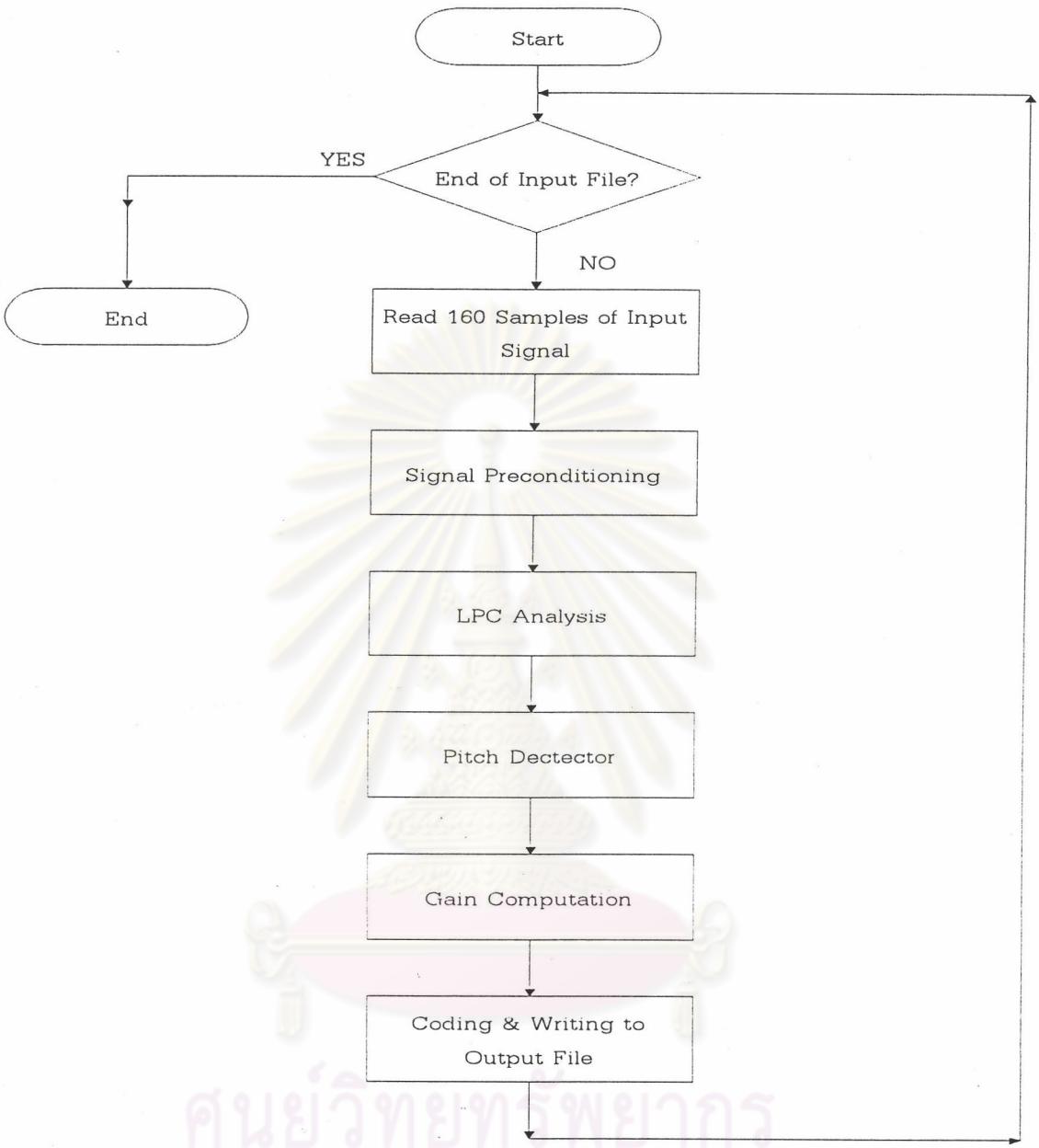
บทที่ 5

การวิจัยและการพัฒนา

ขั้นตอนการวิจัยประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ ๆ คือ การพัฒนาโปรแกรมบีบและคลายข้อมูลเสียงพูดซึ่งใช้หลักการเข้ารหัสแบบทำนายเชิงเส้น การพัฒนาโปรแกรมบีบและคลายข้อมูลเสียงพูดซึ่งใช้หลักการแอลพีซี10 ซีอีแอลพี และอาร์พีอี-แอลทีพี โปรแกรมเหล่านี้รวมทั้งโปรแกรม LPC ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์พีซี การวิจัยครอบคลุมถึงการวัดคุณภาพของสัญญาณเสียงพูดที่ได้จากการบีบและคลายโดยการลงคะแนนความเห็นจากผู้ทดสอบ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการการพัฒนาโปรแกรมบีบและคลายข้อมูลเสียงพูดที่ทำงานแบบทันทีและการวัดคุณภาพของสัญญาณเสียงพูดที่ได้

การพัฒนาโปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีการเข้ารหัสแบบทำนายเชิงเส้น

