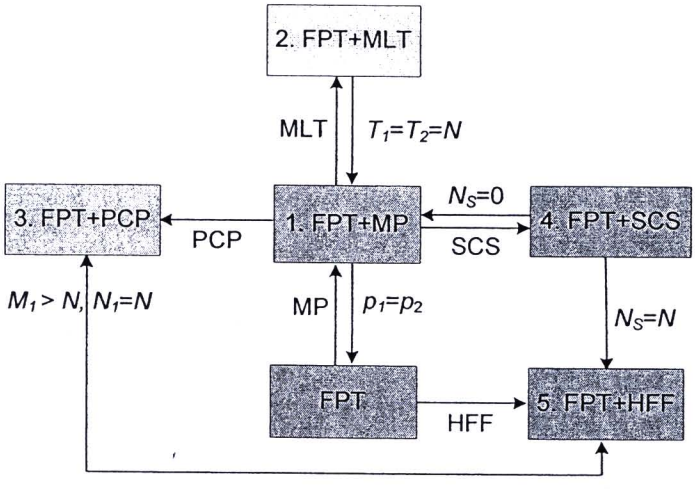
# บทที่ 7

# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทนี้กล่าวถึงบทสรุปของเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้งหมดที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและพัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณ

## 7.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณ 5 แบบที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญแตกต่างกัน 2 คลาส สำหรับเครือข่ายการสื่อสารไร้สาย โดยแต่ละเทคนิคมีกลไกการเข้าจองช่องสัญญาณที่แตกต่างกัน ซึ่งเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ได้นำเสนอเหล่านี้ประกอบด้วยเทคนิคการจองแบบ FPT+MP (Fixed Probability Technique with Multiple Probability) FPT+MLT (Fixed Probability Technique with Multiple Limited Token) FPT+PCP (Fixed Probability Technique with Partitioned Contention Period) FPT+SCS (Fixed Probability Technique with Shifted Contention Slot) และ FPT+HFF (Fixed Probability Technique with High priority Finished First) โดยเทคนิคเหล่านี้ถูกพัฒนามาจากเทคนิคการจองแบบ FPT (Fixed Probability Technique) ซึ่งเป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกนำมาใช้สำหรับวัดสมรรถนะของเทคนิคที่นำเสนอทั้งหมดในเทอมของค่าความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองและค่า QoS metric ($\gamma$) โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละวิธีที่ได้นำเสนอดังรูปที่ 7.1




**รูปที่** 7.1 ความสัมพันธ์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้งหมดที่ได้นำเสนอ

จากการศึกษาและผลการทดสอบสมรรถนะของระบบแสดงให้เห็นว่าแต่ละเทคนิคที่นำเสนอจะให้จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยทั้งหมด ($S_T$) และค่า QoS metric ($\gamma$) ที่แตกต่างกันในแต่ละเทคนิค เมื่อพิจารณากรณีที่ $\gamma$ มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้งานเพื่อควบคุมคุณภาพของการให้บริการ สามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการจองแบบ FPT+SCS เป็นเทคนิคเดียวที่สามารถให้ค่า $S_T$ สูงที่สุดและยังสามารถควบคุมค่า $\gamma$ ตามที่ตองการได้ในช่วงกว้าง อย่างไรก็ตามเทคนิคการจองแบบ FPT+SCS ยังมีข้อเสียในประเด็นของค่า $\gamma$ ที่ได้นั้นยังมีจำนวนจำกัด โดยสามารถให้ $\gamma$ ได้เพียงบางค่าเท่านั้น แต่ในทางตรงกันข้ามสำหรับเทคนิคการจองแบบ FPT+MP จะให้ค่า $\gamma$ จำนวนมากแต่อยู่ช่วงสั้นๆ ดังนั้นเพื่อให้ได้สมรรถนะที่สูงกว่าเทคนิคการจองแบบ FPT+SCS จึงได้นำเสนอการรวมเอาข้อดีของทั้งเทคนิคการจองแบบ FPT+MP และ FPT+SCS โดยจะเรียกเทคนิคการจองใหม่นี้ว่า FPT+SCS+MP จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการจองแบบ FPT+SCS+MP ให้ค่า $S_T$ สูงกว่าเทคนิคที่ได้นำเสนอมาทั้งหมด อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นในการควบคุมค่าของ $\gamma$ ตามที่ต้องการได้โดยการปรับเปลี่ยนจำนวนสล็อตการจองที่ถูกเลื่อน ($N_S$) และค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส ($p_1$ และ $p_2$)

จากนั้นได้ศึกษากลไกการทำงานตลอดจนการศึกษาผลกระทบของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ภายใต้เงื่อนไขที่มีผู้ใช้บริการไม่ปฏิบัติตามกฎการจองช่องสัญญาณที่แตกต่างกัน 3 สถานการณ์บนพื้นฐานการทำงานร่วมกันของความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจอง การใช้โทเค็น และการประวิงเวลาในการเข้าจองช่องสัญญาณ ค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จของผู้ใช้บริการทั่วไปและผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองได้ถูกแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปปิด (closed form) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการคำนวณสูง จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองทำการเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองเพียงอย่างเดียวจะให้ค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จสูงกว่าผู้ใช้บริการทั่วไปเล็กน้อย ยกเว้นกรณีที่มีจำนวนสล็อตการจองมากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบมากๆ ในขณะที่กลไกนี้จะเกิดผลเสียต่อผู้ใช้บริการทั่วไปเพียงเล็กน้อย และเมื่อผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองโดยใช้กลไกการทำงานของโทเค็นร่วมกับการเพิ่มค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองจะให้ค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จสูงกว่าผู้ใช้บริการทั่วไปในทุกกรณี และผลต่างนี้จะมากขึ้นเมื่อผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขการจองใช้จำนวนโทเค็นในการจองเพิ่มขึ้น อีกทั้งเมื่อผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองใช้กลไกการประวิงเวลาในการเข้าจองร่วมกับการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจอง ผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองสามารถปรับปรุงสมรรถนะของตนเองให้สูงขึ้นได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อผู้ใช้บริการทั่วไป เนื่องจากผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองจะทำการจองช่องสัญญาณในสล็อตการจอง

ท้ายๆ ซึ่งในช่วงนี้จะมีผู้ใช้บริการทั่วไปเข้าจองน้อยลง จึงส่งผลให้สมรรถนะโดยรวมของระบบถูกปรับปรุงให้สูงขึ้น

ในช่วงสุดท้ายได้ศึกษากลไกการทำงานตลอดจนการศึกษาผลกระทบของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT ภายใต้เงื่อนไขที่มีผู้ใช้บริการไม่ปฏิบัติตามกฎการจองช่องสัญญาณคือ สถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจอง และสถานการณ์ที่มีทั้งการเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองและจำนวนสล็อตการจองที่ถูกเลื่อน จากผลการทดสอบโดยใช้การซิมมูลเลชั่นสามารถสรุปได้ว่าเมื่อผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองทำการเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็ก เกตการจองเพียงอย่างเดียวจะให้ค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จสูงกว่าผู้ใช้บริการทั่วไปมาก และจะมีค่ามากขึ้นเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองมากขึ้น แต่เมื่อระบบมีจำนวนสล็อตการจองมากขึ้นความแตกต่างนี้จะลดลง และสำหรับสถานการณ์ที่ผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองใช้กลไกการเลื่อนเวลาในการเข้าจองร่วมกับการเปลี่ยนแปลงค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจอง สามารถสรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองและเพิ่มการเลื่อนเวลาในการเข้าจองช่องสัญญาณ ค่าความน่าจะเป็นของความ สำเร็จของผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองจะลดลงเนื่องจากจำนวนสล็อตที่สามารถใช้ทำการจองได้ลดลง และส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นของความสำเร็จของผู้ใช้บริการทั่วไปลดลงเล็กน้อย สำหรับผลกระทบต่อผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบจะมีความรุนแรงมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนสล็อตที่ถูกเลื่อนและจำนวนผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจอง อย่างไรก็ตามผลกระทบเหล่านี้จะมีความรุนแรงน้อยลงเมื่อมีจำนวนสล็อตการจองในระบบมากขึ้น

### 7.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณ ในขณะที่ยังมีพารามิเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและนิยมใช้วัดสมรรถนะของระบบคือเวลาประวิงในการจองช่องสัญญาณ ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นจึงควรพิจารณาพารามิเตอร์นี้เพิ่มเติม

2. นอกเหนือจากที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้วยังสามารถพิจารณาระบบที่กำหนดให้มีข้อมูลข่าวสารที่แตกต่างกันซึ่งมีความน่าสนใจและท้าทายเป็นอย่างมาก เนื่องจากเมื่อมีข้อมูลข่าวสารที่แตกต่างกันแล้วจะมีวิธีการออกแบบเทคนิคการเข้าจองช่องสัญญาณอย่างไรเพื่อให้ได้เทคนิคที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด เช่นระบบที่ทราบจำนวนผู้ใช้บริการที่เหลืออยู่ในแต่ละ

สล็อต ระบบที่ทราบจำนวนสล็อตการจองแต่ไม่ทราบจำนวนผู้ใช้บริการหรือทราบจำนวนผู้ใช้บริการแต่ไม่ทราบจำนวนสล็อตการจองเป็นต้น

3. จากที่ได้ทราบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณในชั้น MAC มีความสำคัญอย่างมากต่อสมรรถนะในการรับส่งสัญญาณ ดังนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบการสื่อสารไร้สายในมาตรฐานหรือรูปแบบการสื่อสารอื่นๆ ที่ต้องใช้กลไกการแข่งขันเพื่อเข้าใช้ช่องสัญญาณ เช่น Wireless Body Area Networks (WBANs) (เป็นเทคโนโลยีหนึ่งในมาตรฐาน IEEE 802.15) WiFi (IEEE 802.11 DCF) หรือ Optical Fiber เป็นต้น