บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผล

ขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ เป็นขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาของเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์ ได้แก่ ปัญหาที่แพ็กเก็ตมีการจัดเรียงตัวใหม่ซึ่งผิดลำดับ ทำให้มีผลกระทบต่อการจราจรที่เป็นทีซีพี ซึ่งเป็นการจรสจรส่วนใหญ่ของอินเทอร์เน็ต มีผลทำให้ประสิทธิผลของระบบต่ำลง มีค่าหน่วงที่สูง และปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่เกิดขึ้นกับเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์ คือปัญหาการจัดค่าคอนฟิกูเรชันใหม่ทุกสล็อทเวลา ทำให้ระบบนั้นไม่มีความน่าเชื่อถือในการที่จะพัฒนาให้เป็นเราเตอร์ความเร็วสูง ประสิทธิภาพสูงซึ่งขั้นตอนวิธีนี้สามารถที่จะแก้ปัญหาทั้งสองนั้นได้ ขั้นตอนวิธีนี้ได้พัฒนามาจาก FFF ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาของเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์เช่นเดียวกัน แต่พบว่ามีปัญหาสำคัญบางอย่าง เช่นปัญหาที่มีการสะสมของแพ็กเก็ตที่ผิดลำดับถ้าหากมีบางแพ็กเก็ตสูญหายไป ปัญหาจากการที่แพ็กเก็ตไม่เต็มเฟรมไม่ได้รับบริการ และปัญหาการจัดค่าคอนฟิกูเรชันใหม่ของสวิทช์แฟบริค เนื่องจากสวิทช์แฟบริคของ FFF ใช้สวิทช์แบบครอสบาร์ อย่างไรก็ตามกลไกของขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ สามารถแก้ปัญหาเหล่านั้นได้ การประสิทธิภาพการทำงานของขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ทราบถึงความสามารถและขีดจำกัดในการทำงาน จึงต้องทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเราเตอร์ในอุดมคติ ซึ่งเป็นเราเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งคาดหวังให้ขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความสามารถดังเช่นเราเตอร์ในอุดมคติ และถึงแม้ว่าจะไม่มีความสามารถเช่นนั้น แต่ก็น่าที่จะมีความสามารถที่ไม่ห่างไกลกันมากนัก จากผลการวิเคราะห์พบว่า ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ มีค่าหน่วงเฉลี่ยไม่เกินค่าหน่วงเฉลี่ยของสวิทช์คิวเอาท์พุทรวมกับค่าคงที่ และขั้นตอนวิธีนี้สามารถรับประกันค่าประสิทธิผล 100 % จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวบ่งบอกถึงว่าขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิตินี้ สามารถรับประกันประสิทธิภาพซึ่งพบว่ามีความสามารถใกล้เคียงกับเราเตอร์ในอุดมคติ

จากการที่ขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติพัฒนามาจากขั้นตอนวิธี FFF จึงได้มีการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างขั้นตอนวิธีทั้ง 2 โดยใช้วิธีการจำลองแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคิว ค่าหน่วงเฉลี่ย และค่าประสิทธิผล ซึ่งการจำลองทุกครั้งนั้นให้ผลการเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงกันทุกครั้ง สามารถสรุปได้ดังนี้

จากการทดลองที่ 1 พบว่าเมื่อโหลดแฟคเตอร์ต่ำกว่า 0.8 ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติมีค่าเฉลี่ยของคิวใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคิวของ FFF และพบว่าเมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่าสูงกว่า 0.8 ค่าเฉลี่ย

ของคิวจะมีค่าสูงขึ้นตามและค่าเฉลี่ยของคิวต่างกันเล็กน้อย เมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่าประมาณ 0.99 ค่าเฉลี่ยของคิวของ ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติจะมีค่าสูงถึง 75 แพ็กเก็ต และสำหรับ FFF มีค่าเป็น 50 แพ็กเก็ต อย่างไรก็ตามทั้งสองขั้นตอนวิธีมีค่าเฉลี่ยของคิวที่ต่ำ

จากการทดลองที่ 2 พบว่าค่าหน่วงเฉลี่ยของทั้งสองขั้นตอนวิธี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่าเมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่าสูงขึ้นค่าหน่วงเฉลี่ยจะมีค่าสูงขึ้นตาม โดยเฉพาะเมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่ามากกว่า 0.8 ค่าหน่วงเฉลี่ยจะมีอัตราเพิ่มมากขึ้น เมื่อโหลดแฟคเตอร์มีค่าประมาณ 0.99 ค่าหน่วงเฉลี่ยของ ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ เป็น 150 สล็อทเวลา ส่วน FFF มีค่าหน่วงเฉลี่ยเป็น 100 สล็อทเวลา อย่างไรก็ตามทั้งสองขั้นตอนวิธีมีค่าหน่วงเฉลี่ยที่ไม่สูงมากเมื่อโหลดแฟคเตอร์เข้าใกล้ 1 พบว่าค่าหน่วงเฉลี่ยของ ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติเป็นไปตามทฤษฎี 1 และ 2 นั่นคือ ค่าหน่วงเฉลี่ยของ ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ อยู่ภายในขอบเขต

จากการทดลองที่ 3 พบว่าค่าหน่วงเฉลี่ยของ ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ เปรียบเทียบกับโหลดแฟคเตอร์ที่ขนาดแพ็กเก็ตต่าง ๆ การทดลองนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วงเฉลี่ยกับค่าโหลดแฟคเตอร์ของแพ็กเก็ตขนาดต่างๆ จากการทดลองพบว่ายิ่งแพ็กเก็ตมีขนาดมากขึ้น ค่าหน่วงเฉลี่ยจะยิ่งมากขึ้น ดังนั้นจากการทดลองนี้พบว่าขนาดแพ็กเก็ตที่เหมาะสมคือ 512 ไบต์ เนื่องจากมีค่าหน่วงต่ำที่สุด

จากการทดลองที่ 4 พบว่าค่าประสิทธิผลของขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นพบว่าไม่ต่างจาก FFF และทั้ง 2 ขั้นตอนวิธีมีค่าประสิทธิผล 100 % ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิผลของ ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ เป็น 100 % ตามทฤษฎีที่ 3

สรุปผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการมาทั้งหมดได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาในเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์ การรับประกันประสิทธิภาพ และจากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ FFF พบว่าขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ น่าจะเป็นขั้นตอนวิธีที่ดีกว่า FFF ในการนำมาใช้กับเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์

2. บทสรุปของขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้น

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติเป็นขั้นตอนวิธีที่พัฒนามาจากขั้นตอนวิธี FFF ที่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดกับเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์และสามารถรับประกันประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันได้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับขั้นตอนวิธี FFF

2.1 ข้อดีของขั้นตอนวิธี ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ

(1) ขั้นตอนวิธีนี้สามารถป้องกันการจัดเรียงตัวใหม่ของแพ็กเก็ตในเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์และให้ค่าประสิทธิผลที่สูงและรับประกันค่าหน่วง

(2) แก้ปัญหาการจัดค่าคอนฟิกูเรชันของสวิทช์แฟบริคทุกสล็อทเวลา ดังที่เกิดขึ้นในเราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์ และใน FFF

(3) ป้องกันการสะสมแพ็กเก็ตที่ผิดลำดับในบัฟเฟอร์ถ้าหากมีแพ็กเก็ตสูญหายไปดังที่เกิดขึ้นใน FFF เนื่องจาก ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ ส่งเฉพาะเฟรมที่เต็มเท่านั้น

(4) ป้องกันการที่แพ็กเก็ตไม่เต็มเฟรมอาจไม่ได้รับการส่งดังที่เกิดใน FFF เนื่องจาก ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ ส่งเฉพาะเฟรมที่เต็มเท่านั้น

(5) แต่ละไลน์คาร์ดทำงานแบบอิสระต่อกัน กล่าวคือไม่จำเป็นต้องทราบข้อมูลซึ่งกันและกัน

2.2 ข้อเสีย

ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติ มีข้อเสียบางประการดังนี้

(1) ค่าหน่วงที่เพิ่มขึ้นถ้าต้องเติมแพ็กเก็ตว่างตลอดเวลา แต่ถ้าแพ็กเก็ตมีการเข้ามาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลากรณีนี้จะไม่เกิดขึ้น

(2) การใช้เมชแฟบริคจำนวน N^2 เส้นเป็นจำนวน 2 ชุด ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสวิทช์แบบครอสบาร์ อย่างไรก็ตามสามารถที่จะลดค่าใช้จ่ายลงถ้าลดรูปเมช 2 ขั้นตอนให้เหลือเพียงขั้นตอนเดียว

(3) ASF-RR ร่วมกับคิว 3 มิติใช้บัฟเฟอร์ภายในจำนวน N^3 ชุด ขณะที่สวิทช์ขั้นตอนเดียวใช้คิวเอาท์พุทเสมือนจำนวน N^2 ชุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการในการจัดการบัฟเฟอร์ที่ซับซ้อนขึ้น นอกจากนี้ยังใช้บัฟเฟอร์สำหรับรวมตัวกัน เป็นการเพิ่มต้นทุน

3. ข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนวิธีนี้มีสถาปัตยกรรมที่ประกอบไปด้วยเมชแฟบริค 2 ขั้นตอน (นำมาใช้แทนสวิชท์แบบครอสบาร์ 2 ชุด) คิวเอาท์พุทเสมือน1 คิวเอาท์พุทเสมือน2 (มีโครงสร้างเป็นคิว 3 มิติ) และบัฟเฟอร์สำหรับการรวมตัวของแพ็กเก็ตก่อนออกจากเราเตอร์ แพ็กเก็ตที่นำมาใช้ในระบบจะมีขนาดคงที่ ขั้นตอนวิธีนี้จะทำงานกับเฟรมเต็ม แต่ถ้ามีแพ็กเก็ตไม่เต็มเฟรมจะมีการเติมแพ็กเก็ตว่างที่มีขนาดเดียวกันเข้าไปในเฟรม การศึกษาในขั้นต่อไปนั้นควรจะได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ แพ็กเก็ตที่มีขนาดไม่คงที่ การความน่าจะเป็นในการขัดขวางแพ็กเก็ต ปริมาณของบัฟเฟอร์ที่ใช้ในสวิทช์ ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีสำหรับการจราจรรูปแบบต่างๆ ตลอดจนศึกษาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพโดยพัฒนาวิธีการลดค่าหน่วงเฉลี่ยลง ลดความซับซ้อนของโครงสร้างบัฟเฟอร์ให้แก่เราเตอร์แบบถ่วงสมดุลย์ที่จะมีการนำมาใช้ในอนาคต