บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

อินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย บริการบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนั้นนอกจากบริการทางด้านข้อมูลอย่างเช่น จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เวิร์ลไวด์เว็บและการขนถ่ายไฟล์แล้ว ยังมีการให้บริการโดยใช้สื่อ (Media) ประเภทอื่นเช่น เสียง และวีดิทัศน์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อให้มีการสื่อสารหลายประเภทพร้อมกันได้ ซึ่งเรียกว่า การสื่อสารแบบพหุสื่อ (Multimedia Communications) แต่เนื่องจากว่าเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายที่ไม่มีการประกันคุณภาพการบริการ (Quality of Service) ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะแน่ใจได้ว่าแพ็กเก็ต (Packet) ที่บรรจุข้อมูลของสื่อ จะมีการสูญหายในระหว่างการเดินทางหรือไม่ ซึ่งหากมีแพ็กเก็ตสูญหายมากเกินไปก็ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสื่อที่ผู้รับได้รับ ตัวอย่างเช่น การสูญหายของแพ็กเก็ตเสียงทำให้เสียงไม่ต่อเนื่องและฟังไม่ชัด การสูญหายของแพ็กเก็ตวีดิทัศน์ก็อาจทำให้วีดิทัศน์บางเฟรม (Frame) ไม่สามารถนำไปแสดงผลได้ ส่งผลให้การแสดงผลวีดิทัศน์เกิดการติดขัดและก่อให้เกิดความรำคาญต่อสายตาของผู้รับเป็นต้น ดังนั้นผู้ส่งจึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของสื่อที่ผู้รับได้รับ และต้องมีกลไกในการควบคุมคุณภาพของสื่อที่สามารถปรับตัวได้ตามสภาพของเครือข่าย นั่นคือถ้าเครือข่ายมีความคับคั่งต่ำก็ใช้วิธีการกำหนดพารามิเตอร์ส่งสื่อในรูปแบบหนึ่ง แต่ถ้าเครือข่ายมีความคับคั่งสูงก็กำหนดพารามิเตอร์ของการส่งในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยลดผลกระทบจากการสูญหายของแพ็กเก็ตได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้คุณภาพของสื่อที่ผู้รับได้รับอยู่ในระดับที่ต่ำจนเกินไปจนไม่สามารถที่จะยอมรับได้

วิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการควบคุมคุณภาพสำหรับการสื่อสารแบบพหุสื่อที่สามารถปรับตัวได้เหมาะสมกับสภาพเครือข่าย โดยในการสื่อสารพหุสื่อนั้นอาจมีการใช้สื่อหลายชนิด แต่วิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการควบคุมคุณภาพของเสียงและวีดิทัศน์เท่านั้น และมีข้อกำหนดว่าในการสื่อสารเสียงนั้นจะใช้การบีบอัดเสียงแบบ G.723.1[1] ซึ่งเป็นการบีบอัดเสียงที่นิยมใช้กันมากที่สุดในระบบไอพีเทเลโฟนนี (IP Telephony)[2] ส่วนในการสื่อสารวีดิทัศน์นั้นกำหนดให้ใช้การบีบอัดแบบ MPEG-4[3] เนื่องจากการบีบอัดแบบนี้สามารถลดขนาดข้อมูลได้มากโดยที่ยังรักษาคุณภาพของวีดิทัศน์เอาไว้ได้ใกล้เคียงกับต้นฉบับ

1.2 การตรวจเอกสาร (Literatures Review)

ในการตรวจเอกสารของวิทยานิพนธ์นี้ ได้ศึกษาเทคนิคในการปรับตัว (Adaptation Techniques) ของโปรแกรมประยุกต์พหุสื่อบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และพบว่ามีผู้เสนอเทคนิคในการปรับตัวขึ้นมาเป็นจำนวนมาก โดยสามารถจำแนกของเทคนิคในการปรับตัวเหล่านี้ได้เป็น 3 ประเภท คือ การปรับอัตราการส่งข้อมูล (Rate Adaptation), การปรับตัวที่ผู้รับเป็นตัวขับ (Receiver-Driven Adaptation) และการควบคุมความผิดพลาดแบบปรับตัว (Adaptive Error Control)

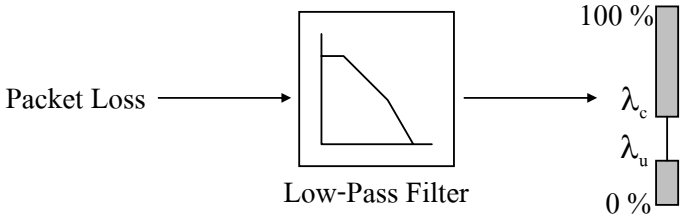
1.2.1 การปรับอัตราการส่งข้อมูล (Rate Adaptation)

ในการใช้เทคนิคการปรับตัวแบบนี้ อัตราการส่งข้อมูลของผู้ส่งจะไม่คงที่ โดยจะมีการเพิ่มหรือลดอัตราการส่งข้อมูลตามค่าที่ป้อนกลับจากผู้รับ ซึ่งเทคนิคนี้ยังสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ชนิดคือ การปรับตัวตามปริมาณการใช้บัฟเฟอร์ (Buffer-Based Adaptation) และการปรับตัวตามปริมาณการสูญหายของข้อมูล (Loss-Based Adaptation) โดยประเภทแรกซึ่งก็คือการปรับตัวตามปริมาณการใช้บัฟเฟอร์นั้น บัฟเฟอร์ดังกล่าวหมายถึงบัฟเฟอร์ที่ใช้พักข้อมูลจากแหล่งกำเนิดสื่อก่อนที่จะถูกส่งออกไปยังเครือข่าย โดยผู้ส่งจะพิจารณาว่าถ้าบัฟเฟอร์เกือบจะเต็มแล้วผู้ส่งก็จะลดอัตราการส่งข้อมูลลง แต่ถ้าข้อมูลในบัฟเฟอร์กำลังจะหมดผู้ส่งก็จะเพิ่มอัตราการส่งข้อมูล ในบทความ [4] และ [5] Jacobs และ ElefTheriadis ได้เสนอโปรโตคอล (Protocol) ขึ้นมาใหม่โดยใช้ Congestion Window และ Acknowledgement Message ของ Transmission Control Protocol (TCP) ในการตรวจตราความคับคั่งของเครือข่าย โดยจุดประสงค์ของโปรโตคอลนี้คือ ต้องการให้การส่งวีดิทัศน์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพเครือข่ายโดยมีพฤติกรรมในลักษณะเดียวกันกับการใช้โปรโตคอล TCP โปรโตคอลใหม่นี้จะมีการเก็บแพ็กเก็ตวีดิทัศน์ในบัฟเฟอร์ของผู้ส่งก่อนที่จะส่งแพ็กเก็ตเหล่านี้ไปยังเครือข่าย ซึ่ง Congestion Window จะเป็นตัวกำหนดว่าสามารถส่งแพ็กเก็ตได้เมื่อใด และปริมาณของแพ็กเก็ตที่อยู่บัฟเฟอร์นี้เองที่จะเป็นตัวกำหนดอัตราบิต (Bit Rate) ของตัวเข้ารหัสวีดิทัศน์เพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์ที่บัฟเฟอร์เต็มหรือบัฟเฟอร์ว่าง ส่วนการควบคุมตัวเข้ารหัสวีดิทัศน์ (Video Encoder) เพื่อให้ได้อัตราบิตของการส่งวีดิทัศน์ตามที่ต้องการนั้น ได้มีการใช้วิธี Dynamic Rate Shaping [6]

เทคนิคการปรับตัวตามปริมาณการใช้บัฟเฟอร์นี้เหมาะสำหรับการถ่ายทอดวีดิทัศน์ซึ่งเป็นการส่งวีดิทัศน์แบบทางเดียว แต่ไม่เหมาะสำหรับการส่งวีดิทัศน์ในลักษณะของการสนทนา เนื่องจากการใช้ TCP Congestion Windows และ Acknowledgement Message นั้นทำให้เกิดเวลาหน่วง (Delay) สูง แต่การส่งวีดิทัศน์ในการสนทนานั้นต้องการความเป็นเวลาจริง (Real-time) ซึ่งต้องการให้เวลาหน่วงในการส่งวีดิทัศน์จากผู้ส่งถึงผู้รับมีค่าต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

นอกจากนี้ในการส่งเสียงหรือวีดิทัศน์ที่ต้องการความเป็นเวลาจริง ถ้ามองในระดับชั้นโปรแกรมประยุกต์ (Application Layer) แล้ว บัฟเฟอร์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลจะมีขนาดเล็กมาก หรืออาจจะไม่มีการใช้บัฟเฟอร์เลยด้วยซ้ำ

เทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลประเภทที่สองคือ การปรับตัวตามตามปริมาณการสูญหายของข้อมูล เทคนิคนี้ผู้รับจำเป็นจะต้องป้อนกลับค่าอัตราการสูญหายของข้อมูลให้ผู้ส่งได้รับทราบ บทความ [7], [8] และ [9] ได้เสนอวิธีการปรับค่าอัตราบิตของการส่งวีดิทัศน์โดยพิจารณาจากการอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ต วิธีการที่ใช้ในบทความทั้งสามนี้มีส่วนที่เหมือนกันก็คือ ผู้ส่งได้นิยามสถานะของผู้รับเอาไว้ 3 สถานะคือ CONGESTED, LOADED และ UNLOADED โดยใช้ค่าอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตในการกำหนดสถานะดังกล่าวดังรูปที่ 1.1 ถ้าหากผู้รับอยู่ในสถานะ CONGESTED ผู้ส่งจะลดอัตราบิตในการส่งวีดิทัศน์เพื่อลดความคับคั่งของเครือข่าย แต่ถ้าผู้รับอยู่ในสถานะ UNLOADED ผู้ส่งก็จะเพิ่มอัตราบิตเนื่องจากผู้ส่งเครือข่ายยังมีความคับคั่งต่ำ ส่วนในกรณีที่ผู้รับอยู่ในสถานะ LOADED ซึ่งเป็นสถานะที่อัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตไม่มากและไม่น้อยเกินไป ผู้ส่งก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราบิตของวีดิทัศน์



รูปที่ 1.1 การแบ่งสถานะของผู้รับโดยใช้อัตราการสูญหายของแพ็กเก็ต[7]

วิธีการของ Busse และคณะ [7] ใช้โปรโตคอล RTP (Real-time Transport Protocol) [10] ในการส่งวีดิทัศน์ ซึ่งผู้รับใช้แพ็กเก็ต RTCP ชนิด Receiver Report ในการรายงานอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตให้ผู้ส่งได้รับทราบ แต่วิธีการของ Bolot และคณะ [8] นั้นแตกต่างออกไป โดยผู้ส่งจะทำหน้าที่ในการสอบถามสถานะจากผู้รับเป็นระยะหรือที่เรียกว่า การโพลลิ่ง (Polling) ทั้งนี้เพื่อขจัดปัญหาในกรณีที่มีผู้รับจำนวนมากโดยเฉพาะเมื่อมีการส่งวีดิทัศน์แบบมัลติคาสต์ ซึ่งทำได้โดยการใช้วิธีการโพลลิ่งที่เรียกว่า Probabilistic Polling โดยในการส่งข้อความโพลลิ่งแต่ละครั้งผู้ส่งจะสุ่มค่าคีย์ขึ้นมาหนึ่งค่า ผู้รับที่มีค่าคีย์ตรงกันเท่านั้นจะเป็นผู้ตอบ ซึ่งวิธีการสุ่มที่ว่านี้สามารถใช้ในการประมาณจำนวนผู้รับได้

วิธีการของ Busse [7] และวิธีการของ Bolot [8] ใช้การปรับค่าอัตราบิตของวีดิทัศน์แบบ Additive Increase Multiplicative Decrease (AIMD) นั่นคือมีการเพิ่มอัตราบิตแบบผลบวก แต่ในการลดอัตราบิตนั้นเป็นการลดแบบผลคูณ ซึ่งทั้งอัตราบิตที่เพิ่มและสัดส่วนที่ใช้ในการลดอัตรา

บิตนั้นล้วนแล้วแต่เป็นค่าคงที่ แต่สำหรับวิธีการของ Sisalem [9] นั้นแตกต่างออกไป เนื่องจากค่าที่ใช้ในการเพิ่มอัตราบิต (Additive Increase Rate, AIR) ในแต่ละครั้งนั้นไม่เท่ากัน โดยค่า AIR นี้จะเปลี่ยนไปตามอัตราการสูญหายและค่าเวลาหน่วง (Delay) ที่ผู้รับป้อนกลับมาให้

จากการทดลองของ Sisalem และ Schulzrinne ใน [11] แสดงให้เห็นว่าในกรณีของการส่งวีดิทัศน์โดยใช้การรายงานสถานะของผู้รับตามโปรโตคอล RTP นั้น หากมีการปรับอัตราบิตแบบ AIMD นั้นจะทำให้การแบ่งแบนด์วิดท์กับโปรแกรมประยุกต์อื่นเป็นไปอย่างไม่เป็นธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล TCP เนื่องจากในกรณีที่ใช้โปรโตคอล RTP นั้น ผู้รับจะรายงานสถิติของการรับให้กับผู้ส่งโดยใช้แพ็กเก็ต Receiver Report ซึ่งระยะเวลาระหว่างการส่งแพ็กเก็ต RTCP แต่ละครั้งนั้นใช้เวลาอย่างน้อย 5 วินาที แต่สำหรับโปรโตคอล TCP นั้นผู้รับมีการตอบกลับทุกครั้งที่ได้รับแพ็กเก็ต โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล TCP จึงถูกบังคับให้ลดอัตราการส่งข้อมูลเร็วกว่าโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล RTP ด้วยเหตุผลนี้ทำให้การปรับอัตราบิตแบบนี้ไม่เป็นธรรมต่อโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล TCP ดังนั้น Sisalem และ Schulzrinne จึงเสนอวิธีการปรับอัตราบิตให้มีคุณสมบัติที่สามารถแบ่งปันแบนด์วิดท์กับโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล TCP ได้อย่างยุติธรรมมากขึ้น โดยได้แก้ไขในส่วนของการเพิ่มอัตราบิตของการส่งวีดิทัศน์ โดยในการเพิ่มแต่ละครั้งจะต้องไม่เกินค่า r_{TCP} ซึ่งค่านี้ได้มาจากการโมเดล TCP Throughput ของ Padhye และคณะ[12] ซึ่งถือเป็นค่าอัตราบิตที่จะทำให้มีการแบ่งแบนด์วิดท์ของเครือข่ายอย่างยุติธรรม

เทคนิคการปรับตัวตามตามปริมาณการสูญหายของข้อมูลนี้ สามารถใช้ในการกำหนดอัตราการส่งข้อมูลให้เหมาะสมกับแบนด์วิดท์เครือข่ายที่เหลืออยู่ (Available Bandwidth) ซึ่งเหมาะสำหรับในกรณีที่เครือข่ายมีแบนด์วิดท์เหลืออยู่มากพอสมควร แต่ถ้าหากแบนด์วิดท์ของเครือข่ายถูกใช้จนเกือบหมดแล้ว ปริมาณแบนด์วิดท์ที่เหลืออยู่อาจจะไม่เพียงพอก็ได้ นอกจากนี้การลดอัตราการส่งข้อมูลของโปรแกรมประยุกต์พหุสื่อเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถทำให้เครือข่ายลดความคับคั่งลงได้ เนื่องจากว่าผู้ใช้งานเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจำนวนมากมีการใช้โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้โปรโตคอล TCP อย่างเช่น WWW, FTP, Telnet เป็นต้น ซึ่งโปรโตคอล TCP จะมีพฤติกรรมที่ไม่อยู่นิ่งเช่นกัน โดยจะพยายามปรับอัตราการส่งข้อมูลให้เหมาะสมกับแบนด์วิดท์ของเครือข่ายที่เหลืออยู่ ดังนั้นหากโปรแกรมประยุกต์พหุสื่อมีการลดอัตราการส่งข้อมูล แบนด์วิดท์ส่วนที่เหลือก็จะถูกโปรแกรมประยุกต์ TCP ดึงไปใช้เช่นกัน จะเห็นว่าความคับคั่งของเครือข่ายก็ไม่ได้ลดน้อยลงไป นอกจากนี้จุดอ่อนของเทคนิคการปรับตัวประเภทนี้ คือ การใช้อัตราการสูญหายของข้อมูลนั้นสามารถบอกระดับความคับคั่งของเครือข่ายได้ แต่บางครั้งก็ไม่อาจบอกถึงคุณภาพของสื่อที่ได้รับได้ โดยเฉพาะในกรณีของการสื่อสารวีดิทัศน์ วีดิทัศน์ 1 เฟรมอาจถูกตัดแบ่งเพื่อบรรจุลงในหลายแพ็กเก็ต เพื่อไม่ให้ขนาดของแพ็กเก็ตใหญ่กว่าค่า Maximum Transfer Unit (MTU) ของลิงค์ ปริมาณการสูญหายของแพ็กเก็ตไม่สามารถบอกได้ว่ามีเฟรมวีดิทัศน์เสียหายกี่เฟรม ตัวอย่างเช่น หากมีแพ็กเก็ตสูญหายจำนวน 4 แพ็กเก็ต ถ้าหากทั้ง 4 แพ็ก

เก็ตได้มาจากวีดิทัศน์ในเฟรมเดียวกันจะทำให้มีเฟรมวีดิทัศน์สูญหายเพียงหนึ่งเฟรมเท่านั้น แต่ถ้าหากทั้ง 4 แพ็กเก็ตนี้ได้มาจากวีดิทัศน์ในเฟรมที่แตกต่างกันทั้งหมด จะทำให้มีวีดิทัศน์สูญหายทั้งหมด 4 เฟรม

1.2.2 การปรับตัวที่ผู้รับเป็นตัวขับ (Receiver-Driven Adaptation)

ในการปรับตัวของโปรแกรมประยุกต์พหุสื่อวิธีนี้ การปรับตัวส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ผู้รับ วิธีการที่ได้รับการเสนอขึ้นมาส่วนใหญ่จะนำเทคนิคการบีบอัดแบบ Layered Encoding เข้ามาช่วย ซึ่งเทคนิคนี้ผู้ส่งจะบีบอัดข้อมูลโดยแยกออกเป็นหลายระดับชั้น โดยระดับชั้นที่อยู่ต่ำสุดหรือระดับชั้นฐาน (Base Layer) เป็นระดับชั้นที่สำคัญที่สุดจะประกอบด้วยข้อมูลที่ทำให้สื่อมีคุณภาพที่ยอมรับได้ในระดับหนึ่ง ส่วนระดับชั้นอื่นที่อยู่ในระดับเหนือขึ้นมาเป็นข้อมูลที่ช่วยในการเพิ่มคุณภาพของสื่อให้ดีขึ้น และเมื่อผู้ส่งนำสื่อมาบีบอัดและแยกเป็นระดับชั้นแล้ว ข้อมูลของแต่ละระดับชั้นก็จะส่งไปยังกลุ่มมัลติคาสต์ (Multicast Group) ที่แตกต่างกันออกไป จากนั้นผู้รับจะเป็นผู้ตัดสินใจเองว่าจะเข้ากลุ่มมัลติคาสต์ (Join Multicast) เพื่อรับข้อมูลของระดับชั้นไหนบ้าง โดยพิจารณาจากระดับความคับคั่งของเครือข่าย เช่น หากเครือข่ายมีความคับคั่งสูงผู้รับก็จะลดจำนวนระดับชั้นลง แต่ถ้าเครือข่ายมีความคับคั่งต่ำผู้รับก็สามารถเพิ่มจำนวนระดับชั้นได้

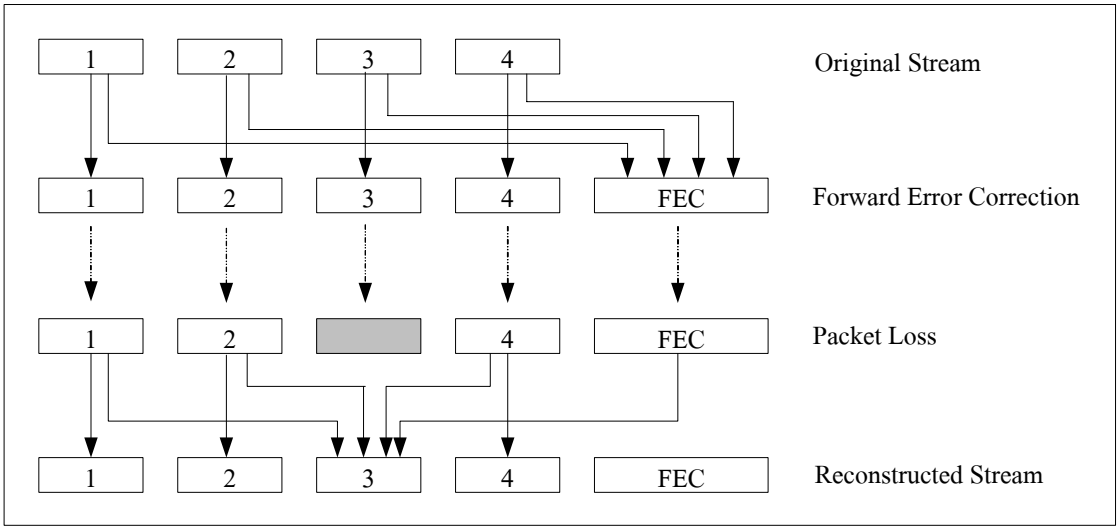
เทคนิคการปรับตัวที่ผู้รับนี้สามารถแบ่งได้อีกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ผู้ส่งไม่มีปรับอัตราบิตในการบีบอัดแต่ละระดับชั้น ซึ่งได้แก่ เทคนิค Receiver-Driven Layered Multicast (RLM)[13] ซึ่งเสนอโดย McCanne, Jacobson และ Vetterli และเทคนิค Thin Streams[14] ซึ่งเสนอโดย Wu, Sharma และ Smith ส่วนแบบที่สองนั้นผู้ส่งจะมีการปรับอัตราบิตของการบีบอัดแต่ละระดับชั้นโดยพิจารณาจากข้อมูลป้อนกลับจากผู้รับ ตัวอย่างของวิธีการปรับตัวแบบนี้ได้แก่ เทคนิค Adaptive Layered Transmission (ALT)[15] ซึ่งเสนอโดย Sisalem และ Emanuel

เทคนิคการปรับตัวแบบนี้เหมาะสำหรับกรณีที่มีผู้รับเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถรองรับการขยายระบบได้ แต่ในกรณีของการสื่อสารแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) ซึ่งมีผู้รับคนเดียวก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องส่งข้อมูลในแต่ละระดับชั้นแยกกัน

1.2.3 การควบคุมความผิดพลาดแบบปรับตัว (Adaptive Error Control)

เนื่องจากว่าการสื่อสารพหุสื่อบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนั้นไม่สามารถที่หลีกเลี่ยงปัญหาการสูญหายของแพ็กเก็ตได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีกลไกที่จะช่วยลดผลกระทบจากการสูญหายแพ็กเก็ต Forward Error Correction (FEC) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดผลกระทบจากการสูญหายของแพ็กเก็ตได้โดยไม่เพิ่มค่าเวลาหน่วงมากนัก ซึ่งคุณสมบัตินี้เหมาะสมสำหรับการสื่อสารที่มีลักษณะเป็นเวลาจริง

FEC สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ FEC ที่ไม่ขึ้นกับสื่อ (Media Independent FEC) และ FEC ที่ขึ้นกับสื่อ (Media Specific FEC) โดยประเภทแรกคือ FEC ที่ไม่ขึ้นกับสื่อนั้นมีวิธีการคือ เมื่อมีการส่งแพ็กเก็ตได้หนึ่งชุด จะมีการส่งแพ็กเก็ตพิเศษเพิ่มเข้าไปดังรูปที่ 1.2 โดยแพ็กเก็ตพิเศษนี้ได้จากการกระทำทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลของทุกแพ็กเก็ตที่อยู่ในชุดเดียวกัน ดังนั้นเมื่อมีแพ็กเก็ตใดแพ็กเก็ตหนึ่งสูญหายไป ก็สามารถกู้คืนได้โดยใช้แพ็กเก็ตพิเศษนี้ แต่วิธีการนี้ใช้ไม่ได้ผลถ้ามีการสูญหายของแพ็กเก็ตในชุดเดียวกันมากกว่า 1 แพ็กเก็ต [16]

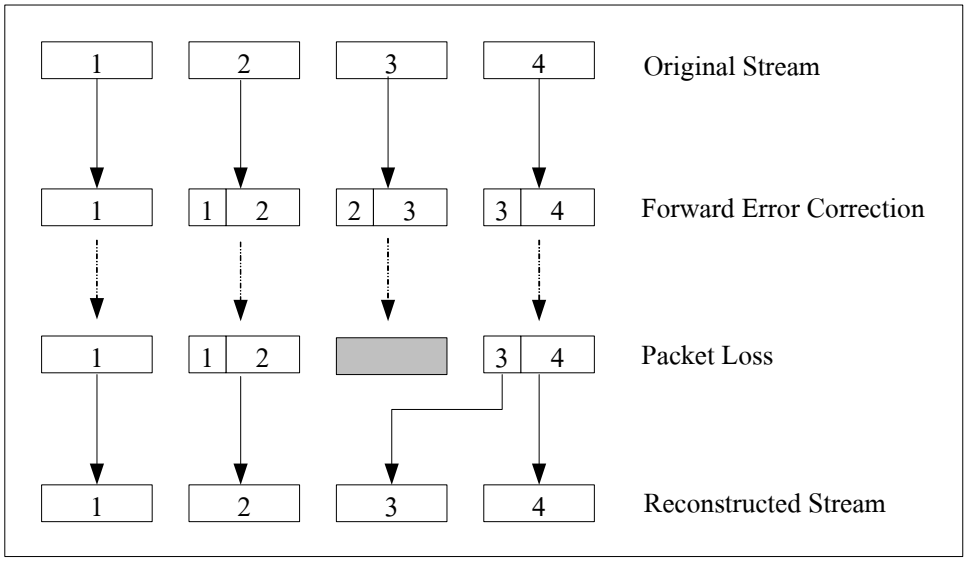


รูปที่ 1.2 Media Independent FEC [24]

FEC ประเภทที่สองคือ FEC ที่ขึ้นกับสื่อซึ่งมีหลักการคือ ในแต่ละแพ็กเก็ตจะบรรจุข้อมูลซ้ำของแพ็กเก็ตที่อยู่ก่อนหน้า แต่ใช้การบีบอัดด้วยอัตราบิตที่ต่ำกว่าเพื่อไม่ให้ปริมาณการใช้แบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นมากเกินไป จากรูปที่ 1.3 จะเห็นว่าเมื่อแพ็กเก็ตที่ 3 สูญหาย ข้อมูลเสียงที่อยู่ในแพ็กเก็ตนี้สามารถกู้คืนได้จากข้อมูลซ้ำที่อยู่ในแพ็กเก็ตที่ 4 ซึ่ง FEC ประเภทที่สองนี้เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากกว่า FEC ประเภทแรก โดยได้มีการพัฒนาอัลกอริทึมในการควบคุมระดับความผิดพลาดโดยใช้พื้นฐานจาก FEC ที่ขึ้นกับสื่อเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในกรณีของการสื่อสารเสียงได้มีมาตรฐานในการกำหนดรูปแบบของการบรรจุข้อมูลซ้ำลงในแพ็กเก็ต RTP อีกด้วย ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวก็คือ RFC 2198 [17]

จะเห็นว่าในการใช้ FEC ที่ขึ้นกับสื่อนั้น หากมีการใช้ปริมาณข้อมูลซ้ำ (Redundancy) มากขึ้นก็จะช่วยลดผลกระทบจากการสูญหายของแพ็กเก็ตได้ดีขึ้น แต่ผลที่ตามมาก็คือปริมาณการใช้แบนด์วิดท์จะสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีกลไกในการกำหนดปริมาณข้อมูลซ้ำให้เหมาะสมกับสภาพเครือข่ายที่กำลังใช้งาน เพื่อไม่ให้มีการใช้ปริมาณข้อมูลที่ซ้ำที่มากเกินไปโดยเปล่าประโยชน์ หรือน้อยเกินไปจนไม่สามารถลดผลกระทบจากการสูญหายของแพ็กเก็ตได้ ซึ่งได้

มีบทความจำนวนมากที่เสนออัลกอริทึมสำหรับการทำงานในส่วนนี้ บทความ[18], [19] และ [20] ได้เสนออัลกอริทึมในการควบคุมระดับความผิดพลาดของการสื่อสารเสียง ส่วนบทความ [21]ได้เสนออัลกอริทึมในการควบคุมระดับความผิดพลาดของการสื่อสารวีดิทัศน์ โดยทุกบทความนั้นมีส่วนที่เหมือนกันก็คือ อัลกอริทึมที่เสนอขึ้นใหม่นั้นล้วนมีพื้นฐานจาก FEC และจะมีการกำหนดรูปแบบการบรรจุข้อมูลมูลซ้ำลงในแพ็กเก็ตหรือที่เรียกว่า Combination เอาไว้ก่อน และจัดลำดับของแต่ละ Combination เอาไว้ โดย Combination ในลำดับหลังสามารถลดผลกระทบจากการสูญหายของแพ็กเก็ตได้ดีกว่า Combination ที่อยู่ลำดับแรก ๆ แต่ต้องใช้ปริมาณข้อมูลซ้ำที่มากขึ้นด้วย โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าควรจะใช้ Combination ใดก็คือปริมาณการสูญหายของข้อมูล สำหรับส่วนที่แตกต่างกันของแต่ละบทความก็คืออัลกอริทึมที่ใช้ในการเลือก Combination เมื่อใดควรที่จะเพิ่ม Combination และเมื่อใดควรที่จะลด



รูปที่ 1.3 Media Specific FEC

นอกจากนี้วิธีการลดระดับความผิดพลาดของการสื่อสารวีดิทัศน์สามารถทำได้โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการบีบอัด ตัวอย่างเช่น การบีบอัดที่มีการอ้างอิงระหว่างเฟรม เช่น H.261[22], H.263[23] และ MPEG-4[3] จะมีทั้งเฟรมที่มีการบีบอัดแบบโดยใช้ข้อมูลภายในเฟรมเท่านั้น หรือที่เรียกว่าเฟรม I (Intra-Frame) และเฟรมที่มีการบีบอัดโดยใช้ค่าความแตกต่างกับเฟรมที่อยู่ก่อนหน้า หรือที่เรียกว่าเฟรม P (P-Frame) การสูญหายของเฟรมวีดิทัศน์ 1 เฟรมสามารถทำให้เฟรม P ที่อยู่ข้างหลังเสียหายได้ การถอดรหัสวีดิทัศน์จะกลับมาเป็นปกติอีกครั้งเมื่อได้รับเฟรม I ดังนั้นหากกำหนดให้เฟรม I อยู่ใกล้กันมากขึ้น นั่นคือมีจำนวนเฟรม P น้อยลง จำนวนเฟรมที่ถอดรหัสผิดพลาดมีน้อยลงตามไปด้วย ในโปรแกรมประยุกต์สำหรับการ

ประชุมวีดิทัศน์ที่ชื่อว่า IVS[24] (ปัจจุบันได้เปลี่ยนชื่อเป็น Rendez-Vous) ซึ่งมีการบีบอัดวีดิทัศน์ด้วย H.261 ก็มีการใช้เทคนิคนี้เช่นกัน โดยมีการปรับค่าระยะห่างระหว่างเฟรม I ตามระดับความคับคั่งของเครือข่ายซึ่งใช้ค่าอัตราการสูญหายของแพ็กเก็ตเป็นตัววัด แต่ใน [24] ก็ไม่ได้มีการอธิบายถึงวิธีการกำหนดค่าระยะห่างระหว่างเฟรม I ว่าจะมีการเพิ่มหรือลดค่านี้เมื่อใด และเพิ่มหรือลดครั้งละเท่าไร

จากเทคนิคการปรับตัวทั้ง 3 ประเภทที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น แต่ละประเภทก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป การที่จะเลือกว่าจะใช้เทคนิคใดนั้นจำเป็นจะต้องดูจากสภาพแวดล้อมในขณะใช้งาน เทคนิคแรกที่สามารถตัดออกได้ก่อนก็คือ เทคนิคการปรับตัวที่ผู้รับเป็นตัวขับ เนื่องจากว่าเทคนิคนี้เหมาะสำหรับกรณีที่มีผู้รับจำนวนมาก แต่ในวิทยานิพนธ์นี้เน้นที่การสื่อสารแบบจุดต่อจุดและมีการส่งข้อมูลแบบยูนิคาสต์ (Unicast) เท่านั้น ส่วนเทคนิคการปรับอัตราการส่งข้อมูลนั้นถึงแม้ว่าจะช่วยควบคุมระดับความคับคั่งของเครือข่ายได้ดี แต่ก็ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของสื่อได้เสมอไป เทคนิคที่เหมาะสำหรับการควบคุมคุณภาพของสื่อมากที่สุดก็คือเทคนิคการควบคุมความผิดพลาด เนื่องจากเทคนิคการปรับตัวประเภทนี้จะช่วยลดผลกระทบจากการสูญหายของแพ็กเก็ตได้ แต่เนื่องจากว่าอัลกอริทึมของการปรับตัวที่จัดอยู่ในประเภทนี้มีเป็นจำนวนมาก และแต่ละอัลกอริทึมก็ใช้ได้ผลในเงื่อนไขที่แตกต่างกัน วิทยานิพนธ์นี้จึงได้ออกแบบวิธีการควบคุมคุณภาพแบบปรับตัวสำหรับการสื่อสารเสียงและวีดิทัศน์ โดยการศึกษาและปรับปรุงจากอัลกอริทึมที่มีอยู่แล้ว เพื่อให้เหมาะสมกับการสื่อสารเสียงในกรณีที่ใช้การบีบอัดแบบ G.723.1 และการสื่อสารวีดิทัศน์ที่ใช้การบีบอัดแบบ MPEG-4

1.3 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาและออกแบบวิธีการในการควบคุมคุณภาพของการสื่อสารเสียงและวีดิทัศน์โดยสามารถปรับตัวได้ตามสภาพของเครือข่าย
2) เพื่อพัฒนา Application Programming Interface (API) สำหรับการสื่อสารแบบพหุสื่อที่มีความสามารถในการควบคุมคุณภาพแบบปรับตัว

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1) ในการสื่อสารพหุสื่ออาจมีสื่อได้หลายชนิด แต่วิธีการที่นำเสนอจะใช้ในการปรับคุณภาพของเสียงและวีดิทัศน์เท่านั้น
2) ในการสื่อสารเสียงใช้การบีบอัดเสียงแบบ G.723.1
3) ในการสื่อสารวีดิทัศน์ใช้การบีบอัดแบบ MPEG-4
4) การสื่อสารทั้งเสียงและวีดิทัศน์เป็นแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) เท่านั้น

5) การทดสอบวิธีการที่นำเสนอประกอบด้วยการสร้างแบบจำลองและการพัฒนาโปรแกรมตัวอย่างสำหรับทดลองบนระบบจริง
6) มีการพัฒนา API สำหรับการสื่อสารแบบพหุสื่อที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนคุณภาพของเสียงและวีดิทัศน์ได้ตามสภาพของเครือข่าย

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

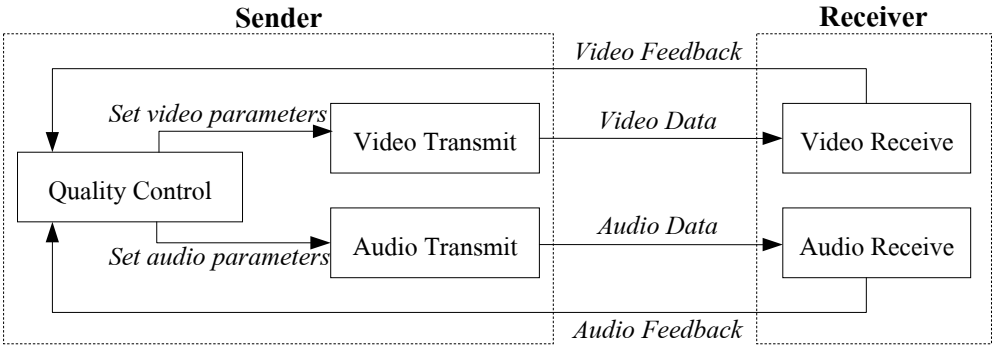
1) ศึกษาหลักการของการสื่อสารเสียงและวีดิทัศน์บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2) ศึกษาวิธีการในการควบคุมคุณภาพของการสื่อสารเสียงบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ที่ได้มีการตีพิมพ์ลงในบทความทางวิชาการ
3) ออกแบบวิธีการในการควบคุมคุณภาพแบบปรับตัวสำหรับการสื่อสารเสียงบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในกรณีที่ใช้การบีบอัดเสียงแบบ G.723.1 และทดสอบวิธีการที่ออกแบบโดยใช้แบบจำลอง
4) ศึกษาบทความทางวิชาการเกี่ยวกับวิธีการปรับตัวในการสื่อสารวีดิทัศน์บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
5) ออกแบบวิธีการควบคุมคุณภาพแบบปรับตัวสำหรับการสื่อสารวีดิทัศน์ ในกรณีที่ใช้การบีบอัดแบบ MPEG-4
6) นำวิธีการที่ได้ออกแบบไว้มาพัฒนาเป็น API สำหรับการสื่อสารแบบพหุสื่อที่สามารถปรับตัวได้ตามสภาพของเครือข่าย
7) พัฒนาโปรแกรมตัวอย่าง เพื่อทดสอบวิธีการควบคุมคุณภาพแบบปรับตัวสำหรับการสื่อสารเสียงและวีดิทัศน์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้การทดสอบบนเครือข่ายในห้องทดลอง
8) รวบรวมผลการทดลองและจัดทำวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้เรียนรู้หลักการสื่อสารเสียงและวีดิทัศน์บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตอย่างละเอียด
2) ได้เรียนรู้ว่าการเปลี่ยนพารามิเตอร์แต่ละตัวของการสื่อสารเสียงและวีดิทัศน์ มีข้อดีและข้อเสียอย่างไรบ้าง
3) การออกแบบวิธีการควบคุมแบบปรับตัวและพัฒนาออกมาเป็น API จะช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการพัฒนาโปรแกรมเกี่ยวกับการสื่อสารแบบพหุสื่อบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และยังเป็นการเพิ่มความสามารถให้กับโปรแกรมประเภทนี้ด้วย
4) การสื่อสารแบบพหุสื่อที่มีความสามารถในการปรับตัวได้ตามสภาพเครือข่าย จะช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรของระบบอย่างคุ้มค่า และยังช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานที่ไม่มีความรู้ทางเทคนิคมากนัก

1.7 ภาพรวมของระบบ

ในวิทยานิพนธ์นี้ ภาพรวมของระบบเป็นดังรูปที่ 1.4 ผู้ส่งจะมีการส่งเสียงและวีดิทัศน์โดยใช้โปรโตคอล RTP ส่วนผู้รับจะมีป้อนกลับข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของเสียงและวีดิทัศน์ที่ได้รับ โดยใช้โปรโตคอล RTCP การควบคุมคุณภาพจะกระทำที่ผู้ส่งซึ่งจะมีการปรับพารามิเตอร์ในการส่งเสียงและวีดิทัศน์ให้เหมาะสมกับสภาพเครือข่ายที่กำลังใช้งานอยู่ ทั้งนี้เพื่อควบคุมคุณภาพของเสียงและวีดิทัศน์ที่ผู้รับได้รับให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้



รูปที่ 1.4 ภาพรวมของระบบ