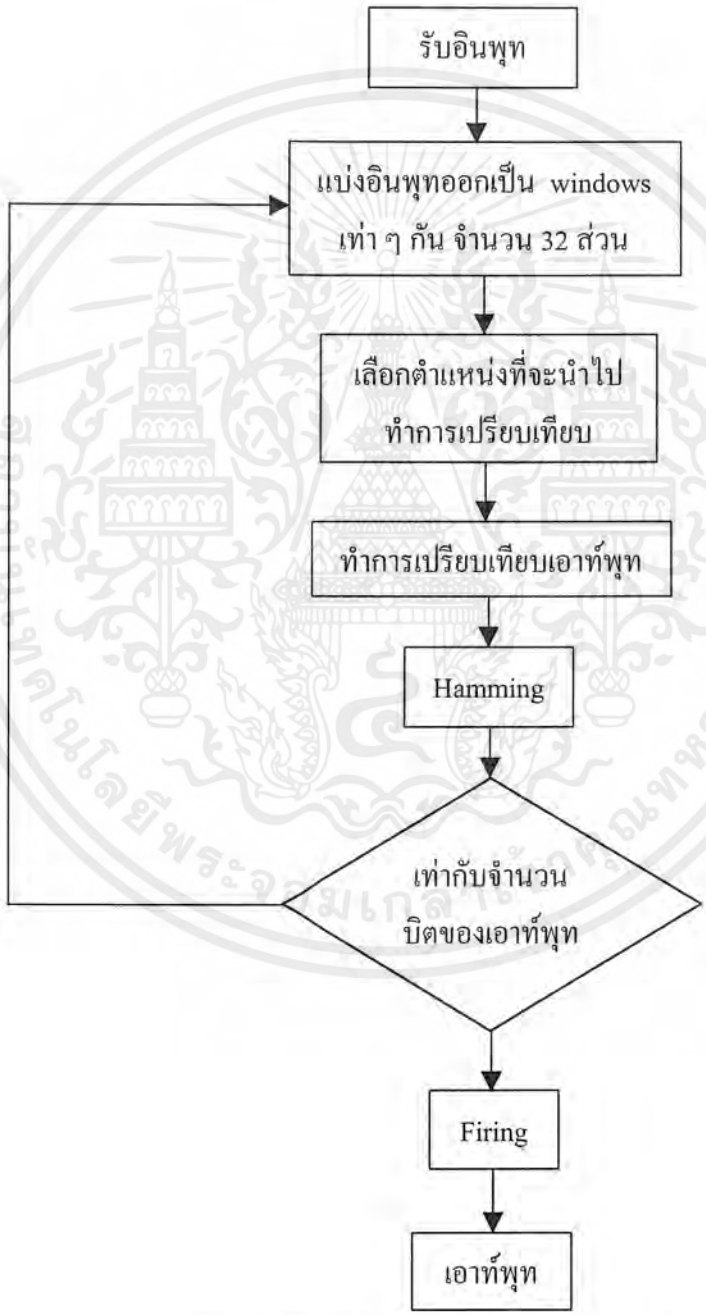
จากนั้นในแต่ละกราฟจะทำการแบ่ง windows ออกเป็น 32 ส่วนเท่า ๆ กัน เนื่องจากเราใช้ดิจิตอลนิวรอลแบบการกำหนดเอาท์พุทโคด 32 บิต แล้วทำการสร้างส่วนของขบวนการเทรนนิ่ง ดังแสดงใน Flow chart ดังนี้



รูปที่ 4. 8 แสดง Flow chart ของขบวนการเทรนนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากเสร็จจากขบวนการเทรนนิ่งแล้วเราจะได้ GRAM ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เก็บค่าการเรียนรู้เอาไว้ โดยหลักการสร้าง GRAM นั้นได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นของบทนี้ ดังนั้นหลังจากนี้จะเป็นขบวนการเรียกคืน(Recall) เพื่อทำการตรวจสอบว่านิวรอลตัวนี้จำได้หรือไม่ โดยการรับอินพุทที่เป็นเสียงใดเสียงหนึ่งเข้ามาผ่านขบวนการปรีโปรเซสซิ่งก่อน แล้วค่อยเข้าสู่ขบวนการการเรียกคืน(Recall) ดังแสดงใน Flow chart ดังนี้



รูปที่ 4.9 แสดง Flow chart ของขบวนการเรียกคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

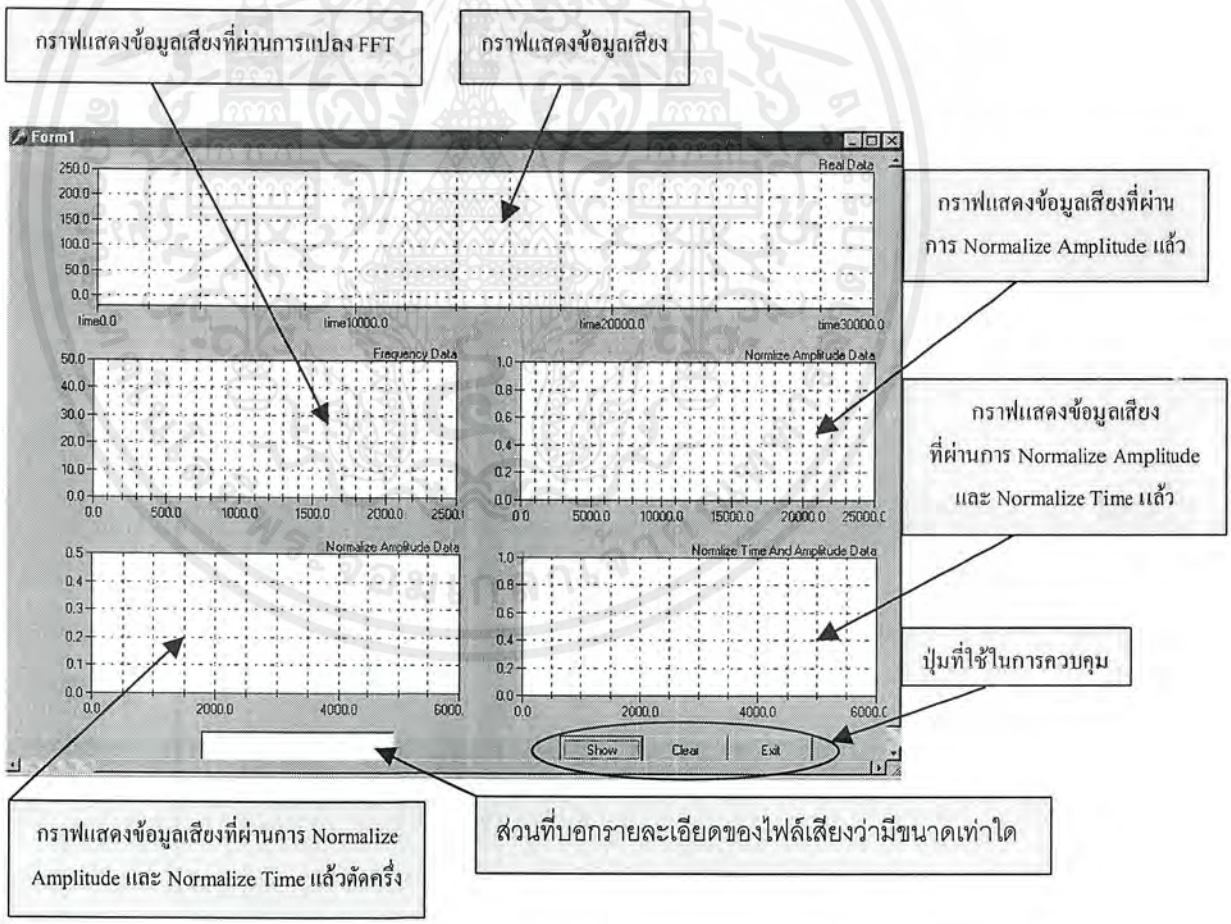
บทที่ 5

ผลการทดลอง สรุปและวิจารณ์

จากวิธีการทดลองในบทที่ผ่านมา สามารถแยกแยะและรู้จำข้อมูลได้อย่างถูกต้องโดยมีผลการทดลอง ดังนี้

5.1 ผลการทดลองในส่วนปรีโปรเซสซิ่ง

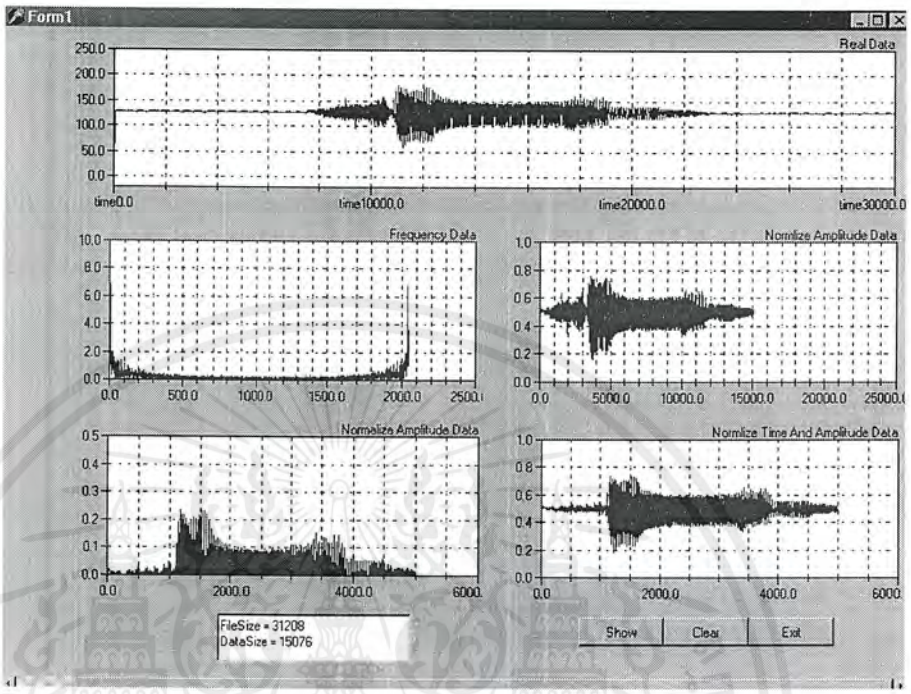
เมื่อนำเสียงพูดมาวิเคราะห์ตามกระบวนการในส่วนของปรีโปรเซสซิ่งที่กล่าวมาข้างต้นแล้วได้ผลดังต่อไปนี้ โดยที่มีรายละเอียดต่างใน Form ของโปรแกรมดังนี้



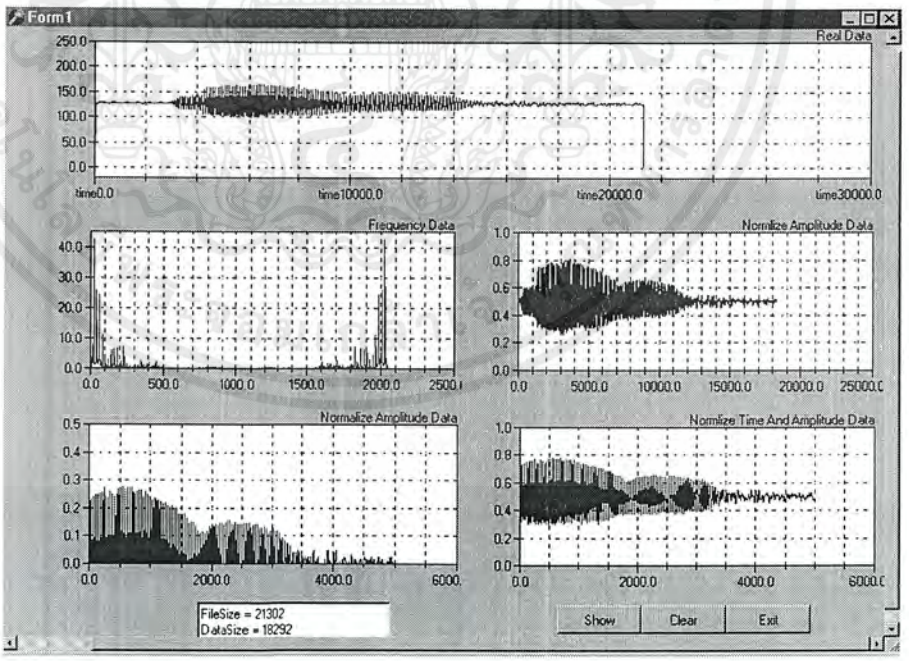
รูปที่ 5.1 แสดงรายละเอียดต่างๆใน Form ของโปรแกรมในส่วนปรีโปรเซสซิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการใส่ข้อมูลเสียง “ศูนย์” ถึงเสียง “เก้า” เข้าไปในโปรแกรม ได้ผลดังรูปต่อไปนี้

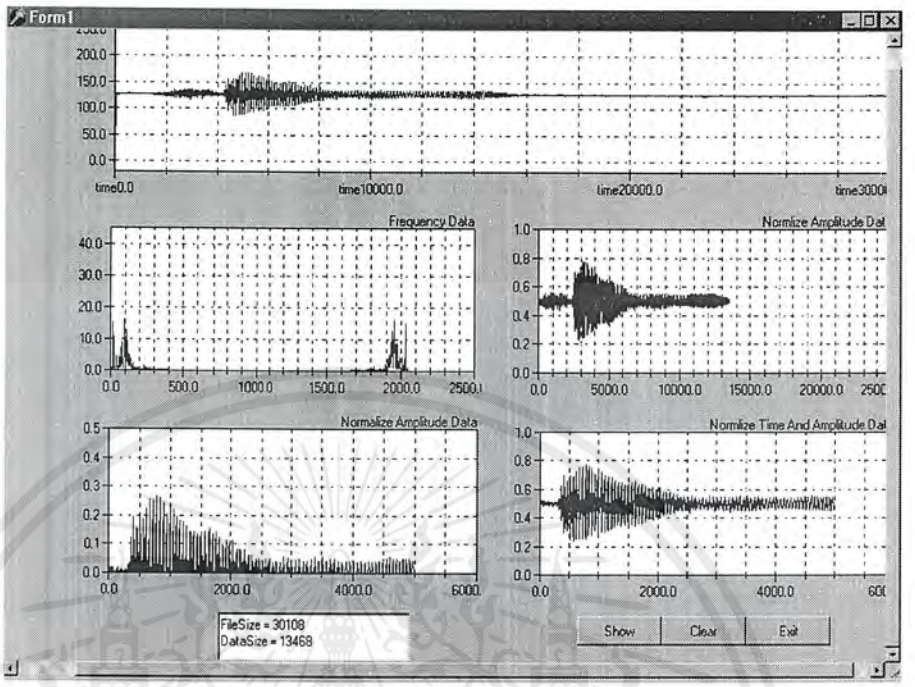


รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “ศูนย์”

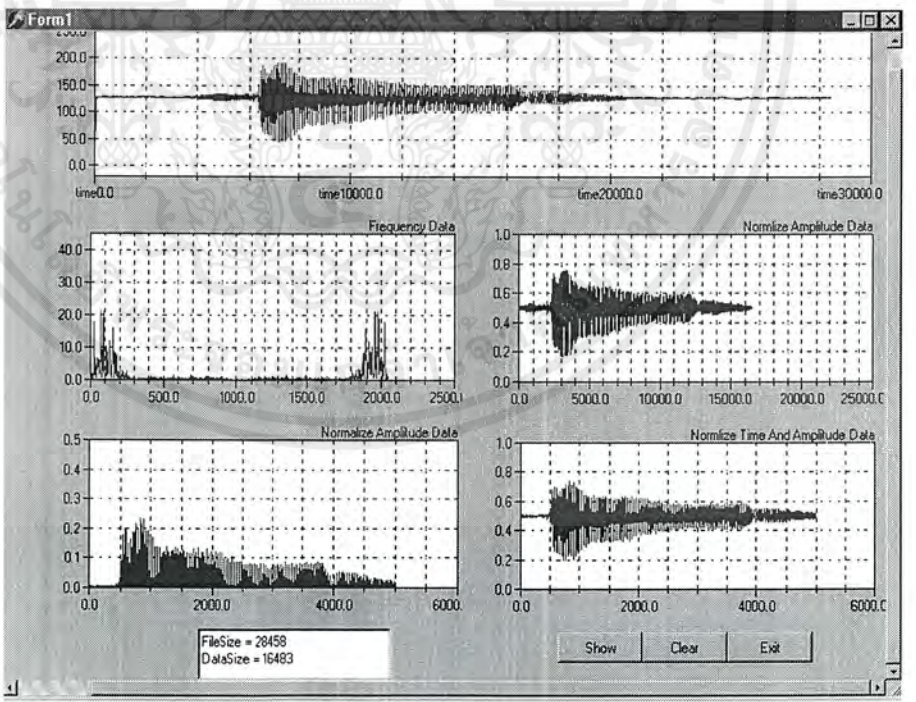


รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “หนึ่ง”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

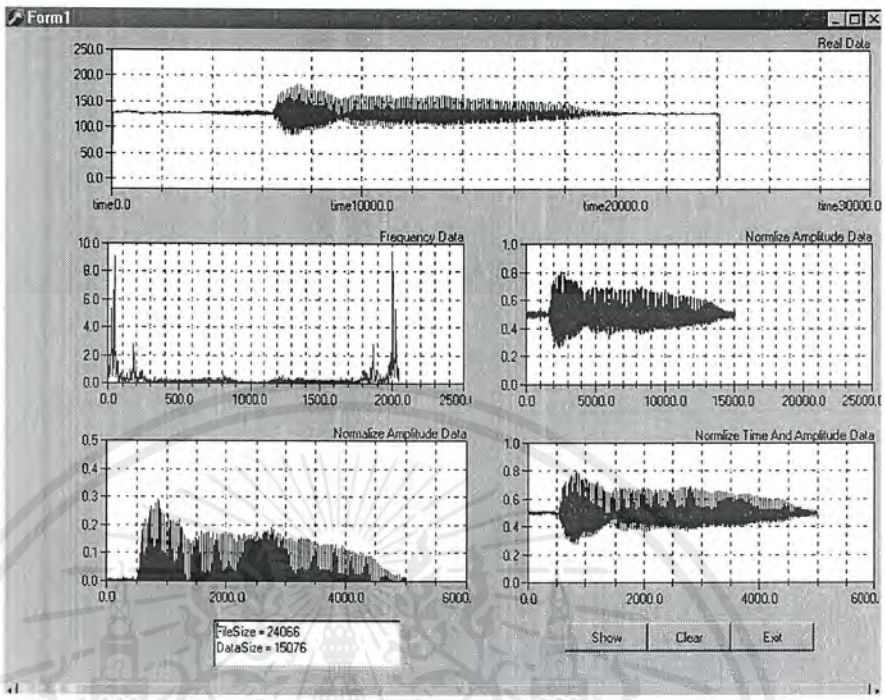


รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “สอง”

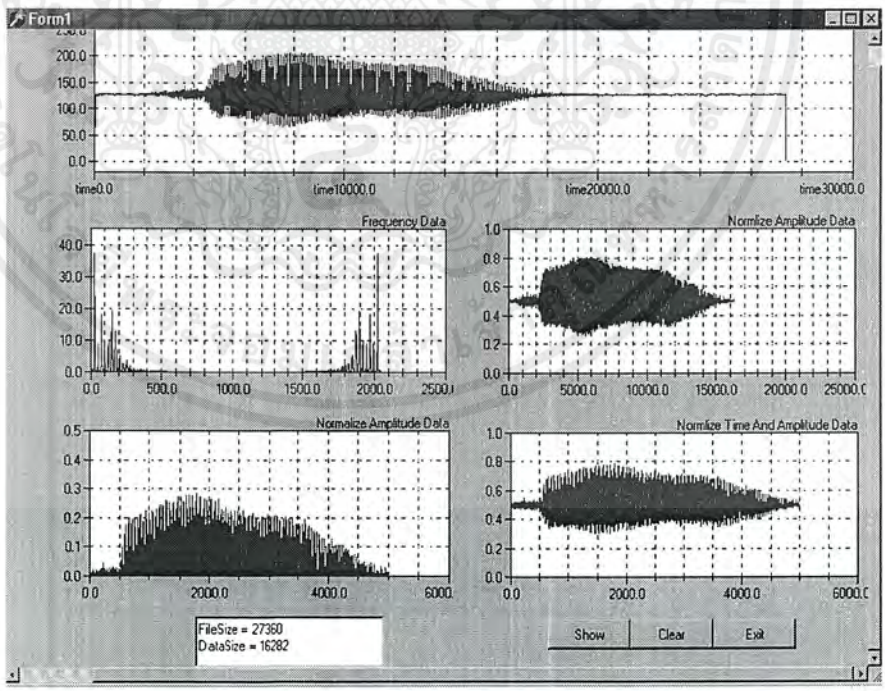


รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “สาม”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

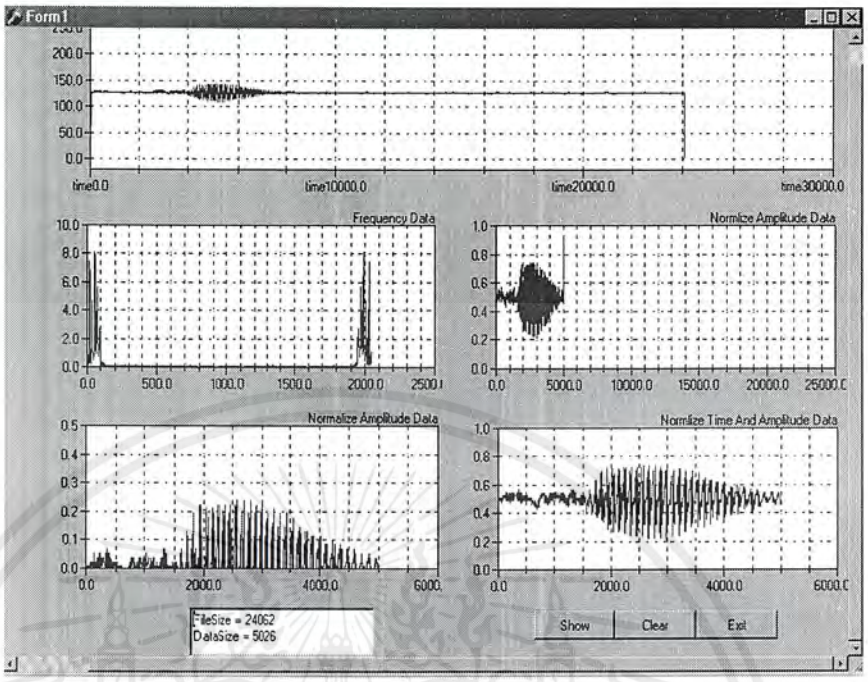


รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “สี่”

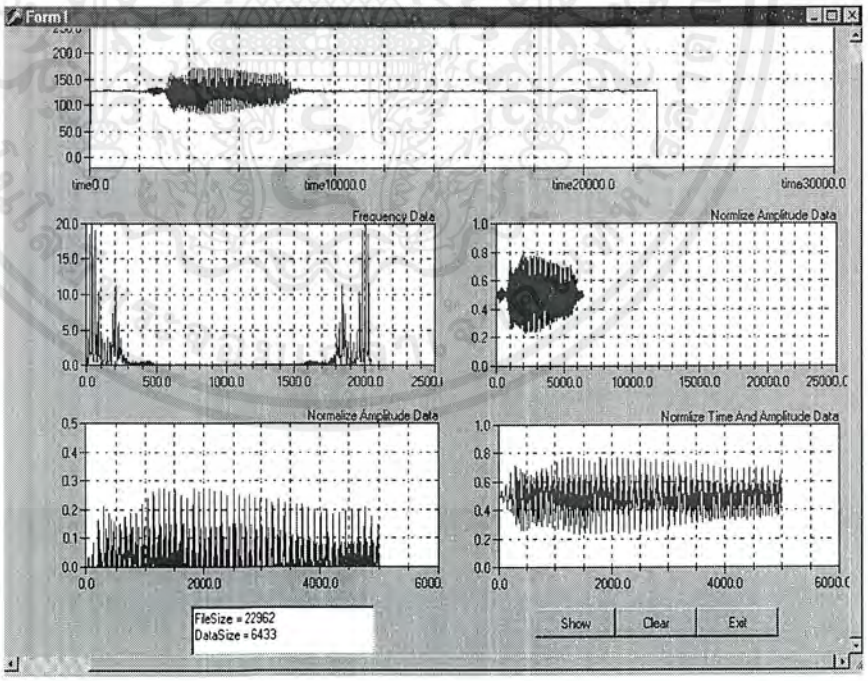


รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “ห้า”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

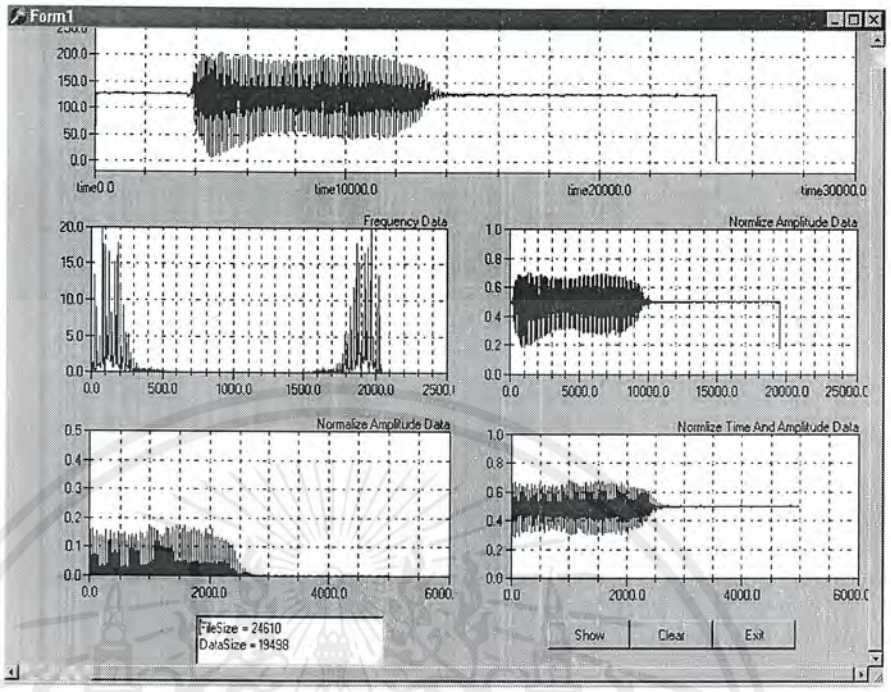


รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “หก”

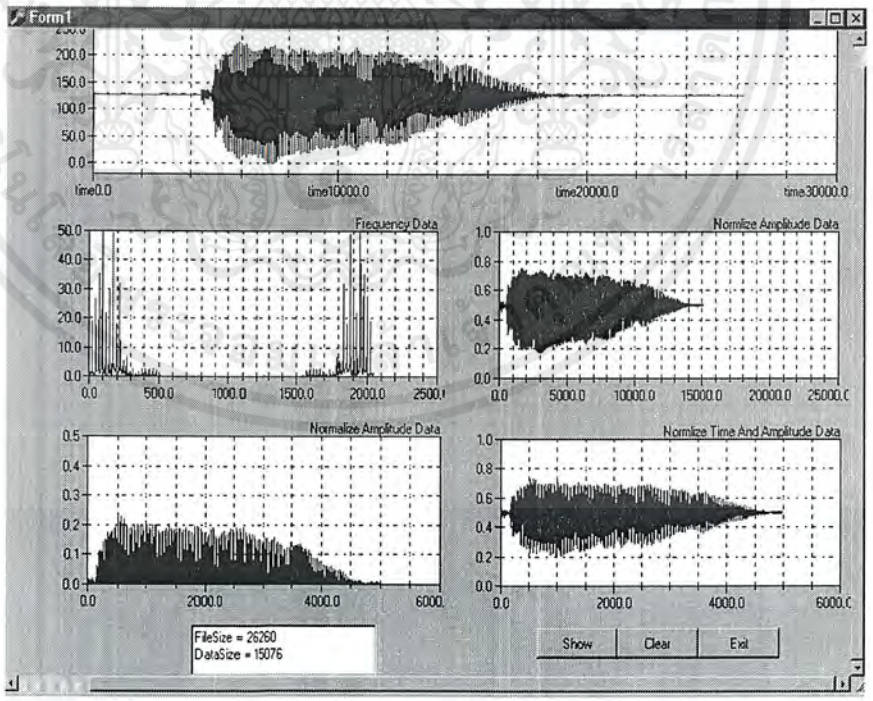


รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “เจ็ด”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “แปด”



รูปที่ 5.11 แสดงสัญญาณเสียงพูดของคำว่า “เก้า”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองในส่วนของการรู้จำ

จากวิธีการทดลองในบทที่ผ่านมา เรากำหนดเอาท์พุทเป็น Output Code จำนวน 32 บิต โดยมีอินพุทเป็นเสียงตั้งแต่เสียง "0" ถึง "9" และผ่านการทำขบวนการปรีโปรเซสซิ่งแล้ว จะได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองเมื่อมีจำนวน Data Base 10 ชุด

ครั้งที่ / เลข	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
1	1	1	7	1	1	1	1	5	1	1
2	2	2	4	2	3	0	2	4	2	2
3	3	3	3	4	0	3	3	4	3	3
4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	4
5	9	9	1	5	1	1	9	1	5	5
6	8	6	6	7	6	8	6	6	6	6
7	8	7	7	7	8	6	7	7	8	7
8	8	8	8	6	1	1	8	8	8	6
9	1	5	9	9	9	9	5	9	9	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองเมื่อมีจำนวน Data Base 20 ชุด

ครั้งที่ / เลข	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1
2	0	2	0	2	2	2	2	3	2	4
3	3	4	2	3	3	3	2	2	3	3
4	4	4	4	0	0	4	4	0	4	4
5	5	5	5	1	9	5	5	5	1	9
6	6	6	6	8	6	7	6	8	6	6
7	8	7	7	7	7	6	7	7	6	7
8	8	8	8	1	8	8	8	8	6	6
9	9	9	9	5	9	9	9	1	9	9

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองเมื่อมีจำนวน Data Base 50 ชุด

ครั้งที่ / เลข	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
1	1	1	7	1	1	1	1	5	1	1
2	2	2	4	2	2	0	2	2	2	2
3	3	3	3	3	0	3	3	4	3	3
4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4
5	5	9	5	5	5	1	5	5	5	5
6	8	6	6	7	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	7
8	8	8	8	6	8	1	8	8	8	6
9	1	9	9	9	9	9	5	9	9	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากหลักการที่ได้กล่าวไปแล้วว่าโครงสร้างของ Feed Forward Backpropagation นั้นค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งจะมี Hidden layer ที่มีอยู่ด้วยกันหลายชั้น และมี Hidden Node ในแต่ละ Hidden layer อีกดังนั้นหลังการเรียนรู้ ต้องมีการ Pruning อีกครั้งเพื่อเป็นการลด Hidden Node ที่ไม่จำเป็นออกเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพขึ้น แต่ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบดิจิตอล ที่ใช้จะเป็น Single layer และจะทำการ Optimization ก่อนการเรียนรู้ดังนั้นจึงทำให้ใช้เวลาในการเรียนรู้น้อยและยังคงประสิทธิภาพในการทำงานอยู่

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเราทำการบันทึก Data base หรือมีการเทรนนิ่งเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เอาท์พุทที่ได้ถูกต้องมากขึ้น หรือโปรแกรมจำได้มากขึ้นนั่นเอง ซึ่งส่วนที่เกิดการผิดพลาดนั้นเกิดขึ้นจาก ในการทำการทดลองนี้เราใช้วิธีของการ Voting Rule ซึ่งเป็นการโหวตก่อนที่จะทำขบวนการ Firing โดยเป็นกรณีที่ใช้ใน Parallel node ซึ่งในที่นี้ใช้การโหวตการกราฟของ FFT และกราฟ Time 2 กราฟ แต่จากผลการทดลองในส่วนของปรีโปรเซสซิ่งนั้นพบว่า กราฟของ Time ของแต่ละเสียงนั้นคล้ายกัน ดังนั้นนี้จึงสาเหตุของการเกิดการผิดพลาดนั่นเอง และอีกสาเหตุหนึ่ง คือเกิดจากเสียงของการเสียดสีฟัน หรือก็คือ พารามิเตอร์ของเสียงก้อง และเสียงไม่ก้องนั่นเอง

ดังนั้นวิธีการแก้ไขสามารถ ทำได้โดยการกำหนดให้อินพุทของดิจิตอลนิวรอลนั้น มีพารามิเตอร์ของการแยกเสียงก้องและเสียงไม่ก้องด้วย ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการจำดีขึ้นอีกนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. NECTEC , สาร NECTEC ฉบับเดือน กรกฎาคม – กันยายน 2538 , หน้า 19 – 38
2. นาย ไพศาล ธรรมโพธิทอง , วิทยานิพนธ์เรื่อง "ระบบการรับรู้เสียงพูดแบบต่างบุคคล" โดย นาย ไพศาล ธรรมโพธิทอง , นิสิตวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พุทธศักราช 2533
3. นาย เสรี ปานซาง , วิทยานิพนธ์เรื่อง "การรู้จำเสียงพูดคำไทยแบบไม่ขึ้นกับผู้พูดด้วยนิวรอลเน็ตเวร์ค" โดย นาย เสรี ปานซาง , นักศึกษาวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. KITJAIDURE YUTTANA , The General Neural unit Aspect of sequence recognition , PhD Thesis , Department of Electrical and Electronic Engineering. Imperial college of Science , Technology and Medicine , University of London(1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปรีโปรเซสซิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit read09;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, RChart, Fourier;

type
  TForm1 = class(TForm)
    btnShow: TButton;
    btnClear: TButton;
    btnExit: TButton;
    Detail: TMemo;
    RChart1: TRChart;
    RChart2: TRChart;
    RChart3: TRChart;
    RChart4: TRChart;
    FFT: TFastFourier;
    RChart5: TRChart;
    procedure btnShowClick(Sender: TObject);
    procedure btnExitClick(Sender: TObject);
    procedure btnClearClick(Sender: TObject);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1                                    : TForm1;
  f                                        : file of byte;
  f1                                       : file of boolean;
  ftime1,ftime2                            : file of boolean;
  size                                     : longint;
  i,j,n,m,a,b,c,d,h,FramePeriod  : integer;
CutSize,r,z,Stop,k               : integer;
  S                                        : string;
  OP01                                     : array of byte;
  Max,Max01,Min01,x,sum,sum01,xbar,sum02   : real;
  Min,diff,diff01                          : real;
  Norm,NormMax,NormMin,y                   : real;
  NormAmp,CosIndex,CosValue,W              : array[1..100000] of Real;
  Show1                                    : array[1..100000] of String[8];
  Test,Test01,NormTime,Test02,t            : array[1..100000] of Real;
  test03,test04,test05                     : array[1..100000] of Real;
  fftsound                                 : array[0..9,1..256] of real;
  filenamewav                              : array[0..9] of string[20];
  filenamefft                              : array[0..9] of string[20];
  filenametime1,filenametime2              : array[0..9] of string[20];
  buffer                                   : byte;
  buffer1                                  : boolean;
  time                                     : array[1..50,1..15000] of boolean;
  timebuffer                               : byte;

implementation

{$R *.DFM}

procedure TForm1.btnShowClick(Sender: TObject);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin

//////////////////////// File Database of File "0" to "9" ////////////////////

     filenamewav[0]:='sound0_100.wav';
     filenamewav[1]:='sound1_100.wav';
     filenamewav[2]:='sound2_100.wav';
     filenamewav[3]:='sound3_100.wav';
     filenamewav[4]:='sound4_100.wav';
     filenamewav[5]:='sound5_100.wav';
     filenamewav[6]:='sound6_100.wav';
     filenamewav[7]:='sound7_100.wav';
     filenamewav[8]:='sound8_100.wav';
     filenamewav[9]:='sound9_100.wav';

     filenamefft[0]:='sound0_100.fft';
     filenamefft[1]:='sound1_100.fft';
     filenamefft[2]:='sound2_100.fft';
     filenamefft[3]:='sound3_100.fft';
     filenamefft[4]:='sound4_100.fft';
     filenamefft[5]:='sound5_100.fft';
     filenamefft[6]:='sound6_100.fft';
     filenamefft[7]:='sound7_100.fft';
     filenamefft[8]:='sound8_100.fft';
     filenamefft[9]:='sound9_100.fft';}

     filenametime1[0]:='sound0_100.time';
     filenametime1[1]:='sound1_100.time';
     filenametime1[2]:='sound2_100.time';
     filenametime1[3]:='sound3_100.time';
     filenametime1[4]:='sound4_100.time';
     filenametime1[5]:='sound5_100.time';
     filenametime1[6]:='sound6_100.time';
     filenametime1[7]:='sound7_100.time';
     filenametime1[8]:='sound8_100.time';
     filenametime1[9]:='sound9_100.time';

     filenametime2[0]:='sound0_100.half';
     filenametime2[1]:='sound1_100.half';
     filenametime2[2]:='sound2_100.half';
     filenametime2[3]:='sound3_100.half';
     filenametime2[4]:='sound4_100.half';
     filenametime2[5]:='sound5_100.half';
     filenametime2[6]:='sound6_100.half';
     filenametime2[7]:='sound7_100.half';
     filenametime2[8]:='sound8_100.half';
     filenametime2[9]:='sound9_100.half';

     for j:=0 to 0 do
     begin
          AssignFile(f,filenamewav[j]);
          Reset(f);
          Size:=FileSize(f);
          SetLength(op01,Size);
          for n:=0 to Size-1 do
          begin
               read(f,OP01[n]);
          end;

          RChart2.ClearGraf;
          RChart2.DataColor:=clBlue;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          RChart2.MoveTo(0,0);
          for n:=60 to Size-1 do
          begin
               if (op01[n]<125) or (op01[n]>130) then test[n]:=op01[n]
               else test[n]:=0;
               RChart2.DrawTo(n,op01[n]);
          end;
          RChart2.ShowGraf;

// test ja //

          m:=0;
          h:=60;
          i:=260;
          d:=50000;
          FramePeriod:=201;
          while (h<=Size-200) and (i<=Size-1) do
          begin
               sum:=0;
               for n:=h to i do
               begin
                    x:=test[n];
                    sum:=sum+x;
               end;
               if (sum>500)then {for test}
               begin
                    if h<d then d:=h else d:=d;
                    for c:=h to h+200 do
                    begin
                         m:=c;
                    end;
               end;
               h:=h+FramePeriod;
               i:=i+FramePeriod;
               sum:=0;
          end;

          CutSize:=1;
          for a:=d to m do
          begin
               test01[CutSize]:=op01[a];
               CutSize:=CutSize+1;
          end;
          Detail.Text:=Detail.Text+'FileSize = '+inttostr(Size)+chr(13)+chr(10)
                    +'DataSize = '+inttostr(CutSize)+chr(13)+chr(10);

