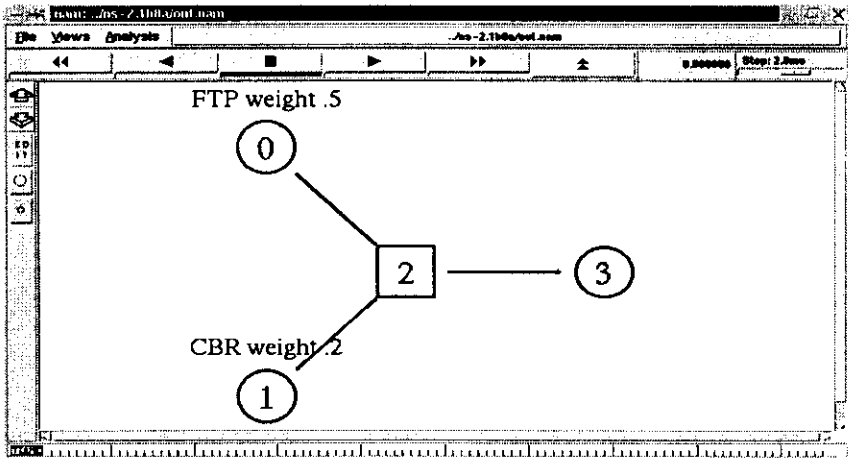
บทที่ 5

การจำลองการทำงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบโปรแกรมการจัดคิวแบบ WFQ และ PQ โทโปโลยีของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แบบจำลองโทโปโลยีของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พร้อมทั้งทำการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูล 2 ชุด กล่าวคือ ทดสอบกับข้อมูลสมมุติ และทดสอบกับข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลที่เข้าออกระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยการจัดคิวที่ตัวจัดการแบนด์วิดท์ ซึ่งอัลกอริทึมในการจัดคิวที่ถูกเลือกนำมาทดสอบ คือ การจัดคิวแบบ WFQ และการจัดคิวแบบ PQ ทั้งนี้เนื่องจากอัลกอริทึมดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาปรับใช้กับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และได้กล่าวถึงผลการทดสอบก่อนและหลังการจัดคิว และผลสรุป

5.1 การทดสอบโปรแกรมการจัดคิวแบบ Weighted Fair Queuing

ในการทดสอบนี้เพื่อเป็นการทดสอบตัวจำลองว่าสามารถทำงานได้ตามอัลกอริทึมที่ได้เขียนโปรแกรมก่อนที่จะนำไปทดสอบในระบบเครือข่ายของมหาวิทยาลัย จึงได้ทำการออกแบบโทโปโลยีของระบบเครือข่ายอย่างง่าย แสดงดังภาพประกอบ 5-1 ซึ่งประกอบด้วยแหล่งข้อมูลต้นทาง (Sources) คือ โหนด 0 และโหนด 1 และแหล่งข้อมูลปลายทาง คือ โหนด 3 โดยโหนด 2 ทำหน้าที่เป็นตัวจัดการแบนด์วิดท์



ภาพประกอบ 5-1 โทโปโลยีของเครือข่ายที่ใช้ในการทดสอบการจัดคิวแบบ WFQ

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังตาราง 5-1, 5-2, 5-3 และ 5-4

ตาราง 5-1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบของโหนด 0

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
ขนาดแพ็กเกต	1000 ไบต์
โปรโตคอล	TCP
ค่าน้ำหนัก	0.5
เวลาเริ่มส่งข้อมูล	1.0
เวลาหยุดส่งข้อมูล	9.0

ตาราง 5-2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบของโหนด 1

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
อัตราการส่งคงที่	1.0 เมกกะบิตต่อวินาที
โปรโตคอล	UDP
ค่าน้ำหนัก	0.2
เวลาเริ่มส่งข้อมูล	0.1
เวลาหยุดส่งข้อมูล	9.5

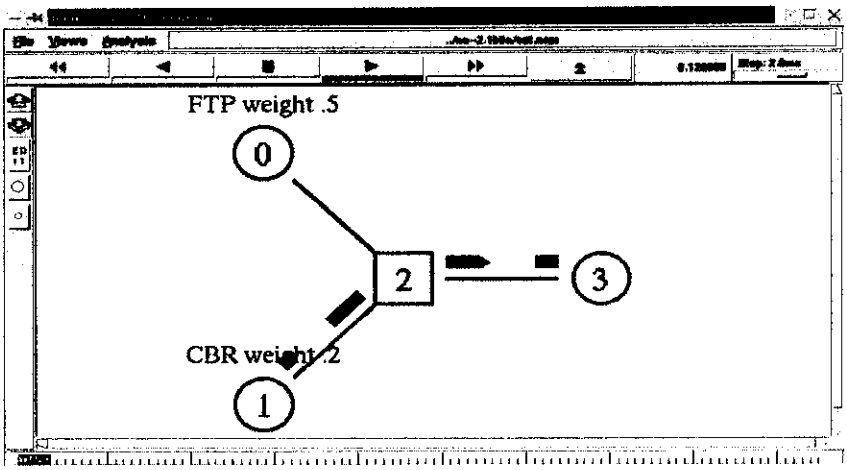
ตาราง 5-3 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบของโหนด 2

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
ขนาดคิว	20 แพ็กเกต
วิธีการจัดคิว	WFQ

ตาราง 5-4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบของสายส่ง

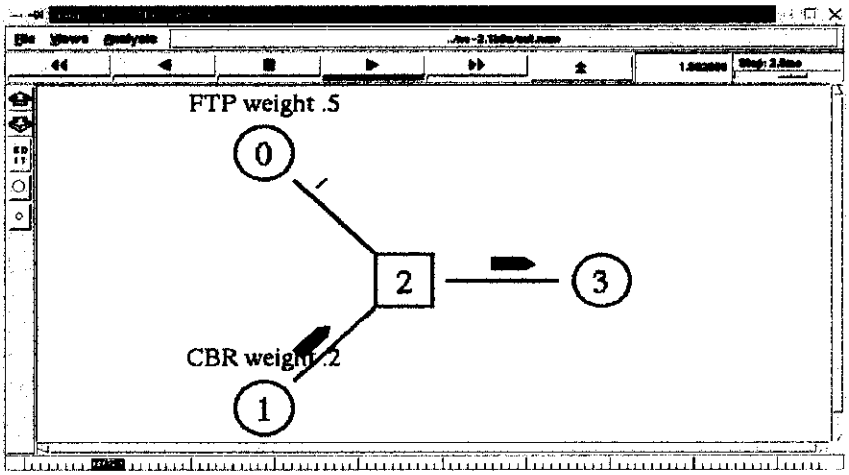
พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
แบนด์วิดท์	2.0 เมกกะบิตต่อวินาที
ค่าหน่วงเวลาในสายส่ง	1.333 ไมโครวินาที

เมื่อถึงเวลา 0.1 วินาที โหนด 1 เริ่มทำการส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 ด้วยอัตราเร็วในการส่งคงที่ เท่ากับ 1.0 เมกกะบิตต่อวินาที ดังภาพประกอบ 5-2

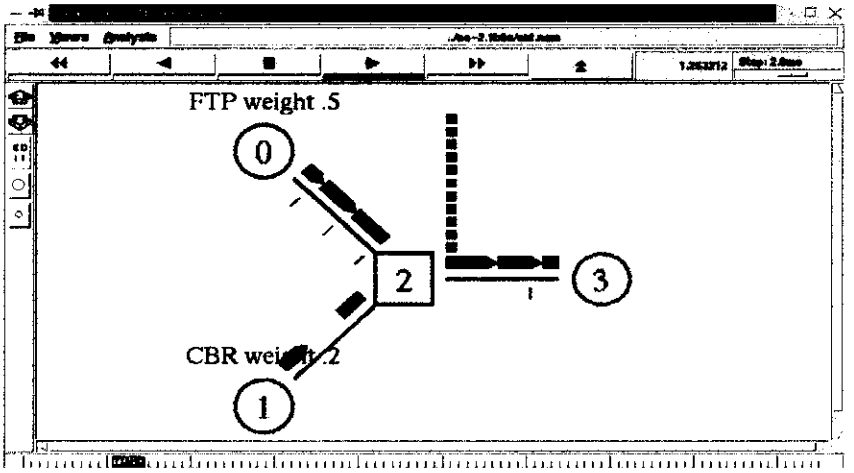


ภาพประกอบ 5-2 โหนด 1 เริ่มส่งข้อมูลไปยังโหนด 3

เมื่อเวลาเท่ากับ 1.0 วินาที โหนด 0 เริ่มทำการถ่ายโอนข้อมูล (FTP) ไปยังโหนด 3 แสดงดังภาพประกอบ 5-3



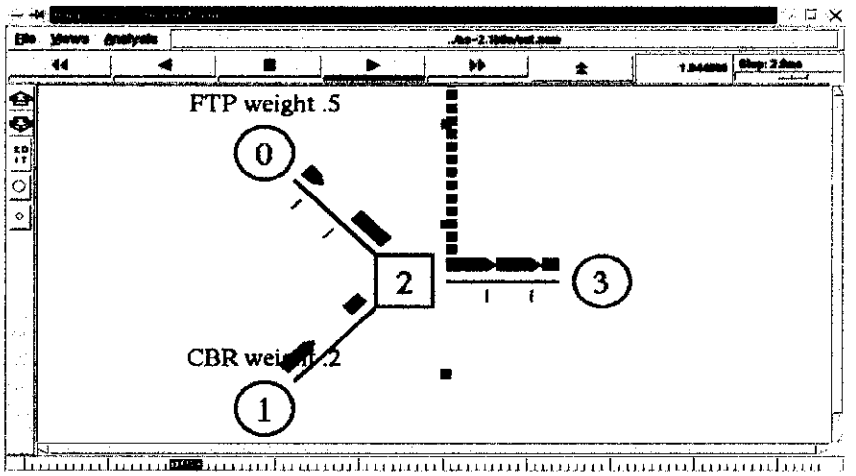
ภาพประกอบ 5-3 โหนด 0 เริ่มส่งข้อมูลไปยังโหนด 3



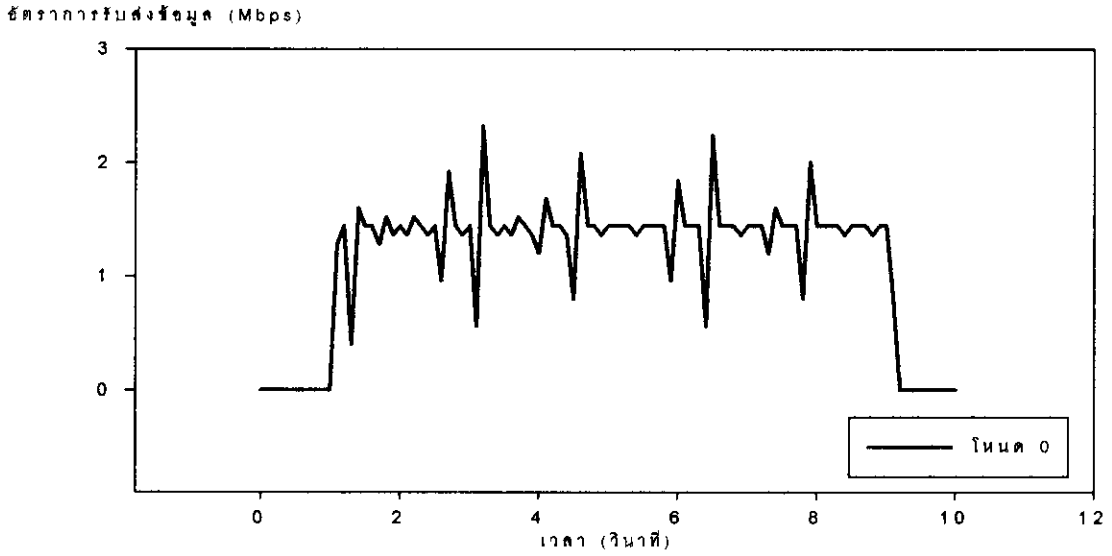
ภาพประกอบ 5-4 โหนด 0 และ โหนด 1 สามารถส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 ได้ตามค่าน้ำหนักที่ได้รับ

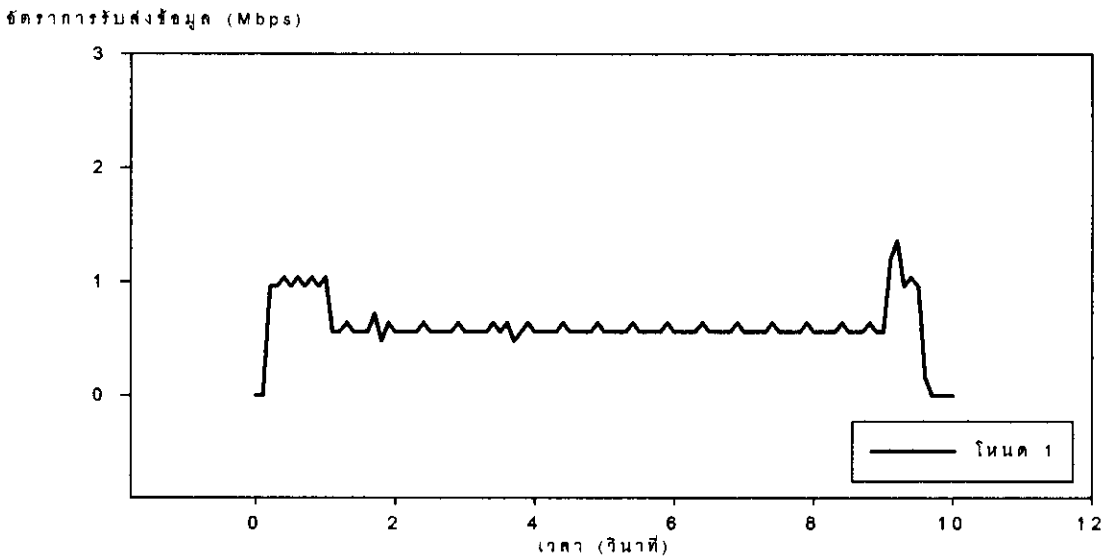
จากภาพประกอบ 5-4 จะพบว่าทั้งโหนด 0 และ โหนด 1 สามารถส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 ได้ตามค่าน้ำหนัก (Weight) ที่ได้รับ กล่าวคือ โหนด 0 สามารถส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 ได้มากกว่าโหนด 1 ส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 เท่ากับ 2.5 เท่า (0.5/0.2)

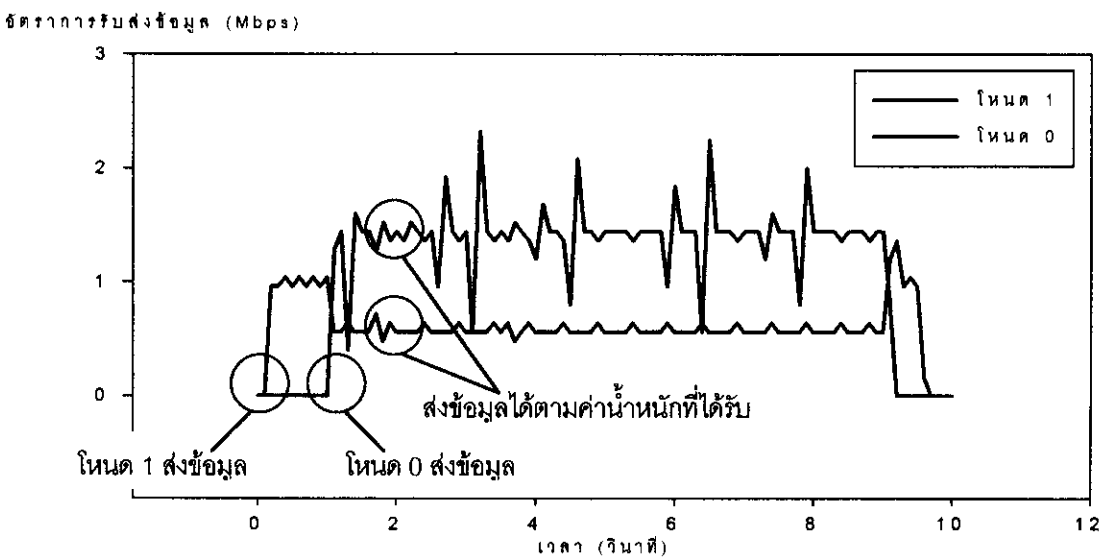
เมื่อคิวของตัวจัดการแบนด์วิดท์เริ่มเต็ม ทำให้ข้อมูลที่ส่งจากโหนด 1 ถูกทิ้ง ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่ส่งจากโหนด 0 มีค่าน้ำหนักมากกว่าโหนด 1 จึงมีสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารเพื่อส่งข้อมูลได้มากกว่าโหนด 1 ดังภาพประกอบ 5-5



ภาพประกอบ 5-5 เมื่อคิวเต็ม ข้อมูลที่ส่งจากโหนด 1 ถูกทิ้ง







ภาพประกอบ 5-6 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่เวลาต่าง ๆ

จากภาพประกอบ 5-6 แสดงกราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่เวลาต่าง ๆ พบว่า ในช่วงแรกอัตราการรับส่งข้อมูลของโหนด 1 มีค่าประมาณ 1.0 เมกกะบิตต่อวินาที ส่วนอัตราการรับส่งข้อมูลของโหนด 0 มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากโหนด 1 ทำการส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 ก่อนโหนด 0 แต่เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงที่เวลา 1.0 วินาที โหนด 0 เริ่มส่งข้อมูลไปยังโหนด 3 ทำให้อัตราการรับส่งข้อมูลของโหนด 1 ตกลง และหลังจากนั้นอัตราการรับส่งข้อมูลของโหนด 0 และโหนด 1 ก็เป็นไปตามอัตราส่วน (ค่าน้ำหนัก) ที่ได้รับ

ทำการคำนวณค่าอัตราการรับส่งข้อมูลและอัตราการถูกทิ้งของข้อมูลของแต่ละแหล่งข้อมูล แสดงดังภาพประกอบ 5-7 และภาพประกอบ 5-8 โดยแสดงทั้งจำนวนแพ็กเกตที่ถูกทิ้งและแพ็กเกตที่ถูกส่งจากต้นทางจนถึงปลายทางได้เป็นผลสำเร็จ รวมถึงเวลาที่เริ่มและหยุดส่งข้อมูล

```
[root@localhost ns-2.1b8a]# ./stats.pl -t tcp -l1 2 -l2 3 -m 2 out.tr
dropped:  22 packets
   sent:  1432 packets
  start:  1.00 seconds
   stop:  9.05 seconds
thruput:  1.4228 Mbps
droprate:  21.8579 kbps
```

ภาพประกอบ 5-7 ค่าต่าง ๆ ในการส่งข้อมูลจากโหนด 0 ไปยังโหนด 3

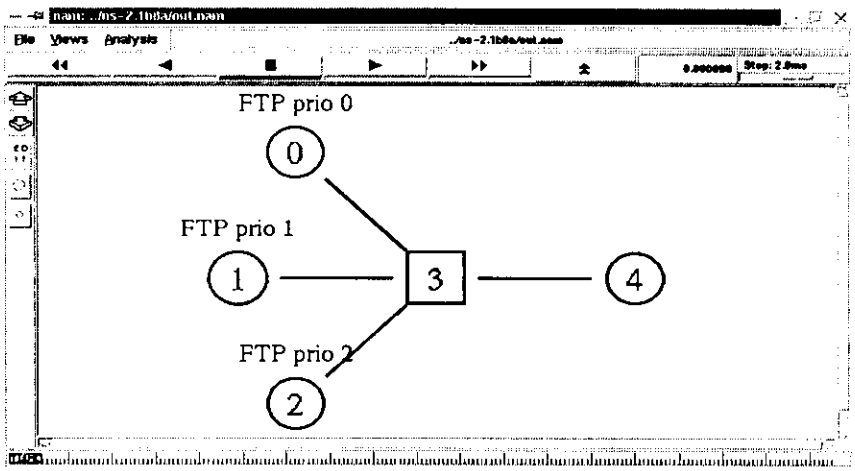
```
[root@localhost ns-2.1b8a]# ./stats.pl -t cbr -l1 2 -l2 3 -m 2 out.tr
dropped:  416 packets
   sent:  760 packets
  start:  0.10 seconds
   stop:  9.51 seconds
thruput:  0.6463 Mbps
droprate:  353.7414 kbps
```

ภาพประกอบ 5-8 ค่าต่าง ๆ ในการส่งข้อมูลจากโหนด 1 ไปยังโหนด 3

จากภาพประกอบ 5-7 และภาพประกอบ 5-8 พบว่าอัตราการรับส่งข้อมูลจากโหนด 0 ไปยังโหนด 3 มีค่า 1.4228 เมกกะบิตต่อวินาที ส่วนอัตราการรับส่งข้อมูลจากโหนด 1 ไปยังโหนด 3 มีค่า 0.6463 เมกกะบิตต่อวินาที เมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนกัน 1.4228/0.6463 มีค่าประมาณ 2.2 ซึ่งอัตราส่วนตามค่าน้ำหนักที่โหนด 0 และโหนด 1 ได้รับควรมีค่าเท่ากับ 2.5 แต่ทั้งนี้เนื่องจากโหนด 1 เริ่มทำการส่งข้อมูลก่อนโหนด 0 อีกทั้งหยุดส่งข้อมูลหลังโหนด 0 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าตัวจำลองสามารถทำงานได้ตามอัลกอริทึมที่ได้เขียนโปรแกรม

5.2 การทดสอบโปรแกรมการจัดคิวแบบ Priority Queuing

ทำการออกแบบโทโปโลยีของระบบเครือข่ายอย่างง่าย แสดงดังภาพประกอบ 5-9 โดยประกอบด้วยแหล่งข้อมูลต้นทาง 3 แหล่ง คือ โหนด 0 โหนด 1 และโหนด 2 ส่วนโหนด 3 ทำหน้าที่เป็นตัวจัดการแบนด์วิดท์จัดคิวแบบ PQ และกำหนดให้โหนด 0 มีค่าลำดับความสำคัญ (Priority) เท่ากับ 0 ซึ่งถือว่ามีค่าลำดับความสำคัญมากที่สุด และโหนด 1 มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากับ 1 มีค่าลำดับความสำคัญรองลงมา ส่วนโหนด 2 มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากับ 2 ถือว่ามีค่าลำดับความสำคัญต่ำสุด ทำการส่งข้อมูลไปยังปลายทาง คือ โหนด 4 ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังตาราง 5-5, 5-6 และ 5-7



ภาพประกอบ 5-9 โทโปโลยีของเครือข่ายที่ใช้ในการทดสอบการจัดคิวแบบ PQ

ตาราง 5-5 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบของโหนด 0 โหนด 1 และโหนด 2

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
ขนาดข้อมูล	1.50 เมกกะไบต์
ขนาดแพ็กเกต	1000 ไบต์
โปรโตคอล	TCP
เวลาเริ่มส่งข้อมูล	0.0

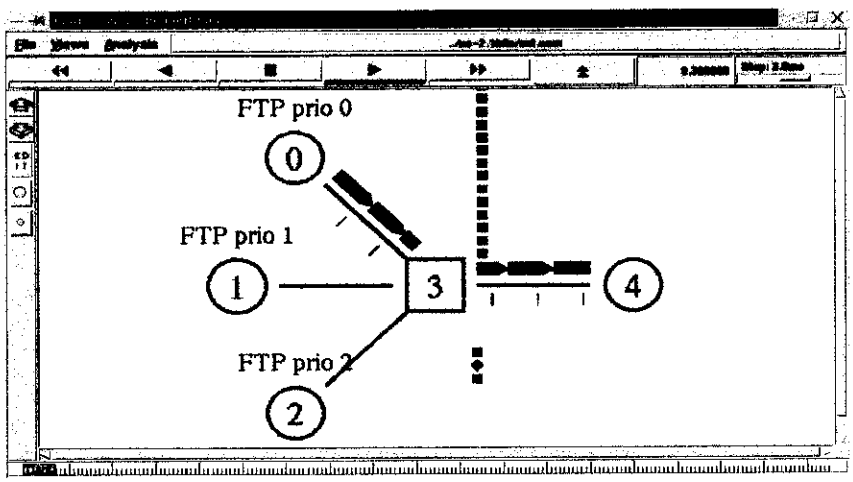
ตาราง 5-6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบของโหนด 3

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
ขนาดคิว	20 แพ็กเกต
วิธีการจัดคิว	PQ

ตาราง 5-7 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบของสายส่ง

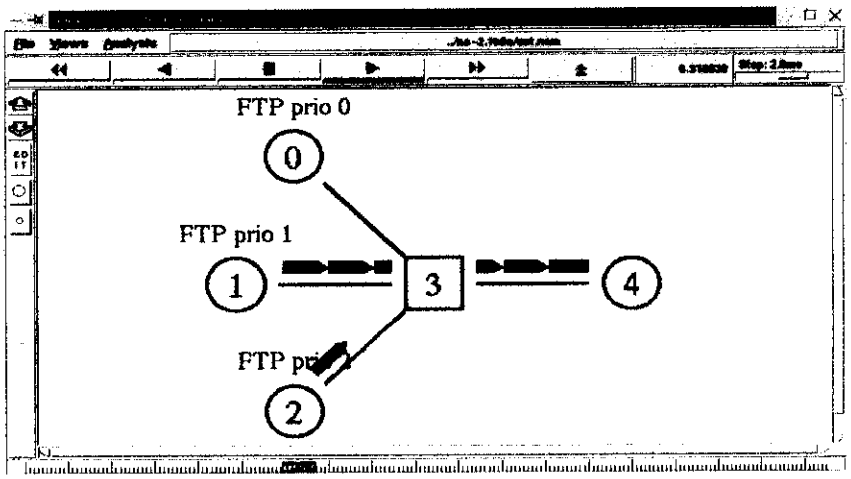
พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์
แบนด์วิดท์	2.0 เมกกะบิตต่อวินาที
ค่าหน่วงเวลาในสายส่ง	1.333 ไมโครวินาที

เริ่มต้นที่เวลาเท่ากับ 0 วินาที ให้โหนด 0 โหนด 1 และโหนด 2 ทำการถ่ายโอนข้อมูลขนาด 1.50 เมกกะไบต์ ไปยังโหนด 4 จากภาพประกอบ 5-10 พบว่าข้อมูลที่ส่งจากโหนด 0 สามารถผ่านไปยังปลายทาง คือ โหนด 4 ได้ โดยข้อมูลที่ส่งจากโหนด 1 และโหนด 2 ยังคงรออยู่ในคิวก่อน เนื่องจากโหนด 0 มีค่าลำดับความสำคัญสูงที่สุด ดังนั้นจึงมีสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารก่อนโหนดอื่น และเมื่อคิวเต็มข้อมูลที่ส่งจากโหนด 2 จะถูกทิ้งก่อน เนื่องจากโหนด 2 มีค่าลำดับความสำคัญต่ำที่สุด



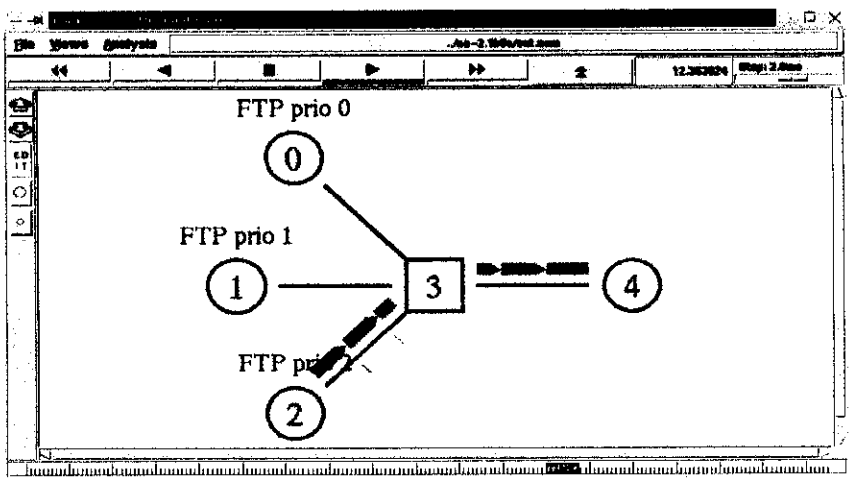
ภาพประกอบ 5-10 โหนด 0 ซึ่งมีลำดับความสำคัญมากที่สุดสามารถส่งข้อมูลไปยังโหนด 4

เมื่อเวลาผ่านไปจนกระทั่งโหนด 0 หยุดทำการส่งข้อมูล ทำให้โหนด 1 สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้ ดังภาพประกอบ 5-11



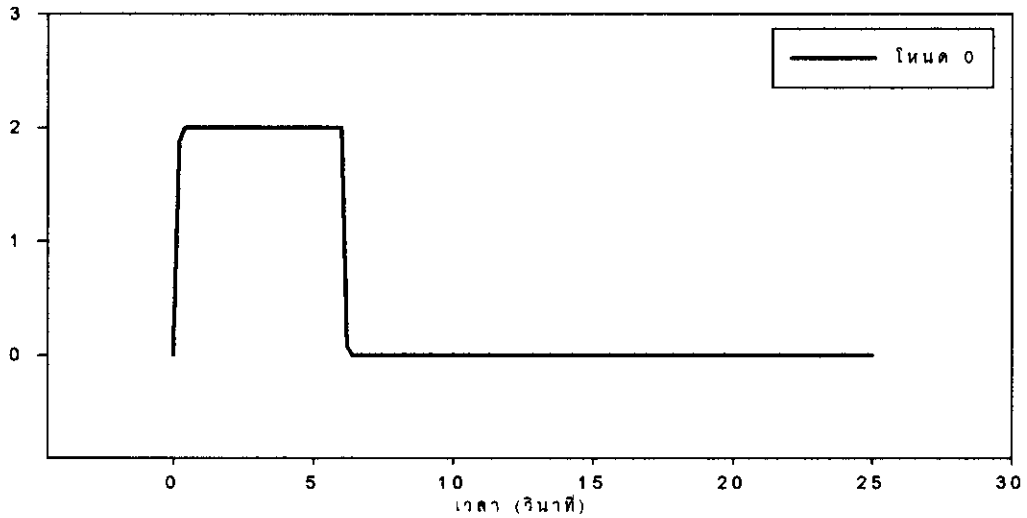
ภาพประกอบ 5-11 โหนด 0 หยุดส่งข้อมูล โหนด 1 สามารถส่งข้อมูลไปยังโหนด 4

และเช่นเดียวกันเมื่อโหนด 1 ส่งข้อมูลเสร็จเรียบร้อย ทำให้โหนด 2 สามารถส่งข้อมูลไปยังโหนด 4 ได้ ซึ่งแสดงดังภาพประกอบ 5-12

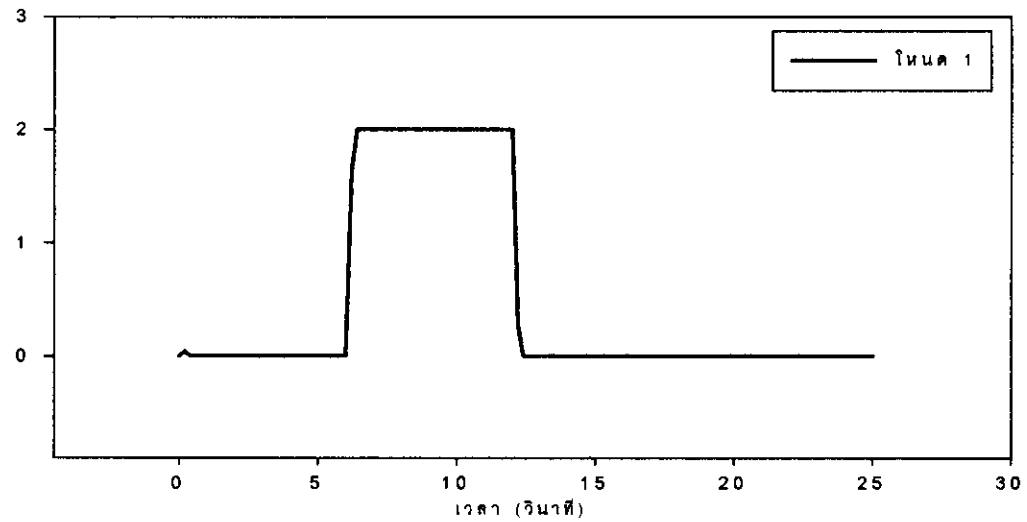


ภาพประกอบ 5-12 โหนด 0 และ โหนด 1 หยุดส่งข้อมูล โหนด 2 สามารถส่งข้อมูลไปยังโหนด 4

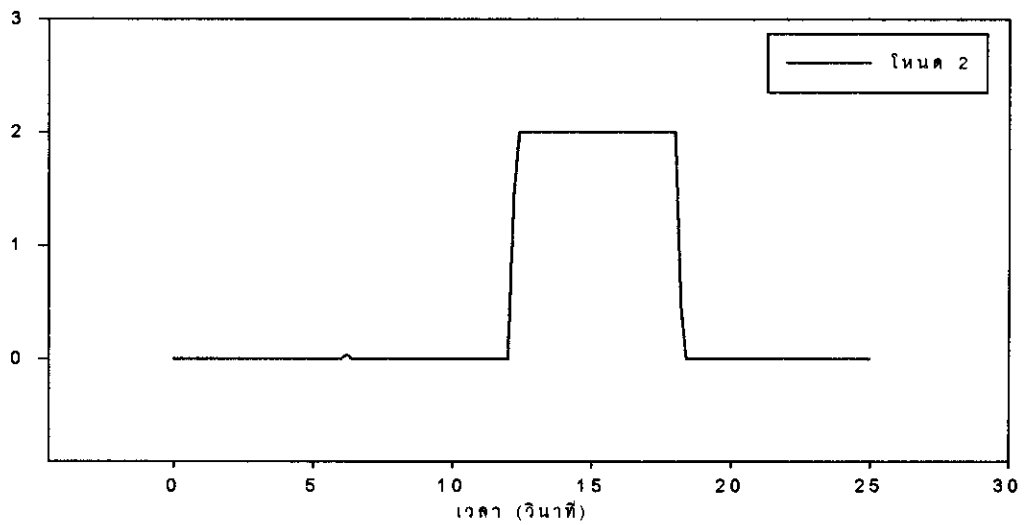
อัตราการรับส่งข้อมูล (Mbps)

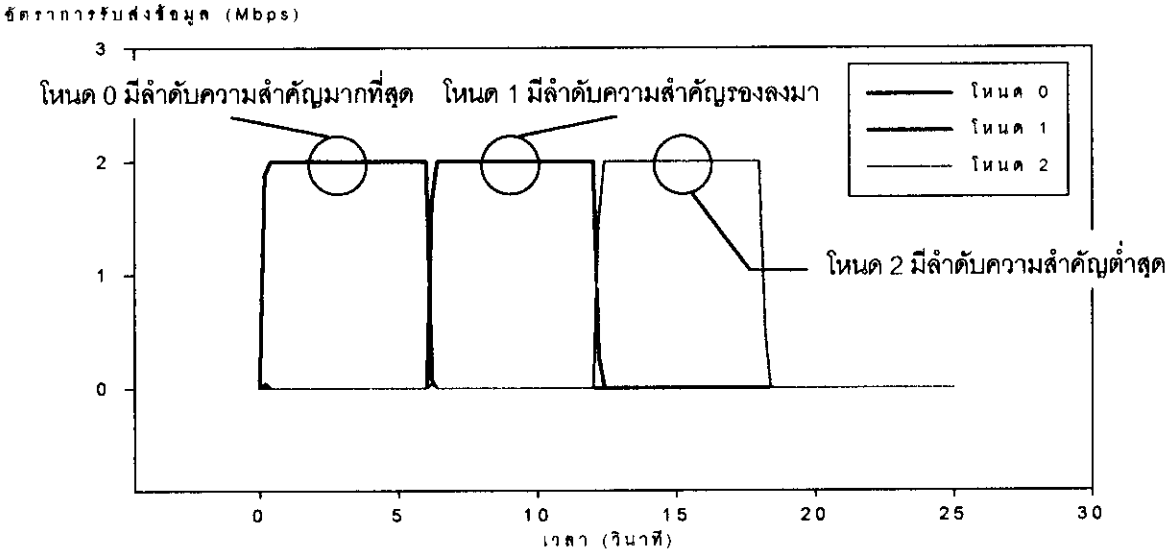


อัตราการรับส่งข้อมูล (Mbps)



อัตราการรับส่งข้อมูล (Mbps)



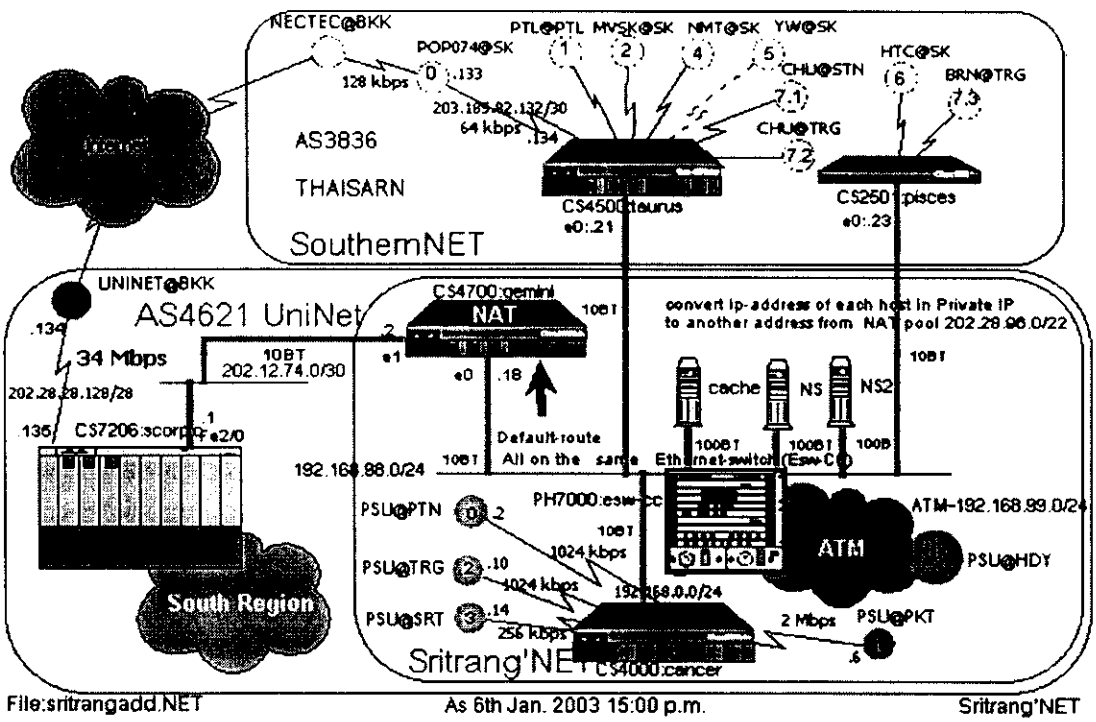


ภาพประกอบ 5-13 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่เวลาต่าง ๆ

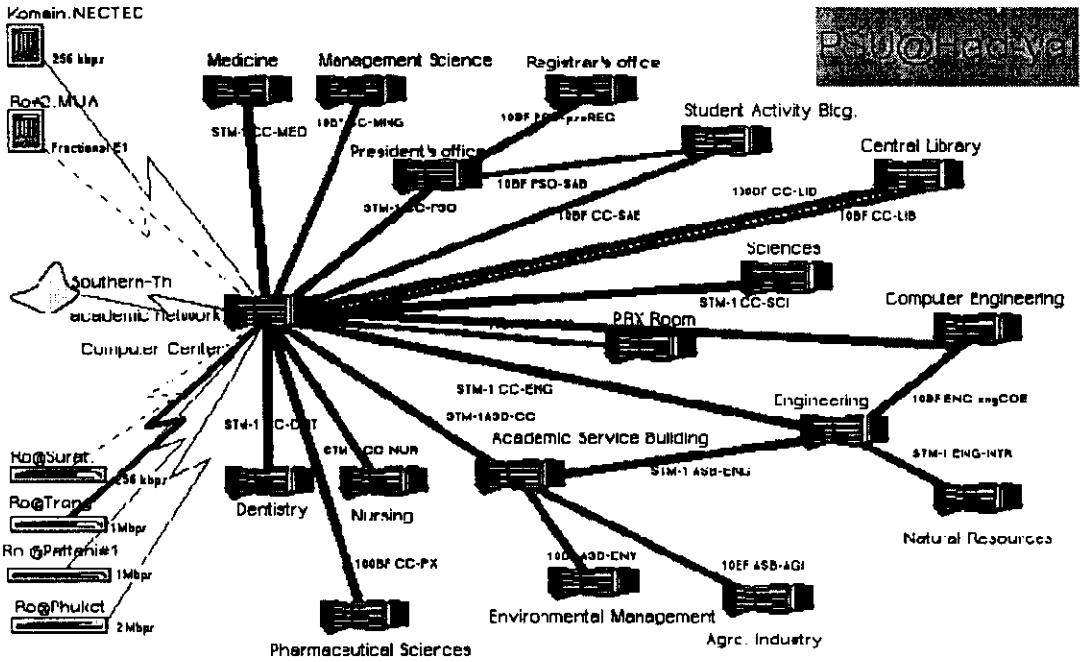
จากภาพประกอบ 5-13 แสดงกราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่เวลาต่าง ๆ พบว่าในช่วงแรกอัตราการรับส่งข้อมูลของโหนด 0 มีค่าสูงแต่อัตราการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่นมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากโหนด 0 มีค่าลำดับความสำคัญมากที่สุด จึงมีสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารก่อนโหนดอื่น แต่เมื่อโหนด 0 ส่งข้อมูลเสร็จสิ้น โหนด 1 จึงมีสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารได้อย่างเต็มที่ และโหนด 2 ก็เช่นเดียวกัน คือต้องรอจนโหนด 1 ส่งข้อมูลเสร็จสิ้นก่อนจึงได้สิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสาร ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ตัวจำลองสามารถทำงานได้ตามอัลกอริทึมที่ได้เขียนโปรแกรม

5.3 ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาพประกอบ 5-14 แสดงโทโปโลยีของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสำหรับโทโปโลยีของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภายในวิทยาเขตหาดใหญ่ แสดงดังภาพประกอบ 5-15 โดยโครงสร้างของระบบเครือข่ายเป็นการเชื่อมต่อด้วยเทคโนโลยีเอทีเอ็มแบ็กโบน (ATM Backbone) ซึ่งมีอัตราเร็ว 155 เมกกะบิตต่อวินาที และเชื่อมต่อระหว่างคณะต่าง ๆ ด้วยอัตราเร็ว 10 หรือ 100 เมกกะบิตต่อวินาที สายสัญญาณส่วนที่เป็นแบ็กโบนเป็นเส้นใยแก้วนำแสงทำงานในแบบมัลติโหมด สายสัญญาณที่ใช้อยู่ภายในแต่ละคณะเป็นสายอีเทอร์เน็ตความเร็ว 10/100 เมกกะบิตต่อวินาที ในส่วนของการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นการเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย UNINET ของทบวงมหาวิทยาลัยด้วยอัตราเร็ว 34 เมกกะบิตต่อวินาที



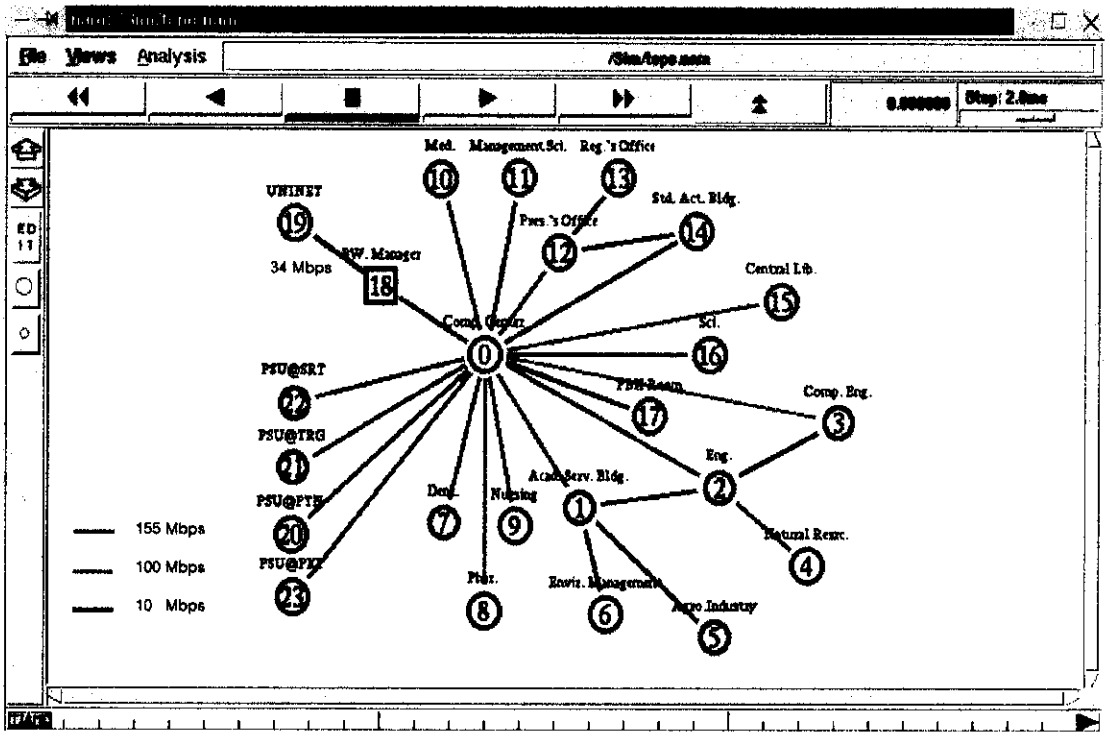
ภาพประกอบ 5-14 โทโปโลยีของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
(ที่มา : http://www.psu.ac.th)



ภาพประกอบ 5-15 โทโปโลยีของระบบเครือข่ายมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
(ที่มา : ปรับปรุงจาก http://www.psu.ac.th)

5.4 การทดสอบในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

แบบจำลองโทโปโลยีของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ แสดงดังภาพประกอบ 5-16 ทำการติดตั้งตัวจัดการแบนด์วิดท์ (โหนด 18) ซึ่งใช้อัลกอริทึมในการจัดคิว 2 แบบ ได้แก่ WFQ และ PQ ไว้ตรงจุดที่เกิดปัญหาคอขวด กล่าวคือ ตรงทางออกไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ต พร้อมทั้งทำการบันทึกค่าอัตราการรับส่งข้อมูลแต่ละคณะ/หน่วยงานในแต่ละช่วงเวลา ในการกำหนดค่าน้ำหนักและค่าลำดับความสำคัญได้มาจากการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานอินเตอร์เน็ตของแต่ละคณะ/หน่วยงานและจัดแบ่งให้เหมาะสม ค่าน้ำหนักและค่าลำดับความสำคัญของแต่ละคณะ/หน่วยงานที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังตาราง 5-8 สำหรับโหนดที่มีค่าน้ำหนัก 0.4 หมายถึงโหนดนั้นได้สิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารมากที่สุด ค่า 0.3 ได้สิทธิ์รองลงมา และค่า 0.2 ได้สิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารน้อยที่สุด และสำหรับโหนดที่มีค่าลำดับความสำคัญ 0 หมายถึงโหนดนั้นมีสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารก่อนโหนดอื่น ค่า 1 มีสิทธิ์รองลงมา และค่า 2 มีสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารหลังสุด ในที่นี้ทำการทดสอบกับข้อมูล 2 ชุด



ภาพประกอบ 5-16 แบบจำลองโทโปโลยีของเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตาราง 5-8 ค่าน้ำหนักและค่าลำดับความสำคัญของแต่ละคณะ/หน่วยงานที่ใช้ในการทดสอบ

โหนด	ชื่อคณะ/หน่วยงาน	ค่าน้ำหนัก (WFQ)	ค่าลำดับความสำคัญ (PQ)
1	อาคารบริหารวิชาการรวม	0.4	2
2	คณะวิศวกรรมศาสตร์	0.4	2
3	ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	0.4	2
5	คณะอุตสาหกรรมเกษตร	0.2	0
6	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม	0.2	0
7	คณะทันตแพทยศาสตร์	0.4	2
8	คณะเภสัชศาสตร์	0.3	1
10	คณะแพทยศาสตร์	0.3	1
11	คณะวิทยาการจัดการ	0.2	0
12	สำนักงานอธิการบดี	0.2	0
16	คณะวิทยาศาสตร์	0.4	2

5.4.1 การทดสอบกับข้อมูลสมมุติ

ในการทดสอบกับข้อมูลสมมุติจะพิจารณาในกรณีที่ระบบเครือข่ายเกิดความแออัดของข้อมูล ซึ่งเกิดจากการรับส่งข้อมูลจำนวนมากในเวลาเดียวกัน ในที่นี้จะทำการถ่ายโอนข้อมูลขนาด 7.30 เมกกะไบต์ ถือเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เพื่อต้องการให้สามารถรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางได้อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาการทดสอบ

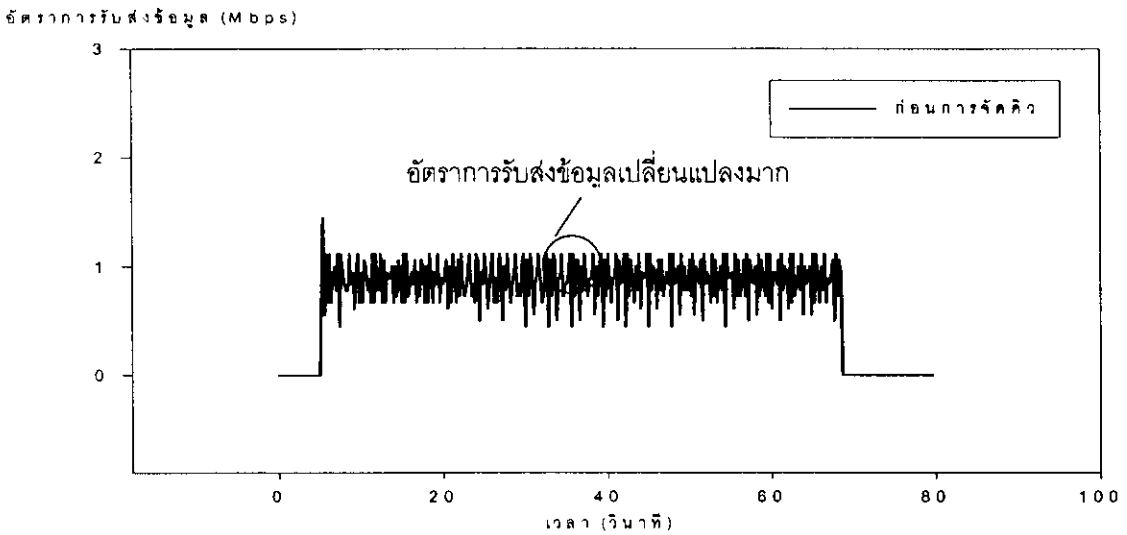
5.4.2 การทดสอบกับข้อมูลจริง

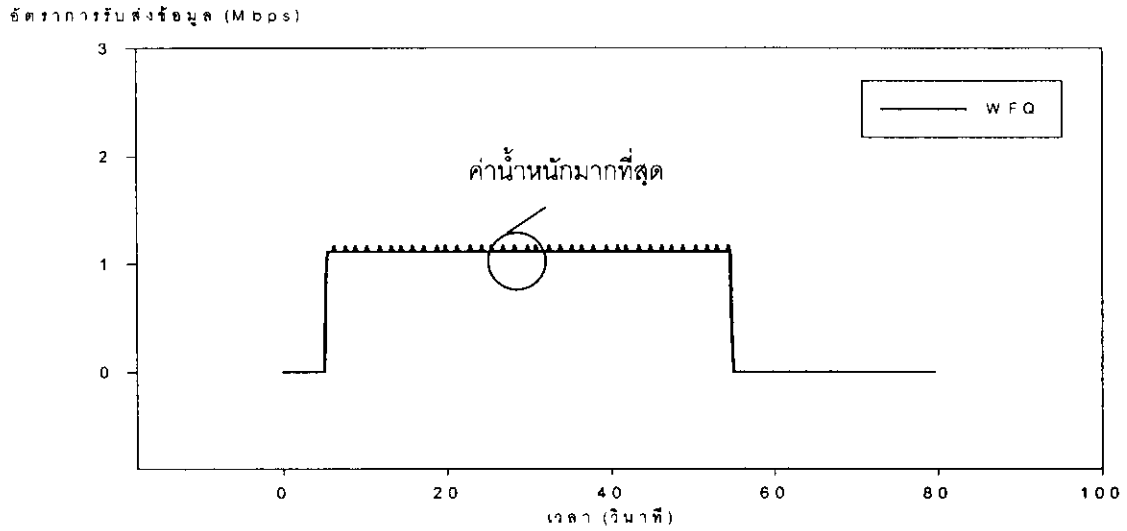
ในการเก็บข้อมูลที่เข้าออกระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์กับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจะพิจารณาเฉพาะโปรโตคอล HTTP และโปรโตคอล FTP ทั้งนี้เนื่องจากความแออัดที่เกิดขึ้นบนระบบเครือข่ายโดยส่วนใหญ่เป็นผลมาจากโปรโตคอลดังกล่าว ในที่นี้ใช้โปรแกรม IPTraf เวอร์ชัน 2.5 ทำงานบนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ Linux Tle เวอร์ชัน 4.0 ในการเก็บข้อมูลในช่วงระยะเวลาที่มีการใช้งานหนาแน่น พร้อมทั้งนำข้อมูลจริงที่ได้มาเขียนเป็น OTcl Script เพื่อป้อนให้กับตัวจำลองระบบเครือข่าย

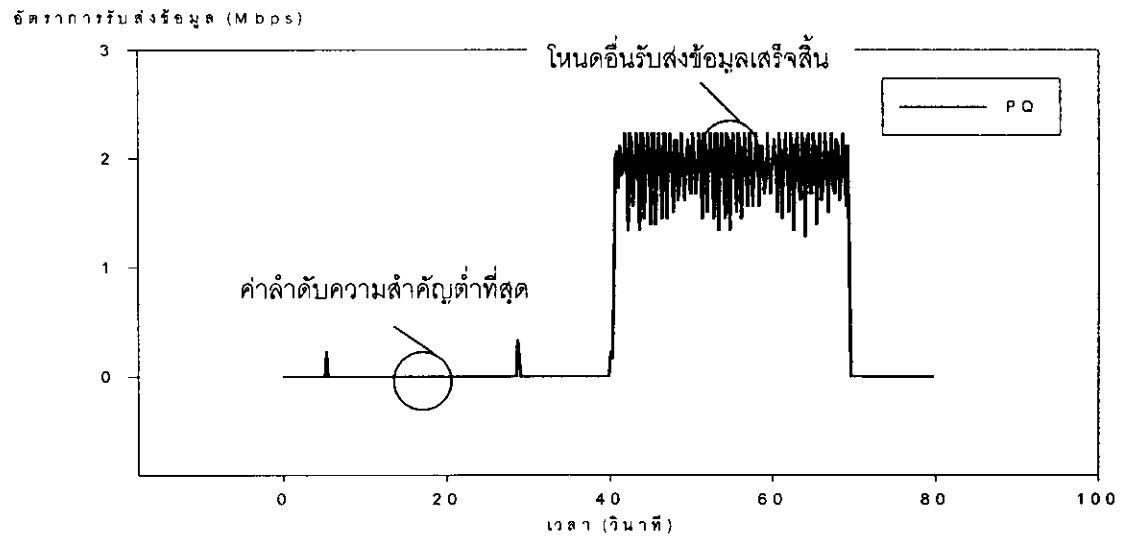
5.5 ผลการทดสอบ

5.5.1 ผลการทดสอบกับข้อมูลสมมุติ

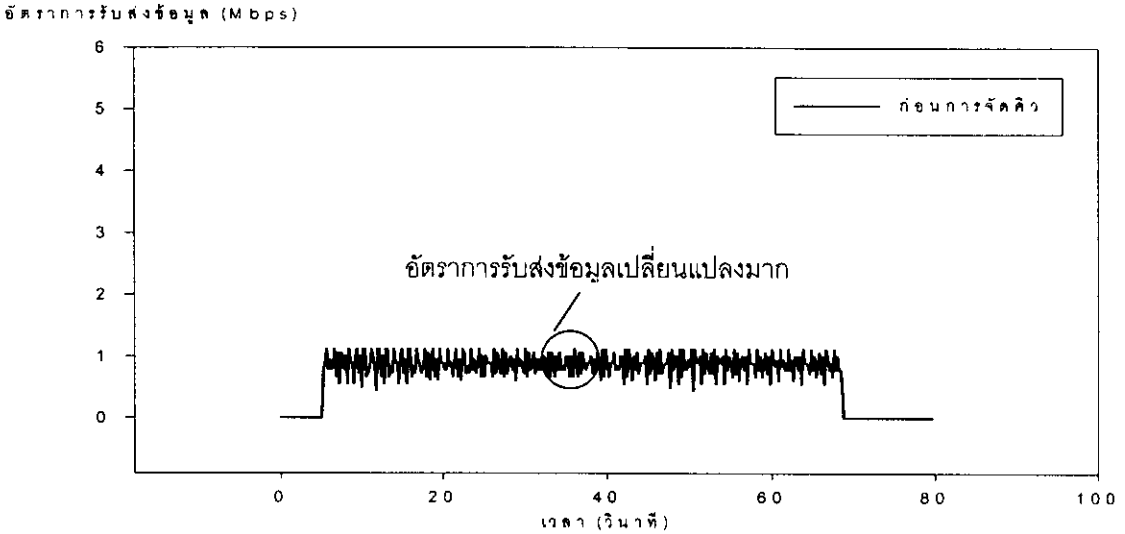
สำหรับผลการทดสอบเพื่อให้เห็นผลจากการใช้อัลกอริทึมในการจัดคิวแต่ละแบบได้อย่างชัดเจน จะขอแสดงผลการทดสอบกราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของอาคารบริหารวิชาการรวมภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ และที่คณะวิทยาการจัดการ แสดงดังภาพประกอบ 5-17 ภาพประกอบ 5-18 และภาพประกอบ 5-19 ตามลำดับ ส่วนผลการทดสอบของแต่ละคณะ/หน่วยงานก่อนและหลังการจัดคิว ดูภาคผนวก ค

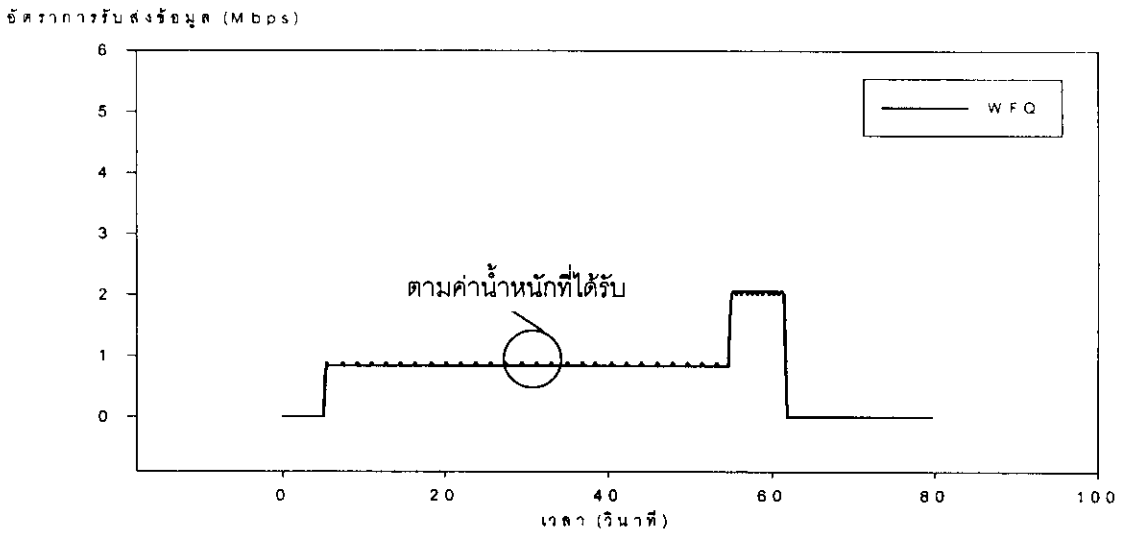


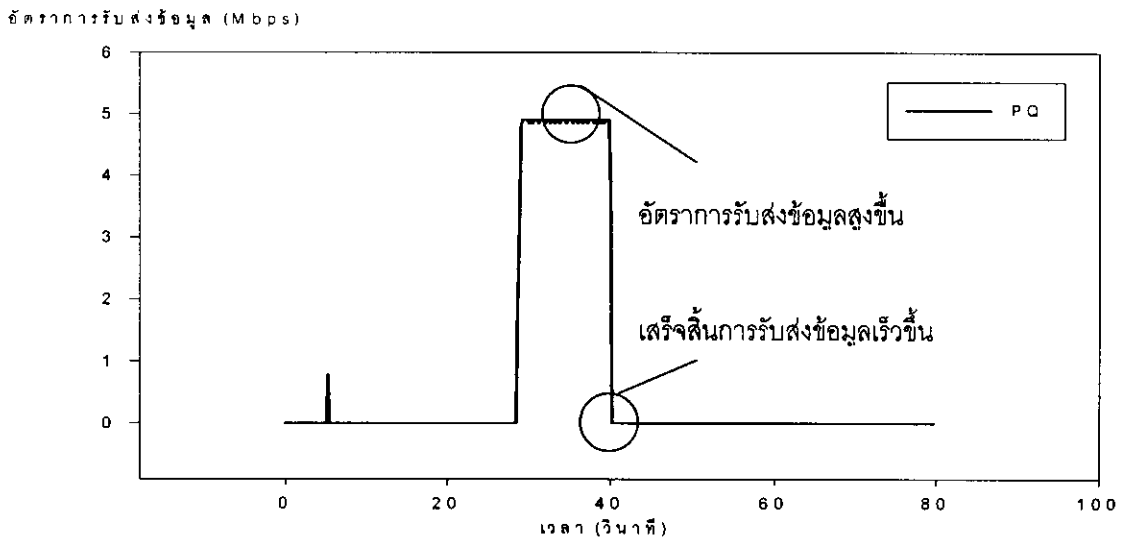




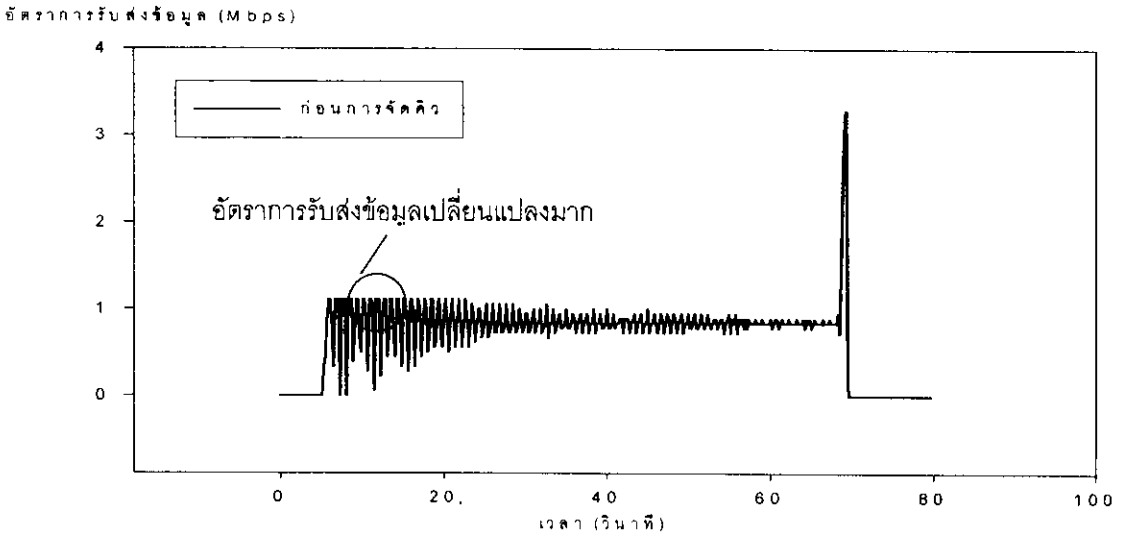
ภาพประกอบ 5-17 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของอาคารบริหารวิชาการรวมจากข้อมูลสมมุติ

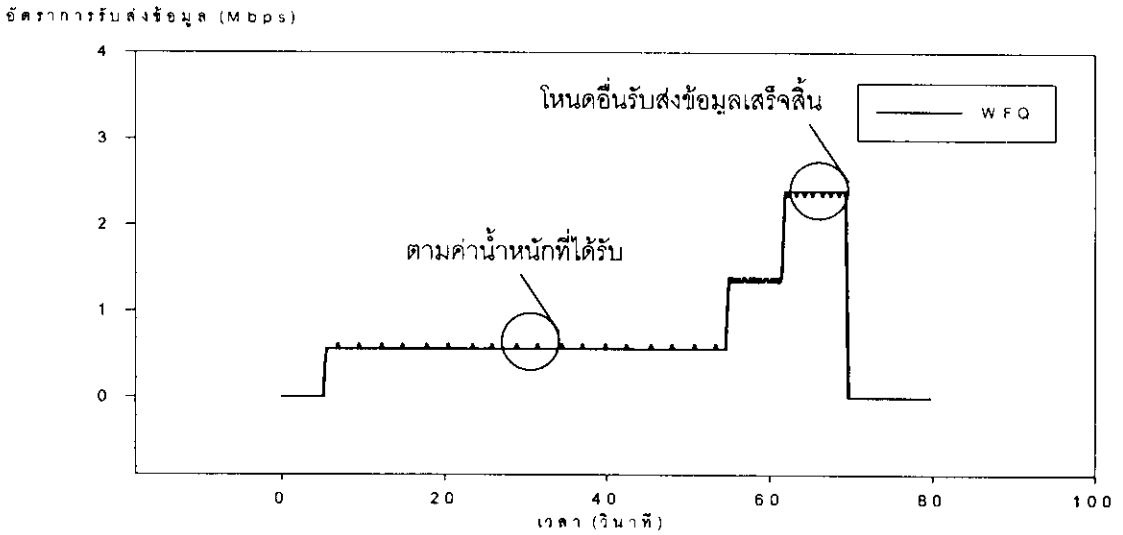


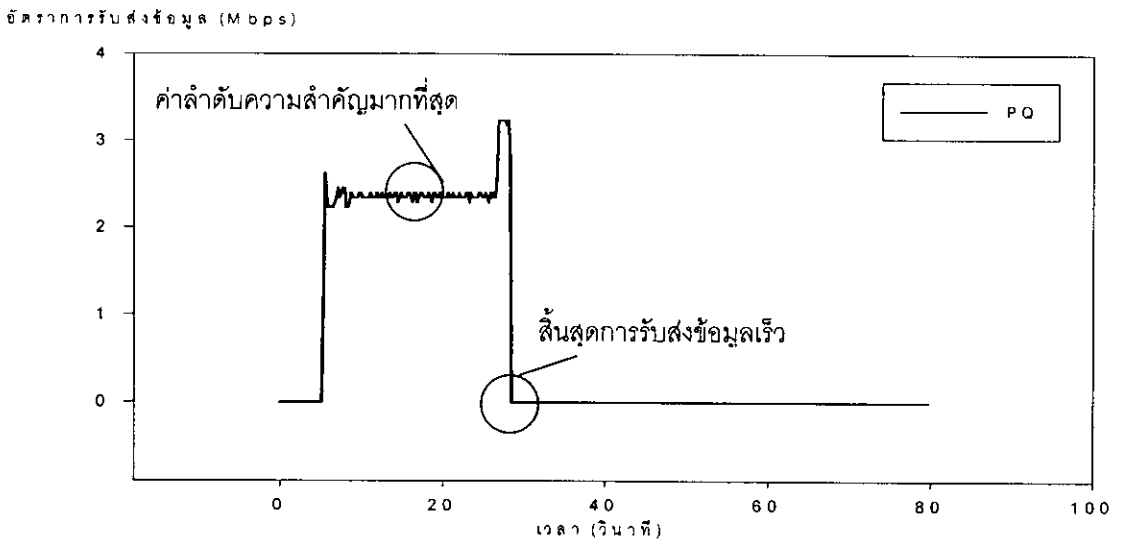




ภาพประกอบ 5-18 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของคณะแพทยศาสตร์จากข้อมูลสมมุติ







ภาพประกอบ 5-19 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของคณะวิทยาการจัดการจากข้อมูลสมมุติ

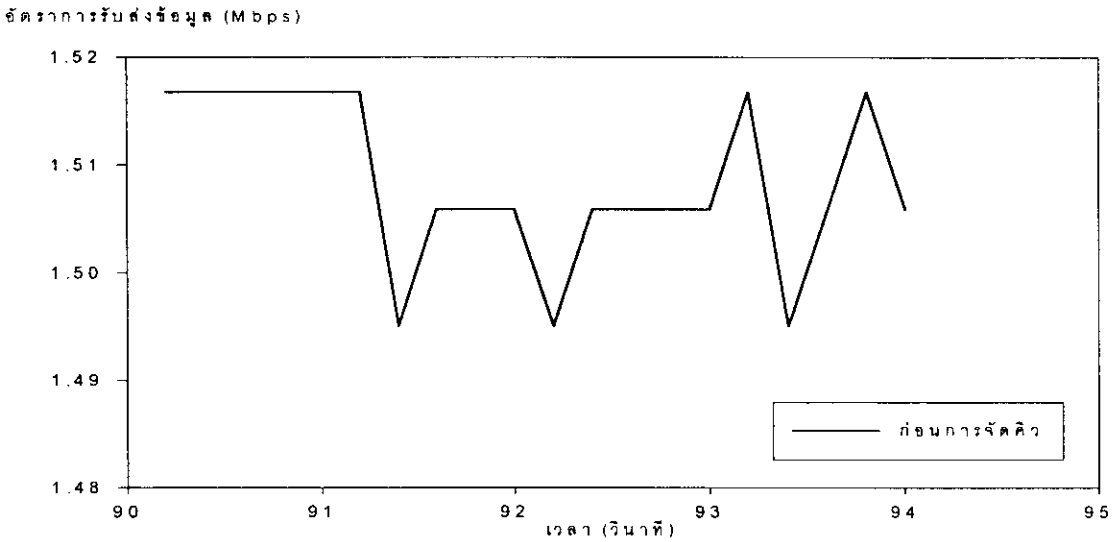
จากภาพประกอบ 5-17 พบว่าก่อนการจัดคิวค่าอัตราการรับส่งข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงมาก จากกราฟหลังการจัดคิวแบบ WFQ พบว่าช่วงแรกอัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าไม่สูงมากเนื่องจากได้รับค่าน้ำหนัก 0.2 (ต่ำที่สุด) จึงได้รับสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารน้อยที่สุด ช่วงต่อมาอัตราการรับส่งข้อมูลเริ่มสูงขึ้นเนื่องจากมีบางโหนดรับส่งข้อมูลเป็นที่เรียบร้อย ทำให้มีสิทธิ์ใช้ช่องสื่อสารได้มากขึ้นตามค่าน้ำหนักที่ได้รับ ช่วงสุดท้ายอัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าสูงเนื่องจากโหนดอื่นทำการรับส่งข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ส่วนหลังการจัดคิวแบบ PQ ในช่วงแรกมีค่าอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำมากจนเกือบเป็นศูนย์ เนื่องจากมีค่าลำดับความสำคัญ 2 (ต่ำที่สุด) แต่ช่วงหลังอัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าสูงเนื่องจากโหนดอื่นทำการรับส่งข้อมูลเสร็จสิ้นหมดแล้ว

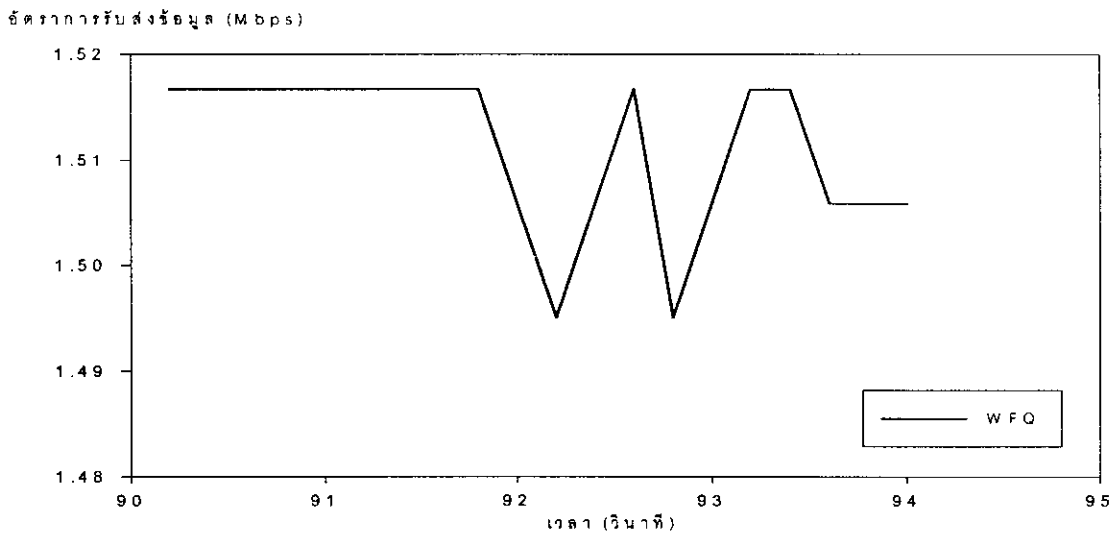
จากภาพประกอบ 5-18 พบว่าก่อนการจัดคิวค่าอัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าเปลี่ยนแปลงมาก จากกราฟหลังการจัดคิวแบบ WFQ พบว่าช่วงแรกอัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าไม่สูงมากเนื่องจากได้รับค่าน้ำหนัก 0.3 (ปานกลาง) จึงได้รับสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารตามค่าน้ำหนักที่ได้รับ ส่วนหลังการจัดคิวแบบ PQ ซึ่งมีค่าระดับความสำคัญ 1 (ปานกลาง) มีค่าอัตราการรับส่งข้อมูลสูงขึ้นและสามารถรับส่งข้อมูลเสร็จสิ้นด้วยเวลาที่เร็วกว่าอาคารบริหารวิชาการรวม

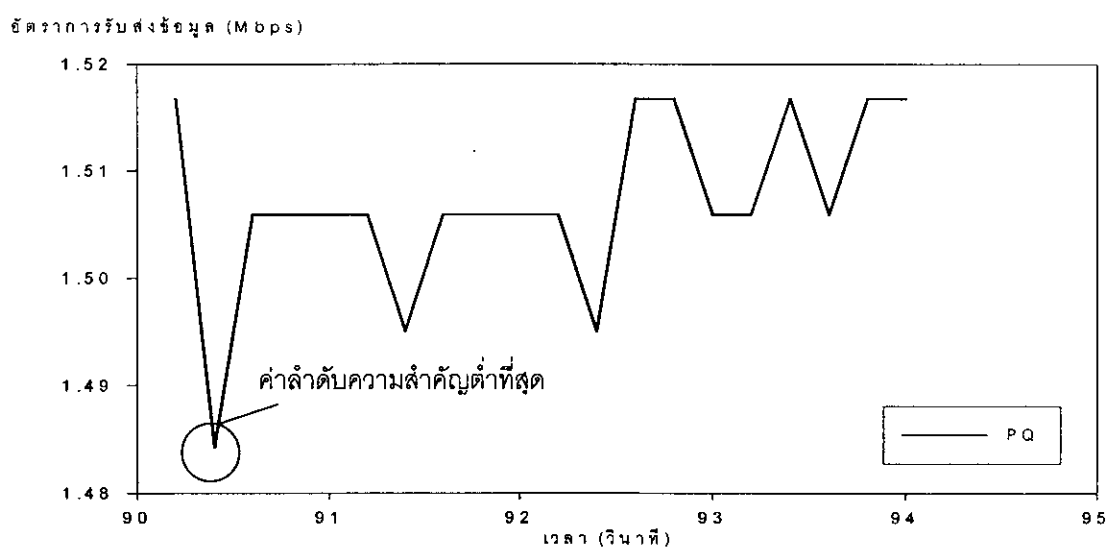
จากภาพประกอบ 5-19 พบว่าก่อนการจัดคิวค่าอัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าเปลี่ยนแปลงมาก หลังการจัดคิวแบบ WFQ จะพบว่าอัตราการรับส่งข้อมูลมีค่าสูงเนื่องจากได้รับค่าน้ำหนัก 0.4 (สูงที่สุด) จึงได้รับสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารมากที่สุด ส่วนหลังการจัดคิวแบบ PQ มีค่าอัตราการรับส่งข้อมูลสูงมาก เนื่องจากได้รับค่าลำดับความสำคัญ 0 (สูงที่สุด) และสามารถรับส่งข้อมูลเสร็จสิ้นด้วยเวลาที่เร็ว

5.5.2 ผลการทดสอบกับข้อมูลจริง

เนื่องจากข้อมูลจริงในระบบเครือข่ายมีลักษณะเป็นแบบสุ่ม (Random) กล่าวคือ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นเมื่อนำมาทดสอบกับตัวจำลองระบบเครือข่ายพบว่า ไม่สามารถแสดงความแตกต่างของผลที่ได้จากการนำอัลกอริทึมในการจัดคิวแต่ละแบบมาใช้ได้อย่างชัดเจน จึงได้แสดงผลการทดสอบของแต่ละคณะ/หน่วยงาน (ภาคผนวก ง) ซึ่งในที่นี้จะขอยกตัวอย่างที่อาคารบริหารวิชาการรวม ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาการจัดการ แสดงดังภาพประกอบ 5-20 ภาพประกอบ 5-21 และภาพประกอบ 5-22 ตามลำดับ



