บทที่ 4
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในตอนต้นของการวิจัยนี้ได้กล่าวสรุปถึงแนวความคิดในการควบคุมทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็ม ตั้งแต่วิธีการควบคุมทราฟฟิกแบบมีการรับรอง วิธีการควบคุมแบบบีอีซีเอ็นซึ่งมีการป้อนกลับด้วยข้อมูลภาวะปัจจุบันของระบบ และวิธีการควบคุมแบบบีพีซีเอ็นโดยใช้อัลกอริทึมอาร์แอลเอสซึ่งมีผู้นำเสนอในงานวิจัยที่ผ่านมา และต่อมาได้จำลองการทำงานด้วยการสร้างแบบจำลองโครงข่ายเอทีเอ็มเพื่อทดสอบสมรรถะของวิธีการควบคุมทราฟฟิกแบบต่างๆที่กล่าวมากับโครงข่ายเอทีเอ็มที่ศึกษาและตรวจสอบการทำงานของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงข้อด้อยของการควบคุมทราฟฟิกแบบเอบีอาร์ในโครงข่ายเอทีเอ็มด้วยการควบคุมทราฟฟิกแบบที่มีการป้อนกลับซึ่งได้แก่การควบคุมทราฟฟิกแบบบีอีซีเอ็นและแบบบีพีซีเอ็น กล่าวคือ เมื่อค่าการประวิงในการแพร่กระจายมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์ข้อมูลและการประวิงในการส่งข้อมูลจะมีค่าสูงขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าเมื่อการประวิงในการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้น สมรรถนะในการควบคุมปริมาณทราฟฟิกให้มีค่าเหมาะสมอยู่ใกล้เคียงค่าตัดสินใจในการควบคุม (Threshold) จะด้อยลง จึงส่งผลให้อัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์ข้อมูลและการประวิงในการส่งข้อมูลมีค่าสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะในการควบคุมทราฟฟิกระหว่างการควบคุมทราฟฟิกแบบบีอีซีเอ็นซึ่งป้อนค่ากลับไปยังส่วนควบคุมด้วยค่าจริงที่ได้จากระบบและการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นซึ่งป้อนค่ากลับไปยังส่วนควบคุมด้วยค่าที่ได้จากตัวทำนายค่า ผลจากการจำลองการทำงานในรูปที่ 2.16 ซึ่งแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความยาวคิวในเอทีเอ็มสวิตช์ที่เวลาใดๆ (Q_{sw}) แสดงให้เห็นว่าในระหว่างช่วงเวลา 5,000 – 8,000 หน่วยเวลา ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ทราฟฟิกมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าค่าตัดสินใจในการควบคุมในช่วงเวลาสั้นๆ ส่งผลให้การแกว่งตัวของค่าความยาวคิวในเอทีเอ็มสวิตช์ (ซึ่งเป็นปริมาณซึ่งถูกควบคุม) รอบๆ ค่าตัดสินใจมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณาผลการควบคุมทราฟฟิกในรูปดังกล่าวในเชิงเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นมีการแกว่งตัวของค่าความยาวคิวในเอทีเอ็มสวิตช์ในช่วงเวลา 5,000 – 8,000 หน่วยเวลา ลดลงกว่าการควบคุมทราฟฟิกแบบบีอีซีเอ็น แสดงให้เห็นว่าเราสามารถลดการแกว่งตัวของค่าความยาวคิวในเอทีเอ็มสวิตช์ซึ่งเป็นผลจากการประวิงในการแพร่กระจายได้โดยการใช้การควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเราสามารถควบคุมปริมาณทราฟฟิกให้อยู่ ณ ค่าตัดสินใจในการควบคุมได้ดีขึ้นในภาวะที่ปริมาณทราฟฟิกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อเราตั้งค่าตัดสินใจในการควบคุมที่ใกล้เคียงกับค่าแบนด์วิดท์สูงสุดของทราฟฟิกที่เป็นไปได้ในระบบ แบนด์วิดท์ของระบบก็จะถูกใช้ประโยชน์อย่างสูงสุดจากทราฟฟิกแบบเอบีอาร์ที่แทรกเข้าไปโดยที่มีการเสี่ยงต่อการสูญเสียเซลล์ข้อมูลน้อยลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการควบคุมทราฟฟิกที่มีสมรรถนะสูงขึ้นทำให้การแกว่งตัวของค่าความยาวคิวในเอทีเอ็มสวิตช์ซึ่งอาจมีค่าสูงขึ้นเกินกว่าแบนด์วิดท์สูงสุด

อันส่งผลให้เกิดการสูญเสียของข้อมูล มีค่าลดลงนั่นเอง ดังนั้นเราจึงสามารถทราบการใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์ในระบบได้โดยพิจารณาค่าอัตราส่วนการสูญเสียของทราฟฟิกในระบบด้วยเหตุผลที่กล่าวมา

ต่อมาได้นำเสนอแนวคิดในการประยุกต์นิวรอลเนตเวิร์กเพื่อใช้กับการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นโดยอาศัยคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้นของฟังก์ชันถ่ายโอนภายในนิวรอลเนตเวิร์กมาทำนายค่าทราฟฟิกเพื่อใช้ในการป้อนกลับ โดยได้ศึกษาในหัวต่างๆตามลำดับคือ ขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมในการนำนิวรอลเนตเวิร์กมาทำนายทราฟฟิกในระบบที่ศึกษาเพื่อให้นิวรอลเนตเวิร์กทำนายค่าทราฟฟิกได้ค่าความผิดพลาดต่ำที่สุดที่สามารถทำได้ สร้างนิวรอลเนตเวิร์กโดยใช้เงื่อนไขที่ได้จากการศึกษาดังกล่าวและจำลองผลการทำงานเพื่อศึกษาผลต่อการควบคุมทราฟฟิกในระบบเอทีเอ็มที่วิจัยต่อไป

ผลจากการวิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลโดยตรงต่อการทำนายค่าทราฟฟิกของนิวรอลเนตเวิร์กที่มีฟังก์ชันถ่ายโอนในชั้นขาเข้า ชั้นซ่อนตัว และชั้นขาออกเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ล็อคซิกมอยด์ และล็อคซิกมอยด์ตามลำดับ ณ ค่าการประวิงในการแพร่กระจายต่างๆได้แก่ จำนวนของค่าตัวอย่างทราฟฟิกในอดีตในแต่ละชุดข้อมูล จำนวนชุดข้อมูลในการสอนนิวรอลเนตเวิร์ก และจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อนตัว โดยมีเงื่อนไขดังนี้

1) จำนวนชุดข้อมูล (s) ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง 6,000-9,000 ชุดข้อมูล
2) ค่าช่วงเวลาในอนาคตที่ต้องการทำนาย (f) และจำนวนค่าในอดีตซึ่งเป็นค่าขาเข้าของนิวรอลเนตเวิร์ก (p) มีความสัมพันธ์ต่อกัน (รูปที่ 3.16) โดยที่ค่าของ p/f มีค่าอยู่ในช่วง 1.2-1.6 เมื่อ f มีค่าน้อยกว่า 10 หน่วยเวลา และค่าของ p/f มีค่าอยู่ในช่วง 1.0-1.2 เมื่อ f มีค่าระหว่าง 10 - 80 หน่วยเวลา
3) จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนตัว (n) ที่เหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ f มีค่าเพิ่มขึ้น ตามความสัมพันธ์ในรูปที่ 3.17

นิวรอลเนตเวิร์กซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวให้ผลในการควบคุมทราฟฟิกดีกว่าการควบคุมแบบอาร์แอลเอสที่ค่าการประวิงในการแพร่กระจายมีค่าต่ำกว่าช่วง 20-24 หน่วยเวลา ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณที่สอดคล้องกับการทำนายค่าชดเชยประวิงเวลาทั้งวงรอบการเดินทางในระบบคือ 44 หน่วยเวลา และช่วงที่นิวรอลเนตเวิร์กให้ผลในการควบคุมทราฟฟิกได้ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ของทราฟฟิกทุกตัวคือที่ค่าการประวิงในการแพร่กระจายมีค่าต่ำกว่า 20 หน่วยเวลา อย่างไรก็ตามเมื่อค่าการประวิงในการแพร่กระจายมีค่าสูงขึ้นกว่า 20 หน่วยเวลา สมรรถะในการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นด้วยนิวรอลเนตเวิร์กจะเริ่มด้อยกว่าการควบคุมทราฟฟิกด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอส อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการควบคุมแบบบีพีซีเอ็นด้วยนิวรอลเนตเวิร์กยังคงมีสมรรถะในการควบคุมทราฟฟิกสูงกว่าการควบคุมแบบบีอีซีเอ็นตลอดช่วงค่าการประวิงในการแพร่กระจายที่ศึกษา ผลการควบคุมทราฟฟิกดังกล่าวสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลในการควบคุมทราฟฟิกเมื่อการประวิงในการแพร่กระจาย มีค่าต่ำกว่า 20 หน่วยเวลา

ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของระบบ	ผลจากการควบคุมด้วยนิวรอลเนตเวิร์ก
อัตราส่วนการสูญเสียของทราฟฟิกแบบมีการรับรอง	ลดลงเหลือ 37%-86% ของอัลกอริทึมอาร์แอลเอส
อัตราส่วนการสูญเสียของทราฟฟิกแบบเอบีอาร์	ลดลงเหลือ 18%-92% ของอัลกอริทึมอาร์แอลเอส
การประวิงในการส่งข้อมูลของทราฟฟิกแบบมีการรับรอง	ลดลงเหลือ 88%-95% ของอัลกอริทึมอาร์แอลเอส
การประวิงในการส่งข้อมูลของทราฟฟิกแบบเอบีอาร์	เพิ่มขึ้น 5%-9% เทียบกับของอัลกอริทึมอาร์แอลเอส

ค่าการประวิงในการส่งข้อมูลของทราฟฟิกแบบเอบีอาร์ที่เพิ่มขึ้น มีผลกระทบต่อบริการที่อาศัยการส่งข้อมูลแบบเอบีอาร์น้อยกว่าทราฟฟิกแบบมีการรับรอง เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบเอบีอาร์ถูกออกแบบให้ใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบที่ไม่ต้องการความเป็นเวลาจริงอยู่ก่อนแล้ว

กล่าวโดยสรุปว่านิวรอลเนตเวิร์กในงานวิจัยนี้มีสมรรถนะที่ดีในการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นที่ค่าการประวิงเวลามีค่าต่ำๆ เมื่อเทียบกับผลที่ได้จากงานวิจัยที่นำมาศึกษาอ้างอิง แต่เมื่อค่าการประวิงเวลามีค่าสูงขึ้นสมรรถนะในการควบคุมทราฟฟิกจะด้อยลงกว่าการควบคุมแบบบีพีซีเอ็นที่ใช้อัลกอริทึมอาร์แอลเอส เนื่องจากการประวิงในการแพร่กระจาย 20 หน่วยเวลาคิดเป็นระยะทางในเส้นใยนำแสงประมาณ 11 กิโลเมตร (Hiroshi, 1995) ดังนั้นการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นด้วยนิวรอลเนตเวิร์กในการวิจัยนี้จึงน่าจะให้ผลที่ดีในการประยุกต์ใช้งานทางปฏิบัติในเนตเวิร์กขนาดเล็กและมีปริมาณทราฟฟิกค่อนข้างสม่ำเสมอ เช่น เนตเวิร์กภายในองค์กรขนาดเล็ก เป็นต้น

การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ควบคุมทราฟฟิกอื่นๆในทางปฏิบัติ มีข้อกำหนดในเบื้องต้นคือ

1) ความซับซ้อนของทราฟฟิกที่เข้าสู่ระบบจะต้องไม่มากจนเกินไป เนื่องจากส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำนายค่าทราฟฟิกของนิวรอลเนตเวิร์กโดยตรง

2) ค่าการประวิงเวลาในการแพร่กระจายของทราฟฟิกระหว่างโนดที่ต้องการควบคุมจะต้องมีค่าไม่มากจนเกินไป เนื่องจากความสามารถในการทำนายค่าทราฟฟิกล่วงหน้าของนิวรอลเนตเวิร์กมีจำกัด

สำหรับขั้นตอนในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะในการสอนนิวรอลเนตเวิร์กและการนำไปใช้ในการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็น มีขั้นตอนโดยสรุปคือ

1. ต้องทราบค่าการประวิงในการแพร่กระจายของทราฟฟิกระหว่างโนดที่ต้องการควบคุม ซึ่งค่าการประวิงในการแพร่กระจายของทราฟฟิกระหว่างโนดดังกล่าวจะมีค่าคงที่เนื่องจากเกิดขึ้นจากธรรมชาติของตัวกลางในการส่งข้อมูล
2. สุ่มตัวอย่างของทราฟฟิกในระบบเพื่อให้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ของการสอนนิวรอลเนตเวิร์กมีค่าต่ำที่สุด โดยการเปลี่ยนค่า จำนวนชุดข้อมูล (s), จำนวนค่าในอดีตซึ่งเป็นค่าขาเข้าของนิวรอลเนตเวิร์ก (p) และ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนตัว (n) เพื่อหาค่าที่เหมาะสม
3. ทดสอบหาค่าความผิดพลาดของนิวรอลเนตเวิร์กที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่า MSE ที่ดีที่สุดจากข้อที่ 2. เปรียบเทียบกับค่าความผิดพลาดที่ได้จากการทำนายค่าด้วยอัลกอริทึมมอาร์แอลเอส เพื่อตรวจสอบว่าที่ค่าการประวิงเวลาในการแพร่กระจายของระบบดังกล่าวยังอยู่ในช่วงที่ค่าความผิดพลาดในการทำนายด้วยนิวรอลเนตเวิร์กต่ำกว่าค่าความผิดพลาดในการทำนายด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอส
4. นำค่าพารามิเตอร์ของนิวรอลเนตเวิร์กที่ผ่านการตรวจสอบจากข้อที่ 3. แล้ว ไปใช้ในตัวป้อนกลับของระบบควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็น แล้วเปรียบเทียบผลในการควบคุมทราฟฟิกกับการป้อนกลับด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอส ว่าให้ค่าการประวิงในการส่งข้อมูลของทราฟฟิกแบบรับรองผล และอัตราส่วนการสูญเสียของทราฟฟิกลดลงหรือไม่

4.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยสามารถนำไปศึกษาเปรียบเทียบกับผลจากการประวิงในการแพร่กระจายของทราฟฟิกด้วยวิธีการอื่นๆ ที่น่าสนใจได้ เช่น ยีนส์นีติกอัลกอริทึม หรือ ฟัซซีโลจิก เป็นต้น