// Find max-min //

          Max:=0;
          Min:=1000;
          for a:=1 to CutSize do
          begin
               b:=a+1;
               if test01[a]<>test01[b] then
               begin
                    if (test01[a]>test01[b])and(test01[a]>Max)and(test01[b]<Min)
                    then
                    begin
                         Max:=test01[a];
                         Min:=test01[b];
                    end;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    if (test01[a]<test01[b])and(test01[b]>Max)and(test01[a]<Min)
                    then
                    begin
                         Max:=test01[b];
                         Min:=test01[a];
                    end;
                    if (test01[a]<Max)and(test01[b]<Max)then Max:=Max;
                    if (test01[a]>Min)and(test01[b]>Min)then Min:=Min;
               end
               else
               begin
                    if test01[a]>Max then Max := test01[a];
                    if test01[a]<Min then Min := test01[a];
               end;
          end;
          diff:=Max-Min;

// Find sum //

          sum:=0;
          for n:=1 to CutSize do
          begin
               x := test01[n];
               sum := sum+x;
          end;
          Norm:=(sum/CutSize);

// Find norm //

          RChart4.ClearGraf;
          RChart4.DataColor:=clBlue;
          RChart4.MoveTo(0,0);
          for n:=1 to CutSize do
          begin
               Test02[n] := test01[n];
               Test02[n] :=(((Test02[n]-Norm)/diff)+1)/2;
               RChart4.DrawTo(n,test02[n]);
          end;
          RChart4.ShowGraf;

          for b:=1 to FFT.SpectrumSize do
          begin
               FFT.RealSpec[b]:=op01[d];
               d:=d+1;
          end;
          FFT.Transform;

          for b:=1 to (FFT.SpectrumSize div 2) do
          begin
               test04[b]:=FFT.Magnitude[b];
          end;

// Find max01-min01 //

          Max01:=0;
          Min01:=1000;
          for a:=1 to (FFT.SpectrumSize div 2) do
          begin
               b:=a+1;
               if test04[a]<>test04[b] then
               begin
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    if (test04[a]>test04[b])and(test04[a]>Max01)and(test04[b]<Min01) then
                    begin
                         Max01:=test04[a];
                         Min01:=test04[b];
                    end;
                    if (test04[a]<test04[b])and(test04[b]>Max01)and(test04[a]<Min01) then
                    begin
                         Max01:=test04[b];
                         Min01:=test04[a];
                    end;
                    if (test04[a]<Max01)and(test04[b]<Max01)then Max01:=Max01;
                    if (test04[a]>Min01)and(test04[b]>Min01)then Min01:=Min01;
               end
               else
               begin
                    if test04[a]>Max01 then Max01 := test04[a];
                    if test04[a]<Min01 then Min01 := test04[a];
               end;
          end;
          diff01:=Max01-Min01;

          RChart1.ClearGraf;
          RChart1.DataColor:=clBlue;
          RChart1.MoveTo(FFT.FreqOfLine(1,0.001),0);
          for b:=1 to (FFT.SpectrumSize div 2 ) do
          begin
               test04[b]:=(test01[b]/diff01);
               RChart1.DrawTo(b,test04[b]);
          end;
          RChart1.ShowGraf;

// Compress data //

          if cutsize>5000 then
          begin
               sum:=0;
               r:=(CutSize div 5000);
               h:=(CutSize div 2);
               i:=h+r-1;
               FramePeriod:=r;
               for m:=2501 to 5000 do
               begin
                    for n:=h to i do
                    begin
                         x:=test02[n];
                         sum:=sum+x;
                    end;
                    test03[m]:=(sum/r);
                    h:=h+FramePeriod;
                    i:=i+FramePeriod;
                    sum:=0;
               end;

               sum:=0;
               r:=(CutSize div 5000);
               h:=(CutSize div 2);
               i:=h-r+1;
               FramePeriod:=r;
               for m:=2500 downto 1 do
               begin
                    for n:=h downto i do
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
             x:=test02[n];
             sum:=sum+x;
        end;
        test03[m]:=(sum/r);
        h:=h-FramePeriod;
        i:=i-FramePeriod;
        sum:=0;
   end;

   RChart5.ClearGraf;
   RChart5.DataColor:=clBlue;
   RChart5.MoveTo(0,0);
   for z:=1 to 5000 do
   begin
        RChart5.DrawTo(z,test03[z]);
   end;
   RChart5.ShowGraf;
   CloseFile(f);
   end
   else
   begin
        n:=1;
        k:=1+(5000 div CutSize);
        for m:=1 to 5000 do
        begin
             for a:=1 to k do
             begin
                  t[n]:=test02[m];
                  n:=n+1;
             end;
        end;
   sum:=0;
   r:=k;
   h:=((k*5000) div 2);
   i:=h+r-1;
   FramePeriod:=r;

   for m:=2501 to 5000 do
   begin
        for n:=h to i do
        begin
             x:=t[n];
             sum:=sum+x;
        end;
        test03[m]:=(sum/r);
        h:=h+FramePeriod;
        i:=i+FramePeriod;
        sum:=0;
   end;

   sum:=0;
   r:=k;
   h:=((k*5000)div 2);
   i:=h-r+1;
   FramePeriod:=r;

   for m:=2500 downto 1 do
   begin
        for n:=h downto i do
        begin
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    x:=t[n];
                    sum:=sum+x;
                end;
                test03[m]:=(sum/r);
                h:=h-FramePeriod;
                i:=i-FramePeriod;
                sum:=0;
            end;

            sum02:=0;
            RChart5.ClearGraf;
            RChart5.DataColor:=clBlue;
            RChart5.MoveTo(0,0);
            for z:=1 to 5000 do
            begin
                RChart5.DrawTo(z,test03[z]);
                sum02:=sum02+test03[z];
            end;
            RChart5.ShowGraf;
            CloseFile(f);
        end;

// TEST //

        RChart3.ClearGraf;
        RChart3.DataColor:=clBlue;
        RChart3.MoveTo(0,0);
        for n:=1 to 5000 do
        begin
            if ((test03[n]>(sum02/5000))and(test03[n]>0.5))then
            begin
                test05[n]:=test03[n];
                Test05[n]:=(Test05[n]-0.5);
                RChart3.DrawTo(n,test05[n]);
            end;
        end;
        RChart3.ShowGraf;

// Build File FFT //

        AssignFile(f1,filenamefft[j]);
        ReWrite(f1);
        for a:=1 to 50 do
        begin
            for b:=1 to 1024 do
            begin
                if(a >((test04[b]-0.5)*50)) then buffer1:=false
                                            else buffer1:=true;
                Write(f1,buffer1);
            end;
        end;
        CloseFile(f1);

// Build Fild Time //

        AssignFile(ftime1,filenametime1[j]);
        ReWrite(ftime1);
        for a:=1 to 50 do      // reset time array
        begin
            for b:=1 to 5000 do
                time[a][b] := false;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          end;

          for i:=1 to 5000 do    // set time array
          begin
              a := Round(test03[i]*50);
              if (a=0) then a:=1;
              b := i;
              time[a][b] := true;
          end;

          for a:=1 to 50 do     // write time array to file
          begin
               for b:=1 to 5000 do
                   Write(ftime1,time[a][b]);
          end;
          CloseFile(ftime1);

// Build Fild Half-Time //

          AssignFile(ftime2,filenametime2[j]);
          ReWrite(ftime2);
          for a:=1 to 50 do     // reset time array
          begin
               for b:=1 to 5000 do
                   time[a][b] := false;
          end;

          for i:=1 to 5000 do    // set time array
          begin
              a := Round(test05[i]*100);
              if (a=0) then a:=1;
              b := i;
              time[a][b] := true;
          end;

          for a:=1 to 50 do     // write time array to file
          begin
               for b:=1 to 5000 do
                   Write(ftime2,time[a][b]);
          end;
          CloseFile(ftime2);
     end;
end;

procedure TForm1.btnExitClick(Sender: TObject);
begin
     Application.Terminate;
end;

procedure TForm1.btnClearClick(Sender: TObject);
begin
     Detail.Clear;
     RChart1.ClearGraf;
     RChart2.ClearGraf;
     RChart3.ClearGraf;
     RChart4.ClearGraf;
     FFT.ClearImag;
end;

end.
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกระบวนการเทรนนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Memo1: TMemo;
    SHOW: TButton;
    CLEAR: TButton;
    procedure SHOWClick(Sender: TObject);
    procedure CLEARClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.DFM}

var
   new                                  : boolean;
   a,b,c,d,e                            : word;
   want,max,temp,temps,tempe,count      : word;
   buffer                               : boolean;
   buffer1                              : byte;
   bufferw                              : word;
   f                                    : file of boolean;
   f1                                   : file of byte;
   fw                                   : file of word;
   sum1                                 : array[1..1600] of shortint;
   sum2,sum3                            : array[1..7850] of shortint;
   Rd1                                  : array[1..1600] of word;
   Rd2,Rd3                              : array[1..7850] of word;
   output                               : array[1..10,1..32] of byte;
   Dis1                                 : array[1..32,1..1600] of word;
   Dis2,Dis3                            : array[1..32,1..7850] of word;
   Y1,Y2,Y3                             : array[1..500,1..1,1..32] of byte;
   Gram1,Gram2,Gram3,G1,G2,G3           : array[1..500,1..32,1..32] of byte;
   onedi1,Bi1                           : array[1..500,1..32,1..1600] of shortint;
   onedi2,onedi3,Bi2,Bi3                : array[1..500,1..32,1..7850] of shortint;
   select1,select2,select3              : array[1..32,1..32] of word;
   window1                          : array[1..500,1..32,1..50,1..32] of boolean;
   window2,window3                  : array[1..500,1..32,1..50,1..157] of boolean;
   input1                           : array[1..500,1..50,1..1024] of boolean;
   input2,input3                    : array[1..500,1..50,1..5000] of boolean;
   filenamefft                      : array[1..500] of string[50];
   filenametime                     : array[1..500] of string[50];
   filenamehalf                     : array[1..500] of string[50];
   filenameselect1,filenameselect2: string[50];
   filenameselect3                  : string[50];
   filenameGram1,filenameGram2,filenameGram3    : string[50];
   filenameY1,filenameY2,filenameY3             : string[50];

procedure TForm1.SHOWClick(Sender: TObject);
begin

//////////////////////////////// Binary output ////////////////////////////////

     for a:=1 to 32 do
     begin
          if (a<=16) then output[1,a]  := 1
                     else output[1,a]  := 0;
          if (a<=16) then output[2,a]  := 0
                     else output[2,a]  := 1;
          if odd(a)  then output[9,a]  := 1
                     else output[9,a]  := 0;
          if odd(a)  then output[10,a] := 0
                     else output[10,a] := 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for a:=1  to 8  do output[3,a] := 1;
    for a:=9  to 16 do output[3,a] := 0;
    for a:=17 to 24 do output[3,a] := 1;
    for a:=25 to 32 do output[3,a] := 0;

    for a:=1  to 8  do output[4,a] := 0;
    for a:=9  to 16 do output[4,a] := 1;
    for a:=17 to 24 do output[4,a] := 0;
    for a:=25 to 32 do output[4,a] := 1;

    for a:=1  to 4  do output[5,a] := 1;
    for a:=5  to 8  do output[5,a] := 0;
    for a:=9  to 12 do output[5,a] := 1;
    for a:=13 to 16 do output[5,a] := 0;
    for a:=17 to 20 do output[5,a] := 1;
    for a:=21 to 24 do output[5,a] := 0;
    for a:=25 to 28 do output[5,a] := 1;
    for a:=29 to 32 do output[5,a] := 0;

    for a:=1  to 4  do output[6,a] := 0;
    for a:=5  to 8  do output[6,a] := 1;
    for a:=9  to 12 do output[6,a] := 0;
    for a:=13 to 16 do output[6,a] := 1;
    for a:=17 to 20 do output[6,a] := 0;
    for a:=21 to 24 do output[6,a] := 1;
    for a:=25 to 28 do output[6,a] := 0;
    for a:=29 to 32 do output[6,a] := 1;

    for a:=1  to 2  do output[7,a] := 1;
    for a:=3  to 4  do output[7,a] := 0;
    for a:=5  to 6  do output[7,a] := 1;
    for a:=7  to 8  do output[7,a] := 0;
    for a:=9  to 10 do output[7,a] := 1;
    for a:=11 to 12 do output[7,a] := 0;
    for a:=13 to 14 do output[7,a] := 1;
    for a:=15 to 16 do output[7,a] := 0;
    for a:=17 to 18 do output[7,a] := 1;
    for a:=19 to 20 do output[7,a] := 0;
    for a:=21 to 22 do output[7,a] := 1;
    for a:=23 to 24 do output[7,a] := 0;
    for a:=25 to 26 do output[7,a] := 1;
    for a:=27 to 28 do output[7,a] := 0;
    for a:=29 to 30 do output[7,a] := 1;
    for a:=31 to 32 do output[7,a] := 0;

    for a:=1  to 2  do output[8,a] := 0;
    for a:=3  to 4  do output[8,a] := 1;
    for a:=5  to 6  do output[8,a] := 0;
    for a:=7  to 8  do output[8,a] := 1;
    for a:=9  to 10 do output[8,a] := 0;
    for a:=11 to 12 do output[8,a] := 1;
    for a:=13 to 14 do output[8,a] := 0;
    for a:=15 to 16 do output[8,a] := 1;
    for a:=17 to 18 do output[8,a] := 0;
    for a:=19 to 20 do output[8,a] := 1;
    for a:=21 to 22 do output[8,a] := 0;
    for a:=23 to 24 do output[8,a] := 1;
    for a:=25 to 26 do output[8,a] := 0;
    for a:=27 to 28 do output[8,a] := 1;
    for a:=29 to 30 do output[8,a] := 0;
    for a:=31 to 32 do output[8,a] := 1;

//////////////////////////////// Binary Input ////////////////////////////////

// File FFT //

    filenamefft[1]    :='sound0_1.fft';
    filenamefft[2]    :='sound0_2.fft';
    filenamefft[3]    :='sound0_3.fft';
    filenamefft[4]    :='sound0_4.fft';
    filenamefft[5]    :='sound0_5.fft';
    filenamefft[6]    :='sound0_6.fft';
    filenamefft[7]    :='sound0_7.fft';
    filenamefft[8]    :='sound0_8.fft';
    filenamefft[9]    :='sound0_9.fft';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamefft[11]  :='sound0_11.fft';
filenamefft[12]  :='sound0_12.fft';
filenamefft[13]  :='sound0_13.fft';
filenamefft[14]  :='sound0_14.fft';
filenamefft[15]  :='sound0_15.fft';
filenamefft[16]  :='sound0_16.fft';
filenamefft[17]  :='sound0_17.fft';
filenamefft[18]  :='sound0_18.fft';
filenamefft[19]  :='sound0_19.fft';
filenamefft[20]  :='sound0_20.fft';
filenamefft[21]  :='sound0_21.fft';
filenamefft[22]  :='sound0_22.fft';
filenamefft[23]  :='sound0_23.fft';
filenamefft[24]  :='sound0_24.fft';
filenamefft[25]  :='sound0_25.fft';
filenamefft[26]  :='sound0_26.fft';
filenamefft[27]  :='sound0_27.fft';
filenamefft[28]  :='sound0_28.fft';
filenamefft[29]  :='sound0_29.fft';
filenamefft[30]  :='sound0_30.fft';
filenamefft[31]  :='sound0_31.fft';
filenamefft[32]  :='sound0_32.fft';
filenamefft[33]  :='sound0_33.fft';
filenamefft[34]  :='sound0_34.fft';
filenamefft[35]  :='sound0_35.fft';
filenamefft[36]  :='sound0_36.fft';
filenamefft[37]  :='sound0_37.fft';
filenamefft[38]  :='sound0_38.fft';
filenamefft[39]  :='sound0_39.fft';
filenamefft[40]  :='sound0_40.fft';
filenamefft[41]  :='sound0_41.fft';
filenamefft[42]  :='sound0_42.fft';
filenamefft[43]  :='sound0_43.fft';
filenamefft[44]  :='sound0_44.fft';
filenamefft[45]  :='sound0_45.fft';
filenamefft[46]  :='sound0_46.fft';
filenamefft[47]  :='sound0_47.fft';
filenamefft[48]  :='sound0_48.fft';
filenamefft[49]  :='sound0_49.fft';
filenamefft[50]  :='sound0_50.fft';


filenamefft[51]  :='sound1_1.fft';
filenamefft[52]  :='sound1_2.fft';
filenamefft[53]  :='sound1_3.fft';
filenamefft[54]  :='sound1_4.fft';
filenamefft[55]  :='sound1_5.fft';
filenamefft[56]  :='sound1_6.fft';
filenamefft[57]  :='sound1_7.fft';
filenamefft[58]  :='sound1_8.fft';
filenamefft[59]  :='sound1_9.fft';
filenamefft[60]  :='sound1_10.fft';
filenamefft[61]  :='sound1_11.fft';
filenamefft[62]  :='sound1_12.fft';
filenamefft[63]  :='sound1_13.fft';
filenamefft[64]  :='sound1_14.fft';
filenamefft[65]  :='sound1_15.fft';
filenamefft[66]  :='sound1_16.fft';
filenamefft[67]  :='sound1_17.fft';
filenamefft[68]  :='sound1_18.fft';
filenamefft[69]  :='sound1_19.fft';
filenamefft[70]  :='sound1_20.fft';
filenamefft[71]  :='sound1_21.fft';
filenamefft[72]  :='sound1_22.fft';
filenamefft[73]  :='sound1_23.fft';
filenamefft[74]  :='sound1_24.fft';
filenamefft[75]  :='sound1_25.fft';
filenamefft[76]  :='sound1_26.fft';
filenamefft[77]  :='sound1_27.fft';
filenamefft[78]  :='sound1_28.fft';
filenamefft[79]  :='sound1_29.fft';
filenamefft[80]  :='sound1_30.fft';
filenamefft[81]  :='sound1_31.fft';
filenamefft[82]  :='sound1_32.fft';
filenamefft[83]  :='sound1_33.fft';
filenamefft[84]  :='sound1_34.fft';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamefft[86]  :='sound1_36.fft';
filenamefft[87]  :='sound1_37.fft';
filenamefft[88]  :='sound1_38.fft';
filenamefft[89]  :='sound1_39.fft';
filenamefft[90]  :='sound1_40.fft';
filenamefft[91]  :='sound1_41.fft';
filenamefft[92]  :='sound1_42.fft';
filenamefft[93]  :='sound1_43.fft';
filenamefft[94]  :='sound1_51.fft';
filenamefft[95]  :='sound1_45.fft';
filenamefft[96]  :='sound1_46.fft';
filenamefft[97]  :='sound1_47.fft';
filenamefft[98]  :='sound1_48.fft';
filenamefft[99]  :='sound1_49.fft';
filenamefft[100]  :='sound1_50.fft';

filenamefft[101]   :='sound2_1.fft';
filenamefft[102]   :='sound2_2.fft';
filenamefft[103]   :='sound2_3.fft';
filenamefft[104]   :='sound2_4.fft';
filenamefft[105]   :='sound2_5.fft';
filenamefft[106]   :='sound2_6.fft';
filenamefft[107]   :='sound2_7.fft';
filenamefft[108]   :='sound2_8.fft';
filenamefft[109]   :='sound2_9.fft';
filenamefft[110]  :='sound2_10.fft';
filenamefft[111]  :='sound2_11.fft';
filenamefft[112]  :='sound2_12.fft';
filenamefft[113]  :='sound2_13.fft';
filenamefft[114]  :='sound2_14.fft';
filenamefft[115]  :='sound2_15.fft';
filenamefft[116]  :='sound2_16.fft';
filenamefft[117]  :='sound2_17.fft';
filenamefft[118]  :='sound2_18.fft';
filenamefft[119]  :='sound2_19.fft';
filenamefft[120]  :='sound2_20.fft';
filenamefft[121]  :='sound2_21.fft';
filenamefft[122]  :='sound2_22.fft';
filenamefft[123]  :='sound2_23.fft';
filenamefft[124]  :='sound2_24.fft';
filenamefft[125]  :='sound2_25.fft';
filenamefft[126]  :='sound2_26.fft';
filenamefft[127]  :='sound2_27.fft';
filenamefft[128]  :='sound2_28.fft';
filenamefft[129]  :='sound2_29.fft';
filenamefft[130]  :='sound2_30.fft';
filenamefft[131]  :='sound2_31.fft';
filenamefft[132]  :='sound2_32.fft';
filenamefft[133]  :='sound2_33.fft';
filenamefft[134]  :='sound2_34.fft';
filenamefft[135]  :='sound2_35.fft';
filenamefft[136]  :='sound2_36.fft';
filenamefft[137]  :='sound2_37.fft';
filenamefft[138]  :='sound2_38.fft';
filenamefft[139]  :='sound2_39.fft';
filenamefft[140]  :='sound2_40.fft';
filenamefft[141]  :='sound2_41.fft';
filenamefft[142]  :='sound2_42.fft';
filenamefft[143]  :='sound2_43.fft';
filenamefft[144]  :='sound2_44.fft';
filenamefft[145]  :='sound2_45.fft';
filenamefft[146]  :='sound2_46.fft';
filenamefft[147]  :='sound2_47.fft';
filenamefft[148]  :='sound2_48.fft';
filenamefft[149]  :='sound2_49.fft';
filenamefft[150]  :='sound2_50.fft';


filenamefft[151]   :='sound3_1.fft';
filenamefft[152]   :='sound3_2.fft';
filenamefft[153]   :='sound3_3.fft';
filenamefft[154]   :='sound3_4.fft';
filenamefft[155]   :='sound3_5.fft';
filenamefft[156]   :='sound3_6.fft';
filenamefft[157]   :='sound3_7.fft';
filenamefft[158]   :='sound3_8.fft';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamefft[160]  :='sound3_10.fft';
filenamefft[161]  :='sound3_11.fft';
filenamefft[162]  :='sound3_12.fft';
filenamefft[163]  :='sound3_13.fft';
filenamefft[164]  :='sound3_14.fft';
filenamefft[165]  :='sound3_15.fft';
filenamefft[166]  :='sound3_16.fft';
filenamefft[167]  :='sound3_17.fft';
filenamefft[168]  :='sound3_18.fft';
filenamefft[169]  :='sound3_19.fft';
filenamefft[170]  :='sound3_20.fft';
filenamefft[171]  :='sound3_21.fft';
filenamefft[172]  :='sound3_22.fft';
filenamefft[173]  :='sound3_23.fft';
filenamefft[174]  :='sound3_24.fft';
filenamefft[175]  :='sound3_25.fft';
filenamefft[176]  :='sound3_26.fft';
filenamefft[177]  :='sound3_27.fft';
filenamefft[178]  :='sound3_28.fft';
filenamefft[179]  :='sound3_29.fft';
filenamefft[180]  :='sound3_30.fft';
filenamefft[181]  :='sound3_31.fft';
filenamefft[182]  :='sound3_32.fft';
filenamefft[183]  :='sound3_33.fft';
filenamefft[184]  :='sound3_34.fft';
filenamefft[185]  :='sound3_35.fft';
filenamefft[186]  :='sound3_36.fft';
filenamefft[187]  :='sound3_37.fft';
filenamefft[188]  :='sound3_38.fft';
filenamefft[189]  :='sound3_39.fft';
filenamefft[190]  :='sound3_40.fft';
filenamefft[191]  :='sound3_41.fft';
filenamefft[192]  :='sound3_42.fft';
filenamefft[193]  :='sound3_43.fft';
filenamefft[194]  :='sound3_44.fft';
filenamefft[195]  :='sound3_45.fft';
filenamefft[196]  :='sound3_46.fft';
filenamefft[197]  :='sound3_47.fft';
filenamefft[198]  :='sound3_48.fft';
filenamefft[199]  :='sound3_49.fft';
filenamefft[200]  :='sound3_50.fft';


filenamefft[201]   :='sound4_1.fft';
filenamefft[202]   :='sound4_2.fft';
filenamefft[203]   :='sound4_3.fft';
filenamefft[204]   :='sound4_4.fft';
filenamefft[205]   :='sound4_5.fft';
filenamefft[206]   :='sound4_6.fft';
filenamefft[207]   :='sound4_7.fft';
filenamefft[208]   :='sound4_8.fft';
filenamefft[209]   :='sound4_9.fft';
filenamefft[210]  :='sound4_10.fft';
filenamefft[211]  :='sound4_11.fft';
filenamefft[212]  :='sound4_12.fft';
filenamefft[213]  :='sound4_13.fft';
filenamefft[214]  :='sound4_14.fft';
filenamefft[215]  :='sound4_15.fft';
filenamefft[216]  :='sound4_16.fft';
filenamefft[217]  :='sound4_17.fft';
filenamefft[218]  :='sound4_18.fft';
filenamefft[219]  :='sound4_19.fft';
filenamefft[220]  :='sound4_20.fft';
filenamefft[221]  :='sound4_21.fft';
filenamefft[222]  :='sound4_22.fft';
filenamefft[223]  :='sound4_23.fft';
filenamefft[224]  :='sound4_24.fft';
filenamefft[225]  :='sound4_25.fft';
filenamefft[226]  :='sound4_26.fft';
filenamefft[227]  :='sound4_27.fft';
filenamefft[228]  :='sound4_28.fft';
filenamefft[229]  :='sound4_29.fft';
filenamefft[230]  :='sound4_30.fft';
filenamefft[231]  :='sound4_31.fft';
filenamefft[232]  :='sound4_32.fft';
filenamefft[233]  :='sound4_33.fft';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamefft[235]  :='sound4_35.fft';
filenamefft[236]  :='sound4_36.fft';
filenamefft[237]  :='sound4_37.fft';
filenamefft[238]  :='sound4_38.fft';
filenamefft[239]  :='sound4_39.fft';
filenamefft[240]  :='sound4_40.fft';
filenamefft[241]  :='sound4_41.fft';
filenamefft[242]  :='sound4_42.fft';
filenamefft[243]  :='sound4_43.fft';
filenamefft[244]  :='sound4_44.fft';
filenamefft[245]  :='sound4_45.fft';
filenamefft[246]  :='sound4_46.fft';
filenamefft[247]  :='sound4_47.fft';
filenamefft[248]  :='sound4_48.fft';
filenamefft[249]  :='sound4_49.fft';
filenamefft[250]  :='sound4_50.fft';

filenamefft[251]   :='sound5_1.fft';
filenamefft[252]   :='sound5_2.fft';
filenamefft[253]   :='sound5_3.fft';
filenamefft[254]   :='sound5_4.fft';
filenamefft[255]   :='sound5_5.fft';
filenamefft[256]   :='sound5_6.fft';
filenamefft[257]   :='sound5_7.fft';
filenamefft[258]   :='sound5_8.fft';
filenamefft[259]   :='sound5_9.fft';
filenamefft[260]  :='sound5_10.fft';
filenamefft[261]  :='sound5_11.fft';
filenamefft[262]  :='sound5_12.fft';
filenamefft[263]  :='sound5_13.fft';
filenamefft[264]  :='sound5_14.fft';
filenamefft[265]  :='sound5_15.fft';
filenamefft[266]  :='sound5_16.fft';
filenamefft[267]  :='sound5_17.fft';
filenamefft[268]  :='sound5_18.fft';
filenamefft[269]  :='sound5_19.fft';
filenamefft[270]  :='sound5_20.fft';
filenamefft[271]  :='sound5_21.fft';
filenamefft[272]  :='sound5_22.fft';
filenamefft[273]  :='sound5_23.fft';
filenamefft[274]  :='sound5_24.fft';
filenamefft[275]  :='sound5_25.fft';
filenamefft[276]  :='sound5_26.fft';
filenamefft[277]  :='sound5_27.fft';
filenamefft[278]  :='sound5_28.fft';
filenamefft[279]  :='sound5_29.fft';
filenamefft[280]  :='sound5_30.fft';
filenamefft[281]  :='sound5_31.fft';
filenamefft[282]  :='sound5_32.fft';
filenamefft[283]  :='sound5_33.fft';
filenamefft[284]  :='sound5_34.fft';
filenamefft[285]  :='sound5_35.fft';
filenamefft[286]  :='sound5_36.fft';
filenamefft[287]  :='sound5_37.fft';
filenamefft[288]  :='sound5_38.fft';
filenamefft[289]  :='sound5_39.fft';
filenamefft[290]  :='sound5_40.fft';
filenamefft[291]  :='sound5_41.fft';
filenamefft[292]  :='sound5_42.fft';
filenamefft[293]  :='sound5_43.fft';
filenamefft[294]  :='sound5_44.fft';
filenamefft[295]  :='sound5_45.fft';
filenamefft[296]  :='sound5_46.fft';
filenamefft[297]  :='sound5_47.fft';
filenamefft[298]  :='sound5_48.fft';
filenamefft[299]  :='sound5_49.fft';
filenamefft[300]  :='sound5_50.fft';


filenamefft[301]   :='sound6_1.fft';
filenamefft[302]   :='sound6_2.fft';
filenamefft[303]   :='sound6_3.fft';
filenamefft[304]   :='sound6_4.fft';
filenamefft[305]   :='sound6_5.fft';
filenamefft[306]   :='sound6_6.fft';
filenamefft[307]   :='sound6_7.fft';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamefft[309]   :='sound6_9.fft';
filenamefft[310]  :='sound6_10.fft';
filenamefft[311]  :='sound6_11.fft';
filenamefft[312]  :='sound6_12.fft';
filenamefft[313]  :='sound6_13.fft';
filenamefft[314]  :='sound6_14.fft';
filenamefft[315]  :='sound6_15.fft';
filenamefft[316]  :='sound6_16.fft';
filenamefft[317]  :='sound6_17.fft';
filenamefft[318]  :='sound6_18.fft';
filenamefft[319]  :='sound6_19.fft';
filenamefft[320]  :='sound6_20.fft';
filenamefft[321]  :='sound6_21.fft';
filenamefft[322]  :='sound6_22.fft';
filenamefft[323]  :='sound6_23.fft';
filenamefft[324]  :='sound6_24.fft';
filenamefft[325]  :='sound6_25.fft';
filenamefft[326]  :='sound6_26.fft';
filenamefft[327]  :='sound6_27.fft';
filenamefft[328]  :='sound6_28.fft';
filenamefft[329]  :='sound6_29.fft';
filenamefft[330]  :='sound6_30.fft';
filenamefft[331]  :='sound6_31.fft';
filenamefft[332]  :='sound6_32.fft';
filenamefft[333]  :='sound6_33.fft';
filenamefft[334]  :='sound6_34.fft';
filenamefft[335]  :='sound6_35.fft';
filenamefft[336]  :='sound6_36.fft';
filenamefft[337]  :='sound6_37.fft';
filenamefft[338]  :='sound6_38.fft';
filenamefft[339]  :='sound6_39.fft';
filenamefft[340]  :='sound6_40.fft';
filenamefft[341]  :='sound6_41.fft';
filenamefft[342]  :='sound6_42.fft';
filenamefft[343]  :='sound6_43.fft';
filenamefft[344]  :='sound6_44.fft';
filenamefft[345]  :='sound6_45.fft';
filenamefft[346]  :='sound6_46.fft';
filenamefft[347]  :='sound6_47.fft';
filenamefft[348]  :='sound6_48.fft';
filenamefft[349]  :='sound6_49.fft';
filenamefft[350]  :='sound6_50.fft';


filenamefft[351]   :='sound7_1.fft';
filenamefft[352]   :='sound7_2.fft';
filenamefft[353]   :='sound7_3.fft';
filenamefft[354]   :='sound7_4.fft';
filenamefft[355]   :='sound7_5.fft';
filenamefft[356]   :='sound7_6.fft';
filenamefft[357]   :='sound7_7.fft';
filenamefft[358]   :='sound7_8.fft';
filenamefft[359]   :='sound7_9.fft';
filenamefft[360]  :='sound7_10.fft';
filenamefft[361]  :='sound7_11.fft';
filenamefft[362]  :='sound7_12.fft';
filenamefft[363]  :='sound7_13.fft';
filenamefft[364]  :='sound7_14.fft';
filenamefft[365]  :='sound7_15.fft';
filenamefft[366]  :='sound7_16.fft';
filenamefft[367]  :='sound7_17.fft';
filenamefft[368]  :='sound7_18.fft';
filenamefft[369]  :='sound7_19.fft';
filenamefft[370]  :='sound7_20.fft';
filenamefft[371]  :='sound7_21.fft';
filenamefft[372]  :='sound7_22.fft';
filenamefft[373]  :='sound7_23.fft';
filenamefft[374]  :='sound7_24.fft';
filenamefft[375]  :='sound7_25.fft';
filenamefft[376]  :='sound7_26.fft';
filenamefft[377]  :='sound7_27.fft';
filenamefft[378]  :='sound7_28.fft';
filenamefft[379]  :='sound7_29.fft';
filenamefft[380]  :='sound7_30.fft';
filenamefft[381]  :='sound7_31.fft';
filenamefft[382]  :='sound7_32.fft';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถาบันวิทยบริการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamefft[384]  :='sound7_34.fft';
filenamefft[385]  :='sound7_35.fft';
filenamefft[386]  :='sound7_36.fft';
filenamefft[387]  :='sound7_37.fft';
filenamefft[388]  :='sound7_38.fft';
filenamefft[389]  :='sound7_39.fft';
filenamefft[390]  :='sound7_40.fft';
filenamefft[391]  :='sound7_41.fft';
filenamefft[392]  :='sound7_42.fft';
filenamefft[393]  :='sound7_43.fft';
filenamefft[394]  :='sound7_44.fft';
filenamefft[395]  :='sound7_45.fft';
filenamefft[396]  :='sound7_46.fft';
filenamefft[397]  :='sound7_47.fft';
filenamefft[398]  :='sound7_48.fft';
filenamefft[399]  :='sound7_49.fft';
filenamefft[400]  :='sound7_50.fft';


filenamefft[401]   :='sound8_1.fft';
filenamefft[402]   :='sound8_2.fft';
filenamefft[403]   :='sound8_3.fft';
filenamefft[404]   :='sound8_4.fft';
filenamefft[405]   :='sound8_5.fft';
filenamefft[406]   :='sound8_6.fft';
filenamefft[407]   :='sound8_7.fft';
filenamefft[408]   :='sound8_8.fft';
filenamefft[409]   :='sound8_9.fft';
filenamefft[410]  :='sound8_10.fft';
filenamefft[411]  :='sound8_11.fft';
filenamefft[412]  :='sound8_12.fft';
filenamefft[413]  :='sound8_13.fft';
filenamefft[414]  :='sound8_14.fft';
filenamefft[415]  :='sound8_15.fft';
filenamefft[416]  :='sound8_16.fft';
filenamefft[417]  :='sound8_17.fft';
filenamefft[418]  :='sound8_18.fft';
filenamefft[419]  :='sound8_19.fft';
filenamefft[420]  :='sound8_20.fft';
filenamefft[421]  :='sound8_21.fft';
filenamefft[422]  :='sound8_22.fft';
filenamefft[423]  :='sound8_23.fft';
filenamefft[424]  :='sound8_24.fft';
filenamefft[425]  :='sound8_25.fft';
filenamefft[426]  :='sound8_26.fft';
filenamefft[427]  :='sound8_27.fft';
filenamefft[428]  :='sound8_28.fft';
filenamefft[429]  :='sound8_29.fft';
filenamefft[430]  :='sound8_30.fft';
filenamefft[431]  :='sound8_31.fft';
filenamefft[432]  :='sound8_32.fft';
filenamefft[433]  :='sound8_33.fft';
filenamefft[434]  :='sound8_34.fft';
filenamefft[435]  :='sound8_35.fft';
filenamefft[436]  :='sound8_36.fft';
filenamefft[437]  :='sound8_37.fft';
filenamefft[438]  :='sound8_38.fft';
filenamefft[439]  :='sound8_39.fft';
filenamefft[440]  :='sound8_40.fft';
filenamefft[441]  :='sound8_41.fft';
filenamefft[442]  :='sound8_42.fft';
filenamefft[443]  :='sound8_43.fft';
filenamefft[444]  :='sound8_44.fft';
filenamefft[445]  :='sound8_45.fft';
filenamefft[446]  :='sound8_46.fft';
filenamefft[447]  :='sound8_47.fft';
filenamefft[448]  :='sound8_48.fft';
filenamefft[449]  :='sound8_49.fft';
filenamefft[450]  :='sound8_50.fft';

filenamefft[451]   :='sound9_1.fft';
filenamefft[452]   :='sound9_2.fft';
filenamefft[453]   :='sound9_3.fft';
filenamefft[454]   :='sound9_4.fft';
filenamefft[455]   :='sound9_5.fft';
filenamefft[456]   :='sound9_6.fft';
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยที่สงวนไว้ เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    filenamefft[458]   :='sound9_8.fft';
    filenamefft[459]   :='sound9_9.fft';
    filenamefft[460]  :='sound9_10.fft';
    filenamefft[461]  :='sound9_11.fft';
    filenamefft[462]  :='sound9_12.fft';
    filenamefft[463]  :='sound9_13.fft';
    filenamefft[464]  :='sound9_14.fft';
    filenamefft[465]  :='sound9_15.fft';
    filenamefft[466]  :='sound9_16.fft';
    filenamefft[467]  :='sound9_17.fft';
    filenamefft[468]  :='sound9_18.fft';
    filenamefft[469]  :='sound9_19.fft';
    filenamefft[470]  :='sound9_20.fft';
    filenamefft[471]  :='sound9_21.fft';
    filenamefft[472]  :='sound9_22.fft';
    filenamefft[473]  :='sound9_23.fft';
    filenamefft[474]  :='sound9_24.fft';
    filenamefft[475]  :='sound9_25.fft';
    filenamefft[476]  :='sound9_26.fft';
    filenamefft[477]  :='sound9_27.fft';
    filenamefft[478]  :='sound9_28.fft';
    filenamefft[479]  :='sound9_29.fft';
    filenamefft[480]  :='sound9_30.fft';
    filenamefft[481]  :='sound9_31.fft';
    filenamefft[482]  :='sound9_32.fft';
    filenamefft[483]  :='sound9_33.fft';
    filenamefft[484]  :='sound9_34.fft';
    filenamefft[485]  :='sound9_35.fft';
    filenamefft[486]  :='sound9_36.fft';
    filenamefft[487]  :='sound9_37.fft';
    filenamefft[488]  :='sound9_38.fft';
    filenamefft[489]  :='sound9_39.fft';
    filenamefft[490]  :='sound9_40.fft';
    filenamefft[491]  :='sound9_41.fft';
    filenamefft[492]  :='sound9_42.fft';
    filenamefft[493]  :='sound9_43.fft';
    filenamefft[494]  :='sound9_44.fft';
    filenamefft[495]  :='sound9_45.fft';
    filenamefft[496]  :='sound9_46.fft';
    filenamefft[497]  :='sound9_47.fft';
    filenamefft[498]  :='sound9_48.fft';
    filenamefft[499]  :='sound9_49.fft';
    filenamefft[500]  :='sound9_50.fft';

    for a:=1 to 500 do
    begin
         AssignFile(f,filenamefft[a]);
         Reset(f);
         for b:=1 to 50 do
         begin
              for c:=1 to 1024 do
              begin
                   Read(f,buffer);
                   input1[a,b,c] := buffer;
              end;
         end;
    end;
    CloseFile(f);

// Build Windows //

    for a:=1 to 500 do
    begin
         temps := 1;
         tempe := 32;
         for b:=1 to 32 do
         begin
              for c:=1 to 50 do
              begin
                   e := 1;
                   for d:=temps to tempe do
                   begin
                        window1[a,b,c,e] := input1[a,c,d];
                        e := e + 1;
                   end;
              end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                tempe := tempe + 32;
            end;
        end;

// Build one_dimension //

        for a:=1 to 500 do
        begin
            for b:=1 to 32 do
            begin
                count := 1;
                for c:=1 to 32 do
                begin
                    for d:=1 to 50 do
                    begin
                        onedi1[a,b,count] := Ord(window1[a,b,d,c]);
                        count := count + 1;
                    end;
                end;
            end;
        end;

////////////////////////////// Optimization ////////////////////////////////////

// Input Bipolar arrays //

        for b:=1 to 32 do
        begin
            for a:=1 to 10 do
            begin
                if (output[a,b]=1) then
                begin
                    for c:=1 to 50 do
                    begin
                        for d:=1 to 1600 do
                        begin
                            if (onedi1[(((a-1)*10)+c),b,d]>0) then Bi1[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                                                              else Bi1[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                        end;
                    end;
                end;
                if (output[a,b]=0) then
                begin
                    for c:=1 to 50 do
                    begin
                        for d:=1 to 1600 do
                        begin
                            if (onedi1[(((a-1)*10)+c),b,d]>0) then Bi1[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                                                              else Bi1[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                        end;
                    end;
                end;
            end;
        end;

// Discriminant array //

        for c:=1 to 32 do
        begin
            for b:=1 to 1600 do
            begin
                sum1[b] := Bi1[1,c,b];
                for a:=2 to 500 do
                begin
                    sum1[b] := sum1[b] + Bi1[a,c,b];
                end;
                sum1[b] := Abs(sum1[b]);
                Dis1[c,b] := sum1[b];
            end;
        end;

// File Time //

        filenametime[1]    :='sound0_1.time';
        filenametime[2]    :='sound0_2.time';
        filenametime[3]    :='sound0_3.time';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenametime[4]   :='sound0_4.time';
filenametime[5]   :='sound0_5.time';
filenametime[6]   :='sound0_6.time';
filenametime[7]   :='sound0_7.time';
filenametime[8]   :='sound0_8.time';
filenametime[9]   :='sound0_9.time';
filenametime[10]  :='sound0_10.time';
filenametime[11]  :='sound0_11.time';
filenametime[12]  :='sound0_12.time';
filenametime[13]  :='sound0_13.time';
filenametime[14]  :='sound0_14.time';
filenametime[15]  :='sound0_15.time';
filenametime[16]  :='sound0_16.time';
filenametime[17]  :='sound0_17.time';
filenametime[18]  :='sound0_18.time';
filenametime[19]  :='sound0_19.time';
filenametime[20]  :='sound0_20.time';
filenametime[21]  :='sound0_21.time';
filenametime[22]  :='sound0_22.time';
filenametime[23]  :='sound0_23.time';
filenametime[24]  :='sound0_24.time';
filenametime[25]  :='sound0_25.time';
filenametime[26]  :='sound0_26.time';
filenametime[27]  :='sound0_27.time';
filenametime[28]  :='sound0_28.time';
filenametime[29]  :='sound0_29.time';
filenametime[30]  :='sound0_30.time';
filenametime[31]  :='sound0_31.time';
filenametime[32]  :='sound0_32.time';
filenametime[33]  :='sound0_33.time';
filenametime[34]  :='sound0_34.time';
filenametime[35]  :='sound0_35.time';
filenametime[36]  :='sound0_36.time';
filenametime[37]  :='sound0_37.time';
filenametime[38]  :='sound0_38.time';
filenametime[39]  :='sound0_39.time';
filenametime[40]  :='sound0_40.time';
filenametime[41]  :='sound0_41.time';
filenametime[42]  :='sound0_42.time';
filenametime[43]  :='sound0_43.time';
filenametime[44]  :='sound0_44.time';
filenametime[45]  :='sound0_45.time';
filenametime[46]  :='sound0_46.time';
filenametime[47]  :='sound0_47.time';
filenametime[48]  :='sound0_48.time';
filenametime[49]  :='sound0_49.time';
filenametime[50]  :='sound0_50.time';


filenametime[51]   :='sound1_1.time';
filenametime[52]   :='sound1_2.time';
filenametime[53]   :='sound1_3.time';
filenametime[54]   :='sound1_4.time';
filenametime[55]   :='sound1_5.time';
filenametime[56]   :='sound1_6.time';
filenametime[57]   :='sound1_7.time';
filenametime[58]   :='sound1_8.time';
filenametime[59]   :='sound1_9.time';
filenametime[60]  :='sound1_10.time';
filenametime[61]  :='sound1_11.time';
filenametime[62]  :='sound1_12.time';
filenametime[63]  :='sound1_13.time';
filenametime[64]  :='sound1_14.time';
filenametime[65]  :='sound1_15.time';
filenametime[66]  :='sound1_16.time';
filenametime[67]  :='sound1_17.time';
filenametime[68]  :='sound1_18.time';
filenametime[69]  :='sound1_19.time';
filenametime[70]  :='sound1_20.time';
filenametime[71]  :='sound1_21.time';
filenametime[72]  :='sound1_22.time';
filenametime[73]  :='sound1_23.time';
filenametime[74]  :='sound1_24.time';
filenametime[75]  :='sound1_25.time';
filenametime[76]  :='sound1_26.time';
filenametime[77]  :='sound1_27.time';
filenametime[78]  :='sound1_28.time';
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenametime[79]  :='sound1_29.time';
filenametime[80]  :='sound1_30.time';
filenametime[81]  :='sound1_31.time';
filenametime[82]  :='sound1_32.time';
filenametime[83]  :='sound1_33.time';
filenametime[84]  :='sound1_34.time';
filenametime[85]  :='sound1_35.time';
filenametime[86]  :='sound1_36.time';
filenametime[87]  :='sound1_37.time';
filenametime[88]  :='sound1_38.time';
filenametime[89]  :='sound1_39.time';
filenametime[90]  :='sound1_40.time';
filenametime[91]  :='sound1_41.time';
filenametime[92]  :='sound1_42.time';
filenametime[93]  :='sound1_43.time';
filenametime[94]  :='sound1_51.time';
filenametime[95]  :='sound1_45.time';
filenametime[96]  :='sound1_46.time';
filenametime[97]  :='sound1_47.time';
filenametime[98]  :='sound1_48.time';
filenametime[99]  :='sound1_49.time';
filenametime[100]  :='sound1_50.time';

filenametime[101]   :='sound2_1.time';
filenametime[102]   :='sound2_2.time';
filenametime[103]   :='sound2_3.time';
filenametime[104]   :='sound2_4.time';
filenametime[105]   :='sound2_5.time';
filenametime[106]   :='sound2_6.time';
filenametime[107]   :='sound2_7.time';
filenametime[108]   :='sound2_8.time';
filenametime[109]   :='sound2_9.time';
filenametime[110]  :='sound2_10.time';
filenametime[111]  :='sound2_11.time';
filenametime[112]  :='sound2_12.time';
filenametime[113]  :='sound2_13.time';
filenametime[114]  :='sound2_14.time';
filenametime[115]  :='sound2_15.time';
filenametime[116]  :='sound2_16.time';
filenametime[117]  :='sound2_17.time';
filenametime[118]  :='sound2_18.time';
filenametime[119]  :='sound2_19.time';
filenametime[120]  :='sound2_20.time';
filenametime[121]  :='sound2_21.time';
filenametime[122]  :='sound2_22.time';
filenametime[123]  :='sound2_23.time';
filenametime[124]  :='sound2_24.time';
filenametime[125]  :='sound2_25.time';
filenametime[126]  :='sound2_26.time';
filenametime[127]  :='sound2_27.time';
filenametime[128]  :='sound2_28.time';
filenametime[129]  :='sound2_29.time';
filenametime[130]  :='sound2_30.time';
filenametime[131]  :='sound2_31.time';
filenametime[132]  :='sound2_32.time';
filenametime[133]  :='sound2_33.time';
filenametime[134]  :='sound2_34.time';
filenametime[135]  :='sound2_35.time';
filenametime[136]  :='sound2_36.time';
filenametime[137]  :='sound2_37.time';
filenametime[138]  :='sound2_38.time';
filenametime[139]  :='sound2_39.time';
filenametime[140]  :='sound2_40.time';
filenametime[141]  :='sound2_41.time';
filenametime[142]  :='sound2_42.time';
filenametime[143]  :='sound2_43.time';
filenametime[144]  :='sound2_44.time';
filenametime[145]  :='sound2_45.time';
filenametime[146]  :='sound2_46.time';
filenametime[147]  :='sound2_47.time';
filenametime[148]  :='sound2_48.time';
filenametime[149]  :='sound2_49.time';
filenametime[150]  :='sound2_50.time';

filenametime[151]   :='sound3_1.time';
filenametime[152]   :='sound3_2.time';
```

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenametime[153]   :='sound3_3.time';
filenametime[154]   :='sound3_4.time';
filenametime[155]   :='sound3_5.time';
filenametime[156]   :='sound3_6.time';
filenametime[157]   :='sound3_7.time';
filenametime[158]   :='sound3_8.time';
filenametime[159]   :='sound3_9.time';
filenametime[160]  :='sound3_10.time';
filenametime[161]  :='sound3_11.time';
filenametime[162]  :='sound3_12.time';
filenametime[163]  :='sound3_13.time';
filenametime[164]  :='sound3_14.time';
filenametime[165]  :='sound3_15.time';
filenametime[166]  :='sound3_16.time';
filenametime[167]  :='sound3_17.time';
filenametime[168]  :='sound3_18.time';
filenametime[169]  :='sound3_19.time';
filenametime[170]  :='sound3_20.time';
filenametime[171]  :='sound3_21.time';
filenametime[172]  :='sound3_22.time';
filenametime[173]  :='sound3_23.time';
filenametime[174]  :='sound3_24.time';
filenametime[175]  :='sound3_25.time';
filenametime[176]  :='sound3_26.time';
filenametime[177]  :='sound3_27.time';
filenametime[178]  :='sound3_28.time';
filenametime[179]  :='sound3_29.time';
filenametime[180]  :='sound3_30.time';
filenametime[181]  :='sound3_31.time';
filenametime[182]  :='sound3_32.time';
filenametime[183]  :='sound3_33.time';
filenametime[184]  :='sound3_34.time';
filenametime[185]  :='sound3_35.time';
filenametime[186]  :='sound3_36.time';
filenametime[187]  :='sound3_37.time';
filenametime[188]  :='sound3_38.time';
filenametime[189]  :='sound3_39.time';
filenametime[190]  :='sound3_40.time';
filenametime[191]  :='sound3_41.time';
filenametime[192]  :='sound3_42.time';
filenametime[193]  :='sound3_43.time';
filenametime[194]  :='sound3_44.time';
filenametime[195]  :='sound3_45.time';
filenametime[196]  :='sound3_46.time';
filenametime[197]  :='sound3_47.time';
filenametime[198]  :='sound3_48.time';
filenametime[199]  :='sound3_49.time';
filenametime[200]  :='sound3_50.time';


filenametime[201]   :='sound4_1.time';
filenametime[202]   :='sound4_2.time';
filenametime[203]   :='sound4_3.time';
filenametime[204]   :='sound4_4.time';
filenametime[205]   :='sound4_5.time';
filenametime[206]   :='sound4_6.time';
filenametime[207]   :='sound4_7.time';
filenametime[208]   :='sound4_8.time';
filenametime[209]   :='sound4_9.time';
filenametime[210]  :='sound4_10.time';
filenametime[211]  :='sound4_11.time';
filenametime[212]  :='sound4_12.time';
filenametime[213]  :='sound4_13.time';
filenametime[214]  :='sound4_14.time';
filenametime[215]  :='sound4_15.time';
filenametime[216]  :='sound4_16.time';
filenametime[217]  :='sound4_17.time';
filenametime[218]  :='sound4_18.time';
filenametime[219]  :='sound4_19.time';
filenametime[220]  :='sound4_20.time';
filenametime[221]  :='sound4_21.time';
filenametime[222]  :='sound4_22.time';
filenametime[223]  :='sound4_23.time';
filenametime[224]  :='sound4_24.time';
filenametime[225]  :='sound4_25.time';
filenametime[226]  :='sound4_26.time';
filenametime[227]  :='sound4_27.time';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenametime[228]   :='sound4_28.time';
filenametime[229]   :='sound4_29.time';
filenametime[230]   :='sound4_30.time';
filenametime[231]   :='sound4_31.time';
filenametime[232]   :='sound4_32.time';
filenametime[233]   :='sound4_33.time';
filenametime[234]   :='sound4_34.time';
filenametime[235]   :='sound4_35.time';
filenametime[236]   :='sound4_36.time';
filenametime[237]   :='sound4_37.time';
filenametime[238]   :='sound4_38.time';
filenametime[239]   :='sound4_39.time';
filenametime[240]   :='sound4_40.time';
filenametime[241]   :='sound4_41.time';
filenametime[242]   :='sound4_42.time';
filenametime[243]   :='sound4_43.time';
filenametime[244]   :='sound4_44.time';
filenametime[245]   :='sound4_45.time';
filenametime[246]   :='sound4_46.time';
filenametime[247]   :='sound4_47.time';
filenametime[248]   :='sound4_48.time';
filenametime[249]   :='sound4_49.time';
filenametime[250]   :='sound4_50.time';

filenametime[251]    :='sound5_1.time';
filenametime[252]    :='sound5_2.time';
filenametime[253]    :='sound5_3.time';
filenametime[254]    :='sound5_4.time';
filenametime[255]    :='sound5_5.time';
filenametime[256]    :='sound5_6.time';
filenametime[257]    :='sound5_7.time';
filenametime[258]    :='sound5_8.time';
filenametime[259]    :='sound5_9.time';
filenametime[260]   :='sound5_10.time';
filenametime[261]   :='sound5_11.time';
filenametime[262]   :='sound5_12.time';
filenametime[263]   :='sound5_13.time';
filenametime[264]   :='sound5_14.time';
filenametime[265]   :='sound5_15.time';
filenametime[266]   :='sound5_16.time';
filenametime[267]   :='sound5_17.time';
filenametime[268]   :='sound5_18.time';
filenametime[269]   :='sound5_19.time';
filenametime[270]   :='sound5_20.time';
filenametime[271]   :='sound5_21.time';
filenametime[272]   :='sound5_22.time';
filenametime[273]   :='sound5_23.time';
filenametime[274]   :='sound5_24.time';
filenametime[275]   :='sound5_25.time';
filenametime[276]   :='sound5_26.time';
filenametime[277]   :='sound5_27.time';
filenametime[278]   :='sound5_28.time';
filenametime[279]   :='sound5_29.time';
filenametime[280]   :='sound5_30.time';
filenametime[281]   :='sound5_31.time';
filenametime[282]   :='sound5_32.time';
filenametime[283]   :='sound5_33.time';
filenametime[284]   :='sound5_34.time';
filenametime[285]   :='sound5_35.time';
filenametime[286]   :='sound5_36.time';
filenametime[287]   :='sound5_37.time';
filenametime[288]   :='sound5_38.time';
filenametime[289]   :='sound5_39.time';
filenametime[290]   :='sound5_40.time';
filenametime[291]   :='sound5_41.time';
filenametime[292]   :='sound5_42.time';
filenametime[293]   :='sound5_43.time';
filenametime[294]   :='sound5_44.time';
filenametime[295]   :='sound5_45.time';
filenametime[296]   :='sound5_46.time';
filenametime[297]   :='sound5_47.time';
filenametime[298]   :='sound5_48.time';
filenametime[299]   :='sound5_49.time';
filenametime[300]   :='sound5_50.time';

filenametime[301]    :='sound6_1.time';
```

ลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยการทัพบก ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenametime[302]   :='sound6_2.time';
filenametime[303]   :='sound6_3.time';
filenametime[304]   :='sound6_4.time';
filenametime[305]   :='sound6_5.time';
filenametime[306]   :='sound6_6.time';
filenametime[307]   :='sound6_7.time';
filenametime[308]   :='sound6_8.time';
filenametime[309]   :='sound6_9.time';
filenametime[310]  :='sound6_10.time';
filenametime[311]  :='sound6_11.time';
filenametime[312]  :='sound6_12.time';
filenametime[313]  :='sound6_13.time';
filenametime[314]  :='sound6_14.time';
filenametime[315]  :='sound6_15.time';
filenametime[316]  :='sound6_16.time';
filenametime[317]  :='sound6_17.time';
filenametime[318]  :='sound6_18.time';
filenametime[319]  :='sound6_19.time';
filenametime[320]  :='sound6_20.time';
filenametime[321]  :='sound6_21.time';
filenametime[322]  :='sound6_22.time';
filenametime[323]  :='sound6_23.time';
filenametime[324]  :='sound6_24.time';
filenametime[325]  :='sound6_25.time';
filenametime[326]  :='sound6_26.time';
filenametime[327]  :='sound6_27.time';
filenametime[328]  :='sound6_28.time';
filenametime[329]  :='sound6_29.time';
filenametime[330]  :='sound6_30.time';
filenametime[331]  :='sound6_31.time';
filenametime[332]  :='sound6_32.time';
filenametime[333]  :='sound6_33.time';
filenametime[334]  :='sound6_34.time';
filenametime[335]  :='sound6_35.time';
filenametime[336]  :='sound6_36.time';
filenametime[337]  :='sound6_37.time';
filenametime[338]  :='sound6_38.time';
filenametime[339]  :='sound6_39.time';
filenametime[340]  :='sound6_40.time';
filenametime[341]  :='sound6_41.time';
filenametime[342]  :='sound6_42.time';
filenametime[343]  :='sound6_43.time';
filenametime[344]  :='sound6_44.time';
filenametime[345]  :='sound6_45.time';
filenametime[346]  :='sound6_46.time';
filenametime[347]  :='sound6_47.time';
filenametime[348]  :='sound6_48.time';
filenametime[349]  :='sound6_49.time';
filenametime[350]  :='sound6_50.time';


filenametime[351]   :='sound7_1.time';
filenametime[352]   :='sound7_2.time';
filenametime[353]   :='sound7_3.time';
filenametime[354]   :='sound7_4.time';
filenametime[355]   :='sound7_5.time';
filenametime[356]   :='sound7_6.time';
filenametime[357]   :='sound7_7.time';
filenametime[358]   :='sound7_8.time';
filenametime[359]   :='sound7_9.time';
filenametime[360]  :='sound7_10.time';
filenametime[361]  :='sound7_11.time';
filenametime[362]  :='sound7_12.time';
filenametime[363]  :='sound7_13.time';
filenametime[364]  :='sound7_14.time';
filenametime[365]  :='sound7_15.time';
filenametime[366]  :='sound7_16.time';
filenametime[367]  :='sound7_17.time';
filenametime[368]  :='sound7_18.time';
filenametime[369]  :='sound7_19.time';
filenametime[370]  :='sound7_20.time';
filenametime[371]  :='sound7_21.time';
filenametime[372]  :='sound7_22.time';
filenametime[373]  :='sound7_23.time';
filenametime[374]  :='sound7_24.time';
filenametime[375]  :='sound7_25.time';
filenametime[376]  :='sound7_26.time';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenametime[377]  :='sound7_27.time';
filenametime[378]  :='sound7_28.time';
filenametime[379]  :='sound7_29.time';
filenametime[380]  :='sound7_30.time';
filenametime[381]  :='sound7_31.time';
filenametime[382]  :='sound7_32.time';
filenametime[383]  :='sound7_33.time';
filenametime[384]  :='sound7_34.time';
filenametime[385]  :='sound7_35.time';
filenametime[386]  :='sound7_36.time';
filenametime[387]  :='sound7_37.time';
filenametime[388]  :='sound7_38.time';
filenametime[389]  :='sound7_39.time';
filenametime[390]  :='sound7_40.time';
filenametime[391]  :='sound7_41.time';
filenametime[392]  :='sound7_42.time';
filenametime[393]  :='sound7_43.time';
filenametime[394]  :='sound7_44.time';
filenametime[395]  :='sound7_45.time';
filenametime[396]  :='sound7_46.time';
filenametime[397]  :='sound7_47.time';
filenametime[398]  :='sound7_48.time';
filenametime[399]  :='sound7_49.time';
filenametime[400]  :='sound7_50.time';


filenametime[401]   :='sound8_1.time';
filenametime[402]   :='sound8_2.time';
filenametime[403]   :='sound8_3.time';
filenametime[404]   :='sound8_4.time';
filenametime[405]   :='sound8_5.time';
filenametime[406]   :='sound8_6.time';
filenametime[407]   :='sound8_7.time';
filenametime[408]   :='sound8_8.time';
filenametime[409]   :='sound8_9.time';
filenametime[410]  :='sound8_10.time';
filenametime[411]  :='sound8_11.time';
filenametime[412]  :='sound8_12.time';
filenametime[413]  :='sound8_13.time';
filenametime[414]  :='sound8_14.time';
filenametime[415]  :='sound8_15.time';
filenametime[416]  :='sound8_16.time';
filenametime[417]  :='sound8_17.time';
filenametime[418]  :='sound8_18.time';
filenametime[419]  :='sound8_19.time';
filenametime[420]  :='sound8_20.time';
filenametime[421]  :='sound8_21.time';
filenametime[422]  :='sound8_22.time';
filenametime[423]  :='sound8_23.time';
filenametime[424]  :='sound8_24.time';
filenametime[425]  :='sound8_25.time';
filenametime[426]  :='sound8_26.time';
filenametime[427]  :='sound8_27.time';
filenametime[428]  :='sound8_28.time';
filenametime[429]  :='sound8_29.time';
filenametime[430]  :='sound8_30.time';
filenametime[431]  :='sound8_31.time';
filenametime[432]  :='sound8_32.time';
filenametime[433]  :='sound8_33.time';
filenametime[434]  :='sound8_34.time';
filenametime[435]  :='sound8_35.time';
filenametime[436]  :='sound8_36.time';
filenametime[437]  :='sound8_37.time';
filenametime[438]  :='sound8_38.time';
filenametime[439]  :='sound8_39.time';
filenametime[440]  :='sound8_40.time';
filenametime[441]  :='sound8_41.time';
filenametime[442]  :='sound8_42.time';
filenametime[443]  :='sound8_43.time';
filenametime[444]  :='sound8_44.time';
filenametime[445]  :='sound8_45.time';
filenametime[446]  :='sound8_46.time';
filenametime[447]  :='sound8_47.time';
filenametime[448]  :='sound8_48.time';
filenametime[449]  :='sound8_49.time';
filenametime[450]  :='sound8_50.time';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenametime[451]   := 'sound9_1.time';
filenametime[452]   :='sound9_2.time';
filenametime[453]   :='sound9_3.time';
filenametime[454]   :='sound9_4.time';
filenametime[455]   :='sound9_5.time';
filenametime[456]   :='sound9_6.time';
filenametime[457]   :='sound9_7.time';
filenametime[458]   :='sound9_8.time';
filenametime[459]   :='sound9_9.time';
filenametime[460]  :='sound9_10.time';
filenametime[461]  :='sound9_11.time';
filenametime[462]  :='sound9_12.time';
filenametime[463]  :='sound9_13.time';
filenametime[464]  :='sound9_14.time';
filenametime[465]  :='sound9_15.time';
filenametime[466]  :='sound9_16.time';
filenametime[467]  :='sound9_17.time';
filenametime[468]  :='sound9_18.time';
filenametime[469]  :='sound9_19.time';
filenametime[470]  :='sound9_20.time';
filenametime[471]  :='sound9_21.time';
filenametime[472]  :='sound9_22.time';
filenametime[473]  :='sound9_23.time';
filenametime[474]  :='sound9_24.time';
filenametime[475]  :='sound9_25.time';
filenametime[476]  :='sound9_26.time';
filenametime[477]  :='sound9_27.time';
filenametime[478]  :='sound9_28.time';
filenametime[479]  :='sound9_29.time';
filenametime[480]  :='sound9_30.time';
filenametime[481]  :='sound9_31.time';
filenametime[482]  :='sound9_32.time';
filenametime[483]  :='sound9_33.time';
filenametime[484]  :='sound9_34.time';
filenametime[485]  :='sound9_35.time';
filenametime[486]  :='sound9_36.time';
filenametime[487]  :='sound9_37.time';
filenametime[488]  :='sound9_38.time';
filenametime[489]  :='sound9_39.time';
filenametime[490]  :='sound9_40.time';
filenametime[491]  :='sound9_41.time';
filenametime[492]  :='sound9_42.time';
filenametime[493]  :='sound9_43.time';
filenametime[494]  :='sound9_44.time';
filenametime[495]  :='sound9_45.time';
filenametime[496]  :='sound9_46.time';
filenametime[497]  :='sound9_47.time';
filenametime[498]  :='sound9_48.time';
filenametime[499]  :='sound9_49.time';
filenametime[500]  :='sound9_50.time';

for a:=1 to 500 do
begin
     AssignFile(f,filenametime[a]);
     Reset(f);
     for b:=1 to 50 do
     begin
          for c:=1 to 5000 do
          begin
               Read(f,buffer);
               input2[a,b,c] := buffer;
          end;
     end;
end;
CloseFile(f);

// Build Windows //

for a:=1 to 500 do
begin
     temps := 1;
     tempe := 157;
     for b:=1 to 32 do
     begin
          for c:=1 to 50 do
          begin
               e := 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                for a:=temps to tempe do
                begin
                    window2[a,b,c,e] := input2[a,c,d];
                    e := e + 1;
                end;
            end;
            temps := temps + 157;
            tempe := tempe + 157;
        end;
    end;

// Build one_dimension //

    for a:=1 to 500 do
    begin
        for b:=1 to 32 do
        begin
            count := 1;
            for c:=1 to 157 do
            begin
                for d:=1 to 50 do
                begin
                    onedi2[a,b,count] := Ord(window2[a,b,d,c]);
                    count := count + 1;
                end;
            end;
        end;
    end;

////////////////////////////// Optimization ////////////////////////////////////

// Input Bipolar arrays //

    for b:=1 to 32 do
    begin
        for a:=1 to 10 do
        begin
            if (output[a,b]=1) then
            begin
                for c:=1 to 50 do
                begin
                    for d:=1 to 7850 do
                    begin
                        if (onedi2[(((a-1)*10)+c),b,d]>0) then Bi2[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                                                          else Bi2[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                    end;
                end;
            end;
            if (output[a,b]=0) then
            begin
                for c:=1 to 50 do
                begin
                    for d:=1 to 7850 do
                    begin
                        if (onedi2[(((a-1)*10)+c),b,d]>0) then Bi2[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                                                          else Bi2[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;

// Discriminant array //

    for c:=1 to 32 do
    begin
        for b:=1 to 7850 do
        begin
            sum2[b] := Bi2[1,c,b];
            for a:=2 to 500 do
            begin
                sum2[b] := sum2[b] + Bi2[a,c,b];
            end;
            sum2[b] := Abs(sum2[b]);
            Dis2[c,b] := sum2[b];
        end;
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// File Half-time //

  filenamehalf[1]   :='sound0_1.half';
  filenamehalf[2]   :='sound0_2.half';
  filenamehalf[3]   :='sound0_3.half';
  filenamehalf[4]   :='sound0_4.half';
  filenamehalf[5]   :='sound0_5.half';
  filenamehalf[6]   :='sound0_6.half';
  filenamehalf[7]   :='sound0_7.half';
  filenamehalf[8]   :='sound0_8.half';
  filenamehalf[9]   :='sound0_9.half';
  filenamehalf[10]  :='sound0_10.half';
  filenamehalf[11]  :='sound0_11.half';
  filenamehalf[12]  :='sound0_12.half';
  filenamehalf[13]  :='sound0_13.half';
  filenamehalf[14]  :='sound0_14.half';
  filenamehalf[15]  :='sound0_15.half';
  filenamehalf[16]  :='sound0_16.half';
  filenamehalf[17]  :='sound0_17.half';
  filenamehalf[18]  :='sound0_18.half';
  filenamehalf[19]  :='sound0_19.half';
  filenamehalf[20]  :='sound0_20.half';
  filenamehalf[21]  :='sound0_21.half';
  filenamehalf[22]  :='sound0_22.half';
  filenamehalf[23]  :='sound0_23.half';
  filenamehalf[24]  :='sound0_24.half';
  filenamehalf[25]  :='sound0_25.half';
  filenamehalf[26]  :='sound0_26.half';
  filenamehalf[27]  :='sound0_27.half';
  filenamehalf[28]  :='sound0_28.half';
  filenamehalf[29]  :='sound0_29.half';
  filenamehalf[30]  :='sound0_30.half';
  filenamehalf[31]  :='sound0_31.half';
  filenamehalf[32]  :='sound0_32.half';
  filenamehalf[33]  :='sound0_33.half';
  filenamehalf[34]  :='sound0_34.half';
  filenamehalf[35]  :='sound0_35.half';
  filenamehalf[36]  :='sound0_36.half';
  filenamehalf[37]  :='sound0_37.half';
  filenamehalf[38]  :='sound0_38.half';
  filenamehalf[39]  :='sound0_39.half';
  filenamehalf[40]  :='sound0_40.half';
  filenamehalf[41]  :='sound0_41.half';
  filenamehalf[42]  :='sound0_42.half';
  filenamehalf[43]  :='sound0_43.half';
  filenamehalf[44]  :='sound0_44.half';
  filenamehalf[45]  :='sound0_45.half';
  filenamehalf[46]  :='sound0_46.half';
  filenamehalf[47]  :='sound0_47.half';
  filenamehalf[48]  :='sound0_48.half';
  filenamehalf[49]  :='sound0_49.half';
  filenamehalf[50]  :='sound0_50.half';


  filenamehalf[51]   :='sound1_1.half';
  filenamehalf[52]   :='sound1_2.half';
  filenamehalf[53]   :='sound1_3.half';
  filenamehalf[54]   :='sound1_4.half';
  filenamehalf[55]   :='sound1_5.half';
  filenamehalf[56]   :='sound1_6.half';
  filenamehalf[57]   :='sound1_7.half';
  filenamehalf[58]   :='sound1_8.half';
  filenamehalf[59]   :='sound1_9.half';
  filenamehalf[60]  :='sound1_10.half';
  filenamehalf[61]  :='sound1_11.half';
  filenamehalf[62]  :='sound1_12.half';
  filenamehalf[63]  :='sound1_13.half';
  filenamehalf[64]  :='sound1_14.half';
  filenamehalf[65]  :='sound1_15.half';
  filenamehalf[66]  :='sound1_16.half';
  filenamehalf[67]  :='sound1_17.half';
  filenamehalf[68]  :='sound1_18.half';
  filenamehalf[69]  :='sound1_19.half';
  filenamehalf[70]  :='sound1_20.half';
  filenamehalf[71]  :='sound1_21.half';
  filenamehalf[72]  :='sound1_22.half';
```

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University
ห้ามทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสดงต่อสาธารณชน ในรูปแบบใดๆ ก็ตาม เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamehalf[73]  :='sound1_23.half';
filenamehalf[74]  :='sound1_24.half';
filenamehalf[75]  :='sound1_25.half';
filenamehalf[76]  :='sound1_26.half';
filenamehalf[77]  :='sound1_27.half';
filenamehalf[78]  :='sound1_28.half';
filenamehalf[79]  :='sound1_29.half';
filenamehalf[80]  :='sound1_30.half';
filenamehalf[81]  :='sound1_31.half';
filenamehalf[82]  :='sound1_32.half';
filenamehalf[83]  :='sound1_33.half';
filenamehalf[84]  :='sound1_34.half';
filenamehalf[85]  :='sound1_35.half';
filenamehalf[86]  :='sound1_36.half';
filenamehalf[87]  :='sound1_37.half';
filenamehalf[88]  :='sound1_38.half';
filenamehalf[89]  :='sound1_39.half';
filenamehalf[90]  :='sound1_40.half';
filenamehalf[91]  :='sound1_41.half';
filenamehalf[92]  :='sound1_42.half';
filenamehalf[93]  :='sound1_43.half';
filenamehalf[94]  :='sound1_51.half';
filenamehalf[95]  :='sound1_45.half';
filenamehalf[96]  :='sound1_46.half';
filenamehalf[97]  :='sound1_47.half';
filenamehalf[98]  :='sound1_48.half';
filenamehalf[99]  :='sound1_49.half';
filenamehalf[100]  :='sound1_50.half';

filenamehalf[101]   :='sound2_1.half';
filenamehalf[102]   :='sound2_2.half';
filenamehalf[103]   :='sound2_3.half';
filenamehalf[104]   :='sound2_4.half';
filenamehalf[105]   :='sound2_5.half';
filenamehalf[106]   :='sound2_6.half';
filenamehalf[107]   :='sound2_7.half';
filenamehalf[108]   :='sound2_8.half';
filenamehalf[109]   :='sound2_9.half';
filenamehalf[110]  :='sound2_10.half';
filenamehalf[111]  :='sound2_11.half';
filenamehalf[112]  :='sound2_12.half';
filenamehalf[113]  :='sound2_13.half';
filenamehalf[114]  :='sound2_14.half';
filenamehalf[115]  :='sound2_15.half';
filenamehalf[116]  :='sound2_16.half';
filenamehalf[117]  :='sound2_17.half';
filenamehalf[118]  :='sound2_18.half';
filenamehalf[119]  :='sound2_19.half';
filenamehalf[120]  :='sound2_20.half';
filenamehalf[121]  :='sound2_21.half';
filenamehalf[122]  :='sound2_22.half';
filenamehalf[123]  :='sound2_23.half';
filenamehalf[124]  :='sound2_24.half';
filenamehalf[125]  :='sound2_25.half';
filenamehalf[126]  :='sound2_26.half';
filenamehalf[127]  :='sound2_27.half';
filenamehalf[128]  :='sound2_28.half';
filenamehalf[129]  :='sound2_29.half';
filenamehalf[130]  :='sound2_30.half';
filenamehalf[131]  :='sound2_31.half';
filenamehalf[132]  :='sound2_32.half';
filenamehalf[133]  :='sound2_33.half';
filenamehalf[134]  :='sound2_34.half';
filenamehalf[135]  :='sound2_35.half';
filenamehalf[136]  :='sound2_36.half';
filenamehalf[137]  :='sound2_37.half';
filenamehalf[138]  :='sound2_38.half';
filenamehalf[139]  :='sound2_39.half';
filenamehalf[140]  :='sound2_40.half';
filenamehalf[141]  :='sound2_41.half';
filenamehalf[142]  :='sound2_42.half';
filenamehalf[143]  :='sound2_43.half';
filenamehalf[144]  :='sound2_44.half';
filenamehalf[145]  :='sound2_45.half';
filenamehalf[146]  :='sound2_46.half';
filenamehalf[147]  :='sound2_47.half';
filenamehalf[148]  :='sound2_48.half';
```

ที่มีการนำเสนอในรูปแบบออนไลน์ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamehalf[149]  :='sound2_49.half';
filenamehalf[150]  :='sound2_50.half';

filenamehalf[151]   :='sound3_1.half';
filenamehalf[152]   :='sound3_2.half';
filenamehalf[153]   :='sound3_3.half';
filenamehalf[154]   :='sound3_4.half';
filenamehalf[155]   :='sound3_5.half';
filenamehalf[156]   :='sound3_6.half';
filenamehalf[157]   :='sound3_7.half';
filenamehalf[158]   :='sound3_8.half';
filenamehalf[159]   :='sound3_9.half';
filenamehalf[160]  :='sound3_10.half';
filenamehalf[161]  :='sound3_11.half';
filenamehalf[162]  :='sound3_12.half';
filenamehalf[163]  :='sound3_13.half';
filenamehalf[164]  :='sound3_14.half';
filenamehalf[165]  :='sound3_15.half';
filenamehalf[166]  :='sound3_16.half';
filenamehalf[167]  :='sound3_17.half';
filenamehalf[168]  :='sound3_18.half';
filenamehalf[169]  :='sound3_19.half';
filenamehalf[170]  :='sound3_20.half';
filenamehalf[171]  :='sound3_21.half';
filenamehalf[172]  :='sound3_22.half';
filenamehalf[173]  :='sound3_23.half';
filenamehalf[174]  :='sound3_24.half';
filenamehalf[175]  :='sound3_25.half';
filenamehalf[176]  :='sound3_26.half';
filenamehalf[177]  :='sound3_27.half';
filenamehalf[178]  :='sound3_28.half';
filenamehalf[179]  :='sound3_29.half';
filenamehalf[180]  :='sound3_30.half';
filenamehalf[181]  :='sound3_31.half';
filenamehalf[182]  :='sound3_32.half';
filenamehalf[183]  :='sound3_33.half';
filenamehalf[184]  :='sound3_34.half';
filenamehalf[185]  :='sound3_35.half';
filenamehalf[186]  :='sound3_36.half';
filenamehalf[187]  :='sound3_37.half';
filenamehalf[188]  :='sound3_38.half';
filenamehalf[189]  :='sound3_39.half';
filenamehalf[190]  :='sound3_40.half';
filenamehalf[191]  :='sound3_41.half';
filenamehalf[192]  :='sound3_42.half';
filenamehalf[193]  :='sound3_43.half';
filenamehalf[194]  :='sound3_44.half';
filenamehalf[195]  :='sound3_45.half';
filenamehalf[196]  :='sound3_46.half';
filenamehalf[197]  :='sound3_47.half';
filenamehalf[198]  :='sound3_48.half';
filenamehalf[199]  :='sound3_49.half';
filenamehalf[200]  :='sound3_50.half';

filenamehalf[201]   :='sound4_1.half';
filenamehalf[202]   :='sound4_2.half';
filenamehalf[203]   :='sound4_3.half';
filenamehalf[204]   :='sound4_4.half';
filenamehalf[205]   :='sound4_5.half';
filenamehalf[206]   :='sound4_6.half';
filenamehalf[207]   :='sound4_7.half';
filenamehalf[208]   :='sound4_8.half';
filenamehalf[209]   :='sound4_9.half';
filenamehalf[210]  :='sound4_10.half';
filenamehalf[211]  :='sound4_11.half';
filenamehalf[212]  :='sound4_12.half';
filenamehalf[213]  :='sound4_13.half';
filenamehalf[214]  :='sound4_14.half';
filenamehalf[215]  :='sound4_15.half';
filenamehalf[216]  :='sound4_16.half';
filenamehalf[217]  :='sound4_17.half';
filenamehalf[218]  :='sound4_18.half';
filenamehalf[219]  :='sound4_19.half';
filenamehalf[220]  :='sound4_20.half';
filenamehalf[221]  :='sound4_21.half';
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamehalf[222]  :='sound4_22.half';
filenamehalf[223]  :='sound4_23.half';
filenamehalf[224]  :='sound4_24.half';
filenamehalf[225]  :='sound4_25.half';
filenamehalf[226]  :='sound4_26.half';
filenamehalf[227]  :='sound4_27.half';
filenamehalf[228]  :='sound4_28.half';
filenamehalf[229]  :='sound4_29.half';
filenamehalf[230]  :='sound4_30.half';
filenamehalf[231]  :='sound4_31.half';
filenamehalf[232]  :='sound4_32.half';
filenamehalf[233]  :='sound4_33.half';
filenamehalf[234]  :='sound4_34.half';
filenamehalf[235]  :='sound4_35.half';
filenamehalf[236]  :='sound4_36.half';
filenamehalf[237]  :='sound4_37.half';
filenamehalf[238]  :='sound4_38.half';
filenamehalf[239]  :='sound4_39.half';
filenamehalf[240]  :='sound4_40.half';
filenamehalf[241]  :='sound4_41.half';
filenamehalf[242]  :='sound4_42.half';
filenamehalf[243]  :='sound4_43.half';
filenamehalf[244]  :='sound4_44.half';
filenamehalf[245]  :='sound4_45.half';
filenamehalf[246]  :='sound4_46.half';
filenamehalf[247]  :='sound4_47.half';
filenamehalf[248]  :='sound4_48.half';
filenamehalf[249]  :='sound4_49.half';
filenamehalf[250]  :='sound4_50.half';

filenamehalf[251]   :='sound5_1.half';
filenamehalf[252]   :='sound5_2.half';
filenamehalf[253]   :='sound5_3.half';
filenamehalf[254]   :='sound5_4.half';
filenamehalf[255]   :='sound5_5.half';
filenamehalf[256]   :='sound5_6.half';
filenamehalf[257]   :='sound5_7.half';
filenamehalf[258]   :='sound5_8.half';
filenamehalf[259]   :='sound5_9.half';
filenamehalf[260]  :='sound5_10.half';
filenamehalf[261]  :='sound5_11.half';
filenamehalf[262]  :='sound5_12.half';
filenamehalf[263]  :='sound5_13.half';
filenamehalf[264]  :='sound5_14.half';
filenamehalf[265]  :='sound5_15.half';
filenamehalf[266]  :='sound5_16.half';
filenamehalf[267]  :='sound5_17.half';
filenamehalf[268]  :='sound5_18.half';
filenamehalf[269]  :='sound5_19.half';
filenamehalf[270]  :='sound5_20.half';
filenamehalf[271]  :='sound5_21.half';
filenamehalf[272]  :='sound5_22.half';
filenamehalf[273]  :='sound5_23.half';
filenamehalf[274]  :='sound5_24.half';
filenamehalf[275]  :='sound5_25.half';
filenamehalf[276]  :='sound5_26.half';
filenamehalf[277]  :='sound5_27.half';
filenamehalf[278]  :='sound5_28.half';
filenamehalf[279]  :='sound5_29.half';
filenamehalf[280]  :='sound5_30.half';
filenamehalf[281]  :='sound5_31.half';
filenamehalf[282]  :='sound5_32.half';
filenamehalf[283]  :='sound5_33.half';
filenamehalf[284]  :='sound5_34.half';
filenamehalf[285]  :='sound5_35.half';
filenamehalf[286]  :='sound5_36.half';
filenamehalf[287]  :='sound5_37.half';
filenamehalf[288]  :='sound5_38.half';
filenamehalf[289]  :='sound5_39.half';
filenamehalf[290]  :='sound5_40.half';
filenamehalf[291]  :='sound5_41.half';
filenamehalf[292]  :='sound5_42.half';
filenamehalf[293]  :='sound5_43.half';
filenamehalf[294]  :='sound5_44.half';
filenamehalf[295]  :='sound5_45.half';
filenamehalf[296]  :='sound5_46.half';
filenamehalf[297]  :='sound5_47.half';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamehalf[298]  :='sound5_48.half';
filenamehalf[299]  :='sound5_49.half';
filenamehalf[300]  :='sound5_50.half';

filenamehalf[301]   :='sound6_1.half';
filenamehalf[302]   :='sound6_2.half';
filenamehalf[303]   :='sound6_3.half';
filenamehalf[304]   :='sound6_4.half';
filenamehalf[305]   :='sound6_5.half';
filenamehalf[306]   :='sound6_6.half';
filenamehalf[307]   :='sound6_7.half';
filenamehalf[308]   :='sound6_8.half';
filenamehalf[309]   :='sound6_9.half';
filenamehalf[310]  :='sound6_10.half';
filenamehalf[311]  :='sound6_11.half';
filenamehalf[312]  :='sound6_12.half';
filenamehalf[313]  :='sound6_13.half';
filenamehalf[314]  :='sound6_14.half';
filenamehalf[315]  :='sound6_15.half';
filenamehalf[316]  :='sound6_16.half';
filenamehalf[317]  :='sound6_17.half';
filenamehalf[318]  :='sound6_18.half';
filenamehalf[319]  :='sound6_19.half';
filenamehalf[320]  :='sound6_20.half';
filenamehalf[321]  :='sound6_21.half';
filenamehalf[322]  :='sound6_22.half';
filenamehalf[323]  :='sound6_23.half';
filenamehalf[324]  :='sound6_24.half';
filenamehalf[325]  :='sound6_25.half';
filenamehalf[326]  :='sound6_26.half';
filenamehalf[327]  :='sound6_27.half';
filenamehalf[328]  :='sound6_28.half';
filenamehalf[329]  :='sound6_29.half';
filenamehalf[330]  :='sound6_30.half';
filenamehalf[331]  :='sound6_31.half';
filenamehalf[332]  :='sound6_32.half';
filenamehalf[333]  :='sound6_33.half';
filenamehalf[334]  :='sound6_34.half';
filenamehalf[335]  :='sound6_35.half';
filenamehalf[336]  :='sound6_36.half';
filenamehalf[337]  :='sound6_37.half';
filenamehalf[338]  :='sound6_38.half';
filenamehalf[339]  :='sound6_39.half';
filenamehalf[340]  :='sound6_40.half';
filenamehalf[341]  :='sound6_41.half';
filenamehalf[342]  :='sound6_42.half';
filenamehalf[343]  :='sound6_43.half';
filenamehalf[344]  :='sound6_44.half';
filenamehalf[345]  :='sound6_45.half';
filenamehalf[346]  :='sound6_46.half';
filenamehalf[347]  :='sound6_47.half';
filenamehalf[348]  :='sound6_48.half';
filenamehalf[349]  :='sound6_49.half';
filenamehalf[350]  :='sound6_50.half';

filenamehalf[351]   :='sound7_1.half';
filenamehalf[352]   :='sound7_2.half';
filenamehalf[353]   :='sound7_3.half';
filenamehalf[354]   :='sound7_4.half';
filenamehalf[355]   :='sound7_5.half';
filenamehalf[356]   :='sound7_6.half';
filenamehalf[357]   :='sound7_7.half';
filenamehalf[358]   :='sound7_8.half';
filenamehalf[359]   :='sound7_9.half';
filenamehalf[360]  :='sound7_10.half';
filenamehalf[361]  :='sound7_11.half';
filenamehalf[362]  :='sound7_12.half';
filenamehalf[363]  :='sound7_13.half';
filenamehalf[364]  :='sound7_14.half';
filenamehalf[365]  :='sound7_15.half';
filenamehalf[366]  :='sound7_16.half';
filenamehalf[367]  :='sound7_17.half';
filenamehalf[368]  :='sound7_18.half';
filenamehalf[369]  :='sound7_19.half';
filenamehalf[370]  :='sound7_20.half';
```

ลิขสิทธิ์ของสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamehalf[371]  :='sound7_21.half';
filenamehalf[372]  :='sound7_22.half';
filenamehalf[373]  :='sound7_23.half';
filenamehalf[374]  :='sound7_24.half';
filenamehalf[375]  :='sound7_25.half';
filenamehalf[376]  :='sound7_26.half';
filenamehalf[377]  :='sound7_27.half';
filenamehalf[378]  :='sound7_28.half';
filenamehalf[379]  :='sound7_29.half';
filenamehalf[380]  :='sound7_30.half';
filenamehalf[381]  :='sound7_31.half';
filenamehalf[382]  :='sound7_32.half';
filenamehalf[383]  :='sound7_33.half';
filenamehalf[384]  :='sound7_34.half';
filenamehalf[385]  :='sound7_35.half';
filenamehalf[386]  :='sound7_36.half';
filenamehalf[387]  :='sound7_37.half';
filenamehalf[388]  :='sound7_38.half';
filenamehalf[389]  :='sound7_39.half';
filenamehalf[390]  :='sound7_40.half';
filenamehalf[391]  :='sound7_41.half';
filenamehalf[392]  :='sound7_42.half';
filenamehalf[393]  :='sound7_43.half';
filenamehalf[394]  :='sound7_44.half';
filenamehalf[395]  :='sound7_45.half';
filenamehalf[396]  :='sound7_46.half';
filenamehalf[397]  :='sound7_47.half';
filenamehalf[398]  :='sound7_48.half';
filenamehalf[399]  :='sound7_49.half';
filenamehalf[400]  :='sound7_50.half';


filenamehalf[401]   :='sound8_1.half';
filenamehalf[402]   :='sound8_2.half';
filenamehalf[403]   :='sound8_3.half';
filenamehalf[404]   :='sound8_4.half';
filenamehalf[405]   :='sound8_5.half';
filenamehalf[406]   :='sound8_6.half';
filenamehalf[407]   :='sound8_7.half';
filenamehalf[408]   :='sound8_8.half';
filenamehalf[409]   :='sound8_9.half';
filenamehalf[410]  :='sound8_10.half';
filenamehalf[411]  :='sound8_11.half';
filenamehalf[412]  :='sound8_12.half';
filenamehalf[413]  :='sound8_13.half';
filenamehalf[414]  :='sound8_14.half';
filenamehalf[415]  :='sound8_15.half';
filenamehalf[416]  :='sound8_16.half';
filenamehalf[417]  :='sound8_17.half';
filenamehalf[418]  :='sound8_18.half';
filenamehalf[419]  :='sound8_19.half';
filenamehalf[420]  :='sound8_20.half';
filenamehalf[421]  :='sound8_21.half';
filenamehalf[422]  :='sound8_22.half';
filenamehalf[423]  :='sound8_23.half';
filenamehalf[424]  :='sound8_24.half';
filenamehalf[425]  :='sound8_25.half';
filenamehalf[426]  :='sound8_26.half';
filenamehalf[427]  :='sound8_27.half';
filenamehalf[428]  :='sound8_28.half';
filenamehalf[429]  :='sound8_29.half';
filenamehalf[430]  :='sound8_30.half';
filenamehalf[431]  :='sound8_31.half';
filenamehalf[432]  :='sound8_32.half';
filenamehalf[433]  :='sound8_33.half';
filenamehalf[434]  :='sound8_34.half';
filenamehalf[435]  :='sound8_35.half';
filenamehalf[436]  :='sound8_36.half';
filenamehalf[437]  :='sound8_37.half';
filenamehalf[438]  :='sound8_38.half';
filenamehalf[439]  :='sound8_39.half';
filenamehalf[440]  :='sound8_40.half';
filenamehalf[441]  :='sound8_41.half';
filenamehalf[442]  :='sound8_42.half';
filenamehalf[443]  :='sound8_43.half';
filenamehalf[444]  :='sound8_44.half';
filenamehalf[445]  :='sound8_45.half';
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
filenamehalf[446]  :='sound8_46.half';
filenamehalf[447]  :='sound8_47.half';
filenamehalf[448]  :='sound8_48.half';
filenamehalf[449]  :='sound8_49.half';
filenamehalf[450]  :='sound8_50.half';

filenamehalf[451]   :='sound9_1.half';
filenamehalf[452]   :='sound9_2.half';
filenamehalf[453]   :='sound9_3.half';
filenamehalf[454]   :='sound9_4.half';
filenamehalf[455]   :='sound9_5.half';
filenamehalf[456]   :='sound9_6.half';
filenamehalf[457]   :='sound9_7.half';
filenamehalf[458]   :='sound9_8.half';
filenamehalf[459]   :='sound9_9.half';
filenamehalf[460]  :='sound9_10.half';
filenamehalf[461]  :='sound9_11.half';
filenamehalf[462]  :='sound9_12.half';
filenamehalf[463]  :='sound9_13.half';
filenamehalf[464]  :='sound9_14.half';
filenamehalf[465]  :='sound9_15.half';
filenamehalf[466]  :='sound9_16.half';
filenamehalf[467]  :='sound9_17.half';
filenamehalf[468]  :='sound9_18.half';
filenamehalf[469]  :='sound9_19.half';
filenamehalf[470]  :='sound9_20.half';
filenamehalf[471]  :='sound9_21.half';
filenamehalf[472]  :='sound9_22.half';
filenamehalf[473]  :='sound9_23.half';
filenamehalf[474]  :='sound9_24.half';
filenamehalf[475]  :='sound9_25.half';
filenamehalf[476]  :='sound9_26.half';
filenamehalf[477]  :='sound9_27.half';
filenamehalf[478]  :='sound9_28.half';
filenamehalf[479]  :='sound9_29.half';
filenamehalf[480]  :='sound9_30.half';
filenamehalf[481]  :='sound9_31.half';
filenamehalf[482]  :='sound9_32.half';
filenamehalf[483]  :='sound9_33.half';
filenamehalf[484]  :='sound9_34.half';
filenamehalf[485]  :='sound9_35.half';
filenamehalf[486]  :='sound9_36.half';
filenamehalf[487]  :='sound9_37.half';
filenamehalf[488]  :='sound9_38.half';
filenamehalf[489]  :='sound9_39.half';
filenamehalf[490]  :='sound9_40.half';
filenamehalf[491]  :='sound9_41.half';
filenamehalf[492]  :='sound9_42.half';
filenamehalf[493]  :='sound9_43.half';
filenamehalf[494]  :='sound9_44.half';
filenamehalf[495]  :='sound9_45.half';
filenamehalf[496]  :='sound9_46.half';
filenamehalf[497]  :='sound9_47.half';
filenamehalf[498]  :='sound9_48.half';
filenamehalf[499]  :='sound9_49.half';
filenamehalf[500]  :='sound9_50.half';


for a:=1 to 500 do
begin
     AssignFile(f,filenamehalf[a]);
     Reset(f);
     for b:=1 to 50 do
     begin
          for c:=1 to 5000 do
          begin
               Read(f,buffer);
               input3[a,b,c] := buffer;
          end;
     end;
end;
CloseFile(f);
// Build Windows //
for a:=1 to 500 do
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          temps := 1;
          tempe := 157;
          for b:=1 to 32 do
          begin
               for c:=1 to 50 do
               begin
                    e := 1;
                    for d:=temps to tempe do
                    begin
                         window3[a,b,c,e] := input3[a,c,d];
                         e := e + 1;
                    end;
               end;
               temps := temps + 157;
               tempe := tempe + 157;
          end;
     end;

// Build one_dimension //

     for a:=1 to 500 do
     begin
          for b:=1 to 32 do
          begin
               count := 1;
               for c:=1 to 157 do
               begin
                    for d:=1 to 50 do
                    begin
                         onedi3[a,b,count] := Ord(window3[a,b,d,c]);
                         count := count + 1;
                    end;
               end;
          end;
     end;

////////////////////////// Optimization ////////////////////////////////////

// Input Bipolar arrays //

     for b:=1 to 32 do
     begin
          for a:=1 to 10 do
          begin
               if (output[a,b]=1) then
               begin
                    for c:=1 to 50 do
                    begin
                         for d:=1 to 7850 do
                         begin
                              if (onedi3[(((a-1)*10)+c),b,d]>0) then Bi3[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                                                                else Bi3[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                         end;
                    end;
               end;
               if (output[a,b]=0) then
               begin
                    for c:=1 to 50 do
                    begin
                         for d:=1 to 7850 do
                         begin
                              if (onedi3[(((a-1)*10)+c),b,d]>0) then Bi3[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                                                                else Bi3[(((a-1)*10)+c),b,d]:
                         end;
                    end;
               end;
          end;
     end;

// Discriminant array //

     for c:=1 to 32 do
     begin
          for b:=1 to 7850 do
          begin
               sum3[b] := Bi3[1,c,b];
               for a:=2 to 500 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                begin
                    sum3[b] := sum3[b] + Bi3[a,c,b];
                end;
                sum3[b] := Abs(sum3[b]);
                Dis3[c,b] := sum3[b];
            end;
        end;

// Random bits for build GRAM //

        for a:=1 to 32 do   // FFT //
        begin
            want  := 32;
            max   := Dis1[a,1];
            temp  := 65535;
            While (want>0) do
            begin
                for b:=1 to 1600 do   // Search maximum informations //
                begin
                    if (Dis1[a,b]>max) and (Dis1[a,b]<temp) then
                    begin
                        max := Dis1[a,b];
                    end;
                end;
                count := 0;   // Count number of maximum informations //
                for b:=1 to 1600 do
                begin
                    if (Dis1[a,b]=max) then count := count + 1;
                end;
                if (count>want) then   // Check loop //
                begin
                    c := 0;
                    for b:=1 to 1600 do
                    begin
                        if (Dis1[a,b]=max) then
                        begin
                            c := c + 1;
                            Rd1[c] := b;
                        end;
                    end;
                    While (want>0) do
                    begin
                        d := Random(c);
                        d := d + 1;
                        new := false;
                        for b:=1 to 32 do
                        begin
                            if (select1[a,b]=Rd1[d]) then
                            begin
                                new := true;
                                break;
                            end;
                        end;
                        if (new=true) then continue
                        else
                        begin
                            select1[a,want] := Rd1[d];
                            want := want - 1;
                        end;
                    end;
                    temp := max;
                    max  := 0;
                end
                else
                begin
                    for b:=1 to 1600 do
                    begin
                        if (Dis1[a,b]=max) then
                        begin
                            select1[a,want] := b;
                            want := want - 1;
                        end;
                    end;
                    temp := max;
                    max  := 0;
                end;
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end; begin

for a:=1 to 32 do   // TIME //
begin
     want  := 32;
     max   := Dis2[a,1];
     temp  := 65535;
     While (want>0) do
     begin
          for b:=1 to 7850 do   // Search maximum informations //
          begin
               if (Dis2[a,b]>max) and (Dis2[a,b]<temp) then
               begin
                    max := Dis2[a,b];
               end;
          end;
          count := 0;   // Count number of maximum informations //
          for b:=1 to 7850 do
          begin
               if (Dis2[a,b]=max) then count := count + 1;
          end;
          if (count>want) then   // Check loop //
          begin
               c := 0;
               for b:=1 to 7850 do
               begin
                    if (Dis2[a,b]=max) then
                    begin
                         c := c + 1;
                         Rd2[c] := b;
                    end;
               end;
               While (want>0) do
               begin
                    d := Random(c);
                    d := d + 1;
                    new := false;
                    for b:=1 to 32 do
                    begin
                         if (select2[a,b]=Rd2[d]) then
                         begin
                              new := true;
                              break;
                         end;
                    end;
                    if (new=true) then continue
                    else
                    begin
                         select2[a,want] := Rd2[d];
                         want := want - 1;
                    end;
               end;
               temp := max;
               max  := 0;
          end
          else
          begin
               for b:=1 to 7850 do
               begin
                    if (Dis2[a,b]=max) then
                    begin
                         select2[a,want] := b;
                         want := want - 1;
                    end;
               end;
               temp := max;
               max  := 0;
          end;
     end;
end;

for a:=1 to 32 do   // HALF-TIME //
begin
     want  := 32;
     max   := Dis3[a,1];
     temp  := 65535;
     While (want>0) do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for c:=1 to 32 do
    begin
         for b:=1 to 50 do
         begin
              for a:=1 to 10 do
              begin
                   Y1[((a*10)+b-10),1,c] := output[a,c];
                   Y2[((a*10)+b-10),1,c] := output[a,c];
                   Y3[((a*10)+b-10),1,c] := output[a,c];
              end;
         end;
    end;

// Building File //

    filenameselect1 := 'select1.new';

    AssignFile(fw,filenameselect1);
    ReWrite(fw);
    for a:=1 to 32 do
    begin
         for b:=1 to 32 do
         begin
              bufferw := select1[a,b];
              Write(fw,bufferw);
         end;
    end;
    CloseFile(fw);

    filenameselect2 := 'select2.new';

    AssignFile(fw,filenameselect2);
    ReWrite(fw);
    for a:=1 to 32 do
    begin
         for b:=1 to 32 do
         begin
              bufferw := select2[a,b];
              Write(fw,bufferw);
         end;
    end;
    CloseFile(fw);

    filenameselect3 := 'select3.new';

    AssignFile(fw,filenameselect3);
    ReWrite(fw);
    for a:=1 to 32 do
    begin
         for b:=1 to 32 do
         begin
              bufferw := select3[a,b];
              Write(fw,bufferw);
         end;
    end;
    CloseFile(fw);

    filenameGram1 := 'Gram1.new';

    AssignFile(f1,filenameGram1);
    ReWrite(f1);
    for c:=1 to 32 do
    begin
         for a:=1 to 500 do
         begin
              for b:=1 to 32 do
              begin
                   buffer1 := Gram1[a,b,c];
                   Write(f1,buffer1);
              end;
         end;
    end;
    CloseFile(f1);
    filenameGram2 := 'Gram2.new';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AssignFile(f1,filenameGram2);
ReWrite(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          for b:=1 to 32 do
          begin
               buffer1 := Gram2[a,b,c];
               Write(f1,buffer1);
          end;
     end;
end;
CloseFile(f1);

filenameGram3 := 'Gram3.new';

AssignFile(f1,filenameGram3);
ReWrite(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          for b:=1 to 32 do
          begin
               buffer1 := Gram3[a,b,c];
               Write(f1,buffer1);
          end;
     end;
end;
CloseFile(f1);

filenameY1 := 'Y1.new';

AssignFile(f1,filenameY1);
ReWrite(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          buffer1 := Y1[a,1,c];
          Write(f1,buffer1);
     end;
end;
CloseFile(f1);

filenameY2 := 'Y2.new';

AssignFile(f1,filenameY2);
ReWrite(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          buffer1 := Y2[a,1,c];
          Write(f1,buffer1);
     end;
end;
CloseFile(f1);

filenameY3 := 'Y3.new';

AssignFile(f1,filenameY3);
ReWrite(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          buffer1 := Y3[a,1,c];
          Write(f1,buffer1);
     end;
end;
CloseFile(f1);

// Show Result //

for a:=1 to 32 do
```

ลิขสิทธิ์เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
        memo1.text := memo1.text + IntToStr(output[1,a]);
    end;

end;

procedure TForm1.CLEARClick(Sender: TObject);
begin
    memo1.clear;
end;

end.
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกระบวนการเรียกคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Neuron4;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Memo1: TMemo;
    SHOW: TButton;
    CLEAR: TButton;
    procedure SHOWClick(Sender: TObject);
    procedure CLEARClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.DFM}

var
   a,b,c,d,e,one,zero,point                : word;
   minimum,minimum1,minimum2,minimum3: word;
   count,count1,count2,count3              : word;
   buffer                                  : boolean;
   buffer1                                 : byte;
   bufferw,temps,tempe                     : word;
   f                                       : file of boolean;
   f1                                      : file of byte;
   fw                                      : file of word;
   pointer,counter,O,O1,O2,O3              : array[1..32] of shortint;
   output,Q                                : array[1..10,1..32] of shortint;
   index1,index2,index3                    : array[1..32,1..500] of word;
   H                                       : array[1..32,1..500,1..3] of word;
   Y1,Y2,Y3                                : array[1..500,1..1,1..32] of byte;
   Gram1,G1,Gram2,G2                       : array[1..500,1..32,1..32] of byte;
   Gram3,G3                                : array[1..500,1..32,1..32] of byte;
   onedi1                                  : array[1..32,1..1600] of shortint;
   onedi2,onedi3                           : array[1..32,1..7850] of shortint;
   select1,select2,select3                 : array[1..32,1..32] of word;
   store1,store2,store3                    : array[1..32,1..32] of word;
   window                                  : array[1..32,1..50,1..32] of boolean;
   input1                                  : array[1..50,1..1024] of boolean;
   input2,input3                           : array[1..50,1..5000] of boolean;
   frame                                   : array[1..32,1..50,1..157] of boolean;
   rectan                                  : array[1..32,1..50,1..157] of boolean;
   filenameinput                           : array[1..3] of string[20];
   filenameselect1,filenameselect2,filenameselect3    : string[20];
   filenameGram1,filenameGram2,filenameGram3          : string[20];
   filenameY1,filenameY2,filenameY3                   : string[20];

rocedure TForm1.SHOWClick(Sender: TObject);
egin

//////////////////////////////// Recall Phase ////////////////////////////////////

/ Receive data to program //

    filenameinput[1]:='sound0_05.fft';
    filenameinput[2]:='sound0_05.time';
    filenameinput[3]:='sound0_05.half';

    AssignFile(f,filenameinput[1]);
    Reset(f);
    for a:=1 to 50 do
    begin
        for b:=1 to 1024 do
        begin
            Read(f,buffer);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                input1[a,b] := buffer;
          end;
     end;
     CloseFile(f);

// Build Windows //

     temps := 1;
     tempe := 32;
     for b:=1 to 32 do
     begin
          for c:=1 to 50 do
          begin
               e := 1;
               for d:=temps to tempe do
               begin
                    window[b,c,e] := input1[c,d];
                    e := e + 1;
               end;
          end;
          temps := temps + 32;
          tempe := tempe + 32;
     end;

// Build one_dimension //

     for b:=1 to 32 do
     begin
          count := 1;
          for d:=1 to 32 do
          begin
               for c:=1 to 50 do
               begin
                    onedi1[b,count] := Ord(window[b,c,d]);
                    count := count + 1;
               end;
          end;
     end;

// Graph time //

     AssignFile(f,filenameinput[2]);
     Reset(f);
     for a:=1 to 50 do
     begin
          for b:=1 to 5000 do
          begin
               Read(f,buffer);
               input2[a,b] := buffer;
          end;
     end;
     CloseFile(f);

// Build Windows //

     temps := 1;
     tempe := 157;
     for b:=1 to 32 do
     begin
          for c:=1 to 50 do
          begin
               e := 1;
               for d:=temps to tempe do
               begin
                    frame[b,c,e] := input2[c,d];
                    e := e + 1;
               end;
          end;
          temps := temps + 157;
          tempe := tempe + 157;
     end;

// Build one_dimension //

     for b:=1 to 32 do
     begin
          count := 1;
```

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for d:=1 to 157 do
        begin
             for c:=1 to 50 do
             begin
                  onedi2[b,count] := Ord(frame[b,c,d]);
                  count := count + 1;
             end;
        end;
   end;

// Graph half-time //

   AssignFile(f,filenameinput[3]);
   Reset(f);
   for a:=1 to 50 do
   begin
        for b:=1 to 5000 do
        begin
             Read(f,buffer);
             input3[a,b] := buffer;
        end;
   end;
   CloseFile(f);

// Build Windows //

   temps := 1;
   tempe := 157;
   for b:=1 to 32 do
   begin
        for c:=1 to 50 do
        begin
             e := 1;
             for d:=temps to tempe do
             begin
                  rectan[b,c,e] := input3[c,d];
                  e := e + 1;
             end;
        end;
        temps := temps + 157;
        tempe := tempe + 157;
   end;

// Build one_dimension //

   for b:=1 to 32 do
   begin
        count := 1;
        for d:=1 to 157 do
        begin
             for c:=1 to 50 do
             begin
                  onedi3[b,count] := Ord(rectan[b,c,d]);
                  count := count + 1;
             end;
        end;
   end;

// Read File //

   filenameselect1 := 'select1.new';

   AssignFile(fw,filenameselect1);
   Reset(fw);
   for a:=1 to 32 do
   begin
        for b:=1 to 32 do
        begin
             Read(fw,bufferw);
             select1[a,b] := bufferw;
        end;
   end;
   CloseFile(fw);

   filenameselect2 := 'select2.new';

   AssignFile(fw,filenameselect2);
```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Reset(fw);
for a:=1 to 32 do
begin
     for b:=1 to 32 do
     begin
          Read(fw,bufferw);
          select2[a,b] := bufferw;
     end;
end;
CloseFile(fw);

filenameselect3 := 'select3.new';

AssignFile(fw,filenameselect3);
Reset(fw);
for a:=1 to 32 do
begin
     for b:=1 to 32 do
     begin
          Read(fw,bufferw);
          select3[a,b] := bufferw;
     end;
end;
CloseFile(fw);

filenameGram1 := 'Gram1.new';

AssignFile(f1,filenameGram1);
Reset(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          for b:=1 to 32 do
          begin
               Read(f1,buffer1);
               Gram1[a,b,c] := buffer1;
          end;
     end;
end;
CloseFile(f1);

filenameGram2 := 'Gram2.new';

AssignFile(f1,filenameGram2);
Reset(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          for b:=1 to 32 do
          begin
               Read(f1,buffer1);
               Gram2[a,b,c] := buffer1;
          end;
     end;
end;
CloseFile(f1);

filenameGram3 := 'Gram3.new';

AssignFile(f1,filenameGram3);
Reset(f1);
for c:=1 to 32 do
begin
     for a:=1 to 500 do
     begin
          for b:=1 to 32 do
          begin
               Read(f1,buffer1);
               Gram3[a,b,c] := buffer1;
          end;
     end;
end;
CloseFile(f1);

filenameY1 := 'Y1.new';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    AssignFile(f1,filenameY1);
    Reset(f1);
    for c:=1 to 32 do
    begin
         for a:=1 to 500 do
         begin
              Read(f1,buffer1);
              Y1[a,1,c] := buffer1;
         end;
    end;
    CloseFile(f1);

    filenameY2 := 'Y2.new';

    AssignFile(f1,filenameY2);
    Reset(f1);
    for c:=1 to 32 do
    begin
         for a:=1 to 500 do
         begin
              Read(f1,buffer1);
              Y2[a,1,c] := buffer1;
         end;
    end;
    CloseFile(f1);

    filenameY3 := 'Y3.new';

    AssignFile(f1,filenameY3);
    Reset(f1);
    for c:=1 to 32 do
    begin
         for a:=1 to 500 do
         begin
              Read(f1,buffer1);
              Y3[a,1,c] := buffer1;
         end;
    end;
    CloseFile(f1);

// Selected random bits form data //

    for a:=1 to 32 do
    begin
         for b:=1 to 32 do
         begin
              store1[a,b] := onedi1[a,select1[a,b]];
              store2[a,b] := onedi2[a,select2[a,b]];
              store3[a,b] := onedi3[a,select3[a,b]];
         end;
    end;

// Building Hamming distance //

    for c:=1 to 32 do
    begin
         for a:=1 to 500 do
         begin
              for b:=1 to 32 do
              begin
                   G1[a,b,c] := Gram1[a,b,c] xor store1[c,b];
                   G2[a,b,c] := Gram2[a,b,c] xor store2[c,b];
                   G3[a,b,c] := Gram3[a,b,c] xor store3[c,b];
              end;
         end;
    end;

    for c:=1 to 32 do
    begin
         for a:=1 to 500 do
         begin
              count1 := 0;
              count2 := 0;
              count3 := 0;
              for b:=1 to 32 do
              begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if G1[a,b,c]>0 then count1:=count1 + 1;
                if G2[a,b,c]>0 then count2:=count2 + 1;
                if G3[a,b,c]>0 then count3:=count3 + 1;
            end;
            H[c,a,1] := count1;
            H[c,a,2] := count2;
            H[c,a,3] := count3;
        end;
    end;

// Search possible output //

    for c:=1 to 32 do
    begin
        count1 := 1;
        count2 := 1;
        count3 := 1;
        minimum1 := H[c,1,1];
        minimum2 := H[c,1,2];
        minimum3 := H[c,1,3];
        index1[c,count1] := 1;
        index2[c,count2] := 1;
        index3[c,count3] := 1;

        for a:=2 to 500 do
        begin
            if (minimum1=H[c,a,1]) then
            begin
                count1 := count1 + 1;
                index1[c,count1] := a;
            end;
            if (minimum1>H[c,a,1]) then
            begin
                index1[c,1] := a;
                minimum1    := H[c,a,1];
                count1      := 1;
            end;

            if (minimum2=H[c,a,2]) then
            begin
                count2   := count2 + 1;
                index2[c,count2] := a;
            end;
            if (minimum2>H[c,a,2]) then
            begin
                index2[c,1] := a;
                minimum2  := H[c,a,2];
                count2    := 1;
            end;

            if (minimum3=H[c,a,3]) then
            begin
                count3   := count3 + 1;
                index3[c,count3] := a;
            end;
            if (minimum3>H[c,a,3]) then
            begin
                index3[c,1] := a;
                minimum3  := H[c,a,3];
                count3    := 1;
            end;
        end;

        if count1=1 then O1[c]:=Y1[index1[c,count1],1,c]
        else
        begin
            d := random(count1);
            d := d + 1;
            O1[c] := Y1[index1[c,d],1,c];
        end;
        if count2=1 then O2[c]:=Y2[index2[c,count2],1,c]
        else
        begin
            d := random(count2);
            d := d + 1;
            O2[c] := Y2[index2[c,d],1,c];
        end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if count3=1 then O3[c]:=Y3[index3[c,count3],1,c]
        else
        begin
             d := random(count3);
             d := d + 1;
             O3[c] := Y3[index3[c,d],1,c];
        end;
   end;

// Firing //

   for a:=1 to 32 do
   begin
        one  := 0;
        zero := 0;
        if (O1[a]=0) then zero := zero + 1
                     else one  := one + 1;
        if (O2[a]=0) then zero := zero + 1
                     else one  := one + 1;
        if (O3[a]=0) then zero := zero + 1
                     else one  := one + 1;
        if (one>zero) then O[a] := 1
                      else O[a] := 0;
   end;

//////////////////////////////// Binary output ////////////////////////////////

   for a:=1 to 32 do
   begin
        if (a<=16) then output[1,a] := 1
                   else output[1,a] := 0;
        if (a<=16) then output[2,a] := 0
                   else output[2,a] := 1;
        if odd(a)  then output[9,a] := 1
                   else output[9,a] := 0;
        if odd(a)  then output[10,a] := 0
                   else output[10,a] := 1;
   end;

   for a:=1  to 8  do output[3,a] := 1;
   for a:=9  to 16 do output[3,a] := 0;
   for a:=17 to 24 do output[3,a] := 1;
   for a:=25 to 32 do output[3,a] := 0;

   for a:=1  to 8  do output[4,a] := 0;
   for a:=9  to 16 do output[4,a] := 1;
   for a:=17 to 24 do output[4,a] := 0;
   for a:=25 to 32 do output[4,a] := 1;

   for a:=1  to 4  do output[5,a] := 1;
   for a:=5  to 8  do output[5,a] := 0;
   for a:=9  to 12 do output[5,a] := 1;
   for a:=13 to 16 do output[5,a] := 0;
   for a:=17 to 20 do output[5,a] := 1;
   for a:=21 to 24 do output[5,a] := 0;
   for a:=25 to 28 do output[5,a] := 1;
   for a:=29 to 32 do output[5,a] := 0;

   for a:=1  to 4  do output[6,a] := 0;
   for a:=5  to 8  do output[6,a] := 1;
   for a:=9  to 12 do output[6,a] := 0;
   for a:=13 to 16 do output[6,a] := 1;
   for a:=17 to 20 do output[6,a] := 0;
   for a:=21 to 24 do output[6,a] := 1;
   for a:=25 to 28 do output[6,a] := 0;
   for a:=29 to 32 do output[6,a] := 1;

   for a:=1  to 2  do output[7,a] := 1;
   for a:=3  to 4  do output[7,a] := 0;
   for a:=5  to 6  do output[7,a] := 1;
   for a:=7  to 8  do output[7,a] := 0;
   for a:=9  to 10 do output[7,a] := 1;
   for a:=11 to 12 do output[7,a] := 0;
   for a:=13 to 14 do output[7,a] := 1;
   for a:=15 to 16 do output[7,a] := 0;
   for a:=17 to 18 do output[7,a] := 1;
   for a:=19 to 20 do output[7,a] := 0;
```

ลิขสิทธิ์เป็นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ต้องขออนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์ก่อนและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for a:=21 to 22 do output[7,a] := 1;
    for a:=23 to 24 do output[7,a] := 0;
    for a:=25 to 26 do output[7,a] := 1;
    for a:=27 to 28 do output[7,a] := 0;
    for a:=29 to 30 do output[7,a] := 1;
    for a:=31 to 32 do output[7,a] := 0;

    for a:=1  to 2  do output[8,a] := 0;
    for a:=3  to 4  do output[8,a] := 1;
    for a:=5  to 6  do output[8,a] := 0;
    for a:=7  to 8  do output[8,a] := 1;
    for a:=9  to 10 do output[8,a] := 0;
    for a:=11 to 12 do output[8,a] := 1;
    for a:=13 to 14 do output[8,a] := 0;
    for a:=15 to 16 do output[8,a] := 1;
    for a:=17 to 18 do output[8,a] := 0;
    for a:=19 to 20 do output[8,a] := 1;
    for a:=21 to 22 do output[8,a] := 0;
    for a:=23 to 24 do output[8,a] := 1;
    for a:=25 to 26 do output[8,a] := 0;
    for a:=27 to 28 do output[8,a] := 1;
    for a:=29 to 30 do output[8,a] := 0;
    for a:=31 to 32 do output[8,a] := 1;

    for a:=1 to 10 do
    begin
         for b:=1 to 32 do
         begin
              Q[a,b] := O[b] xor output[a,b];
         end;
    end;

    for a:=1 to 10 do
    begin
         for b:=1 to 32 do
         begin
              if Q[a,b]>0 then counter[a]:=counter[a]+1;
         end;
    end;

    minimum := counter[1];
    pointer[1] := 1;
    point := 1;
    count := 1;
    for a:=2 to 10 do
    begin
         if (counter[a]=minimum) then
         begin
              minimum := counter[a];
              count := count+1;
              pointer[count] := a;
         end ;
         if (counter[a]<minimum) then
         begin
              minimum := counter[a];
              count := 1;
              pointer[count] := a;
         end ;
    end;
    if count=1 then point:=pointer[1]-1
    else
    begin
         d := random(count);
         d := d + 1;
         point := pointer[d];
         point := point - 1;
    end;

/ Show result //

    memo1.text := memo1.text + IntToStr(point);

nd;

rocedure TForm1.CLEARClick(Sender: TObject);
egin
    memo1.clear;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้