

การสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์และสระในพยางค์เปิดภาษาไทย  
โดยใช้หน่วยเสียงอนุภาค



นายเอกพล อนุสุเรนทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

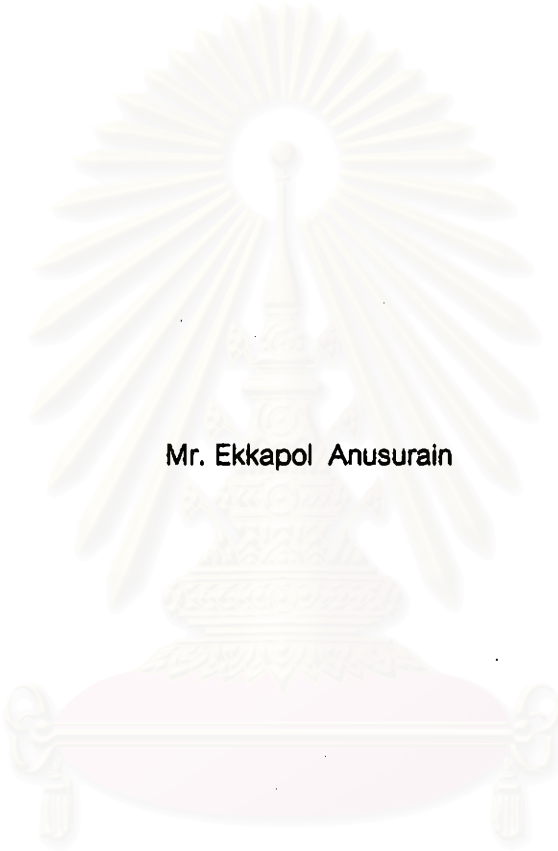
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-796-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**SYNTHESIS OF TONES AND VOWELS IN THAI OPEN SYLLABLES  
USING MICROPHONEMES**



**Mr. Ekkapol Anusurain**

**สถาบันวิทยบริการ**  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

**Department of Electrical Engineering**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

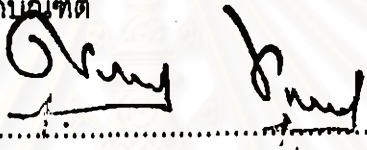
**Academic Year 1998**

**ISBN xxx-xxx-xxx-x**


หัวข้อวิทยานิพนธ์      การสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์และสระในพยางค์เปิดภาษาไทยโดยใช้  
หน่วยเสียงอนุภาค  
โดย                              นาย เอกพล อนุสุเรนทร์  
ภาควิชา                            วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัมย์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม        ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาพร ลักษณะียนาวิน

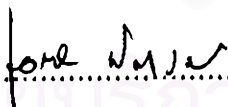
---


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

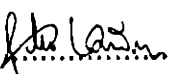
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัมย์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ลักษณะียนาวิน)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ สุวิทย์ นาคพิระยุทธ)

มีลิขสิทธิ์ภายใต้การกวดขันของวิทยาลัยพยาบาลตำรวจ

เอกพล อนุสุเรนทร์ : การสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์และสระในพยางค์เปิดภาษาไทยโดยใช้  
หน่วยเสียงอนุภาค (Synthesis of Tones and Vowels in Thai Open Syllables Using  
Microphonemes) อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. เอกชัย ลีลาวัณณี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
ผศ.ดร. สุตาพร ลักษณะนิยานาวิน, 87 หน้า. ISBN 974-331-796-1

หน่วยเสียงอนุภาคของสระคือคลื่นเสียงที่ตัดออกมาจากคลื่นเสียงแบบเป็นรายคาบของเสียง  
สระเพียงลูกคลื่นเดียว วิทยานิพนธ์นี้เสนอการสังเคราะห์เสียงพยางค์เปิดภาษาไทย โดยได้นำหน่วยเสียง  
อนุภาคและความรู้ทางด้านภาษาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับค่าความถี่หลักมูลของวรรณยุกต์ในภาษาไทยมาใช้  
แนวความคิดพื้นฐานคือการสร้างซ้ำหน่วยเสียงอนุภาคของสระ ปรับค่าแอมพลิจูดและค่าความถี่หลักมูล  
ของแต่ละเฉพาะหน่วยเสียงอนุภาคและนำมาเชื่อมต่อกันเพื่อสร้างคลื่นเสียงของส่วนสระ ด้วยการปรับค่า  
แอมพลิจูดและค่าความถี่หลักมูลนี้สามารถที่จะสังเคราะห์เสียงวรรณยุกต์อื่น ๆ ขึ้นมาได้ วิธีการสังเคราะห์  
เสียงนี้ได้ศึกษาเฉพาะการสังเคราะห์เสียงสระเดียวและวรรณยุกต์ในพยางค์เปิดภาษาไทยเท่านั้น และได้ทำ  
การทดสอบการรับฟังโดยกลุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบความถูกต้องในการระบุเสียงวรรณยุกต์ของเสียง  
สังเคราะห์ และเพื่อวัดทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อคุณภาพของเสียงสังเคราะห์ จากการทดสอบการระบุ  
เสียงวรรณยุกต์ของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างสามารถจำแนกเสียงวรรณยุกต์ได้โดยเฉลี่ยถูกต้องถึง 95%  
(ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6.4) โดยมีพิสัยตั้งแต่ 58% ถึง 100% ค่าทัศนคติต่อคุณภาพเสียง (ไม่พอใจเลย  
= 1, พอใจมาก = 5) มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 (ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.69) โดยมีพิสัยตั้งแต่ 1.4  
ถึง 4.2

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า  
ปีการศึกษา ..... 2541

ลายมือชื่อนิติกร ..... พลเอก อนุสุเรนทร์  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... เอกชัย ลีลาวัณณี  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... สุตาพร ลักษณะนิยานาวิน

## 3972550321: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: MICROPHONEMES / TONES / THAI / RESYNTHESIS

EKKAPOL ANUSURAIN : SYNTHESIS OF TONES AND VOWELS IN THAI OPEN SYLLABLES USING MICROPHONEMES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. EKACHAI LEELARASMEE, Ph.D.

THESIS COADVISOR : ASST. PROF. SUDAPORN LUKSANEYYANAWIN, Ph.D

87 pp. ISBN 974-331-796-1

A microphoneme of a vowel is a waveform picked from one pitch of vowel. This thesis proposes a speech synthesis of Thai open syllables that combines the use of microphonemes and a linguistic knowledge about the fundamental frequency of Thai tones. The basic idea is to duplicate this microphoneme of an open vowel, adjust the amplitude as well as the pitch period of each individual copy of the microphoneme and concatenate them to form the synthesized waveform of the vowel. By adjusting these amplitude and fundamental frequency (or pitch) contours, the 5 tones of the vowels can be synthesized. This speech synthesis method has been applied and studied in details for synthesizing monophthongs and tones in Thai open syllables. Identification test and Quality Judgement test were conducted with 200 subjects. The average Identification Score (IS) is 95% (SD=6.4) ranging from 58% to 100%. The average Quality Judgement Score (very good=5, very bad=1) is 2.95 (SD=0.69) ranging from 1.4 to 4.2.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต..... *เอกชัย เล็ลลารสมะ*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *เอกชัย เล็ลลารสมะ*

ลายมือชื่อคณะกรรมการ..... *สุdaporn Luksaneeyanawin*

## กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลาธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย แนวทางการวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษารวมทั้งจัดหาอุปกรณ์เพื่อดำเนินการวิจัยอย่างครบถ้วน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาพร ลักษณะนิยานาวัน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาทางด้านภาษาศาสตร์ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย และช่วยในการจัดทำเอกสารทดสอบการรับฟัง

ขอขอบคุณ คุณปิยวรรณ มะธิปิไซ ผู้บอภาษาในการบันทึกเสียงต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัย และขอขอบคุณนิสิตคณะอักษรศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2541 ทุกคนที่เรียนวิชาภาษาทัศนากับผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุดาพร ลักษณะนิยานาวัน ที่ได้ทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจ

ขอขอบคุณ อาจารย์ณัฐกร หับทอง, คุณวิเชียร แซ่โล้ว, คุณดวงแข วิเศษสมบัติ ที่ได้ให้คำปรึกษาในหลาย ๆ ด้าน ขอขอบคุณนิสิตปริญญาโทรุ่นพี่และรุ่นน้องที่ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเชิงเลขที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้สนับสนุนในทุกด้านและเป็นแรงใจจนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
แนวความคิด.....	2
ขอบเขตงานวิจัย.....	3
ขั้นตอนการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ทฤษฎีทางภาษาศาสตร์.....	4
ทฤษฎีการวิเคราะห์เสียง.....	13
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
การเก็บข้อมูลเสียงพูด.....	19
การวิเคราะห์เพื่อเก็บฐานข้อมูลหน่วยเสียงอนุภาค.....	20
การสังเคราะห์เสียงจากฐานข้อมูลหน่วยเสียงอนุภาค.....	25
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	33
การทำการทดสอบการรับฟัง.....	33
การทดสอบครั้งที่ 1 .....	38
สรุปการทดสอบครั้งที่ 1 .....	43
การทดสอบครั้งที่ 2 .....	44
สรุปการทดสอบครั้งที่ 2 .....	50

วิเคราะห์ผลจากการทดสอบการรับฟัง.....	50
ขนาดและจำนวนหน่วยเสียง.....	53
สรุปผลจากการทดสอบการรับฟัง.....	53
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	56
สรุปผลการวิจัย.....	56
ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง.....	57
ข้อเสนอแนะเพื่อประยุกต์ใช้งาน.....	57
รายการอ้างอิง.....	59
ภาคผนวก ก. การนำหน่วยเสียงอนุภาคไปใช้กับเครื่องอ่านคำไทยพยางค์เดียว แบบปรับความเร็วได้.....	61
ภาคผนวก ข. แผ่นภาพคลื่นเสียงของเสียงต้นแบบและเสียงสังเคราะห์.....	68
ภาคผนวก ค. ค่าทางสถิติของคะแนนดิบที่ได้จากการทำการทดสอบทัศนคติของ กลุ่มตัวอย่างต่อคุณภาพของเสียง.....	79
ประวัติผู้เขียน.....	87



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 การแปรค่าระยะเวลาของวรรณยุกต์คงระดับ .....	29
ตารางที่ 3.2 การแปรค่าระยะเวลาของวรรณยุกต์เปลี่ยนระดับ .....	30
ตารางที่ 4.1 แสดงคะแนนของเสียง "ซา" ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	36
ตารางที่ 4.2 แสดงคะแนนของเสียง "ซี" ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	37
ตารางที่ 4.3 แสดงคะแนนของเสียง "ซู" ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	38
ตารางที่ 4.4 แสดงคะแนนของเสียง "สะ" ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	42
ตารางที่ 4.5 แสดงคะแนนของเสียง "ลี" ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	42
ตารางที่ 4.6 แสดงคะแนนของเสียง "สุ" ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	42
ตารางที่ 4.7 แสดงคะแนนของเสียง "ซา" ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	45
ตารางที่ 4.8 แสดงคะแนนของเสียง "ซี" ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	46
ตารางที่ 4.9 แสดงคะแนนของเสียง "ซู" ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	47
ตารางที่ 4.10 แสดงคะแนนของเสียง "สะ" ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	49
ตารางที่ 4.11 แสดงคะแนนของเสียง "ลี" ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	49
ตารางที่ 4.12 แสดงคะแนนของเสียง "สุ" ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	49
ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าคะแนนของการระบุวรรณยุกต์ของกลุ่มตัวอย่าง.....	52
ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าคะแนนของทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อคุณภาพเสียง.....	52
ตารางที่ ค.1 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "ซา" ในการทดสอบครั้งที่ 1.....	79
ตารางที่ ค.2 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "ซี" ในการทดสอบครั้งที่ 1.....	80
ตารางที่ ค.3 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "ซู" ในการทดสอบครั้งที่ 1.....	81
ตารางที่ ค.4 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "สะ", "ลี", "สุ" ในการทดสอบครั้งที่ 1.....	82
ตารางที่ ค.5 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "ซา" ในการทดสอบครั้งที่ 2.....	83
ตารางที่ ค.6 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "ซี" ในการทดสอบครั้งที่ 2.....	84
ตารางที่ ค.7 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "ซู" ในการทดสอบครั้งที่ 2.....	85
ตารางที่ ค.8 แสดงค่าทางสถิติของเสียง "สะ", "ลี", "สุ" ในการทดสอบครั้งที่ 2.....	86

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงรูปคลื่นเสียงของสระ "อิ".....	7
รูปที่ 2.2 แสดงสเปคตรัมของสระอา.....	8
รูปที่ 2.3 แสดงสเปคตรัมของสระอี.....	8
รูปที่ 2.4 แสดงสเปคตรัมของสระอือ.....	8
รูปที่ 2.5 แสดงสเปคตรัมของสระอุ.....	9
รูปที่ 2.6 แสดงสเปคตรัมของสระเอ.....	9
รูปที่ 2.7 แสดงสเปคตรัมของสระแอ.....	9
รูปที่ 2.8 แสดงสเปคตรัมของสระโอ.....	9
รูปที่ 2.9 แสดงสเปคตรัมของสระออ.....	10
รูปที่ 2.10 แสดงสเปคตรัมของสระเออ.....	10
รูปที่ 2.11 แสดงความถี่หลักมูลของวรรณยุกต์ทั้ง 5 เสียง.....	11
รูปที่ 2.12 แสดงการแบ่งกรอบเสียงพูดมาวิเคราะห์เป็นส่วนย่อย.....	14
รูปที่ 2.13 แสดงผลลัพธ์จากกรรมวิธี AMDF .....	15
รูปที่ 2.14 แสดงการหาค่า y จากจุดสองจุด.....	15
รูปที่ 2.15 แสดงรูปหน้าตาแบบแฮมมิง.....	16
รูปที่ 2.16 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงแบบช่วงกรองกว้างและช่วงกรองแคบ.....	18
รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพสระแก่น (Cardinal Vowel).....	20
รูปที่ 3.2 แสดงผลลัพธ์จากกรรมวิธี AMDF กับเสียงไม่ก้อง.....	22
รูปที่ 3.3 แสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เสียงก้อง.....	22
รูปที่ 3.4 แสดงค่าความถี่หลักมูลที่ได้จากกรรมวิธี AMDF .....	23
รูปที่ 3.5 แสดงการเลือกตัดหน่วยเสียงอนุภาค.....	24
รูปที่ 3.6 แสดงการลดค่าความถี่หลักมูลของสัญญาณ.....	27
รูปที่ 3.7 แสดงการเพิ่มค่าความถี่หลักมูลของสัญญาณ.....	28
รูปที่ 3.8 แผนผังการทำงานของโปรแกรม AMDF.....	31
รูปที่ 3.9 แผนผังการทำงานของโปรแกรม Find_envelope.....	31
รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของโปรแกรม MP_SYNT.....	32

รูปที่ 4.1 แสดงแบบทดสอบการระบุวรรณยุกต์ของกลุ่มตัวอย่าง.....	33
รูปที่ 4.2 แสดงแบบทดสอบทัศนคติของกลุ่มตัวอย่างต่อคุณภาพเสียง.....	34
รูปที่ 4.3 แสดงการเพิ่มและลดความถี่หลักมูลด้วยกรรมวิธี PSOLA.....	53
รูปที่ ก.1 แผนผังโครงสร้างของเครื่อง CU-TALK.....	62
รูปที่ ก.2 แสดงหน่วยเสียงอนุภาคที่ถูกปรับแอมพลิจูดให้เต็มช่วง.....	64
รูปที่ ก.3 แสดงส่วนของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัล.....	64
รูปที่ ข.1 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงต้นแบบ ขา สำ ซ่า ซ้ำ และสา.....	69
รูปที่ ข.2 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงต้นแบบ ซี ลี ซึ่ ซี้ และสี.....	70
รูปที่ ข.3 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงต้นแบบ ชู ลู ชู่ ชุ้ และชู.....	71
รูปที่ ข.4 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงสังเคราะห์ ขา สำ ซ่า ซ้ำ และสา.....	72
รูปที่ ข.5 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงสังเคราะห์ ซี ลี ซึ่ ซี้ และสี.....	73
รูปที่ ข.6 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงสังเคราะห์ ชู ลู ชู่ ชุ้ และชู.....	74
รูปที่ ข.7 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงต้นแบบ สะ และชะ.....	75
รูปที่ ข.8 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงต้นแบบ สิ และชิ.....	75
รูปที่ ข.9 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงต้นแบบ สุ และชู.....	76
รูปที่ ข.10 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงสังเคราะห์ สะ และชะ.....	77
รูปที่ ข.11 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงสังเคราะห์ สิ และชิ.....	77
รูปที่ ข.12 แสดงแผนภาพคลื่นเสียงของเสียงสังเคราะห์ สุ และชู.....	78