บทที่ 7

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผล

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการสร้างเครื่องบันทึกเสียงพูดดิจิตอลที่สามารถบันทึกและเล่นเสียงพูดได้แบบเวลาจริงโดยใช้การเข้ารหัสและถอดรหัสแบบ CS-ACELP ตามมาตรฐาน ITU-T G.729 ในการสร้างเริ่มจากการพัฒนาโปรแกรมโดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนของการเข้ารหัสและส่วนของการถอดรหัส และพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Code Composer Studio ร่วมกับบอร์ดทดลอง TMS320C6711 DSK โปรแกรมการเข้ารหัสและถอดรหัสเขียนด้วยภาษาซีที่ประมวลผลแบบจุดลอยบนการจำลองโปรแกรม CCS เพื่อศึกษาหลักการทำงานที่ถูกวิธีของการเข้ารหัสและถอดรหัสแบบ CS-ACELP เสียก่อน หลังจากที่ได้พัฒนาโปรแกรมในส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัสแล้วขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมการเข้ารหัสและถอดรหัสบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเพื่อทดสอบการทำงานโดยการรับสัญญาณจริงจากภายนอกผ่านทางการบริการการอินเตอร์รัปต์ทั้งในส่วนของการรับสัญญาณอินพุตและการส่งสัญญาณเอาต์พุต โดยในการประมวลผลการเข้ารหัสและถอดรหัสนั้นจะต้องใช้เวลาในการประมวลผลไม่เกิน 10 มิลลิวินาที หรือก่อนที่สัญญาณของเฟรมถัดไปจะเข้ามา จากการทดลองปรากฏว่าการเข้ารหัสและถอดรหัสสามารถประมวลผลทันเวลาโดยที่การเข้ารหัสสามารถประมวลผลโดยใช้เวลา 7.25 มิลลิวินาทีและถอดรหัสสามารถประมวลผลโดยใช้เวลา 1.75 มิลลิวินาที จากนั้นนำโปรแกรมในส่วนนี้ไปเพิ่มเติมในส่วนของการควบคุมการทำงานในการรับค่าสัญญาณอินพุตและการส่งค่าสัญญาณเอาต์พุตและการเก็บสัญญาณเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสไว้ในหน่วยความจำ เพื่อสร้างเป็นเครื่องบันทึกเสียงพูดดิจิตอลส่วนประกอบของเครื่องบันทึกเสียงพูดดิจิตอลประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ส่วนของวงจรการเชื่อมต่อกับสัญญาณแอนาลอก หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลเสียงที่ได้จากการบันทึกเสียง ส่วนของคีย์สวิตช์ควบคุมการทำงาน ส่วนของการแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ส่วนของสัญญาณอินพุตและวงจรขยายไมโครโฟน ส่วนของวงจรสัญญาณเอาต์พุตและวงจรขยายเสียงสำหรับขับลำโพง

ในส่วนของการทดสอบการทำงานแบ่งออกเป็นสามขั้นตอนคือการวัดค่า PSNR ระหว่างการเข้ารหัสด้วยดีเอสพีที่ประมวลผลแบบจุดลอย เทียบกับค่า PSNR ที่คำนวณจากการเข้ารหัสและถอดรหัสจากมาตรฐาน ITU-T ที่ประมวลผลแบบจุดตรึง ผลจากการคำนวณปรากฏว่าค่า

PSNR ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่า PSNR จากมาตรฐาน ITU-T ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเข้ารหัสและถอดรหัสที่เป็นไปตามมาตรฐาน ITU-T การทดสอบขั้นที่สองนั้นเป็นการวัดคุณภาพเสียงโดยการฟัง โดยทางผู้วิจัยเลือกผู้ทดสอบทั้งหมด 12 คน เพื่อทดสอบการฟังเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสของมาตรฐาน ITU-T และเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสจากดีเอสพีว่าเสียงจากการเข้ารหัสแบบใหนมีคุณภาพเสียงใกล้เคียงกับเสียงต้นฉบับมากกว่ากัน ผลของการทดสอบปรากฏว่า ผู้ที่มีความเห็นว่าคุณภาพเสียงจากมาตรฐานของ ITU-T มีคุณภาพเสียงใกล้เคียงกับต้นฉบับมากกว่ามีจำนวนเท่ากับ 20.833 % และผู้ที่มีความเห็นว่าคุณภาพเสียงจากการเข้ารหัสด้วยดีเอสพีมีคุณภาพใกล้เคียงต้นฉบับมากกว่ามีจำนวนเท่ากับ 17.5 % และผู้ที่มีความเห็นว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกับต้นฉบับเท่ากันทั้งสองแบบมีจำนวน 61.667 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุณภาพเสียงจากการฟังนั้นผลส่วนใหญ่แล้วมีความเห็นว่าการเข้ารหัสบนดีเอสพีมีคุณภาพเสียงใกล้เคียงกับมาตรฐาน ITU-T เมื่อเทียบกับเสียงต้นฉบับ ส่วนขั้นตอนที่สามเป็นการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องบันทึกเสียงพูดดิจิตอลในการทดสอบบันทึกและเล่นตามฟังก์ชันการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ จากการทดสอบบันทึกสามารถบันทึกเสียงและเล่นเสียงตามจำนวนช่องที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมดคือ 4 ช่องและบันทึกได้ตามเวลาที่กำหนดของแต่ละช่องคือ 1 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมดที่สามารถบันทึกได้ 4 ชั่วโมง

จุดเด่นของเครื่องบันทึกเสียงพูดดิจิตอลที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้คือมีการเข้ารหัสและถอดรหัสแบบ CS-ACELP ตามมาตรฐานของ ITU-T G.729 ซึ่งทำให้มีอัตราการเข้ารหัสของข้อมูลที่ต่ำคือ 8 kbits/s ทำให้ใช้หน่วยความจำในการเก็บบันทึกน้อยกว่าเครื่องบันทึกเสียงพูดดิจิตอลที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันที่มีการเข้ารหัสแบบ ADPCM ที่มีอัตราการเข้ารหัสสูงคือ 32 kbits/s ถึง 4 เท่า โดยที่ยังคงรักษาคุณภาพของเสียงไว้ได้ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ในการพัฒนาโปรแกรมใช้ภาษาซีซึ่งเป็นภาษาระดับสูงจึงทำให้การพัฒนาโปรแกรมง่าย สะดวกและรวดเร็วเมื่อเทียบกับภาษาแอสเซมบลีรวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับดีเอสพีรุ่นอื่นหรือของบริษัทอื่นได้ง่ายและรวดเร็วและการประมวลผลของโปรแกรมเป็นแบบจุดลอยทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องสูงกว่าภาษาแอสเซมบลีและยังไม่ทำให้เกิดปัญหาเรื่องของการล้นของข้อมูล(Overflow) ด้วย

7.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาโปรแกรมการเข้ารหัสและถอดรหัสในวิทยานิพนธ์นี้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษาซีที่ประมวลผลแบบจุดลอย โดยการเรียกใช้ไลบรารีทางคณิตศาสตร์โดยตรงจึงส่งผลให้ขนาดของโปรแกรมมีขนาดที่ใหญ่พอสมควรการลดขนาดอาจจะทำได้โดยการใช้การเปิดจากตาราง แต่ก็จะส่งผลต่อค่าที่ได้จากการคำนวณทำให้ค่าความละเอียดลดลงและโปรแกรมการทำงานของเครื่องบันทึกเสียงพูดดิจิตอลนั้นต้องประกอบด้วยโปรแกรมการเข้ารหัสและโปรแกรมการถอด

รหัสที่ต้องเก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิปพร้อมกันจึงทำให้ขนาดของโปแกรมมีขนาดใหญ่ จึงไม่สามารถเก็บโค้ดโปรแกรมการทำงานไว้ในหน่วยความจำภายในชิปทั้งหมด การที่ไม่สามารถเก็บโค้ดโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายในชิปได้ทั้งหมดนั้นจะทำให้การประมวลผลในการเข้ารหัสและถอดรหัสไม่ทันเวลาคือภายใน 10 มิลลิวินาที ต่อเฟรมได้ จึงได้พยายามแก้ปัญหาโดยการใช้ Optimize ของตัวคอมไพล์ของโปรแกรมเพื่อให้โค้ดมีขนาดที่เล็กลงและแยกส่วนของค่าคงที่และตัวแปรแบบโกลบอลไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปส่วนโปรแกรมการทำงานเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในชิป จึงทำให้สามารถประมวลผลแบบเวลาจริงได้ทัน

ในการนำไปใช้งานจริงๆนั้นต้องมีการเก็บโปรแกรมการทำงานไว้ในหน่วยความจำแบบถาวรข้อมูลจึงจะไม่สูญหาย เมื่อไม่ได้จ่ายไฟให้กับเครื่องบันทึกเสียง ในการสร้างเครื่องบันทึกเสียงในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้หน่วยความจำถาวรขนาด 128 kbytes ในการเก็บบันทึกโปรแกรมการทำงาน แต่ในการใช้งานจริงๆ นั้นจะมีปัญหาในขณะการรันโปรแกรมเพราะว่าเมื่อเริ่มรันโปรแกรมระบบการจัดการของตัวคอมไพล์จะทำหน้าที่คัดลอกโค้ดโปรแกรมจากหน่วยความจำถาวรไปเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในชิปซึ่งมีขนาด 64 kbytes แต่ว่าขนาดของโค้ดที่ใช้ในการทำงานนั้นมีขนาดเกิน 64 kbytes จึงไม่สามารถที่จะเก็บโค้ดโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมภายในได้ทั้งหมด แต่เมื่อแยกโค้ดโปรแกรมบางส่วนไว้ที่ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอกก็จะทำให้ไม่สามารถประมวลผลแบบเวลาจริงได้

วิธีการแก้ปัญหาคือพยายามลดขนาดของโค้ดโปรแกรมรวมทั้งหมดแล้วไม่เกินขนาด 64 Kbytes เพื่อให้สามารถเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในชิปได้ทั้งหมดจึงจะทำให้สามารถทำงานได้แบบเวลาจริง หรือสามารถเลือกดีเอสพีที่มีหน่วยความจำภายในมากกว่า 64 kbytes ซึ่งในปัจจุบันมีดีเอสพีของหลายบริษัทที่มีหน่วยความจำภายในมากกว่า 64 kbytes จำหน่าย

สิ่งที่ควรปรับปรุงและพัฒนาต่อไปเพื่อให้การทำงานของเครื่องบันทึกเสียงมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

1. เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอเป็นการสร้างเครื่องบันทึกเสียงต้นแบบเพื่อศึกษาและทดสอบการทำงานให้สามารถทำงานได้จริงเท่านั้นหน่วยความจำที่ใช้เก็บบันทึกจึงเป็นแบบชั่วคราวแต่ในการนำไปสร้างจริงนั้นหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลสำหรับเก็บเสียงที่ได้จากการบันทึกควรจะเป็นหน่วยความจำถาวรแบบแฟลชเพื่อที่จะสามารถใช้งานและทำการบันทึกเสียงได้ทุกๆ ที่ โดยที่ข้อมูลไม่เกิดการสูญหายเมื่อไม่ได้จ่ายไฟให้แก่เครื่อง
2. ในการพัฒนาโปรแกรมการเข้ารหัสและถอดรหัส ในบางส่วนอาจจะใช้ภาษาแอสแซมบลีในการเขียนเพื่อให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้นและจำนวนโค้ดของโปรแกรมมีขนาดที่เล็กด้วย

3. มีการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลเสียงที่ได้จากการบันทึกและสามารถที่จะใช้โปรแกรมนั้นเล่นและฟังเสียงหรือเก็บไว้ใช้ประโยชน์ครั้งต่อไปได้
4. สามารถนำเอาโปรแกรมการเข้ารหัสและถอดรหัสไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ ได้เช่น ระบบสื่อสารต่างๆ เครื่องฝากข้อความของตู้โทรศัพท์สาขา เครื่องตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ การรู้จำเสียงพูด เครื่องมือวัดที่บอกค่าการวัดเป็นเสียง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย