บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

วิวัฒนาการทางการสื่อสารโทรคมนาคมในปัจจุบัน อำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้เป็นอย่างมาก จนเรียกได้ว่า ทศวรรษที่ผ่านมาเป็นทศวรรษแห่งข้อมูลข่าวสาร นั่นคือการเข้าถึงข้อมูลไม่ว่าจะในด้านใดก็ทำได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต หรือข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย นอกจากนั้นการติดต่อสื่อสารระหว่างกันก็ทำได้ง่ายขึ้น มีรูปแบบมากขึ้น

ระบบสื่อสารไร้สายได้เข้ามามีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตปัจจุบัน นอกจากจะทำให้ไม่พลาดการติดต่อแล้วยังทำให้เข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้อย่างรวดเร็วตามต้องการผ่านบริการที่หลากหลาย เช่น การส่งข้อความสั้น (Short Message Service), การส่งภาพนิ่งและจากระบบอินเตอร์เน็ตผ่านระบบ WAP (Wireless Application Protocol), การโอนเงินหรือการจองตั๋วชมภาพยนต์ในปัจจุบัน หรือบริการที่ขนาดว่าจะมีในอนาคตไม่ว่าจะเป็น การประชุมแบบวิดีโอ, โทรศัพท์วิดีโอ, การรับส่งข้อมูล หรือการรับชมการถ่ายทอดภาพและเสียง เป็นต้น เนื่องจากบริการที่กำลังจะเกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการส่งภาพเคลื่อนไหวผ่านเครือข่ายนี้ ทำให้มีความพยายามที่จะพัฒนาส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเข้ารหัส หรือช่องสัญญาณสื่อสารให้เหมาะสมกับระบบการส่งวิดีโอ อย่างต่อเนื่องตลอดทศวรรษที่ผ่านมา

การส่งข้อมูลบนเครือข่ายไร้สายนี้จะมีหลายเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากช่องการสื่อสารจะต้องผ่านตัวกลาง คือ อากาศซึ่งการควบคุมสภาวะของช่องสื่อสารทำได้ยาก เงื่อนไขดังกล่าวไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งของเครื่องโทรศัพท์จากพื้นดินหรือจากสถานีฐาน หรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบและอยู่ระหว่างเส้นทางการสื่อสาร ตลอดจนจำนวนผู้ใช้ในบริเวณนั้นล้วนแล้วแต่ทำให้ข้อมูลที่รับ-ส่งกันระหว่างผู้ใช้ มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้มาก สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมุ่งความสนใจไปที่การแก้ปัญหาการลดทอนซึ่งเกิดจากการติดต่อกันจุดต่อจุดของการส่งสัญญาณวิดีโอ การลดทอนนั้นเกิดจากผลของการเคลื่อนที่ ตลอดจนสภาพของช่องสื่อสารระหว่างเส้นทางการสื่อสาร การลดทอนคือการเกิดความผิดพลาดเป็นช่วงสั้นของช่องสัญญาณ ซึ่งในช่วงในค่าอัตราบิตผิดพลาดจะมีค่าสูง โดยการกระจายของการลดทอนจะมีการกระจายของความน่าจะเป็นแบบเรเลย์

จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นดังกล่าว เพื่อคุณภาพของสัญญาณวิดีโอที่ส่ง ระบบควบคุมความผิดพลาดจึงมีความสำคัญมาก ระบบควบคุมความผิดพลาดทั่วไปจะแบ่งเป็นสองรูปแบบตามลักษณะการแก้ไขความผิดพลาด คือ การควบคุมความผิดพลาดแบบวงรอบเปิดหรือการควบคุมความผิดพลาดไปข้างหน้า จะพยายามใช้ส่วนหัวที่เพิ่มเข้ามาสำหรับแพ็กเกตข้อมูล เพื่อแก้ไขบิตผิดพลาดให้ได้ที่ปลายทางโดยไม่อาศัยการส่งใหม่ วิธีนี้ได้เปรียบตรงที่สัญญาณไม่ต้องส่งใหม่ทำให้ไม่เสียเวลา อย่างไรก็ตามจำนวนบิตที่สามารถแก้ไขได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนส่วนหัวที่เพิ่มเข้าไป

กล่าวคือ ถ้าช่องสัญญาณมีอัตราความผิดพลาดสูง ก็ต้องการส่วนหัวขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้ข้อมูลมีขนาดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นส่วนหัวขนาดใหญ่ยังเกินความจำเป็นในช่วงที่ช่องสัญญาณมีความผิดพลาดต่ำด้วย แนวทางที่สองก็คือ การควบคุมความผิดพลาดแบบวงรอบปิด แนวทางนี้จะอาศัยข้อมูลจากผู้รับ ส่งกลับมายังผู้ส่งว่าข้อมูลไปถึงโดยไม่เกิดผิดพลาดหรือไม่ วิธีนี้ทางผู้ส่งจะมีที่พักข้อมูลชั่วคราวสำหรับข้อมูลที่ยังไม่ได้รับการยืนยันว่าไปถึงโดยถูกต้อง ถ้าได้รับถูกต้องข้อมูลจากฝ่ายรับจะส่งมาเพื่อลบข้อมูลในที่พักข้อมูลชั่วคราว ไม่เช่นนั้นข้อมูลจะถูกส่งอีกครั้ง วิธีการนี้จะไม่ต้องการข้อมูลส่วนหัวเพิ่มเติม ทำให้ขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นในแบบแรก แต่เนื่องจากต้องส่งข้อมูลอีกครั้งเมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้นจึงทำให้ต้องเสียเวลา แนวทางที่นำเสนอจึงเป็นการผสมผสานระหว่างสองแนวทาง คือ พยายามแก้ไขบิตผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อน ถ้าบิตผิดพลาดเกินกว่าจะแก้ไขได้ ก็จะทำการส่งใหม่ การแก้ไขในรูปแบบนี้เรียกว่า Hybrid ARQ วิธีนี้จะเป็นการแลกเปลี่ยนความได้เปรียบเสียเปรียบของทั้งสองวิธี วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงจะใช้ระบบควบคุมความผิดพลาดแบบนี้

การพัฒนาเกี่ยวกับมาตรฐานการส่งวิดีโอ มีอยู่อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน มีการจัดตั้งมาตรฐานขึ้นเพื่อกำหนดแนวทางในการเข้ารหัสทั้งสัญญาณภาพนิ่งและสัญญาณวิดีโอ ตั้งแต่มาตรฐาน JPEG ซึ่งเป็นมาตรฐานการข้ารหัสภาพนิ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพในการบีบอัดข้อมูลและไม่มีเงื่อนไขของระดับสี จนถึงการเข้ารหัสสัญญาณวิดีโอที่ MPEG และ ITU-T กำลังพัฒนาควบคู่กันไป มาตรฐาน MPEG-1 ปัจจุบันใช้กันอย่างมากมายในอุปกรณ์เก็บข้อมูล เช่น ซีดีรอม กับสัญญาณวิดีโอที่มีอัตราบิตไม่สูงมากนัก รู้จักกันในชื่อของ วิดีโอซีดี ในขณะที่ ITU-T พัฒนามาตรฐาน H.261 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับ MPEG-1 มาก แต่มีจุดประสงค์เพื่อรองรับการส่งวิดีโอในระดับหนึ่ง คือ สามารถเข้ารหัสแบบเวลาจริงได้ หลังจากนั้น มาตรฐานวิดีโอก็ได้รับการพัฒนาสูงขึ้น เพื่อรองรับอัตราบิตที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นในช่วงอัตราบิตสูงมาก เช่น MPEG-2 ซึ่งใช้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลวิดีโอขนาดใหญ่ เช่น ดีวีดี หรือจะเป็นในช่วงต่ำมาก เช่น H.263 ของ ITU-T หรือ MPEG-4 ซึ่งนอกจากจะทำการเข้ารหัสที่อัตราบิตต่ำมากแล้ว ยังทำการเข้ารหัสบนพื้นฐานของวัตถุ เพื่อให้การปรับเปลี่ยนมุมมองและขนาดของวัตถุในภาพเคลื่อนไหวทำได้รวดเร็วขึ้น

เนื่องจากวิดีโอที่ใช้ส่งในช่องสัญญาณไร้สายซึ่งเป็นช่องสัญญาณแคบ จะต้องเป็นวิดีโอที่มีอัตราบิตต่ำเพื่อความรวดเร็วในการส่ง อีกทั้งมาตรฐาน MPEG-4 ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาและมีความต้องการใช้ตัวประมวลผลสูงมาก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกใช้มาตรฐาน H.263 ของ ITU-T ซึ่งสามารถออกแบบการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์การเข้ารหัสได้หลายตัวเลือกทั้งเพื่อคุณภาพ และทั้งเพื่อประสิทธิภาพที่หลากหลายของการเข้ารหัส แต่พารามิเตอร์ที่สนใจในที่นี้จะมีอยู่ด้วยกันสามตัว คือ พารามิเตอร์การควอนไทส์ หรือการปรับระดับขั้นการทำควอนไทส์สัมประสิทธิ์ของการทรานฟอร์ม DCT ซึ่งจะส่งผลต่อความคมชัดของภาพ, การปรับพารามิเตอร์การกระโดดข้ามเฟรม หรือการปรับจำนวนเฟรมที่จะไม่เข้ารหัสซึ่งจะมีผลต่อความต่อเนื่องของภาพ, และ การเลือกเฟรม

อ้างอิงซึ่งจะช่วยกู้ความผิดพลาดและคุณภาพของสัญญาณกลับคืนมาเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงอัตราบิต การปรับพารามิเตอร์ดังกล่าวก็เพื่อปรับเปลี่ยนอัตราบิตให้สอดคล้องกับสภาพของเครือข่ายซึ่งจะได้รับข้อมูลมาจากระดับของที่พักข้อมูลชั่วคราว นอกจากนั้นวิธีที่นำเสนอยังสามารถปรับเปลี่ยนอัตราบิตตามลักษณะสมบัติที่ต้องการได้กล่าวคือ สามารถปรับเปลี่ยนตัวควอนไทส์แล้วคงค่าการกระโดดข้ามเฟรมเพื่อรักษาระดับความต่อเนื่องของภาพ หรือปรับเปลี่ยนการกระโดดข้ามเฟรมแล้วคงตัวควอนไทส์เพื่อรักษาระดับความคมชัดของสัญญาณภาพได้ด้วย

ผลการทดสอบปรากฏว่าการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ทั้งสามส่งผลต่ออัตราบิตของสัญญาณวิดีโอขาออก โดยการเปลี่ยนแปลงนั้นจะทำให้อัตราบิตที่ได้อยู่ในช่วงที่กว้างเพียงพอที่จะสามารถเลือกให้เหมาะสมกับช่องสัญญาณได้ ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของสัญญาณทั้งในด้านของอัตรากำลังสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนหรือในด้านของการรับรู้จากผู้ใช้ ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้มากเช่นกัน เมื่อทำการทดสอบกับระบบ Hybrid ARQ แล้วจะทำให้ระบบสามารถกำหนดขนาดที่พักข้อมูลชั่วคราวตลอดจนส่วนหัวที่ใช้สำหรับแก้ไขความผิดพลาดได้สอดคล้องกับระบบที่ใช้

จากการทดสอบส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณที่มีการลดทอนเป็นช่วงๆ ทั้งช่วงสั้นและช่วงยาวสำหรับสัญญาณวิดีโอที่เข้ารหัสแบบปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ทั้ง ตัวควอนไทส์และการกระโดดข้ามเฟรม โดยเพิ่มเทคนิกการกระโดดข้ามเฟรมเพิ่มเติมสำหรับเฟรมอ้างอิงและการเลือกเฟรมอ้างอิงเปรียบเทียบกับกรณีที่เข้ารหัสด้วยอัตราสูงและอัตราต่ำ ระบบที่นำเสนอจะสามารถส่งข้อมูลได้ใกล้เคียงกับสัญญาณที่เข้ารหัสแบบอัตราบิตต่ำ คือ มีอัตราเฟรมที่ได้รับประมาณร้อยละ 80 ถึง 90 ของความเร็วสัญญาณวิดีโอที่มีอัตราบิตต่ำ รวมทั้งความคมชัดตลอดจนความต่อเนื่องมีความใกล้เคียงกับสัญญาณที่มีอัตราบิตสูง คือ มีค่าอัตราส่วนกำลังสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมากกว่ากรณีสัญญาณที่มีอัตราบิตต่ำถึง 1 dB ในกรณีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์การควอนไทส์และความ หนาแน่นของเฟรมที่แสดงผลประมาณร้อยละ 80 ถึง 90 ของสัญญาณที่มีอัตราบิตสูง ผลที่ได้ดังกล่าวยืนยันประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของระบบเข้ารหัสทั้งในด้านความเร็วของการส่งสัญญาณ, คุณภาพของสัญญาณ, และความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนอัตราบิตโดยมีทางเลือกในการปรับคุณภาพในสองรูปแบบ คือ ความต่อเนื่องและความคมชัดของสัญญาณวิดีโอ

อย่างไรก็ตามระบบยังมีจุดที่ต้องพัฒนาขึ้นอีก เช่น ความซับซ้อนของระบบอาจไม่เหมาะกับเครื่องโทรศัพท์ที่มีขนาดเล็ก นอกจากนั้นการเข้ารหัสยังต้องการตัวประมวลผลที่มีศักยภาพสูงมาก ทั้งนี้การพัฒนาของตัวประมวลผลรวมทั้งหน่วยความจำที่มีขนาดเล็กลงอาจทำให้ระบบสามารถเกิดขึ้นได้จริง พิจารณาทางด้านของช่องทางการสื่อสารในปัจจุบันค่อนข้างจะมีอุปสรรคเกี่ยวกับทรัพยากรในด้านนี้ ทำให้ความเร็วของการสื่อสารอาจไม่เป็นเป็นตามมาตรฐาน IMT-2000 ความสามารถของระบบจึงต้องขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของส่วนต่างๆ ดังกล่าว

ข้อเสนอแนะอีกหนึ่งข้อที่คาดว่าจะเป็นทางออกของระบบส่งสัญญาณวิดีโออัตราบิตต่ำ ก็คือ ความพยายามในการเชื่อมโยงระบบเข้ารหัสที่สอดคล้องกับอัตราบิตต่ำ กับระบบสื่อสารที่มีการ

กำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับส่งภาพแล้วเช่น WAP (Wireless Application Protocol) แล้วทำการปรับมาตรฐานทั้งสองให้สามารถติดต่อกันได้ การเชื่อมโยงนี้จะทำให้การออกแบบระบบง่ายขึ้นอีก ทั้งสามารถใช้ร่วมกับการส่งข้อมูลอื่นๆ เช่น ภาพนิ่ง ได้อีกด้วย