

การสังเคราะห์พยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาในภาษาไทย

Synthesis of Stressed and Unstressed Syllables in Thai

นัฐพล พานสมบัติ และ เอกชัย ลีลาธรรมิ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 0-2218-6537 โทรสาร 0-2218-6488 E-mail : rhythm@digital.ee.eng.chula.ac.th

สุดาพร ลักขณียนาวิน

ภาควิชาภาษาศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการเปลี่ยนสัทลักษณะของพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาในภาษาไทย โดยใช้วิธี Time Domain Pitch Synchronous Overlapped Add(TD-PSOLA) ในการเปลี่ยนช่วงเวลาและความถี่มูลฐานของสัญญาณเสียงตามสัทลักษณะของพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบา จะช่วยให้คำพูดที่ได้จากการสังเคราะห์เสียงฟังเป็นธรรมชาติมากขึ้น สำหรับการปรับช่วงเวลาสามารถปรับได้ทั้งเพิ่มและลดช่วงเวลา และการปรับความถี่มูลฐานสามารถปรับได้ตามฐานข้อมูลความถี่มูลฐานของพยางค์เสียงเบาที่ได้ทำไว้

Abstract

This paper presents acoustic characteristic modification method of stressed and unstressed syllables by using Time Domain Pitch Synchronous Overlapped Add (TD-PSOLA). Modifying time and fundamental frequency of acoustic characteristics will help the synthesized speech sounds more naturally. Additionally, duration can be increased and lessen, as well as fundamental frequency can also be modified according to unstressed syllable database .

Keywords : Speech Synthesis, Stressed and Unstressed Syllable, Time-Scale Modification, Pitch-Scale Modification, Time Domain Pitch Synchronous Overlap-Add

1. บทนำ

ในภาษาไทยนั้น มีการลงเสียงหนักเบาในคำพูดที่พูดออกมา ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่ศึกษาลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์ของพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาออกมา จากงานวิจัยของ สุดาพร ลักขณียนาวิน[1],[2] สุกัลยา สุรินทร์ไพฑูรย์[3] และ รุจนา พินิจารมย์[4] สามารถสรุปได้ว่า การลงเสียงหนักเกี่ยวข้องกับลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์ทั้ง 4 คือ ความดัง ความยาว ระดับเสียงสูงต่ำ คุณสมบัติของสระและวรรณยุกต์ การลงเสียงหนักเบานั้น นอกจากจะทำให้คำพูดที่ออกมามีเป็นธรรมชาติแล้ว ยังเป็นส่วนสำคัญในการเข้าใจความหมายของคำพูดที่พูดออกมาอีกด้วย เช่น คำว่า “เสือหมอบ” ในประโยคว่า “เสือหมอบอยู่

ได้ต้นไม้” ความหมายแรกหมายถึง เสือ ทำกริยา หมอบ อยู่ใต้ต้นไม้ ในความหมายนี้จะลงเสียงหนักทั้งคำว่า “เสือ” และคำว่า “หมอบ” อีกความหมาย หมายถึง จักรยานเสือหมอบอยู่ที่ใต้ต้นไม้ ความหมายนี้จะลงเสียงหนักที่คำว่า “หมอบ” ส่วนคำว่า “เสือ” จะลงเสียงเบา

ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการสังเคราะห์พยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบา สำหรับคำพยางค์เดี่ยวที่ได้จากการสังเคราะห์ เพื่อให้คำจากการสังเคราะห์ฟังเป็นธรรมชาติมากขึ้นและเข้าใจไม่ผิดพลาด

2. ทฤษฎีทางภาษาศาสตร์

2.1 ระบบเสียงหนักเบาในภาษาไทย

ในการพูดแต่ละคำมีการลงเสียงหนักหรือลงเสียงเบา โดยมีเกณฑ์การกำหนดตำแหน่งของพยางค์เสียงหนักในคำพยางค์เดี่ยว จะมีกฎการลงเสียงหนัก ดังนี้

คำหลัก(Content Word) ได้แก่ คำนาม คำกริยา คำวิเศษณ์ และคำคุณศัพท์ จะลงเสียงหนักในการพูดปกติ

