

การจัดสรรงบประมาณด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอโดยใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

นายสมชาย ปุญญนิรันดร์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

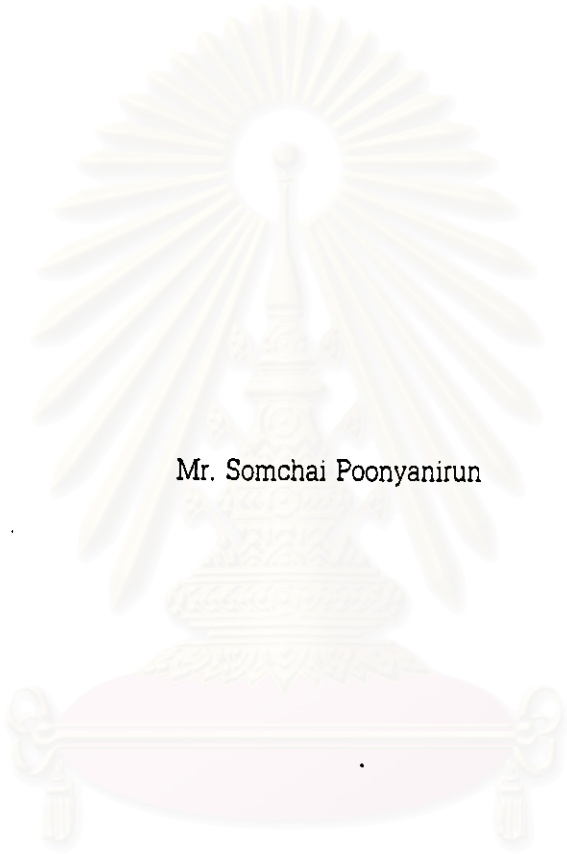
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-697-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ALLOCATION OF INPUT BUFFER OF A PACKET SWITCH UNDER NONUNIFORM
TRAFFIC BY THE HOPFIELD NETWORK



Mr. Somchai Poonyanirun

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Graduate School
Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-639-697-8

พิมพ์จำหน่ายโดยคณะศึกษานิเทศศาสตร์ในครอวสปีชี่วอนี้เพ็ญมยผยอ :

สมชาย ปุญญนรินทร์ : การจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอ โดยใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก (ALLOCATION OF INPUT BUFFER OF A PACKET SWITCH UNDER NONUNIFORM TRAFFIC BY THE HOPFIELD NETWORK) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. วาทีต เญญจพลกุล, 82 หน้า. ISBN 974-639-697-8

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสนอการใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กในการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ในสภาวะที่ทราฟฟิกที่เข้ามายังด้านเข้าของสวิตช์มีการกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอเพื่อลดค่า ความน่าจะเป็นของการสูญเสียแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์ เนื่องจากในสภาวะนี้สวิตช์ที่จัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าเป็นแบบคงที่ (ไม่จัดสรรบัฟเฟอร์ตามค่าความเข้มทราฟฟิกที่เข้ามา) จะมีค่าความน่าจะเป็นของการสูญเสียแพ็กเก็ตรวมสูงซึ่งเกิดจากการใช้บัฟเฟอร์เป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จำลองการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์ตามความเข้มของทราฟฟิกที่เข้ามาด้วยฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก ผลที่ได้จากวิธีที่เสนอนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถลดค่าความน่าจะเป็นของการสูญเสียแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์ได้เมื่อเทียบกับแพ็กเก็ตสวิตช์ที่มีการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าเป็นแบบคงที่ ณ ค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยที่ด้านเข้าเท่ากัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิติกร..... สมชาย ปุญญนรินทร์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... วาทีต เญญจพลกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

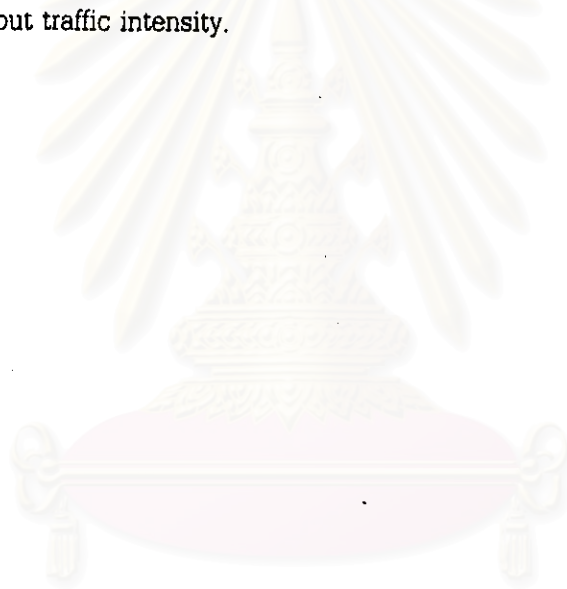
3971942521 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: HOPFIELD NETWORK/ INPUT BUFFER/ PACKET SWITCH

SOMCHAI POONYANIRUN : ALLOCATION OF INPUT BUFFER OF A PACKET SWITCH UNDER NONUNIFORM TRAFFIC BY THE HOPFIELD NETWORK. THESIS

ADVISOR : ASSIST. PROF. DR. WATTI BENJAPOLAKUL. 82 pp. ISBN 974-639-697-8

The purpose of this thesis is to propose the allocation of input buffer of a packet switch under nonuniform traffic by Hopfield network in order to reduce the packet loss probability of the input buffer packet switch. Because, under nonuniform traffic condition, the packet loss probability of the fix allocated input buffer switch (buffer is not allocated according to the input traffic (intensity) is high, the use of the input buffer of the switch is not efficient. This thesis simulates input buffer allocation according to the input traffic intensity by Hopfield network. The results how that by using the proposed method, the packet loss probability of the input buffer packet witch was reduced, compared to the packet loss probability of the fix allocated input buffer switch with equal average input traffic intensity.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

ปีการศึกษา..... 2541.....

ลายมือชื่อนิติ..... ศ.ดร. ปอญญันนิตร์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... อ.พด. ว.ศ.ค.พ.ล.ล.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาทีต เบญจพลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับวิจัย (Telecom Consortium)

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

นายสมชาย ปุญญนิรันดร์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ด
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 โครงข่ายประสาทเทียมและฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 โครงข่ายประสาทเทียม.....	5
2.3 หลักการพื้นฐานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	7
แบบจำลองของนิเวรอนที่ใช้ในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	7
ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	8
2.4 การเขียนปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบไม่มีข้อบังคับในรูปของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	11
2.5 การแก้ปัญหาคิวบิกโปรแกรมเชิงแบบควอดราติกซึ่งมีข้อบังคับโดยใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	12
3 การคำนวณหาความน่าจะเป็นของการสูญเสียแพ็กเก็ตรวมของสวิทช์และวิสัยสามารถสูงสุด.....	17
3.1 กล่าวนำ.....	17
3.2 แบบจำลองทราฟฟิก.....	18

สารบัญ (ต่อ)

3.3	กระบวนการแย่งชิงของแพ็กเกตเพื่อไปยังด้านออกของสวิตช์.....	19
3.4	การวิเคราะห์คิวด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์.....	22
3.5	ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์.....	26
4	การจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์โดยใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	29
4.1	การจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์โดยใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	29
4.2	จุดต่ำสุดท้องถิ่นและจุดต่ำสุดทั้งหมดในการทำให้เหมาะสมที่สุด.....	32
5	ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ.....	34
5.1	การจำลองแบบ.....	34
5.1.1	การจำลองแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์ขนาด 16x16.....	35
5.1.1.1	การจำลองแบบและผลการจำลองแบบการจัดสรร บัฟเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์ขนาด 16x16.....	35
5.1.1.2	ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของ สวิตช์ขนาด 16x16.....	39
5.1.2	การจำลองแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์ขนาด 24x24.....	41
5.1.2.1	การจำลองแบบและผลการจำลองการจัดสรร บัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์ขนาด 24x24.....	41
5.1.2.2	ความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตของสวิตช์ขนาด 24x24 และผลของการปิดเศษค่าตอบ.....	58
5.1.2.3	การจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์ในสภาวะความเข้มทราฟฟิก ไม่สม่ำเสมอโดยมีการกระจายแบบต่างๆ.....	59
	- ผลการจัดสรรบัฟเฟอร์เมื่อทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5).....	60
	- ผลการจัดสรรบัฟเฟอร์เมื่อทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6).....	62

สารบัญ (ต่อ)

- ผลการจัดสรรแอมป์เฟอร์เมื่อทราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh.....	64
5.1.2.4 ผลของทราฟฟิกที่เข้ามาไม่สม่ำเสมอ.....	66
5.2 การวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ.....	71
5.2.1 ผลของค่าอัตราการเรียนรู้ค่าต่างๆ ที่มีผลต่อเน็ตเวิร์ก.....	71
5.2.2 ผลของการไม่เพิ่มค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเมื่อ ขนาดแอมป์เฟอร์รวมของสวิตช์เพิ่มขึ้น.....	73
5.2.3 ผลของการกำหนดค่าเริ่มต้นแรงดันดันออกของนิวรอนในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก.....	75
6 สรุปผลการจำลองแบบและข้อเสนอแนะ.....	78
6.1 สรุปผลการจำลองแบบ.....	78
6.2 ข้อดีข้อเสียของการใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กในการจัดสรรแอมป์เฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์.....	80
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	80
รายการอ้างอิง.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	82

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเซลล์ประสาททางชีวภาพ.....4

รูปที่ 2.2 แบบจำลองพื้นฐานของเซลล์ประสาทเทียม (artificial neuron cell)5

รูปที่ 2.3 (ก) บล็อกไดอะแกรม (ข) วงจรไฟฟ้าพื้นฐานของนิวรอนในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก..... 7

รูปที่ 2.4 (ก) บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก 10
 (ข) วงจรไฟฟ้าพื้นฐานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก..... 10

รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กที่ใช้ในการหาค่าต่ำสุด
 ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบบไม่มีข้อบังคับ..... 12

รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง $r_i(x)$ กับ $\min(0, r_i(x))$ 14

รูปที่ 2.7 (ก) บล็อกไดอะแกรมของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กที่ใช้ใน
 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงแบบควอดราติก..... 15
 (ข) วงจรสมมูลย์ของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กที่ใช้ใน
 การแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงแบบควอดราติก..... 16

รูปที่ 3.1 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะของกระบวนการแย่งชิงเพื่อไปยังด้านออกที่ j 21

รูปที่ 4.1 แพ็กเกตสวิตช์ชนิดไม่มีการบล็อกภายในขนาด $N \times N$ และมีบัฟเฟอร์อยู่ที่ด้านเข้า..... 29

รูปที่ 4.2 วงจรสมมูลย์ของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กที่ใช้ในการ
 จัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเกตสวิตช์..... 33

รูปที่ 5.1 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 16 \times 16$, $\mu = 8 \times 10^6$, $B = 128$, $B/N = 8$, $\lambda_{1-8} = 0.4$, $\lambda_{9-16} = 0.3$).....37

รูปที่ 5.2 ผลของการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์โดยใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 16 \times 16$, $\lambda_{1-8} = 0.4$, $\lambda_{9-16} = 0.3$)..... 40

รูปที่ 5.3 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \times 10^6$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

- รูปที่ 5.4 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \times 10^6$, $B = 216$, $B/N = 9$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 44
- รูปที่ 5.5 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 9 \times 10^6$, $B = 240$, $B/N = 10$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 46
- รูปที่ 5.6 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 264$, $B/N = 11$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 48
- รูปที่ 5.7 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 288$, $B/N = 12$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 50
- รูปที่ 5.8 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 312$, $B/N = 13$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 52
- รูปที่ 5.9 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 336$, $B/N = 14$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 54
- รูปที่ 5.10 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว
 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 360$, $B/N = 15$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 56
- รูปที่ 5.11 ผลของการบิดเบือนในคำตอบที่ได้จากแรงดันด้านออกของนิวรอน
 ($N \times N = 24 \times 24$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)..... 58

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.12 การกระจายของความเข้มทราฟฟิกที่ด้านเข้าต่างๆ ของสวิตช์ ($N \times N = 24 \times 24$, $\bar{\lambda} = 0.3$).....	59
รูปที่ 5.13 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 5) ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \cdot 10^6$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\bar{\lambda} = 0.3$).....	60
รูปที่ 5.14 ขนาดบัพเฟอร์ที่จัดสรรให้ด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์ ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ ($N \times N = 24 \times 24$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\bar{\lambda} = 0.3$, $\sigma = 5$).....	61
รูปที่ 5.15 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6) ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \cdot 10^6$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\bar{\lambda} = 0.3$).....	62
รูปที่ 5.16 ขนาดบัพเฟอร์ที่จัดสรรให้ด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์ ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ ($N \times N = 24 \times 24$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\bar{\lambda} = 0.3$, $\sigma = 6$).....	63
รูปที่ 5.17 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก ทราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh ($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \cdot 10^6$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\bar{\lambda} = 0.3$).....	64
รูปที่ 5.18 ขนาดบัพเฟอร์ที่จัดสรรให้ด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์ ทราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh ($N \times N = 24 \times 24$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\bar{\lambda} = 0.3$, $\sigma = 5$).....	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

- รูปที่ 5.19 การปรับให้ดีขึ้นด้วยซอฟต์แวร์เน็ตเวอร์กในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอแบบต่างๆ
- (ก) ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 5) ($\bar{\lambda}_{\max} = 0.391$)
- (ข) ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6) ($\bar{\lambda}_{\max} = 0.434$)
- (ค) ทราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh ($\bar{\lambda}_{\max} = 0.391$)..... 68
- รูปที่ 5.20 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสถิติใน
สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบต่างๆ
- ($N \times N = 24 \times 24$, $\bar{\lambda} = 0.3$)..... 70
- รูปที่ 5.21 ผลจากค่าอัตราการเรียนรู้ที่ต่างกัน (ก) $\mu = 5 \times 10^6$ (ข) $\mu = 8 \times 10^6$ (ค) $\mu = 5 \times 10^7$
- ($B = 192$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{16-24} = 0.35$) 72
- รูปที่ 5.22 ผลของค่าอัตราการเรียนรู้ที่มีต่อระยะเวลาของการเข้าสู่สถานะเสถียรของเน็ตเวอร์ก
- (ก) ค่าอัตราการเรียนรู้ที่เหมาะสม ($\mu = 1 \times 10^7$)
- (ข) ค่าอัตราการเรียนรู้ที่น้อยไป ($\mu = 9 \times 10^6$)
- ($B = 192$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{16-24} = 0.35$)..... 74
- รูปที่ 5.23 ผลของการกำหนดค่าเริ่มต้นใกล้กับค่าตอบที่ต้องการ
- ($\mu = 8 \times 10^6$, $B = 192$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{16-24} = 0.35$)..... 76

สารบัญตาราง

ตารางที่ 5.1	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 16 \times 16, \mu = 8 \cdot 10^6, B = 128, B/N = 8, \lambda_{1-8} = 0.4, \lambda_{9-16} = 0.3)$	38
ตารางที่ 5.2	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 8 \cdot 10^6, B = 192, B/N = 8, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	43
ตารางที่ 5.3	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 8 \cdot 10^6, B = 216, B/N = 9, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	45
ตารางที่ 5.4	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 9 \cdot 10^6, B = 240, B/N = 10, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	47
ตารางที่ 5.5	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 1 \cdot 10^7, B = 264, B/N = 11, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	49
ตารางที่ 5.6	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 1 \cdot 10^7, B = 288, B/N = 12, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	51
ตารางที่ 5.7	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 1 \cdot 10^7, B = 312, B/N = 13, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	53
ตารางที่ 5.8	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 1 \cdot 10^7, B = 336, B/N = 14, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	55
ตารางที่ 5.9	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก	
	$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 1 \cdot 10^7, B = 360, B/N = 15, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	57
ตารางที่ 5.10	ค่าด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก ซึ่งกำหนดค่าเริ่มต้นโกลด์คำตอบ	
	$(\mu = 8 \cdot 10^6, B = 192, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$	77