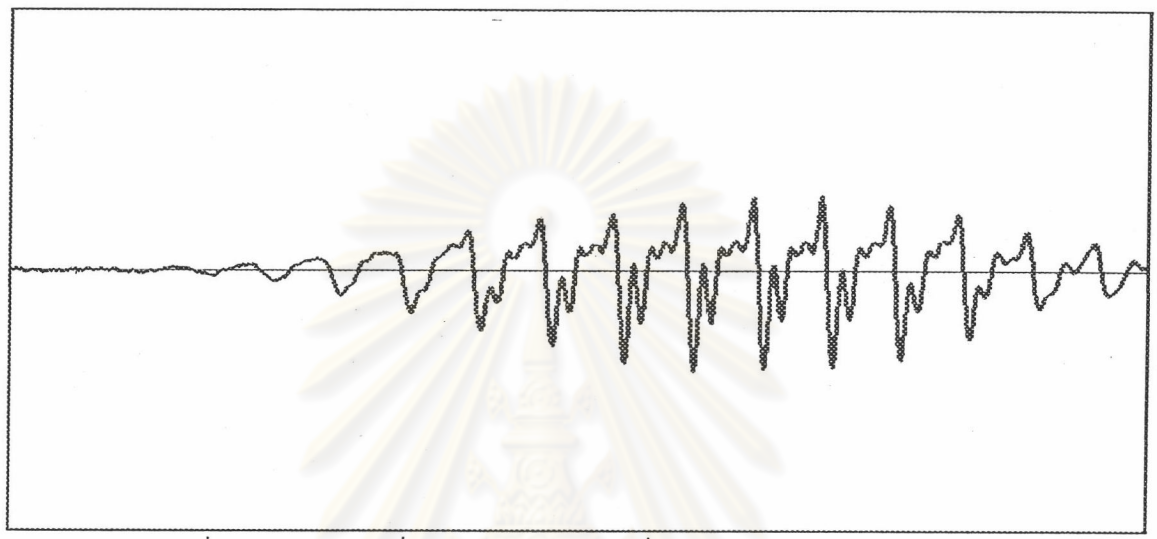
การเข้ารหัสแบบทำนายเชิงเส้นหรือแอลพีซีเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณเสียงพูด วิธีการบีบข้อมูลเสียงพูดที่ได้กล่าวมาแล้วล้วนต้องใช้การวิเคราะห์แอลพีซีเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น การพัฒนาโปรแกรม LPC มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานในรายละเอียดของการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีนี้ ขั้นตอนย่อยในการวิจัยได้แก่ การศึกษาวิธีการวิเคราะห์แอลพีซี การศึกษารูปแบบของแฟ้มข้อมูลเวฟที่เก็บสัญญาณเสียงบนพีซี การเก็บตัวอย่างแฟ้มข้อมูลเสียงพูด ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลเสียงพูดได้จากการบันทึกสัญญาณโดยอาศัยแผงวงจรเสียง โดยเลือกความถี่ในการสุ่มสัญญาณที่ 8 KHz เนื่องจากเป็นความถี่มาตรฐานในการสุ่มสัญญาณเสียงที่ใช้ในการสื่อสารโดยทั่วไป ความถี่นี้เหมาะสำหรับเสียงพูดซึ่งมีช่วงแบนด์วิดธ์ประมาณ 3.4 kHz จำนวนบิตข้อมูลต่อตัวอย่างสัญญาณเสียงพูดที่ใช้คือ 16 บิต และในขั้นตอนท้ายเป็นการเขียนโปรแกรมและการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม โปรแกรม LPC เขียนขึ้นมาในภาษาซีโดยโปรแกรมทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการเอ็มเอสดอส (MS DOS) ประกอบไปด้วยโปรแกรมสองโปรแกรมด้วยกัน นั่นคือ sc.exe สำหรับบีบข้อมูลเสียงพูดและ su.exe สำหรับใช้ในการคลาย



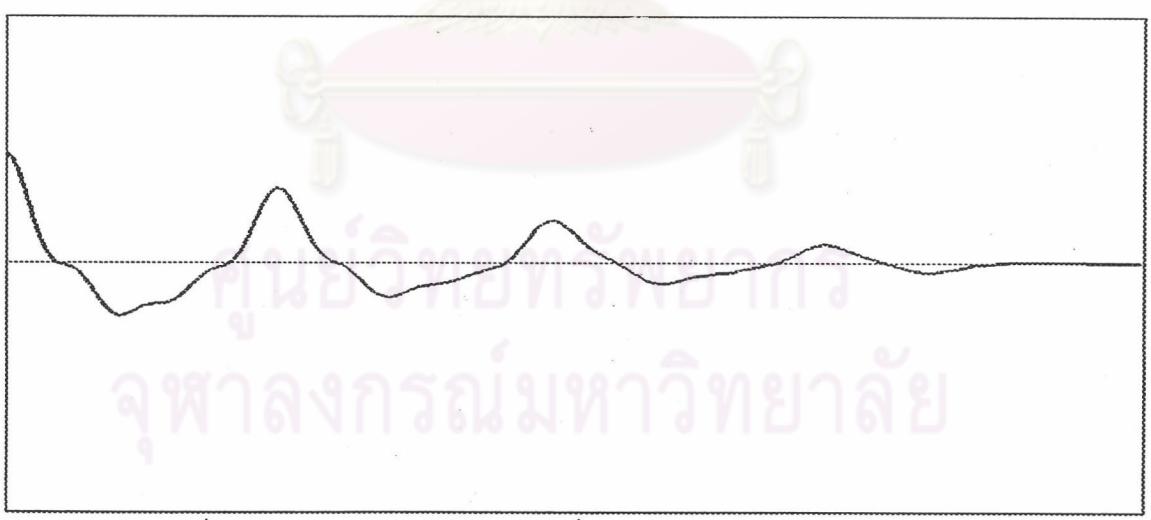
รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของของโปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูด sc.exe

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมได้แสดงดังรูปที่ 5.1 การทำงานในส่วนบีบข้อมูลเสียงพูดเริ่มต้นโดยการอ่านข้อมูลเสียงเข้ามาทีละเฟรม โดยแต่ละเฟรมมีขนาด 160 ตัวอย่างสัญญาณ หรือขนาดอื่น ๆ ตามที่ระบุไว้ที่บรรทัดคำสั่ง (command line) สัญญาณเสียงพูดจะถูกคูณกับวินโดว์ซึ่งกำหนดด้วยพารามิเตอร์ที่บรรทัดคำสั่ง เพื่อทำให้สัญญาณมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ซึ่งเลือกได้สามแบบคือแฮมมิง (Hamming) แบล็คแมน (Blackman) หรือแบบสี่เหลี่ยม (rectangular) ต่อจากนั้นจะทำการคำนวนเพื่อหาสัญญาณออโตโครีเลชัน สัญญาณออโตโครีเลชันจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์การสะท้อนโดยวิธีเลวินสัน-เดอบิน โดยการวิเคราะห์ใช้อันดับของการวิเคราะห์ที่ 12 นั่นคือเราจะได้สัมประสิทธิ์การ

สะท้อนจำนวน 12 ตัวด้วยกัน ต่อจากนั้นสัญญาณเสียงพูดจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาพิทช์ของสัญญาณเสียงพูดและเกนตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 สัมประสิทธิ์การสะท้อน พิทช์ และ เกนจะถูกนำไปเข้ารหัสเพื่อบรรจุลงในเฟรมข้อมูลขนาด 80 บิตต่อเฟรมข้อมูลขนาด 20 mS ซึ่งทำให้ได้อัตราข้อมูลเสียงพูดที่บีบแล้วเท่ากับ 4 Kbps



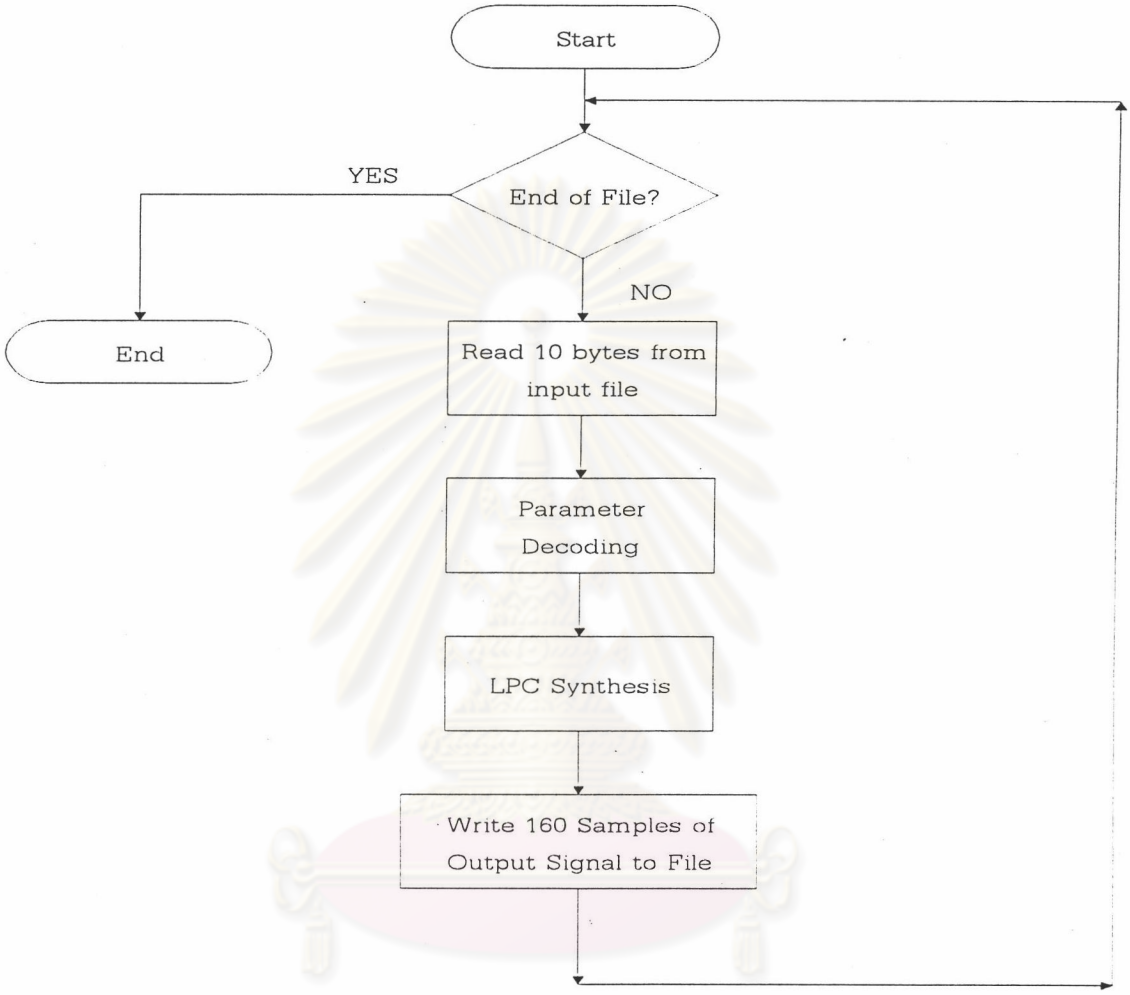
รูปที่ 5.2 แสดงส่วนหนึ่งของสัญญาณเสียงพูดที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม LPC



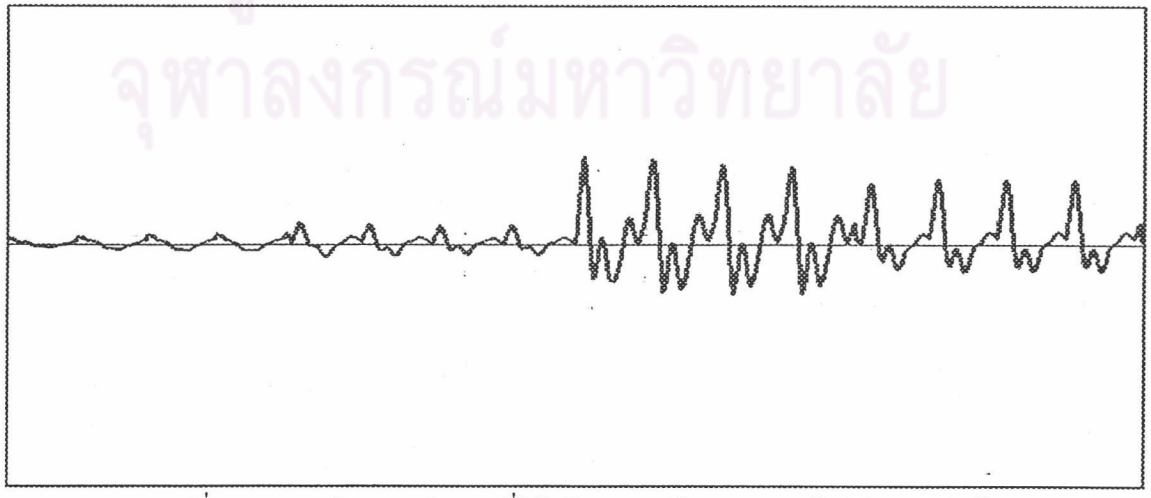
รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณออโตโครีเลชันที่ได้จากตัวอย่างสัญญาณเสียงพูด

สำหรับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคลายข้อมูลเสียงพูด su.exe แสดงไว้ในรูปที่ 5.4 การทำงานเริ่มต้นด้วยการอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลที่บันทึกรหัสสัญญาณเสียงพูดที่บีบไว้แล้ว โดยอ่านมาครั้งละ 10 ไบต์ซึ่งเป็นขนาดของข้อมูลที่เข้ารหัสแล้วของแต่ละเฟรมจนกว่าจะจบแฟ้มข้อมูล รหัสข้อมูลทั้ง 10 ไบต์จะถูกแปลงกลับเป็นพารามิเตอร์แอลพีซีต่าง ๆ นั่นคือ เกน พิทช์ และสัมประสิทธิ์การสะท้อน พารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการ

สังเคราะห์สัญญาณเสียงพูด สัญญาณเสียงพูดที่สังเคราะห์ได้จะมีความยาวเท่ากับหนึ่งเฟรมซึ่งปกติคิดเป็นเวลาเท่ากับ 20 mS



รูปที่ 5.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมถอดรหัสข้อมูลเสียงพูด su.exe



รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณเสียงพูดที่ได้หลังจากการบีบและคลายด้วยวิธีแอลพีซีแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมอื่น ๆ ที่ใช้ในการบีบข้อมูลเสียงพูดบนพีซี

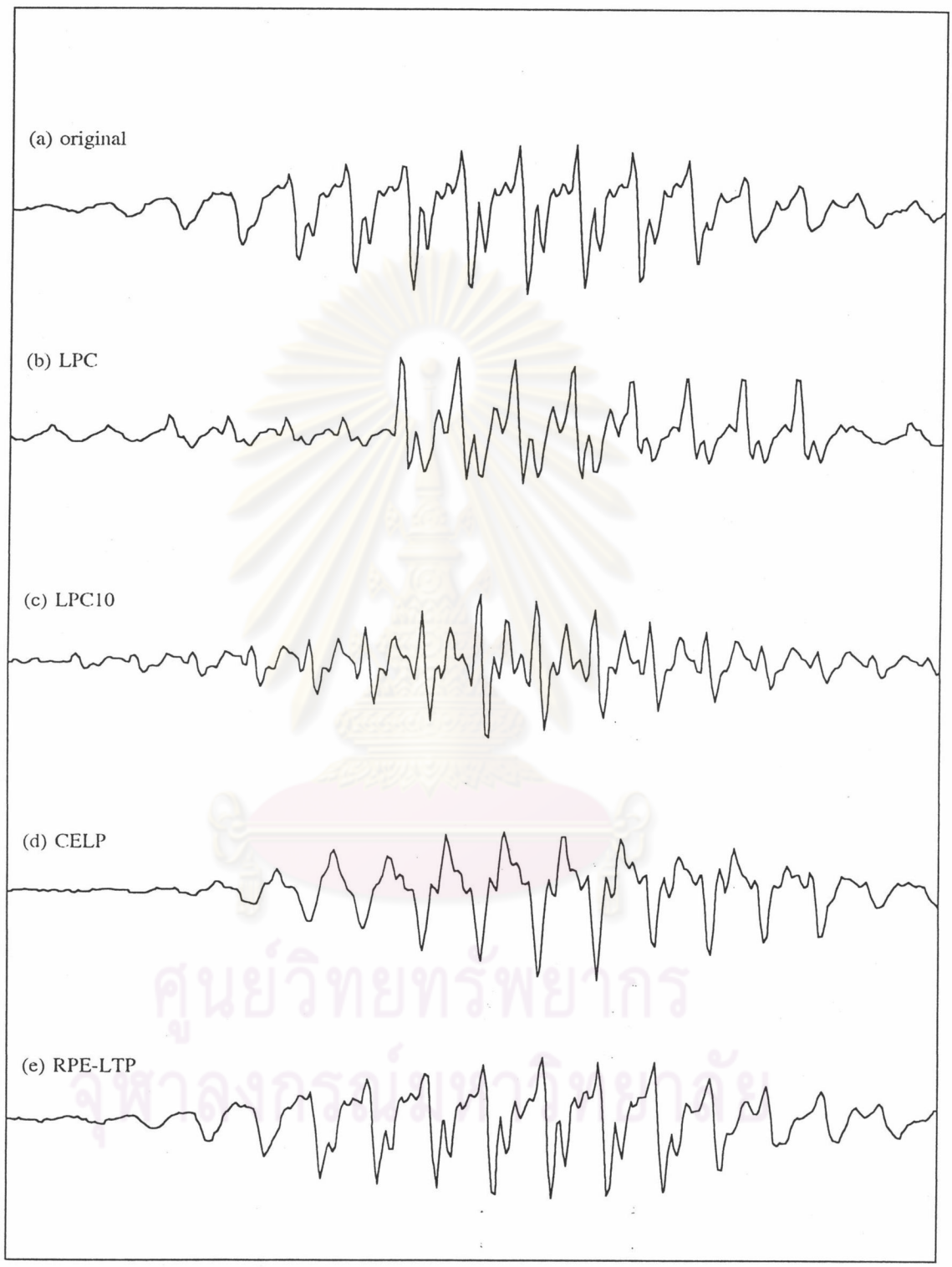
โปรแกรมอื่น ๆ ที่สนใจและใช้สำหรับเปรียบเทียบคุณภาพของเสียงพูดที่ได้ภายหลังการบีบและคลายข้อมูลแล้วในการวิจัยได้แก่ โปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีแอลพีซี10 ตามมาตรฐานเฟดเดอรัล 1015 พัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมสหรัฐ โปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีซีอีแอลพี (CELP) ตามมาตรฐานเฟดเดอรัล 1016 พัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมสหรัฐเช่นกัน และโปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีอาร์พีอี-แอลทีพี (RPE-LTP) ตามมาตรฐานจีเอสเอ็ม 06.10 (European GSM 06.10 provisional standard for full-rate speech transcoding, prI-ETS 300 036) โปรแกรมเหล่านี้แรกเริ่มเขียนด้วยภาษาซีและทำงานอยู่บนเครื่องเวิร์กสเตชัน (work station) โดยรับแฟ้มข้อมูลเสียงพูดที่มีรูปแบบที่ใช้อยู่เครื่องเวิร์กสเตชัน ในการพัฒนาโปรแกรมได้มีการดัดแปลงโปรแกรมต้นฉบับเหล่านั้นเพื่อให้สามารถทำงานบนพีซีและสามารถรับข้อมูลเสียงพูดในรูปแฟ้มข้อมูลเวฟ

1. โปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีแอลพีซี10

อันดับตัวทำนาย	10
อัตราสุ่มสัญญาณ	8 kHz
อัตราบิตข้อมูล	2,400 bps
เฟรม	22.5 ms (54 บิตต่อเฟรม)
ขั้นตอนวิธีหาพิทช์	AMDF (51 ถึง 400 Hz)
การตัดสินโฆษะ/อโฆษะ	2 ครั้งต่อเฟรม
เมทริกซ์	โคแวเรียนซ์
การเข้ารหัสสัมประสิทธิ์การ	สัดส่วนล็อกแอเรียสำหรับ RC1 และ RC2 ลิเนียร์สำหรับตัว
การเข้ารหัสแก้ไขความผิดพลาด	แฮมมิงโคดสำหรับบิตที่เลือก

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติการบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีแอลพีซี10 ตามมาตรฐานเฟดเดอรัล 1015

โปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีนี้มีหลักการพื้นฐานในการทำงานเช่นเดียวกันกับโปรแกรม LPC ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ในรายละเอียดมีการพัฒนาคุณภาพเสียงพูดที่ดีกว่าเช่น การเพิ่มการตัดสินใจโฆษะ/อโฆษะเป็นสองครั้งต่อเฟรม เป็นต้น แม้ว่าโปรแกรมต้นฉบับสามารถเลือกอัตราข้อมูลเมื่อบีบแล้วได้หลายอัตรา แต่ในการวิจัยครั้งนี้สนใจที่อัตราข้อมูลถี่ 2400 bps เท่านั้น ความถี่ข้อมูลอื่น ๆ อยู่นอกเหนือขอบเขตการวิจัยครั้งนี้ Frerking (1994) ได้กล่าวถึงมาตรฐานเฟดเดอรัล 1015 และได้แสดงคุณสมบัติที่สำคัญของโปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดวิธีนี้ดังแสดงในตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบรูปคลื่นของเสียงพูดที่ได้จากวิธีการบีบข้อมูลเสียงแต่ละวิธี รูปบนสุดเป็นรูปคลื่นเสียงต้นฉบับของพยางค์ 'ทด' ในคำว่า 'ทดสอบ' ถัดลงมาเป็นรูปคลื่นที่ได้หลังจากผ่านการบีบและคลายด้วยวิธี แอลพีซี แอลพีซี10 ซีอีแอลพี และอาร์พีอี-แอลทีพี ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. โปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีซีอีแอลพี

จากการศึกษาการทำงานของโปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดวิธีนี้ พบว่ามีคุณสมบัติที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 5.2

อันดับตัวทำนาย	10
อัตราสุ่มสัญญาณ	8 kHz
อัตราบิตข้อมูล	4,800 bps
เฟรม	30 ms (144 บิตต่อเฟรม)
การตัดสินโฆษะ/อโฆษะ	4 ครั้งต่อเฟรม
เมทริกซ์	โคแวเรียนซ์

ตารางที่ 5.2 แสดงคุณสมบัติการบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธี CELP มาตรฐานเฟดเดอรัล 1015

3. โปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีอาร์พีอี-แอลทีพี

สำหรับหลักการทำงานและคุณสมบัติของวิธีนี้ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

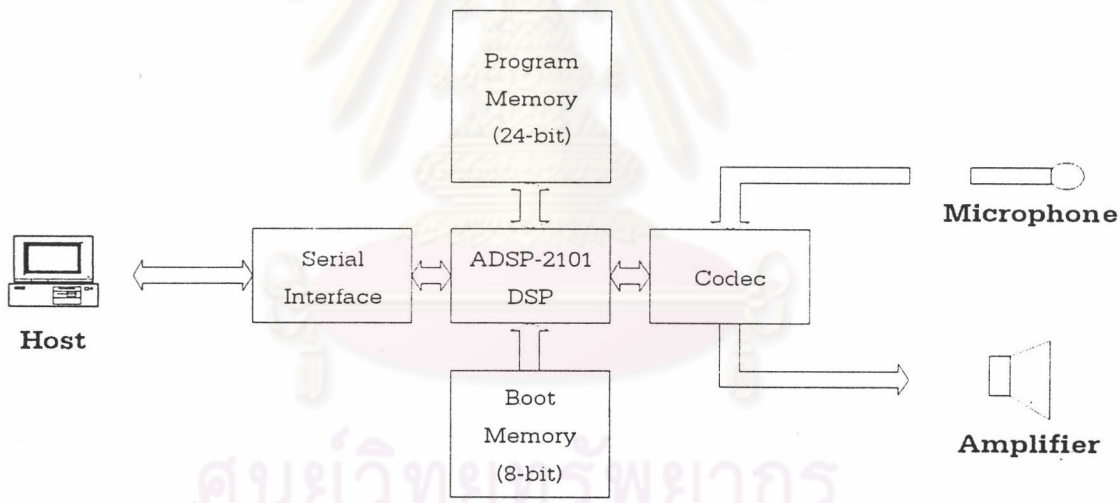
ในรูปที่ 5.6 ได้แสดงการเปรียบเทียบรูปคลื่นที่ได้หลังการบีบและคลายข้อมูลเสียงด้วยวิธีต่าง ๆ ต่าง ๆ ได้แก่ แอลพีซี แอลพีซี10 ซีอีแอลพี และอาร์พีอี-แอลทีพี รูปคลื่นที่แสดงเป็นส่วนของพยางค์ 'ทด' จากแฟ้มข้อมูลเสียงทดสอบคำว่า 'ทดสอบ' จะสังเกตได้ว่าวิธีอาร์พีอี-แอลทีพี เป็นวิธีที่ให้รูปคลื่นที่ใกล้เคียงกับรูปคลื่นต้นฉบับมากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฮาร์ดแวร์สำหรับบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

โครงสร้างของฮาร์ดแวร์ที่ใช้สำหรับการบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีอาร์พีอี-แอลทีพี โดยใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ADSP2101 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.7 ประกอบด้วย ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ADSP2101KP-66 ซึ่งทำงานที่ความเร็วสูงสุด 66 MHz แต่ในงานวิจัยใช้สัญญาณนาฬิกาความเร็ว 16.384 MHz ซึ่งสัญญาณนาฬิกาดังกล่าวจะถูกทวีความถี่ด้วยวงจรเฟสล็อกลูบ (phase lock loop) ภายในตัวประมวลผลเองทำให้มันมีความเร็วในการประมวลผล 65.536 MHz เทียบเท่ากับ 16.384 MIPS ADSP2101 ต่อเข้ากับหน่วยความจำสำหรับการบูต (boot memory) ซึ่งเป็นอีพรอม (EPROM) ที่มีขนาด 512 Kbyte เก็บโปรแกรมโหลดเดอร์ (loader) สำหรับนำโปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดเข้าไปทำงานในหน่วยความจำของตัวประมวลผล เนื่องจากโปรแกรมสำหรับการบีบและคลายข้อมูลเสียงพูดมีขนาด

ใหญ่เกินกว่าที่จะบรรจุลงในหน่วยความจำภายในตัวประมวลผลได้ทั้งหมด จึงต้องต่อหน่วยความจำภายนอกซึ่งเป็นชนิดสถิตย์ (static) มีขนาดตัวละ 8 Kbyte จำนวน 3 ตัว มีความเร็วในการอ่านเขียนข้อมูล 100 ns ซึ่งช้าเกินไปสำหรับตัวประมวลผลจึงต้องใช้สถานะคอย (wait state) หนึ่งไซเคิล สำหรับโคเด็คเป็นตัวแปลงสัญญาณเสียงพูดให้เป็นสัญญาณดิจิตอลและในทางกลับกันก็ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณเสียงพูดด้วย โคเด็คที่ใช้ในการวิจัยเป็นตัวโคเด็คของบริษัทโมโตโรลาทำงานที่อัตราการสุ่มสัญญาณ 8 KHz ข้อมูลเสียงพูดที่แปลงได้อยู่ในรูปพีซีเอ็มที่เข้ารหัสด้วยการทำคอมแพนดิงแบบเอลอว์ซึ่งจะถูกแปลงกลับเป็นแบบเชิงเส้นอีกครั้งด้วยฮาร์ดแวร์ภายในตัว ADSP2101 ก่อนที่จะถูกในไปวิเคราะห์เพื่อทำการบีบข้อมูลเสียงพูด ในทางกลับกันสัญญาณเสียงพูดที่ได้จากการคลายข้อมูลด้วย ADSP2101 ในตอนแรกนั้นจะอยู่ในรูปเชิงเส้นแต่ฮาร์ดแวร์ภายในตัว ADSP2101 จะแปลงให้อยู่ในรูปเอลอว์ก่อนส่งไปให้โคเด็ค สำหรับหน่วยสื่อสารแบบอนุกรมใช้ในการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นช่องทางในการนำโปรแกรมเข้าไปเก็บในหน่วยความจำของ ADSP2101 นอกจากนี้ก็เป็นช่องทางสำหรับรับส่งข้อมูลและคำสั่งระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ADSP2101ด้วย



รูปที่ 5.7 แสดงโครงสร้างฮาร์ดแวร์สำหรับการบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีอาร์พีอี-แอลทีพี ด้วย ADSP2101

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>โปรแกรมบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยวิธีอาร์พีอี-แอลทีพีบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ADSP2101</u>

สัญญาณเสียงพูดที่ตัวประมวลผลได้รับจากโคเด็คถูกแบ่งออกเป็นเฟรม ๆ ละ 160 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างใช้เวลา 125 μs ที่อัตราสุ่ม 8 kHz ดังนั้นแต่ละเฟรมใช้เวลา 20 ms ซึ่งเป็นเวลาที่มากสุดที่เรามีในการประมวลผลสัญญาณแต่ละเฟรม การทำงานทุกอย่างจะ

ต้องทำเสร็จให้ทันก่อนที่ตัวประมวลผลจะได้รับเฟรมใหม่เข้ามา แต่ละตัวอย่างที่เข้ามาจะถูกนำไปเก็บเรียงต่อกันในหน่วยความจำที่ได้จองไว้แล้วโดยอัตโนมัติด้วยฮาร์ดแวร์ภายในตัวประมวลผลเองเพื่อเป็นการลดภาระของตัวประมวลผล ความสามารถนี้เป็นคุณลักษณ์หนึ่งของ ADSP2101 เรียกว่าบัฟเฟอร์อัตโนมัติ (auto-buffer) เมื่อบัฟเฟอร์ที่ได้จองไว้มีตัวอย่างเสียงพูดบรรจุไว้จนครบ 160 ตำแหน่งก็จะเกิดการขัดจังหวะขึ้นเพื่อบอกตัวประมวลผลให้มารับข้อมูลไปจัดการต่อ โปรแกรมอาร์พีอี-แอลทีพีมีบัฟเฟอร์ในการรับเฟรมสัญญาณเสียงพูดสองชุดสำหรับการรับและส่งข้อมูลเสียงพูด เมื่อตั้งต้นระบบโปรแกรมในส่วนกำหนดการเริ่มต้นจะทำการตั้งลักษณะการทำงานของฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ได้แก่ การโปรแกรมการทำงานของบัฟเฟอร์อัตโนมัติและแถวคอยแบบวงกลม การโปรแกรมการทำงานของช่องทางสื่อสารอนุกรมบนตัวประมวลผลรวมถึงสัญญาณเวลาต่าง ๆ ซึ่งโคเด็คต้องใช้ และการกำหนดค่าตำแหน่งของโปรแกรมให้บริการการขัดจังหวะ (interrupt vector) หลังจากนั้นโปรแกรมก็จะรอการขัดจังหวะจากช่องทางสื่อสารอนุกรม ในโปรแกรมให้บริการการขัดจังหวะ (interrupt service routine) ประกอบด้วยส่วนที่ทำการบีบข้อมูลเสียงพูดด้วยหลักการของอาร์พีอี-แอลทีพีจนได้รหัสข้อมูลที่พร้อมจะจัดเก็บหรือส่งต่อไปในช่องทางสื่อสารตามที่กล่าวไปแล้วรวมทั้งส่วนที่ใช้สำหรับการคลายรหัสข้อมูลเสียงพูดคืนมา เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว ADSP2101 มีไม่มากพอดังนั้นเฟรมข้อมูลเสียงพูดที่คลายมาแล้วจึงถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมทำให้การส่งเฟรมของสัญญาณเสียงพูดไปยังโคเด็คไม่สามารถใช้บัฟเฟอร์อัตโนมัติได้ต้องตั้งการทำงานของโปรแกรมให้เกิดการขัดจังหวะจากการส่งขึ้นทุกครั้งที่ส่งตัวอย่างเสียงพูดออกไป และในโปรแกรมให้บริการการขัดจังหวะก็คัดลอกตัวอย่างเสียงพูดไปยังบัฟเฟอร์ของตัวส่ง (transmitter) ทีละตัวอย่าง

ในช่วงต้นได้พัฒนาโปรแกรมอยู่บนซิมูเลเตอร์ (simulator) ของ ADSP2101เพื่อให้สะดวกในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมเช่นการตรวจสอบค่าในรีจิสเตอร์ของตัวประมวลผล ค่าในหน่วยความจำ การแสดงรูปสัญญาณเสียงพูด การติดตามการทำงานของโปรแกรม (trace) การตั้งจุดหยุดการทำงาน (break point) เป็นต้น สัญญาณเสียงที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมได้จากการสังเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณไซน์ความถี่ 1 KHz มีอัตราสุ่มสัญญาณ 8 KHz โปรแกรมมีหลักการทำงานดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 แต่มีรายละเอียดการทำงานบางอย่างที่แตกต่างไปเนื่องจากโปรแกรมต้องทำงานงานแบบทันทีและตัวประมวลผลสัญญาณที่ใช้เป็นแบบทศนิยมตายตัวจึงต้องมีการเพิ่มขั้นตอนบางอย่างสำหรับปรับข้อมูลเสียงพูดให้เหมาะสมกับการคำนวณในบางจุด ได้แก่

1. <u>การปรับระดับสัญญาณแบบพลวัต</u>

รีจิสเตอร์ภายในตัวประมวลผลเป็นแบบ 16 บิต สามารถเก็บข้อมูลได้ในช่วงจำกัด รีจิสเตอร์บางตัวอย่างเช่น MR แม้ว่ามีจำนวนบิตมากพอที่จะเก็บตัวเลขค่าสูง ๆ ได้แต่ในที่สุด

ข้อมูลก็ยังต้องถูกเคลื่อนย้ายไปยังหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์อื่น ๆ และหน่วยคำนวณในตัวประมวลผลเองก็ถูกออกแบบมาเพื่อจัดการกับจำนวนขนาด 16 บิตจึงจะมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด แต่สัญญาณเสียงพูดที่เข้ามาโดยธรรมชาติจะมีขนาดขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในการคำนวณบางขั้นตอนอย่างเช่นการคำนวณออโตโครีเลชัน จะต้องมีการปรับระดับสัญญาณให้มีขนาดพอเหมาะก่อนเริ่มการคำนวณเพื่อป้องกันการล้นของบิตข้อมูลในรีจิสเตอร์และป้องกันการได้สัญญาณที่มีขนาดเล็กจนเกินควร

การปรับระดับสัญญาณทำได้โดยการคูณตัวอย่างสัญญาณทั้งหมดด้วยอัตราขยายเดียวกันหรือทำการเลื่อนบิตข้อมูลนั่นเอง เริ่มต้นโดยการค้นหาตัวอย่างสัญญาณที่มีขนาดสูงสุด ตัวอย่างสัญญาณนี้เป็นตัวบอกเราว่าสามารถที่จะเลื่อนบิตข้อมูลไปได้กี่บิต และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับว่าการคำนวณหลังการปรับระดับสัญญาณนั้นมีลักษณะเช่นไรด้วย

2. <u>การเลื่อนบิตรีจิสเตอร์หลังการคำนวณ</u>

โดยทั่วไปเมื่อคูณจำนวนทศนิยมตายตัวที่มีรูปแบบ I.Q กับจำนวนทศนิยมตายตัวที่มีรูปแบบ M.N ด้วยตัวประมวลผลทั่ว ๆ ไปจะได้ผลลัพท์ที่เป็น (I+M).(Q+N) โดยจะเกิดบิตเครื่องหมายซ้ำซ้อนตามหลังบิตเครื่องหมายแรกเสมอ ตัวอย่าง สมมติตัวเลขฐานสองที่มีรูปแบบ 2.2 โดยที่บิตบนสุดเป็นบิตเครื่องหมายสองจำนวนได้แก่ 0111 และ 0111 เมื่อคูณกันจะได้ 00110001 จะเห็นว่าเกิดบิตเครื่องหมายบวก (00) สองตัวนำหน้า ในทำนองเดียวกันการคูณเลขจำนวนลบก็จะได้บิตเครื่องหมายที่เหมือนกันจำนวนสองบิตนำหน้าเช่นกัน

ในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเมื่อคูณจำนวนทศนิยมตายตัวที่มีจำนวนบิต n บิต กับ n บิต ถึงแม้ผลลัพธ์ที่ได้ในตอนแรกจะเป็นเลขจำนวน 2n บิต แต่ในที่สุดผลการคูณที่ได้ก็มักจะเก็บในหน่วยความจำหรือรีจิสเตอร์ที่มีจำนวนเพียง n บิตเช่นเดียวกับจำนวนที่นำมาคูณกัน การนำผลคูณเพียง n บิตบนไปเก็บในทันทีจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้องถ้าหากยังใช้รูปแบบทศนิยมตายตัวแบบเดิมอยู่ ดังนั้นถ้ายังต้องการจำนวนทศนิยมตายตัวที่มีรูปแบบเดิมอยู่จะต้องมีการเลื่อนบิตข้อมูลให้เหมาะสมก่อนที่จะทำการเก็บ

สำหรับการคูณจำนวนทศนิยมตายตัวที่มีรูปแบบ I.Q (จำนวนบิตหน้าจุดทศนิยมรวมกับบิตเครื่องหมายเท่ากับ I บิตและจำนวนบิตหลังจุดทศนิยมเท่ากับ Q บิต ดูรายละเอียดจากบทก่อน) กับทศนิยมตายตัวที่มีรูปแบบ M.N โดยใช้ ADSP2101 จะทำให้ได้จำนวนทศนิยมตายตัวที่มีจำนวนบิตเป็น I+Q+M+N โดยมีรูปแบบเป็น (I+M-1).(Q+N+1) เนื่องจากหลังการคูณ ADSP2101 จะทำการเลื่อนบิตข้อมูลไปทางซ้ายหนึ่งบิตเพื่อกำจัดบิตเครื่องหมายที่ซ้ำซ้อนทิ้ง ในกรณีพิเศษที่รูปแบบของจำนวนทศนิยมตายตัวที่ใช้เป็น 1.15 (บิตเครื่องหมายหนึ่งบิตตามด้วยจำนวนหลังจุทศนิยม 15 บิต) จะทำให้ได้ผลของการคูณมีรูปแบบเป็น

1.31 จะเห็นว่าเราสามารถนำ 16 บิตบนของผลคูณไปใช้ได้เลยโดยที่ยังเป็นรูปแบบ 1.15 เหมือนกับจำนวนที่มาคูณกัน นี่เป็นสาเหตุที่รูปแบบ 1.15 เป็นรูปแบบที่นิยมใช้มากที่สุด

โปรแกรมโหลดเดอร์

โปรแกรมโหลดเดอร์ประกอบด้วยโปรแกรมสองโปรแกรมคือ โปรแกรมที่ทำงานอยู่บน ADSP2101 และโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์พีซี โปรแกรมโหลดเดอร์ทำหน้าที่ต่อไปนี้

– กำหนดการทำงานของหน่วยสื่อสารแบบอนุกรม ได้แก่การกำหนดอัตราบอด (baud rate) พาริตี้ (parity) จำนวนบิตของข้อมูล เป็นต้น

– ติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์เพื่อนำโปรแกรมบีบและถอดรหัสข้อมูลเสียงพูดจากคอมพิวเตอร์ไปใส่ลงในหน่วยความจำของตัวประมวลผล รวมทั้งค่ากำหนดเริ่มต้นของตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในโปรแกรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย