

ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผลจำลองแบบ

5.1 การจำลองแบบ

ขนาดของแพ็กเก็ตสวิตช์ที่ใช้ในการจำลองจะใช้สองขนาดคือ 16x16 และ 24x24 โดยสวิตช์ทั้งสองจะมีขนาดบัฟเฟอร์ต่อด้านเข้าตั้งแต่ 8 ถึง 15 ($B = 128$ ($B/N = 8$) ถึง 240 ($B/N = 15$) ในสวิตช์ขนาด 16x16 และ $B = 192$ ($B/N = 8$) ถึง 360 ($B/N = 8$) ในสวิตช์ขนาด 24x24)

กำหนดให้

- $N \times N$: ขนาดของแพ็กเก็ตสวิตช์
- μ : อัตราการเรียนรู้ของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก
- B : ขนาดบัฟเฟอร์รวมทั้งหมดของสวิตช์
- λ_i : ความเข้มของทราฟฟิกที่เข้ามายังด้านเข้าที่ i
- λ^o : ความเข้มของทราฟฟิกจากด้านเข้าไปยังด้านออก
- $\bar{\lambda}$: ความเข้มของทราฟฟิกเฉลี่ย หรือ ค่าวิสัยสามารถ (throughput) ของสวิตช์
- $\bar{\lambda}_{max}$: ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์

ค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์ก (μ) ที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ $5 \cdot 10^6$, $8 \cdot 10^6$, $9 \cdot 10^6$, $1 \cdot 10^7$ และ $5 \cdot 10^7$ ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามความเหมาะสมเมื่อขนาดของบัฟเฟอร์ร่วมของสวิตช์มากขึ้น ซึ่งค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กนี้ได้จากการสุ่มกำหนด (ค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กที่เหมาะสมจะทำให้เน็ตเวิร์กเข้าสู่สถานะเสถียรใช้เวลาน้อยและในสถานะเสถียรนี้ค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวในเน็ตเวิร์กจะมีการแกว่งตัวเพียงเล็กน้อย) และค่าประวิงเวลา (delay time) ภายในของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กเท่ากับ 0.01 ไมโครวินาที [3]

5.1.1 การจำลองแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 16x16

5.1.1.1 การจำลองแบบและผลการจำลองการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 16x16

การจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 16x16 จะแบ่งกลุ่มด้านเข้าออกเป็นสองกลุ่มที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกเท่ากัน คือกลุ่มที่ 1 (ด้านเข้าที่ 1 ถึง 8) มีค่าความเข้มทราฟฟิก ($\lambda_{1,8}$) เท่ากับ 0.4 และกลุ่มที่ 2 (ด้านเข้าที่ 9 ถึง 16) มีค่าความเข้มทราฟฟิก ($\lambda_{9,16}$) เท่ากับ 0.3 ดังนั้นค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์ ($\bar{\lambda}$) เท่ากับ 0.35 โดยในกลุ่มด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกเท่ากันจะได้รับการจัดสรรบัฟเฟอร์ขนาดเท่ากัน

ในที่นี้กำหนดให้การกระจายของทราฟฟิกจากด้านเข้าไปยังด้านออกเป็นแบบสม่ำเสมอ ($f^* = 1$) ดังนั้นค่าความเข้มทราฟฟิกของด้านออกของสวิตช์ (λ^*) จะเท่ากับค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์คือเท่ากับ 0.35 และสมการที่ (3.26) ซึ่งเป็นการหาค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์ (utilization factor) ของด้านเข้าที่ i จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$\rho_i^* = \lambda_i^* \left[\frac{\lambda^*}{2(1-\lambda^*)} + 1 \right] \quad (5.1)$$

แทนค่าตัวแปรต่างๆ ลงในสมการที่ (5.1) จะได้ค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์ของด้านเข้าในกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 0.5 และค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์ของด้านเข้าในกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 0.4

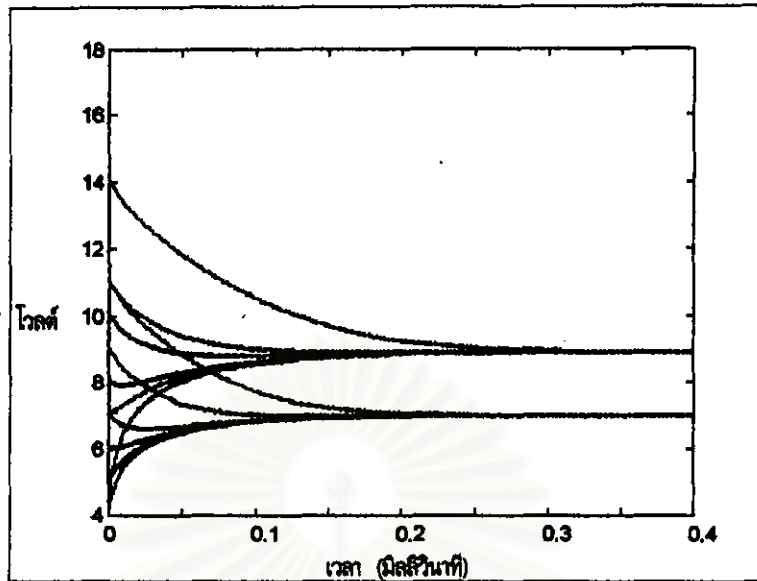
นำค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์ของแต่ละด้านเข้าที่ได้และค่าแรงดันเริ่มต้น (ได้จากการสุ่มกำหนด) แทนลงในสมการที่ (4.7) เพื่อจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าให้แก่สวิตช์

ผลการจำลองแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 16x16 แสดงในรูปที่ 5.1 ซึ่งขนาดบัฟเฟอร์ต่อด้านเข้าของสวิตช์เท่ากับ 8 (ขนาดบัฟเฟอร์รวมเท่ากับ 128) และค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเท่ากับ 8×10^6 โดยในรูปที่ 5.1(ก) แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวในเน็ตเวิร์กในระหว่างการจัดสรรจนเข้าสู่สถานะเสถียร และในรูปที่ 5.1(ข) แสดงค่าพลังงานของเน็ตเวิร์กในระหว่างการจัดสรร โดยเวลาที่ใช้ในการจัดสรรซึ่งแสดงในรูปที่ 5.1 เป็นเวลาที่ใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กที่เป็นฮาร์ดแวร์ในการจัดสรร ส่วนตารางที่ 5.1 แสดงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวของเน็ตเวิร์กทั้งก่อนและหลังการจัดสรรโดยฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก ซึ่งค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวหลังการจัด

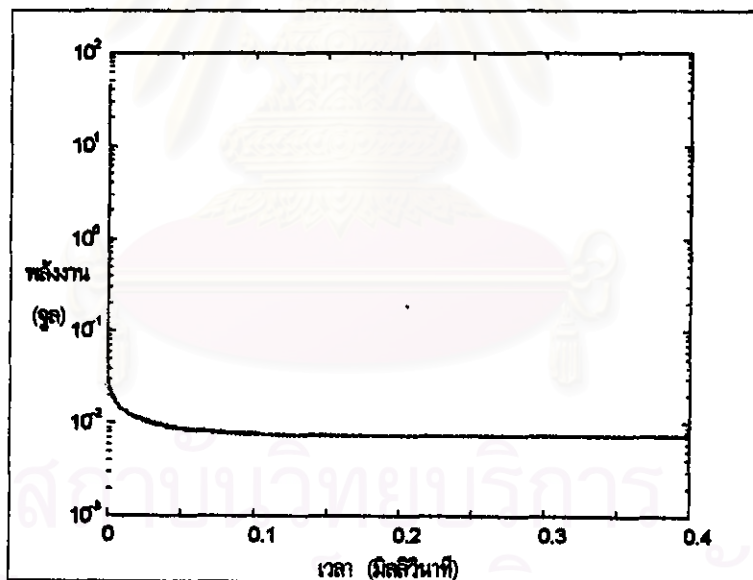
สรรจะเป็นค่าแรงดันที่เน็ตเวิร์กอยู่ในสถานะเสถียร ในการจำลองการจัดสรรบัพเฟออร์ด้านเข้าให้แก่สวิตช์ขนาด 16x16 นี้จะไม่แสดงผลการจำลองการจัดสรรที่ขนาดบัพเฟออร์ด้านเข้าค่าอื่นคือขนาดบัพเฟออร์ด้านเข้าเท่ากับ 9 ถึง 15 (ขนาดบัพเฟออร์รวมเท่ากับ 144 ถึง 240) แต่จะแสดงผลการจำลองการจัดสรรในสวิตช์ขนาด 24x24 (ผลการจำลองการจัดสรรคือรูปการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวในเน็ตเวิร์กและค่าพลังงานของเน็ตเวิร์กรวมทั้งตารางแสดงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวของเน็ตเวิร์กทั้งก่อนและหลังการจัดสรรโดยซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์ก)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.1 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

$$(N \times N = 16 \times 16, \mu = 8 \times 10^6, B = 128, B/N = 8, \lambda_{1-8} = 0.4, \lambda_{9-16} = 0.3)$$

ตารางที่ 5.1 ค่าแรงดันด้านนอกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 16 \times 16$, $\mu = 8 \times 10^6$, $B = 128$, $B/N = 8$, $\lambda_{1-8} = 0.4$, $\lambda_{9-16} = 0.3$)

นิรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านนอก ของนิรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านนอกของนิรอนหลังการจัดสรรโดย ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก (โวลต์)
1	10	8.9212
2	13	8.9216
3	11	8.9212
4	17	8.9295
5	14	8.9221
6	10	8.9212
7	13	8.9216
8	7	8.9211
9	9	7.0119
10	12	7.012
11	10	7.0119
12	9	7.0119
13	14	7.0124
14	8	7.0119
15	7	7.0119
16	10	7.0119

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1.2 ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์ขนาด 16×16

ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์ คือค่าเฉลี่ยของความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตของด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์ ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตของด้านเข้าที่ i ได้จากการนำค่านัฟเฟอร์ของด้านเข้าที่ i ซึ่งได้จากการจัดสรรโดยใช้ขอบฟิลต์เน็ตเวอร์ก (b) และค่าความเข้มกราฟฟิกของด้านเข้าที่ i (λ_i^*) แทนลงในสมการที่ (3.18) ดังนี้

$$\Pi_K = \lambda_i \Pi_{i0} \bar{p}_i \bar{R}_i (\bar{H}^* \bar{R}_i)^{K-2} \bar{H}^* (\bar{I} - \lambda_i \bar{S}_i - \bar{H}^*)^{-1}$$

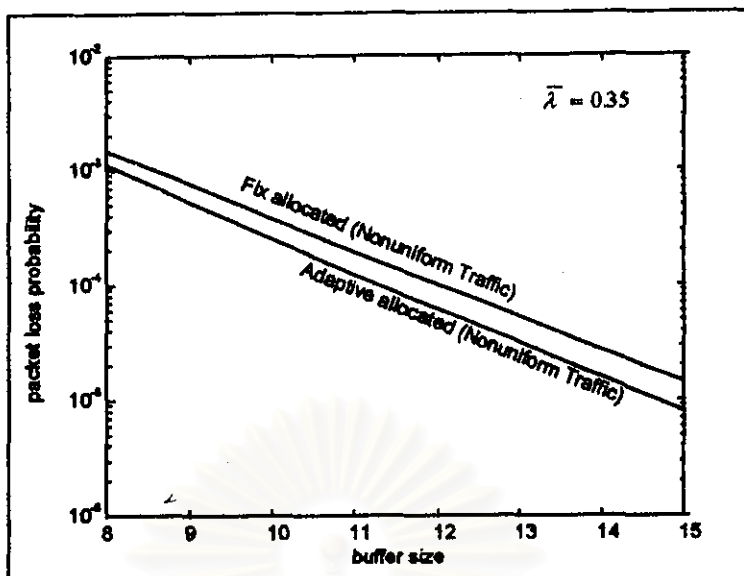
เมื่อ

$$\bar{R}_i = \lambda_i [\bar{I} - (1 - \lambda_i) \bar{H}^* - \lambda_i \bar{e} \bar{p}_i]^{-1}$$

$$\Pi_{i0} = \left[1 + \bar{p}_i \bar{R}_i \left[\sum_{j=1}^{K-1} (\bar{H}^* \bar{R}_i)^{j-1} + \lambda_i (\bar{H}^* \bar{R}_i)^{K-2} \bar{H}^* (\bar{I} - \lambda_i \bar{S}_i - \bar{H}^*)^{-1} \right] \bar{e} \right]^{-1}$$

เมื่อ K คือขนาดบัฟเฟอร์ซึ่งก็คือขนาดบัฟเฟอร์ของด้านเข้าที่ i (b) เนื่องจากในที่นี้กำหนดให้การกระจายของกราฟฟิกจากด้านเข้าไปยังด้านออกเป็นแบบสม่ำเสมอ ($f^* = 1$) ดังนั้นความเข้มกราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์จะเท่ากับค่าความเข้มกราฟฟิกของด้านออกของสวิตช์ (λ^*) คือเท่ากับ 0.35 ซึ่งจาก [1] ถ้าค่าความเข้มกราฟฟิกของด้านออกของสวิตช์ (λ^*) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.75 จะกำหนดให้จำนวนแพ็กเก็ตสูงสุดที่แย่งเพื่อไปยังด้านออกที่ j (M_j) เท่ากับ 10 ซึ่งเป็นขนาดของเมตริกซ์ \bar{H}^* หลังจากได้ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตของด้านเข้าแต่ละตัวแล้วจะนำค่าที่ได้ทั้งหมดมารวมกันแล้วจึงหารด้วยจำนวนของด้านเข้าดังสมการที่ (3.20)

ในที่นี้จะทำการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์ในสภาวะกราฟฟิกไม่สม่ำเสมอระหว่างสวิตช์ที่มีการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าแบบคงที่ (Fix allocated) และสวิตช์ที่มีการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าตามค่าความเข้มกราฟฟิก (Adaptive allocated) โดยใช้ขอบฟิลต์เน็ตเวอร์ก ซึ่งเป็นวิธีที่เสนอโดยทั้งสองกรณีพิจารณาที่ค่าความเข้มกราฟฟิกเฉลี่ยเท่ากัน คือเท่ากับ 0.35 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ผลของการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์โดยใช้ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

$$(N \times N = 16 \times 16, \lambda_{1-9} = 0.4, \lambda_{9-16} = 0.3)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 การจำลองแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 24x24

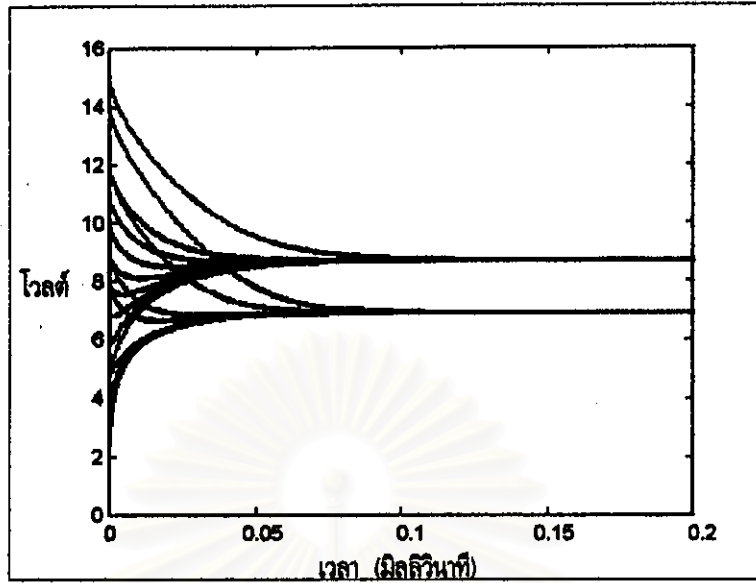
5.1.2.1 การจำลองแบบและผลการจำลองการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 24x24

การจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 24x24 ตัวอย่างแรกจะแบ่งกลุ่มด้านเข้าออกเป็นสองกลุ่มที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกเท่ากันเช่นเดียวกับ 5.1.1 คือกลุ่มที่ 1 (ด้านเข้าที่ 1 ถึง 14) มีค่าความเข้มทราฟฟิก (λ_{1-14}) เท่ากับ 0.45 และกลุ่มที่ 2 (ด้านเข้าที่ 9 ถึง 16) มีค่าความเข้มทราฟฟิก (λ_{17-24}) เท่ากับ 0.35 ดังนั้นค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์ ($\bar{\lambda}$) เท่ากับ 0.41 โดยในกลุ่มด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกเท่ากันจะได้รับการจัดสรรบัฟเฟอร์ขนาดเท่ากัน

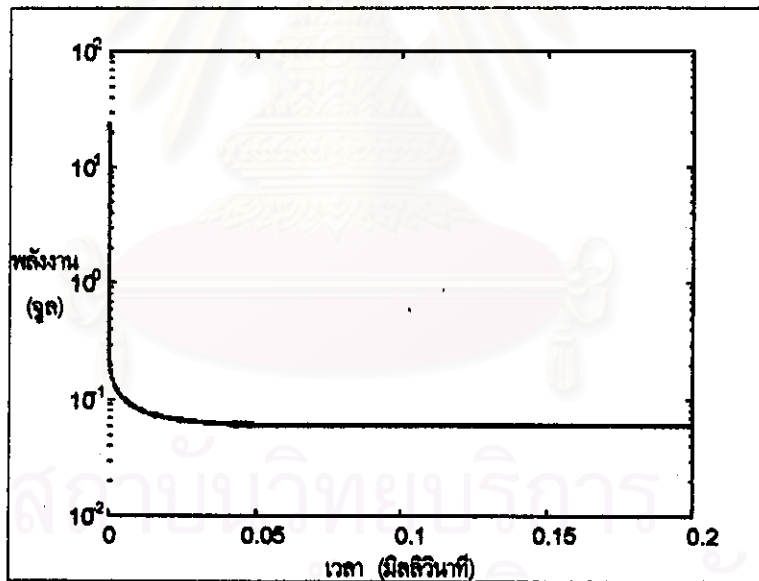
และกำหนดให้การกระจายของทราฟฟิกจากด้านเข้าไปยังด้านออกเป็นแบบสม่ำเสมอ ($f^* = 1$) ดังนั้นค่าความเข้มทราฟฟิกของด้านออกของสวิตช์ (λ^*) จะเท่ากับค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์คือเท่ากับ 0.41 แทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการที่ (5.1) จะได้ค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์ของด้านเข้าแต่ละตัว จากนั้นนำค่าปัจจัยการใช้ประโยชน์ของแต่ละด้านเข้าที่ได้และค่าแรงดันเริ่มต้น (ได้จากการสุ่มกำหนด) แทนลงในสมการที่ (4.7) เพื่อจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าให้แก่สวิตช์

ผลการจำลองแบบการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ขนาด 24x24 แสดงในรูปที่ 5.3 ถึงรูปที่ 5.10 ซึ่งขนาดบัฟเฟอร์ต่อด้านเข้าของสวิตช์เริ่มตั้งแต่ 8 ถึง 15 (ขนาดบัฟเฟอร์รวมเท่ากับ 192 ถึง 360) และค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กจะมีค่าระหว่าง $8 \cdot 10^6$ ถึง $1 \cdot 10^7$ โดยในรูปที่ 5.3(ก) ถึงรูปที่ 5.10(ก) แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวในเน็ตเวิร์กในระหว่างการจัดสรรจนเข้าสู่สถานะเสถียร และในรูปที่ 5.3(ข) ถึงรูปที่ 5.10(ข) แสดงค่าพลังงานของเน็ตเวิร์กในระหว่างการจัดสรร โดยเวลาที่ใช้ในการจัดสรรซึ่งแสดงในรูปที่ 5.3 ถึงรูปที่ 5.10 เป็นเวลาที่ใช้ออปติลด์เน็ตเวิร์กที่เป็นฮาร์ดแวร์ในการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้แก่สวิตช์ จะเห็นว่าในเวลาเริ่มแรกของการจัดสรรค่าพลังงานของเน็ตเวิร์กจะมีค่า สูงและมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วแต่เมื่อเน็ตเวิร์กเข้าใกล้ค่าตอบการเปลี่ยนแปลงของค่าพลังงานจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลงจนเมื่อเน็ตเวิร์กเข้าสู่ค่าตอบแล้วค่าพลังงานของเน็ตเวิร์กและการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวในฮอปไฟลด์เน็ตเวิร์กจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 5.2 ถึงตารางที่ 5.9 แสดงค่าเริ่มต้นของแรงดันที่กำหนดให้แก่ด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวและค่าแรงดันด้านออกหลังจากจัดสรรบัฟเฟอร์



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.3 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัว

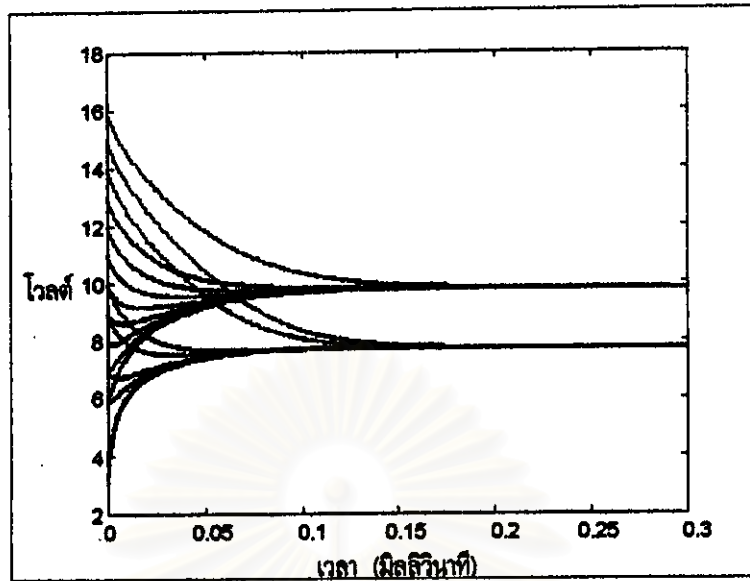
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \times 10^6$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

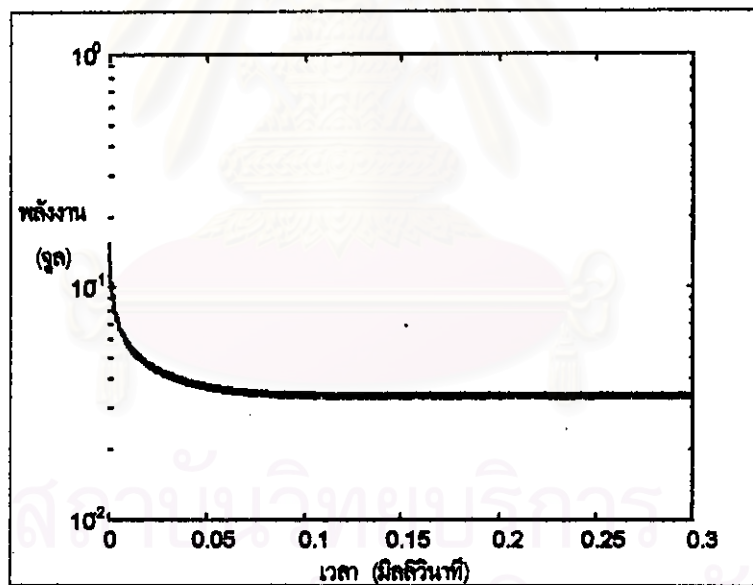
ตารางที่ 5.2 ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

$$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 8 \times 10^6, B = 192, B/N = 8, \lambda_{1-14} = 0.46, \lambda_{16-24} = 0.36)$$

นิรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านออก ของนิรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนหลังการจัดสรรโดย ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก (โวลต์)
1	9	8.7173
2	12	8.7173
3	10	8.7173
4	16	8.7175
5	13	8.7173
6	9	8.7173
7	12	8.7173
8	6	8.7173
9	8	8.7173
10	11	8.7173
11	9	8.7173
12	8	8.7173
13	13	8.7173
14	7	8.7173
15	6	6.9359
16	9	6.9359
17	15	6.9359
18	3	6.9359
19	10	6.9359
20	4	6.9359
21	13	6.9359
22	4	6.9359
23	5	6.9359
24	6	6.9359



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.4 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

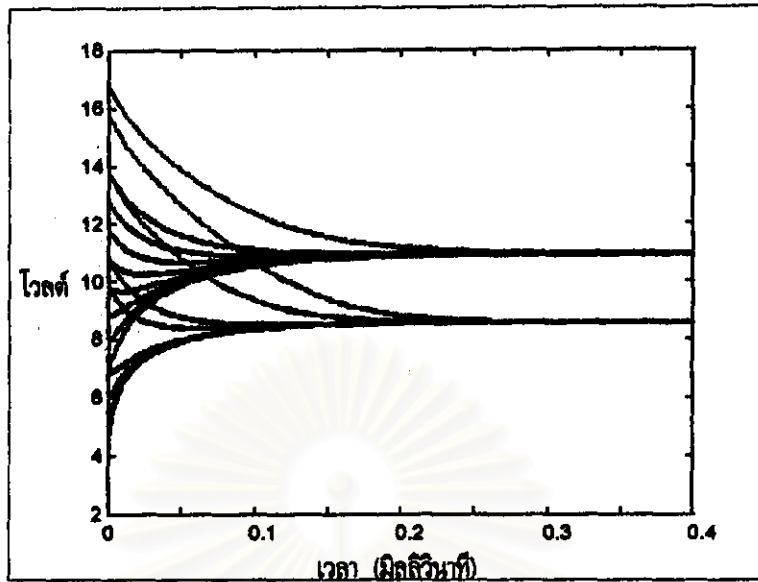
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \times 10^6$, $B = 216$, $B/N = 9\lambda_{1-14} = 0.46$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

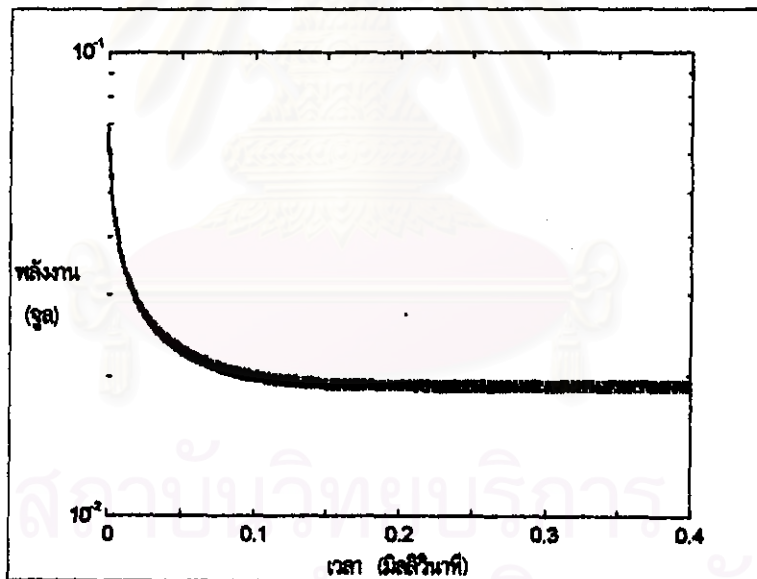
ตารางที่ 5.3 ค่าแรงดันด้านนอกของนิวรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

$$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 8 \times 10^6, B = 216, B/N = 9, \lambda_{1-14} = -0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$$

นิวรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านนอก ของนิวรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านนอกของนิวรอนหลังการจัดสรรโดย ฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก (โวลต์)
1	9	9.8662
2	11	9.8662
3	10	9.8662
4	16	9.8672
5	13	9.8664
6	9	9.8662
7	12	9.8663
8	7	9.8661
9	8	9.8661
10	11	9.8662
11	9	9.8662
12	8	9.8661
13	13	9.8664
14	7	9.8661
15	6	7.7853
16	9	7.7853
17	15	7.7854
18	3	7.7853
19	10	7.7853
20	4	7.7853
21	8	7.7853
22	5	7.7853
23	4	7.7853
24	2	7.7853



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.5 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

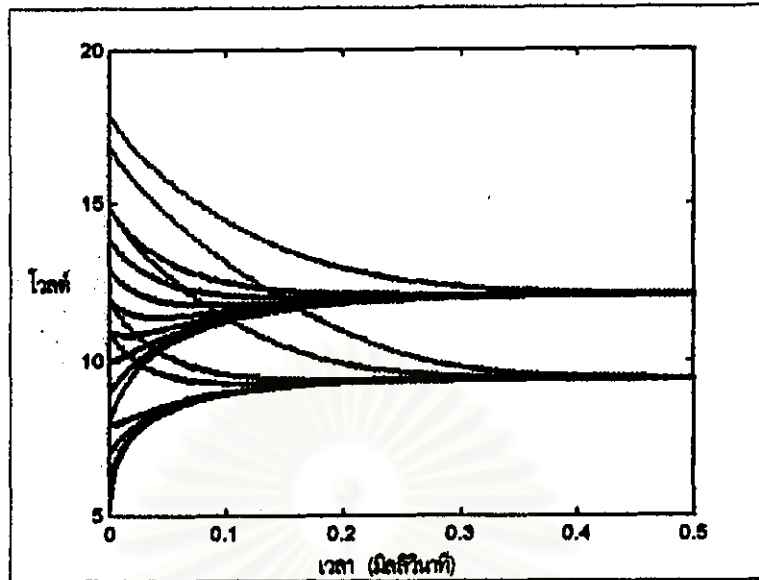
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 9 \times 10^8$, $B = 240$, $B/N = 10$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

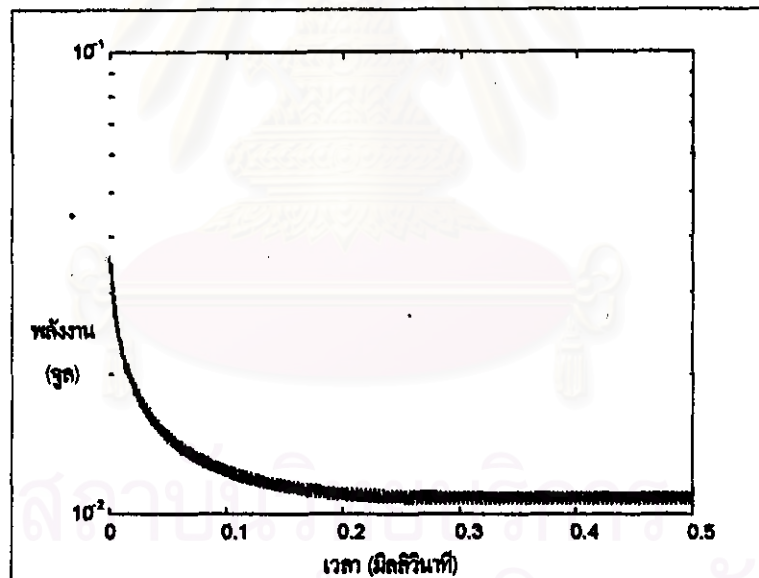
ตารางที่ 5.4 ค่าแรงดันด้านนอกของนิวรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 9 \times 10^6$, $B = 240$, $B/N = 10$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

นิวรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านนอก ของนิวรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านนอกของนิวรอนหลังการจำลอง ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก (โวลต์)
1	10	10.9361
2	13	10.9366
3	11	10.9362
4	17	10.9405
5	14	10.937
6	10	10.9361
7	13	10.9366
8	7	10.936
9	9	10.9361
10	12	10.9364
11	10	10.9361
12	9	10.9361
13	14	10.937
14	8	10.936
15	7	8.5596
16	10	8.5596
17	16	8.5596
18	4	8.5596
19	11	8.5596
20	5	8.5596
21	14	8.5599
22	5	8.5596
23	6	8.5596
24	7	8.5596



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.6 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

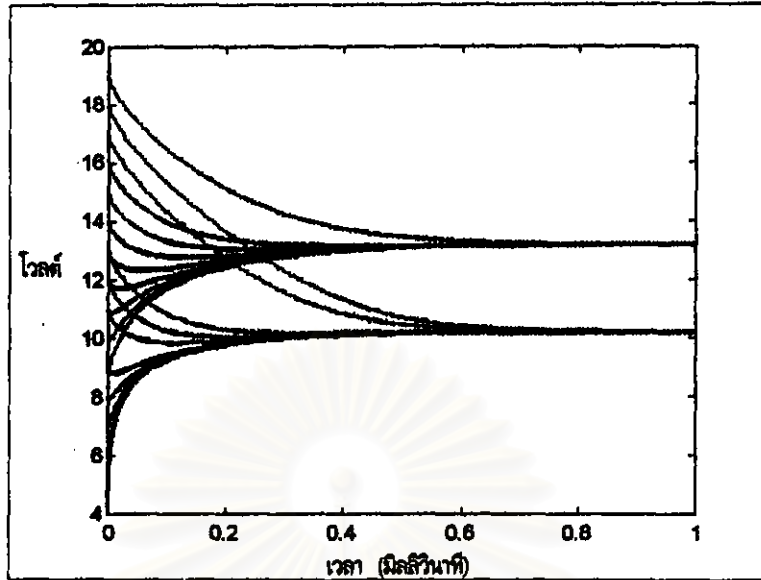
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 264$, $B/N = 11$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

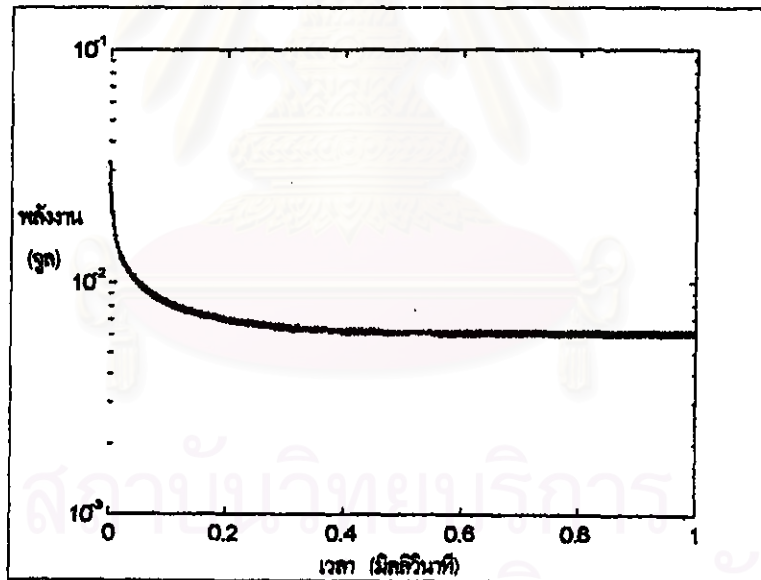
ตารางที่ 5.5 ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 264$, $B/N = 11$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

นิรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านออกของนิรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนหลังการจัดสรรโดยฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก (โวลต์)
1	11	12.0769
2	13	12.0771
3	12	12.077
4	18	12.0809
5	15	12.0777
6	11	12.0769
7	14	12.0773
8	8	12.0768
9	10	12.0768
10	13	12.0771
11	11	12.0769
12	8	12.0768
13	15	12.0777
14	9	12.0768
15	8	9.4051
16	11	9.4051
17	17	9.4062
18	5	9.4051
19	12	9.4051
20	6	9.4051
21	15	9.4054
22	6	9.4051
23	7	9.4051
24	8	9.4051



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.7 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

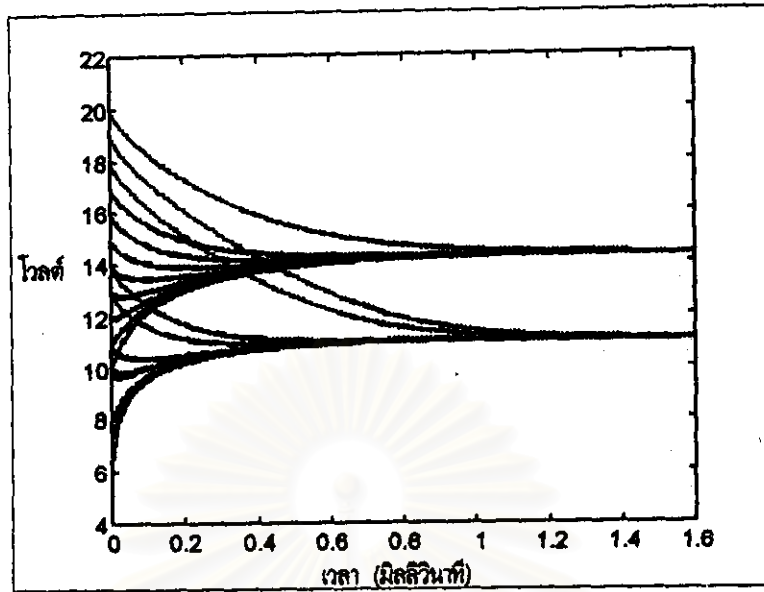
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 288$, $B/N = 12$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{16-24} = 0.35$)

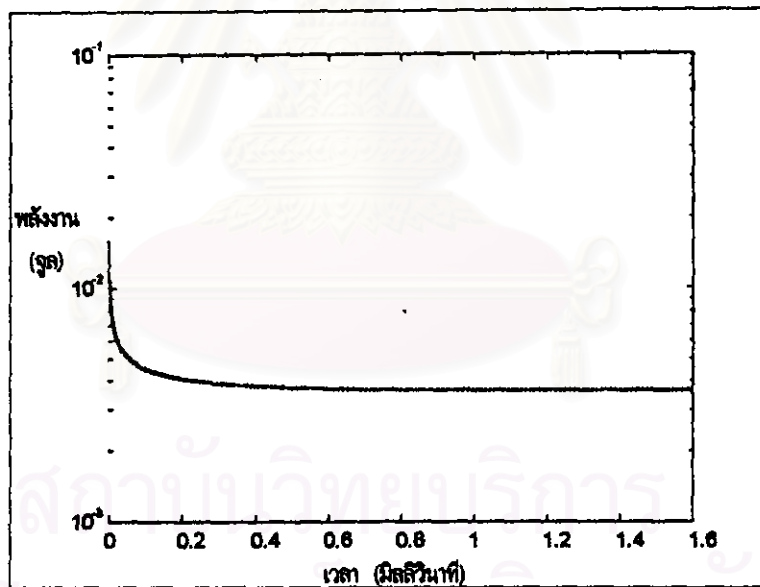
ตารางที่ 5.6 ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 288$, $B/N = 12$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

นิรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านออกของนิรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนหลังการจัดสรรโดยฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก (โวลต์)
b1	12	13.2105
b2	14	13.211
b3	13	13.2107
b4	19	13.2199
b5	16	13.2123
b6	12	13.2105
b7	15	13.2115
b8	10	13.2103
b9	11	13.2104
b10	14	13.211
b11	12	13.2105
b12	9	13.2103
b13	16	13.2123
b14	10	13.2103
b15	9	10.2436
b16	12	10.2436
b17	18	10.2477
b18	6	10.2435
b19	13	10.2437
b20	7	10.2435
b21	17	10.2456
b22	4	10.2435
b23	11	10.2436
b24	8	10.2435



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.8 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

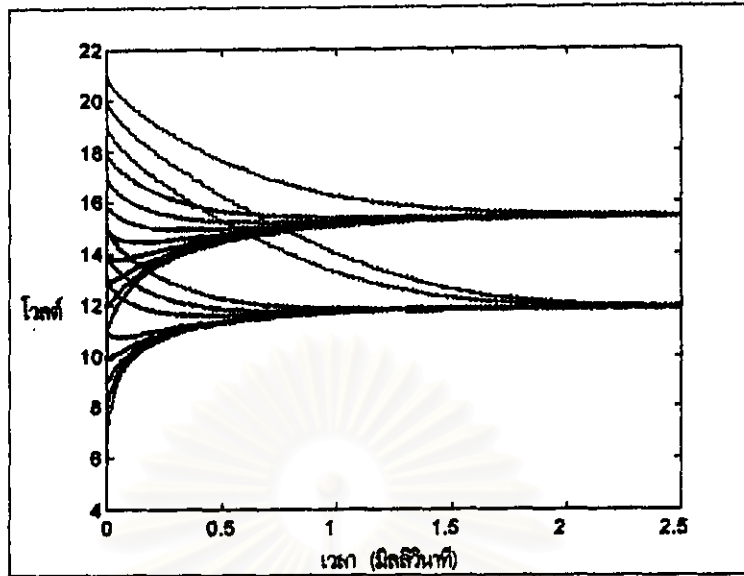
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 312$, $B/N = 13$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

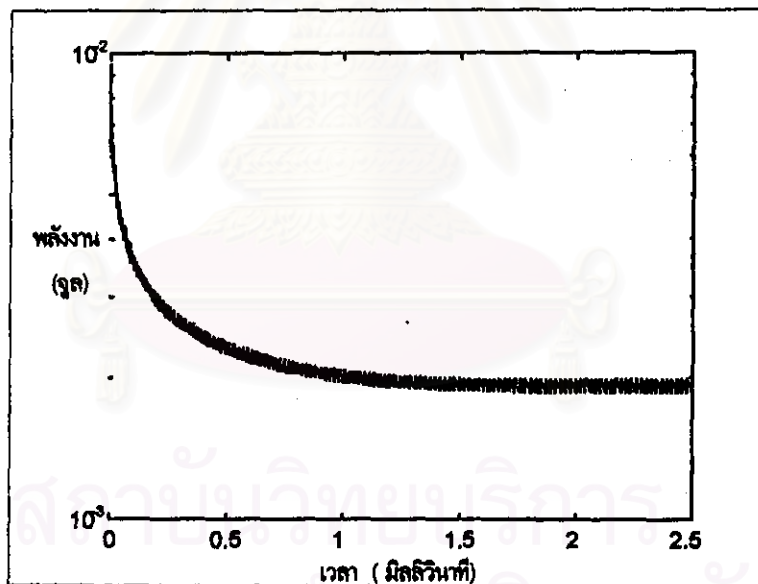
ตารางที่ 5.7 ค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

$$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 1 \cdot 10^7, B = 312, B/N = 13, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$$

นิวรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านออก ของนิวรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนหลังการจัดสรรโดย ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก (โวลต์)
1	13	14.3006
2	15	14.3016
3	14	14.301
4	20	14.3189
5	17	14.3042
6	13	14.3006
7	16	14.3025
8	11	14.3003
9	12	14.3004
10	15	14.3016
11	13	14.3006
12	10	14.3002
13	17	14.3042
14	11	14.3003
15	10	11.0397
16	13	11.0398
17	19	11.0522
18	7	11.0397
19	14	11.04
20	8	11.0397
21	18	11.0459
22	5	11.0397
23	12	11.0397
24	9	11.0397



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.9 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

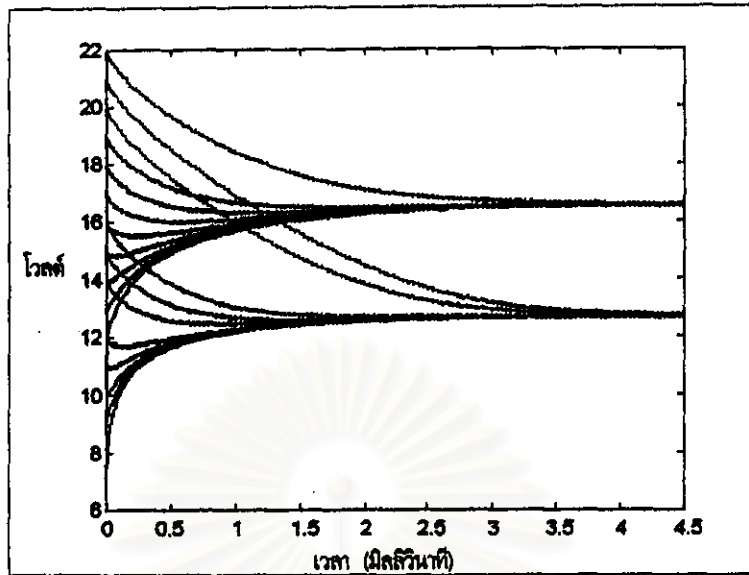
(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 336$, $B/N = 14$, $\lambda_{1-14} = 0.46$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

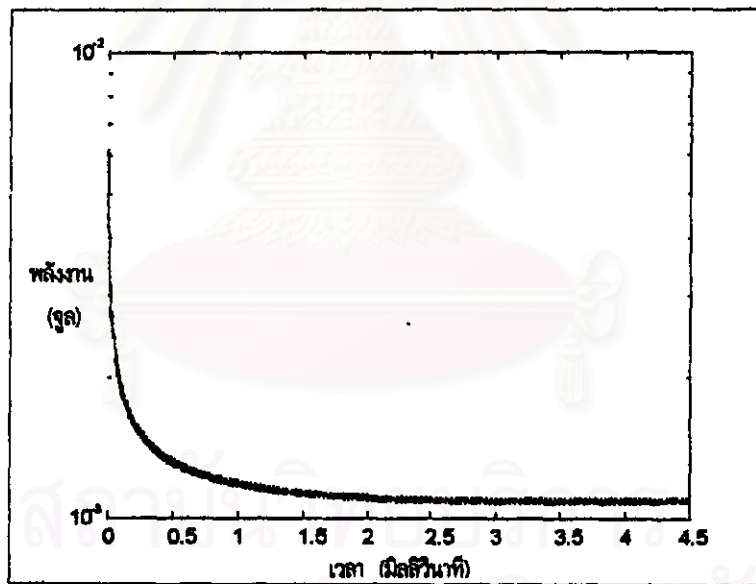
ตารางที่ 5.8 ค่าแรงดันด้านนอกของนิวรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

$$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 1 \times 10^7, B = 336, B/N = 14, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$$

นิวรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านนอกของนิวรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านนอกของนิวรอนหลังการจำลองโดยฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก (โวลต์)
1	14	15.3867
2	16	15.3885
3	15	15.3874
4	21	15.4238
5	18	15.3939
6	14	15.3867
7	17	15.3905
8	12	15.3859
9	13	15.3862
10	16	15.3885
11	14	15.3867
12	11	15.3858
13	18	15.3939
14	12	15.3859
15	11	11.8339
16	14	11.8344
17	20	11.8744
18	8	11.8338
19	15	11.8351
20	9	11.8339
21	19	11.8543
22	6	11.832
23	13	11.8338
24	10	11.8339



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.10 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันค้ำดันออกของนิวรอนแต่ละตัว

(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \cdot 10^7$, $B = 360$, $B/N = 15$, $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$)

ตารางที่ 5.9 ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 1 \times 10^7$, $B = 360$, $B/N = 15$, $\lambda_{1-14} = 0.46$, $\lambda_{15-24} = 0.36$)

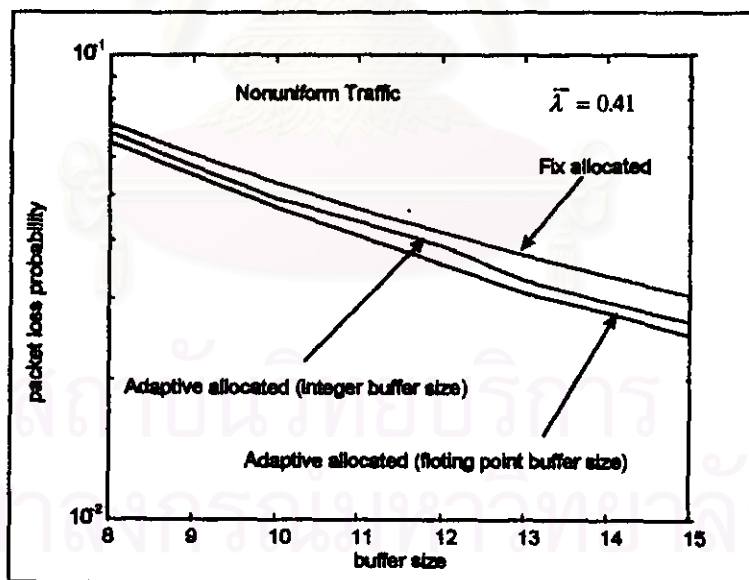
นิรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านออก ของนิรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนหลังการจำลองโดย ฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก (โวลต์)
1	15	16.4995
2	17	16.501
3	16	16.5002
4	22	16.5312
5	19	16.5057
6	15	16.4995
7	18	16.5029
8	13	16.4989
9	14	16.4991
10	17	16.501
11	15	16.4995
12	12	16.4988
13	19	16.5057
14	13	16.4989
15	12	12.6509
16	15	12.6514
17	21	12.6909
18	9	12.6508
19	16	12.652
20	10	12.6508
21	20	12.6709
22	7	12.6508
23	14	12.6511
24	11	12.6508

5.1.2.2 ความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตของสวิตช์ขนาด 24x24 และผลของการปิดเศษคำตอบ

จากตารางที่ 5.2 ถึงตารางที่ 5.9 จะเห็นว่าผลที่ได้จากการจัดสรรจะมีค่าเป็นทศนิยมแต่ในการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์นั้นต้องการคำตอบที่เป็นจำนวนเต็มเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องทำการปิดเศษให้เป็นจำนวนเต็มโดยถ้าเศษตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปจะปัดให้เป็น 1 แต่ถ้าเศษน้อยกว่า 0.5 จะปัดทิ้งไป

นำค่าบัฟเฟอร์ของด้านเข้าแต่ละด้านที่ได้หลังการจัดสรรโดยใช้ซอฟต์แวร์เน็ตเวอร์กและค่าความเข้มกราฟฟิกของด้านเข้านั้นแทนลงในสมการที่ (3.17) ถึงสมการที่ (3.20) เหมือนกับในการคำนวณในสวิตช์ขนาด 16x16 จะได้ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์

จากรูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นถึงผลของการปิดเศษคำตอบที่ได้จากแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวของเน็ตเวอร์กให้เป็นจำนวนเต็ม เพื่อนำไปเป็นค่าขนาดบัฟเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์ ซึ่งค่าของแรงดันด้านออกของนิวรอนที่เป็นจำนวนจริงนั้นจะเป็นค่าที่จุดต่ำสุดแต่เมื่อต้องปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็มเนื่องจากขนาดบัฟเฟอร์ต้องเป็นจำนวนเต็ม จึงทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์มีค่าสูงขึ้นประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5.11 ผลของการปิดเศษในคำตอบที่ได้จากแรงดันด้านออกของนิวรอน

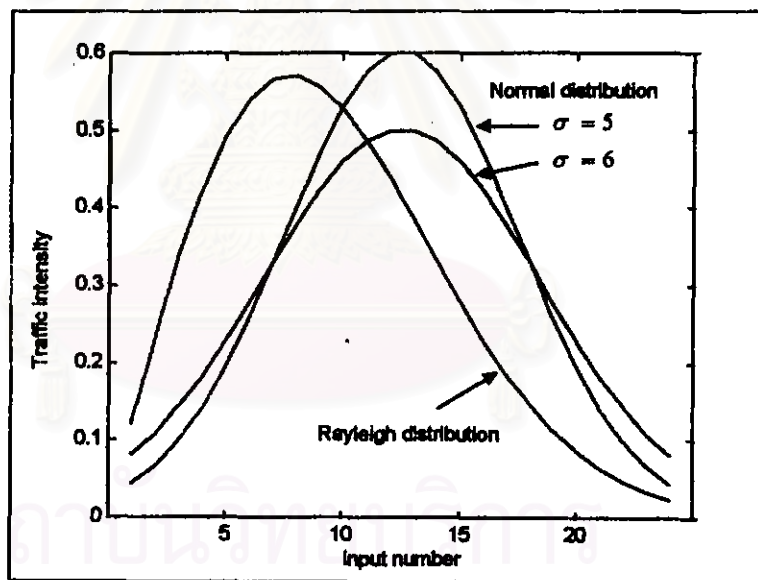
$$(N \times N = 24, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$$

5.1.2.3 การจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าของแพ็กเก็ตสวิตช์ในสภาวะความเข้มทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอ โดยมี การกระจายแบบต่างๆ

ตัวอย่างที่สองจะทดสอบที่การกระจายของค่าความเข้มทราฟฟิกของด้านเข้าของสวิตช์มีการกระจาย 2 แบบคือ

1. การกระจายแบบปกติ (Normal distribution)
2. การกระจายแบบ Rayleigh

รูปที่ 5.12 แสดงการกระจายของความเข้มทราฟฟิกของด้านเข้าของสวิตช์ ซึ่งมีการกระจาย 3 รูปแบบคือการกระจายแบบ Rayleigh และการกระจายแบบปกติที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เท่ากับ 5 และ 6 โดยทั้ง 3 แบบนี้มีค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยทั้งหมดของสวิตช์ ($\bar{\lambda}$) เท่ากับ 0.3

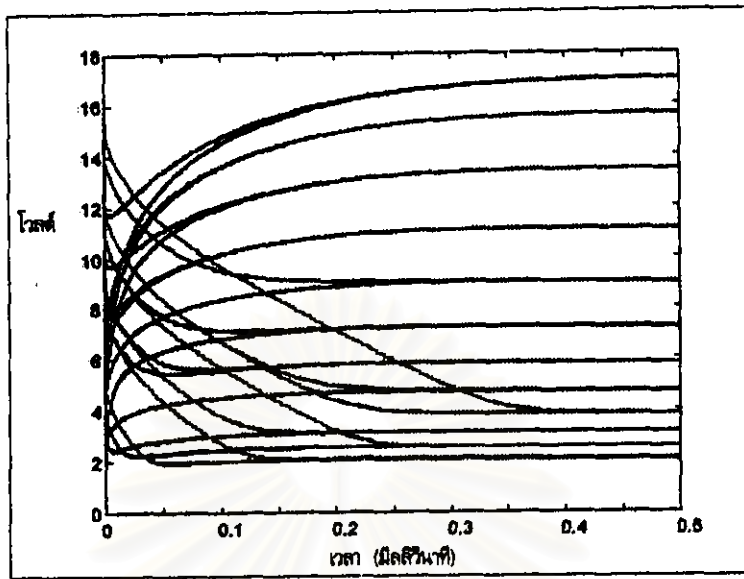


รูปที่ 5.12 การกระจายของความเข้มทราฟฟิกที่ด้านเข้าต่างๆ ของสวิตช์

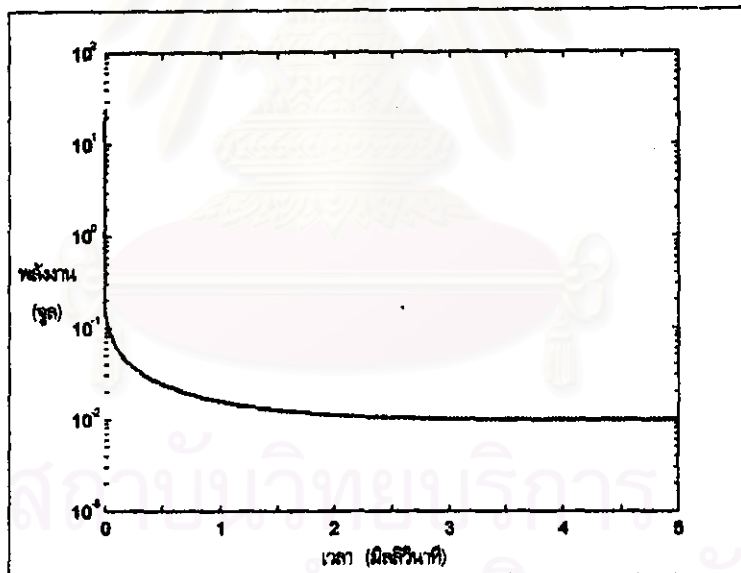
$$(N \times N = 24 \times 24, \bar{\lambda} = 0.3)$$

การทดสอบในที่นี้จะแสดงผลของการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้แก่สวิตช์ในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอ ทั้ง 3 รูปแบบดังกล่าว โดยจะแสดงผลการจัดสรรบัฟเฟอร์ให้แก่สวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์รวมเท่ากับ 192 เท่านั้น เนื่องจากในขนาดอื่นก็จะได้ผลในลักษณะเดียวกัน

ผลการจัดสรรบัพเฟอ์เมื่อกราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5)



(ก)



(ข)

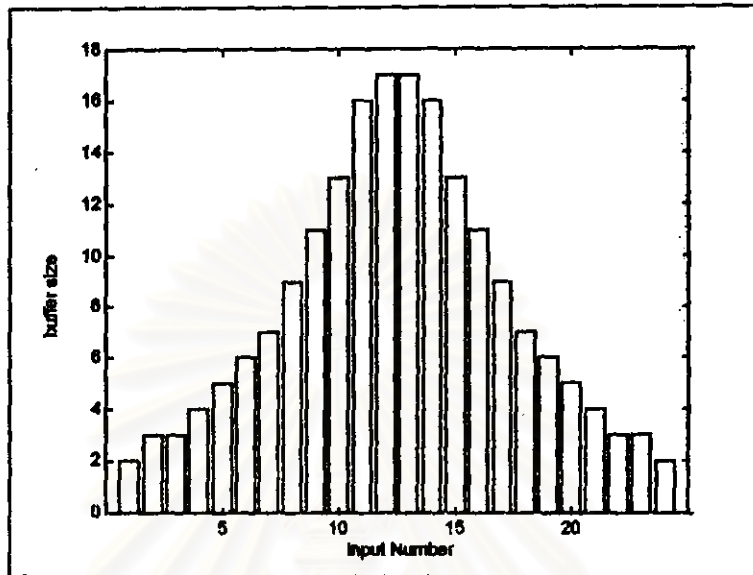
รูปที่ 5.13 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัว

(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

กราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 5)

$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 8 \times 10^6, B = 192, B/N = 8, \bar{\lambda} = 0.3)$

ขนาดของบัฟเฟอร์ที่ได้จัดสรรให้แก่ด้านเข้าแต่ละตัวจะมีการกระจายในลักษณะเดียวกับการกระจายของ ทราฟฟิกที่เข้ามายังด้านเข้าแต่ละตัวแสดงดังรูปที่ 5.14, รูปที่ 5.16 และรูปที่ 5.18



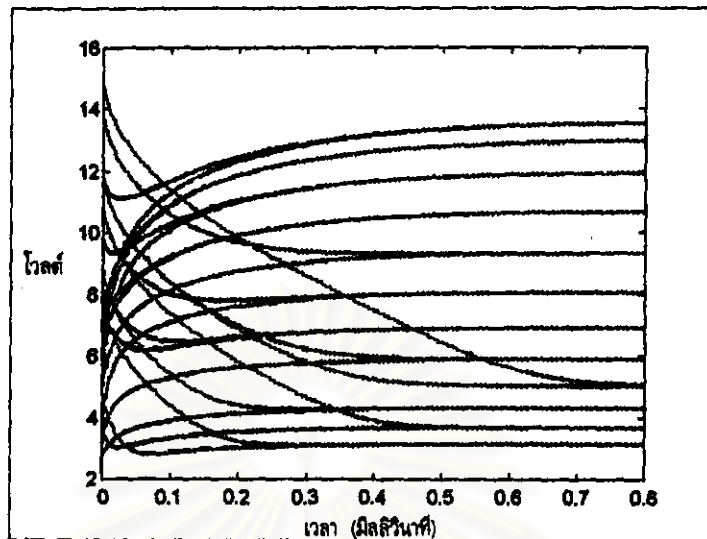
รูปที่ 5.14 ขนาดบัฟเฟอร์ที่จัดสรรให้ด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์

ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ

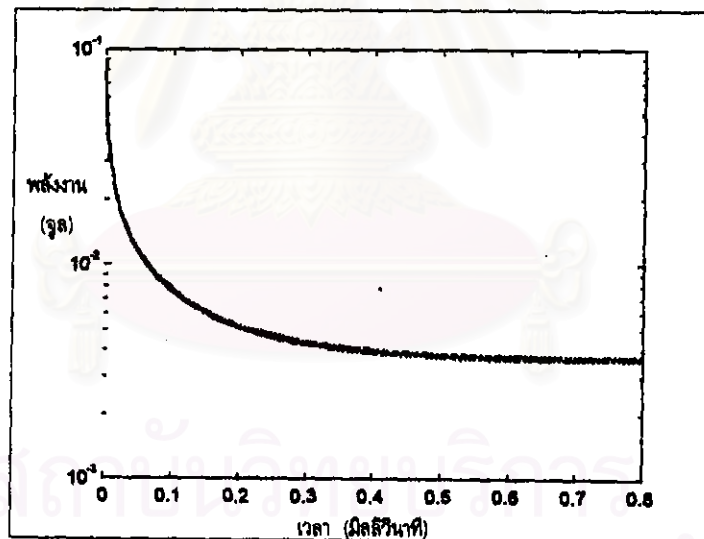
$$(N \times N = 24 \times 24, B = 192, B/N = 8, \lambda = 0.3, \sigma = 5)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการจัดสรรทรัพยากรเมื่อกราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6)



(ก)



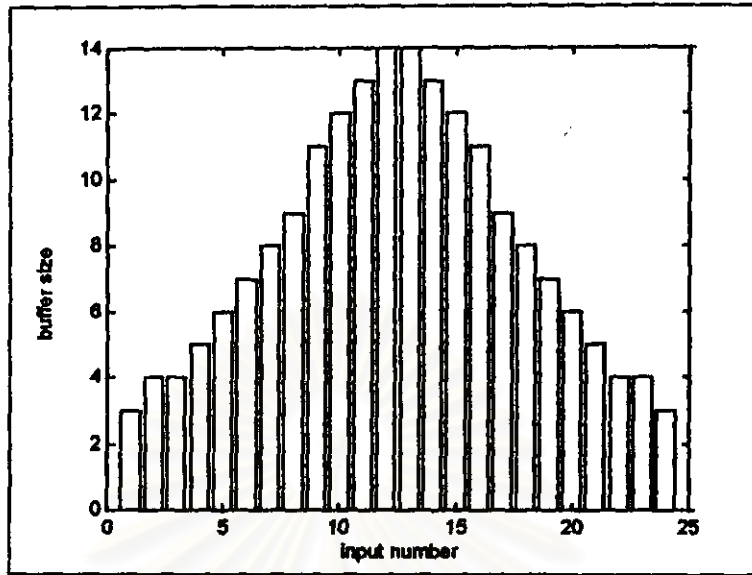
(ข)

รูปที่ 5.15 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัว

(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์ก

กราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6)

($N \times N = 24 \times 24$, $\mu = 8 \times 10^6$, $B = 192$, $B/N = 8$, $\bar{\lambda} = 0.3$)



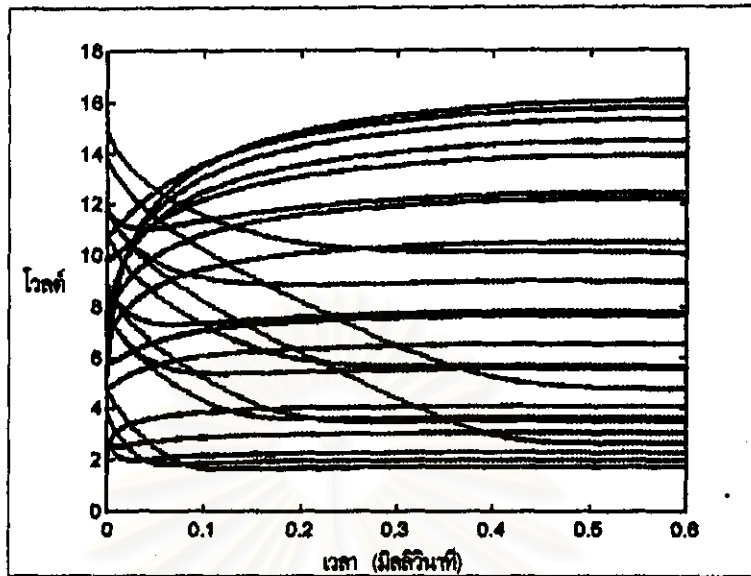
รูปที่ 5.16 ขนาดบัฟเฟอร์ที่จัดสรรให้ด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์

กราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ

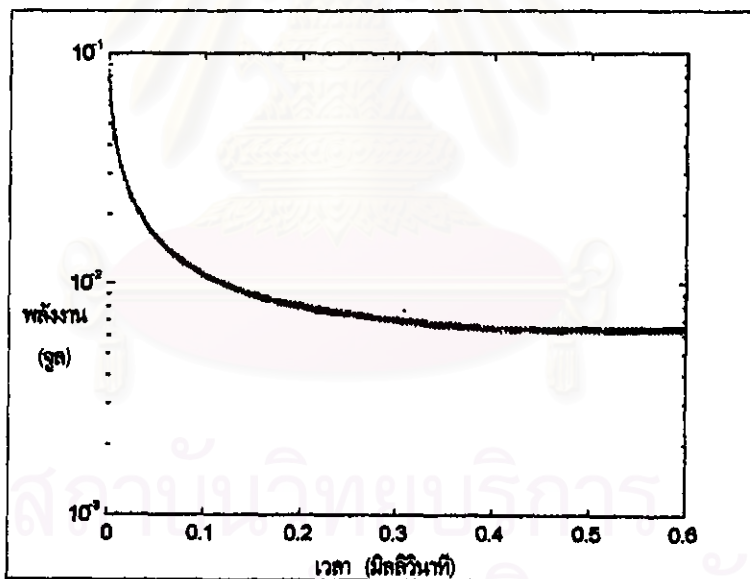
$$(N \times N = 24 \times 24, B = 192, B/N = 8, \bar{\lambda} = 0.3, \sigma = 6)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการจัดสรรบัพเฟออร์เมื่อกราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh



(ก)



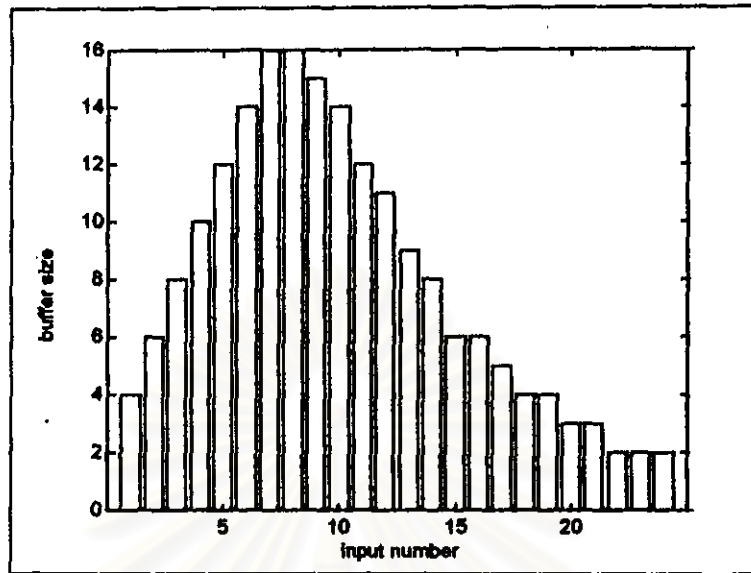
(ข)

รูปที่ 5.17 (ก) การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิวอนแต่ละตัว

(ข) การเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานของฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

ทราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh

$$(N \times N = 24 \times 24, \mu = 8 \times 10^6, B = 192, B/N = 8, \bar{\lambda} = 0.3)$$



รูปที่ 5.18 ขนาดบัฟเฟอร์ที่จัดสรรให้ด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์

กราฟที่มีการกระจายแบบ Rayleigh

$$(N \times N = 24 \times 24, B = 192, B/N = 8, \bar{\lambda} = 0.3)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2.4 ผลของทราฟฟิกที่เข้ามาไม่สม่ำเสมอ

ในรูปที่ 5.19 เป็นการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์ในสถานะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอ (ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติและแบบ Rayleigh) ระหว่างสวิตช์ที่มีการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าแบบคงที่ (Fix allocated) และสวิตช์ที่มีการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าตามค่าความเข้มทราฟฟิก (Adaptive allocated) โดยใช้ฮอปไฟลด์เน็ตเวิร์กซึ่งเป็นวิธีที่เสนอ และเปรียบเทียบกับสวิตช์ที่มีการจัดสรรบัฟเฟอร์ด้านเข้าแบบคงที่ซึ่งอยู่ในสถานะทราฟฟิกสม่ำเสมอ โดยทั้งสองกรณีพิจารณาที่ค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยเท่ากัน คือเท่ากับ 0.3 (ขนาดบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์ ซึ่งจัดสรรบัฟเฟอร์ด้วยฮอปไฟลด์เน็ตเวิร์กจะเป็นค่าที่ปิดเศษ) จะเห็นว่าผลของความไม่สม่ำเสมอของทราฟฟิกที่เข้ามายังด้านเข้าของสวิตช์จะมีผลทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์มีค่าที่สูงขึ้น เนื่องจากด้านเข้าที่มีความเข้มของทราฟฟิกที่เบาบางจะมีความต้องการขนาดของบัฟเฟอร์ที่น้อยแต่ที่ด้านเข้าที่มีความเข้มของทราฟฟิกที่สูงจะมีความต้องการขนาดของบัฟเฟอร์ที่มากซึ่งขนาดของบัฟเฟอร์ที่มีอยู่อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการจึงทำให้ความน่าจะเป็นของการสูญหายของแพ็กเก็ตสูงขึ้น ในขณะที่บัฟเฟอร์ของด้านเข้าที่มีความเข้มของทราฟฟิกที่เบาบางจะไม่มีการใช้งานบัฟเฟอร์ที่เหลืออยู่ จากการจัดให้บัฟเฟอร์ด้านเข้าแต่ละตัวมีขนาดเท่ากันดังกล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่ามีการใช้บัฟเฟอร์อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

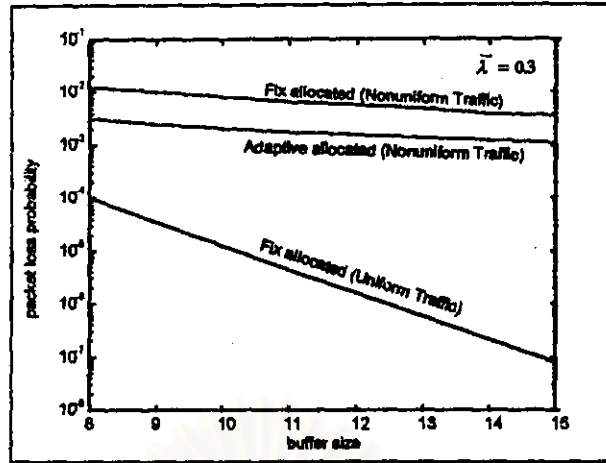
กำหนดให้ความเข้มของทราฟฟิกจากด้านเข้าไปยังด้านออก (λ_j) มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ ดังนั้น $f_j^* = 1$ จากสมการที่ (3.27) ถึงสมการที่ (3.36) จะทำให้ได้ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์ในสถานะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอที่มีการกระจายแบบต่างๆ ดังนี้ โดยทั้งหมดมีค่าทราฟฟิกเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.3

1. ในสถานะทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5) สวิตช์มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดเท่ากับ 0.391
(ด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกสูงสุดมีความเข้มทราฟฟิกเท่ากับ 0.6 และด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกต่ำสุดมีความเข้มทราฟฟิกเท่ากับ 0.0428)
2. ในสถานะทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6) สวิตช์มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดเท่ากับ 0.434
(ด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกสูงสุดมีความเข้มทราฟฟิกเท่ากับ 0.5003 และด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกต่ำสุดมีความเข้มทราฟฟิกเท่ากับ 0.08)
3. ในสถานะทราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh สวิตช์มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดเท่ากับ 0.396

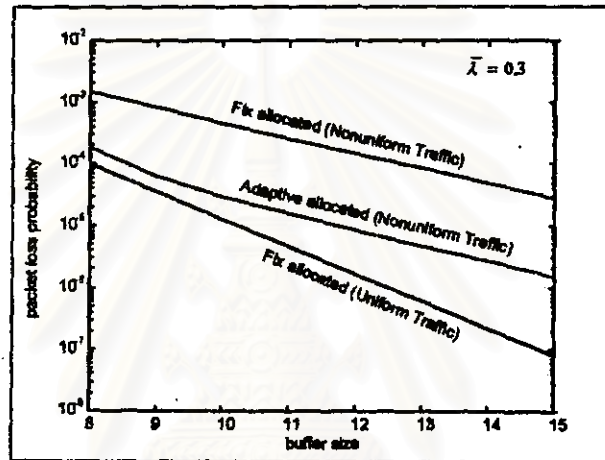
(ด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกสูงสุดมีความเข้มทราฟฟิกเท่ากับ 0.571 และด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกต่ำสุดมีความเข้มทราฟฟิกเท่ากับ 0.024)

ซึ่งในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอสวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์อยู่ที่ด้านเข้าและมีความสามารถในการส่งแพ็กเก็ตเกิดจากด้านเข้าไปยังด้านออกได้เพียงหนึ่งแพ็กเก็ตเกิดในหนึ่งช่วงเวลาจะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดเท่ากับ 0.586 [8]

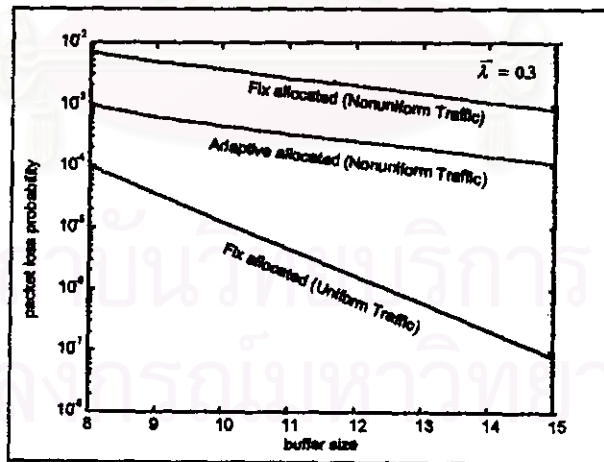
จะเห็นว่าสวิตช์ที่อยู่ในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอที่มีการกระจายของทราฟฟิกแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 5) จะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์ต่ำสุดคือ 0.391 ในขณะที่สวิตช์ที่อยู่ในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอที่มีการกระจายของทราฟฟิกแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6) จะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์สูงสุดคือ 0.434 โดยทั้งสองสภาวะสวิตช์มีค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.3 จะเห็นว่าสวิตช์ที่อยู่ในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอที่มีการกระจายของทราฟฟิกแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 5) ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ย จึงมีผลทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์มีค่าจะมีค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์มีค่าที่สูง แต่สวิตช์ที่อยู่ในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอที่มีการกระจายของทราฟฟิกแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6) มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดมากกว่าค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์มากกว่า จึงทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตรวมของสวิตช์มีค่าที่ต่ำ แสดงดังรูปที่ 5.19



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5.19 การปรับให้ดีขึ้นด้วยขอบฟิลด์เน็ตเวิร์กในสภาวะทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอแบบต่างๆ

(ก) ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 5) ($\lambda_{max} = 0.391$)

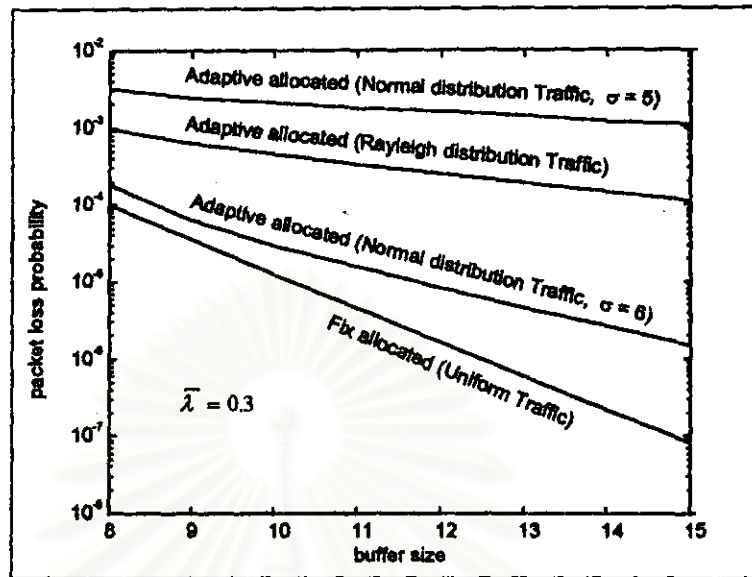
(ข) ทราฟฟิกมีการกระจายแบบปกติ (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6) ($\lambda_{max} = 0.434$)

(ค) ทราฟฟิกมีการกระจายแบบ Rayleigh ($\lambda_{max} = 0.396$)

จากรูปที่ 5.19 จะเห็นว่าในสภาวะที่สวิตช์มีค่าวิสัยสามารถลดลง จะทำให้ความสามารถในการลดค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์ด้วยฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กจะลดลงด้วย จากรูปที่ 5.19(ก) สวิตช์มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดต่ำสุดเท่ากับ 0.391 จะเห็นว่าฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กสามารถปรับค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์ให้ต่ำลงได้เพียงเล็กน้อย แต่เมื่อค่าวิสัยสามารถของสวิตช์เพิ่มขึ้นมีค่าสูงขึ้นดังรูปที่ 5.19(ค) ซึ่งมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดเท่ากับ 0.396 ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กจะสามารถปรับค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์ให้ต่ำลงได้เพิ่มขึ้น และในรูปที่ 5.19(ข) สวิตช์มีค่าวิสัยสามารถสูงสุดมากที่สุดคือเท่ากับ 0.434 ฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กจะสามารถปรับค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์ให้ต่ำลงได้มากที่สุด โดยทั้งสามสภาวะมีค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.3 เนื่องจากเมื่อค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์มีค่าใกล้เคียงกับค่าวิสัยสามารถสูงสุดจะเป็นการเข้าใกล้จุดอิ่มตัวของสวิตช์จึงทำให้ความสามารถในการลดค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์ด้วยฮอปฟิลด์เน็ตเวิร์กลดลง

จากผลการทดสอบข้างต้นยังพบอีกว่า ณ ค่าความเข้มทราฟฟิกเฉลี่ยของสวิตช์เท่ากัน สวิตช์ที่มีความแตกต่างของค่าความเข้มทราฟฟิกระหว่างด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกที่สูงสุดกับด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกที่ต่ำสุดมีค่ามากจะทำให้ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์มีค่าต่ำลง หรืออาจกล่าวได้ว่า สวิตช์ที่อยู่ในสภาวะที่ทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอมาก ก็จะทำให้ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของสวิตช์มีค่าลดลงตาม และค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แสดงดังรูปที่ 5.20 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์ในสภาวะทราฟฟิกมีการกระจายแบบต่างๆ จะเห็นว่าในสภาวะทราฟฟิกมีการกระจายแบบสม่ำเสมอจะมีค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์มีค่าต่ำที่สุด และสวิตช์ที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอที่มีความแตกต่างของความเข้มทราฟฟิกระหว่างด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกสูงสุดกับด้านเข้าที่มีค่าความเข้มทราฟฟิกต่ำสุดค่ามาก จะมีค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเกตรวมของสวิตช์มีค่าสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.20 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของการสูญหายแพ็กเก็ตโดยรวมของสวิตช์ใน

สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบต่างๆ

$$(N \times N = 24 \times 24, \bar{\lambda} = 0.3)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 การวิเคราะห์การจำลองแบบ

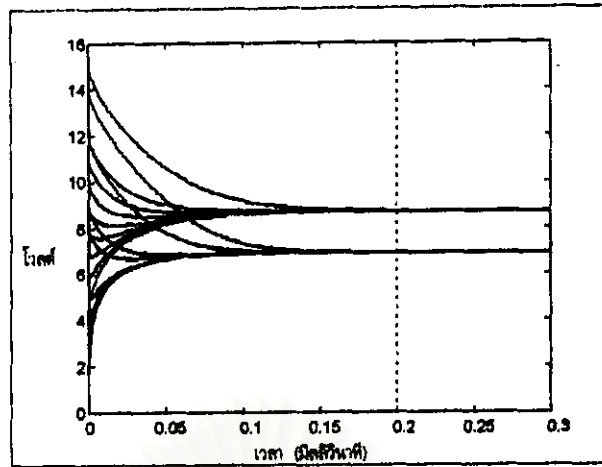
5.2.1 ผลของค่าอัตราการเรียนรู้ค่าต่างๆ ที่มีผลต่อเน็ตเวอร์ก

ในการกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวอร์กจะได้รับการสุ่มกำหนดค่าแล้วจึงจำลองให้เน็ตเวอร์กจัดสรรเพื่อหาขนาดบัพเฟอร์ที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นจะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์กและระยะเวลาตั้งแต่เริ่มจัดสรรจนกระทั่งเน็ตเวอร์กเข้าสู่สถานะเสถียร นั่นคือค่าอัตราการเรียนรู้ที่เหมาะสมจะทำให้เน็ตเวอร์กเข้าสู่สถานะเสถียรโดยใช้เวลาน้อยที่สุดซึ่ง ณ จุดที่เน็ตเวอร์กอยู่ในสถานะเสถียรนี้การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวและการเปลี่ยนแปลงของสมการพลังงานจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในรูปที่ 5.21 แสดงถึงผลจากค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวอร์กค่าต่างๆ ($\mu = 5 \cdot 10^6$, $\mu = 8 \cdot 10^6$, $\mu = 5 \cdot 10^7$) ซึ่งในที่นี้ได้แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์กโดยสวิตช์บัพเฟอร์รวมขนาด

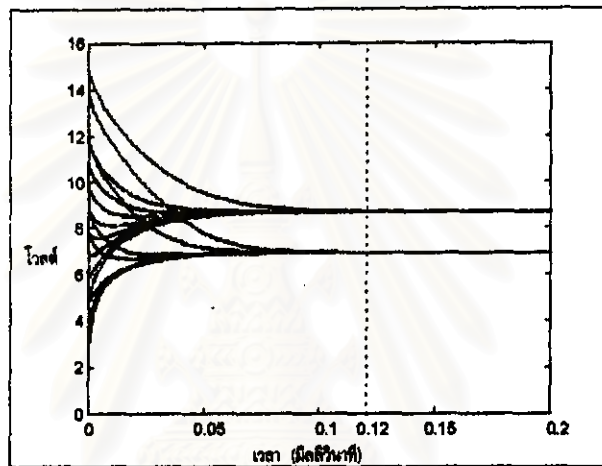
192

ในรูปที่ 5.21(ก) ค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวอร์กมีค่าน้อย ($\mu = 5 \cdot 10^6$) จะเห็นว่าการเข้าสู่สถานะเสถียรของเน็ตเวอร์กจะใช้เวลาประมาณ 0.2 มิลลิวินาที ในรูปที่ 5.21(ข) ค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวอร์กเป็นค่าที่พอเหมาะ ($\mu = 8 \cdot 10^6$) การเข้าสู่สถานะเสถียรของเน็ตเวอร์กจะใช้เวลาประมาณ 0.12 มิลลิวินาที ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าในรูปที่ 5.9(ก) และให้ค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัว ณ สถานะเสถียรของเน็ตเวอร์กมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเช่นกัน ส่วนในรูปที่ 5.21(ค) ค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวอร์กมีค่าที่สูงเกินไป ($\mu = 5 \cdot 10^7$) การเข้าสู่สถานะเสถียรของเน็ตเวอร์กจะใช้เวลาประมาณ 0.015 มิลลิวินาที จะเห็นว่าใช้เวลาในการเข้าสู่สถานะเสถียรน้อยกว่ามาก แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัวในเน็ตเวอร์กจะมีการแกว่งตัวรอบๆ ค่าเสถียร

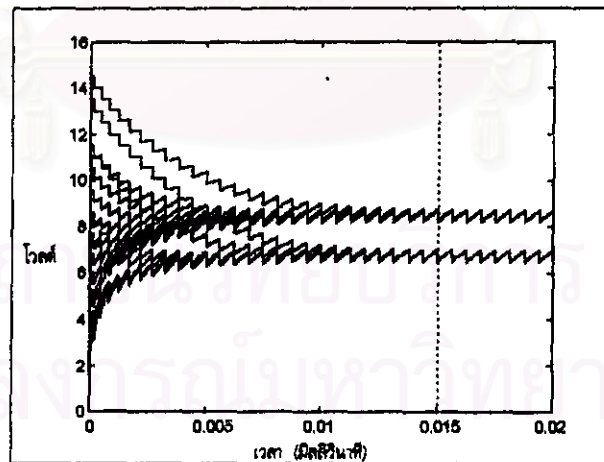
ค่าผลลัพธ์ของแรงดันด้านออกของนิรอนแต่ละตัว ณ สถานะเสถียรที่ได้หลังการจัดสรรที่ค่าอัตราการเรียนรู้ทั้งสามจะต่างกันประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5.21 ผลจากการแก้สมการการเรียนรู้ที่ต่างกัน (ก) $\mu = 5 \cdot 10^6$ (ข) $\mu = 8 \cdot 10^6$ (ค) $\mu = 5 \cdot 10^7$

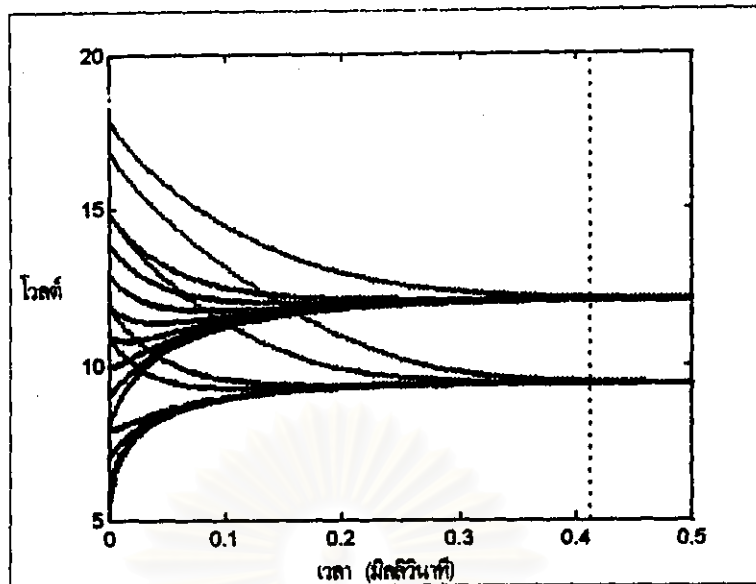
$$(B = 192, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$$

5.2.2 ผลของการไม่เพิ่มค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเมื่อขนาดบัพเฟอร์ร่วมของสวิตช์เพิ่มขึ้น

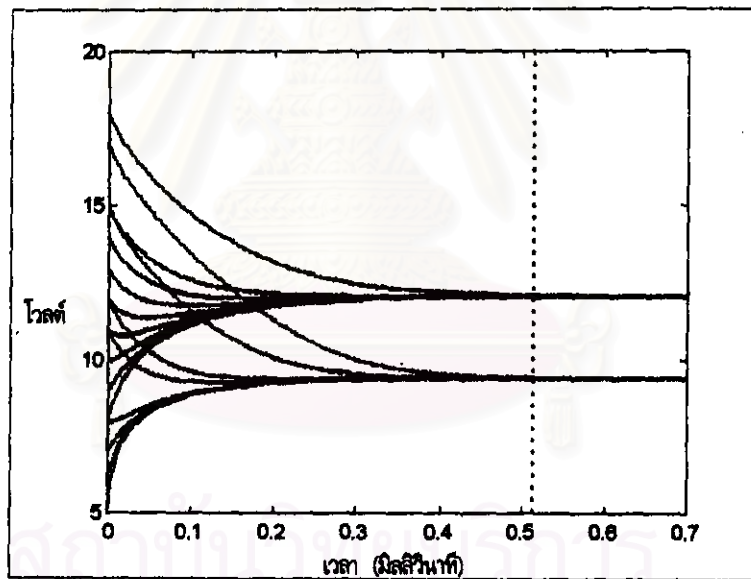
การทดสอบผลของการไม่รับค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดบัพเฟอร์ร่วมของสวิตช์เพิ่มขึ้น จะทำการทดสอบในการจัดสรรบัพเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์ขนาด 24×24 และค่าความเข้มทราฟฟิกของด้านเข้าที่ 1 ถึง 14 เท่ากับ 0.45 และค่าความเข้มทราฟฟิกของด้านเข้าที่ 15 ถึง 24 เท่ากับ 0.35 โดยการนำค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กที่ใช้ในการจัดสรรบัพเฟอร์ให้กับสวิตช์ที่มีขนาดบัพเฟอร์ร่วมเท่ากับ 240 ซึ่งเท่ากับ 9×10^6 มาใช้ในการจัดสรรบัพเฟอร์ให้กับสวิตช์ที่มีขนาดบัพเฟอร์ร่วมเท่ากับ 264 ผลการจำลองแบบแสดงดังรูปที่ 5.22

รูปที่ 5.22(ก) แสดงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวเมื่อค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเท่ากับ 1×10^7 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม แต่ในรูปที่ 5.22(ข) แสดงค่าแรงดันด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวเมื่อค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเท่ากับ 9×10^6 ซึ่งเป็นค่าอัตราการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดสรรบัพเฟอร์ให้แก่สวิตช์ที่มีบัพเฟอร์ร่วมเท่ากับ 240 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยไปสำหรับสวิตช์ที่มีบัพเฟอร์ร่วมเท่ากับ 264 จึงทำให้เน็ตเวิร์กเข้าสู่สถานะเสถียรที่ช้าลง โดยในรูปที่ 5.22(ก) เน็ตเวิร์กเข้าสู่สถานะเสถียรที่เวลาประมาณ 0.41 มิลลิวินาที และรูปที่ 5.22(ข) เน็ตเวิร์กเข้าสู่สถานะเสถียรที่เวลาประมาณ 0.52 มิลลิวินาที ดังนั้นค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กค่าหนึ่งจะเหมาะสมกับขนาดของบัพเฟอร์ร่วมค่าหนึ่งเท่านั้นซึ่งถ้าขนาดของบัพเฟอร์ร่วมของสวิตช์มีขนาดเปลี่ยนไปก็จะต้องทำการกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ใหม่ นั่นคือถ้าขนาดของบัพเฟอร์ร่วมของสวิตช์มีค่ามากขึ้นก็อาจต้องทำการเพิ่มค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเพื่อให้เน็ตเวิร์กเข้าสู่สถานะเสถียรในเวลาที่เหมาะสมและการเปลี่ยนแปลงของค่าด้านออกของนิวรอนแต่ละตัวในเน็ตเวิร์กมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.22 ผลของค่าอัตราการเรียนรู้ที่มีต่อระยะเวลาของการเข้าสู่สถานะเสถียรของเน็ตเวิร์ก

(ก) ค่าอัตราการเรียนรู้ที่เหมาะสม ($\mu = 1 \cdot 10^7$)

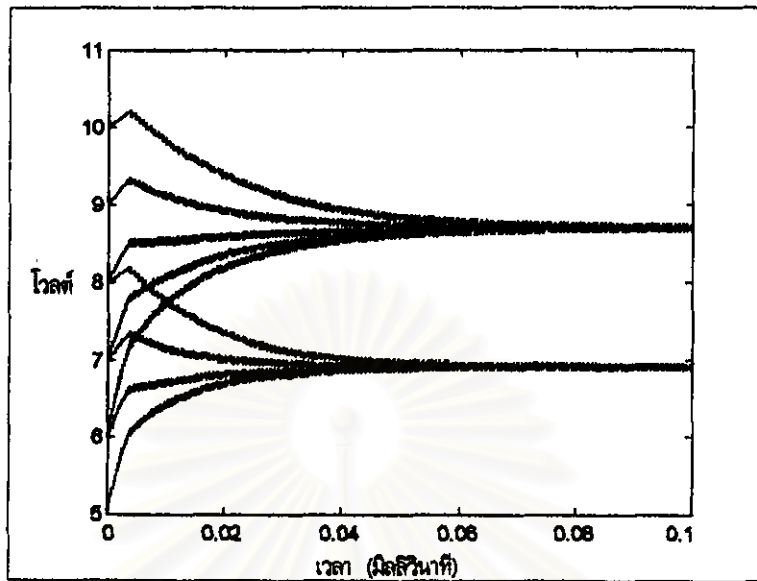
(ข) ค่าอัตราการเรียนรู้ที่น้อยไป ($\mu = 9 \cdot 10^6$)

($B = 264, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{16-24} = 0.35$)

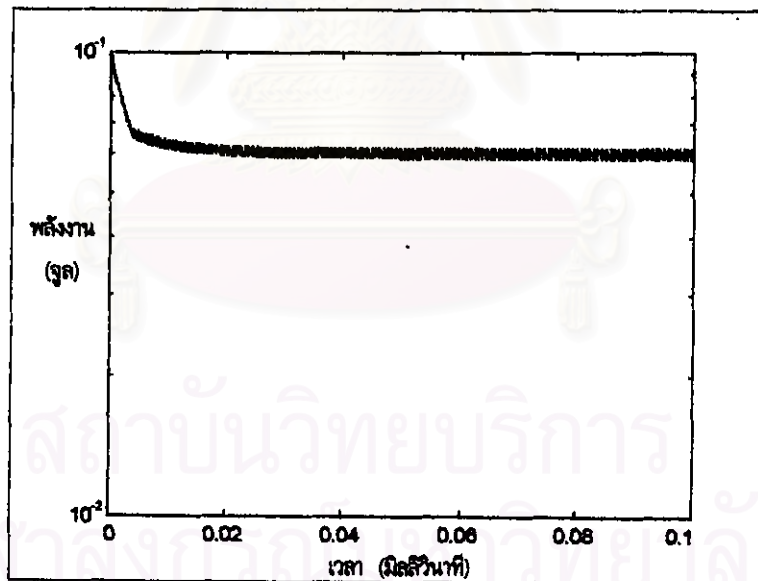
5.2.3 ผลของการกำหนดค่าเริ่มต้นแรงดันด้านออกของนิวรอนในซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์ก

การกำหนดค่าเริ่มต้นของขนาดบัพเฟอร์ในด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์ก็มีผลต่อเวลาในการเข้าสู่สถานะเสถียรของเน็ตเวิร์ก แสดงดังรูปที่ 5.23 ซึ่งเป็นการจัดสรรบัพเฟอร์ด้านเข้าของสวิตช์ขนาด 24×24 ซึ่งมีบัพเฟอร์ร่วมเท่ากับ 192 ค่าอัตราการเรียนรู้ของเน็ตเวิร์กเท่ากัน ($\mu = 8 \times 10^6$) และ $\lambda_{1-14} = 0.45$, $\lambda_{15-24} = 0.35$ โดยในที่นี้จะกำหนดค่าเริ่มต้นของขนาดบัพเฟอร์ในด้านเข้าแต่ละตัวของสวิตช์ใกล้เคียงกับขนาดบัพเฟอร์ที่ทำให้เน็ตเวิร์กอยู่ในสถานะเสถียรแสดงดังตารางที่ 5.10 จะเห็นว่าเน็ตเวิร์กจะเข้าสู่สถานะเสถียรที่เร็วกว่าเน็ตเวิร์กที่กำหนดค่าเริ่มต้นห่างจากสถานะเสถียรคือที่เวลาประมาณ 0.09 มิลลิวินาที





(ก)



(ข)

รูปที่ 5.23 ผลของการกำหนดค่าเริ่มต้นใกล้กับค่าตอบที่ต้องการ

$$(\mu = 8 \cdot 10^6, B = 192, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$$

ตารางที่ 5.10 ค่าแรงดันด้านนอกของนิรอนแต่ละตัวในฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก

ซึ่งกำหนดค่าเริ่มต้นใกล้ค่าตอบ

$$(\mu = 8 \cdot 10^6, B = 192, \lambda_{1-14} = 0.45, \lambda_{15-24} = 0.35)$$

นิรอนที่	ค่าเริ่มต้นของแรงดันด้านนอก ของนิรอน (โวลต์)	ค่าแรงดันด้านนอกของนิรอนหลังการจัดสรรโดย ฮอปฟิลด์เน็ตเวอร์ก (โวลต์)
b1	10	8.6998
b2	9	8.694
b3	7	8.6883
b4	8	8.6905
b5	7	8.6883
b6	9	8.694
b7	6	8.687
b8	8	8.6905
b9	9	8.694
b10	10	8.6998
b11	8	8.6905
b12	9	8.694
b13	8	8.6905
b14	7	8.6883
b15	7	6.9106
b16	6	6.9102
b17	5	6.91
b18	7	6.9106
b19	6	6.9102
b20	8	6.9114
b21	5	6.91
b22	6	6.9102
b23	7	6.9106
b24	6	6.9102