QoS Routing Algorithm for Future Internet

Mr.Utid Jitjong , Mr.Khaengkai Compapong, and Mr.Nopparutn Pothruk

Abstract—ในยุคปัจจุบันการติดต่อสื่อสารระหว่างเครือข่ายมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างองค์กรระหว่างเครือข่ายในทางด้านธุรกิจโดยการค้นหาเส้นทางการเชื่อมต่อไปยังโหนดอื่น มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุดระบุเป็นหลักการออกแบบสำหรับเส้นทางถาปัตยกรรมใหม่ที่ทำให้อินเทอร์เน็ตเส้นทางเพิ่มเติมสามารถปรับขนาดได้เพื่อค้นหาแหน่งของโฮสต์ที่จ้องมีการ mapping รวมถึงการสำหรับตัวระบุเฉพาะเจาะจงในกระดาษนี้เราเสนอ บริษัท “เส้นทางในอนาคตของ ระบบ mapping” มันเป็นไปอย่างรวดเร็วขยายขีดความสามารถน่าเชื่อถือและรักษาความปลอดภัยและจะสามารถปรับการแพ็คเก็ตดีเลย์ได้

ในงานวิจัยนี้จะ แนะนำถึงการเพิ่มประสิทธิภาพ QOS การค้นหาข้อมูลเป็นหลักเพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อเสนอกับเกี่ยวกับความล้มเหลวบางส่วนในการค้นหาข้อมูลให้มีประสิทธิภาพ QOS เราจะอธิบายแนวคิดการรักษาความปลอดภัยและประเมินความยืดหยุ่นของดัชนีข้อตกลงการใช้เส้นทาง ความน่าเชื่อถือแยกตัวชี้ / ตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพด้านเส้นทางของการจราจรในการค้นหาเส้นทางของเครือข่ายโดยเราจะแสดงผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัย.

QoS เป็นตัวกำหนดชุดของคุณสมบัติของประสิทธิภาพของการติดต่อ หรือเรียกว่าเป็นการส่งข้อมูลในเครือข่ายโดยรับประกันว่าการส่งข้อมูลจะเป็นไปตามคุณภาพหรือเงื่อนไขที่ต้องการ เช่น ดีเลย์ แบนด์วิดธ์ การเปลี่ยนแปลงของดีเลย์ (jitter) อัตราการสูญหายของข้อมูล (loss) หลักการทั่วไปของ QoS Routing จึงเป็นการตรวจวัดและควบคุมการไหลของข้อมูลให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิธีการพื้นฐานของ QoS มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ Reservation และ Prioritization

I. บทนำ

การค้นหาเส้นทางปัจจุบันที่พบปัญหามากที่สุดคือทางด้านการค้นหาเส้นทางระหว่างเครือข่ายแม้ว่ามีทฤษฎีและงานวิจัยหลายชิ้นที่ได้มีการกล่าวถึง แนวทางการแก้ไขปัญหา หาแต่ยังคงมีข้อจำกัดที่เกิดขึ้นอีกทั้งปัญหาทางด้านการค้นหาเส้นทางภายใต้รูปแบบระบบเครือข่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นล้วนประสบปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางระหว่างเครือข่ายเป็นหลัก เพื่อนำไปสู่การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาการค้นหาเส้นทางระหว่างเครือข่ายได้อย่างเกิดประโยชน์ต่อองค์กรที่มีการใช้ระบบเครือข่าย เครือข่ายเพื่อให้เหมาะกับเนื้อหาของพวกเขาที่มีคุณภาพของบริการ (QOS) ความต้องการ ความยืดหยุ่นจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเลือกบริการ Suitable network ซึ่งจะเพิ่ม QOS สำหรับการใช้งานของพวกเขาที่ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ในกรณีของการ (ii), topologies อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากในระยะยาวของความล้มเหลวในระยะสั้น (ความล้มเหลวชั่วคราว)ซึ่งความล้มเหลวในระยะสั้นอาจจะเนื่องจากการบำรุงรักษาตามแผนหรือการใช้งานของโปรโตคอลใหม่ [3][6] ในงานวิจัยนี้เรานำเสนอกลไกการกำหนดเส้นทางใหม่ที่เรียนกว่าการไล่โทนสี parameterized ตามเส้นทาง (PGBR) PGBR เป็นเทคนิคการกำหนดเส้นทางการกกระจายสำหรับเครือข่ายหลักที่อาศัยหมดจดในการปฏิสัมพันธ์ท้องถิ่นระหว่างโหนดเครือข่าย ขั้นตอนวิธีการกำหนดเส้นทางที่เสนอจะขึ้นอยู่กับการสร้างเขตข้อมูลที่อยู่ภายในเครือข่ายสารเคมีที่สารเคมีที่เขตข้อมูลจะสร้างการไล่ระดับสีที่ดึงดูดการค้นพบเส้นทางจากแหล่งที่เฉพาะเจาะจงไปยังปลายทาง การค้นพบในแต่ละเส้นทางเป็น flow based และถูกค้นพบบนพื้นฐาน-hop-hop โดยที่กระโดดแต่ละคนจะเลือกการเชื่อมโยงกับสถานที่การไล่ระดับสีสูงสุด m ประโยชน์จากกลไกที่เสนอมีความสามรถเพื่อให้สามารถเปลี่ยนลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันกับสมการ ไล่ระดับสีให้เหมาะสมกับขนาดโครงสร้างหรือข้อกำหนดของการจราจรเพื่อจะตรวจสอบขั้นตอนวิธีการกำหนดเส้นทางของเราที่นำเสนอจำนวนของการทดสอบแบบจำลองมีการดำเนินการและเมื่อเทียบกับเทคนิคการกำหนดเส้นทางที่มีอยู่ กระดาษที่จัดดังนี้มาตรา 2 แสดงการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการเส้นทางมาตรา 3 แสดงกลไกการ PGBR เส้นทาง มาตรา 4 ให้นำเสนอของเราการจำลองการทำงานเพื่อตรวจสอบการแก้ปัญหาของเรา มาตรา 5 ให้แสดงบทบาท PGBR ที่สมารถเล่นใน Internet ในอนาคตและในที่สุดมาตรา 6 นำเสนอข้อสรุปII ที่เกี่ยวข้องกับงานในปีล่าสุดการวิจัยในเครือข่ายเส้นทางการได้รับโมแมนตัมปรากฏการณ์ เทคนิคการกำหนดเส้นทางปัจจุบันจะใช้การกำหนดเส้นทางโปรโตคอล IGP เช่น OSPF [8] [10] ใน IP ตาม เครือข่ายหรือ spanning ต้นไม้ในกรณีของการ metro Ethernet กลไกจะขึ้นอยู่กับวิธีการแก้ปัญหาจากส่วนกลางบางส่วนซึ่งแต่ละโหนดจะต้องรักษามุมมองที่กลางของทั้งโครงสร้าง Routing โปรโตคอลสามารถแบ่งออกได้เป็นโปรโตคอลการกำหนดเส้นแบบคงที่และแบบไดนามิกที่กำหนดเส้นทางแบบไดนามิกสนับสนุนารเปลี่ยนแปลงแบบไดนามิกภายใน [6]

ปัญหาการขนส่ง และการสื่อสารด้วยการหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปสู่จุดหมาย โดยมีเส้นทางหลายๆเส้นทางจะใช้แบบ ROUTING MODEL เพื่อวิเคราะห์เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถนำหลักการเดียวกันไปใช้สำหรับการตัดสินใจในการผลิต เช่น การกำหนดลำดับการผลิตชนิดของสินค้าต่างๆโดยเครื่องจักรร่วมกัน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตั้งปรับเครื่องจักร (SETUP COST) ให้น้อยที่สุด

Reservation หลักการคือการรับประกันด้วยวิธีจองทรัพยากรของเครือข่ายก่อนที่จะเริ่มส่งข้อมูล ทรัพยากรที่จำเป็นต้องจองก็คือ บัฟเฟอร์ , แบนด์วิดธ์ และ ดีเลย์ ในส่วนของการคำนวณนั้นจะเน้นไปที่การหาขนาดของบัฟเฟอร์และ

แบนด์วิดธ์ที่เหมาะสมที่จะรักษาดีเลย์ระหว่างต้นทางไปยังปลายทางไม่ให้เกินที่กำหนด ในแต่ละ hop สามารถแยกดีเลย์ออกมาได้ 4 ส่วน คือ

Queueing Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากการรอคิวส่ง สำหรับในเราท์เตอร์นั้น คือ ช่วงเวลาที่ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำสามารถเก็บได้มากหรือน้อยขึ้นกับการจัดคิว และขนาดของคิว ถ้าคิวขนาดใหญ่จะมีโอกาสที่หน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้มากทำให้ค่าเฉลี่ยของดีเลย์สูง ถ้าคิวสั้นค่าเฉลี่ยของดีเลย์จะน้อยกว่าแต่ทำให้อัตราการสูญเสียมีมากขึ้นเนื่องจากแพ็คเกตถูกละทิ้งจากระบบ Processing Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากการประมวลผลของเราท์เตอร์ เช่น การ lookup routing table การ load/transfer memory การติดต่อ I/O ระหว่างซีพียู กับ network interface Transmission Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากอัตราการส่งข้อมูล ค่านี้จะมีความสัมพันธ์กับแบนด์วิดธ์ ถ้าแบนด์วิดธ์กว้างดีเลย์จะน้อย

Propagation Delay คือดีเลย์ของสื่อที่ใช้ส่งข้อมูล เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสื่อนั้น ๆ ปัจจุบันมีเฟรมเวิร์กที่ใช้หลักการของ Reservation ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรียกว่า Integrated Services ซึ่งใช้ Resource Reservation Protocol (RSVP) ในการจองทรัพยากรเครือข่าย เส้นทางของการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจะไม่แตกต่างจากการส่งข้อมูลแบบ Best Effort แต่ Integrated Services สามารถรับประกันได้ว่าดีเลย์ในการส่งจากต้นทางไปถึงปลายทางจะไม่เกินค่า ๆ หนึ่งแน่นอน ยกเว้นกรณีที่เส้นทางมีการเปลี่ยนแปลง ปัญหาใหญ่ของ Integrated Services คือ Scalability เพราะเครือข่ายต้องแบ่งทรัพยากรบางส่วนไปใช้กับ QoS Routing โดยเฉพาะถ้าใช้งาน QoS Routing มาก ทรัพยากรจะหมดไป นอกจากนี้ การจองทรัพยากรด้วย RSVP ไม่ได้กระทำอย่างถาวร จึงต้องมีการส่งแพ็คเกตของ RSVP ไปยังเราท์เตอร์เพื่อรีเฟรชการจองทรัพยากรตลอดเวลา จึงมี processing overhead สูง ปกติแล้ว Integrated Services จึงจำกัดให้ใช้งานเฉพาะใน Autonomous System (AS) เดียวกันเท่านั้น

Prioritization เป็นการจัดลำดับความสำคัญ คือข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะได้รับการส่งก่อน หรือให้การเซอร์วิสก่อน การเลือกระดับความสำคัญจะเป็นไปตามชนิดของข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งการส่งข้อมูลที่ต้องการดีเลย์น้อย ๆ จะมีระดับความสำคัญสูง ข้อดีของวิธีการนี้คือ ไม่ต้องมีการจองทรัพยากรของเครือข่าย จึงสามารถใช้งานได้ในวงกว้าง บางครั้งการทำงานแบบ Prioritization จะเรียกว่าเป็น Class-of-Service Routing (CoS Routing) เพราะแพ็คเกตจะถูกแบ่งออกเป็นคลาส หรือระดับความสำคัญ ข้อมูลในคลาสเดียวกันจะมีความสำคัญเท่ากัน ใช้ทรัพยากรทั้งหมดร่วมกัน ซึ่งเป็นข้อเสีย เนื่องจากวิธีนี้ไม่สามารถรับประกันได้แน่นอนว่าการจัดส่งจะเป็นไปตามเงื่อนไข

II. ทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

A. QoS Routing

QoS เป็นตัวกำหนดชุดของคุณสมบัติของประสิทธิภาพของการติดต่อ หรือเรียกว่าเป็นการส่งข้อมูลในเครือข่ายโดยรับประกันว่าการส่งข้อมูลจะเป็นไปคุณภาพหรือเงื่อนไขที่ต้องการเช่น ดีเลย์แบนด์วิดธ์การเปลี่ยนแปลงของดีเลย์ (jitter) อัตราการสูญหายของข้อมูล (loss) หลักการทั่วไปของ QoS Routingจึงเป็นการตรวจวัดและควบคุมการไหลของข้อมูลให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิธีการพื้นฐานของ QoS มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ Reservation และ Prioritization Reservation หลักการคือการับประกันด้วยวิธีจองทรัพยากรของเครือข่าย ก่อนที่เริ่มส่งข้อมูล ทรัพยากรที่จำเป็นต้องจองก็คือบัฟเฟอร์, แบนด์วิดธ์ และดีเลย์ ในส่วนของการคำนวณนั้นจะเน้นไปที่การหาขนาดของบัฟเฟอร์และแบนด์วิดธ์ที่เหมาะสมที่จะรักษาดีเลย์ระหว่างต้นทางไปยังปลายทางไม่ให้เกินที่กำหนด ในแต่ละ hop สสามารถแยกดีเลย์ออกมาได้ 4 ส่วน คือ Queueing Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากการรอคิวส่ง สำหรับในเราท์เตอร์นั้น คือ ช่วงเวลาที่ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำสามรถเก็บได้มาหรือน้อยขึ้นกับการจัดคิว และขนาดของคิว ถ้าขนาดใหญ่จะมีโอกาสที่หน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้มากทำให้อัตรการสูญเสียมีมากขึ้นเนื่องจากแพ็คเกตถูกละทิ้งจากระบบ

Processing Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากการประมวลผลของเราท์เตอร์ เช่น การ lookup routing table การ load/transfer memory การติดต่อI/O ระหว่างซีพียูกับ interface Transmission Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากอัตราการส่งข้อมูล ค่านี้จะมีความสัมพันธ์กับแบนด์วิดธ์ ถ้าแบนด์วิดธ์กว้างดีเลย์จะน้อย Propagation Delay คือดีเลย์ของสื่อที่ใช้ส่งข้อมูล เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสื่อนั้น ๆ ปัจจุบันมีเฟรมเวิร์กที่ใช้หลักการของ Reservation ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรียกว่า Integrated Services ซึ่งใช้ Resource Reservation Protocol (RSVP) ในการจองทรัพยากรเครือข่าย เส้นทางของการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจะไม่แตกต่างจากการส่งข้อมูลแบบBest Effort แต่ Integrated Services สามารถรับประกันได้ว่าดีเลย์ในการส่งจากต้นทางไปถึงปลายทางจะไม่เกินค่า ๆ หนึ่งแน่นอน ยกเว้นกรณีที่เส้นทางมีการเปลี่ยนแปลง ปัญหาใหญ่ของ Integrated Services คือ Scalability เพราะเครือข่ายต้องแบ่งทรัพยากรบางส่วนไปใช้กับ QoS Routing โดยเฉพาะถ้าใช้งาน QoS Routing มาก ในการทำงานของ Router นั้นนอกจากจะมี routing table หรือตารางข้อมูลของเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลอยู่ในเครื่อง เพื่อใช้พิจารณาการส่งผ่านข้อมูลแต่ละ packet แล้ว ยังมีขบวนการพิจารณาเส้นทางส่งผ่านข้อมูลหรือ Routing algorithm เพื่อช่วยในการกำหนดเส้นทางของข้อมูลได้ชัดเจนขึ้น แม้ว่าเครือข่ายจะมีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไป หรือการเชื่อมโยงบางเครือข่ายขัดข้องไม่สามารถส่งผ่านข้อมูลได้เหมือนที่ผ่านมาขบวนการพิจารณาเส้นทางส่งผ่านข้อมูล ที่จะขอเรียกย่อว่า routing algorithm นี้ มีบทบาทในการปรับปรุงข้อมูลใน routing table ให้ใหม่อยู่เสมอ ตามสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปของเครือข่าย และมีบทบาทในการพิจารณาว่า การส่งผ่านข้อมูลนั้นจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

ประเภทต่างๆของ Routing Algorithm

การแบ่งประเภทของ routing algorithm ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ ประเภท interior routing protocol และ exterior routing protocol ซึ่งทั้งสองประเภทนี้ก็จะสามารถแยกเป็นย่อยๆได้อีก เช่น

- Static routing, Dynamic routing
- Intradomain routing, Interdomain routing
- Flat routing, Hierachical routing
- Centralized routing, Distributed routing
- Single path routing, Multipath routing
- Host-intelligent routing, Router-intelligent routing

• Link-state, Distance vector routing

• Policy routing

ในที่นี้จะขออธิบายบางประเภทเท่านั้น

Interior Routing Protocol

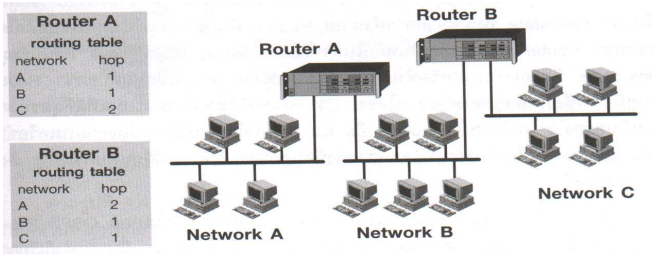
ในการใช้งาน Interior routing protocol มักจะใช้กับเครือข่ายขนาดเล็กที่มีเครือข่ายขนาดย่อยเชื่อมต่อเป็นสมาชิกอยู่ โดยใช้เป็นเส้นทางการติดต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในกลุ่มสมาชิกด้วยกัน เช่น บริษัทผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (ISP) จะมีการเชื่อมต่อเครือข่ายย่อยๆ คือเครือข่ายของลูกค้าแบบองค์กรที่องค์กรที่เชื่อมต่อเครือข่ายของตนเข้ากับเครือข่ายของ ISP ทำให้เครือข่ายของลูกค้าอยู่ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ ในการติดต่อส่งผ่านข้อมูลกัน อุปกรณ์ Router จะแลกเปลี่ยนข้อมูล routing table เพื่อให้ทราบว่าเส้นทางใดจะเป็นเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูล ดัง Router ของบริษัท ISP จะทำหน้าที่เป็น Router หลักอยู่ในระบบที่เรียกว่า Autonomous System (AS) ที่จะเชื่อมต่อออกไปยังระบบภายนอกและออกสู่อินเตอร์เน็ตต่อไป เรียกได้ว่า Autonomous System นี้เป็นระบบที่ใช้เชื่อมโยระหว่าง Router หลักในแต่ละ Autonomous System ด้วยกัน Router หลักดังกล่าวของ ISP จะมีหมายเลขประจำตัวหรือหมายเลข Autonomous System ที่ไม่ซ้ำกับเรียกว่า AS number ซึ่งสามารถขอหมายเลขนี้ได้ที่ Internic เช่นกัน โดย Router หลักต้องมี AS number จะต้องเป็น Router ที่เชื่อมต่อระหว่าง Router หลักด้วยกันเท่านั้น และมี routing protocol บางชนิดใช้งานค่าหมายเลข AS number นี้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลสถานะของเครือข่ายและข้อมูล routing table ด้วย ในกลไกการระบุเส้นทางประเภท Interior routing protocol ยังมีการแยกย่อยลงไปได้อีกหลายแบบเช่น แบบ Distance-Vector routing protocol และแบบ Link-state routing protocol

Link-state Routing Protocol

ลักษณะกลไกการทำงานแบบ Link-state routing protocol คือตัว Router จะ Broadcast ข้อมูลการเชื่อมต่อของเครือข่ายตนเองไปให้ Router อื่นๆทราบข้อมูลนี้เรียกว่า Link-state ซึ่งเกิดจากการคำนวณ Router ที่จะคำนวณค่าในการเชื่อมต่อโดยพิจารณา Router ของตนเองเป็นหลักในการสร้าง routing table ขึ้นมา ดังนั้นข้อมูล Link-state ที่ส่งออกไปในเครือข่ายของแต่ละ Router จะเป็นข้อมูลที่บอกว่า Router นั้นๆมีการเชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายใดอย่างไร และเส้นทางการส่งที่ดีที่สุดของตนเองเป็นอย่างไร โดยไม่สนใจ Router อื่น และกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงภายในเครือข่าย เช่น มีบางวงจรเชื่อมโยงล่มไปที่จะมีการส่งข้อมูลเฉพาะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปให้ ซึ่งมีขนาดไม่ใหญ่มากตัวอย่างโปรโตคอลที่ใช้กลไกแบบ Link-state ได้แก่ โปรโตคอล OSPF (Open Shortest Path First) สำหรับ Interior routing protocol นี้บางแห่งก็เรียกว่า Intradomain routing protocol

Distance-vector Routing Protocol

ลักษณะที่สำคัญของการติดต่อแบบ Distance-vector คือ ในแต่ละ Router จะมีข้อมูล routing table เอาไว้พิจารณาเส้นทางการส่งข้อมูล โดยพิจารณาจากระยะทางที่ข้อมูลจะไปถึงปลายทางเป็นหลัก ดังรูป

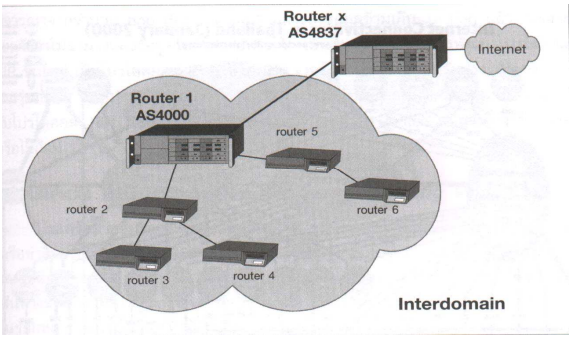


ภาพที่ 1 แสดงเส้นทางการส่งข้อมูล

จากรูป Router A จะทราบว่าถ้าต้องการส่งข้อมูลข้ามเครือข่ายไปยังเครื่องที่อยู่ใน Network B แล้วนั้น ข้อมูลจะข้าม Router ไป 1 ครั้ง หรือเรียกว่า 1 hop ในขณะที่ส่งข้อมูลไปยังเครื่องใน Network C ข้อมูลจะต้องข้ามเครือข่ายผ่าน Router A ไปยัง Router B เสียก่อน ทำให้การเดินทางของข้อมูลผ่านเป็น 2 hop อย่างไรก็ตามที่ Router B จะมองเห็น Network B และ Network C อยู่ห่างออกไปโดยการส่งข้อมูล 1 hop และ Network A เป็น2 hop ดังนั้น Router A และ Router B จะมองเห็นภาพของเครือข่ายที่เชื่อมต่ออยู่แตกต่างกันเป็นตารางข้อมูล routing table ของตนเอง จากรูปการส่งข้อมูลตามลักษณะของ Distance-vector routing protocol จะเลือกหาเส้นทางที่ดีที่สุดและมีการคำนวณตาม routing algorithm เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา ซึ่งมักจะเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดและมีจำนวน hop น้อยกว่า โดยอุปกรณ์ Router ที่เชื่อมต่อกันมักจะมีการปรับปรุงข้อมูลใน routing table อยู่เป็นระยะๆ ด้วยการ Broadcast ข้อมูลทั้งหมดใน routing table ไปในเครือข่ายตามระยะเวลาที่ตั้งเอาไว้ การใช้งานแบบ Distance-vector เหมาะกับเครือข่ายที่มีขนาดไม่ใหญ่มากและมีการเชื่อมต่อที่ไม่ซับซ้อนเกินไป ตัวอย่างโปรโตคอลที่ทำงานเป็นแบบ Distance-vector ได้แก่ โปรโตคอล RIP (Routing Information Protocol) และโปรโตคอล IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) เป็นต้น

Exterior Routing Protocol

เมื่อเครือข่ายภายใน เช่น เครือข่ายของ ISP ต้องการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายหลักภายนอกและออกสู่อินเตอร์เน็ตนั้น จะมีการเชื่อมต่อกันแบบ Exterior Routing Protocol และอาศัยหมายเลย AS number ในการติดต่อกัน การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครือข่ายเพื่อให้ Router หลักๆในอินเตอร์เน็ตเรียนรู้เส้นทางในการติดต่อส่งข้อมูล จะถือเสมือนว่าเครือข่ายหลักและเครือข่ายบริวารนั้นเป็นหนึ่งเครือข่าย และติดต่อกันเช่นนี้ในแต่ละเครือข่ายที่มีหมายเลข AS ประจำตัว เพราะถ้าทั้งเครือข่ายหลักและเครือข่ายบริวารจะต้องส่งข้อมูล routing table ออกไปให้กับ Router ทุกตัวในอินเตอร์เน็ตแล้ว ก็จะทำให้ช่องสัญญาณที่มีอยู่ไม่เพียงพอและเป็นที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งทำให้เครือข่ายติดขัดได้ ในบางแห่งก็เรียกโปรโตคอล Exterior Routing Protocol ว่า Interdomain Routing Protocol ซึ่งมีลักษณะการใช้งานตามรูป



ภาพที่ 2 แสดง Interdomain Routing Protocol

จะเห็นว่าเครือข่ายหลักและเครือข่ายบริวารเชื่อมโยงกันอยู่ โดยในที่นี้เครือข่ายหลักอาจจะเป็นบริษัท ISP ที่มี Router หลักคือ Router 1 เชื่อมต่ออยู่กับเครือข่ายบริวารของตน การติดต่อภายในก็จะใช้โปรโตคอลแบบ Interior Routing Protocol เช่น โปรโตคอล OSPF ก็ได้ และ Router1 ทำหน้าที่เป็น Intradomain Router ที่จะมีข้อมูลเส้นทางการส่งผ่านข้อมูลและรู้จัก Router ตัวอื่นๆภายในเครือข่ายของตน มีการกำหนด AS number ให้กับ Router หลักและเชื่อมต่อออกไปยังเครือข่าย หลักอื่นๆในที่นี้อาจจะเป็น back bone ของอินเตอร์เน็ตที่อยู่ต่างประเทศก็ได้ โดยด้านรับก็จะต้องมี Router หลักติดต่อรับส่งข้อมูลเช่นเดียวกัน เพื่อทำหน้าที่เรียนรู้และแลกเปลี่ยนข้อมูล routing table โดยใช้โปรโตคอลเดียวกันระหว่างระบบ AS ด้วยกัน ตัวอย่างของ Exterior Routing Protocol ได้แก่ โปรโตคอล BGP (Border Gateway Protocol) จากรูปเราจะเห็นว่า Router 2 และ Router 5 เป็น Router ใน Intradomain ส่วน Router1 เป็น Router หลัก มีการกำหนดค่าหมายเลข AS เป็น AS4000 เชื่อมต่อกับ Router x ที่มี AS number เป็น 4837 ตัวอย่างการใช้งานเชื่อมต่อแบบ Exterior Routing Protocol ของบริษัท ISP ในประเทศไทยจะเป็นดังรูปข้างล่าง ซึ่งบริษัท ISP จะเชื่อมต่อวงจรผ่านบริษัทผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตในต่างประเทศอีกทีหนึ่งโดยใช้ Router หลักเชื่อมต่อกัน

III. ผลการดำเนินงาน

Routing เป็นโพรโทคอลที่ใช้ในการแลกเปลี่ยน routing table ระหว่างอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆที่ทำงานในระดับ Network Layer (Layer 3) เช่น Router เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านี้สามารถส่งข้อมูล (IP packet) ไปยังคอมพิวเตอร์ปลายทางได้อย่างถูกต้อง โดยที่ผู้ดูแลเครือข่ายไม่ต้องแก้ไขข้อมูล routing table ของอุปกรณ์ต่างๆตลอดเวลา เรียกว่าการทำงานของ Routing Protocol ทำให้เกิดการใช้งาน dynamic routing ต่อระบบเครือข่ายข้อจำกัดของการขนส่ง และการสื่อสารด้วยการค้นหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปสู่จุดหมาย โดยมีเส้นทางหลายๆเส้นทางจะใช้แบบ ROUTING MODELเพื่อวิเคราะห์เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถนำหลักการเดียวกันไปใช้สำหรับการตัดสินใจในการค้นหาเส้นทาง.การออกแบบสำหรับเส้นทางสถาปัตยกรรมใหม่ที่ทำให้อินเทอร์เน็ตเส้นทางเพิ่มเติมสามารถปรับขนาดได้ เพื่อค้นหาตำแหน่งของโฮสต์ที่จะต้องมีการทำแผนที่ ระบบที่ส่งกลับ locators ที่เหมาะสมในการตอบสนองต่อ map requests สำหรับตัวระบุเฉพาะเจาะจงของเส้นทางของ Routing [1] ข้อจำกัดที่เดขึ้นเกี่ยวการการค้นหาเส้นทางที่เป็นหนักที่มักพบบ่อยคือ การขาดความคล่องตัวการจราจรของการค้นหาเส้นทางซึ่งจะทำให้ผู้ให้บริการเครือข่ายประสบกับปัญหา แนวความคิดพิจารณาเป็นวิธีที่มีแนวโน้มเพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวถึงแต่วิธีการออกแบบกรอบการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการระบุตามเส้นทางในที่ตั้ง / ตัวบ่งชี้บริบทแยกยังคงเป็นปัญหาที่เกิดขึ้น. Identifier-Based เป็นระบบการกำหนดเส้นทาง ของ router ที่มีการนำเสนอโดยการการใช้หลักของการของการค้นหาเส้นทางแบบ Dynamic [2]

อีกทั้งยังมีปัญหาพื้นฐานหลายอย่างสำหรับการพัฒนาโดเมนระหว่างโปรโตคอล QoS เส้นทางในเครือข่ายแสงเราอธิบายวิธีการคำนวณได้รับการสนับสนุน QoS ใด ๆ ระหว่างสองโหนดและในโดเมนที่ต่างกัน [5] กล่าวถึงแล้ววิธีการเลือกเส้นทางระหว่างโดเมนสำหรับได้รับการขอเชื่อมต่อระหว่างโดเมนกับความต้องการ QoS เพื่อแก้ไขปัญหาและข้อจำกัดของการ routing ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน นำไปสู่ยุคใหม่ของ ยุค Future Internet โดยจะมีการนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา Routing แบ่งแยกเป็นหัวข้อหลัก จากการศึกษางานวิจัยจำนวน 5 งานวิจัยแบ่งแยกออกเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางการเปรียบเทียบข้อจำกัด ของ Paper

ลำดับ	ชื่อเรื่อง	ข้อดี	ข้อจำกัด
1.	FIRMS: A Mapping System for Future Internet Routing.	อธิบายแนวคิดใหม่ของการรักษาความปลอดภัยและประเมินความยืดหยุ่นของการค้นหาเส้นทางระบุเป็นหลักการออกแบบสำหรับเส้นทางสถาปัตยกรรมใหม่ที่ทำให้อินเทอร์เน็ตเส้นทางเพิ่มเติม สามารถปรับขนาดได้เพื่อค้นหาตำแหน่งของโฮสต์	มีการอ้างอิงผลการทดลองจากpaperอื่นไว้ในสรุป แต่ในpaperนี้ไม่มีการแสดงข้อมูลของการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ
2.	A Framework for Identifier-Based Routing for Future Internet	มีการนำเสนอกรอบหลักการการกำหนดเส้นทางสำหรับอินเทอร์เน็ตในอนาคต รวมทั้งรูปแบบการออกแบบของส่วนประกอบหลักประการที่สามที่เรานำวิธีการบางอย่างเพื่อเพิ่มการรักษาความปลอดภัยและปรับปรุงประสิทธิภาพการ Routing	ความยืดหยุดของการค้นหาเส้นทางและรูปแบบการจราจรแบบไดนามิค.
3.	Parameterised Gradient Based Routing (PGBR) for Future Internet	ได้นำเสนอ PGBR เส้นทางขั้นตอนวิธีการซึ่งเป็นลาดกระจายตามเส้นทางโปรโตคอล เทคนิคการค้นพบเส้นทาง PGBR	ไม่ได้กล่าวถึงความหน้าชื่อถือทางด้านการแก้ปัญหาการ Delay ของการ Routing

ตารางที่ 1 **ตารางการเปรียบเทียบข้อจำกัด ของ Paper (ต่อ)**

ลำดับ	ชื่อเรื่อง	ข้อดี	ข้อจำกัด
4.	Towards a Scalable Routing Architecture For Future Internet.	แสดงให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมที่นำมาเสนอมีความยืดหยุ่นที่มากและความน่าเชื่อถือกว่าอินเทอร์เน็ตในปัจจุบัน	-
5.	Hierarchical QoS Routing in Next Generation Optical Networks	กล่าวถึง มาตรฐาน QoS ใน hierarchical optical ของการขอเชื่อมต่อและการค้นหาเส้นทางในลักษณะการแปลงความยาวคลื่นสัญญาณรวมทั้งการวิเคราะห์อย่างเป็นทางการและการทดลองแบบจำลองของเราแสดงให้เห็นว่าการกำหนดเส้นทางโปรโตคอลของเรามีประสิทธิภาพดีกว่าที่มีอยู่โปรโตคอลและเป็นสัญญาสำหรับรุ่นต่อไปออปติคอลเครือข่ายรวมถึงการกล่าวถึงสุตรการคำนวน	-

ตารางที่ 2 **ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยเกี่ยวกับ Routing Future Internet**

ชื่องานวิจัย	Paper1	Paper 2	Paper 3	Paper 4	Paper 5
1. แนวทางด้านการรักษาความปลอดภัย	✓	✓	-	-	-
2 การเพิ่มประสิทธิภาพของการ Routing	✓	✓	✓	-	✓
3. การเสนอแนวทางด้าน Architecture	✓	✓	✓	✓	-
4.การ นำเสนอมีความยืดหยุ่นของการ Routing	✓	-	✓	✓	-

ในการแก้ไขปัญหานำเสนอขั้นตอนวิธีการ PGBR เส้นทางซึ่งเป็นลาดกระ-จายตามเส้นทางโปรโตคอลเทคนิคการค้นพบเส้นทางPGBRเส้นทางโดย traversing ผ่านทางเครือข่ายโดย hop - hop จนกว่าจะถึงปลายทาง เขตข้อมูลความลาดชันของสารเคมีที่ผลิตในเครือข่ายจะขึ้นอยู่กับโหนดในท้องถิ่นเพื่อการปฏิสัมพันธ์ของโหนดที่การเปลี่ยนแปลงแบบไดนามิคเป็นภาระในการเปลี่ยนแปลงเครือข่ายขึ้นอยู่กับโหลดในเครือข่ายของการค้นพบเส้นทางที่จะหลีกเลี่ยงส่วนของเครือข่ายที่ความแออัดสูงและผ่านเส้นทางที่แออัดเบาของเครือข่ายที่นำไปสู่การเป็นเครือข่ายที่สมดุลที่ดีในเวลาเดียวกัน,ขั้นตอนวิธีการ PGBR เส้นทางนี้ยังเหมาะมากสำหรับอินเทอร์เน็ตในอนาคตควรเป็นสถาปัตยกรรมที่จะต้องใช้กลไกการกำหนดเส้นทางแบบไดนามิคสูงเพื่อสนับสนุนการบริการหลากหลายประเภทเช่นเดียวกับรูปแบบการจราจรแบบไดนามิคความยืดหยุ่นในพารามิเตอร์เลือกยังสามารถช่วยให้แต่ละเส้นทางที่จะค้นพบเกี่ยวกับการระบุความต้องการบริการ QoS การจำลองการทำงานนอกจากนี้ยังมีการนำเสนอเพื่อแสดงให้เห็นประโยชน์ของขั้นตอนวิธีการ PGBR มากกว่ามดกระจายขั้นตอนวิธีการกำหนดเส้นทางเช่นเดียวกับขั้นตอนวิธีเส้นทางที่สั้นที่สุด แบบจำลองที่มีการแสดงวิธีการ PGBRมีประสิทธิภาพดีกว่าเทคนิคอื่น ๆ สำหรับการกำหนดเส้นทางสี่ขนาดโครงสร้างแตกต่างกันและโหลดเครือข่ายที่แตกต่างกัน การทำงานการจำลองยังได้รับการดำเนินการเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันของขั้นตอนวิธีการ PGBR เส้นทางและวิธีการนี้มีผลต่อขนาดโครงสร้างที่แตกต่างกันและโหลดในเครือข่าย[5][3] .

แนวโน้มงานวิจัยในยุคอินเตอร์เน็ตในอนาคตจะมุ่งเน้นไปในทิศทางการแก้ไขข้อจำกัดด้านความแออัดของการจราจรของเครือข่าย เพื่อการค้นหาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพ.

IV. สรุปผล

QoS เป็นตัวกำหนดชุดของคุณสมบัติของประสิทธิภาพของการติดต่อ หรือเรียกว่าเป็นการส่งข้อมูลในเครือข่ายโดยรับประกันว่าการส่งข้อมูลจะเป็นไปตามคุณภาพหรือเงื่อนไขที่ต้องการ เช่น ดีเลย์ แบนด์วิดธ์ การเปลี่ยนแปลงของดีเลย์ (jitter) อัตราการสูญหายของข้อมูล (loss) หลักการทั่วไปของ QoS Routing จึงเป็นการตรวจวัดและควบคุมการไหลของข้อมูลให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิธีการพื้นฐานของ QoS มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ Reservation และ Prioritization Reservation หลักการคือการรับประกันด้วยวิธีจองทรัพยากรของเครือข่าย ก่อนที่จะเริ่มส่งข้อมูล ทรัพยากรที่จำเป็นต้องจองก็คือ บัฟเฟอร์ , แบนด์วิดธ์ และ ดีเลย์ ในส่วนของการคำนวณนั้นจะเน้นไปที่การหาขนาดของบัฟเฟอร์และแบนด์วิดธ์ที่เหมาะสมที่จะรักษาดีเลย์ระหว่างต้นทางไปยังปลายทางไม่ให้เกินที่กำหนด ในแต่ละ hop สามารถแยกดีเลย์ออกมาได้ 4 ส่วน คือ Queueing Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากการรอคิวส่ง สำหรับในเราท์เตอร์นั้น คือช่วงเวลาที่ข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำสามารถเก็บได้มากหรือน้อยขึ้นกับการจัดคิว และขนาดของคิว ถ้าคิวขนาดใหญ่จะมีโอกาสที่หน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้มากทำให้ค่าเฉลี่ยของดีเลย์สูง ถ้าคิวสั้นค่าเฉลี่ยของดีเลย์จะน้อยกว่าแต่ทำให้อัตราการสูญเสียมีมากขึ้นเนื่องจากแพ็คเกตถูกละทิ้งจากระบบ

Processing Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากการประมวลผลของเราท์เตอร์ เช่น การ lookup routing table การ load/transfer memory การติดต่อ I/O ระหว่างซีพียู กับ network interfaceTransmission Delay คือดีเลย์ที่เกิดจากอัตราการส่งข้อมูล ค่านี้จะมีความสัมพันธ์กับแบนด์วิดธ์ ถ้าแบนด์วิดธ์กว้างดีเลย์จะน้อย

Propagation Delay คือดีเลย์ของสื่อที่ใช้ส่งข้อมูล เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสื่อนั้น ๆปัจจุบันมีเฟรมเวิร์กที่ใช้หลักการของ Reservation ในเครือข่าย

อินเทอร์เน็ตเรียกว่า Integrated Services ซึ่งใช้ Resource Reservation Protocol (RSVP) ในการจองทรัพยากรเครือข่าย เส้นทางของการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจะไม่แตกต่างจากการส่งข้อมูลแบบ Best Effort แต่ Integrated Services สามารถรับประกันได้ว่าดีเลย์ในการส่งจากต้นทางไปถึงปลายทางจะไม่เกินค่า ๆ หนึ่งแน่นอน ยกเว้นกรณีที่เส้นทางมีการเปลี่ยนแปลง ปัญหาใหญ่ของ Integrated Services คือ Scalability เพราะเครือข่ายต้องแบ่งทรัพยากรบางส่วนไปใช้กับ QoS Routing โดยเฉพาะถ้าใช้งาน QoS Routing มากทรัพยากรจะหมดไป นอกจากนี้ การจองทรัพยากรด้วย RSVP ไม่ได้กระทำอย่างถาวร จึงต้องมีการส่งแพ็คเกตของ RSVP ไปยังเราท์เตอร์เพื่อรีเฟรชการจองทรัพยากรตลอดเวลา จึงมี processing overhead สูง ปกติแล้ว Integrated Services จึงจำกัดให้ใช้งานเฉพาะใน Autonomous System (AS) เดียวกันเท่านั้น

Prioritization เป็นการจัดลำดับความสำคัญ คือข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะได้รับการส่งก่อน หรือให้การเซอร์วิสก่อน การเลือกระดับความสำคัญจะเป็นไปตามชนิดของข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งการส่งข้อมูลที่ต้องการดีเลย์น้อย ๆ จะมีระดับความสำคัญสูง ข้อดีของวิธีการนี้คือ ไม่ต้องมีการจองทรัพยากรของเครือข่าย จึงสามารถใช้งานได้ในวงกว้าง บางครั้งการทำงานแบบ Prioritization จะเรียกว่าเป็น Class-of-Service Routing (CoS Routing) เพราะแพ็คเกตจะถูกแบ่งออกเป็นคลาส หรือระดับความสำคัญ ข้อมูลในคลาสเดียวกันจะมีความสำคัญเท่ากัน ใช้ทรัพยากรทั้งหมดร่วมกัน ซึ่งเป็นข้อเสีย เนื่องจากวิธีนี้ไม่สามารถรับประกันได้แน่นอนว่าการจัดส่งจะเป็นไปตามเงื่อนไข Queueing Discipline

Priority Queueing เป็นรูปแบบหนึ่งที่ปรับเปลี่ยนมาจาก FIFO คือ เราเตอร์จะสามารถเลือกแพ็คเกตได้จากคิวหลายคิว และ จะมีการกำหนดความสำคัญให้กับแต่ละคิว ซึ่งจะแตกต่างกันไป เราเตอร์จะส่งแพ็คเกตโดยเลือกจากคิวที่มีความสำคัญมากที่สุดเป็นอันดับแรก จากนั้นจะเลือกคิวที่มีความสำคัญรองลงไปตามลำดับ และในแต่ละคิวจะมีการจัดการกับแพ็คเกตในคิวนั้นแบบ FIFO

V. REFERENCES

[1] Chao Peng, Hong Shen, "A Localized Algorithm for Minimum-Energy Broadcasting Problem in MANET", Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science 3795,December, 2005.

[2] Chao Peng, Hong Shen, "An Improved Approximation Algorithm for ComputingDisjoint QoS Paths", to appear in the 5th IEEE International Conference onNetworking (ICN'06), April 21-26, 2006, Mauritius.

[3] Chao Peng, Hong Shen, "Fault Tolerant QoS Routing for Sensor Networks", submitted to the Fifth International Conference on Information Processing in Sensor Networks(IPSN 2006).

[4] Chao Peng, Hong Shen, "New Algorithms For Fault-Tolerant QoS Routing",submitted to the International Conference on Dependable Systems and Networks(DSN-2006).

[5] Chao Peng, Hong Shen, "Discrete Broadcasting Protocol for Video-on-Demand", submitted to IEICE.

[6] Chao Peng, Hong Shen, "Improved Approximation Algorithms for 2-Disjoint Restricted Shortest Path Problem", submitted to Operation Research Letters.7. Chao Peng, Hong Shen, "Approximation Algorithms for Minimum Spanning Treeswith Inner Nodes Cost Problem", submitted to Networks.

[7] Michael Menth, Matthias Hartmann, and Michael Höfling,"Mapping System for Future Internet Routing", University of Würzburg, Institute of Computer Science Germany ,page(s) : 1326 - 1331, October 2010.

[8] Jie Hou , Yaping Liu , Zhenghu Gong ,"A Framework for Identifier-Based Routing for Future Internet",China ,page(s): 579 – 584,2009.

[9] Sasitharan Balasubramaniam, Dmitri Botvich, Julien Mineraud, William Donnelly Balasubramaniam, S., Botvich, D., Mineraud, J., Donnelly, W.,"Parameterised Gradient Based Routing (PGBR) for Future Internet" Ireland, Page(s): 58 – 65,2009.

[10] Huaming Guo, Shuai Gao, Hongke Zhang ,"Towards a Scalable Routing Architecture For Future Internet" China, Page(s): 261 – 265 ,2009.

[11] Ronghui Hou, King-Shan Lui, Fred Baker, and Jiandong Li ,"Hierarchical QoS Routing in Next Generation Optical Networks" , China, page(s): 2129 – 2138, Aug.1, 2010.