

### บทที่ 3

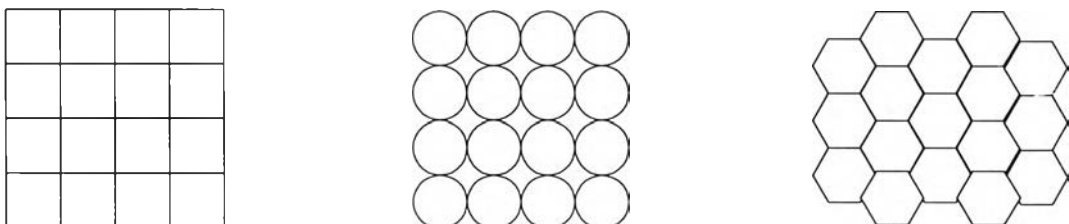
#### วิธีการจำลองแบบและการทดสอบ

##### 3.1 แบบจำลองที่มีการเสนอมา

แบบจำลอง (model) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จำลองโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแง่ขององค์ประกอบ (network element) และการทำงาน (function) ของระบบ โดยจะเน้นเฉพาะแบบจำลองของสถานีฐาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาเท่านั้น ส่วนของตัวควบคุมสถานีฐานและส่วนของอุปกรณ์สวิตชิงจะไม่ได้กล่าวถึง

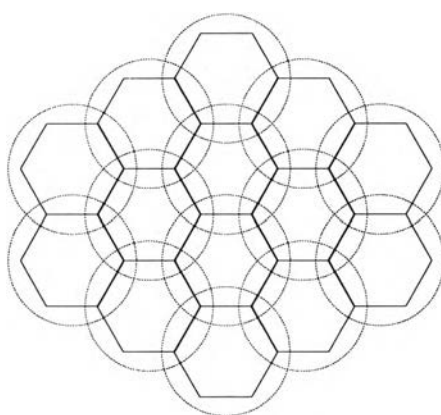
แบบจำลองของสถานีฐานโดยทั่วไปจะหมายถึงพื้นที่ให้บริการของสถานีฐาน ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว พื้นที่ให้บริการของสถานีฐานจะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ดังนั้นการศึกษาที่จะให้ผลที่ถูกต้องนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (geographic information) ในการออกแบบ ซึ่งเป็นการออกแบบในแง่สถิติ (statistical design)

สำหรับงานวิจัยในเรื่องการกำหนดช่องสัญญาณส่วนใหญ่ จะใช้แบบจำลองของสถานีฐานที่มีรูปร่างแน่นอน (deterministic) ที่เป็นรูปร่างทางเรขาคณิต เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา โดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 แบบ คือ สี่เหลี่ยม วงกลม (Akaiwa และ Andoh (1993)) และหกเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบจำลองสถานีฐาน

แบบจำลองที่ใช้กันมากที่สุดจะเป็นแบบจำลองรูปหกเหลี่ยม เช่น Cimini et al. (1994), Cimini และ Foschini (1992), I และ Chao (1993), Wei และ Soong (1994) และ Zhang และ Yum (1989) ก็ใช้แบบจำลองรูปหกเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งเกิดจากการวางซ้อนกันของสถานีฐานที่มีพื้นที่ให้บริการเป็นแบบอุดมคติ คือเป็นวงกลม และพื้นที่ที่เกยทับกันระหว่าง 2 สถานีฐานให้ถือว่าตรงกึ่งกลางเป็นแนวที่มีความแรงของสัญญาณระหว่าง 2 สถานีฐานเท่ากัน หมายความว่าถ้าโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นนี้แล้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ดังกล่าวก็จะถูกแฮนด์โอเวอร์ให้กับสถานีฐานถัดไปทันที



รูปที่ 3.2 แบบจำลองรูปหกเหลี่ยม ซึ่งแทนเส้นความแรงของสัญญาณที่เท่ากันระหว่างสถานีฐาน

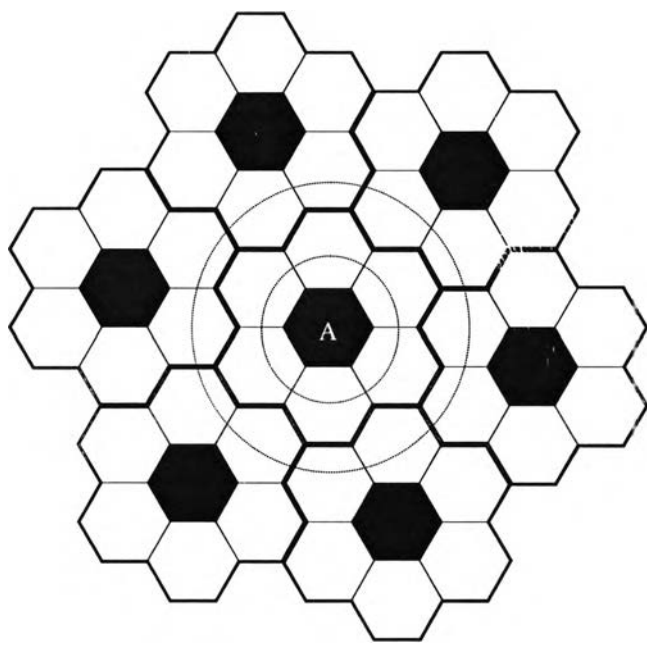
## 3.2 แบบจำลองที่ใช้

### 3.2.1 ข้อกำหนดพื้นฐาน

แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบจำลองรูปหกเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (Lee, 1995) โดยมีข้อกำหนดพื้นฐานดังนี้

- จำนวนสถานีฐานทั้งหมดเท่ากับ 49 สถานีฐาน
- ในกรณี FCA สถานีฐานเป็นแบบ 7 เซลล์คลัสเตอร์ (cluster)
- ในแต่ละคลื่นพาหะจะถือว่ามี 8 ช่องสัญญาณ TCH โดยไม่นับช่องสัญญาณควบคุม

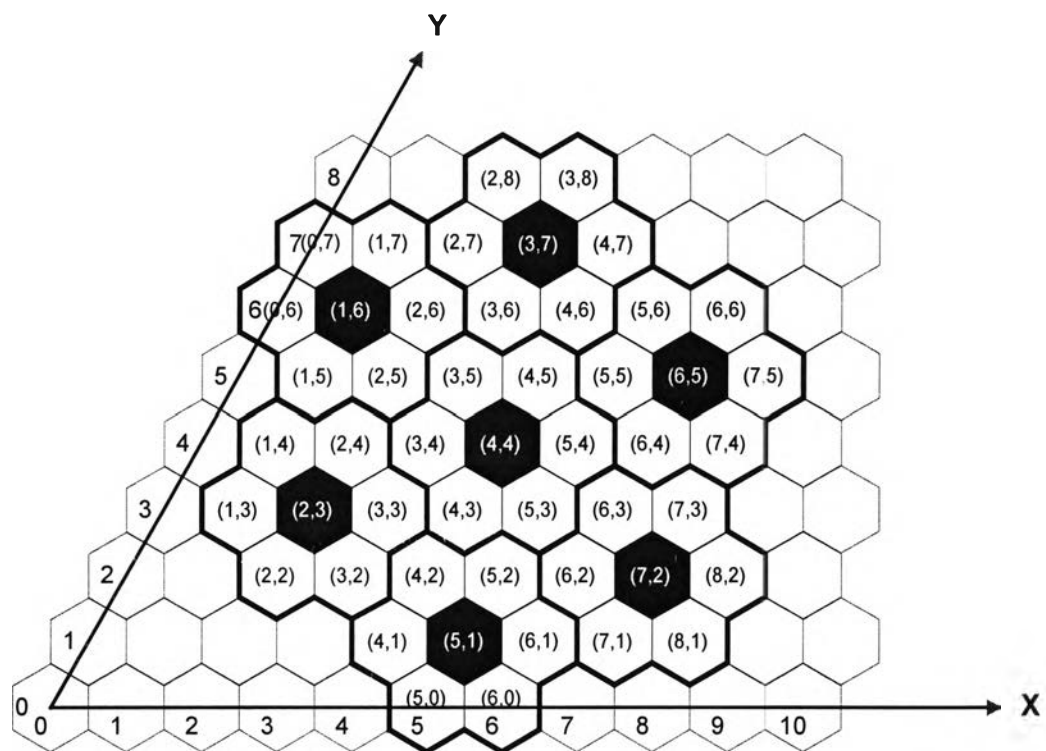
- การกำหนดช่องสัญญาณให้กับการเรียก จะพิจารณาการกำหนดช่องสัญญาณ TCH โดยไม่คิดการเซตอัป ถือว่าไม่มีการบล็อกในระหว่างการเซตอัป
- ช่องสัญญาณที่อยู่ในคลื่นพาห์เดียวกัน จะถูกกำหนดให้ใช้ในสถานีฐานเดียวกันเท่านั้น
- กรณีการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัต จำนวนอุปกรณ์รับ-ส่งต่อสถานีฐานเท่ากับ 3, 4 และ 5
- การเรียกที่เกิดขึ้น ไม่มีการเคลื่อนที่และไม่มีการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลล์ (intercell handover)
- การเรียกมีการแจกแจงการเกิดแบบปัวส์ซอง (poisson)
- เวลาขีดยึดช่องสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที โดยมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ (negative exponential)
- ไม่คิดแบบจำลองการแพร่กระจาย (propagation model) แต่กำหนดให้สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood คือ สถานีฐานที่อยู่ในวงรอบที่ 1 และ 2 (first and second tier) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (Wei และ Soong (1994))
- แต่ละสถานีฐานมีข้อมูลการใช้ช่องสัญญาณของสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood



รูปที่ 3.3 แบบจำลองที่ใช้

### 3.2.2 ข้อกำหนดเกี่ยวกับสถานีฐาน

ในแบบจำลอง ใช้การอ้างอิงสถานีฐาน โดยใช้พิกัด X,Y ตาม Zhang และ Yum (1989) และใช้การกำหนดสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood 2 วงรอบตาม Wei และ Soong (1994) ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การอ้างอิงพิกัดของสถานีฐานในแบบจำลอง

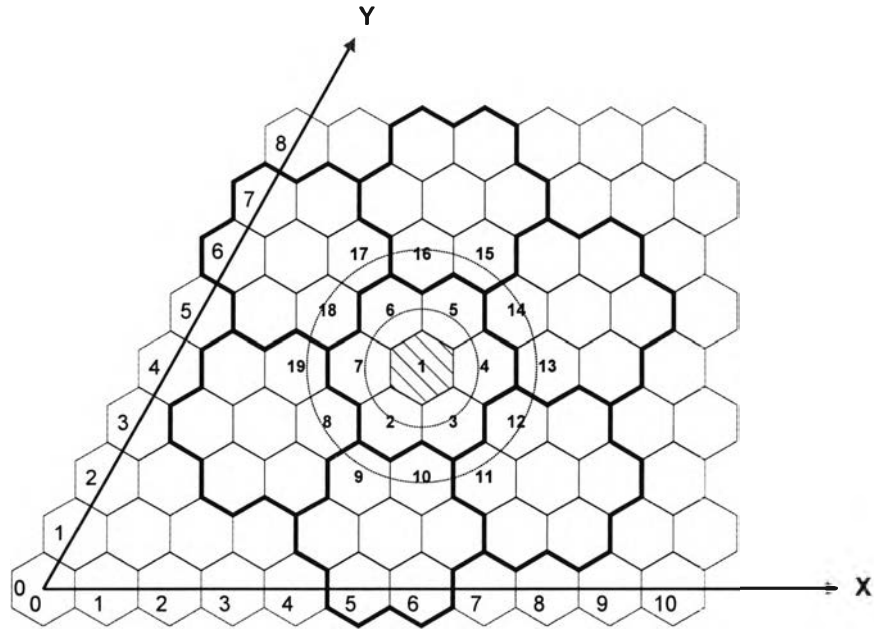
โดยที่การอ้างอิงของสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood จะอ้างอิงโดยใช้ความสัมพันธ์ของพิกัด X และ Y ดังแสดงในตารางที่ 3.1 เนื่องจากเรากำหนดให้สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood คือสถานีฐานใน 2 วงรอบของสถานีฐานที่พิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ดังนั้นจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood สูงสุดจะไม่เกิน 18 สถานีฐานขึ้นอยู่กับว่าสถานีฐานที่พิจารณาอยู่บริเวณไหน

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของพิกัด X และ Y ของสถานีฐาน  
ที่เป็น interference neighborhood

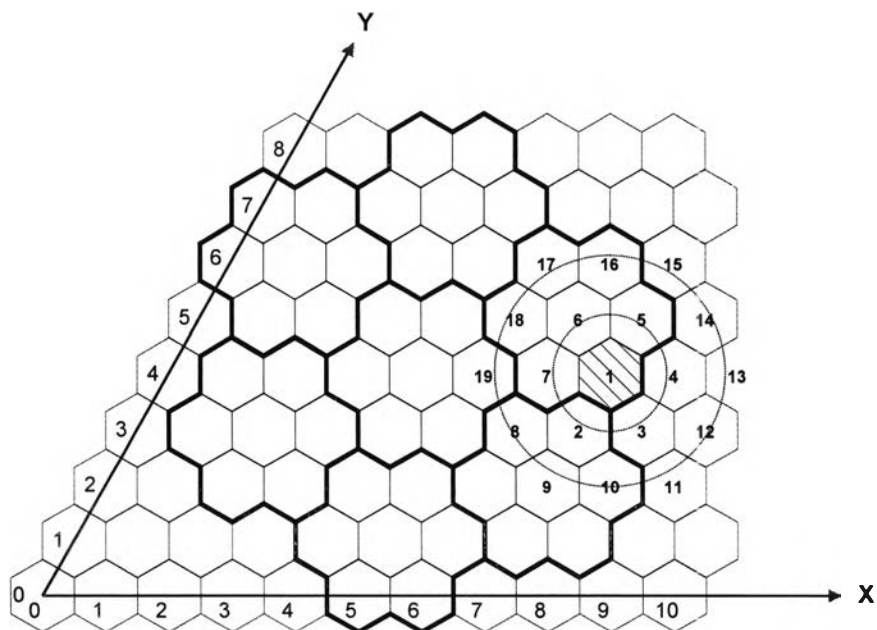
สถานีฐาน	พิกัดของสถานีฐาน	พิกัดในแกน X	พิกัดในแกน Y
1	4,4	X	Y
2	4,3	X	Y-1
3	5,3	X+1	Y-1
4	5,4	X+1	Y
5	4,5	X	Y+1
6	3,5	X-1	Y+1
7	3,4	X-1	Y
8	3,3	X-1	Y-1
9	4,2	X	Y-2
10	5,2	X+1	Y-2
11	6,2	X+2	Y-2
12	6,3	X+2	Y-1
13	6,4	X+2	Y
14	5,5	X+1	Y+1
15	4,6	X	Y+2
16	3,6	X-1	Y+2
17	2,6	X-2	Y+2
18	2,5	X-2	Y+1
19	2,4	X-2	Y

ผลที่ได้จากแบบจำลองที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป จะแสดงผลเฉพาะสถานีฐานที่อยู่ตรงกลางคือสถานีฐานที่พิกัด (4,4) และสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ในวงแรกจำนวน 6 สถานีฐานเท่านั้น จากทั้งหมด 18 สถานีฐาน เนื่องจากสถานีฐานที่พิกัด (4,4) จะได้รับผลกระทบเนื่องจากสถานีฐานที่อยู่บริเวณขอบ (edging effect) น้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.5

ถ้าเราพิจารณาสถานีฐานที่พิกัด (7,4) ซึ่งอยู่ใกล้ขอบ ก็จะได้รับผลกระทบเนื่องจาก edging effect ค่อนข้างมาก เนื่องจากมีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เพียง 11 สถานีฐานเท่านั้น ทำให้อัตราการบดบังต่ำกว่าสถานีฐานที่อยู่ตรงกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ของสถานีฐานพิกัด (4,4)



รูปที่ 3.6 สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ของสถานีฐานพิกัด (7,4)

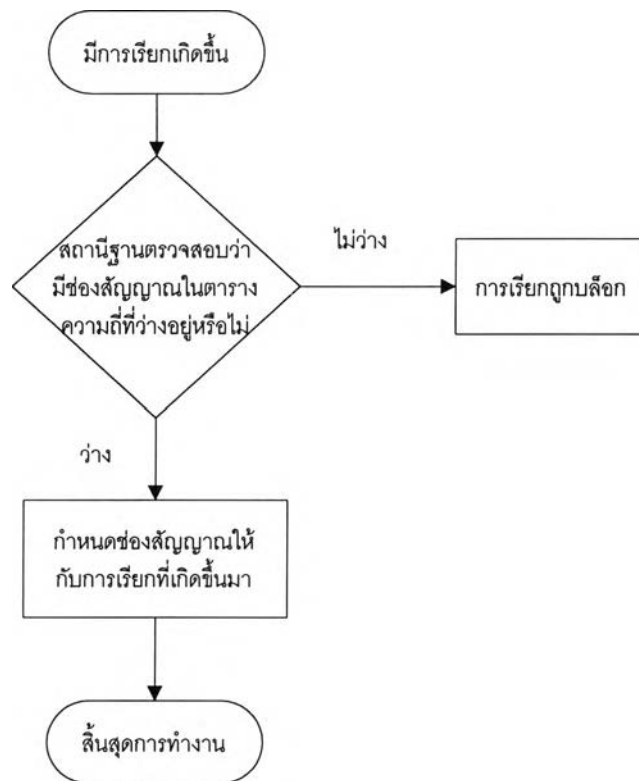
### 3.3 การทดสอบแบบจำลอง

#### 3.3.1 การทดสอบแบบจำลองกรณี FCA

จะเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าที่คำนวณโดยใช้สมการ Erlang B (Erlang Loss Call Formula) ดังแสดงในสมการที่ (2.1)

แบบจำลองที่ใช้มีจำนวนสถานีฐาน 49 สถานีฐาน โดยการอ้างอิงสถานีฐานใช้พิกัด X และ Y ตามรูปที่ 3.4 และการกำหนดสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood กำหนดโดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าพิกัด X และ Y ตามรูปที่ 3.5 โดยกำหนดให้เกิดการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวส์ซง ที่มีอัตราการเกิดเท่ากับ  $\lambda$  ซึ่งค่า  $\lambda$  นี้ เราสามารถกำหนดให้มีค่าเท่ากันทุกสถานีฐาน หรือจะสุ่มค่าให้กับแต่ละสถานีฐานก็ได้ เวลายืดของสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ ที่มีค่าเวลายืดของสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 1, 2 และ 3 คลื่นพาห์ หรือเท่ากับช่องสัญญาณ 8, 16 และ 24 ช่องสัญญาณตามลำดับ

และกำหนดให้ใน 1 รอบการจำลองแบบเทียบเท่า 1 ชั่วโมงการทำงานของระบบ ซึ่งเท่ากับ 15,295 มัลติเฟรมของมัลติเฟรมที่เป็นสัญญาณควบคุม (1 control multiframe เท่ากับ 51 ทีดีเอ็มเอเฟรม) และมีคาบเวลาเท่ากับ 235 ms ดังนั้นหน่วยเวลาที่ใช้ในแบบจำลองจะถูกแปลงผัน (convert) เป็นจำนวนมัลติเฟรมทั้งหมด เช่น ถ้าสุ่มเวลายืดของสัญญาณของการเรียกที่เกิดขึ้นได้เท่ากับ 132.5 วินาที ก็จะถูกแปลงเท่ากับ 564 มัลติเฟรม เป็นต้น และค่า  $\lambda$  ก็จะคิดเป็นอัตราการเกิดต่อมัลติเฟรม ค่าความสัมพันธ์ระหว่างเออร์แลงกับ  $\lambda$  แสดงในตารางที่ ก.1



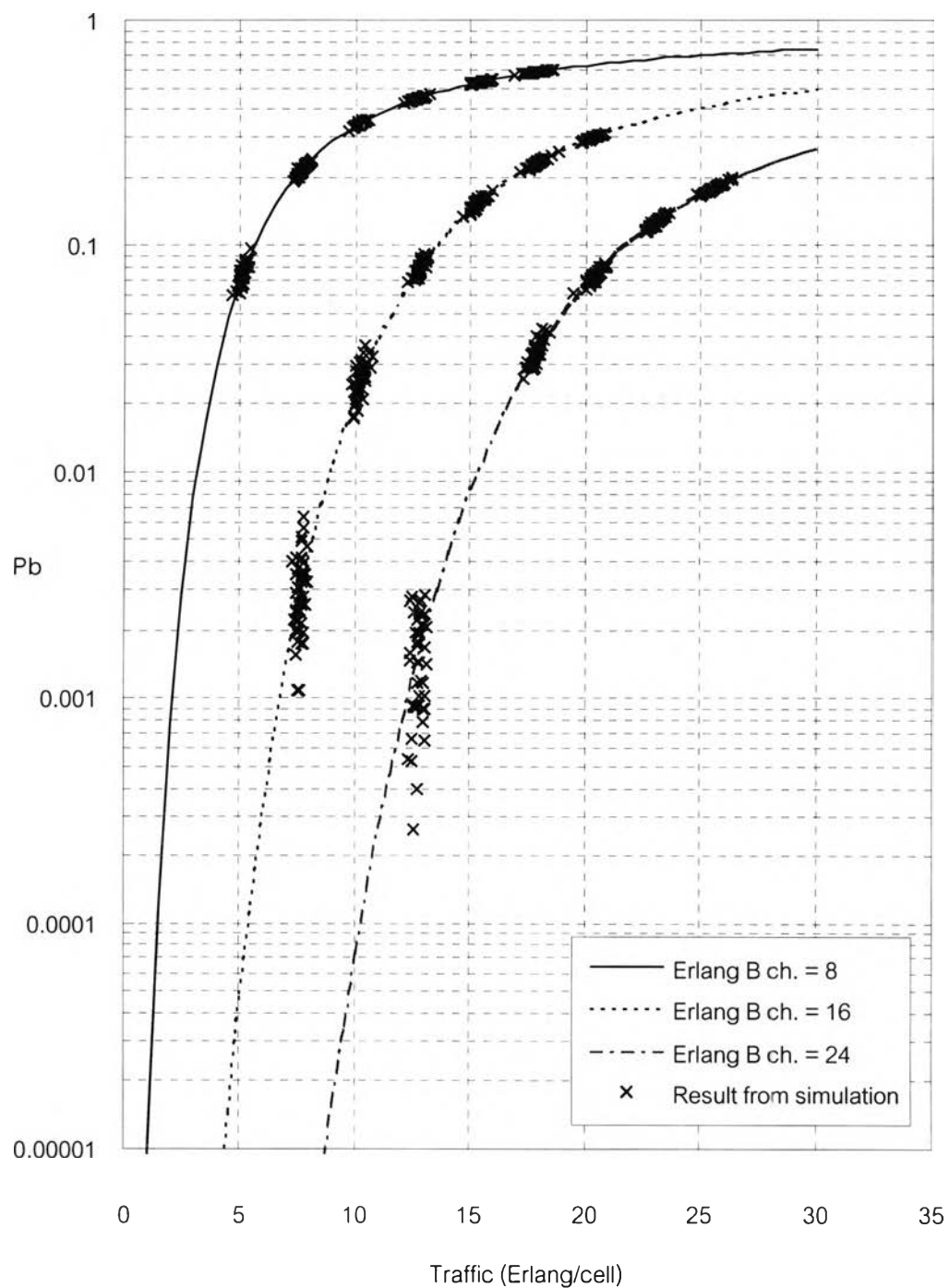
รูปที่ 3.7 แบบจำลองวิธี FCA

ในกรณี FCA เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้น สถานีฐานจะตรวจสอบว่ามีช่องสัญญาณในตารางความถี่ของสถานีฐานดังกล่าวว่างหรือไม่ ถ้าว่างสถานีฐานก็จะจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น ถ้าไม่ว่างการเรียกดังกล่าวก็จะถูกบล็อก ดังแสดงในรูปที่ 3.7

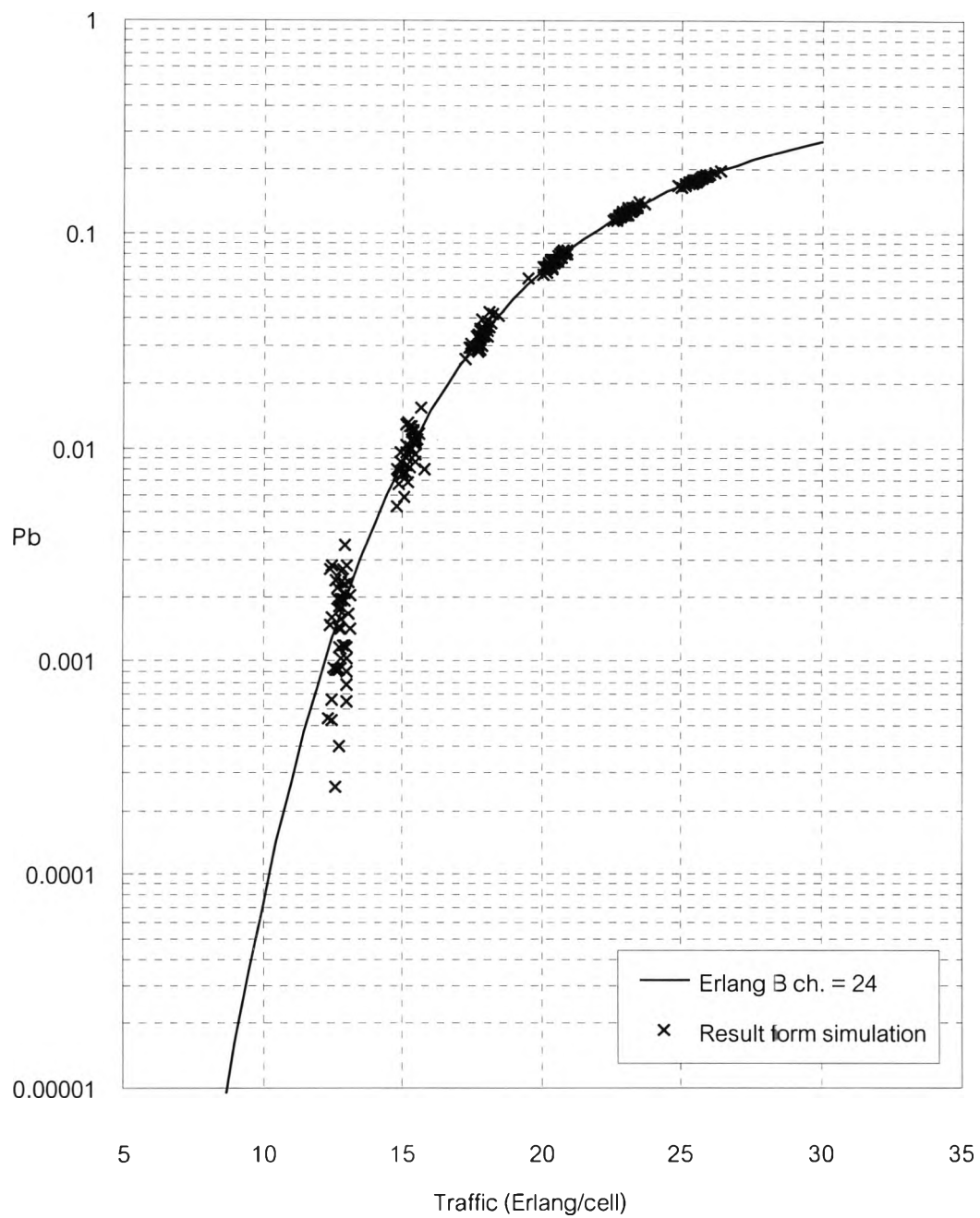
#### นิยามและความหมาย

- อัตราการบล็อก (Pb) = 
$$\frac{\text{จำนวนการเรียกที่ถูกบล็อก}}{\text{จำนวนการเรียกทั้งหมด}}$$
- ปริมาณทราฟฟิก (Traffic) = 
$$\frac{\text{จำนวนการเรียกที่สำเร็จ} \times \text{ค่าเวลายืดช่องสัญญาณเฉลี่ย}}{\text{เวลาทั้งหมด}}$$

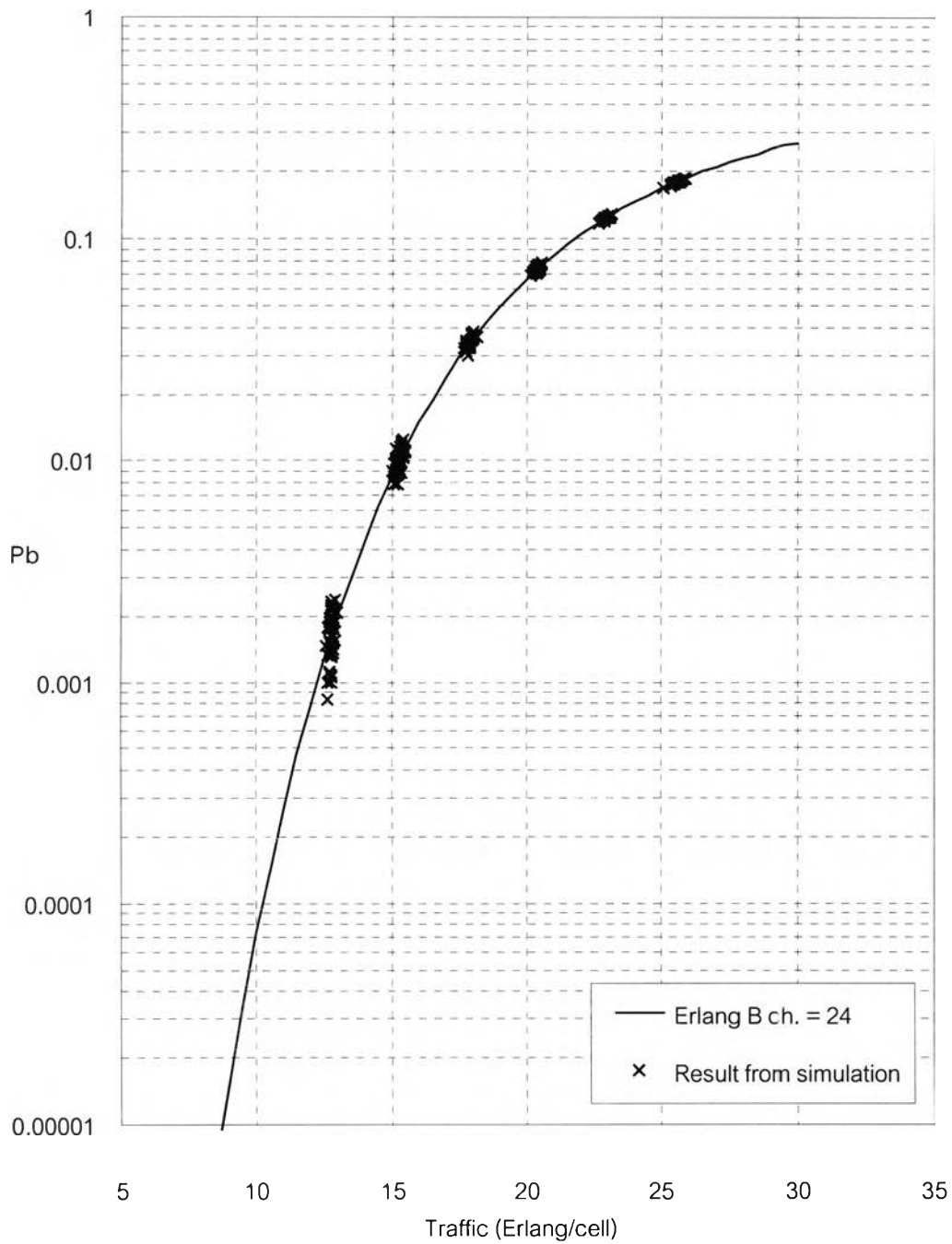




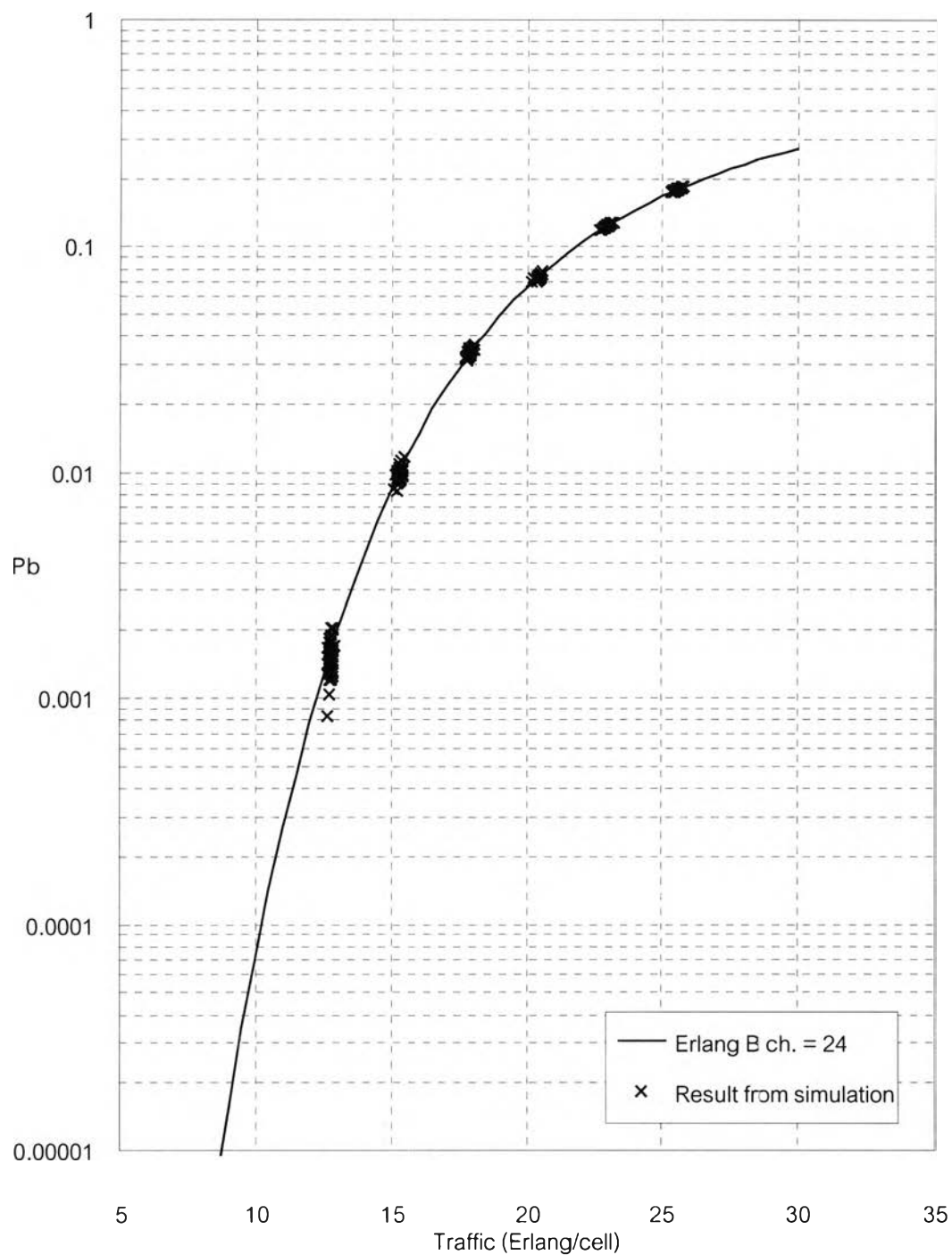
รูปที่ 3.8 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า  $\lambda$  ให้เท่ากัน และจำนวนของสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 8, 16 และ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20



รูปที่ 3.9 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า  $\lambda$  ให้เท่ากัน และจำนวนของสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20



รูปที่ 3.10 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า  $\lambda$  ให้เท่ากับ และจำนวนของสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 100



รูปที่ 3.11 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า  $\lambda$  ให้เท่ากัน และจำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 200

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA โดยพิจารณาที่ค่าอัตราการบล็อกประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 8 ที่ค่า  $\lambda$  ตั้งแต่ 0.01 อัตราการบล็อกที่ได้จากการจำลองแบบจะมีความผิดพลาดน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าอัตราการบล็อกที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B และกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 16 อัตราการบล็อกที่ได้จากการจำลองแบบมีความผิดพลาดน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ค่า  $\lambda$  ตั้งแต่ 0.025 ดังนั้นค่า  $\lambda$  ตั้งแต่ 0.04 จึงไม่ได้ทำการจำลองแบบ กรณีที่จำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 ที่ค่า  $\lambda$  น้อยกว่า 0.03 จะมีความผิดพลาดมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าอัตราการบล็อกที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B แต่เมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการจำลองแบบ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะมีค่าลดลง โดยส่วนใหญ่แล้วการพิจารณาเปรียบเทียบความจุของระบบ จะคิดที่อัตราการบล็อกประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และที่ค่า  $\lambda$  น้อยกว่า 0.025 จะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องทำการจำลองแบบที่ค่า  $\lambda$  น้อยกว่า 0.025 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดคำนวณโดยสมการที่ (3.2)

ตารางที่ 3.2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA ที่ค่าอัตราการบล็อกประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

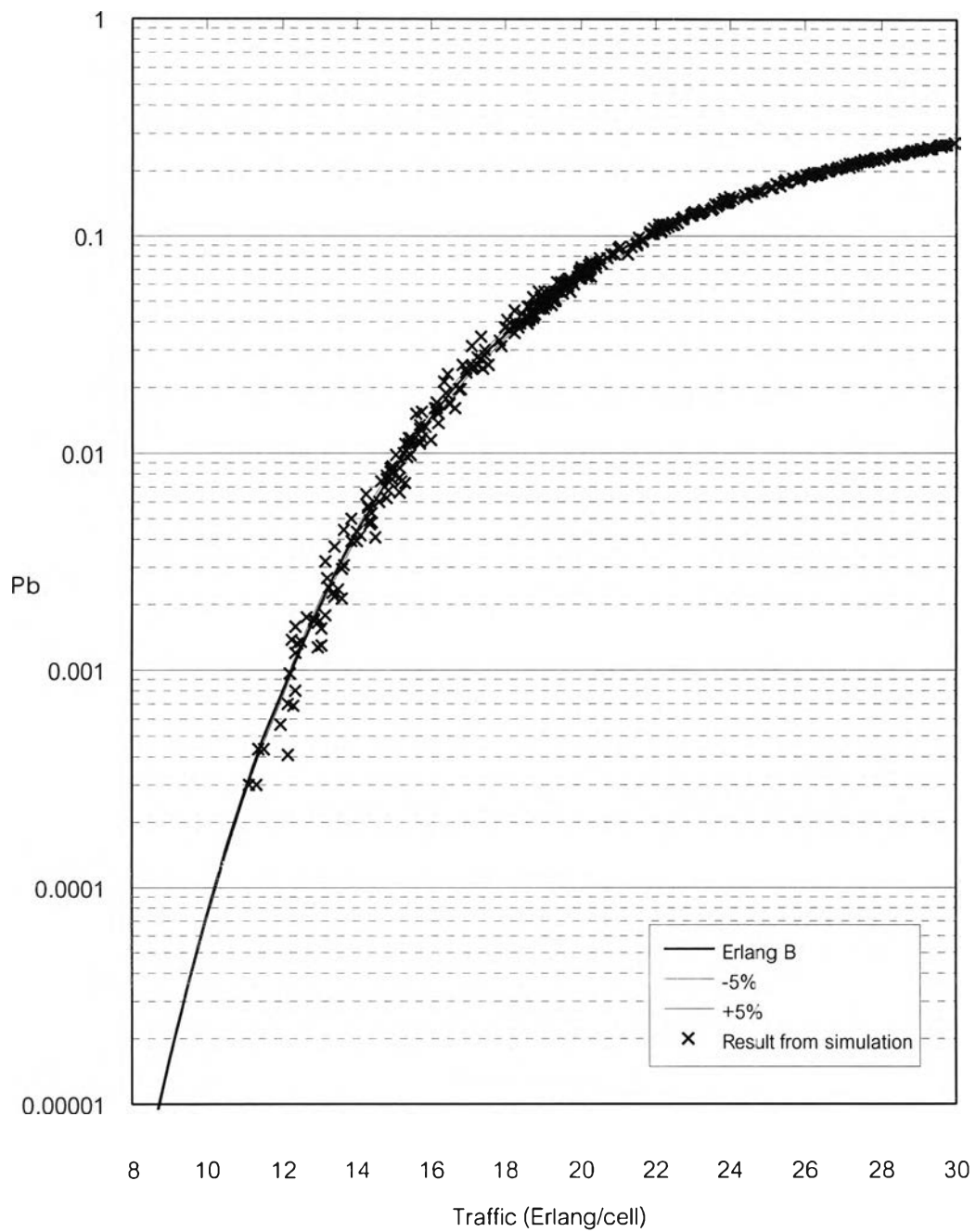
$\lambda$	จำนวนรอบการจำลองแบบ เท่ากับ 20			เท่ากับ 100 ch.=24	เท่ากับ 200 ch.=24
	ch.=8	ch.=16	ch.=24		
0.010	4.47%				
0.015	1.57%	27.36%			
0.020	0.60%	10.35%			
0.025	0.33%	3.38%	39.67%	19.11	12.51
0.030	0.21%	1.67%	13.43%	6.75	4.42
0.035	0.10%	0.83%	5.74%	2.55	1.76
0.040		0.43%	2.58%	1.59	0.96
0.045			1.18%	0.62	0.43
0.050			0.69%	0.42	0.27

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

$$= \frac{\text{อัตราการบล็อกจากการจำลองแบบ} - \text{อัตราการบล็อกจากสมการ Erlang B} \times 100}{\text{อัตราการบล็อกจากสมการ Erlang B}} \quad (3.2)$$

ผลที่ได้จากการจำลองแบบเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้สมการ Erlang B มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ กล่าวคือค่าอัตราการบล็อกในช่วงที่มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จะมีความผิดพลาดระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองแบบกับค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าอัตราการบล็อกในช่วงที่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จะมีความผิดพลาดมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลเนื่องจากว่าจำนวนรอบการจำลองแบบที่ใช้เท่ากับ 20 รอบ ดังรูปที่ 3.9 นั้นน้อยเกินไป ซึ่งถ้ามีการเพิ่มจำนวนรอบในการจำลองแบบเป็น 100 และ 200 รอบ ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11 ตามลำดับ จะยังได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น คือเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจะลดลง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

เมื่อทำการจำลองแบบโดยการสุ่มค่า  $\lambda$  ดังรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าที่ค่าปริมาณทราฟฟิกสูงๆ อัตราการบล็อกที่ได้จากการจำลองแบบ มีค่าใกล้เคียงกับอัตราการบล็อกที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B แต่อัตราการบล็อกที่ปริมาณทราฟฟิกต่ำๆ ยังมีความผิดพลาดค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับค่าอัตราการบล็อกที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B



รูปที่ 3.12 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อสมค่า  $\lambda$  และจำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองแบบกับค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B จะมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จะมีค่าความผิดพลาดมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม แต่เมื่อเพิ่มจำนวนรอบการจำลองแบบ จะพบว่าค่าที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B ลดลง

ในช่วงที่กราฟพีกสูงๆ ถึงแม้ว่าจะใช้จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20 จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองแบบกับค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คืออยู่ในช่วงความผิดพลาดไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์จากค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B สรุปได้ว่าแบบจำลองที่ไชนี้มีความถูกต้อง

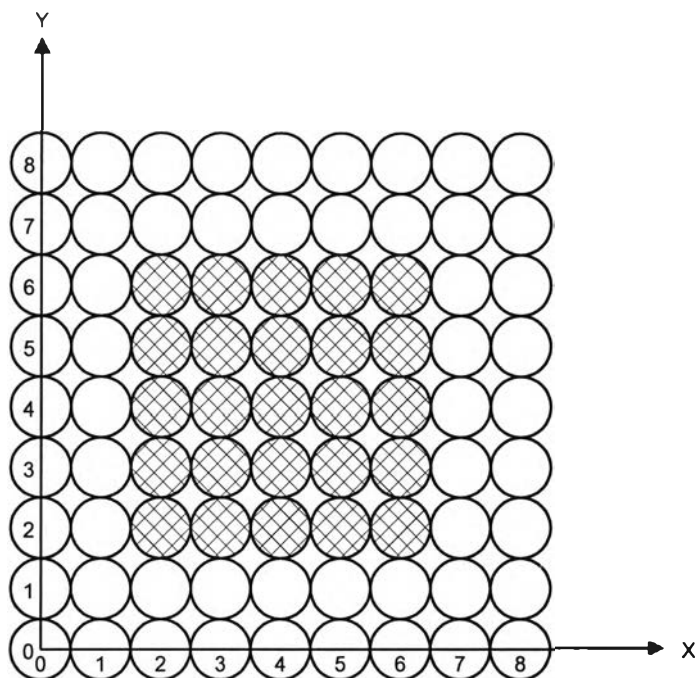
### 3.3.2 การทดสอบแบบจำลองกรณี SEG

#### 3.3.2.1 การทดสอบแบบจำลองกรณี SEG โดยใช้แบบจำลองตาม Akaiwa และ Andoh (1993)

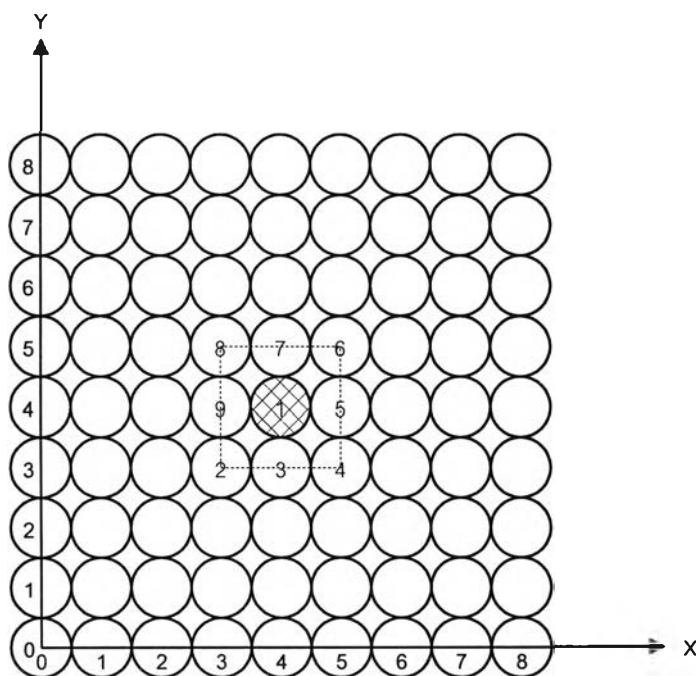
จะเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองแบบ เมื่อใช้แบบจำลองที่ได้ทดสอบในหัวข้อ 3.3.1 แต่เปลี่ยนการจัดสรรช่องสัญญาณจากวิธี FCA เป็นวิธี SEG ตามแบบจำลองในรูปที่ 2.3 และปรับเปลี่ยนรูปแบบของการจัดวางสถานีฐานตาม Akaiwa และ Andoh (1993) กับค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh (1993)

แบบจำลองที่ไชนี้มีจำนวนสถานีฐาน 81 สถานีฐาน โดยการอ้างอิงสถานีฐานใช้พิกัด  $X$  และ  $Y$  ตามรูปที่ 3.13 และการกำหนดสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood จะกำหนดโดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าพิกัด  $X$  และ  $Y$  ตามรูปที่ 3.14 ซึ่งมีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เท่ากับ 8 สถานีฐาน โดยกำหนดให้เกิดการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวส์ซงที่มีอัตราการเกิดเท่ากับ  $\lambda$  เวลายืดช่องสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ ที่มีค่าเวลายืดช่องสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที และจำนวนคลื่นพาห์ของระบบเท่ากับ 6 คลื่นพาห์ โดยที่ในแต่ละคลื่นพาห์แบ่งเป็นที่ดีเอ็มเอหรือช่อง สัญญาณเท่ากับ 12 ช่องสัญญาณ หรือช่องสัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 72 ช่องสัญญาณ





รูปที่ 3.13 การอ้างอิงพิกัดของสถานีฐานในแบบจำลองตาม Akaiwa และ Andoh (1993)



รูปที่ 3.14 สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood

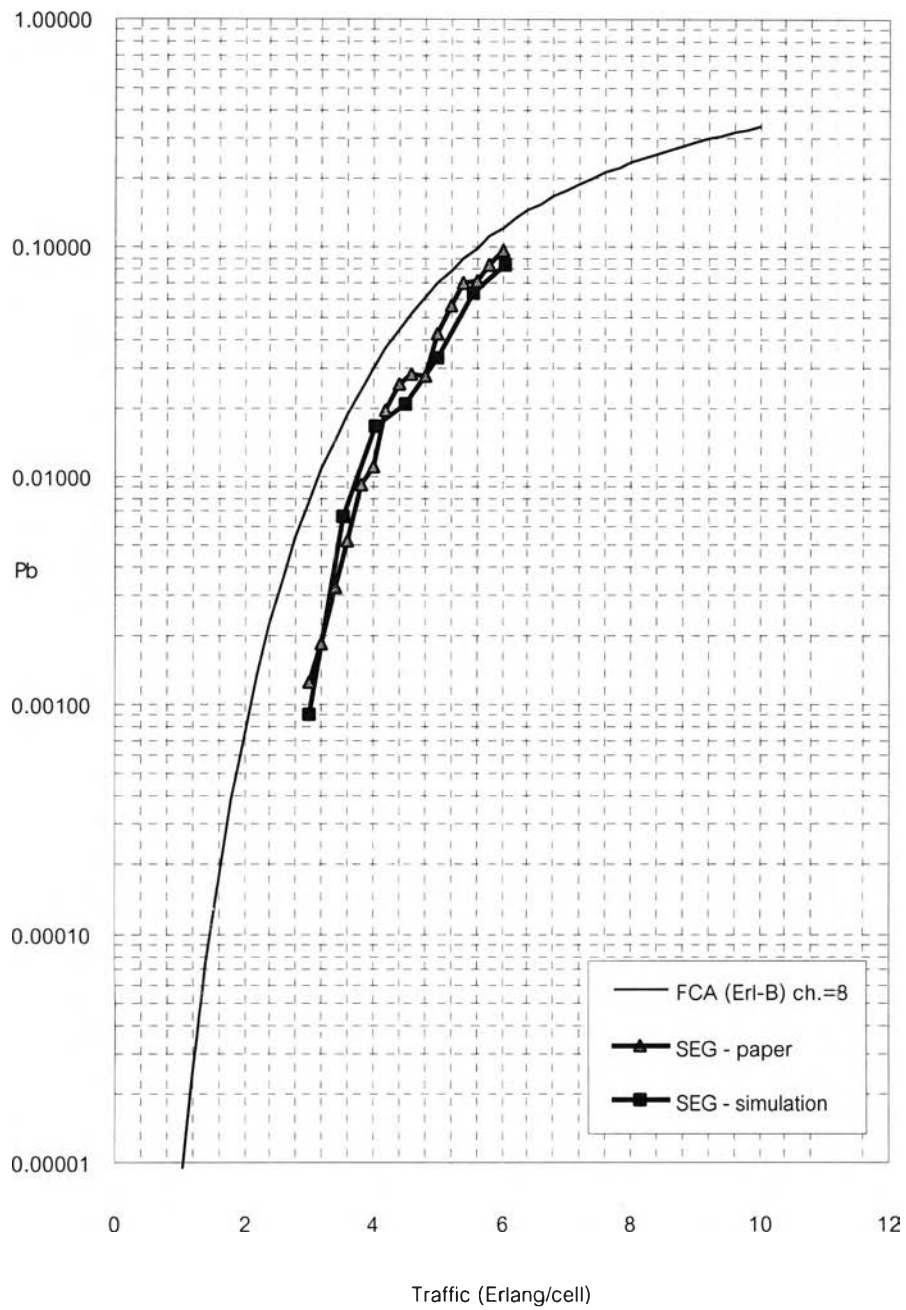
การคำนวณอัตราการใช้ช่องสัญญาณที่ได้จากการจำลองแบบ จะได้จากการเฉลี่ยค่าอัตราการใช้ช่องสัญญาณเฉพาะสถานีฐาน 25 สถานีฐานที่อยู่บริเวณตรงกลางของระบบ ดังรูปที่ 3.13 โดยไม่นำสถานีฐานที่อยู่รอบนอกมาคิด เพื่อลดผลของ edging effect

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ของพิกัด X และ Y ของสถานีฐาน  
ที่เป็น interference neighborhood ตามรูปที่ 3.14

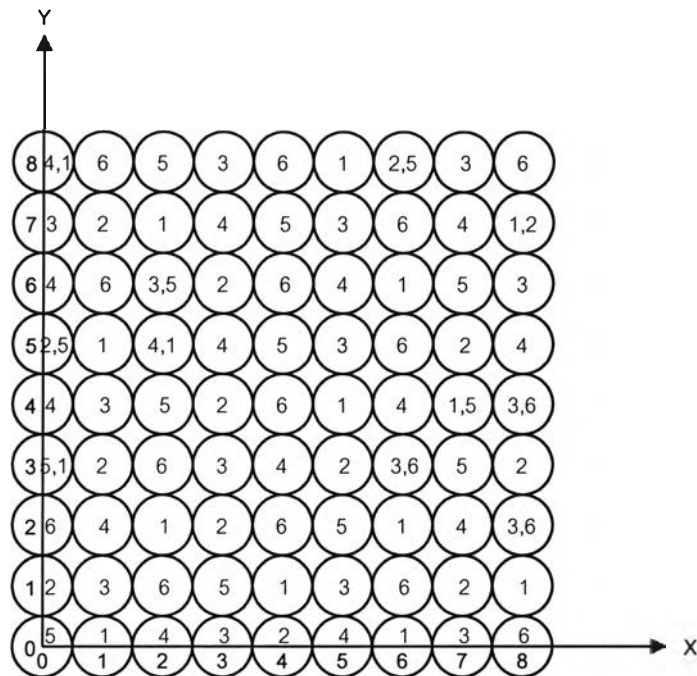
สถานีฐาน	พิกัดของสถานีฐาน	พิกัดในแกน X	พิกัดในแกน Y
1	4,4	X	Y
2	3,3	X-1	Y-1
3	4,3	X	Y-1
4	5,3	X+1	Y-1
5	5,4	X+1	Y
6	5,5	X+1	Y+1
7	4,5	X	Y+1
8	3,5	X-1	Y+1
9	3,4	X-1	Y

การจัดสรรของสัญญาณให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น จะเลือกจากค่าลำดับความสำคัญของช่องสัญญาณนั้นๆ โดยที่ค่าลำดับความสำคัญคิดจากโอกาสที่ช่องสัญญาณนั้นๆ จะถูกใช้โดยสถานีฐานนั้นๆ มากน้อยเพียงไร ถ้าช่องสัญญาณของไหนยิ่งถูกใช้มากในสถานีฐานใด ค่าลำดับความสำคัญของช่องสัญญาณดังกล่าวในสถานีฐานนั้นก็ยิ่งสูงมากขึ้นเรื่อยๆ หรือเรียกว่าเป็น favorite channel สำหรับสถานีฐานนั้น

นอกจากการถูกใช้โดยสถานีฐานแล้ว ค่าลำดับความสำคัญยังเพิ่มขึ้นในกรณีที่เราเรียกว่า unaccessible idle channel ซึ่งหมายความว่าช่องสัญญาณดังกล่าว ถึงแม้ไม่มีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ใช้ แต่ไม่สามารถเข้าไปใช้หรือนำช่องสัญญาณดังกล่าวมาใช้ได้ อาจเป็นเพราะ ในขณะที่นั้นสถานีฐานดังกล่าวใช้คลื่นพาห์เต็มอยู่ตามจำนวนคลื่นพาห์ที่สถานีฐานสามารถรองรับได้ และช่องสัญญาณที่ว่างอยู่ในคลื่นพาห์อื่นที่มีใช้คลื่นพาห์ที่สถานีฐานดังกล่าวใช้อยู่ จึงทำให้ไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถรองรับคลื่นพาห์ใหม่ได้



รูปที่ 3.15 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh (1993) กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20



รูปที่ 3.16 ผลที่ได้จากการจำลองแบบ (หมายเลขในวงกลมคือ  
หมายเลขความถี่ที่สถานีฐานนั้นใช้มากที่สุด)

#### นิยามและความหมาย

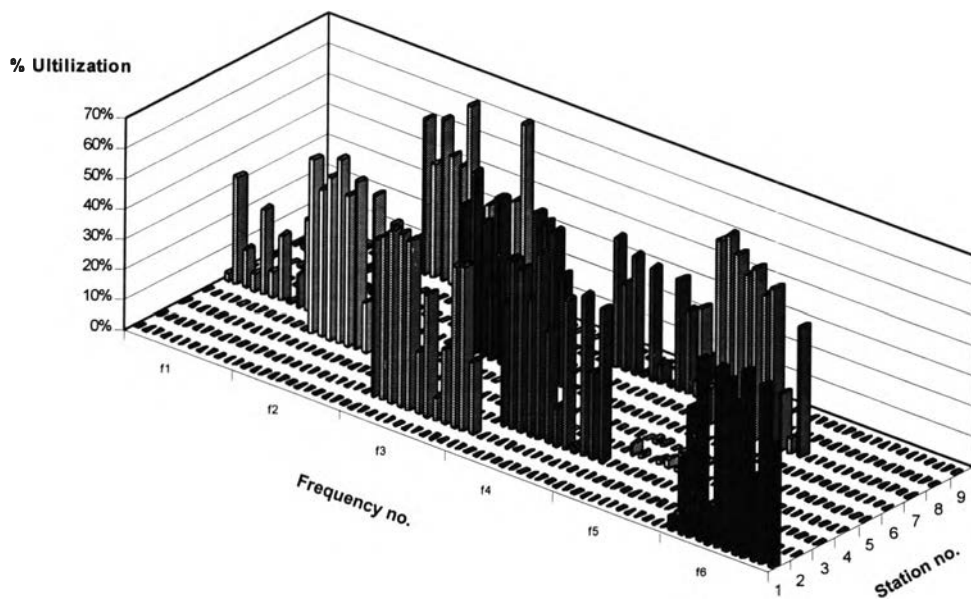
- ค่าลำดับความสำคัญ = 
$$\frac{N_s}{N_t}$$

โดยที่

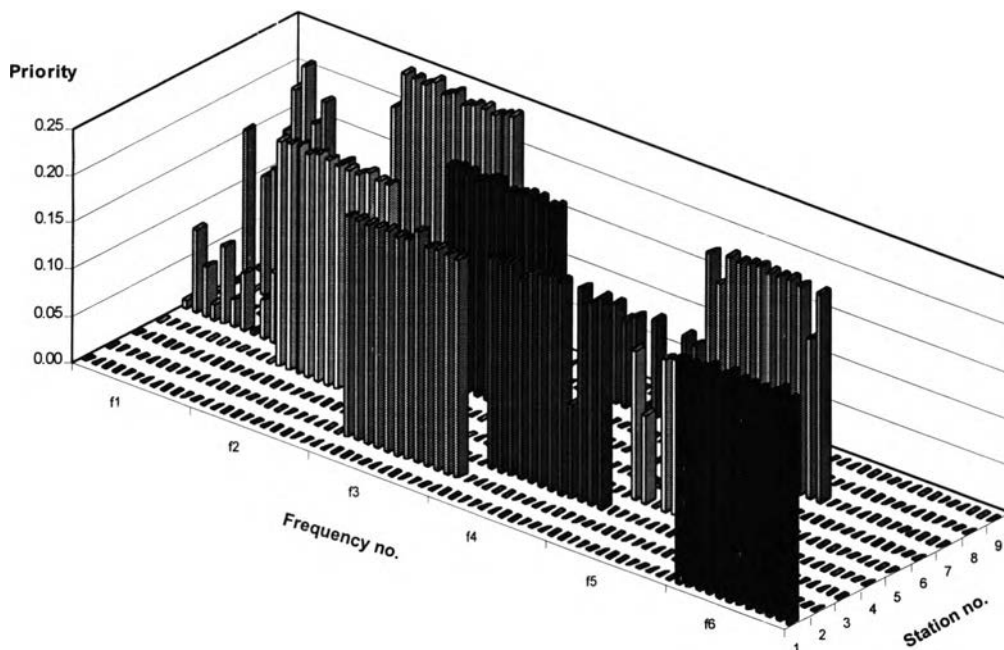
$$N_s = \text{จำนวนครั้งที่ช่องสัญญาณหรือคลื่นพาห์ถูกใช้} \\ + \text{จำนวนครั้งที่ว่างแต่ไม่สามารถเข้าไปใช้ได้} \\ \text{(unaccessible Idle channel)}$$

$$N_t = \text{จำนวนครั้งที่ทั้งหมดที่ช่องสัญญาณหรือ} \\ \text{คลื่นพาห์ดังกล่าวถูกเลือก}$$

- ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณ = 
$$\frac{\text{เวลาที่ช่องสัญญาณถูกใช้งานทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมด}}$$



รูปที่ 3.17 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณ กรณี SEG ที่มีแบบจำลอง  
เหมือนงานของ Akaiwa และ Andoh (1993)



รูปที่ 3.18 ค่าลำดับความสำคัญ กรณี SEG ที่มีแบบจำลอง  
เหมือนงานของ Akaiwa และ Andoh (1993)

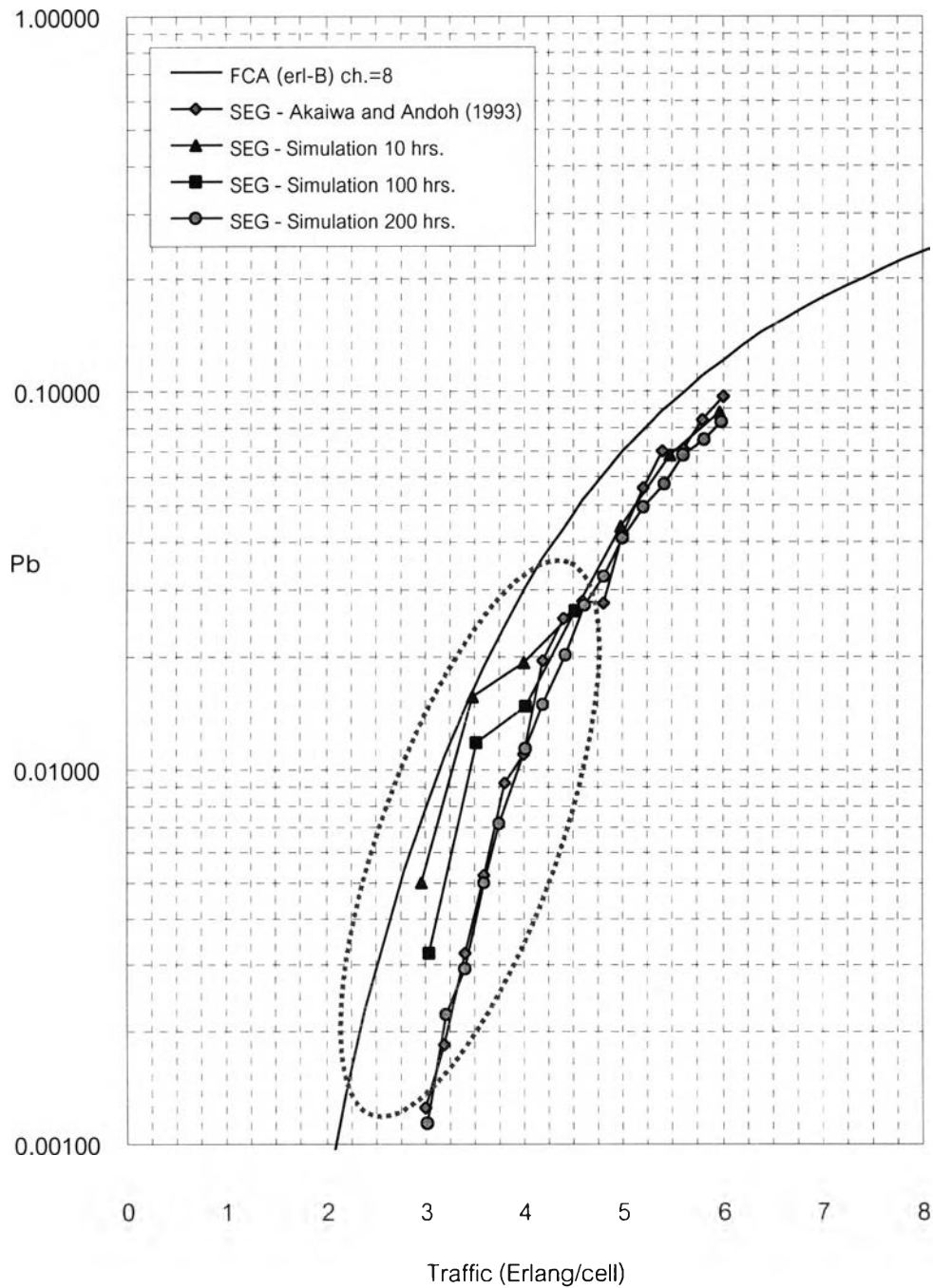
จากค่าอัตราการบล็อกรับที่ได้จากการจำลองแบบในรูปที่ 3.15 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราการบล็อกรับจากงานของ Akaiwa และ Andoh จะพบว่า มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน และจากค่าความสัมพันธ์ในการใช้ช่องสัญญาณในรูปที่ 3.17 และค่าลำดับความสำคัญในรูปที่ 3.18 จะมีลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่ม หรือที่เรียกว่า bunching effect เหมือนกับงานของ Akaiwa และ Andoh

### 3.3.2.2 การทดสอบแบบจำลองกรณี SEG โดยใช้แบบจำลองตามรูปที่ 3.3

จะเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองเมื่อใช้แบบจำลองวิธี SEG กับรูปแบบของการจัดวางสถานีฐานตามรูปที่ 3.3 โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh (1993)

แบบจำลองที่ใช้มีจำนวนสถานีฐาน 49 สถานีฐาน ตามรูปที่ 3.3 โดยการอ้างอิงสถานีฐานและการกำหนดสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood กำหนดโดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าพิกัด X และ Y ตามรูปที่ 3.4 ซึ่งจะมีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เท่ากับ 17 สถานีฐาน โดยกำหนดให้การเกิดการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวส์ซง ที่มีอัตราการเกิดเท่ากับ  $\lambda$  เวลายืดช่องสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ ที่มีค่าเวลายืดช่องสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที และจำนวนคลื่นพาห์ของระบบเท่ากับ 12 คลื่นพาห์ โดยที่ในแต่ละคลื่นพาห์แบ่งเป็นที่ดีเอ็มเอหรือช่องสัญญาณเท่ากับ 8 ช่องสัญญาณ หรือช่องสัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 96 ช่องสัญญาณ

การคำนวณอัตราการบล็อกรับที่ได้จากการจำลองแบบ จะได้จากการเฉลี่ยค่าอัตราการบล็อกรับของสถานีฐาน 7 สถานีฐานที่อยู่บริเวณตรงกลางของระบบ ที่มีสถานีฐานพิกัด (4,4) อยู่ตรงกลาง ดังรูปที่ 3.4 โดยไม่นำสถานีฐานที่อยู่รอบนอกมาคิด



รูปที่ 3.19 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh (1993) กับค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเมื่อใช้แบบจำลองวิธี SEG กับรูปแบบของการจัดวางสถานีฐานตามรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.4 ค่าอัตราการบดล็อกจากรูปที่ 3.19  
เมื่อจำนวนรอบการจำลองเท่ากับ 10, 100 และ 200

จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 10		จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 100		จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 200	
กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดล็อก	กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดล็อก	กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดล็อก
2.9603	0.00497	3.0383	0.00324	3.0155	0.00114
3.4895	0.01560	3.5256	0.01171	3.2098	0.00221
4.0051	0.01910	4.0104	0.01459	3.4078	0.00294
4.5091	0.02623	4.5091	0.02623	3.6056	0.00500
4.9827	0.04394			3.7600	0.00719
5.4762	0.06829			4.0107	0.01130
5.9795	0.08777			4.1931	0.01493
				4.4141	0.02018
				4.6161	0.02729
				4.8000	0.03273
				5.0017	0.04102
				5.2029	0.04989
				5.4190	0.05715
				5.6032	0.06839
				5.8088	0.07482
				5.9951	0.08318

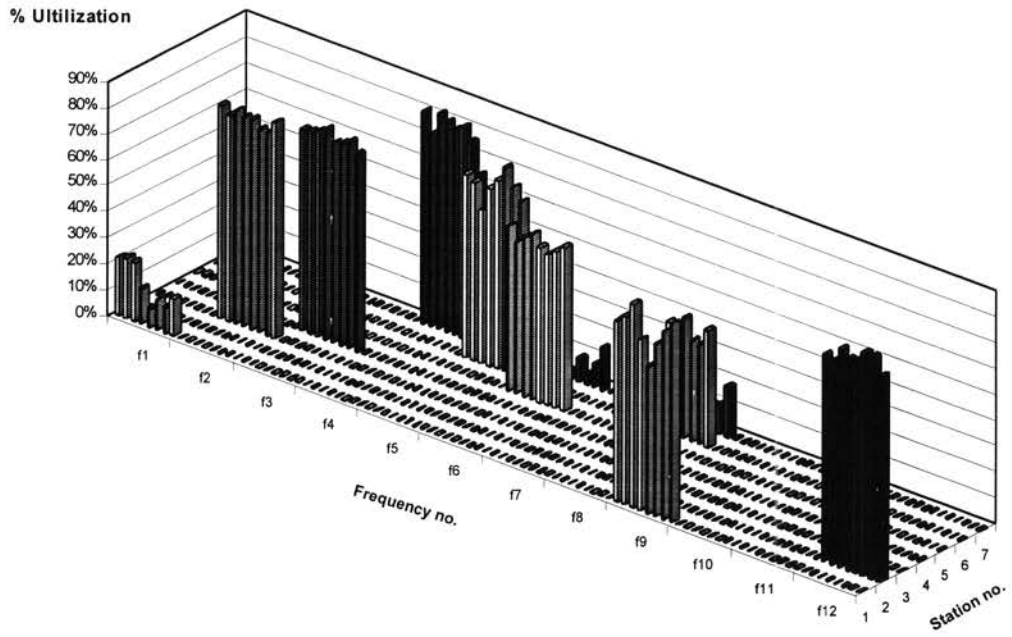
จากการจำลองแบบเมื่อใช้จำนวนของสัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 96 ของสัญญาณ และจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เท่ากับ 17 สถานีฐาน ปรากฏว่าค่าอัตราการบดล็อกใกล้เคียงกับค่าอัตราการบดล็อกจากงานของ Akaiwa และ Andoh ดังรูปที่ 3.19 ซึ่งใช้จำนวนของสัญญาณเท่ากับ 72 ของสัญญาณกับจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เท่ากับ 8 สถานีฐาน ซึ่งคิดว่าเป็นการชดเชยกันระหว่างจำนวนของสัญญาณที่เพิ่มขึ้นกับจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ที่เพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าอัตราการบดล็อกซึ่งได้จากการจำลองแบบ จะเห็นว่าเมื่อจำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 10 ค่าอัตราการบดล็อกที่กราฟฟิกขอบริการมากกว่า 4 เออร์แลง มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh แต่ค่าอัตราการบดล็อกที่กราฟฟิกขอบริการน้อยกว่า 4 เออร์แลง ยังมีค่าที่แตกต่างกันอยู่ แต่เมื่อทำการจำลองแบบด้วยจำนวนรอบการจำลองแบบที่มากขึ้นที่จำนวนรอบเท่ากับ 100 ในช่วงกราฟฟิกขอบริการน้อยกว่า 4 เออร์แลง จะเห็นว่า

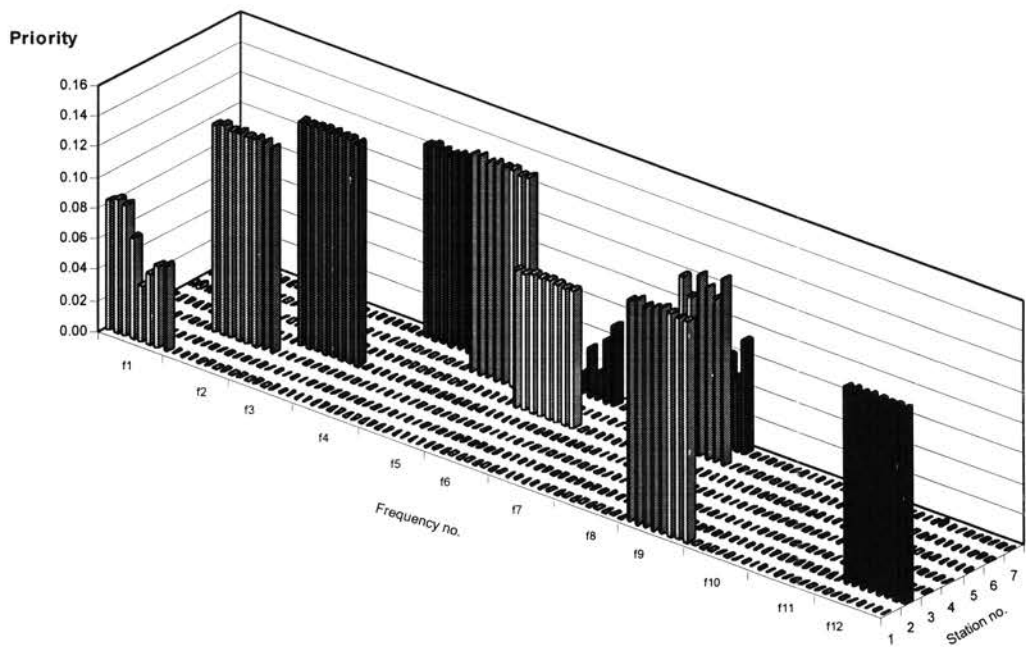


อัตราการบล็อกมีแนวโน้มเข้าใกล้ค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh มากขึ้น และเมื่อเพิ่มจำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 200 และให้ทราฟฟิกขอบริการเพิ่มขึ้นทีละ 0.2 เออร์แลง ปรากฏว่าอัตราการบล็อกที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh

ในช่วงทราฟฟิกต่ำๆ ค่าอัตราการบล็อกจะมีค่าแตกต่างกันอย่างมาก แต่เมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการจำลองแบบให้มากขึ้น ค่าอัตราการบล็อกที่ทราฟฟิกต่ำๆ ก็จะเข้าใกล้ค่าอัตราการบล็อกจากงานของ Akaiwa และ Andoh นอกจากนี้ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญที่ได้จากการจำลองแบบดังแสดงในรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21 จะมีลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่มหรือที่เรียกว่า bunching effect เหมือนกับงานของ Akaiwa และ Andoh



รูปที่ 3.20 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณ กรณี SEG  
ที่มีแบบจำลองดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.21 ค่าลำดับความสำคัญ กรณี SEG  
ที่มีแบบจำลองดังรูปที่ 3.4

### 3.3.3 ผลของ edging effect

จากการทดสอบแบบจำลองในหัวข้อ 3.3.2.1 ซึ่งใช้แบบจำลองตาม Akaiwa และ Andoh ซึ่งการคำนวณหาอัตราการบดลอกจะได้อัตราการเฉลี่ยอัตราการบดลอกของสถานีฐาน 25 สถานีฐานที่อยู่ตรงกลางตามรูปที่ 3.13 และการทดสอบในหัวข้อ 3.3.2.2 การคำนวณหาอัตราการบดลอกคำนวณได้อัตราการเฉลี่ยอัตราการบดลอกของสถานีฐาน 7 สถานีฐานที่อยู่ตรงกลาง โดยมีสถานีฐานพิกัต (4,4) อยู่ตรงกลางตามรูปที่ 3.4 ซึ่งการหาอัตราการบดลอกโดยการเฉลี่ยอัตราการบดลอกเฉพาะสถานีฐานที่อยู่บริเวณตรงกลางเท่านั้น ก็เพื่อลดผลของ edging effect

ตารางที่ 3.5 อัตราการบดลอกจากการเฉลี่ยกรณี 7 และ 49 สถานีฐาน

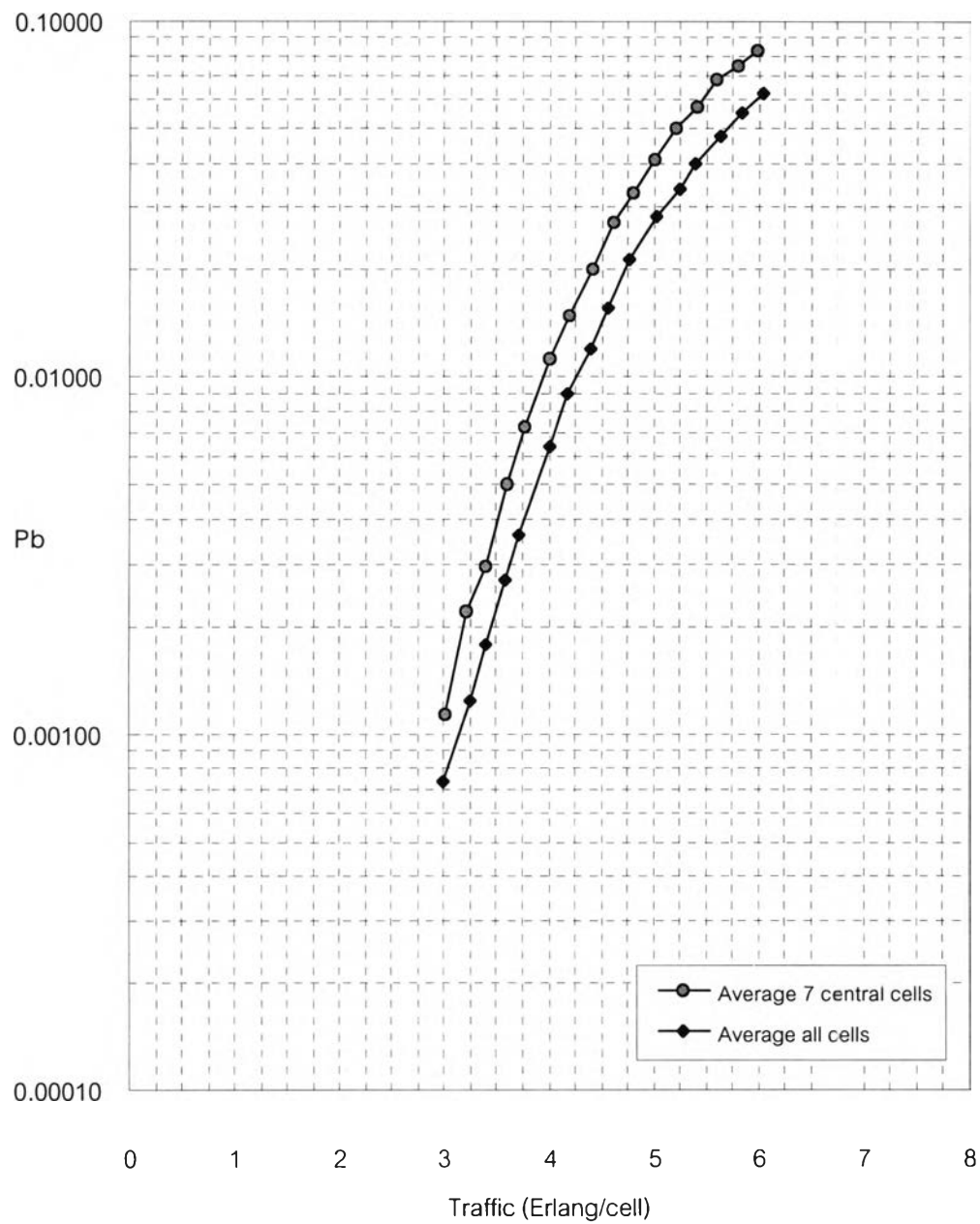
ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 49 สถานีฐาน		ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 7 สถานีฐาน ที่อยู่ตรงกลาง	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดลอก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดลอก
3.0000	0.00074	3.0155	0.0011๔
3.2500	0.00124	3.2098	0.00221
3.4020	0.00179	3.4078	0.0029๔
3.5770	0.00271	3.6056	0.00500
3.7060	0.00362	3.7600	0.0071๕
4.0000	0.00640	4.0107	0.01130
4.1750	0.00902	<b>4.1931</b>	<b>0.01493</b>
4.3950	0.01197	<b>4.4141</b>	<b>0.02018</b>
<b>4.5810</b>	<b>0.01560</b>	4.6161	0.0272๕
<b>4.7720</b>	<b>0.02153</b>	4.8000	0.0327๕
5.0300	0.02825	5.0017	0.0410๒
5.2500	0.03388	5.2029	0.0498๕
5.3890	0.0981	5.4190	0.0571๕
5.6370	0.04721	5.6032	0.0683๕
5.8390	0.05521	5.8088	0.0748๒
6.0410	0.06266	5.9951	0.08318

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบปริมาณทราฟฟิกที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์  
โดยการ Interpolate

	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ปริมาณทราฟฟิกที่อัตราการบล็อก 2 เปอร์เซ็นต์
ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 49 สถานีฐาน	4.5610	0.01560	
	4.7720	0.02153	4.71756
ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 7 สถานีฐาน ที่อยู่ตรงกลาง	4.1931	0.01493	
	4.4141	0.02018	4.40652
เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง			7.06 %

จากตารางที่ 3.5 เป็นค่าอัตราการบล็อกที่ได้จากการเฉลี่ยอัตราการบล็อกทั้ง 49 สถานีฐานและจากการเฉลี่ยอัตราการบล็อกของสถานีฐานตรงกลาง 7 สถานีฐาน เมื่อทำการจำลองแบบโดยใช้แบบจำลองเหมือนหัวข้อที่ 3.3.2.2 ซึ่งอัตราการบล็อกที่ได้จากการเฉลี่ยทั้ง 2 แบบ แสดงไว้ในรูปที่ 3.22

ในตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบปริมาณทราฟฟิกที่สามารถรองรับได้ที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยการ interpolate จากการเปรียบเทียบจะเห็นว่าปริมาณทราฟฟิกที่สามารถรองรับได้ที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการเฉลี่ยทั้ง 2 แบบ จะมีความแตกต่างกันอยู่ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การเฉลี่ยอัตราการบล็อกกรณี 49 สถานีฐาน จะมีปริมาณทราฟฟิกที่สามารถรองรับได้สูงกว่าการเฉลี่ยอัตราการบล็อกกรณี 7 สถานีฐานตรงกลาง ที่อัตราการบล็อกเท่ากัน



รูปที่ 3.22 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยเฉพาะสถานีฐานตรงกลาง 7 สถานีฐาน กับค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 49 สถานีฐาน กรณีรอบการจำลองแบบเท่ากับ 200

### 3.3.4 สรุป

จากการทดสอบแบบจำลองทั้ง 3 วิธี คือ การทดสอบด้วย FCA การทดสอบด้วย SEG โดยใช้แบบจำลองสถานีฐานทั้ง 2 แบบ ทั้งสถานีฐาน 81 สถานีฐาน และ 49 สถานีฐาน ได้อัตราการบล็อกลดใกล้เคียงกับอัตราการบล็อกรายงานของ Akaiwa และ Andoh สรุปได้ว่าแบบจำลองที่ใช้มีความถูกต้อง ซึ่งจากการทดสอบแบบจำลองด้วยวิธี SEG ในหัวข้อ 3.3.2.2 พบว่าเมื่อใช้จำนวนความถี่เท่ากับ 12 ความถี่ หรือเท่ากับ 96 ช่องสัญญาณ จะให้ผลเทียบเท่ากับงานของ Akaiwa และ Andoh ดังนั้นในบทถัดไป ผลการจำลองที่จะศึกษาจะใช้จำนวนความถี่เท่ากับ 12 เป็นเกณฑ์ และจากจำนวนรอบการจำลองแบบที่ทดสอบในหัวข้อ 3.3.2.2 จะเห็นว่าจำนวนรอบการจำลองเท่ากับ 20 ให้ผลการจำลองแบบที่ถูกต้องในช่วงกราฟฟีกขอบริการที่มากกว่า 4 เออร์แลง ดังนั้นในการจำลองแบบของวิทยานิพนธ์จะใช้จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20 เป็นเกณฑ์ เนื่องจากว่าช่วงปริมาณกราฟฟีกขอบริการที่ทำการศึกษา จะมีค่ามากกว่า 4 เออร์แลง

ผลของ edging effect จะมีผลทำให้อัตราการบล็อกลดลง หรือปริมาณกราฟฟีกที่อัตราการบล็อกร้อยละ 2 เปรอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นประมาณ 7 เปรอร์เซ็นต์ ซึ่งในผลการจำลองที่จะศึกษาคิดอัตราการบล็อกรายงานจากการเฉลี่ยจำนวนสถานีฐานทั้ง 49 สถานีฐาน เนื่องจากว่าผลของ edging effect มีผลต่อทั้งกรณี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA เพราะฉะนั้นถ้าอัตราการบล็อกรายงานของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA ดีกว่าวิธี SEG แล้ว ถึงแม้จะคิดหรือไม่คิด edging effect อัตราการบล็อกรายงานก็ยังคงดีกว่าเหมือนเดิม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า edging effect เปรียบเสมือนค่า offset ที่ shift อัตราการบล็อกรายงานให้ต่ำลงมา