บทที่ 6

บทสรุป

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมเข้ารหัสสัญญาณเสียงพูดแบบ LD-CELP ตามมาตรฐานของ ITU-T G.728 โดยเริ่มจากการพัฒนาโปรแกรมเพื่อจำลองการทำงานของมาตรฐานดังกล่าวบน MATLAB เพื่อศึกษาวิธีการทำงานอย่างถูกต้องเสียก่อน ต่อไปเป็นการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีแบบจุดตรึงของ C50 ซึ่งเป็นตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลหลักที่จะใช้สำหรับการทำงานตามเวลาจริง การทดสอบการทำงานของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีสามารถกระทำบนตัวจำลองการทำงานของโปรแกรมของ C50 ได้ โดยผลที่ได้จากการจำลองโปรแกรมนั้นจะเหมือนกับผลจากการทำงานตามเวลาจริง ต่างกันที่เวลาในการทำงาน ในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมบน MATLAB นั้นจะรวมโพสต์ฟิลเตอร์เข้าที่ด้านถอดรหัสเพื่อเพิ่มคุณภาพของเสียงซึ่งโพสต์ฟิลเตอร์จะไม่มีใช้ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านเวลาของการทำงานของโปรแกรมที่มีอยู่จำกัด สามารถทำงานได้ตามเวลาจริงเฉพาะส่วนเข้ารหัสเสียงเท่านั้น

ในการเข้ารหัสตัวอย่างสัญญาณเสียงพูด 14 ตัวอย่างจากบทที่แล้ว พบว่าการพัฒนาโปรแกรมบน MATLAB สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทั้งในส่วนเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสและเสียงที่ผ่านโพสต์ฟิลเตอร์ ส่วนการพัฒนาโปรแกรมบนแอสเซมบลีก็ทำงานได้อย่างถูกต้องโดยมีคุณภาพของเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสต่ำกว่าบน MATLAB เล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการคำนวณบน MATLAB เป็นแบบเลขทศนิยมหรือจุดลอยขนาด 64 บิตในขณะที่การคำนวณบนแอสเซมบลีเป็นแบบจำนวนเต็มหรือจุดตรึงขนาดเพียง 16 บิต ความละเอียดของข้อมูลมีข้อจำกัด(finite word length) เนื่องจากการจำลองโปรแกรมของแอสเซมบลีจะให้ผลที่เหมือนกับผลจากการทำงานตามเวลาจริงและการเก็บค่าสัญญาณเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสในการทำงานจริงมีข้อจำกัดทางด้านฮาร์ดแวร์ จึงใช้ผลที่ได้จากการจำลองโปรแกรมเป็นตัวเปรียบเทียบคุณภาพแทน สำหรับการวัดเวลาในการทำงานตามเวลาจริงบน TMS320C50 DSK ได้ผลว่าโปรแกรมสามารถทำงานทันเวลาจริงที่อัตราการสุ่มข้อมูล 8.0 กิโลเฮิรตซ์โดยอาจจะมีช่วงที่ทำงานไม่ทันอยู่บ้างแต่ยังตรวจไม่พบ การลดอัตราการสุ่มข้อมูลลงไปเล็กน้อยจะทำให้โปรแกรมสามารถทำงานได้ทันเวลาจริงตลอดเวลาโดยถ้าใช้อัตราการสุ่มข้อมูลที่ประมาณ 7.2 กิโลเฮิรตซ์พบว่ามีปริมาณการคำนวณเหลืออยู่เสมอแต่คุณภาพของเสียงที่ได้จะลดลงไปบ้างเนื่องมาจากอัตราการสุ่มข้อมูลที่ลดลงจะทำให้ได้เสียงที่มีแถบความถี่ลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อจำกัดที่มีในการทำงานและข้อเสนอแนะ มีดังนี้

1) การแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมในการทำงานตามเวลาจริงบน DSK ทำได้ลำบาก เพราะการรับส่งข้อมูลแบบดิจิตอลเพื่อติดต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัว DSK ทำได้ยากถ้าไม่ได้ต่อชุดทดลองหรือฮาร์ดแวร์อื่น ๆเพิ่มเติม และเครื่องมือช่วยในการแก้ไขโปรแกรมหรือดีบักเกอร์ที่ได้มาพร้อมกับตัว DSK มีข้อจำกัดในเรื่องการทำงานของดีบักเกอร์เองที่ต้องใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำส่วนหนึ่งที่อาจจะมีผลต่อจำนวนหน่วยความจำที่โปรแกรมต้องการใช้ เมื่อดีบักเกอร์ทำงานอาจจะทำให้โปรแกรมมีค่าของรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่เปลี่ยนไปจากค่าที่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสั่งให้โปรแกรมทำงานทีละคำสั่ง(single step) และท้ายที่สุดคือดีบักเกอร์ไม่สามารถใช้กับโปรแกรมตัวเข้ารหัสของงานวิจัยนี้ได้เพราะมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่ดีบักเกอร์จะรับได้ ต้องใช้โหลดเดอร์ในการทำงานกับโปรแกรมตัวเข้ารหัสในการทำงานตามเวลา

จริง ควรจะพัฒนาหรือหาดีบักเกอร์ที่มีคุณภาพสูงมาใช้ หรือใช้ชุดทดลองของ C50 ที่มีความสามารถในการช่วยในการแก้ไขโปรแกรมได้โดยง่ายอย่างเช่น อีมูเลเตอร์(Emulator)

2) การจำลองโปรแกรมสำหรับการเข้ารหัสเสียงตัวอย่างใช้เวลาในการทำงานนานมาก และการเก็บค่าสัญญาณเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสในการทำงานจริงไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านฮาร์ดแวร์ ถ้ามีการพัฒนาให้สามารถเก็บค่าสัญญาณเสียงที่ได้จากการเข้ารหัสในการทำงานจริง จะช่วยลดเวลาในการทดลองได้มาก

3) ข้อจำกัดเรื่องความซับซ้อนของอัลกอริธึมของตัวเข้ารหัส และการเขียนโปรแกรมที่ยังไม่กระชับเพียงพอกับความสามารถในการคำนวณที่มีอยู่จำกัดของตัวประมวลผลทำให้โปรแกรมสามารถทำงานตามเวลาจริงได้เพียงส่วนเข้ารหัสเท่านั้น ถ้ามีการพัฒนาการเขียนโปรแกรมให้มีความกระชับมากขึ้นหรือสามารถใช้ตัวประมวลผลที่มีความสามารถในการคำนวณที่สูงขึ้นโปรแกรมจะสามารถทำงานได้ทั้งการเข้ารหัสเสียงและใช้โพสต์ฟิลเตอร์เพื่อเพิ่มคุณภาพของเสียงโดยยังทำงานได้ตามเวลาจริง หรืออาจจะถึงขั้นที่สามารถทำงานได้ทั้งการเข้ารหัสและการถอดรหัสเสียงพร้อมกันทีเดียวได้ตามเวลาจริง

สิ่งที่ควรพัฒนาต่อไป

1. พัฒนาการถอดรหัสรวมทั้งโพสต์ฟิลเตอร์ให้สามารถทำงานได้ตามเวลาจริงโดยสามารถรับส่งข้อมูลกันได้กับตัวเข้ารหัสที่อยู่บนตัวประมวลผลอีกตัวหนึ่งเพื่อสอบผลการทำงานเมื่อมีการใช้งานจริงได้

2. การเข้ารหัสเสียงสามารถนำไปพัฒนางานด้านอื่น ๆได้ เช่นเครื่องป้องกันการดักฟังโทรศัพท์โดยใช้ร่วมกับโมเด็ม การรู้จำเสียงพูดจากรหัสเสียงโดยตรง เป็นต้น

3. สามารถทดสอบคุณภาพของเสียงสัญญาณโทนต่าง ๆเช่นโมเด็ม, FAX, DTMF ว่าเมื่อผ่านการเข้ารหัสและถอดรหัสออกมาแล้วนำไปใช้ได้เหมือนเดิมหรือไม่

4. ถ้ามีอุปกรณ์ และจำนวนของตัวประมวลผลที่เพียงพอรวมถึงการติดต่อระหว่างตัวประมวลผลที่เหมาะสม การทดสอบคุณภาพของเสียงเมื่อมีการเข้ารหัสแบบไม่เข้าจังหวะอย่างต่อเนื่องหลายครั้งได้ตามเวลาจริงจะสามารถทำได้

5. โปรแกรมที่เขียนขึ้นอาจนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมเข้ารหัสเสียงสำหรับการทำงานตามเวลาจริงชนิดอื่น ๆ ได้ตัวอย่างเช่น มาตรฐานการเข้ารหัสเสียง G.729 ของ ITU-T หรือ มาตรฐานการเข้ารหัสเสียงของ ITU-T แบบอื่น ๆที่จะมีตามมาในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย