บทที่ 4
การสร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบผลทางทฤษฎี

ความมุ่งหมายหลักของการสร้างแบบจำลอง และการจำลองแบบการปฏิบัติงานจริงของโพรโตคอลที่นำเสนอในโครงงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ก็เพื่อเป็นการทำการทดสอบผลที่ได้จากการคำนวณในทางทฤษฎี หรืออีกนัยหนึ่งเพื่อเป็นการทดสอบว่าโพรโตคอลที่เสนอนั้นสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงหรือไม่ และมีข้อจำกัดตลอดจนเงื่อนไขการนำไปใช้มากน้อยเพียงใด

4.1 ภาพรวมของการสร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบผลทางทฤษฎี

การสร้างแบบจำลองเพื่อทำการทดสอบในครั้งนี้ จะประกอบด้วยโปรแกรม (Program) ย่อยด้วยกัน 2 โปรแกรมคือ

1) โปรแกรมที่จำลองแบบของพฤติกรรมเชิงสุ่มอย่างมีเงื่อนไข
2) โปรแกรมเพื่อจำลองแบบการทำงานของโพรโตคอล

โดยในการเขียนโปรแกรมและการทดลองผลนั้น จะใช้โปรแกรม MATLAB Version 5.3 ประกอบกับโปรแกรมสำเร็จรูป Visual Basic Algorithm และในการแสดงผลนั้นจะใช้การแสดงผลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อความเหมาะสมของการนำเสนอผลการทดลอง

4.1.1 ลักษณะสำคัญของโปรแกรมจำลองแบบพฤติกรรมเชิงสุ่มอย่างมีเงื่อนไข

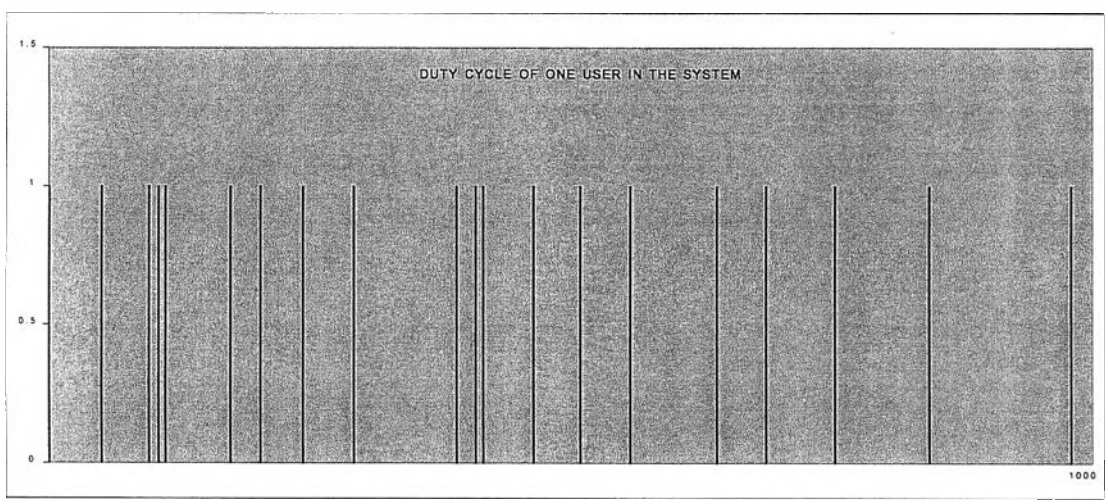
เป้าหมายสำคัญของโปรแกรมจำลองแบบโปรแกรมนี้ คือการจำลองพฤติกรรมของผู้ใช้ในระบบเข้าถึงหลายทาง ซึ่งมีพฤติกรรมเชิงสุ่มในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ สำหรับเงื่อนไขที่กำหนดไว้นั้นคือเงื่อนไขของความน่าจะเป็นในการส่งแพ็คเก็ตในช่องสัญญาณ (α) ลักษณะสำคัญของโปรแกรมจำลองแบบโปรแกรมนี้มีดังต่อไปนี้

1) การกำหนดผู้ใช้ในระบบทำได้โดยการกำหนดเลขประจำผู้ใช้ และโปรแกรมจะทำการสุ่มเลือกตัวเลขภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ดังนั้นความน่าจะเป็นในการที่ผู้ใช้จะส่งแพ็คเก็ตเข้าสู่ช่องสัญญาณ จะสมมูลกับ ความน่าจะเป็นที่โปรแกรมจะทำการสุ่มเลือกตัวเลข (ผู้ใช้) นั้นๆ

2) การกำหนดเงื่อนไขความน่าจะเป็นของการสุ่ม หรือความน่าจะเป็นในการที่ผู้ใช้ในระบบจะทำการส่งแพ็คเก็ตเข้าสู่ช่องสัญญาณ จะมีความสัมพันธ์กับจำนวน

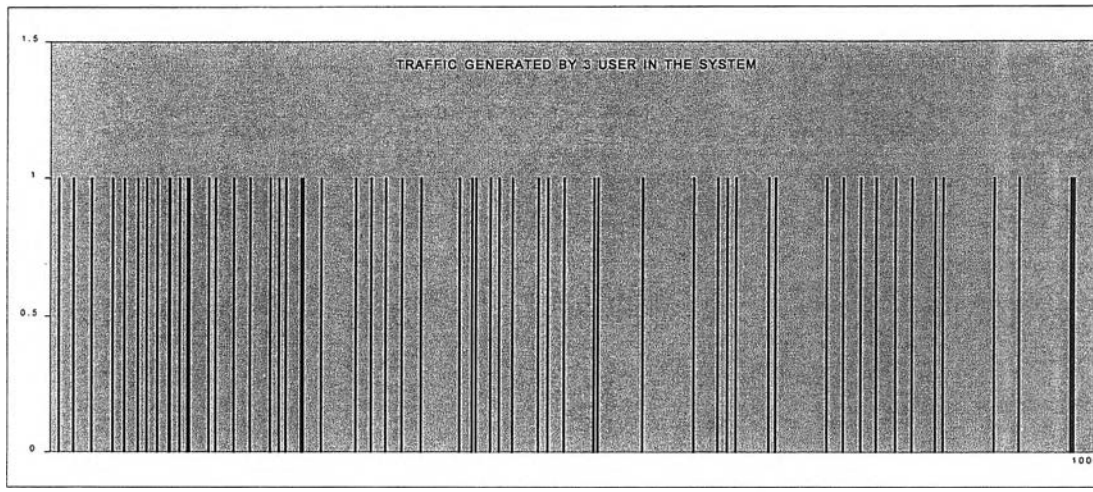
ครั้งของการสุ่ม ซึ่งจะสมมูลกับไทม์สล็อต (การสุ่มหนึ่งครั้งมีค่าสมมูลเท่ากับระยะเวลา 1 ไทม์สล็อต) อาทิ ความน่าจะเป็นในการส่งแพ็คเก็ตของผู้ใช้รายหนึ่งในไทม์สล็อตใดๆ จะมีค่าเท่ากับ 0.02 และหากกำหนดครั้งของการสุ่มเท่ากับ 1,000 ครั้ง (1,000 ไทม์สล็อต) จำนวนครั้งที่โปรแกรมสุ่มเลือกตัวเลขของผู้ใช้จะมีค่าเท่ากับ 20 ครั้ง

ในการทดลองโปรแกรมในขั้นแรกจะทำการกำหนดจำนวนผู้ใช้ 15 ราย และทำการกำหนดครั้งการสุ่ม 1,000 ครั้ง (หรือ 1,000 ไทม์สล็อต) และกำหนดเงื่อนไขความน่าจะเป็นของการที่ผู้ใช้จะส่งแพ็คเก็ตในไทม์สล็อตหนึ่งๆ เท่ากับ 0.02 รูปที่ 4.1 แสดงถึงจำนวนการสุ่มของโปรแกรมที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้รายหนึ่ง หรือสมมูลกับจำนวนครั้งที่ผู้ใช้ในระบบส่งแพ็คเก็ตเข้าสู่ช่องสัญญาณ หรืออีกนัยหนึ่งแสดงถึง Duty Cycle ของผู้ใช้ในระบบรายนั้น



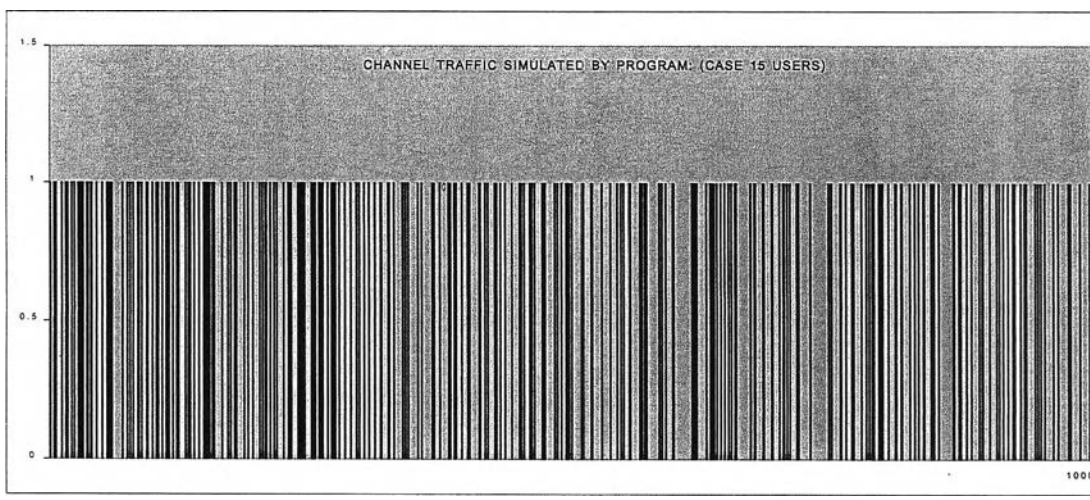
รูปที่ 4.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมโดยการสุ่มเลือกผู้ใช้ในระบบรายหนึ่ง

รูปที่ 4-2 แสดงการสุ่มของโปรแกรมในการเลือกผู้ใช้ในระบบจำนวน 3 ราย หรืออีกนัยหนึ่งการแสดงปริมาณทราฟฟิค (Traffic) ที่เกิดจากผู้ใช้ในระบบ 3 รายนั้น



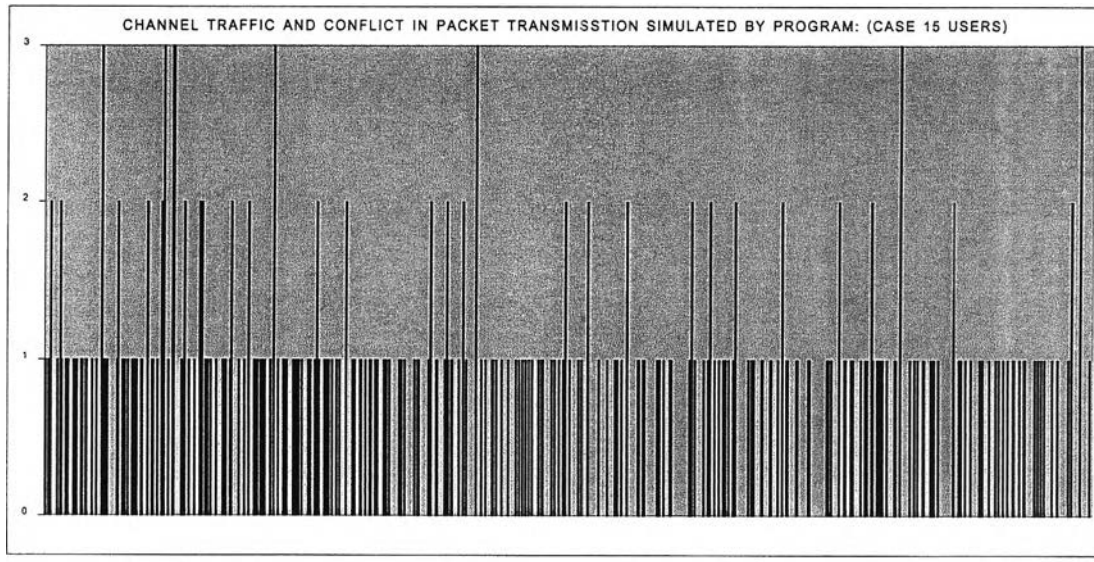
รูปที่ 4.2 แสดงการทำงานของโปรแกรมโดยการสุ่มเลือกผู้ใช้ในระบบจำนวน 3 ราย

สำหรับรูปที่ 4-3 นั้นแสดงการทำงานของโปรแกรมโดยการสุ่มเลือกผู้ใช้จำนวนทั้งหมด 15 ราย ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ และเป็นการแสดงปริมาณทราฟฟิค (Channel Traffic) ของช่องสัญญาณซึ่งมีค่ารวมกัน 0.3 แพ็คเก็ตต่อไทม์สล็อต



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณทราฟฟิคของช่องสัญญาณกรณีผู้ใช้ 15 สถานี และ 1,000 ไทม์สล็อต

สำหรับรูปที่ 4-4 แสดงปริมาณทราฟฟิคในแต่ละไทม์สล็อตซึ่งแสดงให้เห็นถึงข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากการสุ่มเลขหมายของผู้ใช้พร้อมกัน (หรือเทียบเท่ากับการที่ผู้ใช้ในระบบส่งแพ็คเก็ตเข้าสู่ช่องสัญญาณพร้อมกัน)



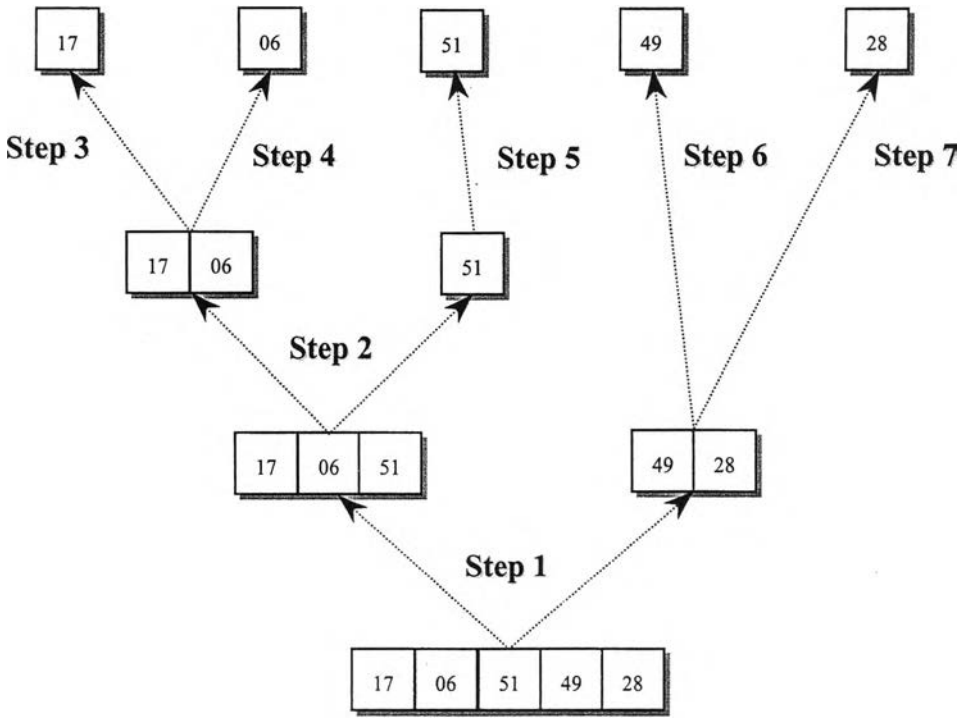
รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณทราฟฟิคของช่องสัญญาณ
และข้อขัดแย้งจากการส่งแพ็คเก็ตเข้าสู่ช่องสัญญาณ

จากรูปที่ 4-4 สามารถอธิบายพฤติกรรมของการส่งแพ็คเก็ตในช่องสัญญาณได้ดังนี้ ในกรณีที่ช่องสัญญาณว่าง (Idle) จะไม่มีค่าพีค (Peak) เกิดขึ้น ในกรณีที่มีการส่งแพ็คเก็ตสำเร็จในช่องสัญญาณค่าพีคจะมีค่าเท่ากับ 1 ในกรณีที่เกิดการขัดแย้งในการส่งค่าพีคจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2

ผลของการทดสอบโปรแกรมจำลองพฤติกรรมเชิงสุ่ม ของผู้ใช้ในระบบการเข้าถึงหลายทางแสดงผลเป็นที่น่าพอใจเนื่องจากสำหรับแต่ละเลขหมายหรือผู้ใช้นั้น โปรแกรมจะทำการสุ่มเลือกหมายเลขนั้นไม่เกินค่าเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และเมื่อทวนสอบโดยการรวมปริมาณทราฟฟิคของช่องสัญญาณที่เกิดจากผู้ใช้ทั้งหมดจะพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.3 ซึ่งเท่ากับผลคูณของจำนวนผู้ใช้ในระบบและจำนวนครั้งที่โปรแกรมสุ่มเลขหมายประจำผู้ใช้ หารด้วยจำนวนครั้งของการสุ่มหรือไทม์สล็อต

4.1.2 ลักษณะสำคัญของโปรแกรมจำลองแบบการทำงานของโพรโตคอล

การทำงานของโพรโตคอลที่นำเสนอในโครงงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ จะมีลักษณะการทำงานในรูปแบบเดียวกันกับการแบ่งเชิงสุ่มซ้ำๆ กันเพื่อให้ได้ค่าสุดท้ายเพียง 1 ค่า ซึ่งอาจสามารถอธิบายได้โดยรูปที่ 4-5 ซึ่งอธิบายการทำงานของโพรโตคอลในกรณีที่มีผู้ใช้หรือแพ็คเก็ตที่เกิดข้อขัดแย้งจำนวน 5 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4-5 อธิบายการทำงานของโพรโตคอล

การจำลองแบบของโพรโตคอลสามารถทำได้ โดยการเขียนโปรแกรมโดยอาศัยแนวทางการแก้ปัญหาหรืออัลกอริธึม (Algorithm) พื้นฐานคือ Stack และ Queue เพื่อจำลองแบบการทำงานของโพรโตคอลซึ่งมีลักษณะและลำดับการทำงานที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1) เมื่อมีข้อขัดแย้งเกิดขึ้น จากการทำงานของโปรแกรมจำลองพฤติกรรมเชิงสุ่ม โดยมีจำนวนผู้ใช้หรือข้อขัดแย้งจำนวน n ผู้ใช้หรือแพ็คเก็ต โปรแกรมจะทำการสร้างอาร์เรย์ (Array) ที่มีมิติเท่ากับจำนวนแพ็คเก็ตที่เกิดข้อขัดแย้ง

2) โปรแกรมจะทำการใส่เลขหมายของผู้ใช้ในระบบที่เกิดข้อขัดแย้ง ลงในอาร์เรย์ที่จัดเตรียมไว้

3) โปรแกรมจะทำการแบ่งอาร์เรย์โดยสุ่ม (ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการใช้ช่องสัญญาณโดยเปล่าประโยชน์ อาทิ การไม่เลือกผู้ใช้รายใดรายหนึ่งเลยซึ่งจะส่งผลให้ไทม์สล็อตต่อไปจะไม่มีการส่งแพ็คเก็ตหรือมีสถานะว่าง (Idle) ในขณะเดียวกันจะป้องกันการเกิดกรณีการเลือกแพ็คเก็ตของกลุ่มผู้ใช้ทั้งหมดส่งในไทม์สล็อตถัดไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปัญหาซ้ำซ้อนและสูญเสียช่องสัญญาณอย่างเปล่า

ประโยชน์อย่างน้อย 1 ไทม์สล็อต) และทำการตรวจสอบจำนวนซับเซต (Subset) ที่แบ่งมาจากอาร์เรย์ดั้งเดิม จากนั้นจึงดำเนินการตามแนวทางของโพรโตคอลซึ่งขึ้นกับจำนวนของผู้ใช้ในซับเซตที่แบ่งออกมา

4) หากตรวจสอบพบว่าการแบ่งนั้นแบ่งกลุ่มโดยมีกลุ่มที่แบ่งออกมาจำนวน 1 เลขหมาย ซึ่งเทียบเท่ากับการเลือกส่งแพ็คเก็ตจำนวน 1 แพ็คเก็ตส่งในไทม์สล็อตถัดไป หรือเท่ากับเกิดการส่งแพ็คเก็ตสำเร็จ โปรแกรมจะทำการลบเลขหมายนั้นออกไป

5) หากตรวจสอบพบว่าซับเซตที่แบ่งออกมาจากอาร์เรย์ดั้งเดิมนั้น มีจำนวนสมาชิกเท่ากับ 2 โปรแกรมจะทำการแบ่งซับเซตนั้นออกเป็นซับเซตย่อยซึ่งมีสมาชิกเท่ากับ 1 ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการส่งแพ็คเก็ตสำเร็จใน 2 ไทม์สล็อตถัดไป

6) หากตรวจสอบพบว่าจำนวนสมาชิกในซับเซตนั้นมีจำนวนมากกว่า 2 โปรแกรมจะทำการแบ่งซับเซตเป็นซับเซตย่อยจำนวน 2 ซับเซตย่อย และทำการตรวจสอบจำนวนสมาชิกในซับเซตย่อยและดำเนินการตามขั้นตอนที่ 4 ถึงขั้นตอนที่ 6 จนกว่าจะทำการแบ่งซับเซตที่มีสมาชิกเท่ากับ 1 ทั้งหมด หรือทำการส่งแพ็คเก็ตทั้งหมดได้สำเร็จ

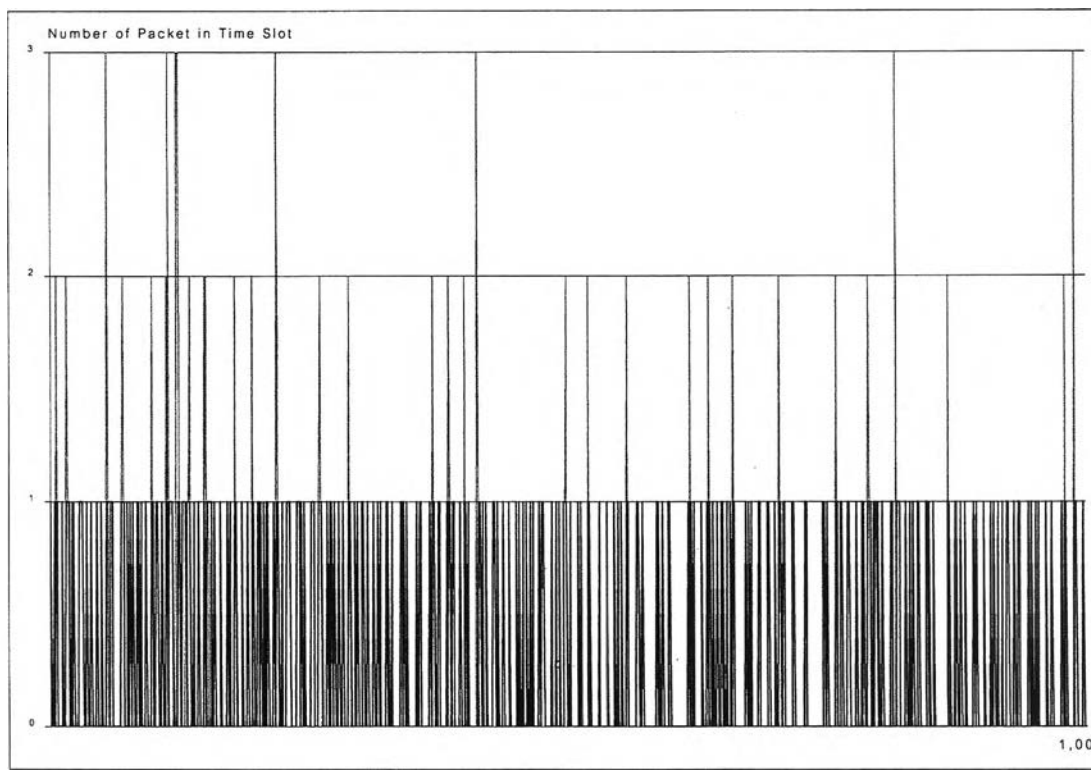
7) โปรแกรมจะทำการแบ่งซับเซตอย่างต่อเนื่องจากซับเซตแรกจนกว่าจะได้ซับเซตย่อยของซับเซตแรก ซึ่งมีจำนวนสมาชิกเท่ากับ 1 จำนวน 2 ซับเซต แล้วจึงจะทำการแบ่งซับเซตที่สองที่เกิดจากการแบ่งอาร์เรย์ดั้งเดิม

8) ในระหว่างการดำเนินการ ซึ่งจำลองแบบจากการดำเนินการของโพรโตคอล โปรแกรมจะทำการบันทึกจำนวนครั้งของการแบ่งซับเซตที่มีสมาชิกจำนวนเท่ากับ 1 และจำนวนครั้งของการแบ่ง (ไทม์สล็อต) เพื่อคำนวณหาค่าปริมาณงานออก โดยคำนวณจากผลหากของจำนวนซับเซตที่มีสมาชิกเท่ากับ 1 หากด้วยจำนวนครั้งของการแบ่งที่ต้องใช้ในการแบ่งซับเซตจนกว่าจะได้ซับเซตสุดท้ายที่มีจำนวนสมาชิกเท่ากับ 1

9) ในการคำนวณค่าเฉลี่ย (Average) ของจำนวนผู้ใช้ที่รอคอยการแก้ปัญหาข้อขัดแย้งจากการส่งหรือ (Backlogged Users) จะทำการคำนวณได้โดยการบันทึกค่าจำนวนสมาชิกที่ยังไม่อยู่ในซับเซตย่อยที่มีสมาชิกจำนวน 1 ตั้งแต่ขั้นตอนของการเริ่มแบ่งอาร์เรย์ดั้งเดิม จนกระทั่งถึงขั้นตอนการแบ่งซับเซตย่อย

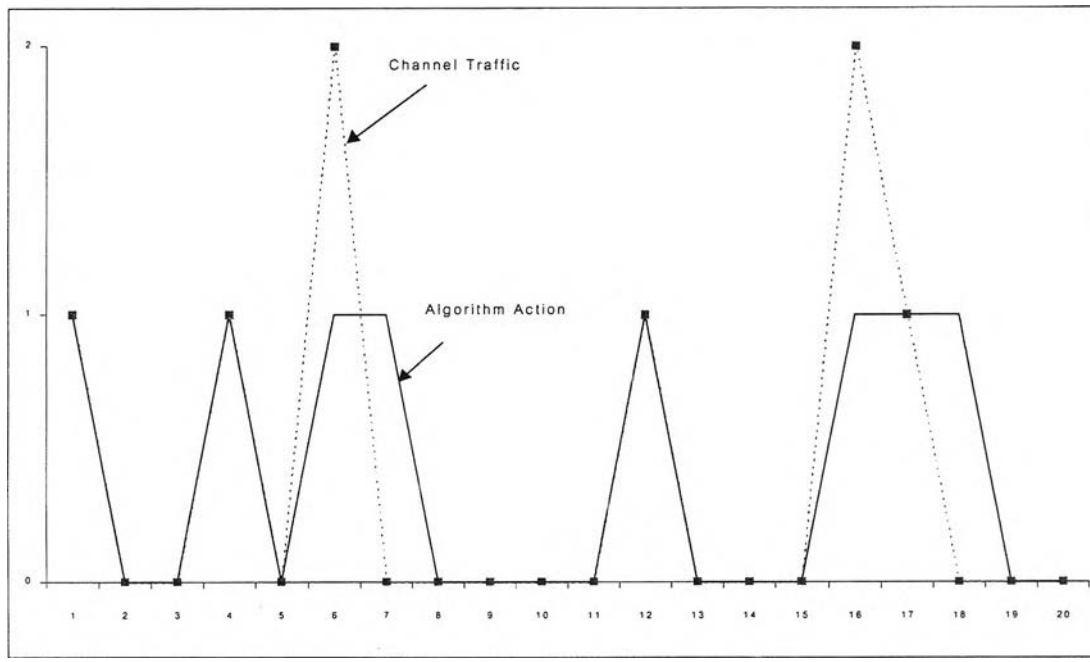
ท้ายสุด ค่าเฉลี่ยดังกล่าวคำนวณได้จากผลรวมของค่าที่บันทึกทั้งหมด หารด้วยจำนวนครั้งของการทำงานของโปรแกรม

รูปที่ 4-6 แสดงผลของการทำงานของโพรโตคอลเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของโปรแกรมจำลองพฤติกรรมเชิงสุ่มซึ่งมีปริมาณทราฟฟิคที่แสดงในรูปที่ 4-4 จะเห็นว่าเมื่อมีการทำงานของโพรโตคอล ค่าพีคที่เกิดขึ้นจะไม่เกินค่า 1

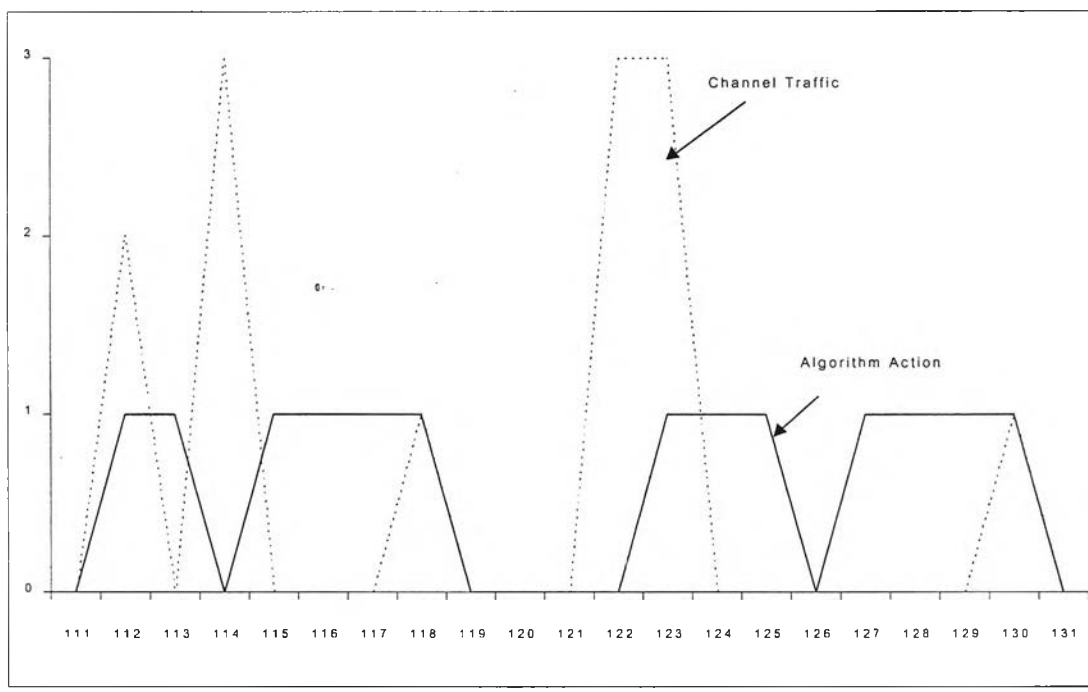


รูปที่ 4-6 แสดงผลการทำงานของโพรโตคอล
สำหรับจำนวนผู้ใช้ในระบบ 15 รายและใช้ระยะเวลาการสุ่มจำนวน 1,000 ไทม์สล็อต

สำหรับรูปที่ 4-7 และรูปที่ 4-8 แสดงผลการทำงานของโปรแกรมจำลองแบบการทำ านของโพรโตคอลสำหรับเหตุการณ์ของการส่งแพ็คเก็ตที่เกิดขึ้นในระหว่างไทม์สล็อตที่ 1-20 และไทม์สล็อตที่ 111-131 ตามลำดับ เพื่อให้เกิดความชัดเจนของการทำงานของโพรโตคอลมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4-7 แสดงผลการทำงานของโพรโตคอลระหว่างไทม์สล็อตที่ 1-20

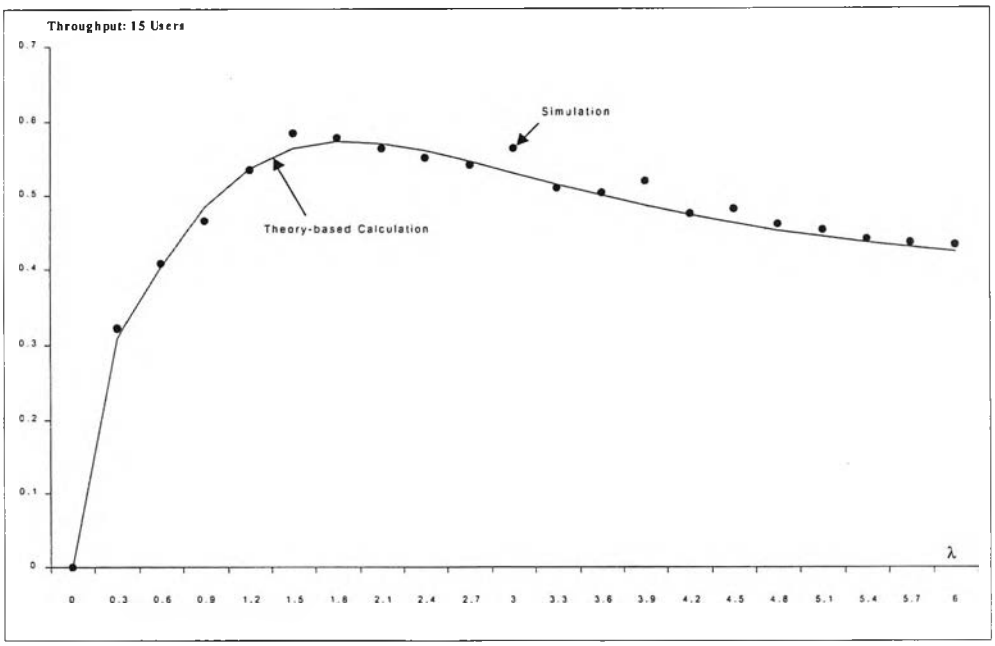


รูปที่ 4-8 แสดงผลการทำงานของโพรโตคอลระหว่างไทม์สล็อตที่ 111-131

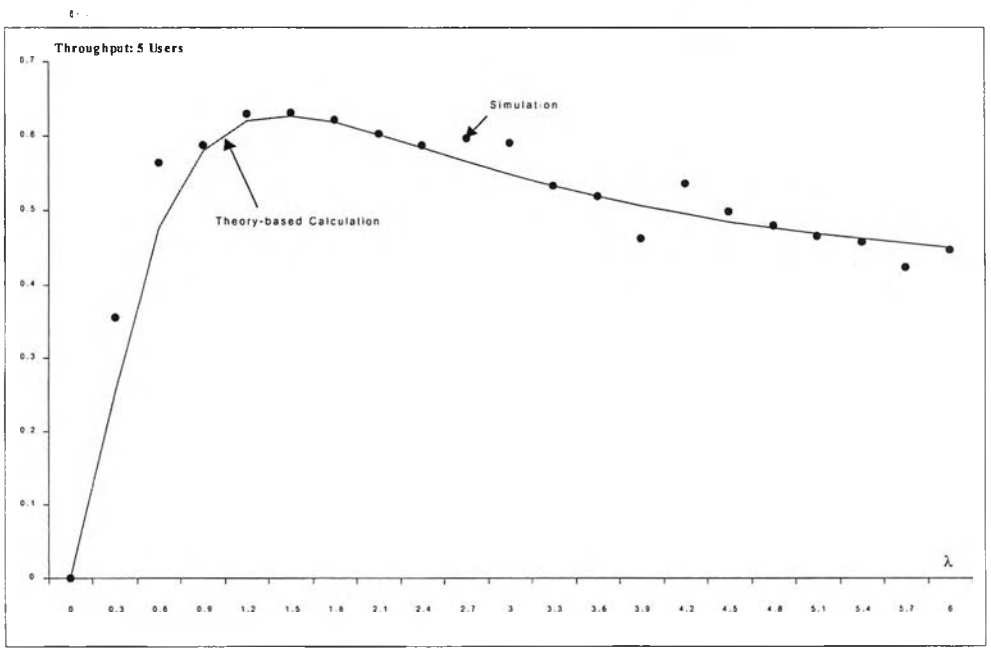
4.2 ผลของการจำลองแบบการทำงานของโพรโตคอล

โดยอาศัยลักษณะการทำงานของโปรแกรมจำลองแบบทั้งสองโปรแกรม และทำการทดลองโดยการแปรค่าปริมาณทราฟฟิค หรือค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็คเก็ตของผู้ใช้ในระบบ และทำการทดลองโดยอาศัยค่าพารามิเตอร์เดียวกันกับการคำนวณทางทฤษฎีที่แสดงใน

บทที่ 3 จะสามารถแสดงผลของการคำนวณปริมาณงานออกโดยอาศัยแบบจำลองของโพรโตคอล โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณทางทฤษฎีได้ดังรูปที่ 4-9 สำหรับกรณีผู้ใช้ 15 ราย และรูปที่ 4-10 สำหรับกรณีผู้ใช้ 5 ราย

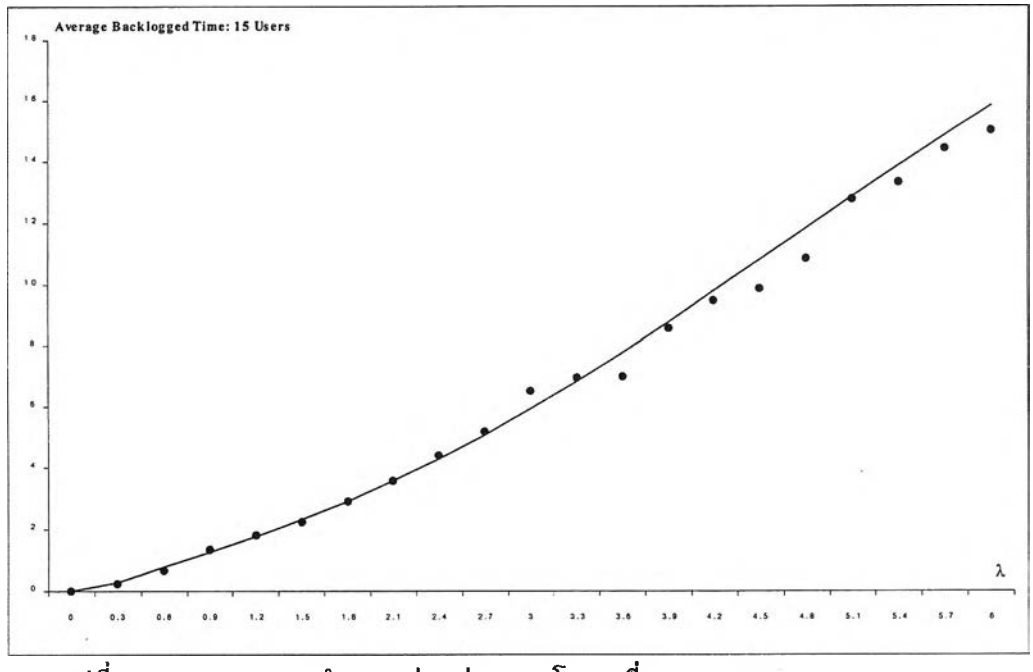


รูปที่ 4-9 แสดงผลการคำนวณปริมาณงานออกจากโปรแกรมจำลองแบบ โดยเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎี กรณีผู้ใช้ 15 สถานี

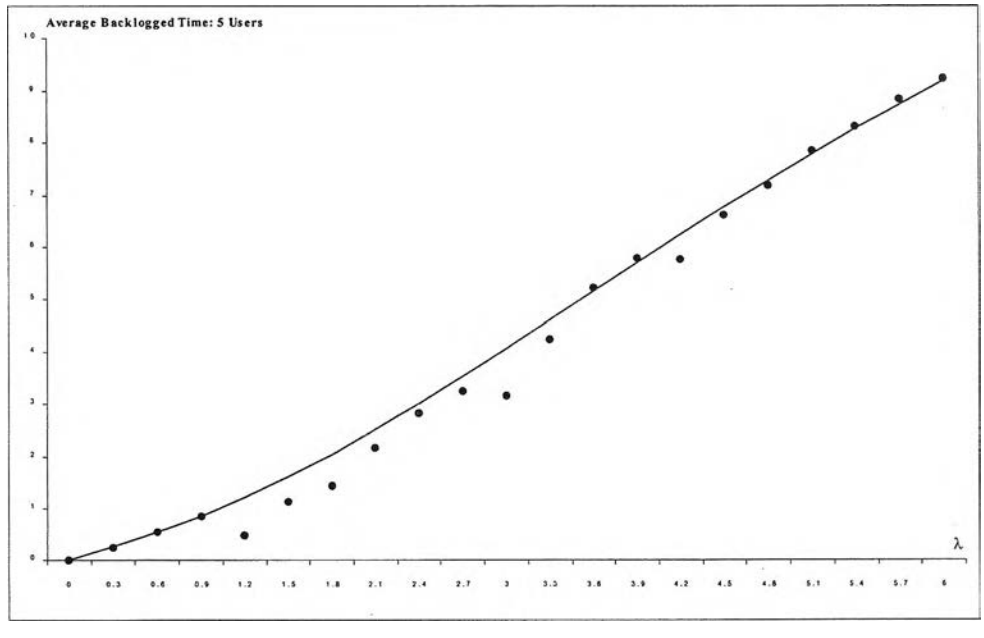


รูปที่ 4-10 แสดงผลการคำนวณปริมาณงานออกจากโปรแกรมจำลองแบบ โดยเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎี กรณีผู้ใช้ 5 สถานี

สำหรับรูปที่ 4-11 และรูปที่ 4-12 แสดงค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ย (Average Backlogged Time) ที่ได้จากโปรแกรมจำลองแบบ โดยเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎีในกรณีผู้ใช้ในระบบจำนวน 15 และ 5 สถานีตามลำดับ



รูปที่ 4-11 แสดงผลการคำนวณค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ย (Average Backlogged Time) โดยเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎี กรณีผู้ใช้ 15 สถานี



รูปที่ 4-12 แสดงผลการคำนวณค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ย (Average Backlogged Time) โดยเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎี กรณีผู้ใช้ 5 สถานี

จากการแสดงผลของการคำนวณปริมาณงานออกและค่าเฉลี่ยของ Backlogged Time โดยเปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลอง และผลจากการคำนวณทางทฤษฎี สามารถสรุปสาระสำคัญของผลของแบบจำลองได้ดังต่อไปนี้

- ผลจากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับผลจากการคำนวณทางทฤษฎี กล่าวคือ แม้ว่าผลของแบบจำลองจะไม่เท่ากับผลของการคำนวณทางทฤษฎีอย่างสมบูรณ์ หากแต่แนวโน้มของผลมีความใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของปริมาณงานออกและค่าเฉลี่ยของ Backlogged Time ในกรณีผู้ใช้ในระบบจำนวน 15 สถานี

- ในกรณีที่ผู้ใช้ในระบบมีน้อยราย อาทิ ในกรณีของผู้ใช้ 5 สถานี จะเห็นว่าปริมาณงานออกในกรณีของแบบจำลองจะมีแนวโน้มที่มีค่าสูงกว่าในกรณีของการคำนวณตามทฤษฎี และค่าเฉลี่ยของ Backlogged Time ของกรณีของแบบจำลองก็จะมีค่าต่ำกว่าการคำนวณจากทฤษฎี ทั้งนี้อาจเนื่องจากในการคำนวณทางทฤษฎีนั้น ค่า Stationary Proability Distribution (p) จะเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณโดยที่ค่าเวลาเข้าใกล้ค่าอนันต์ ในขณะที่ในแบบจำลองนั้นมีข้อจำกัดในด้านการทดลองซึ่งไม่สามารถกำหนดให้เข้าใกล้ค่าอนันต์ได้ ส่งผลให้ค่าปริมาณงานออกซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่า Stationary Proability Distribution มีค่าสูงกว่าในกรณีการคำนวณทางทฤษฎี และจากความสัมพันธ์ของ Little's Result's [12] เมื่อปริมาณงานออกมีแนวโน้มสูงขึ้น ค่าเฉลี่ยของ Backlogged Time จะมีค่าลดลง

- การที่ผลจากแบบจำลอง มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการคำนวณทางทฤษฎีนั้น ทำให้สามารถสร้างความเชื่อมั่นในการนำเอาแนวคิดของโพรโตคอลที่ได้นำเสนอในโครงงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ อย่างน้อยที่สุดในกรณีของระบบที่มีผู้ใช้จำนวนน้อยรายที่มีเงื่อนไขของเวลาในการส่งแพ็คเก็ต