บทที่ 5
สรุปผลการจำลองแบบ

5.1 สรุปผลการจำลองแบบ

วิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัตที่ได้เสนอมานี้ 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

ตารางที่ 5.1 สรุปเปอร์เซ็นต์ความจุที่เพิ่มขึ้นของวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA เมื่อเทียบกับความจุของวิธี FCA ทั้งกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายอย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ

Technic			SEG								SEG-PA								SEG-PPA							
	Traffic		Uniform				Nonuniform				Uniform				Nonuniform				Uniform				Nonuniform			
		no. of TRx	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 ทั้งกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ ขณะที่วิธี SEG-PPA จะมีอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ค่อนข้างสูงประมาณ 8-24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับจำนวนการเรียกทั้งหมด ทั้งกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอและแบบไม่สม่ำเสมอ โดยที่กรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบสม่ำเสมอ อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ค่อนข้างคงที่ แต่สำหรับกรณีที่รูปแบบทราฟฟิกกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ในช่วงทราฟฟิกขอบริการต่ำๆ จะมีค่าสูงกว่าอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ในช่วงทราฟฟิกขอบริการสูงๆ เหตุผลก็เพราะว่าในช่วงทราฟฟิกขอบริการต่ำๆ โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณว่างมีสูง ทำให้สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้ ทำให้อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์สูง ในขณะที่เมื่อทราฟฟิกขอบริการสูงขึ้น โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณว่างก็ยิ่งลดลง ทำให้ไม่สามารถทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ได้ อัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์จึงลดลง

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

ในรูปที่ 4.26 ถึง 4.73 แสดงค่าการใช้ประโยชน์ช่องสัญญาณและค่าลำดับความสำคัญ สรุปได้ว่าทั้งวิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA จะมีการใช้ช่องสัญญาณเป็นกลุ่มที่อยู่ในคลื่นพาห์เดียวกัน ซึ่งแต่ละสถานีฐานจะเลือกใช้คลื่นพาห์ด้วยตัวของมันเอง โดยคลื่นพาห์ที่แต่ละสถานีฐานใช้จะไม่ซ้ำกับคลื่นพาห์ของสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ใช้อยู่เลย

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความจุที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปัจจัย 2 อย่าง คือการใช้ค่าลำดับความสำคัญช่วยในการเลือกช่องสัญญาณที่อยู่ในคลื่นพาห์เดียวกัน ทำให้ลดโอกาสที่มีช่องสัญญาณว่างแต่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ อันเนื่องจากอุปกรณ์รับ-ส่งมีจำกัด กับอีกปัจจัยหนึ่งก็คือการใช้การอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ช่วยจัดช่องสัญญาณให้เต็มในคลื่นพาห์ของสถานีฐานนั้นๆ ซึ่งจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์กับความจุที่เพิ่มขึ้น หมายความว่าถ้ายิ่งมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์มากขึ้นเท่าใด ความจุก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เหตุผลเนื่องจากว่าเมื่อมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์มากขึ้น โอกาสที่ช่องสัญญาณในระบบจะว่างก็จะมากขึ้นเช่นกัน ทำให้สามารถจัดสรรช่องสัญญาณที่ว่างให้กับสถานีฐานอื่นที่ต้องการได้

จากการศึกษาพบว่าปริมาณทราฟฟิกที่เหมาะสมในการใช้วิธี SEG, SEG-PA และ SEG-PPA ควรอยู่ในช่วง 4-10 เออร์แลง ถ้าหากปริมาณทราฟฟิกสูงกว่านี้ประสิทธิภาพของวิธีที่เสนอจะเริ่มแย่ลงเมื่อเทียบกับวิธี FCA เหตุผลเนื่องจากว่าเมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงๆ โอกาสที่จะมีช่องสัญญาณในระบบว่างก็มีโอกาสน้อยลง ดังนั้นการกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัวจึงเหมาะสมกว่า ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดในการออกแบบระบบก็คือ เมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงเกินช่วงดังกล่าวจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนสถานีฐานเพื่อให้ปริมาณทราฟฟิกต่อสถานีฐานลดลง ซึ่งวิธีการกำหนดช่องสัญญาณที่เสนอสนับสนุนการเพิ่มหรือลดสถานีฐานให้มีความยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการวางแผนตารางความถี่

ในเรื่องการเพิ่มจำนวนอุปกรณ์รับ-ส่งนั้น เนื่องจากแนวโน้วของราคาอุปกรณ์จะยิ่งมีแต่ลดลง ในขณะที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ประกอบกับการลงทุนต่อ 1 สถานีฐาน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานอย่างอื่นด้วย อาทิเช่น ตัวอาคาร สถานที่ อุปกรณ์สายอากาศ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐาน ไม่ได้หมายถึงการเพิ่มการลงทุนเป็นจำนวนเท่าของคลื่นพาห์ ซึ่งจำนวนคลื่นพาห์ที่เหมาะสมของแต่ละสถานีฐานในระบบ จะขึ้นอยู่กับการออกแบบและตัดสินใจของโอเปอเรเตอร์

สำหรับเรื่องอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ที่เพิ่มขึ้นนั้น ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบกับการทำ frequency hopping แล้วจะพบว่าในกรณีของ frequency hopping ทุกช่องสัญญาณต้องมีการทำอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ แต่ในขณะที่วิธีที่เสนอมีอัตราการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์สูงสุดเพียง 24 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงไม่น่าจะมีผลกระทบต่อการทำงานของระบบมากนัก

5.2 ข้อควรพิจารณาในการนำไปใช้กับระบบจริง

ในการนำวิธีการกำหนดช่องสัญญาณแบบพลวัตที่ได้เสนอไปปรับปรุงใช้งานจริงกับระบบปัจจุบัน ยังมีข้อที่ต้องศึกษาและแก้ไขเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

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

2. สำหรับอุปกรณ์ของสถานีฐานเองแล้ว สามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ได้ทุกความถี่อยู่แล้ว เพียงแต่สิ่งที่ต้องพิจารณาก็คือเวลาในการเปลี่ยนความถี่ ซึ่งในโครงสร้างเฟรมสัญญาณจีเอสเอ็มมีบิตที่เป็น guard อยู่ 8.25 บิตหรือเท่ากับ 30.443 μs ซึ่งอุปกรณ์ของสถานีฐานจะต้องสามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ให้ได้ภายในเวลาดังกล่าว

3. ในเรื่องของการซิงโครไนซ์สัญญาณระหว่างสถานีฐาน ต้องมีความแม่นยำสูง ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ Δt สมมุติว่าสถานีฐาน A ที่เวลาเท่ากับ t ตรวจหาช่องสัญญาณที่ไม่ถูกใช้โดยสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ปรากฏว่ามีความถี่ f1 ว่างอยู่ สถานีฐาน A ก็จะนำความถี่ดังกล่าวมาใช้ แต่อาจเป็นไปได้ว่ามีสถานีฐานที่เป็น interference neighborhood ได้ใช้ความถี่ f1 ไปแล้ว โดยอาจเริ่มใช้ในช่วงเวลา t+Δt ซึ่งสถานีฐาน A ไม่สามารถรู้ได้ ทำให้เกิดการใช้ความถี่ซ้ำกันได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาการกำหนดช่องสัญญาณ โดยศึกษาถึงผลของปริมาณทราฟฟิกและรูปแบบของทราฟฟิก ที่มีต่ออัตราการบล็อก รวมทั้งศึกษาถึงผลของจำนวนคลื่นพาห์ต่อสถานีฐานที่มีต่ออัตราการบล็อกด้วย

สำหรับงานวิจัยที่ควรจะศึกษาต่อไป ควรใช้แบบจำลองที่ใกล้เคียงกับระบบจริงมากยิ่งขึ้น โดยเพิ่มเติมแบบจำลองต่างๆ ซึ่งได้แก่

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

เพื่อศึกษาถึงผลของตัวแปรอื่นๆ ที่อาจมีผลต่ออัตราการบล็อก โดยอาจนำการแฮนด์โอเวอร์ระหว่างสถานีฐานมาใช้เป็นเงื่อนไขร่วมกับการอินทราเซลล์แฮนด์โอเวอร์ ซึ่งน่าจะให้อัตราการบล็อกที่ต่ำลง แต่จะมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น