บทที่ 6

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดสอบ

ในบทที่ 5 เป็นผลการจำลองและการวิเคราะห์ จากผลการจำลองสามารถแยกออกได้เป็น 3 ส่วน หลักคือ

1. การจำลองการทำงานของโครงข่ายแบบต่างๆ
2. การปรับจุดเริ่มเปลี่ยน
3. การปรับพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อโพรโตคอล TCP

ในส่วนสรุปผลการทดสอบนี้จึงขอกล่าวสรุปแยกออกเป็น 3 ส่วน เพื่อให้การสรุปผลแยกออกเป็นหมวดหมู่

- **การจำลองการทำงานของโครงข่ายแบบต่างๆ**

อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตในแบบจำลอง Peer to Peer ในกรณีที่แหล่งกำเนิดเป็นแบบส่งข้อมูลต่อเนื่อง (persistent) และในกรณีที่แหล่งกำเนิดเป็นแบบเบิรสต์ (burst) และแบบส่งข้อมูลต่อเนื่อง สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพ TCP ให้ดีขึ้นโดยเฉพาะในกรณีที่แหล่งกำเนิดเป็นแบบส่งข้อมูลต่อเนื่อง ค่าประสิทธิภาพ TCP เป็น 92.63% ซึ่งสูงมาก แต่ในกรณีที่แหล่งกำเนิดเป็นแบบเบิรสต์และแบบส่งข้อมูลต่อเนื่องสามารถที่จะปรับปรุงความเท่าเทียมกัน (fairness) ให้ดีขึ้นมาก ส่วนในโครงข่ายแบบ WAN อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของ TCP ได้เพราะกลไกภายในโพรโตคอล TCP แต่อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตก็ยังสามารถปรับปรุงค่าความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูลให้ดีขึ้น ส่วนอัลกอริทึม EPD มีการทิ้งเซลล์แบบสุ่มจึงทำให้ค่าประสิทธิภาพ TCP ต่ำกว่าอัลกอริทึม EPD อื่นๆ แต่ในการทดสอบนี้อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting มีการเกิดแพ็กเกจไม่สมบูรณ์ขึ้นในโครข่ายมากกว่าอัลกอริทึมอื่นจึงทำให้ประสิทธิภาพของ TCP ลดลงกว่าอัลกอริทึม EPD

ในแบบจำลอง Parking Lot แหล่งกำเนิดที่ใกล้ปลายทางมากที่สุด จะมีการสูญเสียแพ็กเกจมากที่สุด เพราะโพรโตคอล TCP สามารถตรวจจับแพ็กเกจที่สูญเสียได้รวดเร็วกว่าแหล่งกำเนิดอื่น ในโครงข่ายแบบ LAN อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตและอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting สามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP ได้ทั้งในกรณีของวิสัยสามารถและความเท่าเทียมกัน โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดที่ใกล้ปลายทางมากที่สุด ซึ่งทั้งสองอัลกอริทึมสามารถทำให้ส่งข้อมูลได้มากขึ้น ซึ่งอัลกอริทึมทั้ง 2 นี้เป็นอัลกอริทึมที่ปรับปรุงจากอัลกอริทึม EPD แต่ในโครงข่ายแบบ WAN อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-

VC accounting และอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตไม่สามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP เพราะความล่าช้าในการตรวจจับแพ็กเกจสูญเสียและส่งแพ็กเกจที่สูญเสียใหม่ ส่วนผลการจำลองของแบบจำลอง Parking Lot ที่มีแหล่งกำเนิดเป็นแบบส่งต่อเนื่องตลอดเวลาและแบบเบิรสต์ อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตก็สามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP ได้ทั้งวิสัยสามารถและความเท่าเทียมกัน โดยเฉพาะความเท่าเทียมกันมีค่าเข้าใกล้ 1 มากแสดงว่าแต่ละแหล่งกำเนิดมีความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล

ในแบบจำลอง Chain ของโครงข่ายแบบ LAN แหล่งกำเนิดที่ 1 และ 2 เป็นแหล่งกำเนิดที่ค่าประวิงเวลามากที่สุดเนื่องจากข้อมูลต้องผ่านหลาย hop ทำให้ค่า Effective throughput น้อยกว่าแหล่งกำเนิดอื่นๆที่ผ่านเพียงหนึ่ง hop และด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้ค่าความเท่าเทียมกันลดลงด้วย อัลกอริทึมที่การนับจำนวนเซลล์ในสวิตช์ คือ อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting และอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัต จึงสามารถปรับปรุงความเท่าเทียมกันได้ โดยอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตยังคงเป็นอัลกอริทึมที่มีค่าความเท่าเทียมกันสูงสุดจนเกือบเป็น 1 ซึ่งหมายความว่าทุกแหล่งกำเนิดมีความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล ถึงแม้ว่าแหล่งกำเนิดนั้นมีค่าประวิงเวลามากกว่าแหล่งกำเนิดอื่น แต่ในโครงข่ายแบบ WAN อัลกอริทึมที่มีการนับจำนวนเซลล์ในสวิตช์และทิ้งเซลล์ออกไปเมื่อจำนวนเซลล์ของ VC นั้นมากกว่าระดับ fair share ก็ไม่สามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP ได้มากนักทั้งในกรณีวิสัยสามารถและความเท่าเทียมกัน ส่วนในกรณีที่แหล่งกำเนิดเป็นแบบส่งข้อมูลต่อเนื่องตลอดและแบบเบิรสต์ อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของ TCP เทียบกับอัลกอริทึม EPD และอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting ได้ถึง 26.56% และ 22.57% ตามลำดับ ส่วนค่าความเท่าเทียมกันอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตก็ยังมีค่าเป็น 0.9847 ซึ่งเข้าใกล้ 1

- **การปรับจุดเริ่มเปลี่ยน**

การปรับจุดเริ่มเปลี่ยนของอัลกอริทึมจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพ TCP หรือวิสัยสามารถเพิ่มขึ้นเพราะมีการใช้บัฟเฟอร์อย่างมีประสิทธิภาพ จากการปรับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงและต่ำของอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตสามารถสรุปการตั้งขนาดจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำและสูงให้อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตดังนี้ ขั้นแรกจะต้องเลือกจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงก่อนโดยเลือกจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาความไม่สมบูรณ์ของแพ็กเกจ TCP ขึ้นในโครงข่าย จากนั้นก็ทำการเลือกระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำ ถ้าจุดเริ่มเปลี่ยนต่ำแตกต่างจากระดับของจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงมากก็จะทำให้ค่าความเท่าเทียมกันเพิ่มขึ้น โดยจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงจะมีผลต่อวิสัยสามารถและประสิทธิภาพ TCP และจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำจะมีผลต่อความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูล ซึ่งจากผลการจำลองในวิทยานิพนธ์นี้พบว่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงและจุดเริ่มเปลี่ยนด้านต่ำมีค่าเป็น 1600 และ 1000 เซลล์ตามลำดับจะทำให้ประสิทธิภาพของ TCP และความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูลสูงสุด

- **การปรับพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อโพรโตคอล TCP**

พารามิเตอร์ที่มีผลต่อโพรโตคอล TCP ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วย มีดังนี้ จำนวนแหล่งกำเนิด, ขนาด MTU, ค่า Retransmission Time Out, และการใช้ Fast Retransmission

ผลการเปลี่ยนจำนวนแหล่งกำเนิด หรือ TCP connections ถ้าจำนวน TCP connections มากขึ้นก็จะทำให้วิสัยสามารถและความเท่าเทียมกันลดลง แต่อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตค่าความเท่าเทียมกันจะคงที่ไม่ขึ้นกับจำนวน TCP connections นอกจากนี้จำนวน TCP connections ยังจะมีผลกระทบกับขนาดบัฟเฟอร์และระดับจุดเริ่มเปลี่ยน โดยขนาดบัฟเฟอร์ที่ทำให้ค่าความเท่าเทียมกันลดลงแสดงในสมการที่ (5.1) ฉะนั้นในโครงข่ายจะต้องมีขนาดบัฟเฟอร์ดังในสมการที่ (5.1) เป็นอย่างต่ำที่สุด ถ้าขนาดบัฟเฟอร์มากกว่าที่คำนวณได้ในสมการที่ (5.1) ก็จะทำให้ค่าความเท่าเทียมกันดีขึ้นไปด้วย

ระดับจุดเริ่มเปลี่ยนเป็นผลกระทบอันหนึ่งของจำนวน TCP connections ซึ่งระดับจุดเริ่มเปลี่ยนที่ทำให้ไม่เกิดแพ็กเกจสูญเสียขึ้นในโครงข่าย ดังแสดงในสมการที่ (5.2) ดังนั้นถ้าเราไม่ต้องการให้มีการสูญเสียขึ้นในโครงข่ายจะต้องมีการตั้งค่าระดับจุดเริ่มเปลี่ยนให้เท่ากับสมการที่ (5.2)

การปรับขนาด MTU ในโพรโตคอล TCP จะมีผลทำให้วิสัยสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลง ถ้าขนาด MTU ต่ำก็มีผลทำให้วิสัยสามารถและประสิทธิภาพของ TCP ต่ำด้วยเพราะว่ามีการใช้แบนด์วิดท์ของโครงข่ายต่ำ และถ้าขนาด MTU มากก็มีผลทำให้วิสัยสามารถและประสิทธิภาพของ TCP สูงขึ้นเพราะเมื่อสวิตช์มีการทิ้งแพ็กเกจออกจากสวิตช์ถ้าขนาด MTU มากก็จะทำให้จำนวนเซลล์ต่อหนึ่งแพ็กเกจมากด้วยทำให้เมื่อสวิตช์ทำการทิ้งเซลล์ออกไปสวิตช์จะทำการทิ้งแพ็กเกจออกไปเป็นจำนวนน้อยกว่าก็เพียงพอที่จะทำให้ความยาวคิวลดลงต่ำกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน จึงทำให้เมื่อขนาด MTU มากมีผลทำให้มีการใช้แบนด์วิดท์ของโครงข่ายมีประสิทธิภาพมากกว่า

ในส่วนการเปลี่ยนค่า Retransmission Time Out (RTO) เมื่อค่า RTO มากจะทำให้วิสัยสามารถ, ประสิทธิภาพของ TCP และความเท่าเทียมกันลดลง เพราะเมื่อสวิตช์ทำการทิ้งเซลล์ออกไปปลายทางจะตรวจจับแพ็กเกจที่ถูกทิ้งออกไปโดยจะต้องรอให้หมดเวลา (time out) ก่อนซึ่งถ้าตั้งค่า RTO ไว้มากก็จะทำให้ปลายทางตรวจจับแพ็กเกจที่สูญเสียได้ช้า ดังนั้นจึงทำให้โครงข่ายมีช่วงเวลาที่ไม่ส่งข้อมูลมาก การใช้แบนด์วิดท์ของโครงข่ายจึงต่ำมาก แต่อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตทำให้ค่าความเท่าเทียมกันลดลงไม่มากเมื่อเทียบกับอัลกอริทึม EPD และอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting เพราะมีการนับจำนวนเซลล์ที่อยู่ในบัฟเฟอร์เมื่อโครงข่ายเกิดความคับคั่งสวิตช์จะเลือกทิ้งเซลล์ของแหล่งกำเนิดที่มีการใช้บัฟเฟอร์สูง

สุดท้ายเป็นการใช้กลไก Fast retransmission และ recovery ของโพรโตคอล TCP ซึ่งเมื่อมีการใช้กลไก Fast retransmission และ recovery ทำให้ต้นทางสามารถตรวจจับแพ็กเกจสูญเสียไปได้รวดเร็วกว่าโดย

ต้นทางได้รับ duplicate ACK 3 ครั้ง ต้นทางก็จะรู้ว่ามีแพ็กเกจสูญหายเกิดขึ้นและทำการส่งแพ็กเกจที่สูญหายไปใหม่อีกครั้ง ดังนั้นจึงทำให้สามารถปรับปรุงวิสัยสามารถได้. ส่วนการใช้กลไก Fast retransmission และ recovery ค่าความเท่าเทียมกันมีค่าเท่ากับไม่ใช้กลไก Fast retransmission และ recovery โดยอัลกอริทึม EPD, อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting และอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของ TCP เทียบกับเมื่อโพรโตคอล TCP ใช้เพียงแค่กลไก slow start และ congestion avoidance เท่านั้น 7.76%, 9.39% และ 2.75%

ในการออกแบบโครงข่ายที่ใช้กับการบริการแบบ UBR จะต้องเลือกค่าต่างๆในสวิตช์และระบบปลายทางที่เหมาะสม เช่น ขนาดบัฟเฟอร์, จุดเริ่มเปลี่ยน, กลไก Fast retransmission และ recovery เป็นต้น ซึ่งจะทำให้โครงข่ายและโพรโตคอล TCP มีประสิทธิภาพ, ค่าวิสัยสามารถ และความเท่าเทียมกันในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น แต่ในทางปฏิบัติบางครั้งบางพารามิเตอร์ไม่สามารถเลือกได้ เช่น ขนาดบัฟเฟอร์ที่จำกัด ดังนั้นเราจะต้องปรับค่าพารามิเตอร์อื่นให้เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพต่ำมากเกินไป

6.2 ข้อดีข้อเสียของการใช้อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัต บนการบริการ UBR

จากหัวข้อที่ผ่านมาเป็นการสรุปผลทั้งหมดของวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งเราสามารถสรุปข้อดีข้อเสียของการใช้อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตในการปรับปรุงวิสัยสามารถและความเท่าเทียมกันของโพรโตคอล TCP ได้ดังนี้

ข้อดี

1. สามารถปรับปรุงสมรรถนะของ TCP ทั้งในกรณีวิสัยสามารถและความเท่าเทียมกันได้ เนื่องมาจากอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตมีจัดสรรแบนด์วิดท์ที่ไม่ใช้งานไปให้แหล่งกำเนิดที่มีการใช้งานสูง และมีการนับจำนวนเซลล์ในบัฟเฟอร์เพื่อจะทำการทิ้งเซลล์ของแหล่งกำเนิดที่มีการใช้งานมากกว่าระดับ fair share เมื่อโครงข่ายเกิดความคับคั่ง

2. มีใช้แบนด์วิดท์ของโครงข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ ในโครงข่ายที่มีความซับซ้อน เช่น โครงข่ายแบบ Parking Lot และ Chain

3. ลดการเกิดปัญหาแพ็กเกจไม่สมบูรณ์ในแพ็กเกจของ TCP ภายในสวิตช์ ขณะโครงข่ายเกิดความคับคั่ง ซึ่งจะต้องตั้งระดับของจุดเริ่มเปลี่ยนด้านสูงให้เหมาะสม

4. อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตมีความซับซ้อนที่น้อยกว่าอัลกอริทึมอื่นในการบริการแบบ ABR

ข้อเสีย

1. อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตมีความซับซ้อนมากกว่าอัลกอริทึม EPD และอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting

2. อัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตมีเซลล์สูญเสียมากกว่าอัลกอริทึม EPD และอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิค per-VC accounting เพราะมีการทิ้งเซลล์ของแหล่งกำเนิดที่มีการใช้แบนด์วิดท์มากกว่าระดับ fair share เป็นจำนวนมากเมื่อโครงข่ายเกิดความคับคั่ง

3. ในอัลกอริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตและเมื่อใช้ระบบที่ปลายทางและต้นทางมีการตรวจจับแพ็กเกจสูญเสียช้า จะทำให้ประสิทธิภาพของ TCP ลดลง

6.3 ข้อเสนอแนะ

ในโครงข่ายแบบ WAN เมื่อใช้อัลริทึม EPD ที่ใช้เทคนิคจุดเริ่มเปลี่ยนพลวัตจะพบว่าประสิทธิภาพและวิสัยสามารถของ TCP ต่ำกว่าอัลกอริทึม EPD เพราะมีในโครงข่ายแบบ WAN มีค่าการประวิงเวลาสูง ทำให้โพรโตคอล TCP ที่ทางด้านรับและด้านส่งมีการตรวจจับแพ็กเกจที่สูญเสียช้า ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นจะต้องมีการแก้ไขกลไกของโพรโตคอล TCP ให้มีการตรวจจับแพ็กเกจที่สูญเสียและส่งข้อมูลที่สูญเสียใหม่อย่างรวดเร็ว

จากผลการจำลองปรับพารามิเตอร์ต่างๆของโพรโตคอล TCP เพื่อศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ต่างๆต่อสมรรถนะของ TCP พารามิเตอร์หนึ่งที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะของ TCP คือ Maximum Transmission Unit (MTU) ซึ่งในวิทยานิพนธ์จะทำการปรับขนาด MTU ของทุกแหล่งกำเนิดเหมือนกันทั้งหมด แต่ในทางปฏิบัติบางครั้งอาจจะมีแหล่งกำเนิดที่มีขนาด MTU ของโพรโตคอล TCP ไม่เท่ากัน จากผลของขนาด MTU ต่างกันอาจจะมีผลกระทบต่อสมรรถนะของ TCP