คำไวยากรณ์(Grammatical Word) ได้แก่คำประเภทอื่นที่ไม่ใช่คำเนื้อหา จะลงเสียงเบาในการพูดปกติ ยกเว้น ในการพูดเพียงลำพังหรือมีการเน้น

ตัวอย่างการลงเสียงหนักของคำพยางค์เดี่ยว ยกตัวอย่างคำว่า “กัน”

-	อย่า	กัน	ดี	กว่า
	ja:l	kan0	di:0	khwa:l
	(ปฏิเสธ)	(กริยา)		(วิเศษณ์)
	U	S	U	S
-	อย่า	กัน	ดี	กว่า
	ja:l	kan0	di:0	khwa:l
	(กริยา)	(สรรพนามแสดงการปฏิเสธ)		(วิเศษณ์)
	S	U	U	S

โดย S แทน การลงเสียงหนัก, U แทน การลงเสียงเบา

2.2 ลักษณะร่วมทางสัทศาสตร์ของพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาในภาษาไทย

2.2.1 ระดับเสียงสูงต่ำ(Pitch)

สุดาพร ลักขณียนาวิน[1],[2] สุกัลยา สุรินทร์ไพฑูรย์[3] และ

รจนา พินิจารมย์[4] ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับเสียงสูงต่ำใน พยางค์เสียงเบาในพยางค์ 2 ประเภท สรุปได้ดังนี้

ประเภทพยางค์เชื่อม

เสียงสูง เมื่อไม่ลงเสียงหนักส่วนมากจะปรากฏเป็นเสียงกลางระดับ แต่บางส่วนปรากฏเป็นเสียงสูงระดับ

เสียงต่ำ เมื่อไม่ลงเสียงหนักส่วนมากจะปรากฏเป็นเสียงกลางระดับ แต่บางส่วนปรากฏเป็นเสียงต่ำระดับ

ประเภทพยางค์ไม่เชื่อม

เสียงตก(เสียงโท) เมื่อไม่ลงเสียงหนักจะปรากฏเป็นได้ทั้งเสียงสูงระดับและเสียงสูงตกที่มีช่วงการตกสั้นลง

เสียงขึ้น(เสียงจัตวา)เมื่อไม่ลงเสียงหนักจะปรากฏเป็นเสียงขึ้น

เสียงสูง(เสียงตรี) เมื่อไม่ลงเสียงหนักส่วนมากจะปรากฏเป็นเสียงสูงระดับ แต่บางส่วนปรากฏเป็นเสียงกลางระดับ

เสียงกลาง(เสียงสามัญ) เมื่อไม่ลงเสียงหนักจะปรากฏเป็นเสียงกลางระดับ

เสียงต่ำ(เสียงเอก) เมื่อไม่ลงเสียงหนักจะปรากฏเป็นเสียงต่ำระดับ แต่บางส่วนปรากฏเป็นเสียงกลางระดับ

2.2.2 ความยาว(Length)

ธีรพันธ์ เหลืองทองคำ[5] ได้ทำการศึกษาความยาวของช่วงเวลาโดยการวัดคาบระยะเวลา แบ่งหน่วยเวลาตามจำนวนพยางค์ในหน่วยจังหวะ ตั้งแต่ 1 พยางค์หนัก(| S |) จนถึง 1 พยางค์หนัก 3 พยางค์เบา(| S U U U |) ดังนี้

$$1. |S| = 3$$

$$2. |S U| = 2:1$$

$$3. |S U U| = 1\frac{1}{2}:\frac{3}{4}:\frac{3}{4}$$

$$4. |S U U U| = 1:\frac{2}{3}:\frac{2}{3}:\frac{2}{3}$$

เมื่อ | | แทน ขอบเขตของหน่วยจังหวะ S แทน พยางค์ที่ลงเสียงหนัก U แทน พยางค์ที่ลงเสียงเบา

ช่วงเวลาของหน่วยจังหวะที่จำนวนพยางค์ไม่เท่ากัน โดยมีค่าเฉลี่ยเวลาของโครงสร้างหน่วยจังหวะแต่ละแบบ และค่าเฉลี่ยช่วงเวลาของพยางค์ในโครงสร้างหน่วยจังหวะแต่ละแบบ แสดงดังนี้

$$|S| = 0.30 \text{ sec.}$$

$$|S U| = 0.40 \text{ sec. หรือ } |0.25:0.15|$$

$$|S U U| = 0.49 \text{ sec. หรือ } |0.23:0.13:0.13|$$

$$|S U U U| = 0.59 \text{ sec. หรือ } |0.21:0.12:0.13:0.13|$$

3. ฐานข้อมูลความถี่ของพยางค์เสียงเบา

ในการเปลี่ยนความถี่มูลฐานในพยางค์เสียงเบาจะเปลี่ยนโดยใช้อัตราข้อมูลที่ได้สร้างไว้ โดยเก็บข้อมูลความถี่มูลฐานตามโครงสร้าง

พยางค์สำหรับวรรณยุกต์ต่างๆดังนี้

3.1 วรรณยุกต์สามัญ ใน พยางค์เป็น

3.1 วรรณยุกต์เอก ใน พยางค์เป็น พยางค์ตายสระเสียงยาว พยางค์ตายสระเสียงสั้นที่ลงท้ายด้วยเสียงกักที่สั้นเสียงและเสียงกักอื่นๆ

3.2 วรรณยุกต์โท ใน พยางค์เป็นและพยางค์ตายสระเสียงยาว

3.4 วรรณยุกต์ตรี ใน พยางค์เป็น พยางค์ตายสระเสียงสั้นที่ลงท้ายด้วยเสียงกักที่สั้นเสียง และเสียงกักอื่นๆ

3.5 วรรณยุกต์จัตวา ใน พยางค์เป็น

คำตัวอย่างมีโครงสร้างพยางค์ต่างๆกัน โดยมีตัวอย่างโครงสร้างละ 3 คำ เลือกประโยคที่ชุดคำนี้ลงเสียงเบาไปบันทึกเสียง และวิเคราะห์หาความถี่มูลฐาน จากนั้นนำความถี่มูลฐานที่ได้มาแบ่งเป็น 100% ตามช่วงเวลา จากนั้นนำความถี่มูลฐานของแต่ละโครงสร้างพยางค์มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลของพยางค์เสียงเบาสำหรับโครงสร้างพยางค์นั้นๆต่อไป

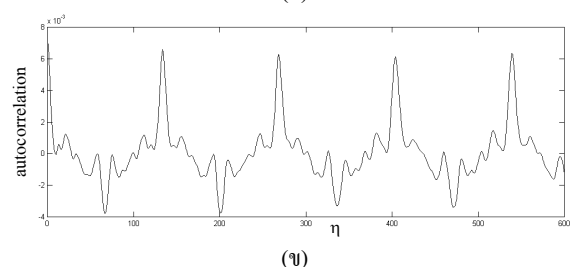
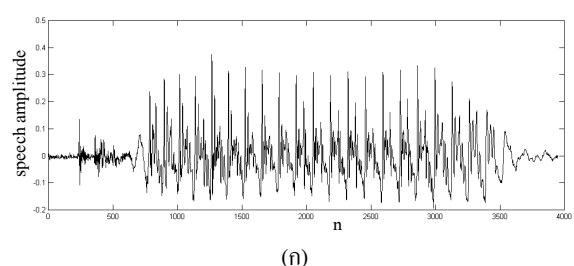
4. วิธีการในการสังเคราะห์เสียงหนักเบา

4.1 การระบุพิทช์(Pitch marking)

การระบุยอดพิทช์(pitch marking)ใช้สำหรับการวิเคราะห์แบบหน้าต่างให้เป็นสัญญาณช่วงสั้น เพื่อที่จะปรับช่วงเวลาและระดับเสียงสูงต่ำของสัญญาณเสียง โดยใช้การหาค่าอัตโนมัติ(Autocorrelation) หาค่าแห่งยอดพิทช์ โดยค่าอัตโนมัติสามารถหาได้ดังสมการ

$$r_x(\eta; m) = \frac{1}{N} \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n)w(m-n)s(n-\eta)w(m-n+\eta) \quad (1)$$

ในการหาค่าอัตโนมัติสัมพันธ์ของสัญญาณเสียง จะได้ค่าอัตโนมัติสัมพันธ์สูงสุดที่ค่า η เป็นจำนวนเท่าของคาบ[6] ดังรูปที่ 1



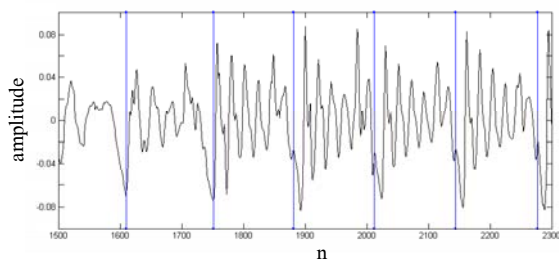
รูปที่ 1 ค่าอัตโนมัติสัมพันธ์ ของสัญญาณเสียงคำว่า “กา” (kaa0)

ณ จุดตัวอย่างที่ 2055(m=2055) (ก)สัญญาณเสียง (ข)ค่าอัตโนมัติสัมพันธ์

จากรูปที่ 1 รูปที่ 1(ก)แสดงสัญญาณเสียงคำว่า “กา”(kaa0) รูปที่ 1(ข) ได้แสดงค่าอัตราสัมพันธ์ของสัญญาณเสียง ณ จุดตัวอย่างที่ 2055 ค่าอัตราสัมพันธ์จะมีลักษณะซ้ำเป็นคาบ และระยะห่างระหว่างค่าสูงสุดจะเท่ากัน ซึ่งเท่ากับคาบของสัญญาณเสียง

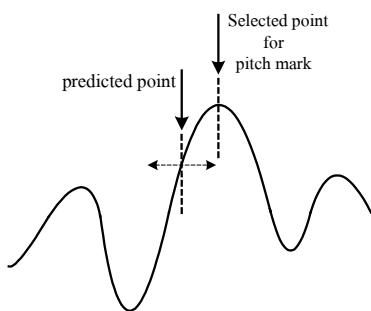
ด้วยคุณสมบัตินี้จึงใช้การหาค่าอัตราสัมพันธ์ ช่วยในการระบุพิทช์ เมื่อได้ตำแหน่งยอดพิทช์ถัดไป จะใช้ยอดพิทช์นั้นเป็นจุดอ้างอิงสำหรับหาค่าอัตราสัมพันธ์ของยอดพิทช์ถัดไป

แต่เมื่อใช้การหาค่าอัตราสัมพันธ์หายอดพิทช์ต่อไปหลายครั้งยอดพิทช์ที่ได้อาจเกิดการผิดพลาดจากตำแหน่งยอดพิทช์จริง การหาค่าอัตราสัมพันธ์ไม่สามารถหายอดพิทช์ต่อไปได้พอดีดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความผิดพลาดในการหายอดพิทช์โดยการหาค่าอัตราสัมพันธ์เมื่อทำซ้ำต่อไปหลายครั้ง

ในการหาค่าอัตราสัมพันธ์ประมาณตำแหน่งยอดพิทช์ถัดไปจะใช้ยอดพิทช์ที่ได้เป็นจุดหลักโดยพิจารณาจุดโดยรอบจุดนั้นในช่วงเวลาที่กำหนดขึ้นแล้วหาจุดที่มีค่ามากที่สุด เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับหายอดพิทช์ต่อไป ดังรูปที่ 3



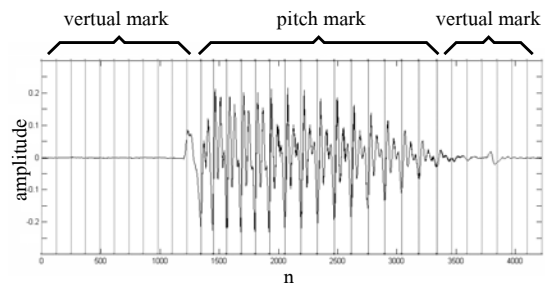
รูปที่ 3 การเลือกยอดพิทช์ จากยอดพิทช์ที่ประมาณได้จากการหาค่าอัตราสัมพันธ์

4.2 การระบุพิทช์แบบเสมือน(Virtual pitch marking)

สัญญาณเสียงประกอบด้วย ส่วนที่เป็นเสียงก้อง และเสียงไม่ก้อง เสียงไม่ก้องนั้นจะอยู่ที่ต้นพยางค์และที่ท้ายพยางค์ การระบุพิทช์เป็นการหายอดพิทช์ในส่วนของพยางค์ที่เป็นเสียงก้องเท่านั้น ซึ่งเพียงพอในการเปลี่ยนระดับเสียงสูงต่ำ แต่สำหรับการเปลี่ยนช่วงเวลาของพยางค์นั้น จะต้องเพิ่มหรือลดสัญญาณทั้งในส่วนที่เป็นเสียงก้องและ

เสียงไม่ก้อง แต่ในส่วนของเสียงไม่ก้องไม่มีการระบุพิทช์ จึงต้องทำการระบุพิทช์แบบเสมือนสำหรับใช้ในการลดหรือเพิ่มเวลาของสัญญาณเสียง

สำหรับส่วนที่เป็นเสียงก้อง ระยะห่างระหว่างจุดระบุจะเท่ากับระยะระหว่างยอดพิทช์ ดังนั้นเราจะใช้ค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างยอดพิทช์ในการระบุพิทช์แบบเสมือน เพื่อใช้ในการเพิ่มหรือลดค่าเวลาของสัญญาณ



รูปที่ 4 ยอดพิทช์และยอดพิทช์เสมือนในสัญญาณเสียง (รูปนี้ ระบุยอดพิทช์ที่ยอดล่างของสัญญาณ)

4.3 การวิเคราะห์แบบหน้าต่าง(Windowing)

การวิเคราะห์แบบหน้าต่างเป็นการวิเคราะห์สัญญาณเสียงโดยกำหนดกรอบสัญญาณเป็นช่วงสั้นๆเท่าๆกัน โดยการคูณสัญญาณเสียงด้วยฟังก์ชันหน้าต่าง สัญญาณช่วงสั้นๆที่ได้จะสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้

ฟังก์ชันหน้าต่างที่เลือกใช้คือ หน้าต่างแฮนนิ่ง (Hanning window) หน้าต่างแฮนนิ่ง $w(n)$ มีค่าดังสมการที่ 2

$$w(n) = \begin{cases} 0.5 \times \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \right] & , n = 0, 1, 2, \dots, N-1 \\ 0 & , n \text{ ค่าอื่นๆ} \end{cases} \quad (2)$$

4.4 วิธีเปลี่ยนลักษณะทางกลศาสตร์ของพยางค์

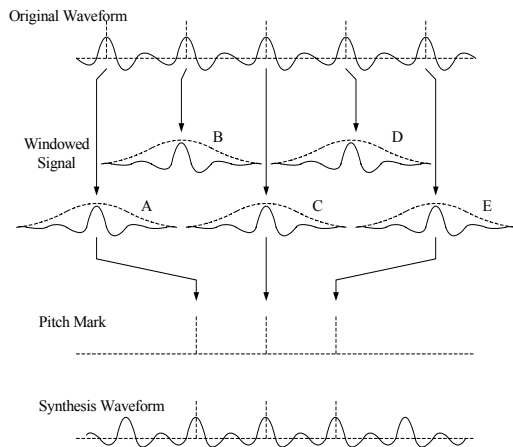
การเปลี่ยนลักษณะทางกลศาสตร์ จะใช้วิธี Time Domain Pitch Synchronized Overlapped Add (TD-PSOLA)[7] ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการปรับทำนองเสียงโดยการปรับตำแหน่งพิทช์และสามารถปรับช่วงเวลาโดยการทำซ้ำหรือลบสัญญาณออก

4.4.1 การเปลี่ยนช่วงเวลา

4.4.1.1 การลดช่วงเวลา

การลดช่วงเวลาทำได้โดยตัดสัญญาณช่วงสั้นบางส่วนและยอดพิทช์ของสัญญาณนั้นออก ดังแสดงในรูปที่ 5

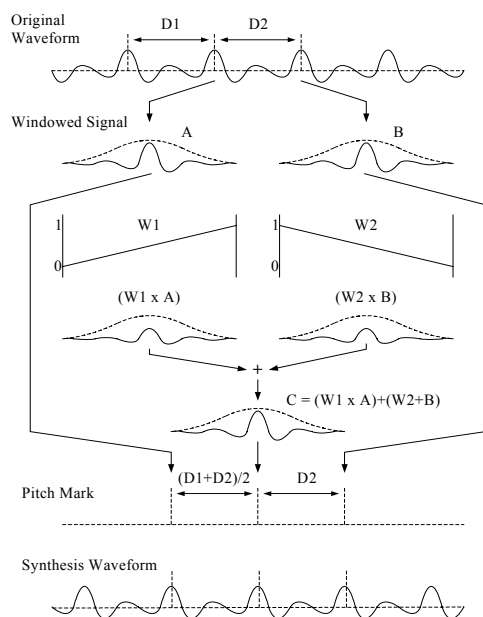
รูปนี้แสดงให้เห็นว่าสัญญาณเสียงที่วิเคราะห์แบบหน้าต่างจะเป็นสัญญาณช่วงสั้นเช่น สัญญาณช่วงสั้น A, B, C, D และ E เราสามารถลดช่วงเวลาโดยตัดสัญญาณช่วงสั้น B และ D ออก แล้วรวมสัญญาณช่วงสั้นกลับมาใหม่โดยการบวกซ้อน(Overlap-Add) ที่ตำแหน่งยอดพิทช์



รูปที่ 5 การลดช่วงเวลา

4.4.1.2 การเพิ่มช่วงเวลา

การเพิ่มช่วงเวลาทำได้โดยแทรกสัญญาณช่วงสั้นในสัญญาณเดิม โดยสัญญาณที่แทรกจะสร้างขึ้นโดยวิธีการเปลี่ยนความเร็วเสียงพูด (อักษาด[8]) และ สร้างยอดพิทซ์ขึ้นใหม่



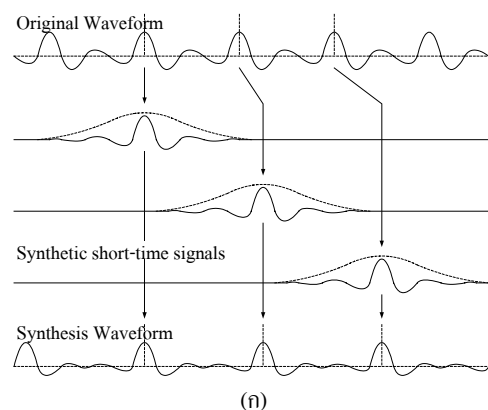
รูปที่ 6 การเพิ่มช่วงเวลา

รูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณเสียงถูกวิเคราะห์แบบหน้าต่างจะเป็นสัญญาณช่วงสั้นเช่น สัญญาณช่วงสั้น A, B เราสามารถเพิ่มช่วงเวลาโดยแทรกสัญญาณช่วงสั้น C ซึ่งสร้างจากสัญญาณช่วงสั้น A และ B โดยคูณสัญญาณช่วงสั้น A และ B ด้วยตัวน้ำหนักดังรูปที่ 6 ได้เป็น $(W1 \times A)$ และ $(W2 \times B)$ นำสัญญาณที่ได้มาบวกกัน จะได้สัญญาณช่วงสั้น C และพิทซ์สำหรับสัญญาณช่วงสั้น C หาได้โดยนำระยะระหว่างยอดพิทซ์ของสัญญาณช่วงสั้น A กับสัญญาณช่วงสั้นก่อนหน้าสัญญาณช่วงสั้น A และระยะระหว่างยอดพิทซ์ของสัญญาณช่วงสั้น B กับสัญญาณ

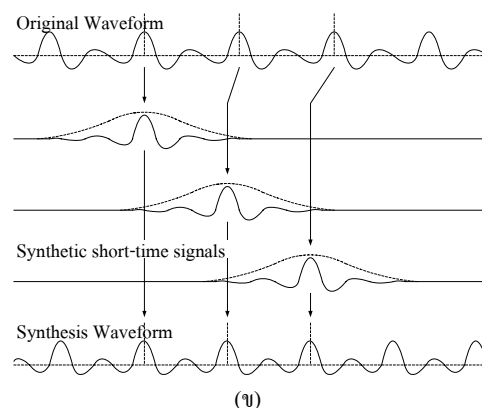
ช่วงสั้น A มาหาค่าเฉลี่ยกัน และรวมสัญญาณช่วงสั้นกลับมาใหม่โดยการบวกซ้อน(Overlap-Add) ที่ตำแหน่งยอดพิทซ์ของแต่ละสัญญาณช่วงสั้น

4.4.2 การเปลี่ยนระดับเสียงสูงต่ำ

การเปลี่ยนระดับเสียงสูงต่ำเป็นการปรับความถี่มูลฐานของสัญญาณเสียงสามารถกระทำได้โดยการเปลี่ยนระยะเวลาระหว่างยอดพิทซ์ เมื่อเพิ่มระยะเวลาระหว่างยอดพิทซ์จะทำให้ความถี่ลดลง ทำให้เสียงต่ำลง แต่เมื่อลดระยะเวลาระหว่างยอดพิทซ์จะทำให้ความถี่เพิ่มขึ้น ทำให้เสียงสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 7



(ก)



(ข)

รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงระดับเสียงสูงต่ำของสัญญาณเสียงโดยใช้วิธี TD-PSOLA (ก) การลดความถี่มูลฐาน (ข) การเพิ่มความถี่มูลฐาน

5. การทดสอบการฟังเสียงสังเคราะห์

การทดสอบการฟังเสียงสังเคราะห์ใช้คำทดสอบจากการสังเคราะห์ด้วยหน่วยเสียงแบบอรรถพยางค์(Demissyllables) โดยจะเปรียบเทียบคำสังเคราะห์โดยแบ่งเป็นกรณี ดังนี้

- 5.1 คำสังเคราะห์ไม่ปรับลักษณะร่วมทางกลศาสตร์(W_0)
- 5.2 คำสังเคราะห์ที่ปรับลักษณะร่วมทางกลศาสตร์(W_1)
- 5.3 คำสังเคราะห์เมื่ออยู่ในประโยคสังเคราะห์ที่ไม่ปรับลักษณะร่วมทางกลศาสตร์(S_0)
- 5.4 คำสังเคราะห์เมื่ออยู่ในประโยคสังเคราะห์ที่ปรับลักษณะร่วมทางกลศาสตร์(S_1)

แต่ละกรณีใช้คำทดสอบ 10 คำ โดยแต่ละคำมีตัวอย่างคำทดสอบ 3 ชุด ชุดละ 30 คำ รวม 4 ชุด เป็นจำนวนตัวอย่างคำทดสอบทั้งหมด 120 คำ โดยให้กลุ่มตัวอย่างประเมินระดับความพอใจจากการรับฟังคำทดสอบ(5 = ดีมาก, 4 = ดี, 3 = ปานกลาง, 2 = แย่, 1 = แย่มาก)โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 9 คนได้ผลสรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระดับความพอใจของผู้ฟัง

กรณีของคำทดสอบ	W0	W1	S0	S1
คะแนนรวมเฉลี่ย	3.29	3.00	3.37	3.54
คะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมทดสอบ สูงสุด-ต่ำสุด	4.1 - 2.2	3.8 - 1.8	4.2 - 2.5	4.6 - 2.7

จากผลการทดลองจะพบว่า การปรับลักษณะร่วมทางกลศาสตร์ในระดับคำ ไม่ได้ช่วยให้การรับฟังดีขึ้น แต่ในระดับประโยค การปรับลักษณะร่วมทางกลศาสตร์ จะให้ผลที่ดีกว่าทั้งคะแนนรวมเฉลี่ย และค่าสูงสุด-ต่ำสุด ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมทดสอบ เนื่องจากในระดับประโยค การปรับลักษณะร่วมมีผลต่อท่วงทำนองเสียงของประโยค

6. สรุป

บทความนี้นำเสนอวิธีการสังเคราะห์พยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาด้วยการปรับลักษณะทางกลศาสตร์อันได้แก่ ช่วงเวลาและระดับเสียงสูงต่ำ โดยใช้วิธี Time Domain Pitch Synchronized Overlapped Add(TD-PSOLA) เป็นวิธีการหลักในการปรับลักษณะร่วมทางกลศาสตร์นี้ ซึ่งช่วยให้เสียงจากการสังเคราะห์เป็นประโยครับฟังได้เป็นธรรมชาติและผู้รับฟังฟังพอใจมากขึ้น

นอกจากช่วงเวลาและระดับเสียงสูงต่ำแล้ว ยังมีลักษณะร่วมทางกลศาสตร์ที่เกี่ยวกับพยางค์เสียงหนักและพยางค์เสียงเบาอื่นๆอีก คือ ความดังและคุณสมบัติของสระและวรรณยุกต์ จึงควรมีการทำวิจัยเรื่องนี้ต่อไปเพื่อให้คุณภาพเสียงจากการสังเคราะห์ดียิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก โครงการทุนบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Luksaneeyanawin, S. "Intonation in Thai." Doctor of Philosophy Thesis, University of Edinburgh, 1983.
- [2] Luksaneeyanawin, S. "Intonation in Thai." D.Hirst and A.Di Cristo(eds). Intonation Systems: A Survey of Twenty Languages. Cambridge University Press. pp 376-394.

- [3] สุกัลยา สุรินทร์ไพฑูรย์. ระบบพยางค์หนักเบาของคำหลายพยางค์ในภาษาไทย. วิทยานิพนธ์อักษรศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528
- [4] รุจนา พินิจารมณ. ลักษณะเชิงกลศาสตร์ของวรรณยุกต์ในภาษาไทยกรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์อักษรศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533
- [5] Luangthongkum, T. "Rhythm in Standard Thai." Doctor of Philosophy Thesis, University of Edinburgh, 1977.
- [6] Deller Jr.,J., Proakis,J. and Hansen,J. Discrete-Time Processing of Speech Signals. Prentice- Hall Inc., New Jersey, 1993
- [7] Charpentier,F. and Moulines,E. "Pitch-Synchronous Waveform Processing Techniques for Text-to-Speech Synthesis Using Diphones." Eurospeech'89, European Conference on Speech Communication and Technology, Paris, 1989
- [8] อภิชาติ ตั้งทางธรรม. การเปลี่ยนความเร็วของเสียงพูด. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17, 2537



นัฐพล พานสมบัติ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2542 ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ณ สถาบันเดียวกัน



เอกชัย ลีลาธรรม สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2517 ในปี พ.ศ. 2519 ถึง พ.ศ. 2525 ได้รับทุนอานันทมหิดล เพื่อไปศึกษาต่อในระดับปริญญาโทและเอก ณ University of California at Berkeley

ประเทศสหรัฐอเมริกา ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย งานวิจัยที่สนใจในทางสนใจคือ โปรแกรมจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้า, การสังเคราะห์เสียงภาษาไทย, ระบบคำบรรยายภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ และการออกแบบวงจรรวม



สุดาพร ลักษณินาวิน สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีและโท จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2511 และ 2512 ได้รับทุน Ford Foundation ไปศึกษาที่ University of Leeds ในสาขาวิทยาศาสตร์ภาษาอังกฤษ ต่อมาสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาภาษาศาสตร์ จาก University of Edinburgh เป็น Postdoctoral Fellow ทาง Speech Computing and Speech Technology ที่มหาวิทยาลัยเดียวกัน ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการศูนย์วิจัยการประมวลผลภาษาและวัจนะ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย