บทที่ 3

การวิเคราะห์สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูล

การวิเคราะห์สมรรถนะของสวิตช์กลุ่มข้อมูลเกี่ยวข้องกับ

1. อัตราปริมาณงาน (Throughput)
2. การสูญเสีย (Loss)
3. เวลารอคอย (Waiting time)
4. เวลาประวิง (Delay time)

อัตราปริมาณงาน (Throughput)

อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด คือ อัตราส่วนจำนวนกลุ่มข้อมูล ที่ออกไปยังขาออกของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด ต่อจำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา

1. อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่ไม่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าของกลุ่มข้อมูลที่มีความสำคัญเดียว อัตราปริมาณงาน คือ อัตราส่วนจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไปต่อจำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา กลุ่มข้อมูลที่ไม่สามารถผ่านสวิตช์ไปได้จะถูกตัดทิ้ง ในทุกร่องเวลาการที่ไม่มี บัฟเฟอร์มีข้อดีคือ อัตราปริมาณงานมีค่าสูง แต่มี ข้อเสีย คือ การสูญเสียก็มีค่าสูง

1.1 การหาอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด ที่ไม่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้า ที่มีขาเข้า 2 ขา และขาออก 2 ขา (2x2)

1.1.1 วิธีการเข้ามาของกลุ่มข้อมูล มี $N^N = 4$ วิธี คือ

1.1.1.1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามา ที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

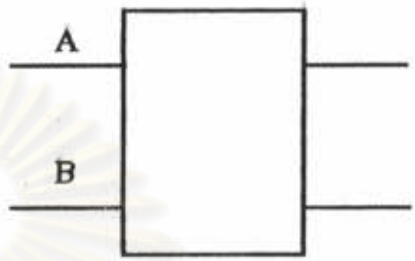
1.1.1.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามา ที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

1.1.1.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามา ที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

1.1.1.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามา ที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เข้ามาทั้ง 4 วิธี = 2+2+2+2 = 8 กลุ่มข้อมูล

วิธี	A	B
1.1.1.1	1	1
1.1.1.2	1	2
1.1.1.3	2	1
1.1.1.4	2	2



A = ขาเข้าขาที่ 1 1 = กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังปลายทางขาที่ 1

B = ขาเข้าขาที่ 2 2 = กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังปลายทางขาที่ 2

รูป 3.1 แสดงวิธีการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 2x2

วิธีเข้า	A	B
1.1.1.1	1	1
1.1.1.2	1	2
1.1.1.3	2	1
1.1.1.4	2	2

วิธีออก	จำนวนที่ออก	จำนวนที่สูญเสีย
1.1.2.1	A(1) หรือ B(1)	A(1) หรือ B(1)
1.1.2.2	A(1) และ B(2)	-
1.1.2.3	A(2) และ B(1)	-
1.1.2.4	A(2) หรือ B(2)	A(2) หรือ B(2)

A = ขาเข้าขาที่ 1 1 = กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังปลายทางขาที่ 1

B = ขาเข้าขาที่ 2 2 = กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังปลายทางขาที่ 2

รูป 3.2 แสดงวิธีการออกไปของกลุ่มข้อมูลของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 2x2

1.1.2 วิธีการออกไปของกลุ่มข้อมูล มี 4 วิธี

1.1.2.1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป หรือ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้า ขาที่ 2 ออกไป จำนวนกลุ่มข้อมูล ที่ออกไป = (1+1)/2 = 1 กลุ่มข้อมูล จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย 1 กลุ่มข้อมูล

1.1.2.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้า มาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 2 กลุ่มข้อมูล ไม่มีกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย

1.1.2.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้า มาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 2 กลุ่มข้อมูล ไม่มีกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย

1.1.2.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้า มาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป หรือ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขา ที่ 2 ออกไป
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = (1+1)/2 = 1 กลุ่มข้อมูล จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย 1 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูล ที่ออกไปทั้ง 4 วิธี = 1+2+2+1 = 6 กลุ่มข้อมูล
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสียทั้ง 4 วิธี = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล
อัตราปริมาณงาน = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา = 6/8 = 0.75
และ การสูญเสีย = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา = 2/8 = 0.25

1.2 การหาอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด ที่ไม่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าที่มีขาเข้า 3 ขาและขาออก 3 ขา (3x3)

1.2.1 วิธีการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลมี $= N^N = 27$ วิธี คือ

1.2.1.1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1, ขาเข้าขาที่ 2, และขาเข้าที่ 3 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 3 กลุ่มข้อมูล

1.2.1.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1, ขาเข้าขาที่ 2 และกลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 3
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 3 กลุ่มข้อมูล

1.2.1.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1, ขาเข้าขาที่ 2 และกลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 3 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 3
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 3 กลุ่มข้อมูล

1.2.1.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1, ขาเข้าขาที่ 3 และกลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2
จำนวนกลุ่มข้อมูล ที่เข้ามา 3 กลุ่มข้อมูล

1.2.1.5 กลุ่มข้อมูลเข้ามาตามตาราง 3.1 จนถึง

1.1.2.1.27 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 3 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1, ขาเข้าขาที่ 2, และขาเข้าที่ 3 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 3 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เข้ามาทั้ง 27 วิธี = (27*3) = 81 กลุ่มข้อมูล

ตาราง 3.1 การเข้ามา, ออกไป และการสูญเสียของกลุ่มข้อมูลของสวิตช์ 3x3

ขาเข้า A	ขาเข้า B	ขาเข้า C	OUTPUT	LOSS
1	1	1	1	2
1	1	2	2	1
1	1	3	2	1
1	2	1	2	1
1	2	2	2	1
1	2	3	3	0
1	3	1	2	1
1	3	2	3	0
1	3	3	2	1
2	1	1	2	1
2	1	2	2	1
2	1	3	3	0
2	2	1	2	1
2	2	2	1	2
2	2	3	2	1
2	3	1	3	0
2	3	2	2	1
2	3	3	2	1
3	1	1	2	1
3	1	2	3	0
3	1	3	2	1
3	2	1	3	0
3	2	2	2	1
3	2	3	2	1
3	3	1	2	1
3	3	2	2	1
3	3	3	1	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.2 วิธีการออกไปของกลุ่มข้อมูลมี 27 วิธี

1.2.2.1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่ เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป หรือ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขา เข้าขาที่ 2 ออกไป หรือ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 3 ออกไป
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = (1+1+1)/3 = 1 กลุ่มข้อมูล จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย 2 กลุ่มข้อมูล

1.2.2.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่ เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป หรือ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขา เข้าขาที่ 2 ออกไป และ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 3 ออกไป
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 2 กลุ่มข้อมูล จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย 1 กลุ่มข้อมูล

1.2.2.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่ เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป หรือ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป และ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 3 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 3 ออกไป
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 2 กลุ่มข้อมูล จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย 1 กลุ่มข้อมูล

1.2.2.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่ เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป หรือ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป และ กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 2 กลุ่มข้อมูล จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย 1 กลุ่มข้อมูล

1.2.2.5 กลุ่มข้อมูลออกไปตามตาราง 3.1 จนถึง

1.2.2.27 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 3 ที่ เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 หรือ ขาเข้าขาที่ 2 หรือ ขาเข้าขาที่ 3 ออกไป และ
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 1 กลุ่มข้อมูล จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย 2 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไปทั้ง 27 วิธี = 57 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสียทั้ง 27 วิธี = 24 กลุ่มข้อมูล

อัตราปริมาณงาน = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา = 57/81 = 0.7037
และ การสูญเสีย = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา = 24/81 = 0.2963

เมื่อพิจารณาให้ละเอียดลงไปจะพบว่าการออกไปของกลุ่มข้อมูลมี 3 กรณีคือ

กรณีที่ 1 กลุ่มข้อมูลออกไปได้ 1 กลุ่มข้อมูล คือ กลุ่มข้อมูล ทั้งหมดต้องการไปยังขาออกขาเดียวกัน เช่น 111, 222, 333

กรณีที่ 2 กลุ่มข้อมูลออกไปได้ 2 กลุ่มข้อมูล คือ กลุ่มข้อมูล 2 กลุ่มข้อมูล ต้องการไปยังขาออกขาเดียวกัน เช่น 112, 113, 121, 122, 131, 133, 211, 212, 221, 223, 232, 233, 311, 313, 322, 323, 331, 332

กรณีที่ 3 กลุ่มข้อมูลออกไปได้ 3 กลุ่มข้อมูล คือ กลุ่มข้อมูลทั้งหมดต้องการไปยังขาออก ที่ไม่ซ้ำกัน เช่น 123, 132, 213, 231, 312, 321

แต่เนื่องจากจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไปของ 111 ถึง 133 มีจำนวน เท่ากับ 211 ถึง 233 และ 311 ถึง 333 จึงสามารถพิจารณาเพียง 111 ถึง 133

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+(6*2)+6 = 19 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย = 2+6 = 8 กลุ่มข้อมูล

ดังนั้นอัตราปริมาณงาน = 19/27 = 0.7037

และการสูญเสีย(Loss) = 8/27 = 0.2963

สูตรที่ใช้ในการหาค่าอัตราปริมาณงาน คือ $T = \sum_{k=1}^{N} T_k$ (Binomial distribution)

เมื่อ $T_k = \left[\frac{N}{k}\right]\left(\frac{1}{N}\right)^k\left(1-\frac{1}{N}\right)^{N-k}$ และ $\left[\frac{N}{k}\right] = \frac{N!}{k!(N-k)!}$

ดังนั้น อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 2x2 คือ $T = T_1 + T_2$

$$T_1 = \left(\frac{2!}{1!(2-1)!}\right)\left(\frac{1}{2}\right)^1\left(1-\frac{1}{2}\right)^{2-1} = 0.5$$

$$T_2 = \left(\frac{2!}{2!(2-2)!}\right)\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(1-\frac{1}{2}\right)^{2-2} = 0.25$$

$T = 0.5 + 0.25 = 0.75$

หรือ ใช้ $\rho_0 = 1-\left(1-\frac{p}{N}\right)^N$ สมการ (32) ใน [4]

หรือใช้เมตแลบซอฟต์แวร์แพกเกจตามโปรแกรม TH.M หาค่าอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้า ดูได้จาก ภาคผนวก ก.

ตาราง 3.2 อัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ที่ไม่มีบัฟเฟอร์ที่ขาเข้า

NxN	Throughput	NxN	Throughput
1	1	16	0.6478
2	0.7500	32	0.6381
3	0.7037	64	0.6351
4	0.6836	128	0.6336
5	0.6723	256	0.6328
6	0.6651	512	0.6325
7	0.6601	1024	0.6323
8	0.6564	∞	0.6320

2. **อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าของกลุ่มข้อมูลที่มีความสำคัญเดียว** อัตราปริมาณงาน คือ อัตราส่วนจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไปต่อจำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา กลุ่มข้อมูลที่ไม่สามารถผ่านไปได้ จะถูกเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ ในทุกร่องเวลา การที่มีบัฟเฟอร์มีข้อดีคือ ไม่มีการสูญเสียเมื่อมีบัฟเฟอร์เพียงพอ แต่มีข้อเสียคือ เวลารอคอยเข้ารับบริการ และเวลาประวิง มีค่าสูง

2.1 การหาค่าอัตราปริมาณของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 2x2 ที่มีบัฟเฟอร์ที่ขาเข้า แต่ละขา เมื่อมีกลุ่มข้อมูลเข้ามาใน 2 ร่องเวลา ดูจากเอกสารอ้างอิง TH2.XLS หาได้จาก

2.1.1 วิธีการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลมี 4 วิธี คือ

2.1.1.1 ในร่องเวลาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูล ที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.1.1 ในร่องเวลาที่ 2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามา ที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.1.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.1.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.1.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาในวิธีที่ 1 ทั้ง 2 ร่องเวลา = 4+4+4+4 = 16 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.2 ในร่องเวลาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.2.1 ในร่องเวลาที่ 2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.2.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.2.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.2.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาในวิธีที่ 2 ทั้ง 2 ร่องเวลา = 4+4+4+4 = 16 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.3 ในร่องเวลาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.3.1 ในร่องเวลาที่ 2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.3.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.3.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.3.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาในวิธีที่ 2 ทั้ง 2 Time slots = 4+4+4+4 = 16 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.4 ในร่องเวลาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.4.1 ในร่องเวลาที่ 2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.4.2 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.4.3 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.4.4 กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 และ ขาเข้าขาที่ 2 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาในวิธีที่ 4 ทั้ง 2 ร่องเวลา = 4+4+4+4 = 16 กลุ่มข้อมูล

จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เข้ามา = 16+16+16+16 = 64 กลุ่มข้อมูล

2.2.1 วิธีการออกไปของกลุ่มข้อมูลมี 4 วิธี

2.2.1.1 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป (a1)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b1)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 1 กลุ่มข้อมูล (a1) ดูจากภาค ผนวก ข. TH2.XLS

2.2.1.1.1 ในร่องเวลาที่ 2 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป (a2)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b1)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b2)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล (a1+a2)

2.2.1.1.2

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 อยู่ในบัฟเฟอร์ (a2)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ที่ รออยู่ออกไป (b1)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b2)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล (a1+b1)

2.2.1.2 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 อยู่ในบัฟเฟอร์ (a1)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป (b1)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 1 กลุ่มข้อมูล (b1)

2.2.1.2.1 ใน Time slot ที่ 2 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ที่คงอยู่ออกไป (a1)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b2)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 อยู่ในบัฟเฟอร์ (a2)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล (b1+a1)

2.2.1.2.2

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ยังอยู่ในบัฟเฟอร์ (a1)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป(b2)

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 อยู่ในบัฟเฟอร์ (a2)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล (b1+b2)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = (2+2+2+2)/4 = 2 กลุ่มข้อมูล

2.2.1.3 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป (a1)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b1)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 1 กลุ่มข้อมูล (a1) ดูจากภาคผนวก ข. TH2.XLS

2.2.1.3.1 ในร่องเวลาที่ 2 มี 1, 2 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป (a2)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b1)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้ามาที่ขาเข้า ขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b2)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล (a1+a2)

2.2.1.3.2

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 อยู่ในบัฟเฟอร์ (a2)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ที่รออยู่ออกไป (b1)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b2)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล (a1+b1)

2.2.1.4 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 อยู่ในบัฟเฟอร์ (a1)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป (b1)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 1 กลุ่มข้อมูล (b1)

2.2.1.4.1 ในร่องเวลาที่ 2 มี 1, 2 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ที่คงอยู่ออกไป (a1)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 2 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 ออกไป (b2)
กลุ่มข้อมูลที่ต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 อยู่ในบัฟเฟอร์ (a2)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+2 = 3 กลุ่มข้อมูล (b1+a1+ b2)
จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = (2+2+3)/3 = 2.3333 กลุ่มข้อมูล

2.2.1.5 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา และ ร่องเวลาที่ 2 มี 2, 1 เข้ามา

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = (2+2+2)/3 = 2.3333 กลุ่มข้อมูล

2.2.1.6 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา และ ร่องเวลาที่ 2 มี 2, 2 เข้ามา

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = (3+3)/3 = 3 กลุ่มข้อมูล

2.1.1.2 ในร่องเวลา ที่ 1 มี 1, 2 เข้ามา และร่องเวลา ที่ 2 มี 1, 1 เข้ามาจนถึง 2, 2

2.1.1.3 ในร่องเวลา ที่ 1 มี 2, 1 เข้ามา และร่องเวลา ที่ 2 มี 1, 1 เข้ามาจนถึง 2, 2

2.1.1.4 ในร่องเวลา ที่ 1 มี 2, 2 เข้ามา และร่องเวลา ที่ 2 มี 1, 1 เข้ามาจนถึง 2, 2

รวมจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไปทั้งหมด = 47.3333 กลุ่มข้อมูล

อัตราปริมาณงาน = กลุ่มข้อมูลที่ออกไป/กลุ่มข้อมูลที่เข้ามา = 47.3333/64 = 0.739583

ดังนั้น อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด ที่มีบัฟเฟอร์ที่ขาเข้าแต่ละขา ใน 2 ร่องเวลา มีค่าเท่ากับ 0.739583 ดูจากภาคผนวก ข. TH2.XLS

โดยวิธีเดียวกันสามารถหาอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่มีขนาด 3x3 บัฟเฟอร์ที่ขาเข้าแต่ละขา ใน 2 ร่องเวลา มีค่าเท่ากับ 0.6872 ดูจากภาคผนวก ค. TH3.XLS และสวิตช์ขนาดต่างๆตามจำนวนร่องเวลาที่ต้องการได้

สูตรที่ใช้ในการหาค่าอัตราปริมาณงาน [4]

$$P_r\left[A_{tm}^{i} = \mathrm{k}\right] = \binom{\mathrm{F_{m-1}}}{\mathrm{k}} (1/\mathrm{N})^{k}(1-1/N)^{F_{m-1}-k}$$

$\mathrm{k} = 0,1.....\mathrm{F_{m-1}}$.

เมื่อ $F_{m-1} = \mathrm{N} - \sum_{i=1}^{N} \mathrm{B}_{m-1}^{i}$

$F_{m-1} = \sum_{i=1}^{N} A_{m-1}^{i}$

$\frac{\overline{F}}{N} = \rho_0$

$\overline{B}^{i} = \frac{\rho^2_0}{2(1-\rho_0)}$

$\overline{B}^{i} = 1-\rho_0$

$\rho_0 = (2-\sqrt{2}) = 0.586$

A_m^i = เป็นจำนวนของกลุ่มข้อมูลที่เคลื่อนเข้าไปที่หัวแถวคอยของแถวคอยด้านเข้าในช่วงเวลาที่ m ที่ต้องการไปยังขาออก i

A^i = จำนวนกลุ่มข้อมูลในสภาวะคงที่ที่ต้องการไปยังขาออก I ที่เคลื่อนเข้าไปยังหัวแถวคอยของแถวคอยในแต่ละช่วงเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

B_m^i = เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลที่หัวแถวคอยของแถวคอยด้านขาเข้าที่ต้องการออกไปยังขา I ในช่วงเวลาที่ m แต่ไม่ได้รับการเลือกให้ส่งผ่านสวิตช์

F_{m-1} = เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่ส่งผ่านสวิตช์ระหว่างช่วงเวลาที่ (m - 1)

$\overline{F}$ = จำนวนกลุ่มข้อมูลเฉลี่ยที่ผ่านสวิตช์ในสภาวะคงที่

ρ_0 = อัตราปริมาณงานของสวิตช์

หรือใช้โปรแกรม 1.CPP หาค่าของอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้า โดยกำหนดให้กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนมีค่าเป็น 0 หรือมีค่าเท่ากับจำนวนขาเข้า(ขาออก)ของสวิตช์

ตาราง 3.3 อัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ที่มีบัฟเฟอร์จำนวนมากทางด้านขาเข้า

จำนวนขาเข้าของสวิตช์	อัตราปริมาณงานสูงสุด ตามสูตรในบทความ [4]	อัตราปริมาณงานสูงสุดจากการจำลองตามโปรแกรม [1.CPP]
1	1.0000	1.0000
2	0.7500	0.7495
3	0.6825	0.6863
4	0.6553	0.6571
5	0.6399	0.6393
6	0.6302	0.6259
7	0.6234	0.6218
8	0.6184	0.6176
∞	.....	.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่มีบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน** อัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่จัดกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาเป็น 2 ระดับ คือ กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อน และ กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน มีข้อดีคือ อัตราปริมาณงานเพิ่มขึ้น แต่มีข้อเสียคือ กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนออกไปได้น้อย

3.1 การหาค่าอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 2x2 ที่มี บัฟเฟอร์ที่ขาเข้าแต่ละขา เมื่อมีกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน เข้ามาใน 2 ร่องเวลา ดูจากภาคผนวก ข. TH2.XLS หาได้จาก

3.1.1 วิธีการเข้ามาของกลุ่มข้อมูล

3.1.1.1 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา กำหนดให้ a1 เป็นกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน เมื่ออัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน (λ H) = 0.5

กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน ต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ ขาเข้าขาที่ 1 (a1=H)

กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 (b1=L)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนเข้ามา 1 กลุ่มข้อมูล (a1=H)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ ก่อนเข้ามา 1 กลุ่มข้อมูล (b1=L)

3.1.1.1.1 ในร่องเวลาที่ 2 มี 1, 1 เข้ามา กำหนดให้ a2 เป็นกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

กลุ่มข้อมูลที่สิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 (a2=H)

กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 (b2=L)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา 2 กลุ่มข้อมูล

3.1.2 วิธีการออกไปของกลุ่มข้อมูล

3.1.2.1 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป (a1)

กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b1)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป 1 กลุ่มข้อมูล (a1=H) ดูจากภาคผนวก TH2.XLS

3.1.2.1.1 ในร่องเวลาที่ 2 มี 1, 1 เข้ามา

กลุ่มข้อมูลที่สิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 1 ออกไป(a2)

กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b1)

กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนต้องการไปยังขาออกที่ 1 ที่เข้ามาที่ขาเข้าขาที่ 2 อยู่ในบัฟเฟอร์ (b2)

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไป = 1+1 = 2 กลุ่มข้อมูล (a1+a2)

3.1.2.1.2 กลุ่มข้อมูลออกไปตาม TH2.XLS จนถึง

3.1.2.1.4 ในร่องเวลาที่ 2 มี 2, 2 เข้ามา

3.1.2.2 ในร่องเวลาที่ 1 มี 1, 2 เข้ามา ตาม TH2.XLS จนถึง

3.1.2.4 ในร่องเวลาที่ 1 มี 2, 2 เข้ามา

รวมจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกไปทั้งหมด = 48 กลุ่มข้อมูล

อัตราปริมาณงาน = กลุ่มข้อมูลที่ออกไป/กลุ่มข้อมูลที่เข้ามา = 48/64 = 0.75

ดังนั้นจะได้ว่าการจัดกลุ่มข้อมูลให้มีความสำคัญ 2 ระดับ คือ กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน โดยการกำหนดให้กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนเข้ามาเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของกลุ่มข้อมูลทั้งหมด (อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน = 0.5) สำหรับสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดที่มีขนาด 2x2 จะให้อัตราปริมาณงานสูงกว่า การจัดกลุ่มข้อมูลที่มีความสำคัญระดับเดียว ดูภาคผนวก ข. โดยวิธีการเดียวกันอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 3x3 เมื่อมีกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนเข้ามาด้วยอัตรา 0.3333 ของกลุ่มข้อมูลทั้งหมด เท่ากับ 0.7 และเมื่อมีกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนเข้ามาด้วยอัตรา 0.6667 ของกลุ่มข้อมูลทั้งหมด เท่ากับ 0.6987 ดูภาคผนวก ค. TH3X3.XLS เมื่อเพิ่มจำนวนขนาดของสวิตช์ (NXN) เพิ่มจำนวนร่องเวลา เพิ่มจำนวนบัฟเฟอร์ เพิ่มจำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน การหาวิธีนี้จะใช้เวลามากในการหาคำตอบจึงใช้วิธีจำลอง (Simulation) เพื่อหาค่าอัตราปริมาณงาน

สูตรที่ใช้ในการหาค่าอัตราปริมาณงานตามบทความ [6] คือ

$$T_{max} = \lambda_{max} + \lambda_H \qquad 0 \le \lambda_H \le 0.586$$

$$\lambda_{max} = \frac{\lambda_H^2 - 6\lambda_H + 4 - \sqrt{-3\lambda_H^4 + 12\lambda_H^3 - 16\lambda_H + 8}}{2[1-\lambda_H]}$$

เมื่อ T_{max} = อัตราปริมาณงานสูงสุดของกลุ่มข้อมูลที่มีความสำคัญ 2 ระดับ

λ_{max} = อัตราการเข้ามาสูงสุดของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

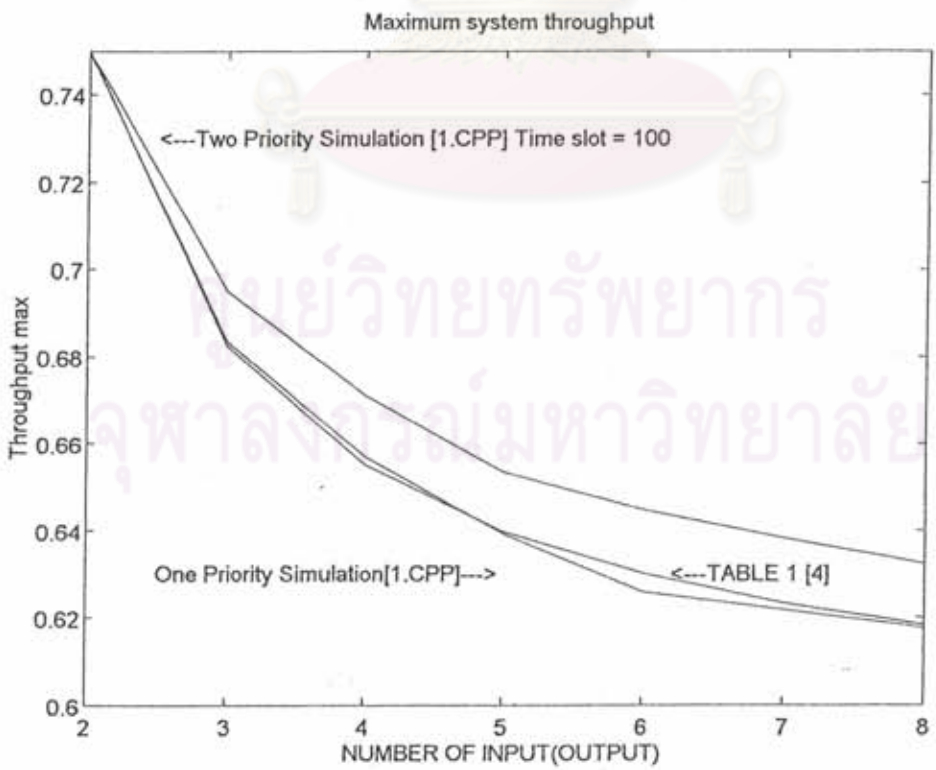
λ_H = อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

หรือใช้โปรแกรม 1.CPP หาค่าของอัตราปริมาณงานของสวิตช์ที่มีความสำคัญ 2 ระดับ ดูภาคผนวก ง.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.4 อัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ เมื่อกลุ่มข้อมูลที่เข้ามามีความสำคัญ 1 และ 2 ระดับ เมื่อใช้การจำลองตามโปรแกรม 1.CPP

จำนวนขาเข้าของสวิตช์	อัตราปริมาณงานสูงสุด เมื่อกลุ่มข้อมูลมีตวามสำคัญ 1 ระดับ	อัตราปริมาณงานสูงสุด เมื่อกลุ่มข้อมูลมีความสำคัญ 2 ระดับ
1	1.0000	1.0000
2	0.7495	0.7499
3	0.6836	0.6950
4	0.6571	0.6713
5	0.6393	0.6536
6	0.6259	0.6448
7	0.6218	0.6383
8	0.6176	0.6325
∞	.....	.....



รูป 3.3 เปรียบเทียบอัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์ในบทความ [4] และการจำลอง

a1,a2 = high priority b1,b2 = low priority H=0.5

รูป 3.4 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

a1,b2 = high priority b1,a2 = low priority H=0.5

รูป 3.5 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน

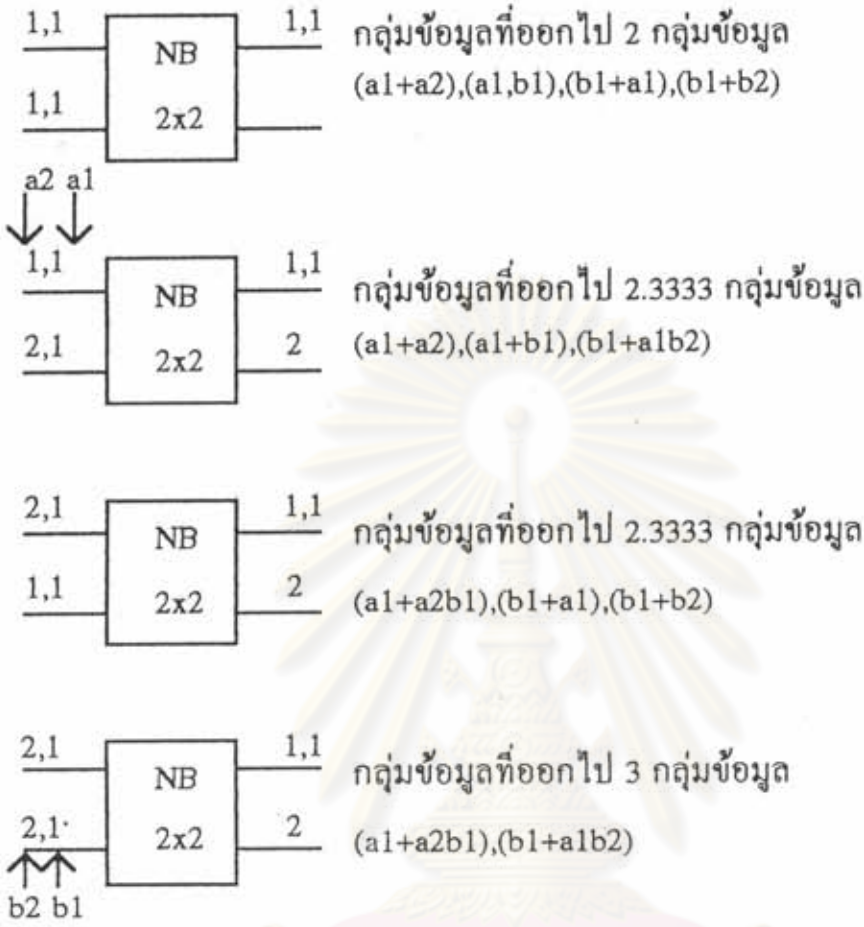
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

a1,a2 , b1,b2 = high priority H=1

รูป 3.6 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

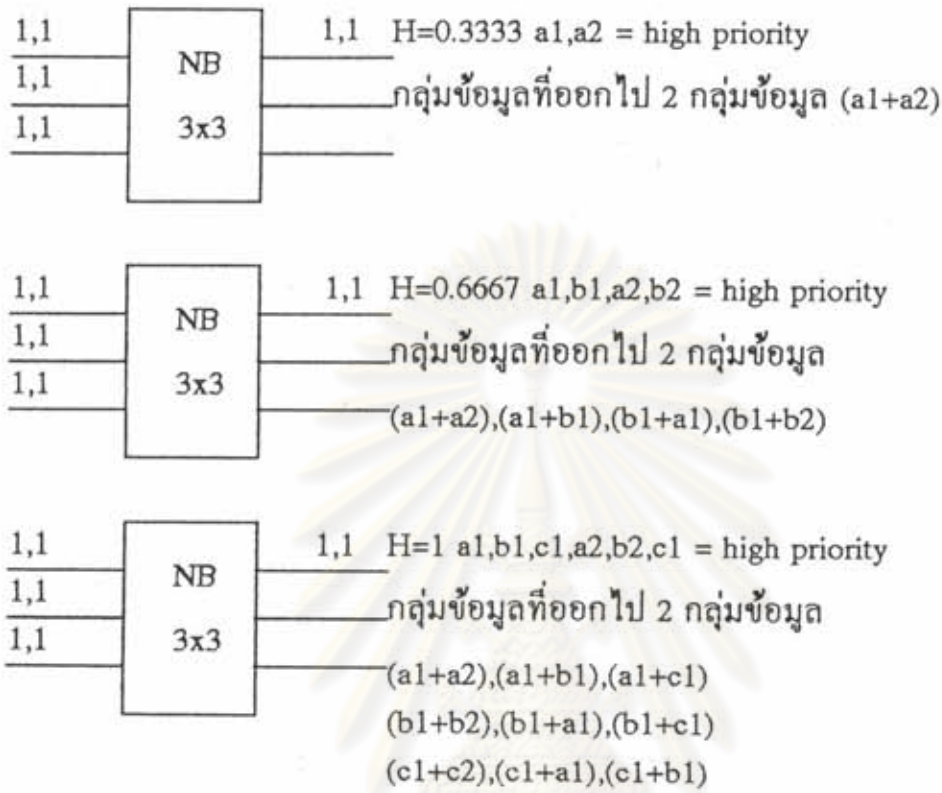
a1,a2 , b1,b2 = high priority H=1 ดูภาคผนวก ข. TH2.XLS



รูป 3.7 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

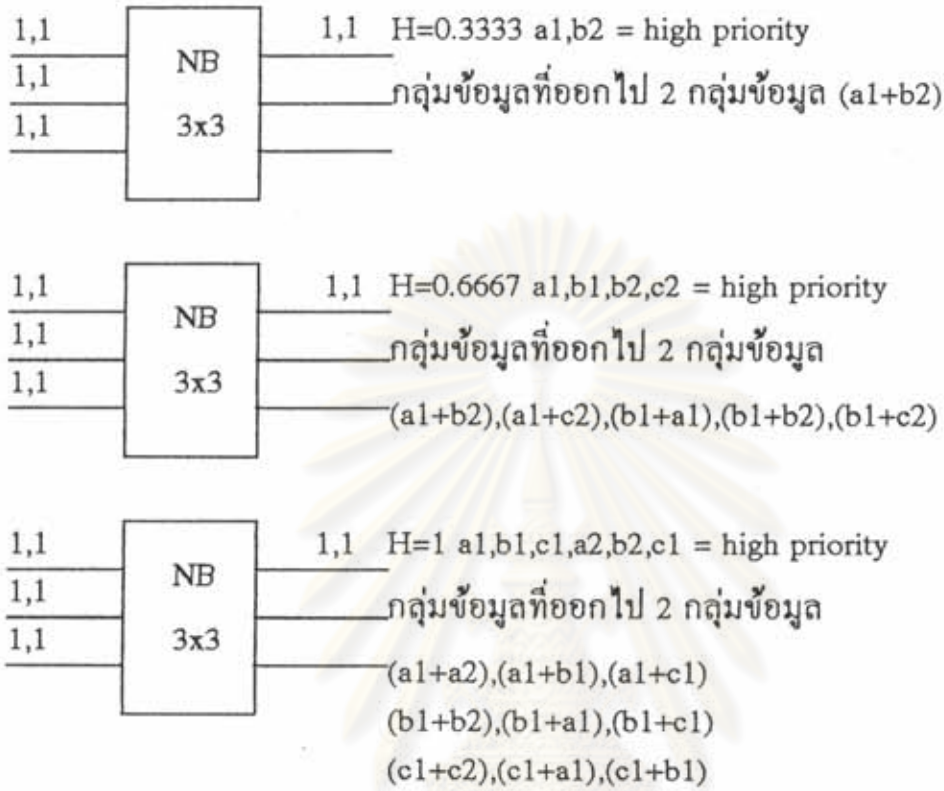
ดูภาคผนวก จ. A111.XLS



รูป 3.8 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

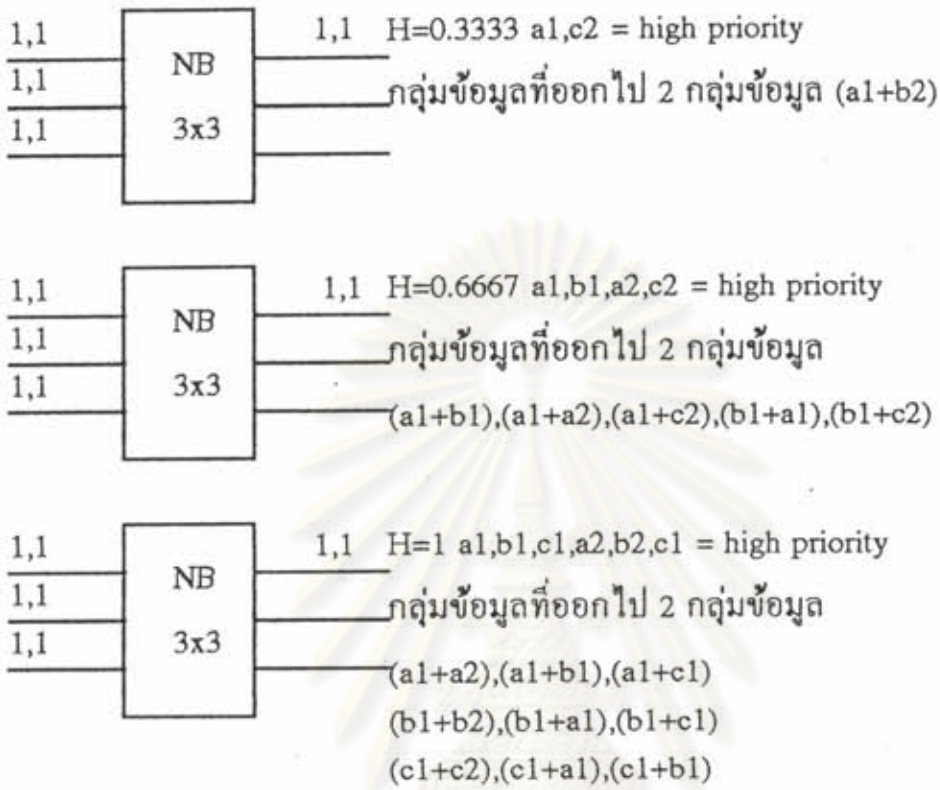
ดูภาคผนวก ฉ. B111.XLS



รูป 3.9 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

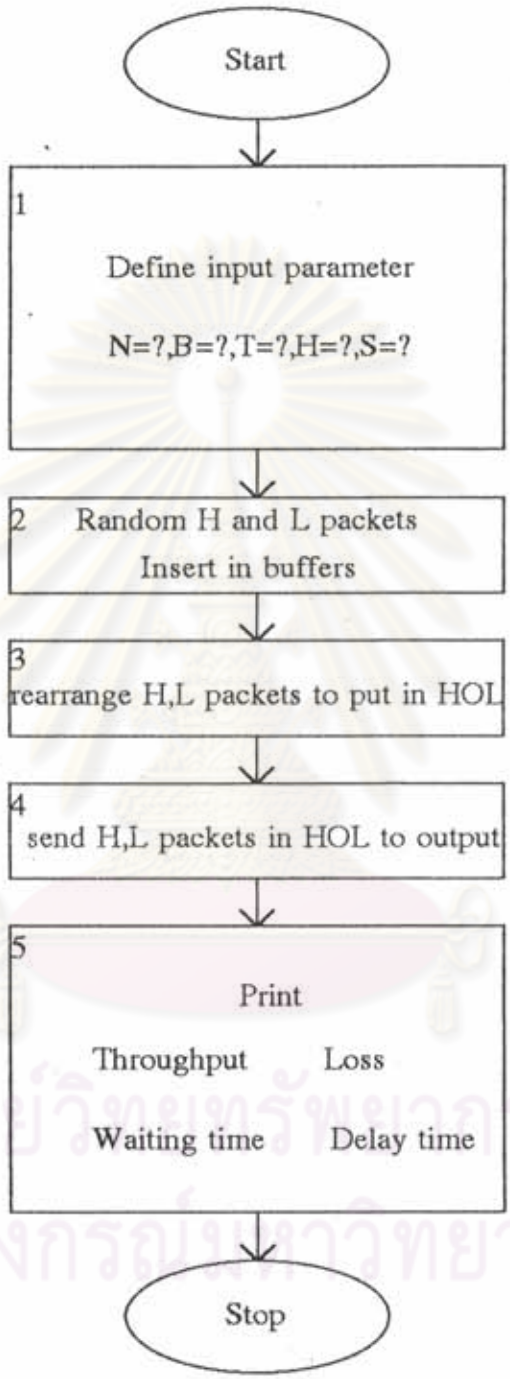
ดูภาคผนวก ช. C111.XLS



รูป 3.10 แสดงการเข้ามาและออกไปของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Flowchart of simulation



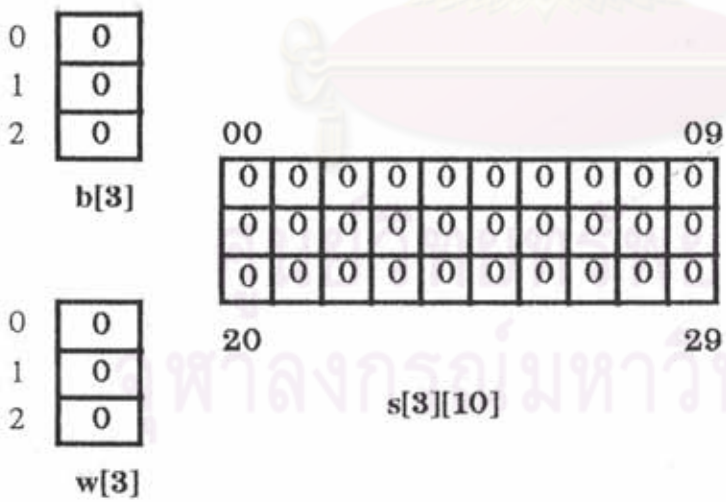
รูปที่ 3.11 แสดง FLOWCHART ของการ SIMULATION

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการจำลอง (Simulation)

วิธีการจำลองนี้มีข้อดีคือ สามารถหาคำตอบได้รวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ คำตอบอาจมีการผิดพลาดเนื่องจากค่าที่สุ่ม (Random) มาไม่กระจาย

1. กำหนดจำนวน N ขาเข้าและ N ขาออก ของสวิตช์แบบไม่มีการติดขัด = define MaxInput 3 จำนวนของบัฟเฟอร์ที่ขาเข้า = define xบัฟเฟอร์ 10 จำนวนร่องเวลา = MaxLoop 10 จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน = MaxHigh 1 กำหนด พื้นที่ของตัวแปร b มีขนาดเท่ากับจำนวนขาเข้า = b[MaxInput] พื้นที่ของตัวแปร w มีขนาดเท่ากับ จำนวนขาเข้า = w[MaxInput] พื้นที่ของตัวแปร s มีขนาดเท่ากับ จำนวนขาเข้าคูณกับจำนวนบัฟเฟอร์ ในโปรแกรม 1.CPP และเวลาให้บริการของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด = S =1 เวลารอคอย ในแต่ละร่องเวลา = xw = 0 เวลารอคอยรวม = wa = 0 กำหนดให้ค่าตัวเลขจากการสุ่ม ของภาษาซีภายในเครื่องมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา = srand((unsigned) time(&t)) กำหนดให้ พื้นที่ของตัวแปร b ตัวแปร w ตัวแปร s ที่ตำแหน่งนั้น จนถึงตำแหน่งที่น้อยกว่าจำนวนขาเข้ามีค่าเป็น 0 และที่ตำแหน่ง 0 จนถึงตำแหน่งที่น้อยกว่าจำนวนบัฟเฟอร์มีค่าเป็น 0 for (i=0; i<MaxInput; I++) {b[i] = w[i] = 0; for (j=0; j<xบัฟเฟอร์; j++) s[i] [j] = 0;} ในโปรแกรมย่อย ini( )



รูป 3.12 แสดงพื้นที่และกลุ่มข้อมูลของ b[3],w[3]และs[3][10]

2. สุ่มเอากลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิก่อน L โดยกำหนดให้เป็นค่าที่มากกว่า จำนวนขาเข้า คือ 4 5 6 ใส่ไว้ในพื้นที่ของตัวแปร b ที่ตำแหน่ง 0 จนถึงตำแหน่งที่น้อยกว่าจำนวนขาเข้า (2) และ

กำหนดพื้นที่ของตัวแปร x มีขนาดเท่ากับจำนวนขาเข้า = x[MaxInput] ใส่ค่า 0 ไว้ ในพื้นที่ของตัวแปร x ที่ตำแหน่ง 0 จนถึงตำแหน่งที่น้อยกว่าจำนวนขาเข้า (2) for (i=0; i<MaxInput;i++) {b[i] = rand( ) % MaxInput + MaxInput+1; x[i] = 0;} Random เอากลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน โดยกำหนดให้เป็นค่าของขาเข้าแต่ละขา คือ 1 2 3 ใส่ในตัวแปร j ตามจำนวน กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนให้พื้นที่ของตัวแปร b[j]เก็บค่ากลุ่มข้อมูลที่สิทธิ์ก่อนไว้ for (i=MaxHigh; 0<I:){j = rand( ) % MaxInput; if (!x[j]) { x[j] = 1; b[j] = b[j] - MaxInput; i--; }} ในโปรแกรมย่อย insertb( )

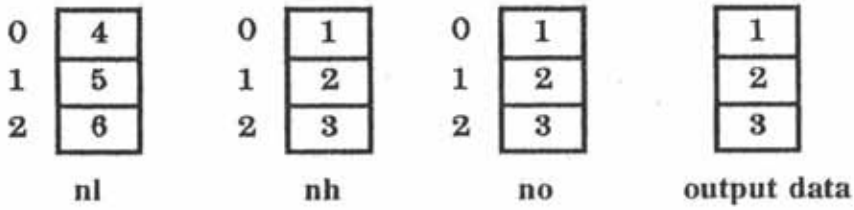
รูป 3.13 แสดงพื้นที่และกลุ่มข้อมูลของ b[i], b[j], x[i] ,x[j]และs[3][10]

3. ดูที่ตำแหน่งสุดท้ายของบัฟเฟอร์ในแต่ละคอลัมน์ ถ้ามีกลุ่มข้อมูลอยู่ คือบัฟเฟอร์เต็มให้เพิ่มจำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสียไป if (s[col][xบัฟเฟอร์-1]) return 1; lo++; ดูที่ตำแหน่งแรกสุดของบัฟเฟอร์ในแต่ละคอลัมน์ ถ้ามีข้อมูลให้ดูจากบัฟเฟอร์ตัวสุดท้ายขึ้นมา ถ้ากลุ่มข้อมูลนั้นเป็นกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน ให้วางกลุ่มข้อมูลนั้นไว้ ในตำแหน่งต่อจากตำแหน่งที่มีกลุ่มข้อมูลตัวสุดท้าย ถ้ากลุ่มข้อมูลนั้นเป็นกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน ให้วางกลุ่มข้อมูลนั้นไว้หลังกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ ก่อนและเลื่อนกลุ่มข้อมูลเดิมในตำแหน่งนั้นไปไว้ในตำแหน่งถัดไป if (s[col][0]) {for (: !s[col][i] ; i--); if (b[col] < MaxInput +1) for (; MaxInput < s[col][i]; i--) s[col][i+1] = s[col][i]; s[col][i+1] = b[col]; } else s[col][0] = b[col]; ในโปรแกรมย่อย iinsert (int col)

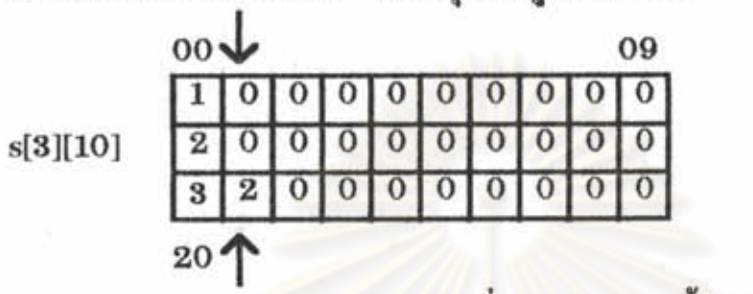
รูป 3.14 แสดงวิธีการจัดเรียงกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและไม่มีสิทธิ์ก่อน

4. กำหนดพื้นที่ของตัวแปร nh มีขนาดเท่ากับจำนวนขาเข้า = nh[MaxInput] พื้นที่ของตัวแปร nl มีขนาดเท่ากับจำนวนขาเข้า = nl[MaxInput] พื้นที่ของตัวแปร no มีขนาดเท่ากับจำนวนขาเข้า = no[MaxInput] และกำหนดค่าให้เป็น 0 for (i=0; i<MaxInput; i++) { nh[i] = nl[i] = no[i] ;}= 0 นับจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน และจำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน for (i=0; i<MaxInput; I++) { if (MaxInput < s [I][0]) nl[s[i][0] -MaxInput-1] ++; else if (0 < s[i][0]) nh[s[i][0]-1]++;} ถ้ากลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนมี 1 ตัวนำกลุ่มข้อมูลนั้นไปไว้ในพื้นที่ของตัวแปร no ถ้ามีมากกว่า 1 ตัว ให้สุ่มออกมา 1 ตัว if (nh[i] != 1) nh[i] = rand( ) % nh[i]+1; หาว่าอยู่ในตำแหน่งขาไหน for (j=0; j <MaxInput && nh[i] ; j++) if (s[j][0] == i+1 nh[i]--; no[j-i] = 1; ถ้าเป็นกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนก็ทำวิธีการเดียวกัน ส่งกลุ่มข้อมูลทั้งหมดในพื้นที่ของตัวแปร no ออกไป for (i=j=0; i<MaxInput; i++) if (no[i]) { getout (i) ; j++; } ในโปรแกรมย่อย delb( ) กลุ่มข้อมูลที่ส่งออกไปคือ กลุ่มข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งแรก ของตัวแปร s เพิ่มจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน เพิ่มจำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน เพิ่มจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่ออกไป = s[col][0] (MaxInput < s[col][0]) ? lop++: hop++; op++; เมื่อกลุ่มข้อมูลออกไปแล้ว ถ้าตำแหน่ง ที่ ต่อจากหัวแถวคอยไม่มีข้อมูล ใส่ค่า 0 ในตำแหน่งหัวแถวคอย if (!s[col][i+1]) { s[col] [I] = 0; break; ถ้าตำแหน่งที่ต่อจากหัวแถวคอยมีกลุ่มข้อมูล เลื่อนกลุ่มข้อมูลในตำแหน่งถัดไป เลื่อนขึ้นมา s[col][i] = s[col][i+1]; s[col][i+1] = 0;

I16923881



ถ้าตำแหน่งที่ต่อจาก HOL ไม่มีกลุ่มข้อมูลให้ใส่ค่า 0



ถ้ามีกลุ่มข้อมูลให้เลื่อนกลุ่มข้อมูลขึ้นไป

รูป 3.15 แสดงวิธีออกไปและการจัดเรียงกลุ่มข้อมูลหลังจากกลุ่มข้อมูลออกไป

5. กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เข้ามา เท่ากับ จำนวนขาเข้าคูณกับจำนวนร่องเวลา i = Maxloop*MaxInput; จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่สูญเสียไป = lo++; จำนวนเวลารอคอยทั้งหมด = xw = xw - j + MaxInput; wa = wa + xw ; คำนวนหาค่าของอัตราปริมาณ Throughput = th = op/i; การสูญเสีย Loss = los = lo/i ; เวลารอคอย Waiting time = wai = wa /i; เวลาประวิง Delay time = wai + S; พิมพ์ค่าของอัตราปริมาณงาน การสูญเสีย เวลารอคอย เวลาประวิง

ตัวอย่าง สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัดขนาด 3x3 ตัวหนึ่ง มีบัฟเฟอร์ที่ขาเข้าแต่ละขาเก็บกลุ่มข้อมูลได้ 2 กลุ่มข้อมูล กลุ่มข้อมูลที่เข้ามามีความสำคัญ 2 ระดับคือ กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนและ ไม่มีสิทธิ์ก่อน กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนเข้ามาด้วยอัตราการเข้ามา 0.3333 ความเร็วในการส่งข้อมูล 200 Mbits/s เวลาที่ให้บริการในการสวิตช์กลุ่มข้อมูล 1 ร่องเวลา จงคำนวนหาค่าอัตราปริมาณงาน และการสูญเสียของกลุ่มข้อมูล เวลารอคอยในการเข้ารับบริการ เวลาประวิงที่กลุ่มข้อมูลจะไปถึงปลายทาง เมื่อมีกลุ่มข้อมูล เข้ามา 4 ร่องเวลา

กลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิก่อนเข้ามาด้วยอัตราการเข้ามา 0.3333 และ สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด มีขนาด 3x3 คือมีขาเข้า 3 ขาและขาออก 3 ขา ดังนั้น

จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนที่เข้ามาในแต่ละร่องเวลา = อัตราการเข้ามา x จำนวนขาเข้า

= 0.3333x3

= 1 กลุ่มข้อมูล

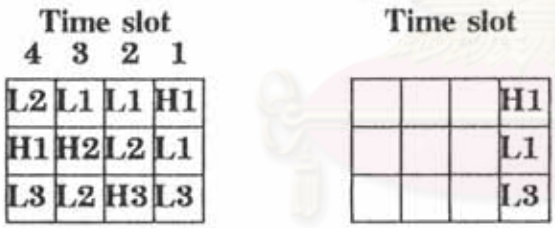
ดังนั้น จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่เข้ามาในแต่ละ time slot

= ขาเข้าของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด - ขาเข้าของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน

= 3-1

= 2 กลุ่มข้อมูล

ดังนั้น ในแต่ละร่องเวลา จะมีกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อน 1 กลุ่มข้อมูล และ กลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อน 2 กลุ่มข้อมูล สมมุติให้กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาในร่องเวลาแรกแรกเป็น H1,L1,L3 ร่องเวลาที่สอง เป็น L1,L2, H3 ร่องเวลาที่สามเป็น L1,H2,L2 ร่องเวลาที่สี่เป็น L2,H1,L3



รูป 3.16 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์

ที่เวลา t0-->t1

ที่ บัฟเฟอร์

มี H1 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 1 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย

มี L1 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 2 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย

มี L3 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 3 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด

ไม่มีการทำงาน เพราะไม่มีกลุ่มข้อมูลใน หัวแถวคอย

ที่เวลา t1--t2

ที่ สวิตช์ไม่มีการติดขัด มีการทำงาน ดังนี้

H1 ที่เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 1 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย ผ่านสวิตช์

L1 ที่เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 2 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย ยังคงอยู่

L3 ที่เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 3 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย ผ่านสวิตช์

ที่ บัฟเฟอร์

มี L1 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 1 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย แทนที่H1

มี L2 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 2 และเลื่อนไปอยู่ที่บัฟเฟอร์ ตำแหน่งที่สองหลัง หัวแถวคอย ที่ L1 ยังคงค้างอยู่

มี H3 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 3 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย แทนที่ L3

Time slot

4	3	2	1
L2	L1	L1	H1
H1	H2	L2	L1
L3	L2	H3	L3

กลุ่มข้อมูลที่เข้ามา

Time slot

			L1
		L2	L1
			H3

กลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t1-->t2

รูป 3.17 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t1-->t2

ที่ t2-->t3

ที่ขาออก

มี H1 ออกมาที่ขา 1

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น 1 op = 1

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น 1 oph = 1

ไม่มีกลุ่มข้อมูลออกมาที่ขา 2

เพิ่มจำนวนบัฟเฟอร์ที่มีกลุ่มข้อมูลที่ตกค้างเป็น 1 b2 = 1

เพิ่มจำนวนเวลารอคอยของกลุ่มข้อมูลเป็น w2 = 1

มี L3 ออกมาที่ขา 3

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น 2 op = 1 +1

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น 1 opl = 1

ที่ สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด

มี L1 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 1

มี L1 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 2

มี H3 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 3 ผ่านสวิตช์

ดังนั้นจะเกิดขึ้นได้ 2 กรณีคือ 1. L1 ที่อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 1 ผ่านสวิตช์

2. L1 ที่อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 2 ผ่านสวิตช์

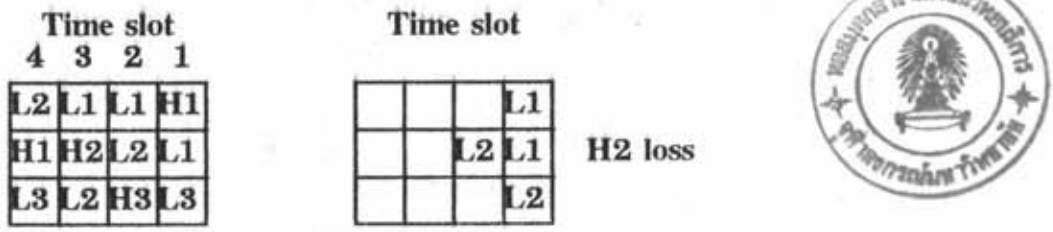
สมมุติให้เป็นกรณีที่ 1

ที่บัฟเฟอร์

มี L1 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 1 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย แทนที่L1

มี H2 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 2 จะเข้าไปเก็บในบัฟเฟอร์ แต่เนื่องจากตำแหน่งที่สองของ บัฟเฟอร์ยังคงมี L2 ค้างอยู่ H2 นี้จะสูญเสียไป เพิ่มจำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสียเป็น lo = 1

มี L2 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 3 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย แทนที่ L3



หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มข้อมูลที่เข้ามา กลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t2-->t3

รูป 3.18 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t2-->t3

ที่เวลา t3-->t4

ที่ขาออก

มี L1 ออกมาที่ขา 1

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น 3 op = 3

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น 2 op1 = 2

ไม่มีกลุ่มข้อมูลออกมาที่ขา 2

เพิ่มจำนวนบัฟเฟอร์ที่มีกลุ่มข้อมูลที่ตกค้างเป็น 2 b2 = 1+1

เพิ่มจำนวนเวลารอคอยของกลุ่มข้อมูลเป็น w2 =2+ 1

มี H3 ออกมาที่ขา 3

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น 4 op = 4

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น 2 oph = 2

ที่ สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด

มี L1 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 1 สมมุติให้ผ่านสวิตช์

มี L1 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 2 ยังคงอยู่

มี L2 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 3 ผ่านสวิตช์

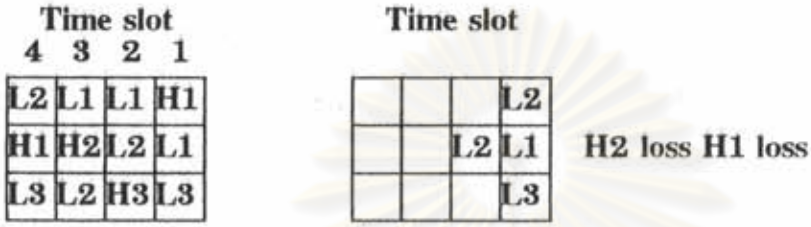
ที่บัฟเฟอร์

มี L2 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 1 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย แทนที่L1

มี H1 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 2 จะเข้าไปเก็บในบัฟเฟอร์ แต่เนื่องจาก ตำแหน่งที่สองของบัฟเฟอร์ยังคงมี L2 ค้างอยู่ H1 นี้จะสูญเสียไป

เพิ่มจำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสียเป็น lo = 2

มี L3 เข้ามาที่ บัฟเฟอร์ ของขาที่ 3 และเลื่อนไปอยู่ที่ตำแหน่ง หัวแถวคอย แทนที่ L2



กลุ่มข้อมูลที่เข้ามา กลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t3-->t4

รูป 3.19 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t3-->t4

ที่เวลา t4-->t5

ที่ขาออก

มี L1 ออกมาที่ขา 1

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น op = 5

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น opl = 3

ไม่มีกลุ่มข้อมูลออกมาจากขาเข้าที่ 2

เพิ่มจำนวนบัฟเฟอร์ที่มีกลุ่มข้อมูลที่ตกค้างเป็น b2 = 2

เพิ่มจำนวนเวลารอคอยของกลุ่มข้อมูลเป็น w2 =3+2

มี L2 ออกมาที่ขา 2

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น op = 6

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น opl = 4

ที่ สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด

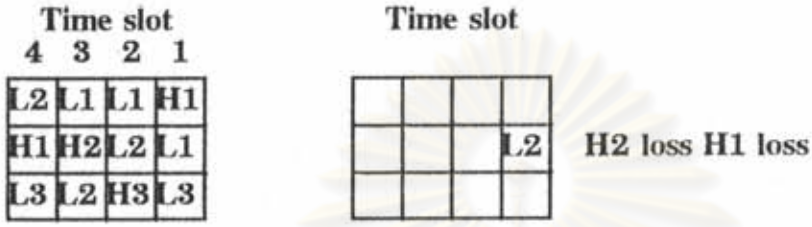
มี L2 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 1 ผ่านสวิตช์

มี L1 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 2 ผ่านสวิตช์

มี L3 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 3 ผ่านสวิตช์

ที่บัฟเฟอร์

ไม่มีกลุ่มข้อมูลเข้ามา



กลุ่มข้อมูลที่เข้ามา กลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t4-->t5

รูป 3.20 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t4-->t5

ที่เวลา t5-->t6

ที่ขาออก

มี L2 ออกมาที่ขา 2

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น op = 7

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น opl = 5

มี L1 ออกมาที่ขา 1

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น op = 8

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น opl =6

เพิ่มจำนวนเวลารอคอยของกลุ่มข้อมูลเป็น w2 =3+2+3

มี L3 ออกมาที่ขา 3

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น op = 9

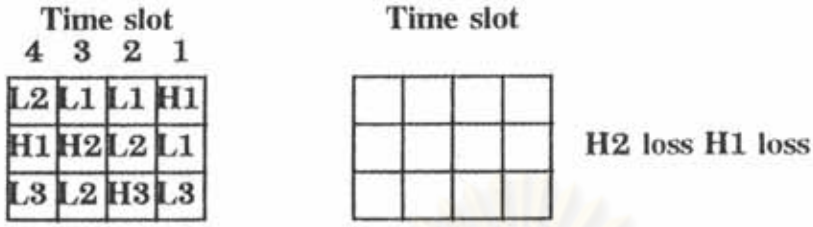
เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น opl = 7

ที่ สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด

มี L2 อยู่ที่ หัวแถวคอย ของขาที่ 2 ผ่านสวิตช์

ที่บัฟเฟอร์

ไม่มีกลุ่มข้อมูลเข้ามา



กลุ่มข้อมูลที่เข้ามา กลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t5-->t6

รูป 3.21 แสดงกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาและกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่เวลา t5-->t6

ดังนั้นปริมาณงาน = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกจากสวิตช์/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาทั้งหมด

= 9/12

= 0.75

การสูญเสียข้อมูล = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาทั้งหมด

= 2/12

= 0.1667

เวลารอคอย = จำนวนเวลาที่กลุ่มข้อมูลรอคอย/ จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาทั้งหมด

= 8/12

= 0.6667 ร่องเวลา

เวลาประวิง = เวลารอคอย + เวลาบริการ

= 0.6667 + 1

= 1.6667 ร่องเวลา

ที่เวลา t6-->t7

ที่ขาออก

มี L2 ออกมาที่ขา 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์เป็น op = 10

เพิ่มกลุ่มข้อมูลที่ไม่มีสิทธิ์ก่อนที่ผ่านสวิตช์เป็น opl = 8

ที่สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด

ไม่มีกลุ่มข้อมูลเข้ามา

ที่บัฟเฟอร์

ไม่มีกลุ่มข้อมูลเข้ามา

ดังนั้นปริมาณงาน = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ออกจากสวิตช์/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาทั้งหมด

= 10/12

= 0.8333

การสูญเสียข้อมูล = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย/จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาทั้งหมด

= 2/12

= 0.1667

เวลารอคอย = จำนวนเวลาที่กลุ่มข้อมูลรอคอย/ จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาทั้งหมด

= 8/12

= 0.6667 ร่องเวลา

เวลาประวิง = เวลารอคอย + เวลาบริการ

= 0.6667 + 1

= 1.6667 ร่องเวลา

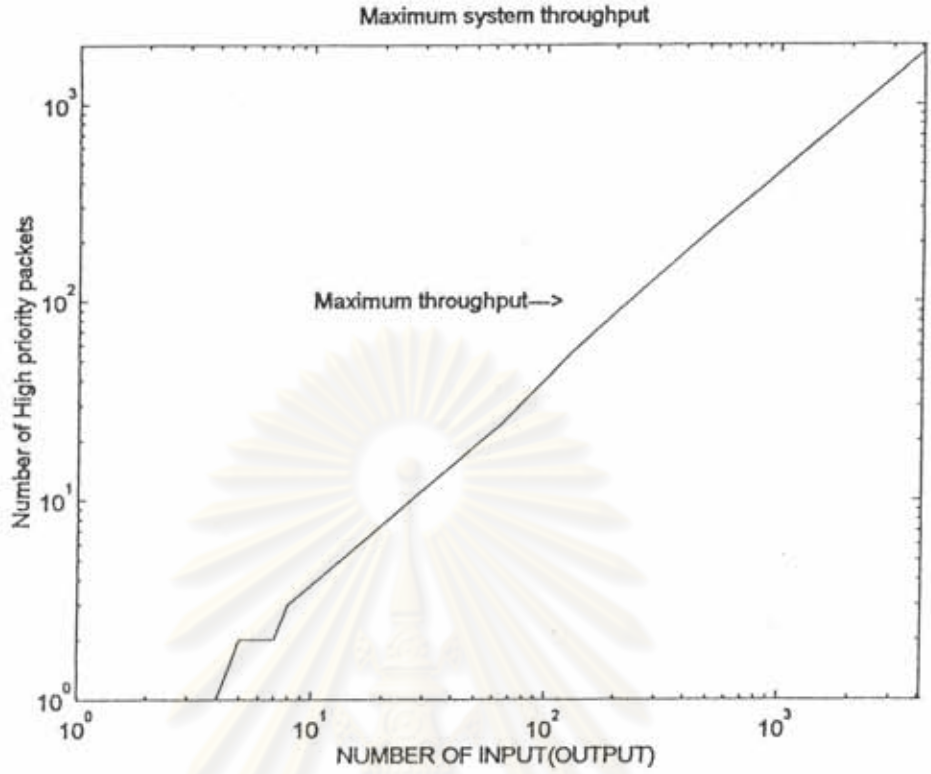
วิธีการหาค่าที่ถูกต้องคือการพิจารณาที่เวลา t5-->t6 เพราะ อัตราปริมาณ คืออัตราปริมาณงานที่คิดในช่วงเวลาเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

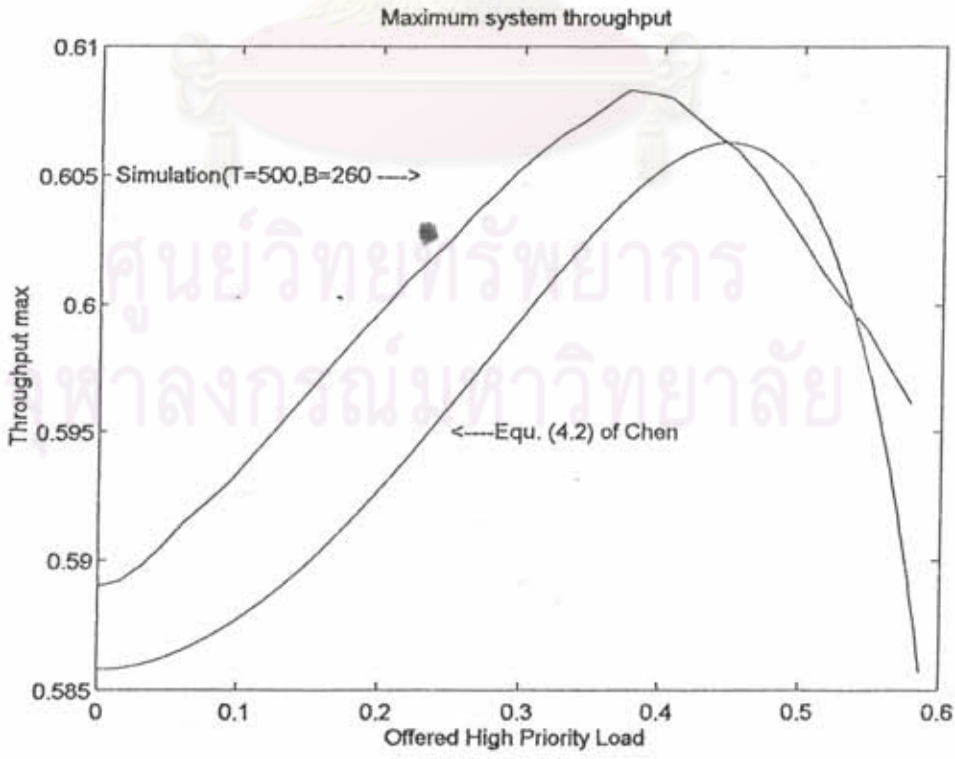
ตาราง 3.5 เปรียบเทียบอัตราปริมาณงานสูงสุดของสวิตช์
เมื่อกลุ่มข้อมูลที่เข้ามามีความสำคัญ 2 ระดับ

จำนวนขนาดสวิตช์	อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนในบทความที่[6]	อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนในบทความที่[7]	อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลที่มีสิทธิ์ก่อนโดยวิธีการจำลองในโปรแกรม [1.CPP]
2			0.5000
3			0.3333
4			0.2500
5			0.4000
6			0.3333
7			0.2857
8			0.3750
16			0.3750
32			0.3750
64	0.4500		0.3750
128		0.4250	0.4219
256			0.4375
512			0.4512
1024			0.4522
2048			0.4526
4096			0.4531

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.22 ผลการจำลอง (Simulation) ตามโปรแกรม [1.CPP]

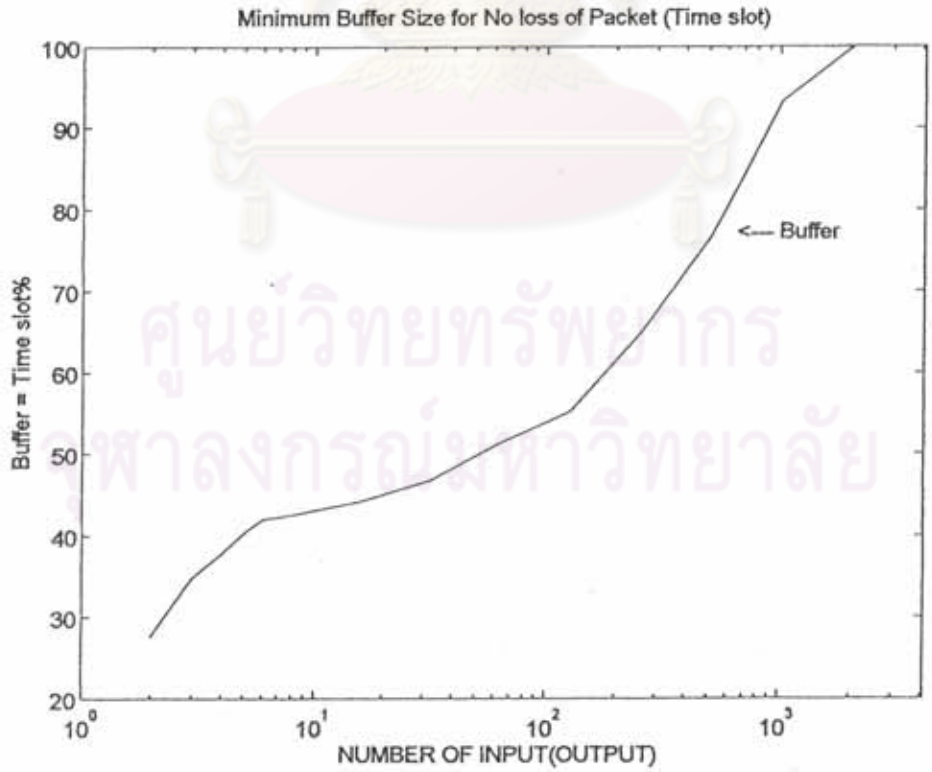


รูป 3.23 เปรียบเทียบผลการจำลอง (Simulation) ตามผลงานวิจัยของ Chen

การสูญเสีย (Loss)

กลุ่มข้อมูลที่ส่งเข้าสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด จะเกิดการสูญเสียกลุ่มข้อมูล เนื่องจากบัฟเฟอร์มีกลุ่มข้อมูลอยู่เต็ม การสูญเสียจะต้องมีค่าน้อยกว่า 1 ใน 1,000,000 จึงจำเป็นที่จะต้องจัดจำนวนบัฟเฟอร์ให้เพียงพอ จากโปรแกรม จำลอง (Simulation) จะได้ผลว่า ถ้าจัดจำนวนบัฟเฟอร์ให้มีสัดส่วนต่อจำนวนร่องเวลา ตามตาราง 3.6 จะไม่เกิดการสูญเสียของกลุ่มข้อมูล

ค่าการสูญเสียกลุ่มข้อมูล = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่สูญเสีย/จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมด



รูป 3.24 แสดงจำนวนบัฟเฟอร์ที่น้อยที่สุดที่ใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียกลุ่มข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.6 จำนวนบัฟเฟอร์ที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียกลุ่มข้อมูล

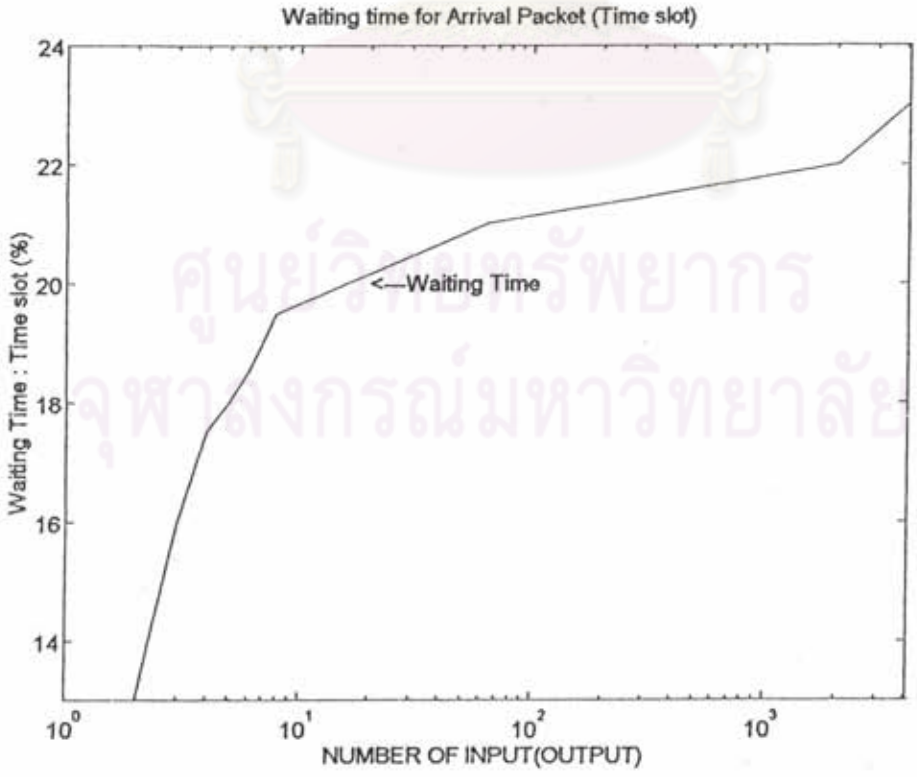
ขนาดของสวิตช์	จำนวนบัฟเฟอร์ต่อจำนวนร่องเวลา
2	27.6%
3	34.8%
4	37.8%
5	40.2%
6	42.0%
7	42.2%
8	42.5%
16	44.2%
32	46.7%
64	51.4%
128	55.2%
256	64.8%
512	76.6%
1024	93.3%
2048	100%
4096	100%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลารอคอย (Waiting time)

การหาเวลารอคอยของกลุ่มข้อมูล ในร่องเวลาที่ 1 ถ้ากลุ่มข้อมูล ในหัวแถวคอยมีปลายทางที่ซ้ำกัน จะมีกลุ่มข้อมูลที่ตกค้างในหัวแถวคอย เวลารอคอย = 1 ร่องเวลา ในร่องเวลาที่ 2 ถ้ากลุ่มข้อมูลที่ตกค้างยังอยู่ เวลารอคอย = เวลารอคอยในร่องเวลาที่ 1 + เวลารอคอยในร่องเวลาที่ 2 จากการจำลองโปรแกรม[1.CPP] เวลารอคอยในร่องเวลาที่ 2 = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ตกค้าง - จำนวนกลุ่มข้อมูลที่ส่งออกไป + จำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา ซึ่งจะใช้ได้กับ สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด ที่มีจำนวนบัฟเฟอร์เพียงพอที่จะไม่เกิดการสูญเสียกลุ่มข้อมูล จากการจำลองโปรแกรม [1.CPP] เวลารอคอยจะมีค่าเป็นสัดส่วนของจำนวนร่องเวลา ตามตาราง 3.7

เวลารอคอย = จำนวนเวลารอคอยทั้งหมด/จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่เข้ามา



รูป 3.25 แสดงจำนวนเวลารอคอยของกลุ่มข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.7 เวลารอคอยของกลุ่มข้อมูล

ขนาดของสวิตช์	จำนวนเวลารอคอยต่อจำนวนร่องเวลา
2	13%
3	16%
4	18%
5	18%
6	19%
7	19%
8	19%
16	20%
32	20%
64	21%
128	21%
256	21%
512	21%
1024	21%
2048	22%
4096	23%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

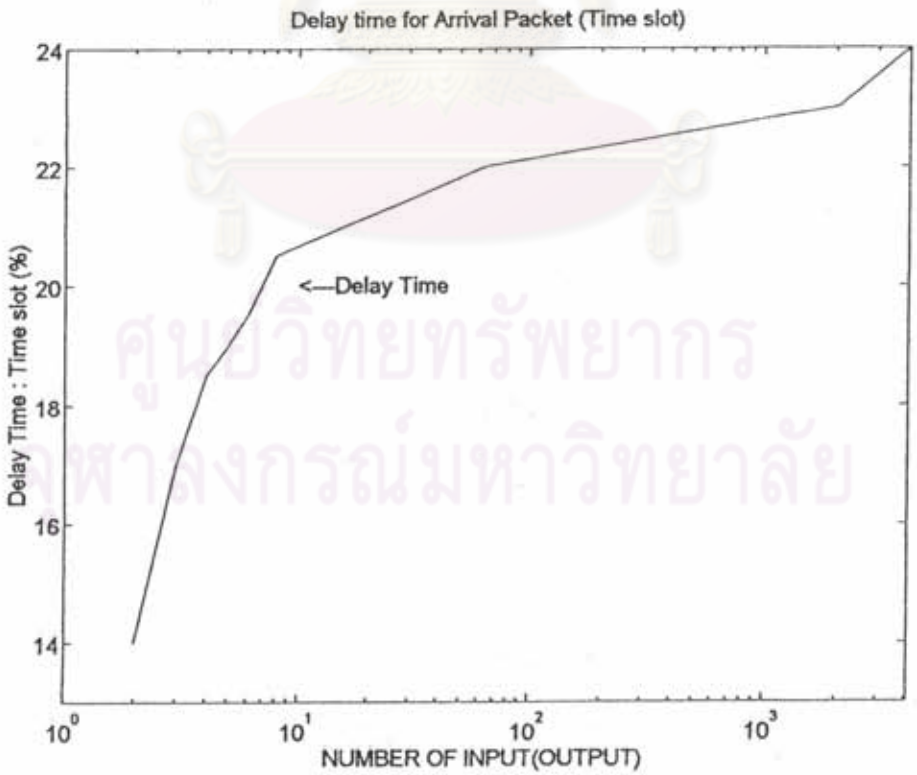
เวลาประวิง (Delay time)

เวลาประวิงของกลุ่มข้อมูลคือ เวลาที่กลุ่มข้อมูลเริ่มเข้ามาในบัฟเฟอร์ จนออกจากสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด ค่าเวลาประวิงจะมีค่าประมาณเวลารอคอย

เมื่อกำหนดให้เวลาบริการ = 1 ร่องเวลา หรือเวลาตามที่ต้องการ ตามตาราง 3.8

เวลาประวิง = เวลารอคอย + เวลาบริการในสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด

การเพิ่มบัฟเฟอร์ทางด้านขาออก (Output Buffer) เพื่อป้องกันการสูญเสียของข้อมูลเนื่องจากอุปกรณ์ที่รับข้อมูลจาก สวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด มีความเร็วในการรับข้อมูลต่ำกว่าการทำงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด แต่ถ้าอุปกรณ์นั้นมีความเร็วเท่ากับหรือสูงกว่า การทำงานของสวิตช์ที่ไม่มีการติดขัด ไม่จำเป็นต้องมีบัฟเฟอร์ทางด้านขาออก



รูป 3.26 แสดงจำนวนเวลาประวิงของกลุ่มข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.8 เวลาประวิงของกลุ่มข้อมูล

ขนาดของสวิตช์	จำนวนเวลาประวิงต่อจำนวนร่องเวลา
2	14%
3	17%
4	19%
5	19%
6	20%
7	20%
8	20%
16	21%
32	21%
64	22%
128	22%
256	22%
512	22%
1024	22%
2048	23%
4096	24%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย