

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับ ความสำคัญ

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบและการวิเคราะห์เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT (Fixed Probability Technique) และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการซึ่งมีทั้งสิ้น 5 เทคนิคคือ

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MP (Fixed Probability Technique with Multiple Probability) มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการแต่ละคลาส

2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MLT (Fixed Probability Technique with Multiple Limited Token) มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนโทเค็นสำหรับหรือจำนวนครั้งที่อนุญาตให้สามารถทำการจองได้ในแต่ละเฟรมสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส

3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+PCP (Fixed Probability Technique with Partitioned Contention Period) มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือสัดส่วนจำนวนสล롯การจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาส

4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+SCS (Fixed Probability Technique with Shifted Contention Slot) มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนสล롯การจองที่ถูกเลื่อนไปในการเข้าจองครั้งแรกสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2

5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+HFF (Fixed Probability Technique with High priority Finished First) มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1

สำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ไว้ดังนี้

S_1 แทนจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1

S_2 แทนจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2

S_T แทนจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบ โดยที่ $S_T = S_1 + S_2$

M_1 แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1

M_2 แทนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2

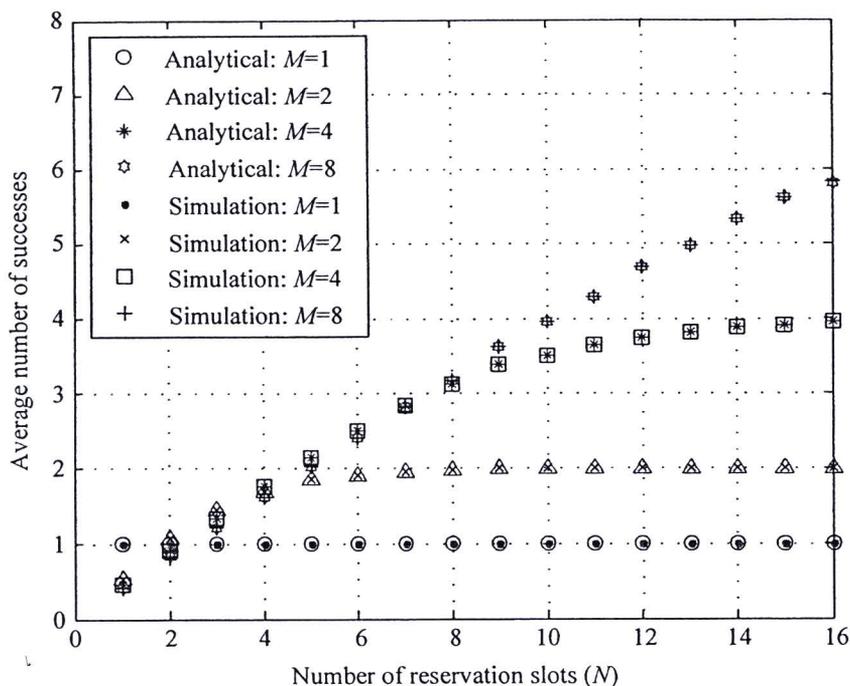
M แทนจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดของระบบ โดยที่ $M = M_1 + M_2$

N_1 แทนจำนวนสล롯การจองของผู้ใช้บริการคลาส 1

- N_2 แทนจำนวนสลิตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 2
- N แทนจำนวนสลิตการจองทั้งหมดในแต่ละเฟรม โดยที่ $N = N_1 + N_2$
- p_1 แทนความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 1
- p_2 แทนความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 2
- T_1 แทนจำนวนโทเค็นของผู้ใช้บริการคลาส 1
- T_2 แทนจำนวนโทเค็นของผู้ใช้บริการคลาส 2
- N_s แทนจำนวนสลิตการจองที่ถูกเลื่อนไปในการเข้าจองครั้งแรกสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 2
- γ หรือ QoS matrix เป็นอัตราส่วนของจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองหารด้วยจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ต่อจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองหารด้วยจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2
- $$= (S_1/M_1)/(S_2/M_2)$$

4.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสลิตการจองและความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณโดยทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และการซิมูเลชันด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อยืนยันความถูกต้อง เมื่อกำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบเป็น $M = 1, 2, 4$ และ 8 ราย ในขณะที่จำนวนสลิตการจอง (N) เปลี่ยนแปลงค่าจาก 1 ถึง 16 สลิต ความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองจะใช้ค่าที่เหมาะสมหรือ appropriate permission probability ($p_{optimal}$) ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ได้ค่าจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณสูงสุด จากรูปจะเห็นว่าเมื่อ N เพิ่มขึ้น จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณ (S) จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ยกเว้นในกรณีที่ $M = 1$ เนื่องจากผู้ใช้บริการจะประสบความสำเร็จในการจองเสมอโดยไม่มีการชนเกิดขึ้น เมื่อ N เพิ่มขึ้นจนถึงค่าๆ หนึ่งผู้ใช้บริการทั้งหมดจะสามารถทำการจองได้สำเร็จ อย่างไรก็ตามหากมีการเพิ่ม N มากไปกว่าค่านี้จะเป็นการสูญเสียทรัพยากรช่องสัญญาณโดยเปล่าประโยชน์เนื่องจากไม่ได้ช่วยให้จำนวนผู้ใช้บริการที่ทำการจองประสบความสำเร็จมากเกินกว่าจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด สังเกตได้จากกรณีที่จำนวนผู้ใช้บริการเป็น $M = 1, 2$ และ 4 ราย จะมีค่าความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณเป็น $S = 1, 2$ และ 4 ตามลำดับ จากกราฟของทุกกรณีที่ถูกระบุพบว่ามีค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และการซิมูเลชันมีค่าเท่ากัน

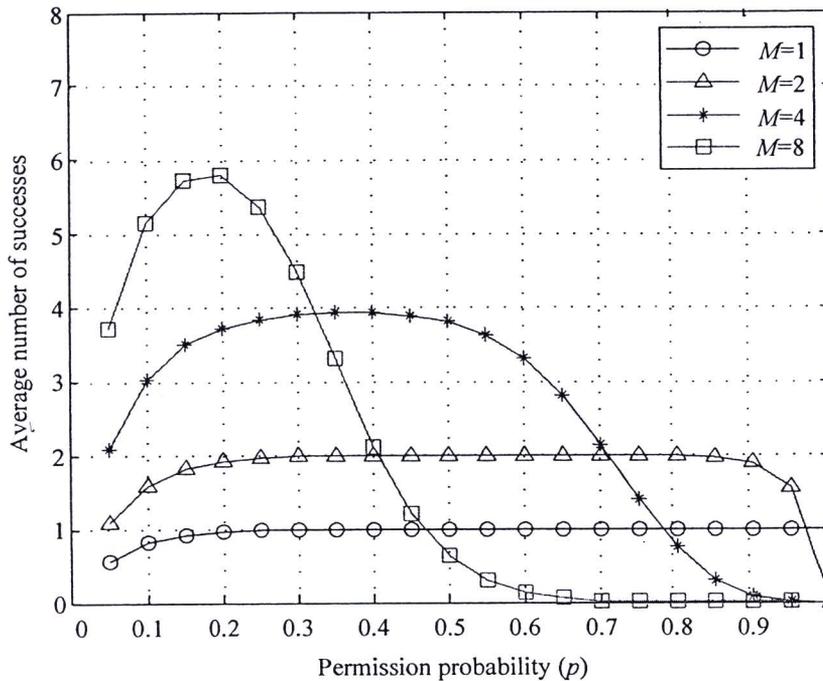


รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์และการซิมูเลชัน: ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยและจำนวนสล็อตการจอง (N) ของเทคนิค FPT

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจอง (p) ซึ่งทำให้ได้จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณสูงสุด เมื่อจำนวนสล็อตการจองถูกกำหนดให้มีค่าคงที่เป็น $N = 16$ สล็อต สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT เมื่อกำหนดให้มีจำนวนผู้ให้บริการเป็น $M = 1, 2, 4$ และ 8 ราย จากรูปจะเห็นว่าเมื่อ p มีค่าน้อยๆ S จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของค่า p อย่างชัดเจน และหลังจากที่ค่าของ p เพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าๆ หนึ่งจะทำให้ได้ S สูงสุด โดยค่า p นี้จะถูกเรียกว่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองที่เหมาะสม (p_{optimal}) แต่เมื่อ p มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ S จะลดต่ำลงจนกระทั่งมีค่าเป็นศูนย์เมื่อ $p = 1$ เนื่องจากผู้ให้บริการทุกรายจะเข้าทำการจองและจะเกิดการชนในที่สุด ยกเว้นกรณีที่ $M = 1$ นอกจากนี้แล้วจะสังเกตเห็นว่าเมื่อ $M = 1, 2, 4$ และ 8 ซึ่ง S สูงสุดจะมีค่าเป็น $1, 2, 3.92$ และ 5.87 โดยมีค่า p ที่สอดคล้องกับจำนวนผู้ให้บริการเป็น $1, 0.5, 0.35$ และ 0.20 ตามลำดับ

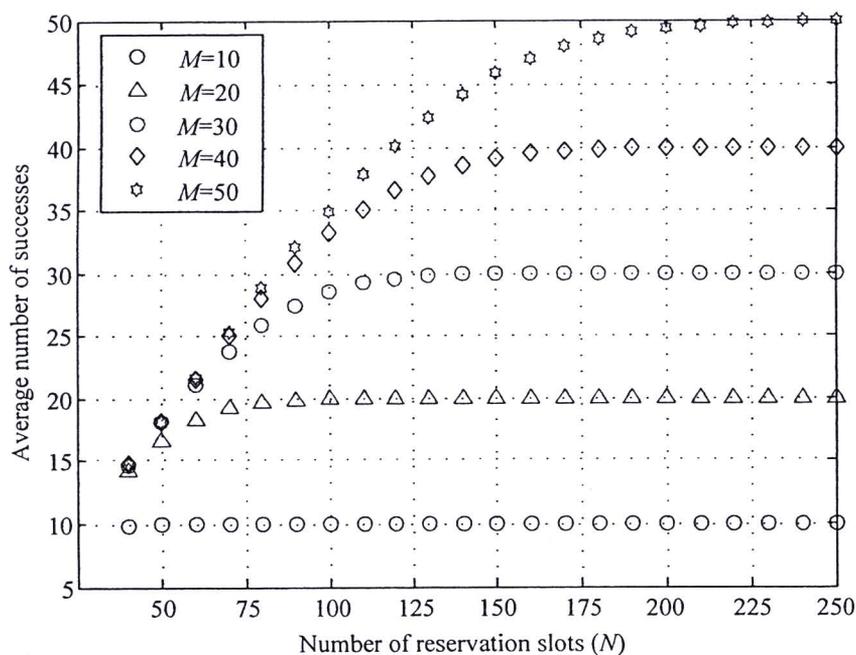
ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าเมื่อผู้ให้บริการในระบบมีจำนวนน้อย ความน่าจะเป็นนี้จะมีค่ามากเพื่อให้ผู้ให้บริการประสบความสำเร็จในการจองมากขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อผู้ให้บริการในระบบมีจำนวนมาก ความน่าจะเป็นนี้ก็จะมีค่าลดลงซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ต้องการให้ระบบปรับลดจำนวนการชนของแพ็กเก็ตการจองลงส่งผลให้จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนสล็อตการจองขึ้นค่าความน่าจะเป็น

ในการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจ้องจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสในการเข้าจ้องให้กับผู้ใช้บริการซึ่งค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดนี้จะสอดคล้องกับจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบและจำนวนสล๊อตการจ้องช่องสัญญาณที่ถูกนำไปใช้งานและได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.1

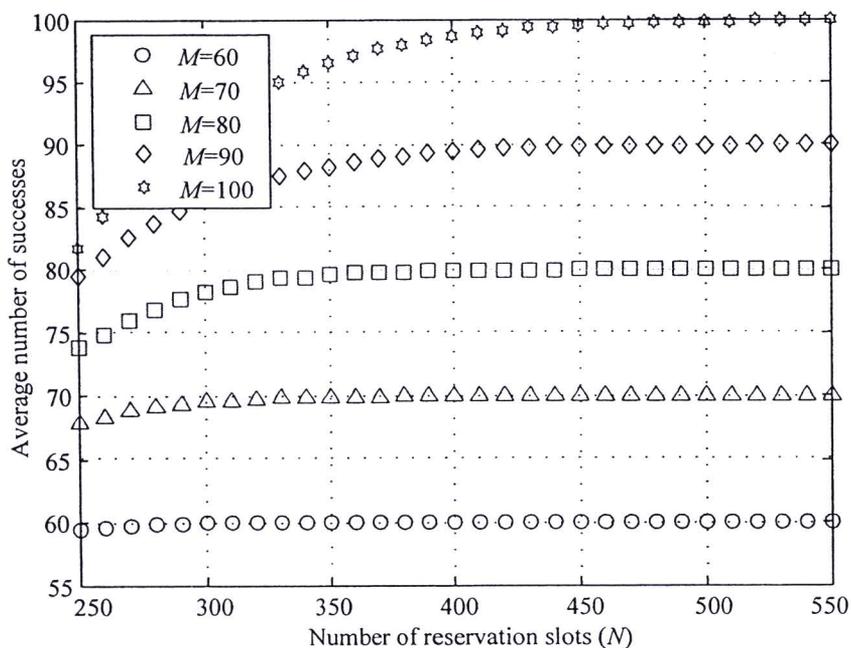


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยและค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจ้อง (p) เมื่อสล๊อตการจ้องมีจำนวน $N=16$ สล๊อต

การออกแบบระบบให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหากทราบจำนวนสล๊อตการจ้องน้อยที่สุดที่ระบบต้องการเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ของจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจ้องช่องสัญญาณที่แน่นอนและเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจ้องช่องสัญญาณและจำนวนสล๊อตการจ้องสำหรับเทคนิคการจ้องช่องสัญญาณแบบ FPT เมื่อกำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้บริการตั้งแต่ 10 ถึง 100 ราย โดยการเพิ่มจำนวนสล๊อตขึ้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบประสบความสำเร็จในการจ้อง ซึ่งอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าในขณะเวลาหนึ่งจำนวนผู้ใช้บริการมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนถือได้ว่ามีจำนวนคงที่ตลอดการทดสอบ จากนั้นนำผลที่ได้ไปแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการแสดงจำนวนสล๊อตการจ้องที่น้อยที่สุดที่ระบบสามารถให้จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจ้องช่องสัญญาณเท่ากับ 99% ของจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยและจำนวนสล็อตการจอง (N) เมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการ 10 20 30 40 และ 50 ราย



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยและจำนวนสล็อตการจอง (N) เมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการ 60 70 80 90 และ 100 ราย

จากข้อมูลทั้งหมดในตารางที่ 1 สามารถกำหนดให้เป็นกฎอย่างง่ายในการเลือกจำนวนสล็อตการจองเพื่อให้ได้รับจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณมากกว่า 99% ของจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดจะต้องใช้จำนวนสล็อตการจองให้มีค่าเป็น 5 เท่าของจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด ยกตัวอย่างการใช้กฎในการเลือกสล็อตดังกล่าวเช่น เมื่อ $M = 40$ ควรจะเลือก $N = 200$ สล็อต ในขณะที่จำนวนสล็อตที่ถูกแสดงไว้ในตารางนี้เป็น $N = 167$ สล็อต และเมื่อ $M = 80$ ควรจะเลือกจำนวนสล็อต $N = 400$ สล็อต ในขณะที่จำนวนสล็อตที่ถูกแสดงไว้ในตารางนี้เป็น $N = 330$ สล็อต

ตารางที่ 1 จำนวนสล็อตการจองที่น้อยที่สุดที่ระบบสามารถทำได้จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณเท่ากับ 99% ของจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด

จำนวนผู้ใช้บริการ (M)	จำนวนสล็อต (N)	จำนวนผู้ใช้บริการ (M)	จำนวนสล็อต (N)
5	22	55	226
10	43	60	248
15	64	65	271
20	85	70	290
25	105	75	307
30	125	80	330
35	146	85	353
40	167	90	380
45	186	95	400
50	208	100	415

4.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการ 2 คลาส

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการ 2 คลาส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถรองรับความต้องการ QoS ที่แตกต่างกันสำหรับผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสซึ่งได้ประเมินสมรรถนะของเทคนิคที่น่าเสนอทั้งหมดในรูปของจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 (S_1) ผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) และผลรวมของผู้ใช้บริการทั้งสองคลาส (S_T) โดยจำนวนผู้ใช้บริการถูกกำหนดให้มีค่าคงที่เป็น $M = 8$ ราย ขณะที่จำนวนสล็อตการจองถูกกำหนดให้มีค่าตายตัวเป็น N

= 16 สล็อต สัดส่วนของจำนวนผู้ใช้บริการระหว่างคลาส 1 และคลาส 2 ที่ได้นำมาพิจารณาในที่นี้ คือ $M_1:M_2 = 1:7$ 2:6 4:4 6:2 และ 7:1 ค่าของ QoS matrix (γ) ได้ถูกแสดงในหัวข้อนี้เพื่อที่จะนำมาแสดงให้เห็นถึงคุณภาพการบริการที่แตกต่างกันที่สามารถควบคุมได้

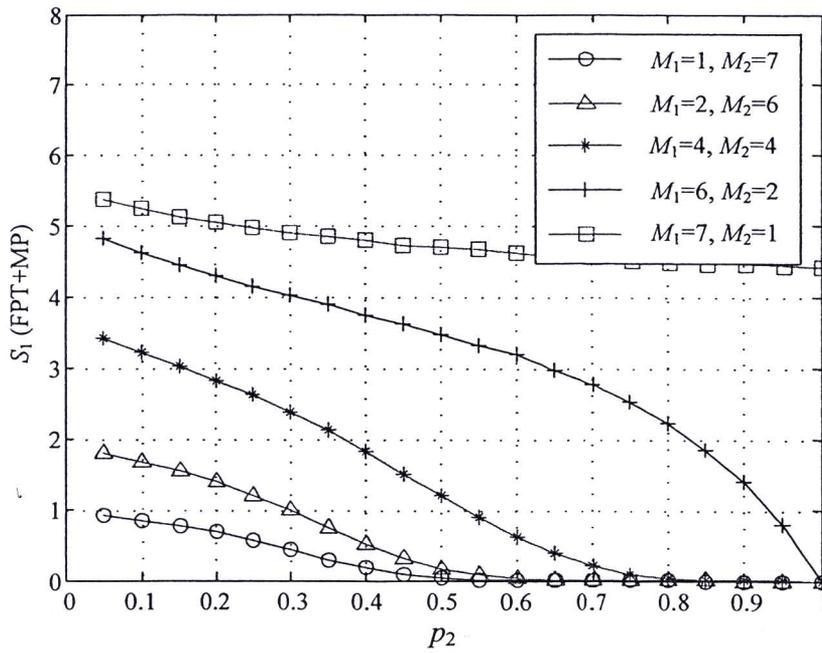
4.2.1 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MP

รูปที่ 4.5 4.6 และ 4.7 แสดงสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MP สำหรับผู้ใช้บริการคลาส (S_1) ผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) และผู้ใช้บริการทั้งหมด (S_T) ในระบบตามลำดับ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 (p_2) สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MP เมื่อจำนวนสล็อตการจองถูกกำหนดให้มีค่าคงที่เป็น $N = 16$ สล็อต จากรูปจะเห็นว่าเมื่อกำหนดให้ $p_1 = 0.20$ ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองที่เหมาะสมที่สุด ($p_{optimal}$) สำหรับเทคนิคการจองแบบ FPT ที่มีจำนวนผู้ใช้บริการ $M = 8$ และมีจำนวนสล็อตการจอง $N = 16$

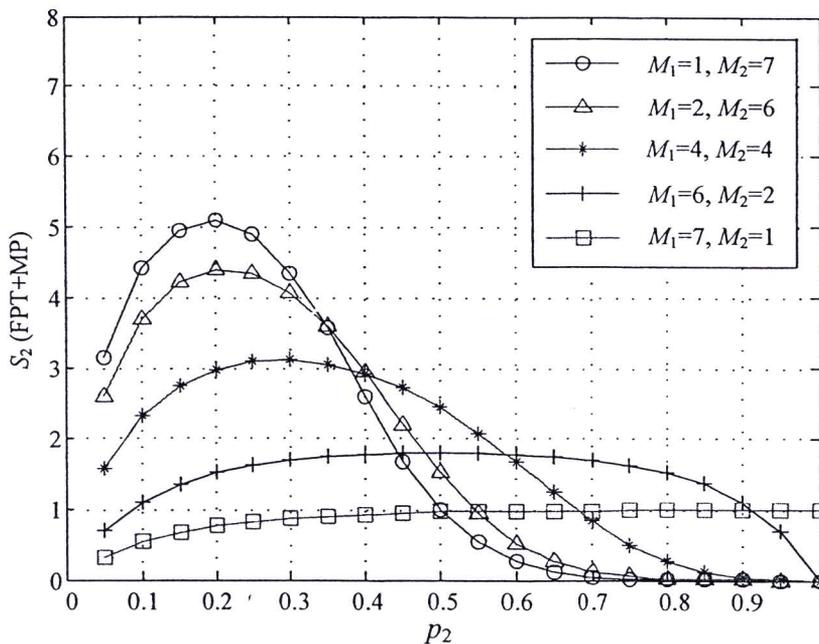
จากการสังเกตพบว่าเมื่อ p_2 ถูกกำหนดให้มีค่าต่ำกว่า 0.20 ค่าของ S_2 จะลดลงอย่างชัดเจน โดยไม่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่า S_1 ซึ่งหมายความว่า การลดลงของโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 ไม่ได้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพของผู้ใช้บริการคลาส 1 และเมื่อ p_2 ถูกกำหนดให้มีค่าสูงกว่า 0.20 ค่าของ S_1 จะลดลงจนกระทั่งเป็นศูนย์เมื่อ $p_2 = 1$ ยกเว้นกรณีนี้ที่ $M_1:M_2 = 7:1$ เนื่องจากผู้ใช้บริการคลาส 2 มีเพียงรายเดียวเท่านั้นจึงไม่เกิดการชนเสมอ ในขณะที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีพฤติกรรมเช่นเดียวกับเทคนิคการจองแบบ FPT ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 เมื่อกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองเป็นค่าอื่นๆ ที่ไม่ใช่ 0.20 จะสังเกตได้จากรูปที่ 4.7 ผลรวมของจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ดีที่สุด (optimal value, S_{max}) เสมอ

จากรูปที่ 4.8 แสดงช่วงของการควบคุมค่า QoS matrix (γ) ซึ่งพบว่ามีค่าค่อนข้างจำกัดอยู่ในช่วง 1 ถึง 2.5 หมายความว่าผู้ใช้บริการคลาส 1 มีอัตราความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณสูงกว่าอัตราความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 เป็นจำนวน 2.5 เท่า อย่างไรก็ตามช่วงการควบคุมค่า γ อาจจะถูกขยายให้มากกว่านี้ได้โดยการลดค่า p_2 ลง แต่ก็ยังเป็นสิ่งที่ทำได้ยากในการควบคุม γ ให้ได้ค่าตามที่ต้องการ เนื่องจากช่วงของการควบคุมนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ p_2 อย่างมาก จึงสามารถกล่าวได้ว่าเมื่อ p_2 ถูกกำหนดให้มีค่ามากกว่า 0.20 จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของทั้งผู้ใช้บริการคลาส 1 และคลาส 2 จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ในระบบมากขึ้น ดังนั้นสัดส่วนจำนวนของผู้ใช้บริการในกรณี $M_1:M_2 = 7:1$ จะสามารถควบคุมค่า γ ได้ดีที่สุด ในขณะที่ยังสามารถให้จำนวนความสำเร็จโดย

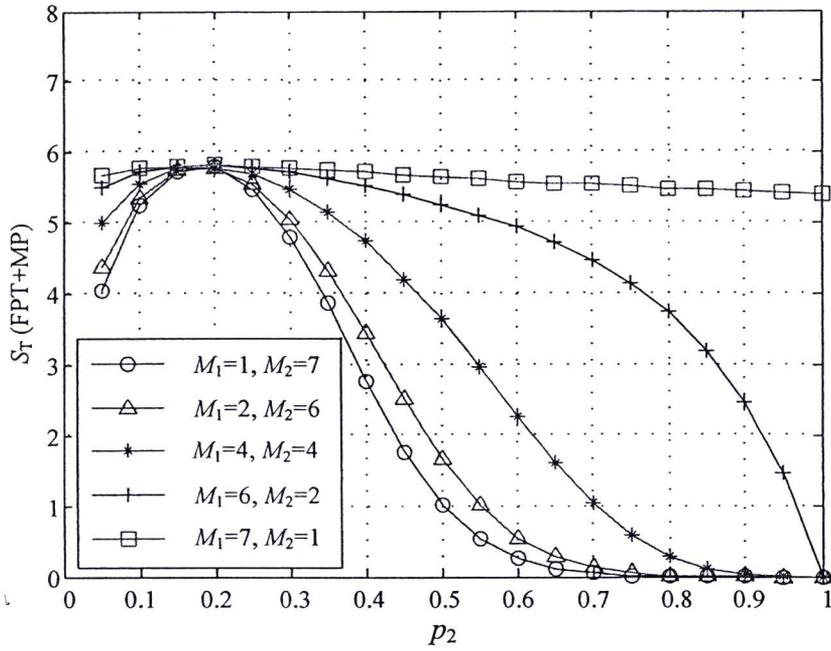
เฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณสูงสุดอีกด้วย สำหรับกรณีที่ $\gamma < 1$ จะไม่ถูกนำมาใช้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากเทคนิคที่นำเสนอนี้ต้องการให้ผู้ให้บริการคลาส 1 ได้เปรียบผู้ให้บริการคลาส 2 เสมอ



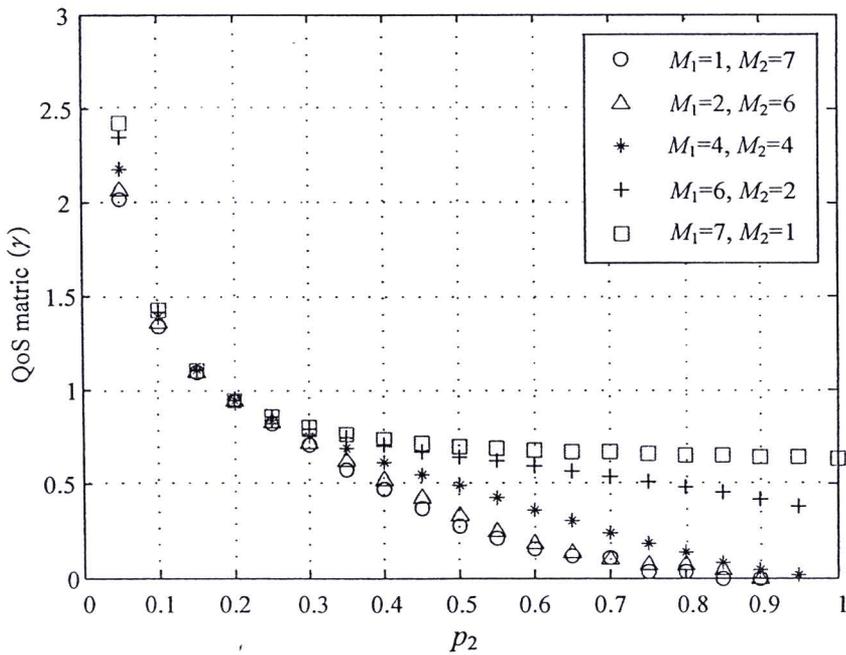
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ให้บริการคลาส 1 และค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองของผู้ให้บริการคลาส 2 (p_2) ของเทคนิค FPT+MP



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ให้บริการคลาส 2 และค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตเกิดการจองของผู้ให้บริการคลาส 2 (p_2) ของเทคนิค FPT+MP



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการทั้งหมดและค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 (p_2) ของเทคนิค FPT+MP

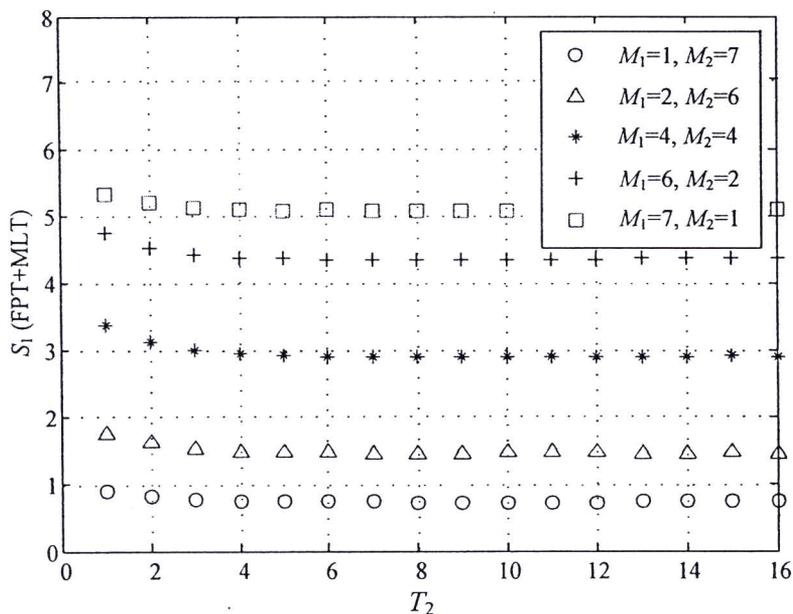


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง QoS matrix (γ) และค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 2 (p_2) ของเทคนิค FPT+MP

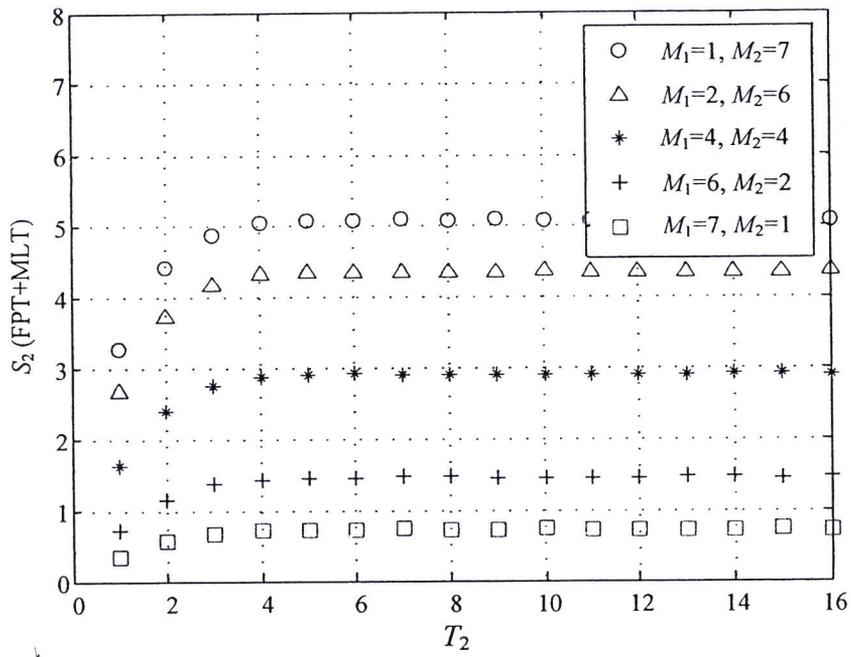
4.2.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MLT

จากรูปที่ 4.9 4.10 และ 4.11 แสดงสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MLT สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 (S_1) ผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) และผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบ (S_T) ตามลำดับ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจำนวนโทเค็นของผู้ใช้บริการคลาส 2 (T_2) เมื่อกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 และคลาส 2 เท่ากับ 0.20 ซึ่งเป็น ρ_{optimal} ของเทคนิค FPT โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดเป็น $M = 8$ รายและจำนวนสล็อตการจอง $N = 16$ จำนวนโทเค็นของผู้ใช้บริการคลาส 1 ถูกกำหนดให้มีค่าคงที่เป็น $T_1 = 16$ (ซึ่งเป็นการเข้าจองแบบ FPT) ในขณะที่ T_2 เปลี่ยนแปลงค่าจาก 1 ถึง 16 เพื่อทำการศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบ

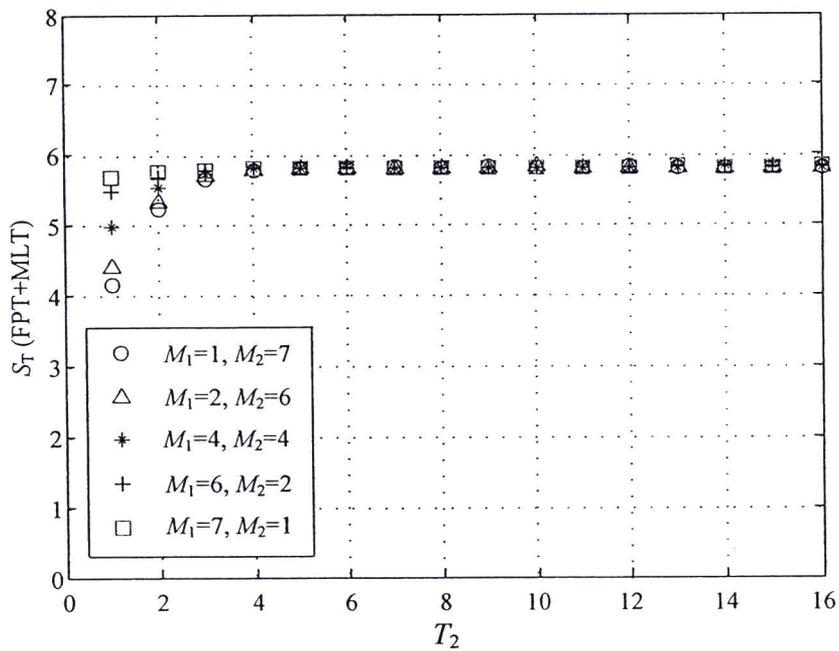
จากการสังเกตพบว่าเมื่อค่าของ T_2 เพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง 4 ค่าของ S_1 จะลดลงในขณะที่ค่าของ S_2 และ S_T เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถใช้ประโยชน์จากการมีจำนวนโทเค็นที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้รับความสำเร็จในการจองเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มโอกาสในการเข้าจอง อย่างไรก็ตามเมื่อจำนวน T_2 เพิ่มขึ้นจาก 5 ถึง 16 จะสังเกตเห็นว่า S_1 และ S_2 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.12 จะพบว่าช่วงการควบคุมค่าของ QoS matrix (γ) ไม่ได้จำกัดค่าอยู่เพียงในช่วง 1 ถึง 2.3 เท่านั้น แต่ยังมีค่าคงที่ในทุก ๆ กรณี เมื่อ $T_2 > 4$ จะให้ค่า $\gamma = 1$ จากผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้บริการคลาส 1 จะไม่ได้เปรียบผู้ใช้บริการคลาส 2 เลย



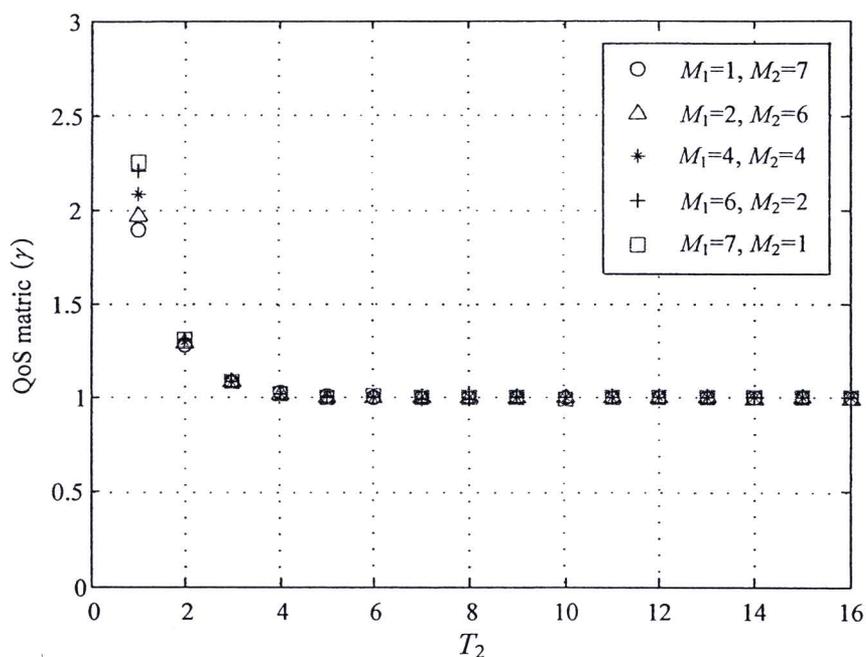
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนโทเค็นของผู้ใช้บริการคลาส 2 (T_2)



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนโทเค็นของผู้ใช้บริการคลาส 2 (T_2)



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการทั้งหมดและจำนวนโทเค็นของผู้ใช้บริการคลาส 2 (T_2)

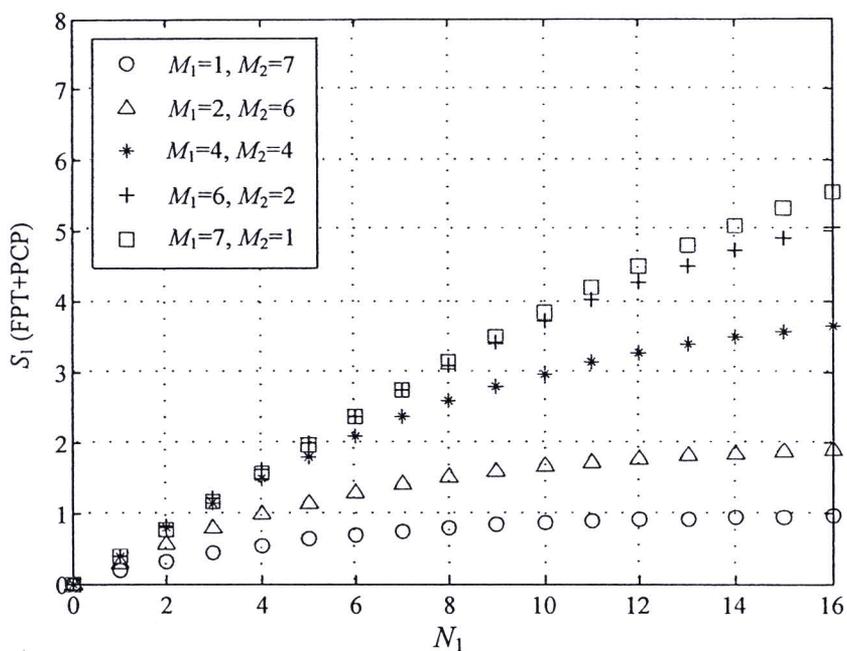


รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง QoS matrix (γ) และจำนวนโหนดของผู้ให้บริการคลาส 2 (T_2)

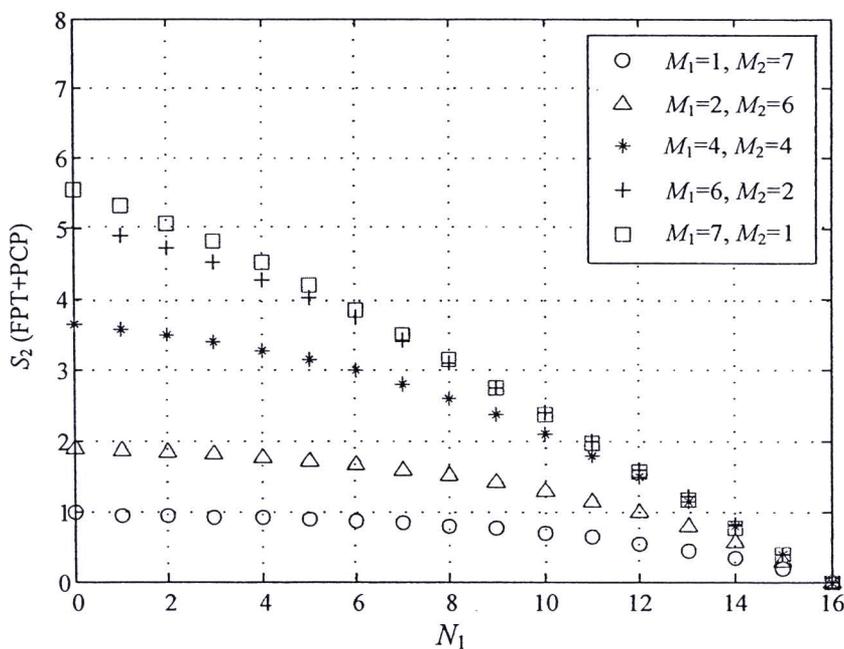
4.2.3 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+PCP

รูปที่ 4.13 4.14 และ 4.15 แสดงสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+PCP สำหรับผู้ให้บริการคลาส 1 (S_1) ผู้ให้บริการคลาส 2 (S_2) และผู้ให้บริการทั้งหมด (S_T) ในระบบตามลำดับ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจำนวนสล롯การจองของผู้ให้บริการคลาส 1 (N_1) เมื่อกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ให้บริการคลาส 1 และ 2 เป็น 0.20 ซึ่งเป็นค่า $\rho_{optimal}$ ของเทคนิค FPT โดยมีจำนวนผู้ให้บริการทั้งหมดเป็น $M = 8$ ราย และจำนวนสลอตการจอง $N = 16$ สลิต กำหนดจำนวนสลอตการจองของผู้ให้บริการคลาส 1 เปลี่ยนแปลงค่าจาก 0 ถึง 16 สลิต ดังนั้นจำนวนสลอตการจองของผู้ให้บริการคลาส 2 (N_2) จึงมีค่าเป็น $N_2 = 16 - N_1$

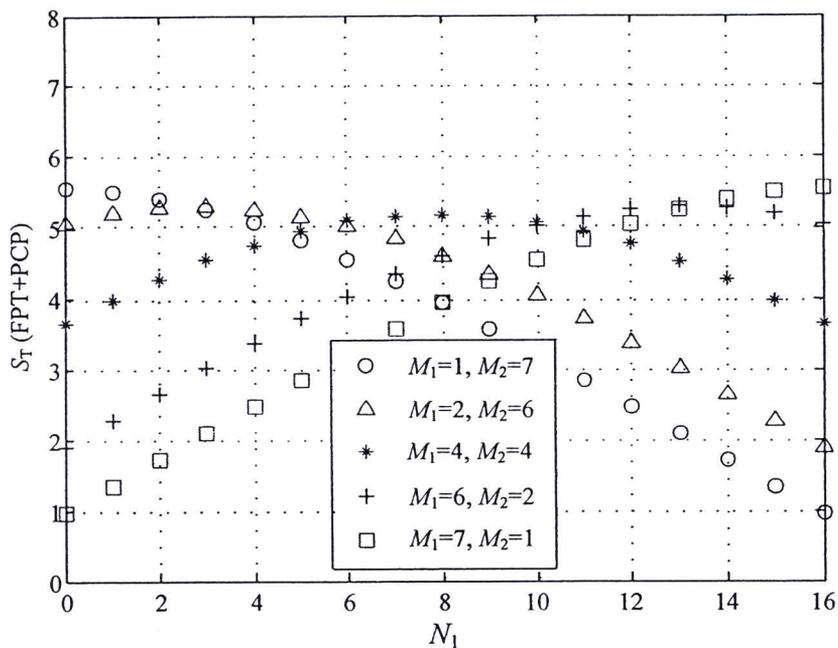
จากการสังเกตพบว่าเมื่อ N_1 เพิ่มขึ้น ค่าของ S_1 จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าของ S_2 จะลดลง ซึ่งเป็นไปตามความเป็นจริงที่สามารถคาดการณ์ได้เพราะว่าการเพิ่ม N_1 จะเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับผู้ให้บริการคลาส 1 ประสบความสำเร็จในการจองมากขึ้นนอกเหนือจากการกำหนดค่าความน่าจะเป็น และในทางตรงกันข้ามการลดลงของ N_2 จึงเป็นการลดโอกาสให้กับผู้ให้บริการคลาส 2 จากเหตุผลดังกล่าวทำให้กราฟในรูปที่ 4.15 มีลักษณะสมมาตรในแกนของ N_1 โดยมีจุดกึ่งกลางอยู่ที่ $N_1 = N_2 = 8$ ซึ่งได้มาจาก $N/2$ และกรณีนี้ที่ S_T มีค่าสูงสุดเมื่อ $N_1 = 8$ คือ $M_1:M_2 = 4:4$ นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าที่ $N_1 = 0$ และ $N_1 = 16$ สลิต จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองของผู้ให้บริการคลาส 1 และคลาส 2 มีค่าเป็นศูนย์ตามลำดับเนื่องจากไม่มีสลิตให้ทำการจอง



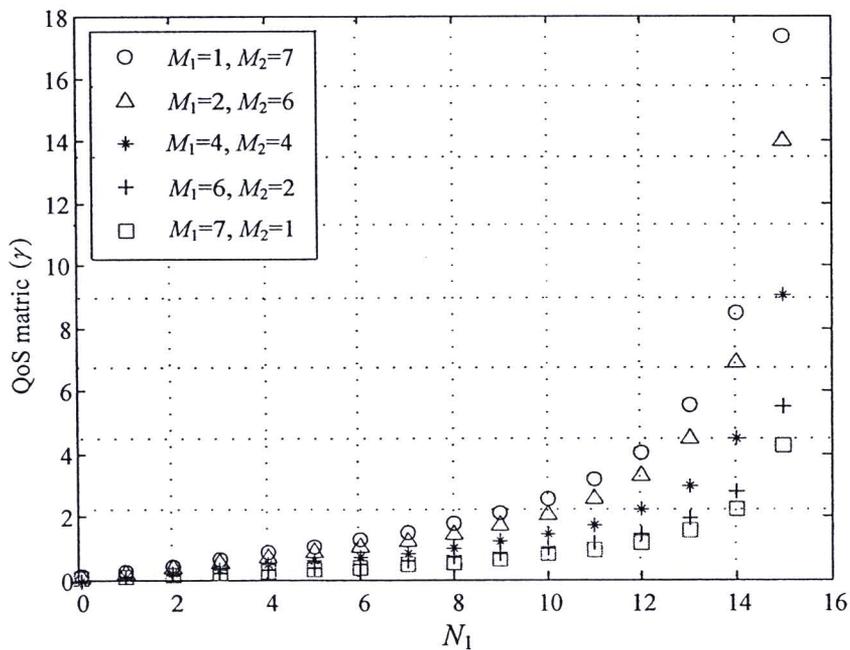
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนสล็อตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 (N_1)



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนสล็อตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 (N_1)



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการทั้งหมดในการจอง และจำนวนสล๊อตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 (N_1)

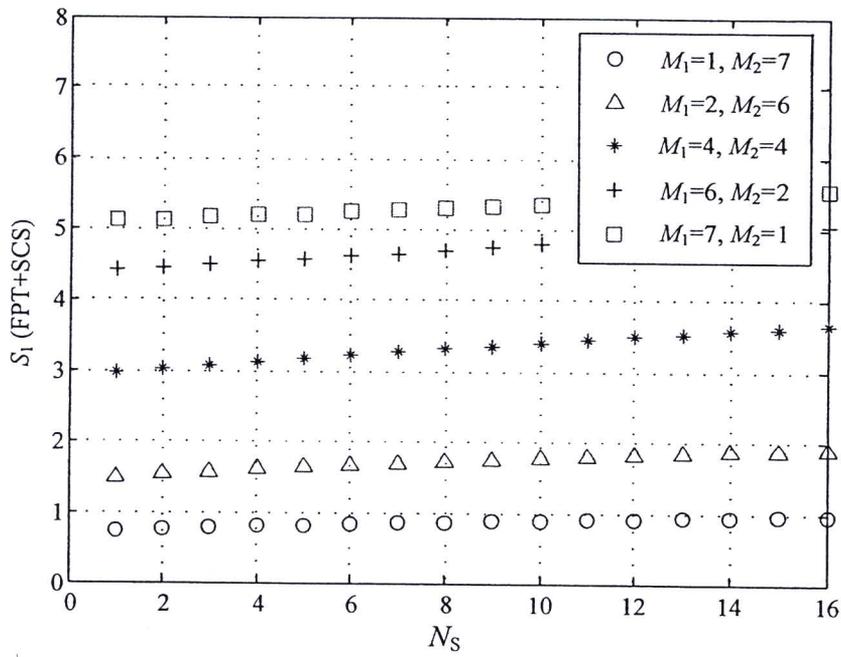


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง QoS matrix (γ) และจำนวนสล๊อตการจองของผู้ใช้บริการ คลาส 1 (N_1)

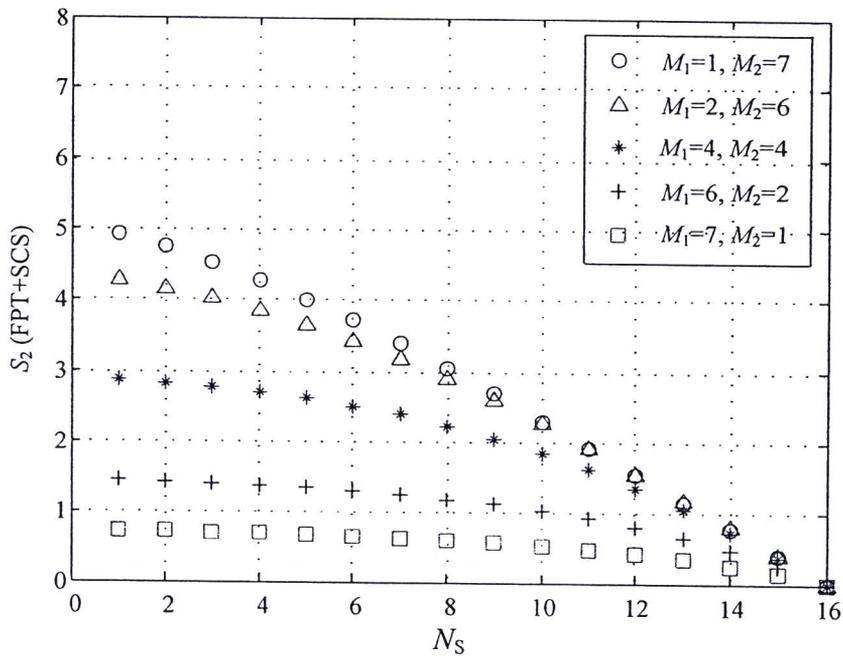
ผลลัพธ์ที่ได้ในรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นถึงความน่าสนใจของพารามิเตอร์หลักที่มีความสำคัญต่อเทคนิคนี้ซึ่งช่วงที่สามารถควบคุมค่า QoS matrix (γ) มีช่วงที่กว้างมากขึ้นกว่าสองเทคนิคที่นำเสนอมาก่อนหน้านี้ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 18 สำหรับเทคนิค FPT+PCP และมีค่าประมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 2.5 สำหรับเทคนิค FPT+MP และ FPT+MLT ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเทคนิค FPT+PCP สามารถรองรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญแตกต่างกันโดยมีค่า γ ที่สามารถควบคุมได้อยู่ในช่วงกว้างหรือมีค่า γ ที่ให้เลือกใช้งานที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบที่ได้จากรูปที่ 4.15 เมื่อพิจารณาที่ค่า γ ที่ต้องการค่าเดียวกันพบว่าเทคนิค FPT+PCP จะมีค่า S_r สูงกว่าของเทคนิค FPT+MP โดยสัดส่วนของจำนวนผู้ใช้บริการที่ให้ค่า γ สูงสุดคือ $M_1:M_2 = 1:7$

4.2.4 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+SCS

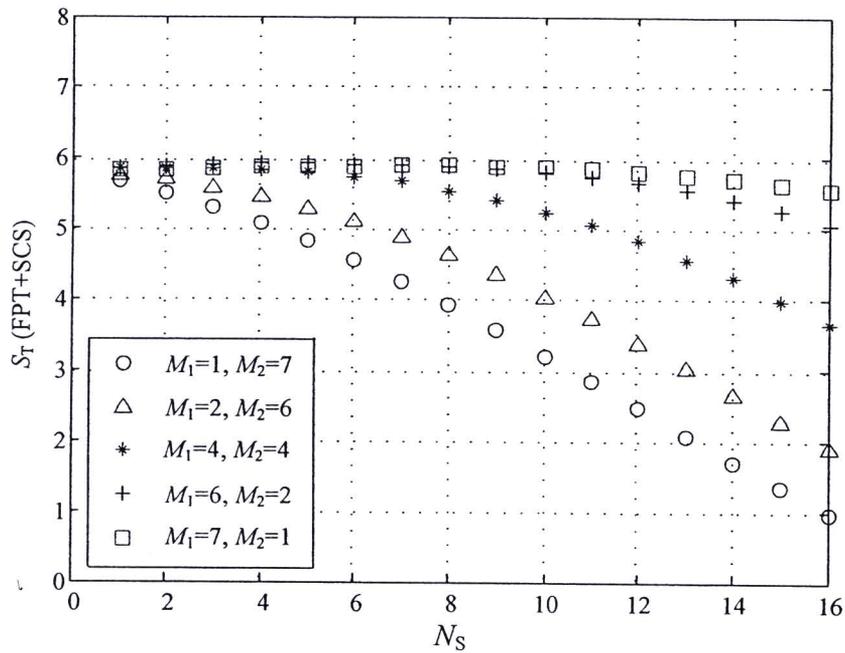
จากรูปที่ 4.17 4.18 และ 4.19 แสดงสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+SCS สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 (S_1) ผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) และผู้ใช้บริการทั้งหมด (S_r) ในระบบตามลำดับ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจำนวนสลิตการจองที่ถูกเลื่อนไป (N_s) สำหรับการเข้าทำการจองครั้งแรกของผู้ใช้บริการคลาส 2 เมื่อกำหนดให้ค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการคลาส 1 และ 2 เป็น 0.20 ซึ่งเป็นค่า $\rho_{optimal}$ ของเทคนิค FPT โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดเป็น $M = 8$ ราย และจำนวนสลิตการจอง $N = 16$ สลิต ขณะที่จำนวนสลิตการจองที่ถูกเลื่อนไป (N_s) จะเปลี่ยนแปลงค่าจาก 1 ถึง 16 สลิต จากการสังเกตพบว่าเมื่อ N_s เพิ่มจำนวนขึ้น (หมายความว่า จะมีจำนวนสลิตการจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 สามารถทำการจองได้ลดลง) ค่าของ S_2 จะลดลงอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผู้ใช้บริการส่วนเป็นผู้ใช้บริการคลาส 2 เป็นที่น่าประหลาดใจว่าค่าของ S_1 กลับเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ข้อมูลนี้ทำให้ทราบว่าจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองของผู้ใช้บริการทั้งหมด (S_r) ในระบบจะลดลงเสมอเมื่อ N_s เพิ่มจำนวนขึ้น โดยสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.19 ซึ่งไม่เหมือนกับเทคนิคการจองอื่นๆ ที่นำเสนอก่อนหน้านี้คือผู้ใช้บริการคลาส 1 จะถูกกำหนดให้ได้ เปรียบผู้ใช้บริการคลาสน้อยสุดเวลา ดังนั้นค่า QoS matrix (γ) จึงมีค่ามากกว่า 1 เสมอ สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.20 ยิ่งไปกว่านั้นเทคนิค FPT+SCS จะให้ค่า γ ในช่วงกว้างคือประมาณ 1 ถึง 18 ซึ่งมีช่วงกว้างมากกว่าค่าที่ได้จากเทคนิค FPT+MP และ FPT+MLT และมีค่าใกล้เคียงกับเทคนิค FPT+PCP



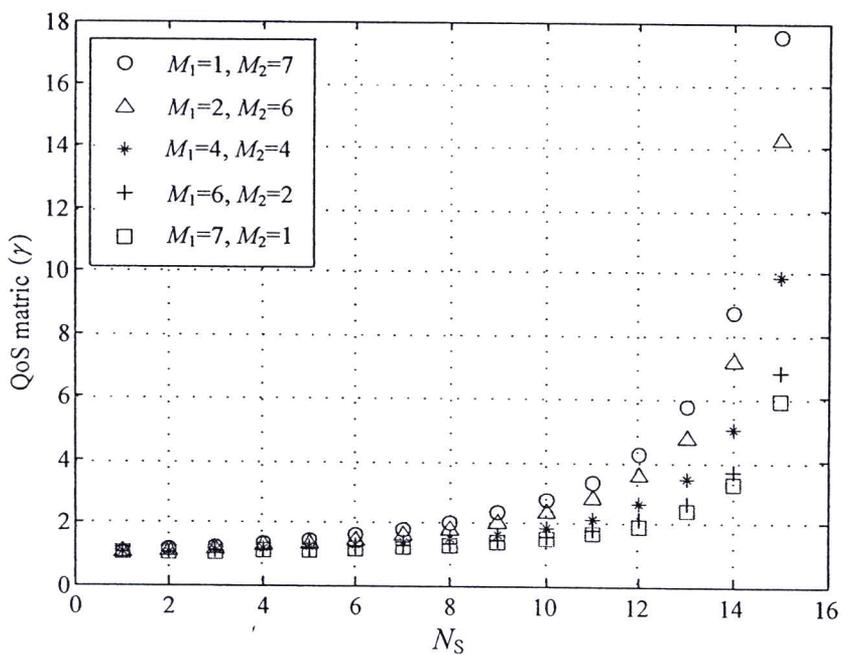
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการคลาส 1 และจำนวนสล็อตการจองที่ถูกเลื่อนไป (N_s)



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการคลาส 2 และจำนวนสล็อตการจองที่ถูกเลื่อนไป (N_s)



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการทั้งหมดในการจอง และจำนวนสล็อตการจองที่ถูกเลื่อนไป (N_s)

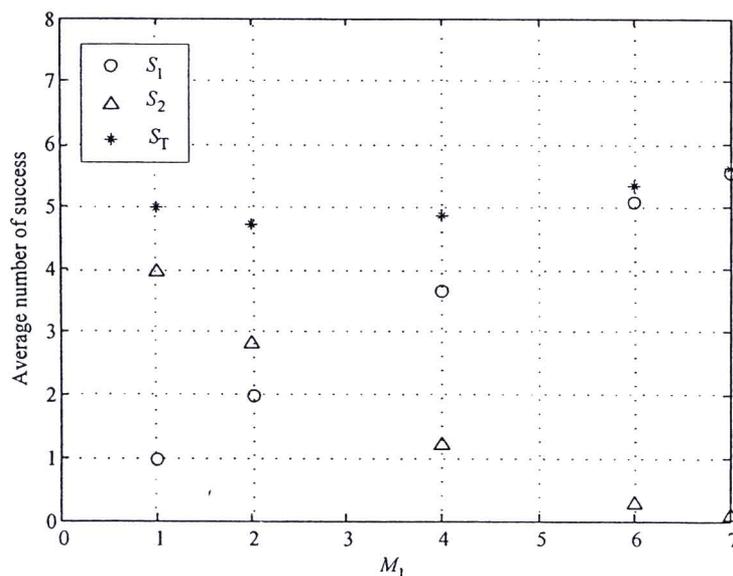


รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง QoS matrix (γ) และจำนวนสล็อตการจองที่ถูกเลื่อนไป (N_s)

4.2.5 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+HFF

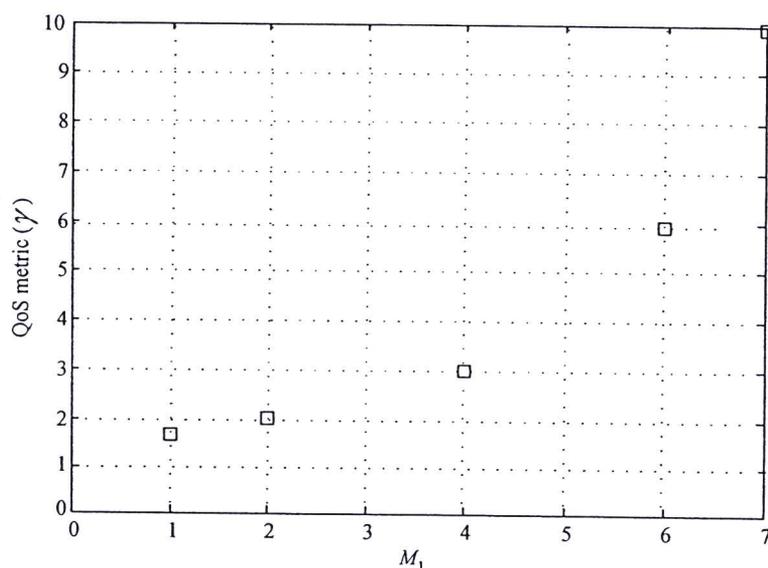
จากรูปที่ 4.21 แสดงสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+HFF สำหรับผู้ใช้บริการคลาส 1 (S_1) ผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) และผู้ใช้บริการทั้งหมด (S_T) เป็นฟังก์ชันของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 (M_1) โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมดในระบบ 8 ราย และจำนวนสลอตการจอง (N) มีค่าเป็น 16 สล็อต กำหนดให้ความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจองของผู้ใช้บริการทั้งสองคลาสเป็น $\rho_1 = \rho_2 = 0.20$ ซึ่งเป็น ρ_{optimal} สำหรับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 (M_1) มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็น 1 2 4 6 และ 7 รายเพื่อให้สอดคล้องกับสัดส่วนของจำนวนผู้ใช้บริการที่ได้แสดงในเทคนิคการจองอื่นๆ

จากผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่าเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 (M_1) เพิ่มขึ้น จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 (S_1) จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ในทางตรงกันข้ามจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) จะมีค่าลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากจำนวนสลอตที่เหลือให้ผู้ใช้บริการคลาส 2 ได้ทำการจองมีจำนวนน้อย ยิ่งไปกว่านั้นจากการสังเกตที่ค่า $M_1 = 2$ ถึงแม้ว่าจะมีจำนวนผู้ใช้บริการน้อยแต่ยังคงใช้จำนวนสลอตในปริมาณมาก ส่งผลให้เส้นกราฟที่ได้ไม่มีคุณสมบัติความเป็นสมมาตรกันที่ค่าหนึ่งค่าใด ความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณค่าหนึ่ง เมื่อพิจารณาที่ $M_1 = 1$ และ 2 จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) จะมีค่าเป็น 4.00 และ 2.81 ตามลำดับ และเมื่อ M_1 มีค่าเป็น 6 และ 7 จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 2 (S_2) จะมีค่าน้อยมากคือ 0.20 และ 0.01 ตามลำดับ



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยและจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 (M_1)

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า QoS metric (γ) และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 (M_1) จากผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าค่าของ γ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามการเพิ่มขึ้นของค่า M_1 จะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อพิจารณาที่ค่า $M_1 = 1$ ค่าของ $\gamma = 1.7$ และที่ค่า $M_1 = 7$ ค่าของ $\gamma = 10$ สำหรับสัดส่วนจำนวนผู้ใช้บริการระหว่างคลาส 1 และคลาส 2 ในแต่ละค่านั้นจะให้ γ เพียงแค่ค่าเดียวเสมอโดยสามารถพิจารณาได้จากรูปภาพ ซึ่งแตกต่างจากเทคนิคการจองแบบอื่น ๆ ที่ได้นำเสนอในหัวข้อก่อนหน้านี้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการจองแบบ FPT+HFF ไม่มีกลไกการควบคุมค่าของ γ



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง QoS metric (γ) และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 (M_1)

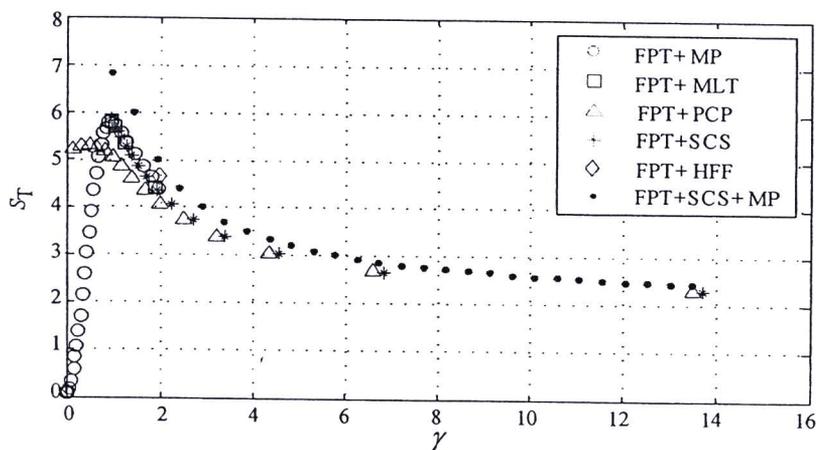
4.3 เปรียบเทียบสมรรถนะของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ

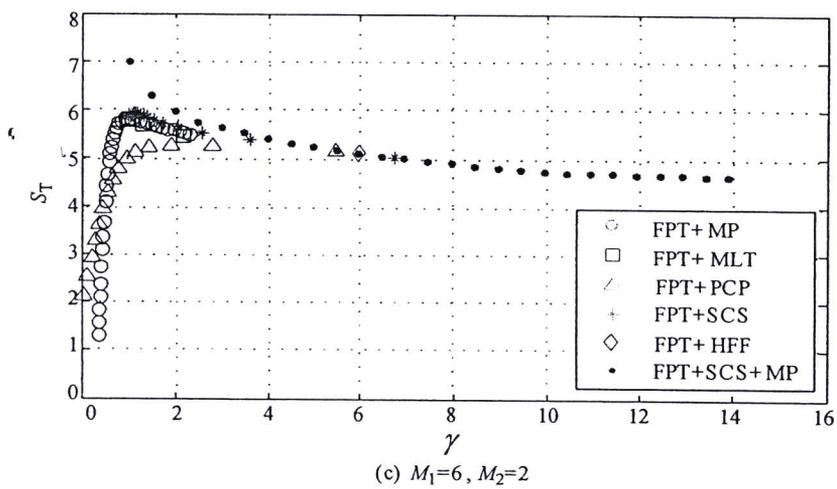
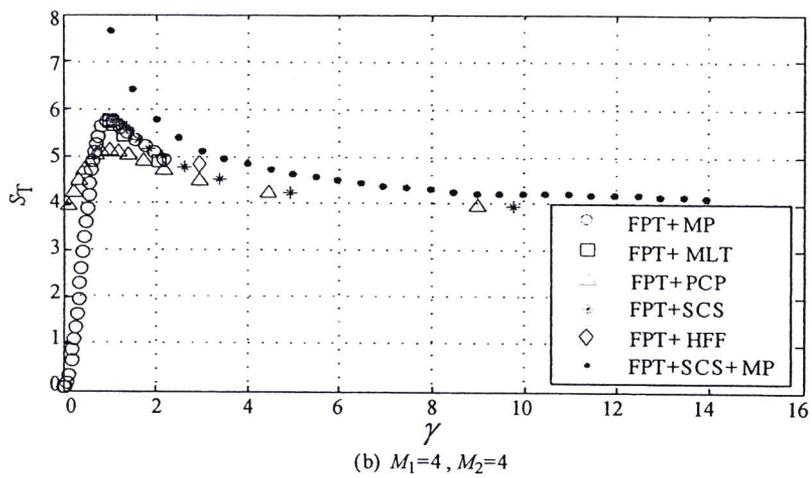
ในหัวข้อนี้จะทำการอธิบายให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำมาเสนอมาทั้งหมด โดยได้ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของเทคนิคเหล่านี้โดยใช้จำนวนความสำเร็จโดยเฉลี่ยในการจองของผู้ใช้บริการทั้งหมด (S_T) เป็นตัวชี้วัด เมื่อทำการพิจารณาค่า QoS metric (γ) ที่ต้องการเป็นค่าเดียวกัน กำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด $M = 8$ รายและมีจำนวนสลิตการจองเป็น $N = 16$ สลิต จากรูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง S_T และ γ สำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาสทั้งหมดและอีกเทคนิคหนึ่งซึ่งเป็นการรวมเอาข้อดีของกลไกของเทคนิค FPT+SCS และ FPT+SCS โดยจะเรียกเทคนิคนี้ว่า FPT+SCS+MP ภายใต้สัดส่วนของจำนวนผู้ใช้บริการที่แตกต่างในแต่ละคลาส ($M_1:M_2$)

จากรูปนี้แสดงให้เห็นว่าช่วงที่สามารถควบคุมค่า QoS metric (γ) ของเทคนิค FPT+MP และ FPT+MLT มีค่าใกล้เคียงกันและสังเกตได้ว่าช่วงการควบคุมของเทคนิคเหล่านี้มีช่วงแคบกว่า

ช่วงที่ได้จากเทคนิค FPT+PCP และ FPT+SCS ในขณะที่เทคนิค FPT+HFF จะให้ γ เพียงแค่ค่าเดียวเท่านั้น เมื่อพิจารณากรณีที่ γ มีค่ามากกว่า 1 โดยเทคนิคแบบ FPT+PCP จะให้ค่า S_T ต่ำที่สุดในขณะที่เทคนิคอื่นๆ จะให้ค่า S_T ใกล้เคียงกัน ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่าเทคนิคแบบ FPT+SCS เป็นเทคนิคเดียวที่ครอบคลุมทั้ง 2 ลักษณะเด่นที่ต้องการตามวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือต้องการได้ค่า S_T สูงที่สุด อีกทั้งยังสามารถควบคุมค่า γ ตามที่ต้องการได้ในช่วงกว้าง อย่างไรก็ตามเทคนิคแบบ FPT+SCS ยังมีข้อเสียในประเด็นของค่า γ ที่ได้นั้นยังมีจำนวนจำกัดแค่บางค่าเท่านั้น แต่ในทางตรงกันข้ามสำหรับเทคนิคแบบ FPT+MP จะให้ค่า γ จำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้ได้สมรรถนะที่สูงกว่าจึงได้นำเสนอการรวมเอาข้อดีของทั้งเทคนิคแบบ FPT+MP และ FPT+SCS ซึ่งจะเรียกเทคนิคใหม่นี้ว่า FPT+SCS+MP จากผลลัพธ์ในรูปที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าเทคนิคแบบ FPT+SCS+MP มีค่า S_T สูงกว่าเทคนิคที่ได้นำเสนอมาทั้งหมด ขณะที่ยังสามารถควบคุมระดับของ γ ตามที่ต้องการได้โดยการปรับเปลี่ยนจำนวนสลิตการจ้องที่ถูกเลื่อน (N_S) และความแตกต่างของค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเก็ตการจ้องสำหรับผู้ให้บริการแต่ละคลาส (ρ_1 และ ρ_2) ดังนั้น S_T จึงมีค่าสูงกว่าเทคนิคอื่น ๆ ทั้งหมด

จากที่ได้อธิบายมาในข้างต้นทำให้ทราบว่าค่าของ S_T จะลดลงเสมอที่ γ มีค่าสูงๆ จากข้อมูลนี้ทำให้ทราบว่าคุณภาพของการให้บริการระหว่างผู้ใช้บริการทั้งสองคลาสจะมีค่าต่างกันมากซึ่งเป็นผลมาจากค่า S_T โดยมีเหตุผลคือเพื่อให้ได้รับ γ ที่มีค่าสูงจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจำกัดการเข้าจ้องช่องสัญญาณจากผู้ให้บริการคลาส 2 เพื่อลดอัตราความสำเร็จในการจ้องลง ดังนั้นค่า S_T โดยทั่วไปแล้วจะลดลง สังเกตได้จากความกว้างของช่วงการควบคุมค่า γ ดังในรูปที่ 4.23(a) ซึ่งกว้างมากกว่าในรูปที่ 4.23(b) และ 4.23(c) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากในรูปที่ 4.23(a) มีจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ในระบบมากกว่าในรูปอื่นๆ ซึ่งหมายความว่ากรณีที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวนมากส่งผลให้จำนวนความสำเร็จของผู้ให้บริการคลาส 2 ลดลงนั่นเอง

(a) $M_1=2, M_2=6$



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบสมรรถนะของเทคนิคที่นำเสนอทั้งหมด