บทที่ 3

แบบจำลองระบบและวิธีการจำลองระบบ

3.1 ข้อกำหนดของแบบจำลองระบบ

3.1.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. โทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกตัวอยู่กับที่และไม่คิดการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างเซลล์
2. ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถติดต่อกันได้ทุกครั้ง (ไม่คิดกรณีที่ปลายทางไม่ว่างหรือปิดเครื่อง)
3. มีการจัดสรรช่องสัญญาณโดยการเลือกช่องสัญญาณตามลำดับ
4. ไม่คิดเฟดดิงพหุวิถี (multipath fading) ในการติดต่อของโทรศัพท์เคลื่อนที่
5. การเรียกที่มาถึงมีการแจกแจงแบบปัวส์ซง
6. เวลายึดช่องสัญญาณ (holding time) เท่ากับ 180 วินาที [6] โดยมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential)
7. มีการแพ็กช่องสัญญาณด้วยการทำแฮนโอเวอร์ภายในเซลล์

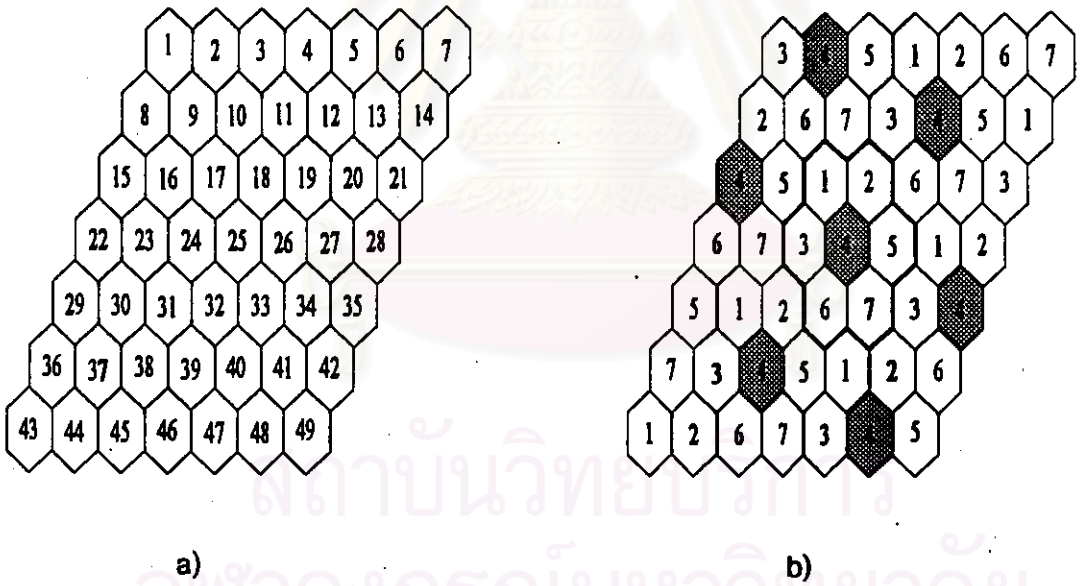
3.1.2 ข้อกำหนดของเซลล์ [6]

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งรูปแบบเซลล์ที่ใช้ในการจำลองเป็น 2 แบบ คือ แบบรูปที่มีการใช้ความถี่ซ้ำ 7 เซลล์ (reuse pattern: K=7) และแบบรูปที่มีการใช้ความถี่ซ้ำ 3 เซลล์ สาเหตุที่แบ่งทำเป็นแบบจำลอง 2 แบบ คือ [6] มีการนำเสนอวิธี GDCA และ CFDCA โดยใช้แบบจำลองแบบ K=7 และ K=3 วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงทำการจำลองทั้ง 2 ระบบ เพื่อเปรียบเทียบว่าวิธีที่เสนอนี้ดีกว่าที่ [6] เคยเสนอมาทั้ง 2 ระบบ

แบบจำลองระบบที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 7 เซลล์ (K =7)

1. แบบจำลองของระบบมีเซลล์จำนวน 49 เซลล์ และมีพื้นที่ครอบคลุมเซลล์เป็นรูป 6 เหลี่ยมด้านเท่า ดังรูปที่ 3.1 a)
2. มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำของระบบเป็น 7 เซลล์ ดังแสดงในรูป 3.1 b)

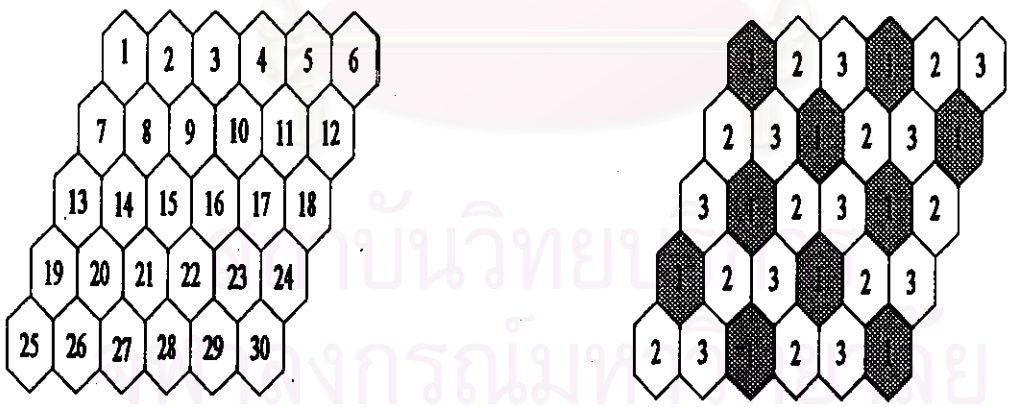
3. มีจำนวนคลื่นพาห์ที่สามารถใช้งานได้ทั้งหมดใน 49 เซลล์เท่ากับ 35 (C=35) หรือมีค่าเฉลี่ยของจำนวนคลื่นพาห์ต่อเซลล์ = 35/7 = 5 คลื่นพาห์
4. แต่ละคลื่นพาห์มีจำนวนช่องสัญญาณ (ไทม์สล็อต) เท่ากับ 8 (S=8)
5. คลื่นพาห์ทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้ใน 49 เซลล์ มีค่า C/I เกินกว่าค่าเทรชโฮลด์
6. แต่ละเซลล์มีสถานีฐาน (Base Transceiver Station: BTS) ตั้งอยู่มีกึ่งกลางเซลล์
7. สถานีฐานทุกสถานีฐานมีตารางการครอบครองช่องสัญญาณเพิ่มเติม (Augmented Channel Occupancy: ACO) โดยตารางนี้จะบอกถึงข้อมูลการใช้ช่องสัญญาณของสถานีฐานที่พิจารณา และสถานีฐานภายในเซลล์ข้างเคียงที่อยู่ใน local reuse cluster
8. ค่ากำลังส่งสัญญาณของสถานีฐานมีค่าเท่ากันหมด
9. แต่ละเซลล์เป็นพื้นที่ราบเรียบโล่ง
10. แต่ละสถานีฐานจะใช้สายอากาศส่งสัญญาณรอบทิศทาง (Omnidirectional Antenna)



รูปที่ 3.1 a) แบบจำลองของระบบ 49 เซลล์ ที่ใช้ในการจำลองระบบ
b) แบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 7 เซลล์

แบบจำลองที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 3 เซลล์ (K =3)

1. แบบจำลองของระบบมีเซลล์จำนวน 30 เซลล์ และมีพื้นที่ครอบคลุมเซลล์เป็นรูป 6 เหลี่ยมด้านเท่า ดังรูปที่ 3.2 a)
2. มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำของระบบเป็น 3 เซลล์ ดังแสดงในรูป 3.2 b)
3. มีจำนวนคลื่นพาห์ที่สามารถใช้งานได้ทั้งหมดใน 30 เซลล์เท่ากับ 12 (C=12) หรือมีค่าเฉลี่ยของจำนวนคลื่นพาห์ต่อเซลล์ = 12/3 = 4 คลื่นพาห์
4. แต่ละคลื่นพาห์มีจำนวนช่องสัญญาณ (ไทม์สล็อต) เท่ากับ 8 (S=8)
5. คลื่นพาห์ทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้ใน 30 เซลล์ มีค่า C/I เกินกว่าค่าเทรชโฮลด์
6. แต่ละเซลล์มีสถานีฐาน (Base Transceiver Station: BTS) ตั้งอยู่มีกึ่งกลางเซลล์
7. สถานีฐานทุกสถานีฐานมีตารางการครอบครองช่องสัญญาณเพิ่มเติม (Augmented Channel Occupancy: ACO) โดยตารางนี้จะบอกถึงข้อมูลการใช้ช่องสัญญาณของสถานีฐานที่พิจารณา และสถานีฐานภายในเซลล์ข้างเคียงที่อยู่ใน local reuse cluster
8. ค่ากำลังส่งสัญญาณของสถานีฐานมีค่าเท่ากันหมด
9. แต่ละเซลล์เป็นพื้นที่ราบเรียบโล่ง
10. แต่ละสถานีฐานจะใช้สายอากาศส่งสัญญาณรอบทิศทาง (Omnidirectional Antenna)



a) b)

รูปที่ 3.2 a) แบบจำลองของระบบ 30 เซลล์ ที่ใช้ในการจำลองระบบ
b) แบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 3 เซลล์

3.2 วิธีจำลองระบบของการจัดสรรช่องสัญญาณ G-CFDCA+PPA

ในการจำลองระบบโดยคอมพิวเตอร์ จะใช้โปรแกรม MATLAB ในการจำลองและเก็บผล โดยใช้จำนวนการติดขัดของการเรียกในการเก็บผล กล่าวคือจะเก็บผลการจำลองระบบในแต่ละครั้ง จนการเรียกติดขัดเป็นจำนวน 40,000 ครั้ง (เหตุผลที่เลือกค่า 40,000 ครั้งนี้แสดงไว้ในภาคผนวก ข)

ผลที่เก็บในการจำลองระบบนี้มีอยู่ 3 อย่างด้วยกันคือ

1. ความน่าจะเป็นของการติดขัดทั้งระบบ (Blocking Probability)
2. อัตราการทำอินทราเซลล์แฮนโอเวอร์ (Intracell Handover Rate)
3. ความน่าจะเป็นของการได้คลื่นพาห์โดยวิธีแอ็กเกรสซีฟ (Carrier Acquisition Probability with Aggressive Method)

ผลที่เก็บได้นี้จะนำเสนอในบทที่ 4 ต่อไป

ในการจำลองระบบนี้จะนำผลของ G-CFDCA+PPA, GDCA+PPA และ CFDCA+PPA เปรียบเทียบกับ FCA, G-CFDCA, GDCA และ CFDCA ที่วิทยานิพนธ์ [6] นำเสนอไว้

การจำลองระบบข้างต้นทั้งหมดนี้ จะพิจารณาทราฟฟิกให้กับระบบ 2 กรณี คือ กรณีทราฟฟิกสม่ำเสมอ และ กรณีทราฟฟิกไม่สม่ำเสมอ

แบบจำลองระบบที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 7 เซลล์

กรณีสภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ

ทุก ๆ เซลล์ของระบบทั้ง 49 เซลล์ จะมีการกระจายการเกิดทราฟฟิกที่เท่ากันทั้งหมด โดยจะเริ่มที่ค่าทราฟฟิกของระบบเท่ากับ 31 เออร์แลง ซึ่งพิจารณาจากความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกเท่ากับ 2 % และจำนวนช่องสัญญาณต่อเซลล์เท่ากับ 40 ช่องสัญญาณ จากนั้นค่าทราฟฟิกของทั้งระบบจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 20 % จากค่าทราฟฟิกเริ่มต้นของระบบ โดยพิจารณาเพิ่มจาก 0 % ไปจนถึง 100 % ดังนั้นแต่ละเซลล์จะมีค่าทราฟฟิกเพิ่มขึ้นจากค่าทราฟฟิกเริ่มต้นของระบบเป็น 37.2, 43.4, 49.6, 55.8 และ 62 เออร์แลง ตามลำดับ

กรณีสภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

การเพิ่มค่าทราฟฟิกจากค่าทราฟฟิกเริ่มต้นจะเหมือนกับสภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ โดยพิจารณาเพิ่มจาก 0 % ไปจนถึง 100 % โดยที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 20 % และเซลล์ในแต่ละคลัสเตอร์ (7 เซลล์) จะถูกแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มดังนี้

- กลุ่มแรก คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.1(b) จะมีแฟกเตอร์ (factor) คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 0.1 ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 31 เออร์แลง เพราะฉะนั้นในเซลล์นี้ จะมีค่า ทราฟฟิกเท่ากับ 0.1 * 31 = 3.1 เออร์แลง
- กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 2 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 0.4
- กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 3 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 0.7
- กลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 4 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 1.0
- กลุ่มที่ 5 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 5 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 1.3
- กลุ่มที่ 6 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 6 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 1.6
- กลุ่มที่ 7 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 7 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 1.9

หลักในการเลือกแฟกเตอร์นี้ มีการเลือกโดยให้มีทราฟฟิกเฉลี่ยโดยรวมในคลัสเตอร์เท่ากับตอนสภาวะทราฟฟิกสม่ำเสมอ คือจาก แฟกเตอร์ 0.1-1.9 นี้เมื่อหาค่าเฉลี่ยแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1.0 ซึ่งเปรียบเสมือนมีแฟกเตอร์ 1.0 คูณให้กับปริมาณทราฟฟิกในแต่ละเซลล์

แบบจำลองระบบที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 3 เซลล์ (K=3)

กรณีสภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ

จะเหมือนกับแบบจำลองที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 7 เซลล์ คือ ทุก ๆ เซลล์ของระบบทั้ง 30 เซลล์ จะมีการแจกแจงการเกิดทราฟฟิกที่เท่ากันทั้งหมด โดยจะเริ่มที่ค่าทราฟฟิกของระบบเท่ากับ 23.72 เออร์แลง ซึ่งพิจารณาจากความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกเท่ากับ 2 % และจำนวนช่องสัญญาณต่อเซลล์เท่ากับ 32 ช่องสัญญาณ จากนั้นค่าทราฟฟิกของทั้งระบบจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 20 % จากค่าทราฟฟิกเริ่มต้นของระบบ โดยพิจารณาเพิ่มจาก 0 % ไปจนถึง 100 % ดังนั้นแต่ละเซลล์จะมีค่าทราฟฟิกเพิ่มขึ้นจากค่าทราฟฟิกเริ่มต้นของระบบเป็น 23.72, 28.46, 33.21, 37.95, 42.7 และ 47.44 เออร์แลง ตามลำดับ

กรณีสภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

จะเหมือนกับแบบจำลองที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 7 เซลล์ โดยพิจารณาเพิ่มค่าทราฟฟิกจาก 0 % ไปจนถึง 100 % โดยที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 20 % และเซลล์ในแต่ละคลัสเตอร์ (3 เซลล์) จะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

- กลุ่มแรก คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.2(b) จะมีแฟกเตอร์ (factor) คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 0.5 ตัวอย่าง เช่น ถ้าให้ค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 23.72 เออร์แลง เพราะฉะนั้นในเซลล์นี้จะมีค่า ทราฟฟิกเท่ากับ 0.5 * 23.72 = 11.86 เออร์แลง
- กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 2 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 1.0
- กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มที่ใช้ label number หมายเลข 3 จะมีแฟกเตอร์คูณเข้ากับค่าทราฟฟิกเฉลี่ยของแต่ละคลัสเตอร์เป็น 1.5

3.3 การนำเสนอผลการจำลองระบบ

ในการนำเสนอนี้จะนำผลของ ความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียก, อัตราการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์โดยเฉลี่ย, ความน่าจะเป็นของการได้คลื่นพาห์โดยวิธีแอ็กเกรสซีฟ มานำเสนอในรูปของกราฟและวิเคราะห์ผลโดยจะแสดงไว้ในบทที่ 4 โดยหัวข้อการจำลองระบบจะเป็นดังต่อไปนี้

แบบจำลองระบบที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 7 เซลล์ (K = 7)

1. ความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกของทั้งระบบ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ
2. ความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกของทั้งระบบ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ
3. อัตราการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์โดยเฉลี่ย ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ
4. อัตราการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์โดยเฉลี่ย ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

5. ความน่าจะเป็นของการได้คลื่นพาห์โดยวิธีแอ็กเกรสซีฟ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ
6. ความน่าจะเป็นของการได้คลื่นพาห์โดยวิธีแอ็กเกรสซีฟ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

แบบจำลองระบบที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำ 3 เซลล์ (K = 3)

1. ความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกของทั้งระบบ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ
2. ความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกของทั้งระบบ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ
3. อัตราการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์โดยเฉลี่ย ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ
4. อัตราการแฮนด์โอเวอร์ภายในเซลล์โดยเฉลี่ย ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ
5. ความน่าจะเป็นของการได้คลื่นพาห์โดยวิธีแอ็กเกรสซีฟ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ
6. ความน่าจะเป็นของการได้คลื่นพาห์โดยวิธีแอ็กเกรสซีฟ ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

3.4 การทดสอบความถูกต้องของระบบ

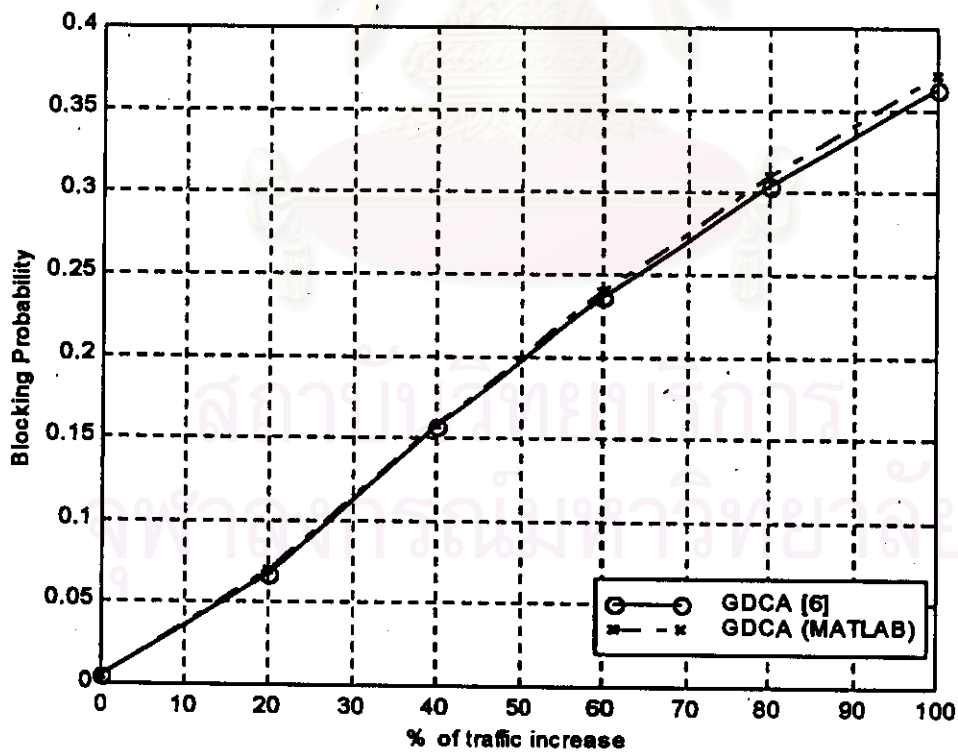
ก่อนที่จะเริ่มการทำการจำลองระบบของกระบวนการแอ็กเกรสซีฟ ต้องเริ่มตรวจสอบความถูกต้องกับอัลกอริทึมเดิมที่เสนอใน [6] ก่อน เนื่องจากโปรแกรมวิธี GDCA, CFDCA, G-CFDCA ที่ [6] ได้เสนอไว้นั้นเขียนโดยใช้ภาษา C แต่โปรแกรมวิธีที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการเขียนโดยใช้ MATLAB ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมก่อน โดยจะเปรียบเทียบผลความน่าจะเป็นการติดขัดของการเรียกซึ่งใช้แบบจำลองระบบที่มีแบบรูปการใช้ความถี่ซ้ำแบบ 7 เซลล์ในการทดสอบความถูกต้อง ซึ่งจากตารางและกราฟที่ใช้ทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3.1-3.3 และรูปที่ 3.3-3.5 นั้นจะเห็นว่า ค่าที่ได้จาก MATLAB และจาก [6] นั้น ต่างก็มีค่าแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ [8] ทั้งในวิธี GDCA, CFDCA และ G-CFDCA

3.4.1 การทดสอบความถูกต้องของ GDCA

การทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างผลการจำลองระบบวิธี GDCA (MATLAB) กับผลในงานวิจัย [6]

% of traffic increased	GDCA [6]	GDCA (MATLAB)	% of difference
0	0.005170	0.005061	-2.11
20	0.067288	0.069344	3.06
40	0.156696	0.158799	1.34
60	0.235960	0.239677	1.57
80	0.303843	0.309487	1.86
100	0.362214	0.370288	2.23



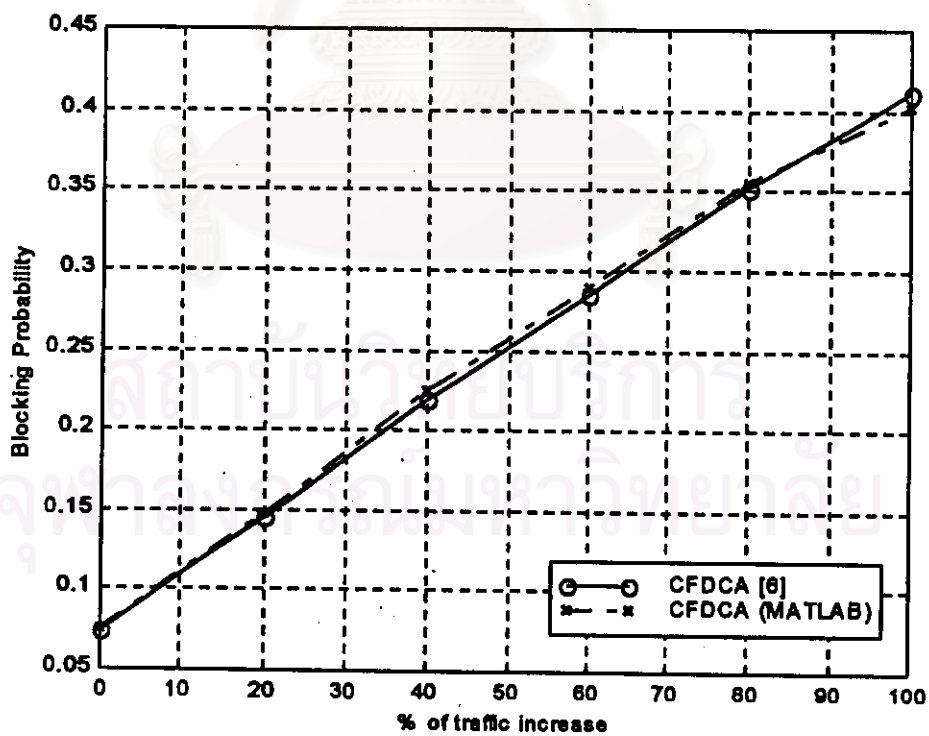
รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกของทั้งระบบ สำหรับวิธี GDCA (MATLAB) และวิธีจาก [6] ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ

3.4.2 การทดสอบความถูกต้องของ CFDCA

การทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างผลการจำลองระบบวิธี CFDCA (MATLAB) กับผลในบทความ [6]

% of traffic increased	CFDCA [6]	CFDCA (MATLAB)	% of difference
0	0.073701	0.074860	1.57
20	0.145258	0.147786	1.74
40	0.218960	0.224379	2.47
60	0.285116	0.289021	1.37
80	0.350963	0.354852	1.11
100	0.410930	0.401643	-2.26



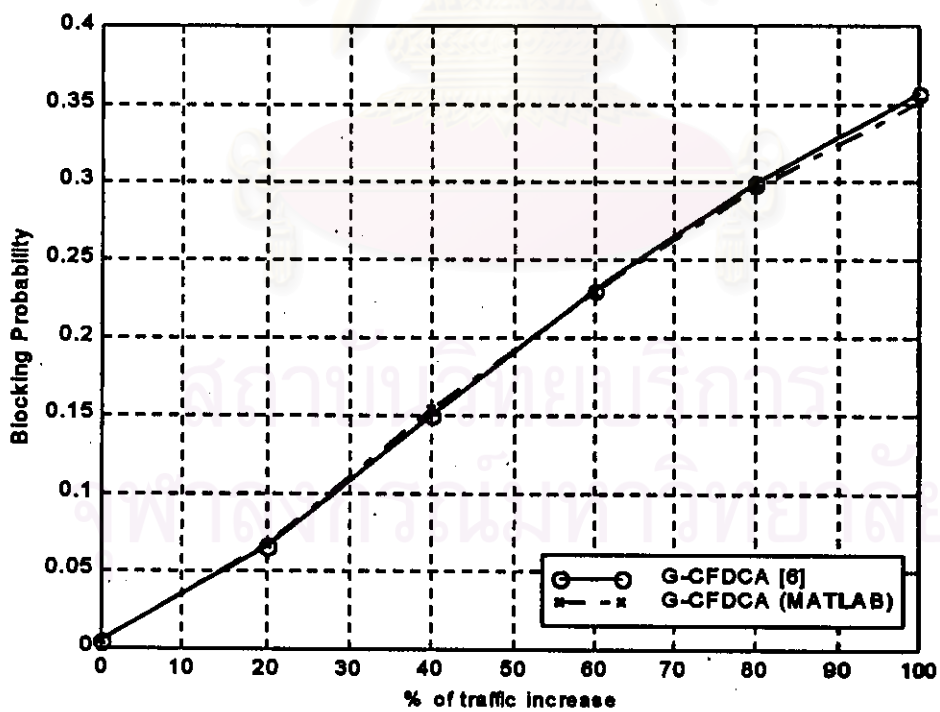
รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกของทั้งระบบ สำหรับวิธี GDCA (MATLAB) และวิธีจาก [6] ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ

3.4.3 การทดสอบความถูกต้องของ G-CFDCA

การทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างผลการจำลองระบบวิธี GDCA (MATLAB) กับผลในบทความ [6]

% of traffic increased	G-CFDCA [6]	G-CFDCA (MATLAB)	% of difference
0	0.004668	0.004751	1.78
20	0.065303	0.066847	2.36
40	0.150653	0.154183	2.34
60	0.230411	0.228687	-0.75
80	0.299336	0.295732	1.20
100	0.357164	0.350418	1.89



รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบความน่าจะเป็นของการติดขัดของการเรียกของทั้งระบบ สำหรับวิธี G-CFDCA (MATLAB) และวิธีจาก [6] ภายใต้สภาวะทราฟฟิกที่มีการกระจายแบบสม่ำเสมอ