

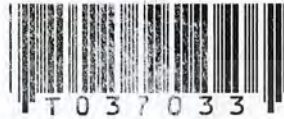
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสร้างแบบจำลอง Hidden Markov Model สำหรับการรู้จำเสียงภาษาไทย

โดยใช้โปรแกรม HTK

HIDDEN MARKOV MODELING FOR THAI SPEECH RECOGNITION

USING HTK PROGRAM



โดย

นาย รัฐวรรณที่ รอดสัตว์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ชม กิมปาน

ผศ.ดร. บุญธีร์ เจริญตราชู

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37033
วัน, เดือน, ปี 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสร้างแบบจำลอง Hidden Markov Model สำหรับการรู้จำเสียงภาษาไทย

โดยใช้โปรแกรม HTK

HIDDEN MAKOV MODELING FOR THAI SPEECH RECOGNITION

USING HTK PROGRAM

ผู้จัดทำ

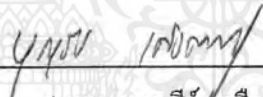
1. นายรัฐวรนนท์ รอดสัตว์

รหัสประจำตัว 39014431



(รศ.ดร.ชม กิมปาน)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ผศ.ดร.บุญธีร์/เครือตราฐ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างแบบจำลอง Hidden Markov Model สำหรับการรู้จำเสียงภาษาไทยโดยใช้โปรแกรม HTK

นายรัฐวรนนท์ รอดสัตว์ 39014431

รศ.ดร.ชม กิมปาน อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.บุญธีร์ เครือตราชู อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ในสาขาวิชาความรู้จำเสียงพูดนั้น การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการเป็นตัวแทนข้อมูลเสียงเป็นวิธีหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาขึ้น โดยหนึ่งในแบบจำลองนั้นก็คือ Hidden Markov Model ซึ่งเป็นแบบจำลองทางสถิติที่มีลักษณะเป็น state machine โดยแบบจำลองจะสามารถเป็นตัวแทนข้อมูลเสียงได้โดยการใช้ค่าตัวแปรของแบบจำลองในการเก็บคุณลักษณะของเสียง โดยตัวแปรนี้จะอยู่ในรูปค่าความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องกับแต่ละสเทท และในการที่แบบจำลองสามารถแสดงคุณลักษณะที่สามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลเสียงได้นั้น เพราะว่าค่าตัวแปรของแบบจำลองนั้นได้จากการประมวลผลโดยใช้เสียงนั้นเป็นข้อมูลในการคำนวณโดยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าตัวแปร และเมื่อได้แบบจำลองที่สมบูรณ์แล้วสามารถทำการทดสอบโดยใช้เสียงที่ต้องการทดสอบมาเป็นข้อมูลเพื่อคำนวณโดยสมการคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าความน่าจะเป็น โดยแบบจำลองที่ได้ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดจะเป็นตัวแทนของเสียงนั้น หรือสามารถอธิบายในอีกทางหนึ่งว่าแบบจำลองที่ให้ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดเมื่อมีเสียงทดสอบเข้ามาก็มีแนวโน้มมากที่จะเป็นตัวแทนของข้อมูลเสียงนั้น

ในปฏิญานีพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการใช้โปรแกรมที่ชื่อ HTK ที่ถูกออกแบบให้ใช้ทำการรู้จำเสียงพูดอังกฤษทำการรู้จำเสียงภาษาไทย ซึ่ง HTK ใช้เทคนิคของการสร้าง Hidden Markov Model ในการทำการรู้จำเสียง โดยโปรแกรมจะนำเสียงพูดมาผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อสร้างแบบจำลองขึ้น และสามารถทดสอบผลการรู้จำได้

HIDDEN MARKOV MODELING FOR THAI SPEECH RECOGNITION USING HTK PROGRAM

Rathwaranon Rodsattru

Assoc.Prof.Dr.Chom Kimpan Advisor

Asst.Dr.Boontee Kruatrachu Co-Advisor

ปีการศึกษา 2542

ABSTRACT

One of Methods for speech recognition is model building for reference the speech. Hidden Markov Model is one of model that can be used for this way. It's state machine. This model has parameters to capture the characteristic of speech. Parameters are produced from mathematics equation. When models were produced by using training speech, it can be used in speech recognition by using the result from calculating parameter. Model take unknown speech as input and produce output as probability value. Model where has highest probability value is likely to be that speech.

In this thesis, I use HTK program for building Hidden Markov Model used for Thai speech recognition. HTK was designed for used with English speech so this is the experiment for use it for Thai language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ สามารถประสบความสำเร็จจากความร่วมมือของหลายฝ่ายด้วยกันคือ รศ.ดร.ชม กิมปาน อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.บุญธีร์ เครือตราฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ รัชฎา คงคะจันทร์ ซึ่งให้ความสำคัญ ช่วยเหลือเป็นอย่างมากตลอดการทำงาน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา คุณยาย และ พี่ชาย ที่เป็นแรงบันดาลใจในการทำงาน และให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน เป็นที่ปรึกษาในยามที่มีปัญหาทั้งทางด้านวัตถุ และ จิตใจ แต่รู้สึกจะใช้ทางด้านวัตถุเยอะไปจึงขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ ชุมชนดนตรีสากล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นที่พักพิงในช่วงที่ผ่านมามาทั้งหมด ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่อยู่เป็นเพื่อนในยามเหงา ขอขอบคุณร้าน sixty bar และ ร้านบางกอกที่ทำให้มีเวลาอยู่กับเพื่อน ได้แม้ไม่มีสติ

ขอขอบคุณ คุณป๊วย นาได้ และ จี๊ด ที่ให้ความเอ็นดูเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณบริษัท phillip morris ที่ยังคงมีราคาแพง แต่ก็จำเป็น ขอขอบคุณเธอที่จะเปลี่ยนมาใช้นามสกุล รอดสัตว์

ขอขอบคุณรุ่นพี่ทุกท่านที่ได้สั่งสอนเพื่อจะให้เป็นวิศวกรที่ดี

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ประสบการณ์ที่ดี

ขอขอบคุณ Byrd นายเป็นคนสำคัญมาก

สุดท้ายนี้ มีปัจจัยอื่นอีกมากมายที่มีส่วนแต่ไม่ได้กล่าวถึงต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 Hidden Markov Model	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ส่วนประกอบแบบจำลอง Markov	4
2.3 ชนิดของHMM	5
2.4 ปัญหาพื้นฐานของแบบจำลอง Hidden Markov	7
2.5 การคำนวณเพื่อแก้ปัญหของแบบจำลอง HMM	7
2.6 การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ของ HMM	16
2.6.1 การสเกลลิง	16
2.6.2 ลำดับค่าปรากฏหลายค่า	20
2.7 การสร้างแบบจำลองอ้างอิง	21
2.8 แบบจำลอง Hidden Markov ในการรู้จำเสียงภาษาไทย	22
บทที่ 3 การใช้ HTK	25
3.1 บทนำ	25
3.2 HMM แบบ continuous	25
3.3 ก่อนการใช้ HTK	26
3.3.1 แบบจำลอง HMM	26
3.3.2 Phoneme Based	27
3.4 การรู้จำเสียงโดย HTK	27
3.4.1 การเตรียมข้อมูล	28
3.4.2 การสร้าง Monophone HMMs	39
3.4.3 การสร้าง Tied State Triphones HMMs	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.4 การเพิ่มจำนวน Mixture Guassian Component	54
3.4.5 การทำการรู้จำ	55
บทที่ 4 ขั้นตอนการทดลอง/ผลการทดลอง	57
4.1 การทดลองที่ 1	59
4.2 การทดลองที่ 2	60
4.3 การทดลองที่ 3	62
4.4 การทดลองที่ 4	64
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	65
5.1 การทดลอง	65
5.2 ข้อสังเกต ปัญหาในการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ	65
ภาคผนวก	67
ภาคผนวก ก.	68
ภาคผนวก ข.	71
บรรณานุกรม	177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แบบจำลองชนิดต่างๆของ HMM	6
2.2 กระบวนการไปข้างหน้า	10
2.3 กระบวนการย้อนกลับ	11
2.4 ลำดับการคำนวณ การเกิดค่าปรากฏร่วม ซึ่งจะอยู่ที่state i ที่เวลา t และ state j ที่เวลา $t+1$	14
2.5 Flow-chart การคำนวณการหาค่าพารามิเตอร์	24
2.6 แบบจำลองเสียงพูดภาษาไทย	22
3.1 สมการของ Output Probability Distribution	25
3.2HMM ที่ใช้ในการทดลอง สร้างโดย HTK	26
3.3สมการของ Mixture Guassian Component	27
3.4 ตัวอย่างของ Word Network	29
3.5 Flow-chart ของการทำ HParse	29
3.6 Flow-Chart ของการใช้คำสั่ง HLEd	37
3.7 Flow-Chart ของการใช้ HCopy	39
3.8 การแยกส่วนที่เป็น Macros กับ HMMs Definition	42
3.9 Flow-Chartของการใช้ HERest	43
3.10 ได้แสดงถึงรูปของ silence model และ short pause	45
3.11 Flow-chart ของการทำคำสั่ง HHEd	46
3.12 ผลจากการทำการ Tied โดยใช้ HHEd	49
3.13 Flow-chart การทำการ Tied โดยใช้ HHEd และ HLEd	50
3.14 ผลจากการทำ Data Clustering	52
3.15 Flow-chart ของการทำTest	56
4.1 ผลการทดลองที่ 1	60
4.2 ผลการทดลองที่ 2	61
4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3	63
4.4 ผลการทดลองครั้งที่ 4	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เป็นเวลานานมาแล้วที่ได้มีการคิดค้นและพัฒนาคอมพิวเตอร์ให้สามารถประมวลผลเพื่อใช้ในการงานต่างได้ จนในปัจจุบันนี้ขีดความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมีความสามารถมากขึ้นมากทำให้มีการใช้คอมพิวเตอร์กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกซึ่งทำให้มีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง และโดยทั่วไปแล้วในการรับคำสั่งจากมนุษย์นั้นคอมพิวเตอร์จะรับทางอุปกรณ์ที่ชื่อคีย์บอร์ด และเมาส์ โดยในอดีตที่ผ่านมาคนมนุษย์ได้มีการจินตนาการซึ่งอาจเห็นได้ในนิยายวิทยาศาสตร์ว่าการติดต่อของมนุษย์กับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นมนุษย์สามารถสั่งงาน โดยเสียงพูดได้โดยตรงซึ่งเป็นวิธีที่เป็นธรรมชาติมากกว่า ทำให้เกิดการพัฒนาแนวความคิดเหล่านี้ขึ้นเพื่อทำให้คอมพิวเตอร์นั้นสามารถทำความเข้าใจเสียงพูดของมนุษย์ได้

ในอดีตนั้นก็ได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการต่างเพื่อที่จะให้สามารถมีการติดต่อสื่อสารดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น จนทำให้เกิดสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์แขนงหนึ่งขึ้นมาก็คือ “การรู้จำเสียงพูด” หรือ “Speech Recognition” แต่เพราะว่าในอดีตความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำ และ เทคนิควิธีการที่ใช้กันยังไม่ถูกพัฒนาเพื่อมากทำการจัดการกับเสียงพูดของมนุษย์ซึ่งมีความซับซ้อนมากนัก ทำให้การพัฒนานั้นเป็นไปได้อย่างล่าช้า จนในปัจจุบันนี้ได้มีการคิดค้นเทคนิคต่างขึ้นมาหลายอย่างซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ

Hidden Markov Model ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อนำมาใช้ในการเป็นตัวแทนข้อมูลเสียงพูด

Stochastic Signal Processing นั้นได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในเรื่องของการรู้จำเสียงซึ่งได้มีการประมวลผลทางสถิติในลักษณะวนรอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน Markov Model นั้นเป็นแบบจำลองทางสถิติซึ่งใช้ในการเป็นตัวแทนข้อมูลเสียง ความรู้พื้นฐานของ Markov Chains นั้นรู้จักกันมาเป็นเวลานาน แต่ได้นำมาใช้ในเรื่องของการรู้จำเสียงโดยใช้เพื่อเป็นแบบจำลองที่เป็นตัวแทนเสียงเมื่อไม่นานมานี้เอง ปัญหาหลักอย่างหนึ่งของการสร้างแบบจำลองของเสียงบนพื้นฐานของ Markov Chains นั้นก็คือการหาวิธีที่ดีเพื่อที่จะทำการหาค่าตัวแปรของ Markov Model ที่ดีที่เหมาะสมกับรูปแบบของข้อมูลเสียง ซึ่งได้มีการนำเสนอวิธีในการหาเมื่อปลายทศวรรษที่ 60 และได้ถูกนำมาใช้กับการประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) เมื่อไม่นานมานี้

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการรู้จำเสียงภาษาไทยในรูปแบบ Continuous Speech หรือเสียงพูดที่เป็นประโยคต่อเนื่องกันไป ซึ่งใช้เครื่องมือในการทำการรู้จำที่ชื่อว่า HTK มาช่วยในการทำการรู้จำเสียงภาษาไทย โดย HTK เป็นเครื่องมือที่ถูกออกแบบมาให้ใช้กับภาษาอังกฤษ และได้ใช้เทคนิควิธีการสร้างแบบจำลองที่ชื่อว่า Hidden Markov Model ในการทำการรู้จำเสียง ในงานวิจัยนี้ได้มีการทดลองเพื่อนำมาใช้ในการทำการรู้จำเสียงภาษาไทยโดยใช้ HTK แต่เนื่องจากการทำการรู้จำเสียงโดย HTK นั้นได้ถูกออกแบบมาให้ใช้กับภาษาอังกฤษ

ซึ่งไม่ได้มีเสียงวรรณยุกต์ในภาษา ซึ่งทำให้การทำกรอว์จในครั้งนี้นั้นการรู้จำภาษาไทยโดยใช้ HTK ไม่สามารถทำการรู้จำเสียงวรรณยุกต์ภาษาไทยได้

ด้วยเหตุนี้ หวังจะมีการพัฒนาเพื่อให้ใช้ HTK ระบบรู้จำเสียงภาษาไทยได้อย่างสมบูรณ์แบบได้ในอนาคต และเป็นการวางพื้นฐานเพื่อให้สามารถเกิดการพัฒนาโปรแกรมเป็นของคนไทยเองในอนาคตข้างหน้า นี้ ในประเทศไทยโดยเฉพาะสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังนั้นได้มีนักศีกษา และอาจารย์ที่ทำการวิจัยในด้านนี้ถือว่าเป็นการเริ่มต้นที่ดี เพราะเชื่อว่าในอนาคตอันใกล้นี้จะทำให้การศีกษาเป็นไปอย่างจริงจังจนสามารถสร้างชื่อเสียงหรือมีความทัดเทียมกับอีกหลายๆสถาบันชั้นนำในต่างชาดที่ทำการศีกษาวิจัยมาก่อน และสามารถพัฒนาระบบการรู้จำเป็นของตนเองได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำขึ้นเพื่อทำการศีกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง Hidden Markov Model เพื่อนำไปใช้ในการรู้จำเสียงพูดภาษาไทยได้ โดยในการศีกษาจะศีกษาทั้งในแบบ Discrete HMMs และ Continuous HMMs และสามารถทำการใช้โปรแกรม HTK เพื่อทำการรู้จำเสียงภาษาไทยซึ่ง เสียงภาษาไทยในที่นี้จะป็นลักษณะเสียงพูดแบบ Continuous Speech โดยพูดต่อเนื่องกันเป็นประโยคโดยการใช้เทคนิคในการสร้างแบบจำลอง Hidden Markov Model ในแบบ Continuous

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อเป็นการเริ่มต้นในการพัฒนาระบบการรู้จำเสียงภาษาไทยอย่างสมบูรณ์ โดยใช้ HTK เป็นโปรแกรมช่วยพัฒนาสำหรับในอนาคต

ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นการศีกษาการทำการรู้จำเสียงภาษาไทยในแบบ Continuous Speech โดยใช้วิธี Hidden Markov Model สร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลเสียง และตรวจสอบประสิทธิภาพ ซึ่งในการนี้ได้มี Tool ที่ชื่อ HTK มาใช้เพื่อช่วยในงานวิจัย โดยขอบเขตของงานที่กำหนดไว้นั้นได้แก่ทำความเข้าใจถึงทฤษฎีของ Hidden Markov Model ทำความเข้าใจ Tool ที่ ชื่อ HTK เพื่อใช้ในการงาน โดยใช้เพื่อจุดประสงค์ดังนี้

1. การทำการสร้างแบบจำลองทางสถิติที่ชื่อ Hidden Markov Model เพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลเสียงพูดในแบบ Continuous Speech
2. ทำการหาค่าความถูกต้องเมื่อทำการรู้จำข้อมูลเสียง
3. ทำการสร้าง Language Model นอกจากการวิเคราะห์ทางสัญญาณเพื่อเป็นการเพิ่มความถูกต้อง

ในการทำโครงการนั้นการสร้าง Hidden Markov Model จะทำในแบบ phoneme based เพื่อใช้ในการรู้จำเสียงภาษาไทยในแบบ Continuous Speech

ขั้นตอนในการดำเนินงาน

ได้ทำการศึกษาวิธีการรู้จำเสียงโดยการสร้าง HMMs เพื่อแทนข้อมูลเสียง โดยขอบเขตที่ทำการศึกษามีดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานของ Markov Model และ Hidden Markov Model
2. การนำ Hidden Markov Model ในแบบที่ใช้กับข้อมูลที่เป็น discrete เช่นเสียงที่ผ่านการ quantization

3. ปัญหาของการนำ HMMs มาใช้ซึ่งประกอบด้วยปัญหา 3 ปัญหาคือ

- 3.1. จะสามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นเมื่อมีค่า Observation และมีแบบจำลอง HMM ได้อย่างไร
- 3.2. เมื่อมีค่า Observation แล้ว สามารถหาลำดับของ state ที่เหมาะสมได้อย่างไร
- 3.3. จะสามารถทำการปรับค่า parameters ได้อย่างไร

4. วิธีการแก้ปัญหาทั้งสามข้อ

ซึ่งได้แนะนำเนื้อหาเหล่านี้ในบทที่ 2 และหลังจากนั้นในบทที่ 3 ได้ทำการศึกษาการใช้ HTK เพื่อทำการรู้จำเสียงภาษาไทยที่ต่อเนื่องกันเป็นประโยคโดย

1. ทำการศึกษาวิธีการในการทำการรู้จำเสียงที่เป็น Continuous Speech
2. ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการสร้าง HMMs ที่ต้องใช้กับข้อมูลที่เป็นแบบ continuous
3. ทำการศึกษา Tool ที่ชื่อ HTK และทำการทดลองใช้งานตามขอบเขตงานที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยในส่วนที่เหลือนั้นในบทที่ 4 จะเป็นผลการทดลอง และบทที่ 5 จะเป็นการสรุปผลการทดลอง

บทที่ 2

Hidden Markov Model

2.1 บทนำ

แบบจำลองMarkovเป็นแบบจำลองทางสถิติซึ่งพัฒนามาเพื่อแบ่งกลุ่มของอนุกรมทางเวลา หรือ สัญญาณที่ไม่คงที่ นั่นคือใช้สำหรับจัดกลุ่มของสัญญาณที่ไม่รู้จัก (Unknown signal) ให้ไปอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งของสัญญาณ ซึ่งแบบจำลองMarkov ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการรู้จำเสียงพูด และเป็นวิธีการที่วิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้

แบบจำลองMarkov แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบต่อเนื่อง (Continuous) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete - time) ในการทำการวิจัยนี้ได้มีการใช้แบบจำลองแบบ Continuous แต่ในการศึกษาเบื้องต้นนั้นเลือกใช้แบบไม่ต่อเนื่อง เพราะง่ายต่อการเข้าใจและยกตัวอย่างโดยข้อมูลที่ผ่านการควอนไทซ์ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลinput มีลักษณะเป็นชนิดไม่ต่อเนื่อง โดยเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการรู้จำจากเสียงต้นแบบ และขั้นตอนในการทดสอบการรู้จำ

โดยในบทนี้จะเป็นการยกตัวอย่างในการรู้จำเสียงแบบเป็นคำๆ (Isolated Word) ซึ่งการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเป็นตัวแทนข้อมูลเสียงนั้นจะใช้การสร้างแบบจำลองหนึ่งแบบแทนคำพูดคำ และให้เสียงที่เข้ามาเพื่อทำการประมวลผลนั้นผ่านการควอนไทซ์ค่าความถี่มูลฐานเพื่อแบ่งข้อมูลเป็น 3 ระดับ (ตัวอย่างให้เข้าใจได้ง่ายแต่จริงแล้วระดับจะมากกว่านี้) ยิ่งระดับของการควอนไทซ์มากก็สามารถทำการแยกคุณลักษณะของเสียงได้เยอะ แต่ถ้ามากเกินไปจะเป็นการเสียเวลาในการคำนวณโดยใช่เหตุ

2.2 ส่วนประกอบของแบบจำลองMarkov

พารามิเตอร์สำคัญที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองอ้างอิง ที่ต้องรู้จักได้แก่

1. T คือ ความยาวของลำดับข้อมูลที่ได้จากการควอนไทซ์ค่าความถี่มูลฐาน ซึ่งมีขนาดความยาวของลำดับเท่ากับจำนวนเฟรมทั้งหมดในเสียงแต่ละเสียง ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลอินพุทในส่วนของ HMM โดยต่อไปจะเรียกแทนว่า “ลำดับของค่าปรากฏ” (Observation sequence)
2. N คือ จำนวนstateในแบบจำลอง ถ้ากำหนดให้เซตของstateเป็น $\{ 1, 2, \dots, N \}$ จะสามารถแทนstateที่เปลี่ยนไปตามเวลา t ด้วย เซตของ $Q = \{ q_1, q_2, \dots, q_N \}$
3. M คือ จำนวนของค่าปรากฏที่สามารถเป็นไปได้ต่อหนึ่งstateแทนสัญลักษณ์ด้วย $V = \{ v_1, v_2, \dots, v_M \}$ ซึ่งจากการจัดระดับของการเปลี่ยนแปลงของความถี่ (ΔF_i) ออกเป็น 3 ระดับ จะได้เซตของค่าปรากฏที่สามารถเป็นไปได้ในแต่ละstateมีค่าเป็น $V = \{ -1, 0, 1 \}$
4. ค่าความน่าจะเป็นในการย้ายstate : $A = \{ a_{ij} \}$
โดย a_{ij} แทนการย้ายstateจาก i ไป j เมื่อ

$$a_{ij} = P [q_t = j | q_{t-1} = i] \quad ; \quad 1 \leq i, j \leq N \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การกระจายความน่าจะเป็น ของค่าปรากฏที่สามารถเป็นไปได้ภายในstate : $B = \{ b_j(k) \}$

$$\text{โดยที่ } b_j(k) = P[v_k \text{ ที่เวลา } t | q_j \text{ ที่เวลา } t] ; 1 \leq k \leq M \quad (2.2)$$

เป็นนิยามการกระจายในstate j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, N$

6. ค่าความน่าจะเป็นของการเป็นstateเริ่มต้น : $\pi = \{ \pi_i \}$

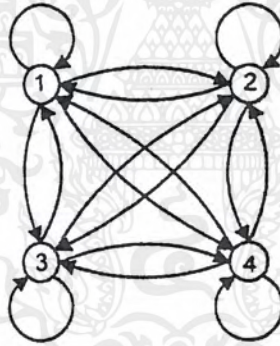
$$\text{เมื่อ } \pi_i = P[q_i \text{ ที่เวลา } t=1] ; 1 \leq i \leq N \quad (2.3)$$

จะเห็นว่า Hidden Markov Model ต้องการพารามิเตอร์ของแบบจำลองคือ N, M และ กลุ่มของความน่าจะเป็น A, B, π ดังนั้นในการแสดงเซตของพารามิเตอร์ที่สมบูรณ์ของแบบจำลองอ้างอิง จะแทนด้วยสัญลักษณ์

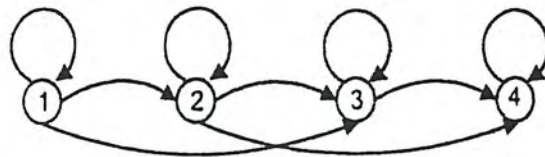
$$\lambda = (A, B, \pi) \quad (2.4)$$

2.3 ชนิดของ HMM

แบ่งชนิดตามการย้ายstateของเมตริกซ์ A

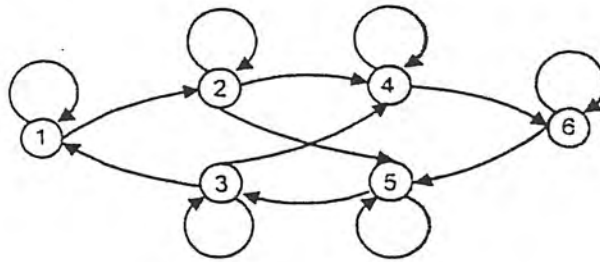


(a)



(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c)

รูปที่ 2.1 แบบจำลองชนิดต่างๆ ของ HMM

HMM แบบ Ergodic Model หรือ Fully Connected Model

การย้ายstateสามารถย้ายไปยังทุก ๆ stateของแบบจำลอง ดังรูปที่ 2.1 (a) เป็นตัวอย่างของแบบจำลองที่มี $N = 4$ ซึ่งจากรูปนี้มีค่าของเมตริกซ์ A เป็น

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}$$

HMM แบบ Left-Right Model หรือ Bakis Model

การย้ายstateจะย้ายจากซ้ายไปขวา ซึ่งจะมีคุณสมบัติของสัมประสิทธิ์ในการย้ายstateดังนี้

$$a_{ij} = 0, j < i$$

คือจะไม่มีการย้ายstate ไปยังstateที่ต่ำกว่าstateปัจจุบัน และนอกจากนี้ก็ยังมีความน่าจะเป็นของstateเริ่มต้นดังนี้

$$\pi_i = \begin{cases} 0, & i \neq 1 \\ 1, & i = 1 \end{cases}$$

คือลำดับของstateจะต้องเริ่มที่stateที่ 1 เสมอ และ Left-Right Model นี้มักมีกฎบังคับการย้ายstate เพื่อไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงดัชนีของstateมากนัก กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a_{ij} = 0, j > i + \Delta i$$

ดังรูปที่ 2.1 (b) ค่าของ $\Delta i = 2$ คือจะไม่มีการย้ายข้ามstate ไปเกิน 2 state และมีเมตริกซ์ในการย้ายstateเป็น

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

จะเห็นว่าstateสุดท้าย สัมประสิทธิ์การย้ายstateจะเป็น

$$a_{NN} = 1$$

$$a_{Ni} = 0, i < N$$

แบบจำลองแบบนี้จะเหมาะกับสัญญาณที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามเวลาอย่างต่อเนื่อง เช่น เสียงพูด

HMM แบบ Parallel Left – Right Model

เป็นแบบจำลองที่มีความยืดหยุ่นมากกว่าแบบที่ 2 แสดงได้ดังรูปที่ 2.1 (c)

2.4 ปัญหาพื้นฐานของแบบจำลอง Markov

ปัญหาของ HMM มี 3 ข้อ ซึ่งต้องใช้Algorithmวิธีต่างๆ ในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหานี้

ปัญหาที่ 1 เมื่อมีลำดับของค่าปรากฏ $O = \{ O_1 O_2 O_3 \dots O_T \}$ และมีแบบจำลอง $\lambda = (A, B, \pi)$ จะคำนวณหาค่าความน่าจะเป็น $P(O|\lambda)$ ของลำดับค่าปรากฏนั้นได้อย่างไร

ปัญหาที่ 2 เมื่อมีลำดับของค่าปรากฏ $O = \{ O_1 O_2 O_3 \dots O_T \}$ และแบบจำลอง $\lambda = (A, B, \pi)$ จะคำนวณหาลำดับstate $q = \{ q_1 q_2 q_3 \dots q_T \}$ ที่เหมาะสมกับลำดับค่าปรากฏนั้นได้อย่างไร

ปัญหาที่ 3 จะปรับพารามิเตอร์ของแบบจำลอง $\lambda = (A, B, \pi)$ เพื่อให้ได้ค่า $P(O|\lambda)$ สูงสุดได้อย่างไร

2.5 การคำนวณเพื่อแก้ปัญหของ HMM

การแก้ปัญหที่ 1

การแก้ปัญหที่ 1 เป็นการคำนวณหาว่าแบบจำลอง λ ใด ๆ มีโอกาสจะให้ค่าลำดับเป็นไปตามลำดับของค่าปรากฏนั้น ด้วยค่าของความน่าจะเป็นมาก – น้อยเท่าใด

การแก้ปัญหสามารถทำได้โดยระบุstateให้กับลำดับของค่าปรากฏซึ่งยาว T (โดยที่ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏหนึ่งตัวมีความเป็นไปได้ที่จะอยู่ในstate ได้ N state) ซึ่งสามารถเป็นไปได้ถึง N^T แบบให้stateต่าง ๆ แทนด้วย

$$q = q_1 q_2 q_3 \dots q_T \quad (2.5)$$

เมื่อ q_1 เป็นstateเริ่มต้นที่เวลา $t = 1$ ความน่าจะเป็นของลำดับของค่าปรากฏ O ที่กำหนดคือ

$$P(O|q, \lambda) = \prod_{t=1}^T P(O_t|q_t, \lambda) \quad (2.6a)$$

ความน่าจะเป็นในการเกิดค่าปรากฏคือ

$$P(O|q, \lambda) = b_{q_1} O_1 \cdot b_{q_2} O_2 \cdot \dots \cdot b_{q_T} O_T \quad (2.6b)$$

และความน่าจะเป็นในการย้ายข้ามstate q จะเป็น

$$P(q|\lambda) = \pi_{q_1} \cdot a_{q_1 q_2} \cdot a_{q_2 q_3} \cdot \dots \cdot a_{q_{T-1} q_T} \quad (2.7)$$

ดังนั้นเมื่อนำความน่าจะเป็นของการเกิดค่าปรากฏ O และค่าความน่าจะเป็นในการย้ายstate q มารวมกัน ซึ่งนั่นก็คือความน่าจะเป็นที่ O และ q จะเกิดขึ้นพร้อมกัน จะได้

$$\begin{aligned} P(O, q|\lambda) &= P(O|q, \lambda) P(q|\lambda) \\ &= (b_{q_1} O_1 \cdot b_{q_2} O_2 \cdot \dots \cdot b_{q_T} O_T) (\pi_{q_1} \cdot a_{q_1 q_2} \cdot a_{q_2 q_3} \cdot \dots \cdot a_{q_{T-1} q_T}) \end{aligned} \quad (2.8)$$

จากสมการด้านบนนั้นจะเห็นได้ว่าในความเป็นจริงนั้นมีเพียงลำดับของ O เท่านั้นที่รู้แต่ลำดับของstateนั้นถูกซ่อนอยู่ ทำให้เป็นเหตุผลว่าทำไมถึงเรียกว่า Hidden Markov

โดยที่ความน่าจะเป็นของ O ได้มาจากผลรวมของความน่าจะเป็นที่ O และ q เกิดขึ้นพร้อมกัน โดยคิดจากทุกstate q ที่จะเป็นไปได้ ดังนี้

$$P(O|\lambda) = \sum_{all q} P(O|q, \lambda) P(q|\lambda) \quad (2.9)$$

$$= \sum_{q_1 q_2 \dots q_T} \pi_{q_1} b_{q_1} (O_1) a_{q_1 q_2} b_{q_2} (O_2) \dots a_{q_{T-1} q_T} b_{q_T} O_T \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เวลาเริ่มต้น ($t = 1$) จะอยู่ที่state q_1 ด้วยค่าความน่าจะเป็น π_{q_1} และแทนค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่าปรากฏ O_1 ที่state นี้ด้วย $b_{q_1}(O_1)$

ที่เวลาเพิ่มขึ้นจาก $t \rightarrow t + 1$ ($t = 2$) แทนการย้ายstate จากstate q_1 ไปยัง q_2 ด้วยค่าความน่าจะเป็น $a_{q_1 q_2}$ และแทนค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่าปรากฏเป็น O_2 ด้วยค่าความน่าจะเป็น $b_{q_2}(O_2)$ จนกระทั่ง ที่เวลา T แทนการย้ายstate จากstate q_{T-1} ไปยัง q_T ด้วยค่าความน่าจะเป็น $a_{q_{T-1} q_T}$ และแทนค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่าปรากฏเป็น O_T ด้วยค่าความน่าจะเป็น $b_{q_T}(O_T)$

จะเห็นว่าสมการนี้มีการคำนวณที่ยุ่งยากเนื่องจากการคูณกันเป็นจำนวนมากในรูปของลำดับ $2T * N^T$ ดังนั้นจึงมีการคิดหาวิธีมาช่วย ซึ่งแบ่งออกเป็น

กระบวนการไปข้างหน้า (Forward Procedure); $\alpha_t(i) = \text{Forward variable}$

นิยาม

$$\alpha_t(i) = P(O_1, O_2, \dots, O_T, q_t = i | \lambda) \quad (2.11)$$

คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดลำดับของค่าปรากฏ O_1, O_2, \dots, O_T และอยู่ที่state q_t ณ เวลา t โดยมีแบบจำลองเป็น λ แล้วสามารถหา $\alpha_t(i)$ ได้ดังนี้

1. การเริ่มต้น (Initialization)

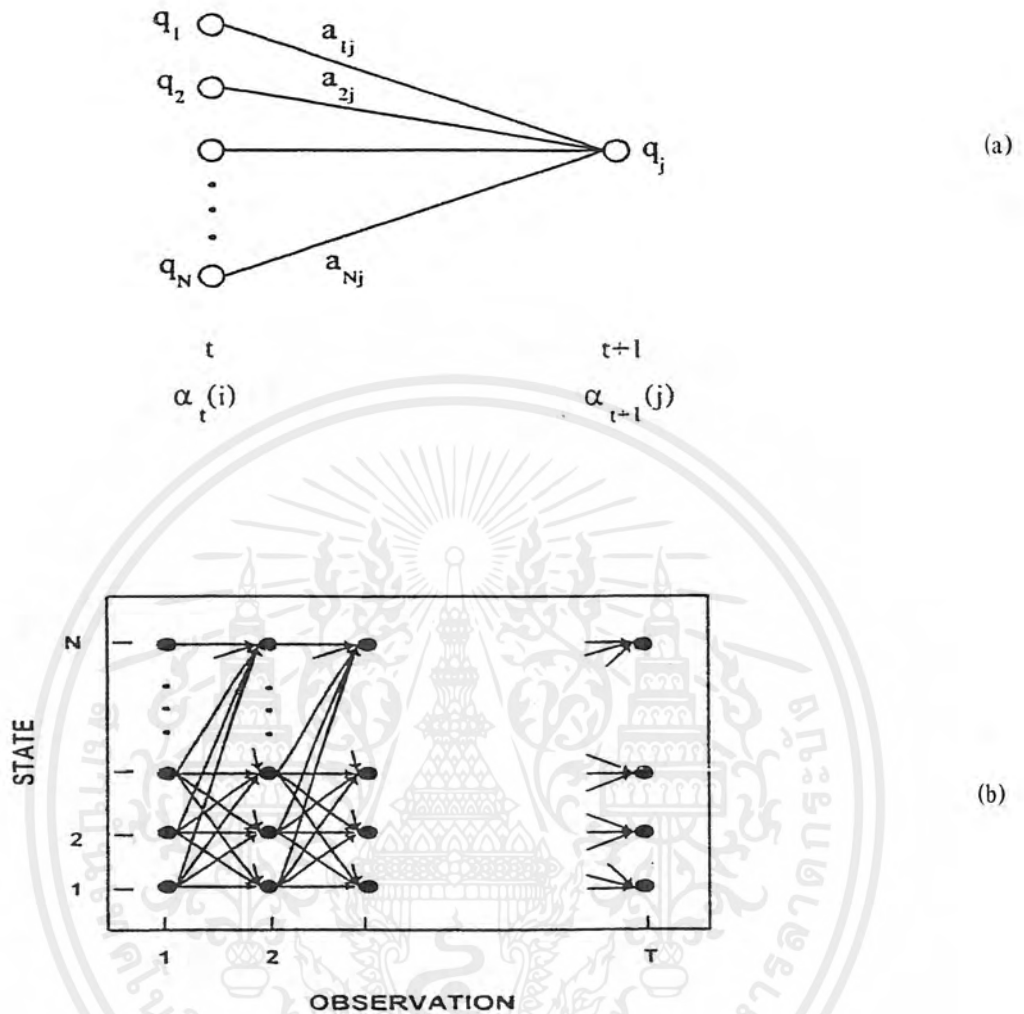
$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(O_1) ; 1 \leq i \leq N \quad (2.12)$$

เริ่มด้วยการกำหนดความน่าจะเป็นไปข้างหน้าซึ่งเป็นความน่าจะเป็นร่วมของstate i และมีเหตุการณ์เริ่มต้นเป็น O_1

2. การเหนี่ยวนำ (Induction)

$$\alpha_{t+1}(j) = \left[\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} \right] b_j(O_{t+1}) ; 1 \leq t \leq T-1 ; 1 \leq j \leq N \quad (2.13)$$

หมายความว่า state j ที่เวลา $t+1$ สามารถมาได้จากstate ก่อนหน้านี้นี้ซึ่งเป็นไปได้ถึง N state (state i ณ เวลา t โดยที่ $1 \leq i \leq N$) ดังรูป 2.2 (a)



รูปที่ 2.2 กระบวนการไปข้างหน้า

จากรูป 2.2 (b) แสดงให้เห็นว่าการคำนวณค่าความน่าจะเป็นแบบไปข้างหน้า (Forward probability) มีโครงสร้างการคำนวณคล้าย ๆ ลักษณะของโครงผลึก และเนื่องจากมีจำนวน state เพียง N state (แทนด้วยจำนวน node ในแต่ละช่วงเวลา t ใด ๆ ในโครงผลึก) จำนวนลำดับ state จะถูกจัดเรียงลงใน node เหล่านี้ โดยในเวลา $t=1$ จะทำการคำนวณค่าของ $\alpha_t(i)$ ในทุก ๆ state $1 \leq i \leq N$ และที่เวลา $t=2, 3, \dots, T$ จะทำการคำนวณค่าของ $\alpha_t(j)$ ในทุก ๆ state $1 \leq j \leq N$ โดยในแต่ละค่าจะทำการคำนวณมาจาก $\alpha_{t-1}(i)$ จำนวน N ค่าก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสิ้นสุด (Termination)

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(i) \quad ; 1 \leq i \leq N \quad (2.14)$$

สามารถหา $P(O|\lambda)$ ได้จากผลรวมของ $\alpha_i(j)$ จากทุก ๆ state

กระบวนการย้อนกลับ (Backward Procedure); $\beta_i(i) = \text{Backward variable}$

นิยาม

$$\beta_i(i) = P(O_{i+1}O_{i+2}\dots O_T | i_t = q_i, \lambda) \quad (2.15)$$

คือ ความน่าจะเป็นของลำดับค่าปรากฏส่วนหลังจากเวลา $t+1$ ไปจนจบโดยกำหนดว่าต้องอยู่ที่ state i ที่เวลา t และมีแบบจำลองเป็น λ จะคำนวณหา $\beta_i(i)$ ได้ดังนี้

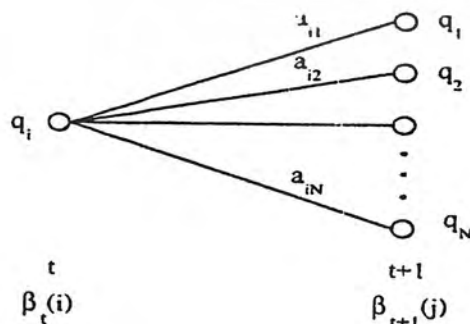
1. การเริ่มต้น (Initialization)

$$\beta_i(i) = 1 \quad ; 1 \leq i \leq N \quad (2.16)$$

2. การเหนี่ยวนำ (Induction)

$$\beta_i(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(O_{i+1}) \beta_{i+1}(j) \quad (2.17)$$

เมื่อ $t = T-1, T-2, \dots, 1, 1 \leq i \leq N$



รูปที่ 2.3 กระบวนการย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.3 เพื่อที่จะให้ค่าปรากฏอยู่ที่state i ณ เวลา t โดยคาดคะเนจากลำดับค่าปรากฏจากเวลา $t+1$ ซึ่งจะต้องพิจารณาจากstate j ที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยจะขึ้นอยู่กับค่า a_{ij} และ $b_j(O_{t+1})$

การแก้ปัญหาที่ 2 ใช้ Viterbi Algorithm

เพื่อที่จะหาลำดับstateที่ดีที่สุด $q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_T)$ ให้กับลำดับของค่าปรากฏ $O = \{O_1, O_2, O_3, \dots, O_T\}$ ที่มีอยู่ โดยนิยามให้

$$\delta_t(i) = \max_{q_1, q_2, \dots, q_{t-1}} P[q_1, q_2, \dots, q_{t-1}, q_t = i, O_1, O_2, \dots, O_t | \lambda] \quad (2.18)$$

เมื่อ $\delta_t(i)$ คือ ความน่าจะเป็นสูงสุด (highest probability) ของเส้นทาง (path) ซึ่งจะหาได้จากค่าความน่าจะเป็นสูงสุด เมื่อเทียบกับstateทุกstateในการให้ค่าปรากฏเป็นไปตามค่าปรากฏที่กำหนดให้ ที่ขณะเวลา t ใดๆ และจากการอาศัยคุณสมบัติของการเหนี่ยวนำจะได้

$$\delta_{t+1}(j) = \left[\max_i \delta_t(i) a_{ij} \right] \cdot b_j(O_{t+1}) \quad (2.19)$$

โดยกำหนดให้ $\psi_t(j)$ เป็นอาร์เรย์ที่เก็บตำแหน่งของstate ที่ให้ค่าความน่าจะเป็นสูงที่สุดที่คำนวณได้ในแต่ละเวลา t และแต่ละลำดับ j ซึ่งจะสามารถหาลำดับstateที่ดีที่สุดได้โดยใช้กระบวนการต่อไปนี้

1. การเริ่มต้น (Initialization)

$$\delta_1(i) = \pi_i b_i(O_1) \quad ; 1 \leq i \leq N \quad (2.20a)$$

$$\psi_1(i) = 0 \quad (2.20b)$$

2. การย้อนกลับ (Recursion)

$$\delta_t(j) = \left[\max_{1 \leq i \leq N} \delta_{t-1}(i) a_{ij} \right] \cdot b_j(O_t) \quad ; 1 \leq j \leq N \quad 2 \leq t \leq T \quad (2.21a)$$

$$\psi_t(j) = \arg \max_{1 \leq i \leq N} \left[\delta_{t-1}(i) a_{ij} \right] \quad ; 1 \leq j \leq N \quad 2 \leq t \leq T \quad (2.21b)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสิ้นสุด (Termination)

$$P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (2.22a)$$

$$q_T = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)] \quad (2.22b)$$

4. เส้นทางเดินย้อนกลับ (Backtracking)

$$q_t^* = \psi_{t+1}(q_{t+1}^*) \quad ; t = T-1, T-2, \dots, 1 \quad (2.23)$$

การแก้ปัญหาที่ 3

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าแบบจำลองของเสียงจะแทนด้วยค่าพารามิเตอร์ $\lambda = (A, B, \pi)$ ดังนั้นเมื่อมีลำดับของค่าปรากฏจำนวนหนึ่ง เพื่อที่จะนำมาสร้างแบบจำลองอ้างอิงจะต้องทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ A, B, π ของแบบจำลองซึ่งจะอยู่ในรูปของค่าความน่าจะเป็น โดยวิธีที่เลือกใช้ก็คือ วิธีของ Baum-Welch method หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า EM (Expectation-Maximization method) โดยมีนิยาม 1. คือ

$$\gamma_t(i) = P(q_t = i | O, \lambda) \quad (2.24)$$

เมื่อ $\gamma_t(i)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะอยู่ที่ state i ที่ช่วงเวลา t โดยให้ลำดับของค่าปรากฏด้วยโมเดล λ โดยที่กำหนดลำดับของค่าปรากฏให้ สามารถแสดงค่า $\gamma_t(i)$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \gamma_t(i) &= P(q_t = i | O, \lambda) \\ &= \frac{P(O, q_t = i | \lambda)}{P(O | \lambda)} \\ &= \frac{P(O, q_t = i | \lambda)}{\sum_{i=1}^N P(O, q_t = i | \lambda)} \end{aligned} \quad (2.25)$$

เนื่องจาก $P(O, q_t = i | \lambda)$ มีค่าเท่ากับ $\alpha_t(i)\beta_t(i)$ ดังนั้นสามารถเขียน $\gamma_t(i)$ ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

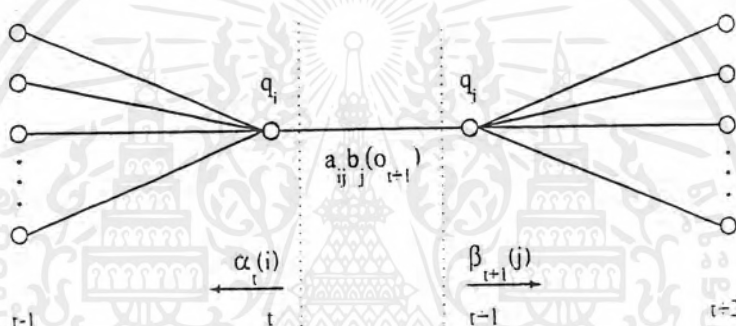
$$\gamma_t(i) = \frac{\alpha_t(i)\beta_t(i)}{\sum_{i=1}^N \alpha_t(i)\beta_t(i)} \quad (2.26)$$

โดย $\alpha_t(i)$ เริ่มจาก O_1, O_2, \dots, O_t จนถึง state i ที่เวลา t

โดย $\beta_t(i)$ เริ่มจาก $O_{t+1}, O_{t+2}, \dots, O_T$ จนถึง state $q_t = i$ ที่เวลา t

นิยาม 2. $\varepsilon_t(i, j) = P(q_t = i, q_{t+1} = j | O, \lambda)$ (2.27)

เมื่อ $\varepsilon_t(i, j)$ คือความน่าจะเป็นที่จะอยู่ที่ state i ที่เวลา t และ state j ที่เวลา $t+1$ เมื่อกำหนดแบบจำลองและลำดับค่าปรากฏให้



รูปที่ 2.4 ลำดับการคำนวณการเกิดค่าปรากฏร่วมซึ่งจะอยู่ที่ state i ที่เวลา t และอยู่ที่ state j ที่เวลา $t+1$

จากรูปแสดง ลำดับการคำนวณการเกิดค่าปรากฏร่วม ซึ่งระบบจะอยู่ใน state i ที่เวลา t และอยู่ที่ state j ที่เวลา $t+1$ โดย $\alpha_t(i)$ เริ่มจากเวลา $t=1$ ที่ค่าปรากฏแรก จนถึง state q_t ที่เวลา t และ $a_{ij}b(o_{t+1})$ เป็นการเปลี่ยน state ที่เวลา t ไปเป็น q_{t+1} ที่เวลา $t+1$ และให้ค่าปรากฏเป็น O_{t+1}

ซึ่งจากนิยามของตัวแปรไปข้างหน้า $\alpha_t(i)$ และตัวแปรย้อนกลับ $\beta_t(i)$ สามารถนำมาสัมพันธ์กับ $\varepsilon_t(i, j)$ ได้เป็น

$$\varepsilon_t(i, j) = \frac{P(q_t = i, q_{t+1} = j, O | \lambda)}{P(O | \lambda)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= \frac{\alpha_t(i)a_{ij}b_j(O_{t+1})\beta_{t+1}(j)}{P(O|\lambda)} \\
&= \frac{\alpha_t(i)a_{ij}b_j(O_{t+1})\beta_{t+1}(j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_t(i)a_{ij}b_j(O_{t+1})\beta_{t+1}(j)}
\end{aligned} \tag{2.28}$$

จากที่ได้นิยาม $\gamma_t(i)$ แล้ว นำมาสัมพันธ์กับ $\varepsilon_t(i,j)$ ได้เป็น

$$\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^N \varepsilon_t(i,j) \tag{2.29}$$

เมื่อ $\sum_{i=1}^{T-1} \gamma_t(i)$ = จำนวนของการย้ายstate จากstate i ในลำดับค่าปรากฏ O (2.30a)

$\sum_{i=1}^N \varepsilon_t(i,j)$ = จำนวนของการย้ายstate จากstate i ไป j ในลำดับค่าปรากฏ O (2.30b)

ดังนั้น สามารถคำนวณหาค่าของพารามิเตอร์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
\pi_i &= \text{จำนวนครั้งในการอยู่ที่state } i \text{ ที่เวลา } t=1 \\
\pi_i &= \gamma_1(i) \quad ; 1 \leq i \leq N
\end{aligned} \tag{2.31a}$$

$$a_{ij} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่คาดว่าจะย้ายสเททจาก } i \text{ ไป } j}{\text{จำนวนครั้งที่คาดว่าจะย้ายจากสเทท } i}$$

$$a_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \varepsilon_t(i,j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)} \tag{2.31b}$$

$$b'_j(k) = \frac{\text{จำนวนครั้งที่คาดว่าจะอยู่ในสเทท } j \text{ และเกิดค่าปรากฏเป็น } v_k}{\text{จำนวนครั้งที่คาดว่าจะอยู่ที่สเทท } j}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b'_i(k) = \frac{\sum_{j=1}^T \gamma_i(j)}{\sum_{j=1}^T \gamma_i(j)} \quad (2.31c)$$

จากกระบวนการข้างต้นถ้าให้ $\lambda = (A, B, \pi)$ เป็นแบบจำลองปัจจุบัน และใช้ λ นี้คำนวณในด้านขวาของสมการที่ (2.31a-c) และให้แบบจำลองที่ได้จากการคำนวณซ้ำเป็น $\lambda' = (A', B', \pi')$ เป็นแบบจำลองที่ได้จากด้านซ้ายของสมการที่ (2.31a-c) ซึ่งจะได้จุดวิกฤตของฟังก์ชันความน่าจะเป็นในกรณีที่ $\lambda' = \lambda$ หรือถ้า λ' มีความน่าจะเป็นมากกว่าแบบจำลอง λ [$P(O|\lambda') > P(O|\lambda)$] นั่นคือจะได้แบบจำลอง λ' ใหม่ ที่น่าจะทำให้เกิดลำดับของค่าปรากฏ O ที่ดีกว่า

2.6 การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ของ HMM

2.6.1 การสเกลลิง (Scaling)

พิจารณาค่าจำกัดความของ $\alpha_t(i)$ ในสมการที่ 211 จะเห็นว่า $\alpha_t(i)$ ประกอบไปด้วยผลรวมเทอมขนาดใหญ่ที่อยู่ในรูป

$$\prod_{s=1}^{t-1} a_{q_s q_{s+1}} \prod_{s=1}^t b_{q_s}(O_s)$$

เนื่องจากค่า a และ b เป็นค่าความน่าจะเป็น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีค่าน้อยกว่า 1 ด้วยเหตุนี้ เมื่อ t มากขึ้นค่าแต่ละเทอมของ $\alpha_t(i)$ จะเข้าสู่ศูนย์ ทำให้ช่วงไดนามิก (Dynamic Range) ของการคำนวณ $\alpha_t(i)$ มีค่าสูงเกินขอบเขตการทำงานของเครื่องคำนวณทำให้ค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยใช้กระบวนการสเกลลิง (Scaling Procedure)

การสเกลลิงทำได้โดยการคูณ $\alpha_t(i)$ ด้วยสัมประสิทธิ์การสเกลลิง ซึ่งไม่ขึ้นกับ i (นั่นคือขึ้นอยู่กับค่าของเวลา t เท่านั้น) เพื่อให้ $\alpha_t(i)$ ที่ผ่านการสเกลลิงแล้วมีค่าอยู่ภายในช่วง Dynamic Range ของเครื่องคำนวณในทุก ๆ ค่าเวลาภายใต้ $1 \leq t \leq T$ และในทำนองเดียวกันจะต้องทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสเกลลิงของค่า $\beta_t(i)$ ด้วย ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายของการคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์ของการสเกลลิงจะตัดกันหมดไป

เพื่อให้เข้าใจการทำงานของกระบวนการสเกลลิงดีขึ้น จะพิจารณาสมการของการย้าย state (a_{ij}) ที่อยู่ในเทอมของตัวแปรไปข้างหน้า และตัวแปรย้อนกลับ

$$\bar{a}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)} \quad (2.32)$$

พิจารณาสัญลักษณ์ในการคำนวณ $\alpha_t(i)$ เมื่อกำหนดให้

$\alpha_t(i)$ แทน α ที่ยังไม่ผ่านการสเกล

$\hat{\alpha}_t(i)$ แทน α ที่สเกลแล้ว

$\tilde{\alpha}_t(i)$ แทน α แทนเวอร์ชันของ α ก่อนการสเกล

เมื่อเวลาเริ่มต้น $t = 1$

คำนวณ $\alpha_t(i)$ ตามสมการที่ 2.12 และกำหนดให้ $\hat{\alpha}_1(i) = \tilde{\alpha}_1(i)$

เมื่อ
$$c_1 = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \alpha_1(i)}$$

และ
$$\hat{\alpha}_1(i) = c_1 \alpha_1(i)$$

เมื่อเวลา $2 \leq t \leq T$

เริ่มแรกทำการคำนวณหา $\hat{\alpha}_t(i)$ ตามสมการการเหนี่ยวนำ สมการที่ 2.13 โดยใช้เทอมของค่าที่ผ่านการสเกลแล้ว $\hat{\alpha}_{t-1}(i)$ จะได้ดังนี้

$$\tilde{\alpha}_t(i) = \sum_{j=1}^N \alpha_{t-1}(j) a_{ji} b_i(O_t) \quad (2.33a)$$

เมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสเกลลง ; c_t เป็น

$$c_t = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \tilde{\alpha}_t(i)} \quad (2.33b)$$

เมื่อให้

$$\hat{\alpha}_t(i) = c_t \tilde{\alpha}_t(i) \quad (2.33c)$$

จากสมการที่ 2.33a-c สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$\tilde{\alpha}_t(i) = \frac{\sum_{j=1}^N \tilde{\alpha}_{t-1}(j) a_{ji} b_i(O_t)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \tilde{\alpha}_{t-1}(j) a_{ji} b_i(O_t)} \quad (2.34)$$

และโดยการเหนี่ยวนำสามารถเขียน $\tilde{\alpha}_{t-1}(j)$ ได้เป็น

$$\tilde{\alpha}_{t-1}(j) = \left(\prod_{T=1}^{t-1} c_T \right) \alpha_{t-1}(j) \quad (2.35a)$$

ดังนั้นสามารถเขียน $\tilde{\alpha}_t(i)$ ได้เป็น

$$\tilde{\alpha}_t(i) = \frac{\sum_{j=1}^N \alpha_{t-1}(j) \left(\prod_{T=1}^{t-1} c_T \right) a_{ji} b_i(O_t)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_{t-1}(j) \left(\prod_{T=1}^{t-1} c_T \right) a_{ji} b_i(O_t)} = \frac{\alpha_t(i)}{\sum_{i=1}^N \alpha_t(i)} \quad (2.35b)$$

นั่นคือการสเกลลิงจะทำได้โดยนำ $\alpha_t(i)$ แต่ละค่า มาหารด้วยผลรวมของ $\alpha_t(i)$ ทุกstate จากนั้นทำการคำนวณลักษณะเดียวกันนี้กับเทอมของตัวแปรย้อนกลับ $\beta_t(i)$ โดยใช้สเกลแฟกเตอร์เดียวกันในรูปของ

$$\tilde{\beta}_t(i) = c_t \beta_t(i) \quad (2.36)$$

พิจารณาสมการ 2.32 ในเทอมของตัวแปรที่ผ่านการสเกล จะได้เป็น

$$\bar{a}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \tilde{\alpha}_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \tilde{\beta}_{t+1}(j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \sum_{j=1}^N \tilde{\alpha}_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \tilde{\beta}_{t+1}(j)} \quad (2.37)$$

โดยแต่ละ $\tilde{\alpha}_t(i), \tilde{\beta}_{t+1}(j)$ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{\alpha}_t(i) = \left[\prod_{s=1}^t c_s \right] \alpha_t(i) = C_t \alpha_t(i) \quad (2.38)$$

$$\hat{\beta}_{t+1}(j) = \left[\prod_{s=t+1}^T c_s \right] \beta_{t+1}(j) = D_{t+1} \beta_{t+1}(j) \quad (2.39)$$

ดังนั้นสมการ 2.37 สามารถเขียนได้เป็น

$$\bar{a}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} C_t \alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) D_{t+1} \beta_{t+1}(j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \sum_{j=1}^N C_t \alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) D_{t+1} \beta_{t+1}(j)} \quad (2.40)$$

โดยเทอม $C_t D_{t+1}$ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ

$$C_t D_{t+1} = \prod_{s=1}^t c_s \prod_{s=t+1}^T c_s = \prod_{s=1}^T c_s = C_T \quad (2.41)$$

จะเห็นว่าเทอม $C_t D_{t+1}$ เป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับเวลา ดังนั้นสามารถตัดออกจากทั้งเศษและส่วนของสมการ 2.40 ได้ ซึ่งจะทำได้สูตรของการคำนวณซ้ำ กระบวนการสเกลลิงดังกล่าวนี้จะถูกนำไปใช้กับสัมประสิทธิ์ π และ β การสเกลลิงนี้จะทำให้การคำนวณค่า $P(O|\lambda)$ เปลี่ยนไป จะไม่สามารถหาได้จากผลรวมเทอมของ $\hat{\alpha}_T(i)$ เนื่องจากเป็นค่าที่ถูกสเกลแล้ว แต่สามารถคำนวณได้จากคุณสมบัติ

$$\prod_{i=1}^T c_i \prod_{i=1}^N \alpha_T(i) = C_T \sum_{i=1}^N \alpha_T(i) = 1 \quad (2.42)$$

ดังนั้นจะได้

$$\prod_{t=1}^T c_t \cdot P(O|\lambda) = 1 \quad (2.43)$$

หรือ

$$P(O|\lambda) = \frac{1}{\prod_{t=1}^T c_t} \quad (2.44)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$\log[P(O|\lambda)] = \sum_{i=1}^T \log c_i \quad (2.45)$$

นั่นคือ การคำนวณค่า P จะอยู่ในรูป \log ของ P เพื่อไม่ให้เกินช่วงไดนามิก (Dynamic Range) ของเครื่องคำนวณ

2.6.2 ลำดับของค่าปรากฏหลายลำดับ (Multiple Observation Sequences)

ในการสร้างแบบจำลองด้วย Left-Right Model จำเป็นจะต้องใช้จำนวนลำดับของเหตุการณ์หลาย ๆ ลำดับเข้ามาแทนเพื่อให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่ได้มีความน่าเชื่อถือที่สุด ถ้ากำหนดให้ k แทน เซตของลำดับค่าปรากฏ ดังนี้

$$O = [O^{(1)}, O^{(2)}, \dots, O^{(k)}] \quad (2.46)$$

เมื่อ $O^{(k)} = (O_1^{(k)} O_2^{(k)} \dots O_T^{(k)})$ คือ ลำดับค่าปรากฏอันดับที่ k โดยสมมติให้แต่ละอันดับของค่าปรากฏเป็นอิสระต่อกัน โดยมีจุดประสงค์ เพื่อที่จะปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง λ ให้มีค่ามากที่สุด

$$P(O|\lambda) = \prod_{k=1}^K P(O^{(k)}|\lambda) \quad (2.47)$$

$$= \prod_{k=1}^K P_k \quad (2.48)$$

ดังนั้นจะได้สมการของการคำนวณซ้ำที่ใช้ในการปรับค่า \bar{a}_j และ $\bar{b}_j(l)$ เป็น

$$\bar{a}_j = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{i=1}^{T_k-1} \alpha_i^k(i) a_j b_j(O_{i+1}^{(k)}) \beta_{i+1}^k(j)}{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{i=1}^{T_k-1} \alpha_i^k(i) \beta_i^k(i)} \quad (2.49)$$

และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{b}_j(l) = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{t=1, O_t=v_j}^{T_k-1} \alpha_t^k(i) \beta_t^k(i)}{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{t=1}^{T_k-1} \alpha_t^k(i) \beta_t^k(i)} \quad (2.50)$$

ส่วนค่า π_i ไม่ต้องมีการคำนวณซ้ำเนื่องจาก $\pi_1 = 1, \pi_i = 0, i \neq 1$

จากสมการของการสเกลลิงสมการที่ 2.49 – 2.50 สามารถเขียนสมการที่อยู่ในเทอมของตัวแปรที่สเกลแล้วได้เป็น

$$\bar{a}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{t=1}^{T_k-1} \hat{\alpha}_t^k(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}^{(k)}) \hat{\beta}_{t+1}^k(j)}{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{t=1}^{T_k-1} \hat{\alpha}_t^k(i) \hat{\beta}_t^k(i)} \quad (2.51)$$

$$\bar{b}_j(l) = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{t=1, O_t=v_j}^{T_k-1} \hat{\alpha}_t^k(i) \hat{\beta}_t^k(i)}{\sum_{k=1}^K \frac{1}{P_k} \sum_{t=1}^{T_k-1} \hat{\alpha}_t^k(i) \hat{\beta}_t^k(i)} \quad (2.52)$$

2.7 การสร้างแบบจำลองอ้างอิง

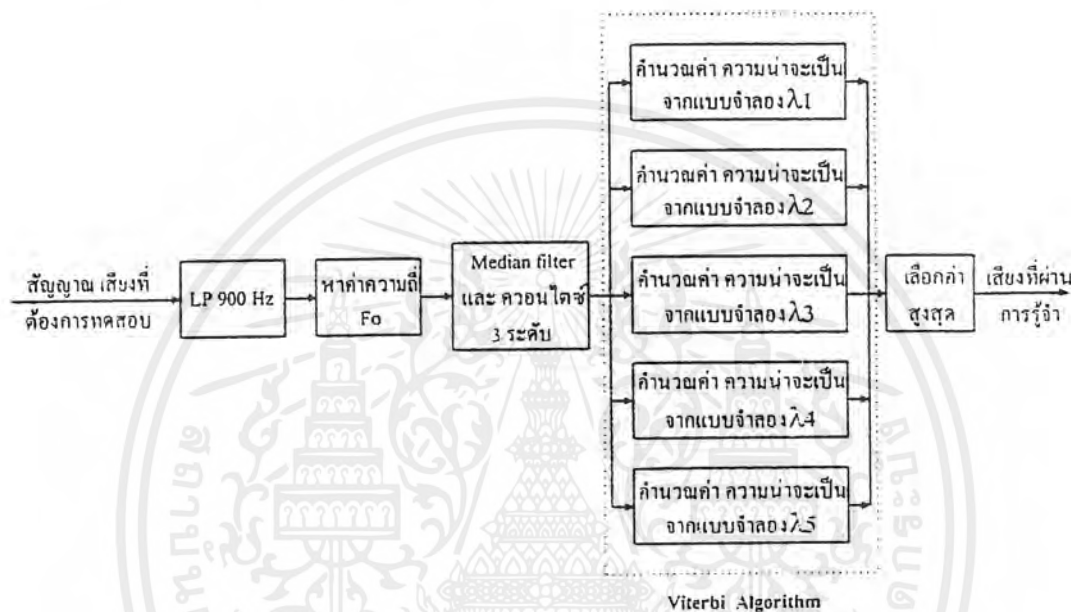
จากหัวข้อ 2.5 ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาทั้ง 3 ข้อของ HMM ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองอ้างอิงในการรู้จำ โดยขั้นตอนในการคำนวณหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองอ้างอิง สามารถแสดงได้ดัง รูปที่ 2.5

เมื่อต้องการสร้างแบบจำลองอ้างอิงเสียงพูด 5 เสียง สิ่งที่จะต้องมียกคือกลุ่มเสียงต้นแบบ หรือลำดับของค่าปรากฏทั้ง 5 กลุ่ม เพื่อใช้เป็นข้อมูลฝึกสอน (Training data) จากรูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนของการคำนวณการสร้างแบบจำลองอ้างอิง โดยในขั้นแรกจะต้องทำการกำหนดค่า A, B เริ่มต้น จากนั้น ทำการคำนวณหาค่า α, β โดยใช้การแก้ปัญหาที่ 1 ของ HMM แล้วทำการสเกลลิง เพื่อไม่ให้ค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าเกินช่วงไดนามิกของเครื่องคำนวณ (Dynamic Range) จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ของการสเกลลิงมาคำนวณหาค่า ความน่าจะเป็น $P(O|\lambda)$ ซึ่งจะอยู่ในรูปของค่า $\log P$ และเนื่องจากการสร้างแบบจำลองอ้างอิง จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลฝึกสอนจำนวนมาก เพื่อให้แบบจำลองอ้างอิงที่สร้างขึ้น คลอบคลุมความแปรปรวนของลักษณะเสียงให้ได้มากที่สุด ดังนั้นจึงจะต้องมีการคำนวณซ้ำเกิดขึ้น ตามจำนวนของเสียงที่นำมาฝึกสอน จากนั้นทำการหาค่าผลรวมของค่าความน่าจะเป็น (ผลรวมของ $\log P$ จากจำนวนเสียงทั้งหมด) เพื่อมาใช้ในการคำนวณหาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

$\lambda = (A', B', \pi)$ โดยใช้การแก้ปัญหาค่าที่ 3 ของ HMM จากนั้นทำการคำนวณซ้ำจนกว่าค่าผลรวมของ $\log P$ ที่ได้ในแต่ละรอบมีค่าลู่เข้า หรือไม่เปลี่ยนแปลง พารามิเตอร์ของแบบจำลอง $\lambda' = (A', B', \pi)$ ค่าสุดท้าย จะเป็นแบบจำลองที่อาจจะทำให้เกิดลำดับของค่าปรากฏ O ที่ดีกว่า โดยรายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้

2.8 แบบจำลอง Hidden Markov ในการรู้จำเสียงภาษาไทย

การรู้จำเสียงพูด 5 เสียง ด้วย HMM แสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แบบจำลองของเสียงพูดภาษาไทย

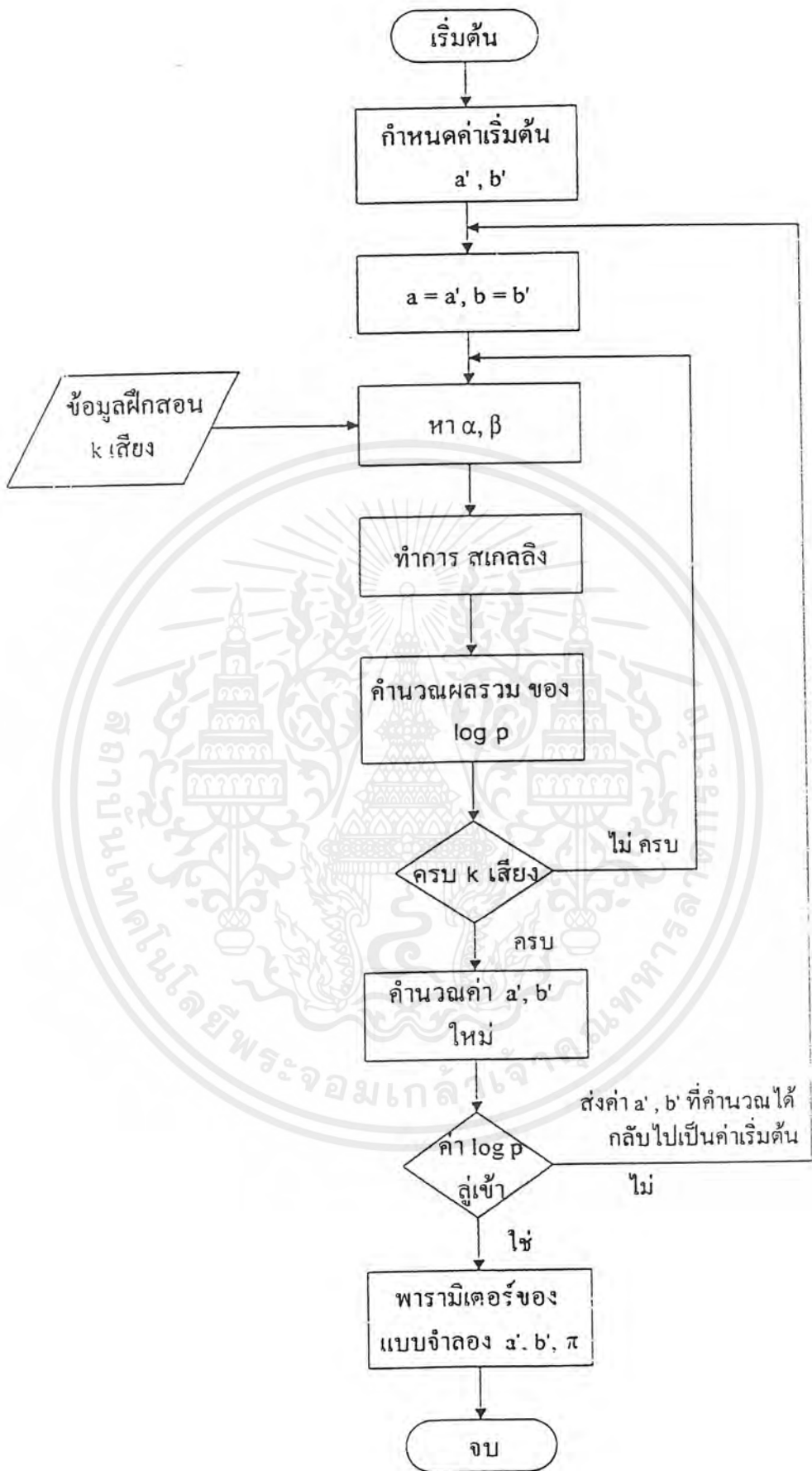
รูปที่ 2.6 แสดงขั้นตอนในการทดสอบการรู้จำเสียงพูดทั้ง 5 เสียง โดยเสียงที่ต้องการทดสอบจะถูกนำมาผ่านขั้นตอนในการหาค่าความถี่มูลฐาน แล้วคอนโวนไดซ์เป็น 3 ระดับ (ขอยกเป็นตัวอย่างตามรูปอย่างง่ายเพื่อให้เข้าใจ ที่ต้องทำการคอนโวนไดซ์ก็เพราะต้องการทำให้ข้อมูลอยู่ในรูป Discrete) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการคอนโวนไดซ์ จะถูกนำมาเทียบกับแบบจำลองอ้างอิงเสียงทั้ง 5 แบบ ($\lambda_1 - \lambda_5$) โดยแบบจำลองอ้างอิงใดที่ให้ค่าความน่าจะเป็น (ในการเกิดเหตุการณ์) สูงสุด จะถือว่าคำศัพท์ที่นำมาทดสอบ จะคือคำพูดเดียวกันกับแบบจำลองนั้นนั่นเอง โดยขั้นตอนการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นจะใช้การแก้ปัญหาค่าที่ 2 หรือ Viterbi Algorithm ดังได้กล่าวถึงรายละเอียดมาแล้วข้างต้น ในการสร้างแบบจำลองในที่นี้นั้นเป็นการสร้างแบบจำลอง 1 คำต่อ 1 แบบจำลอง โดยในการแสดงตัวอย่างให้เห็นในที่นี้อาจไม่ใช่ตัวอย่างที่ดีเท่าใดนักเพราะมีการทำการคอนโวนไดซ์ออกเป็นแค่ 3 ระดับ แต่อย่างที่บอกไว้ในตอนต้นแล้วว่าต้องการทำให้เข้าได้โดยง่ายจึงใช้ตัวอย่างที่ไม่มีการใช้ข้อมูลให้มากนักเพื่อจะเน้นเนื้อหาของการสร้างแบบจำลอง Hidden Markov Model เท่านั้น โดยแบบจำลองนั้นสามารถหาได้จากรูปที่ 2.5 ตามที่ได้เคยกล่าวไว้โดยใช้ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียง 5 ชุด(ชุดของคำศัพท์)เพื่อนำมาใช้ในการ train และในบทต่อไปจะเป็นการกล่าวถึงการทำกรสร้างแบบจำลอง 1 แบบจำลองให้อยู่ในรูปของเสียงย่อยที่ประกอบกันเป็นคำเพื่อทำการรู้จำเสียงในลักษณะที่ต่อเนื่องกันเป็นคำๆ และมีค่า Output Probability เป็นแบบต่อเนื่องด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 Flow-Chart การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารไว้สงวนลิขสิทธิ์การเชิงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การใช้ HTK

3.1 บทนำ

ในการทำการรู้จำเสียงนั้นจะประกอบไปด้วยงาน 2 ส่วนก็คือ

- 1.การทำงานในด้าน Acoustic ซึ่งในที่นี้เป็นการสร้าง Acoustic Model
- 2.การทำงานที่เกี่ยวกับทางด้านภาษาเพื่อช่วยในการรู้จำโดยการใช้ HTK ในที่นี้จะเริ่มจากการสร้าง Grammar เพื่อนำมาแปลงเป็น word network ซึ่งเป็น Language Model

โดยในการทำงานวิจัยนี้เป็นการทำการรู้จำเสียงพูดที่มีลักษณะเป็นแบบ Continuous Speech ซึ่งในการทำการรู้จำนั้นจะเป็นการสร้างแบบจำลอง HMMs ในแบบ phoneme-based เป็นวิธีหนึ่งของการสร้างแบบจำลองในรูปแบบ Subword-based ซึ่งโดยทั่วไปในการทำงานในลักษณะนี้จะเป็นการสร้างแบบจำลองตามลักษณะ phoneme หรือเสียงที่ประกอบกันเป็นเสียงพูดซึ่งมีข้อดีก็คือ ในระบบการรู้จำนั้นจำนวนแบบจำลองจะน้อยกว่าการสร้างแบบจำลองที่ใช้หนึ่งแบบจำลองแทนด้วยคำหนึ่งคำเพราะว่าเมื่อมีการเพิ่มคำใหม่เข้ามานั้นจะเป็นการเพิ่มแบบจำลองด้วย ซึ่งในลักษณะนี้ถ้าเป็นการรู้จำแบบ phoneme-based นั้นจะมีแบบจำลองที่คงที่เพราะว่าคำศัพท์ในภาษาไทยนั้นไม่ว่าจะมีมากขนาดไหน แต่เสียงของ phoneme ที่ใช้เป็นส่วนของการออกเสียงซึ่งประกอบกันเป็นคำนั้นจะมีจำนวนคงที่ คำศัพท์ต่างกัมนั้นก็คือการประกอบกันของ phoneme ในลักษณะที่ต่างกัน โดยจะแสดงตัวอย่างของการใช้ Subword-based ประเภท Phoneme ในตัวอย่างในรูปแบบของ Dictionary ต่อไป

3.2 HMMs แบบ Continuous

จากในบทที่ 2 นั้นได้นำเสนอแบบจำลอง HMMs ที่ใช้กับข้อมูลที่เป็นแบบ discrete แล้วในที่นี้จะขอแนะนำการสร้างแบบจำลอง HMMs ที่ใช้กับข้อมูลที่มีลักษณะที่เป็น continuous โดยในส่วนที่แตกต่างกันนั้นจะมีแค่เพียงแค่ค่า Output Probability Distribution ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องมีการเพิ่มข้อกำหนดใหม่เข้าไปเพื่อสามารถทำให้ใช้ได้กับข้อมูลที่เป็นแบบ continuous โดย

$$b_j(o_t) = \prod_{s=1}^S \left[\sum_{m=1}^{M_s} c_{j s m} \mathcal{N}(o_{st}; \mu_{j s m}, \Sigma_{j s m}) \right]^{\gamma_s}$$

รูปที่ 3.1 สมการของ Output Probability Distribution

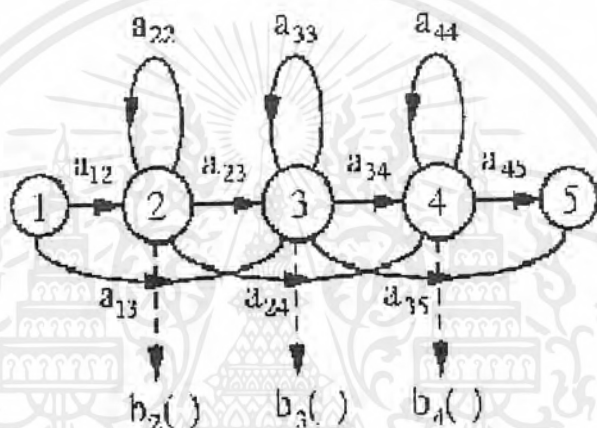
3.3 ก่อนการใช้ HTK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานโดย HTK นั้นก่อนที่จะทำความรู้จักกับ HTK ขอให้ทำความเข้าใจกับสิ่งเพิ่มเติมก่อนซึ่งในที่นี้ก็คือ HMM ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้จาก HTK ว่ามีรูปร่างเป็นอย่างไร

3.3.1 แบบจำลอง HMM

แบบจำลอง HMM จะประกอบด้วยจำนวนของ state ซึ่งแต่ละ state j จะมีค่าความน่าจะเป็นของ observation ที่เกี่ยวข้อง หรือเรียกว่า Observation Probability Distribution ($b_j(O_t)$) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความน่าจะเป็นของการเกิดค่าสังเกต หรือ Observation(O_t) ณ เวลาที่ t และแต่ละคู่ของ state i และ j จะมีค่าความน่าจะเป็นในการย้าย state ที่เกี่ยวข้องซึ่งบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ที่จะมีการย้าย state ของ state คู่ นั้น แทนด้วย a_{ij} ในโปรแกรม HTK นั้นจะมี entry state ซึ่งเป็น state แรก และมี exit state ซึ่งเป็น state สุดท้าย(คือ state ที่ 5)



รูปที่ 3.2 HMM ที่ใช้ในการทดลอง สร้างโดย HTK

จากรูปที่ 3.2 จะแสดงให้เห็นถึง HMM แบบ left-right ซึ่งประกอบด้วย state ทั้งหมด 5 state และจะมี 3 state เป็นแบบ Emitting States และมี Output Probability Distributions ของแต่ละ state ด้วย โดยอีก 2 state เป็น state ไม่ได้ใช้ในการแยกแยะเสียง phoneme และ HMM จะมี Transition Matrix ของ HMM ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 5 แถว 5 หลัก เป็นค่าของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลง state ค่าต่างๆของแต่ละแถวจะบวกกันได้เท่ากับหนึ่ง ยกเว้นแถวสุดท้ายเพราะจะมีค่าเท่ากับศูนย์ทั้งหมดเพราะว่าไม่มีการย้าย state ไปไหนสำหรับ state สุดท้าย

HTK โดยพื้นฐานแล้วจะใช้แบบจำลองที่เป็นแบบ Continuous Density Model ซึ่งแต่ละ Observation Probability Distribution จะนำเสนอโดย Mixture Gaussian Density ซึ่งในกรณีนี้สำหรับ state j ค่าความน่าจะเป็น $b_j(O_t)$ จะสามารถกำหนดได้ด้วยสมการตามรูปที่ 3.1

ซึ่ง M_{js} จะเป็นจำนวนของ Mixture Component ใน state j สำหรับ stream s , c_{jsm} เป็นค่าน้ำหนักของ component ที่ m และเป็น Multivariate Gaussian ซึ่งมีค่า Mean Vector μ และค่า Covariance matrix เป็น Σ โดยมีสมการของ แสดงให้ดูดังรูปด้านล่างนี้

$$\mathcal{N}(\cdot; \mu, \Sigma)$$

$$\mathcal{N}(o; \mu, \Sigma) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |\Sigma|}} e^{-\frac{1}{2}(o-\mu)' \Sigma^{-1} (o-\mu)}$$

รูปที่ 3.3 สมการของ Mixture Gaussian Component

เมื่อ n นั้นเป็นค่า Dimensionality ของ O หรือ Observation ในส่วนของค่ากำลังนั้นเป็นค่าน้ำหนักของ stream และค่าที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็น 1 สำหรับค่าอื่นจะสามารถใช้ได้เมื่อใช้ Stream ที่แตกต่างกัน แต่ในการวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองที่มี Stream เดียว

3.3.2 Phoneme Based

ในการทำ Continuous Speech Recognition จะเป็นการทำการเชื่อมต่อ HMM เข้าด้วยกันตามลำดับ ซึ่งแต่ละแบบจำลอง HMM นั้นจะเกี่ยวเนื่องโดยตรงกับสัญญาณเสียงในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแบบจำลองอาจจะอยู่ในรูปของคำแต่ละคำซึ่งเรียกว่า Connected Speech Recognition หรือจะอยู่ในรูปของ Sub-Words เช่นในรูปของ Phoneme (การออกเสียงของคำ) สำหรับ Continuous Speech Recognition ซึ่งเหตุผลของการใช้แบบจำลองที่มี state ที่เป็นแบบ Non-Emitting ใน state แรก และ state สุดท้ายก็เพราะว่า state จำพวกนี้จะใช้เป็น state ที่เชื่อมต่อแบบจำลองเข้าด้วยกัน

ในการทำงานแบบ Sub-Words นั้นจะมีข้อได้เปรียบอย่างเห็นได้ชัดคือ เมื่อทำการสร้างแบบจำลองตามคำ คือ 1 แบบจำลองต่อ คำ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีคำมากขึ้นจะต้องมีการทำแบบจำลองที่มากขึ้น ดังนั้นเมื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่จะทำให้มีแบบจำลองเป็นจำนวนมากไม่เหมาะกับการนำมาใช้งาน แต่เมื่อทำการสร้างแบบจำลองตามเสียง Phoneme ซึ่งเป็นเสียงย่อยที่ประกอบขึ้นเป็นคำจะทำให้แบบจำลองมีขนาดลดลง และเป็นจำนวนคงที่ ไม่ว่าจะเพิ่มคำใหม่เข้าไปก็คำก็มีแบบจำลองที่มีจำนวนเท่าเดิม

แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัตินั้นยังมีปัญหาอยู่บ้างคือ ในการรู้จำข้อมูลเสียงแบบ Continuous Speech นั้นจะประกอบด้วยเสียงพูดที่ต่อเนื่องกัน และ โดยทั่วไปแล้วขอบเขตของคำจะไม่สามารถบ่งชี้ได้ ในการปฏิบัตินั้นจำเป็นจะต้องทำการนำเสียง Phoneme มาต่อกันตามคำที่มีอยู่ใน Dictionary และดูว่าค่าความน่าจะเป็นนั้นที่ได้จากการรู้จำนั้นมีค่ามากที่สุดหรือไม่ถ้าใช่ก็จะสามารถนำมาประกอบกันเป็นคำนั้น

3.4 การรู้จำเสียงโดยใช้ HTK

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายการใช้ HTK ในการรู้จำเสียง ซึ่ง HTK นั้นได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการรู้จำเสียงได้ทั้งแบบ Isolated Word หรือ แบบ Continuous Word และมีทั้ง Observation Probability Distribution ($b_j(O_t)$) แบบที่เป็น Discrete และแบบที่เป็น Continuous ซึ่งในที่นี้จะเป็นอย่างการใช้งานที่ใช้ในการรู้จำเสียงแบบ Continuous Word ที่มี Observation Probability Distribution ($b_j(O_t)$) เป็นแบบ Continuous โดยใช้พื้นฐานของการทำงานบน Subword ที่อยู่ในรูป Phoneme

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานนั้นทำได้ทั้งแบบที่เป็น Speaker Dependent และแบบ Speaker Independent ซึ่งความแตกต่างสำหรับการทำงานทั้งสองแบบก็คือข้อมูลที่นำมาใช้ในการรู้จำจะเพิ่มขึ้นเท่านั้นเอง

3.4.1 การเตรียมข้อมูล

ในขั้นตอนแรกของการทำการรู้จำข้อมูลเสียงนั้นจะต้องมีข้อมูลเสียงก่อน ซึ่งข้อมูลเสียงจะมีความจำเป็นทั้งในขั้นตอนการทำการรู้จำและในขั้นตอนการทำการทดสอบ ซึ่งทุกเสียงพูดจะต้องถูกบันทึก และจะต้องมี Script ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเสียง ในกรณีของการทำการทดสอบนั้นจะมี Script ที่ได้จากโปรแกรม และ Script ที่ทำขึ้นซึ่งค่าจะเหมือนกับข้อมูลเสียงที่บันทึกที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อสามารถใช้ในการวัดประสิทธิภาพได้โดยนำมาเปรียบเทียบกัน และในการทำการรู้จำนั้นก็จำเป็นต้องมี Script โดยใช้ร่วมกับ Dictionary เพื่อนำ Script นั้นมาใช้ในการสร้าง Phone Level ซึ่งจะนำไปทำการรู้จำต่อไป

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่าก่อนที่ข้อมูลเสียงจะทำการบันทึกนั้นจะต้องมีการสร้างเซ็ทของข้อมูลเสียงก่อน ซึ่งในที่นี้ Dictionary จะต้องถูกสร้างขึ้นมาก่อนเพื่อใช้ทั้งในส่วนการทำการรู้จำและในส่วนของการทำการทดสอบ และนอกจากนั้นยังต้องมีการสร้าง Task Grammar จะต้องถูกสร้างขึ้นมาด้วยเหมือนกัน

ขั้นตอนที่ 1 – The Task Grammar

ในการใช้งานในบางประเภทนั้นในบางที่เป็นการใช้งานเฉพาะด้าน ซึ่งในการเรียงประโยคนั้นจำเป็นต้องมีการเรียงคำพูดให้ถูกต้องสำหรับผู้เข้ามาใช้งาน แต่ในการใช้งานในที่นี้เป็นการใช้งานทั่วไปซึ่งสามารถเรียงคำพูดได้อย่างอิสระ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างของประโยคที่ใช้พูดดังนี้

รัฐมนตรีว่าการกลาโหมมะกันจับฉนวนแต่ไม่ขอโทษ

นายวิลเลียม โคอห์นรัฐมนตรีกลาโหมสหรัฐเดินทางจากฮ่องกงถึงกรุงฮานอย

HTK ได้มีรูปแบบในการกำหนดความหมายของ Grammar ซึ่งจะประกอบด้วยเซ็ทของตัวแปรตามด้วยการอธิบายอย่างมีกฎเกณฑ์ของคำที่จะทำการรู้จำ ซึ่งในที่นี้เป็นการใช้งานทั่วไป ซึ่งในการเขียน Grammar นั้นจะเรียกว่า Null Grammar สามารถเขียนได้ดังนี้

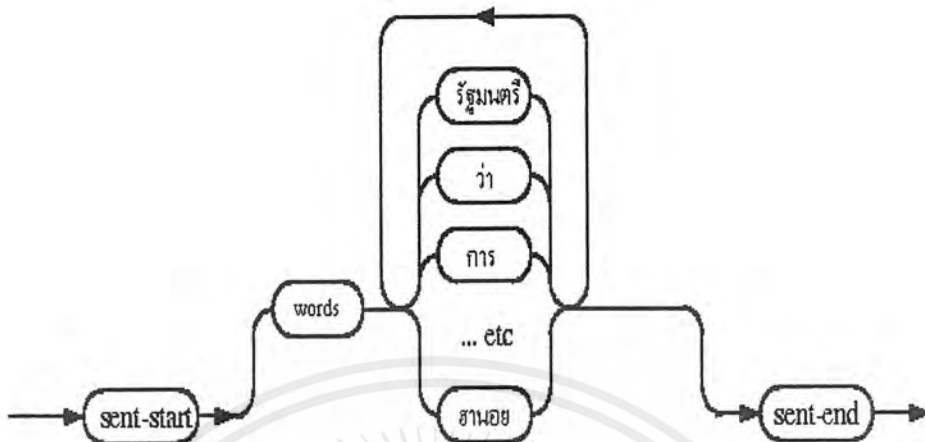
\$words = รัฐมนตรี | ว่า | การ | กลาโหม | มะ | กัน | จับ | ฉนวน | แต่ | ไม่ | ขอ | โทษ | นาย | วิลเลียม | โค |

เฮน | รัฐมนตรี | กลาโหม | สหรัฐ | เดินทาง | จาก | ฮ่องกง | ถึง | กรุง | ฮานอย ;

(SENT-START <\$words> SENT-END)

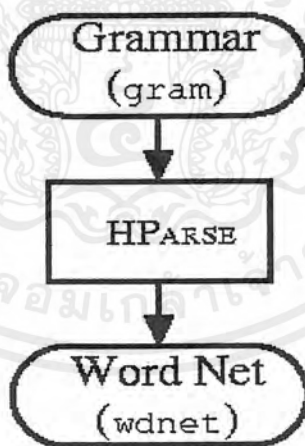
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในที่นี้ Vertical bars นั้นหมายถึง "หรือ" และ Angle braces หมายถึงสามารถทำซ้ำได้ และ Grammar ที่สร้างมาสมบูรณ์แล้วจะสามารถสร้างเป็น Network ได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างของ Word Network

จากรูปที่ 3.4 ด้านบนนี้ เป็น Word Network ซึ่งอยู่ในรูปที่ทำความเข้าใจได้ง่าย(High Level Presentation) แต่ในความเป็นจริงนั้น Word Network ที่ HTK เข้าใจจะอยู่ในรูปของ Standard Lattice Format(SLF) ซึ่งเป็น Low Level Notation และจะแสดงให้ดูในภาคผนวก



รูปที่ 3.5 Flow-chart ของการทำ Hparse

จากรูปที่ 3.5 นี้ แสดงให้เห็นว่า Word Network สามารถสร้างได้จาก Grammar ที่เขียนขึ้นโดย HTK มี เครื่องมือที่ชื่อ HParse Tool ซึ่งในที่นี้ขอสมมติว่า Gram ในที่นี้เป็นไฟล์ที่เป็น Grammar ตามที่เขียนไว้ข้างต้น และสามารถใช้คำสั่งบน Command Line ดังนี้

HParse gram wdnet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเป็นคำสั่งที่ใช้ในการสร้าง Word Network เป็นไฟล์ที่ชื่อ wdnets

โดยรูปแบบของ HParse นั้นจะมีรูปแบบดังนี้คือ

HParse [optional] syntaxFile LatFile

HParse จะทำการอ่าน Grammar ใน syntaxFile แล้วทำการให้ Output ซึ่งก็คือ LatFile หรือก็คือ Word Network

Grammar ที่แสดงให้เห็นจำเป็นต้องมีไม่ว่าจะใช้งานประเภทไหนในส่วนของการใช้งาน เฉพาะทาง การใช้ Grammar นั้นจะทำให้การทำงานเร็วขึ้นเพราะเป็นการลดทางเลือก และเนื่องจากการลดทางเลือกแล้วดังนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพของการรู้จำนั้นดีขึ้นอีกด้วย เพราะมีทางเลือกในการ ประกอบคำที่น้อยลง

ขั้นที่ตอนที่ 2 – การทำ Dictionary

ขั้นตอนของการสร้าง Dictionary ก็คือการสร้าง รายการของคำที่ต้องการที่เรียงแล้ว (Sorted list) ซึ่งสามารถใช้ Editor ทั่วไปได้ โดยคำที่มีอยู่ใน Dictionary นั้นจะต้องเป็นคำศัพท์ที่ครอบคลุมคำศัพท์ ทุกๆคำที่จะนำมาใช้ในการรู้จำ โดย Dictionary นั้นจะเป็นการสะกดคำเพื่ออ่านออกเสียง หรือก็คือในคำ แต่ละคำที่จะทำการรู้จำนั้นจะประกอบด้วยเสียง Phoneme อะไรบ้าง โดยรูปแบบของ Dictionary จะอยู่ใน รูป

WORD [outsym] p1 p2 p3 . . .

หมายความว่าคำว่า WORD นั้นจะมีการออกเสียงในลำดับของเสียง p1 p2 p3 . . . สำหรับตัวอักษรที่อยู่ใน Square Brackets นั้นจะหมายถึง Output ของคำนั้นๆเมื่อคำนั้นๆ ได้ถูกทำการรู้จำเรียบร้อยแล้ว ถ้าหากไม่มีการใส่ไว้เลยจะหมายถึงว่าคำนั้นจะเป็น Output (ในที่นี้ถ้าไม่มี Square Brackets คำที่เป็น Output ก็คือคำว่า WORD) แต่ถ้ามี Square Brackets แล้วแต่ข้างในไม่มีอะไรเลยจะหมายถึงไม่มีอะไรเป็น Output

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างเพียงเล็กน้อยที่มาจาก Dictionary

[] sil

silence [] sil

sil [] sil

SENT-START []

SENT-END []

กระทบ g r a t h o b sp

กระทรวง g r a s u h w a n g sp

กรีฑา g r i h t h a h sp

กรุง g r u n g sp

กรุงเทพ g r u n g t h e h b sp

กรุณา g a r u n a h sp

กถิ g o n sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า SENT-START และ SENT-END จะมี Silence Model sil เป็นการสะกดการออกเสียงและจะมี Output เป็น null หรือไม่มีอะไรเลย

สำหรับ Dictionary ที่ใช้ในการทำงานจะแสดงให้เห็นในภาคผนวก

ขั้นตอนที่ 3 -การบันทึกข้อมูลเสียง

ในการทำการรู้จำและทำการทดสอบผลของการรู้จำนั้นจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเสียงทั้งสิ้น โดยการบันทึกข้อมูลเสียงสามารถทำได้จากโปรแกรมที่มีอยู่ทั่วไปที่สามารถทำให้ได้ไฟล์ที่มี Format เป็นนามสกุล .wav

โดยในการบันทึกเสียงจะต้องเป็นไฟล์ที่เป็นแบบ 16 บิต mono และมี Sampling Rate เท่ากับ 44 KHz

ขั้นตอนที่ 4 -การสร้าง Transcription Files

ในการทำการรู้จำนั้น การทำการtrainเซ็ทของ HMMs ทุกๆ ไฟล์เสียงที่นำมาใช้เป็นข้อมูลในการทำการรู้จำนั้นจะต้องมีรายการหรือTranscription ในรูปแบบของ Phone Level หรือการออกเสียงที่เกี่ยวข้องกับเสียงที่ทำการรู้จำ ในการใช้งาน HTK ในที่นี้จะใช้วิธีการแบบ Flat-Start ซึ่งจำทำให้การทำ Transcription Files นั้นมีความง่ายขึ้น(ถ้าทำแบบ Bootstrap จะต้องมีการบอกช่วงเวลาของการออกเสียงของแต่ละเสียงในแต่ละคำเป็น Labeled ให้กับแต่ละคำในแต่ละไฟล์ด้วย) ในการสร้าง Transcription Files ตามวิธี Flat-Start นั้นจะมี Phone Transcription Files อยู่ 2 เซ็ทที่มีความจำเป็นในการใช้งาน เซ็ทที่ใช้ในการเริ่มต้นนั้นจะเป็นแบบที่ไม่มี Short-Pause(sp) Model ระหว่างคำ และเมื่อ Phone Model ได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้ว sp model จะถูกแทรกลงไปในช่วงคำเพื่อคอยดูแลในเรื่องของการหยุดในระหว่างคำที่เกิดขึ้นโดยผู้ใช้หรือผู้พูดนั่นเอง

จุดเริ่มต้นของเซ็ททั้งสองเซ็ทของ Phone Transcription นั้นคือ Orthographic Transcription ในรูปแบบของ HTK (HTK Label Format) ซึ่งสามารถสร้างได้โดยง่ายโดยใช้ Text Editor ซึ่งTranscription File ที่จำเป็นต้องสร้างก็จะอยู่ในรูปแบบดังต่อไปนี้

```
#!MLF!#
"/001.lab"
รัฐมนตรี
ว่า
การ
กลาโหม
มะ
กัน
จูบ
ฉวน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่
ไม่
ขอ
โทษ
.
"/002.lab"
นาย
วิลเลียม
โค
เฮน
รัฐมนตรี
กลาโหม
สหรัฐ
เดิน
ทาง
จาก
ฮ่องกง
ถึง
กรุง
ฮานอย

จากTranscription ข้างต้น จะเห็นได้ว่าเมื่อเป็นรายการของคำพูดซึ่งจะเป็นเหมือนกับประโยคที่ทำการอัดเสียงไว้แต่คำแต่ละคำจะถูกแยกอยู่ในแต่ละบรรทัด ซึ่งในแต่ละบรรทัดจะต้องประกอบด้วยคำที่มีอยู่ใน Dictionary ในบรรทัดแรกของรายการคำพูดจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าไฟล์จะเป็น Master Label File(MLF) ซึ่งในไฟล์หนึ่งไฟล์นี้จะประกอบด้วยรายการคำพูดทั้งหมดที่เป็นคำพูดที่ใช้ในการทำการtrainในครั้งนั้นๆ

รูปแบบที่ใช้เป็น Path Name ที่ใช้กับ MLF นั้นควรจะทำความเข้าใจเสียก่อนว่าเป็นรูปแบบไม่ใช่ชื่อ เมื่อHTK ได้ทำการประมวลผลไฟล์ข้อมูลเสียงHTK ก็คาดว่าจะเจอTranscription File ที่มีชื่อเหมือนไฟล์เสียงแต่ต่างกันที่ส่วนท้ายของPath เช่น เมื่อไฟล์ /root/sjy/data/s0001.wav ได้ถูกทำการประมวลผลHTK ก็จะทำการหา Label File ที่ชื่อว่า /root/sjy/data/s0001.lab เมื่อMLFไฟล์ถูกใช้ HTK จะทำการค้นหาไฟล์ที่ตรงกับชื่อไฟล์

เมื่อไฟล์MLFในแบบ Word Level ได้ถูกสร้างขึ้น จะสามารถสร้างไฟล์MLFในแบบ Phone Levelได้โดยใช้HLEd ตัวอย่างเช่น สมมติว่าไฟล์MLFในระดับ Word Levelที่แสดงให้ดูข้างต้นนั้นมีชื่อว่า word.mlf จะสามารถใช้คำสั่ง

```
HLEd -l '*' -d dictPlus -i phones0.mlf mkphones0.led words.mlf
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำการสร้าง Phone Level Transcription ซึ่งมีรูปแบบตามตัวอย่างด้านล่าง ซึ่ง -d เป็นoption หมายถึง การอ้างอิง Dictionary ชื่ออะไร-i เป็นการบอกว่า output ที่ได้จะทำการเขียนลง MLF File ที่ชื่ออะไร -l มีความจำเป็นในการสร้าง Path '*' ตามรูปแบบของ Outputที่ได้ ซึ่งลักษณะของไฟล์ที่อยู่ในระดับ Phoneme นั้นจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

"*/001.lab"

sil

r

a

d

th

a

m

o

n

dt

r

ih

w

ah

g

ah

n

g

a

l

ah

h

oh

m

m

a

g

a

n



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

j
u
b
y
uh
w
a
n
dt
xh
m
a
y
kh
orh
th
oh
d
sil
.
"/002.lab"
sil
n
ah
y
w
i
n
l
ih
y
a
m
kh



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

oh
h
eh
n
r
a
d
th
a
m
o
n
dt
r
ih
g
a
l
ah
h
oh
m
s
a
h
a
r
a
d
d
d
erh
n
th
ah



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ng
j
ah
g
h
orh
ng
g
oh
ng
th
v
ng
g
r
u
ng
h
ah
n
orh
y
sil



ซึ่งในการประมวลผลนี้ได้แสดงให้เห็นในรูป 3.6

HLEd จะใช้ไฟล์Script ที่ชื่อ mkphones0.led ด้วยซึ่งจะเป็นไฟล์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งดังต่อไปนี้

EX

IS sil sil

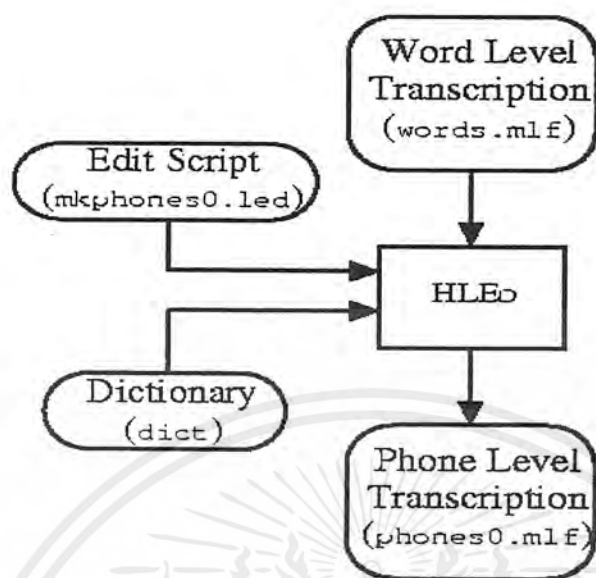
DE sp

คำสั่ง EX เป็นการสั่งให้ทำการแทนที่แต่ละคำในไฟล์ word.mlf ด้วยการสะกดของแต่ละคำที่ได้จากในไฟล์ของDictionaryที่ชื่อ dict คำสั่งIS เป็นการสั่งให้ทำการแทรก silence model sil ลงไปทุกๆครั้งที่มีการเริ่มต้นและจบประโยคหรือไฟล์ และคำสั่งDEเป็นการทำการลบทุกๆshort pause sp labels ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในตอนนี้ออกให้หมดและเมื่อมี spจะตัดคำสั่ง DE ออก รูปแบบของการใช้คำสั่ง HLEd คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HLEd [option] edCmdFile labFiles

เป็นการแปลงไฟล์เพื่อให้ข้อมูลที่อยู่ใน list ของไฟล์ edCmdFile ไปเป็น labFiles



รูปที่ 3.6 Flow-Chart ของการใช้คำสั่ง HLEd

ขั้นตอนที่ 5 – การทำการ CODING DATA

ในขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมข้อมูลนั้น คือการทำการแปลงค่าข้อมูลสัญญาณเสียงพูด จากสัญญาณเสียงพูดธรรมดาไปเป็น Feature vector ของเสียงพูดโดยเป็นการเอาสัญญาณเสียงไปผ่านกระบวนการที่ทำให้ได้ลักษณะเฉพาะของเสียงออกมา โดย HTK สามารถทำการวิเคราะห์ทั้งในแบบ FFT-based และ LPC-based ซึ่งในที่นี้ได้ใช้ Mel Frequency Cepstral Coefficients(MFCCs) ซึ่งได้มาจาก log spectra ของ FFT-based

การทำการแปลงข้อมูลจะทำได้โดยการใช้เครื่องมือของ HTK ที่ชื่อ HCopy และทำการกำหนด Configure เพื่อให้สามารถทำการแปลงข้อมูล Input ไปเป็น MFCC Vector ได้อย่างอัตโนมัติ ในการทำจะต้องมี Configuration File ในที่นี้ได้ใช้ชื่อว่า config_mfcc ซึ่งเป็นไฟล์ที่ระบุถึงค่า Parameter ที่มีความสำคัญที่ใช้ในการแปลง ซึ่งในที่นี้จะสามารถเขียนขึ้นมาได้ดังนี้

```

#Coding parameters
SOURCEKIND=WAVEFORM
SOURCEFORMAT=NOHEAD
SOURCERATE=625
TARGETKIND=MFCC_D_A_0
TARGETRATE=100000.0
  
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SAVECOMPRESSED=F
SAVEWITHCRC=F
USEHAMMING=T
ENORMALISE=T
PREEMCOEF=0.97
NUMCHANS=24
NUMCEPS=12
WINDOWSIZE=250000.0

```

การตั้งค่าบางอย่างในนี้เป็นค่า default แต่ที่แสดงให้ดูเพื่อความสมบูรณ์แบบ จากตัวอย่างจะระบุว่า ค่า target parameter จะเป็น MFCC โดยใช้ค่า C_0 เป็น energy component ซึ่งมีค่า frame period 10 msec และ Output ที่ได้จะไม่ได้ถูกบันทึกในแบบ Compressed Format นอกจากนั้นยังมีการใช้ CRC Checksum อีกด้วย FFT จะมีการใช้ Hamming Window และสัญญาณจะมี First Order Preemphasis โดยใช้ค่า สัมประสิทธิ์ 0.97 Filter Bank จะมี 24 channel และจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ 12 MFCC ค่าเป็น Output และค่า ตัวแปร ENORMALISE โดยปกติจะเป็นค่า true ซึ่งหมายความว่า จะมีการทำ Energy Normalisation บน ไฟล์เสียงที่ถูกบันทึกมา ซึ่งการทำงานนี้ไม่สามารถทำได้กับ Live Audio ดังนั้นถ้าหากมีการใช้งานกับ Live Audio ค่านี้จะต้องมีการตั้งค่าให้เป็น false

ในการทำคำสั่ง HCopy รายชื่อไฟล์ที่เป็น Source File กับ รายชื่อไฟล์ที่จะเป็น Output ที่เกี่ยวข้องกับ Source File นั้นมีความจำเป็น ในที่นี้แสดงตัวอย่าง ได้ดังนี้

```

c:/Users/byrd/data/NenG/001.wav c:/Users/byrd/data/mfc/NenG/001.mfc
c:/Users/byrd/data/NenG/002.wav c:/Users/byrd/data/mfc/NenG/002.mfc
c:/Users/byrd/data/NenG/003.wav c:/Users/byrd/data/mfc/NenG/003.mfc
c:/Users/byrd/data/NenG/004.wav c:/Users/byrd/data/mfc/NenG/004.mfc
c:/Users/byrd/data/NenG/005.wav c:/Users/byrd/data/mfc/NenG/005.mfc

```

ไฟล์ที่ประกอบด้วยรายชื่อของไฟล์นั้นจะขออ้างว่าเป็น Script Files และเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นจะมีการใช้ นามสกุลเป็น scp สำหรับ Script Files นั้นจะสามารถระบุในคำสั่งได้โดยใช้ -S ซึ่งเป็น Option ซึ่งทำให้ ในการทำงานกับคำสั่งนั้นสามารถประมวลผลไฟล์ที่ละหลายๆบนคำสั่งเดียว

ถ้าสมมติว่า Script ที่ประกอบด้วยชื่อไฟล์ตามที่แสดงไว้ด้านบนนี้ได้อยู่ในไฟล์ชื่อ codetr.scip ข้อมูลที่จะนำมา train นั้นจะถูกทำการแปลง โดยใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

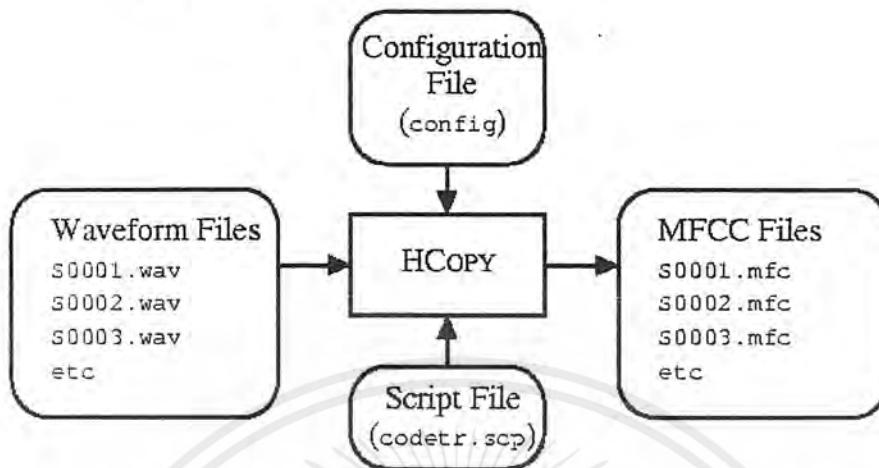
```
HCopy -T 1 -C config_mfcc -S codetr.scip
```

ซึ่งการทำงานบนคำสั่งนี้ได้แสดงให้เห็นได้ชัดเจนในรูปที่ 3.7 และรูปแบบของคำสั่ง HCopy นั้นจะเป็น ไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HCOPY [option]

โดยจากตัวอย่างคำสั่งด้านบน -T 1 เป็นการทำให้เกิด Trace เพื่อติดตามผลการทำงาน -C หมายถึงมีการใช้ Config File และ -S หมายถึงมีการใช้ Script File



รูปที่ 3.7 Flow-Chart ของการใช้ HCopy

3.4.2 การสร้าง Monophone HMMs

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงการสร้างเซตของข้อมูลที่ได้จากการ train ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของ Single-Gaussian Monophones โดย HMMs ที่ถูกสร้างในการเริ่มต้นนั้นจะเป็น Monophone HMMs ที่มีค่า mean และ variance ที่เหมือนกัน ซึ่งหลังจากนั้นก็就会被ทำการ train ซ้ำ และ short-pause model จะถูกใส่ลงไป และ silence model จะถูกเปลี่ยนแปลงไปอีกเล็กน้อย และ monophone จะถูก train ซ้ำอีก

ในส่วนของภาษาอังกฤษนั้นบางทีในหนึ่งคำสามารถออกเสียงได้หลายอย่าง เมื่อ HLEd ได้ถูกใช้เพื่อทำการแปลง Word Level ไปเป็น Phone Level แล้วการสะกดคำจะเป็นการเลือกจากคำคำแรกที่เจอใน Dictionary เมื่อทำการสร้าง monophone HMMs แล้วจะสามารถใช้ เครื่องมือที่ชื่อ HVite ในการทำ forced alignment กับข้อมูลที่นำมา train ซึ่งในความหมายก็คือจะได้ Phone Level MLF File ใหม่ที่จะเลือกการออกเสียงแบบไหนของคำศัพท์ที่เขียนเหมือนกันตามการออกเสียงของคำนั้น ซึ่งไฟล์ MLF ที่ได้มาใหม่นี้ จะใช้เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับ train ซ้ำครั้งสุดท้ายของ monophone HMMs แต่ในภาษาไทยที่ทำที่ใช้ในที่นี้ ยังไม่มีคำศัพท์ที่เป็นแบบนั้น เลยไม่ได้ทำตามขั้นตอนนี้

ขั้นตอนที่ 6 – การสร้าง Flat Start Monophones

ในขั้นตอนแรกในการทำการ train จะต้องทำการระบุ Prototype Model ก่อน ซึ่งค่า parameters ต่างๆของ model นี้จะไม่มีมีความสำคัญ เพราะจุดประสงค์หลักก็คือการให้คำเริ่มต้นแก่แบบจำลอง ในระบบที่เป็น phone-based แบบจำลองที่ดีจะใช้ 3-state left-right ที่ไม่มีการกระโดดข้าม state ซึ่งสามารถให้ค่าได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

0.000e+0 6.000e-1 4.000e-1 0.000e+0 0.000e+0
0.000e+0 0.000e+0 6.000e-1 4.000e-1 0.000e+0
0.000e+0 0.000e+0 0.000e+0 6.000e-1 4.000e-1
0.000e+0 0.000e+0 0.000e+0 0.000e+0 0.000e+0
<EndHMM>

```

ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละ ellipsed vector จะมีความยาว 39 ซึ่งค่า 39 นี้สามารถคำนวณได้จากความยาวของ Parameterised static vector(MFCC_0 =13) บวกกับจำนวน delta coefficient(+13) บวกกับจำนวน acceleration coefficient(+13)

เครื่องมือของ HTK ชื่อ HCompV จะทำการค้นหาเซตของไฟล์ข้อมูลซึ่งจะทำการคำนวณค่า global mean และ variance และเซตทั้งหมดของ Gaussian ใน HMM ที่ให้มาเพื่อให้มีค่า mean และค่า variance ที่เหมือนกัน ถ้าสมมติว่ารายการของไฟล์ที่ต้องการนำมา train นั้นอยู่ในไฟล์ที่ชื่อ train.scf การใช้คำสั่ง

```
HCompV -C config -f 0.01 -m -S train.scf -M hmm0 proto
```

จะเป็นการสร้าง proto ในรูปแบบใหม่ใน Directory ชื่อ hmm0 ซึ่งค่า zero means และ unit variances ตามข้างต้นจะถูกแทนที่ด้วย global speech mean และ variance จากตัวอย่างของ prototype HMM ที่ระบุไว้ ด้านบนนั้น ได้มีการระบุค่า parameter เป็น MFCC_O_D_A ซึ่งมีความหมายว่าค่าสัมประสิทธิ์ delta และ acceleration จะถูกคำนวณและถูกแทนด้วยค่าสัมประสิทธิ์ statistic MFCC ที่ถูกคำนวณ และถูกเก็บระหว่างทำการแปลงข้อมูล(Coding Process) เพื่อให้แน่ใจได้ว่าการคำนวณเกิดขึ้นระหว่างทำการ Loading จะต้องทำการเปลี่ยนแปลง Configuration File ที่ชื่อ config_mfcc โดยดูให้แน่ใจว่าที่ TARGETKIND ได้มีการตั้งค่าที่ถูกต้องดังนี้คือ

```
TARGETKIND = MFCC_O_D_A
```

จากตัวอย่างคำสั่งจะเห็นได้ว่า มีการใช้ Option ซึ่งก็คือ -f เป็นการทำให้ค่า Variance Floor Macro (vFloors) ถูกสร้างขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.01 คูณด้วยค่า Global Variance ซึ่งจะนำค่านี้ไปใช้ต่อไป -m เป็นการเรียกให้มีการคำนวณค่า means เหมือนกับ variances เมื่อได้ Prototype ใหม่ที่เก็บไว้ใน directory ที่ชื่อ hmm0 จะสามารถสร้าง hmmdefs ซึ่งเป็น ไฟล์ที่ประกอบไปด้วย Monophones HMMs ที่ต้องการซึ่งสามารถสร้างโดยการทำการคัดลอกจาก prototype ที่ได้และทำการเปลี่ยนชื่อเป็นชื่อ monophone ที่ต้องการ โดย Monophone HMMs นั้น 1 ชื่อจะมี 1 model และจะต้องมีให้ครบตามชื่อ phone ที่ได้จาก phone level mlf file ซึ่งในการทำการคัดลอกนั้นยกตัวอย่างเช่นในตอนแรกเมื่อมี prototype ที่ชื่อ ~h "proto" นั้นหลังจากทำการทำคำสั่ง HCompV แล้วจะทำการคัดลอกแบบจำลองนี้ไปทั้งหมดจดมีแบบจำลองเท่ากับเสียง Phoneme ซึ่งเป็น Phoneme ที่อยู่ในไฟล์ monophones0 ซึ่งสามารถดูได้จากภาคผนวก รูปที่ 3.8 นี้จะแสดงถึงรูปแบบของ Master Macro Files ซึ่งจะมีไฟล์ที่ชื่อ macros และมีไฟล์ที่ชื่อ hmmdefs แต่จากการใช้งานพบว่าไม่จำเป็นต้องแยกก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

macros

```

~o
<STREAMINFO> 1 39
<VECSIZE> 39<NULLD><MFCC_D_A_0>
~v "varFloor1"
<VARIANCE> 39
2.386773e-001 2.781330e-001 ...

```

hmmdefs

```

~h "a"
<BEGINHMM>...
<ENDHMM>
~h "d"
<BEGINHMM>...

```

รูปที่ 3.8 การแยกส่วนที่เป็น Macros กับ HMMs Definition

Flat Start monophones ที่ถูกเก็บค่าไว้ใน hmm0 จะถูกทำการคำนวณซ้ำ(Re-Estimated) โดยใช้เครื่องมือสำหรับการทำ re-estimation เรียกว่า HERest โดยจะสามารถใช้ได้ดังนี้

```
HERest -C config -I phones0.mlf -t 250.0 150.0 1000.0 -S train.scp -H hmm1\macros -H
hmm1\hmmdefs -M hmm2 monophones0
```

จะทำให้เกิดผลคือระบบจะทำการนำค่าของแบบจำลองจาก hmm0 ตามที่มีในรายการแบบจำลอง monophones0 ซึ่งจะทำการ re-estimate โดยใช้ข้อมูลที่มีใน train.scp และจะทำให้ได้แบบจำลองใหม่ซึ่งจะเก็บไว้ใน directory ที่ชื่อ hmm1 ไฟล์ส่วนมากที่ใช้ในการอ้างถึงของ HERest จะถูกประมวลผลยกเว้นไฟล์ macros ซึ่งจะมี global options macro และ variance floor macro vFloors ซึ่งถูกสร้างมาก่อนหน้านี้ โดย global options macro จะอธิบายถึงชนิดของ parameter ของ HMM และ ขนาดของ vector อย่างง่าย ซึ่งจะมีลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

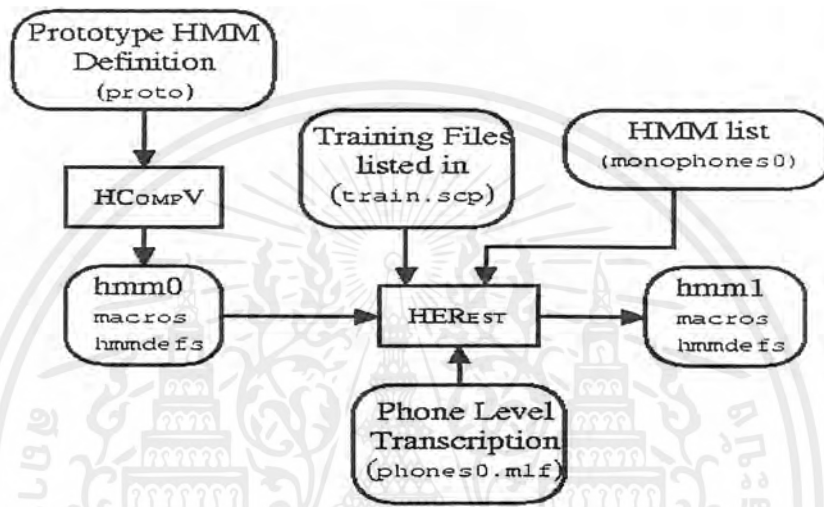
~0

<STREAMINFO> 1 39

<VECSIZE> 39<NULLD><MFCC_D_A_0>

ซึ่งจะมีลักษณะตามรูปที่ 3.8 ซึ่งสามารถรวมกับ vFloors เป็น text file ซึ่งเรียกว่า macros

โดยการใช้คำสั่ง HERest นั้นจะเป็นการทำวิธีการ Baum-Welch Algorithm ตามที่ได้อธิบายมาแล้ว



รูปที่ 3.9 Flow-Chartของการใช้ HERest

โดยการใช้ option `-t` จะเป็นการตั้งค่า Pruning Thresholds เพื่อใช้ในระหว่างทำการ train ซึ่งจะสามารถลดการคำนวณลงได้ โดยในการหาค่าความน่าจะเป็น Backward ตามที่ได้กล่าวไว้แล้ว ณ ทุกเวลา t ทุกค่า $(\log) \beta$ ที่มีค่าอยู่ระหว่างค่า 250.0 (จากตัวอย่าง) ถึงค่ามากที่สุดของ β ณ เวลานั้นจะถูกยกเลิก ซึ่งในการทำการหาค่า Forward α นั้นจะทำก็ต่อเมื่อมีค่า β ที่ใช้ได้ และมากไปกว่านั้นถ้าหากค่าอัตราส่วนระหว่าง $\alpha\beta$ หาคด้วยค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดนั้นมีค่า α และ β จะไม่นำมาใช้เช่นกัน ไฟล์ที่ใช้ในการ train ส่วนใหญ่นั้นสามารถกำหนดค่า pruning ที่ตายตัวได้เลย แต่ในบางไฟล์ไม่สามารถทำได้เพราะอาจทำให้ประสิทธิภาพนั้นต่ำลง และต้องการค่า pruning ที่มากขึ้น HERest นั้นสามารถเพิ่มค่า pruning threshold ได้เองโดยอัตโนมัติ โดยถ้ามองจากตัวอย่างข้างต้น pruning นั้นโดยทั่วไปจะอยู่ที่ 250.0 ถ้าหากการทำการ re-estimation นั้นไม่ประสบความสำเร็จจะทำให้ threshold จะถูกเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มทีละ 150.0 และไฟล์นั้นจะถูกประมวลผลใหม่ ซึ่งจะมีการทำซ้ำจนกระทั่งได้ผลตามต้องการ หรือเมื่อค่า pruning นั้นเกิน 1000.0 แต่ถ้าเมื่อถึงค่า Thresholds ที่สูงแล้วยังเกิด Errors เกิดขึ้นนั้นเมื่อถึงจุดนี้แล้วจะเป็นการปลอดภัยอย่างมากถ้าจะสมมติว่ามีปัญหาหนักที่เกิดขึ้นกับไฟล์ที่ใช้ในการ train และจำเป็นจะต้องแก้ไขโดยด่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ซึ่งส่วนใหญ่นั้นจะเกิดจาก transcription ที่ไม่ถูกต้อง) หรือไม่ก็จะเป็นการดีถ้าทำการ train โดยใช้ไฟล์ใหม่ รูป 3.9 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการประมวลผลที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้

options ที่ใช้ในที่นี่ -H หมายถึงจาก File ตาม Path ที่ได้ระบุไว้ตามหลัง -H และ -M นั้นบอกว่าการเก็บนั้นให้ทำการเก็บได้ตาม Path ที่ได้ระบุไว้ตามหลัง -M สำหรับ -I นั้นเป็นการบ่งบอกถึงเพื่อทำการเรียกข้อมูลไฟล์แบบ MLF

ในแต่ละครั้งที่มีการทำ HERest นั้นให้คิดไว้เสมอว่าได้มีการทำการ re-estimation เพียงครั้งเดียว ซึ่งในความเป็นจริงนั้นควรที่จะทำ HERest นี้ 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนชื่อ input และ output โดยทำไปจนกระทั่งได้ directory hmm3

สำหรับในขั้นตอนตั้งแต่หลัง HCopy นั้น configuration file จะถูกเปลี่ยนเป็นไฟล์ที่มีรูปแบบดังต่อไปนี้

```
#Coding parameters
SOURCEKIND=MFCC_D_A_0
SOURCEFORMAT=HTK
SOURCERATE=100000.0
```

ทุกๆครั้งที่ต้องการเรียกใช้ configuration file นั้นให้ใช้ในลักษณะดังนี้ถือว่าเป็นการเพียงพอแล้ว

ในการใช้คำสั่ง HCompV นั้น มีรูปแบบของการใช้คำสั่งดังนี้

```
HCompV [option] hmm trainFiles
```

เป็นการใช้คำสั่ง HCompV กับไฟล์ hmm ที่ต้องการทำการ Initialize และ เก็บค่าไว้ใน trainFiles

ในการใช้คำสั่งของ HERest นั้นมีรูปแบบของการใช้คำสั่งดังนี้

```
HERest [option] hmmlist trainFiles
```

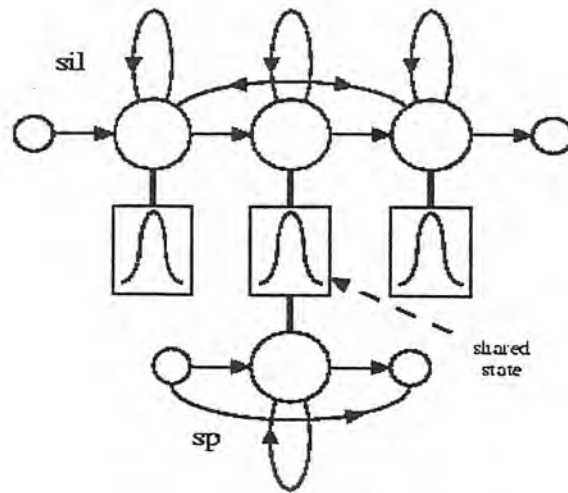
เป็นการทำคำสั่ง HERest เรียกข้อมูลจาก hmmlist ซึ่งเก็บแบบจำลอง HMMs มาเพื่อทำการประมวลผล และเก็บไว้ใน trainFiles

ขั้นตอนที่ 7 – Fixing the Silence Models

ในขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้เป็นการสร้าง 3 state left-to-right HMM สำหรับแต่ละ phone ซึ่งรวมไปถึง silence model sil ซึ่งในขั้นตอนที่ 7 นี้จะเป็นการเพิ่มเติมการย้าย state แบบพิเศษจาก state2 ไป state4 และจาก state4 กลับไปยัง state 2 สำหรับสร้าง silence model ซึ่งแนวความคิดในการทำแบบนี้เพื่อทำให้แบบจำลองนั้นสามารถใช้งานได้ดีขึ้น โดยจะให้ state เพียงอันเดียวที่ใช้ในการดูดซับ ลดทอน สัญญาณรบกวนต่างๆ ในข้อมูลที่ใช้ในการ train โดยการที่มีการย้ายกลับหลังได้นั้นทำให้ไม่ต้องเกิดการย้ายไปสู่ค่าถัดไปในทันที

และในขั้นตอนนี้จะสามารถสร้าง 1 state short pause sp model จะถูกสร้างซึ่งเป็นอะไรที่เรียกว่า tee-model ซึ่งมีการเปลี่ยน state โดยตรงจาก entry node ไปยัง exit node และ sp ยังมี state ที่เป็น emitting state ที่ผูกกับ state กลางของ silence model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ได้แสดงถึงรูปของ *silence model* และ *short pause*

วิธีการสร้าง *silence model* นั้นประกอบด้วย 2 ขั้นตอนต่อไปนี้คือ

1. ใช้ text editor เพื่อทำการคัดลอก state ตรงกลางของ *sil model* จาก `hmm3\hmmdefs` เพื่อทำการสร้าง *sp model* ใหม่และทำการเก็บไว้ในไฟล์ `MMF hmmdefs` ซึ่งเป็นไฟล์ที่มี *sp model* อันใหม่ไว้ใน directory ที่ชื่อ `hmm4` จากรูป 3.10 ก็คือการคัดลอกค่าใน state ที่ 3 (ของ *sil* มาเป็น state ที่ 2 ของ *sp* (มี 3 state)

2. ใช้ HMM editor ที่ชื่อ `HHEd` เพื่อทำการเพิ่มการย้าย state แบบพิเศษที่ต้องการ และทำการเชื่อม (tied) state ของ *sp* กับ state ของ *sil*

`HHEd` นั้นทำงานในลักษณะเดียวกันกับที่ `HLEd` ทำ คือมีการใช้เซ็ทของคำสั่งที่มีอยู่ใน script file ช่วยในการทำงานเพื่อที่จะทำการดัดแปลง HMM โดยในการใช้งาน `HHEd` นั้นจะมีการใช้งานในลักษณะดังต่อไปนี้

```
HHEd -H hmm4\macros -H hmm4\hmmdefs -M hmm5 sil.hed monophones1
```

โดยที่ `sil.hed` จะประกอบด้วยคำสั่งดังต่อไปนี้

```
AT 2 4 0.2 { sil.transP }
```

```
AT 4 2 0.2 { sil.transP }
```

```
AT 1 3 0.3 { sp.transP }
```

```
TI silst {sil.state[3],sp.state[2]}
```

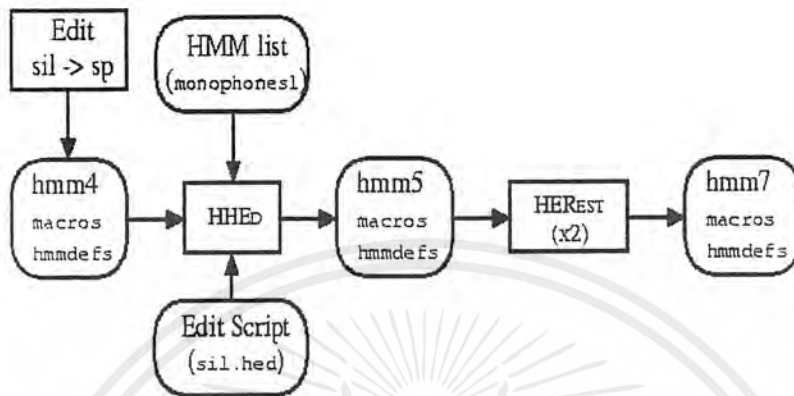
คำสั่ง `AT` นั้นเป็นการเพิ่มการย้าย state ให้แก่ transition matrices และคำสั่ง `TI` จะเป็นการสร้าง tied-state ที่เรียกว่า `silst` ซึ่งค่า parameters ต่างๆของ tied-state นี้จะถูกเก็บไว้ในไฟล์ `hmmdefs` และ ในแต่ละ *silence model* และค่า parameters ของ state ดังเดิมที่เคยมีอยู่จะถูกแทนที่ด้วยชื่อของ macro เมื่อมาถึง ณ จุดนี้สามารถบอกได้ว่ารายการของ phone ที่มีตอนนี้ได้เปลี่ยนไปแล้ว เพราะว่า `monophones0` นั้นถูกเปลี่ยนแปลงไปโดยการเพิ่ม *sp model* เข้ามา ซึ่งไฟล์ใหม่ที่ได้นี้ถูกตั้งชื่อว่า `monophones1` และได้ถูกใช้โดยคำสั่ง `HHEd` ที่ได้แสดงให้ดูตามข้างต้น

โดยในการใช้คำสั่ง `HHEd` นั้นจะมีรูปแบบการใช้คำสั่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HHEd [option] edCmdFile hmmList

ในที่นี้ edCmdFile นั้นเป็น text file ที่ประกอบด้วยคำสั่งของ HHEd และ hmmLists เป็นรายการของ HMMs ที่ได้ทำการสร้างขึ้นและต้องการจะทำการแก้ไข



รูปที่ 3.11 Flow-chart ของการทำคำสั่ง HHEd

ในตอนสุดท้ายของขั้นตอนี้จะมีการใช้ HERest 2 ครั้ง โดยใช้ phone transcription ที่มี sp model ในระหว่างคำ ซึ่งเมื่อทำถึงขั้นนี้แล้วนั้นจะได้ hmm7 ขึ้นมา โดยในขั้นตอนที่ 7 นี้สามารถแสดงให้เห็นได้ โดยรูปที่ 3.11

3.4.3 Creating Tied-State Triphones HMMs

เมื่อสามารถสร้างเซ็ทของ monophone HMMs ได้แล้ว ขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างแบบจำลอง HMMs ก็คือ การสร้าง context-dependent triphone HMMs ซึ่งสามารถสร้างจากขั้นตอน 2 ขั้นตอน โดยเริ่มจาก การแปลง monophone transcriptions ไปเป็น triphone transcriptions และของ triphone models จะสามารถสร้างได้จากการทำการคัดลอกจาก monophones แล้วทำการ re-estimation หลังจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 2 คือการนำ triphones ที่ได้มาทำการเชื่อมกัน(tied) เพื่อเป็นการให้แน่ใจว่าการกระจายของ state นั้นจะสามารถประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ(robustly estimated)

ขั้นตอนที่ 8 -Making Triphones from Monophones

context-dependent นั้นสามารถสร้างได้จากการลอกแบบ(Cloning)จากmonophone และหลังจากนั้นทำการ re-estimation โดยใช้ triphone transcriptions ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ HLEd เพื่อให้ได้รายการสำหรับการ train ข้อมูล โดยการสร้างนั้นสามารถทำได้จากการทำงานดังต่อไปนี้

```
HLEd -n triphone1 -l '**' wintri.mlf mktri.led word.mlf
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นการแปลง monophone transcriptions ที่ชื่อ word.mlf ไปเป็น triphone transcriptions ที่ชื่อwintri.mlf และในขณะเดียวกันรายการของ triphones นั้นจะถูกบันทึกลงใน triphones1 ซึ่งในการทำงานตามคำสั่งนี้ได้นั้นจะต้องมี script มาช่วยซึ่งเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยคำสั่งดังนี้คือ

WB sp

WB sil

TC

คำสั่ง WB 2 คำสั่งด้านบนนั้น เป็นการระบุ sp และ sil นั้นว่าเป็นสัญลักษณ์ของขอบเขตของคำ ซึ่งเป็น การป้องกันกรเชื่อมต่อกันของคำที่ขาดจากกันของคำสั่ง TI ที่จะเห็นได้จาก script ที่จะอธิบายถัดไป โดย HLEd ตามการใช้ข้างต้นที่แสดงนั้นเป็นการแปลงทุก phones (นอกจากสัญลักษณ์ของขอบเขตของคำที่ อธิบายตอนต้นย่อหน้านี้)ไปเป็น triphones

-n เป็นการทำให้ list ของชื่อใหม่ที่ได้จากการทำงานนี้เก็บไว้ในไฟล์ที่ได้กำหนดไว้ซึ่งในที่นี้คือ triphone1 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

ในที่นี้ขอแสดงตัวอย่างเพียงเล็กน้อยเพื่อใช้ในการประกอบความเข้าใจรายการของ phone มี ลักษณะดังต่อไปนี้

#!MLF!#

"*/0001.lab"

sil

r

a

d

th

a

m

o

n

dt

r

ih

sp

w

ah

sp

g

ah

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n

sp

...
จะสามารถแปลงได้เป็น

#!MLF!#

"/0001.lab"

sil

r+a

r-a+d

a-d+th

d-th+a

th-a+m

a-m+o

m-o+n

o-n+dt

n-dt+r

dt-r+ih

r-ih

sp

w+ah

w-ah

sp

g+ah

g-ah+n

ah-n

sp

ซึ่ง triphones แบบนี้จะมีชื่อเรียกว่า word internal ซึ่งยังมี biphones อยู่ในระหว่างการตัดคำบางคำ ซึ่งมีลักษณะคือประกอบด้วย phones 2 ตัว

ในการลอกแบบจำลองสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการใช้ HMM editor ชื่อ HHEd โดยการทำงานดังต่อไปนี้

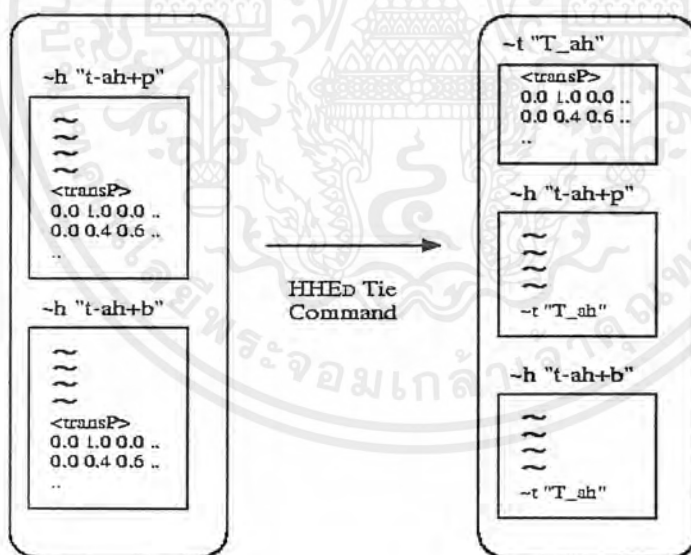
```
HHEd -B -H hmm7/macros -H hmm7/hmmdefs -M hmm8 mktri.hed monophones1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการใช้ script เพื่อส่งงานนั้น ใช้ script ที่มีชื่อว่า mktri.hed ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ทำการลอกแบบ CL ตามด้วยคำสั่งที่ใช้ในการเชื่อมทุกๆ transition matrices ในแต่ละเซ็ทของ triphone ซึ่งขอแสดงตัวอย่างคร่าวๆดังนี้

```
CL triphonesI
TI T_ah {*-ah+*,ah+*,*-ah).transP}
TI T_ax {*-ax+*,ax+*,*-ah).transP}
TI T_ey {*-ey+*,ey+*,*-ey).transP}
...
```

คำสั่งในการลอก CL นั้นใช้ในการสรุปเพื่อให้ได้ชื่อของไฟล์ที่ประกอบด้วยรายการของ triphones และ biphones ที่ได้จากข้างต้น สำหรับแต่ละแบบจำลองที่อยู่ในรูป a-b+c จากในรายการ CL จะเป็นการหา monophone ที่มีชื่อว่า b แล้วทำการคัดลอกมา แล้วหลังจากนั้น คำสั่ง TI นั้นจะเป็นการสรุปแล้วทำให้ได้ชื่อของ macro และให้ได้ว่ารายการของ ส่วนประกอบของ HMM ซึ่งจะพยายามในการลอกโครงสร้างตามลำดับชั้นของเซ็ทของ Parameter ของ HMM ที่มี transition matrix transP ที่สามารถเป็น sub-component ของแต่ละ HMM แต่ละตัวได้ และสำหรับข้อมูลที่อยู่ใน bracket นั้นจะเป็นรูปแบบที่ถูกออกแบบเพื่อทำการเทียบเซ็ทที่เป็น triphone เซ็ทที่เป็น biphones โดยตัวอยู่ด้านขวาม และ เซ็ทของ biphones โดยตัวอยู่ทางด้านซ้ายว่าเข้ารูปแบบเหล่านี้หรือไม่ เมื่อทำได้จะเป็นการลดขนาดข้อมูลด้วย



รูปที่ 3.12 ผลจากการทำการ Tied โดยใช้ HHEd

จากคำสั่ง HHEd ด้านบนนั้น -B เป็นการบอกให้ทำการเก็บไฟล์ผลลัพธ์ในรูปแบบของ Binary เพื่อเป็นการประหยัดเนื้อที่

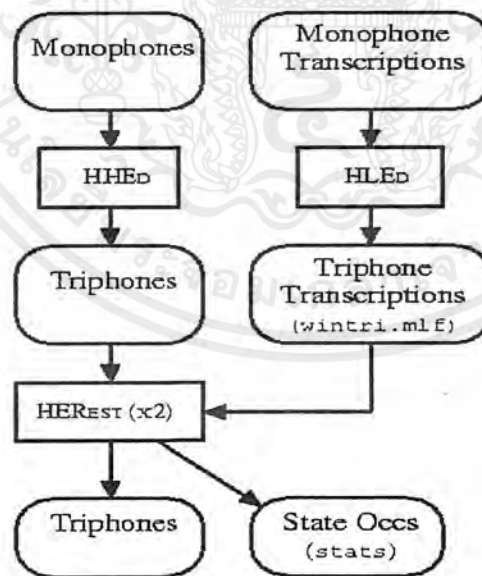
จนกระทั่งในตอนนี้ก็ยังไม่ได้อธิบายถึงความหมายของ macros และคำว่า tying ในตอนนี้จะขออธิบายคำว่า Tying ก่อน Tying นั้น หมายถึง การที่ HMM ที่มากกว่าหนึ่งตัวได้ทำการใช้เซ็ทของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

parameters ร่วมกันจากรูปที่ 3.12 ทางฝั่งซ้ายจะเห็นได้ว่ามี เซ็ทของ HMMs อยู่ 2 เซ็ท สำหรับในด้านขวามือนั้นเป็นผลมาจากการใช้คำสั่ง TI ใน script ที่ชื่อ mktri.hed ซึ่งจะเห็นได้ว่ามี transition matrices เดียวกันได้ถูกแทนที่โดย macro ที่ชื่อ T_ah ซึ่งมี matrix ที่ใช้ร่วมกันกับแบบจำลองอีก 2 แบบ และเมื่อจะมีการทำการ re-estimation กับค่า tied parameters จะสามารถดึงค่าที่ถูกใช้ในแบบ untied parameters ออกมาได้ซึ่งจะทำให้ได้ค่าการประมาณที่น่าเชื่อถือมากขึ้น

แน่นอนว่า tying นั้นจะกระทบต่อประสิทธิภาพแน่ ถ้าหากทำไปโดยไม่มีหลักการ ดังนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่จะทำการ tie ค่า parameters ซึ่งมีผลกระทบน้อยมากต่อการแยกแยะเพื่อใช้ระบุความแตกต่างของเสียงเช่น Transition Matrix (ไม่ได้เป็นตัวที่มีผลต่อการแยกความแตกต่างของเสียงมากนัก) สิ่งที่มีความจำเป็นในการทำการ tying ก็คือถ้าเกิดไม่มีการทำแล้วบาง triphones นั้นเกิดเพียงแค่ 1 หรือ 2 ครั้งซึ่งจะทำให้การ estimation นั้นได้ค่าที่ไม่ดีถ้าหากไม่ทำการ tying

เมื่อสามารถสร้าง context-dependent models ขึ้นมาจากการลอกแบบ เซ็ทของ triphones ใหม่ที่ได้สามารถมาทำการ re-estimation โดยใช้ HERest ได้ ซึ่งสามารถทำได้เหมือนกับที่เคยทำกับ monophones โดยเปลี่ยนจาก monophone model list เป็น triphone list และเปลี่ยนจากการใช้ monophone transcriptions มาใช้เป็น triphone transcriptions แทน

ในการใช้ HERest ในครั้งนี้จะมี option ที่เพิ่มเข้ามา ซึ่งสามารถดูได้จาก ตัวอย่างการใช้งานซึ่งแสดงให้ดูในรูปที่ 3.13 การใช้ -s นั้นเป็นการสร้างไฟล์ที่เรียกว่า stat เป็น state occupation statistics ซึ่งจะนำไปใช้คำนวณร่วมกับ ค่า means และ ค่า variances ซึ่งจะใช้ในขั้นตอนถัดไปจากรูปที่ 3.13 นี้จะเห็นได้ว่าจะเป็นการทำการ re-estimation 2 ครั้ง ซึ่งจะเก็บผลลัพธ์ไว้ใน hmm10



รูปที่ 3.13 Flow-chart การทำการ Tied โดยใช้ HHEd และ HLEd

จากรูปที่ 3.13 จะต้องมีการเพิ่ม option ให้กับการใช้ HERest ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HERest -C config -I wintri.mlf -t 250.0 150.0 1000.0 -s stats -S train.scp -H
hmm9\macros -H hmm9\hmmdefs -M hmm10 triphones1
```

โดย `-s` นั้นเป็นการบอกว่าให้สร้าง `stats` ไฟล์ชื่อ `stat` เก็บไว้ตาม `path` ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 9-Making Tied-State Triphones

สิ่งที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้ก็คือ เซ็ทของ trihone HMMs ที่ทุกๆ triphones ในเซ็ทของ phones ได้มีการใช้ transition matrix ร่วมกัน และเมื่อทำการ Re-estimation แบบจำลองจะมีค่า variances หลายค่า ใน output distributions เป็นค่าที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากการมีข้อมูลที่ไม่เพียงพอ เช่นการที่บางแบบจำลองของ triphones นั้นเกิดขึ้นในประโยคไม่กี่ครั้งทำให้การประมาณค่าซ้ำนั้นไม่มีประสิทธิภาพในการแยกแยะข้อมูล ดังนั้นในขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างแบบจำลองนี้คือการเชื่อมแต่ละ state เข้าด้วยกันเพื่อใช้ค่า Output Probability Distribution ร่วมกันระหว่างแบบจำลอง เป็น triphone sets จะทำให้สามารถทำการใช้ข้อมูลร่วมกัน และสามารถทำการประมาณค่า parameters ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกๆ ครั้งที่มี triphones set ประเภทนี้เข้ามา

ในขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้ ได้มีการใช้ คำสั่ง TI เพื่อทำการเชื่อมกันในทุกรูปแบบของ transition matrices ตามที่ได้กล่าวมาอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามในการเลือกว่าจะมี states ใดบ้างที่จะต้องเชื่อมกัน นอกจากนั้นก็มีความจำเป็นเพราะว่า ประสิทธิภาพของการรู้จำนั้นจะขึ้นอยู่กับว่า ค่าของ state output distributions นั้นสามารถทำการจับลักษณะของเสียงนั้นๆ ได้ดีอย่างไร

HHed ได้มีกลไกที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้สามารถทำให้ states รวมกันเป็นกลุ่มแล้วก็นำกลุ่มเหล่านั้นมาเชื่อมกัน กลไกตัวนี้เรียกว่า data-driven

จากขั้นตอนที่ผ่านมาเป็นการสร้าง triphone โดยทำการลอกแบบ(cloning)จากทุก monophones แล้วทำการ re-estimation ที่ใช้ข้อมูล transcriptions ต่างๆ ใช้เป็น triphones แทนที่ monophones ซึ่งผลที่ได้ก็คือจะได้เซ็ทของแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ และมีข้อมูลที่ใช้ train น้อยเมื่อเทียบกับแต่ละแบบจำลองที่เกิดขึ้นเพราะ triphones ก็คือการเรียงกันในลักษณะเฉพาะของ monophones โดยการให้เหตุผลที่ว่า states ตรงกลางใน triphone models นั้นจะไม่ได้รับผลกระทบมากนักจากสิ่งที่อยู่ข้างหน้า และ สิ่งก็ตามมาข้างหลัง ทางหนึ่งที่สามารถลดขนาดของ parameters โดยไม่เป็นการลดความสามารถของแบบจำลองเท่าใดคือการเชื่อมทุกๆ states ตรงกลางที่เหมือนกันแต่ต่างกันที่ตัวตามหน้าและตามหลัง โดยเชื่อมกันบนทุกๆ แบบจำลองที่ได้จาก monophone เดียวกัน ซึ่งในการเชื่อมต่อกันนั้นสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง TI โดยเขียน ลงบน script ได้ดังต่อไปนี้

```
TI "iys3" {*-iy+*.state[3]}
```

```
TI "ihs3" {*-iy+*.state[3]}
```

```
TI "ehs3" {*-iy+*.state[3]}
```

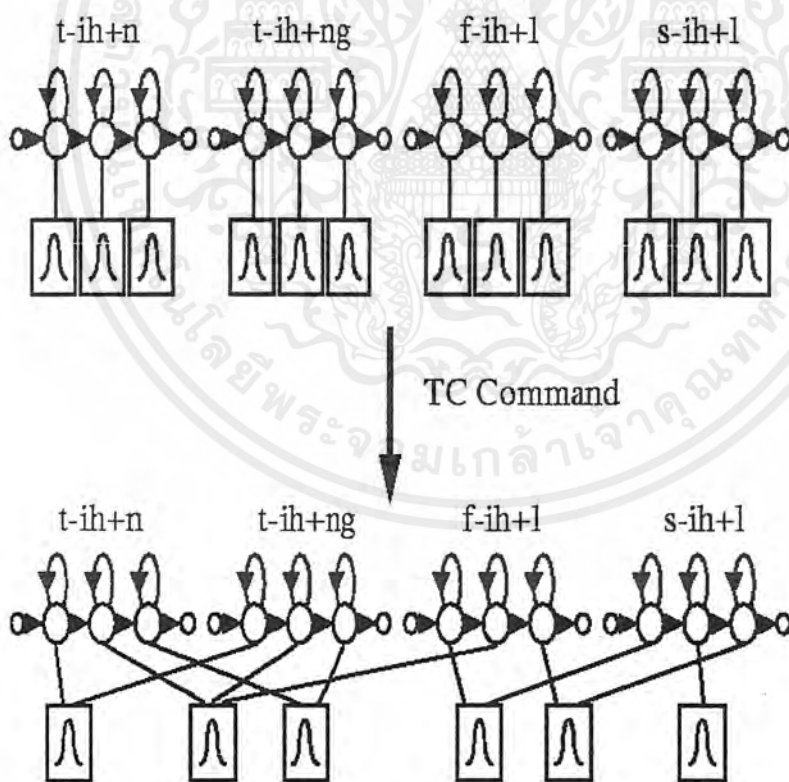
คำสั่ง TC แต่ละคำสั่งนั้นจะทำการ เชื่อมต่อทุกๆ states ตัวกลางของ triphones ในแต่ละกลุ่มของ phone ซึ่ง ถ้าหากว่า ในที่นี้มีจำนวน triphones เฉลี่ย 100 triphones ต่อ กลุ่มของ phones หนึ่งกลุ่ม จำทำให้ขนาด ของ states ต่อกลุ่มจะถูกลดขนาดลงจาก 300 เป็น 201

การเชื่อมต่อกันแบบนี้ถึงแม้ว่าจะได้ผลที่ดีแต่โดยรวมทั้งหมดก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจอยู่ดี เพราะวา ปัญหาของการ train ของ state ซ้ำๆและขวาก็ยังมีอยู่ ซึ่งทางที่ดีกว่านี้ก็คือใช้การรวมกลุ่มเป็นตัวตัดสินใจว่า states ไหนบ้างที่จะต้องมีการเชื่อมต่อ

data-driven clustering สามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง TC คำสั่งจะอ้างอิงถึง top-down hierachical procedure เหมือนกัน เริ่มต้นทุก states จะถูกวางไว้ในกลุ่มแบบใดแบบหนึ่ง และหลังจากนั้น มีการจับคู่ กันในกลุ่มซึ่งเมื่อถูกนำมารวมกันจะถูกสร้างเป็นกลุ่มใหม่ขึ้น ซึ่งกระบวนการนี้จะทำซ้ำไปเรื่อยๆจน กระทั่งขนาดของกลุ่มที่ใหญ่กว่านั้นถึงค่า threshold ที่ตั้งไว้โดยคำสั่ง TC

ในตัวอย่างต่อไปนี้ เป็น script ของ HHEd จะทำการ clusters และ tie สำหรับ states ที่เกี่ยวข้อง กันในกลุ่มของ triphone สำหรับ phone ชื่อ ih

```
TC 100.0 "ihS2" {*-ih+*.state[2]}
TC 100.0 "ihS2" {*-ih+*.state[3]}
TC 100.0 "ihS2" {*-ih+*.state[4]}
```



รูปที่ 3.14 ผลจากการทำ Data Clustering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวอย่างนี้ แต่ละคำสั่ง TC นั้นจะทำการตัดกลุ่มเซ็ทของ states ที่ทำการกำหนดไว้ ซึ่งแต่ละการตัดกลุ่มนั้นจะเป็นการเชื่อม และให้ output ตามmacroที่ให้ไว้ ซึ่งชื่อ macroนั้นจะเป็นอะไรขึ้นอยู่กับชื่อที่ระบุไว้ในคำสั่ง ซึ่งผลที่ได้จากการทำคำสั่งนี้นั้นแสดงให้เห็นตามรูปที่ 3.14 ซึ่งถ้าหากว่ารู้ว่า word-internal triphone system จะถูกสร้างขึ้นก็ควรที่จะทำการใส่ biphones ลงไปด้วยซึ่งก็เหมือนกับที่ทำกับ triphones ซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้

```
TC 100.0 "ih2" {(*-ih,ih+*,*-ih+*).state[2]}
```

ถ้าหากว่าคำสั่งนี้ได้ทำซ้ำกับทุกๆ phones จะทำให้ผลที่ได้คือ tied state models นั้นจะมีจำนวนที่น้อยกว่าตอนที่ยังไม่ทำการเชื่อมต่อ ซึ่งข้อมูลจะลดลงไปเป็นจำนวนมาก ตัวเลขที่ตามหลังคำสั่งนั้นเป็นค่า threshold ซึ่งยิ่งเพิ่มขึ้นมากเท่าไรนั้นยิ่งทำให้การตัดจะน้อยลง ข้อมูลจะมีขนาดใหญ่ขึ้น จุดมุ่งหมายคือการหาความสมดุลของความกะทัดรัด และ ความถูกต้องในการประมวลผล ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าปรับค่า threshold แต่ในทางปฏิบัติค่าที่จะตั้งไว้เท่าใดต้องอาศัยการทดลอง

ปัญหาของการทำคำสั่ง TC ก็คือ การที่จะได้ผลลัพธ์ที่เป็นผลลัพธ์เดียวที่ไม่เกิดประโยชน์จากการเชื่อม ซึ่งทำให้เกิดการไม่มีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการทำการ train ทางแก้อย่างหนึ่งสำหรับปัญหานี้ก็คือการใช้คำสั่ง RO เพื่อที่จะทำการกำจัดผลลัพธ์ที่ไม่ต้องการนี้

```
RO thresh "statsfile"
```

ซึ่ง statsfile ในที่นี้ก็คือชื่อของ statistic file output ซึ่งได้จากการใช้ -s option ของการทำคำสั่ง HERest ซึ่งเป็นตัวที่เก็บ occupation counts ของทุกๆ states เซ็ทของ HMM ที่จะทำการ train โดย occupation count นั้นจะเป็นจำนวนของเฟรมที่ถูกจองโดยแต่ละ state และสามารถใช้เป็นตัววัดได้ว่าแต่ละstateมีข้อมูลที่จะใช้ทำการtrainเท่าไรที่สามารถใช้ได้สำหรับการทำการ estimation ของstate นั้น โดย RO จะต้องถูกประมวลผลก่อนคำสั่ง IC โดยผลก็คือจะนำข้อมูล statistic จากการอ่านจากไฟล์เพื่อไปทำการตั้งค่า flag ให้แก่คำสั่ง TC เพื่อทำการกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดที่ยังหลงเหลือจากการทำการตัดและเชื่อมตามปกติในขั้นตอนก่อนหน้า ซึ่งจะสามารถทำได้โดยทำการหาการตัดเสียงที่มีค่า occupation counts ที่น้อยที่สุดแล้วทำการรวมกับตัวที่อยู่ใกล้ๆ โดยจะทำซ้ำไปเรื่อยๆจนกระทั่งค่าผลรวมของ occupatin count ทั้งหมดนั้นเกินกว่า thresh ซึ่งเป็นการทำให้แน่ใจได้ว่าทุกๆ cluster of states จะสามารถนำไป train ได้ อย่างเหมาะสมโดยใช้ HERest ต่อไป

ค่า Thresh นั้นเป็นการบอกว่าจะต้องเกิด Occupation Count เท่าไรถึงจะไม่ถูกกำจัด

จากการทำการclustering และ tying ตามข้างต้นนั้น มีแบบจำลองมากมายที่ได้ผลที่ถือได้ว่าเหมือนกันเพราะว่า triphone ที่มีความเหมือนเป็นอย่างเดียวกัน ทุกๆ emitting state ของ triphoneนั้นๆจะมีการใช้ร่วมกันก็จะมีการจัดให้อยู่ในประเภทของการทำการCluster ที่เป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า generalised triphones และ ประโยชน์ของการทำการ Tying นั้นยังเป็นการลดการให้ความหมายแบบจำลอง หรือเป็นการลดจำนวนแบบจำลองอีกด้วย นอกจากนั้น HHEd ได้มีคำสั่งที่จะทำการเรียกข้อมูลขึ้น คือคำสั่ง CO

```
CO newlist
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นการทำให้เซ็ทของ HMM ที่ loaded มามีความกะทัดรัด โดยการบ่งชี้แบบจำลองที่ถือได้ว่าเหมือนกัน และ ทำการ tying แบบจำลองเหล่านั้นเป็นแบบจำลองใหม่ซึ่งจะให้ output เป็น ไฟล์ที่ชื่อ newList แต่อย่างไรก็ตาม HMMs ที่จะ tied ไปได้จะต้องมีความเหมือนกันในทุกส่วนซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้องใช้ Transition Matrice ร่วมกันระหว่าง triphones เพราะไม่อย่างนั้นจะเกิดความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่าง transition matrices

โดยในการทำ Data Clustering นั้นจะมีการใช้คำสั่งดังนี้

```
HHEd -T l -B -H hmm10\macros -H hmm10\hmmdefs -M hmm11 dclust.hed triphonesl
```

โดยไฟล์ที่ชื่อ dclust.hed นั้นจะเป็นไฟล์ที่ประกอบไปด้วย

```
RO 2 stats
TC 100.0 "aS2" {(*-a,a+*,*-a+*).State[2]}
TC 100.0 "aS3" {(*-a,a+*,*-a+*).State[3]}
TC 100.0 "aS4" {(*-a,a+*,*-a+*).State[4]}
...
```

CO newList

เมื่อทำการ cluster เสร็จแล้วจะจำเป็นต้องมีการทำการ re-estimation อีกสองครั้งเพื่อให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดย การทำการนั้นจะเปลี่ยนจากรายการที่เคยใช้ที่เป็น triphones1 จะเปลี่ยนเป็นการใช้ list ที่ได้จาก คำสั่ง CO จาก HHEd จากการอธิบายข้างต้นนั้นได้ใช้ชื่อที่เป็น neswlist การ re-estimation นั้นจะเป็นการทำคำสั่ง HERest ที่อยู่ในลักษณะดังต่อไปนี้

```
HERest -C config -I wintri.mlf -t 250.0 150.0 1000.0 -S train.scp -H hmm12\macros -H hmm12\hmmdefs -M hmm13 newList
```

ในการทำคำสั่งสุดท้ายเมื่อทำ HERest ครบสองครั้งในขั้นตอนนี้จะได้ hmm13 จากขั้นตอนที่ 9 ที่ได้ hmm10 ซึ่งเมื่อทำการ cluster จะได้ newList เป็นรายการใหม่ของแบบจำลองที่ได้จากคำสั่ง CO

3.4.4 การเพิ่มจำนวน Mixture Gaussian Component (Mixture Increment)

ในการทำงาน Gaussian จะเป็นลักษณะของการกระจายของข้อมูล ซึ่ง HMMs ที่ใช้ที่ผ่านมานั้น จะมีการใช้จำนวน Gaussian แค่ 1 ตัวเท่านั้นซึ่งลักษณะของ Gaussian เป็น Normal Curveจะเป็นเหมือนการเอา Curve รูปประฆังคว่ำมาครอบข้อมูลไว้เพื่อสามารถบอกถึงการเบี่ยงเบนออกจากรูปประฆังคว่ำซึ่งสามารถอธิบายการกระจายข้อมูลได้ แต่ในที่นี้ข้อมูลเสียงนั้นการเอา Normal Curve มาช่วยอาจอธิบายการกระจายข้อมูลได้ไม่ดีมากนักจึงต้องมีการเพิ่มการขึ้นเพื่อให้การบอกลักษณะของการกระจายข้อมูลที่เป็น continuous นั้นเป็นไปได้ดีขึ้น

โดย HHEd นั้นเป็นสามารถทำงานนี้ได้โดยใช้คำสั่ง

```
HHEd -T l -B -H hmm13\macros -H hmm13\hmmdefs -M hmm14\hmmdefs mixinc.hed
newlist
```

โดย Mixinc.hed จะประกอบไปด้วยคำสั่ง

```
MU 2\*.state[2-4].mix};
```

คำสั่ง MU นั้นเป็นการบอกให้เพิ่มจำนวน Mixture Gaussian Component ขึ้น 2 ค่าใน state ที่ 2-4 ของทุกๆ แบบจำลอง

หลังจากนั้นทำการ Re-estimation โดยใช้คำสั่ง HERest อีก 2 ครั้ง จนได้ hmm16

3.4.5 การทำการรู้จำ

ในตอนนี้การสร้าง model นั้นเรียบร้อยแล้ว ซึ่งสามารถประมาณค่าประสิทธิภาพได้ ขณะนี้ถ้าสมมติว่าข้อมูลที่ต้องการนำมา Test (ต้องการแปลงโดย HCopy ด้วย) นั้นได้ถูกบันทึกเรียบร้อยแล้วซึ่งตอนนี้ถ้าต้องการหาประสิทธิภาพคือ ต้องการการประมวลผลด้วย recognizer และประเมินผลที่ได้

ขั้นตอนที่ 10 –Recognizing the Test Data

ถ้าในที่นี้ไฟล์ test.scp ได้เป็นชื่อไฟล์ที่ผ่านการแปลงในขั้นตอน Coding Data แล้วเป็นข้อมูลที่ต้องการจะใช้ทดสอบ ซึ่งไฟล์แต่ละไฟล์จะไปผ่านขั้นตอนการ test หรือรู้จำจาก model ที่ได้เรียนรู้แล้ว และจะได้ output ที่เป็น MLF ไฟล์ที่ชื่อ recout.mlf โดยการทำคำสั่งดังต่อไปนี้

```
HVite -H hmm13\macros -H hmm13\hmmdefs -S test.scp -l '*' -i recout.mlf -w wdnnet -p
0.0 -s 5.0 dict newlist
```

ซึ่ง option -p และ -s เป็นการตั้งค่า word insertion penalty และ grammar scale factor ซึ่ง word insertion penalty เป็นการกำหนดค่าเพิ่มลงไปให้กับ token แต่ละตัวเมื่อมีการย้ายจากการสิ้นสุดของคำหนึ่งไปยังจุดเริ่มต้นคำอีกคำหนึ่ง สำหรับ grammar scale factor นั้นจะเป็นการทำการปรับค่า language model probability ก่อนที่จะถูกทำการใส่ลงไปให้กับ token ขณะที่กำลังย้ายที่จากจุดสิ้นสุดของคำไปยังจุดเริ่มต้นของคำถัดไป ซึ่งค่า parameters ตัวนี้มีผลเป็นอย่างมากกับประสิทธิภาพของการทำการ recognition ซึ่งถือได้ว่าการปรับค่ากับข้อมูลที่ทำการแปลงแล้วนั้นเป็นการสมควร

ใน dictionary นั้นประกอบไปด้วย monophone transcriptions ซึ่งในขณะที่ HMM list นั้นเป็นแบบ triphones ในการนี้ HVite จะทำการแปลงที่เหมาะสมกับ word network ที่ชื่อ wdnnet แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากว่า HMM list นั้นประกอบด้วยทั้ง monophones และ context-dependent phones แล้ว HVite จะไม่สามารถเข้าใจได้

ถ้าสมมติว่า testref.mlf นั้นประกอบไปด้วย word level transcriptions สำหรับไฟล์ที่นำมาทดสอบ ประสิทธิภาพที่แท้จริงนั้นสามารถทำการวัดได้โดยใช้การทำคำสั่ง HResults ตามตัวอย่างดังต่อไปนี้ คือ

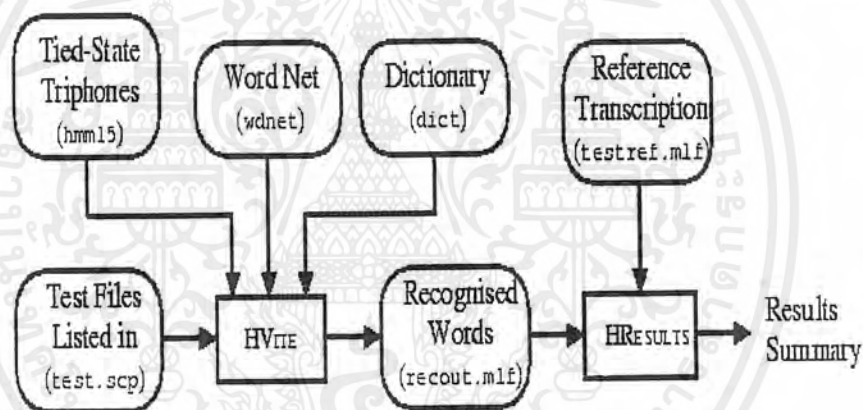
```
HResults -I testref.mlf tiedlist recout.mlf
```

เป็นการเปรียบเทียบ ไฟล์เพื่อหาความถูกต้องโดยผลลัพธ์ของการทำคำสั่งนี้สามารถดูได้จากบทที่ 4 ซึ่งในตารางนั้นจะมีค่า N เป็นจำนวนของคำทั้งหมดที่เป็นเสียงทดสอบ H เป็นจำนวนความถูกต้องที่ได้จากการรู้จำ ในการเปรียบเทียบจะเอาอักษรของคำมาทำการเปรียบเทียบ D เป็นจำนวนความผิดพลาดที่เกิดจากการลบตัวอักษร(ถ้าค่า 2 คำเมื่อเทียบกันแล้วไม่ถูกต้องจะทำการลบตัวอักษรออกแล้วมาเทียบกันอีกที) S เป็นจำนวนความผิดพลาดที่เกิดจากการแทนที่ I เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการแทรก ผลที่แสดงสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Percent Correct} = \frac{N - D - S}{N} \times 100 \%$$

$$\text{Percent Accuracy} = \frac{N - D - S - I}{N} \times 100\%$$

ดังนั้น Percent Accuracy นั้นจะเป็นการวัดประสิทธิภาพที่ถูกต้องกว่า



รูปที่ 3.15 Flow-chart ของการทำ Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ขั้นตอนการทดลอง/ผลการทดลอง

ในการทดลองโดยใช้โปรแกรม HTK นั้นผลการทดลองจะสามารถเรียกดูได้โดยใช้คำสั่ง HResult ตามที่ได้เคยอธิบายไว้ในบทที่ 3 ก่อนหน้านี้โดยจะได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

โดยบทนี้เป็นการทดลองเพื่อเป็นการทดลองใช้งานและดูประสิทธิภาพของการทำงานของโปรแกรม HTK

ในการทดลองโดยใช้ข้อมูลเสียงที่ได้จากชาย 4 คนโดยจากเสียงพูดทั้งหมด 158 คำซึ่งได้จากการอ่านข่าวหนังสือพิมพ์ ทั้งหมด 31 ประโยค โดยในการทดสอบนั้นได้ทำการให้ผู้ที่มาทำการทดสอบนั้นอยู่ในกลุ่มของชายที่ทำการ train และไม่ใช่ และในการทดสอบนั้นได้ทำงานกับ Grammar ที่เป็นแบบ Word-Loop ซึ่งคำสามารถเรียงต่อกันอย่างไรก็ได้ และ Grammar ที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับใช้ในงานเฉพาะเหมือนเป็นการแนะนำว่าการต่อกันของคำนั้นต้องมีการต่อในลักษณะไหนอย่างไร

ในการทำการทดลองนั้นต้องทำการสร้างแบบจำลองของเสียงขึ้นมาก่อนซึ่งสามารถทำได้โดยการทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทำการจัดการเตรียมเสียงพูดเพื่อที่จะนำมาทำการtrain โดยในที่นี้ได้ใช้เสียงพูดจากชาย 4 คน หลังจากนั้นทำการอัดเสียงโดยโปรแกรมอัดเสียงโดยในการทดลองได้ใช้โปรแกรม Goldwave

2. ทำการแปลงเสียงที่ได้จากการอัดเสียงไปอยู่ในรูปแบบที่ HTK สามารถทำการคำนวณได้ โดยใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HCopy -T 1 -C config_mfcc -S codetr.scp
```

3. จัดการทำการสร้าง Transcription Files ตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 โดยใช้ Text Editor แล้วทำการแปลงจากระดับ Word Level ที่ได้ทำขึ้นไปเป็นระดับ Phoneme Level โดยการ ใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HLEd -l '*' -d dictPlus -i phones0.mlf mkphones0.led words.mlf
```

4. ทำการการสร้าง Monophone HMMs โดยทำการสร้าง Prototype ขึ้นมา 1 แบบจำลองซึ่งหลังจากนั้นทำการ Initialize ค่าให้โดยการ ทำคำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HCompV -C config -f 0.01 -m -S train.scp -M hmm0 proto
```

5. ทำการคัดลอกแบบจำลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ทั้งหมดให้มีจำนวนเท่ากับแบบจำลองของเสียง โดยยังไม่รวม sp และทำการแยกส่วนที่เป็น macro ออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการ Re-estimate 2 ครั้งค่าโดยใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HERest -C config -I phones0.mlf -t 250.0 150.0 1000.0 -S train.scp -H
hmm1\macros -H hmm1\hmmdefs -M hmm2 monophones0
```

```
[c:\users\byrd]HERest -C config -I phones0.mlf -t 250.0 150.0 1000.0 -S train.scp -H
hmm2\macros -H hmm2\hmmdefs -M hmm3 monophones0
```

7. เชื่อม state sp กับ sil และปรับปรุงแบบจำลอง sp และ sil โดยการ ใช้คำสั่ง (โดย sp ที่ได้จาก sil จะถูกแก้ไขใน Text Editor จาก hmm3 แล้วเก็บไว้ใน hmm4)

```
[c:\users\byrd]HHed -H hmm4\macros -H hmm4\hmmdefs -M hmm5 sil.hed monophones1
```

8. ใช้คำสั่ง HERest ในรูปแบบขั้นตอนที่ 6 อีก 2 รอบ เปลี่ยนจากการใช้ไฟล์ phones0.mlf เป็น phones1.mlf ซึ่งเป็นไฟล์ที่มีการแทรก sp ลงไประหว่างคำด้วยจนได้ hmm7

9. สร้าง triphones ทั้ง Transcription Files และ แบบจำลองจาก monophones โดยการ ทำคำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HLEd -n triphone1 -l '*' wintri.mlf mktri.led word.mlf
```

```
[c:\users\byrd]HHed -B -H hmm7\macros -H hmm7\hmmdefs -M hmm8 mktri.hed
monophones1
```

10. ใช้คำสั่ง HERest อีก 2 ครั้ง เปลี่ยนจากการใช้ไฟล์ phones1.mlf เป็น triphones1 ที่ได้จากการ ใช้คำสั่ง HLEd และเพิ่ม option -s เพื่อให้ได้ค่า stats จนได้ hmm10

11. ทำ Data Clustering แล้วเชื่อม state ของ triphones เข้าด้วยกัน โดยใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HHed -T 1 -B -H hmm10\macros -H hmm10\hmmdefs -M hmm11 dclust.hed
triphones1
```

12. ทำคำสั่ง HERest อีก 2 ครั้ง แต่เปลี่ยนจากการใช้ triphones1 ไปเป็น newlist ที่ได้จาก HHed จนได้ hmm13

13. ทำการเพิ่มจำนวน Gaussian Component ได้โดยการ ใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd] HHed -T 1 -B -H hmm13\macros -H hmm13\hmmdefs -M hmm14\hmmdefs
mixinc.hed newlist
```

14. ทำคำสั่ง HERest อีก 2 ครั้ง จนได้ hmm16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อเป็นการศึกษาทดลองใช้ HTK เพื่อทำการหาประสิทธิภาพของการรู้จำเสียงภาษาไทยโดยใช้ HTK สำหรับการทดสอบด้วยเสียงพูดของคนที่อยู่ในกลุ่มที่ทำการtrainด้วย การใช้ Language Model ในลักษณะที่มีการต่อคำแบบ Word Loop

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำแบบจำลองที่ได้ตามขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้มาใช้เพื่อทำการหาผลการทดลอง

2. เมื่อทำการเรียกใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HPArse language\gram wordloop
```

เป็นการทำการแปลง Grammar จากไฟล์ที่ชื่อ gram ให้ไปเป็น Language Model ที่ HTK สามารถทำความเข้าใจได้ ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของ Word-Network ซึ่งในที่นี้ให้เป็นไฟล์ที่ชื่อว่า wordloop ซึ่งจะมีการเรียงต่อกันของคำอย่างไรก็ได้ไม่มีการระบุไว้ คำทุกคำมีโอกาสเป็นคำเริ่มต้นและจบ โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างให้ดูในภาคผนวก ในบทที่ 6

3. หลังจากนั้นจะทำการเรียกใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HVite -H demo\hmms16\macros -H demo\hmms16\hmmdefs -S scp\test_1 -l * -i recout.mlf -w wordloop -p 0.0 -s 5.0 dictPlus newlist
```

เป็นการให้คำสั่ง HVite นั้นทำการหาค่าความน่าจะเป็นตามเส้นทางที่เป็นไปได้ตาม Grammar ที่ได้ทำการเขียนไว้ โดยจะบันทึกเส้นทางที่ดีที่สุดตามวิธี Viterbi Algorithm ซึ่งได้เคยอธิบายไว้แล้วในตอนต้น และทำการเก็บผลลัพธ์ไว้ในไฟล์ที่ชื่อ recout.mlf โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงให้ดูในภาคผนวก และไฟล์ที่เป็นข้อมูลเสียงสำหรับการ test นั้น ได้ทำการระบุเส้นทางไว้ใน test_1

4. หลังจากทำการทดสอบแล้วสามารถทำการดูผลการทดสอบได้โดยเรียกใช้คำสั่งดังนี้

```
[c:\users\byrd]HResults -I lbl\from_record.mlf newlist recout.mlf
```

โดยผลการทดสอบในที่นี้เป็นกรเขียน Grammar ในลักษณะแบบ Word Loop และผู้ทำการทดสอบนั้นเป็นผู้ที่เคยทำการ train มาก่อน ซึ่งผลการทดสอบจะอยู่ดังรูปที่ 4.1

ผลการทดลอง

```

MS Command Prompt
Microsoft(R) Windows NT(TM)
(C) Copyright 1985-1996 Microsoft Corp.

C:\users>cd byrd

C:\Users\Byrd>HResults -I 1b1\from_record.mlf newlist recout.mlf
===== HTK Results Analysis =====
Date: Sat May 20 16:56:10 2000
Ref : 1b1\from_record.mlf
Rec : recout.mlf

----- Overall Results -----
SENT: %Correct=0.00 [H=0, S=1, N=1]
WORD: %Corr=50.00, Acc=-8.33 [H=6, D=0, S=6, I=7, N=12]
=====

C:\Users\Byrd>

```

รูปที่ 4.1 ผลการทดลองที่ 1

4.2 การทดลองที่ 2

เมื่อผู้ทำการทดสอบไม่อยู่ในกลุ่ม Train

เพื่อเป็นการศึกษาทดลองใช้ HTK เพื่อทำการหาประสิทธิภาพของการรู้จำเสียงภาษาไทยโดยใช้ HTK สำหรับการทดสอบด้วยเสียงพูดของคนที่ไม่อยู่ในกลุ่มที่ทำการ train ด้วย การใช้ Language Model ในลักษณะที่มีการต่อคำแบบ Word Loop

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำแบบจำลองที่ได้ตามขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้มาใช้เพื่อทำการหาผลการทดลอง

2. เมื่อทำการเรียกใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HParse language\gram wordloop
```

เป็นการทำการแปลง Grammar จาก ไฟล์ที่ชื่อ gram ให้ไปเป็น Language Model ที่ HTK สามารถทำความเข้าใจได้ ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของ Word-Network ซึ่งในที่นี้ให้เป็นไฟล์ที่ชื่อว่า wordloop ซึ่งจะมีการเรียงต่อกันของคำอย่างไรก็ได้ไม่มีการระบุไว้ คำทุกคำมีโอกาสเป็นคำเริ่มต้นและจบ โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างให้ดูในภาคผนวก ในบทที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หลังจากนั้นจะทำการเรียกใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HVite -H demo\hmms16\macros -H demo\hmms16\hmmdefs -S scp\test_2 -l * -i
recout.mlf -w wordloop -p 0.0 -s 5.0 dictPlus newlist
```

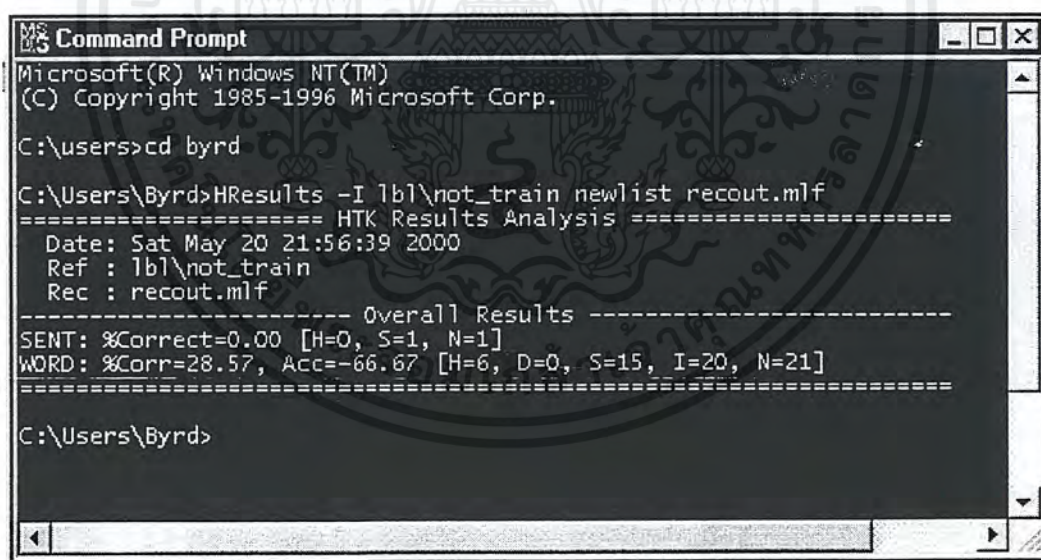
เป็นการให้คำสั่ง HVite นั้นทำการหาค่าความน่าจะเป็นตามเส้นทางที่เป็นไปได้ตามGrammar ที่ได้ทำการเขียนไว้ โดยจะบันทึกเส้นทางที่ดีที่สุดตามวิธี Viterbi Algorithm ซึ่งได้เคยอธิบายไว้แล้วในตอนต้น และทำการเก็บผลลัพธ์ไว้ในไฟล์ที่ชื่อ recout.mlf โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงให้ดูในภาคผนวก และไฟล์ที่เป็นข้อมูลเสียงสำหรับการ test นั้น ได้ทำการระบุเส้นทางไว้ใน test_2

4. หลังจากการทำการทดสอบแล้วสามารถทำการดูผลการทดสอบได้โดยเรียกใช้คำสั่งดังนี้

```
[c:\users\byrd]HResults -I lb\lnot_train newlist recout.mlf
```

โดยผลการทดสอบในที่นี้เป็นกรเขียน Grammar ในลักษณะแบบ Word Loop และผู้ทำการทดสอบนั้นเป็นผู้ที่ไม่เคยทำการtrainมาก่อน ซึ่งผลการทดสอบจะอยู่ดังรูปที่4.2

ผลการทดลอง



```
Microsoft(R) Windows NT(TM)
(C) Copyright 1985-1996 Microsoft Corp.

C:\users>cd byrd

C:\Users\Byrd>HResults -I lb\lnot_train newlist recout.mlf
===== HTK Results Analysis =====
Date: Sat May 20 21:56:39 2000
Ref : lb\lnot_train
Rec : recout.mlf
----- Overall Results -----
SENT: %Correct=0.00 [H=0, S=1, N=1]
WORD: %Corr=28.57, Acc=-66.67 [H=6, D=0, S=15, I=20, N=21]
=====

C:\Users\Byrd>
```

รูปที่ 4.2 ผลการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อเป็นการศึกษาทดลองใช้ HTK เพื่อทำการหาประสิทธิภาพของการรู้จำเสียงภาษาไทยโดยใช้ HTK สำหรับการทดสอบด้วยเสียงพูดของคนที่อยู่ในกลุ่มที่ทำการtrainด้วย การใช้ Language Model ในลักษณะที่มีการต่อคำที่มีรูปแบบของภาษาว่าจะเรียงต่อกันอย่างไร

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำแบบจำลองที่ได้ตามขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้มาใช้เพื่อทำการหาผลการทดลอง

2. เมื่อทำการเรียกใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HParse language\gram1 wdnet
```

เป็นการทำการแปลง Grammar จากไฟล์ที่ชื่อ gram1 ให้ไปเป็น Language Model ที่ HTK สามารถทำความเข้าใจได้ ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของ Word-Network ซึ่งในที่นี้ให้เป็นไฟล์ที่ชื่อว่า wdnet โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างให้คุณในภาคผนวก ในบทที่ 6

3. หลังจากนั้นจะทำการเรียกใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HVite -H demo\hmms16\macros -H demo\hmms16\hmmdefs -S scp\test_1 -l * -i recout.mlf -w wordloop -p 0.0 -s 5.0 dictPlus newlist
```

เป็นการให้คำสั่ง HVite นั้นทำการหาค่าความน่าจะเป็นตามเส้นทางที่เป็นไปได้ตาม Grammar ที่ได้ทำการเขียนไว้ โดยจะบันทึกเส้นทางที่ดีที่สุดตามวิธี Viterbi Algorithm ซึ่งได้เคยอธิบายไว้แล้วในตอนต้น และทำการเก็บผลลัพธ์ไว้ในไฟล์ที่ชื่อ recout.mlf โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงให้คุณในภาคผนวก และไฟล์ที่เป็นข้อมูลเสียงสำหรับการ test นั้น ได้ทำการระบุเส้นทางไว้ใน test_1

4. หลังจากทำการทดสอบแล้วสามารถทำการดูผลการทดสอบได้โดยเรียกใช้คำสั่งดังนี้

```
[c:\users\byrd]HResults -l lb\from_record.mlf newlist recout.mlf
```

โดยผลการทดสอบในที่นี้เป็นารเขียน Grammar ในลักษณะแบบมีรูปแบบของการเรียงต่อของคำ และผู้ทำการทดสอบนั้นเป็นผู้ที่อยู่ในกลุ่มที่ทำการtrainมาก่อน ซึ่งผลการทดสอบจะอยู่ดังรูปที่ 4.3

ผลการทดลอง

```

MS Command Prompt
Microsoft(R) Windows NT(TM)
(C) Copyright 1985-1996 Microsoft Corp.

C:\users>cd byrd

C:\Users\Byrd>HResults -I 1b1\from_record.mlf newlist recout.mlf
===== HTK Results Analysis =====
Date: Sat May 20 22:43:21 2000
Ref : 1b1\from_record.mlf
Rec : recout.mlf
----- Overall Results -----
SENT: %Correct=0.00 [H=0, S=1, N=1]
WORD: %Corr=85.71, Acc=71.43 [H=18, D=0, S=3, I=3, N=21]
=====

C:\Users\Byrd>

```

รูปที่ 4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3

4.4 การทดลองที่ 4

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อเป็นการศึกษาทดลองใช้ HTK เพื่อทำการหาประสิทธิภาพของการรู้จำเสียงภาษาไทยโดยใช้ HTK สำหรับการทดสอบด้วยเสียงพูดของคนที่ไม่อยู่ในกลุ่มที่ทำการtrainด้วย การใช้ Language Model ในลักษณะที่มีการต่อคำที่มีรูปแบบของภาษาว่าจะเรียงต่อกันอย่างไร

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำแบบจำลองที่ได้ตามขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้มาใช้เพื่อทำการหาผลการทดลอง

2. เมื่อทำการเรียกใช้คำสั่ง

```
[c:\users\byrd]HPArse language\gram1 wdnet
```

เป็นการทำการแปลง Grammar จากไฟล์ที่ชื่อ gram1 ให้ไปเป็น Language Model ที่ HTK สามารถทำความเข้าใจได้ ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของ Word-Network ซึ่งในที่นี้ให้เป็นไฟล์ที่ชื่อว่า wdnet โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างให้ดูในภาคผนวก ในบทที่ 6

3. หลังจากนั้นจะทำการเรียกใช้คำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[c:\users\byrd]HVite -H demo\hmms16\macros -H demo\hmms16\hmmdefs -S scp\test_2 -l * -i
recout.mlf -w wordloop -p 0.0 -s 5.0 dictPlus newlist
```

เป็นการให้คำสั่ง HVite นั้นทำการหาค่าความน่าจะเป็นตามเส้นทางที่เป็นไปได้ตามGrammar ที่ได้ทำการเขียนไว้ โดยจะบันทึกเส้นทางที่ดีที่สุดตามวิธี Viterbi Algorithm ซึ่งได้เคยอธิบายไว้แล้วในตอนต้น และทำการเก็บผลลัพธ์ไว้ในไฟล์ที่ชื่อ recout.mlf โดยลักษณะของไฟล์ที่ใช้ในที่นี้จะแสดงให้ดูในภาคผนวก และไฟล์ที่เป็นข้อมูลเสียงสำหรับการ test นั้น ได้ทำการระบุเส้นทางไว้ใน test_2

4.หลังจากการทำทดสอบแล้วสามารถทำการดูผลการทดสอบได้โดยเรียกใช้คำสั่งดังนี้

```
[c:\users\byrd]HResults -I lbl\not_train newlist recout.mlf
```

โดยผลการทดสอบในที่นี้เป็นกรเขียน Grammar ในลักษณะแบบ Word Loop และผู้ทำการทดสอบนั้นเป็นผู้ที่ไม่เคยทำการtrainมาก่อน ซึ่งผลการทดสอบจะอยู่ดังรูปที่4.4

ผลการทดลอง

```
Microsoft(R) Windows NT(TM)
(C) Copyright 1985-1996 Microsoft Corp.

