

การศึกษาคอมพิวเตอร์แบบบีบีซีเอ็นในโครงข่ายเอทีเอ็มโดยตัวทำนาค่าแบบนิรอรลเนตเวิร์ก



นายพัฒนเกียรติ ฤ นคร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-373-402-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 149 03 402

A STUDY OF THE BPCN CONGESTION CONTROL SCHEME IN ATM NETWORKS
USING A NEURAL NETWORK PREDICTOR

Mr.Pattanakiat Na nagara

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

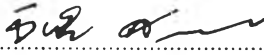
Chulalongkorn University

Academic Year 1999


ISBN 974-333-195-6

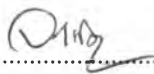
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการควบคุมความดันคั้งแบบบีพีซีเอ็นในโครงข่ายเอทีเอ็ม
โดยตัวทำนาค่าแบบนิรอลเน็ตเวิร์ก
โดย นายพัฒนเกียรติ ฒ นคร
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชชัย สุมิตร)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย จิตะพันธ์กุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ทีฆพุมิ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ลัญจน วุฒิสัทธิกุลกิจ)

พัฒนเกียรติ ณ นคร : การศึกษาการควบคุมความคับคั่งแบบบีพีซีเอ็นในโครงข่ายเอทีเอ็ม
โดยตัวทำนายค่าแบบนิรอลเน็ตเวิร์ก (A STUDY OF THE BPCN CONGESTION
CONTROL SCHEME IN ATM NETWORKS USING A NEURAL NETWORK
PREDICTOR) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วาทิต เภญจพลกุล, 88 หน้า. ISBN 974-333-505-6

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการควบคุมทราฟฟิกภายในโครงข่ายเอทีเอ็มด้วยวิธีการ
ควบคุมแบบบีพีซีเอ็นโดยนำตัวทำนายค่าแบบนิรอลเน็ตเวิร์กมาทำนายสถานะของทราฟฟิกเพื่อป้องกันกลับ
โดยกำหนดให้ระบบที่ศึกษาประกอบด้วยแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบมีการรับรอง และแหล่งกำเนิดทราฟฟิก
แบบเอบีอาร์ ซึ่งมีผลรวมกันทำให้ความเข้มข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการนำข้อมูลออกของเอทีเอ็มสวิตช์
และจุดที่ข้อมูลเกิดสถานะคับคั่งได้คือบัฟเฟอร์ขาออกของเอทีเอ็มสวิตช์

ผลการจำลองทำให้ทราบถึงรูปแบบและ เงื่อนไขการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ
นิรอลเน็ตเวิร์กที่เหมาะสมต่อการทำนายสถานะทราฟฟิก อันได้แก่ จำนวนนิรอลในชั้นซ่อนตัว ค่าในอดีตที่
เหมาะสมในการทำนายแต่ละช่วงค่าในอนาคต จำนวนชุดข้อมูลสำหรับการสอนนิรอลเน็ตเวิร์ก และ
จำนวนรอบในการสอน ซึ่งนิรอลเน็ตเวิร์กที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยเงื่อนไขต่างๆที่เหมาะสมจะให้ค่าความผิดพลาด
ค่ากลางสองเฉลี่ยที่มีค่าต่ำทั้งในกรณีทดสอบกับชุดข้อมูลสำหรับการสอนและชุดข้อมูลอื่นๆจากแหล่ง
กำเนิดทราฟฟิกชุดเดียวกัน โดยเมื่อค่าการประวิงในการแพร่กระจายต้องมีค่าไม่เกิน 20 หน่วยเวลา
โดยที่ 1 หน่วยเวลา คือเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล 1 เอทีเอ็มเซลล์ ที่ 155 Mbps

ผลการนำเอานิรอลเน็ตเวิร์กดังกล่าวมาควบคุมทราฟฟิกภายในระบบเอทีเอ็ม พบว่าให้
สมรรถนะดีกว่าการควบคุมแบบบีพีซีเอ็นที่ใช้อัลกอริทึมอาร์แอลเอสในระยะที่ช่วงการประวิงในการแพร่
กระจายมีค่าต่ำกว่า 20 หน่วยเวลา กล่าวคือ เมื่อใช้การควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นที่ใช้นิรอลเน็ตเวิร์ก
ในการทำนายค่าแล้วส่งผลให้ ทราฟฟิกแบบมีการรับรองมีค่าการประวิงในการส่งข้อมูลลดลงเป็น 88% -
95%, อัตราส่วนการสูญเสียของข้อมูลมีค่าลดลงเป็น 37%-86%, และทราฟฟิกแบบเอบีอาร์มีอัตราส่วนการ
สูญเสียลดลงเป็น 18%-92% โดยค่าทั้งหมดเทียบกับการควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นที่ใช้อัลกอริทึม
อาร์แอลเอส อย่างไรก็ตามการควบคุมแบบบีพีซีเอ็นที่ใช้นิรอลเน็ตเวิร์กในงานวิจัยนี้ ยังคงมีผลกระทบต่อ
การประวิงในการส่งข้อมูลของทราฟฟิกแบบเอบีอาร์ซึ่งเพิ่มขึ้นอีก 5%-9% เมื่อเทียบกับการควบคุม
ทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นที่ใช้อัลกอริทึมอาร์แอลเอส ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวนี้ปรากฏเช่นเดียวกันในผลการ
ควบคุมแบบบีพีซีเอ็นและผลการควบคุมแบบบีพีซีเอ็นที่ใช้อัลกอริทึมอาร์แอลเอส

ภาควิชา . . . วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต *ปวิศพร นิลสิน*
สาขาวิชา . . . วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *ว.ว.*
ปีการศึกษา . 2542

ELECTRICAL ENGINEERING

ATM / TRAFFIC CONTROL / ABR / BPCN / NEURAL NETWORK

PATTANAKIAT NA NAGARA : A STUDY OF THE BPCN CONGESTION

CONTROL SCHEME IN ATM NETWORKS USING NEURAL NETWORK

PREDICTOR. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WATIT BENJAPOLAKUL, Ph.D.

88 pp. ISBN 974-333-505-6

The objective of this research is to study a BPCN traffic control in ATM networks, where a neural network predictor for feeding back traffic status is applied. The studied ATM network consists of guaranteed-traffic sources and ABR-traffic sources that make the total traffic intensity approximately near the service rate of the ATM switch. So, the bottleneck where the congestion may occur is at the output buffer of ATM switch.

The proper structure and parameter assignment of neural network for traffic prediction such as number of neuron in hidden layer, the proper past value using as a data base for prediction in each future value step, the number of training sets and the number of iterations in training process can be found from the simulation results. The neural network which is trained under the condition stated above, results in a lower mean square of error in case of testing with training sets and others test sets generated from the same traffic sources when the propagation delay is less than 20 unit time, where 1 unit time is the time required to send 1 cell of ATM data at 155 Mbps.

From the simulation results, the performance of the BPCN traffic control scheme using neural network is higher than that of the BPCN control scheme using RLS algorithm when the propagation delay is approximately lower than 20 unit time. For the guaranteed-traffic, the transmission delay decreases to 88%-95%, the loss ratio of the guaranteed-traffic decreases to 37%-86% and the loss ratio of the ABR traffic decreases to 18%-92% of the same parameters when compared with the case where the RLS is applied. Despite of these advantages, the BPCN using neural network increases the transmission delay of ABR traffic about 5%-9% when compared with the case where the RLS is applied. This drawback is also found in the previous research of the BECN and BPCN using RLS.

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....
ปีการศึกษา.....2542.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....



กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
- วิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้ความเมตตาสละเวลาอันมีค่าในการสอบวิทยานิพนธ์
ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ คุณศุภพงศ์ ภุชฌณาญจน์ ที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ในการ
ทำวิจัย และให้การสนับสนุนที่ดีตลอดการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
นิสิตจากห้องปฏิบัติการต่างๆในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และนิสิตร่วมรุ่น วศ.35 ที่ให้คำปรึกษาและคอย
กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการศิษย์ก้นกุฏิ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในระหว่างปีการศึกษา 2539 -2540
ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญรูปประกอบ	ฅ
สารบัญตาราง	ด
คำศัพท์ นิยาม คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ	ต
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วิธีการควบคุมทราฟฟิกภายในโครงข่ายเอทีเอ็มแบบต่างๆในงานวิจัยอื่นๆ	
การจำลองการทำงาน และผลการจำลองการทำงาน.....	6
ความนำ.....	6
2.1 การควบคุมทราฟฟิกแบบมีการรับรอง.....	6
2.2 การควบคุมทราฟฟิกแบบบีอีซีเอ็น.....	7
2.2.1 ส่วนส่งและรับข้อมูลป้อนกลับภาวะคับคั่งของทราฟฟิก	8
2.2.2 ส่วนควบคุมอัตราการส่งข้อมูล.....	9
2.3 การควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นโดยใช้อัลกอริทึมแบบอาร์แอลเอส.....	11
2.4 แบบจำลองแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบต่างๆ.....	13
2.4.1 แหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบซีบีอาร์	13
2.4.2 แหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบวีบีอาร์.....	17
2.4.3 แหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบเอบีอาร์.....	20
2.5 แบบจำลองโครงข่ายเอทีเอ็มที่ใช้ในงานวิจัย.....	23
2.6 ผลการจำลองการทำงานของการควบคุมแบบบีอีซีเอ็น เปรียบเทียบกับการควบคุมแบบบีพีซีเอ็นด้วยอัลกอริทึมแบบอาร์แอลเอส.....	27
3. การศึกษานิวรอลเน็ตเวิร์กสำหรับระบบควบคุมทราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็น	34
ความนำ.....	34
3.1 ลักษณะโดยทั่วไปของนิวรอลเน็ตเวิร์กแบบปรับพารามิเตอร์ถอยหลัง	34
3.2 การกำหนดลักษณะที่เหมาะสมของนิวรอลเน็ตเวิร์กเพื่อการทำนายทราฟฟิก.....	37
3.2.1 โครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์ก.....	37
3.2.2 การจำลองการทำงานเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่เหมาะสม.....	39

3.3 การทดสอบนิรवलเน็ตเวิร์กที่ได้ค่าพารามิเตอร์จากการสอนกับชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายค่ากับอัลกอริทึมอาร์แอลเอส	49
3.3.1 ค่า MSE ที่ได้จากการสอนนิรवलเน็ตเวิร์กและค่า MSE จากนิรवलเน็ตเวิร์ก ที่ทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ	50
3.3.2 ค่า MSE จากนิรवलเน็ตเวิร์กและค่า MSE ที่ได้จากอัลกอริทึมอาร์แอลเอส เมื่อทำนาย ชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ	53
3.4 การจำลองผลการทำงานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการควบคุมกราฟฟิคแบบบีพีซีเอ็น ด้วยนิรवलเน็ตเวิร์กและอัลกอริทึมอาร์แอลเอส	55
3.5 วิเคราะห์ผลการการจำลองการทำงานในการควบคุมกราฟฟิคแบบบีพีซีเอ็น ด้วยนิรवलเน็ตเวิร์ก	58
3.5.1 กราฟฟิคจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิคแบบมีการรับรอง	59
3.5.2 กราฟฟิคจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิคแบบเอบีอาร์	63
3.6 สรุปผลการควบคุมกราฟฟิคแบบบีพีซีเอ็นด้วยนิรवलเน็ตเวิร์ก	68
4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	69
4.1 สรุปผลการวิจัย.....	69
4.2 ข้อเสนอแนะ.....	72
รายการอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากการจำลองการทำงาน	75
ประวัติผู้เขียน.....	88

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 ลักษณะการใช้แบนด์วิดท์ร่วมกันของแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบต่างๆในโครงข่ายเอทีเอ็ม	2
1.2 แบบจำลองอย่างง่ายของแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบเอบีอาร์	2
2.1 การควบคุมกราฟฟิกแบบมีการรับรองในระบบเอทีเอ็มอย่างง่าย	7
2.2 การทำงานของระบบควบคุมแบบบีอีซีเอ็น	8
2.3 ระบบควบคุมกราฟฟิกแบบบีอีซีเอ็นที่มีการประวิงในการแพร่กระจาย	9
2.4 แบบจำลองการทำนายค่าโดยอัลกอริทึมอาร์แอลเอส	12
2.5 ผังงานแสดงการจำลองของแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบซีบีอาร์	15
2.6 การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาที่สร้างขึ้นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	17
2.7 ลักษณะของข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบซีบีอาร์รวม 14 แหล่งสร้างขึ้น	17
2.8 ผังงานแสดงการจำลองของแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบวีบีอาร์	18
2.9 ลักษณะของข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบวีบีอาร์รวม 26 แหล่งที่สร้างขึ้น	20
2.10 แบบจำลองแบบกระบวนการมาร์คอฟ ผสมปัวส์ซงชนิด 2 สถานะ	20
2.11 ผังงานแสดงการจำลองของแหล่งกำเนิดเอบีอาร์	22
2.12 ลักษณะของข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบเอบีอาร์รวม 22 แหล่งที่สร้างขึ้น	23
2.13 แบบจำลองโครงข่ายเอทีเอ็มในงานวิจัย	23
2.14 ผังงานการจำลองการทำงานของโครงข่ายเอทีเอ็ม และการควบคุมกราฟฟิก	25
2.15 ผังงานการจำลองการทำงานของโครงข่ายเอทีเอ็ม และการควบคุมกราฟฟิก (ต่อ)	26
2.16 ความยาวคิวในเอทีเอ็มสวิตช์ที่เวลาใดๆ (Q_{sw}) ที่ค่าการประวิงในการแพร่กระจาย (D_p) 15 หน่วยเวลา	27
2.17 ค่าความยาวคิวเฉลี่ยในเอทีเอ็มสวิตช์และและการประวิงในการแพร่กระจาย	27
2.18 การประวิงเวลาในการส่งของข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบรับรองและ การประวิงในการแพร่กระจาย	28
2.19 อัตราส่วนการสูญเสียข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบรับรองและ การประวิงในการแพร่กระจาย	28
2.20 การประวิงเวลาในการส่งข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบเอบีอาร์และ การประวิงในการแพร่กระจาย	29
2.21 อัตราส่วนการสูญเสียข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบเอบีอาร์และ การประวิงในการแพร่กระจาย	29

2.22 ผลเปรียบเทียบอัตราส่วนการสูญเสียจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบเอบีอาร์และ การประวิงในการแพร่กระจายที่ได้จากผลการจำลองการทำงานและจากเอกสารอ้างอิง	30
3.1 นิเวรอน	34
3.2 ตัวอย่างนิเวรอนเน็ตเวิร์ก	35
3.3 โครงสร้างนิเวรอนเน็ตเวิร์กที่ใช้ในงานวิจัยนี้	38
3.4 การสร้างชุดข้อมูลสำหรับการสอน	40
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลรวมความผิดพลาดกำลังสอง (SSE) และจำนวนรอบการคำนวณ ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5$, $s=3000$, $p=4$, $n=2$	41
3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลรวมความผิดพลาดกำลังสอง (SSE) และจำนวนรอบการคำนวณ ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5$, $s=3000$, $p=6$, $n=4$	42
3.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิเวรอนในชั้นซ่อนตัว (n) ต่างๆกัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5$, $s=3000$, $p=2-12$, $n=2-14$	43
3.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิเวรอนในชั้นซ่อนตัว (n) ต่างๆกัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5$, $s=6000$, $p=2-12$, $n=2-14$	43
3.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ที่แต่ละจำนวนชุดข้อมูล สำหรับการสอนนิเวรอนเน็ตเวิร์ก (s) ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5$	44
3.10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ที่แต่ละจำนวนชุดข้อมูล สำหรับการสอนนิเวรอนเน็ตเวิร์ก (s) ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=10$	44
3.11 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ที่แต่ละจำนวนชุดข้อมูล สำหรับการสอนนิเวรอนเน็ตเวิร์ก (s) ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=20$	45
3.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ที่แต่ละจำนวนชุดข้อมูล สำหรับการสอนนิเวรอนเน็ตเวิร์ก (s) ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=40$	45
3.13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ที่แต่ละจำนวนชุดข้อมูล สำหรับการสอนนิเวรอนเน็ตเวิร์ก (s) ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=60$	46
3.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ที่แต่ละจำนวนชุดข้อมูล สำหรับการสอนนิเวรอนเน็ตเวิร์ก (s) ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=80$	46
3.15 ค่า $\frac{P}{f}$ ซึ่งให้ค่า MSE ต่ำที่สุดที่ค่า f ต่างๆ ตลอดช่วงค่าที่ศึกษา	47
3.16 ค่า n ซึ่งให้ค่า MSE ต่ำที่สุดที่ค่า f ต่างๆ ตลอดช่วงค่าที่ศึกษา.....	48
3.17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด ที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	48
3.18 การเปรียบเทียบค่า MSE ที่ได้จากการสอนนิเวรอนเน็ตเวิร์กและ ค่า MSE จาก การทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิกที่สุ่มจากระบบ กรณี $f=5$	50

3.19 การเปรียบเทียบค่า MSE ที่ได้จากการสอนนิเวรอลเน็ตเวิร์กและ	
ค่า MSE จาก การทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ กรณี $f=10$	50
3.20 การเปรียบเทียบค่า MSE ที่ได้จากการสอนนิเวรอลเน็ตเวิร์กและ	
ค่า MSE จาก การทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ กรณี $f=20$	51
3.21 การเปรียบเทียบค่า MSE ที่ได้จากการสอนนิเวรอลเน็ตเวิร์กและ	
ค่า MSE จาก การทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ กรณี $f=40$	51
3.22 การเปรียบเทียบค่า MSE ที่ได้จากการสอนนิเวรอลเน็ตเวิร์กและ	
ค่า MSE จาก การทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ กรณี $f=60$	52
3.23 การเปรียบเทียบค่า MSE ที่ได้จากการสอนนิเวรอลเน็ตเวิร์กและ	
ค่า MSE จาก การทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิคที่สุ่มจากระบบ กรณี $f=80$	52
3.24 การเปรียบเทียบค่า MSE จากนิเวรอลเน็ตเวิร์กและค่า MSE ที่ได้จากอัลกอริทึมอาร์แอลเอส	
ทำนายค่าจากชุดข้อมูลกราฟฟิคเดียวกันที่สุ่มจากระบบที่ค่า f ระหว่าง 5 ถึง 80 หน่วยเวลา	54
3.25 การเปรียบเทียบค่า MSE จากนิเวรอลเน็ตเวิร์กและค่า MSE ที่ได้จากอัลกอริทึมอาร์แอลเอส	
เมื่อทำนายชุดข้อมูลกราฟฟิคเดียวกันที่สุ่มจากระบบ ที่ ค่า $f = 40 - 55$ หน่วยเวลา	55
3.26 การประวิงในการส่งข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิคแบบมีการรับรองและ	
การประวิงในการแพร่กระจาย	56
3.27 อัตราส่วนการสูญเสียจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิคแบบมีการรับรองและ	
การประวิงในการแพร่กระจาย	57
3.28 การประวิงในการส่งข้อมูลจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิคแบบเอบีอาร์และ	
การประวิงในการแพร่กระจาย	57
3.29 อัตราส่วนการสูญเสียจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิคแบบเอบีอาร์และ	
การประวิงในการแพร่กระจาย	58
3.30 แบบจำลองโครงข่ายเอทีเอ็มในงานวิจัย	59
3.31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลเฉลี่ยภายในบัฟเฟอร์ของแหล่งกำเนิดกราฟฟิค	
แบบเอบีอาร์และการประวิงในการแพร่กระจาย	63
ผ.1 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิเวรอนในชั้นซ่อนตัว (n)	
ต่างๆกัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5, s=3000, p=2-12, n=2-14$	76
ผ.2 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิเวรอนในชั้นซ่อนตัว (n)	
ต่างๆกัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5, s=6000, p=2-12, n=2-14$	76
ผ.3 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิเวรอนในชั้นซ่อนตัว (n)	
ต่างๆกัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5, s=9000, p=2-12, n=2-14$	77
ผ.4 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิเวรอนในชั้นซ่อนตัว (n)	
ต่างๆกัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=5, s=12,000, p=2-12, n=2-14$	77

ผ.21	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิรอนในชั้นซ้อนตัว (n) ต่าง ๆ กัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=80$, $s=3000$, $p=78-98$, $n=10-22$	86
ผ.22	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิรอนในชั้นซ้อนตัว (n) ต่าง ๆ กัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=80$, $s=6000$, $p=78-98$, $n=10-22$	86
ผ.23	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิรอนในชั้นซ้อนตัว (n) ต่าง ๆ กัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=80$, $s=9000$, $p=78-98$, $n=10-22$	87
ผ.24	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) ที่จำนวนนิรอนในชั้นซ้อนตัว (n) ต่าง ๆ กัน ที่ค่าพารามิเตอร์ $f=80$, $s=12000$, $p=78-98$, $n=10-22$	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าความผิดพลาดระหว่างอัตราส่วนสูญเสียจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบเอบีอาร์ และการประวิงในการแพร่กระจาย ที่ได้จากผลการจำลองการทำงานและ จากเอกสารอ้างอิงในกรณีการควบคุมกราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็น	31
2.2 ค่าความผิดพลาดระหว่างอัตราส่วนสูญเสียจากแหล่งกำเนิดกราฟฟิกแบบเอบีอาร์ และการประวิงในการแพร่กระจาย ที่ได้จากผลการจำลองและจากเอกสารอ้างอิง ในกรณีการควบคุมกราฟฟิกแบบบีพีซีเอ็นด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอส	32
3.1 ผลเปรียบเทียบค่า MSE ในการทำนายค่าของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ได้จากกรณีชุดข้อมูล สำหรับทำการสอน ชุดข้อมูลจากการสุ่ม	49
3.2 ผลเปรียบเทียบค่า MSE ในการทำนายค่าชุดข้อมูลจากการสุ่มของนิวรอลเน็ตเวิร์กและ อัลกอริทึมอาร์แอลเอส	53
3.3 อัตราส่วนการประวิงในการส่งข้อมูลของกราฟฟิกแบบมีการรับรองเทียบกับของการควบคุม กราฟฟิกด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอสที่ค่าการประวิงในการแพร่กระจายต่างๆ	60
3.4 อัตราส่วนการสูญเสียของกราฟฟิกแบบรับรองผลเทียบกับของการควบคุมกราฟฟิก ด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอสที่ค่าการประวิงในการแพร่กระจายต่างๆ	62
3.5 อัตราส่วนการประวิงในการส่งข้อมูลของกราฟฟิกแบบเอบีอาร์เทียบกับของการควบคุมกราฟฟิก ด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอสที่ค่าการประวิงในการแพร่กระจายต่างๆ	65
3.6 อัตราส่วนการสูญเสียของกราฟฟิกแบบเอบีอาร์เทียบกับของการควบคุมกราฟฟิก ด้วยอัลกอริทึมอาร์แอลเอสที่ค่าการประวิงในการแพร่กระจายต่างๆ	67
4.1 การเปรียบเทียบผลในการควบคุมกราฟฟิกเมื่อการประวิงในการแพร่กระจาย มีค่าต่ำกว่า 20 หน่วยเวลา	71

คำศัพท์ นิยาม คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

คำศัพท์ภาษาอังกฤษ

คำศัพท์ภาษาไทย

traffic intensity

ความเข้มทราฟฟิก

delay

การประวิง

propagation delay

การประวิงในการแพร่กระจาย

transmission delay

การประวิงในการส่ง

unit time

หน่วยเวลา

CBR source

แหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบซีบีอาร์

VBR source

แหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบวีบีอาร์

ABR source

แหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบเอบีอาร์

guarantee traffic

ทราฟฟิกแบบมีการรับรอง

best-effort traffic

ทราฟฟิกแบบดีที่สุดที่สามารถทำได้

lost ratio

อัตราส่วนการสูญเสีย (ของข้อมูล)

threshold

ค่าตัดสินใจ

นิยาม

หน่วยเวลา (unit time) หมายถึง ช่วงความละเอียดของเวลาในการทำงาน 1 รอบโปรแกรม มีค่าเท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลจำนวน 1 เอทีเอ็มเซลล์ที่อัตรา 155 Mbps ซึ่งเป็นอัตราของการบริการของเอทีเอ็มสวิตซ์ที่ใช้ในแบบจำลอง มีค่าเท่ากับเวลา $\frac{53 \times 8 \times 1}{155 \times 10^6} = 2.735 \mu\text{Sec}$

การประวิงในการแพร่กระจาย (Propagation Delay) หมายถึง ความล่าช้าในการส่งข้อมูลเนื่องจากการเสียเวลาเดินทางในตัวกลางส่งข้อมูล

การประวิงในการส่ง (Transmission Delay) หมายถึง ความล่าช้าในการส่งข้อมูลเนื่องจากการเสียเวลาในการจัดการข้อมูลภายในระบบ แต่ไม่นับรวมถึงการประวิงในการแพร่กระจาย

ความเข้มทราฟฟิก (Traffic Intensity) หมายถึง $\text{ความเข้มทราฟฟิก} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ข้อมูลที่เข้าสู่ระบบ}}{\text{จำนวนเซลล์ข้อมูลที่ระบบให้บริการได้}}$

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
Ti	ความเข้มทราฟฟิก
Th	ค่าตัดสินใจ
Dp	การประวิงในการแพร่กระจาย
Dt	การประวิงในการส่ง
Dt_CBR	การประวิงในการส่งของข้อมูลจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบซีบีอาร์
Dt_VBR	การประวิงในการส่งของข้อมูลจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบวีบีอาร์
Dt_ABR	การประวิงในการส่งของข้อมูลจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบเอบีอาร์
R_CBR	อัตราการส่งข้อมูลของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบซีบีอาร์
R_VBR	อัตราการส่งข้อมูลของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบวีบีอาร์
R_ABR	อัตราการส่งข้อมูลของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบเอบีอาร์
L	อัตราส่วนการสูญเสีย
L_CBR	อัตราส่วนการสูญเสียที่เกิดจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบซีบีอาร์
L_VBR	อัตราส่วนการสูญเสียที่เกิดจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบวีบีอาร์
L_ABR	อัตราส่วนการสูญเสียที่เกิดจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกแบบเอบีอาร์
Qsw	ความยาวคิวในเอทีเอ็มสวิตซ์ที่เวลาใดๆ

คำย่อ

BECN

BPCN

RLS

NN

CBR

VBR

ABR

คำเต็ม

Backward Explicit Congestion Notification

Backward Predictive Congestion Notification

Recursive Least Square

Neural Network

Constant Bit Rate

Variable Bit Rate

Available Bit Rate