สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

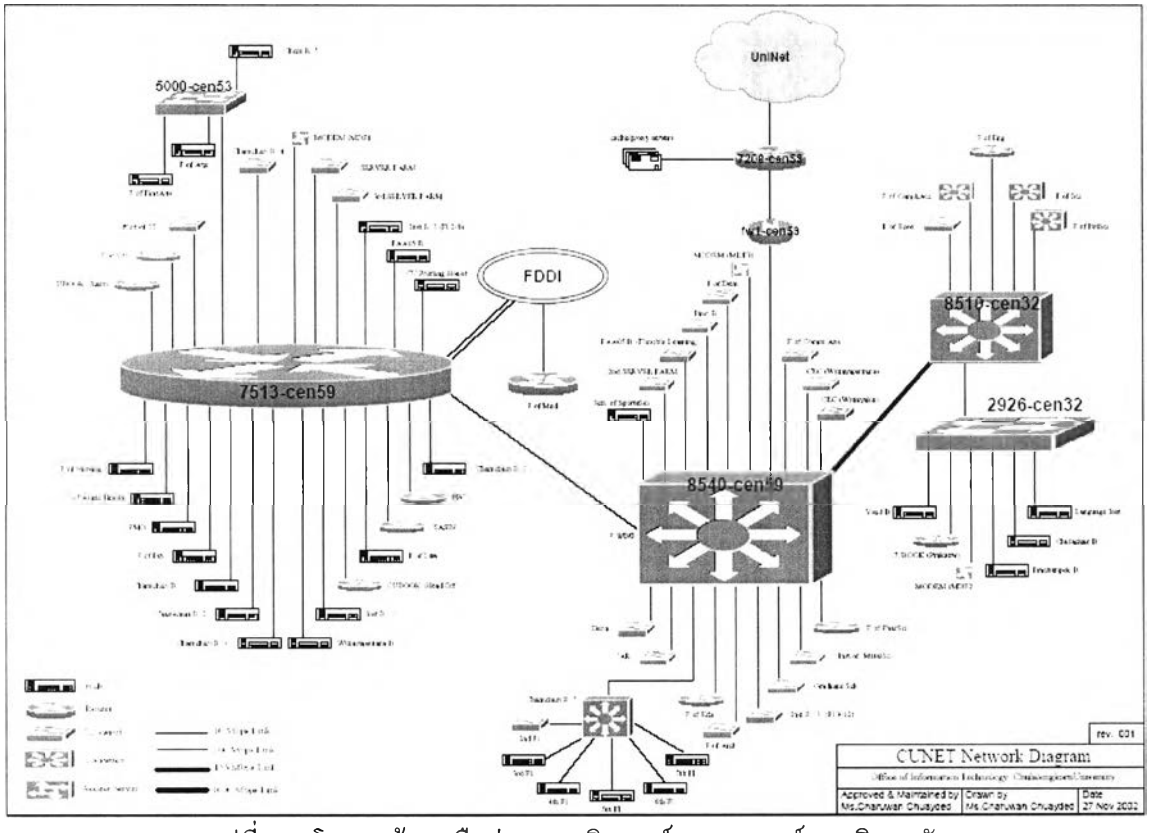
บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบเครือข่ายจุฬาฯเป็นแบบเข้าสู่ส่วนกลาง(Centralized) คือเครือข่ายท้องถิ่นของแต่ละหน่วยงานถูกโยงเข้ากับอุปกรณ์สวิตช์(ตัว 8540-CEN59) หลักของสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งตั้งอยู่ที่อาคารจามจุรี3 โดยเชื่อมต่อผ่านสายใยแก้วนำแสงจากอาคารเปรมบุรฉัตรซึ่งเป็นอุปกรณ์สวิตช์(ตัว 8510-CEN32)ที่รับวงจรเชื่อมต่อมาจาก 5 คณะคือคณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เศรษศาสตร์ รัฐศาสตร์ และบัญชี ที่เชื่อมต่อเข้ามีลักษณะโทโปโลจีแบบดาว (Star Topology) โดยมีสายสัญญาณเชื่อมต่อเข้ามาแบบสายใยแก้วนำแสงจากคณะละหนึ่งคู่สายเท่านั้น

ทำให้สภาพพร้อมใช้งานในเครือข่ายจุฬาฯ จึงขึ้นอยู่กับอุปกรณ์สวิตช์แกนกลางในเครือข่ายคือที่อาคารเปรมบุรฉัตรและสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสำคัญซึ่งจะทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาจากทุกคณะแล้วจัดหาเส้นทางส่งต่อไปยังปลายทางอีกที ดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรายงานวิทยานิพนธ์หัวข้อเรื่องการวิเคราะห์สถิติการใช้งานอินเตอร์เน็ตในระบบเครือข่ายระดับสถาบันอุดมศึกษาปีการศึกษา 2541[20] และการเข้าไปตรวจสอบและวิเคราะห์ปริมาณแทรฟฟิคผ่านเข้าออกเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของทุกๆ คณะทุกวันนี้มีอัตราการใช้งานสูงขึ้นจากเดิมมากและจะมีความ

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หนาแน่นของเครือข่ายอยู่ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์สูงที่สุด และบริการที่ใช้มากที่สุดคือเวิลด์ไวด์เว็บเป็นที่นิยมที่สุดซึ่งมีจำนวนการไหลเกิดขึ้นมากกว่า 65% ของการไหลทั้งหมดและอัตราการใช้งานช่องสัญญาณที่เชื่อมเครือข่ายอินเตอร์เน็ตปริมาณที่รับเข้ามีมากกว่า 4 เท่าเมื่อเทียบกับปริมาณข้อมูลที่ส่งออกและในการรับข้อมูลจะใช้งานประสิทธิภาพของคู่สายวงจรประมาณร้อยละ 65 ของอัตราการใช้งานช่องสัญญาณที่เชื่อมเครือข่ายอินเตอร์เน็ต 2 ล้านบิตต่อวินาทีและช่วงเวลาที่ใช้งานมากที่สุดคือเวลาประมาณ 10:00 น.ถึง 17:30 น. ดังนั้นควรจะต้องมีการจัดการคุณภาพการใช้บริการอินเตอร์เน็ตทุกรูปแบบในเครือข่ายจุฬาฯต่อไป

2.2 การใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดียในมหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยสามารถใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดียในกระบวนการเรียนการสอนโดยเทคโนโลยีสามารถนำเสนอเนื้อหาประกอบรายวิชาในรูปแบบ ภาพเคลื่อนไหว เสียง วีดิทัศน์ และอื่นๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งมีส่วนต่อประสานแบบกราฟิกกับผู้ใช้(Graphics User Interface,GUI) เป็นแบบกราฟฟิกเคลื่อนไหว ที่ทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการใช้งาน สร้างสรรค์งาน ทำให้บทบาทของมัลติมีเดียมีมากขึ้นตามลำดับ มีการนำมัลติมีเดีย มาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ มากมาย เช่น การเรียนการสอน การถ่ายทอดความรู้ การนำเสนอข้อมูล การประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

มีการนำเทคนิคด้านการจัดการมัลติมีเดียมาประยุกต์ใช้ในการรับส่งภาพและเสียงคือ เทคนิคการสตรีมมิ่ง (Streaming) เป็นเทคนิคหนึ่งในการบีบอัดแบบเวลาจริง(Real-Time Compression) คือในเวลาขณะนั้นให้เครื่องลูกข่ายสามารถดาวน์โหลดข้อมูลเพียงบางส่วนของไฟล์แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคลายการบีบอัดเพื่อแสดงผลที่เป็นภาพและเสียงออกมาได้ทันที ไม่ต้องรอให้ดาวน์โหลดจนครบทั้งไฟล์ก่อน โดยข้อมูลจะถูกนำไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ก่อนนำมาแสดงผล ส่วนข้อมูลที่เหลือก็จะดาวน์โหลดต่อไปเรื่อยๆ พร้อมกับแสดงผลออกมาด้วยข้อมูล ในส่วนที่ทำการแสดงผลนั้นอาจล่าช้าไปบ้างเพราะในขณะนั้นเครื่อลูกข่ายยังไม่มีข้อมูลมัลติมีเดียครบทั้งไฟล์

ซึ่งหากแยกกลุ่มข้อมูลของไฟล์นั้นออกมาแล้วจะแบ่งเป็นกลุ่มข้อมูลของเสียงและกลุ่มข้อมูลของภาพซึ่งมีความสามารถในการบีบอัดและขยายข้อมูลเรียกว่า โคเดก(Compression/Decompression, Codec) ได้ต่างกัน คือกลุ่มข้อมูลเสียงสามารถนำไปบีบอัดได้ดี เสียงของคนจะมีช่องว่างอยู่มากที่สามารถตัดทิ้งไปได้ ข้อมูลของเสียงสามารถถูกส่งไปบนอินเตอร์เน็ตได้ด้วยโพรโทคอลทีซีพีและยูดีพี ซึ่งทั้งสองต่างมีข้อดีและข้อเสียในตัวโปรแกรมที่นำมาใช้เช่น Windows Media Player ของ Microsoft ใช้โพรโทคอลทีซีพี ส่วนของ RealAudio ของ RealNetwork ใช้โพรโทคอลยูดีพี ทั้งสองค่ายนี้ต่างก็มีปัญหาเกี่ยวกับการสูญหายของกลุ่มข้อมูลเสียงไปในช่วงการส่งข้อมูลออกไปยังปลายทางทำให้เสียงขาดหายในการถ่ายทอดสด

ส่วนกลุ่มข้อมูลภาพเคลื่อนไหวนั้นสามารถบีบอัดและขยายข้อมูลได้ด้วยอินทราเฟรม โคดดิ่ง (Intraframe Coding) คือการบีบอัดภาพสามารถบีบอัดได้ในข้อมูลเฟรมเดียว โดยไม่ต้องอ้างอิงถึงเฟรมอื่นๆ การแสดงภาพเคลื่อนไหวนั้นจะแสดงภาพด้วยอัตราความเร็วประมาณ 30 เฟรมต่อวินาที ดังนั้นในการส่ง

ภาพวีดีโอนั้นจึงมีการแบ่งพื้นที่ในเฟรมออกเป็นบล็อกย่อยเช่น ในภาพนิ่งที่มีการกระพริบตาจะมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในบล็อกที่แสดงภาพตาเท่านั้น

โพรโทคอลที่ใช้ในการจัดส่งข้อมูลมัลติมีเดียบนอินเตอร์เน็ตนั้นมีเกิดขึ้นมาหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบก็อยู่ในสถานะที่แตกต่างกันไป

- อาร์ทีพี(RTP,Real Time Transport Protcol) เป็นโพรโทคอลให้บริการส่งข้อมูลสำหรับแอพพลิเคชันด้านมัลติมีเดีย และกำหนดวิธีการทำงานบนเครือข่าย โพรโทคอลนี้ไม่มีระบบรับรองการส่งข้อมูลให้เป็นไปตามลำดับ แต่จะมีระบบการให้หมายเลขลำดับ เพื่อให้แอพพลิเคชันนำไปใช้ตรวจสอบว่ามีกลุ่มข้อมูลใดสูญหายหรือผิดลำดับไป
- อาร์ทีซีพี(RTCP,Real Time Control Protocol) ทำงานร่วมกับอาร์ทีพี เพื่อให้บริการควบคุมการไหลและความคับคั่งของข้อมูล การทำงานร่วมกับอาร์ทีพีโดยส่งกลุ่มข้อมูลของอาร์ทีซีพีออกไปเป็นระยะๆ ไว้ปรับเปลี่ยนอัตราการส่งข้อมูลได้เรื่อยๆ(Dynamic)
- อาร์ทีเอสพี(RTSP,Real Time Streaming Protocol) เป็นโพรโทคอลที่จะส่งบนเครือข่ายแบบไอพีในลักษณะผู้ส่งหนึ่งคนไปให้ผู้รับหลายคนโดยกำหนดเป็นสถาปัตยกรรมที่ทำงานอยู่บน อาร์ทีพีและอาร์ทีซีพี ในระบบ อาร์ทีเอสพี เป็นระบบแบบสองทิศทางคือตัวเครื่องแม่ข่ายและเครื่องลูกข่ายสามารถร้องขอบริการได้ทำการส่งโดยใช้ทีซีพี ในปัจจุบันนี้ทางด้านสื่อโทรทัศน์วิทยุนิยมใช้โพรโทคอลตัวนี้กันมากในการถ่ายทอดสดออกอากาศผ่านอินเตอร์เน็ตด้วยความเร็วตั้งแต่ 56, 128, 256, 512, 1024 Kbps เช่น ช่อง 9 อสมท(http://modernine.mcot.net/)
- เอชทีทีพี 1.1 (HTTP1.1,Hyper Text Transfer Protocol1.1) เป็นโพรโทคอลที่สนับสนุนการบีบอัดขยายข้อมูลมัลติมีเดียได้ซึ่งหมายถึงข้อมูลที่รับส่งกันระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องแม่ข่ายจะเป็นไปในแบบที่ถูกบีบอัดเพื่อช่วยลดภาระของระบบเครือข่ายลงไปได้ โดยโพรโทคอลจะทำการส่งข้อมูลใช้ทีซีพีในการส่งภาพและเสียงในระบบทางเดียวคือเครื่องลูกข่ายจะเป็นผู้ทำการร้องขอบริการจากเครื่องแม่ข่ายได้เท่านั้นเช่น สถานีถ่ายทอดสดอธิการบดีออนไลน์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย(http://www.car.chula.ac.th/video.htm) ซึ่งมีการกำหนดค่าใช้แบนด์วิดท์สูงสุดในการสตรีมมิ่งภาพคือ 242 Kbps.ส่วนอัตราการรับส่งเฟรมภาพวีดีโอใช้ 30 เฟรมต่อวินาทีแต่การรับชมภาพวีดีโอจะต้องผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์ไปยังวีดีโอเซอร์เวอร์ทำให้การดึงภาพและเสียงกลับมาต่อหนึ่งเครื่องลูกข่ายจะต้องมีการใช้แบนด์วิดท์ที่ไม่ต่ำกว่า 242 Kbps.และอัตราการรับส่งเฟรมภาพไม่ต่ำกว่า 30 เฟรมต่อวินาทีเช่นกันตลอดเวลาในการรับชมการถ่ายทอดวีดีโอจนจบซึ่งจะสามารถรับชมภาพไม่กระตุกและเสียงไม่ขาดหาย

มาตราฐานวีดีโอที่ใช้บนอินเตอร์เน็ตทั่วไปคือเอ็มเพ็ก (MPEG , Moving Picture Experts Group) ซึ่งเป็นมาตราฐานในการเข้ารหัสวีดีโอและการประชุมทางไกลผ่านวีดีโอในปัจจุบัน มาตรฐานที่ได้นำมาใช้งานแล้วมีสี่มาตรฐานคือ

- เอ็มเพ็ก-1 ถูกใช้กันเป็นหลักในการบีบอัดภาพวีดีโอลงบนซีดีรอม อาศัยพื้นฐานจากหลักการของการบีบอัดข้อมูล เอ็มเพ็ก-1ใช้ DCT โดยใช้เวกเตอร์การเคลื่อนไหวและเฟรมทั้ง3แบบคือ I-Frame , P-Frame และ B-Frame
- เอ็มเพ็ก-2 ได้นำ เอ็มเพ็ก-1 ในส่วนที่เหมาะสมมาใช้กับโทรทัศน์แบบดิจิตอล ลักษณะที่เด่นชัดคือสนับสนุนเฟรมแบบ Interlaced คือเฟรมที่แสดงภาพเพียงครึ่งเดียวสนับสนุนการมัลติเพล็กซ์สัญญาณวีดีโอ
- เอ็มเพ็ก-3 ปรับปรุง เอ็มเพ็ก-2 จากเดิมที่เป็นมาตราฐานบีบอัดข้อมูลสำหรับโทรทัศน์แบบดิจิตอลให้สามารถนำไปใช้ได้กับโทรทัศน์ความคมชัดสูง(HDTV)
- เอ็มเพ็ก-4 คุณลักษณะคือสนับสนุนการสื่อสารข้อมูลวิดีโอแบบสองทาง สนับสนุนการดำเนินการสำหรับการเชื่อมต่อที่มีแบนด์วิดท์ต่ำได้และสนันสนุนให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบเพื่อเลือกเนื้อหาบางส่วนบางตอนและข้ามบางตอนไปได้

2.3 คุณภาพการให้บริการ (Quality of Service) [4],[5],[10]

คุณภาพการให้บริการระบบวีดีโอตามสั่งคือคุณภาพการรับชมภาพวีดีโอเคลื่อนไหวพร้อมทั้งเสียงจากปลายทางได้สมบูรณ์ครบถ้วนเหมือนต้นทางที่ส่งมาให้ด้วยรูปแบบเทคโนโลยีมาตรฐานและการจัดการสำหรับคุณภาพของภาพเคลื่อนไหวและบทสนทนาของวีดีโอ

การกำหนดคำว่าการจัดการคุณภาพการให้บริการ เป็นมาตราฐานที่ใช้ในการวัดการรับส่งข้อมูลการยอมรับในเรื่องคุณภาพ ซึ่งเป็นระดับที่บางครั้งก็ยากแก่การกำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพบนอินเทอร์เน็ตเป็นอย่างไร แต่หากพิจารณา การจัดการคุณภาพการให้บริการในเชิงเทคนิคพอจะนิยามได้ด้วยพารามิเตอร์หลายๆ ตัวดังนี้

2.3.1ความจุแบนด์วิดท์(Bandwidth) คือความสามารถในการนำพาข้อมูลของเครือข่ายโดยทั่วไปจะถูกวัดในหน่วยบิตต่อวินาที(bps) หรือเมกกะบิตต่อวินาที(Mbps) ค่านี้เป็นค่าเฉพาะตัวของเครือข่ายแต่ละประเภท เช่นเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะมีตั้งแต่ 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps และ 10 Gbps. ค่านี้มักถูกเรียกว่าความเร็ว(Speed) ของเครือข่ายประเภทนั้นๆ

2.3.2 ช่องสัญญาณที่รับส่งได้(Throughput) คือการรับส่งข้อมูลจากปลายหนึ่งไปยังอีกปลายหนึ่งได้ด้วยอัตราเท่าไรในจำนวนบิตต่อวินาที ค่านี้มิได้หมายถึงค่าสูงสุดของช่องสัญญาณที่จะรับส่งได้ ทั้งนี้เพราะช่องสัญญาณที่ใช้รับส่งได้ มีข้อมูลของผู้อื่นร่วมอยู่ด้วย ช่องสัญญาณของผู้ส่งต่อกับผู้รับมีลักษณะการส่งรวมกับผู้อื่น ค่าช่องสัญญาณที่รับส่งได้นี้อาจใช้ค่าที่ผู้ให้บริการเครือข่ายรับประกันช่องสัญญาณน้อยที่สุดที่จะต้องส่งได้เช่น เราเช่าสายวงจรเช่าขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาที แต่มีการรับประกันว่าเราจะใช้ได้ไม่ต่ำกว่า 32 กิโลบิตต่อวินาที ค่า 32 จึงเป็นค่าช่องสัญญาณที่ส่งได้ แต่เมื่อใช้กับงานบริการเฉพาะบางอย่างจำเป็นต้องมีการประกันช่องสัญญาณ เช่น การส่งสัญญาณเสียง สัญญาณวิดีโอ เป็นต้น

2.3.3 เวลาหน่วง เมื่อกลุ่มข้อมูลถูกส่งจากต้นทางไปยังปลายทางกลุ่มข้อมูลจะถูกส่งผ่านกลุ่มของอุปกรณ์สวิตช์ต่างๆ เพื่อให้ถึงปลายทางระหว่างที่กลุ่มข้อมูลเดินทางผ่านโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดถัดไปนั้นจะเกิดเวลาหน่วงชนิดต่างๆ ขึ้นโดยเวลาหน่วงที่สำคัญได้แก่ โนดัลโปรเซสซิ่งดีเลย์(nodal processing delay). คิวริ่งดีเลย์(queuing delay), ทรานมิสชั่นดีเลย์(transmission delay), และโพรพาเกชั่นดีเลย์(propagation delay) โดยเมื่อนำเวลาหน่วงทั้งหมดมารวมกันจะได้เวลาหน่วงรวม(total delay)

2.3.4 อัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูล เนื่องจากอุปกรณ์สวิตช์จะมีบัฟเฟอร์รองรับกลุ่มข้อมูลผ่านเข้ามาในคิวได้มีความจุที่จำกัด จึงทำให้มีโอกาสที่คิวนั้นจะเต็มได้ เมื่อกลุ่มข้อมูลมาถึงคิวและพบว่าคิวเต็มไม่มีที่จะเก็บกลุ่มข้อมูล อุปกรณ์สวิตช์ก็จะทิ้งกลุ่มข้อมูลที่ส่งมาใหม่นั้นทิ้งไปเลยซึ่งก็คือจะทำให้กลุ่มข้อมูลเกิดการสูญหายนั่นเอง โดยค่าการสูญหายจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าปริมาณความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

สิ่งที่มีผลต่อการให้คุณภาพการให้บริการระบบวีดีโอตามสั่งอีกเรื่องหนึ่งคือการควบคุมความคับคั่งข้อของข้อมูลและการควบคุมการไหลของข้อมูล ซึ่งความคับคั่งของข้อมูลคือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในบางส่วนของระบบเครือข่าย เมื่อมีจำนวนกลุ่มข้อมูลรอคอยการนำส่งมากเกินไป อันจะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลง

ความคับคั่งเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุเช่น

- กลุ่มข้อมูลจำนวนหนึ่งถูกส่งมาจากสายสื่อสารหลายๆ เส้น ณ เวลาพร้อมๆกันและกลุ่มข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งออกไปทางสายสื่อสารเส้นเดียวกันอีก ทำให้แถวคอย(Queue) ในอุปกรณ์สวิตช์นั้นเต็ม เนื่องจากหน่วยความจำไม่สามารถที่จะรองรับจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดได้ จึงทำให้กลุ่มข้อมูลจำนวนหนึ่งสูญหายไป จึงต้องมีการจัดส่งกลุ่มข้อมูลนั้นใหม่เลยทำให้เกิดความหนาแน่นขึ้น
- ใช้หน่วยประมวลผลที่ช้าจึงทำให้การสร้างและจัดการแถวคอย(Queue Buffer) และการปรับปรุงข้อมูลในตาราง (Update Table) ในอุปกรณ์สวิตช์นั้นช้าทำให้กลุ่มข้อมูลที่รับเข้ามาเริ่มเกิดการสะสมในแถวคอยมากขึ้นจึงทำให้เกิดความหนาแน่นขึ้น
- ใช้สายสื่อสารที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำ

ความคับคั่งของข้อมูลที่เกิดขึ้นในบางส่วนของระบบ มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดความคับคั่งขึ้นที่ส่วนอื่นๆ ตามไปด้วย อันทำให้สถานการณ์โดยรวมแย่ลงไปอีก ถ้าพื้นที่เก็บข้อมูลในแถวคอยของอุปกรณ์สวิตช์เต็ม อุปกรณ์สวิตช์ก็จำเป็นต้องละทิ้งกลุ่มข้อมูลที่เพิ่งจะรับเข้ามา และเมื่อกลุ่มข้อมูลถูกทิ้งไปแล้วอุปกรณ์สวิตช์ผู้ส่งจะต้องส่งกลุ่มข้อมูลนั้นใหม่ บางกรณีอาจส่งซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะได้รับกลุ่มข้อมูลตอบรับจากผู้รับข้อมูล ทำให้เกิดความคับคั่งของข้อมูลขึ้นและเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่อุปกรณ์สวิตช์ตัวอื่นๆ ด้วย

ส่วนการควบคุมการไหลของข้อมูล จะมองภาพการทำงานที่เกิดขึ้นระหว่างผู้รับและผู้ส่งซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบจุดต่อจุดและจะเกี่ยวข้องกับการโต้ตอบโดยตรงกับผู้รับเพื่อรายงานสถานะการทำงานให้ผู้ส่งข้อมูลได้ทราบ

ดังนั้นการควบคุมความคับคั่งของข้อมูลกับการควบคุมการไหลของข้อมูลมีข้อแตกต่างกันคือการควบคุมความคับคั่งของข้อมูลจะมองภาพรวมของทั้งระบบที่จะทำให้เกิดความมั่นใจว่าระบบเครือข่ายย่อยสามารถรองรับปริมาณข้อมูลหมุนเวียนภายในระบบได้ องค์ประกอบที่จะต้องนำมาพิจารณานั้นครอบคลุมไปทั่ว ซึ่งจะเกี่ยวข้องการทำงานของโฮสต์และอุปกรณ์สวิตช์ทั้งหมด วิธีการรับส่งข้อมูลอุปกรณ์สวิตช์ และปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลภายในระบบเครือข่ายย่อย

ซึ่งในเครือข่ายจุฬาฯนั้นเมื่อมีการนำเทคโนโลยีมัลติมีเดียมาใช้มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นระบบอีเลินนิ่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจะทำให้เกิดความคับคั่งของข้อมูลมากขึ้น ทำให้มีผลกระทบกับระบบเครือข่ายย่อยของแต่ละคณะ สาขา ในมหาวิทยาลัยต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการจัดการความคับคั่งของข้อมูล และการควบคุมการไหลของข้อมูลด้วยโพรโทคอลการจัดการคุณภาพเครือข่าย

2.4 โพรโทคอลในการจัดการคุณภาพบนเครือข่ายมหาวิทยาลัย

2.4.1 โพรโทคอลอาร์เอสวีพี

โพรโทคอลอาร์เอสวีพีซึ่งเป็นโพรโทคอลระดับเนทเวิร์คเลเยอร์(Network Layer)ซึ่งเป็นโพรโทคอลที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากโพรโทคอลอินทิเกรดเซอร์วิส(Integrated Service(Intserv)) โดยแบ่งการเชื่อมโยงหรือการไหลเป็นลำดับชั้นและแบ่งแยกตามลำดับการให้บริการ มีการรับประกันช่องสื่อสารเพื่องานเฉพาะกิจบางอย่าง

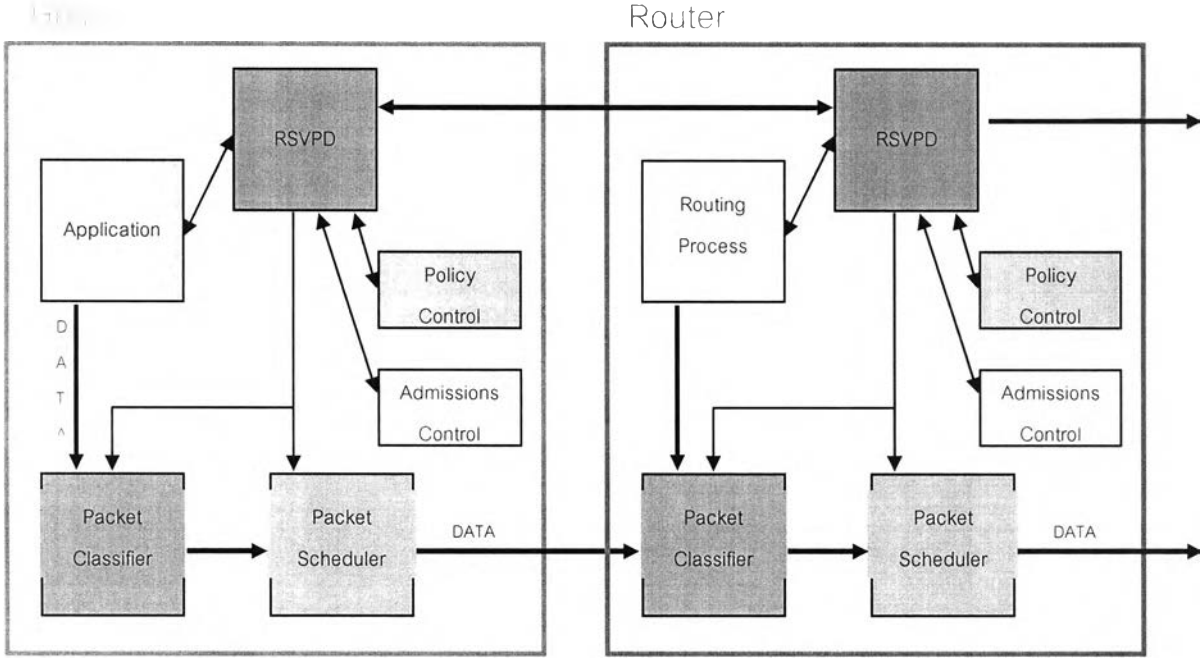
ดังนั้นการรับประกันจึงต้องมีการกำหนดหรือแบ่งแยกช่องสื่อสารออกมาต่างหาก เมื่อมีการจัดลำดับหรือแบ่งแยกชนิดของการประยุกต์ใช้ ทำให้การใช้งานในระบบนี้จำเป็นต้องมีการกันทรัพยากรบางอย่างออกมาโดยมีโพรโทคอลอาร์เอสวีพีเป็นโพรโทคอลแบบสัญญาณอินเตอร์เน็ต(Internet Signaling) ที่ใช้จองทรัพยากรของเครือข่ายทั้งในส่วนการส่งข้อมูลและอุปกรณ์สวิตช์ โดยเริ่มจากผู้รับเป็นผู้ทำการจองแบนวิดมาให้ผู้ส่งซึ่งทำการร้องขอ และสามารถปรับขนาดให้เหมาะสมกับจำนวนโหนดในเครือข่ายได้

โพรโทคอลอาร์เอสวีพีอาศัยการทำงานแบบมัลติแคสท์(Multicast)และยูนิแคสท์(Unicast) ในการกำหนดเส้นทางจากผู้ส่งไปยังผู้รับ กลุ่มข้อมูลของโพรโทคอลอาร์เอสวีพีจะส่งไปตามเส้นทางจากผู้รับไปยังผู้ส่งโดยอุปกรณ์สวิตช์จะรวมคำร้องขอจากผู้รับหลายโหนดก่อนจะกระจายออกไปยังผู้ส่ง และจะเป็นผู้รักษาสถานะ “Soft State” คืออุปกรณ์สวิตช์จะอาศัยผู้รับในการปรับปรุงคำร้องขอจองเป็นระยะๆ โดยส่งสัญญาณไปตรวจเช็คสถานะการจองไว้ตลอดช่วงเวลาที่ทำงาน

- รูปแบบการทำงานของโพรโทคอลอาร์เอสวีพี

โพรโทคอลอาร์เอสวีพี เป็นโพรโทคอลตัวหนึ่งที่ทำงานควบคุมถึงระดับชั้นทรานสปอร์ต (TranSport Layer) ซึ่งจะทำงานตามโหนดเครือข่ายโดยการจองทรัพยากรไว้เมื่อมีการร้องขอจากผู้ส่งโดยส่ง Path Message มาตามเส้นทาง เมื่อถึงตัวรับก็จะทำการตอบสนองการจองทรัพยากรตามเส้นทางที่เข้ามาโดยส่ง Resv Message กลับไปหาผู้ส่ง และในระหว่างการจองทรัพยากรจะต้องผ่านการตัดสินใจของสอง

โมดูลคือ Admission Control และ Policy Control ซึ่งเป็นตัวกำหนดให้โหนดมีทรัพยากรเพียงพอและเป็นตัวกำหนดให้แต่ละโหนดนั้นมีสิทธิการใช้ทรัพยากรหรือไม่ จากนั้นก็จะมีการจัดแบ่งระดับแทรฟฟิคโดยใช้โมดูลคือ Packet Classifier และ Packet Scheduler ในการกำหนดให้มีคุณภาพการให้บริการจากโฮสต์ถึงอุปกรณ์สวิตช์ตามเส้นทางการจัด State & Message และไม่ขึ้นอยู่กับ Routing Protocol ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 โครงสร้างแบบการทำงานของโพรโทคอลอาร์เอสวีพี

โพรโทคอลอาร์เอสวีพีจะถูกนำมาใช้รับประกันคุณภาพการให้บริการและควบคุมการโหลด โดยจะให้บริการกลุ่มข้อมูลข้อมูลเดินทางตามทรัพยากรที่จองไว้ให้ ซึ่งกลุ่มข้อมูลในการส่งและรับประกอบด้วยดังนี้ DestAddress คือหมายเลขไอพีของตัวปลายทาง (Address Of Destination IP)

Protocol ID คือรูปแบบของโพรโทคอลในการส่ง (Type of Protocol Transmission)

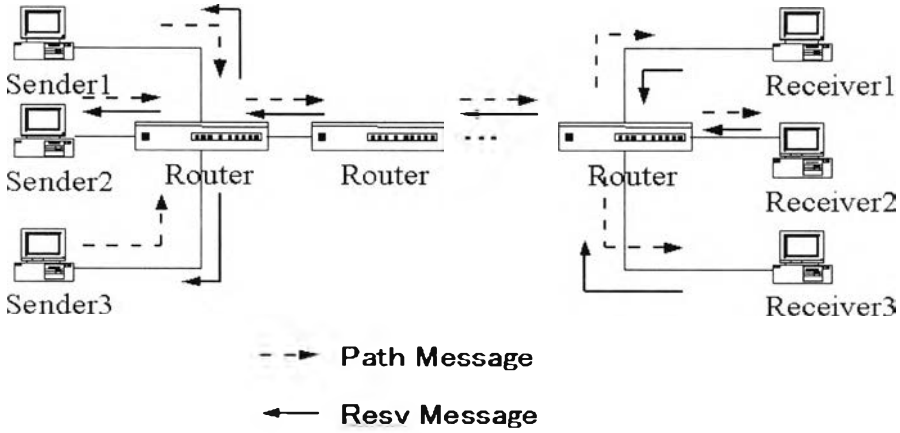
DestPort คือช่องการติดต่อของหมายเลขปลายทาง (Port Address Of Destination)

○ รูปแบบการจองทรัพยากร(Reservation Style)มีหลายแบบดังนี้

1.Wildcard Filter (WF) คือการจองทรัพยากรที่มีค่ามากที่สุดจากเส้นทางการส่งข้อมูลหลายๆโหนดเข้ามาร่วมกัน

2.Fixed Filter (FF) คือการจองทรัพยากรเฉพาะเส้นทางการส่งข้อมูลของโหนดใดโหนดหนึ่งเท่านั้น

3.Shared Explicit (SE) คือการจองทรัพยากรเฉพาะค่ามากที่สุดของกลุ่มโหนดด้วยกัน



รูปที่ 2-3 รูปแสดงทิศทางการไหลของกลุ่มข้อมูลบนการทำงานของโพรโทคอลอาร์เอสวีพี

จากรูปที่ 2-3 ผู้ส่งแต่ละเบอร์จะทำการร้องขอโดยส่ง Path Message ไปยัง อุปกรณ์สวิตช์ และอุปกรณ์สวิตช์ ก็จะ forward message ไปจนถึงปลายทางถึงผู้รับ เมื่อผู้รับแต่ละเบอร์ได้รับ Message แล้วก็จะทำการตอบรับการร้องขอกลับไปโดยส่ง Resv Message ไปตามทางเส้นทางที่เข้ามาเพื่อทำการจองทรัพยากรสำหรับรูปแบบการทำงานโปรแกรมประยุกต์ที่ต้องการทรัพยากรที่จำกัดและมีคุณภาพ

- รูปแบบของ Message ทำงานดังนี้

Path = Message จากตัวส่งเมื่อมีการร้องขอ

Resv = Message จากตัวรับเมื่อมีการตอบกลับและจองทรัพยากร

PathErr = Message Error จากตัวส่งเมื่อมีการร้องขอที่ผิดพลาดตามเส้นทางที่ส่งไป

ResvErr = Message Error จากตัวรับเมื่อมีการตอบกลับที่ผิดพลาดตามเส้นทางที่ส่งไป

PathTear = Message จากตัวส่งเพื่อเคลียร์การจองทรัพยากร

ResvTear = Message จากตัวรับเพื่อเคลียร์การจองทรัพยากร

ResvConf = Message จากตัวรับเพื่อยืนยันการจองทรัพยากรตอบกลับไป

2.4.2 โพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส

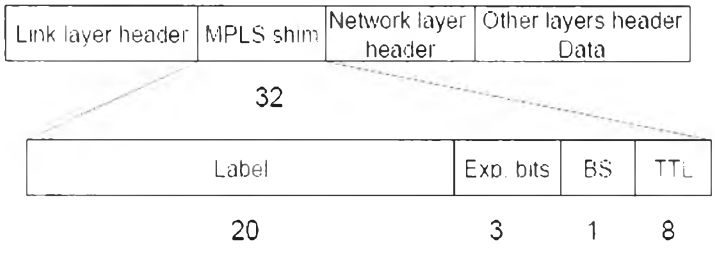
โพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส เป็นโพรโทคอลที่ทางไออีทีเอฟ(IETF) กำหนดรูปแบบให้มีการจัดการประสิทธิภาพการออกแบบเส้นทาง การค้นหาเส้นทาง การส่งต่อเส้นทาง และการสับเปลี่ยนของการไหลแทรฟฟิค ผ่านเข้ามาในเครือข่าย ซึ่งโพรโทคอลจะกระทำต่อกลุ่มข้อมูลไอพีตามขั้นตอนดังนี้

- กำหนดการจัดการแทรฟฟิคการไหลของเส้นทางและการผ่านเข้าออกหลากหลาย เช่นรูปแบบการไหลของฮาร์ดแวร์ที่ต่างกัน รูปแบบการไหลที่แตกต่ากันระหว่างแอพพลิเคชัน
- ไม่ขึ้นอยู่กับโพรโทคอลของระดับดาตาลิงค์เลเยอร์(Datalink Layer) และระดับเนทเวิร์คเลเยอร์

โพรโทคอลจะทำงานอยู่ระหว่างในระดับเลเยอร์สองที่เป็นเอทีเอ็ม(ATM) เฟรมรีเลย์(FrameRelay) กับเลเยอร์สามที่เป็นไอพี(IP) ซึ่งมันจะทำหน้าที่เป็นตัวจัดการแทรฟฟิคของการไหลแพ็คเก็ตต่างๆ โดยจะ

สร้างลาเบลขึ้นมาไว้หน้าไอพีแพ็คเก็ต เพื่อให้การส่งต่อแพ็คเก็ตเร็วขึ้นและเดินทางไปตามเส้นทางโพรโทคอลที่ถูกสร้างขึ้นมาแล้ว

ในลาเบลเอ็มพีแอลเอสจะมีขนาด 32 บิตซึ่งประกอบไปด้วย ลาเบลที่สร้างขึ้นมาจะมีขนาด 20 บิต การใส่ลาเบลจะเป็นตัวบอกเส้นทางการไหลของข้อมูลไปยังตัวอุปกรณ์สวิตช์ถัดไปว่าจะไปตัวใดในการส่งแพ็คเก็ตไปยังปลายทาง ไม่สนใจดูส่วนหัวของแพ็คเก็ตที่ระบุที่อยู่ของต้นทางและปลายทาง ซึ่งให้เกิดความล่าช้าขึ้นได้ เปรียบได้กับการใส่รหัสไปรษณีย์เพิ่มเข้าไปในหน้าซองจดหมาย ซึ่งผู้คัดแยกจดหมายไม่จำเป็นต้องดูว่าผู้รับเป็นใคร เพียงแต่แยกว่ารหัสไปรษณีย์ รหัสไหนจะส่งต่อไปภาคไหนหรือจังหวัดไหนเท่านั้น



Exp.bits: Experimental Bits, often used for Class of Service
BS: Bottom of Stack bit, is set if no label follows
TTL: Time To Leave, used in the same way like in IP

รูปที่ 2-4 รูปแบบการหุ้มห่อเอ็มพีแอลเอสลาเบลเข้าไปในไอพีแพ็คเก็ต

- ความสำคัญของโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส

เนื่องจากมันสามารถรับประกันคุณภาพในการเชื่อมต่อจากต้นทางไปยังปลายทางได้ด้วยการจัดลำดับการส่งต่อกลุ่มข้อมูลเข้าไปยังเครือข่ายเอ็มพีแอลเอส มันจะทำการจัดหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการส่งกลุ่มข้อมูลไปยังปลายทางด้วยลาเบลเป็นตัวนำพาข้อมูลไปได้อย่างรวดเร็วในการส่งผ่านอุปกรณ์สวิตช์ที่รองรับโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส และทำให้การบริหารเส้นทางเครือข่ายหลายๆ เส้นทางได้เกิดประโยชน์หลายอย่างในการติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์สวิตช์หลายตัว

- รูปแบบการทำงานของโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส

เดิมเส้นทางการส่งต่อข้อมูลในระบบเครือข่ายจะจัดเส้นทางข้อมูลตามโพรโทคอลการเชื่อมต่อแบบส่งต่อละทีช่วงละตามตารางไอพีของอุปกรณ์สวิตช์เป็นหลักและดูหมายเลขไอพีปลายทางของกลุ่มข้อมูลนั้น แต่ละอุปกรณ์สวิตช์จะต้องใช้เวลาในการอ่านตารางค่าของแพ็คเก็ตนั้นซ้ำๆ อยู่ตลอดเวลาในการส่งข้อมูลไปกลับ ดังนั้นจึงนำลาเบลมาใส่ไว้หน้ากลุ่มข้อมูลไอพีให้ตัวอุปกรณ์สวิตช์อ่านเฉพาะลาเบลที่ส่งเข้ามาแล้วส่งต่อไปยังเส้นทางการเชื่อมต่อแบบไอพีแบบเดิม หรือแบบการส่งต่อจากอุปกรณ์สวิตช์ถึงอุปกรณ์สวิตช์ไปเรื่อยๆ

ต่อมามีการพัฒนาให้ตัวอุปกรณ์สวิตช์รองรับโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส จึงทำให้มีการสร้างตารางลาเบลสวิตช์ชิ่งขึ้นมาให้กับตัวอุปกรณ์สวิตช์แต่ละตัวในเครือข่ายเอ็มพีแอลเอสซึ่งประกอบไปด้วยหมายเลขพอร์ทกับหมายเลขลาเบลของด้านรับเข้ามาและด้านส่งออกไปเช่น อุปกรณ์สวิตช์ LSR2 (IN : 3.56) (OUT : 1,15) หมายความว่า อุปกรณ์สวิตช์ LSR2 มีตารางลาเบลสวิตช์ชิ่งด้านขารับเข้ามาเป็นพอร์ทที่ 3 และมีไอพีกลุ่มข้อมูลที่มีหมายเลขลาเบล56 ปะติดเข้ามาด้วย และเมื่อจะส่งกลุ่มข้อมูลออกไปจะออกไปที่พอร์ทที่1 และจะทำการเปลี่ยนลาเบลออกไปเป็นหมายเลขลาเบล15 แทน

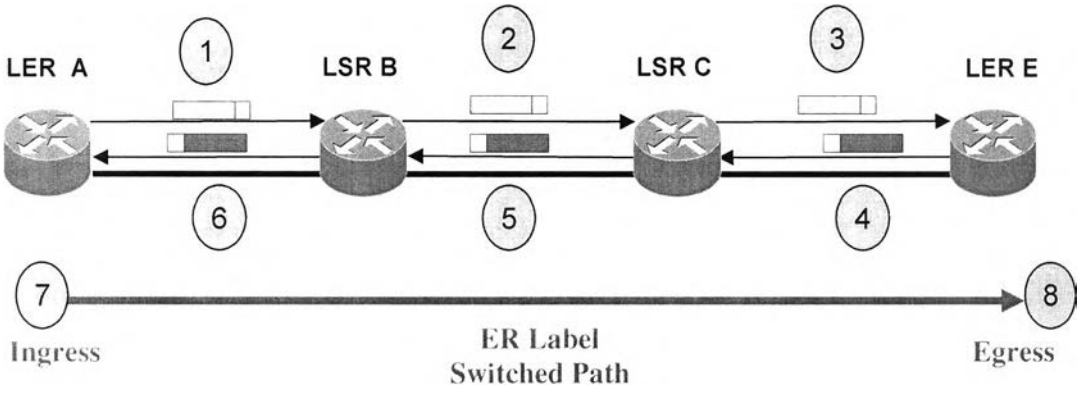
ในเครือข่ายเอ็มพีแอลเอสจะประกอบไปด้วยการเชื่อมต่อและมีรูปแบบการทำงานที่เป็นฟังก์ชันพิเศษดังต่อไปนี้

- LER (Label Edge Router) คือเป็นตัวเราเตอร์ต้นทางที่ทำหน้าที่ร้องขอและกำหนดลาเบลลงไปในแพ็คเก็ตและส่งต่อเข้าไปในเครือข่ายเอ็มพีแอลเอส และเราเตอร์ปลายทางซึ่งรับแพ็คเก็ตสุดท้ายก่อนจะส่งให้โฮสต์ต่อไปจะทำหน้าที่อ่านลาเบลและถอดลาเบลออกมาจากแพ็คเก็ตนั้นแล้วส่งต่อไปยังโฮสต์ถัดไป
- LSR (Label Switching Router) คือเป็นเราเตอร์ที่ทำหน้าที่สวิตช์เลือกเส้นทางในระดับแกนกลางเครือข่ายเอ็มพีแอลเอสโดยจะทำการอ่านค่าลาเบลที่รับการส่งเข้ามาว่าจะทำการส่งต่อไปยังเราเตอร์ตัวถัดไปที่เส้นทางใด จากนั้นก็จะทำการในการเชื่อมจากต้นทางไปยังปลายทาง
- LDP(Label Distribution Protocol) คือโพรโทคอลในการกระจายลาเบลไปยังเราเตอร์ทุกตัวในเส้นทางการเชื่อมต่อที่ถูกกำหนดขึ้นมาแล้วเข้ากับพอร์ทอินเตอร์เฟสขาเข้าและขาออกของเราเตอร์นั้นๆ
- LSP(Label Switching Path) คือเส้นทางที่ถูกกำหนดขึ้นมาแน่นอนแล้วจากเราเตอร์ด้านขอบต้นทางไปสิ้นสุดเราเตอร์ด้านขอบปลายทางบนเครือข่ายเอ็มพีแอลเอส
- FEC(Forward Equivalence Class) คือการส่งต่อแพ็คเก็ตที่มีค่าไอพีแอดเดรสต่างกันแต่สามารถส่งต่อไปยังเส้นทางเดียวกันที่กำหนดหมายเลขลาเบลให้แตกต่างกันได้

ตารางการสร้างหมายเลขลาเบล(LIB : Label Information Base)ด้านขาเข้าและขาออกของเราเตอร์แต่ละตัวจะต้องสอดคล้องรับช่วงค่าหมายเลขลาเบลกันตลอดเส้นทาง โดยมีการสร้างเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างเราเตอร์ที่แน่นอน(Explicit Routed) ก่อนแพ็คเก็ตจะถูกส่งเข้ามาโดยแบ่งเป็นสองรูปแบบ คือแบบที่1 CR-LDP (Constraint Based Routing-Label Distribtion Protocol) และแบบที่2 RSVP-TE (Reservation Protocol-Traffic Engineering) ซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้

- **แบบที่ 1 CR-LDP** เป็นรูปแบบการกระจายของลาเบลไปยังเราเตอร์ทุกตัวตามเส้นทางการเชื่อมต่อซึ่งจะส่งค่าหมายเลขพอร์ทปลายทางขาเข้าและขาออกไปยังเราเตอร์ในเครือข่ายทุกตัวให้รับรู้ซึ่งมีรูปแบบการทำงานตามรูปที่2-5 ดังต่อไปนี้
  - หมายเลข1 คือเราเตอร์ A เป็นเราเตอร์ต้นทางจะทำการร้องขอลาเบลและส่งหมายเลขพอร์ทขาออกไปยังตามเส้นทางการเชื่อต่อไปยังเราเตอร์ B,C,E ทีละลำดับ

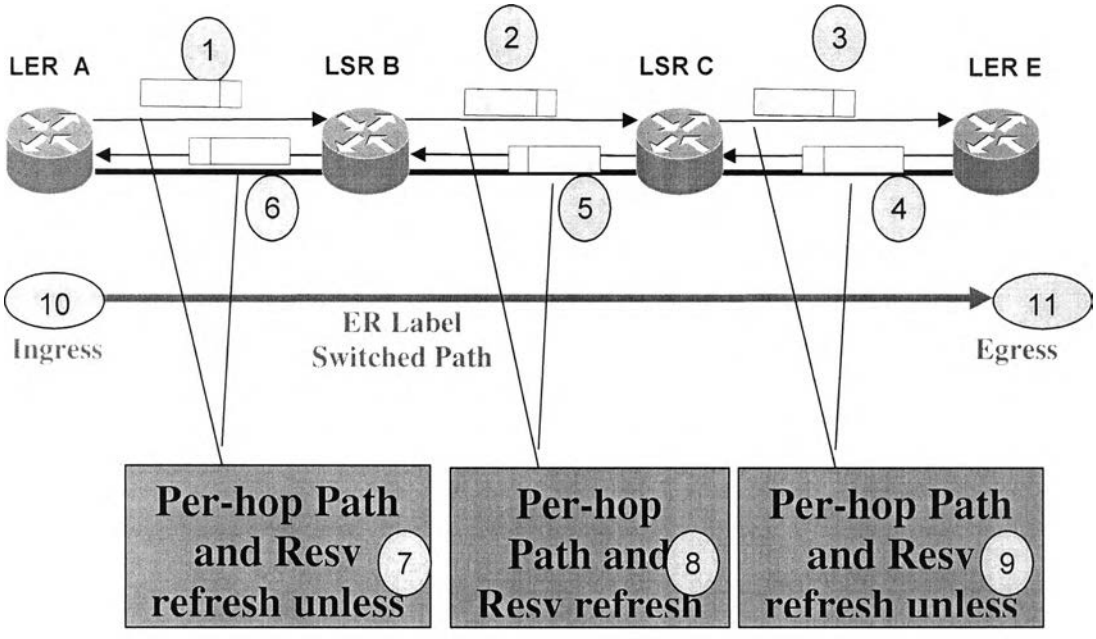
- หมายเลข2 คือการร้องขอจะถูกประมวลผลไปยังเราเตอร์ B โดยรับค่าหมายเลขพอร์ทขาเข้ามาจากเราเตอร์ A และส่งหมายเลขพอร์ทขาออกไปยังเราเตอร์ C ต่อไป
- หมายเลข3 คือการร้องขอจะถูกประมวลผลไปยังเราเตอร์ C โดยรับค่าหมายเลขพอร์ทขาเข้ามาจากเราเตอร์ B และส่งหมายเลขพอร์ทขาออกไปยังเราเตอร์ E ต่อไป
- หมายเลข4 คือเราเตอร์ E เป็นเราเตอร์ด้านขอบปลายทางจะทำการรับหมายเลขพอร์ทขาเข้ามาจากเราเตอร์ C ส่วนหมายเลขพอร์ทขาออกนั้นจะจบลงที่นี่ จากนั้นจะทำการจับคู่หมายเลขลาเบลเข้ากับตารางหมายเลขพอร์ทขาเข้าและขาออกของเราเตอร์ E กับ C
- หมายเลข5 คือการจับคู่หมายเลขลาเบลเข้ากับตารางหมายเลขพอร์ทขาเข้าและขาออกของเราเตอร์ C กับ B
- หมายเลข6 คือการจับคู่หมายเลขลาเบลเข้ากับตารางหมายเลขพอร์ทขาเข้าและขาออกของเราเตอร์ B กับ A
- หมายเลข7 คือเมื่อเราเตอร์ A ได้รับการจับคู่หมายเลขลาเบลเรียบร้อยแล้วจะทำให้เกิดเส้นทางที่แน่นอนขึ้นมาจากนั้นจะทำการส่งแพ็คเก็ตเข้าไปตามทางโดยการใส่ลาเบลเข้าไปในแพ็คเก็ต
- หมายเลข8 คือเมื่อแพ็คเก็ตไปจนถึงเราเตอร์ E ซึ่งเป็นเส้นทางออกของเฟ็ดเก็ตจากนั้นเราเตอร์จะทำการถอดหมายเลขลาเบลออกจากแพ็คเก็ตแล้วส่งต่อไปยังโฮสต์ต่อไป



รูปที่2-5 แสดงขั้นตอนการทำงานของโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอสแบบ CR-LDP

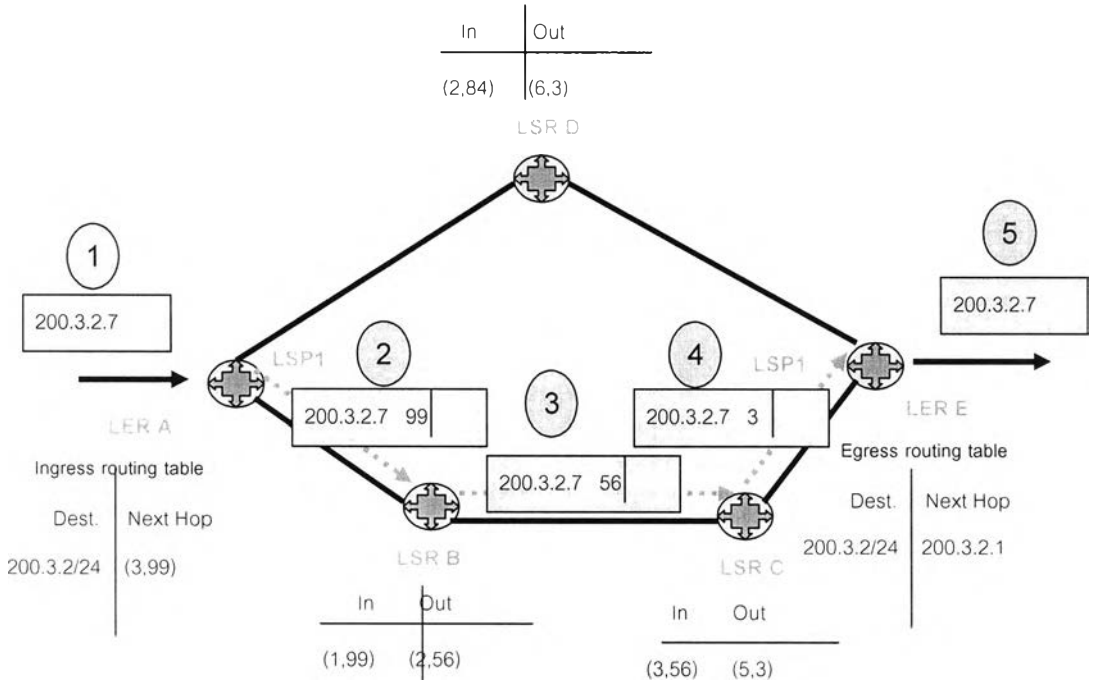
- **แบบที่ 2 RSVP-TE** เป็นรูปแบบการส่งสัญญาณไปยังเราเตอร์ในเครือข่ายให้ทำการจองค่าทรัพยากรระหว่างเราเตอร์เป็นทีละคู่จากต้นทางไปถึงปลายทางซึ่งมีรูปแบบการทำงานตามรูปที่2-6 ดังต่อไปนี้
  - หมายเลข 1,2.3 คือการสร้าง Path Message จากเราเตอร์ A ไปตามทางเส้นทางเราเตอร์ B,C,E
  - หมายเลข 4 คือการสร้าง Resv Message จะผูกเข้ากับการสร้างหมายเลขลาเบลเพื่อทำการจองแบนด์วิดท์เครือข่ายสำหรับระหว่างเราเตอร์ E กับ C

- หมายเลข 5 คือการสร้าง Resv Message จะผูกเข้ากับการสร้างหมายเลขลาเบลเพื่อทำการจองแบนด์วิดท์เครือข่ายสำหรับระหว่างเราเตอร์ C กับ B
- หมายเลข 6 คือการสร้าง Resv Message จะผูกเข้ากับการสร้างหมายเลขลาเบลเพื่อทำการจองแบนด์วิดท์เครือข่ายสำหรับระหว่างเราเตอร์ A กับ B
- หมายเลข 7 คือการทำการตรวจสอบสัญญาณ Path Message และ Resv Message ระหว่างเราเตอร์A กับ B ตลอดช่วงเวลาที่แพ็คเก็ตเข้ามา
- หมายเลข 8 คือการทำการตรวจสอบสัญญาณ Path Message และ Resv Message ระหว่างเราเตอร์B กับ C ตลอดช่วงเวลาที่แพ็คเก็ตเข้ามา
- หมายเลข 9 คือการทำการตรวจสอบสัญญาณ Path Message และ Resv Message ระหว่างเราเตอร์C กับ E ตลอดช่วงเวลาที่แพ็คเก็ตเข้ามา
- หมายเลข 10,11 คือการสร้างทางที่แน่นอนจากเราเตอร์ต้นทางแบบการใช้ลาเบลทำการจองทรัพยากรระหว่างเราเตอร์ทีละคู่ไปเรื่อยๆ จนถึงเราเตอร์ปลายทางทำให้แพ็คเก็ตสามารถวิ่งผ่านแต่ละช่วงได้ด้วยทรัพยากรที่จำกัดมาไว้ให้ต่างหาก



รูปที่2-6 แสดงขั้นตอนการทำงานของโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอสแบบ RSVP-TE

ซึ่งทั้งสองรูปแบบคือ CR-LDP และ RSVP-TE เมื่อมีการสร้างทางที่แน่นอน(Explicit Route LSP) เสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีรูปแบบการทำงานของไอพีแพ็คเก็ตที่เข้ามาในเครือข่ายเอ็มพีแอลเอสซึ่งมีรูปแบบการทำงานตามรูปที่2-7 ดังต่อไปนี้



รูปที่2-7 แสดงรูปแบบการทำงานเมื่อมีไอพีแพ็คเก็ตเข้ามาในเครือข่ายเอ็มพีแอลเอส

รูปแบบขั้นตอนการเดินทางของไอพีแพ็คเก็ตมีดังต่อไปนี้

- หมายเลข 1 คือไอพีแพ็คเก็ตจะถูกส่งเข้ามายังเราเตอร์ A ซึ่งเป็นเราเตอร์ที่รับแพ็คเก็ตนั้นมาประมวลผลเข้ากับตารางลาเบลสวิตช์ชิ่งกับหมายเลขพอร์ทขาออกที่จะส่งไปยังเราเตอร์ถัดไป
- หมายเลข 2 คือเราเตอร์ A จะทำการใส่ลาเบลหมายเลข 99 เข้าไปหน้า ไอพี 200.3.2.7 และส่งออกไปจากหมายเลขพอร์ท 3 ไปยังเราเตอร์ B ต่อไปด้วยไอพีแพ็คเก็ต 200.3.2.7:99
- หมายเลข 3 คือเราเตอร์ B จะทำการรับค่าลาเบลหมายเลข 99 เข้ามาจากพอร์ทหมายเลข 1 จากนั้นจะทำการเปลี่ยนค่าหมายเลขลาเบลเป็น 56 เข้ากับไอพีแพ็คเก็ต 200.3.2.7:56 และส่งออกไปที่พอร์ทหมายเลข 2 ไปยังเราเตอร์ C
- หมายเลข 4 คือเราเตอร์ C จะทำการรับค่าลาเบลหมายเลข 56 เข้ามาจากพอร์ทหมายเลข 3 จากนั้นจะทำการเปลี่ยนค่าหมายเลขลาเบลเป็น 3 เข้ากับไอพีแพ็คเก็ต 200.3.2.7:3 และส่งออกไปที่พอร์ทหมายเลข 5 ไปยังเราเตอร์ E
- หมายเลข 5 คือเราเตอร์ปลายทางจะทำการถอดหมายเลขลาเบล 3 ออกมาจากไอพีแพ็คเก็ตจะได้ ไอพี 200.3.2.7 จากนั้นเราเตอร์จะส่งไอพีไปยังเส้นทางเครือข่ายธรรมดาต่อไป

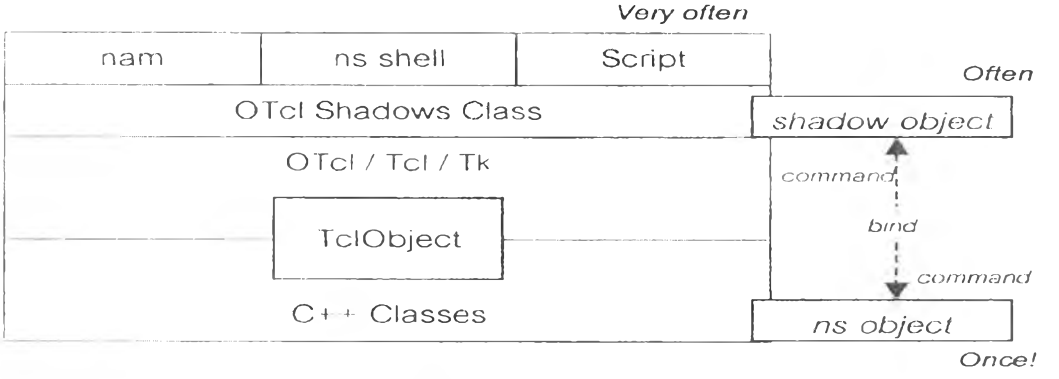
ข้อเด่นของโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส คืออุปกรณ์สวิตช์ระหว่างทางไม่จำเป็นต้องนำข้อมูลของกลุ่มข้อมูลไอพีเดิมมาวิเคราะห์หรือตรวจสอบ จึงเป็นการประหยัดเวลาและสวิตช์ได้เร็วขึ้น และการตัดสินใจในระดับต่อๆ ไปก็จะดำเนินการได้อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ การจัดการในรูปแบบโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอสเริ่มได้รับการพัฒนาและให้มีการดำเนินการได้ในระบบอุปกรณ์สวิตช์มากขึ้น

2.5 โปรแกรมจำลองการทดสอบเครือข่ายเอ็นเอสทู

เอ็นเอสทูเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในแบบทดสอบการเชื่อมต่อเครือข่าย (VINT, Virtual InternetNetwork Testbed)) [6][7][8][9] เพื่อใช้จำลองการทำงานของระบบเครือข่าย โดยเป้าหมายของการจำลองคือเพื่อที่จะทำให้เกิดความง่ายในการวิจัยทางด้านระบบเครือข่ายและมุ่งเน้นระบบเครือข่ายที่ขยายได้ และการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างหลายๆ โพรโทคอล แกนหลักของเอ็นเอสทูพัฒนาขึ้นมาจากภาษาซีพลัสพลัสจึงมีลักษณะเป็นส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งส่วนประกอบที่เอ็นเอสทูสนับสนุนมีอย่างเช่น โพรโทคอล โทโพโลจี โหนด ลิงค์ และแทรฟฟิค เป็นต้น โดยทั้งหมดใช้ภาษาโอทีซีแอล (OTCL) เป็นตัวเชื่อมส่วนประกอบต่างๆ ในการจำลองการทำงาน

เอ็นเอสทูเป็นซอฟต์แวร์สำหรับจำลองการทำงานที่พัฒนาขึ้นมาจากภาษาซีพลัสพลัสและภาษาโอทีซีแอล สาเหตุที่เอ็นเอสทูพัฒนามาจาก 2 ภาษา เนื่องจากซอฟต์แวร์สำหรับจำลองการทำงานประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ส่วนแรกคือรายละเอียดของการจำลองการทำงานของโพรโทคอลต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ภาษาสำหรับสร้างโปรแกรมระบบ (System Programming Language) ที่มีประสิทธิภาพในการจัดการขนาดของข้อมูล (Byte) ส่วนหัวของกลุ่มข้อมูล (Packet header) และการทำให้ขั้นตอนวิธีต่างๆ สามารถทำงานได้บนชุดของข้อมูลขนาดใหญ่ ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน (Running time) จึงเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับงานเหล่านี้ ส่วนที่สองคือส่วนอื่นๆ ของการวิจัยระบบเครือข่าย ซึ่งรวมถึงการปรับค่าพารามิเตอร์ หรือโครงแบบ (Configuration) ที่หลากหลาย ความรวดเร็วในการสำรวจแผนการ (Scenario) ต่างๆ ซึ่งในกรณีเหล่านี้เวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนแบบจำลองและการสั่งให้ทำงานอีกครั้งเป็นสิ่งที่สำคัญมากกว่า

ดังนั้นเอ็นเอสทูจึงประกอบด้วย 2 ภาษา ซึ่งภาษาซีพลัสพลัสนั้นทำงานได้รวดเร็วแต่การปรับเปลี่ยนทำได้ช้า ทำให้เหมาะสำหรับการใช้ในส่วนรายละเอียดของโพรโทคอล สำหรับภาษาโอทีซีแอลทำงานได้ช้ากว่าแต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วทำให้เหมาะกับการทำโครงแบบสำหรับการจำลองการทำงานแบบต่างๆ ดังรูปที่2-8



รูปที่2-8 โครงสร้างของเอ็นเอสทู