



**โครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงวิธีการกำหนดช่องสัญญาณ
แบบพลวัตในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์**

**โดย
วาหิต เบญจพลกุล**

**โครงการวิจัยเลขที่ 53G-EE-2542
ทุนงบประมาณแผ่นดิน
ปี 2542**

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์

**คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

กรุงเทพฯ

พฤษภาคม 2543



สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่รับผิดชอบ
ต่อผลเสียใด ๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสาร
ฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็น
ของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของสถาบัน ฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงวิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัต
ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์



โดย
รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล
วุฒิ D.ENG. (ELECTRONICS)

โครงการวิจัยเลขที่ 53G-EE-2542

ทุนงบประมาณแผ่นดิน

ปี 2542

สถาบันวิทยบริการ

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

พฤษภาคม 2543

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ เสนอการปรับปรุงวิธีการจัดสรรของสัญญาณแบบพลวัตที่มีการควบคุมแบบกระจาย วิธีที่เสนอนี้ใช้เทคนิคของค่าลำดับความสำคัญและการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ซึ่งปรับปรุงมาจากวิธี channel segregation และวิธี aggressive สำหรับวิธี aggressive จะใช้วิธีที่เรียกว่า polite aggressive และ persistent polite aggressive ซึ่งมีเสถียรภาพมากกว่าวิธีที่เสนอเรียกว่า SEG-PA และ SEG-PPA โดยการวัดประสิทธิภาพจากอัตราการบล็อก ค่าความจุของทราฟฟิกที่รองรับได้ที่อัตราการบล็อก 2 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์

ผลที่ได้จากการจำลองแบบแสดงว่าวิธี SEG-PA จะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำกว่าวิธี SEG ไม่มากนัก ค่าความจุเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.09 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และเท่ากับ 2.33 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และมีอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์เพียงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 2 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธี SEG-PPA อัตราการบล็อกต่ำกว่าวิธี SEG ค่อนข้างมาก ค่าความจุเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 10.50 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และค่าความจุเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 13.02 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่เดียวกันอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ก็สูงด้วย อยู่ในช่วง 8 ถึง 24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงเป็น 2 ถึง 3 เท่า เมื่อเทียบกับวิธี SEG-PA

Abstract

This research project proposes an improvement of channel assignment which is a dynamic and distributed scheme. This proposed method combines two techniques, priority and intrahandover modified from channel segregation and aggressive methods. In aggressive technique, we utilized polite aggressive and persistent polite aggressive which are more stable. The proposed methods are called SEG-PA and SEG-PPA. Performance is also evaluated based on blocking rate, increasing traffic capacity at 2 percent of blocking rate and intrahandover rate.

The simulation results show that for SEG-PA, blocking rate is slightly better than that of SEG. Traffic capacity increases at an average of 3.09 percent for uniform and 2.33 percent for nonuniform traffic with a few increase in intrahandover rate ranging between 2 and 9 percent. For SEG-PPA, blocking rate is significantly better than that of SEG. Traffic capacity increases at an average of 10.50 percent for uniform traffic and 13.02 percent for nonuniform traffic but intrahandover rate is also high ranging between 8 and 24 percent, 2-3 times higher compared to SEG-PA.

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากทุนอุดหนุนงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2542 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณนาย พรรษา อุดมลาภสกุล ที่ได้ช่วยจัดรูปเล่ม และพิมพ์รายงานฉบับสมบูรณ์ให้กับโครงการนี้ด้วย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 เป้าหมายและขอบเขตโครงการวิจัย.....	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4

บทที่ 2 แนวคิด วิธีการกำหนดของสัญญาที่มีการเสนอมาและวิธีที่ได้ปรับปรุง

2.1 วิธีการกำหนดของสัญญาที่มีการเสนอมา.....	5
2.2 วิธีการกำหนดของสัญญาแบบกระจายที่มีการเสนอมา.....	9
2.3 วิธีการกำหนดของสัญญาแบบกระจายที่เสนอ.....	14

บทที่ 3 วิธีการจำลองแบบและการทดสอบ

3.1 แบบจำลองที่มีการเสนอมา.....	19
3.2 แบบจำลองที่ใช้.....	20
3.3 การทดสอบแบบจำลอง.....	25

บทที่ 4 ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผล

4.1 นิยามและความหมาย.....	49
4.2 ผลการจำลองแบบอัตราการบล็อก.....	50
4.3 วิเคราะห์ผลอัตราการบล็อก.....	60
4.4 ผลการจำลองแบบอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์.....	74

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของพิกัด X และ Y ของสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood.....	23
ตารางที่ 3.2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากแบบจำลอง กรณี FCA ที่ค่าอัตราการบล็อก ประมาณ 1เปอร์เซ็นต์.....	31
ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ของพิกัด X และ Y ของสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ตามรูปที่ 3.14.....	36
ตารางที่ 3.4 อัตราการบล็อกจากรูปที่ 3.19 เมื่อจำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 10, 100 และ 200.....	42
ตารางที่ 3.5 อัตราการบล็อกจากการเฉลี่ยกรณี 7 และ 49 สถานีฐาน.....	45
ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบปริมาณกราฟฟิคที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยการ Interpolate	46
ตารางที่ 4.1 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิค กระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2.....	51
ตารางที่ 4.2 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิค กระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3.....	52
ตารางที่ 4.3 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิค กระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4.....	53
ตารางที่ 4.4 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิค กระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5.....	54
ตารางที่ 4.5 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิค กระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2.....	56
ตารางที่ 4.6 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิค กระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3.....	57
ตารางที่ 4.7 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิค กระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4.....	58

ตารางที่ 4.8 อัตราการบริโภควิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิก กระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5.....	59
ตารางที่ 4.9 ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG.....	60
ตารางที่ 4.10 ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG-PA.....	60
ตารางที่ 4.11 ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG-PPA.....	61
ตารางที่ 4.12 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ	67
ตารางที่ 4.13 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ	67
ตารางที่ 4.14 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ	68
ตารางที่ 4.15 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ	68
ตารางที่ 4.16 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับ SEG กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ	69
ตารางที่ 4.17 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับ SEG-PA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ	70
ตารางที่ 4.18 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ	70
ตารางที่ 4.19 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับ SEG กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ	71
ตารางที่ 4.20 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับ SEG-PA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ	71
ตารางที่ 4.21 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบ กราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ	72
ตารางที่ 4.22 สรุปเปอร์เซ็นต์ความจุที่เพิ่มขึ้น.....	72

ตารางที่ 4.23 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 2.....	74
ตารางที่ 4.24 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 3.....	75
ตารางที่ 4.25 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 4.....	76
ตารางที่ 4.26 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 5.....	77
ตารางที่ 4.27 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 2.....	78
ตารางที่ 4.28 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 3.....	79
ตารางที่ 4.29 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 4.....	80
ตารางที่ 4.30 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่ รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน เท่ากับ 5.....	81
ตารางที่ 5.1 สรุปเปอร์เซ็นต์ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA เมื่อเทียบกับความจุของวิธี FCA ทั้งกรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจาย อย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ.....	109

ตารางที่ ก.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Erlang กับ λ	116
ตารางที่ ก.2 ค่าอัตราการบล็อกที่คำนวณจากสมการ Erlang B ที่จำนวนค่าช่องสัญญาณ เท่ากับ 8, 16 และ 24 ช่องสัญญาณสัญญาณ.....	117
ตารางที่ ก.3 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ ของวิธี SEG.....	120
ตารางที่ ก.4 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ ของวิธี SEG-PA.....	121
ตารางที่ ก.5 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ ของวิธี SEG-PPA.....	122
ตารางที่ ก.6 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PA กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจาย แบบสม่ำเสมอ.....	123
ตารางที่ ก.7 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PA กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจาย แบบไม่สม่ำเสมอ.....	124
ตารางที่ ก.8 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PPA กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจาย แบบสม่ำเสมอ.....	125
ตารางที่ ก.9 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PPA กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจาย แบบไม่สม่ำเสมอ.....	126

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แบบจำลองวิธี polite aggressive.....11

รูปที่ 2.2 แบบจำลองวิธี persistent polite aggressive.....12

รูปที่ 2.3 แบบจำลองวิธี Channel Segregation.....13

รูปที่ 2.4 แบบจำลองวิธี Channel Segregation with Polite Aggressive.....15

รูปที่ 2.5 แบบจำลองวิธี Channel Segregation with Persistent Polite Aggressive.....16

รูปที่ 2.6 อัตราการบล็อก กรณีสถานีฐานเป็นแบบ planar.....17

รูปที่ 3.1 แบบจำลองสถานีฐาน.....19

รูปที่ 3.2 แบบจำลองรูปหกเหลี่ยม ซึ่งแทนเส้นความแรงของสัญญาณที่เท่ากัน
ระหว่างสถานีฐาน20

รูปที่ 3.3 แบบจำลองที่ใช้.....21

รูปที่ 3.4 การอ้างอิงพิกัดของสถานีฐานในแบบจำลอง.....22

รูปที่ 3.5 สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ของสถานีฐานพิกัด (4,4).....24

รูปที่ 3.6 สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ของสถานีฐานพิกัด (7,4).....24

รูปที่ 3.7 แบบจำลองวิธี FCA.....26

รูปที่ 3.8 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จาก
การจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า λ ให้เท่ากัน และจำนวนช่องสัญญาณต่อ
สถานีฐานเท่ากับ 8, 16 และ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20.....27

รูปที่ 3.9 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จาก
การจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า λ ให้เท่ากัน และจำนวนช่องสัญญาณต่อ
สถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20.....28

รูปที่ 3.10 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จาก
การจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า λ ให้เท่ากัน และจำนวนช่องสัญญาณต่อ
สถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 100.....29

รูปที่ 3.11 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จาก
การจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า λ ให้เท่ากัน และจำนวนช่องสัญญาณต่อ
สถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองเท่ากับ 200.....30

รูปที่ 3.12 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อสุ่มค่า λ และจำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20.....	33
รูปที่ 3.13 การอ้างอิงพิภคของสถานีฐานในแบบจำลองตาม Akaiwa และ Andoh (1993).....	35
รูปที่ 3.14 สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood.....	35
รูปที่ 3.15 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20.....	37
รูปที่ 3.16 ผลที่ได้จากการจำลองแบบ	38
รูปที่ 3.17 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณ กรณี SEG ที่มีแบบจำลองเหมือนงานของ Akaiwa และ Andoh (1993).....	39
รูปที่ 3.18 ค่าลำดับความสำคัญ กรณี SEG ที่มีแบบจำลองเหมือนงานของ Akaiwa และ Andoh (1993).....	39
รูปที่ 3.19 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh (1993) กับค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเมื่อใช้แบบจำลองวิธี SEG กับรูปแบบของการจัดวางสถานีฐานตามรูปที่ 3.3.....	41
รูปที่ 3.20 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณ กรณี SEG ที่มีแบบจำลองดังรูปที่ 3.4.....	44
รูปที่ 3.21 ค่าลำดับความสำคัญ กรณี SEG ที่มีแบบจำลองดังรูปที่ 3.4.....	44
รูปที่ 3.22 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยเฉพาะสถานีฐานตรงกลาง 7 สถานีฐาน กับค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 49 สถานีฐาน กรณีรอบการจำลองแบบเท่ากับ 200.....	47
รูปที่ 4.1 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2.....	51
รูปที่ 4.2 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3.....	52
รูปที่ 4.3 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4.....	53
รูปที่ 4.4 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5.....	54

รูปที่ 4.70 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจาย แบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเท่ากับ 4.....	105
รูปที่ 4.71 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจาย แบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเท่ากับ 4.....	105
รูปที่ 4.72 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจาย แบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเท่ากับ 5.....	106
รูปที่ 4.73 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจาย แบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเท่ากับ 5.....	106



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ



1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปริมาณผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่มีจำนวนสูงขึ้นมาก และความต้องการก็ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่แบนด์วิดท์ที่ใช้มีจำกัด วิธีการที่จะเพิ่มความจุของระบบเพื่อรองรับการใช้งานที่เพิ่มขึ้น อาจทำได้โดยการลดขนาดของพื้นที่ครอบคลุมของสถานีฐานให้เล็กลง ซึ่งเรียกว่า ไมโครเซลล์ (Microcell) Greenstein et al. (1992) และ Samecki et al. (1993) ได้กล่าวถึงข้อดีของไมโครเซลล์ แต่การนำไมโครเซลล์มาใช้งานกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปัจจุบัน มีปัญหาทำให้ประสิทธิภาพการใช้ความถี่ลดลง อันเนื่องมาจากเมื่อสถานีฐานมีขนาดเล็กลง ปริมาณของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละสถานีฐานหรือทราฟฟิก (traffic) จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา ในบางขณะ จะมีผู้ใช้สูงมากในสถานีฐานหนึ่งจนอาจเต็มจำนวนช่องสัญญาณที่สถานีฐานนั้นมีอยู่ แต่ในทางกลับกันสถานีฐานอื่นอาจมีใช้น้อยและมีช่องสัญญาณว่างเหลืออยู่ และปัญหาอีกประการหนึ่ง ก็คือการเพิ่มหรือลดสถานีฐานหรือไมโครเซลล์เข้าหรือออกจากระบบมีความยุ่งยาก ต้องมีการจัดตารางความถี่ของแต่ละสถานีฐานใหม่ทุกครั้งไป ดังนั้นการกำหนดช่องสัญญาณแบบเก่า ซึ่งเป็นการกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัว (Fixed channel allocation) จึงไม่เหมาะสมเนื่องจากปัญหาที่กล่าวมา

ดังนั้นวิธีการที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวก็คือการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัต (Dynamic channel allocation) ที่มีการควบคุมแบบกระจาย การควบคุมแบบกระจายหมายความว่าสถานีฐานหรือควบคุมสถานีฐาน สามารถเลือกช่องสัญญาณได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องส่งสัญญาณไปขอจากชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเป็นการลดปริมาณทราฟฟิกในระบบ Cimini และ Foschini (1992) ได้ศึกษาการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัต ที่มีการควบคุมแบบกระจายในกรณีของไมโครเซลล์และสรุปได้ว่าสามารถจำแนกออกเป็น 2 แบบด้วยกันคือ แบบที่หนึ่งเรียกว่า *timid* โดยมีเงื่อนไขว่า ช่องสัญญาณที่จะถูกกำหนดให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะต้องไม่มีสัญญาณแทรกสอดชนิดช่องสัญญาณร่วม (cochannel interference) เลย ส่วนในแบบที่ 2 เรียกว่า *aggressive* โดยมีเงื่อนไขว่าช่องสัญญาณที่จะถูกกำหนดให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ อาจมีสัญญาณแทรกสอด

ชนิดของสัญญาณรวมได้ แต่ต้องมีการทำการแฮนด์โอเวอร์ของสัญญาณภายในสถานีฐานเดียวกันหรือเรียกว่า อินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ (intracell handover) เสียก่อน การกำหนดแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพดีกว่าแบบแรกแต่เสถียรภาพจะด้อยกว่า เพราะเมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงถึงจุดๆหนึ่ง การทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์บ่อยๆ ก็จะมีผลถึงการกำหนดของสัญญาณให้กับการเรียกที่เข้ามาใหม่ได้

Cimini et al. (1994) ได้ศึกษาถึงเรื่องอัตราการบล็อกของวิธีการกำหนดของสัญญาณแบบพลวัตที่มีการควบคุมแบบกระจายในกรณีของไมโครเซลล์ ได้พบว่าอัตราการบล็อกของแบบ timid สามารถแทนเป็นขอบเขตบน (upper bound) ของอัตราการบล็อกได้ ในขณะที่อัตราการบล็อกของแบบ aggressive สามารถแทนเป็นขอบเขตล่าง (lower bound) ของอัตราการบล็อก และนอกจากนี้ยังได้เสนอการกำหนดของสัญญาณแบบพลวัต ที่มีการควบคุมแบบกระจายแบบที่ 3 เรียกว่า *polite aggressive (PA)* และ *persistent polite aggressive (PPA)* โดยที่วิธี PA มีเงื่อนไขว่าในตอนแรกสถานีฐานจะหาช่องสัญญาณด้วยแบบ timid ก่อน ต่อเมื่อไม่สามารถหาช่องสัญญาณได้ ก็จะพิจารณาช่องสัญญาณในระบบเพียง 1 ช่องสัญญาณเท่านั้นที่มีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ใช้ช่องสัญญาณนี้อยู่เพียงสถานีฐานเดียวเท่านั้น และทำการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์เพื่อให้ช่องสัญญาณดังกล่าวว่างลง สำหรับวิธี PPA จะมีเงื่อนไขแตกต่างจากวิธี PA เล็กน้อย คือแทนที่จะพิจารณาช่องสัญญาณในระบบเพียง 1 ช่องสัญญาณ แต่วิธี PPA จะพิจารณาทุกช่องสัญญาณในระบบที่มีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ใช้ช่องสัญญาณนี้อยู่เพียงสถานีฐานเดียวเท่านั้น ว่าสามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้หรือไม่ ซึ่งวิธี PPA จะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำกว่าวิธี PA ซึ่งทั้ง 2 วิธีเป็นการผสมวิธีการของทั้งแบบ timid และ aggressive รวมกัน โดยที่อัตราการบล็อกของการกำหนดแบบนี้จะต่ำกว่าแบบ timid แต่ในขณะ เดียวกันก็ยังคงเสถียรภาพที่ดีเอาไว้

ได้มีผู้เสนอ การกำหนดของสัญญาณแบบพลวัต ที่มีการควบคุมแบบกระจายมาแล้วหลายวิธี อาทิเช่น

Zhang และ Yum (1989) ได้เสนอวิธี Locally optimized dynamic assignment (LODA) ซึ่งอาศัยการคำนวณค่า cost function ซึ่งแทนอัตราการใช้ทรัพยากรที่เกิดขึ้นในอนาคตมาเป็นเงื่อนไขในการเลือกช่องสัญญาณ แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบแอนะล็อก คือแต่ละคลื่นพาห้แทน 1 ช่องสัญญาณ จึงไม่สามารถนำมาใช้กับระบบจีเอสเอ็มได้

I และ Chao (1993) ได้เสนอวิธี Local Packing (LP) ซึ่งจัดอยู่ในแบบ timid แต่แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบแอนะล็อก คือแต่ละคลื่นพาห้แทน 1 ช่องสัญญาณ ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้กับระบบจีเอสเอ็มได้เช่นกัน

Wei และ Soong (1994) ได้เสนอวิธีที่คล้ายกับแบบ persistent polite aggressive แต่แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบแอนะล็อก คือแต่ละคลื่นพาห้แทน 1 ช่องสัญญาณ ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้กับระบบจีเอสเอ็มได้เช่นกัน

Akaiwa และ Andoh (1993) ได้เสนอวิธี Channel Segregation (SEG) ซึ่งใช้แบบจำลองแบบ TDMA/FDMA คือในแต่ละคลื่นพาห้จะมีช่องสัญญาณได้มากกว่า 1 ช่องสัญญาณ เป็นแบบจำลองที่คล้ายคลึงกับระบบจีเอสเอ็ม ซึ่งกำหนดไว้ว่าในแต่ละคลื่นพาห้จะประกอบด้วยช่องสัญญาณ 8 ช่องสัญญาณ และอาศัยการคำนวณค่าลำดับความสำคัญ (priority) เพื่อใช้ในการกำหนดช่องสัญญาณ โดยที่วิธีนี้จัดอยู่ในแบบ timid

วิธีที่เสนอนี้จะใช้หลักการของค่าลำดับความสำคัญ จากวิธีของ Channel Segregation กับหลักการของ aggressive โดยใช้การอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อเสนอวิธีการปรับปรุงการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัตที่มีการควบคุมแบบกระจาย โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้อัตราการใช้ทรัพยากรต่ำกว่าวิธี Channel Segregation

1.3 เป้าหมายและขอบเขตโครงการวิจัย

ในการจำลองแบบ จะเปรียบเทียบผลการจำลองจากวิธีการกำหนดของสัญญาณแบบ พลวัตที่เสนอ กับวิธีการกำหนดของสัญญาณแบบ Channel Segregation โดยจะเปรียบเทียบ

1. อัตราการบล็อก
2. อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์

โดยขึ้นกับตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1. จำนวนอุปกรณ์รับ-ส่ง (transceiver) ต่อสถานีฐาน
2. รูปแบบปริมาณทราฟฟิกของระบบแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาระบบการทำงานพื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเฉพาะระบบจีเอสเอ็ม
2. ศึกษาวิธีการกำหนดของสัญญาณที่ใช้ในปัจจุบัน และวิธีอื่นที่มีการเสนอออกมา
3. ออกแบบวิธีปรับปรุงการกำหนดของสัญญาณ
4. เขียนโปรแกรมจำลองแบบ
5. ทดสอบโปรแกรม และทำการจำลองแบบ
6. ประเมินผลและสรุปผลที่ได้จากการจำลองแบบ
7. จัดทำและเรียบเรียงเข้าเล่มโครงการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เสนอวิธีปรับปรุงการกำหนดของสัญญาณ ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบจีเอสเอ็มและสามารถนำไปใช้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ TDMA/FDMA แบบอื่นๆ อีกได้
2. เสนอแบบจำลองระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่สามารถนำไปวิเคราะห์หาวิธีการใหม่ๆ ในการควบคุมการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

บทที่ 2

แนวคิด วิธีการกำหนดช่องสัญญาณที่มีการเสวนอมา และวิธีที่ได้ปรับปรุง

2.1 วิธีการกำหนดช่องสัญญาณที่มีการเสวนอมา

วิธีการกำหนดช่องสัญญาณสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (Gibson, 1995) คือ

1. การกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัว (Fixed Channel Allocation หรือ FCA)
2. การกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัต (Dynamic Channel Allocation หรือ DCA)

2.1.1 การกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัว

ในการติดต่อสื่อสารด้วยสัญญาณวิทยุ ต้องมีการจัดการเรื่องความถี่ (frequency management) เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการรบกวนกันระหว่าง 2 คลื่นความถี่ที่มีความถี่เดียวกัน ในยุคเริ่มแรกของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งระบบการติดต่อทางอากาศมีการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่หรือเฟดีเอ็มเอ จึงเป็นการง่ายที่สุดที่จะกำหนดความถี่เฉพาะเจาะจงให้กับแต่ละสถานีฐาน ซึ่งเป็นที่มาของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว

ข้อดีของการกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัวก็คือ ง่ายต่อการออกแบบโปรแกรมการกำหนดช่องสัญญาณและฮาร์ดแวร์ เนื่องจากได้กำหนดความถี่ให้กับแต่ละสถานีฐานอยู่แล้ว เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้นในสถานีฐานใด ตัวควบคุมสถานีฐานก็จะดูในตารางความถี่ว่าสถานีฐานนั้นใช้ความถี่ไหน และตรวจสอบดูว่าความถี่ดังกล่าวสามารถรองรับการเรียกที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้รับการเรียกดังกล่าวก็ถูกบล็อกไป

ข้อเสียของการกำหนดแบบนี้ก็คือ ในกรณีที่มีผู้ใช้งานมากในสถานีฐานหนึ่งจนอาจเต็มจำนวนของสัญญาณที่สถานีฐานนั้นมีอยู่ แต่ในทางกลับกันสถานีฐานอื่นอาจมีผู้ใช้ไม่เยอะและมีช่องสัญญาณว่างเหลืออยู่ แต่ไม่สามารถนำช่องสัญญาณที่ว่างอยู่ในขณะนั้นมาใช้กับสถานีฐานที่ต้องการของสัญญาณ ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้ความถี่ของระบบไม่เต็มที่ ข้อเสีย

อีกประการหนึ่งก็คือการเพิ่มหรือลดสถานีฐานเข้าหรือออกจากระบบมีความยุ่งยาก เนื่องจากต้องมีการจัดตารางความถี่ของแต่ละสถานีฐานใหม่ทุกครั้งไป

และในปัจจุบันปริมาณผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่มีจำนวนสูงขึ้น วิธีการที่จะเพิ่มความจุให้กับระบบ ทำได้โดยการลดขนาดของพื้นที่ครอบคลุมของสถานีฐานให้เล็กลง ซึ่งเรียกว่า ไมโครเซลล์ แต่รูปแบบปริมาณการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละสถานีฐานหรือปริมาณทราฟฟิก (traffic) สำหรับไมโครเซลล์ จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอยู่ตลอดเวลา ในบางขณะจะมีผู้ใช้สูงมากในสถานีฐานหนึ่ง แต่ในอีกสถานีฐานหนึ่งอาจมีใช้น้อย

ดังนั้นการกำหนดช่องสัญญาณแบบเก่า ซึ่งเป็นการกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัว จึงไม่เหมาะสมกับไมโครเซลล์

2.1.2 การกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัต

จากปัญหาที่กล่าวมา จึงได้เกิดวิธีการกำหนดช่องสัญญาณที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความถี่และลดปัญหาเรื่องการกำหนดตารางความถี่

การกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัตสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท (Li และ Qiu, 1995) คือ

1. Macrodiversity ซึ่งเป็นการปรับปรุงเพิ่มจากวิธี FCA โดยที่ยังมีการกำหนดตารางความถี่อยู่ เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้น โทรศัพท์เคลื่อนที่ก็จะร้องขอช่องสัญญาณกับสถานีฐานที่อยู่ใกล้ที่สุด (มีสัญญาณแรงสุด) ก่อน เมื่อสถานีฐานดังกล่าวไม่มีช่องสัญญาณว่าง โทรศัพท์เคลื่อนที่ดังกล่าวก็จะร้องขอช่องสัญญาณกับสถานีฐานที่รับสัญญาณได้แรงรองลงไป ข้อดีของวิธีนี้คือ จะเห็นว่าโอกาสที่โทรศัพท์เคลื่อนที่จะถูกบล็อกจะน้อยกว่าวิธี FCA เนื่องจากยังมีโอกาสหาช่องสัญญาณจากสถานีฐานใกล้เคียงที่มีช่องสัญญาณว่างอยู่ แต่ก็ยังไม่ดีที่สุดเนื่องจากไม่สามารถนำความถี่ที่ว่าง แต่อยู่ไกลออกไปมาใช้ได้

2. Channel borrowing มีหลักการหรือวิธีก็คือ การยืมช่องสัญญาณที่ว่างจากสถานีฐานใกล้เคียงมาใช้ โดยมีวิธีที่เสนอมายู่ 4 แบบ คือ

2.1 Simple borrowing ช่องสัญญาณยังถูกกำหนดอย่างแน่นอนให้กับแต่ละสถานีฐานเหมือน FCA ต่อเมื่อในสถานีฐานนั้นมีการใช้ช่องสัญญาณเต็มและต้องการเพิ่ม ก็จะไปขอยืมช่องสัญญาณจากสถานีฐานรอบข้างที่มีช่องสัญญาณว่างอยู่มาใช้ วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า FCA ในช่วงที่ทราฟฟิกต่ำๆ แต่ช่วงปริมาณทราฟฟิกสูงๆ จะให้ประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า FCA เนื่องจากว่าเมื่อมีการยืมช่องสัญญาณช่องสัญญาณที่ถูกยืมจะถูกบล็อกไม่ให้สถานีฐานในบริเวณที่สามารถใช้ช่องสัญญาณซ้ำได้ (co-channel reuse distance) ใช้ เมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงขึ้น การยืมก็มากขึ้น ทำให้ช่องสัญญาณที่ถูกบล็อกก็มากขึ้นด้วย

2.2 Hybrid assignment เป็นการรวมข้อดีจากวิธี Simple borrowing กับ FCA โดยการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณที่สามารถถูกยืมได้ โดยการแบ่งช่องสัญญาณในแต่ละสถานีฐานออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเรียกว่า nominal channel เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ได้เฉพาะสถานีฐานนั้นๆ ไม่อนุญาตให้ยืม และอีกกลุ่มเรียกว่า borrowed channel เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ได้ทั้งสถานีฐานนั้นๆ และให้ยืมได้ อัตราส่วนของช่องสัญญาณทั้ง 2 กลุ่มในแต่ละสถานีฐาน จะหาได้จากรูปแบบการกระจายของทราฟฟิกในตอนออกแบบโครงข่ายในตอนแรก วิธีการนี้จะให้ประสิทธิภาพที่ดีทั้งช่วงทราฟฟิกต่ำและสูง

2.3 Borrowing with channel ordering (BCO) เนื่องจากรูปแบบการกระจายของทราฟฟิกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ การกำหนดอัตราส่วนที่แน่นอนสำหรับช่องสัญญาณทั้ง 2 กลุ่ม จะให้ประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร หลักการของ BCO ก็คือทุกช่องสัญญาณสามารถถูกยืมได้หมด โดยจะมีการกำหนดลำดับ (order) ในการยืมช่องสัญญาณ ซึ่งคิดจากโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะถูกยืมของช่องสัญญาณนั้นๆ การเรียกที่เกิดขึ้นในสถานีฐาน จะใช้ช่องสัญญาณที่มีความน่าจะเป็นที่จะถูกยืมของช่องสัญญาณน้อยที่สุดก่อน และช่องสัญญาณที่ถูกยืมไปก็จะเป็นช่องสัญญาณที่มีความน่าจะเป็นที่จะถูกยืมของช่องสัญญาณมากที่สุด ด้วยวิธีนี้อัตราส่วนของช่องสัญญาณทั้ง 2 กลุ่มก็จะมี การเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับสภาพทราฟฟิก

2.4 Borrowing with directional channel locking จาก simple borrowing เมื่อมีการยืมช่องสัญญาณ ช่องสัญญาณที่ถูกยืมจะถูกล็อกไม่ให้สถานีฐานในบริเวณที่สามารถใช้ช่องสัญญาณซ้ำใช้ได้ ทำให้ประสิทธิภาพลดลง จึงมีการปรับปรุงโดยใช้เงื่อนไขที่ว่าเมื่อมีการยืมช่องสัญญาณ ช่องสัญญาณที่ถูกยืมจะถูกล็อกเฉพาะสถานีฐานในทิศทางที่มีผลกระทบเท่านั้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดกรณีเราใช้สถานีฐานเป็นแบบเซกเตอร์ (sectorized cell)

ข้อดีของวิธี borrowing ก็คือสามารถปรับปรุงจาก FCA ได้ง่าย เนื่องจากยังใช้หลักการพื้นฐานของ FCA อยู่ และให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า แต่มีข้อเสียก็คือระบบต้องมีการตรวจสอบสถานะของแต่ละช่องสัญญาณ ว่าช่องสัญญาณว่างหรือไม่ หรือถูกยืมโดยสถานีฐานอื่น หรือถูกล็อก เป็นต้น ซึ่งทำให้ระบบการจัดการมีความซับซ้อน และปริมาณสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลเหล่านี้ก็จะสูงและไปโหลดการทำงานของระบบ

3. Flexible channel allocation วิธีนี้ ในตอนเริ่มทำการวางแผนความถี่หรือช่องสัญญาณ ช่องสัญญาณจะถูกกำหนดเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกจะถูกกำหนดช่องสัญญาณอย่างแน่นอนให้กับแต่ละสถานีฐานเหมือน FCA แต่จะมีช่องสัญญาณอีกกลุ่มหนึ่งเก็บไว้เป็นช่องสัญญาณสำหรับใช้ร่วมกันของระบบ ซึ่งเรียกว่า pool channel ซึ่ง MSC จะเป็นตัวที่ดูแลและกำหนดช่องสัญญาณกลุ่มนี้ให้กับสถานีฐานที่ต้องการ ข้อดีของวิธีนี้ก็คือลดปริมาณสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลเพื่อตรวจสอบสถานะ

4. Self-adaptive channel จากวิธีที่กล่าวมา ยังต้องมีการวางแผนความถี่หรือช่องสัญญาณอยู่ หรืออาจต้องใช้ MSC ในการจัดการ ซึ่งจัดวิธีการเหล่านี้อยู่ในประเภทการควบคุมแบบรวมศูนย์ (centralized control) เพื่อหลีกเลี่ยงการวางแผนความถี่และการจัดการของ MSC จึงมีการคิดวิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบ Self-adaptive โดยที่สถานีฐานหรือตัวควบคุมสถานีฐานสามารถเลือกของสัญญาณได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องส่งสัญญาณไปขอจาก MSC ซึ่งวิธีการนี้จัดอยู่ในประเภทการควบคุมแบบกระจาย (distributed control) การกำหนดช่องสัญญาณจะกระทำบนเดือมีการเรียกเท่านั้น (call-by-call basis)

ข้อดีของวิธีนี้ก็คือน่าจะไม่จำเป็นต้องมีการวางแผนความถี่ การเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะ (reconfiguration) มีความยืดหยุ่นสูง ลดโหลดการทำงานของ MSC และให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า FCA แต่การออกแบบของระบบจะซับซ้อนกว่า และความต้องการด้านฮาร์ดแวร์จะมากกว่า วิธีที่เสนอในโครงการวิจัยก็จัดอยู่ในประเภทนี้ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

2.2 วิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบกระจายที่มีการเสนอมา

Zhang และ Yum (1989) ได้เสนอวิธี Locally optimized dynamic assignment (LODA) ซึ่งมีการคำนวณค่า cost function ของแต่ละช่องสัญญาณ cost function เป็นเสมือนค่าความน่าจะเป็นของอัตราการบล็อกที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของช่องสัญญาณนั้นๆ เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้น สถานีฐานจะเลือกช่องสัญญาณที่มีค่า cost ต่ำสุดก่อน มาเป็นเงื่อนไขในการเลือกช่องสัญญาณ ซึ่งหลักการของ LODA ก็คือ การลดระยะ reuse distance ให้น้อยที่สุด แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบแอนะล็อก คือแต่ละคลื่นพาห้แทน 1 ช่องสัญญาณ จึงไม่สามารถนำมาใช้กับระบบจีเอสเอ็มได้

I และ Chao (1993) ได้เสนอวิธี Local Packing (LP) โดยในแต่ละสถานีฐานจะมีการสร้างตาราง Augmented Channel Occupancy (ACO) เอาไว้ ซึ่งเป็นตารางที่เก็บข้อมูลการใช้ช่องสัญญาณของสถานีฐานรอบข้างที่เป็น interference neighborhood เมื่อสถานีฐานไม่มีช่องสัญญาณว่าง ก็จะหาช่องสัญญาณในตาราง ACO ที่มีสถานีฐานใช้อยู่เพียงสถานีฐานเดียว และพยายามอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ เพื่อให้ช่องสัญญาณดังกล่าวว่างลงและนำมาใช้ แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบแอนะล็อก คือแต่ละคลื่นพาห้แทน 1 ช่องสัญญาณ จึงไม่สามารถนำมาใช้กับระบบจีเอสเอ็มได้เช่นกัน

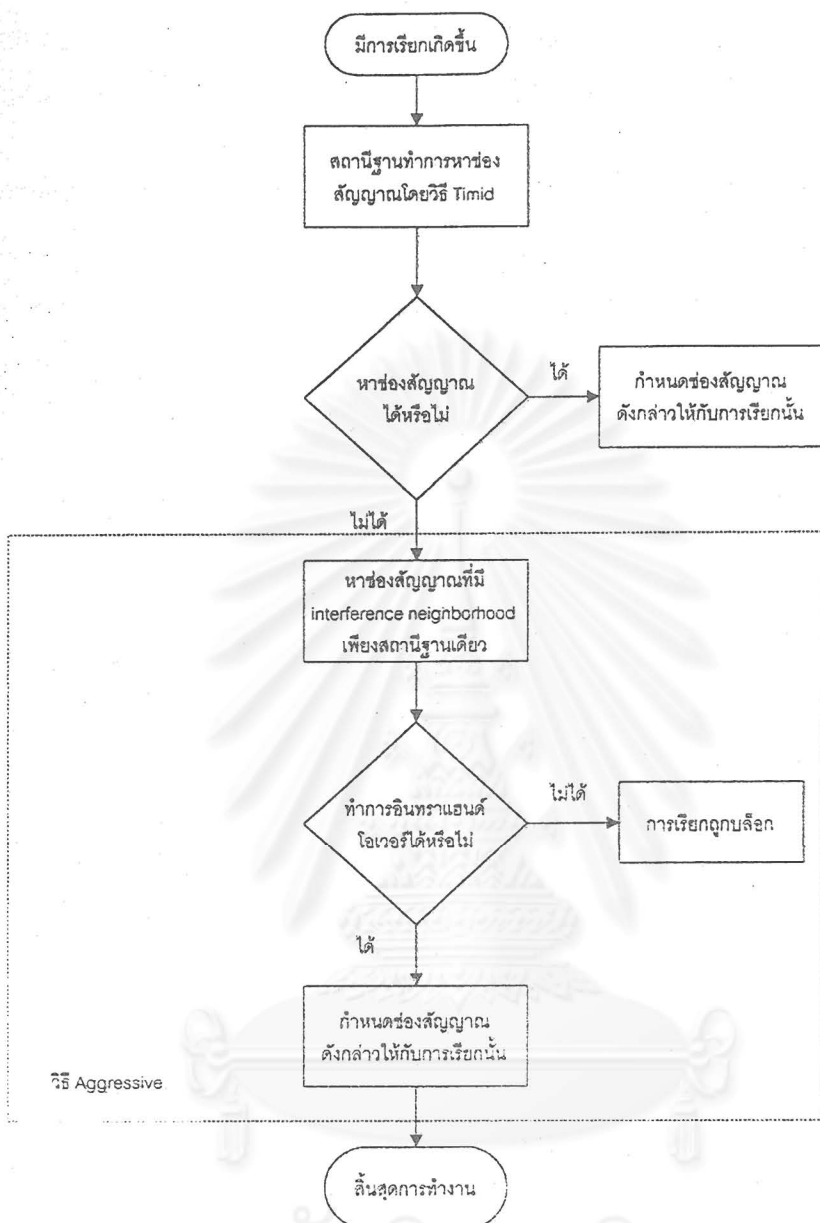
Cimini และ Foschini (1992) ได้แบ่งวิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัตที่มีการควบคุมแบบกระจายในกรณีของไมโครเซลล์เป็น 2 แบบด้วยกัน คือ แบบที่หนึ่งเรียกว่า *timid* โดยมีเงื่อนไขว่า ช่องสัญญาณที่จะถูกกำหนดให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะต้องไม่มีสัญญาณแทรกสอดชนิดของสัญญาณร่วมเลย ส่วนในแบบที่ 2 เรียกว่า *aggressive* โดยมีเงื่อนไขว่าช่องสัญญาณที่จะถูกกำหนดให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ อาจมีสัญญาณแทรกสอดชนิดของสัญญาณร่วมได้ แต่ต้องมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์เสียก่อน การกำหนดแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพดีกว่า

แบบแรก แต่เสถียรภาพจะดีกว่า เพราะเมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงถึงจุดๆหนึ่ง การทำอินทราแฮนด์โอเวอร์ จะส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดของสัญญาณให้กับการเรียกที่เข้ามาใหม่ได้ เนื่องจากจะเสียเวลาในการอินทราแฮนด์โอเวอร์ เพื่อให้ได้ช่องสัญญาณที่ว่างออกมา

Cimini et al. (1994) ได้ศึกษาถึงเรื่องอัตราการบล็อกของวิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัตที่มีการควบคุมแบบกระจายในกรณีของไมโครเซลล์ ได้ผลว่าอัตราการบล็อกของแบบ timid สามารถแทนเป็นขอบเขตบน (upper bound) ของอัตราการบล็อกได้ ในขณะที่อัตราการบล็อกของแบบ aggressive สามารถแทนเป็นขอบเขตล่าง (lower bound) ได้ และได้เสนอสมการที่ใช้คำนวณหาอัตราการบล็อกของทั้ง 2 แบบ โดยการปรับปรุงจากสมการเออร์แลงบี (Erlang B formular) เป็นสมการ ad hoc Erlang-B formular ดังแสดงในสมการที่ (2.1)

$$P_b = \frac{\alpha^k / k!}{\sum_{i=0}^k \alpha^i / i!} \tag{2.1}$$

- โดยที่
- Pb = อัตราการบล็อก
 - α = ปริมาณทราฟฟิก (เออร์แลง)
 - k = จำนวนช่องสัญญาณในแต่ละสถานีฐาน
- โดยที่
- α = ปริมาณทราฟฟิก
 - กรณี FCA เท่ากับ N
 - กรณี TIMID เท่ากับ Np
 - กรณี AGGRESSIVE เท่ากับ Np
- และ
- k = จำนวนช่องสัญญาณในแต่ละสถานีฐาน
 - กรณี TIMID $k = \delta M$
 - กรณี AGGRESSIVE $k = M$
 - M คือ จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดในระบบ
 - N คือ reuse factor
 - δ เท่ากับ 0.658 กรณี N=7

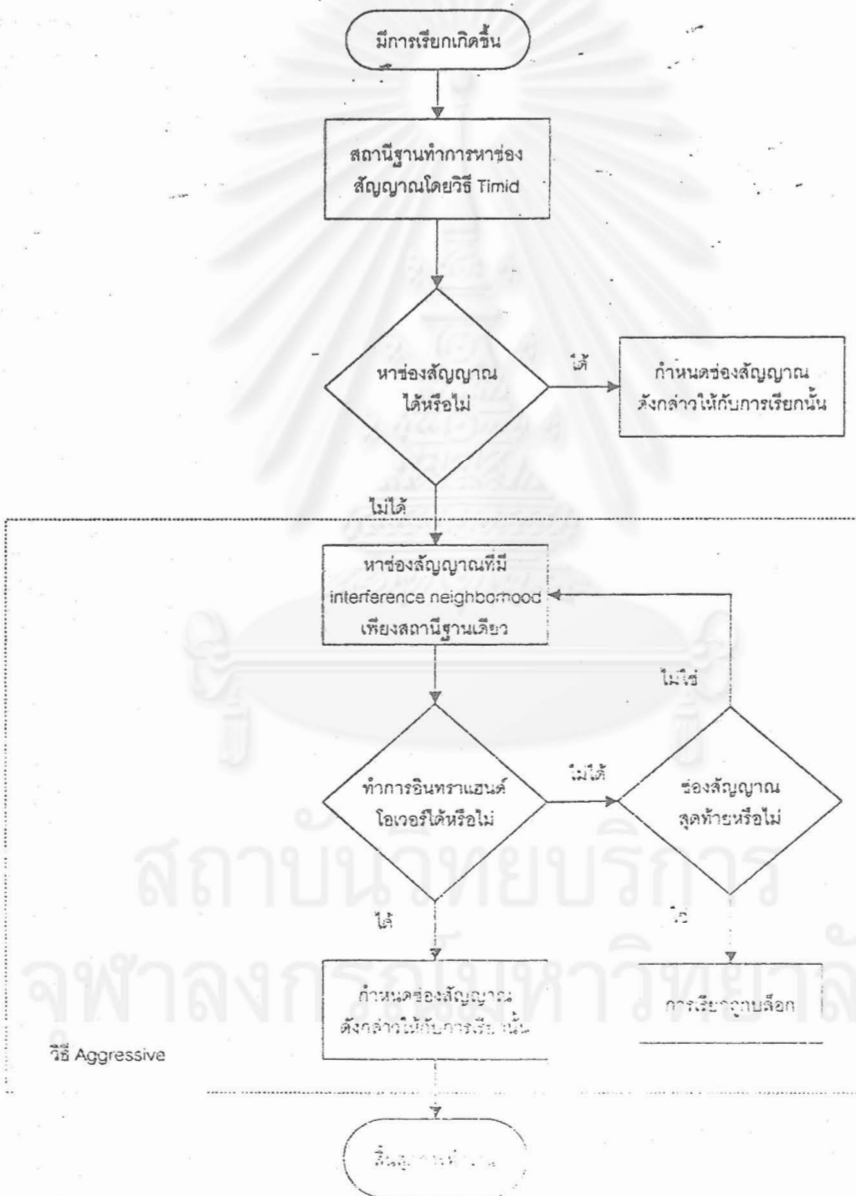


รูปที่ 2.1 แบบจำลองวิธี polite aggressive (PA) (Cimini et al., 1994)

นอกจากนี้ยังได้เสนอวิธีการกำหนด ช่องสัญญาณแบบพลวัตที่มีการควบคุมแบบกระจาย ระบบที่ 3 เรียกว่า polite aggressive (PA) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งมีเงื่อนไขในตอนแรก สถานีฐานจะหาช่องสัญญาณด้วยแบบ timid ก่อน คือเมื่อไม่สามารถหาช่องสัญญาณได้ก็จะ หาช่องสัญญาณในระบบเพียงของตัวเองที่มีสถานีฐานที่มี interference neighborhood ใช้ช่อง สัญญาณนี้อยู่เพียงสถานีเดียวเท่านั้นและใช้วิธีแบบ polite ในการอินทราแฮนด์โอเวอร์

เพื่อให้ช่องสัญญาณดังกล่าวว่างลง ซึ่งเป็นการผลิตวิธีการของทั้ง 2 แบบ โดยที่อัตราการบล็อกของการกำหนดแบบนี้จะต่ำกว่าแบบ timid แต่ในขณะเดียวกันก็ยังคงเสถียรภาพที่ดีเอาไว้

และยังได้เสนอการปรับปรุงเพิ่มขึ้นมาจาก PA เรียกว่า *persistent polite aggressive* (PPA) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 แทนที่จะพิจารณาเพียงช่องสัญญาณเดียว แต่จะถือว่าทุกช่องสัญญาณสามารถนำมาพิจารณาว่า สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์เพื่อให้ได้ช่องสัญญาณว่างได้หรือไม่ ซึ่งอัตราการบล็อกจะต่ำกว่าแบบ PA



รูปที่ 2.2 แบบจำลองวิธี *persistent polite aggressive* (PPA) (Cimini et al., 1984)

Wei และ Soong (1994) ได้เสนอวิธีที่คล้ายกับแบบ persistent polite aggressive แต่แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบแอนะล็อก คือแต่ละคลื่นพาห์แทน 1 ช่องสัญญาณ ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้กับระบบจีเอสเอ็มได้เช่นกัน



รูปที่ 2.3 แบบจำลองวิธี Channel Segregation (SEG) (Akaiwa และ Andoh, 1993)

Akaiwa และ Andoh (1993) ได้เสนอวิธี Channel Segregation (SEG) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งใช้แบบจำลองแบบ TDMA/FDMA คือในแต่ละคลื่นพาหะมีช่องสัญญาณได้มากกว่า 1 ช่องสัญญาณ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่คล้ายคลึงกับระบบจีเอสเอ็ม เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้นสถานีฐานพิจารณาเลือกช่องสัญญาณที่มีค่าลำดับความสำคัญสูงก่อน โดยตรวจสอบว่าช่องสัญญาณถูกใช้โดยสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ก็จะตรวจสอบว่าช่องสัญญาณดังกล่าวอยู่ในคลื่นพาหะที่สถานีฐานดังกล่าวใช้อยู่หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ในคลื่นพาหะที่สถานีฐานใช้อยู่ ก็จะตรวจดูว่ามีอุปกรณ์รับส่งที่จะรองรับคลื่นพาหะใหม่หรือไม่ ถ้าอยู่ในคลื่นพาหะที่สถานีฐานใช้อยู่หรือมีอุปกรณ์รับส่งเพียงพอ การเรียกดังกล่าวก็จะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณให้

2.3 วิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบกระจายที่เสนอ

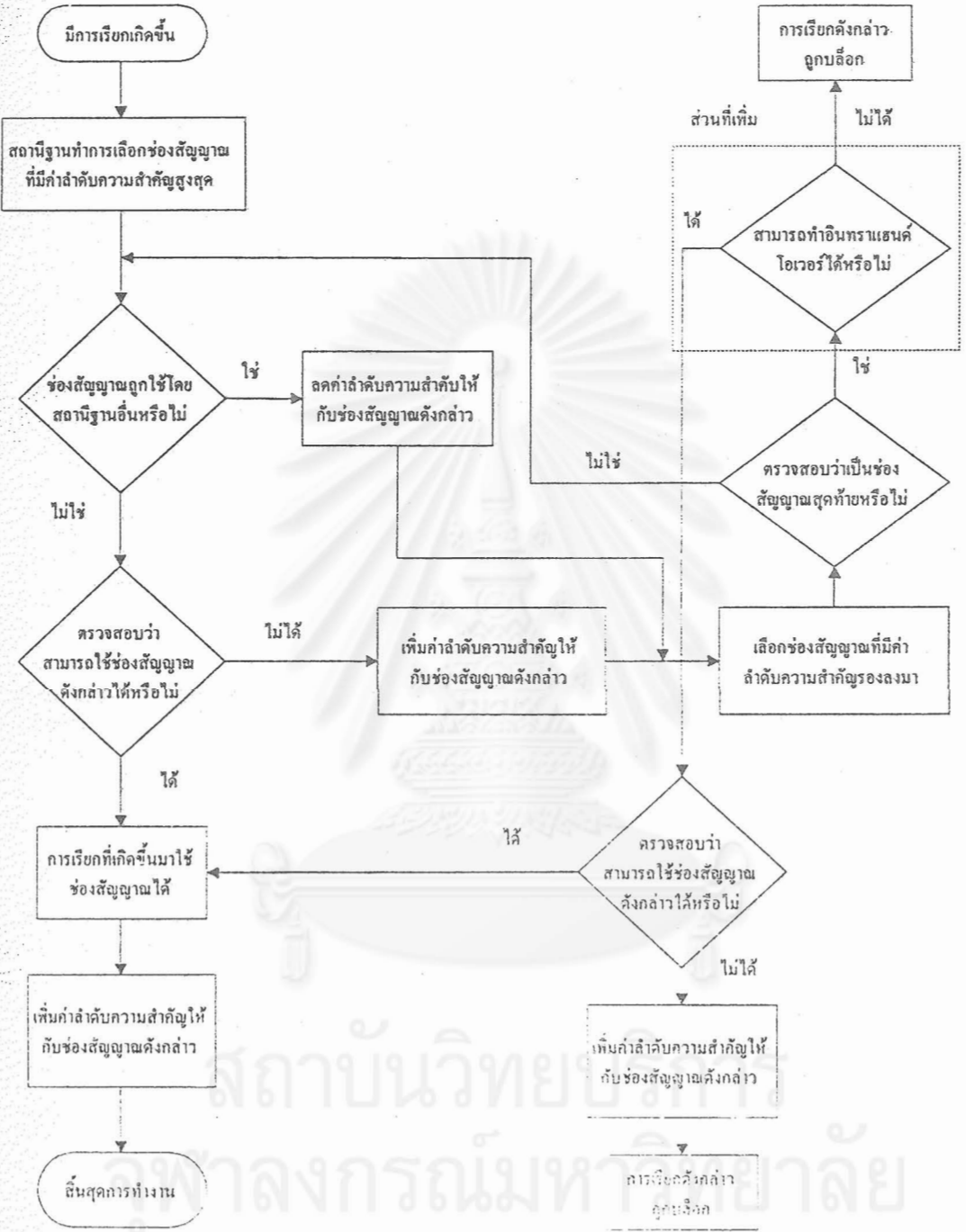
วิธีที่เสนอนี้จะปรับปรุงมาจากวิธีของ Channel Segregation จากแบบ timid ให้เป็นแบบ polite aggressive และแบบ persistent polite aggressive โดยการเพิ่มโอกาสในการกำหนดช่องสัญญาณให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น ในกรณีที่พบว่าช่องสัญญาณที่ไม่มีสัญญาณแทรกสอดชนิดช่องสัญญาณร่วมเต็มจะไม่ถูกบล็อกในทันที แต่จะให้อีกโอกาสในการหาช่องสัญญาณที่ถูกสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ใช้อยู่ ทำการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ถ้าสามารถทำได้การเรียกที่เกิดขึ้นก็สามารถมาใช้ช่องสัญญาณดังกล่าวได้

โดยวิธีที่เสนอ จะมี 2 แบบ ซึ่งเรียกว่า

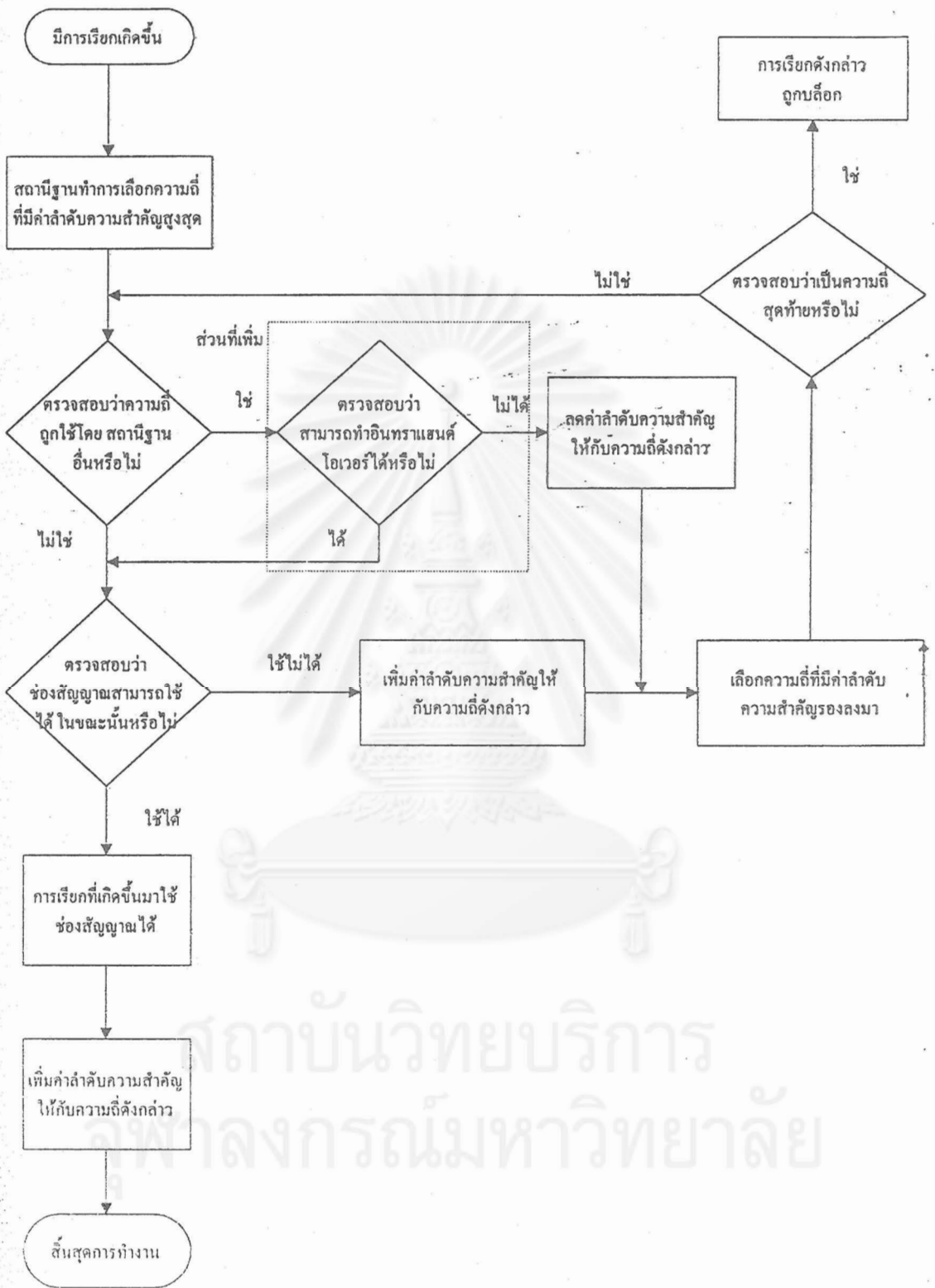
1. วิธี Channel Segregation with Polite Aggressive (SEG-PA)
2. วิธี Channel Segregation with Persistent Polite Aggressive (SEG-PPA)

2.3.1 วิธี Channel Segregation with Polite Aggressive

วิธี SEG-PA จะใช้หลักการเหมือน polite aggressive ของ Cimini et al. (1994) ก่อนในตอนแรกสถานีฐานจะหาช่องสัญญาณว่างแบบ Timid ก่อน โดยการใช้วิธีของ SEG เมื่อไม่สามารถหาช่องสัญญาณว่างได้ สถานีฐานก็จะใช้วิธี aggressive โดยจะมองหาช่องสัญญาณที่อยู่ใน interference neighborhood อยู่เพียงสถานีฐานเดียว และพยายามทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ เพื่อให้ช่องสัญญาณดังกล่าวว่างลง โดยที่ช่องสัญญาณที่จะถูกทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ จะพิจารณาเพียง 1 ช่องสัญญาณเท่านั้น ดังแสดงใน รูปที่ 2.4



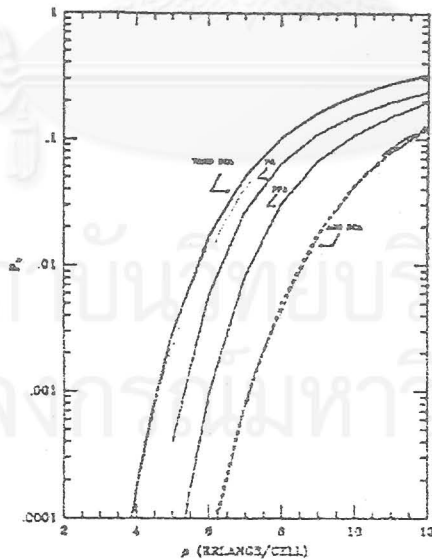
รูปที่ 2.4 แบบจำลองวิธี Channel Segregation with Police Aggressive (SEG-PA)



รูปที่ 2.5 แบบจำลองวิธี Channel Segregation with Persistent Polite Aggressive (SEG-PPA)

2.3.2 วิธี Channel Segregation with Persistent Polite Aggressive

วิธีนี้จะใช้หลักการคล้าย persistent polite aggressive ของ Cimini et al. (1994) แต่ต่างกันตรงที่แทนที่จะใช้วิธีแบบ Timid หาช่องสัญญาณว่างในตอนแรกก่อน ถ้าหาช่องสัญญาณว่างไม่ได้จึงจะใช้วิธี aggressive หาช่องสัญญาณว่างต่อไป แต่วิธี SEG-PPA จะต่างกันตรงที่ใช้การ aggressive แทรกเข้าไปในรูปของวิธี Timid ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งยังคงใช้วิธีของ SEG เหมือนเดิม แต่จะต่างกันเล็กน้อยตรงที่จะเปลี่ยนจากการคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละช่องสัญญาณ มาเป็นการคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละความถี่แทน และจำนวนของช่องสัญญาณที่จะพิจารณาทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ก็สามารถทำได้ทุกช่องสัญญาณเหมือนกับวิธี persistent polite aggressive ของ Cimini et al. (1994) แต่จะมีเงื่อนไขแตกต่างกันเล็กน้อย ตรงที่ไม่จำเป็นต้องเป็นช่องสัญญาณที่ถูก interference neighborhood ใช้อยู่เพียงสถานีฐานเดียว แต่สามารถเป็นช่องสัญญาณใดๆก็ได้ ซึ่ง Cimini et al. (1994) ได้ทำการศึกษาและสรุปว่าวิธี PPA จะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำกว่าวิธี PA ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ดังนั้นวิธี SEG-PPA ก็น่าจะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำกว่าวิธี SEG-PA และ SEG ซึ่งเปรียบเสมือนวิธีแบบ timid



รูปที่ 2.6 อัตราการบล็อก กรณีสถานีฐานเป็นแบบ linear (Cimini et al., 1994)

ถึงแม้วิธี SEG-PA และ SEG-PPA จะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำกว่าวิธี SEG แต่ทั้ง 2 วิธีดังกล่าวจะต้องมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ซึ่งเป็นการแฮนด์โอเวอร์ของสัญญาณที่กำลังใช้งานอยู่ไปยังช่องสัญญาณในคลื่นพาห์อื่นที่อยู่ในสถานีฐานเดียวกัน เพื่อพยายามทำให้ช่องสัญญาณทั้งหมดในคลื่นพาห์ใดคลื่นพาห์หนึ่งว่างลง เพื่อที่สถานีฐานที่ต้องการช่องสัญญาณสามารถดึงคลื่นพาห์ที่ว่างไป ใช้งานได้ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้คลื่นพาห์ให้เต็มที่

จากวิธีการกำหนดช่องสัญญาณที่เสนอทั้ง 2 วิธี ซึ่งทำให้อัตราการบล็อกต่ำลงหรือความจุในการรองรับทราฟฟิกเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์เป็นการแลกเปลี่ยน ซึ่งผลของการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ต่อระบบก็คือ การออกแบบโปรแกรมการกำหนดช่องสัญญาณมีความซับซ้อนมากกว่าวิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัว และการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์มีผลให้เกิดความล่าช้า (delay) ในการหาช่องสัญญาณว่างให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น และเป็นการเพิ่มสัญญาณควบคุมในระบบ แต่เนื่องจากวิธีที่เสนอมีการกำหนดเงื่อนไขในการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ เพื่อจำกัดปริมาณการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ไม่ให้สูงจนเกินไป ประกอบกับในปัจจุบันความสามารถของอุปกรณ์ โดยเฉพาะตัวประมวลสัญญาณมีความเร็วที่สูงขึ้น ดังนั้นความซับซ้อนของโปรแกรมควบคุม ความล่าช้าในการหาช่องสัญญาณว่างหรือปริมาณของสัญญาณควบคุมที่เพิ่มขึ้น จึงไม่น่าก่อให้เกิดผลกระทบที่รุนแรงต่อระบบมากเกินไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

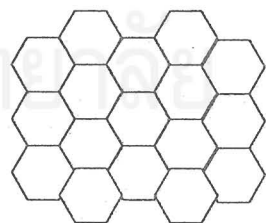
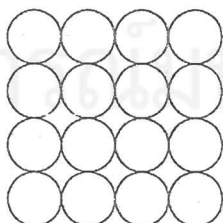
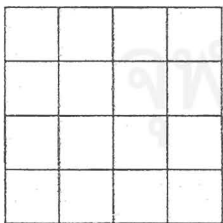
วิธีการจำลองแบบและการทดสอบ

3.1 แบบจำลองที่มีการเสนอมา

แบบจำลอง (model) ในโครงการวิจัยนี้ จำลองโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแง่ขององค์ประกอบ (network element) และการทำงาน (function) ของระบบ โดยจะเน้นเฉพาะแบบจำลองของสถานีฐาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่อง queuing theory ส่วนของตัวควบคุมสถานีฐานและส่วนของอุปกรณ์สวิตติงจะไม่ได้กล่าวถึง

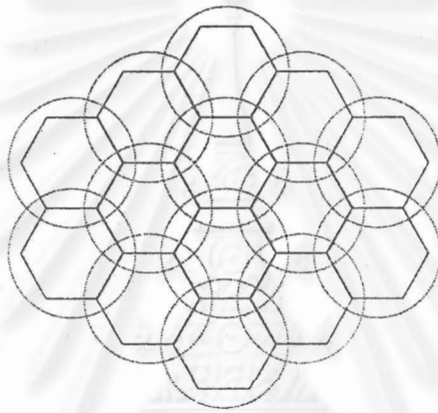
แบบจำลองของสถานีฐานโดยทั่วไปจะหมายถึงพื้นที่ให้บริการของสถานีฐาน ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว พื้นที่ให้บริการของสถานีฐานจะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ดังนั้นการศึกษาที่จะให้ผลที่ถูกต้องนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (geographic information) ในการออกแบบ ซึ่งเป็นการออกแบบในแง่สถิติ (statistical design)

สำหรับงานวิจัยในเรื่องการกำหนดของสัญญาณส่วนใหญ่ 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 ซึ่งเกิดจากการวางซ้อนกันของ สถานีฐานที่มีพื้นที่ให้บริการเป็นแบบอุดมคติ คือเป็นวงกลม และพื้นที่ที่เกยทับกันระหว่าง 2 สถานีฐานให้ถือว่าตรงกึ่งกลางเป็นแนวที่มีความแรงของสัญญาณระหว่าง 2 สถานีฐานเท่ากัน หมายความว่าถ้าโทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นนี้แล้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่ดังกล่าวก็จะถูกแฮนด์ โอเวอร์ให้กับสถานีฐานถัด ไปทันที



รูปที่ 3.2 แบบจำลองรูปหกเหลี่ยม ซึ่งแทนเส้นความแรง
ของสัญญาณที่เท่ากันระหว่างสถานีฐาน

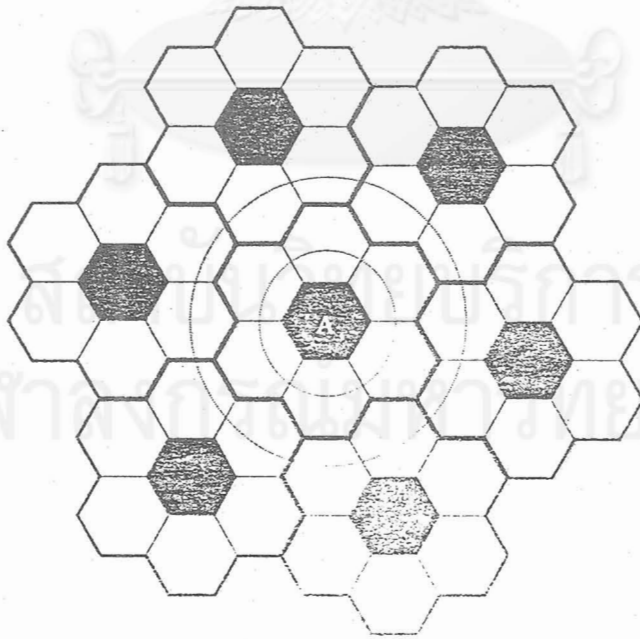
3.2 แบบจำลองที่ใช้

3.2.1 ข้อกำหนดพื้นฐาน

แบบจำลองที่ใช้เป็นแบบจำลองรูปหกเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (Lee, 1995) โดยมี ข้อกำหนดพื้นฐานดังนี้

- จำนวนสถานีฐานทั้งหมดเท่ากับ 49 สถานีฐาน
- ในกรณี FCA สถานีฐานเป็นแบบ 7 เซลล์คลัสเตอร์ (cluster)
- จำนวนคลื่นพาหะคือว่ามี 8 ของสัญญาณ FCA โดยไม่นับของสัญญาณควบคุม

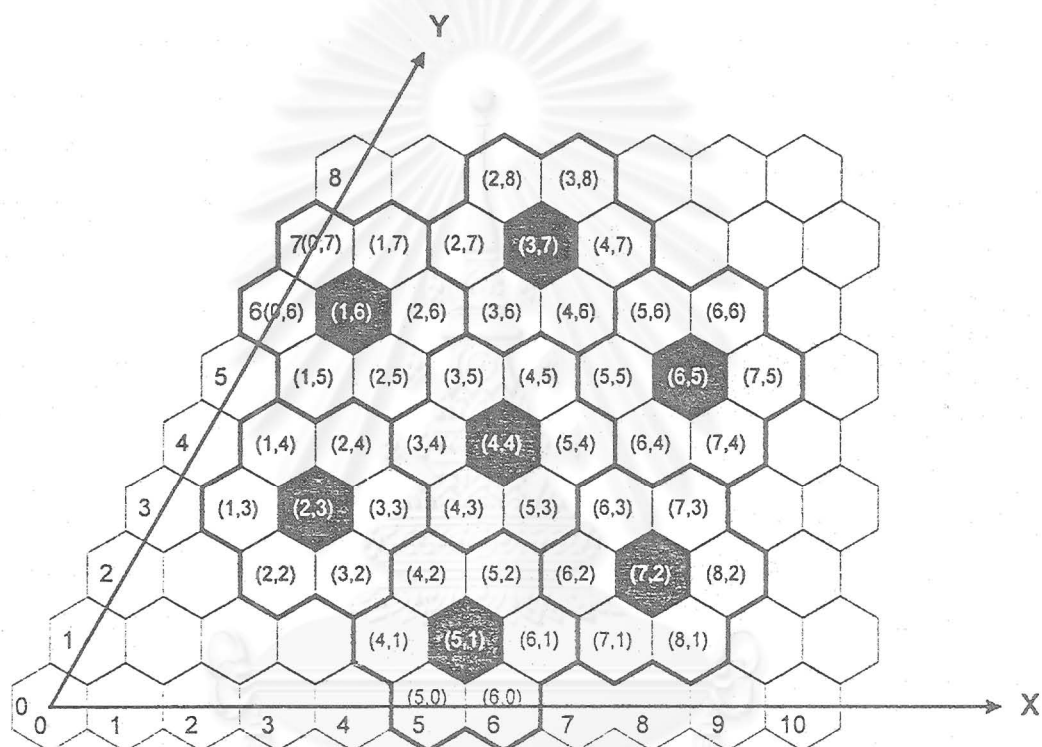
- การกำหนดช่องสัญญาณให้กับการเรียก จะพิจารณาการกำหนดช่องสัญญาณ TCH โดยไม่คิดการเซตอัป ถือว่าไม่มีการบล็อกในระหว่างการเซตอัป
- ช่องสัญญาณที่อยู่ในคลื่นพาห์เดียวกัน จะถูกกำหนดให้ใช้ในสถานีฐานเดียวกันเท่านั้น
- กรณีการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัต จำนวนอุปกรณ์รับ-ส่งต่อสถานีฐานเท่ากับ 3, 4 และ 5
- การเรียกที่เกิดขึ้น ไม่มีการเคลื่อนที่และไม่มีการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลล์ (intercell handover)
- การเรียกมีการแจกแจงการเกิดแบบปัวซอง (poisson)
- เวลาถือช่องสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 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 แบบจำลองที่ 3

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

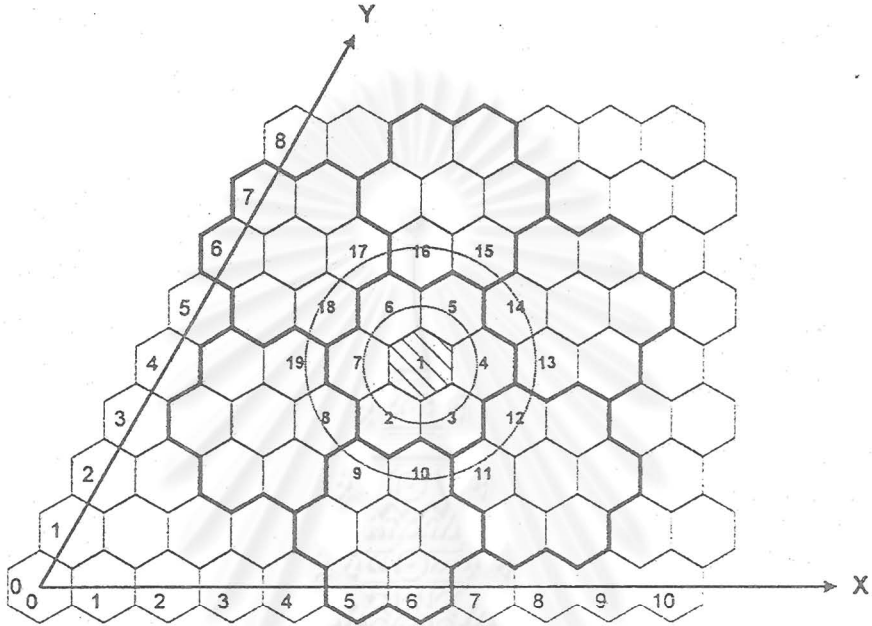
โดยที่การอ้างอิงของสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood จะอ้างอิงโดยใช้ความสัมพันธ์ของพิกัด X และ Y ดังแสดงในตารางที่ 3.1 เนื่องจากเรากำหนดให้สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood คือสถานีฐานใน 2 วงรอบของสถานีฐานที่พิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ดังนั้นจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood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

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของพิกัด X และ Y ของสถานีฐาน
ที่เป็น interference neighborhood

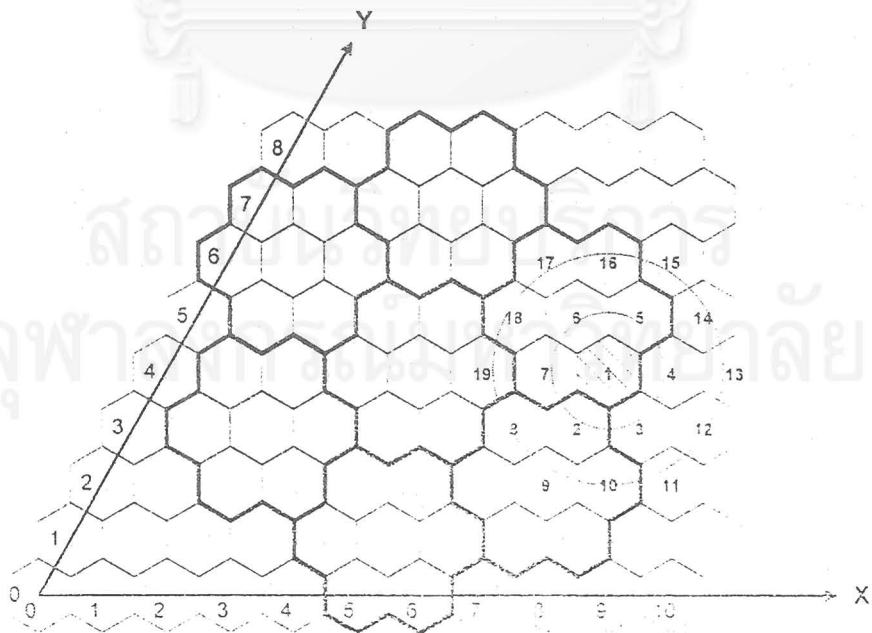
สถานีฐาน	พิกัดของสถานีฐาน	พิกัดในแกน X	พิกัดในแกน Y
1	4,4	X	Y
2	4,3	X	Y-1
3	5,3	X+1	Y-1
4	5,4	X+1	Y
5	4,5	X	Y+1
6	3,5	X-1	Y+1
7	3,4	X-1	Y
8	3,3	X-1	Y-1
9	4,2	X	Y-2
10	5,2	X+1	Y-2
11	6,2	X+2	Y-2
12	6,3	X+2	Y-1
13	6,4	X+2	Y
14	5,5	X+1	Y+1
15	4,6	X	Y+2
16	3,6	X-1	Y+2
17	2,6	X-2	Y+2
18	2,5	X-2	Y+1
19	2,4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

ผลที่ได้จากแบบจำลองที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป จะแสดงผลเฉพาะสถานีฐานที่อยู่ตรงกลางคือสถานีฐานที่พิกัด (4,4) และสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ในวงแรกจำนวน 6 สถานีฐานเท่านั้น จากทั้งหมด 18 สถานีฐาน เนื่องจากสถานีฐานที่พิกัด (4,4) จะได้รับผลกระทบเนื่องจากสถานีฐานที่อยู่บริเวณรอบ (spilling effect) น้อยที่สุด ดังแสดงในรูปแบบที่

ถ้าเราพิจารณาสถานะพื้นฐานที่พิกัด (7,4) ซึ่งอยู่ใกล้ขอบ ก็จะได้รับผลกระทบเนื่องจาก edging effect ค่อนข้างมาก เนื่องจากมีสถานะพื้นฐานที่เป็น interference neighborhood เพียง 11 สถานะพื้นฐานเท่านั้น ทำให้อัตราการบดบังต่ำกว่าสถานะพื้นฐานที่อยู่ตรงกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 สถานะพื้นฐานที่เป็น interference neighborhood ของสถานะพื้นฐานพิกัด (4,4)



รูปที่ 3.6 สถานะพื้นฐานที่เป็น interference neighborhood ของสถานะพื้นฐานพิกัด (7,4)

3.3 การทดสอบแบบจำลอง

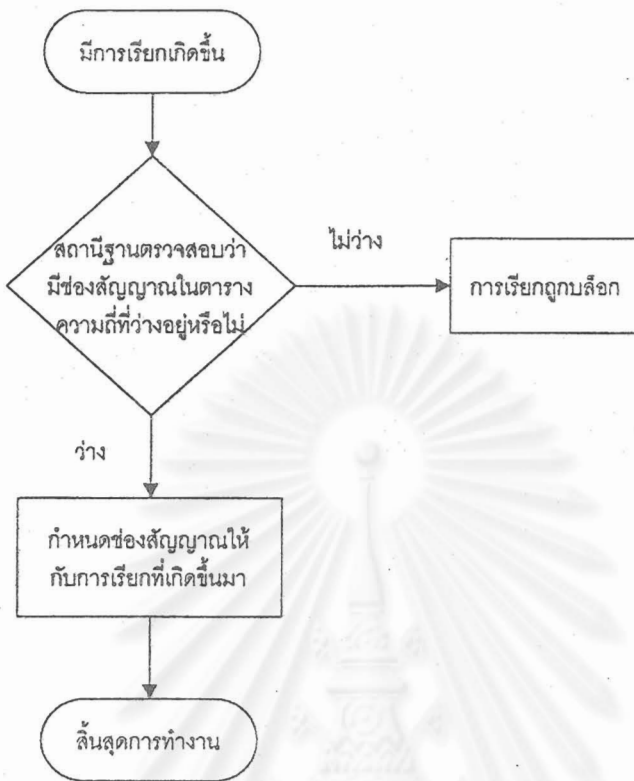
3.3.1 การทดสอบแบบจำลองกรณี FCA

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 โดยกำหนดให้การเกิดการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวส์ซอง ที่มีอัตราการเกิดเท่ากับ λ ซึ่งค่า λ นี้ เราสามารถกำหนดให้มีค่าเท่ากันทุกสถานีฐาน หรือจะสุ่มค่าให้กับแต่ละสถานีฐานก็ได้ เวลายืดช่องสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ ที่มีค่าเวลายืดช่องสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 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 ถ้าสุ่มเวลายืดช่องสัญญาณของการเรียกที่เกิดขึ้นได้เท่ากับ 132.5 วินาที ก็จะถูกแปลงเท่ากับ 564 มัลติเฟรม เป็นต้น และค่า λ ก็จะถูกคิดเป็นอัตราการเกิดต่อมัลติเฟรม ค่าความสัมพันธ์ระหว่างเออร์แลงกับ λ แสดงในตารางที่ ก.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



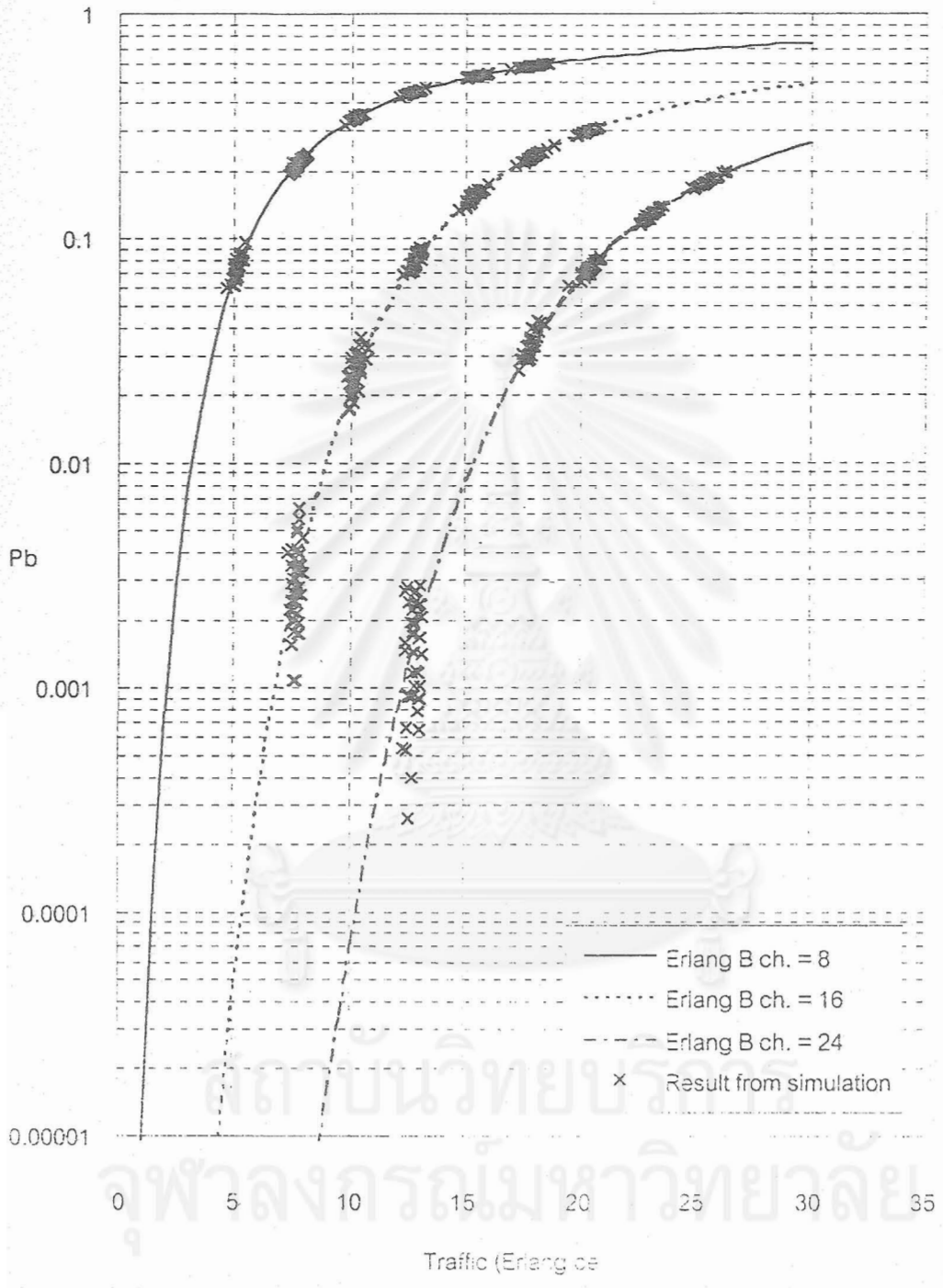
รูปที่ 3.7 แบบจำลองวิธี FCA

ในกรณี FCA เมื่อมีการเรียกเกิดขึ้น สถานีฐานจะตรวจสอบว่ามีช่องสัญญาณในตารางความถี่ของสถานีฐานดังกล่าวว่างหรือไม่ ถ้าว่างสถานีฐานก็จะจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น ถ้าไม่ว่างการเรียกดังกล่าวก็จะถูกบล็อก ดังแสดงในรูปที่ 3.7

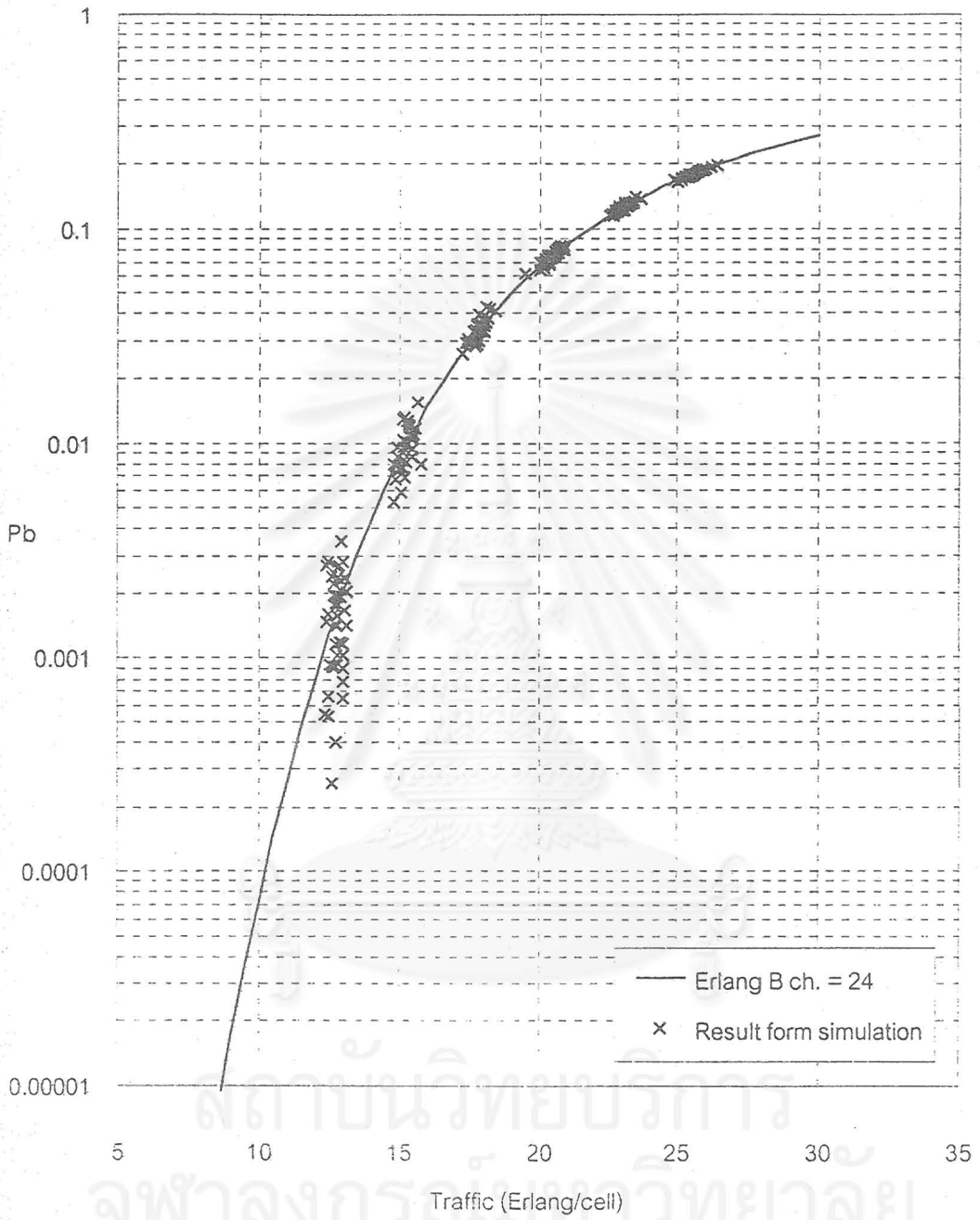
นิยามและความหมาย

$$\bullet \text{ อัตราการบล็อก (Pb)} = \frac{\text{จำนวนการเรียกที่ถูกบล็อก}}{\text{จำนวนการเรียกทั้งหมด}}$$

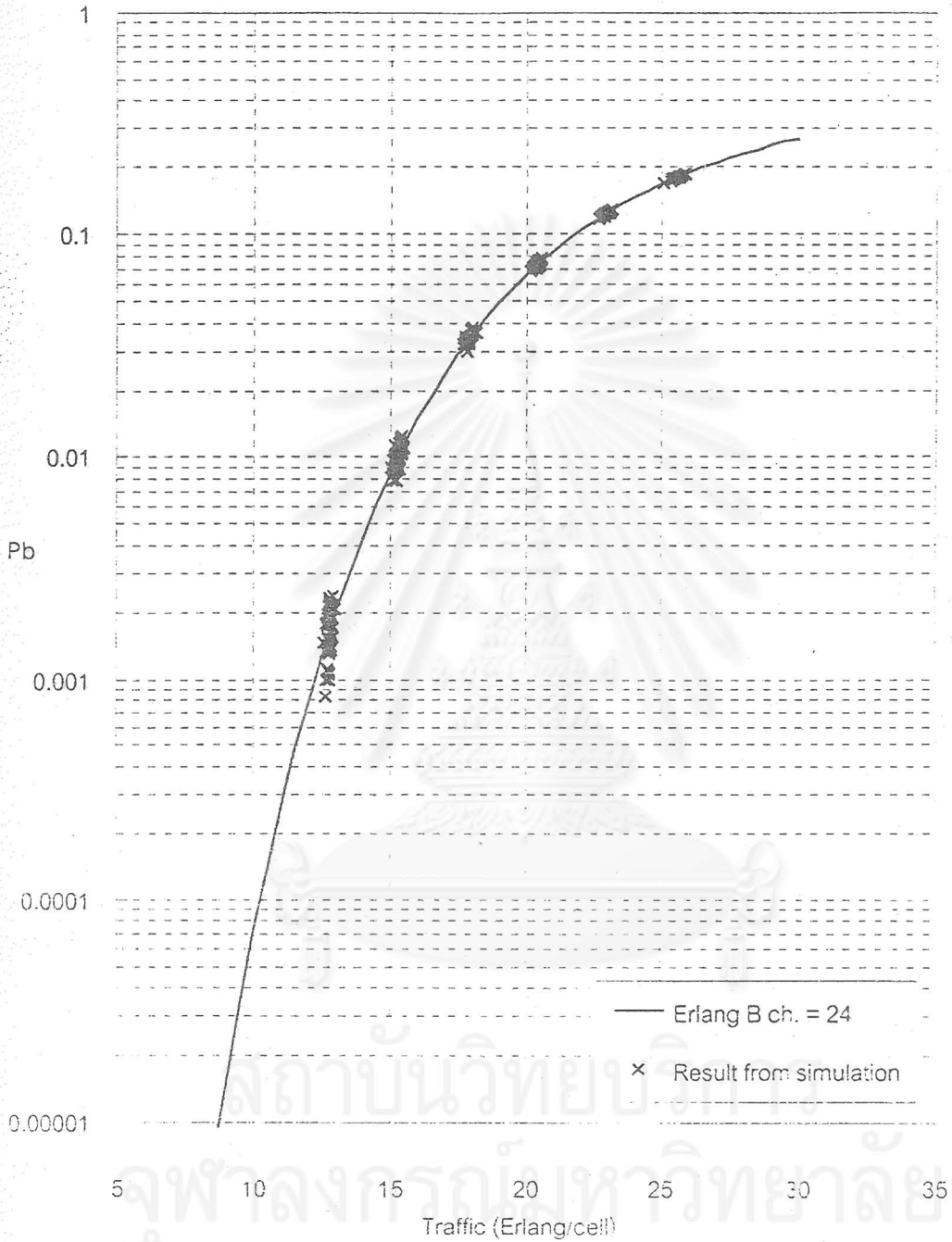
$$\bullet \text{ ปริมาณทราฟฟิก (Traffic)} = \frac{\text{จำนวนการรับที่สำเร็จ} \times \text{ค่าเวลายืดของสัญญาณเฉลี่ย}}{\text{เวลาที่รับมด}}$$



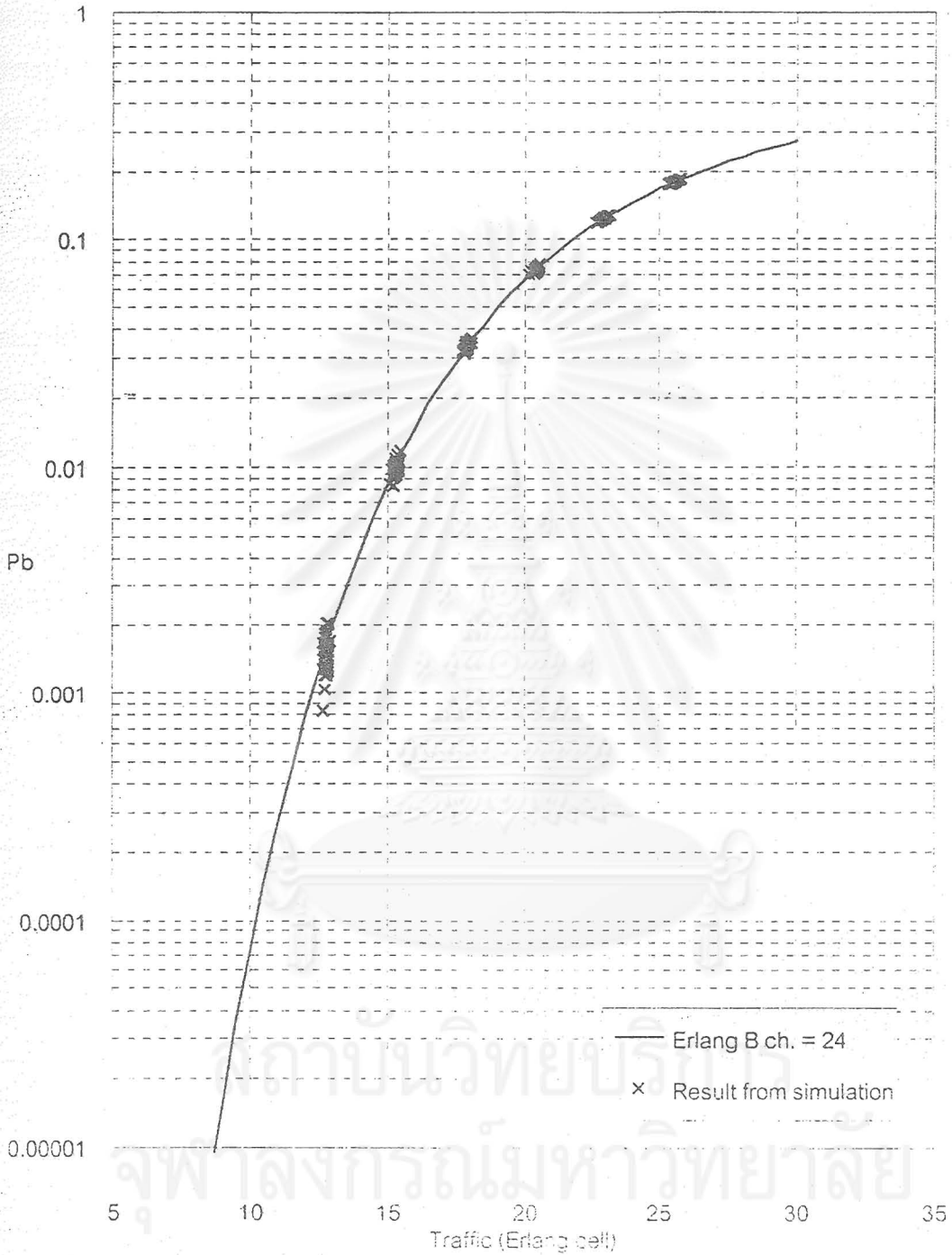
รูปที่ 3.8 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่สามารถจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA มีจำนวนช่อง λ ในเทากับ และจำนวนของสัญญาณต่อวงจรมีจำนวนเท่ากับ 8, 16 และ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 100



รูปที่ 3.9 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า λ ให้เท่ากัน และจำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20



รูปที่ 3.10 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อกำหนดค่า λ ให้เท่ากับ และจำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 100



รูปที่ 3.11 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B

กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA และกำหนดค่า λ ให้เท่ากัน

และจำนวนช่องสัญญาณเป็น 24

จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 200

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

ตารางที่ 3.2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA ที่ค่าอัตราการบล็อกประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

λ	จำนวนรอบการจำลองแบบ เท่ากับ 20			เท่ากับ 100	เท่ากับ 200
	ch.=8	ch.=16	ch.=24	ch.=24	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%	2.55%	1.59	0.96
0.045			1.18%	0.62	0.43
0.050			0.69%	0.42	0.27

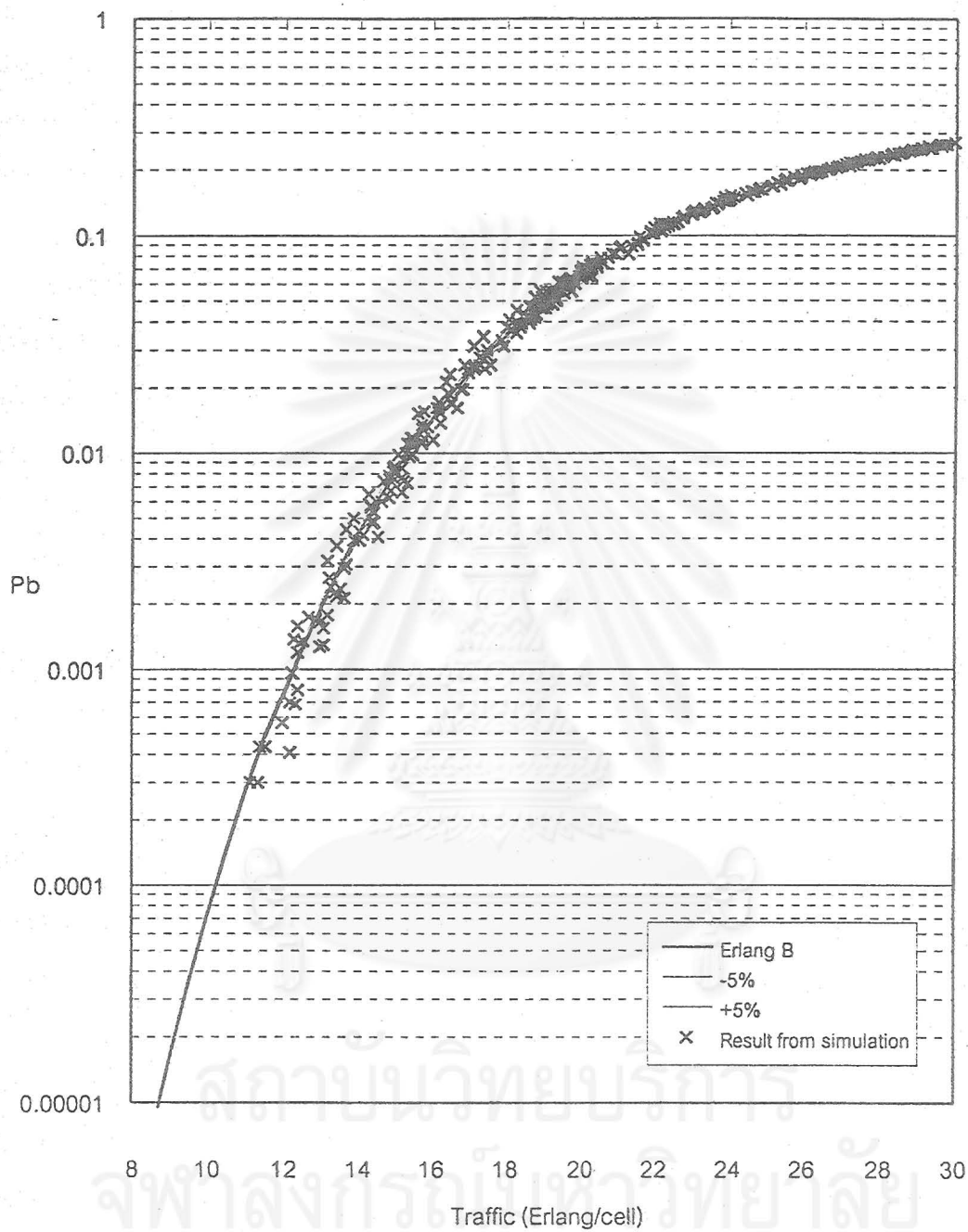
เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

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

ผลที่ได้จากการจำลองแบบเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้สมการ Erlang B มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ กล่าวคือค่าอัตราการบล็อกในช่วงที่มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จะมีความผิดพลาดระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองแบบกับค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าอัตราการบล็อกในช่วงที่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความผิดพลาดมากกว่า 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 λ ดังรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าที่ค่าปริมาณทราฟฟิกสูงๆ อัตราการบล็อกที่ได้จากการจำลองแบบ มีค่าใกล้เคียงกับอัตราการบล็อกที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B แต่อัตราการบล็อกที่ปริมาณทราฟฟิกต่ำๆ ยังมีความผิดพลาดค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับค่าอัตราการบล็อกที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 อัตราการบล็อกเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Erlang B กับค่าที่ได้จากการจำลองแบบ กรณี FCA เมื่อรู้ค่า λ และจำนวนช่องสัญญาณต่อสถานีฐานเท่ากับ 24 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20

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

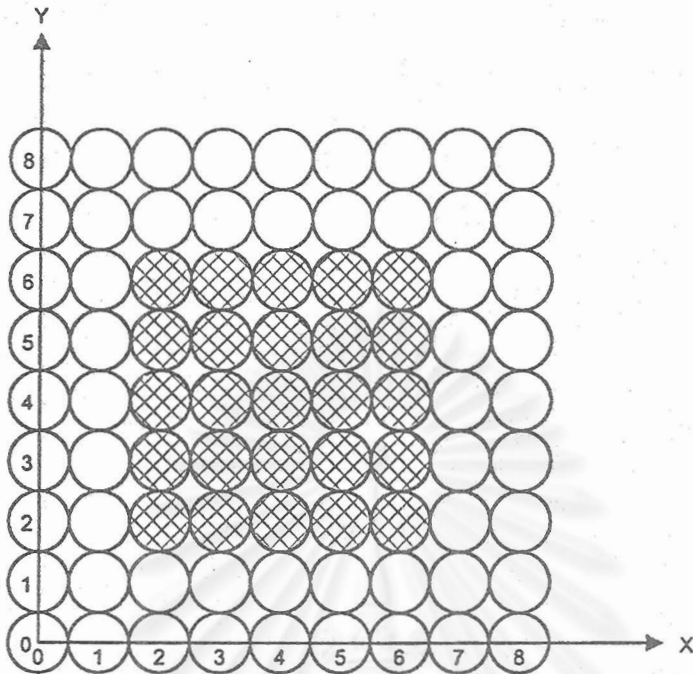
ในช่วงที่ทราฟฟิกสูงๆ ถึงแม้ว่าจะใช้จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20 จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองแบบกับค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คืออยู่ในช่วงความผิดพลาดไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์จากค่าที่คำนวณด้วยสมการ Erlang B สรุปได้ว่าแบบจำลองที่ใช้มีความถูกต้อง

3.3.2 การทดสอบแบบจำลองกรณี SEG

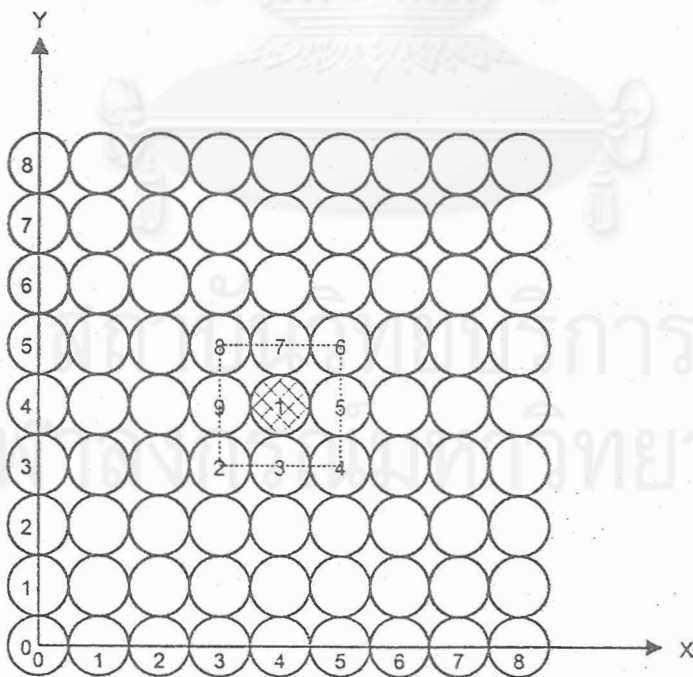
3.3.2.1 การทดสอบแบบจำลองกรณี SEG โดยใช้แบบจำลองตาม Akaiwa และ Andoh (1993)

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

แบบจำลองที่ใช้มีจำนวนสถานีฐาน 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 โดยกำหนดให้เกิดการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวส์ซองที่มีอัตราการเกิดเท่ากับ λ เวลายึดของสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ ที่มีค่าเวลายึดของสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที และจำนวนคลื่นพาห์ของระบบเท่ากับ 6 คลื่นพาห์ โดยที่ในแต่ละคลื่นพาห์แบ่งเป็นทีดีเอ็มเอหรือของ สัญญาณเท่ากับ 12 ช่องสัญญาณ หรือของ สัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 72 ช่องสัญญาณ



รูปที่ 3.13 การอ้างอิงพิกัดของสถานีฐานในแบบจำลองตาม Akaiwa และ Andoh (1993)



รูปที่ 3.14 สถานีฐานที่เป็น interference neighborhood

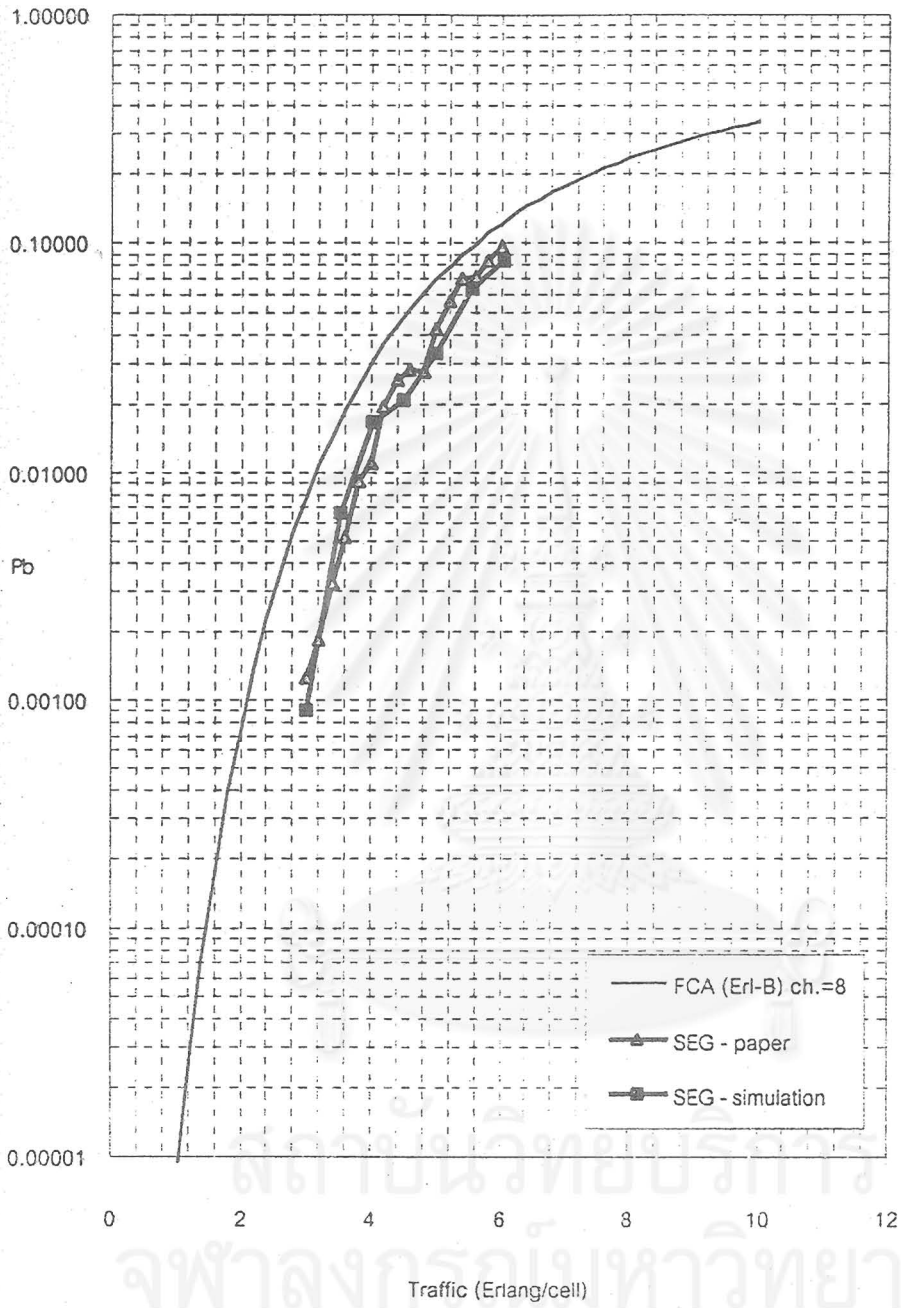
การคำนวณอัตราการใช้ที่ได้จากการจำลองแบบ จะได้จากการเฉลี่ยค่าอัตราการใช้บล็อกเฉพาะสถานีฐาน 25 สถานีฐานที่อยู่บริเวณตรงกลางของระบบ ดังรูปที่ 3.13 โดยไม่นำสถานีฐานที่อยู่รอบนอกมาคิด เพื่อลดผลของ edging effect

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

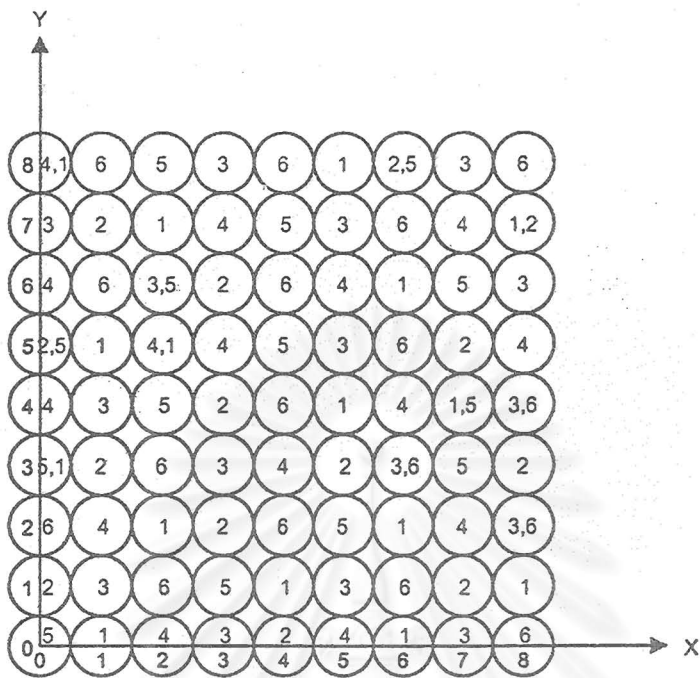
สถานีฐาน	พิกัดของสถานีฐาน	พิกัดในแกน X	พิกัดในแกน Y
1	4,4	X	Y
2	3,3	X-1	Y-1
3	4,3	X	Y-1
4	5,3	X+1	Y-1
5	5,4	X+1	Y
6	5,5	X+1	Y+1
7	4,5	X	Y+1
8	3,5	X-1	Y+1
9	3,4	X-1	Y

การจัดสรรช่องสัญญาณให้กับการเรียกที่เกิดขึ้น จะเลือกจากค่าลำดับความสำคัญของช่องสัญญาณนั้นๆ โดยที่ค่าลำดับความสำคัญคิดจากโอกาสที่ช่องสัญญาณนั้นๆ จะถูกใช้โดยสถานีฐานนั้นๆ มากน้อยเพียงไร ถ้าช่องสัญญาณช่องไหนยิ่งถูกใช้มากในสถานีฐานใด ค่าลำดับความสำคัญของช่องสัญญาณดังกล่าวในสถานีฐานนั้นก็ยิ่งสูงมากขึ้นเรื่อยๆ หรือเรียกว่าเป็น favorite channel สำหรับสถานีฐานนั้น

นอกจากการถูกใช้โดยสถานีฐานแล้ว ค่าลำดับความสำคัญยังเพิ่มขึ้นในกรณีที่เรียกว่า unaccessible idle channel ซึ่งหมายความว่าช่องสัญญาณดังกล่าว ถึงแม้ไม่มีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ใช้อยู่ แต่ไม่สามารถเข้าไปใช้หรือนำช่องสัญญาณดังกล่าวมาใช้ได้ อาจเป็นเพราะ ในขณะนั้นสถานีฐานดังกล่าวใช้คลื่นพาหุเต็มอยู่ตามจำนวนคลื่นพาหุที่สถานีฐานสามารถรองรับได้ และช่องสัญญาณที่วางอยู่ในคลื่นพาหุอื่นที่มีใช้คลื่นพาหุที่สถานีฐานดังกล่าว ใช้อยู่ จึงทำให้ไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถรองรับคลื่นพาหุใหม่ได้



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



รูปที่ 3.16 ผลที่ได้จากการจำลองแบบ (หมายเลขในวงกลมคือ
หมายเลขความถี่ที่สถานีฐานนั้นใช้มากที่สุด)

นิยามและความหมาย

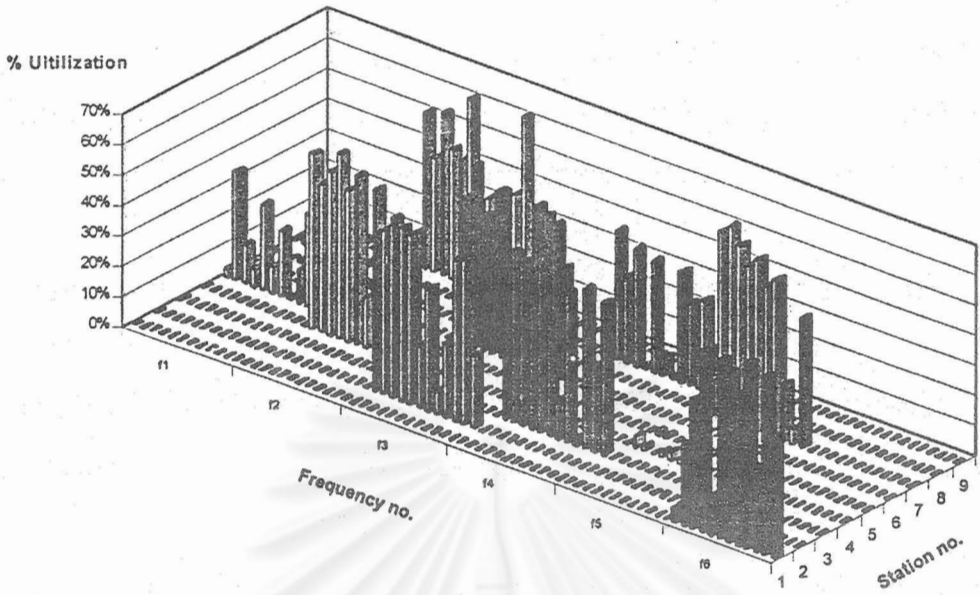
- ค่าลำดับความสำคัญ = $\frac{Ns}{Nt}$

โดยที่

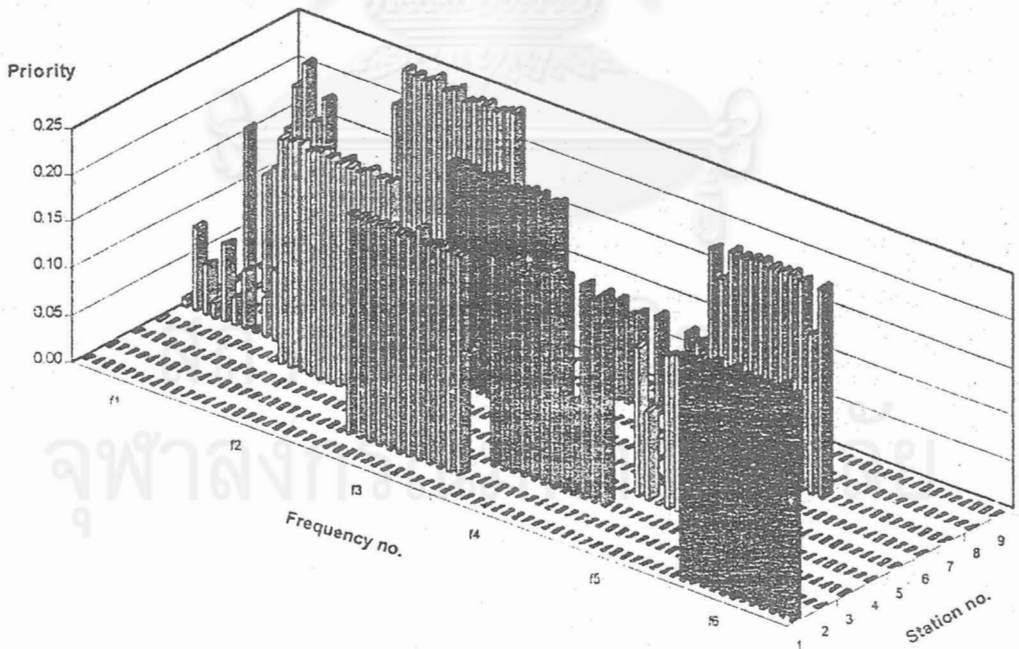
$$Ns = \text{จำนวนครั้งที่ช่องสัญญาณหรือคลื่นพาท์ถูกใช้} + \text{จำนวนครั้งที่ว่างแต่ไม่สามารถเข้าไปใช้ได้ (unaccessible Idle channel)}$$

$$Nt = \text{จำนวนครั้งทั้งหมดที่ช่องสัญญาณหรือคลื่นพาท์ดังกล่าวถูกเลือก}$$

- 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)

จากค่าอัตราการบดที่ได้อาจจากการจำลองแบบในรูปที่ 3.15 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราการบดจากงานของ Akaiwa และ Andoh จะพบว่า มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน และจากค่าความสัมพันธ์ในการใช้ของสัญญาณในรูปที่ 3.17 และค่าลำดับความสำคัญในรูปที่ 3.18 จะมีลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่ม หรือที่เรียกว่า bunching effect เหมือนกับงานของ Akaiwa และ Andoh

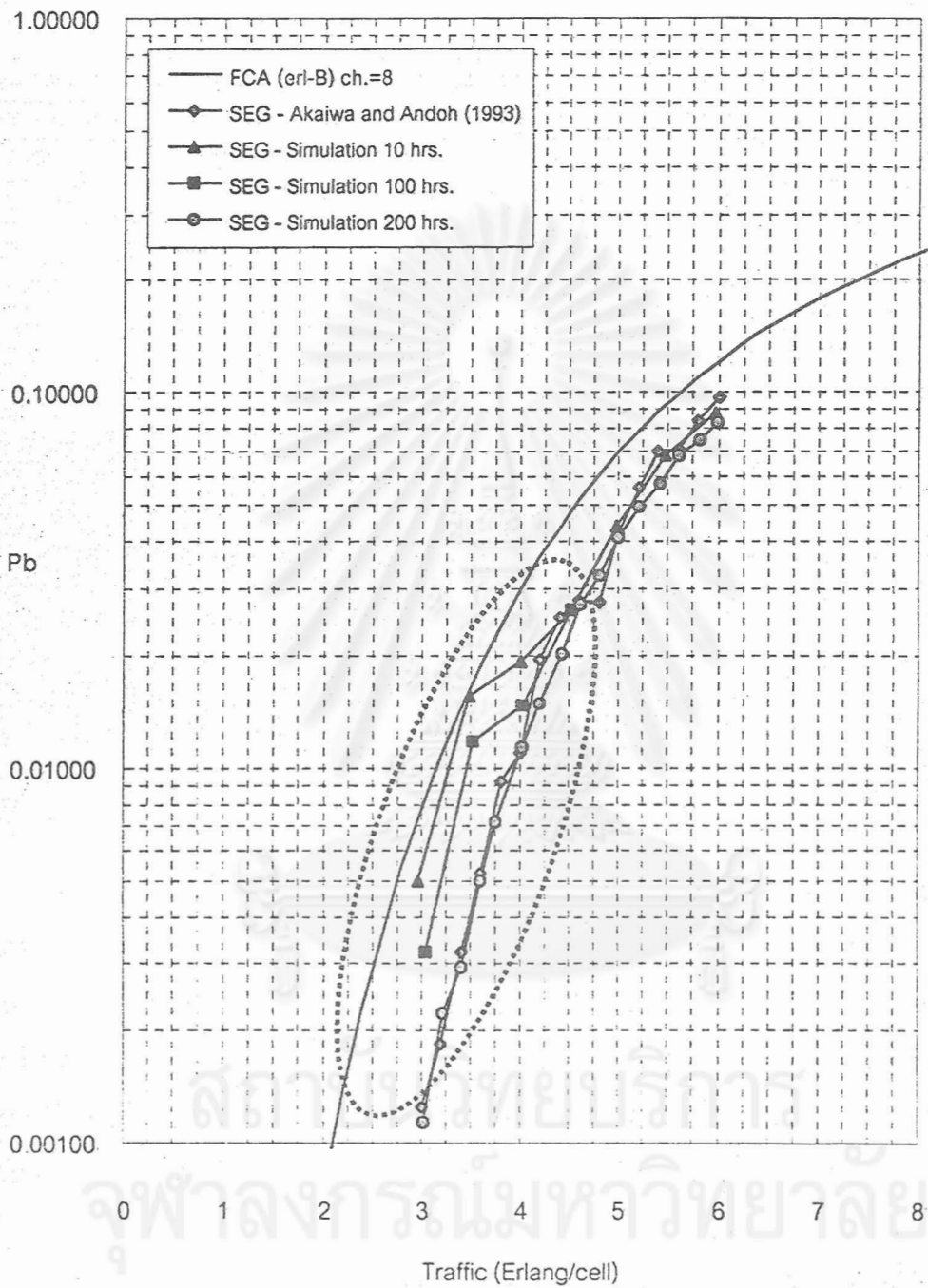
3.3.2.2 การทดสอบแบบจำลองกรณี SEG โดยใช้แบบจำลองตามรูปที่ 3.3

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 โดยกำหนดให้เกิดการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวส์ซง ที่มีอัตราการเกิดเท่ากับ λ เวลายืดช่องสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ ที่มีค่าเวลายืดช่องสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที และจำนวนคลื่นพาหุของระบบเท่ากับ 12 คลื่นพาหุ โดยที่ในแต่ละคลื่นพาหุแบ่งเป็นทีดีเอ็มเอหรือช่องสัญญาณเท่ากับ 8 ช่องสัญญาณ หรือช่องสัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 96 ช่องสัญญาณ

การคำนวณอัตราการบดที่ได้อาจจากการจำลองแบบ จะได้อาจจากการเฉลี่ยค่าอัตราการบดของสถานีฐาน 7 สถานีฐานที่อยู่บริเวณตรงกลางของระบบ ที่มีสถานีฐานพิกัด (4,4) อยู่ตรงกลาง ดังรูปที่ 3.4 โดยไม่นำสถานีฐานที่อยู่รอบนอกมาคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



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	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	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

จากการจำลองแบบเมื่อใช้จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 96 ช่องสัญญาณ และจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เท่ากับ 17 สถานีฐาน ปรากฏว่าค่าอัตราการบดล็อกใกล้เคียงกับค่าอัตราการบดล็อกจากงานของ Akaiwa และ Andoh ดังรูปที่ 3.19 ซึ่งใช้จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 72 ช่องสัญญาณกับจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เท่ากับ 8 สถานีฐาน ซึ่งคิดว่าเป็นการชดเชยกันระหว่างจำนวนช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้นกับจำนวนสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ที่เพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าอัตราการบดล็อกซึ่งได้จากการจำลองแบบ จะเห็นว่าเมื่อจำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 10 ค่าอัตราการบดล็อกที่ทราฟฟิกขอบริการมากกว่า 4 เฮอร์แลง มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh แต่ค่าอัตราการบดล็อกที่ทราฟฟิกขอบริการน้อยกว่า 4 เฮอร์แลง ยังมีค่าที่แตกต่างกันอยู่ แต่เมื่อทำการจำลองแบบด้วยจำนวนรอบการจำลองแบบที่มากขึ้นที่จำนวนรอบเท่ากับ 100 ในช่วงทราฟฟิกขอบริการน้อยกว่า 4 เฮอร์แลง จะเห็นว่า

อัตราการบดล็อกมีแนวโน้มเข้าใกล้ค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh มากขึ้น และเมื่อเพิ่มจำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 200 และให้กราฟฟีกขอปรกการเพิ่มขึ้นทีละ 0.2 เฮอร์แลงปรากฏว่าอัตราการบดล็อกที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานของ Akaiwa และ Andoh

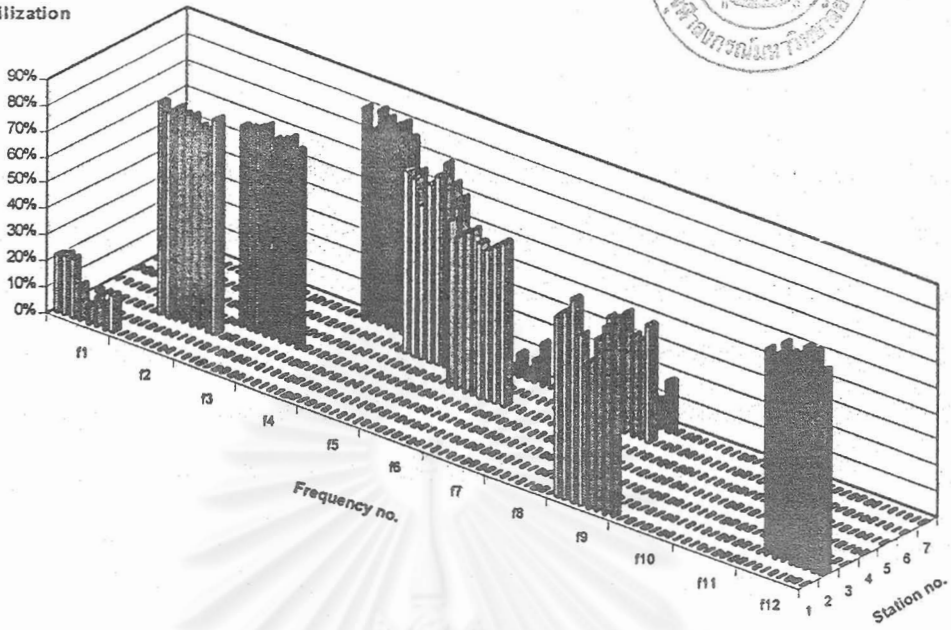
ในช่วงกราฟฟีกต่ำๆ ค่าอัตราการบดล็อกจะมีค่าแตกต่างค่อนข้างมาก แต่เมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการจำลองแบบให้มากขึ้น ค่าอัตราการบดล็อกที่กราฟฟีกต่ำๆ ก็จะไปใกล้ค่าอัตราการบดล็อกจากงานของ Akaiwa และ Andoh นอกจากนี้ค่าการไขประโยชน์ของสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญที่ได้จากการจำลองแบบดังแสดงในรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21 จะมีลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่มหรือที่เรียกว่า bunching effect เหมือนกับงานของ Akaiwa และ Andoh



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

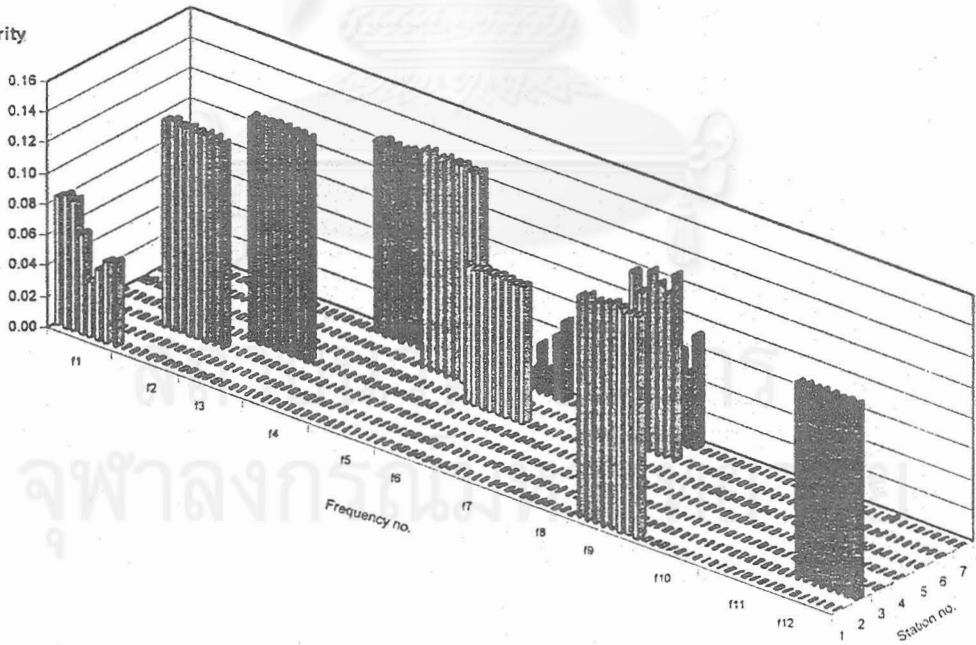


% Utilization



รูปที่ 3.20 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณ กรณี SEG ที่มีแบบจำลองดังรูปที่ 3.4

Priority



รูปที่ 3.21 ค่าลำดับความสำคัญ กรณี SEG ที่มีแบบจำลองดังรูปที่ 3.4

3.3.3 ผลของ edging effect

จากการทดสอบแบบจำลองในหัวข้อ 3.3.2.1 ซึ่งใช้แบบจำลองตาม Akaiwa และ Andoh ซึ่งการคำนวณหาอัตราการบดล็อกจะได้อัตราการเฉลี่ยอัตราการบดล็อกของสถานีฐาน 25 สถานีฐานที่อยู่ตรงกลางตามรูปที่ 3.13 และการทดสอบในหัวข้อ 3.3.2.2 การคำนวณหาอัตราการบดล็อกคำนวณได้จากการเฉลี่ยอัตราการบดล็อกของสถานีฐาน 7 สถานีฐานที่อยู่ตรงกลาง โดยมีสถานีฐานพิกัต (4,4) อยู่ตรงกลางตามรูปที่ 3.4 ซึ่งการหาอัตราการบดล็อกโดยการเฉลี่ยอัตราการบดล็อกเฉพาะสถานีฐานที่อยู่บริเวณตรงกลางเท่านั้น ก็เพื่อลดผลของ edging effect

ตารางที่ 3.5 อัตราการบดล็อกจากการเฉลี่ยกรณี 7 และ 49 สถานีฐาน

ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 49 สถานีฐาน		ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 7 สถานีฐาน ที่อยู่ตรงกลาง	
กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดล็อก	กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบดล็อก
3.0000	0.00074	3.0155	0.00114
3.2500	0.00124	3.2098	0.00221
3.4020	0.00179	3.4078	0.00294
3.5770	0.00271	3.6056	0.00500
3.7060	0.00362	3.7600	0.00719
4.0000	0.00640	4.0107	0.01130
4.1750	0.00902	4.1931	0.01493
4.3950	0.01197	4.4141	0.02018
4.5610	0.01560	4.6161	0.02729
4.7720	0.02153	4.8000	0.03273
5.0300	0.02825	5.0017	0.04102
5.2500	0.03388	5.2029	0.04989
5.3890	0.03981	5.4190	0.05715
5.6370	0.04721	5.6032	0.06839
5.8390	0.05521	5.8088	0.07482
6.0410	0.06266	5.9951	0.08318

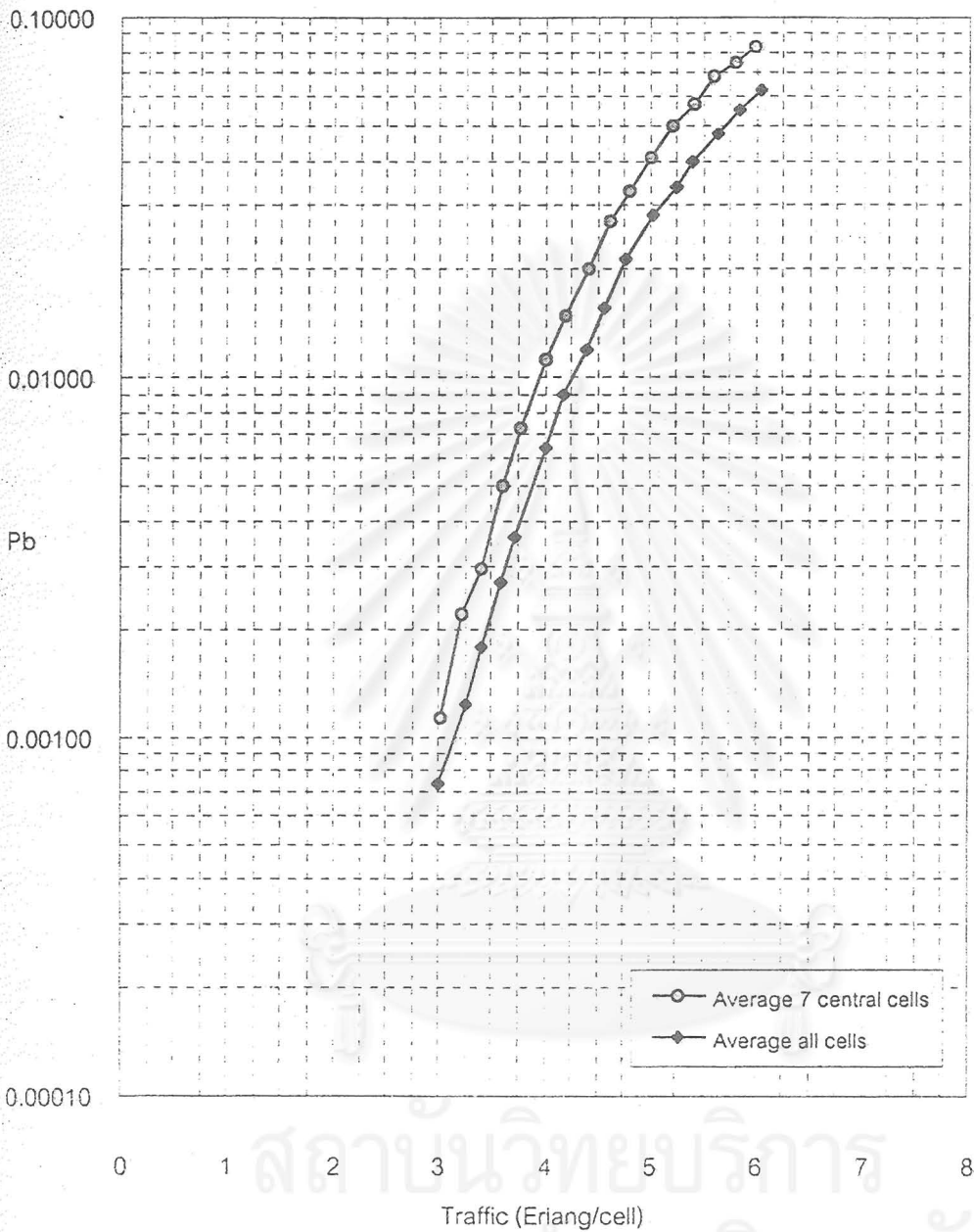
ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบปริมาณกราฟฟีกที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์
โดยการ Interpolate

	กราฟฟีกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ปริมาณกราฟฟีกที่อัตรา การบล็อก 2 เปอร์เซ็นต์
ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 49 สถานีฐาน	4.5610	0.01560	
	4.7720	0.02153	4.71756
ค่าเฉลี่ยจากสถานีฐาน 7 สถานีฐาน ที่อยู่ตรง กลาง	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 เปรียบเทียบปริมาณกราฟฟีกที่สามารถรองรับได้ที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยการ interpolate จากการเปรียบเทียบจะเห็นว่าปริมาณกราฟฟีกที่สามารถรองรับได้ที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการเฉลี่ยทั้ง 2 แบบ จะมีความแตกต่างกันอยู่ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การเฉลี่ยอัตราการบล็อกกรณี 49 สถานีฐาน จะมีปริมาณกราฟฟีกที่สามารถรองรับได้สูงกว่าการเฉลี่ยอัตราการบล็อกกรณี 7 สถานีฐานตรงกลาง ที่อัตราการบล็อกเท่ากัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



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 ได้อัตราการบล็อกใกล้เคียงกับอัตราการบล็อกจากงานของ 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 ดังนั้นในการจำลองแบบของโครงการวิจัยจะใช้จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20 เป็นเกณฑ์ เนื่องจากว่าช่วงปริมาณกราฟฟีกขอบริการที่ทำการศึกษา จะมีค่ามากกว่า 4 เออร์แลง

ผลของ edging effect จะมีผลทำให้อัตราการบล็อกเฉลี่ยลดลง หรือปริมาณกราฟฟีกที่อัตราการบล็อก 2 เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในผลการจำลองที่จะศึกษาจะคิดอัตราการบล็อกจากการเฉลี่ยจำนวนสถานีฐานทั้ง 49 สถานีฐาน เนื่องจากว่าผลของ edging effect มีผลต่อทั้งกรณี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA เพราะฉะนั้นถ้าอัตราการบล็อกของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA ดีกว่าวิธี SEG แล้ว ถึงแม้จะคิดหรือไม่คิด edging effect อัตราการบล็อกก็ยังคงดีกว่าเหมือนเดิม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า edging effect เปรียบเสมือนค่า offset ที่ shift อัตราการบล็อกให้ต่ำลงมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการจำลองแบบและการวิเคราะห์ผล

4.1 นิยามและความหมาย

ในบทนี้จะแสดงผลที่ได้จากการจำลองแบบ โดยใช้แบบจำลองที่ได้จากการทดสอบในบทที่ 3 ก่อนอื่นขออธิบายนิยามและความหมายของคำและค่าที่ใช้ในการจำลองแบบ

- อัตราการบลิ๊ก (Pb) =
$$\frac{\text{จำนวนการโทรที่ถูกบลิ๊ก}}{\text{จำนวนการโทรทั้งหมด}}$$
- อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ =
$$\frac{\text{จำนวนการโทรที่ถูกอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์}}{\text{จำนวนการโทรทั้งหมด}}$$
- ปริมาณทราฟฟิก (Traffic) =
$$\frac{\text{จำนวนการโทรที่สำเร็จ} \times \text{ค่าเวลายืดช่องสัญญาณ}}{\text{เวลาทั้งหมด}}$$
- ค่าลำดับความสำคัญ (Priority) โดยที่
$$\frac{Ns}{Nt}$$

Ns = จำนวนครั้งที่ช่องสัญญาณหรือคลื่นพาห์ถูกใช้ + จำนวนครั้งที่ว่างแต่ไม่สามารถเข้าไปใช้ได้ (unaccessible idle channel)

Nt = จำนวนครั้งทั้งหมดที่ช่องสัญญาณหรือคลื่นพาดังกล่าวถูกเลือก
- ค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณ =
$$\frac{\text{เวลาที่ช่องสัญญาณถูกใช้งานทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมด}}$$

- รูปแบบกราฟฟิกกระจายอย่างสม่ำเสมอ = กำหนดค่า λ ให้เท่ากันทั้ง 49 สถานีฐาน
- รูปแบบกราฟฟิกกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอ = สุ่มค่า λ ให้ทั้ง 49 สถานีฐาน

4.2 ผลการจำลองแบบอัตราการบลิ๊อก

4.2.1 อัตราการบลิ๊อกกรณีที่ใช้รูปแบบกราฟฟิกกระจายอย่างสม่ำเสมอ

แบบจำลองที่ใช้มีจำนวนสถานีฐาน 49 สถานีฐาน ตามรูปที่ 3.3 โดยการอ้างอิงสถานีฐานและการกำหนดสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood กำหนดโดยอาศัยความสัมพันธ์ของค่าพิกัด X และ Y ตามรูปที่ 3.4 ซึ่งจะมีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood เท่ากับ 17 สถานีฐานและใช้แบบจำลอง SEG, SEG-PA และ SEG-PPA ตามรูปที่ 2.3, 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ โดยกำหนดให้เกิดการเรียกมีการแจกแจงเป็นแบบปัวส์ซง ที่มีอัตราการเกิดเท่ากับ λ เวลาหยุดของสัญญาณมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ ที่มีค่าเวลาหยุดของสัญญาณเฉลี่ยเท่ากับ 120 วินาที และจำนวนคลื่นพาห์ของระบบเท่ากับ 12 คลื่นพาห์ โดยที่ในแต่ละคลื่นพาห์แบ่งเป็นทีดีเอ็มเอหรือช่องสัญญาณเท่ากับ 8 ช่องสัญญาณ หรือช่องสัญญาณทั้งหมดเท่ากับ 96 ช่องสัญญาณ

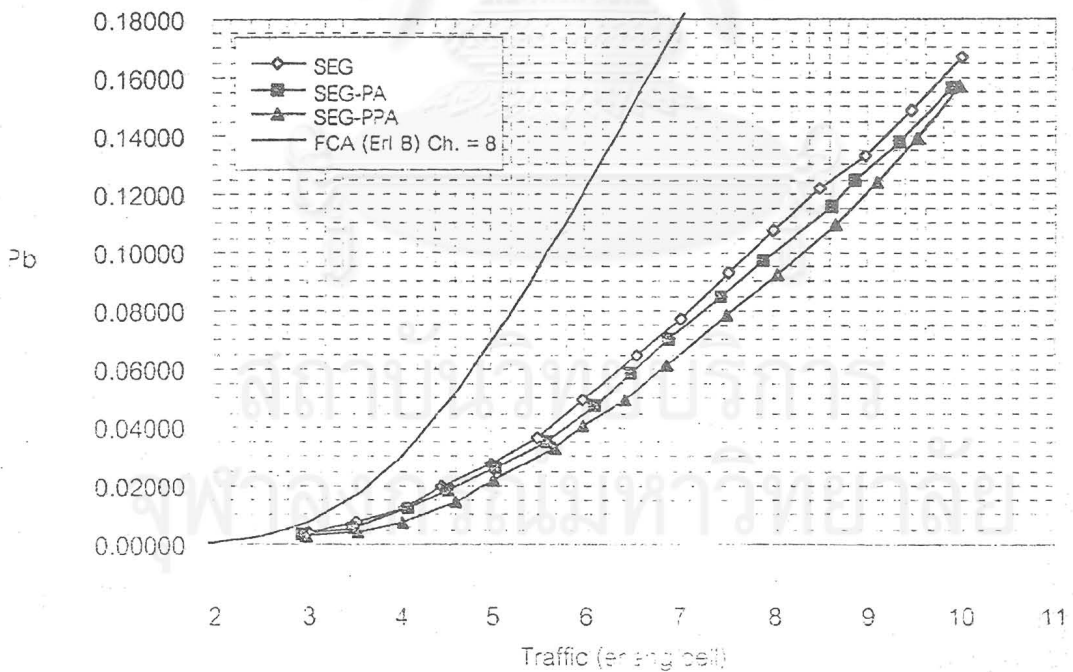
การคำนวณอัตราการบลิ๊อกที่ได้จากการจำลองแบบ จะได้จากการเฉลี่ยค่าอัตราการบลิ๊อกของสถานีฐานทั้ง 49 สถานีฐานและจำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20

ค่าที่แรงงาในตารางเป็นค่ากราฟฟิกขอบริการ ที่จะใช้คำนวณหาค่ากราฟฟิกขอบริการที่อัตราการบลิ๊อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยการ interpolate

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นหน้าต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

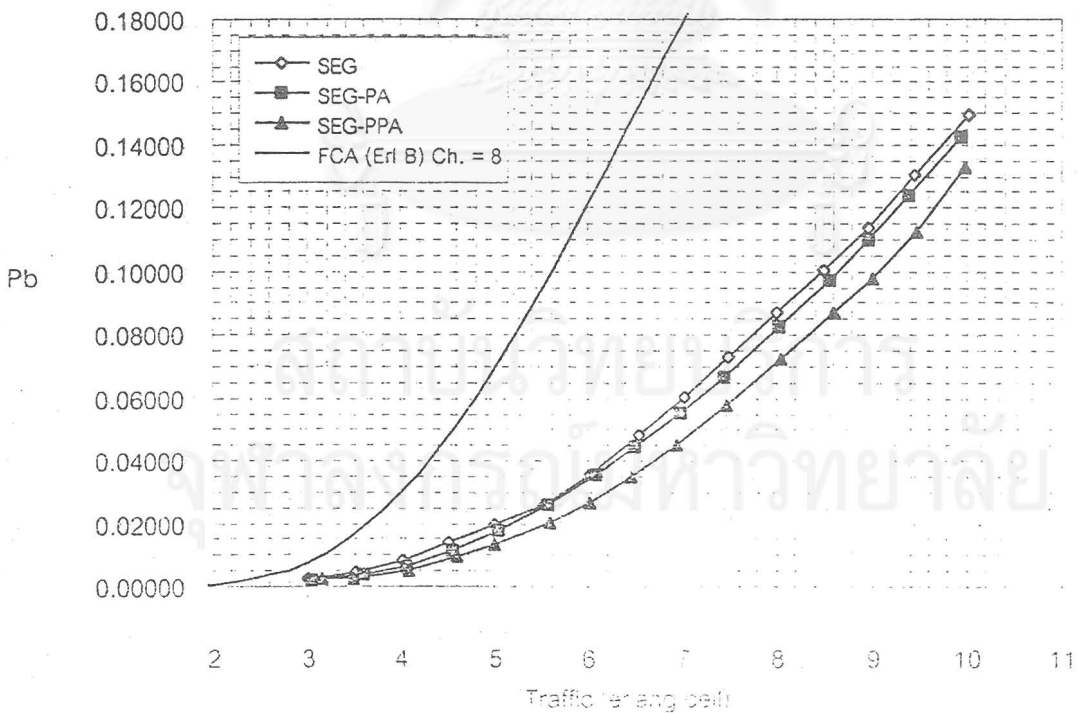
วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก
3.0069	0.00430	2.9461	0.00320	2.9911	0.00250
3.5285	0.00790	3.4810	0.00570	3.5356	0.00410
4.0425	0.01250	4.0937	0.01260	4.0401	0.00730
4.4611	0.01970	4.5201	0.01850	4.6020	0.01450
4.9829	0.02560	5.0400	0.02650	5.0117	0.02180
5.4909	0.03660	5.5917	0.03530	5.6695	0.03340
5.9715	0.04940	6.1140	0.04730	5.9805	0.04040
6.5480	0.06500	6.4930	0.05860	6.4260	0.05000
7.0135	0.07720	6.9000	0.07000	6.8821	0.06120
7.5289	0.09280	7.4410	0.08450	7.5213	0.07880
8.0056	0.10740	7.8898	0.09710	8.0419	0.09270
8.4905	0.12200	8.6211	0.11600	8.6700	0.10940
8.9784	0.13330	8.8578	0.12480	9.1002	0.12390
9.4713	0.14910	9.3300	0.13810	9.5319	0.13930
10.0003	0.16670	9.8909	0.15640	9.9705	0.15730



รูปที่ 4.1 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นหน้าต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

ตารางที่ 4.2 อัตราการปล่อยวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการปล่อย	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการปล่อย	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการปล่อย
3.0028	0.00280	3.0418	0.00160	3.1456	0.00240
3.5166	0.00470	3.5885	0.00350	3.4908	0.00280
4.0162	0.00850	4.0600	0.00660	4.0900	0.00500
4.5129	0.01420	4.5516	0.01170	4.5822	0.00950
4.9973	0.01950	5.0399	0.01770	4.9854	0.01320
5.5140	0.02620	5.5607	0.02580	5.5834	0.02060
6.0166	0.03340	6.0800	0.03560	6.0208	0.02870
6.5521	0.04670	6.5005	0.04480	6.4675	0.03720
7.0248	0.05670	6.9800	0.05550	6.9515	0.04630
7.5081	0.07310	7.4502	0.06710	7.4851	0.05800
8.0106	0.08730	8.0200	0.08260	8.0500	0.07280
8.5010	0.10060	8.5600	0.09740	8.5974	0.08730
8.9558	0.11220	8.9558	0.11000	9.0033	0.09800
9.4498	0.12770	9.3930	0.12420	9.4809	0.11250
10.0304	0.14720	9.9400	0.14220	9.9723	0.13270

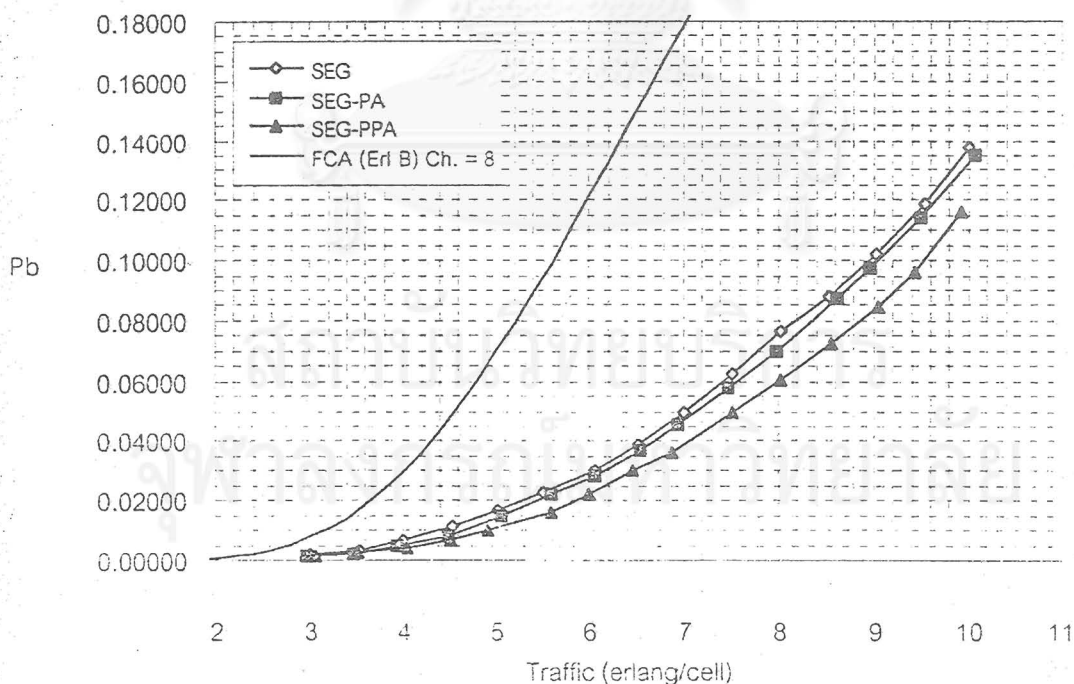


รูปที่ 4.2 อัตราการปล่อยวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA

กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

ตารางที่ 4.3 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีทีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

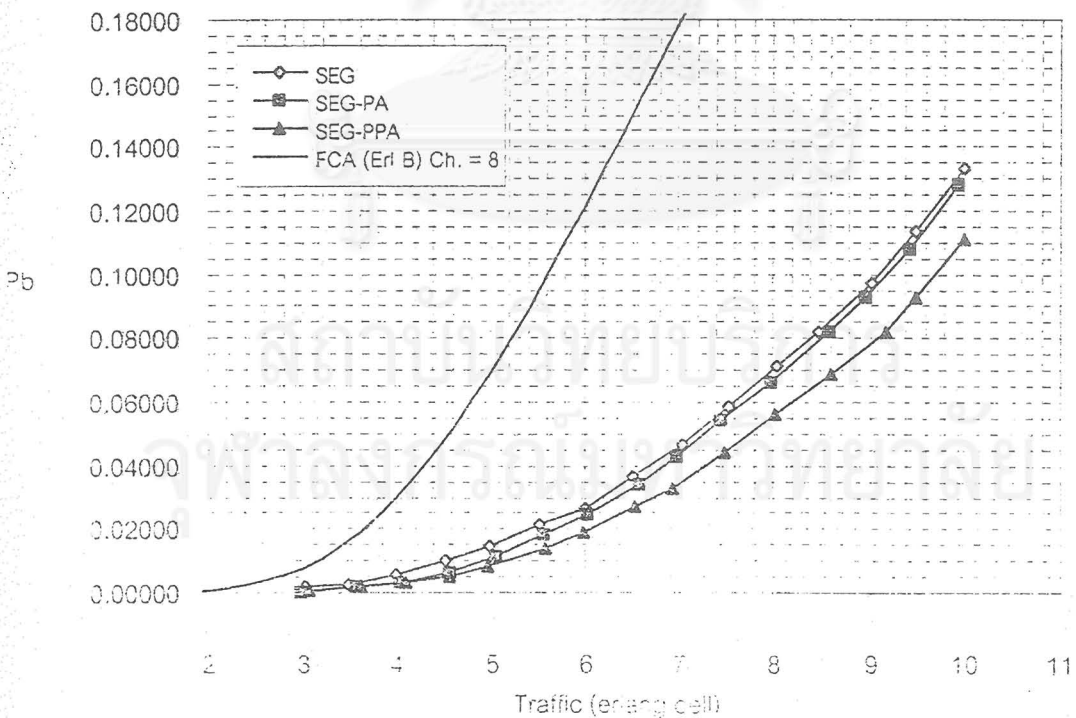
วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก
2.9878	0.00230	2.9506	0.00130	3.0698	0.00160
3.5192	0.00350	3.4640	0.00220	3.5132	0.00250
3.9965	0.00690	3.9400	0.00440	4.0454	0.00380
4.5309	0.01130	4.4760	0.00820	4.5121	0.00690
5.0094	0.01700	5.0512	0.01320	4.8998	0.01100
5.4999	0.02270	5.5909	0.02280	5.5977	0.01640
6.0485	0.03030	6.0485	0.02810	5.9915	0.02210
6.5122	0.03910	6.5409	0.03720	6.4670	0.03090
7.0009	0.04730	6.9411	0.04570	6.8915	0.03660
7.5280	0.06270	7.4700	0.05890	7.5235	0.04950
8.0305	0.07660	7.9800	0.07220	8.0363	0.06020
8.5460	0.08800	8.6248	0.08700	8.5618	0.07250
9.0167	0.10020	8.9707	0.09840	9.0485	0.08480
9.5300	0.11880	9.4902	0.11440	9.4287	0.09610
10.0079	0.13780	10.0600	0.13500	9.9253	0.11630



รูปที่ 4.3 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีทีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

ตารางที่ 4.4 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก
3.0170	0.00180	2.9708	0.00030	3.0570	0.00090
3.4881	0.00250	3.5660	0.00160	3.6008	0.00160
3.9953	0.00540	4.0400	0.00320	4.0873	0.00320
4.5147	0.01000	4.5620	0.00660	4.5619	0.00500
4.9911	0.01450	5.0409	0.01130	4.9699	0.00820
5.5146	0.02140	5.5500	0.01950	5.5836	0.01360
5.9930	0.02680	6.0206	0.02600	5.9844	0.01920
6.5127	0.03660	6.5691	0.03440	6.5284	0.02710
7.0492	0.04540	6.9800	0.04320	6.9318	0.03280
7.5251	0.05860	7.4503	0.05420	7.4769	0.04440
8.0307	0.07120	7.9776	0.06620	8.0100	0.05610
8.4813	0.08230	8.5760	0.08200	8.6100	0.06870
9.0245	0.09740	8.9765	0.09270	9.1708	0.08040
9.4957	0.11380	9.4384	0.10810	9.4959	0.09270
9.9954	0.13300	9.9500	0.12830	10.0050	0.11100



รูปที่ 4.4 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA

กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

4.2.2 อัตราการบล็อกกรณีทีรูปแบบกราฟฟิกกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอ

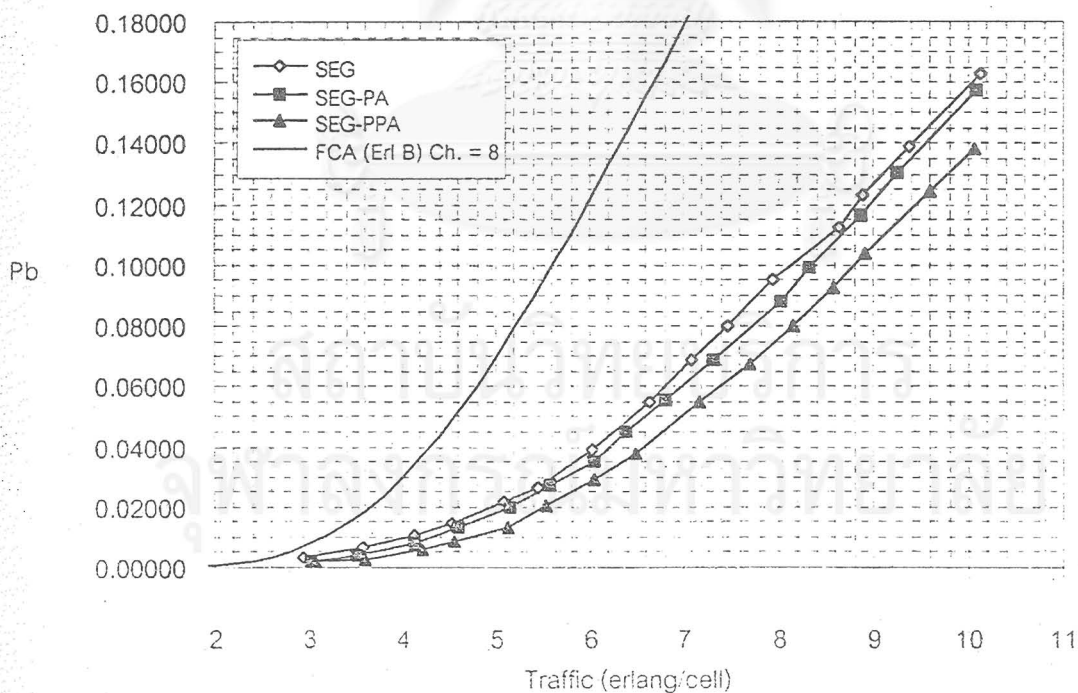
แบบจำลองที่ใช้เหมือนในหัวข้อ 4.2.1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

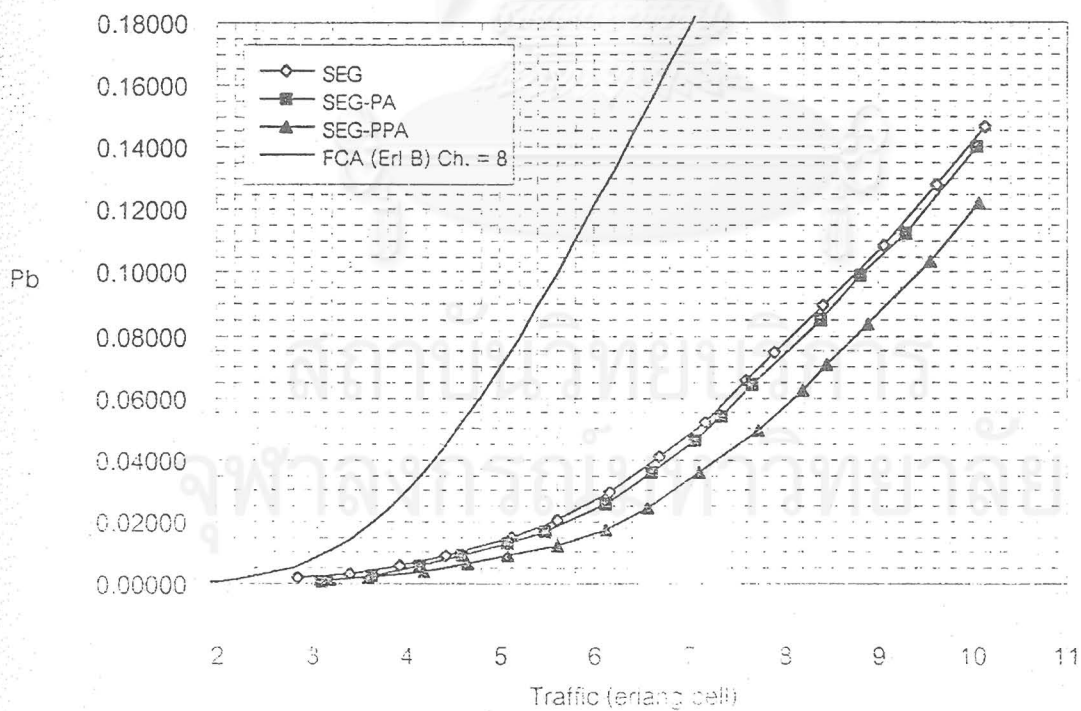
วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก
2.9426	0.00320	3.0110	0.00210	3.0705	0.00170
3.5805	0.00660	3.5200	0.00410	3.5895	0.00280
4.1296	0.01070	4.1200	0.00790	4.2202	0.00590
4.5324	0.01480	4.5890	0.01320	4.5600	0.00830
5.0850	0.02180	5.1102	0.02100	5.1328	0.01340
5.4408	0.02620	5.5040	0.02820	5.5312	0.02030
6.0315	0.03690	6.0400	0.03850	6.0507	0.02920
6.6304	0.05500	6.3900	0.04540	6.4904	0.03740
7.0850	0.06590	6.8124	0.05710	7.1717	0.05500
7.4604	0.08040	7.3113	0.06900	7.7105	0.06730
7.9319	0.09500	8.0310	0.08830	8.1586	0.08040
8.6280	0.11250	8.3250	0.09930	8.5687	0.09240
8.9000	0.12290	8.8631	0.11630	8.9210	0.10410
9.3933	0.13870	9.2659	0.13050	9.6000	0.12440
10.1250	0.16270	10.0800	0.15730	10.0700	0.13840



รูปที่ 4.5 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

ตารางที่ 4.6 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีทีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

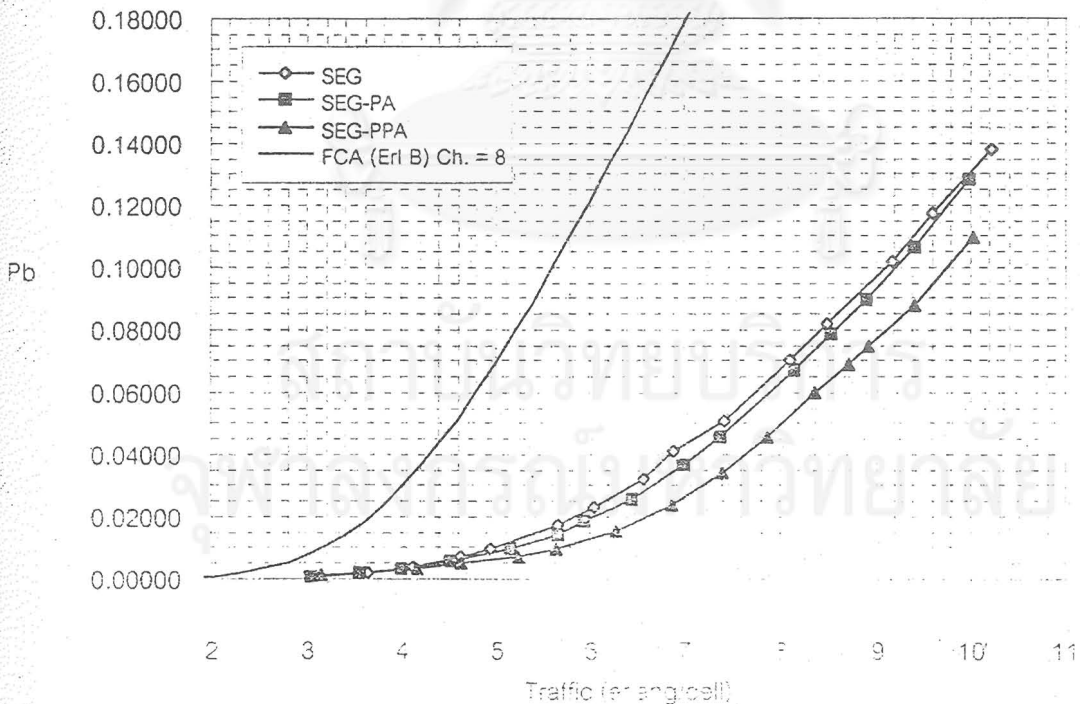
วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก
2.8450	0.00190	3.1010	0.00060	3.1806	0.00140
3.4005	0.00320	3.6402	0.00280	3.6000	0.00210
3.9251	0.00570	4.1410	0.00630	4.1914	0.00410
4.4182	0.00880	4.5930	0.00980	4.6479	0.00620
5.1123	0.01450	5.0806	0.01480	5.0806	0.00890
5.6005	0.02050	5.4850	0.01690	5.6000	0.01240
6.1708	0.02840	6.1200	0.02680	6.1099	0.01720
6.6900	0.04110	6.6090	0.03890	6.5708	0.02440
7.1802	0.05230	7.0811	0.04920	7.1230	0.03580
7.6105	0.06530	7.3584	0.05550	7.7214	0.04960
7.8923	0.07450	7.6598	0.06400	8.2000	0.06250
8.4100	0.08920	8.3800	0.08480	8.4500	0.07040
9.0760	0.10860	8.8210	0.09900	8.9009	0.08360
9.6170	0.12800	9.2920	0.11540	9.5600	0.10360
10.1400	0.14660	10.0500	0.14150	10.0666	0.12220



รูปที่ 4.6 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีทีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

ตารางที่ 4.7 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	กราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก
3.0801	0.00090	3.0402	0.00090	3.1524	0.00160
3.6205	0.00220	3.5500	0.00220	3.5500	0.00210
4.1210	0.00410	4.0000	0.00350	4.1644	0.00310
4.6242	0.00730	4.5210	0.00690	4.6233	0.00500
4.9407	0.00980	5.1509	0.01070	5.2410	0.00720
5.6710	0.01770	5.6675	0.01450	5.6400	0.01000
6.0500	0.02350	5.9406	0.01890	6.2696	0.01550
6.5715	0.03250	6.4412	0.02550	6.8800	0.02410
6.9000	0.04100	6.9900	0.03970	7.4000	0.03440
7.4221	0.05080	7.3715	0.04920	7.8730	0.04580
8.0900	0.06530	8.1413	0.06940	8.3600	0.06020
8.4737	0.07750	8.5300	0.08160	8.7221	0.06880
9.1700	0.09770	8.9000	0.09330	8.9198	0.07470
9.6062	0.11730	9.4118	0.10810	9.4221	0.08780
10.2090	0.13780	9.9900	0.13050	10.0300	0.10940

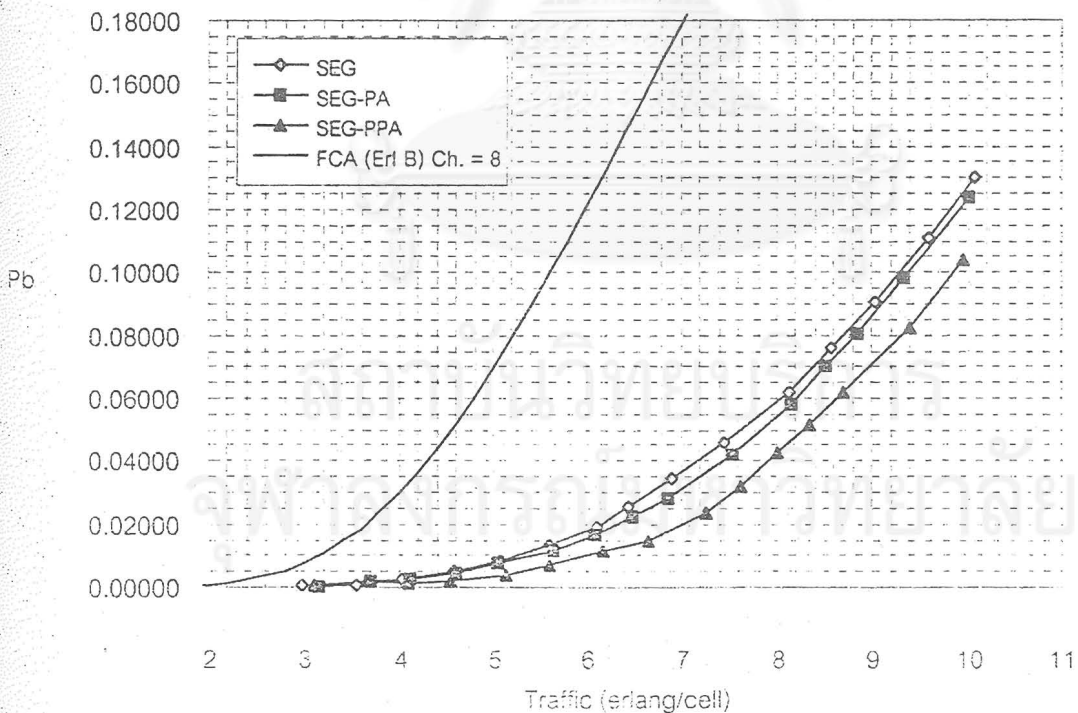


รูปที่ 4.7 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA
กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

ตารางที่ 4.8 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA

กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

วิธี SEG		วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการบล็อก
2.9810	0.00090	3.1400	0.00030	3.0930	0.00090
3.5495	0.00090	3.6900	0.00160	3.6600	0.00160
4.0310	0.00250	4.1102	0.00250	4.0880	0.00140
4.5687	0.00540	4.5900	0.00440	4.5300	0.00170
5.0600	0.00850	5.0500	0.00790	5.1205	0.00380
5.5990	0.01360	5.6323	0.01170	5.5900	0.00690
6.0890	0.01920	6.0769	0.01760	6.1700	0.01130
6.4320	0.02580	6.4802	0.02340	6.6489	0.01500
6.9100	0.03590	6.8678	0.03280	7.2500	0.02350
7.4430	0.04600	7.5301	0.04700	7.6110	0.03220
8.1234	0.06180	8.0800	0.06240	8.0000	0.04260
8.5800	0.07570	8.4999	0.07440	8.3400	0.05170
9.0303	0.09050	8.8400	0.08570	8.7000	0.06170
9.5800	0.11130	9.3406	0.10090	9.3889	0.08230
10.0730	0.13000	10.0100	0.12390	9.9409	0.10390



รูปที่ 4.8 อัตราการบล็อกวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA

กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

4.3 วิเคราะห์ผลอัตราการผลิต

โดยการคำนวณความจุที่เพิ่มขึ้นของปริมาณกราฟฟีก ซึ่งคิดเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตเท่ากับ 2 เปอร์เซนต์ และใช้การ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการที่อัตราการผลิต 2 เปอร์เซนต์

4.3.1 เปรียบเทียบความจุระหว่างกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ กับไม่สม่ำเสมอ

$$\text{ความจุที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{(T_{\text{Nonuniform}} - T_{\text{Uniform}})}{T_{\text{Uniform}}} \times 100 \quad (4.1)$$

โดยที่ $T_{\text{Nonuniform}}$ = ปริมาณกราฟฟีกที่รองรับได้ กรณีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

T_{Uniform} = ปริมาณกราฟฟีกที่รองรับได้ กรณีรูปแบบรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.9 ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐาน	ความจุที่เพิ่มขึ้น (%)
2	10.15%
3	10.40%
4	10.51%
5	13.35%
เฉลี่ย	11.10%

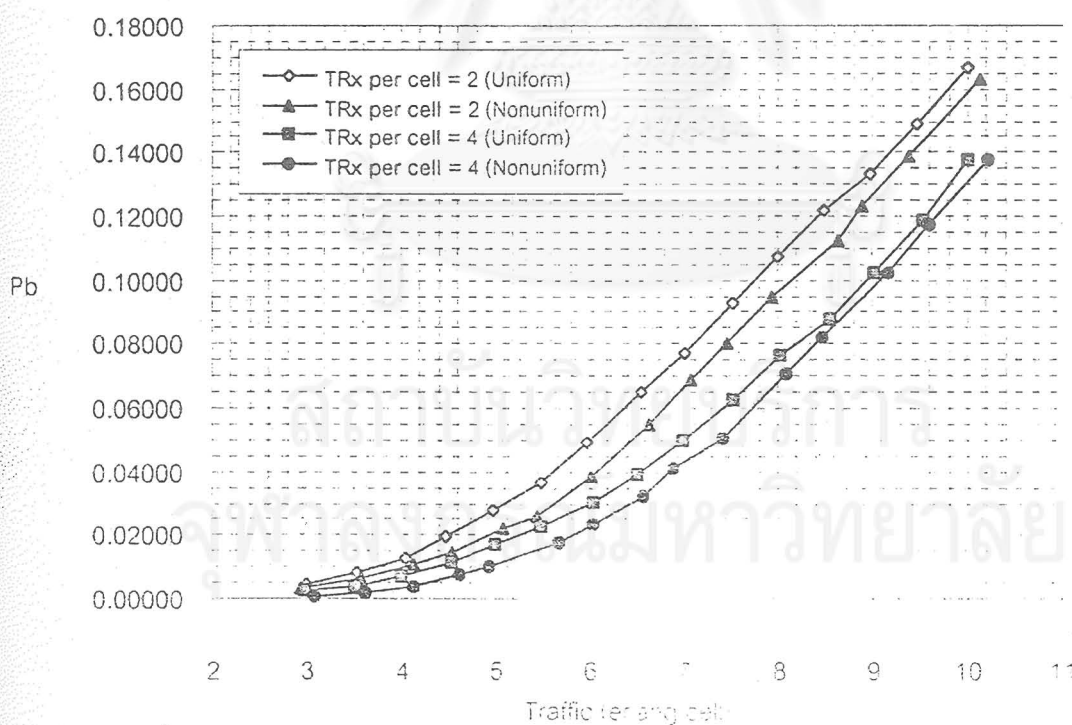
ตารางที่ 4.10 ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG-PA

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐาน	ความจุที่เพิ่มขึ้น (%)
2	9.22%
3	9.56%
4	10.87%
5	11.77%
เฉลี่ย	10.36%

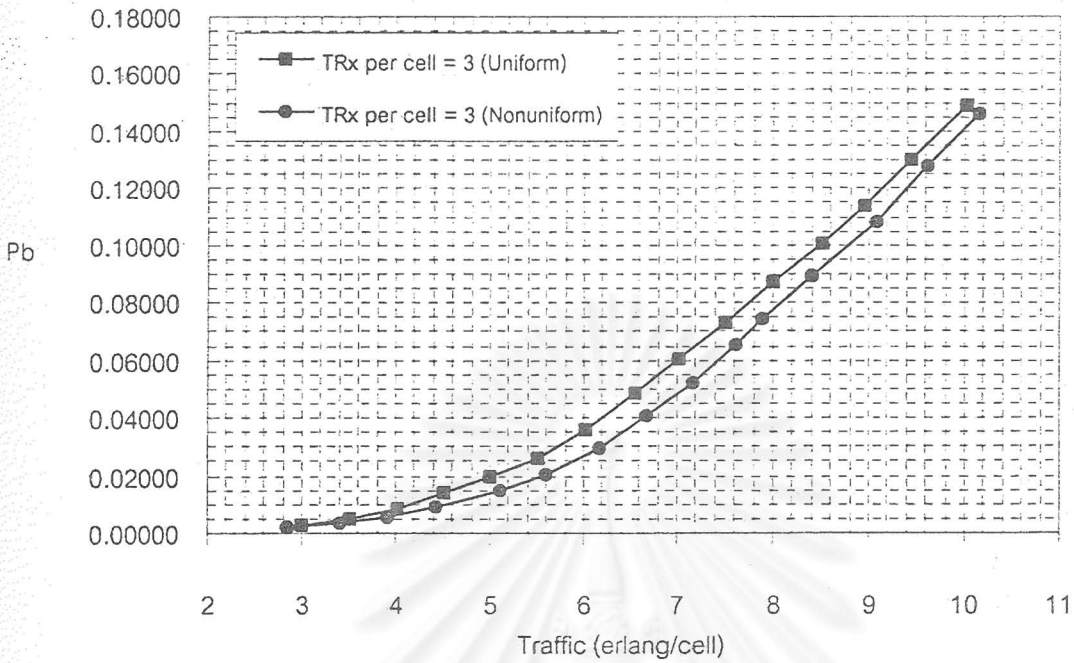
ตารางที่ 4.11 ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG-PPA

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน	ความจุที่เพิ่มขึ้น (%)
2	12.18%
3	13.63%
4	12.70%
5	15.95%
เฉลี่ย	13.62%

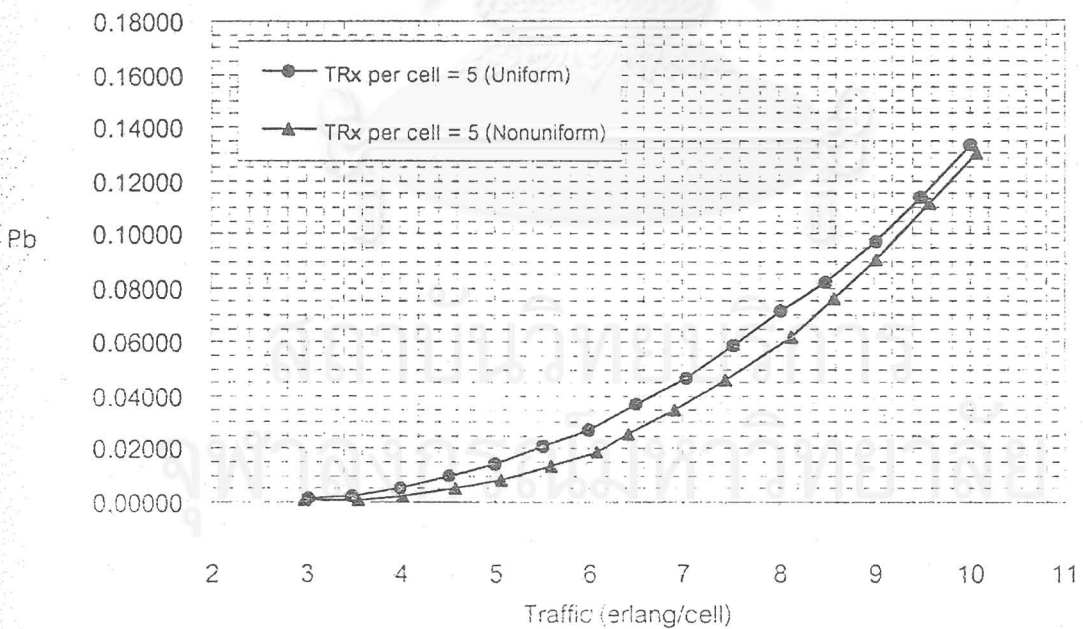
รายละเอียดการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่เพิ่มขึ้น แสดงอยู่ในตารางที่ ก.3, ก.4 และ ก.5 ของภาคผนวก จากตารางที่ 4.9 ถึงตารางที่ 4.11 ทั้ง 3 วิธี จะเห็นว่าความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 จะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 11.69 เปอร์เซ็นต์ เมื่อรูปแบบทราฟฟิกมีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะกรณี SEG-PPA ในตารางที่ 4.11 ความจุเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นถึง 13.62 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากว่ามีการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ซึ่งเป็น การช่วยเพิ่มช่องสัญญาณให้ว่างขึ้น



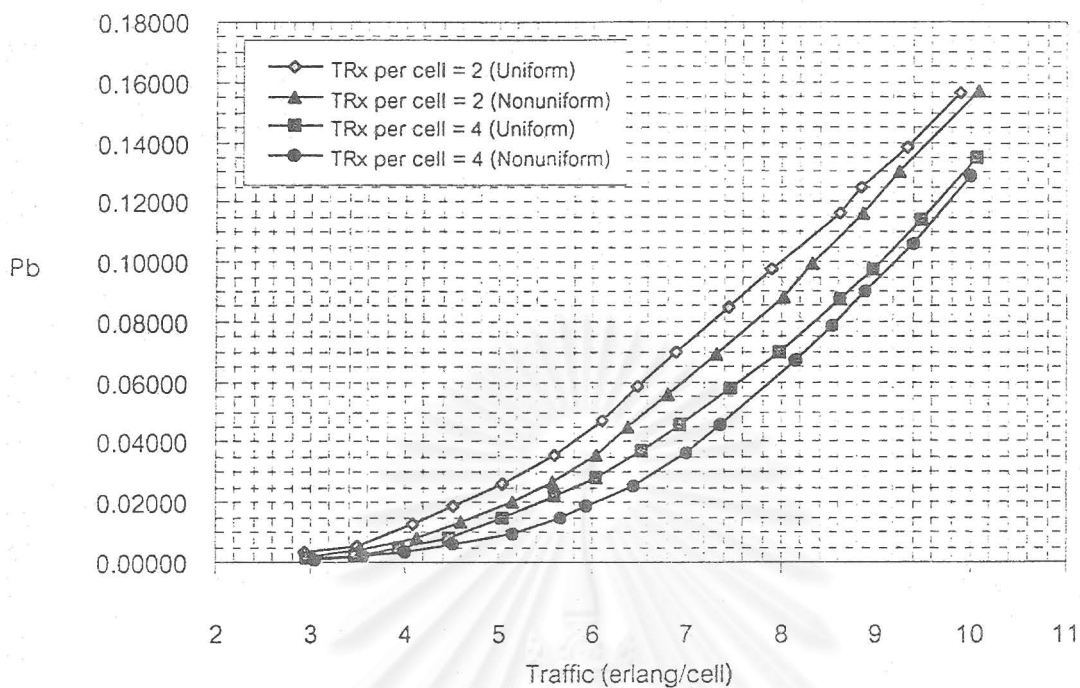
รูปที่ 4.9 อัตราการบล็อกวิธี SEG เปรียบเทียบกรณีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ กับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2 และ 4.



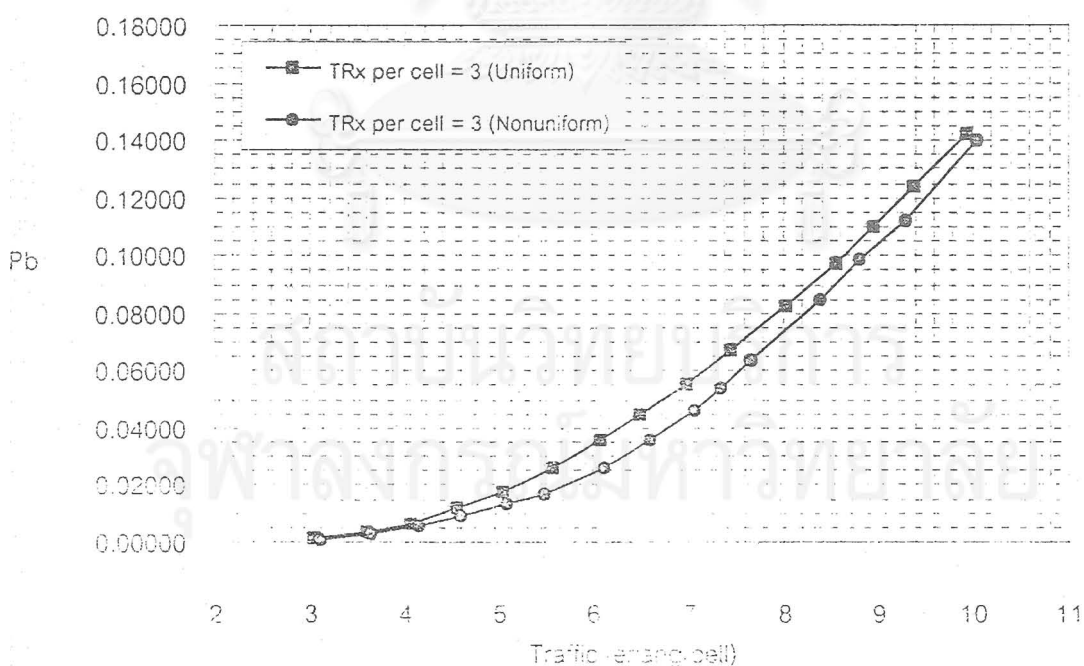
รูปที่ 4.10 อัตราการบล็อกวิธี SEG เปรียบเทียบกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ กับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



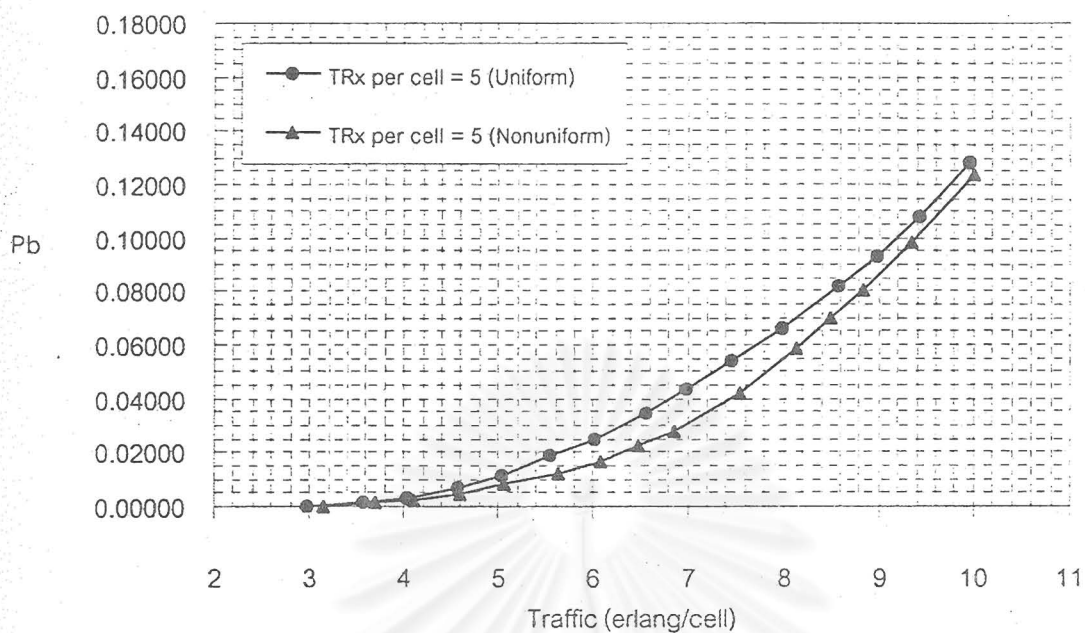
รูปที่ 4.11 อัตราการบล็อกวิธี SEG เปรียบเทียบกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ กับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



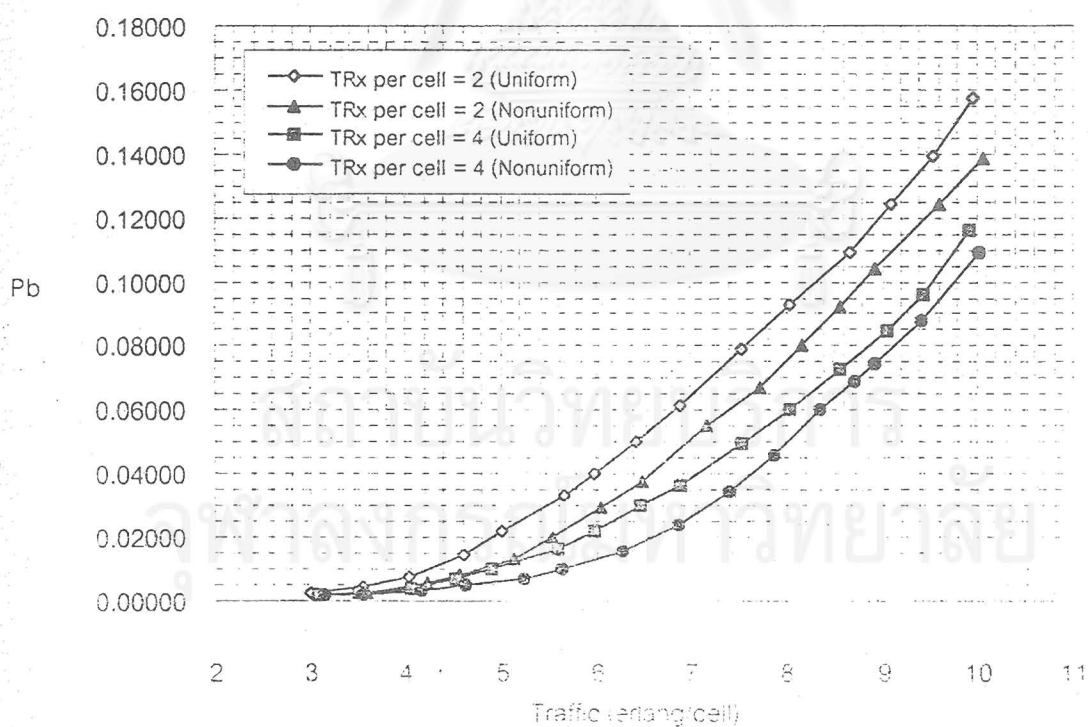
รูปที่ 4.12 อัตราการบล็อกวิธี SEG-PA เปรียบเทียบกรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอกับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2 และ 4



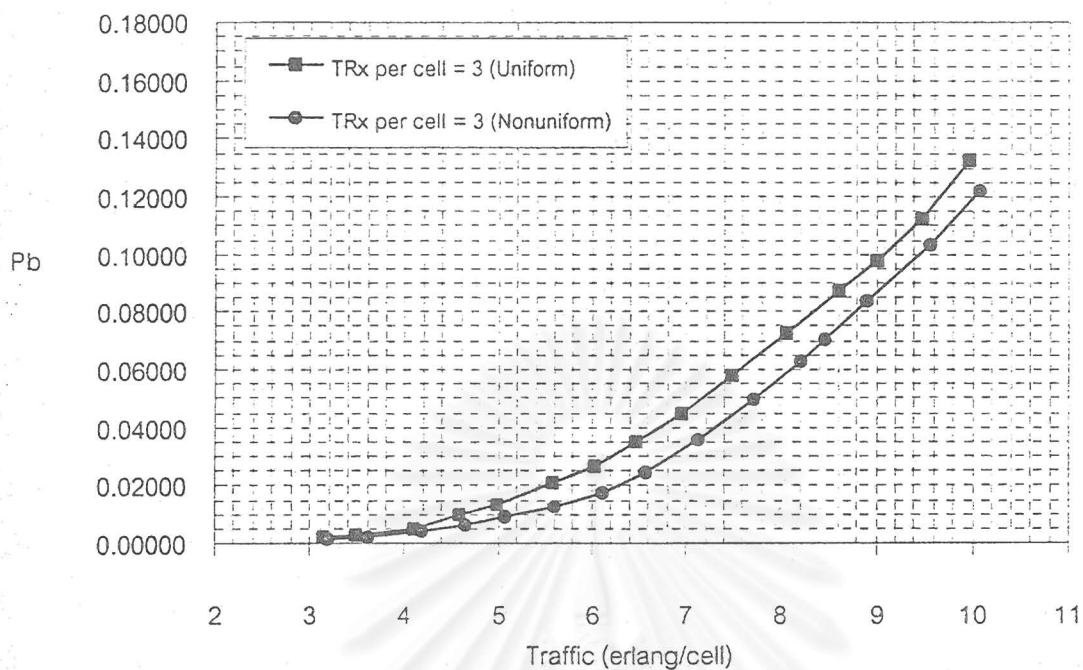
รูปที่ 4.13 อัตราการบล็อกวิธี SEG-PA เปรียบเทียบกรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอกับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



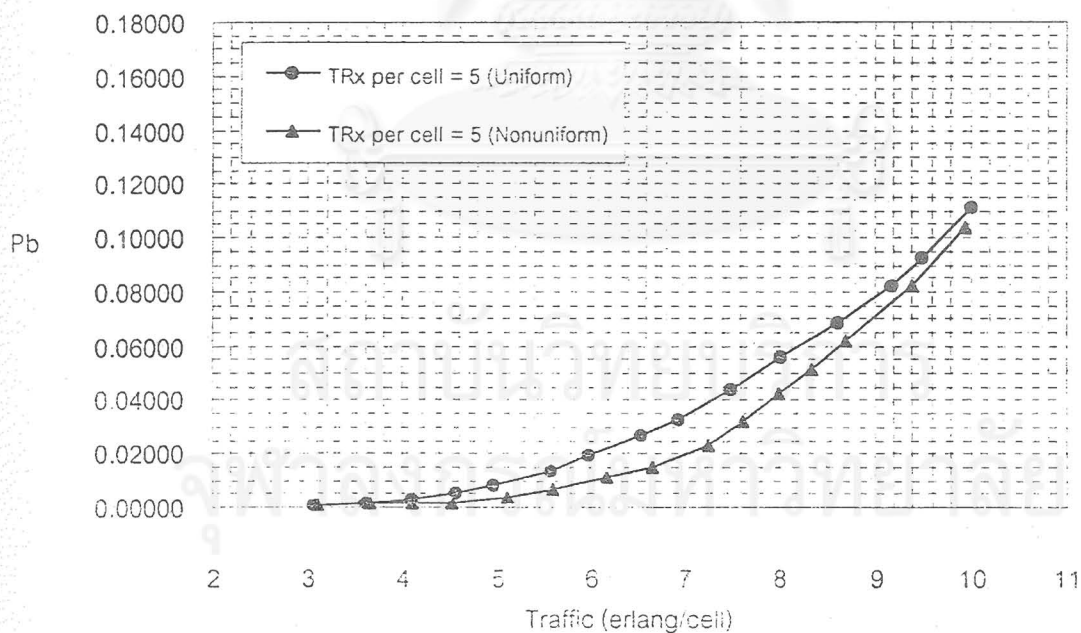
รูปที่ 4.14 อัตราการบล็อกวิธี SEG-PA เปรียบเทียบกรณีที่เป็นแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอกับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



รูปที่ 4.15 อัตราการบล็อกวิธี SEG-PPA เปรียบเทียบกรณีที่เป็นแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอกับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2 และ 4



รูปที่ 4.16 อัตราการบล็อกวิธี SEG-PPA เปรียบเทียบกรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอกับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



รูปที่ 4.17 อัตราการบล็อกวิธี SEG-PPA เปรียบเทียบกรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอกับแบบไม่สม่ำเสมอ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

จากตารางที่ 4.9 ถึงตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าค่าความจุจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยแล้ว ประมาณ 11.69 เปอร์เซ็นต์ แต่เป็นค่าความจุที่เพิ่มขึ้นที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาผลของจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน จะพบว่าเมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเพิ่มขึ้น เป็น 3 และ 4 ค่าความจุจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่เพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่เมื่อเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5 ค่าความจุจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก เหตุผลเนื่องจากว่าจำนวนคลื่นพาห์ที่เพิ่มขึ้นมานั้น มาช่วยรองรับปริมาณการเรียกที่เพิ่มขึ้นมาด้วย

จากรูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณทราฟฟิกเฉลี่ยของระบบที่มีค่าสูงขึ้นไป ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นมีเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง เหตุผลเนื่องจากว่าที่ปริมาณทราฟฟิกเฉลี่ยของระบบที่ค่าต่ำๆ โอกาสที่สถานีฐานที่มีปริมาณทราฟฟิกสูงๆ จะดึงช่องสัญญาณว่างจากสถานีฐานที่มีปริมาณทราฟฟิกน้อยๆมาใช้ ยังมีโอกาสมากอยู่ แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกเฉลี่ยของระบบมีค่าสูงขึ้นไป โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณว่างก็ยิ่งลดลง ทำให้ค่าความจุระหว่างกรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอเข้ากับแบบสม่ำเสมอ มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 เปรียบเทียบความจุระหว่างวิธี SEG กับวิธี SEG-PA

$$\text{ความจุที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{(T_{\text{SEG-PA}} - T_{\text{SEG}})}{T_{\text{SEG}}} \times 100 \quad (4.2)$$

โดยที่ $T_{\text{SEG-PA}}$ = ปริมาณทรายฟีกที่รองรับได้จากวิธี SEG-PA

T_{SEG} = ปริมาณทรายฟีกที่รองรับได้จากวิธี SEG

ตารางที่ 4.12 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PA

กรณีที่มีรูปแบบทรายฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐาน	ความจุที่เพิ่มขึ้น (%)
2	2.90%
3	3.02%
4	3.15%
5	3.29%
เฉลี่ย	3.09%

ตารางที่ 4.13 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PA

กรณีที่มีรูปแบบทรายฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐาน	ความจุที่เพิ่มขึ้น (%)
2	2.03%
3	2.23%
4	3.48%
5	1.56%
เฉลี่ย	2.33%

รายละเอียดการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่เพิ่มขึ้น แสดงอยู่ในตารางที่ ก.6 และ ก.7 ของภาคผนวก จากตารางที่ 4.12 และตารางที่ 4.13 จะเห็นว่าความจุที่เพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เฉลี่ยเท่ากับ 3.09 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่มีรูปแบบทรายฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ และเฉลี่ยเท่ากับ 2.33 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่มีรูปแบบทรายฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เหตุผลเนื่องมาจากวิธี SEG-PA ที่พิจารณาของสัญญาณเพียง 1 ของสัญญาณเท่านั้นว่าสามารถทำอินทราเซลล์ และ อินทราเซลล์ได้หรือไม่ ซึ่งโอกาสที่จะเกิดขึ้นน้อย

4.3.3 เปรียบเทียบความจุระหว่างวิธี SEG กับวิธี SEG-PPA

$$\text{ความจุที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{(T_{\text{SEG-PPA}} - T_{\text{SEG}})}{T_{\text{SEG}}} \times 100 \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } T_{\text{SEG-PPA}} &= \text{ปริมาณกราฟฟีกที่รองรับได้จากวิธี SEG-PPA} \\ T_{\text{SEG}} &= \text{ปริมาณกราฟฟีกที่รองรับได้จากวิธี SEG} \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.14 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐาน	ความจุที่เพิ่มขึ้น (%)
2	9.43%
3	9.91%
4	10.99%
5	11.67%
เฉลี่ย	10.50%

ตารางที่ 4.15 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี SEG กับ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐาน	ความจุที่เพิ่มขึ้น (%)
2	11.55%
3	13.12%
4	13.19%
5	14.22%
เฉลี่ย	13.02%

รายละเอียดการคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่เพิ่มขึ้น แสดงอยู่ในตารางที่ ก.8 และ ก.9 ของภาคผนวก จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่าความจุที่เพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 จะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 10.50 เปอร์เซ็นต์ในกรณีที่รูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ และในตารางที่ 4.15 ในกรณีที่รูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ เปอร์เซ็นต์ความจุจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 13.02 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลเนื่องจากวิธี SEG-PPA พิจารณา

ข้อสังเกตทุกข้อสังเกตว่า สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้หรือไม่ ทำให้โอกาสที่สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์มีมากกว่าวิธี SEG-PA ที่พิจารณาเพียง 1 ข้อสังเกตเท่านั้น

พิจารณาผลของจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน จะเห็นว่าค่าความจุจะเพิ่มขึ้นมากขึ้น เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเพิ่มมากขึ้นเป็น 3, 4 และ 5 ตามลำดับ เหตุผลเหมือนที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.3.1

4.3.4 เปรียบเทียบความจุระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA

$$\text{ความจุที่เพิ่มขึ้น (\%)} = \frac{(T_{\text{SEG-XXX}} - T_{\text{FCA}})}{T_{\text{FCA}}} \times 100 \quad (4.4)$$

โดยที่ $T_{\text{SEG-XXX}}$ = ปริมาณทราฟฟิกที่รองรับได้จากวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA ที่อัตราการใช้เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยการ interpolate

T_{FCA} = ปริมาณทราฟฟิกที่รองรับได้จากวิธี FCA โดยคำนวณจากสมการ Erlang B (สมการที่(2.1)) เมื่อจำนวนข้อสังเกตต่อสถานีฐานเท่ากับ 8 และอัตราการใช้เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าเท่ากับ 3.64839 เออร์แลง

ตารางที่ 4.16 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG

กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน	ปริมาณทราฟฟิกขอบริการของวิธี SEG ที่อัตราการใช้เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ (เออร์แลง)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธี FCA (%)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานขึ้น 1 คลื่นพาห์ (%)
2	4.487632	23.00%	
3	5.035860	38.03%	15.03%
4	5.267558	44.38%	6.35%
5	5.408383	48.24%	3.86%
	เฉลี่ย		8.41%

ตารางที่ 4.17 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG-PA

กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐาน	ปริมาณกราฟฟิกขอบริการของ วิธี SEG ที่อัตราการบล็อก เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ (เออร์แลง)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เทียบกับวิธี FCA (%)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เพิ่มจำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐานชั้น 1 คลื่นพาท (%)
2	4.617581	26.56%	
3	5.187781	42.19%	15.63%
4	5.433488	48.93%	6.74%
5	5.586200	53.11%	4.18%
	เฉลี่ย		8.85%

ตารางที่ 4.18 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG-PPA

กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐาน	ปริมาณกราฟฟิกขอบริการของ วิธี SEG ที่อัตราการบล็อก เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ (เออร์แลง)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เทียบกับวิธี FCA (%)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เพิ่มจำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐานชั้น 1 คลื่นพาท (%)
2	4.910678	34.60%	
3	5.534914	51.71%	17.11%
4	5.846416	60.25%	8.54%
5	6.039489	65.54%	5.29%
	เฉลี่ย		10.31%

ตารางที่ 4.19 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG
กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐาน	ปริมาณกราฟฟีกขอบริการของ วิธี SEG ที่อัตราการใช้ เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ (เออร์แลง)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เทียบกับวิธี FCA (%)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เพิ่มจำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐานชั้น 1 คลื่นพาท (%)
2	4.942903	35.48%	
3	5.559817	52.39%	16.91%
4	5.821293	59.56%	7.17%
5	6.130576	68.04%	8.48%
	เฉลี่ย		10.85%

ตารางที่ 4.20 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG-PA
กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐาน	ปริมาณกราฟฟีกขอบริการของ วิธี SEG ที่อัตราการใช้ เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ (เออร์แลง)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เทียบกับวิธี FCA (%)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เพิ่มจำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐานชั้น 1 คลื่นพาท (%)
2	5.013379	37.41%	
3	5.683838	55.79%	19.38%
4	6.024033	65.11%	9.32%
5	6.226197	70.66%	5.55%
	เฉลี่ย		11.42%

ตารางที่ 4.21 ความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG-PPA
กรณีทีรูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐาน	ปริมาณกราฟฟิกขอบริการของ วิธี SEG ที่อัตราการบล็อก เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ (เออร์แลง)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เทียบกับวิธี FCA (%)	ความจุที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เพิ่มจำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐานขึ้น 1 คลื่นพาท (%)
2	5.513878	51.13%	
3	6.289139	72.38%	21.25%
4	6.588995	80.60%	8.22%
5	7.002488	91.93%	11.33%
	เฉลี่ย		13.60%

ตารางที่ 4.22 สรุปร้อยเซ็นต์ความจุที่เพิ่มขึ้น

จำนวนคลื่นพาท ต่อสถานีฐาน ระหว่าง	กรณีทีรูปแบบกราฟฟิกกระจาย แบบสม่ำเสมอ			กรณีทีรูปแบบกราฟฟิกกระจาย แบบไม่สม่ำเสมอ			เฉลี่ย
	SEG	SEG-PA	SEG-PPA	SEG	SEG-PA	SEG-PPA	
2 กับ 3	15.03%	15.63%	17.11%	16.91%	19.38%	21.25%	17.55%
3 กับ 4	6.35%	6.74%	8.54%	7.17%	9.32%	8.22%	7.72%
4 กับ 5	3.86%	4.18%	5.29%	8.48%	5.55%	11.33%	6.45%
เฉลี่ย	8.41%	8.85%	10.31%	10.85%	11.42%	13.60%	10.57%

จากตารางที่ 4.16 ถึงตารางที่ 4.21 จะเห็นว่าความจุของทั้ง 3 วิธีเพิ่มขึ้นจากวิธี FCA โดยเมื่อจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นจะมากขึ้นทั้งในกรณีทีรูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ

ถ้าพิจารณาผลของจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐาน ในตารางที่ 4.22 จะเห็นว่าเมื่อจำนวนคลื่นพาทต่อสถานีฐานเพิ่มจาก 2 เป็น 3 ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยทั้งกรณีทีรูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอเท่ากับ 17.55 เปอร์เซ็นต์ เมื่อจำนวนคลื่นพาทต่อ

สถานีฐานเพิ่มจาก 3 เป็น 4 ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 7.72 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเพิ่มจาก 4 เป็น 5 ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 6.45 เปอร์เซ็นต์ หรือเมื่อเราเฉลี่ยค่าที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด จะได้เท่ากับ 10.57 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าถ้าเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานขึ้นมา 1 คลื่นพาห์ ค่าความจุเมื่อเทียบกับวิธี FCA จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10.57 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ

ในความเป็นจริงแล้วจะเห็นว่าค่าความจุที่เพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเพิ่มจาก 2 เป็น 3 เพิ่มจาก 3 เป็น 4 หรือเพิ่มจาก 4 เป็น 5 จะมีค่าความจุที่เพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน กรณีที่เพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานจาก 3 เป็น 4 จะให้ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรณีที่เพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานจาก 2 เป็น 3 หรือกรณีที่เพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานจาก 4 เป็น 5 ก็จะทำให้ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรณีที่เพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานจาก 3 เป็น 4 เหตุผลเนื่องจากว่าเมื่อเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานถึงจุดๆหนึ่ง ผลของจำนวนคลื่นพาห์ที่เพิ่มขึ้น ไม่ได้ช่วยเพิ่มโอกาสในการรองรับการเรียกที่เกิดขึ้นมากนัก เนื่องจากจำนวนคลื่นพาห์ในระบบมีจำกัด

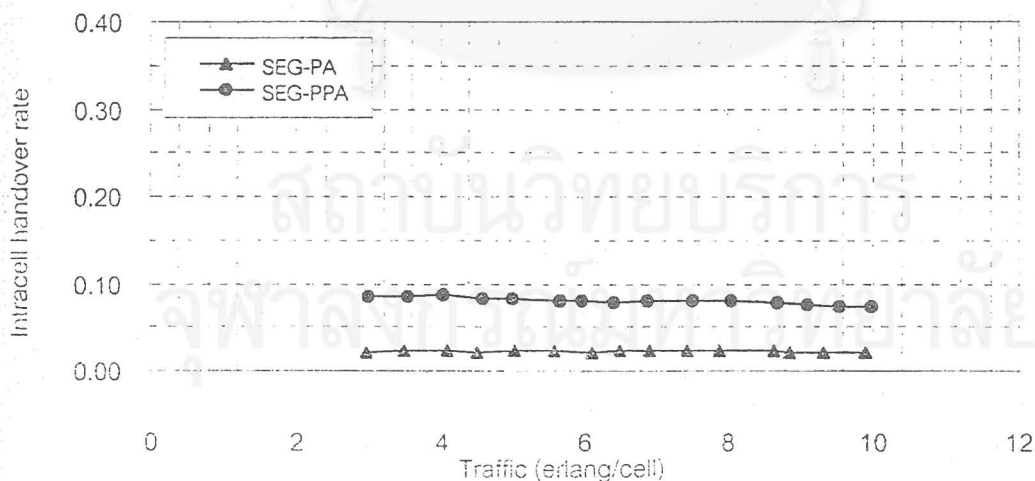
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 ผลการจำลองแบบอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์

4.4.1 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.23 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

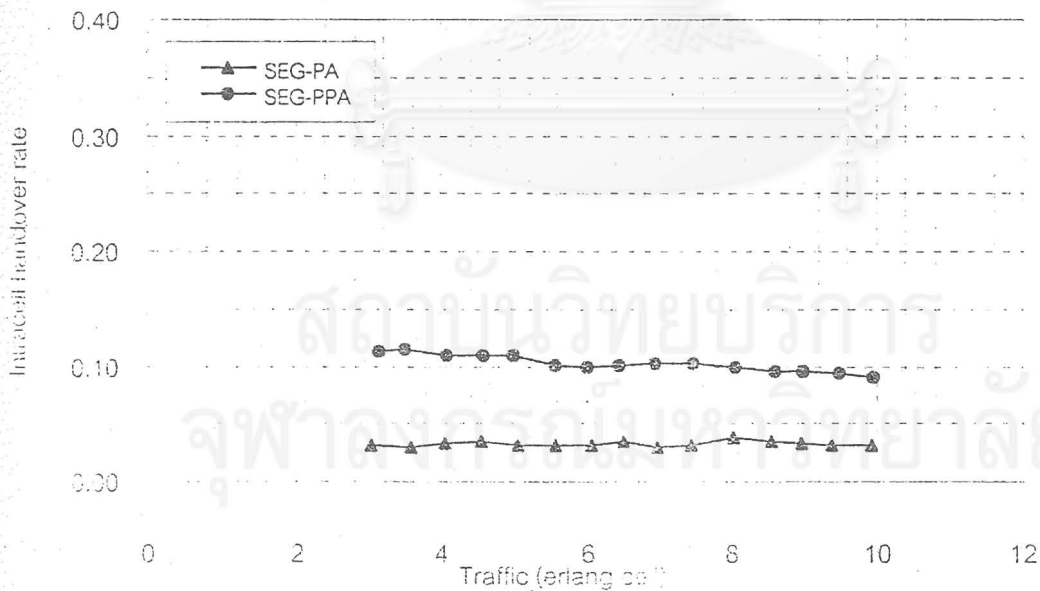
วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
2.9461	0.0202	2.9911	0.0846
3.4810	0.0235	3.5356	0.0853
4.0937	0.0220	4.0401	0.0882
4.5201	0.0218	4.6020	0.0831
5.0400	0.0219	5.0117	0.0825
5.5917	0.0220	5.6695	0.0799
6.1140	0.0217	5.9805	0.0810
6.4930	0.0221	6.4260	0.0785
6.9000	0.0223	6.8821	0.0813
7.4410	0.0227	7.5213	0.0804
7.8898	0.0226	8.0419	0.0800
8.6211	0.0220	8.6700	0.0787
8.8578	0.0208	9.1002	0.0765
9.3300	0.0199	9.5319	0.0744
9.8909	0.0203	9.9705	0.0730



รูปที่ 4.18 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

ตารางที่ 4.24 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

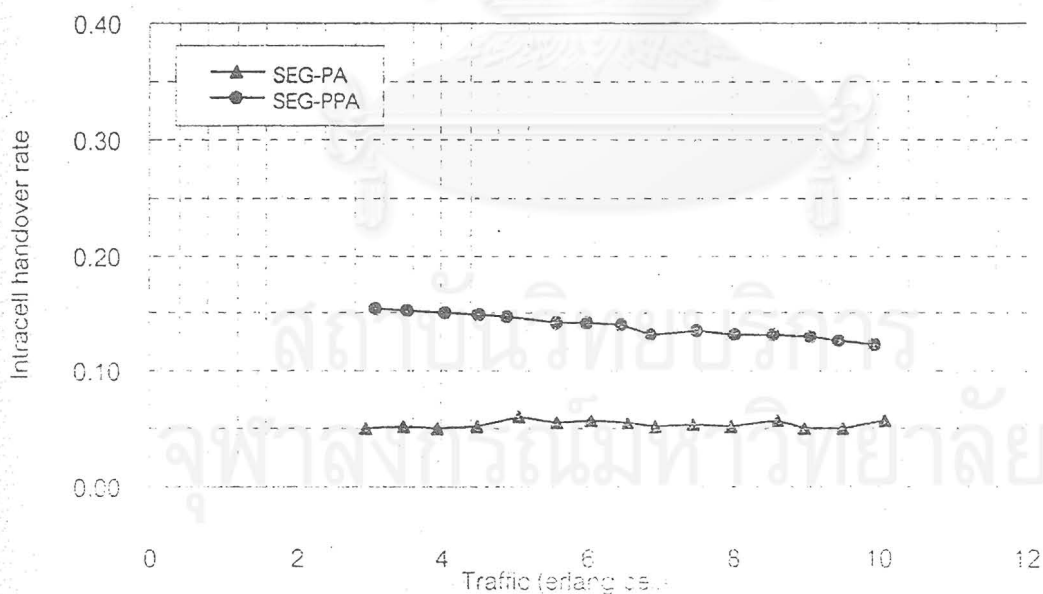
วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
3.0418	0.0315	3.1456	0.1123
3.5885	0.0303	3.4908	0.1149
4.0600	0.0330	4.0900	0.1087
4.5516	0.0350	4.5822	0.1090
5.0399	0.0311	4.9854	0.1103
5.5607	0.0321	5.5834	0.1005
6.0800	0.0316	6.0208	0.0985
6.5005	0.0350	6.4675	0.1014
6.9800	0.0295	6.9515	0.1023
7.4502	0.0310	7.4851	0.1030
8.0200	0.0380	8.0500	0.0987
8.5600	0.0340	8.5974	0.0956
8.9558	0.0322	9.0033	0.0958
9.3930	0.0316	9.4809	0.0946
9.9400	0.0308	9.9723	0.0913



รูปที่ 4.19 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

ตารางที่ 4.25 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

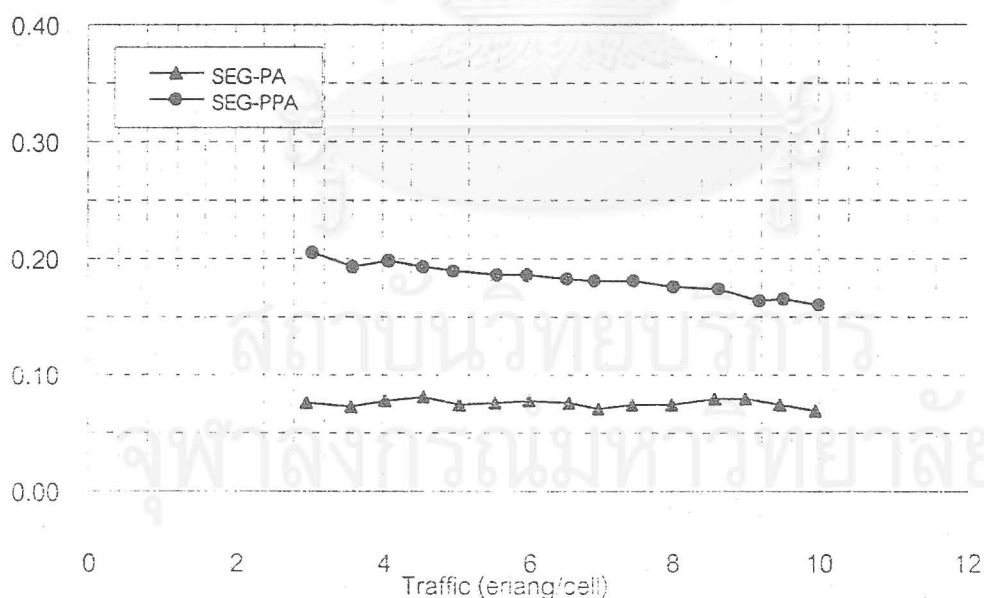
วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
2.9506	0.0498	3.0698	0.1546
3.4640	0.0525	3.5132	0.1532
3.9400	0.0500	4.0454	0.1504
4.4760	0.0518	4.5121	0.1493
5.0512	0.0605	4.8998	0.1476
5.5909	0.0555	5.5977	0.1422
6.0485	0.0573	5.9915	0.1417
6.5409	0.0546	6.4670	0.1403
6.9411	0.0528	6.8915	0.1308
7.4700	0.0537	7.5235	0.1346
7.9800	0.0519	8.0363	0.1323
8.6248	0.0564	8.5618	0.1309
8.9707	0.0508	9.0485	0.1295
9.4902	0.0509	9.4287	0.1257
10.0600	0.0577	9.9253	0.1233



รูปที่ 4.20 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

ตารางที่ 4.26 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
2.9708	0.0765	3.0570	0.2046
3.5660	0.0723	3.6008	0.1938
4.0400	0.0781	4.0873	0.1978
4.5620	0.0802	4.5619	0.1923
5.0409	0.0744	4.9699	0.1900
5.5500	0.0765	5.5836	0.1867
6.0206	0.0777	5.9844	0.1864
6.5691	0.0759	6.5284	0.1834
6.9800	0.0707	6.9318	0.1811
7.4503	0.0738	7.4769	0.1802
7.9776	0.0746	8.0100	0.1753
8.5760	0.0785	8.6100	0.1740
8.9765	0.0786	9.1708	0.1639
9.4384	0.0738	9.4959	0.1655
9.9500	0.0689	10.0050	0.1597

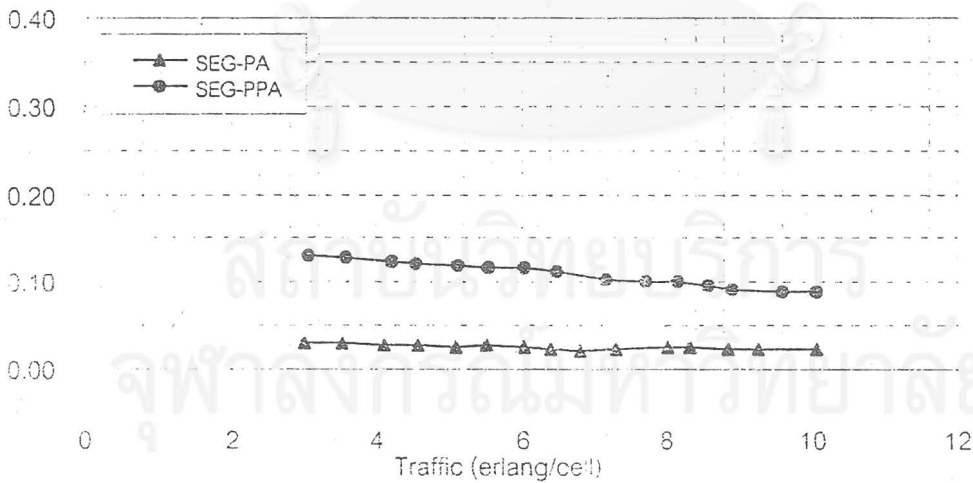


รูปที่ 4.21 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

4.4.2 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.27 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

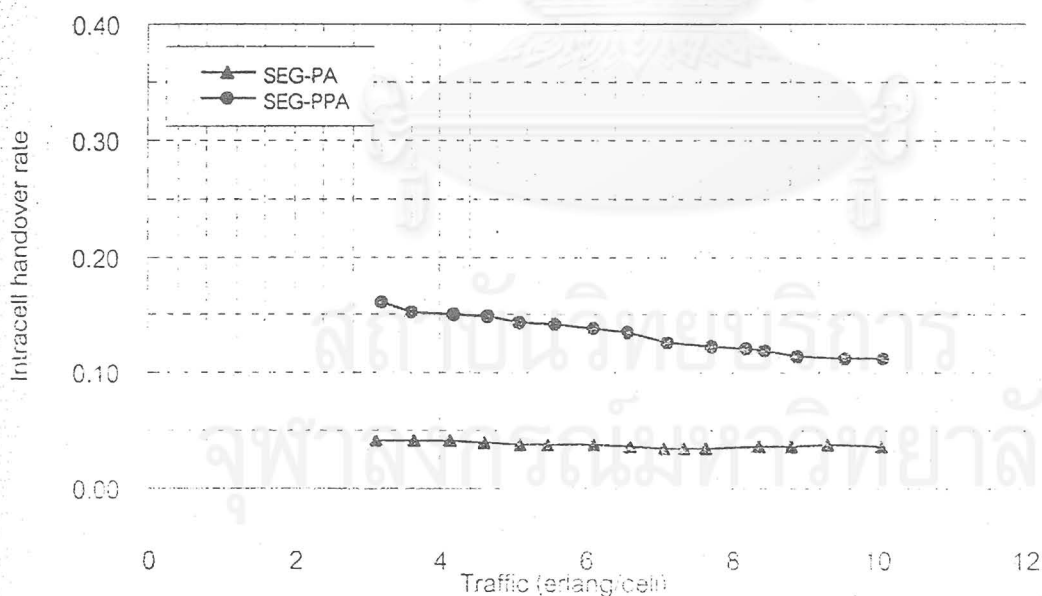
วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
3.0110	0.0296	3.0705	0.1308
3.5200	0.0305	3.5895	0.1279
4.1200	0.0282	4.2202	0.1227
4.5890	0.0274	4.5600	0.1212
5.1102	0.0246	5.1328	0.1196
5.5040	0.0282	5.5312	0.1176
6.0400	0.0253	6.0507	0.1164
6.3900	0.0236	6.4904	0.1126
6.8124	0.0215	7.1717	0.1024
7.3113	0.0235	7.7105	0.1011
8.0310	0.0256	8.1586	0.1008
8.3250	0.0247	8.5687	0.0954
8.8631	0.0219	8.9210	0.0909
9.2659	0.0234	9.6000	0.0887
10.0800	0.0233	10.0700	0.0898



รูปที่ 4.22 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่มีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

ตารางที่ 4.28 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

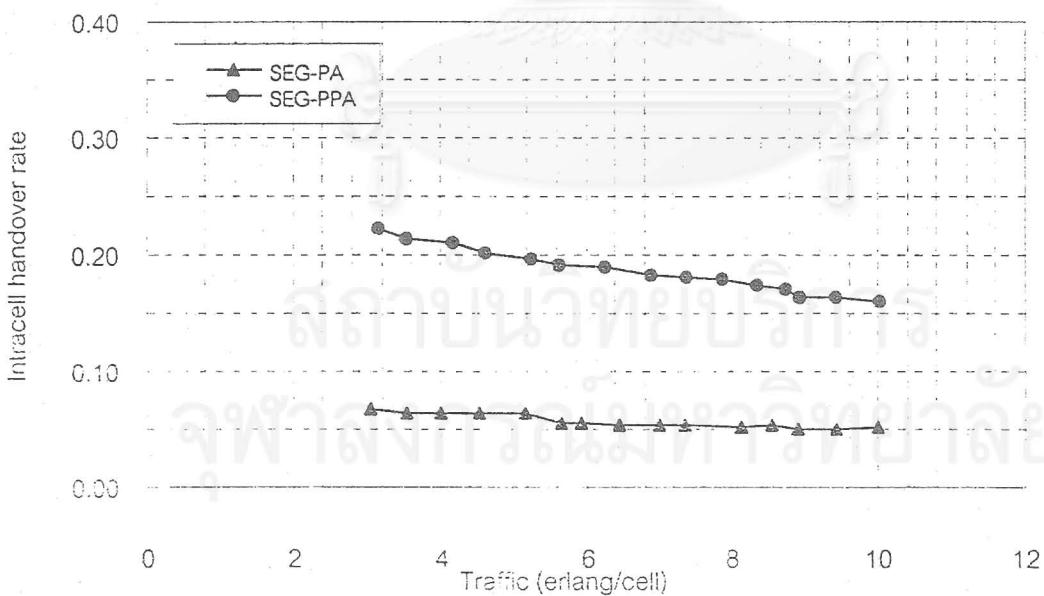
วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
3.1010	0.0418	3.1806	0.1616
3.6402	0.0420	3.6000	0.1516
4.1410	0.0407	4.1914	0.1507
4.5930	0.0398	4.6479	0.1488
5.0806	0.0378	5.0806	0.1432
5.4850	0.0386	5.6000	0.1420
6.1200	0.0377	6.1099	0.1391
6.6090	0.0364	6.5708	0.1351
7.0811	0.0351	7.1230	0.1267
7.3584	0.0346	7.7214	0.1222
7.6598	0.0339	8.2000	0.1218
8.3800	0.0365	8.4500	0.1198
8.8210	0.0356	8.9009	0.1140
9.2920	0.0386	9.5600	0.1126
10.0500	0.0357	10.0666	0.1131



รูปที่ 4.23 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

ตารางที่ 4.29 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

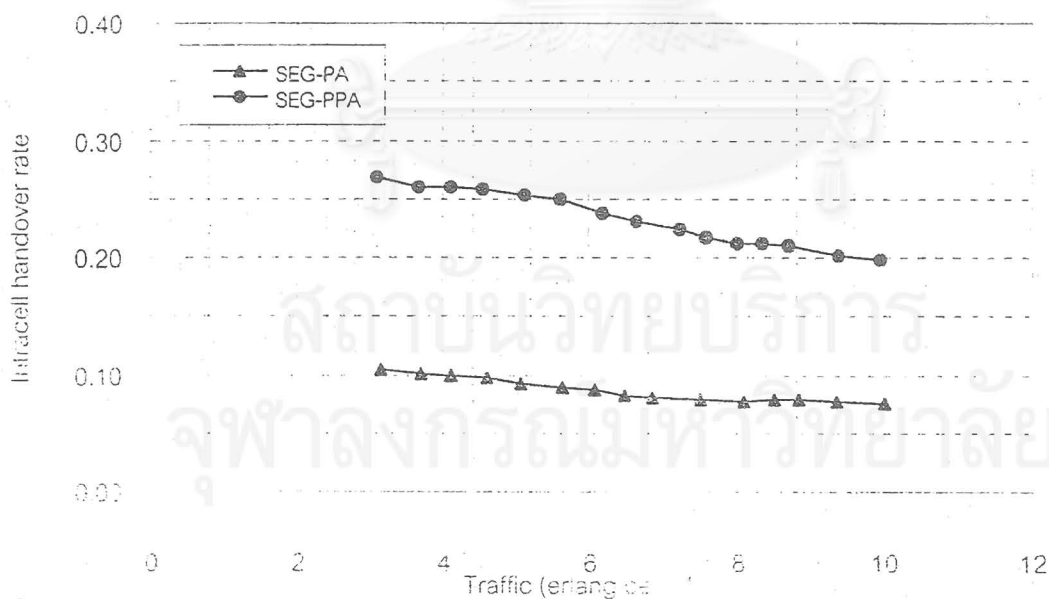
วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
3.0402	0.0666	3.1524	0.2232
3.5500	0.0645	3.5500	0.2146
4.0000	0.0630	4.1644	0.2098
4.5210	0.0635	4.6233	0.2011
5.1509	0.0638	5.2410	0.1964
5.6675	0.0560	5.6400	0.1922
5.9406	0.0558	6.2696	0.1898
6.4412	0.0539	6.8800	0.1836
6.9900	0.0533	7.4000	0.1804
7.3715	0.0540	7.8730	0.1789
8.1413	0.0521	8.3600	0.1742
8.5300	0.0527	8.7221	0.1707
8.9000	0.0504	8.9198	0.1646
9.4118	0.0498	9.4221	0.1630
9.9900	0.0512	10.0300	0.1601



รูปที่ 4.24 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

ตารางที่ 4.30 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

วิธี SEG-PA		วิธี SEG-PPA	
ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์	ทราฟฟิกขอบริการ	อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์
3.1400	0.1050	3.0930	0.2678
3.6900	0.1004	3.6600	0.2598
4.1102	0.0987	4.0880	0.2604
4.5900	0.0978	4.5300	0.2577
5.0500	0.0923	5.1205	0.2530
5.6323	0.0894	5.5900	0.2497
6.0769	0.0865	6.1700	0.2380
6.4802	0.0823	6.6489	0.2311
6.8678	0.0803	7.2500	0.2246
7.5301	0.0788	7.6110	0.2176
8.0800	0.0776	8.0000	0.2115
8.4999	0.0784	8.3400	0.2123
8.8400	0.0779	8.7000	0.2109
9.3406	0.0769	9.3889	0.2009
10.0100	0.0753	9.9409	0.1978



รูปที่ 4.25 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

4.5 วิเคราะห์ผลอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์

เนื่องจากวิธี SEG-PA จะพิจารณาช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว ในการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ซึ่งโอกาสที่จะสามารถอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้สำเร็จมีโอกาสน้อย ดังนั้นอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA จึงมีค่าน้อย ในรูปที่ 4.18 ถึง 4.21 กรณีสี่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ จะเห็นว่าอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์จะมีค่าคงที่อยู่ที่ประมาณ 2, 3, 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

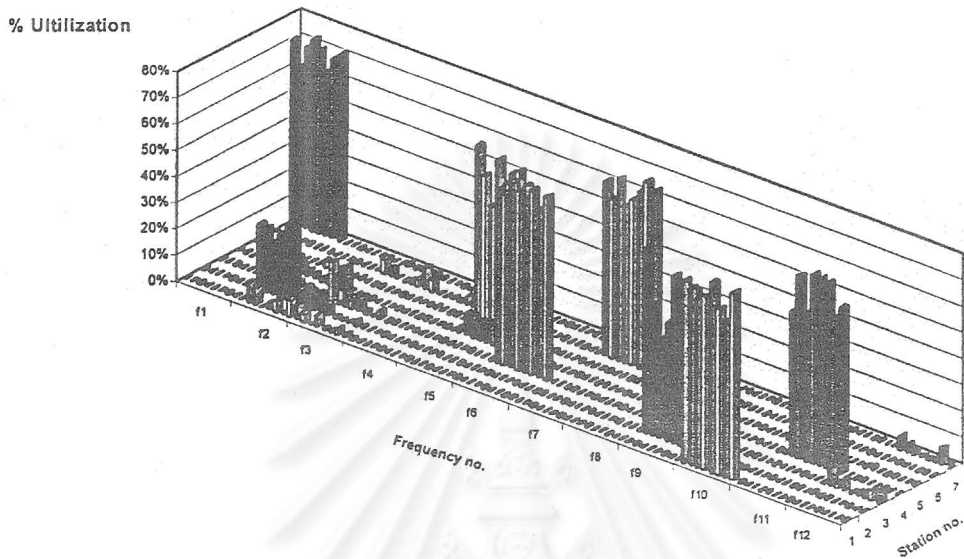
สำหรับวิธี SEG-PPA ซึ่งไม่จำกัดจำนวนช่องสัญญาณที่จะทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ทำให้อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์สูงกว่าวิธี SEG-PA ในรูปที่ 4.18 ถึง 4.21 จะเห็นว่าอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของกรณีสี่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ จะมีค่าประมาณ 8, 10, 13 และ 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA ถึง 2-3 เท่า

ในรูปที่ 4.22 ถึง 4.25 กรณีสี่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ จะพบว่าอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ที่กราฟฟิกเฉลี่ยของระบบมีค่าต่ำๆ จะมีอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ที่สูงกว่า ที่กราฟฟิกเฉลี่ยของระบบที่ค่าสูงๆ เหตุผลเนื่องจากว่าที่ปริมาณกราฟฟิกเฉลี่ยของระบบที่ค่าต่ำๆ โอกาสที่สถานีฐานที่มีปริมาณกราฟฟิกสูงๆ จะดึงช่องสัญญาณโดยการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ จากสถานีฐานที่มีปริมาณกราฟฟิกน้อยๆมาใช้ ยังมีโอกาสมากอยู่ แต่เมื่อปริมาณกราฟฟิกเฉลี่ยของระบบมีค่าสูงขึ้น โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณว่างก็ยิ่งลดลง จึงไม่สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้ ทำให้อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ลดลง มีค่าใกล้เคียงกับอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์กรณีสี่รูปแบบกราฟฟิกที่กระจายแบบสม่ำเสมอ

ในกรณีสี่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PPA จะมีลักษณะคล้ายกับวิธี SEG-PA คือจะมีอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์สูง ที่กราฟฟิกเฉลี่ยของระบบมีค่าต่ำๆ เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้ว จากรูปที่ 4.22 ถึง 4.25 อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์เมื่อจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4 และ 5 จะมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากสถานีฐานไม่ถูกจำกัดด้วยช่องสัญญาณ จึงสามารถรองรับคลื่นพาห์ที่ไต่จากการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้อย่างเต็มที่

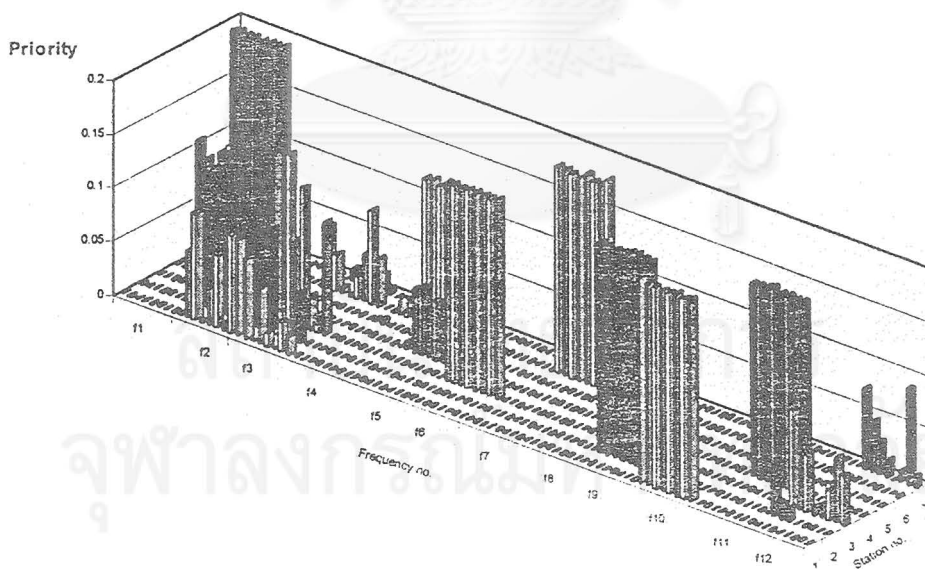
4.6 ผลการจำลองแบบค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญ

4.6.1 ค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญของวิธี SEG



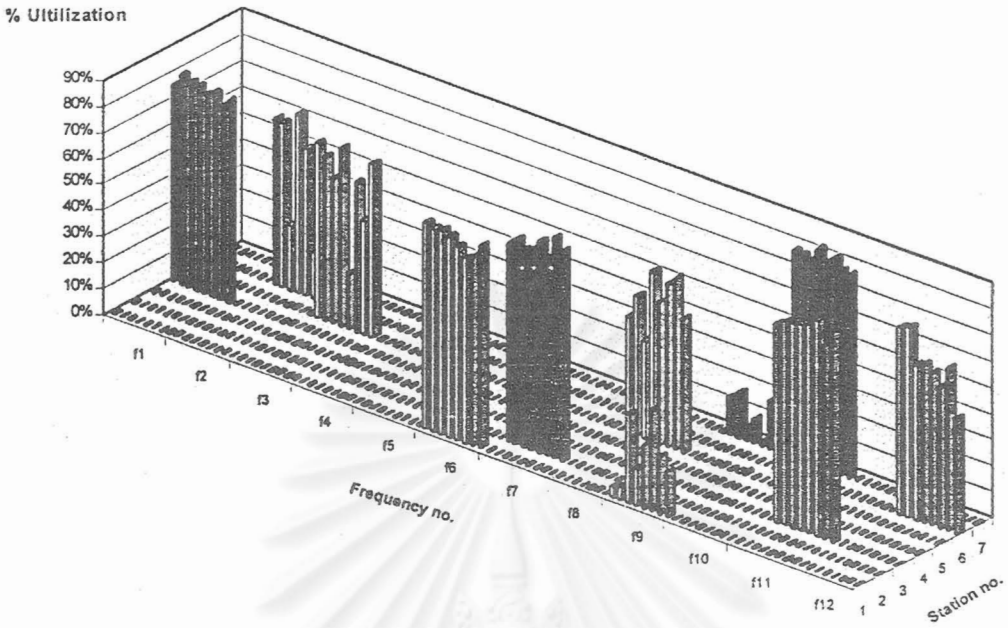
รูปที่ 4.26 ค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณวิธี SEG

กรณีที่มีรูปแบบกราฟที่กระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

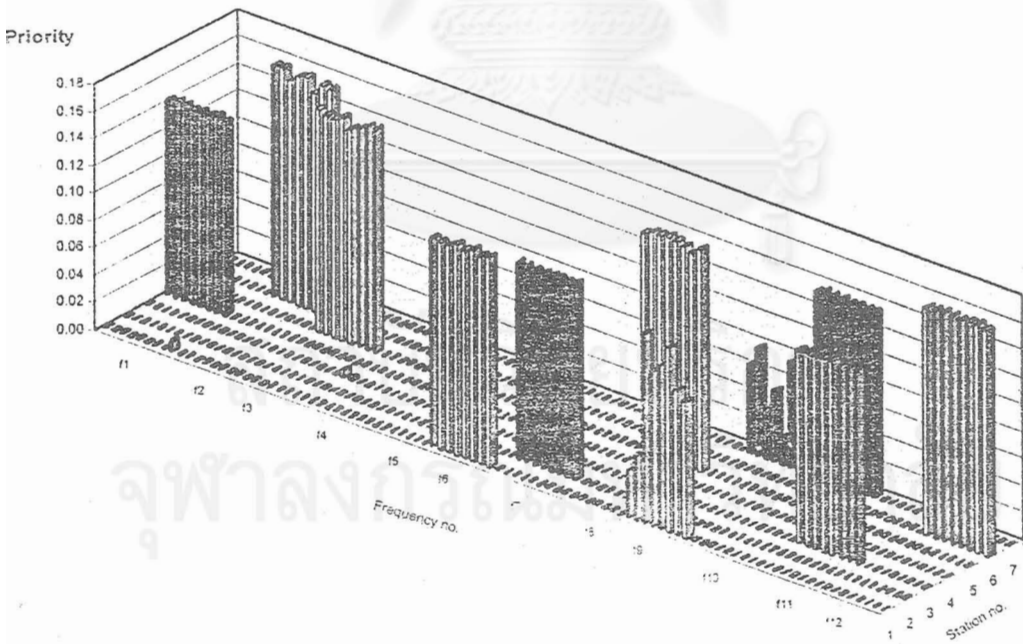


รูปที่ 4.27 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่มีรูปแบบกราฟที่กระจายแบบสม่ำเสมอ

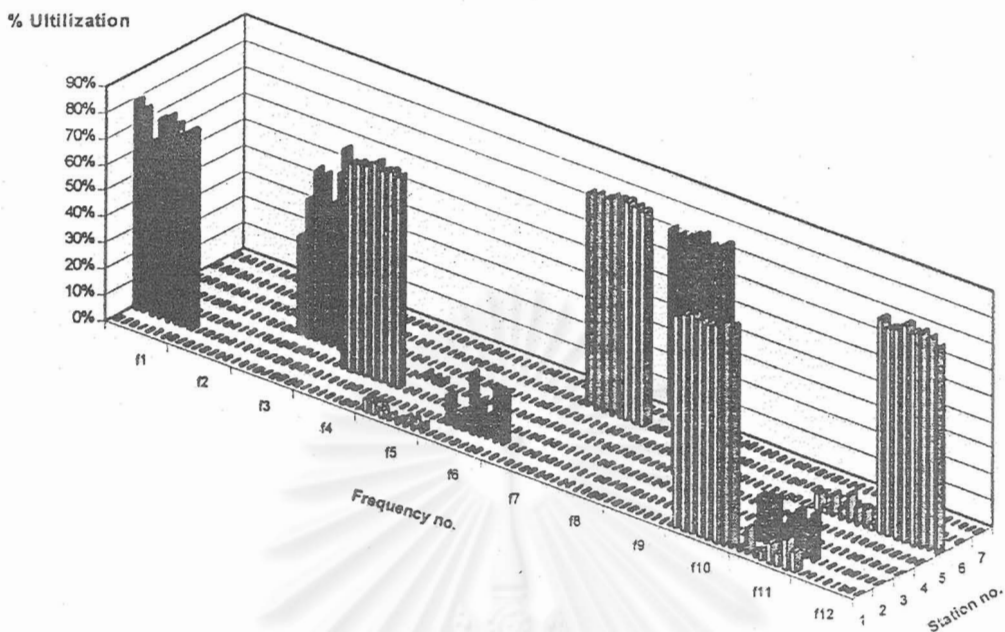
และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



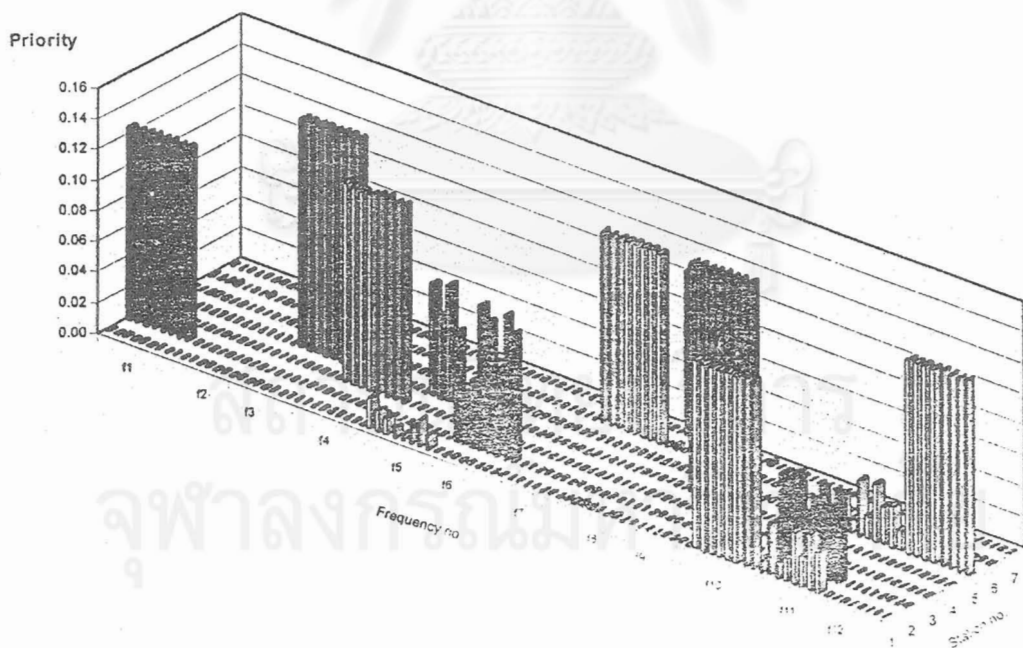
รูปที่ 4.28 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



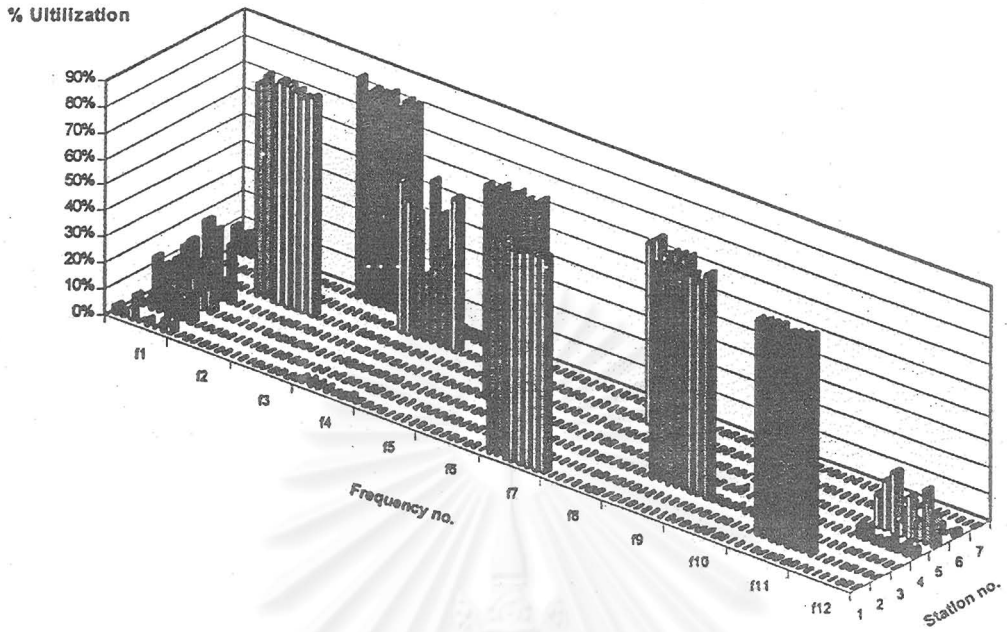
รูปที่ 4.29 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



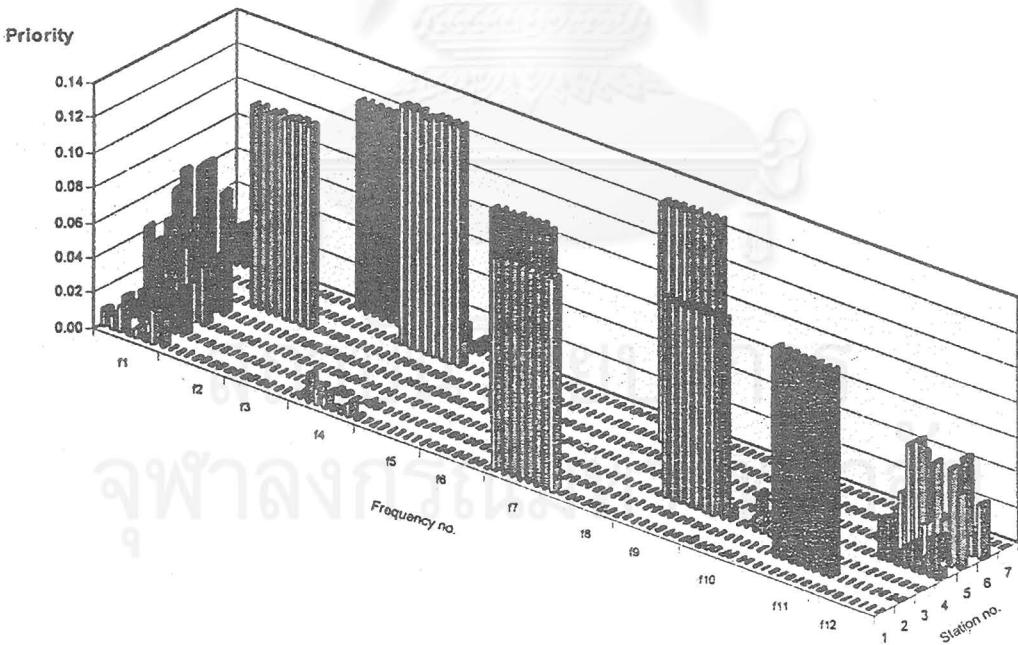
รูปที่ 4.30 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



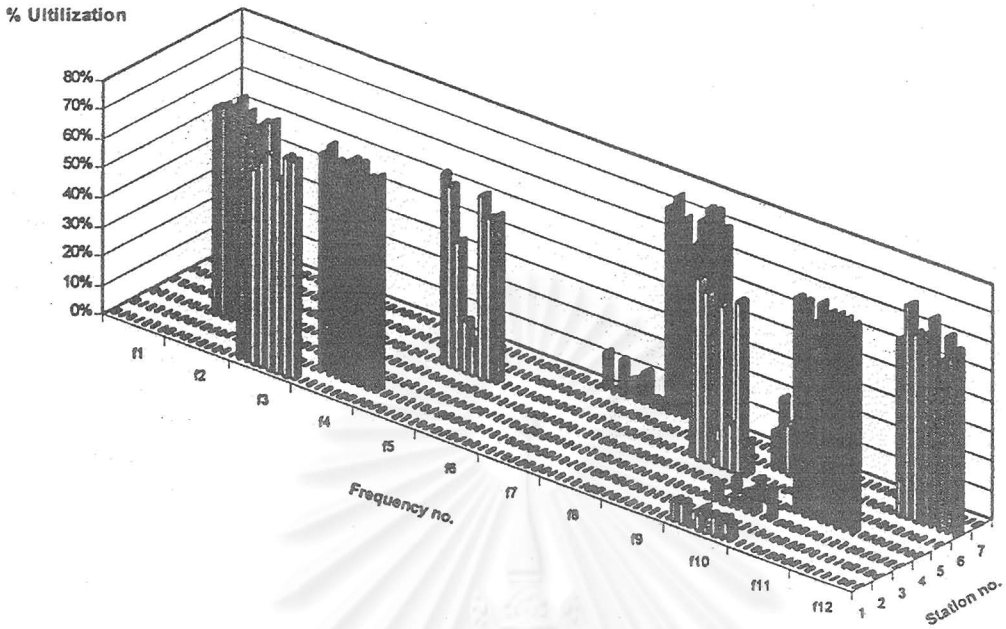
รูปที่ 4.31 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



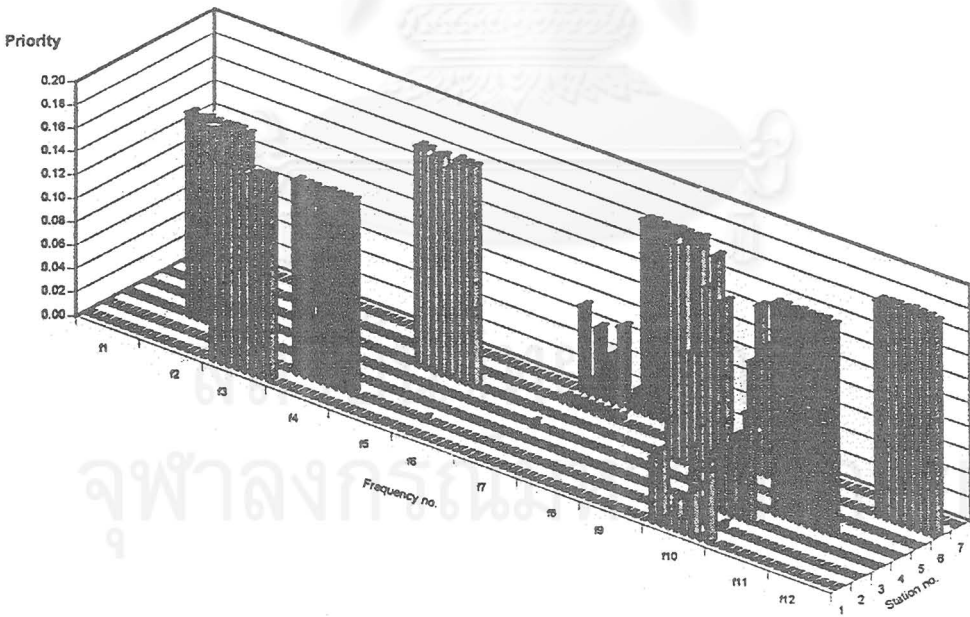
รูปที่ 4.32 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG
กรณีที่เป็นแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



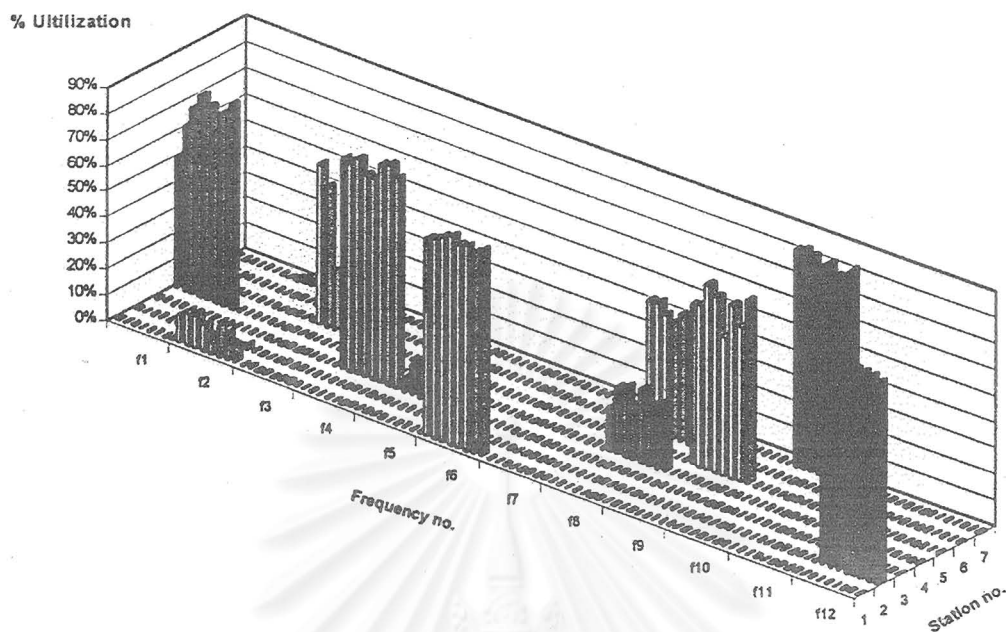
รูปที่ 4.33 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่เป็นแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ
และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



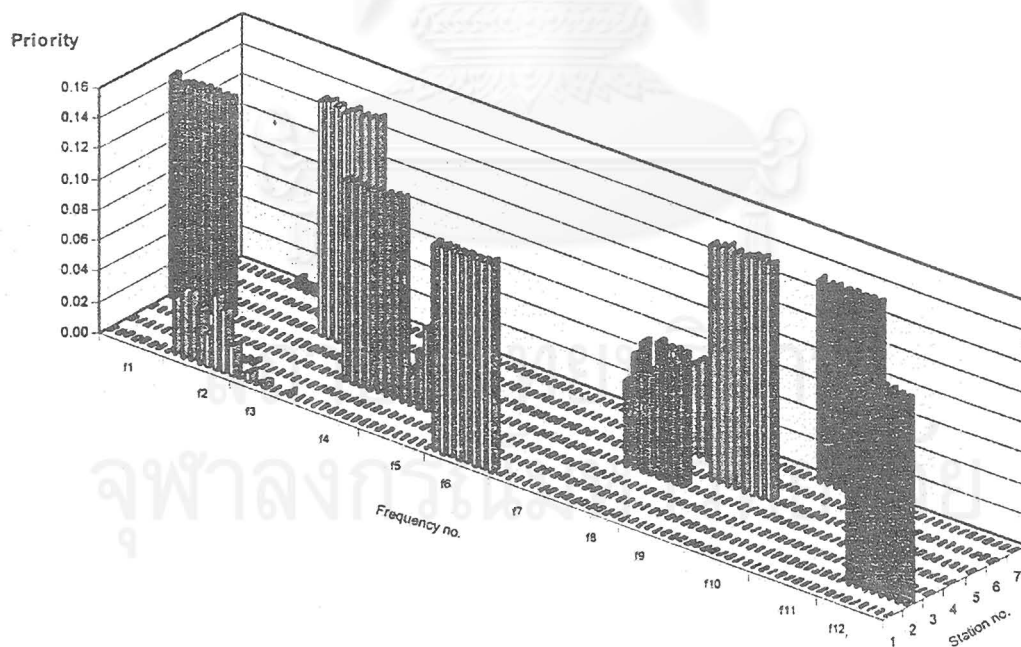
รูปที่ 4.34 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



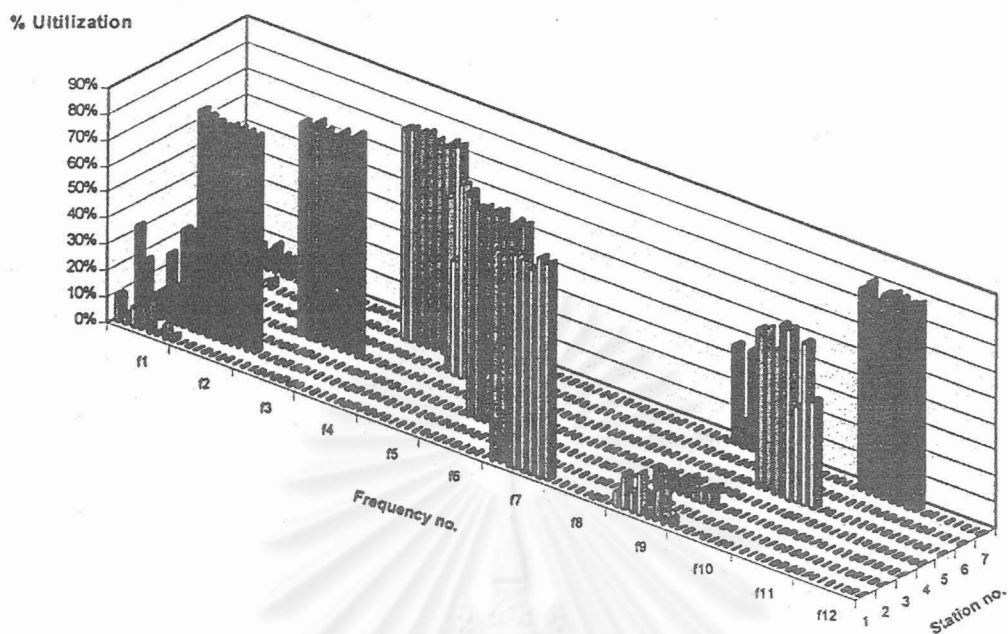
รูปที่ 4.35 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



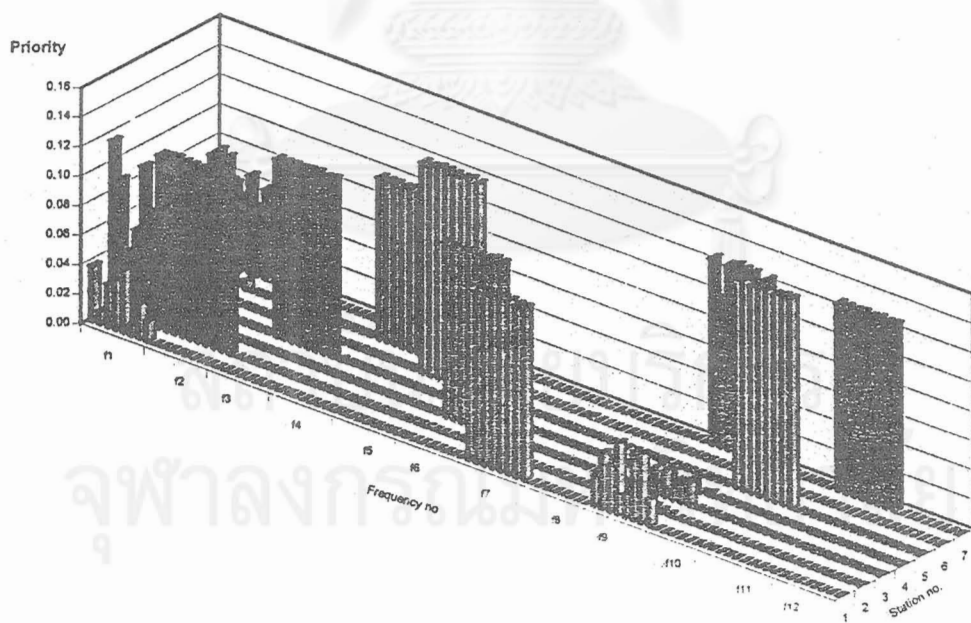
รูปที่ 4.36 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



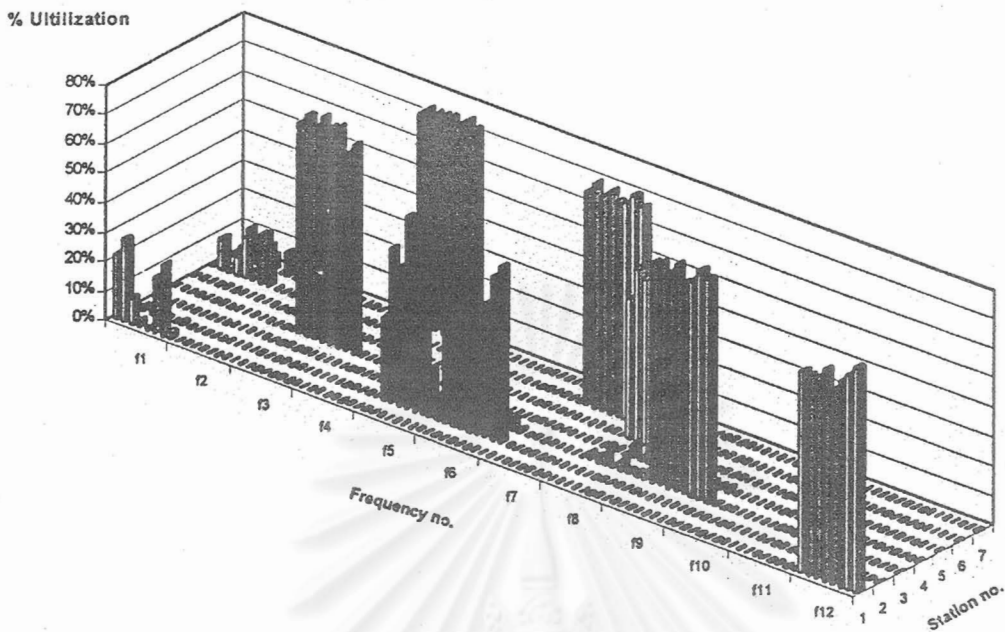
รูปที่ 4.37 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



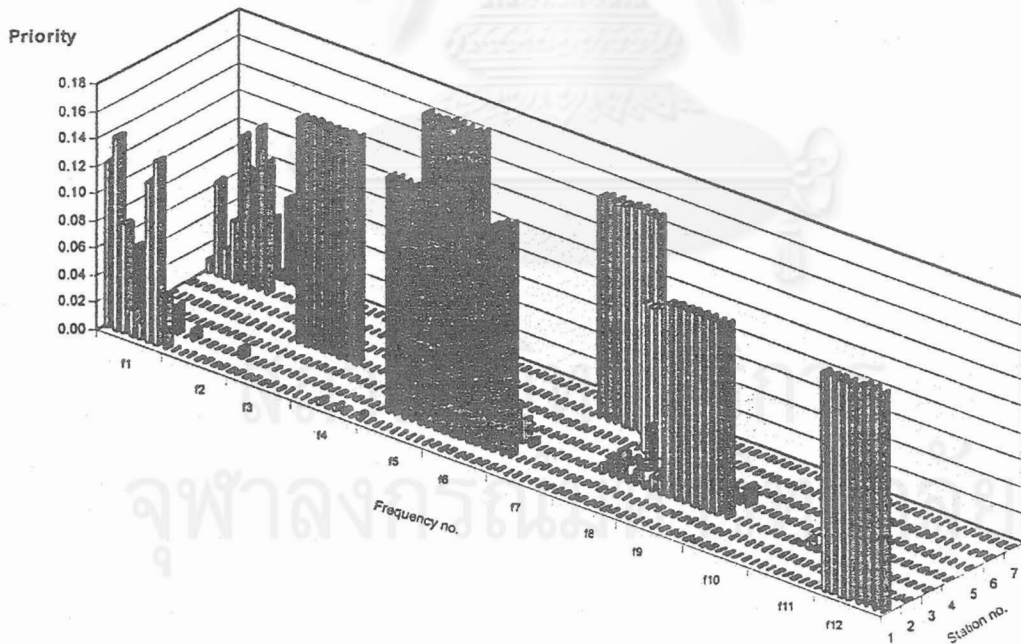
รูปที่ 4.38 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



รูปที่ 4.39 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

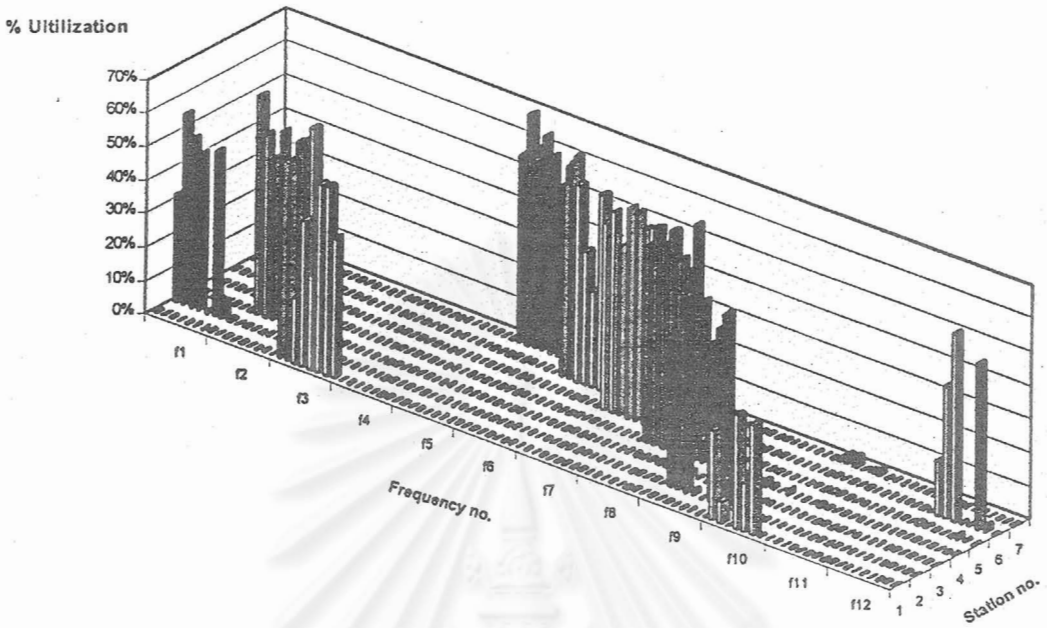


รูปที่ 4.40 ค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



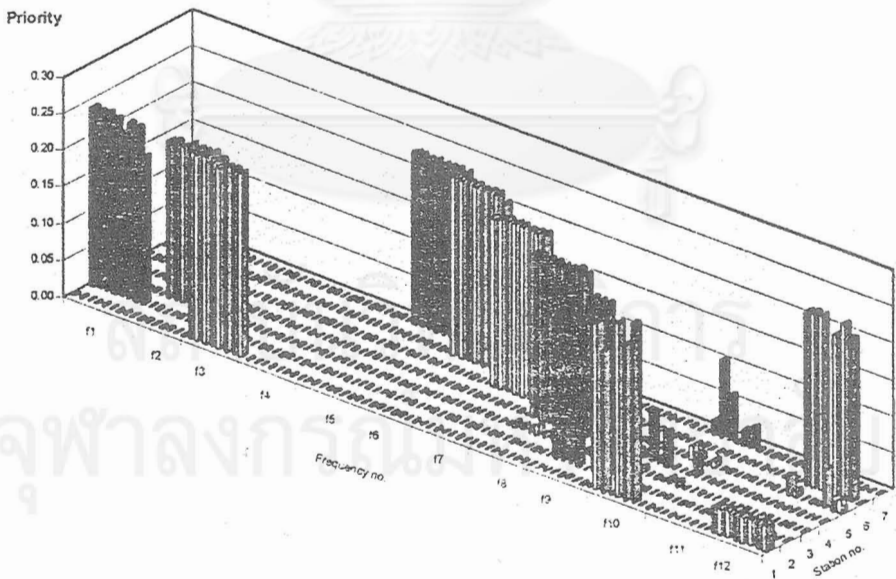
รูปที่ 4.41 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

4.6.2 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญของวิธี SEG-PA



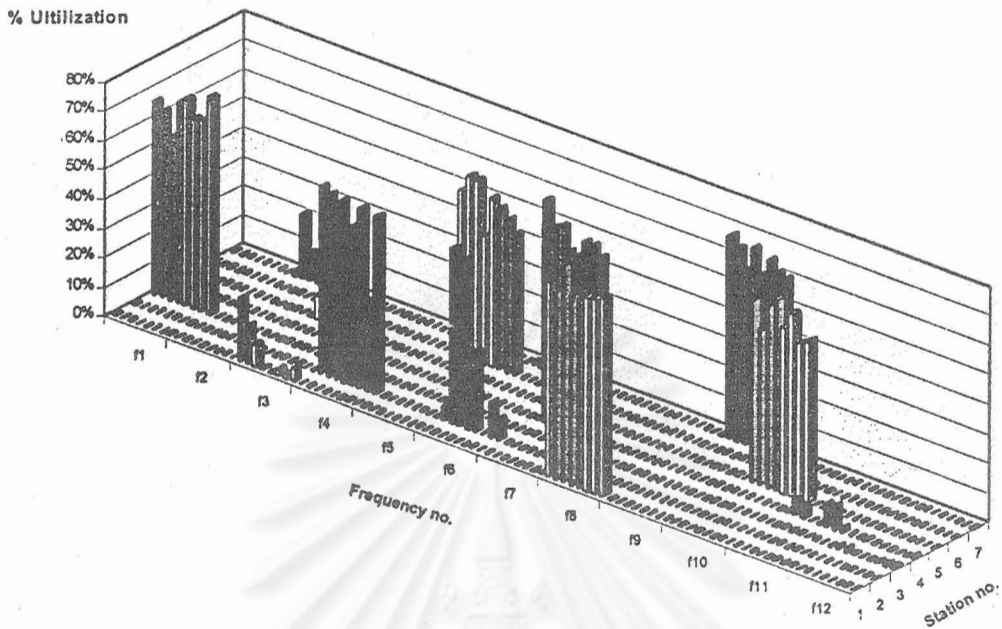
รูปที่ 4.42 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA

กรณีทีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห่ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

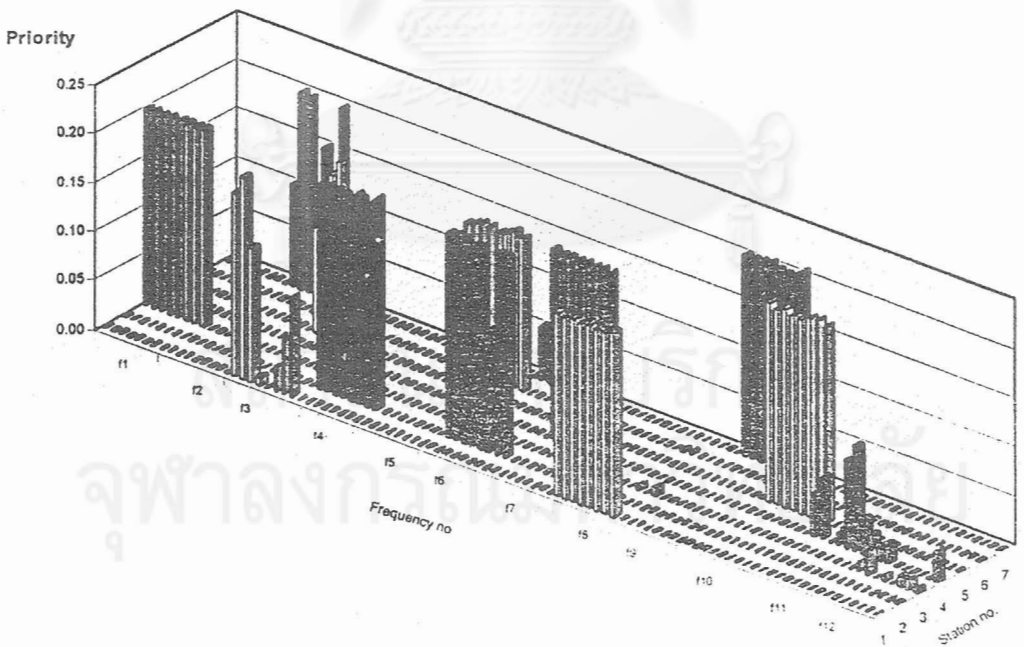


รูปที่ 4.43 ค่าลำดับความสำคัญของวิธี SEG-PA กรณีทีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอ

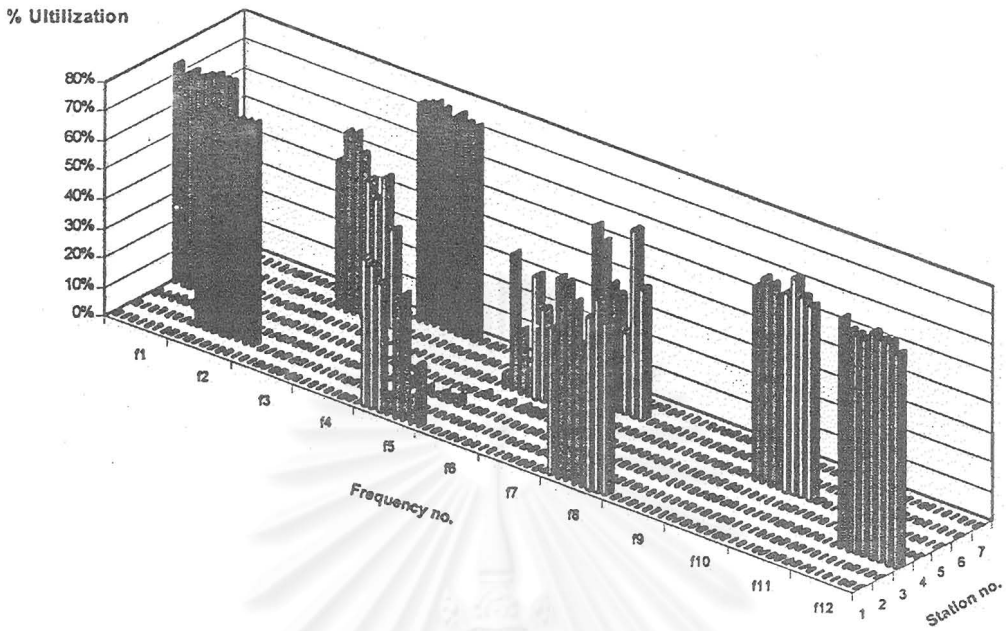
และจำนวนคลื่นพาห่ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



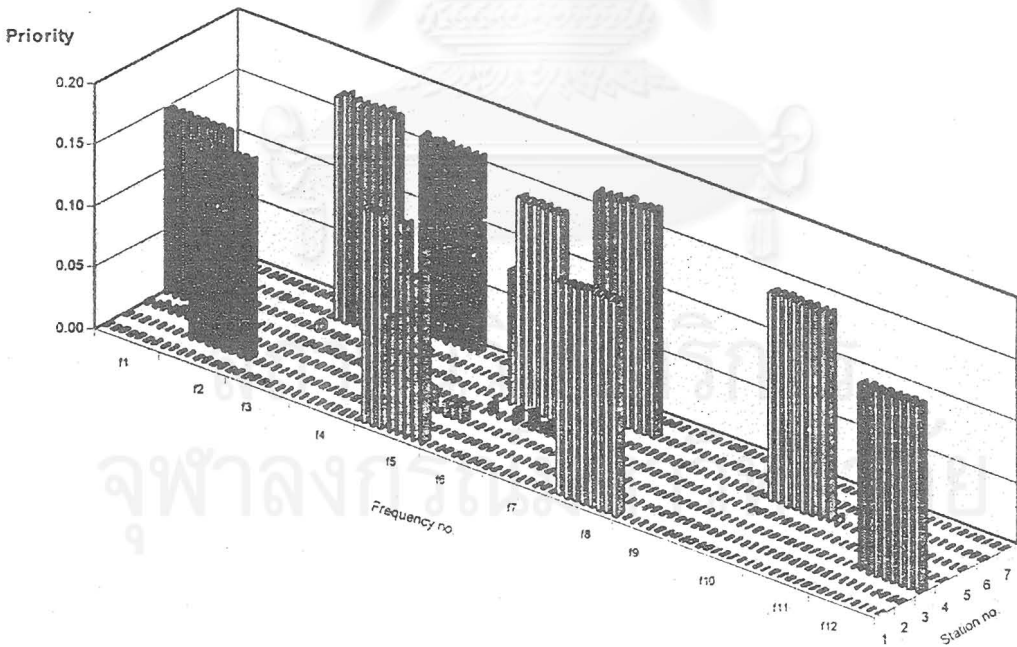
รูปที่ 4.44 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



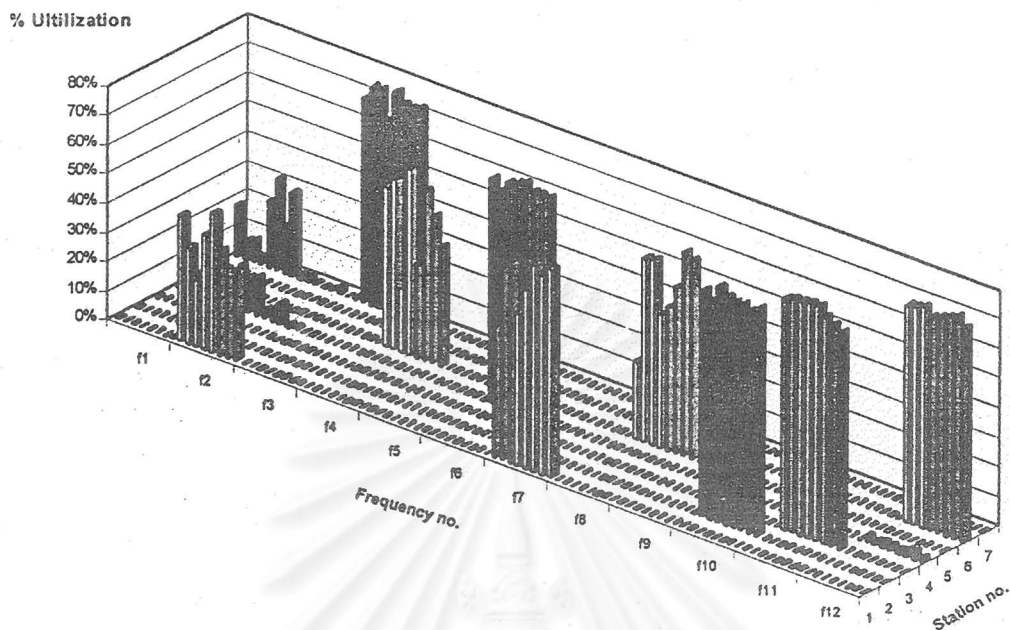
รูปที่ 4.45 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



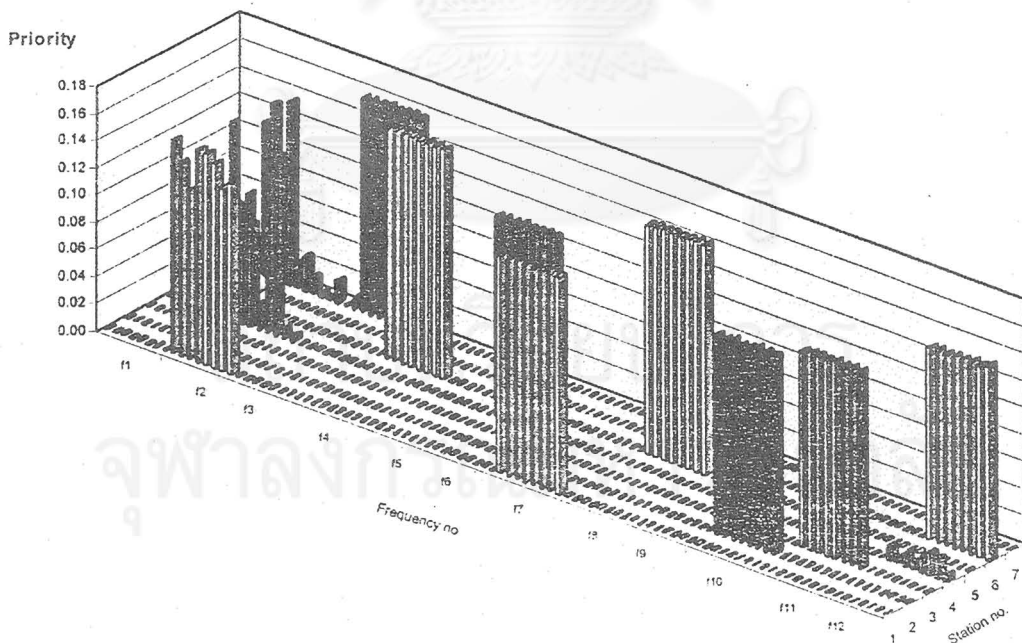
รูปที่ 4.46 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



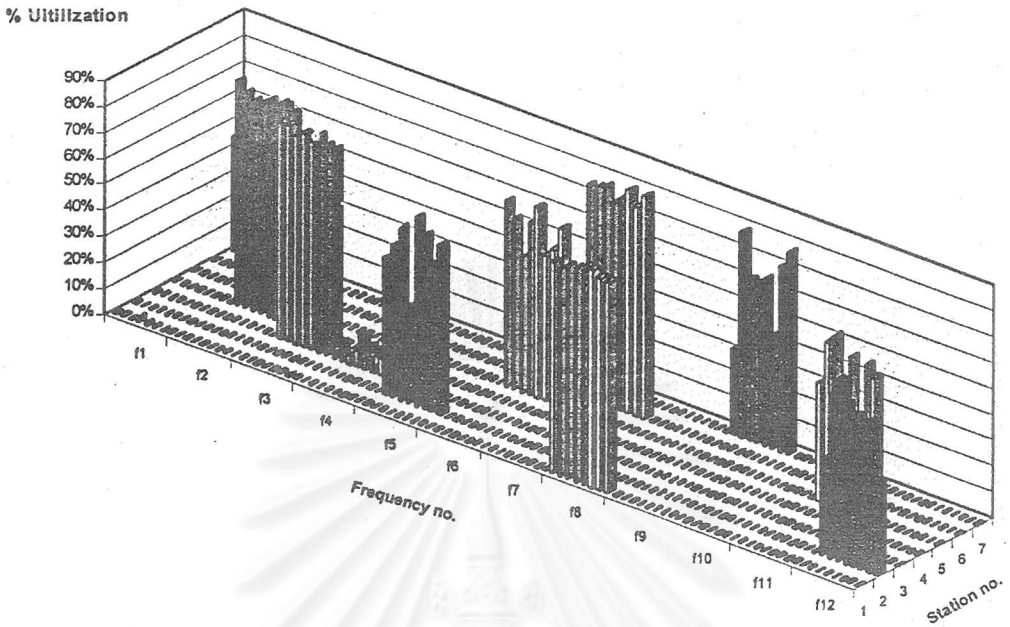
รูปที่ 4.47 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



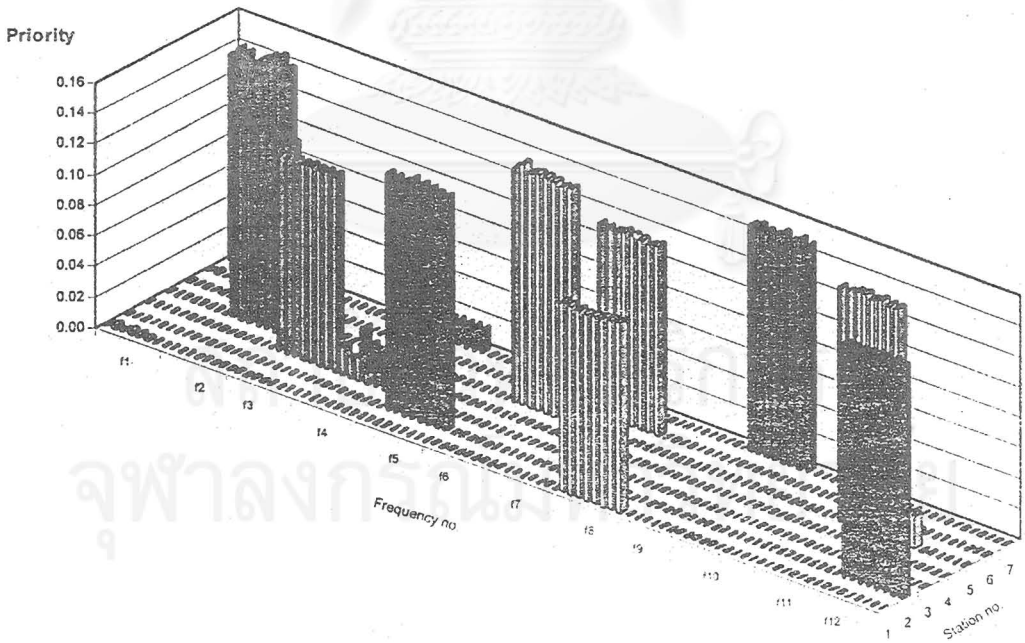
รูปที่ 4.48 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



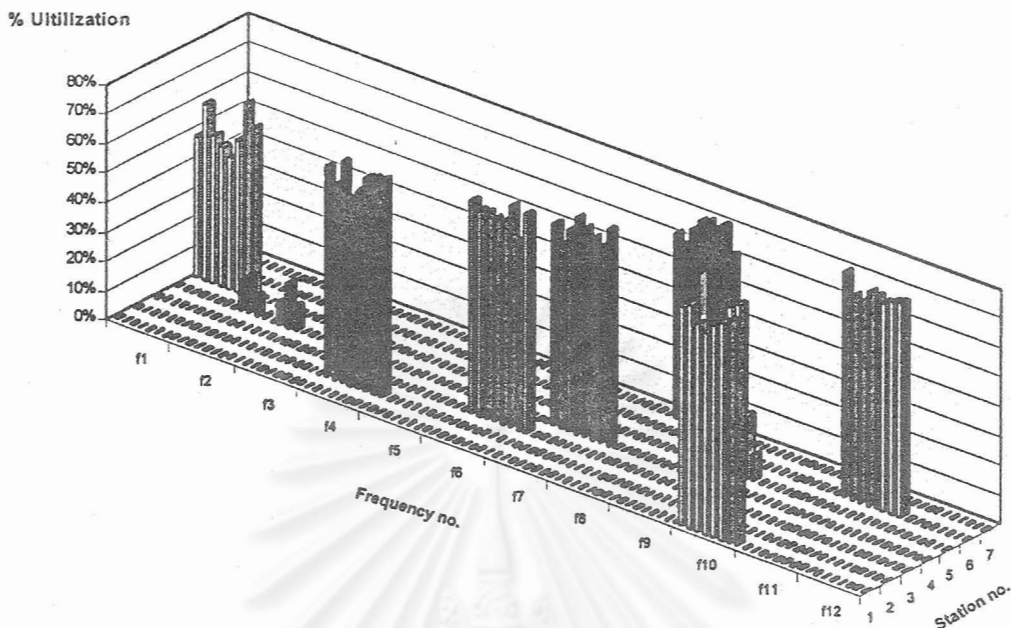
รูปที่ 4.49 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



รูปที่ 4.50 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

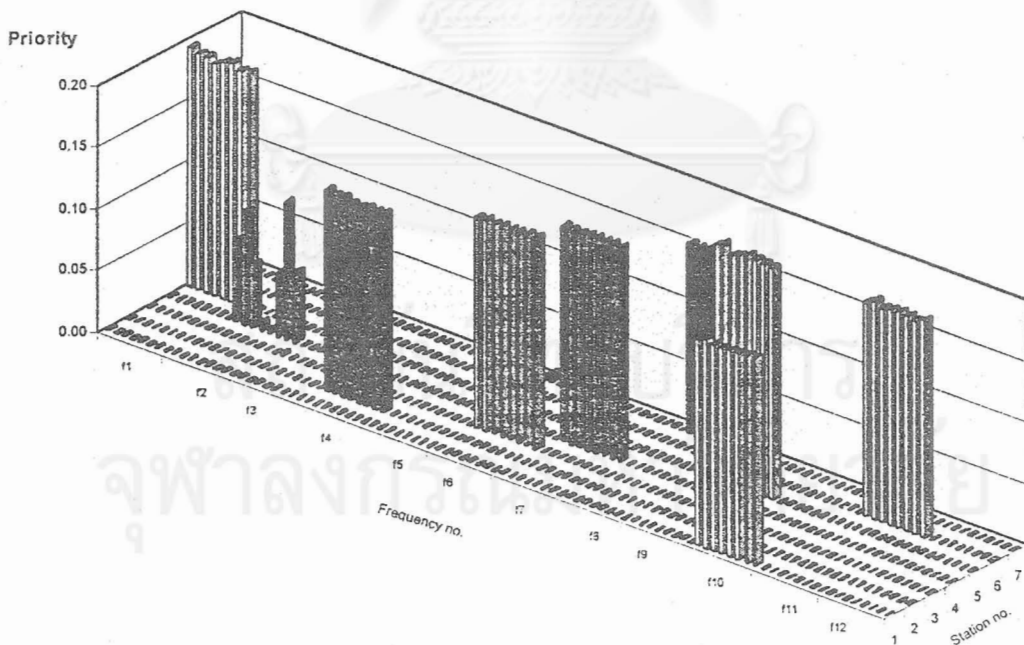


รูปที่ 4.51 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



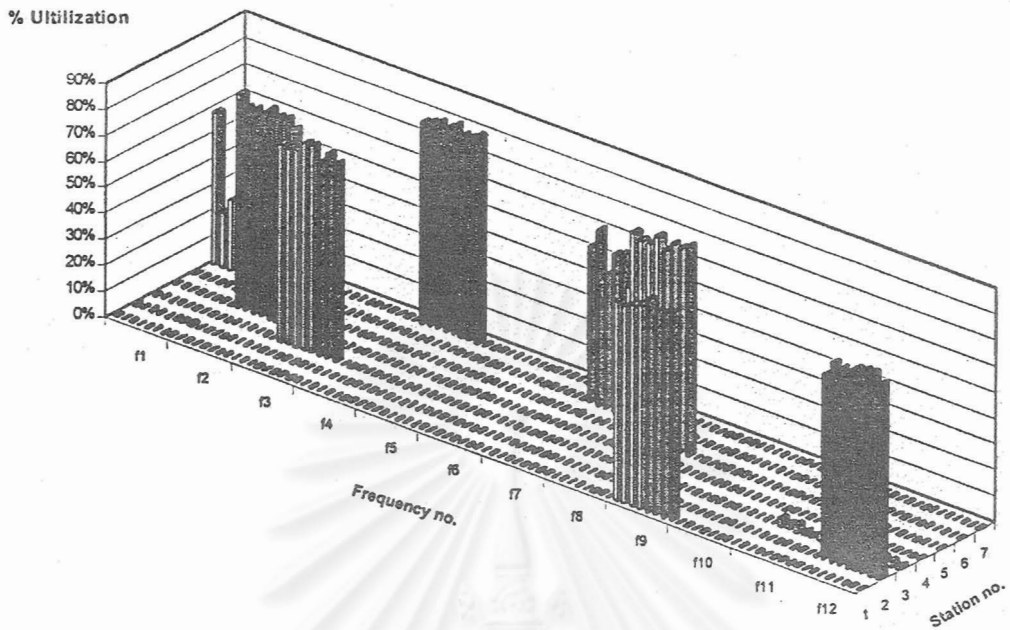
รูปที่ 4.52 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA

กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



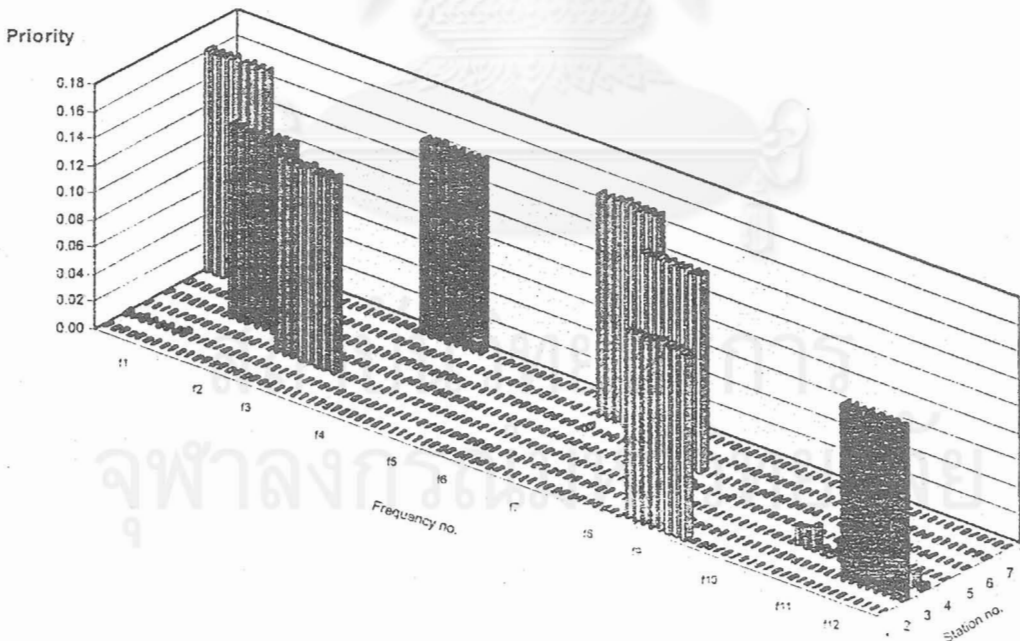
รูปที่ 4.53 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PA กรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



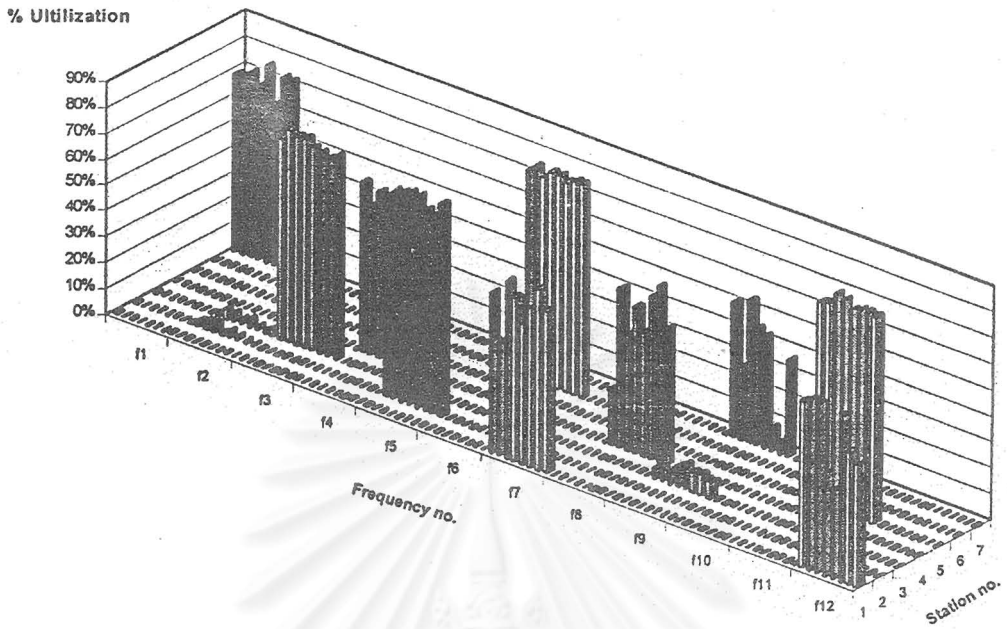
รูปที่ 4.54 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA

กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

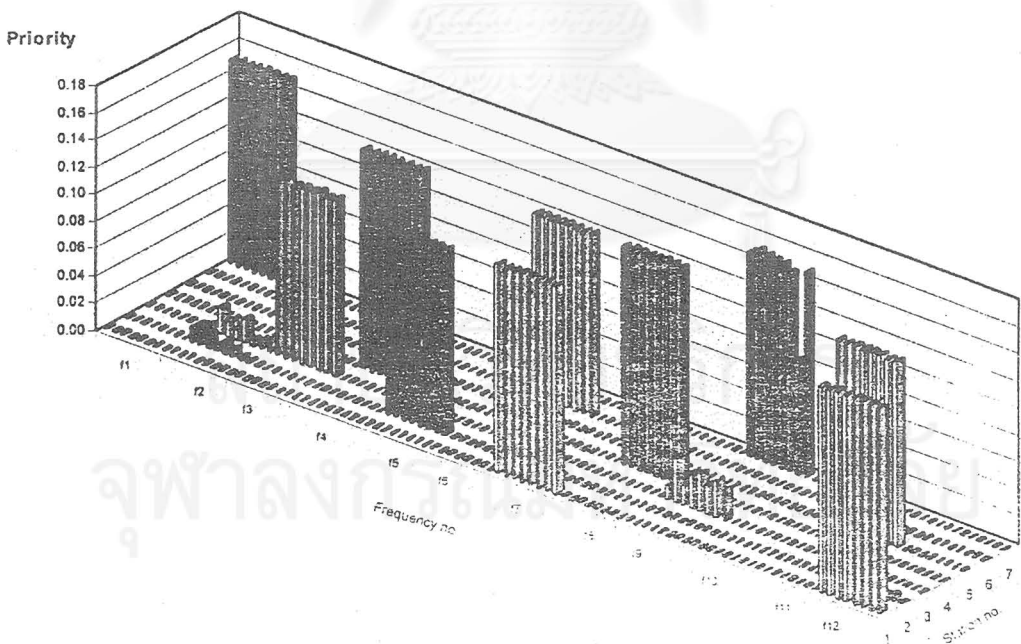


รูปที่ 4.55 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

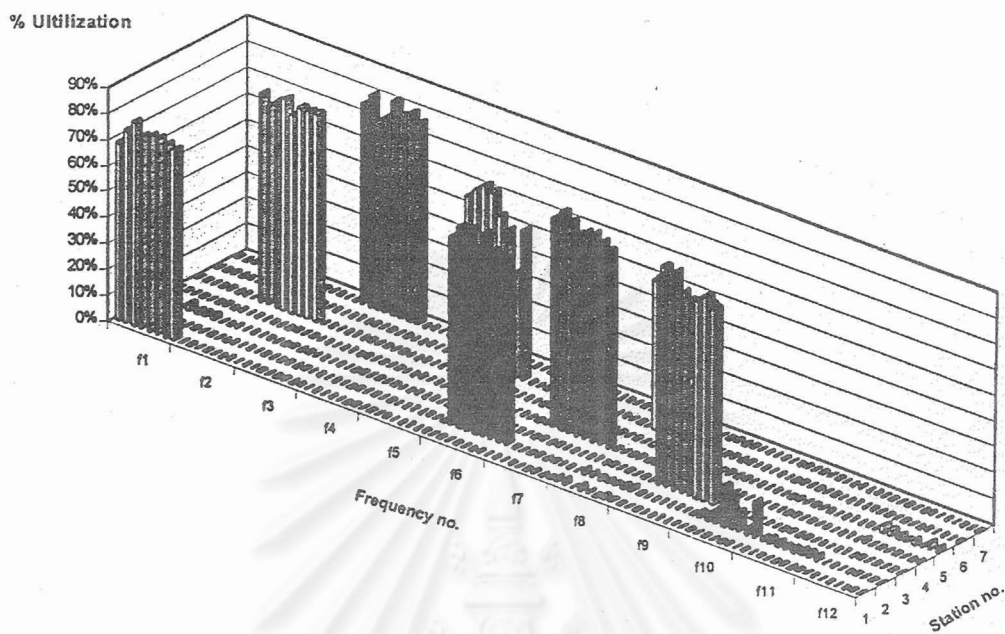


รูปที่ 4.56 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



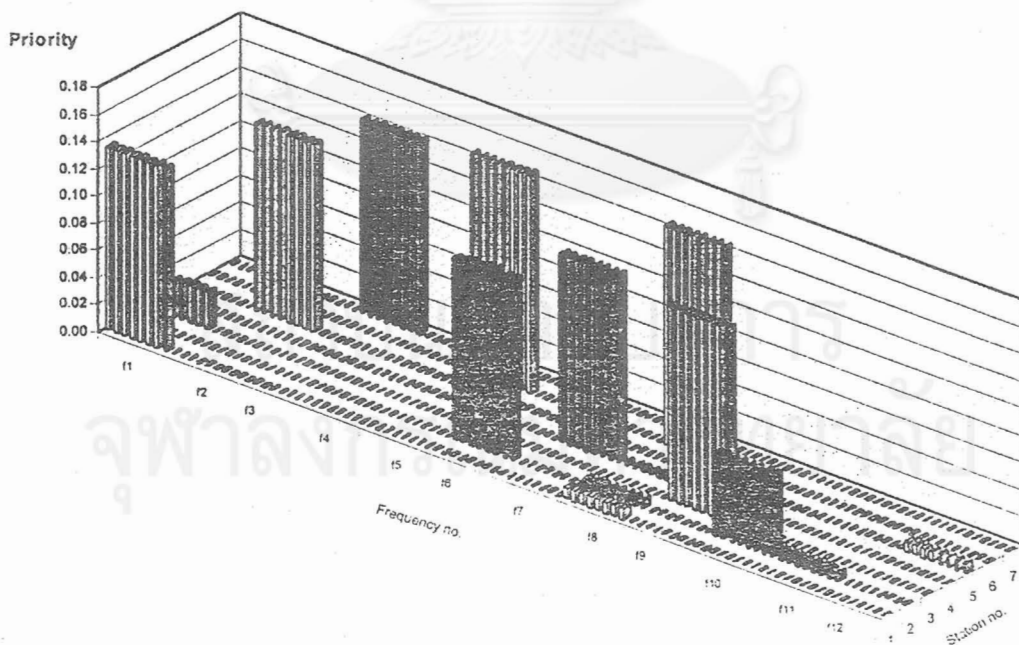
รูปที่ 4.57 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

4.6.3 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญของวิธี SEG-PPA



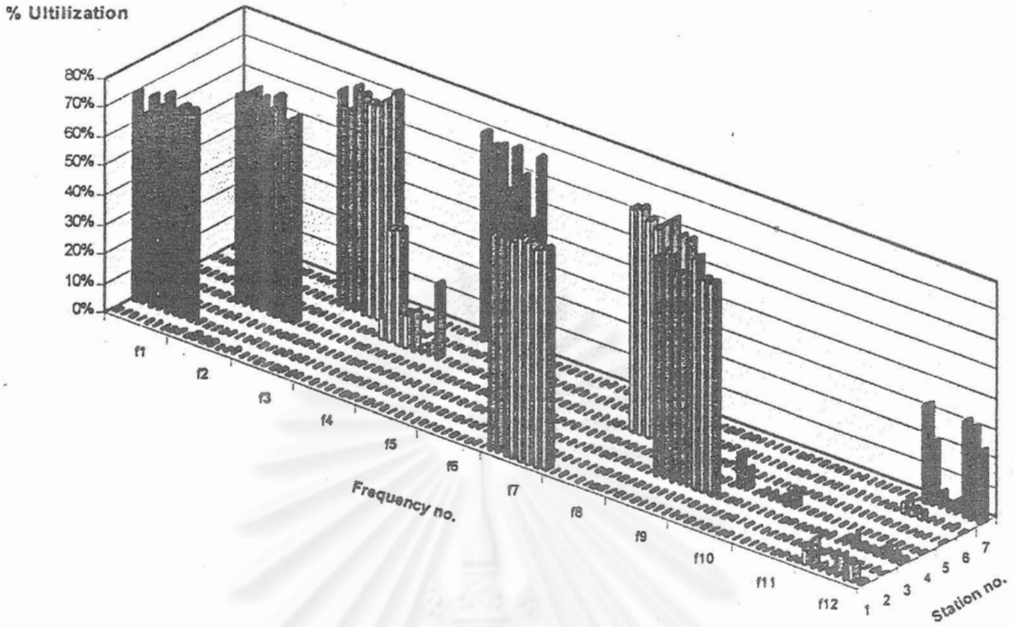
รูปที่ 4.58 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA

กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

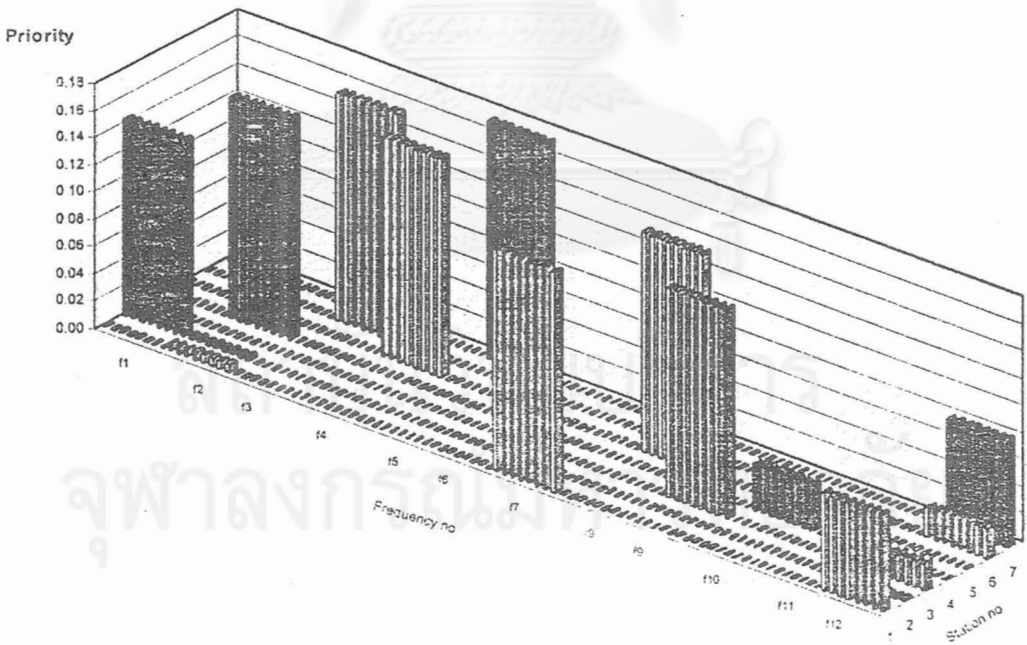


รูปที่ 4.59 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ

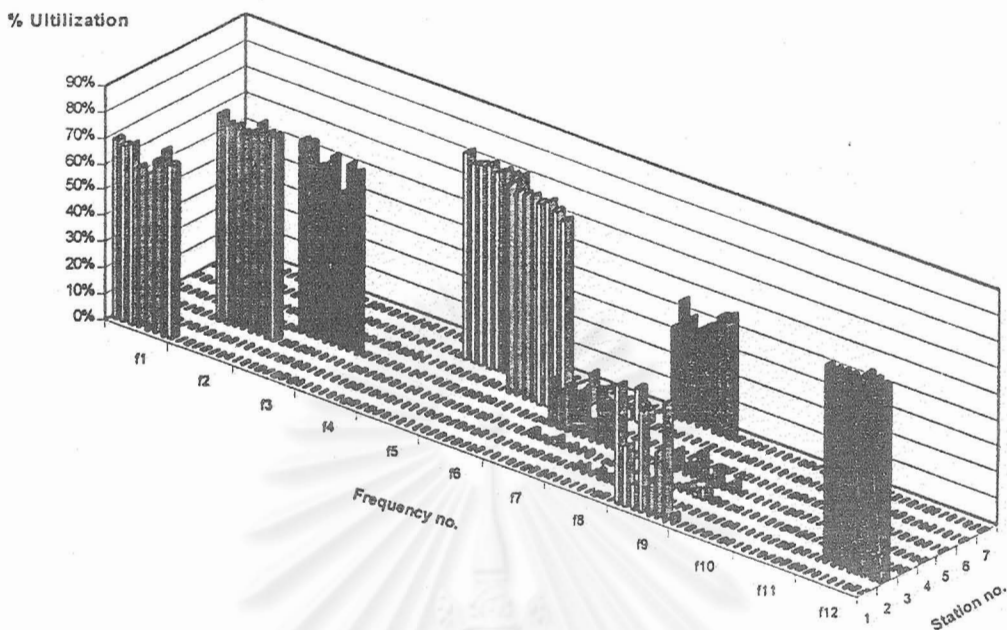
และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



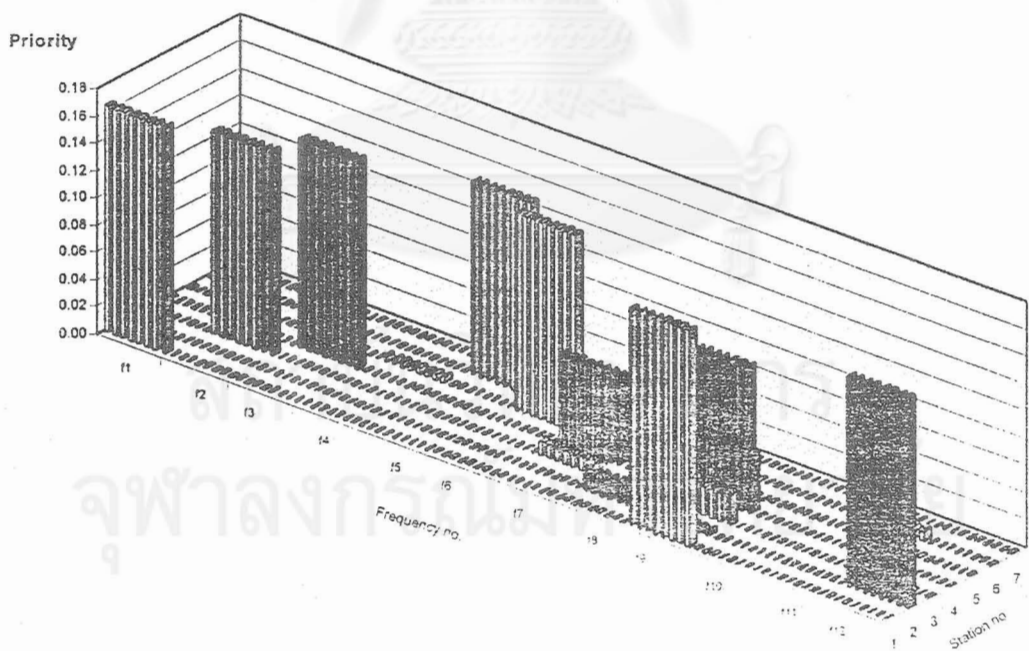
รูปที่ 4.60 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



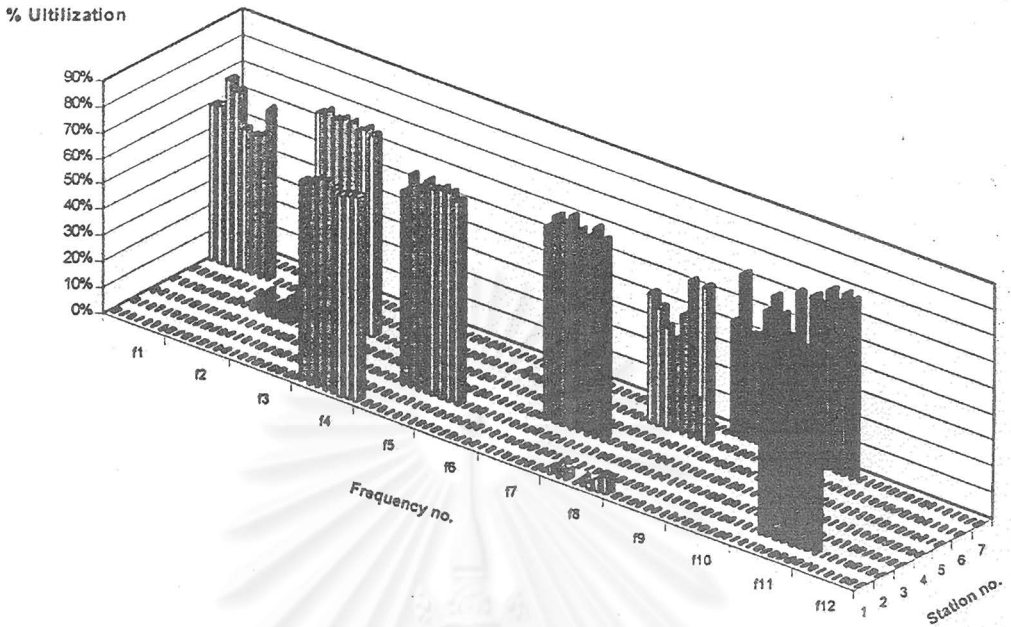
รูปที่ 4.81 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



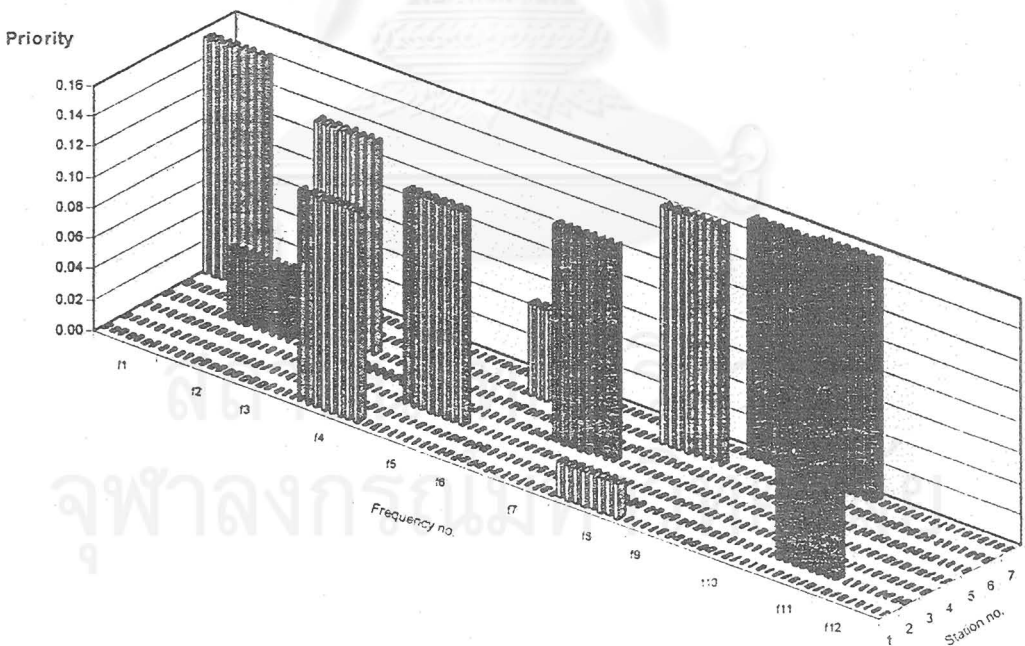
รูปที่ 4.62 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



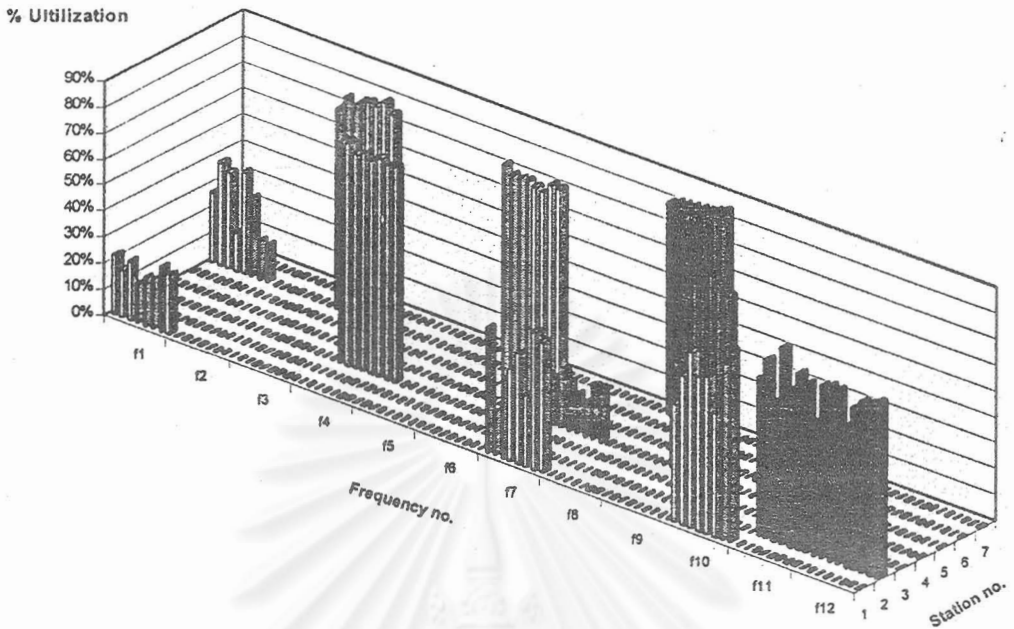
รูปที่ 4.63 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



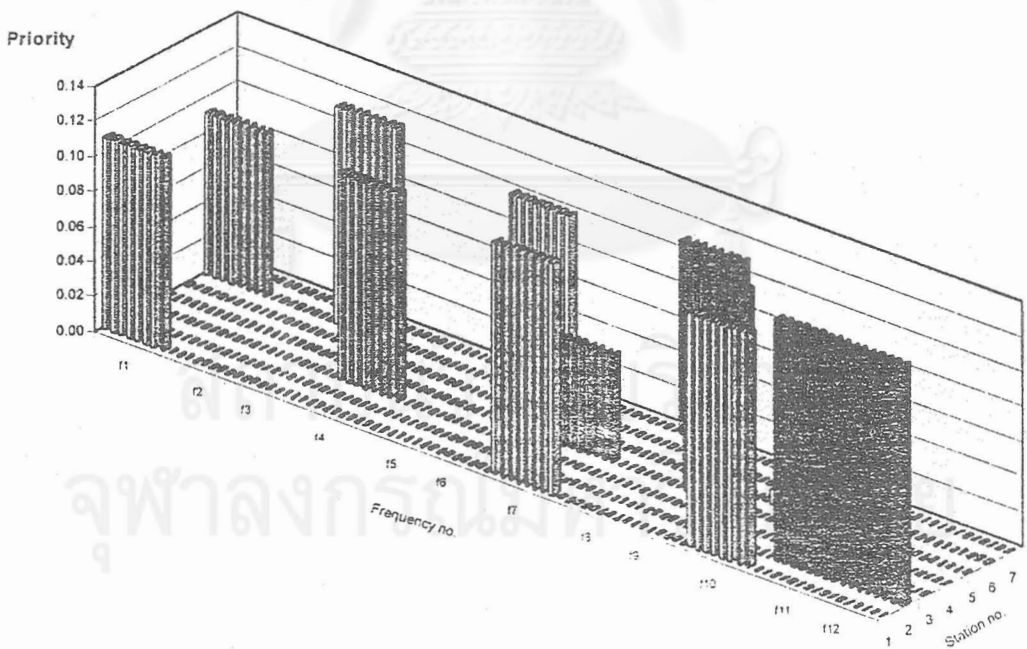
รูปที่ 4.64 ค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



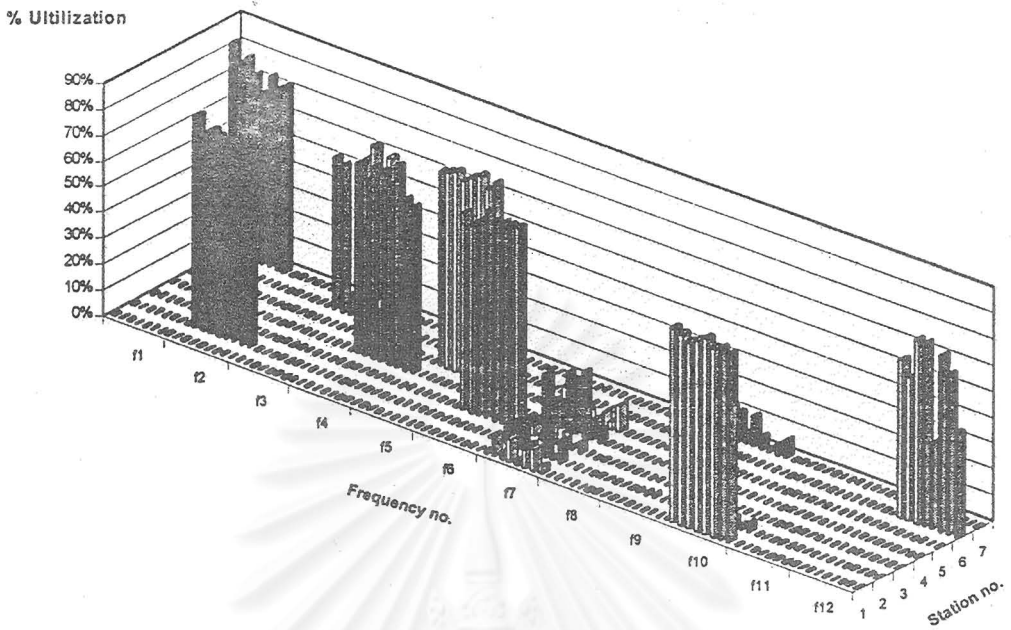
รูปที่ 4.65 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



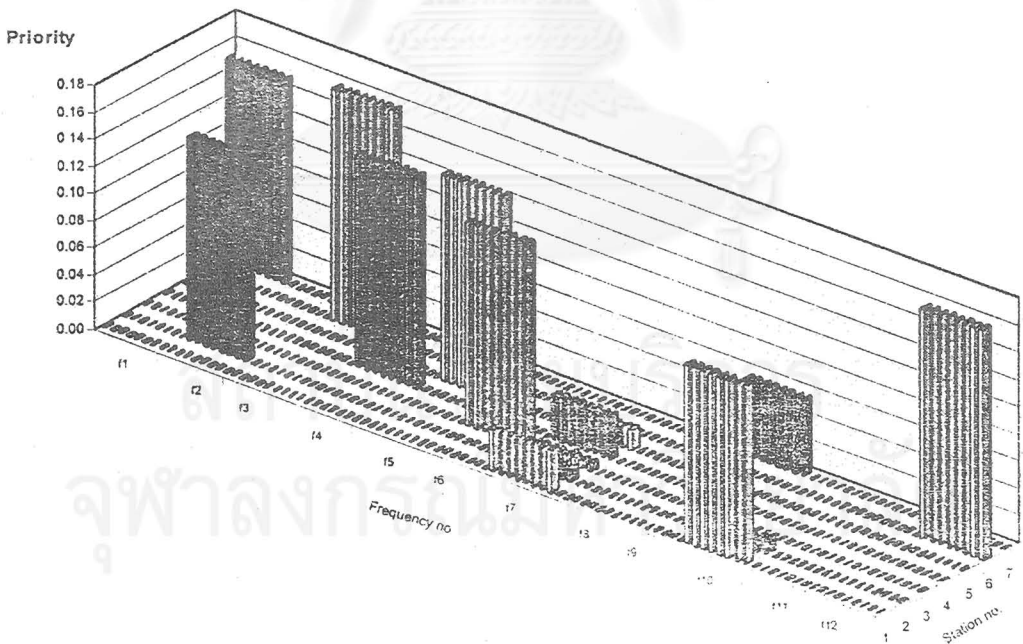
รูปที่ 4.66 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



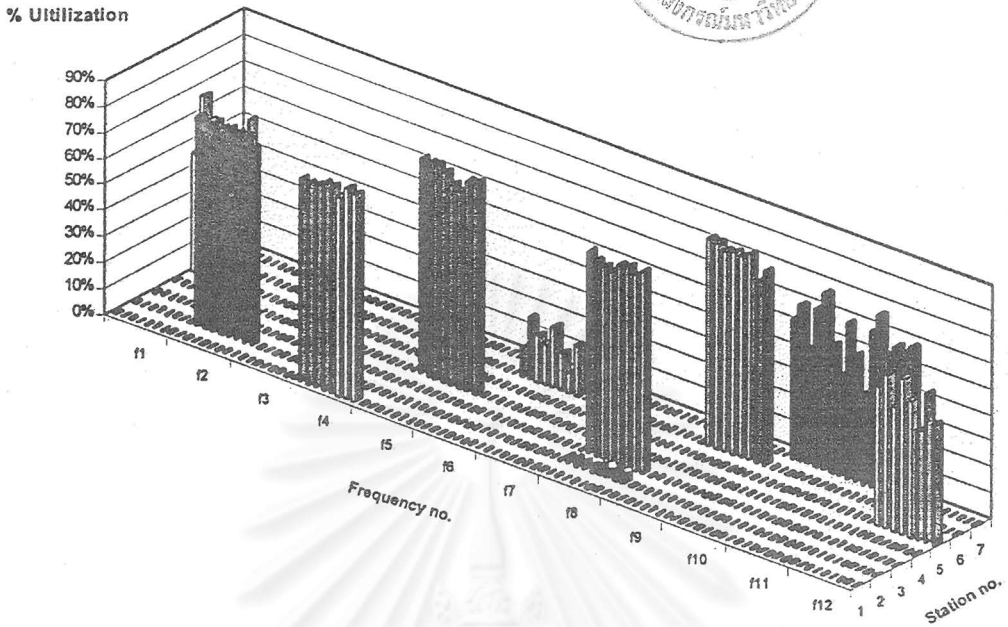
รูปที่ 4.67 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2



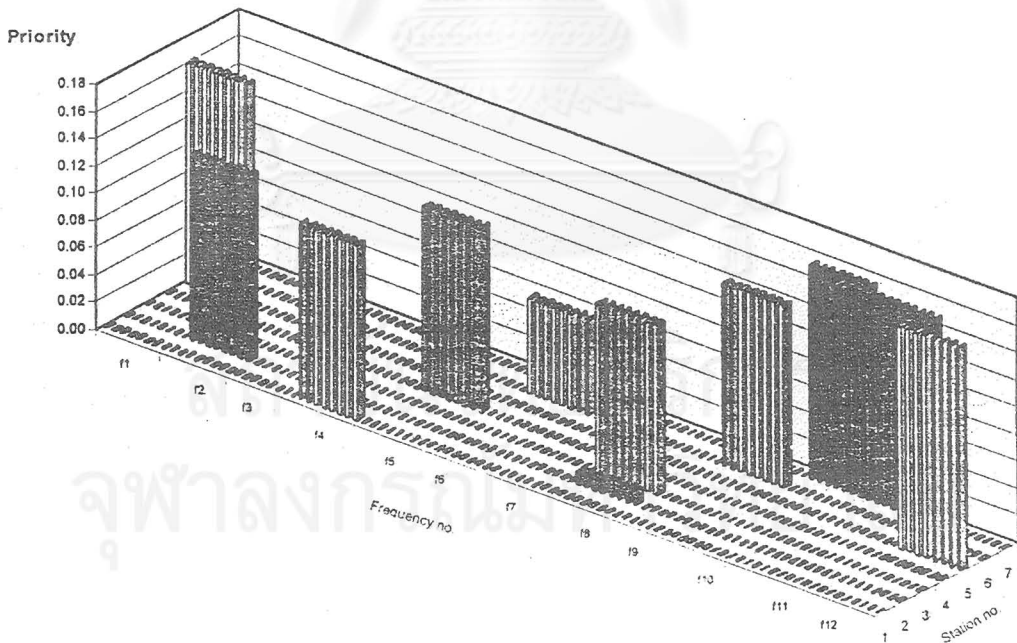
รูปที่ 4.68 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



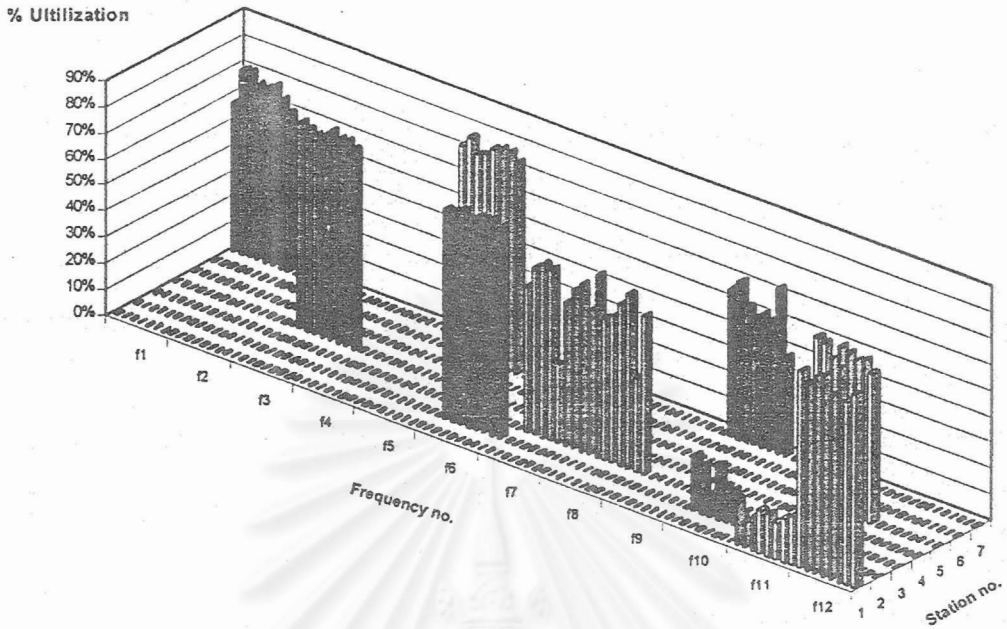
รูปที่ 4.69 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3



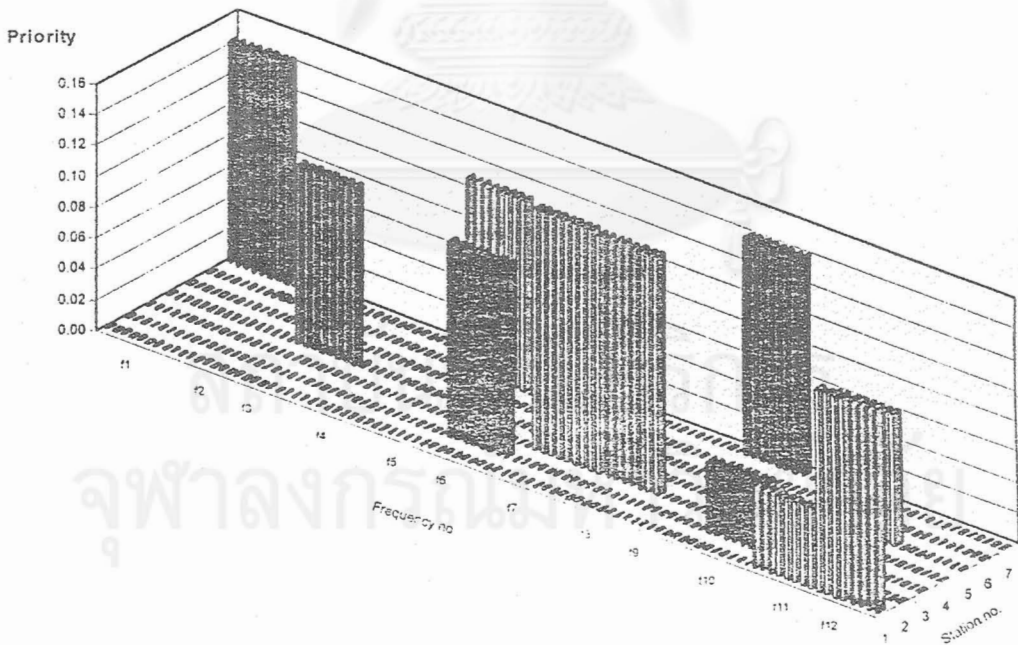
รูปที่ 4.70 ค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



รูปที่ 4.71 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4



รูปที่ 4.72 ค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5



รูปที่ 4.73 ค่าลำดับความสำคัญวิธี SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ และจำนวนคลื่นพาห้ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

4.7 วิเคราะห์ผลค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาและค่าลำดับความสำคัญ

จากรูปแสดงค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาและค่าลำดับความสำคัญตั้งแต่รูปที่ 4.26 ถึง 4.73 ซึ่งพิจารณาเฉพาะสถานีฐาน 7 สถานีฐานที่อยู่ตรงกลางตามรูปที่ 3.4 หมายเลขของสถานีฐานจะอ้างอิงตามตารางที่ 3.1 เนื่องจากเราใช้แบบจำลองตามหัวข้อ 3.2.1 ซึ่งใน 1 คลื่นพาห้จะประกอบด้วย 8 ช่องสัญญา และจำนวนคลื่นพาห้ทั้งหมดเท่ากับ 12 จำนวนรอบการจำลองแบบเท่ากับ 20 เหตุผลดังแสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.4

จะเห็นว่าการในรูปแสดงค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาของแต่ละสถานีฐานมีการจับตัวเป็นกลุ่มหรือใช้ช่องสัญญาในคลื่นพาห้เดียวกันด้วยตัวเอง ทั้งวิธี SEG, SEG-PA และวิธี SEG-PPA ทั้งกรณีในรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ หมายความว่า สถานีฐานแต่ละสถานีฐานจะเลือกคลื่นพาห้ด้วยตัวของมันเอง โดยที่จะไม่เลือกใช้คลื่นพาห้ที่ถูกใช้โดยสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood หรือถ้าใช้ก็ใช้น้อยมาก ซึ่งจากการที่แต่ละสถานีฐานใช้ช่องสัญญาในคลื่นพาห้เดียวกัน ทำให้ลดโอกาสที่ช่องสัญญาวางแต่ไม่สามารถเข้าไปใช้ได้ (unaccessible idle channel) อันเนื่องมาจากอุปกรณ์รับ-ส่งมีจำกัด

สำหรับค่าลำดับความสำคัญที่แสดงในรูปตั้งแต่ 4.27 ถึง 4.73 ก็จะมีลักษณะเป็นกลุ่มตามรูปแสดงค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญา โดยที่ค่าลำดับความสำคัญของช่องสัญญาที่ถูกใช้บ่อยจะมีค่าสูง เมื่อเทียบกับช่องสัญญาที่ไม่ถูกใช้หรือถูกใช้น้อยกว่า ซึ่งจะเหมือนกันทั้ง 3 วิธี แต่สำหรับวิธี SEG-PPA จะมีลักษณะแตกต่างไปเล็กน้อย ตรงที่ค่าลำดับความสำคัญในแต่ละคลื่นพาห้จะเท่ากัน เนื่องจากการเพิ่มหรือลดค่าลำดับความสำคัญสำหรับวิธี SEG-PPA จะเพิ่มหรือลดค่าลำดับความสำคัญทั้งคลื่นพาห้ ไม่ได้เพิ่มหรือลดค่าลำดับความสำคัญที่ละช่องสัญญาเหมือนวิธี SEG หรือ SEG-PA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการจำลองแบบ

5.1 สรุปผลการจำลองแบบ

วิธีการกำหนดของสัญญาณแบบพลวัตที่ได้เสนอมานี้ ซึ่งมี 2 วิธี คือ SEG-PA และ SEG-PPA จากผลการจำลองจะเห็นว่า วิธี SEG-PA จะให้ความจุที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างไปจากวิธี SEG มากนัก จากตารางที่ 4.12 และ 4.13 เฉลี่ยเท่ากับ 3.09 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ และเฉลี่ยเท่ากับ 2.33 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ แต่วิธี SEG-PPA จะให้ความจุที่เพิ่มขึ้นมากกว่า SEG ค่อนข้างมาก เฉลี่ยเท่ากับ 10.50 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ ดังตารางที่ 4.14 และถ้าพิจารณาเฉพาะกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ ในตารางที่ 4.15 จะให้ความจุที่เพิ่มขึ้นมากกว่า SEG เฉลี่ยเท่ากับ 13.02 เปอร์เซ็นต์

สำหรับความจุที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอของทั้งวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA จะเห็นว่าความจุที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 11.69 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการบล็อกเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 หากพิจารณาเฉพาะวิธี SEG-PPA ความจุที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 13.62 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าปริมาณทราฟฟิกขอบริการเพิ่มสูงขึ้น ความจุที่เพิ่มขึ้นจะลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.9 ถึง 4.17 เหตุผลก็เพราะว่าที่ทราฟฟิกขอบริการสูงๆ โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณว่างของกรณีรูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอจะมีโอกาสลดลง เพราะฉะนั้นที่ปริมาณทราฟฟิกขอบริการสูงๆ อัตราการบล็อกของทั้ง 2 กรณี จะไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5.1 สรุปเปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นของทั้ง 3 วิธี ทั้งกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายอย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ

เปรียบเทียบผลการดำเนินงานของ SEG-PA และ SEG-PPA เมื่อเทียบกับความจุของวิธี FCA ทั้งกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟิกกระจายอย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ

Technic	Traffic	no. of Fbx	SEG								SEG-PA								SEG-PPA							
			Uniform				Nonuniform				Uniform				Nonuniform				Uniform				Nonuniform			
			2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
SEG	Uniform	2					10.15				2.90								9.43							
		3						10.40				3.02								9.91						
		4							10.51				3.15								10.99					
		5								13.35				3.29								11.67				
	Nonuniform	2													2.03								11.55			
		3														2.23								13.12		
		4															3.48								13.19	
		5																1.56								14.22
SEG-PA	Uniform	2													9.22				6.35							
		3														9.56				6.69						
		4															10.87				7.60					
		5																11.77				8.11				
	Nonuniform	2																					9.33			
		3																						10.65		
		4																							9.38	
		5																								12.15
SEG-PPA	Uniform	2																					12.18			
		3																						13.63		
		4																							12.70	
		5																								15.95
	Nonuniform	2																								
		3																								
		4																								
		5																								

ในรูปที่ 4.18 ถึง 4.25 แสดงอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA และ SEG-PPA จะพบว่าอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ของวิธี SEG-PA จะค่อนข้างต่ำอยู่ที่ประมาณ 2-9 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจำนวนการเรียกทั้งหมด ทั้งกรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ ขณะที่วิธี SEG-PPA จะมีอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ค่อนข้างสูงประมาณ 8-24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับจำนวนการเรียกทั้งหมด ทั้งกรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ โดยที่กรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ค่อนข้างคงที่ แต่สำหรับกรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ในช่วงกราฟฟิกขอบริการต่ำๆ จะมีค่าสูงกว่าอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ในช่วงกราฟฟิกขอบริการสูงๆ เหตุผลก็เพราะว่าในช่วงกราฟฟิกขอบริการต่ำๆ โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณว่างมีสูง ทำให้สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้ ทำให้อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์สูง ในขณะที่เมื่อกราฟฟิกขอบริการสูงขึ้น โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณว่างก็ยิ่งลดลง ทำให้ไม่สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์จึงลดลง

ในตารางที่ 4.22 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างวิธี FCA กับวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA สรุปได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานขึ้น 1 คลื่นพาห์ ค่าความจุจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 10.57 เปอร์เซ็นต์ ทั้งกรณีที่รูปแบบกราฟฟิกกระจายอย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความจุที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานจาก 2 เป็น 3 และเพิ่มจาก 3 เป็น 4 หรือเพิ่มจาก 4 เป็น 5 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าความจุที่เพิ่มขึ้นจะลดลง เหตุผลเนื่องจากว่าผลของคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานที่เพิ่มขึ้นถูกจำกัดโดยจำนวนคลื่นพาห์ในระบบที่มีจำนวนจำกัด สำหรับจำนวนคลื่นพาห์ที่เหมาะสมในการออกแบบระบบ จะขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบ (operator) เนื่องจากว่าตัวแปรในการออกแบบระบบไม่ใช่ขึ้นกับประสิทธิภาพอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับตัวแปรอื่นๆ อีกด้วยเช่น การลงทุนและผลตอบแทน รวมถึงความสามารถของอุปกรณ์ด้วย

ในรูปที่ 4.26 ถึง 4.73 แสดงค่าการใช้ประโยชน์ของสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญสรุปได้ว่าทั้งวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA จะมีการใช้ของสัญญาณเป็นกลุ่มที่อยู่ในคลื่นพาห์เดียวกัน ซึ่งแต่ละสถานีฐานจะเลือกใช้คลื่นพาห์ด้วยตัวของตัวเอง โดยคลื่นพาห์ที่แต่ละสถานีฐานใช้จะไม่ซ้ำกับคลื่นพาห์ของสถานีฐานที่เป็น neighbor cell หรืออยู่เฉยๆ

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความจุที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปัจจัย 2 อย่าง คือการใช้ค่าลำดับความสำคัญช่วยในการเลือกช่องสัญญาณที่อยู่ในคลื่นพาห์เดียวกัน ทำให้ลดโอกาสที่มีช่องสัญญาณว่างแต่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ อันเนื่องจากอุปกรณ์รับ-ส่งมีจำกัด กับอีกปัจจัยหนึ่งก็คือการใช้การอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ช่วยจัดช่องสัญญาณให้เต็มในคลื่นพาห์ของสถานีฐานนั้นๆ ซึ่งจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้การอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์กับความจุที่เพิ่มขึ้น หมายความว่าถ้ายังมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์มากขึ้นเท่าใด ความจุก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เหตุผลเนื่องจากว่าเมื่อมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์มากขึ้น โอกาสที่ช่องสัญญาณในระบบจะว่างก็จะมากขึ้นเช่นกัน ทำให้สามารถจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับสถานีฐานอื่นที่ต้องการได้

จากการศึกษาพบว่าปริมาณกราฟฟีกที่เหมาะสมในการใช้วิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA ควรอยู่ในช่วง 4-10 เฮอร์แลง ถ้าหากปริมาณกราฟฟีกสูงกว่านี้ประสิทธิภาพของวิธีที่เสนอนี้จะเริ่มแยกลงเมื่อเทียบกับวิธี FCA เหตุผลเนื่องจากว่าเมื่อปริมาณกราฟฟีกสูงๆ โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณในระบบว่างก็มีโอกาสน้อยลง ดังนั้นการกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัวจึงเหมาะสมกว่า ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการออกแบบระบบก็คือ เมื่อปริมาณกราฟฟีกสูงเกินช่วงดังกล่าว จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนสถานีฐานเพื่อให้ปริมาณกราฟฟีกต่อสถานีฐานลดลง ซึ่งวิธีการกำหนดช่องสัญญาณที่เสนอสนับสนุนการเพิ่มหรือลดสถานีฐานให้มีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการวางแผนตารางความถี่

ในเรื่องการเพิ่มจำนวนอุปกรณ์รับ-ส่งนั้น เนื่องจากแนวโน้มของราคาอุปกรณ์จะยังมีแต่ลดลง ในขณะที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ประกอบกับการลงทุนต่อ 1 สถานีฐาน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานอย่างอื่นด้วย อาทิเช่น ตัวอาคาร สถานที่ อุปกรณ์สายอากาศ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน ไม่ได้หมายถึงการเพิ่มการลงทุนเป็นจำนวนเท่าของคลื่นพาห์ ซึ่งจำนวนคลื่นพาห์ที่เหมาะสมของแต่ละสถานีฐานในระบบ จะขึ้นอยู่กับ การออกแบบและตัดสินใจของโอเปอเรเตอร์

สำหรับเรื่องอัตราการใช้การอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ที่เพิ่มขึ้นนั้น ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบกับ การทำ frequency hopping แล้วจะพบว่าในกรณีของ frequency hopping ทุกช่องสัญญาณต้องมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ แต่ในขณะที่วิธีที่เสนอนี้มีอัตราการใช้การอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์เพียง 24 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงไม่น่าจะมีผลกระทบต่อการทำงานของระบบมากนัก

5.2 ข้อควรพิจารณาในการนำไปใช้กับระบบจริง

ในการนำวิธีการกำหนดของสัญญาณแบบพลาตที่ได้เสนอไปปรับปรุงใช้งานจริงกับระบบปัจจุบัน ยังมีข้อที่ต้องศึกษาและแก้ไขเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. ในเรื่องของอุปกรณ์รับ-ส่งของสถานีฐาน จะต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ตัวแยกและรวมสัญญาณวิทยุ (RF distributor and combiner) และตัวมอดูเลตและดีมอดูเลต (modulator and demodulator) เนื่องจากว่าในปัจจุบันอุปกรณ์ดังกล่าว ใช้ได้เฉพาะความถี่ใดความถี่หนึ่งเท่านั้น ดังนั้นต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นแบบที่สามารถเปลี่ยนแปลงตามความถี่ที่ใช้งานได้ทั้งหมด

2. สำหรับอุปกรณ์ของสถานีฐานเองแล้ว สามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ได้ทุกความถี่อยู่แล้ว เพียงแต่สิ่งที่ต้องพิจารณาก็คือเวลาในการเปลี่ยนความถี่ ซึ่งในโครงสร้างเฟรมสัญญาณจีเอสเอ็ม มีบิตที่เป็น guard อยู่ 8.25 บิตหรือเท่ากับ $30.443 \mu\text{s}$ ซึ่งอุปกรณ์ของสถานีฐานจะต้องสามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ให้ได้ภายในเวลาดังกล่าว

3. ในเรื่องของกริ่งโครโนซ์สัญญาณระหว่างสถานีฐาน ต้องมีความแม่นยำสูง ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ Δt สมมุติว่าสถานีฐาน A ที่เวลาเท่ากับ t ตรวจหาช่องสัญญาณที่ไม่ถูกใช้โดยสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ปรากฏว่ามีความถี่ f_1 วางอยู่ สถานีฐาน A ก็จะนำความถี่ดังกล่าวมาใช้ แต่อาจเป็นไปได้ว่ามีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ได้ใช้ความถี่ f_1 ไปแล้ว โดยอาจเริ่มใช้ในช่วงเวลา $t + \Delta t$ ซึ่งสถานีฐาน A ไม่สามารถรู้ได้ ทำให้เกิดการใช้ความถี่ซ้ำกันได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในโครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาการกำหนดของสัญญาณ โดยศึกษาถึงผลของปริมาณกราฟฟิค และรูปแบบของกราฟฟิค ที่มีต่ออัตราการบล็อก รวมทั้งศึกษาถึงผลของจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานที่มีต่ออัตราการบล็อกด้วย

สำหรับงานวิจัยที่ควรจะต้องศึกษาต่อไป ควรใช้แบบจำลองที่ใกล้เคียงกับระบบจริงมากยิ่งขึ้น โดยเพิ่มเติมแบบจำลองต่างๆ ซึ่งได้แก่

1. แบบจำลองการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์
2. แบบจำลองของการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐาน
3. แบบจำลองการแพร่กระจาย (propagation model)

เพื่อศึกษาถึงผลของตัวแปรอื่นๆ ที่อาจมีผลต่ออัตราการบล็อก โดยอาจนำการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐานมาใช้เป็นเงื่อนไขรวมกับการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ซึ่งน่าจะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำลง แต่จะมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

- Akaiwa, Y., and Andoh, H. Channel Segregation - A Self-Organized Dynamic Channel Allocation Method: Application to TDMA/FDMA Microcellular System. IEEE J. Select. Areas Commun. Vol. 11, No. 6 (August 1993): 949-954.
- Cimini, L., J., Foschini, G., J., I, C.,-L., and Miljanic, Z. Call Blocking Performance of Distributed Algorithms for Dynamic Channel Allocation in Microcells. IEEE Trans. Commun. Vol. 42, No. 8 (August 1994): 2600-2607.
- Cimini, L., J., and Foschini, G., J. Distributed algorithms for dynamic channel allocation in microcellular systems. Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. 42nd, Vol. 2, (1992): 641-644.
- Fuhrmann, W., F., and Brass, V. Performance Aspects of the GSM Radio Subsystem. Proc. IEEE. Vol. 82, No. 9 (September 1994): 1449-1466.
- Greenstein, L. J., et al. Microcells in Personal Communications Systems. IEEE Commun. Mag. Vol. 30, No.12 (December 1992): 76-88.
- I, Chin,-Lin, and Chao, Pi,-Hui. Local Packing - Distributed Dynamic Channel Allocation at Cellular Base Station. Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. Vol.1 (1993): 293-301.
- Lee, W., C., Y. Mobile Cellular Telecommunications: Analog and Digital Systems. 2Ed. McGraw-Hill, Inc., 1995.
- Li, V., O., K., and Qiu, X. Personal Communication Systems (PCS). Proc. IEEE. Vol. 83, No. 9 (September 1995): 1210-1246.
- Rannema, M. Overview Of The GSM System and Protocol Architecture. IEEE Commun. Mag. Vol. 31, No. 4 (April 1993): 92-100.
- Sarnecki, J., Vinodrai, C., Javed, A., O'Kelly, P. and Dick, K. Microcell Design Principles. IEEE Commun. Mag. Vol. 31, No. 4 (April 1993): 76-82.

Wei, W., and Soong, B., H. Distributed Algorithms for Dynamic Channel Allocation in Cellular Mobile Systems. Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. 3rd Annual International Conference. (1994): 548-551.

Zhang, M., and Yum, T., -S., P. Comparisons of Channel-Assignment Strategies in Cellular Mobile Telephone Systems. IEEE Trans. Veh. Technol. Vol. 38, No. 4 (November 1989): 211-215.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ตารางที่ ก.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Erlang กับ λ (อัตราการเกิดการเรียกต่อหน่วยเวลา)

Erl	λ	λ	Erl
1.0	0.001961	0.005	2.54917
2.0	0.003923	0.010	5.09833
3.0	0.005884	0.015	7.64750
4.0	0.007846	0.020	10.19667
5.0	0.009807	0.025	12.74583
6.0	0.011769	0.030	15.29500
7.0	0.013730	0.035	17.84417
8.0	0.015691	0.040	20.39333
9.0	0.017653	0.045	22.94250
10.0	0.019614	0.050	25.49166
11.0	0.021576	0.055	28.04083
12.0	0.023537	0.060	30.59000
13.0	0.025499	0.065	33.13916
14.0	0.027460	0.070	35.68833
15.0	0.029421	0.075	38.23750
16.0	0.031383	0.080	40.78667
17.0	0.033344	0.085	43.33584
18.0	0.035306	0.090	45.88501
19.0	0.037267	0.095	48.43417
20.0	0.039229	0.100	50.98334

$$\lambda = \frac{erl}{15,295} \times \frac{3,600}{120}$$

$$erl = \lambda \times 15,295 \times \frac{120}{3,600}$$

Mean Holding Time = 120 วินาที

No. of Timeslots per = 15,295 Timeslots

ตารางที่ ก.2 ค่าอัตราการบล็อกที่คำนวณจากสมการ Erlang B
ที่จำนวนค่าช่องสัญญาณเท่ากับ 8, 16 และ 24 ช่องสัญญาณสัญญาณ

Traffic (erl)	Pb ch.=8	Pb ch.=16	Pb ch.=24
0.0			
0.5	3.6577E-08	2.7534E-19	3.6269E-32
1.0	6.6702E-06	1.2854E-14	4.3346E-25
1.5	0.00011596	5.7270E-12	4.9496E-21
2.0	0.00075700	3.7338E-10	3.2233E-18
2.5	0.00287382	8.4416E-09	4.3437E-16
3.0	0.00774535	9.7574E-08	2.1588E-14
3.5	0.01652930	7.1043E-07	5.3948E-13
4.0	0.02986120	3.6922E-06	8.1597E-12
4.5	0.04772010	1.4848E-05	8.4192E-11
5.0	0.06954500	4.8811E-05	6.4296E-10
5.5	0.09446490	0.00013640	3.8513E-09
6.0	0.12152000	0.00033345	1.8884E-08
6.5	0.14981600	0.00072881	7.8280E-08
7.0	0.17859800	0.00144846	2.8131E-07
7.5	0.20728200	0.00265316	8.9396E-07
8.0	0.23543700	0.00452831	2.5524E-06
8.5	0.26276600	0.00726729	6.6337E-06
9.0	0.28908000	0.01105110	1.5864E-05
9.5	0.31426600	0.01602860	3.5224E-05
10.0	0.33827200	0.02230080	7.3173E-05
10.5	0.36108700	0.02991270	0.00014315
11.0	0.38272800	0.03885170	0.00026519
11.5	0.40322900	0.04905350	0.00046754
12.0	0.42263800	0.06041220	0.00078778
12.5	0.44100800	0.07279210	0.00127342
13.0	0.45839600	0.08604030	0.00198140
13.5	0.47485900	0.09999750	0.00297665
14.0	0.49045300	0.11450700	0.00432942
14.5	0.50523300	0.12942000	0.00611177
15.0	0.51925100	0.14460200	0.00839350

ตารางที่ ก.2 ค่าอัตราการบล็อกที่คำนวณจากสมการ Erlang B
ที่จำนวนค่าช่องสัญญาณเท่ากับ 8, 16 และ 24 ช่องสัญญาณสัญญาณ (ต่อ)

Traffic (erl)	Pb ch.=8	Pb ch.=16	Pb ch.=24
15.5	0.53258800	0.15993300	0.01123800
16.0	0.54519800	0.17530800	0.01469820
16.5	0.55721600	0.19063800	0.01881380
17.0	0.56865300	0.20585100	0.02360930
17.5	0.57954500	0.22086600	0.02909280
18.0	0.58992800	0.23569500	0.03525650
18.5	0.59983400	0.25023900	0.04207830
19.0	0.60929300	0.26449000	0.04952340
19.5	0.61833300	0.27842700	0.05754700
20.0	0.62697900	0.29203300	0.06609470
20.5	0.63525600	0.30530100	0.07511550
21.0	0.64318600	0.31822400	0.08454350
21.5	0.65078800	0.33080000	0.09432080
22.0	0.65808300	0.34303000	0.10438800
22.5	0.66508700	0.35491700	0.11468900
23.0	0.67181800	0.36646600	0.12517100
23.5	0.67829000	0.37768300	0.13578300
24.0	0.68451700	0.38857600	0.14648300
24.5	0.69051300	0.39915200	0.15722800
25.0	0.69629000	0.40942000	0.16798300
25.5	0.70186000	0.41938800	0.17871700
26.0	0.70723300	0.42906600	0.18940200
26.5	0.71241800	0.43846400	0.20001300
27.0	0.71742700	0.44759900	0.21053100
27.5	0.72228700	0.45645100	0.22093900
28.0	0.72694600	0.46500000	0.23122200
28.5	0.73147300	0.47342400	0.24136700
29.0	0.73585400	0.48158100	0.25136600
29.5	0.74009600	0.48947000	0.26121100
30.0	0.74420600	0.49710000	0.27089500

ก.1 วิธีการคำนวณอัตราการบล็อก กรณี Timid และ Aggressive (Cimini et al., 1994)

จากสมการ Erlang B

$$P_b = \frac{\alpha^k / k!}{\sum_{i=0}^k \alpha^i / i!}$$

โดยที่

P_b = อัตราการบล็อก
 α = ปริมาณทราฟฟิก โดยที่
 กรณี FCA เท่ากับ N
 กรณี TIMID เท่ากับ $N\rho$
 กรณี AGGRESSIVE เท่ากับ $N\rho$
 ρ คือ ปริมาณทราฟฟิกในหนึ่งเซลล์
 k = จำนวนของสัญญาณในแต่ละเซลล์ โดยที่
 กรณี TIMID

$$k = \delta M$$

กรณี AGGRESSIVE

$$k = M$$

M คือ จำนวนของสัญญาณทั้งหมดในระบบ

N คือ reuse factor

δ เท่ากับ 0.693 กรณี $N=3$

δ เท่ากับ 0.658 กรณี $N=7$

ตารางที่ ก.3 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟิกระบบบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น
ระหว่างกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟิกระบบแบบสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอของวิธี SEG

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	4.9829	0.0256	0.5218	0.0059	88.44067797	0.0003	4.487632203
Point B (2)	4.4611	0.0197				0.02	
Point C (1)	5.085	0.0218	0.5526	0.007	78.94285714	0.0052	4.942902857
Point D (2)	4.5324	0.0148					
						% diff.	10.15%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.514	0.0262	0.5167	0.0067	77.11940299	0.0005	5.035859701
Point B (2)	4.9973	0.0195				0.02	
Point C (1)	5.6005	0.0205	0.4882	0.006	81.36666667	0.0055	5.559816667
Point D (2)	5.1123	0.0145					
						% diff.	10.40%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.4999	0.0227	0.4905	0.0057	86.05263158	0.003	5.267557895
Point B (2)	5.0094	0.017				0.02	
Point C (1)	6.05	0.0235	0.379	0.0058	65.34482759	0.0023	5.821293103
Point D (2)	5.671	0.0177					
						% diff.	10.51%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.5146	0.0214	0.5235	0.0069	75.86956522	0.0055	5.408382609
Point B (2)	4.9911	0.0145				0.02	
Point C (1)	6.432	0.0258	0.343	0.0066	51.96969697	0.0008	6.130575758
Point D (2)	6.089	0.0192					
						% diff.	13.35%

ตารางที่ ก.4 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น
ระหว่างกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอของวิธี SEG-PA

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.04	0.0265	0.5199	0.008	64.9875	0.0015	4.61758125
Point B (2)	4.5201	0.0185				0.02	
Point C (1)	5.1102	0.021	0.5212	0.0078	66.82051282	0.0068	5.043379487
Point D (2)	4.589	0.0132					
						% diff.	9.22%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.5607	0.0258	0.5208	0.0081	64.2962963	0.0023	5.187781481
Point B (2)	5.0399	0.0177				0.02	
Point C (1)	6.12	0.0268	0.635	0.0099	64.14141414	0.0031	5.683838384
Point D (2)	5.485	0.0169					
						% diff.	9.56%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.5909	0.0228	0.5397	0.0096	56.21875	0.0068	5.4334875
Point B (2)	5.0512	0.0132				0.02	
Point C (1)	6.4412	0.0255	0.5006	0.0066	75.84848485	0.0011	6.024033333
Point D (2)	5.9406	0.0189					
						% diff.	10.87%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	6.0206	0.026	0.4706	0.0065	72.4	0.0005	5.5862
Point B (2)	5.55	0.0195				0.02	
Point C (1)	6.4802	0.0234	0.4033	0.0058	69.53448276	0.0024	6.243782759
Point D (2)	6.0769	0.0176					
						% diff.	11.77%

ตารางที่ ก.5 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น
ระหว่างกรณีที่มีรูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอของวิธี SEG-PPA

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.0177	0.0218	0.4157	0.0073	56.94520548	0.0055	4.91519863
Point B (2)	4.602	0.0145				0.02	
Point C (1)	5.5312	0.0203	0.3984	0.0069	57.73913043	0.0066	5.513878261
Point D (2)	5.1328	0.0134					
						% diff.	12.18%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.5834	0.0206	0.598	0.0074	80.81081081	0.0068	5.534913514
Point B (2)	4.9854	0.0132				0.02	
Point C (1)	6.5708	0.0244	0.4609	0.0072	64.01388889	0.0028	6.289138889
Point D (2)	6.1099	0.0172					
						% diff.	13.63%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.9915	0.0221	0.3938	0.0057	69.0877193	0.0036	5.846415789
Point B (2)	5.5977	0.0164				0.02	
Point C (1)	6.88	0.0241	0.6104	0.0086	70.97674419	0.0045	6.588995349
Point D (2)	6.2696	0.0155					
						% diff.	12.70%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	6.5284	0.0271	0.544	0.0079	68.86075949	0.0008	6.039488608
Point B (2)	5.9844	0.0192				0.02	
Point C (1)	7.25	0.0235	0.6011	0.0085	70.71764706	0.005	7.002488235
Point D (2)	6.6489	0.015					
						% diff.	15.95%

ตารางที่ ก.6 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟิคขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น
ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิคกระจายแบบสม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	4.9829	0.0256	0.5218	0.0059	88.44067797	0.0003	4.487632203
Point B (2)	4.4611	0.0197				0.02	
Point C (1)	5.04	0.0265	0.5199	0.008	64.9875	0.0015	4.61758125
Point D (2)	4.5201	0.0185					
						% diff.	2.90%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.514	0.0262	0.5167	0.0067	77.11940299	0.0005	5.035859701
Point B (2)	4.9973	0.0195				0.02	
Point C (1)	5.5607	0.0258	0.5208	0.0081	64.2962963	0.0023	5.187781481
Point D (2)	5.0399	0.0177					
						% diff.	3.02%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.514	0.0262	0.5167	0.0067	77.11940299	0.0005	5.035859701
Point B (2)	4.9973	0.0195				0.02	
Point C (1)	5.5607	0.0258	0.5208	0.0081	64.2962963	0.0023	5.187781481
Point D (2)	5.0399	0.0177					
						% diff.	3.02%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.514	0.0262	0.5167	0.0067	77.11940299	0.0005	5.035859701
Point B (2)	4.9973	0.0195				0.02	
Point C (1)	5.5607	0.0258	0.5208	0.0081	64.2962963	0.0023	5.187781481
Point D (2)	5.0399	0.0177					
						% diff.	3.02%

ตารางที่ ก.7 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น
ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PA กรณีที่รูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.085	0.0218	0.5526	0.007	78.94285714	0.0052	4.942902857
Point B (2)	4.5324	0.0148				0.02	
Point C (1)	5.1102	0.021	0.5212	0.0078	66.82051282	0.0068	5.043379487
Point D (2)	4.589	0.0132					
						% diff.	2.03%

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.6005	0.0205	0.4882	0.006	81.36666667	0.0055	5.559816667
Point B (2)	5.1123	0.0145				0.02	
Point C (1)	6.12	0.0268	0.635	0.0099	64.14141414	0.0031	5.683838384
Point D (2)	5.485	0.0169					
						% diff.	2.23%

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	6.05	0.0235	0.379	0.0058	65.34482759	0.0023	5.821293103
Point B (2)	5.671	0.0177				0.02	
Point C (1)	6.4412	0.0255	0.5006	0.0066	75.84848485	0.0011	6.024033333
Point D (2)	5.9406	0.0189					
						% diff.	3.48%

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	6.432	0.0258	0.343	0.0066	51.96969697	0.0008	6.130575758
Point B (2)	6.089	0.0192				0.02	
Point C (1)	6.4802	0.0234	0.4333	0.0058	74.70689655	0.0024	6.226196552
Point D (2)	6.0469	0.0176					
						% diff.	1.56%

ตารางที่ ก.8 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟิคขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น
ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟิคกระจายแบบสม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	4.9829	0.0256	0.5218	0.0059	88.44067797	0.0003	4.487632203
Point B (2)	4.4611	0.0197				0.02	
Point C (1)	5.0117	0.0218	0.4097	0.0073	56.12328767	0.0055	4.910678082
Point D (2)	4.602	0.0145					
						% diff.	9.43%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.514	0.0262	0.5167	0.0067	77.11940299	0.0005	5.035859701
Point B (2)	4.9973	0.0195				0.02	
Point C (1)	5.5834	0.0206	0.598	0.0074	80.81081081	0.0068	5.534913514
Point D (2)	4.9854	0.0132					
						% diff.	9.91%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.4999	0.0227	0.4905	0.0057	86.05263158	0.003	5.267557895
Point B (2)	5.0094	0.017				0.02	
Point C (1)	5.9915	0.0221	0.3938	0.0057	69.0877193	0.0036	5.846415789
Point D (2)	5.5977	0.0164					
						% diff.	10.99%

จำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.5146	0.0214	0.5235	0.0069	75.86956522	0.0055	5.408382609
Point B (2)	4.9911	0.0145				0.02	
Point C (1)	6.5284	0.0271	0.544	0.0079	68.86075949	0.0008	6.039488608
Point D (2)	5.9844	0.0192					
						% diff.	11.67%

ตารางที่ ก.9 แสดงการ interpolate ค่ากราฟฟีกขอบริการและคำนวณค่าความจุที่เพิ่มขึ้น
ระหว่างวิธี SEG และ SEG-PPA กรณีที่รูปแบบกราฟฟีกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 2

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.085	0.0218	0.5526	0.007	78.94285714	0.0052	4.942902857
Point B (2)	4.5324	0.0148				0.02	
Point C (1)	5.5312	0.0203	0.3984	0.0069	57.73913043	0.0066	5.513878261
Point D (2)	5.1328	0.0134					
						% diff.	11.55%

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 3

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	5.6005	0.0205	0.4882	0.006	81.36666667	0.0055	5.559816667
Point B (2)	5.1123	0.0145				0.02	
Point C (1)	6.5708	0.0244	0.4609	0.0072	64.01388889	0.0028	6.289138889
Point D (2)	6.1099	0.0172					
						% diff.	13.12%

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 4

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	6.05	0.0235	0.379	0.0058	65.34482759	0.0023	5.821293103
Point B (2)	5.671	0.0177				0.02	
Point C (1)	6.88	0.0241	0.6104	0.0086	70.97674419	0.0045	6.588995349
Point D (2)	6.2696	0.0155					
						% diff.	13.19%

จำนวนคลื่นพาดต่อสถานีฐานเท่ากับ 5

	X	Y	X1-X2	Y1-Y2	X1-X2/Y1-Y2	0.02-Y2	Value at 0.02
Point A (1)	6.432	0.0258	0.343	0.0066	51.96969697	0.0008	6.130575758
Point B (2)	6.089	0.0192				0.02	
Point C (1)	7.25	0.0235	0.6011	0.0085	70.71764706	0.005	7.002488235
Point D (2)	6.6489	0.015					
						% diff.	14.22%

