หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การทดสอบ และปรับปรุงระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การทดสอบการทำงานของระบบรับส่งภาพนิ่งแบบโปรเกรสซีฟ ปัญหาต่าง ๆ ที่พบระหว่างการทำงานร่วมกันของฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ การแก้ไขปัญหาเหล่านี้ การพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และ ผลที่ได้จากการทดสอบระบบโดยใช้รับส่งภาพมาตรฐานในเชิงคุณภาพของภาพที่ปรากฏ และ เวลา

6.1 ปัญหา การแก้ไข และ การปรับปรุงระบบ

จากการทำงานร่วมกันระหว่างส่วนประมวลผลร่วม กับ ส่วนอื่น ๆ ของระบบ ได้พบปัญหาที่เกิดขึ้นและได้แก้ไข เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังต่อไปนี้

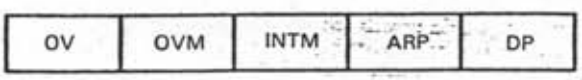
1. บัสข้อมูล เนื่องจากบัสข้อมูลของ 8088 ที่อยู่ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ กับ TMS320E15 ที่เป็นตัวประมวลผลร่วม มีขนาดต่างกัน คือ บนช่องเสียบของ IBM จะมีขนาดของบัสข้อมูลเพียง 8 บิต ในขณะที่ TMS320E15 มีขนาดบัสข้อมูลเป็น 16 บิต การส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันจึงต้องมีการปรับให้เข้ากัน ในการติดต่อนี้จึงเลือกที่จะใช้เพียง 8 บิต บนของ TMS320E15 เท่านั้น ส่วนที่เหลืออีก 8 บิตล่าง จะทำการ pull down ไว้ เนื่องจากความสะดวกในการทำ DMA และ การอินเตอร์เฟส ทำให้มีขีดจำกัดของความแม่นยำอยู่เพียง 8 บิต

2. การเลือกช่องทาง DMA ในการทำงานของระบบจะต้องใช้ DMA ถึง 2 ช่อง ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างกัน ในกรณีนี้จึงเลือกใช้ DMA ช่องที่ 1 สำหรับการส่งข้อมูลจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนประมวลผลร่วม และ DMA ช่องที่ 3 ในทางกลับกัน โดยปกติในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์รุ่น XT จะมีช่องทาง DMA อยู่ทั้งหมดเพียง 4 ช่องเท่านั้น แต่ช่องที่ 0 จะถูกใช้งานโดย BIOS ในการ refresh หน่วยความจำ จึงไม่สามารถใช้งานได้ ส่วนช่องที่ 2 ซึ่งปกติใช้งานโดยส่วนควบคุมฟลอบปีดิสค์ นั้นได้ทดลองใช้งานดู ปรากฏว่าไม่สามารถใช้งานซ้ำในช่องนี้ได้ เนื่องจากส่วนควบคุมฟลอบปีดิสค์ไม่ได้ปล่อยให้ช่องนี้เป็นอิสระเมื่อไม่ได้ใช้งาน คือจะทำการ pull down ขา DREQ2 ไว้ตลอดเวลาที่ไม่ได้ใช้งาน ทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ ไม่สามารถที่จะใช้ DMA ช่องที่ 2 นี้ร่วมกันได้ ช่อง DMA ที่ใช้งานได้จึงเหลือ

เหลือเพียงช่องที่ 1 ซึ่งปกติจะว่าง และ ช่องที่ 3 ซึ่งปกติจะถูกใช้งานโดย ฮาร์ดดิสค์ ส่วนควบคุมการทำงานของ ฮาร์ดดิสค์จะปล่อยให้ช่องที่ 3 เป็นอิสระในขณะที่ไม่ใช้งานอยู่ จึงทำให้อุปกรณ์อื่นสามารถใช้ช่อง DMA นี้ร่วมกันได้

3. การสเกลข้อมูล เนื่องจากว่าความละเอียดของข้อมูลถูกจำกัดโดยบัสข้อมูลที่เชื่อมต่อกันเพียง 8 บิต ดังนั้นการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างส่วนประมวลผลร่วม กับเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM XT จะต้องป้องกันไม่ให้เกิน 8 บิตเช่นทั้งด้านเข้า และ ด้านออก แต่เนื่องจากภาพที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 2 ถึง 4 อาจจะมีขนาดของความผิดพลาดสูงได้ถึง 9 บิต จึงต้องมีการสเกลข้อมูล ก่อนที่จะส่งไปยังส่วนประมวลผลร่วมให้เหลือเพียง 8 บิตในขั้นที่ 2 และ 3 ซึ่งไม่มีผลเสียหายแต่อย่างไร นอกจากจะทำให้ความละเอียดของภาพลดลงไปเท่านั้น ซึ่งก็สามารถที่จะเรียกคืนได้ในขั้นต่อมา อันเป็นข้อดีของโครงสร้างแบบมีลำดับชั้น ส่วนในขั้นที่ 4 ที่เป็นขั้นสุดท้ายนั้นไม่ได้มีการสเกลข้อมูลเนื่องจากว่า ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะมีขนาดที่เล็กลงมาก ซึ่งจะไม่เกิน 8 บิต ทำให้ได้ความละเอียดของภาพในขั้นนี้สูงเต็มที่ ส่วนในด้านขาออกจากส่วนประมวลผลร่วมนั้น จะมีการจำกัดขนาดของสัมประสิทธิ์ที่ถูกควอนไตซ์ไม่ให้เกิน 8 บิตได้ โดยการควบคุมค่าแฟกเตอร์ขีดเริ่มที่ใช้ในการสเกลเมตริกซ์ค่าขีดเริ่มของการมองเห็น ไม่ให้มีขนาดขั้นที่เล็กเกินไป โดยใช้สัมประสิทธิ์ DC เป็นหลัก ซึ่งจะมีค่าแฟกเตอร์ขีดเริ่มต่ำสุดไม่น้อยกว่า 5 และสูงสุดไม่เกิน 128

4. การป้องกัน overflow และ Underflow ที่เกิดขึ้นในระหว่างการคำนวณในการประมวลผลของตัวประมวลผลอาจเป็นไปได้ที่มีการ overflow หรือ underflow โดยเฉพาะในการทำการทรานส์ฟอร์มกลับ (inverse DCT) เนื่องจาก ความผิดพลาดที่เกิดจากการควอนไตซ์ การแก้ไขในกรณีนี้ทำได้โดยการเซ็ตบิตป้องกันการ overflow และ underflow (Protect overflow mode bit) ของ flag ของ TMS320E15 ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์จากการคำนวณถูกจำกัดอยู่ที่ค่าสูงสุด คือ $7FFFFFFF_{16}$ ในกรณีของ overflow และ ที่ค่าต่ำสุด คือ 80000000_{16} ในกรณีของ underflow ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีตรงส่วนของการประมวลผลข้อมูล จึงต้องพยายามจัดข้อมูลให้มีค่าชิดด้านบนของ Accumulator อยู่เสมอ เพื่อป้องกันกรณี overflow หรือ underflow



OV Accumulator Overflow Flag Register
OVM Overflow Mode bit
INTM - Interrupt Mask bit
ARP - Auxiliary Register Pointer
DP - Data Memory Page Pointer

รูปที่ 6.1 เรจิสเตอร์แสดง flag ของ TMS320E15

5. การรับข้อมูลโดยใช้การอินเตอร์รัปต์ ข้อมูลที่รับส่งกันผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์ที่มีอัตราข้อมูลไม่สูงมากเราอาจใช้วิธีการ polling ได้ แต่ในกรณีที่ส่งด้วยอัตราข้อมูลสูงขึ้นการใช้วิธี polling นี้จะไม่สามารถทำได้ โดยมีขีดจำกัดที่ความเร็วค่าหนึ่งขึ้นกับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ ซึ่งจากการทดสอบโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM XT นั้นทำได้สูงสุดเพียงไม่เกิน 2400 บิตต่อวินาที ซึ่งนอกจากจะต้องคอยวนตรวจสอบข้อมูลแล้วยังต้องทำการประมวลผลอื่น ๆ ด้วยทำให้ทำงานได้ไม่ทัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงให้ส่วนควบคุมการติดต่อสื่อสารข้อมูลใช้การอินเตอร์รัปต์เครื่องคอมพิวเตอร์แทนทาง IRQ4 เมื่อได้รับข้อมูลมาจากช่องสัญญาณ ซึ่งจะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM XT สามารถทำงานอื่น ๆ ไปได้ด้วยในขณะรอข้อมูล

6. การลดเวลาทำงานของระบบโดยใช้การทำงานแบบขนาน เนื่องจากการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และ ส่วนประมวลผลร่วมจะกระทำด้วยกระบวนการ DMA จึงทำให้สามารถโปรแกรมให้ทั้งสองส่วนนี้ทำงานไปพร้อม ๆ กันได้ในลักษณะขนาน ดังจะเห็นได้ในโปรแกรมในภาคผนวก ฉ ซึ่งจะทำให้ระบบทำงานเร็วขึ้นอีก

6.2 ผลการทดสอบระบบ

การทดสอบระบบทำได้โดยการรับส่งภาพมาตรฐาน 2 ภาพ คือ ภาพ GIRL และภาพ BABOON เช่นเดียวกับในบทที่ 3 ผ่านทางช่องสัญญาณโทรศัพท์โดยใช้โมเดมที่ 1200 และ 2400 บิตต่อวินาที จะให้ผลในแง่ต่าง ๆ ดังนี้คือ

6.2.1 ลักษณะของภาพในแต่ละขั้นตอน แสดงได้ดังรูปที่ 6.2 และ 6.3 เมื่อเทียบกับการส่งในแบบ Raster scan ที่มีอัตราของข้อมูลเท่า ๆ กัน จะเห็นได้ว่าลักษณะของภาพที่ปรากฏทางด้านรับจะให้ความรู้สึกต่อผู้ใช้ได้ดีกว่า ภาพที่ได้จากการส่งแบบกวาดทีละเส้นมาก นอกจากนี้ยังทำให้ผู้ใช้สามารถแยกแยะภาพที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งปกติจะใช้เวลาเพียงการส่งในขั้นแรก หรือ ขั้นที่สอง เท่านั้น ถ้าผู้ใช้รู้แล้วว่าเป็นภาพที่ต้องการก็จะรอให้ส่งต่อไปจนครบทั้ง 4 ขั้นตอน ซึ่งภาพที่ได้ในขั้นสุดท้ายจะมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นแบบอย่างมาก ดังจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

ก. ขั้นที่ 1 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 0.08 บิต

ข. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 0.08 บิต

รูปที่ 6.2 ภาพ GIRL ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น

ค. ขั้นที่ 2 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 0.25 บิต

ง. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 0.25 บิต

รูปที่ 6.2 (ต่อ) ภาพ GIRL ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น

จ. ขั้นที่ 3 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 0.75 บิต

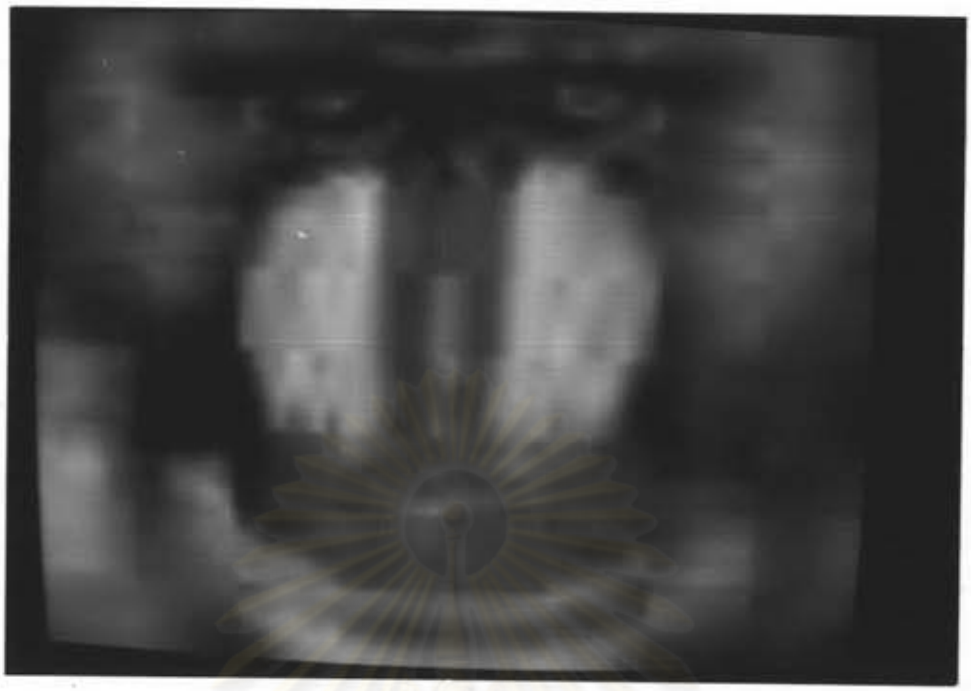
ฉ. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 0.75 บิต

รูปที่ 6.2 (ต่อ) ภาพ GIRL ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น

ช. ขั้นที่ 4 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 2.25 บิต

ช. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 2.25 บิต

รูปที่ 6.2 (ต่อ) ภาพ GIRL ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น



ก. ขั้นที่ 1 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 0.08 บิต

ข. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 0.08 บิต

รูปที่ 6.3 ภาพ BABOON ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น

ค. ขั้นที่ 2 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 0.25 บิต

ง. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 0.25 บิต

รูปที่ 6.3 (ต่อ) ภาพ BABOON ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น

จ. ขั้นที่ 3 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 0.75 บิต

ฉ. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 0.75 บิต

รูปที่ 6.3 (ต่อ) ภาพ BABOON ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น

ช. ขั้นที่ 4 ของการส่งแบบโปรเกรสซีฟ อัตราข้อมูล 2.25 บิต

ช. การส่งแบบกวาดทีละเส้น อัตราข้อมูล 2.25 บิต

รูปที่ 6.3 (ต่อ) ภาพ BABOON ที่ได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ เทียบกับการส่งแบบกวาดทีละเส้น

6.2.2 <u>เวลาในส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมการลดข้อมูล</u> โดยอาศัยคำสั่งสำหรับจับเวลาที่มีอยู่ในภาษา C เช่นเดียวกับในบทที่ 3 จะได้ผลดังตารางที่ 6.1 และ 6.2 ซึ่งเมื่อเทียบกับผลในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ในบทที่ 3 แล้ว จะเห็นได้ว่าเวลารวมที่ใช้ในการประมวลผลตอนลดข้อมูลภาพจะลดลงอย่างมาก เมื่อใช้ส่วนประมวลผลร่วมมาช่วยคำนวณตรงส่วนของการทรานส์ฟอร์ม ซึ่งทำให้เวลาที่ใช้ในระบบตรงส่วนนี้ลดจากเดิมที่มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์เหลือเพียงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และเวลารวมก็ลดลงจากเดิมถึง 6 เท่าด้วย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเขียนโปรแกรมบางส่วนให้ดีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า เวลาในส่วนของการสร้างตารางเข้ารหัส และ การเข้ารหัสสัมประสิทธิ์ AC จะกลายเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการพัฒนาระบบต่อไป ซึ่งวิธีการพัฒนาอาจจะเป็นการหาอัลกอริทึมในการเขียนโปรแกรมที่ดีกว่า หรือ การสร้างส่วนอุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่แทนก็ได้

ตารางที่ 6.1 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลในโปรแกรมส่วนต่าง ๆ ของภาพ GIRL เมื่อมีส่วนประมวลผลร่วมทำงานร่วมกับ IBM XT 10 MHz

หน่วยการทำงานย่อย	เวลาที่ใช้(วินาที)	เปอร์เซ็นต์ของเวลา
ตัวกรอง และสุ่ม	5.58	5.82
ตัวลบ	5.76	6.00
หน่วยทรานส์ฟอร์ม DCT และ หน่วยควอนไตซ์	7.78	8.11
ตัวสร้าง และเข้ารหัส DC	6.06	6.33
ตัวสร้าง และเข้ารหัส AC	58.46	60.95
หน่วยดีควอนไตซ์ และ หน่วยทรานส์ฟอร์ม IDCT	1.76	1.83
ตัวบวก	7.12	7.42
ตัวประมาณค่า	2.73	2.84
อื่น ๆ	0.66	0.69
รวม	95.91	100.00

ตารางที่ 6.2 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลในโปรแกรมส่วนต่าง ๆ ของภาพ BABOON เมื่อมีส่วนประมวลผลร่วมทำงานร่วมกับ IBM XT 10 MHz

หน่วยการทำงานย่อย	เวลาที่ใช้(วินาที)	เปอร์เซ็นต์ของเวลา
ตัวกรอง และสุ่ม	5.58	3.18
ตัวลบ	5.80	3.31
หน่วยทรานส์ฟอร์ม DCT	15.25	8.69
หน่วยควอนไตซ์ ตัวสร้าง และเข้ารหัส DC	8.62	4.91
ตัวสร้าง และเข้ารหัส AC	127.56	72.66
หน่วยดีควอนไตซ์ และ หน่วยทรานส์ฟอร์ม IDCT	1.71	0.98
ตัวบวก	7.16	4.08
ตัวประมาณค่า	2.73	1.55
อื่น ๆ	1.14	0.65
รวม	175.56	100.00

6.2.3 <u>เวลาที่ด้านรับรับภาพได้เมื่อจบขั้นตอนต่าง ๆ</u> ซึ่งเป็นเวลาที่นับจากการเริ่มต้นรับส่งข้อมูล จะได้ผลดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 6.3 เมื่อเทียบกับเวลาที่โปรแกรมจำลองการส่งแบบกวาดทีละเส้นใช้ในการส่งภาพที่มีข้อมูล 64 กิโลไบต์ซึ่งกินเวลาทั้งสิ้น 378 วินาที จะพบว่า เวลาที่สามารถรับภาพได้ในขั้นแรกจะมีค่ามากกว่าเวลาในการส่งข้อมูลแบบกวาดทีละเส้นอยู่เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1. การอินเตอร์รัปต์ และ DMA ในการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมสื่อสาร และ การส่งข้อมูลผ่านเข้าออกระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กับ ส่วนประมวลผล ซึ่งจะมีผลทำให้การทำงานของโปรแกรมหลักช้าลง เนื่องจากการถูกขัดจังหวะทำงาน

2. เวลาล่าช้าเนื่องจากการรอข้อมูล (latency time) ก่อนที่จะเริ่มประมวลผลของข้อมูลชุดแรกได้ และ เวลาที่ต้องใช้ในการคำนวณชุดแรกนั้น ซึ่งจะมีผลเป็นพิเศษเฉพาะในขั้นแรกของการรับภาพเท่านั้น

ตารางที่ 6.3 เวลาที่ด้านรับแสดงภาพที่ปรากฏขั้นต่าง ๆ

ขั้นที่	ภาพ GIRL	ภาพ BABOON
1	6.98	7.09
2	19.45	19.78
3	38.90	40.00
4	114.44	112.91

6.2.4 <u>อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-noise ratio)</u> หรือ SNR ของภาพที่รับได้ในแต่ละขั้นจะหาได้จาก

$$\text{SNR} = \frac{\text{ผลรวมกำลังสองของความสว่างแต่ละจุดในภาพ}}{\text{ผลรวมกำลังสองของความผิดพลาด}}$$

$$= \sum_i \sum_j X_{ij}^2 \; / \sum_i \sum_j (X_{ij} - \tilde{X}_{ij})^2$$

X_{ij} คือ ความสว่างของแต่ละจุดในภาพต้นแบบ , $\tilde{X}_{ij}$ คือ ความสว่างของแต่ละจุดของภาพที่ถูกสร้างกลับขึ้นมาใหม่ โดยปกติ SNR เป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่บอกถึงคุณภาพของภาพในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ ซึ่งจากตารางที่ 6.4 จะพบว่า SNR ของภาพประเภทหน้าคนเช่นภาพ GIRL จะมีค่าประมาณ 15 dB และจะมีการปรับปรุงประมาณ 5 - 6 dB ในแต่ละขั้น แต่ในกรณีของภาพที่มีรายละเอียดมากเช่นภาพ BABOON SNR ของภาพที่ได้ในขั้นต่าง ๆ อาจจะไม่สูงนัก ทั้งนี้เนื่องจาก DCT เหมาะกับภาพที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันสูง แต่ค่า SNR ต่ำก็ไม่ได้หมายความว่า คุณภาพของภาพที่ได้ไม่ดี ทั้งนี้เพราะการนำเอาแบบจำลองระบบการมองเห็น

มาใช้ร่วมด้วย จะทำให้ข้อมูลในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นขาดหายไป ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจึงมีค่าสูง ส่งผลให้ SNR ต่ำลง ทั้งที่ความรู้สึกของผู้ใช้ต่อภาพที่ปรากฏยังดีอยู่มาก

ตารางที่ 6.4 SNR ของภาพที่ได้ในแต่ละขั้น

ขั้นที่	ภาพ GIRL	ภาพ BABOON
1	16.81	15.70
2	20.44	16.91
3	25.30	19.37
4	31.67	23.62

6.2.5 <u>อัตราส่วนของบิต overhead ต่อ บิตรวมในแต่ละขั้น</u> จากตารางที่ 6.5 จะเห็นได้ว่าจำนวนของบิต overhead ซึ่งต้องใช้ในการถอดรหัสที่ถูกส่งไปด้วย เมื่อเทียบกับจำนวนบิตรวมที่ต้องส่งในแต่ละขั้น จำนวนบิต overhead นี้จะมีค่าแตกต่างกันไป โดยขึ้นกับลักษณะของข้อมูลในขั้นนั้น โดยจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 800 ถึง 1600 บิต ดังนั้นในขั้นแรกของการส่งภาพเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่เป็นบิต overhead จะมีค่าค่อนข้างสูง แต่ในขั้นถัดมาก็จะมีค่าลดลงตามลำดับ การส่งภาพแบบโปรแกรสซีฟวิธีนี้จึงจัดว่าเป็นวิธีที่มีจำนวนบิต overhead โดยเฉลี่ยไม่สูงนัก

ตารางที่ 6.5 จำนวนบิตในการรับส่งภาพแต่ละขั้นของภาพ GIRL

ขั้นที่	จำนวนบิต overhead (%)	จำนวนบิตรวมในขั้น	จำนวนบิตรวมสะสม
1	1416 (26.9)	5273	5273
2	1079 (9.6)	11272	16545
3	1269 (3.9)	32926	49471
4	1617 (1.6)	103544	153015

ตารางที่ 6.6 จำนวนบิตในการรับส่งภาพแต่ละขั้นของภาพ BABOON

ขั้นที่	จำนวนบิต overhead (%)	จำนวนบิตรวมในขั้น	จำนวนบิตรวมสะสม
1	1286 (24.7)	5203	5203
2	866 (7.8)	11038	16241
3	1017 (3.1)	32881	49122
4	1414 (1.5)	97355	146477

6.2.6 <u>เวลาในการตัดสินใจของผู้ใช้</u> หมายถึง เวลาที่ผู้ใช้ต้องการในการตัดสินใจว่าภาพที่ปรากฏดังกล่าวเป็นภาพที่ต้องการใช่หรือไม่ และ กระทำการโต้ตอบได้อย่างเหมาะสม เช่น กดปุ่มเพื่อหยุดการส่ง แล้ว เลือกภาพต่อไป หรือ รอให้ภาพปรากฏจนครบทุกขั้นเมื่อเป็นภาพที่ต้องการ การวัดเวลาในส่วนนี้ทำได้ยากมาก เนื่องจากมีลักษณะที่ขึ้นอยู่กับผู้ใช้เป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่น ถ้าภาพที่ต้องการค้นหาเป็นภาพที่มีลักษณะพิเศษเด่นชัด ผู้ใช้ก็จะสามารถแยกแยะภาพที่ปรากฏได้อย่างรวดเร็ว เช่น ระหว่างภาพทิวทัศน์ กับ ภาพหน้ามนุษย์ เป็นต้น ในกรณีนี้ผู้ใช้ก็อาจจะใช้เวลาการส่งภาพเพียงแค่ในขั้นตอนแรกเท่านั้น ส่วนในอีกกรณีหนึ่งที่ผู้ใช้ไม่มีความรู้เกี่ยวกับภาพที่ต้องการค้นหามาก่อน ผู้ใช้ก็อาจจะต้องรอให้ภาพมีรายละเอียดค่อนข้างมากถึงในขั้นตอนที่ 3 จึงจะทำการตัดสินใจได้ แต่โดยปกติแล้ว ผู้ใช้มักจะทำการตัดสินใจ และ โต้ตอบได้อย่างเหมาะสมเพียงแค่การส่งในขั้นที่ 2 เท่านั้น เปรียบเทียบกับภาพที่ปรากฏขึ้นทางด้านรับจากการส่งในแบบกวาดทีละเส้นในหัวข้อ 6.2.1 จะเห็นได้ว่าที่เวลาของการส่งในขั้นที่ 2 นี้ ผู้ใช้จะไม่มีทางแยกแยะได้เลยว่า ภาพดังกล่าวเป็นภาพอะไร และ เป็นภาพที่ต้องการหรือไม่ ดังนั้นการส่งภาพนิ่งในแบบโปรเกรสซีฟจึงเป็นวิธีการรับส่งข้อมูลภาพที่ช่วยให้ผู้ใช้ลดเวลาในการค้นหาภาพที่ต้องการลงได้มาก ตามจุดประสงค์ที่ได้กล่าวมาในตอนต้น