C:\users>cd byrd

C:\Users\Byrd>HResults -I lbl\not_train newlist recout.mlf
===== HTK Results Analysis =====
Date: Sat May 20 22:35:58 2000
Ref : lbl\not_train
Rec : recout.mlf
----- Overall Results -----
SENT: %Correct=0.00 [H=0, S=1, N=1]
WORD: %Corr=80.95, Acc=71.43 [H=17, D=0, S=4, I=2, N=21]
=====
C:\Users\Byrd>
```

รูปที่ 4.4 ผลการทดลองครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และ สรุป

จากผลการทดลองที่ได้ยกตัวอย่างให้ดูในบทที่ 4 นั้นสามารถทำการอธิบายในการทำการรู้จำเสียงโดยใช้ Tool ที่ชื่อ HTK ได้คือ

5.1 การทดลอง

ในการทำการรู้จำเสียงนั้นในการ Train ข้อมูลนั้นแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมาจะมีลักษณะเป็นตัวแทนเสียงของคนที่ใช้ Train ซึ่งถ้าหากนำข้อมูลเสียงของคนหลายๆคนมาทำการ Train นั้นสามารถทำให้ได้ตัวแทนข้อมูลที่ดีได้ เพราะเปรียบเสมือนว่าแบบจำลองที่ได้นั้นเป็นค่าที่ได้จากคนหลายๆคนซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนข้อมูลที่ดี หรือ มีค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ดีนั่นเอง

ในการ Train ข้อมูลเสียงนั้นหากมีการทำการ Re-Estimation ที่มากเกินไปนั้นอาจทำให้เกิดการที่แบบจำลองที่ทำการสร้างขึ้นมานั้นเหมือนข้อมูลที่นำมา Train มากเกินไปจนไม่สามารถเป็นตัวแทนของข้อมูลเสียงที่ดีได้

และในการใช้งานนั้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยใช้ Language Model ที่สามารถเขียนได้จาก Grammar ซึ่งในที่นี้เปรียบเสมือนเป็นการบอกให้ HTK รู้ว่าในการเรียงต่อกันของคำนั้นควรจะมีการเรียงต่อกันอย่างไร ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพอย่างมากเมื่อนำมาใช้งาน โดยจำทำให้ความถูกต้องในการรู้จำนั้นเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

5.2 ข้อสังเกต ปัญหาในการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานนั้น การที่ HTK นั้นมีการทำงานโดยอาศัยพื้นฐานของการทำงานกับภาษาอังกฤษซึ่งในภาษาอังกฤษนั้นไม่มีเสียงวรรณยุกต์ ซึ่งทำให้มีปัญหากับการทำงานกับภาษาไทย ซึ่ง HTK นั้นในการทดลองนี้ไม่สามารถทำการจดจำเสียงวรรณยุกต์ได้ และการใช้งานนั้นเนื่องจากการทำงานต้องใช้การคำนวณเกี่ยวกับตัวเลขที่มาก ดังนั้น ในการใช้งานกับเครื่องที่มีความเร็วต่ำอาจทำให้การทำงานนั้นล่าช้าได้ และในการทำงานกับ Language นั้นในประเทศไทยยังไม่มีการทำฐานข้อมูลในเรื่องนี้กันมากเท่าใดนักทำให้ในการเขียน Grammar เพื่อการใช้งานทั่วไปนั้นเป็นเรื่องที่ยากมากเพราะว่าคำศัพท์นั้นมีปริมาณที่มากทำให้ไม่สามารถจะเขียน Grammar ที่มีประสิทธิภาพได้จึงจำเป็นต้องเขียนในรูปแบบของ Word-Loop

กล่าวโดยสรุปแล้วในการทำงานโดยใช้ HTK นั้นสามารถทำการจดจำเสียงและจัดการกับข้อมูลที่มีจำนวนมากๆได้ ตัวโปรแกรมมีการเขียนเป็น Module ที่ชัดเจน และการใช้งานสามารถให้ผลในการรู้จำค่อนข้างมีประสิทธิภาพพอสมควรจนถึงมากในกรณีที่ใช้ Language Model มาช่วย และ โปรแกรมนี้เหมาะที่จะใช้ในการศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาการสร้างโปรแกรมในการทำการรู้จำเสียงต่อไป เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะนี้ถือว่าการนำ HTK มาใช้ในประเทศไทยนั้นถือว่าเป็นครั้งแรก และ แนวคิดของการพัฒนาเพื่อสร้างโปรแกรมนี้ถือว่าเป็นเรื่องใหม่ที่ต้องการแนวคิดพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาต่อไป

ในการใช้งานถ้าสามารถทำให้ HTK และแยกเสียงวรรณยุกต์ไปด้วยกันได้นั้นจะสามารถสร้างระบบในการทำการรู้จำเสียงที่มีประสิทธิภาพได้ เช่นอาจจะใช้ในงานเฉพาะอย่างในสถาบันการศึกษาได้ เช่น ระบบการลงทะเบียนโดยใช้เสียง เป็นต้น หรืออาจจะใช้ในงานที่ต้องใช้งานกับคำศัพท์ที่ครอบคลุมได้ เช่นการแปลงเสียงเป็นตัวอักษร แต่ในที่นี้จะต้องมีการศึกษาการทำ Language Model ที่มีประสิทธิภาพก่อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

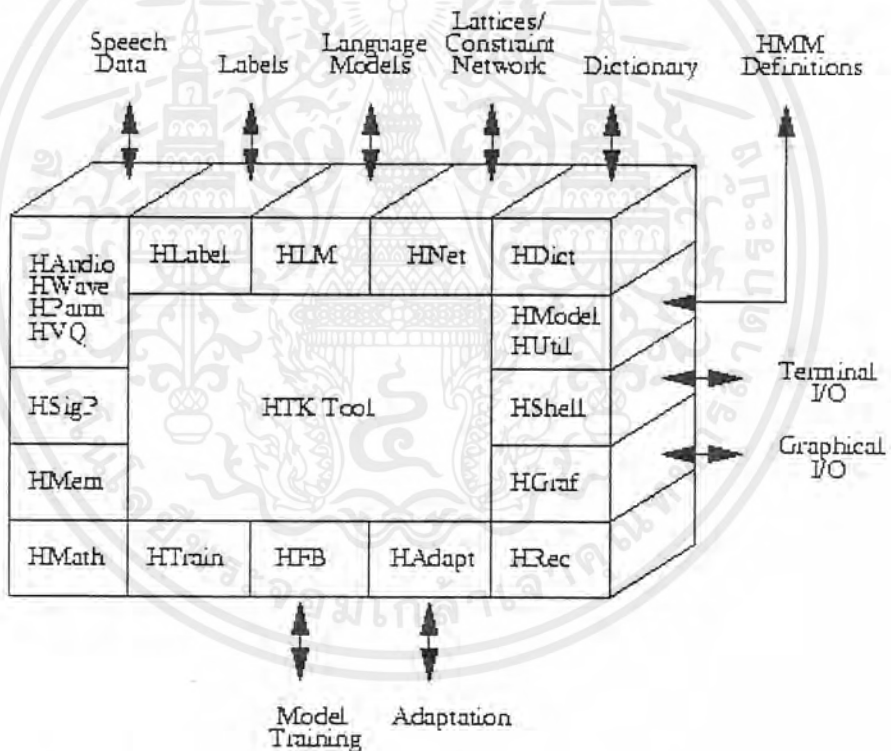
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ในส่วนนี้เป็นการอธิบายถึงโครงสร้างของ HTK ซึ่ง HTK นั้นเป็นโปรแกรมที่ทำงานบน Command Line โดย HTK ในเวอร์ชันนี้นั้นใช้บน Windows NT ซึ่ง และในการทำงานเรียกใช้ได้จาก Command Line ใน Dos โดยในการติดตั้งจะต้องทำการ load ข้อมูลจากแผ่นข้อมูล มากเก็บไว้ใน Directory ที่สร้างขึ้นแล้วหลังจากนั้นทำการปรับปรุงไฟล์ Autoexec เพื่อทำการ SET PATH เพื่อให้ชี้ไปยัง โปรแกรม HTK เพื่อให้สามารถทำงานได้

โครงสร้างของโปรแกรม HTK

ฟังก์ชันการทำงานของ HTK นั้นจะถูกสร้างใน library modules ซึ่ง modules นี้มีเพื่อทำให้เป็นการแน่นอนว่า interfaces ของ tools ที่เกิดกับภายนอกโปรแกรมนั้นเป็นไปในทางเดียวกัน และยังมีไว้เพื่อ จัดหาทรัพยากรส่วนกลางที่ต้องใช้ ในรูปด้านล่างนี้เป็น โครงสร้างของ HTK



รูปที่ 1 โครงสร้างของโปรแกรม

ซึ่งการติดต่อกับ users ผ่านทาง Operating System นั้นถูกควบคุมโดย library module ที่ชื่อ HShell และการจัดการกับหน่วยความจำจะทำโดย HMem ในส่วนของการจัดการทางคณิตศาสตร์นั้นจะ สนับสนุนด้วย HMath และการจัดการในส่วนการประมวลผลสัญญาณที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์เสียงพูด นั้นจัดการโดย HSigP ซึ่งชนิดของไฟล์ที่ใช้ใน HTK นั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าต้องใช้กับ module ไหน HLabel นั้นจะทำการติดต่อกับ label files สำหรับ HLM ทำงานกับไฟล์ประเภท Language Model ส่วน HNet นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานกับ network และ lattices HDict นั้นทำงานกับ Dictionary และ HVQ ทำงานกับ VQ codebook ส่วน HModel ทำงานกับ HMMs Definition

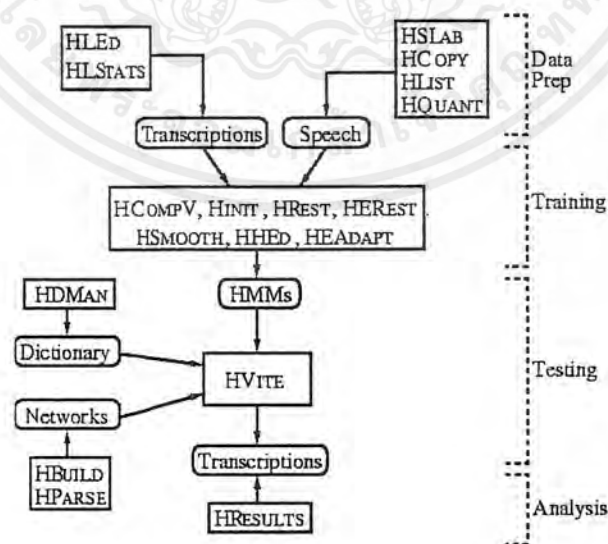
จากรูปจะเห็น HWave นั้นมีไว้เพื่อทำการจัดการกับเสียงพูดที่เป็นทั้ง output และ input ในระดับของ Wave ส่วน HParm นั้นจัดการในระดับที่เป็นแบบ parameters ส่วน HAudio จะจัดการส่วนที่เป็น Direct Audio และในส่วนของ HGrpF นั้นจะจัดการพวก Graphic ง่ายๆ HUtil จะจัดหาจำนวนเส้นทางสำหรับคำนวณ HMMs ในขณะที่ HFB และ HTrain และ HFB สนับสนุนหลาย tools ใน HTK ส่วน HAdapt สนับสนุน tools หลายอย่างในที่ใช้ในการทำการ Adaptation ส่วน HRec จะประกอบไปด้วยฟังก์ชันการทำงานหลักเกี่ยวกับกระบวนการการรู้จำ

HTK ถูกออกแบบให้ทำงานบน Command Line ที่เป็นการ interfaces แบบเก่าซึ่งแต่ละ tools นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็น Option Argument และ Required Argument ซึ่งในส่วนของ Option นั้นจะเห็นได้จากการตามหลังเครื่องหมาย "-" ซึ่งในส่วนนี้นั้นจะเป็นอักษรตัวเดียวและตามหลังด้วยค่าของ Option ซึ่งแยกโดยช่องว่าง Option ที่เป็นตัวอักษรตัวใหญ่นั้นมีความหมายเหมือนกันบนทุกๆ การเรียกใช้ tools (คำสั่งที่ได้ใช้กันนั่นเอง) โดยในการทำงานของคำสั่งนั้นสามารถถูกควบคุมได้ด้วยค่าตัวแปรอื่นนอกจากค่าที่ตามหลัง Option ซึ่งก็คือ Configuration Files ค่านี้จะถูกเรียกขึ้นมาก่อนการทำคำสั่ง (ถ้ามีการเรียกใช้) ซึ่งเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการเรียกใช้การพิมพ์คำสั่งยาวๆ แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีไว้เพื่อควบคุมพฤติกรรมของคำสั่ง

ถึงแม้ว่าการติดต่อในรูปแบบ Command Line นั้นอาจจะดูล้าสมัยแต่ก็มีข้อได้เปรียบอยู่ไม่น้อยก็คือสามารถทำการเขียน Script ได้ง่าย และสามารถจัดทำเป็นเอกสารได้ง่ายด้วย

ประเภทของ Tool

ขอยกตัวอย่างจากการทำ Sub-word based continuous speech recognizer จากรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 2 ขั้นตอนในการทำ Sub-word based continuous speech recognizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าเป็นการแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนใหญ่คือ

- 1.Data Preparation
- 2.training
- 3.testing
- 4.analysis

Data Preparation Tools

ในส่วนนี้เป็นการทำการสร้างแบบจำลองนั้นจะต้องมีการเกี่ยวข้องกับข้อมูลอยู่ 2 ส่วนคือ ข้อมูลเสียง และ Transcription Files สำหรับข้อมูลเสียงนั้นก่อนการนำมาใช้เพื่อทำการtrainแบบจำลองนั้นจะต้องมีการแปลงข้อมูลตามที่ใช้ต้องการ โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการใช้ HCopy จัดการในเรื่องเสียง และใช้ HLEd ในการจัดการในส่วนในเรื่อง Transcription Files

Training Tools

ในขั้นตอนส่วนนี้เป็นการทำการสร้าง HMMs ซึ่งประกอบไปด้วยการทำ Prototype เพื่อทำการจัดการในเรื่องของการทำการ Initialize ค่าตัวแปรแบบจำลองก่อนโดยวิธีการแบบ flat start ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ HCompV ซึ่งข้อดีของ flat start ก็คือจะไม่มีการกำหนดขอบเขตของเสียง phoneme ทำให้ขั้นตอนในการทำงานนั้นเร็วขึ้น หลังจากนั้นจะทำการ และหลังจากนั้นจะสามารถทำ Baum-Welch re-estimation โดยการใช้เครื่องมือที่ชื่อ HERest และจะมี HHEd นั้นเพื่อทำการแก้ไขแบบจำลองให้เป็นในรูปแบบที่ต้องการ

Recognition Tools

ในส่วนนี้จะมี tools ตัวเดียวนั้นก็คือ HVite ใช้วิธีการในแบบ token passing เพื่อจะทำ Viterbi Algorithm โดยผลลัพธ์จะให้ Transcription File ออกมา

Analysis Tool

ในส่วนนี้เป็นการใช้คำสั่ง HREsults ซึ่งการทำงานของ tools ตัวนี้ได้ถูกออกแบบทำการเปรียบเทียบไฟล์ที่เป็น Transcription ของไฟล์เสียงที่พูดในการ test มาเปรียบเทียบกับ Transcription ที่เป็นผลลัพธ์จากการทำคำสั่ง HVite

เรียกเรื่อง|เรือน|แรก|ล้ม|ละ|ล้าน|ลึก|เลี้ยง|เลือก|แล้ว|และ|วัน|ว่า|วาด|วาน|วาระ|วิล|เยี่ยม|
 เวียดนาม|ศพ|สงคราม|สนับ|สนุน|สนาม|สมเกียรติ|สมัคร|สมัย|สมาคม|สวน|ส่วน|สหรัฐ|
 สอง|สะดวก|สะท้อน|สังกัด|สังคม|สัมพันธ์|สาม|สามารถ|สิ่ง|สิทธิ|สิน|สืบ|สี่|สี่|สูญหาย|
 เสนอ|เสีย|เสียง|ใส่|หก|หนัก|หน้า|หนึ่ง|หนู|หมาย|หมื่น|หรือ|หลัง|หลัง|หวัง|หว่าน|หัว|
 หา|ห้า|เห็น|เหนือ|เหล่า|เหลียน|เหลือ|ให้|อดีต|อนาคต|อเมริกัน|อย่าง|อยู่|ออก|อัครราช|
 อัน|อา|อ้าง|อาหาร|อิสระ|อี|อี|เอก|เอ็ด|เอ็ม|เอา|ฮ่อง|กง|ฮาน|ฮอย|ฮิล|ตัน|ฮู|เฮน;

(SENT-START <\$word1> SENT-END)

และเนื่องจาก Word Network ในตัวอย่างนี้มีขนาดใหญ่ในตัวอย่างนี้ จะขอแสดง Word Network ซึ่งเป็นลักษณะของ Language Model ที่ HTK สามารถเข้าใจได้ในตัวอย่างของหัวข้อด้านล่างนี้ ซึ่ง Grammar จะมีขนาดเล็กกว่า

จากการทดลองที่ 3 และ การทดลองที่ 4 ในบทที่ 4

จากการทดลองที่ 1 ในบทที่ 4 นั้นในการใช้งานกับการทดลองที่ 1 และ การทดลองที่ 2 โดยการใช้ Grammar ดังนี้

[c:\users\byrd]HParse language\gram1 wdnet

โดย gram1 จะเป็นไฟล์ที่มีข้อมูลดังต่อไปนี้

\$word1=นายปีเตอร์|สัน|ว่า|การ|เจรจา|รอบ|แรก|ของ|นาย|โท|เฮน|กับ|ฝ่าย|เวียดนาม|
 สะดวก|ราบรื่น|อย่างไร|ไม่น่า|เชื่อ;

(SENT-START <\$word1> SENT-END)

และ wdnet นั้นจะเป็นไฟล์ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

VERSION=1.0

N=25 L=63

I=0 W=SENT-END

I=1 W=\340\252\327\350\315

I=2 W=!NULL

I=3 W=\271\350\322

I=4 W=\344\301\350

I=5 W=\315\302\350\322\247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I=6 W=\303\322\272\303\327\350\271
 I=7 W=\312\320\264\307\241
 I=8 W=\340\307\325\302\264\271\322\301
 I=9 W=\275\350\322\302
 I=10 W=\241\321\272
 I=11 W=\340\316\271
 I=12 W=\342\244
 I=13 W=\271\322\302
 I=14 W=\242\315\247
 I=15 W=\341\303\241
 I=16 W=\303\315\272
 I=17 W=\340\250\303\250\322
 I=18 W=\241\322\303
 I=19 W=\307\350\322
 I=20 W=\273\325\340\265\315\303\354\312\321\271
 I=21 W=\271\322\302
 I=22 W=SENT-START
 I=23 W=!NULL
 I=24 W=!NULL
 J=0 S=0 E=23
 J=1 S=1 E=2
 J=2 S=2 E=0
 J=3 S=2 E=21
 J=4 S=2 E=20
 J=5 S=2 E=19
 J=6 S=2 E=18
 J=7 S=2 E=17
 J=8 S=2 E=16
 J=9 S=2 E=15
 J=10 S=2 E=14
 J=11 S=2 E=13
 J=12 S=2 E=12
 J=13 S=2 E=11
 J=14 S=2 E=10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J=15	S=2	E=9
J=16	S=2	E=8
J=17	S=2	E=7
J=18	S=2	E=6
J=19	S=2	E=5
J=20	S=2	E=4
J=21	S=2	E=3
J=22	S=2	E=1
J=23	S=3	E=2
J=24	S=4	E=2
J=25	S=5	E=2
J=26	S=6	E=2
J=27	S=7	E=2
J=28	S=8	E=2
J=29	S=9	E=2
J=30	S=10	E=2
J=31	S=11	E=2
J=32	S=12	E=2
J=33	S=13	E=2
J=34	S=14	E=2
J=35	S=15	E=2
J=36	S=16	E=2
J=37	S=17	E=2
J=38	S=18	E=2
J=39	S=19	E=2
J=40	S=20	E=2
J=41	S=21	E=2
J=42	S=22	E=21
J=43	S=22	E=20
J=44	S=22	E=19
J=45	S=22	E=18
J=46	S=22	E=17
J=47	S=22	E=16
J=48	S=22	E=15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J=49 S=22 E=14
 J=50 S=22 E=13
 J=51 S=22 E=12
 J=52 S=22 E=11
 J=53 S=22 E=10
 J=54 S=22 E=9
 J=55 S=22 E=8
 J=56 S=22 E=7
 J=57 S=22 E=6
 J=58 S=22 E=5
 J=59 S=22 E=4
 J=60 S=22 E=3
 J=61 S=22 E=1
 J=62 S=24 E=22

Dictionary

ในหัวข้อนี้จะเป็นตัวอย่างของ Dictionary ที่ใช้ในการทำงาน โดยเป็น ไฟล์ที่ชื่อ dictPlus ซึ่งปรากฏอยู่ใน
 ชั้นตอนต่างๆที่ใช้ในการทำงาน
 ต่อไปนี้เป็นคำศัพท์ที่อยู่ใน Dictionary

!exit [] sil
 ,!enter [] sil
 [] sil
 silence [] sil
 sil [] sil
 SENT-START []
 SENT-END []
 กิ g orh sp
 กคิ g orh kh orh sp
 กง g orh ng orh sp
 กฏ g o d sp
 กฏหมาย g o d m ah y sp
 กค g o d sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กต g orh dt orh sp
 กพ g orh ph orh sp
 กมดา g a m m a l ah sp
 กย g orh y orh sp
 กริ g orh n sp
 กรกฏา g a r a g a d ah sp
 กรกฏาคม g a r a g a d ah kh o m sp
 กรณี g orh r a n ih sp
 กรม g r o m sp
 กรรม g a m sp
 กรรมการ g a m m a g ah n sp
 กรอง g r orh ng sp
 กระ g r a sp
 กระทบ g r a th o b sp
 กระทรวง g r a s uh w a ng sp
 กรีฑา g r ih th ah sp
 กรุง g r u ng sp
 กรุงเทพฯ g r u ng th eh b sp
 กรุณา g a r u n ah sp
 กลิ g o n sp
 กลวิธิ g o n l a w i th ih sp
 กลางคืน g l ah ng kh v h n sp
 กลางวัน g l ah ng w a n sp
 กลาย g l ah y sp
 กล่าว g l ah w sp
 กลาโหม g a l ah h oh m sp
 กลุ่ม g l u m sp
 กว่า g w ah sp
 กว้างขวาง g w ah ng kh w ah ng sp
 กษิธิศ g a s i d i d sp
 กอ g orh sp
 กอง g orh ng sp
 กะ g a sp
 กัญจนา g a n j a n ah sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กั๊ด g a d sp

กั๊น g a n sp

กั๊นยา g a n y ah sp

กั๊นยายน g a n y ah y o n sp

กั๊บ g a b sp

กั๊วะ g u w a sp

การณั๊ g ah n sp

กั๊ว g ah w sp

กั๊น g i n sp

กั๊โลกรั๊ม g i loh g r a m sp

กั๊โลเมตร g i loh m eh d sp

เกั๊ g eh sp

เกั๊ยรึ๊ g iy ah sp

เกั๊ยรติเฟื้องฟู๊ g iy ah d f vh ng f uh sp

เกั๊ยรติยศ g i y a d dt i y o d sp

ไก๊ลั๊ g l a y sp

ขณะ kh a n a sp

ขน kh o n sp

ขนาด kh a n ah d sp

ขบวน kh a b uh w a n sp

ขยับ kh a y a b sp

ขยาย kh a y ah y sp

ขั๊ง kh a ng sp

ขั๊บ kh a b sp

ขาด kh ah d sp

ขาย kh ah y sp

ขั๊ว kh ah w sp

ขั๊ว kh ah w sp

ขั๊ชี kh ih sp

ขุด kh u d sp

เขต kh eh d sp

เขา kh a w sp

แข่ง kh x ng sp

คัง kh o ng sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คีน kh o n sp
 คีนพบ kh o n p o b sp
 คราวญ kh r uh w a n sp
 ครอบ kh r orh b sp
 คราว kh r ah w sp
 ครูศาสตร์ kh a r u s ah d sp
 คล้อง kh l orh ng sp
 คลัง kh l a ng sp
 คลัตซ์ kh l a d sp
 หลุม kh l u m sp
 คอ kh orh sp
 กอมมิวนิสต์ kh orh m m i w n i d sp
 คอย kh orh y sp
 กะ kh a sp
 คั่น kh a n sp
 กำ kh ah sp
 กำ kh a m sp
 ลูกคาม kh u g kh ah m sp
 กุ่ม kh u m sp
 กู้ kh uh sp
 กู้แข่ง kh uh kh xh ng sp
 เคลื่อน kh l v h a n sp
 แค่ kh xh sp
 แคลน kh l xh n sp
 โคอ kh oh sp
 ไคร์ kh a y sp
 ง่าย ng ah y sp
 จก j o g sp
 จ่อมจม j orh m j o m sp
 จ๊ะ j a sp
 จักรยาน j a g g a y ah n sp
 จัด j a d sp
 จัดมงคล j a d dt u m o ng kh o n sp
 จีบ j a b sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ้าน j ah n sp

จ่าย j ah y sp

จำกั๊ด j a m g a d sp

จิ้น j ih n sp

จืด j vh d sp

จู้บ j u b sp

เจมส์ j eh m sp

เจรจา j eh r a j ah sp

เจสั่น j eh s a n sp

เจ้านี่ j a w n ih sp

เจิ้น j erh n sp

แจก j xh g sp

ฉาว ch ah w sp

ฉุด ch u d sp

ฉลิมฉล่อง ch a l erh m ch a l orh ng sp

ฉิ้น ch erh n sp

โฉว ch oh w sp

ชดเชย ch o d ch erh y sp

ชนะ ch a n a sp

ชนิด ch a n i d sp

ชวน ch uh w a n sp

ชอบ ch o b sp

ซ้ำ ch ah sp

ชาว ch ah w sp

ชิง ch i ng sp

ชุง ch u ng sp

ชูชาญ ch uh ch ah n sp

เชื้อ ch v ah sp

เชื้อเพลิง ch erh p l erh ng sp

แช่ ch xh sp

ไช ch a y sp

ไช่ ch a y sp

ชะ s a sp

ชิตี s i dt ih sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั๊ว s v ah sp
 ชุ๊ง s u ng sp
 ชุ่ย s u y sp
 เซนทรัด s e n th r a n sp
 เซลล์ s eh w sp
 ไช s a y sp
 ไชง่อน s a y ng orh n sp
 ไชง่อน s a y ng orh n sp
 ญวาน y uh w a n sp
 ฐาน th ah n sp
 ณรงค์ชัย n a r o ng ch a y sp
 คอลลาร์ d orh n l ah sp
 คักลาส d a g l a d sp
 คั้น d a n sp
 คีบ d i b sp
 คีเซด d ih s eh w sp
 คิก d v g sp
 คุง d u ng sp
 คูไป d uh b a y sp
 เด็ก d e g sp
 เด็ด d e d sp
 เด็ดขาด d e d kh ah d sp
 เด็น d erh n sp
 โดยสาร d oh y s ah n sp
 ตรง dt r o ng sp
 ตรวจ dt uh w a d sp
 ตระ dt r a sp
 ต้อน dt orh n sp
 ต้ง dt a ng sp
 ตัด dt a d sp
 ตาย dt ah y sp
 ติด dt i d sp
 ตู dt u sp
 เต็ง dt e ng sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียม dt i y a m sp

เต็ม dt erh m sp

โตโตต้า dt oh y oh dt ah sp

ได้ dt a y sp

ไ้ตรมาส dt r a y m ah d sp

ไ้ด้หวั่น dt a y w a n sp

ถนน th a n o n sp

ถาม th ah m sp

ถูก th uh g sp

แถม th xh m sp

แถลิ่ง th a l xh ng sp

แถว th xh w sp

ทดแทน th o d th xh n sp

ทรง th o ng sp

ห้อง th orh ng sp

ห้องเที่ยว th or ng th i y a w sp

ทัพ th a b sp

ทีม th ih m sp

ทูต th uh d sp

เทียบ th iy ah b sp

แท้กชี้ th xh g s ih sp

โทษ th oh d sp

ธรรม th a m sp

ธารินทร์ th ah r i n sp

ธีรัชย์ th ih r a ch a y sp

ธุรกิจ th u r a g i d sp

นนทพันชวาพย์ n o n th a p a n th a w ah d sp

นโยบาย n a y oh b ah y sp

นรานั้นทักตติกุล n a r a n a n g i d dt i g u n sp

น้อง n orh ng sp

นะ n a sp

นั้น n a n sp

นำ n ah sp

นาน n ah n sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาย n ah y sp
 นายก n ah y o g sp
 น้ำ n ah m sp
 นิ่ง n i ng sp
 นิมานเหมินต์ n i m m ah n h eh m i n sp
 นิมิตร n i m i d sp
 นี n i sp
 แนวโน้ม n xh w n oh m sp
 บน b o n sp
 บรรทุก b a n th u g sp
 บรรเลง b a n l eh ng sp
 บริโภค b orh r i p oh g sp
 บริษัท b orh r i s a d sp
 บันเทิง b a n th erh ng sp
 บ้าง b ah ng sp
 บาท b ah d sp
 บ้าน b ah n sp
 บาย b ah y sp
 บ้าย b ah y sp
 บาร์เรล b ah r eh w sp
 บุญญฤทธิ์ b u n y a r i d sp
 เบนซิน b eh n s i n sp
 เบรก b r eh g sp
 เบียด b i y a d sp
 เบียน b ih y a n sp
 เบื่อ b v h a sp
 เบงกั b xh ng sp
 ปกปิด p o g p i d sp
 ประ p r a sp
 ประชาชน p r a ch ah ch o n sp
 ประชาธิปไตย p r a ch ah th i b pah dt a y sp
 ประชาสัมพันธ์ p r a ch ah s a m p a n sp
 ประชุม p r a ch u m sp
 ประเทศ p r a th eh d sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประธานาธิบดี p r a th ah n ah th i b b orh d ih sp
 ประเภท p r a ph eh d sp
 ประมาณ p r a m ah n sp
 ประหยัด p r a y a d sp
 ปราบกฏ p r ah g o d sp
 ปลอดภัย p l orh d ph a y sp
 ปล่อย p l o y sp
 ปลีก p l ih g sp
 ปัจจุบัน p a d j u b a n sp
 ป้าย p ah y sp
 ปิด p i d sp
 ปีโตเดียม p i dt oh l iy ah m sp
 ปีเตอร์สัน p ih dt erh s a n sp
 เปราะ p r or sp
 เปลี่ยน p iy ah n sp
 เปลือก p l v ah ng sp
 เป่า p ah w sp
 แปลก p l xh g sp
 ผม ph o m sp
 ผู้ ph uh sp
 เพา ph a w sp
 ฟัง f a ng sp
 ฝ้าย f ah y sp
 พยัฒวิเชียร ph a y a d w i ch iy ah n sp
 พยายาม ph a y a y ah m sp
 พรทิพย์ ph orh n th i b sp
 พรรถ ph a g sp
 พระจอมเกล้า ph r a j orh m g ah w sp
 พลึง ph a l a ng sp
 พาณิชย์ ph ah n i d sp
 พาม ph ah m sp
 พาด ph ah n sp
 พิสูจน์ ph i s i d sp
 พิท ph ih d sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพลง ph l eh ng sp

เพียง ph iy ah ng sp

เพื่อน ph erh n sp

แพง ph xh ng sp

ฟอร์ด f orh d sp

พีน f vh n sp

เพื่อ f erh sp

ภราเดช ph a r ah d eh d sp

กาย ph ah y sp

ภูวนารณรานูบาลิ ph uh w a n ah d n u b ah n sp

มนุษย์ชน m a n u d s a y a ch o n sp

มลพิษ m o n l a p i d sp

มหาชน m a h ah ch o n sp

มหามนตรี m a h ah m o n d t r i h sp

มอง m orh ng sp

มะ m a sp

มัก m a g sp

มัน m a n sp

มัน m a n sp

มายสัน m a y s a n sp

มิตร m i d sp

มิตรภาพ m i d d t r a p ah b sp

มิน m i n sp

มิน m ih n sp

มินบุรี m ih n b u r i h sp

มิด m vh d sp

เมตตา m eh d dt ah sp

เมตร m eh d sp

เมล์ m eh sp

เมือง m vh a ng sp

โมเดล m oh d eh w sp

ไม m a y sp

ไมโครบัส m a y kh r oh b a d sp

ยนต์ y o n sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับ y orh m r a b sp
 ขัดเยียด y a d y i y a d sp
 บาง y ah ng sp
 บ้า y a m sp
 บึง y i ng sp
 ขีด y v d sp
 ยื่นยื่น y vh n y a n sp
 เขื่อน y v ah n sp
 รณรงค์ r o n n a r o ng sp
 รถ r o d sp
 รถยนต์ r o d y o n sp
 รวม r uh m sp
 รือ r orh sp
 รือ่ง r orh ng sp
 รือ่น r orh n sp
 ระเบิด r a b ah d sp
 ระบุ r a b u sp
 ราคา r ah kh a sp
 ราบรื่น r ah b r vh n sp
 ร้าย r ah y sp
 ราว r ah w sp
 รือ r vh sp
 รือฟัน r vh f vh n sp
 รุนแรง r u n r xh ng sp
 เร่ง r e ng sp
 เรียบ r ih y a g sp
 เรือน r vh a n sp
 แร็ก r xh g sp
 ลิงทุน l o ng th u n sp
 ลอด l o d sp
 ลม l o m sp
 ละ l a sp
 ลัด l a d sp
 ลาดกระบัง l ah d g r a b a ng sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้า l a m sp

ลิดร l i d sp

ลืออาธรรม l i h a h t h a m sp

ลิก l v g sp

เลขาริการ l e h k h a h t h i g a h n sp

เลย l e r h y sp

เลว l e h w sp

เลิศล้ำผดุงสุข l e r h d l a m p h a d u n g s u g sp

เลี้ยง l i h y a n g sp

แล l x h sp

โลก l o h g sp

ไลยอ่อน l a y o r h n sp

วาด w a h d sp

วาน w a h n sp

วาระ w a h r a sp

วิกฤต w i g i d sp

วิลเลียม w i n l i h y a m sp

เวียดนาม w i h y a d n a h m sp

ศพ s o b sp

ศิริรัตนมานะวงศ์ s i r i r a d m a h n a w o n g sp

สงคราม s o n g k h r a h m sp

สจล s o r h j o r h l o r h sp

สต็อก s a d t o r g sp

สตางค์ s a d t a h n g sp

สนาม s a n a h m sp

สบาย s a b a h y sp

สภาพณ์ s a p a h p a d sp

สมเกียรติ s o m g i y a d sp

สมัคร s a m a g sp

สมัย s a m a y sp

สมาคม s a m a h k h o m sp

สม่ำเสมอ s a m a m s a m e r h sp

สร้าง s a h n g sp

สวน s u h w a n sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศหรัฐ s a h a r a d sp
 สอด s o r h d sp
 สะดวก s a d u h w a g sp
 สะท้อน s a t h o r h n sp
 สะอาด s a a h d sp
 สันนิษฐาน s a n y a h n sp
 สัปดาห์ s a b d a h sp
 ตำรวจ s a m r u h w a d sp
 สี s i sp
 ตั้ง s i n g sp
 สึก s v g sp
 สุด s u d sp
 สุขชัย s u p h a c h a y sp
 สุรเกียรติ์ s u r a k i y a d sp
 สูญหาย s u h n h a h y sp
 เสถียรไทย s a t h i y a n t h a y sp
 เสียด s i y a h sp
 เสี่ยง s i y a h n g sp
 เสียด s i y a d sp
 โศณกุล s o h n a g u n sp
 ใต้ s a y sp
 ใต้ s a y sp
 หด h o d sp
 หน้อย n o r h y sp
 หนัก n a g sp
 หมั่น m a n sp
 หมาย m a h y sp
 หมุน m u n sp
 หรือ r o r h sp
 หลาย l a h y sp
 หลิง l i n g sp
 ห่วง h u h w a n g sp
 หวน h u h w a n sp
 หวัง w a n g sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หวาน w ah n sp
 หอบ h orh b sp
 หัด h a d sp
 หาก h ah g sp
 ห้าม h ah m sp
 หืด h vh d sp
 เห็น h e n sp
 เหน่ง n eh ng sp
 เหนือ n v ah sp
 เหมาะ m or sp
 เหมือน m v ah n sp
 เกรียง r iy ah n sp
 เหลียน l iy ah n sp
 แหล่ง l xh ng sp
 ไหม้ m a y sp
 อดีต a d ih d sp
 อนาคต a n ah kh o d sp
 อนุสรณ์ a n u s orh n sp
 อเมริกัน a m eh r i g a n sp
 ออย่า y ah sp
 ออกเทน orh g th eh n sp
 อัครราช o a ng kh a r ah d sp
 อด a d sp
 อัตร a d dt r ah sp
 อากาศ ah g ah d sp
 อ่าง ah ng sp
 อ่าน ah n sp
 อานิสต์ ah n i s o ng sp
 อาหาร ah h ah n sp
 อุตสาหกรรม a u d s ah h ah kh a m sp
 อุบัติ a u b p a p oh g sp
 แอร์ xh sp
 โอเปก oh p eh g sp
 ย่องง h orh ng g oh ng sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮิลตัน h i w dt o n sp

ฮานอย h ah n orh y sp

ฮู h uh sp

เฮน h eh n sp

ค kh orh sp

ฌ kh orh sp

ง ng orh sp

งป ng o b sp

งอ ng orh sp

งาน ng ah n sp

งู ng uh sp

ง่าย ng ah y sp

จ j orh sp

จจ j o ng sp

จด j o d sp

จน j o n sp

จราชจ j a r ah j orh n sp

จริง j i ng sp

จอ j orh sp

จะ j a sp

จัด j a d sp

จันทร์ j a n sp

จีวะ j uh w a sp

จาก j ah g sp

จาละ j ah l a sp

จ้า j a m sp

จำนวน j a m n uh w a n sp

จำลอง j a m l orh ng sp

จิต j i d sp

จิตวิทยา j i d dt a w i d th a y ah sp

จิตใจ j i d j a y sp

จี j ih sp

จีจ j v ng sp

จูด j u d sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จูฬ จ u l a h s p
 ฉ ch o r h s p
 ฉับ ch a b a b s p
 ฉั่น ch a n s p
 ฉันทาศิย ch a n t h a h d i s a y s p
 ฉิ่ง ch i n g s p
 ตอน dt o r h n s p
 ตะกร้อ dt a g r o r h s p
 ตะวัน dt a w a n s p
 ตัด dt a d s p
 ตัว dt u h w a s p
 ตัวอย่าง dt u h w a y a h n g s p
 ตั้ง dt a n g s p
 ตา dt a h s p
 ตาม dt a h m s p
 ตาราง dt a h r a h n g s p
 ตำแหน่ง dt a m n x h n g s p
 ตึก dt v g s p
 ตุลา dt u l a h s p
 ตุลาคม dt u l a h k h o m s p
 ต่อ dt o r h s p
 ต่อไป dt o r h p a y s p
 ต่าง dt a h n g s p
 ต่ำ dt a m s p
 ต้น dt o n s p
 ต้อง dt o r h n g s p
 ถิ th o r h s p
 ถด th o d s p
 ถดถอย th o d t h o r h y s p
 ถอน th o r h n s p
 ถอย th o r h y s p
 ถิ่ง th v n g s p
 ถือ th v h s p
 ถู th u n g s p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ำ th ah sp
 ท th orh sp
 ทด th o d sp
 ทดลอง th o d l orh ng sp
 ทบวง th a b uh w a ng sp
 บริการ b orh r i g ah n sp
 บริดจ์ b r i d sp
 บริหาร b orh r i h ah n sp
 บวบ b uh w a b sp
 บอ b orh sp
 บอก b orh g sp
 บัง b a ng sp
 บังคับ b a ng kh a b sp
 บัญชี b a n ch ih sp
 บุญญิติ b a n y a d sp
 บันฑิต b a n d i d sp
 บัตร b a d sp
 บาง b ah ng sp
 บาท b ah d sp
 บาทเจ็บ b a d j c b sp
 บาทเกตบอล b ah d g e d b orh n sp
 บิน b i n sp
 บี b ih sp
 บุคคล b u g kh o n sp
 บุคลากร b u g kh a l ah g orh n sp
 บุคลิกภาพ b u g kh a l i g g a p ah b sp
 บุญ b u n sp
 บุญธีร์ b u n th ih sp
 บุษปธีรัง b u d s a p a th a m r o ng sp
 บ่าย b ah y sp
 บ้าง b ah ng sp
 ป p orh sp
 ปกครอง p o g kh r orh ng sp
 ปกติ p a g a dt i sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิภัก p a dt a g sp
 ปฏิบัติ p a dt i b a d sp
 ปฏิบัติการ p a dt i b a d g ah n sp
 ปฐมพร p a th a m ah p orh n sp
 ปรกติ p r o g g a dt i sp
 พฤษจิกายน ph r v d s a j i g ah y o n sp
 พฤษภา ph r v d s a ph ah sp
 พฤษภาคม ph r v d s a ph ah kh o m sp
 พฤษหัส ph a r v h a d sp
 พฤษหัสบดี ph a r v h a d s a b orh d ih sp
 พลาด ph l ah d sp
 พลานามัย ph a l ah n ah m a y sp
 พศ ph orh s orh sp
 พอ ph orh sp
 พัก ph a g sp
 พักแรม ph a g r xh m sp
 พำรค์ ph a d ch a r a d sp
 พัฒนา ph a d th a n ah sp
 พัน ph a n sp
 พันธุ์ ph a n sp
 พัวมีชัย ph uh w a m ih ch a y sp
 พวน ph ah n sp
 พวนิช ph ah n i d sp
 พาหนะ ph ah h a n a sp
 พิการ ph i g ah n sp
 พินเนียม ph i n n ih y a m sp
 พิธิษฐ์ ph i s i d sp
 พิสุจน์ ph i s uh d sp
 พิเศษ ph i s eh d sp
 พี ph ih sp
 พีชคณิต ph ih ch a kh a n i d sp
 พีชวณิชย์ ph ih ch a w a n i d sp
 ฝั้น ph vh n sp
 ฝั้นฐาน ph vh n th ah n sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุทธศักราช ph u d t h a s a g g a r a h d s p

พุท ph u d s p

พุด ph u h d s p

ฟ f o r h s p

ฟัง f a n g s p

ฟังก์ชัน f a n g c h a n s p

รอบ r o r h b s p

รอบตัว r o r h b d t u h w a s p

ระฆัง r a k h a n g s p

ระดับ r a d a b s p

ระบอบ r a b o b s p

ระยะ r a y a s p

ระหว่าง r a w a h n g s p

ระเบียบ r a b i h y a b s p

รักบี้ r a g b i h s p

รักบี้ฟุตบอล r a g b i h f u d b o r n s p

รักษา r a g s a h s p

รังสิต r a n g s i d s p

รัชฎา r a d c h a d a h s p

รัชตะ r a d c h a d t a s p

รัฐมนตรี r a d t h a m o n d t r i h s p

รัฐศาสตร์ r a d t h a s a h d s p

รัตนา r a d t a n a h s p

รัตน์ r a d s p

รับ r a b s p

ราก r a h g s p

ราชวงศ์ r a h d c h a w o n g s p

ราย r a h y s p

รายงาน r a h y n g a h n s p

รี r v s p

รุกฆาต r u g k h a h d s p

รูป r u h b s p

รู้ r u h s p

ร่วม r u h w a m s p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ำงกาย r a n g g a h y s p
 ร้อย r o r h y s p
 ฤกษ์ r e r h g s p
 ฤดูรอน r v d u h r o r h n s p
 ฤษี r v s i h s p
 ล l o r h s p
 ลง l o n g s p
 ลลิตา l a l i d t a h s p
 ลหุ l a h u s p
 ลอง l o r h n g s p
 ศิลปอาษา s i n l a p a a h c h a h s p
 ศิลปะ s i n l a p a s p
 ศิลป์ s i n s p
 ศึกษา s v g s a h s p
 ศึกษาธิการ s v g s a h t h i g a h n s p
 สุกร์ s u g s p
 ศูนย์ s u h n s p
 ษ s o r h s p
 ศ s o r h s p
 สกุต s a g u n s p
 สค s o r h k h o r h s p
 สงเคราะห์ s o n g k h r o r s p
 สถาน s a t h a h n s p
 สถานภาพ s a t h a h n a p h a h b s p
 สถาบัน s a t h a h b a n s p
 สถิติ s a t h i d t i s p
 สน s o n s p
 สนับสนุน s a n a b s a n u n s p
 สภาพ s a p h a h b s p
 สม s o m s p
 สมการ s a m a g a h n s p
 สมคิด s o m k h i d s p
 สมชาย s o m c h a h y s p
 สมบัติ s o m b a d s p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบูรณ์ s o m b u h n s p
 สมภักดี s o m p h a g d i h s p
 สมลักษณ์ s o m l a g s p
 สมุด s a m u d s p
 สรร s a n s p
 สรรค์ s a n s p
 สร้าง s a h n g s p
 สวรรค์ s a w a n s p
 สวัสดิวัฒน์ s a w a d d i w a d s p
 สวัสดิ์ s a w a d s p
 สวัสดิ์ s a w a d d i h s p
 สวามิภักดิ์ s a w a h m i p h a g s p
 ศษ s o r h s o r h s p
 สห s a h a s p
 หนุน n u n s p
 หนู n u h s p
 หน่วย n u h w a y s p
 หน่วยกิต n u h w a y g i d s p
 หน้า n a h s p
 หมด m o d s p
 หมวด m u h w a d s p
 หมาย m a h y s p
 หมิ่น m v h n s p
 หม่อม m o r m s p
 หรือ r v h s p
 หลัก l a g s p
 หลักสูตร l a g s u h d s p
 หลิ่ง l a n g s p
 หลาก l a h g s p
 หลาย l a h y s p
 หวัดดี w a d d i h s p
 หอ h o r h s p
 หอประสาทศุข h o r h p r a s a h d s u g s p
 หิว h u h w a s p



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวคำ h u h w a kh a m sp

หา h ah sp

หาก h ah g sp

หีบ h ih b sp

หุ่่น h u n sp

หู h uh sp

ห้อง h orh ng sp

ห้องสมุด h or ng s a m u d sp

ห้ำ h ah sp

ฬ l orh sp

อ orh sp

องค์ o ng sp

อดุลย์ a d u n sp

อดิโพธิ์ a dt i ph oh sp

อิการบดี a th i g ah n b orh d ih sp

อนุ a n u sp

อนุพันธ์ a n u ph a n sp

อนุมัติ a n u m a d sp

เงื่อน ng v h a n sp

เงื่อนไข ng v h a n kh a y sp

เจ j eh sp

เจริญ j a r erh n sp

เจริญชัย j a r er n ch a y sp

เจียรนัย j ih y a r a n a y sp

เจียะ j ih y a sp

เจ็ด j e d sp

เจ็บ j e b sp

เฉพาะ ch a ph or sp

เฉลย ch a l erh y sp

เฉลี่ย ch a l ih y a sp

เชิง ch er ng sp

เชียว ch ih y a w sp

เชียวชาญ ch ih y a w ch ah n sp

เช่น ch e n sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้า ch a w sp

เซต s e d sp

เฉอ ch erh sp

เฉร n eh n sp

เดาะ d or sp

เดี้ยว d ih y a w sp

เดื่อน d vh a n sp

เด็ก d e g sp

เด็กหญิง d e g y i ng sp

เต็ม dt e m sp

เต้า dt a w sp

เต๊ะ dt e sp

เทคนิค th e g n i g sp

เทคโนโลยี th e g n oh l oh y ih sp

เทนนิส th e n n i d sp

เทอม th erh m sp

เทอะ th er sp

เทียบ th ih y a b sp

เที่ยง th ih y a ng sp

เที่ยงคืน th ih y a ng kh vh n sp

เที่ยงวัน th ih y a ng w a n sp

เอช e ch sp

เอทรานซ์ e n th r ah n sp

เอฟ eh f sp

เอว eh w sp

เอส eh s sp

เออ erh sp

เออะ er sp

เอะ e sp

เอา a w sp

เอาะ or sp

เอียบ ih y a sp

เอียะ i y a sp

เอือ vh a sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอือะ v a sp
 เอือมพันธุ์ erh m ph a n sp
 เอ็ด e d sp
 เอ็น e n sp
 เอ็ม e m sp
 เอ็ก e g s sp
 แ xh sp
 แก้วง g w x ng sp
 แก่ g xh sp
 แก้ว g xh sp
 แก้ว g xh w sp
 แข่งขัน kh x ng kh a n sp
 แคลคูล์ kh xh l kh uh l a s sp
 แจ็ง j xh ng sp
 แซด s x d sp
 เต้ dt xh sp
 เทน th xh n sp
 เท้ th xh sp
 แนว n xh w sp
 เนะ n x sp
 เน่งน้อย n x ng n orh y sp
 เบดมินตัน b x d m i n dt a n sp
 แบบ b xh b sp
 แบ่ง b xh ng sp
 แปด p xh d sp
 แม่ m xh sp
 กายภาพ g ah y y a ph ah b sp
 การ g ah n sp
 การบิน g ah n b i n sp
 การศึกษา g ah n s v g s ah sp
 กำลิ่ง g a m l a ng sp
 กำหนด g a m n o d sp
 กิจ g i d sp
 กิจกรรม g i d j a g a m sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิต g i d sp

กิตติ g i d dt i sp

กิม g i m sp

กีฬา g ih l ah sp

กิ g ih sp

กุมภา g u m ph sp

กุมภาพันธุ์ g u m ph ah ph a n sp

กิ g orh sp

ก่อน g orh n sp

ข kh orh sp

ขวด kh uh w a d sp

ขอ kh orh sp

ของ kh orh ng sp

ขอบ kh orh b sp

ขอบคุณ kh orh b kh u n sp

ขัด kh a d sp

ขันทอง kh a n th orh ng sp

ขันจี kh a b kh ih sp

ขัน kh a n sp

ขันตอน kh a n dt orh n sp

ขา kh ah sp

ขัน kh v n sp

ซื้อ kh orh sp

ซื้อ kh orh ng sp

ซื้อมูล kh orh m uh n sp

ข้าง kh ah ng sp

ข kh orh sp

ค kh orh sp

คง kh o ng sp

คงกะจันทร์ kh o ng kh a j a n sp

ช ch orh sp

ชคตระการ ch a kh a dt r a g ah n sp

ชญา ch a d ah sp

ชม ch o m sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชดยีน ch o n l a y v h n sp

ชอ ch orh sp

ชัย ch a y sp

ชัยสูตร ch a y y a s u h d sp

ชัว ch u h w a sp

ชัน ch a n sp

ชา ch ah sp

ชาญ ch ah n sp

ชาติ ch ah d sp

ชิน ch i n sp

ชีพ ch ih b sp

ชีวภาพ ch ih w a ph ah b sp

ชีววิทยา ch ih w a w i d th a y ah sp

ชีวิต ch ih w i d sp

ช้อ ch v h sp

ช้อสกุล ch v h s a g u n

ชุมชน ch u m ch o n sp

ชู ch u h sp

ช่วง ch u h w a ng sp

ช่วย ch u h w a y sp

ช่วยชู ch u h w a ch u h sp

ช้าง ch ah ng sp

ช s orh sp

ชอฟต์บอล s orh b b or n sp

ชอฟต์แวร์ s orh b w xh sp

ชี s ih sp

ชิ่ง s v ng sp

ช้อน s orh n sp

ช้อม s orh m sp

ช้ำ s a m sp

ฌ ch orh sp

ญ y orh sp

ทรัพย์สมบูรณ์ s a b s o m b u h n sp

ทราบ s ah b sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎี th i d s a d ih sp
 ทหาร th a h ah n sp
 ทอ th orh orh sp
 ทอง th orh ng sp
 ทะเบียน th a b ih y a n sp
 ทักษะ th a g s a sp
 ทัน th a n sp
 ทันที th a n th ih sp
 ที่ชนะ th a d s a n a sp
 ทัว th uh w a sp
 ทัวไป th uh w a p a y sp
 ทิ้ง th a ng sp
 ทิ้งสิ้น th a ng s i n sp
 ทั้งหมด th a ng m o d sp
 ทาง th ah ng sp
 ทำ th a m sp
 ทำงาน th a m ng ah n sp
 ที่ th ih sp
 ที่ th ih sp
 ทูท th u g sp
 ทุ่ม th u m sp
 ทำ th ah sp
 ท้าย th ah y sp
 ฑ th orh sp
 ฑค th orh kh orh sp
 ฑง th o ng sp
 ฑนาคาร th a n ah kh ah n sp
 ฑรวม th a m sp
 ฑรวมกร th a m m a g orh n sp
 ฑรวมชาติ th a m m a ch ah d sp
 ฑรวมศาสตร์ th a m m a s ah d sp
 ฑประสพ th a p r a s o b sp
 ฑัชชยา th a d ch a y a sp
 ฑินวา th a n w ah sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธันวาคม th a n w a h k h o m s p

ทูลกระหม่อม th u r a g i d s p

ประกอบ p r a g o r h b s p

ประกัน p r a g a n s p

ประจำ p r a j a m s p

ประจำตัว p r a j a m d t u h w a s p

ประชา p r a c h a h s p

ประชากร p r a c h a h g o r h n

ประดิษฐ์ p r a d i d s p

ประธาน p r a t h a h n s p

ประภัสสร p r a p a d s o r h n s p

ประมวณ p r a m u h w a n s p

ประมวณผล p r a m u h w a n p h o n s p

ประมาณ p r a m a h n s p

ประมุข p r a m u h n s p

ประยุกต์ p r a y u g s p

ประสงคฺ์ p r a s o n g s p

ประสพการณ์ p r a s o b g a h n s p

ประสาท p r a s a h d s p

ประธาน p r a s a h n s p

ประเทศ p r a t h e h d s p

ประโยชน์ p r a y o h d s p

ปรัชญา p r a d y a h s p

ปรับ p r a b s p

ปริญญา p a r i n y a h s p

ปริทรรศน์ p a r i t h a d s p

ปริมาณ p a r i m a h n s p

ปรีชา p r i h c h a h s p

ปรีดี p r i h d i h s p

ปรง p r u n g s p

ปลา p l a h s p

ปลาย p l a h y s p

ปลูก p l u g s p

ปอ p o r h s p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจฉัย p a d j a y sp

ปัญจะ p a n j a sp

ปัญญา p a n y a sp

ปัญหา p a n h a h sp

ปัญโญภาส p a n y o p h a d sp

พิน f a n sp

ฟิสิกส์ f i s i g sp

พิน f v h n sp

ฟุตบอล f u d b o r n sp

ฟูก f u h g sp

ภ ph o r sp

ภววงษ์ศักดิ์ p h a w a w o n g s a g sp

ภักดี p h a g d i h sp

ภันท์ p h a n sp

ภัย p h a y sp

ภาค p h a h g sp

ภาพ p h a h b sp

ภาพยนตร์ p a h b p h a y o n sp

ภาวดี p h a h w a d i h sp

ภาวะ p h a h w a sp

ภาษา p h a h s a h sp

ภิญโญ p h i n y o h sp

ม m o r h sp

มกรา m o g g a r a h sp

มกราคม m o g g a r a h k h o m sp

มค m o r h k h o r h sp

มณฑา m o n t h a h sp

มณฑา m o n t h o h sp

มติ m a d t i sp

มธ m o r h t h o r h sp

มนวรรรัตน์ m o n w o r h r a r a d

มนุษยศาสตร์ m a n u d s a y a s a h d sp

มนุษย์ m a n u d sp

มรณะ m o r h r a n a sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวยสากล m u h w a y s a h g o n s p
 มวยไทย m u h w a y t h a y s p
 มวลชน m u h w a n c h o n s p
 มหา m a h a h s p
 มหาวิทยาลัย m a h a h w i d t h a y a h l a y s p
 มอ m o r h s p
 มะเร็ง m a r e r n g s p
 มา m a h s p
 ละ l a s p
 ละเอียด l a i h y a d s p
 ลัดดาวัลย์ l a d d a h w a n s p
 ลำ l a m s p
 ลำดับ l a m d a b s p
 ลิง l i n g s p
 ลีลา l i h l a h s p
 ลีลาศ l i h l a h d s p
 ลำวิลัย l a m w i l a y s p
 ล้อม l o m s p
 ลั่น l a h n s p
 ว w o r h s p
 วง w o n g s p
 วนิดา w a n i d a h s p
 วรรณ w a n s p
 วรรณคดี w a n n a k h a d i h s p
 วรรณภา w a n n a h s p
 วรรณภา w a d t h a n a h p h a h s p
 วรรณรณ w o r h r a w a n s p
 วส w o r h s o r h s p
 วอ w o r h s p
 วอลเลย์บอล w o r n l e h b o r n s p
 วอลเลย์บอล w o r n l e h b o r n s p
 วัฒนธรรม w a d t h a n a t h a m s p
 วัด w a d s p
 วัตถุ w a d t h u s p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน w a n sp
 วันที่ w a n t h i h sp
 วันนี้ w a n n i h sp
 วาง w a h n g sp
 วาย w a h y sp
 วารสาร w a h r a s a h n sp
 วาสูเทพ w a s u t h e h b sp
 วิจัย w i j a y sp
 วิจารณ์ w i j a h r a n a y a h n sp
 วิชา w i c h a h sp
 วิทยา w i d t h a y a h sp
 วิทยาการ w i d t h a y a h g a h n sp
 สอ s o r h sp
 สอง s o r h n g sp
 สอน s o r h n sp
 สอบ s o r h b sp
 สะสม s a s o m sp
 สังกัด s a n g g a d sp
 สังกม s a n g k h o m sp
 สังกมศาสตร์ s a n g k h o m m a s a h d sp
 สับ s a b sp
 สับสน s a b s o n sp
 สัมมนา s a m m a n a h sp
 สัมพันธ์ s a m p h a n sp
 สัมมนา s a m m a n a h sp
 ตั้ง s a n g sp
 ตั้ง s a n sp
 สาขา s a h k h a h sp
 สาธารณคดี s a h t h a h r a n a m a d t i sp
 สาม s a h m sp
 สามัญ s a h m a n sp
 สามารถ s a h m a h d sp
 สาย s a h y sp
 สายชด s a h y c h o n sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายทอง s ah y th orh ng sp

สารสนเทศ s a r a s o n th eh d sp

สาว s ah w sp

สาโรช s ah r oh d sp

สำคัญ s a m kh a n sp

สำนัก s a m n a g sp

สำนักงาน s a m n a h ng ah n sp

สำรวจ s a m r uh w a d sp

สำหรับ s a m r a b sp

สำเภา s a m ph a w sp

สำเร็จ s a m r e d sp

สำเร็จรูป s a m r e d r uh b sp

สิงหา s i ng h ah sp

สิงหาคม s i ng h ah kh o m sp

สิทธิ s i d th i sp

สิทธิเกิด s i d th i g o n sp

อบ o b sp

อบรม o b r o m sp

อมร a m orh n sp

อยาก y ah g sp

อยู่ y uh sp

อย่าง y ah ng sp

อรธนา a d j a n ah sp

อรรถน์ orh r a r a d sp

อรอนงค์ orh n a n o ng sp

ออ orh sp

ออก orh g sp

ออปติไมเซชัน or b dt i m a y s eh ch a n sp

อะ a sp

อะไร a r a y sp

อักษร a g s orh n sp

อังกฤษ a ng g r i d sp

อังคาร a ng kh ah n sp

อัญชลี a n ch a l i h sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัน a n sp
 อัมพร a m ph orh n sp
 อิว uh w a sp
 อิวะ u w a sp
 อา ah sp
 อาคาร ah kh ah n sp
 อาจ ah d sp
 อาจารย์ ah j ah n sp
 อาษา ah ch ah sp
 อาชีพ ah ch ih b sp
 อาทิตย์ ah th i d sp
 อารยธรรม ah r a y a th a m sp
 อารยะ ah r a y a sp
 อารยา ah r a y ah sp
 อาศัย ah s a y sp
 อาศภวิริยะ ah s a ph a w i r i y a sp
 อำ a m sp
 อี i sp
 อิจฉา i d ch ah sp
 อินทวิชะ i n th a r a w i ch a sp
 เทเบิลเทนนิส th eh b er n th e n n i d sp
 เท้า th a w sp
 เท้ากับ th a w g a b sp
 เนิน n erh n sp
 เนือง n vh a ng sp
 เน้น n eh n sp
 เบิก b er g sp
 เบื้อง b vh a ng sp
 เบื้องต้น b vh a ng dt o n sp
 เบ็ด b e d sp
 เบ็ดเตล็ด b e d dt a l e d sp
 เบ็ดเสร็จ b e d s e d sp
 เปล่า p l ah w sp
 เปรอร์เซ็นต์ไทล์ p erh s e n th ah y sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิด p er d sp
 เป็น p e n sp
 เคย ph erh y sp
 เผลอ ph l erh sp
 เคย ph erh sp
 เพราะ ph r or sp
 เพลี้ยะ ph l ih y a sp
 เพิ่ม ph er m sp
 เพื่อ ph erh sp
 เพ็ญศรี p e n s r ih sp
 เมตตา m eh d dt ah sp
 เมย m eh y orh sp
 เมษา m eh s ah sp
 เมษายน m eh s ah y o n sp
 เมื่อ m erh sp
 เขือก y vh a g sp
 เย็น y e n sp
 เย็บ y e b sp
 เรขา r eh kh ah sp
 เรอ r erh sp
 เริ่ม r erh m sp
 เรียน r ih y a n sp
 เรียบ r ih y a b sp
 แปร p r xh sp
 แปล p l xh sp
 แปลง p l xh ng sp
 แพน ph xh n sp
 เพิ่ม f xh m sp
 แรก r xh g sp
 แรม r xh m sp
 และ l x sp
 แลัว l xh w sp
 แวดล้อม w xh d l orh m sp
 แสง s xh ng sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดง s a d xh ng sp
 แสน s xh n sp
 แหวน w xh n sp
 แอ xh sp
 แอลิ xh l sp
 แอสเซ็มบลี xh d s e m b l i h sp
 แอะ x sp
 แอ็ค xh d sp
 โ oh sp
 โครง kh r oh ng sp
 โครงสร้าง kh r o ng s ah ng sp
 โฆษณา kh o d s a n ah sp
 โชค ch oh g sp
 โช้ s oh sp
 โดย d oh y sp
 โท th oh sp
 โทรทัศน์ th oh r a th a d sp
 โทโพลี th oh ph oh l oh y ih sp
 โบ b oh sp
 โปรด p r oh d sp
 โปรแกรม p r oh g r xh m sp
 โพรรั้ง ph oh r a ng sp
 โพรเจกทีฟ ph r oh j e g th ih b sp
 โมง m oh ng sp
 โมนัย m oh n a y sp
 ไรง r oh ng sp
 ไรงเรียน r oh ng r ih y a n sp
 คณะ kh a n a sp
 คณิต kh a n i d sp
 คณิตศาสตร์ kh a n i d s ah d sp
 คน kh o n sp
 คพ kh orh ph orh sp
 ครอบ kh r o b sp
 ครึ่ง kh r a ng sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คริ่ง kh r v ng sp
 ครั้น kh r vh n sp
 ครู kh r uh sp
 ควบ kh uh w a b sp
 ควบคุม kh uh w a b kh u m sp
 ควร kh uh w a n sp
 ความ kh w ah m sp
 ความรู้ kh w ah m r uh sp
 ควาย kh w ah y sp
 คอ kh orh sp
 คอมพิวเตอร์ kh orh m ph i w dt erh sp
 คะ kh a sp
 คะเนน kh a n xh n sp
 คัด kh a d sp
 คับ kh a b sp
 คาค kh ah d sp
 คำนวน kh a m n uh w a n sp
 คิด kh i d sp
 คิว kh i w sp
 ค็ือ kh vh sp
 คุณ kh u n sp
 คุณธรรม kh u n n a th a m sp
 คุณประโยชน์ kh u n n a p r a y oh d sp
 คุณภาพ kh u n n a ph ah b sp
 คุม kh u m sp
 คะ kh a sp
 คำ kh ah ng sp
 ค่าย kh ah y sp
 คำ kh a m sp
 ฎ d orh sp
 ฎ dt or sp
 ฐ th orh sp
 ฐาน th ah n sp
 ฑ th orh sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฒ th orh sp

ณ n orh sp

ณรงค์ n a r o ng sp

ด d orh sp

ดญ d orh y orh sp

ดนตรี d o n dt r ih sp

ดรีอบ d r or b sp

ดวงแก้ว d uh w a ng g xh w sp

ดอ d orh sp

ดั่ง d a ng sp

ดั่งนี้ d a ng n ih sp

ดับ d a b sp

ดำ d a m sp

ดำเนิน d a m n erh n sp

ดินัน d i ch a n sp

ดี d ih sp

ดีก d v g sp

ดู d uh sp

ด้วย d uh w a y sp

ด้าน d ah n sp

ดีอกเตอร์ d or g dt erh sp

ต dt or sp

ตก dt o g sp

ตล dt o kh orh sp

ตน dt o n sp

ตรรกวิทยา dt a g g a w i d th a y ah sp

ตระหนัก dt r a n a g sp

ตรี dt r ih sp

ตลาด dt a l ah d sp

ตอ dt orh sp

ทูป th uh b sp

น n orh sp

นกสูก n o g h uh g sp

นงเยาว์ n o ng y a w sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นนท n o n sp
 นรนิติ n orh r a n i d sp
 นริศ n a r i d sp
 นฤมล n a r v m o n sp
 นลินี n a l i n i h sp
 นวล n u h w a n sp
 นส n orh s orh sp
 นอ n orh sp
 นอก n orh g sp
 นะ n a sp
 นัก n a g sp
 นักศึกษา n a g s v g s a h sp
 นั้บ n a b sp
 นั้น n a n sp
 นา n a h sp
 นาง n a h n g sp
 นางสาว n a h n g s a h w
 นาที n a h t h i h sp
 นาม n a h m sp
 นามธรรม n a h m m a t h a m sp
 นามสกุล n a h m s a g u n
 นาฬิกา n a h l i g a h sp
 นำ n a m sp
 นิด n i d sp
 นิล n i n sp
 นิตพานิช n i n p h a h n i d sp
 นิวเมอริกัล n i w m e r h i g a l sp
 นั้ ih sp
 นำ n a h sp
 นั้อม n o m sp
 นั้อย n orh y sp
 บ b orh sp
 บท b o d sp
 บรรยาย b a n y a h y sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปาน p ah n sp

ปี p ih sp

ปีบ p ih b sp

ป้อง p or ng sp

ป้องกัน p or ng g a n sp

ป่วย p uh w a sp

ผ ph or sp

ผล ph o n sp

ผลงาน ph o n ng ah n sp

ผลิต ph a l i d sp

ผิ ด ph i d sp

ผิง ph v ng sp

ผู้ ph uh sp

ผู้เฒ่า ph uh th a w sp

ผ่อง ph or ng

ผ่าน ph ah n sp

ฝ f orh sp

ฝ่า f ah sp

ฝาก f ah g sp

ฝัก f v g sp

พ ph orh sp

พค ph orh kh orh sp

พงศ์ ph o ng sp

พงษ์ ph o ng sp

พจนันท์ p o d j a n a n sp

พจนา ph o d j a n ah sp

พนมยงค์ ph a n o m y o ng sp

พบ ph o b sp

พย ph orh y orh sp

พยากรณ์ ph a y ah g orh n sp

พรณ ph a n sp

พรหมบุญ ph r o m b u n sp

พระ ph r a sp

พร้อม ph r orh m sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤติกรรม ph r v d dt i g a m sp
 พฤทธิ p r v d th i sp
 พฤตจิกา ph r v d s a j i g ah sp
 มาก m ah g sp
 มาตรฐาน m ah d dt r a th ah n sp
 มานุษยวิทยา m a n u d s a y a w i d th a y ah sp
 มิถุณา m i th u n ah
 มิถุนายน m i th u n ah y o n sp
 มีย m i y orh sp
 มี m ih sp
 มีค m ih kh orh sp
 มีนา m i n ah sp
 มีนาคม m ih n ah kh o m sp
 มีมะโน m ih m a n oh sp
 มีอ m vh sp
 มุ่ง m u ng sp
 มุ่งหมาย m u ng m ah y sp
 มูล m uh n sp
 ม้า m ah sp
 ย y orh sp
 ยก y o g sp
 ยกเว้น y o g w e n sp
 ยวดยาน y uh w a d y ah n sp
 ยอ y orh sp
 ยักษ์ y a g sp
 ยิง y a ng sp
 ยี่วะ y uh w a sp
 ยาก y ah g sp
 ยาว y ah w sp
 ยี่ y ih sp
 ยูฟา y u ph ah sp
 ยูฟิน y u ph i n sp
 ยู y uh sp
 ยูโด y uh d oh sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อย y orh y sp
 ร r orh sp
 รม r o m sp
 รวม r uh w a m sp
 รหัส r a h a d sp
 รอง r orh ng sp
 วิทยาลัย w i d th a y ah l a y sp
 วิทยาศาสตร์ w i d th a y ah s ah d sp
 วิทยุ w i d th a y u sp
 วิทยุ w i d sp
 วิถี w i th ih sp
 วิริยะพานิช w i r i y a ph ah n i d sp
 วิชาศ w i l ah d sp
 วิวัฒน์ w i w a d sp
 วิศวกรรม w i s a w a g a m sp
 วิศวกรรมศาสตร์ w i s a w a g a m m a s ah d sp
 วิกิราษ w i kh r or sp
 วิชษฐ์ w i ch ch d sp
 วิล w i l a y sp
 วิ w ih sp
 วินัส w ih n a d sp
 วุฒิ w u d th sp
 วุฒิบัตร w u d th i b a d sp
 วุบ w uh b sp
 ววงศ์ w uh w o ng sp
 ว่า w ah sp
 ว่ายน้า w a y n a m sp
 ศ s orh sp
 ศรี s ih sp
 ศรีนครินทร์วิโรฒ s r ih n a kh a r i n th a r a w i r oh d sp
 ศรีมาลี s ih m ah l ih sp
 ศันสนะพิทยากร s a n s a n a ph i d th a y ah g orh n sp
 ศาลา s ah l ah sp
 ศาสตราจารย์ s ah d dt r ah j ah n sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศาสตร์ s ah d sp

ศาสนา s ah d s a n ah sp

ศิริ s ir i sp

ศิริรัตน์ s ir i ra d sp

สิทธิ์ s i d sp

สิน s i n sp

สินธุ s i n th u sp

สิบ s i b sp

ศิริ s ir i sp

ศิริกันยา s ir i ga ny ah sp

สิน s i n sp

สี s i h sp

สี s i h sp

สื่อสาร s v h s ah n sp

สุกรี s u g r i h sp

สุข s u g sp

สุขภาพ s u g kh a ph ah b sp

สุจิตรา s u j i d tr ah sp

สุด s u d sp

สุดท้าย s u d th ah y sp

สุตะไล s u dt a l a y sp

สุปิ่น s u p i h n a n sp

สุภา s u ph ah sp

สุมณฑา s u m o n th ah sp

สุมาลี s u m ah l i h sp

สุ่ม s u m sp

สูง s u h ng sp

สุทร s u h d sp

คู่ s u h sp

สโตแคสติก s a dt oh kh xh s dt i g sp

ตัง s o ng sp

ตังเสริม s o ng s erh m sp

ส่วน s u h w a n sp

ห ห orh sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หก h o g sp

หงส์ h o ng sp

หยอย ng orh y sp

หงาย ng ah y sp

หญิง y i ng sp

หญิง y i ng sp

หนึ่ง n v ng sp

อินทิกรัล in thi g r a l sp

อิสระ i s a r a sp

อิ ih sp

อีก ih g sp

อิ v sp

อิงภากร v ng ph ah g orh n sp

อิ vh sp

อิน vh n sp

อิอิ vh sp

อุ u sp

อุทัย u th a y sp

อุ uh sp

อ่อน orh n sp

อ่าง ah ng sp

อ่าน ah n sp

ฮ h orh sp

ฮั่ว h uh w a sp

เ eh sp

เกณฑ์ g eh n sp

เกมส์ g eh m sp

เกษตร g a s eh d sp

เกษม g a s eh m sp

เกาะ g or sp

เกิด g er d sp

เกิน g er n sp

เกี่ยว g ih y a w sp

เกี่ยวข้อง g ih y a w kh or ng sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวโยง g ih y a w y oh ng sp

เก้า g a w sp

เขียน kh ih y a n sp

เข้า kh a w sp

เข้าใจ kh a w j a y sp

เค kh eh sp

เคมี kh eh m ih sp

เคย kh erh y sp

เครือ kh r vh a sp

เครื่อง kh r vh a ng sp

เงิน ng er n sp

เงียบ ng ih y a b sp

เรือ r vh a sp

เรื่อง r vh a ng sp

เรไร r eh r a y sp

เร็ว r e w sp

เลข l eh g sp

เลขทะเบียน l eh g th a b ih y a n sp

เลอะ l er sp

เลืศ l erh d sp

เลือก l vh a g sp

เลืก l e g sp

เลืบ l e b sp

เล่น l e n sp

เล่นกีฬา l e n g ih l ah sp

เวคเตอร์ w eh g dt erh sp

เวลา w eh l ah sp

เว็น w e n sp

เศรษฐกิจ s eh d th a g i d sp

เศรษฐบุตร s eh d th a b u d sp

เศรษฐศาสตร์ s eh d th a s ah d sp

เศรษฐ s eh d sp

เสนอ s a n erh sp

เสม็ด s a m e d sp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริม s erh m sp
 เสรี s eh r ih sp
 เสร็จ s e d sp
 เสาร์ s a w sp
 เสาวลักษณ์ s a w w a l a g sp
 เสียง s ih y a ng sp
 เสือ s vh a sp
 เส้น s eh n sp
 เหตุ h eh d sp
 เหลือ l vh a sp
 เหล่า l a w sp
 เหว h eh w sp
 เอ eh sp
 เอก eh g sp
 เอง eh ng sp
 โอ oh sp
 โออะ o sp
 ไ a y sp
 ไคร kh r a y sp
 ใจ j a y sp
 ไข่ ch a y sp
 ใจ d a y sp
 ใน n a y sp
 ไบไม้ b a y m ah y sp
 ไหญ่ y a y sp
 ไหม m a y sp
 ไข่ h a y sp
 ไข่ a y sp
 ไกร g r a y sp
 ไกล g a y sp
 ไก่ g a y sp
 ไข kh a y sp
 ไข่ kh a y sp
 ไข่ ng a y sp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใต้ d a y sp
 ไทย th a y sp
 ไป p a y sp
 ไพ p a y sp
 ไพฑูรย์ p a y th uh n sp
 ไพบูลย์ p a y b uh n sp
 ไพรัช p a y r a d sp
 ไพศาล p a y s ah n sp
 ไมโคร m a y kh r oh sp
 ไม m a y sp
 ไร r a y sp
 ไล่ l a y sp
 ไว w a y sp
 ไหน n a y sp
 ไอ a y sp

ไฟล์ที่เป็น Transcription Files

ในขั้นตอนนี้จะเป็นลักษณะของไฟล์ที่ได้ใช้ในการทำ Transcription Files ที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ โดยได้ใช้ในขั้นตอน

Transcription Files ของข้อมูลที่นำมา Train

โดยขั้นตอนนี้เป็นข้อความของเสียงที่นำมา train ชื่อ nword.mlf โดยจะเป็นไฟล์ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

```

#!MLF!#
"/0001.lab"
รัฐมนตรี
ว่า
การ
กลาโหม
มะ
กัน
จ๊ีบ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญวน
แต่
ไม้
ขอ
โทษ

"*/0002.lab"

นาย
วิลเลียม
โค
เฮน
รัฐมนตรี
กลาโหม
สหรัฐ
เดิน
ทาง
จาก
ฮ่องกง
ถึง
กรุง
ซานอ

"*/0003.lab"

เมื่อ
เช้า
สิบ
สาม
มีนาคม
มี
นาย
พาม
วาน
ตระ
รัฐมนตรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลาโหม
 เวียดนาม
 และ
 คณะ
 มา
 ต้อนรับ
 รับ

"*/0004.lab"

มี

กอง

ทหาร

เกียรติยศ

หนึ่ง

ร้อย

คน

ตั้ง

แถว

สวน

สนาม

และ

บรรเลง

เพลง

ชาติ

ของ

ทั้ง

สอง

ชาติ

ต้อนรับ

รับ

อย่าง

สมเกียรติ



"*/0005.lab"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อน
ที่
นาย
พาม
จะ
นำ
นาย
โค
เฮน
ไป
เรือน
รับ
รอง
อา
คัน
ตุ
กะ
เพื่อ
เจรจา
กัน
ขบวน
รถ
ของ
โค
เฮน
ได้
ผ่าน
เขต
มายสัน
เซนทรัล

"*/0006.lab"

ที่
ตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ของ
 ก่าย
 ฮานอย
 ฮิตัน
 อัน
 อื้อ
 ฉาว
 ชิ่ง
 เคย
 ไซ้
 เป็น
 ที่
 คุม
 ชัง
 เหล่า
 นัก
 บิน
 อเมริกัน
 ที่
 ถูก
 จับ
 ใต้
 สมัย
 สงคราม
 เวียดนาม

."*/0007.lab"

รวม
 ทั้ง
 นาย
 ดักลาส
 ฟิท
 ปีเตอร์สัน
 เอก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัครราช
 ทูต
 สหรัญ
 ประจํา
 เวียดนาม
 คน
 ปัจจุบัน
 ซึ่ง
 ถูก
 ชง
 อยู่
 ที่
 นั้น
 ถึง
 หก
 ปี
 ด้วย
 .
 "*/0008.lab"
 นาย
 ปีเตอร์สัน
 แถลง
 ว่า
 การ
 เจริญ
 รอบ
 แรก
 ของ
 นาย
 โค
 เฮน
 กับ
 ฝ่าย
 เวียดนาม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะดวก
ราบรื่น
อย่าง
ไม่
น่า
เชื่อ

"*/0009.lab"

เต็ม
ไป
ด้วย
มิตรภาพ
ตรง
ไป
ตรง
มา
ครอบ
คลุม
กว้างขวาง
ใน
เรื่อง
ที่
ทั้ง
สอง
ฝ่าย
หวัง
จะ
ร่วม
มือ
กัน
สะท้อน
ให้
เห็น
ความ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมพันธ
ที่
ก้าว
หน้า
อย่าง
มาก

"*/0010.lab"

ซึ่ง
เมื่อ
ถึง
ห้า
ปี
ที่
แล้ว
หรือ
แค่
สอง
ปี
หลัง
ยาก
จะ
วาด
หวัง
ได้
ก่อน
หน้า
นี้
นาย
โค
เฮน
เผย
ว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะ
ไม่
ขอ
โทษ

"*/0011.lab"

เวียคนาม
ใน
อดีต
ที่
ผ่าน
มา
แต่
จะ
มุ่ง
เน้น
อนาคต
ส่วน
นาย
ปีเตอร์สัน
กล่าว
ว่า
เวียคนาม
ก็
คง
ไม่
คาด
หวัง
คำ
ขอ
โทษ

"*/0012.lab"

ทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สอง
 ฝ่าย
 เจริญ
 กัน
 อย่าง
 เบียด
 ผย
 จริง
 ใจ
 เกี่ยว
 กับ
 สงคราม
 แต่
 จะ
 ไม่
 จ่อมจม
 อยู่
 กับ
 มัน
 การ
 เขื่อน
 ของ
 นาย
 โค
 เฮน
 มี
 ชั้น
 หลัง
 ทั้ง
 สอง
 ชาติ
 รือ
 ฟัน
 ความ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมพันธ์

ทาง

การ

ทูต

กัน

เมื่อ

ห้า

ปี

ก่อน

"*/0013.lab"

และ

ตรง

กับ

ช่วง

ที่

เวียดนาม

เตรียม

เฉลิมฉลอง

วาระ

ครบ

รอบ

ยี่

สิบ

ห้า

ปี

ที่

คอมมิวนิสต์

เวียดนาม

เหนือ

เอา

ชนะ

เวียดนาม

ใต้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่
 สหรัฐ
 หนุน
 หล้ง
 ใต้
 อย่าง
 เต็ด
 ขาด

..
 "**/0014.lab"

โดย
 ฝ่าย
 แรก
 ย็ด
 กรุง
 ไชงอ่อน
 ใต้
 เมื่อ
 สาม
 สิบ
 เมษายน
 สอง
 พัน
 ห้า
 ร้อย
 สิบ
 แปด
 ทำ
 ให้
 สหรัฐ
 ต้อง
 ถอน
 ทัพ

ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



มา

.

"*/0015.lab"

สงคราม

ทำ

ให้

ทหาร

อเมริกัน

เสียชีวิต

กว่า

ห้า

หมื่น

แปด

พัน

คน

ชาว

เวียดนาม

ล้ม

ตาย

กว่า

สาม

ล้าน

คน

.

"*/0016.lab"

ปัจจุบัน

ยัง

มี

ทหาร

อเมริกัน

ที่

สูญหาย

ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติ

หน้า

ที่

ใน

สงคราม

เวียดนาม

สอง

พัน

ยี่

สิบ

เก้า

คน

.

"*/0017.lab"

แต่

มี

การ

ค้น

พบ

และ

ระบุ

ศพ

ได้

แล้ว

กว่า

สี่

ร้อย

ราย

ตั้ง

แต่

ทั้ง

สอง

ชาติ

ตั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์
ค้น
หา
ร่วมกัน
เมื่อ
ปี
สอง
พัน
ห้า
ร้อย
สาม
สิบ
เอ็ด

"*/0018.lab"

ไทย

มี

อยู่

แข่ง

ได้ทุกวัน

ชื่อ

เสียง

อ้อ

"*/0019.lab"

นาย

ไช้

ซุง

หลิง

ประธาน

สมาคม

สิทธิ

มนุษยชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน
 ได้หวั่น
 เปิด
 เผย
 เมื่อ
 วัน
 จันทร์
 ว่า
 ยิ่ง
 ใกล้
 วัน
 เลือก
 คั้ง
 ประธานาธิบดี
 ได้หวั่น
 เข้า
 ไป
 เท่า
 ใด
 .
 "/0020.lab"
 ข้าว
 การ
 ซื้อ
 ขาย
 เสีย
 ยิ่ง
 ระบาด
 หนัก
 แม้
 จะ
 เป็น
 เรื่อง
 ผิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฏ
 หมาย
 แต่
 การ
 ชื่อ
 ขาย
 เสีย
 ก็
 เป็น
 เรื่อง
 ผัง
 ลึก
 ใน
 สังคม
 ได้หัว
 มา
 ช้า
 นาน
 .
 "**/0021.lab"
 มี
 การ
 เปลี่ยน
 รูป
 แบบ
 ไป
 บ้าง
 เท่า
 นั้น
 นาย
 หลิง
 เผย
 อ่าง
 คำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พูด
ของ
คน
ขับ
แท็กซี่
ราย
หนึ่ง
ว่า

"*/0022.lab"

แค่
รถยนต์
ของ
คน
ติด
ธง
สนับสนุน
ผู้
สมัคร
ก็
ได้
รับ
เงิน
ทันที
หนึ่ง
พัน
เจ็ด
ร้อย
ดอลลาร์
ได้วัน
ราว
สอง
พัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่ง

ร้อย

บาท

"/0023.lab"

ส่วน

การ

ชื่อ

ขาย

เสียง

ตก

หัว

ละ

ประมาณ

หนึ่ง

พัน

ดอลลาร์

ราว

หนึ่ง

พัน

สอง

ร้อย

บาท

นอก

จาก

นั้น

ผู้

สมัคร

บาง

ราย

มี

เสนอ

เสียง

อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



"*/0024.lab"

และ

จัด

โปรแกรม

การ

ท่องเที่ยว

รวม

ทั้ง

แจก

สิ่ง

ของ

นา

นา

ชนิด

ให้

ผู้

สนับสนุน

ตน

ด้วย

"*/0025.lab"

ขณะ

ที่

มี

การ

พยายาม

ปกปิด

ว่า

พรรค

การ

เมือง

เป็น

ผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนับสนุน

เงิน

ซื้อ

เสียง

เหล่า

นั้น

นาย

โหว

อ

เงิน

"/0026.lab"

ผู้

จัด

การ

รณรงค์

หา

เสียง

เลือก

ตั้ง

ของ

นาย

เงิน

ชุย

เขียน

ผู้

สมัคร

ชิง

ประธานาธิบดี

สังกัด

พรรค

ประชาธิปไตย

ก้าว

หน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค
พ
พ

"*/0027.lab"

กล่าว

หา

นาย

เหลียน

จ้าน

ผู้

สมัคร

จาก

พรรค

กั๋ว

มิน

ตัง

เค

เอ็ม

ที

ว่า

หว่าน

เงิน

ชื่อ

เสียง

เลือก

ตุง

"*/0028.lab"

เพราะ

เอ

ช

ว่า

เสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประชาชน

ไม่

ก็

หมิ่น

เสียด

ก็

สามารถ

ตัด

สิน

ชัย

ชนะ

ได้

ขณะ

ที่

เจสัน

ฮู

ผู้

จัด

การ

ทีม

รณรงค์

หา

เสียด

ของ

พรรค

ก๊ว

มิน

ตั้ง

.

"*/0029.lab"

กล่าว

ว่า

ถูก

พรรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑
 แห่ง
 พยายาม
 ใฝ่
 ร้าย
 ป้าย
 สี่
 การ
 เลือก
 ดั่ง
 ประธานาธิบดี
 ได้หวน
 ครึ่ง
 นี้
 เหลือ
 ผู้
 สมัย
 อยู่
 แก่
 ห้า
 คน
 .
 "*/0030.lab"
 แต่
 ตัว
 เต็ง
 มี
 อยู่
 แก่
 สาม
 คน
 ก็
 นาย
 เหลียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ้าน
จาก
พรรค
กั๊วะ
มิน
ตั้ง
นาย
เงิน
ชุย
เบียน

"*/0031.lab"

จาก
พรรค
ประชาธิปไตย
ก้าว
หน้า
และ
นาย
เจมส์
ซุง
ผู้
สมัคร
อิสระ
วัน
เดียว
กัน
จีน
ยัง
กด
คั้น
ได้ห้วน
ใน
ช่วง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก
ตั้ง
โดย
เรียก
ร้อง
ให้
ได้ห้วน
กำหนด
วัน
เจรจา
เรื่อง
รวม
ชาติ
โดย
เร็ว

และเมื่อเมื่อทำการแปลง Transcription Files ในระดับ Word Level จะได้ไฟล์ในระดับ Phoneme Level ซึ่งจะขอยกตัวอย่างมาบางส่วนเพื่อประกอบความเข้าใจดังนี้

phone0.mlf

จะเป็นไฟล์ที่ได้จากการแปลงไฟล์ระดับ Word Level ตาม Dictionary แต่จะไม่มี sp ขึ้นระหว่างคำที่ไม่มีเพราะการทำคำสั่ง DE ของ HLEd ซึ่งมีลักษณะดังนี้

#!MLF!#

"*/0001.lab"

sil

r

a

d

th

a

m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

o
n
dt
r
ih
w
ah
g
ah
n
...

phone1.mlf

จะเป็น ไฟล์ที่มี sp ชั้นระหว่างคำเหมือนตาม Dictionary เป็นการแปลงไฟล์ใช้คำสั่ง HLEd แต่ไม่
ใช้คำสั่ง DE ใน HLEd ทำ Transcription Files ใหม่หลังจากสร้าง sp แล้วเพื่อนำมาใช้ ผลที่ได้จะเป็นดังนี้

#!MLF!#

"*/0001.lab"

sil
r
a
d
th
a
m
o
n
dt
r
ih
sp
w
ah

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sp
g
ah
n
sp
...

wintri.mlf

จะเป็น Triphones ที่ได้จากการแปลง phone1.mlf โดยใช้คำสั่ง HLEd มีลักษณะดังนี้

#!MLF!
"/0001.lab"
sil
r+a
r-a+d
a-d+th
d-th+a
th-a+m
a-m+o
m-o+n
o-n+dt
n-dt+r
dt-r+ih
r-ih
sp
w+ah
w-ah
sp
...

Transcription Files ที่เป็นข้อความที่นำมาใช้ในการ Test

จะเป็นไฟล์ข้อความที่นำมาใช้ในการ Test ซึ่งเป็นข้อความที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 และ 3 จากบทที่ 4

ไฟล์ที่ใช้ในขั้นตอน HResults ซึ่งชื่อไฟล์ว่า from_record.mlf ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

```
#!MLF!#
"/0001.lab"
รัฐมนตรี
ว่า
การ
กลาโหม
มะ
กัน
จับ
ฉนวน
แต่
ไม่
ขอ
โทษ
```

การทดลองที่ 2 และ 4 จากบทที่ 4

ไฟล์ที่ใช้ในขั้นตอน HResults ซึ่งชื่อไฟล์ว่า not_train ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

```
#!MLF!#
"/0008.lab"
นาย
ปีเตอร์สัน
แดง
ว่า
การ
เจรจา
รอบ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรก
ของ
นาย
โค
เฮน
กับ
ฝ่าย
เวียดนาม
สะดวก
ราบรื่น
อย่าง
ไม่
น่า
เชื่อ
:

ไฟล์ที่ได้จากการทำการ Test (recout.mlf)

เป็นไฟล์ที่ได้จากการทำการtest ซึ่งจะอยู่ในรูป

#!MLF!#

"*/0008.rec"

0 3300000 \307\350\322 -1797.214478

3300000 6000000 \344\301\350 -2147.358887

6000000 12600000 \273\325\340\265\315\303\354\312\321\271 -4782.244629

12600000 13500000 \307\350\322 -662.237000

13500000 15700000 \341\303\241 -1506.906738

15700000 21700000 \307\350\322 -3431.511719

21700000 25400000 \241\322\303 -2546.755615

25400000 31400000 \340\250\303\250\322 -4317.776367

31400000 34000000 \303\315\272 -2066.860596

34000000 40500000 \341\303\241 -4353.515137

40500000 43100000 \242\315\247 -1741.179077

43100000 45300000 \344\301\350 -1659.307007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45300000 47700000 \342\244 -1847.239990
 47700000 53600000 \340\316\271 -3322.227295
 53600000 55700000 \241\321\272 -1548.527222
 55700000 57700000 \275\350\322\302 -1573.920288
 57700000 67700000 \340\307\325\302\264\271\322\301 -6202.585449
 67700000 74800000 \312\320\264\307\241 -4882.210938
 74800000 84700000 \303\322\272\303\327\350\271 -6654.714844
 84700000 87600000 \315\302\350\322\247 -2355.479736
 87600000 89100000 \344\301\350 -1182.631592
 89100000 90900000 \271\350\322 -1303.198730
 90900000 96600000 \340\252\327\350\315 -3696.270752
 96600000 98200000 \241\321\272 -1126.223022

เป็นไฟล์ที่มีลักษณะเป็นตัวเลขแทนตัวอักษร

ไฟล์ที่ใช้ในการทำงานร่วมกับคำสั่งต่างๆ

ในที่นี้เป็นไฟล์ที่ใช้ในการทำงานเพื่อให้คำสั่งต่างๆสามารถทำงานได้

HLEd ในขั้นตอนการแปลง **Transcription Files** ในระดับ **Word Level**

ในที่นี้เป็นไฟล์ที่มีชื่อว่า **mkphones0.led** ซึ่งเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยข้อความต่อไปนี้

EX

IS sil sil

DE sp

และในการทำงานเพื่อหา **phone1.mlf** ให้ทำกาแก้ไข **mkphones0.led** จะเปลี่ยนเป็นชื่อใหม่หรือชื่อเดิมก็
 แล้วแต่ แต่ให้ทำการตัดคำสั่ง **DE sp** ออกไปเพื่อนำมาใช้หา **phone1.mlf** เมื่อสร้าง **sp** ได้แล้ว

HHEd ในขั้นตอน **Fixing the silence model**

ในที่นี้เป็นไฟล์ที่มีชื่อว่า **sil.hed** ซึ่งเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยข้อความต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT 2 4 0.2 { sil.transP}

AT 4 2 0.2 { sil.transP}

AT 1 3 0.3 { sp.transP}

HLEd ในขั้นตอนการ Tied State

ในที่นี้เป็นไฟล์ที่มีชื่อว่า mktri.led ซึ่งเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยข้อความต่อไปนี้

WB sp

WB sil

TC

HHEd ในขั้นตอนการ Tied State

ในที่นี้เป็นไฟล์ที่มีชื่อว่า mktri.hed ซึ่งประกอบไปด้วยข้อความต่อไปนี้

CL list/triphonesl

TI T_a {(*-a+,a+*,*-a).transp}

TI T_ah {(*-ah+,ah+*,*-ah).transp}

TI T_d {(*-d+,d+*,*-d).transp}

TI T_e {(*-e+,e+*,*-e).transp}

TI T_h {(*-h+,h+*,*-h).transp}

TI T_i {(*-i+,i+*,*-i).transp}

TI T_l {(*-l+,l+*,*-l).transp}

TI T_m {(*-m+,m+*,*-m).transp}

TI T_n {(*-n+,n+*,*-n).transp}

TI T_ng {(*-ng+,ng+*,*-ng).transp}

TI T_p {(*-p+,p+*,*-p).transp}

TI T_s {(*-s+,s+*,*-s).transp}

TI T_th {(*-th+,th+*,*-th).transp}

TI T_w {(*-w+,w+*,*-w).transp}

TI T_y {(*-y+,y+*,*-y).transp}

TI T_sil {(*-sil+,sil+*,*-sil).transp}

TI T_ih {(*-ih+,ih+*,*-ih).transp}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIT_sp {(*-sp+,sp+*,*-sp).transp}
 TIT_g {(*-g+,g+*,*-g).transp}
 TIT_kh {(*-kh+,kh+*,*-kh).transp}
 TIT_j {(*-j+,j+*,*-j).transp}
 TIT_ch {(*-ch+,ch+*,*-ch).transp}
 TIT_dt {(*-dt+,st+*,*-dt).transp}
 TIT_b {(*-b+,b+*,*-b).transp}
 TIT_ph {(*-ph+,ph+*,*-ph).transp}
 TIT_f {(*-f+,f+*,*-f).transp}
 TIT_r {(*-r+,r+*,*-r).transp}
 TIT_v {(*-v+,v+*,*-v).transp}
 TIT_vh {(*-vh+,vh+*,*-vh).transp}
 TIT_u {(*-u+,u+*,*-u).transp}
 TIT_uh {(*-uh+,uh+*,*-uh).transp}
 TIT_eh {(*-eh+,eh+*,*-eh).transp}
 TIT_x {(*-x+,x+*,*-x).transp}
 TIT_xh {(*-xh+,xh+*,*-xh).transp}
 TIT_o {(*-o+,o+*,*-o).transp}
 TIT_oh {(*-oh+,oh+*,*-oh).transp}
 TIT_or {(*-or+,or+*,*-or).transp}
 TIT_orh {(*-orh+,orh+*,*-orh).transp}
 TIT_er {(*-er+,er+*,*-er).transp}
 TIT_erh {(*-erh+,erh+*,*-erh).transp}
 TIT_iy {(*-iy+,iy+*,*-iy).transp}

HHEd ในขั้นตอน Data Clustering

ไฟล์ที่ใช้นั้นมีชื่อว่า dclust.hed ซึ่งเป็นไฟล์ที่ประกอบไปด้วยข้อความต่อไปนี้

```

RO 2 stats
TC 100.0 "aS2" {(*-a,a+*,*-a+*).State[2]}
TC 100.0 "aS3" {(*-a,a+*,*-a+*).State[3]}
TC 100.0 "aS4" {(*-a,a+*,*-a+*).State[4]}
TC 100.0 "ahS2" {(*-ah,ah+*,*-ah+*).State[2]}
  
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TC 100.0 "ahS3" {(*-ah,ah+*,*-ah+*).State[3]}

TC 100.0 "ahS4" {(*-ah,ah+*,*-ah+*).State[4]}

TC 100.0 "bS2" {(*-b,b+*,*-b+*).State[2]}

TC 100.0 "bS3" {(*-b,b+*,*-b+*).State[3]}

TC 100.0 "bS4" {(*-b,b+*,*-b+*).State[4]}

TC 100.0 "dS2" {(*-d,d+*,*-d+*).State[2]}

TC 100.0 "dS3" {(*-d,d+*,*-d+*).State[3]}

TC 100.0 "dS4" {(*-d,d+*,*-d+*).State[4]}

TC 100.0 "eS2" {(*-e,e+*,*-e+*).State[2]}

TC 100.0 "eS3" {(*-e,e+*,*-e+*).State[3]}

TC 100.0 "eS4" {(*-e,e+*,*-e+*).State[4]}

TC 100.0 "hS2" {(*-h,h+*,*-h+*).State[2]}

TC 100.0 "hS3" {(*-h,h+*,*-h+*).State[3]}

TC 100.0 "hS4" {(*-h,h+*,*-h+*).State[4]}

TC 100.0 "iS2" {(*-i,i+*,*-i+*).State[2]}

TC 100.0 "iS3" {(*-i,i+*,*-i+*).State[3]}

TC 100.0 "iS4" {(*-i,i+*,*-i+*).State[4]}

TC 100.0 "lS2" {(*-l,l+*,*-l+*).State[2]}

TC 100.0 "lS3" {(*-l,l+*,*-l+*).State[3]}

TC 100.0 "lS4" {(*-l,l+*,*-l+*).State[4]}

TC 100.0 "mS2" {(*-m,m+*,*-m+*).State[2]}

TC 100.0 "mS3" {(*-m,m+*,*-m+*).State[3]}

TC 100.0 "mS4" {(*-m,m+*,*-m+*).State[4]}

TC 100.0 "nS2" {(*-n,n+*,*-n+*).State[2]}

TC 100.0 "nS3" {(*-n,n+*,*-n+*).State[3]}

TC 100.0 "nS4" {(*-n,n+*,*-n+*).State[4]}

TC 100.0 "ngS2" {(*-ng,ng+*,*-ng+*).State[2]}

TC 100.0 "ngS3" {(*-ng,ng+*,*-ng+*).State[3]}

TC 100.0 "ngS4" {(*-ng,ng+*,*-ng+*).State[4]}

TC 100.0 "pS2" {(*-p,p+*,*-p+*).State[2]}

TC 100.0 "pS3" {(*-p,p+*,*-p+*).State[3]}

TC 100.0 "pS4" {(*-p,p+*,*-p+*).State[4]}

TC 100.0 "sS2" {(*-s,s+*,*-s+*).State[2]}

TC 100.0 "sS3" {(*-s,s+*,*-s+*).State[3]}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TC 100.0 "sS4" {(*-s,s+*,*-s+*).State[4]}

TC 100.0 "thS2" {(*-th,th+*,*-th+*).State[2]}

TC 100.0 "thS3" {(*-th,th+*,*-th+*).State[3]}

TC 100.0 "thS4" {(*-th,th+*,*-th+*).State[4]}

TC 100.0 "wS2" {(*-w,w+*,*-w+*).State[2]}

TC 100.0 "wS3" {(*-w,w+*,*-w+*).State[3]}

TC 100.0 "wS4" {(*-w,w+*,*-w+*).State[4]}

TC 100.0 "yS2" {(*-y,y+*,*-y+*).State[2]}

TC 100.0 "yS3" {(*-y,y+*,*-y+*).State[3]}

TC 100.0 "yS4" {(*-y,y+*,*-y+*).State[4]}

TC 100.0 "silS2" {(*-sil,sil+*,*-sil+*).State[2]}

TC 100.0 "silS3" {(*-sil,sil+*,*-sil+*).State[3]}

TC 100.0 "silS4" {(*-sil,sil+*,*-sil+*).State[4]}

TC 100.0 "ihS2" {(*-ih,ih+*,*-ih+*).State[2]}

TC 100.0 "ihS3" {(*-ih,ih+*,*-ih+*).State[3]}

TC 100.0 "ihS4" {(*-ih,ih+*,*-ih+*).State[4]}

TC 100.0 "spS2" {(*-sp,sp+*,*-sp+*).State[2]}

TC 100.0 "spS3" {(*-sp,sp+*,*-sp+*).State[3]}

TC 100.0 "spS4" {(*-sp,sp+*,*-sp+*).State[4]}

TC 100.0 "gS2" {(*-g,g+*,*-g+*).State[2]}

TC 100.0 "gS3" {(*-g,g+*,*-g+*).State[3]}

TC 100.0 "gS4" {(*-g,g+*,*-g+*).State[4]}

TC 100.0 "khS2" {(*-kh,kh+*,*-kh+*).State[2]}

TC 100.0 "khS3" {(*-kh,kh+*,*-kh+*).State[3]}

TC 100.0 "khS4" {(*-kh,kh+*,*-kh+*).State[4]}

TC 100.0 "jS2" {(*-j,j+*,*-j+*).State[2]}

TC 100.0 "jS3" {(*-j,j+*,*-j+*).State[3]}

TC 100.0 "jS4" {(*-j,j+*,*-j+*).State[4]}

TC 100.0 "chS2" {(*-ch,ch+*,*-ch+*).State[2]}

TC 100.0 "chS3" {(*-ch,ch+*,*-ch+*).State[3]}

TC 100.0 "chS4" {(*-ch,ch+*,*-ch+*).State[4]}

TC 100.0 "dtS2" {(*-dt,dt+*,*-dt+*).State[2]}

TC 100.0 "dtS3" {(*-dt,dt+*,*-dt+*).State[3]}

TC 100.0 "dtS4" {(*-dt,dt+*,*-dt+*).State[4]}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TC 100.0 "phS2" {(*-ph,ph+*,*-ph+*).State[2]}

TC 100.0 "phS3" {(*-ph,ph+*,*-ph+*).State[3]}

TC 100.0 "phS4" {(*-ph,ph+*,*-ph+*).State[4]}

TC 100.0 "fS2" {(*-f,f+*,*-f+*).State[2]}

TC 100.0 "fS3" {(*-f,f+*,*-f+*).State[3]}

TC 100.0 "fS4" {(*-f,f+*,*-f+*).State[4]}

TC 100.0 "rS2" {(*-r,r+*,*-r+*).State[2]}

TC 100.0 "rS3" {(*-r,r+*,*-r+*).State[3]}

TC 100.0 "rS4" {(*-r,r+*,*-r+*).State[4]}

TC 100.0 "vS2" {(*-v,v+*,*-v+*).State[2]}

TC 100.0 "vS3" {(*-v,v+*,*-v+*).State[3]}

TC 100.0 "vS4" {(*-v,v+*,*-v+*).State[4]}

TC 100.0 "vhS2" {(*-vh,vh+*,*-vh+*).State[2]}

TC 100.0 "vhS3" {(*-vh,vh+*,*-vh+*).State[3]}

TC 100.0 "vhS4" {(*-vh,vh+*,*-vh+*).State[4]}

TC 100.0 "uS2" {(*-u,u+*,*-u+*).State[2]}

TC 100.0 "uS3" {(*-u,u+*,*-u+*).State[3]}

TC 100.0 "uS4" {(*-u,u+*,*-u+*).State[4]}

TC 100.0 "uhS2" {(*-uh,uh+*,*-uh+*).State[2]}

TC 100.0 "uhS3" {(*-uh,uh+*,*-uh+*).State[3]}

TC 100.0 "uhS4" {(*-uh,uh+*,*-uh+*).State[4]}

TC 100.0 "ehS2" {(*-eh,eh+*,*-eh+*).State[2]}

TC 100.0 "ehS3" {(*-eh,eh+*,*-eh+*).State[3]}

TC 100.0 "ehS4" {(*-eh,eh+*,*-eh+*).State[4]}

TC 100.0 "xS2" {(*-x,x+*,*-x+*).State[2]}

TC 100.0 "xS3" {(*-x,x+*,*-x+*).State[3]}

TC 100.0 "xS4" {(*-x,x+*,*-x+*).State[4]}

TC 100.0 "xhS2" {(*-xh,xh+*,*-xh+*).State[2]}

TC 100.0 "xhS3" {(*-xh,xh+*,*-xh+*).State[3]}

TC 100.0 "xhS4" {(*-xh,xh+*,*-xh+*).State[4]}

TC 100.0 "oS2" {(*-o,o+*,*-o+*).State[2]}

TC 100.0 "oS3" {(*-o,o+*,*-o+*).State[3]}

TC 100.0 "oS4" {(*-o,o+*,*-o+*).State[4]}

TC 100.0 "ohS2" {(*-oh,oh+*,*-oh+*).State[2]}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TC 100.0 "ohS3" ((*-oh,oh+*,*-oh+*).State[3])
 TC 100.0 "ohS4" ((*-oh,oh+*,*-oh+*).State[4])
 TC 100.0 "orS2" ((*-or,or+*,*-or+*).State[2])
 TC 100.0 "orS3" ((*-or,or+*,*-or+*).State[3])
 TC 100.0 "orS4" ((*-or,or+*,*-or+*).State[4])
 TC 100.0 "orhS2" ((*-orh,orh+*,*-orh+*).State[2])
 TC 100.0 "orhS3" ((*-orh,orh+*,*-orh+*).State[3])
 TC 100.0 "orhS4" ((*-orh,orh+*,*-orh+*).State[4])
 TC 100.0 "erS2" ((*-er,er+*,*-er+*).State[2])
 TC 100.0 "erS3" ((*-er,er+*,*-er+*).State[3])
 TC 100.0 "erS4" ((*-er,er+*,*-er+*).State[4])
 TC 100.0 "erhS2" ((*-erh,erh+*,*-erh+*).State[2])
 TC 100.0 "erhS3" ((*-erh,erh+*,*-erh+*).State[3])
 TC 100.0 "erhS4" ((*-erh,erh+*,*-erh+*).State[4])
 TC 100.0 "iyS2" ((*-iy,iy+*,*-iy+*).State[2])
 TC 100.0 "iyS3" ((*-iy,iy+*,*-iy+*).State[3])
 TC 100.0 "iyS4" ((*-iy,iy+*,*-iy+*).State[4])
 TC 100.0 "spS2" ((*-sp,sp+*,*-sp+*).State[2])
 TC 100.0 "spS3" ((*-sp,sp+*,*-sp+*).State[3])
 TC 100.0 "spS4" ((*-sp,sp+*,*-sp+*).State[4])
 TC 100.0 "tS2" ((*-t,t+*,*-t+*).State[2])
 TC 100.0 "tS3" ((*-t,t+*,*-t+*).State[3])
 TC 100.0 "tS4" ((*-t,t+*,*-t+*).State[4])
 CO newlist

HHEd ในขั้นตอนการเพิ่มจำนวน Mixture Gaussian Component

เป็นไฟล์ที่ชื่อ mixinc.hed โดยเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยข้อความต่อไปนี้

```
MU 2 {state.[*.2-4].mix}
```

ไฟล์ที่ใช้หลัง Option -S

ในที่นี้เป็นไฟล์ที่ใช้ตามหลัง -S ในคำสั่งต่างๆ เป็นลักษณะของ Script Files ซึ่งมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในคำสั่ง HCopy

เป็น ไฟล์ที่ชื่อ codetr.scp โดยเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยข้อความต่อไปนี้

```
c:\Users\byrd\data\NenG\0001.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0001.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0002.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0002.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0003.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0003.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0004.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0004.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0005.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0005.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0006.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0006.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0007.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0007.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0008.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0008.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0009.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0009.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0010.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0010.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0011.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0011.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0012.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0012.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0013.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0013.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0014.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0014.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0015.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0015.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0016.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0016.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0017.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0017.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0018.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0018.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0019.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0019.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0020.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0020.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0021.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0021.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0022.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0022.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0023.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0023.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0024.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0024.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0025.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0025.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0026.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0026.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0027.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0027.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0028.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0028.mfc
c:\Users\byrd\data\NenG\0029.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0029.mfc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c:\Users\byrd\data\NenG\0030.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0030.mfc
 c:\Users\byrd\data\NenG\0031.wav c:\Users\byrd\data\mfc\NenG\0031.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0032.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0032.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0033.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0033.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0034.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0034.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0035.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0035.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0036.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0036.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0037.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0037.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0038.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0038.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0039.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0039.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0040.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0040.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0041.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0041.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0042.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0042.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0043.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0043.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0044.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0044.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0045.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0045.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0046.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0046.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0047.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0047.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0048.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0048.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0049.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0049.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0050.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0050.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0051.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0051.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0052.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0052.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0053.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0053.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0054.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0054.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0055.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0055.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0056.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0056.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0057.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0057.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0058.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0058.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0059.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0059.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0060.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0060.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0061.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0061.mfc
 C:\users\byrd\data\Bird\0062.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Bird\0062.mfc
 C:\users\byrd\data\noi\0063.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0063.mfc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C:\users\byrd\data\noi\0064.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0064.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0065.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0065.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0066.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0066.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0067.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0067.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0068.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0068.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0069.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0069.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0070.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0070.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0071.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0071.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0072.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0072.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0073.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0073.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0074.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0074.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0075.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0075.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0076.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0076.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0077.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0077.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0078.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0078.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0079.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0079.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0080.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0080.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0081.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0081.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0082.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0082.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0083.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0083.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0084.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0084.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0085.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0085.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0086.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0086.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0087.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0087.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0088.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0088.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0089.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0089.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0090.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0090.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0091.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0091.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0092.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0092.mfc
C:\users\byrd\data\noi\0093.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Noi\0093.mfc
C:\users\byrd\data\kob\0094.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0094.mfc
C:\users\byrd\data\kob\0095.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0095.mfc
C:\users\byrd\data\kob\0096.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0096.mfc
C:\users\byrd\data\kob\0097.wav	c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0097.mfc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C:\users\byrd\data\kob\0098.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0098.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0099.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0099.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0100.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0100.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0101.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0101.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0102.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0102.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0103.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0103.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0104.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0104.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0105.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0105.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0106.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0106.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0107.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0107.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0108.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0108.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0109.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0109.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0110.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0110.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0111.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0111.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0112.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0112.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0113.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0113.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0114.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0114.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0115.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0115.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0116.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0116.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0117.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0117.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0118.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0118.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0119.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0119.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0120.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0120.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0121.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0121.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0122.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0122.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0123.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0123.mfc
 C:\users\byrd\data\kob\0124.wav c:\Users\byrd\data\mfc\Kob\0124.mfc

ในคำสั่ง HCompV และ HERest

เป็น ไฟล์ที่มีชื่อว่า train.scp โดยเป็น ไฟล์ที่ประกอบด้วยข้อความดังต่อไปนี้

C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0001.mfc

C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0002.mfc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0003.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0004.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0005.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0006.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0007.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0008.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0009.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0010.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0011.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0012.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0013.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0014.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0015.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0016.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0017.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0018.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0019.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0020.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0021.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0022.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0023.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0024.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0025.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0026.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0027.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0028.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0029.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0030.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0031.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0032.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0033.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0034.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0035.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0036.mfc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0037.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0038.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0039.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0040.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0041.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0042.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0043.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0044.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0045.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0046.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0047.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0048.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0049.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0050.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0051.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0052.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0053.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0054.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0055.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0056.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0057.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0058.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0059.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0060.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0061.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\Bird\0062.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0063.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0064.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0065.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0066.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0067.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0068.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0069.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\noi\0070.mfc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C:\users\byrd\data\mfc\noi\0071.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0072.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0073.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0074.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0075.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0076.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0077.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0078.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0079.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0080.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0081.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0082.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0083.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0084.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0085.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0086.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0087.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0088.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0089.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0090.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0091.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0092.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\noi\0093.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0094.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0095.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0096.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0097.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0098.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0099.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0100.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0101.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0102.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0103.mfc
C:\users\byrd\data\mfc\kob\0104.mfc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C:\users\byrd\data\mfc\kob\0105.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0106.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0107.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0108.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0109.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0110.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0111.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0112.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0113.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0114.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0115.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0116.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0117.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0118.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0119.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0120.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0121.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0122.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0123.mfc
 C:\users\byrd\data\mfc\kob\0124.mfc

ในคำสั่ง HVite

ในขั้นตอนนี้จะเป็น List ของรเยื่อไฟล์ที่จะต้องการนำมา Test จากการทดลองในบทที่ 4 นั้นจะเป็นไฟล์ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

test_1 เป็นไฟล์ของเสียงผู้ทดสอบที่เป็นผู้ Train ด้วย โดยเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วย

C:\users\byrd\data\mfc\NenG\0001.mfc

test_2 เป็นไฟล์ของเสียงผู้ทดสอบที่ไม่ได้เป็นผู้ Train ด้วย โดยเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วย

C:\users\byrd\data\mfc\record\0008.mfc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Config Files

เป็นไฟล์ที่ตามหลัง Option -C โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

ใช้ในส่วนของ HCopy

เป็น Config ที่มีความจำเป็นที่ต้องกำหนดสำหรับการทำคำสั่งนี้ โดยจะชื่อว่า config_mfcc ซึ่งประกอบด้วยข้อความดังต่อไปนี้

```
#Coding parameters
SOURCEKIND=WAVEFORM
SOURCEFORMAT=NOHEAD
SOURCERATE=625
TARGETKIND=MFCC_D_A_0
TARGETRATE=100000.0
SAVECOMPRESSED=F
SAVEWITHCRC=F
USEHAMMING=T
PREEMCOEF=0.97
NUMCHANS=24
NUMCEPS=12
WINDOWSIZE=250000.0
```

ใช้ในส่วนของคำสั่งที่เรียกใช้หลังจากทำคำสั่ง HCopy

เป็น Config ที่มีความจำเป็นที่ต้องกำหนดสำหรับการทำคำสั่งนี้ โดยจะชื่อว่า config ซึ่งประกอบด้วยข้อความดังต่อไปนี้

```
#Coding parameters
SOURCEKIND=MFCC_D_A_0
SOURCEFORMAT=HTK
SOURCERATE=100000.0
```

ไฟล์ที่เป็น List ของ Phoneme

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไฟล์ที่แสดง list ของเสียงย่อย(ข้อมูลที่ปรากฏจะไม่มีการซ้ำกัน)ในชั้นตอนต่างๆซึ่งมีดังนี้

monophone0

เป็นไฟล์ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

a
ah
b
ch
d
dt
e
eh
er
erh
f
g
h
i
ih
iy
j
kh
l
m
n
ng
o
oh
or
orh
p
ph



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

r
s
th
u
uh
v
vh
w
x
xh
y
sil

monophones1

เป็นไฟล์ที่มีลักษณะดังนี้คือ

a
ah
b
ch
d
dt
e
eh
er
erh
f
g
h
i
ih
iy
j



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

kh
l
m
n
ng
o
oh
or
orh
p
ph
r
s
th
u
uh
v
vh
w
x
xh
y
sil
sp



triphones1

จะเป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยรายการของเสียงต่อไปนี้(ขอยกตัวอย่างพอให้เข้าใจไม่ได้แสดงให้ดูทั้งหมด)
โดยจะเป็นรายการของ triphones และ biphones ทั้งหมดที่มีในแบบจำลอง

sil

r+a

r-a+d

a-d+th

d-th+a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

th-a+m
 a-m+o
 m-o+n
 o-n+dt
 n-dt+r
 dt-r+ih
 r-ih
 sp
 w+ah
 w-ah
 g+ah
 g-ah+n
 ah-n
 g+a
 g-a+l
 a-l+ah
 l-ah+h
 ah-h+oh
 h-oh+m
 oh-m
 m+a
 m-a
 g-a+n
 a-n
 j+u
 j-u+b
 u-b
 y+uh
 y-uh+w
 uh-w+a
 w-a+n
 dt+xh
 dt-xh
 m-a+y



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a-y
 kh+orh
 kh-orh
 th+oh
 th-oh+d
 oh-d
 n+ah
 n-ah+y
 ah-y
 w+i
 w-i+n
 i-n+l
 n-l+ih
 l-ih+y
 ih-y+a
 y-a+m
 ...
 newlist

เป็นไฟล์ที่ได้จากคำสั่ง CO ทำงาน โดย HHEd ซึ่งจะให้รายการของ Triphones ใหม่ที่มีลักษณะ เดียวกันกับ triphones1 แต่ต่างกันที่จำนวน ซึ่งจะลดลงตามที่ได้อธิบายไว้

ไฟล์ของ HMMs

เป็นไฟล์ที่ใช้อธิบายลักษณะของแบบจำลอง โดยที่จะอธิบายในที่นี้คือ

proto

เป็นการสร้างโดย Text Editor เพื่อให้ค่าแบบจำลองชื่อ proto 1 แบบจำลองเพื่อเอาไป initialize ซึ่งมีลักษณะดังนี้

```

~o <VecSize> 39 <MFCC_O_D_A> <StreamInfo> 1 39
~h "proto"

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<EndHMM>

และเมื่อผ่านการประมวลผลคำสั่งแล้วจะเป็น

```
~o <VecSize> 39 <MFCC_O_D_A> <StreamInfo> 1 39
```

```
~h "proto"
```

```
<BEGINHMM>
```

```
<NUMSTATES> 5
```

```
<STATE> 2
```

```
<MEAN> 39
```

```
-1.194187e+000 -6.321639e+000 -6.905836e-001 -2.267941e-001 -4.540149e+000 -4.233751e+000 -
```

```
7.928156e-001 -7.940295e+000 3.980996e+000 -5.304428e+000 1.621607e+000 -5.612134e+000
```

```
7.165778e+001 4.928688e-003 1.694080e-003 2.748864e-003 -1.106410e-003 3.429087e-003 -
```

```
3.301191e-003 9.910821e-004 -5.906336e-003 1.686334e-003 1.045341e-003 -2.064231e-003
```

```
4.540314e-003 -2.195128e-002 -4.276656e-003 4.783547e-004 1.055644e-003 3.448685e-004 -
```

```
1.942088e-003 1.915631e-003 -2.540162e-005 2.933077e-004 -1.299941e-003 1.137426e-003
```

```
1.094586e-003 4.435733e-004 9.800820e-003
```

```
<VARIANCE> 39
```

```
2.386773e+001 2.781330e+001 4.935091e+001 2.552333e+001 7.042781e+001 3.145446e+001
```

```
3.182227e+001 3.864683e+001 4.164220e+001 3.350731e+001 3.197112e+001 2.116817e+001
```

```
1.417533e+002 1.063138e+000 1.107910e+000 1.687343e+000 1.389060e+000 3.190320e+000
```

```
1.770364e+000 1.846170e+000 2.141350e+000 2.698258e+000 2.160135e+000 2.065565e+000
```

```
1.499873e+000 2.495493e+000 1.548818e-001 1.704275e-001 2.556947e-001 2.361304e-001
```

```
5.066142e-001 3.140588e-001 3.381004e-001 3.784899e-001 4.828893e-001 3.905942e-001
```

```
3.723141e-001 2.890811e-001 3.070345e-001
```

```
<GCONST> 1.113595e+002
```

```
<STATE> 3
```

```
<MEAN> 39
```

```
-1.194187e+000 -6.321639e+000 -6.905836e-001 -2.267941e-001 -4.540149e+000 -4.233751e+000 -
```

```
7.928156e-001 -7.940295e+000 3.980996e+000 -5.304428e+000 1.621607e+000 -5.612134e+000
```

```
7.165778e+001 4.928688e-003 1.694080e-003 2.748864e-003 -1.106410e-003 3.429087e-003 -
```

```
3.301191e-003 9.910821e-004 -5.906336e-003 1.686334e-003 1.045341e-003 -2.064231e-003
```

```
4.540314e-003 -2.195128e-002 -4.276656e-003 4.783547e-004 1.055644e-003 3.448685e-004 -
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.942088e-003 1.915631e-003 -2.540162e-005 2.933077e-004 -1.299941e-003 1.137426e-003

1.094586e-003 4.435733e-004 9.800820e-003

<VARIANCE> 39

2.386773e+001 2.781330e+001 4.935091e+001 2.552333e+001 7.042781e+001 3.145446e+001

3.182227e+001 3.864683e+001 4.164220e+001 3.350731e+001 3.197112e+001 2.116817e+001

1.417533e+002 1.063138e+000 1.107910e+000 1.687343e+000 1.389060e+000 3.190320e+000

1.770364e+000 1.846170e+000 2.141350e+000 2.698258e+000 2.160135e+000 2.065565e+000

1.499873e+000 2.495493e+000 1.548818e-001 1.704275e-001 2.556947e-001 2.361304e-001

5.066142e-001 3.140588e-001 3.381004e-001 3.784899e-001 4.828893e-001 3.905942e-001

3.723141e-001 2.890811e-001 3.070345e-001

<GCONST> 1.113595e+002

<STATE> 4

<MEAN> 39

-1.194187e+000 -6.321639e+000 -6.905836e-001 -2.267941e-001 -4.540149e+000 -4.233751e+000 -

7.928156e-001 -7.940295e+000 3.980996e+000 -5.304428e+000 1.621607e+000 -5.612134e+000

7.165778e+001 4.928688e-003 1.694080e-003 2.748864e-003 -1.106410e-003 3.429087e-003 -

3.301191e-003 9.910821e-004 -5.906336e-003 1.686334e-003 1.045341e-003 -2.064231e-003

4.540314e-003 -2.195128e-002 -4.276656e-003 4.783547e-004 1.055644e-003 3.448685e-004 -

1.942088e-003 1.915631e-003 -2.540162e-005 2.933077e-004 -1.299941e-003 1.137426e-003

1.094586e-003 4.435733e-004 9.800820e-003

<VARIANCE> 39

2.386773e+001 2.781330e+001 4.935091e+001 2.552333e+001 7.042781e+001 3.145446e+001

3.182227e+001 3.864683e+001 4.164220e+001 3.350731e+001 3.197112e+001 2.116817e+001

1.417533e+002 1.063138e+000 1.107910e+000 1.687343e+000 1.389060e+000 3.190320e+000

1.770364e+000 1.846170e+000 2.141350e+000 2.698258e+000 2.160135e+000 2.065565e+000

1.499873e+000 2.495493e+000 1.548818e-001 1.704275e-001 2.556947e-001 2.361304e-001

5.066142e-001 3.140588e-001 3.381004e-001 3.784899e-001 4.828893e-001 3.905942e-001

3.723141e-001 2.890811e-001 3.070345e-001

<GCONST> 1.113595e+002

<TRANSP> 5

0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000

0.000000e+000 6.000000e-001 4.000000e-001 0.000000e+000 0.000000e+000

0.000000e+000 0.000000e+000 6.000000e-001 4.000000e-001 0.000000e+000

0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 6.000000e-001 4.000000e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000

<ENDHMM>

เมื่อทำคำสั่ง HCompV เสร็จแล้วให้ทำการคัดลอกแบบจำลองจนครบคลุมเสียง phoneme ทั้งหมดแล้วทำการเปลี่ยนชื่อหลังการdefine ~h เพื่อไปทำการคำนวณต่อ

และเมื่อทำการใช้คำสั่ง HERest นั้นจะได้ผลคือ จำนวน Model นั้นมีค่าเท่าเดิม แต่ค่าตัวแปร จะเปลี่ยนไปและในขั้นตอนการสร้าง sp จาก sil นั้นแบบจำลองทั้งสองที่สร้างมาได้ก่อนการผ่านคำสั่ง HHEd จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

~h "sil"

<BEGINHMM>

<NUMSTATES> 5

<STATE> 2

<MEAN> 39

-4.481729e+000 -4.988771e+000 4.725426e-001 8.716468e-001 3.114777e+000 -1.628793e+000
2.656590e+000 -4.726635e+000 1.540224e+000 -2.574618e+000 1.870777e+000 -4.013587e+000
6.441782e+001 1.131465e+000 -2.802686e-001 -1.006600e-002 -1.584653e-001 9.889801e-001 -
7.050928e-001 2.172060e-001 -7.270316e-001 5.650804e-001 -1.428351e-001 -2.753033e-001
1.431123e-001 -9.932485e-001 -3.991371e-001 8.120268e-002 -3.916197e-002 3.268724e-002 -
3.687306e-001 2.379665e-001 -1.104178e-001 3.084177e-001 -1.667813e-001 1.642951e-001
1.767361e-001 4.958390e-003 2.520020e-001

<VARIANCE> 39

2.026278e+001 3.895103e+000 4.962233e+000 5.778740e+000 2.056620e+001 2.135576e+001
1.347709e+001 2.386639e+001 1.798274e+001 1.349549e+001 1.389248e+001 1.268451e+001
9.963229e+000 3.113118e+000 3.333883e-001 5.131708e-001 5.807106e-001 2.678430e+000
2.913157e+000 1.790531e+000 2.778957e+000 1.907376e+000 1.685013e+000 1.523898e+000
1.437356e+000 1.576283e+000 3.035933e-001 6.045505e-002 9.720118e-002 1.170082e-001
3.514265e-001 4.318790e-001 3.348437e-001 3.445941e-001 2.920358e-001 2.837451e-001
2.704780e-001 2.684844e-001 4.456758e-001

<GCONST> 9.067432e+001

<STATE> 3

<MEAN> 39

-1.882606e+000 -3.554463e+000 1.659426e-001 5.695080e-001 2.726086e+000 -1.685616e+000
1.684329e+000 -3.286708e+000 1.424847e+000 -2.085776e+000 1.097108e+000 -2.247970e+000
4.162634e+001 2.410250e-002 6.801444e-002 -9.889011e-003 -3.758664e-003 -3.466492e-002
3.746291e-002 -3.793253e-002 5.766057e-002 -3.662661e-002 1.433644e-002 3.746801e-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.485542e-002 -6.098068e-001 -8.335336e-003 9.690197e-003 2.238820e-003 -1.132704e-003 -
 1.335554e-002 -8.233030e-004 -4.228565e-003 -8.020276e-003 -1.142018e-002 -9.332317e-005 -
 5.762242e-003 -4.305856e-004 -9.150078e-003

<VARIANCE> 39

3.892350e+000 8.365601e+000 3.846982e+000 4.211987e+000 1.076755e+001 9.036107e+000
 9.848803e+000 1.420859e+001 1.078936e+001 1.098874e+001 8.808033e+000 1.003700e+001
 8.887128e+002 1.797630e-001 2.355286e-001 3.505588e-001 3.882942e-001 6.302609e-001
 7.545438e-001 8.286784e-001 8.659801e-001 1.018844e+000 8.986608e-001 9.457800e-001
 8.353303e-001 8.880465e+000 4.273483e-002 4.430741e-002 7.269581e-002 7.994711e-002
 1.251430e-001 1.585774e-001 1.765345e-001 1.827718e-001 2.121781e-001 1.873781e-001
 1.926342e-001 1.740429e-001 1.413381e+000

<GCONST> 7.409518e+001

<STATE> 4

<MEAN> 39

-2.438808e+000 -1.485552e+000 6.098307e-001 2.719999e-001 1.198622e+000 -5.363513e-001
 7.653816e-001 -2.435678e+000 3.708174e-001 -5.364203e-001 6.019283e-001 -5.061205e-001
 2.570110e+001 -7.064192e-001 2.877237e-001 6.407951e-001 8.524866e-003 -1.423467e-001
 8.344807e-002 1.514168e-001 -5.517167e-001 -2.022321e-001 4.125653e-001 4.485451e-002
 5.476460e-001 1.279666e+000 -3.027843e-001 -1.428554e-002 2.536712e-001 3.412914e-002
 7.495335e-002 -6.131095e-002 1.585990e-001 -3.469583e-001 -1.537429e-002 -4.782392e-003
 4.836437e-002 6.261525e-002 1.918460e+000

<VARIANCE> 39

1.702749e+001 6.295977e+000 1.049955e+001 3.153865e+000 8.278751e+000 5.522054e+000
 6.572440e+000 2.097840e+001 4.353487e+000 6.020226e+000 4.650790e+000 6.604639e+000
 9.803580e+002 3.245868e+000 4.304452e-001 1.813011e+000 5.282696e-001 9.266866e-001
 8.967347e-001 1.060456e+000 3.945073e+000 5.686834e-001 7.490652e-001 6.957111e-001
 8.726550e-001 1.351110e+002 3.563516e-001 7.883416e-002 1.750682e-001 8.108416e-002
 1.578618e-001 1.473610e-001 1.295619e-001 3.300810e-001 9.694073e-002 1.083466e-001
 9.238505e-002 1.593818e-001 1.180044e+001

<GCONST> 8.622438e+001

<TRANSP> 5

0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
 0.000000e+000 7.665885e-001 2.334115e-001 0.000000e+000 0.000000e+000
 0.000000e+000 0.000000e+000 9.617694e-001 3.823058e-002 0.000000e+000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 7.006519e-001 2.993480e-001
0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
<ENDHMM>
~h "sp"
<BEGINHMM>
<NUMSTATES> 3
<STATE> 2
<MEAN> 39
-1.882606e+000 -3.554463e+000 1.659426e-001 5.695080e-001 2.726086e+000 -1.685616e+000
-1.684329e+000 -3.286708e+000 1.424847e+000 -2.085776e+000 1.097108e+000 -2.247970e+000
4.162634e+001 2.410250e-002 6.801444e-002 -9.889011e-003 -3.758664e-003 -3.466492e-002
3.746291e-002 -3.793253e-002 5.766057e-002 -3.662661e-002 1.433644e-002 3.746801e-004
5.485542e-002 -6.098068e-001 -8.335336e-003 9.690197e-003 2.238820e-003 -1.132704e-003 -
1.335554e-002 -8.233030e-004 -4.228565e-003 -8.020276e-003 -1.142018e-002 -9.332317e-005 -
5.762242e-003 -4.305856e-004 -9.150078e-003
<VARIANCE> 39
3.892350e+000 8.365601e+000 3.846982e+000 4.211987e+000 1.076755e+001 9.036107e+000
9.848803e+000 1.420859e+001 1.078936e+001 1.098874e+001 8.808033e+000 1.003700e+001
8.887128e+002 1.797630e-001 2.355286e-001 3.505588e-001 3.882942e-001 6.302609e-001
7.545438e-001 8.286784e-001 8.659801e-001 1.018844e+000 8.986608e-001 9.457800e-001
8.353303e-001 8.880465e+000 4.273483e-002 4.430741e-002 7.269581e-002 7.994711e-002
1.251430e-001 1.585774e-001 1.765345e-001 1.827718e-001 2.121781e-001 1.873781e-001
1.926342e-001 1.740429e-001 1.413381e+000
<GCONST> 7.409518e+001
<TRANSP> 3
0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000
0.000000e+000 9.617694e-001 3.823058e-002
0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
<ENDHMM>
sp นั้นเชื่อมกับ sil โดยมี state กลางเหมือนกัน

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Lawrence Rabiner, Biing-Hwang Juang (1993), "Fundamental Of Speech Recognition", "Prentice-Hall,Inc." (1993).
- [2] จิตรดา จารุมิศรี(2537) , "การออกแบบ แบบจำลองในการรู้จำเสียงวรรณยุกต์สำหรับภาษาไทย โดยใช้เทคนิคการคอนโวลิวชัน และ Hidden Markov Modeling" วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พศ.2537
- [3] Steve Young, Dan Kershaw, Julian Odell, Dave Ollason, Valtcho Valtchev, Phil Woodland, "HTK version 2.2 book", entropic(1999)
- [4] Joseph Picone, " Continuous Speech Recognition Using Hidden Markov Models", IEE ASSP MAGAZINE(1990)
- [5] L.R. Rabiner, B.H. Juang, "An Introduction to Hidden Markov Models", IEEE ASSP MAGAZINE(1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้