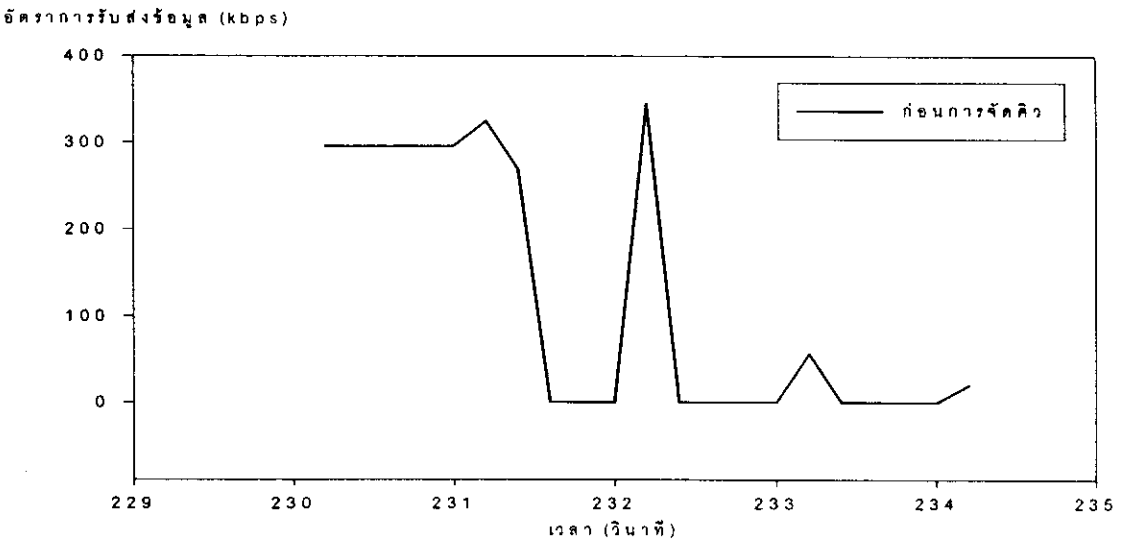


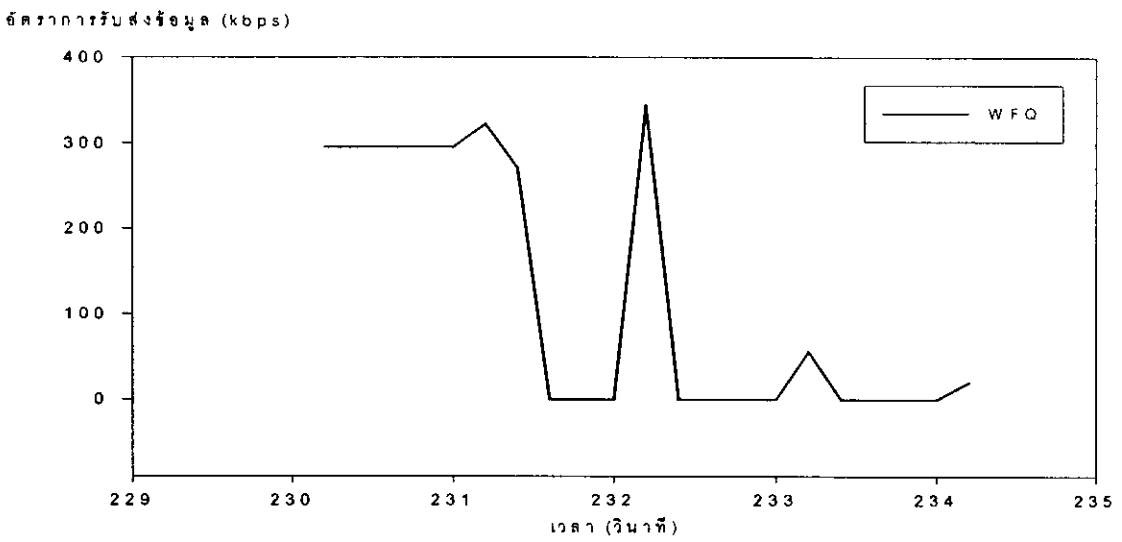


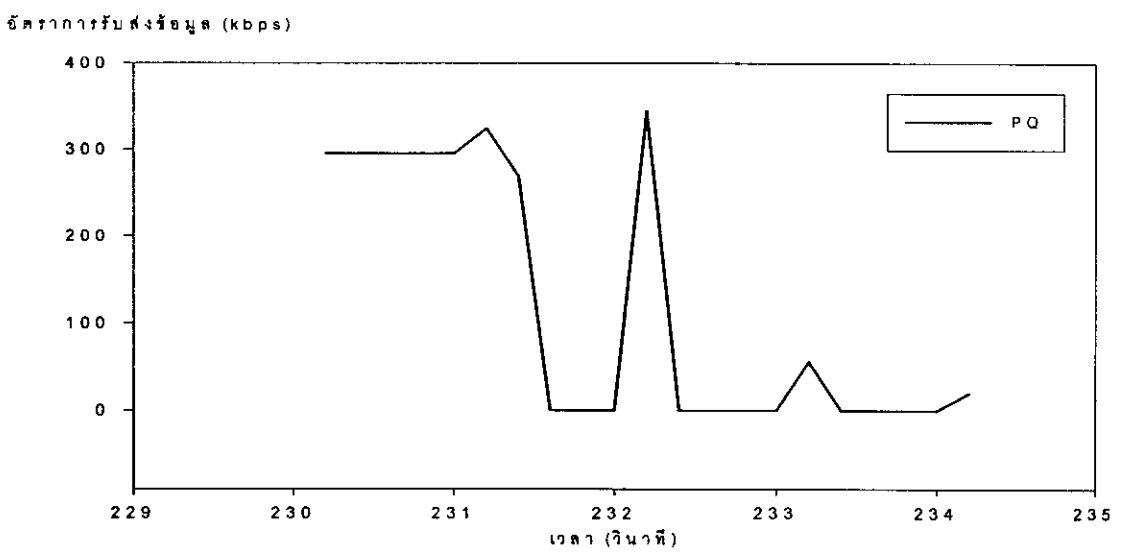
ภาพประกอบ 5-20 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของอาคารบริหารวิชาการรวมจากข้อมูลจริง

ตาราง 5-9 ค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของอาคารบริหารวิชาการรวม หน่วยเมกกะบิตต่อวินาที

เวลา	ก่อนการจัดคิว	หลังการจัดคิวแบบ WFQ	หลังการจัดคิวแบบ PQ
90.2	1.516724	1.516724	1.516724
90.4	1.516724	1.516724	1.484222
90.6	1.516724	1.516724	1.505890
90.8	1.516724	1.516724	1.505890
91.0	1.516724	1.516724	1.505890
91.2	1.516724	1.516724	1.505890
91.4	1.495056	1.516724	1.495056
91.6	1.505890	1.516724	1.505890
91.8	1.505890	1.516724	1.505890
92.0	1.505890	1.505890	1.505890
92.2	1.495056	1.495056	1.505890
92.4	1.505890	1.505890	1.495056
92.6	1.505890	1.516724	1.516724
92.8	1.505890	1.495056	1.516724
93.0	1.505890	1.505890	1.505890
93.2	1.516724	1.516724	1.505890
93.4	1.495056	1.516724	1.516724
93.6	1.505890	1.505890	1.505890
93.8	1.516724	1.505890	1.516724
94.0	1.505890	1.505890	1.516724



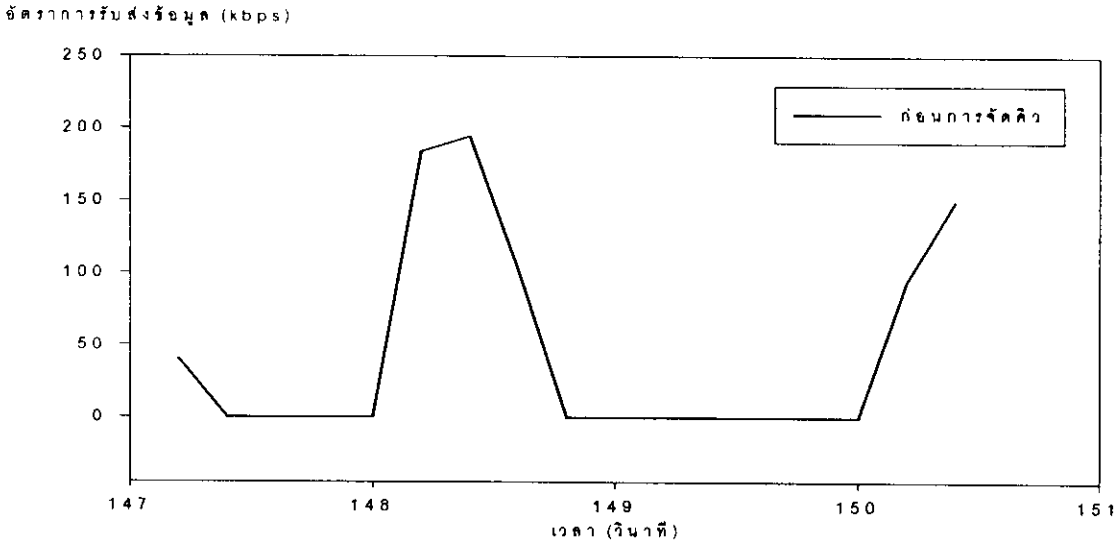


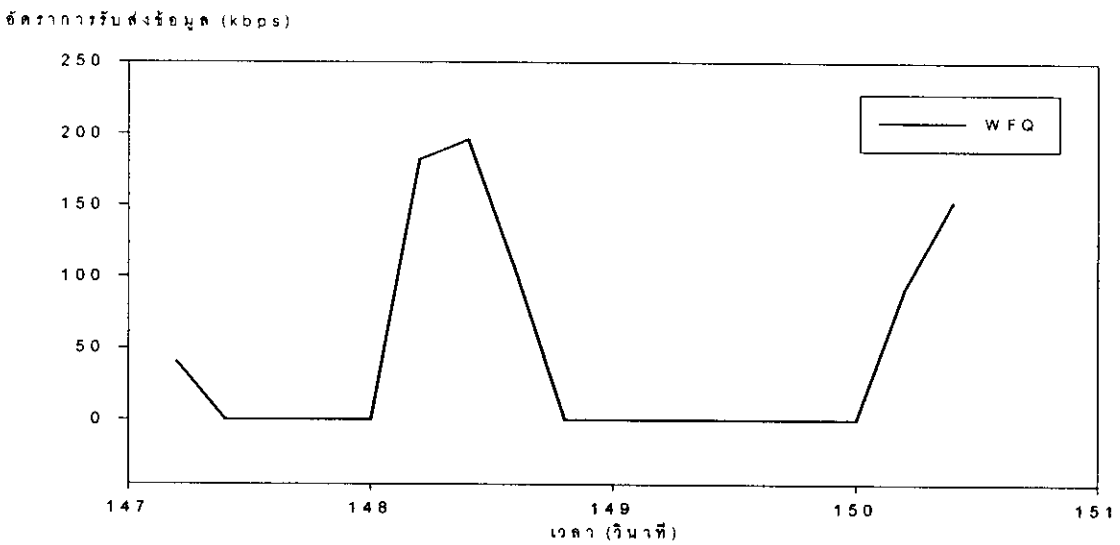


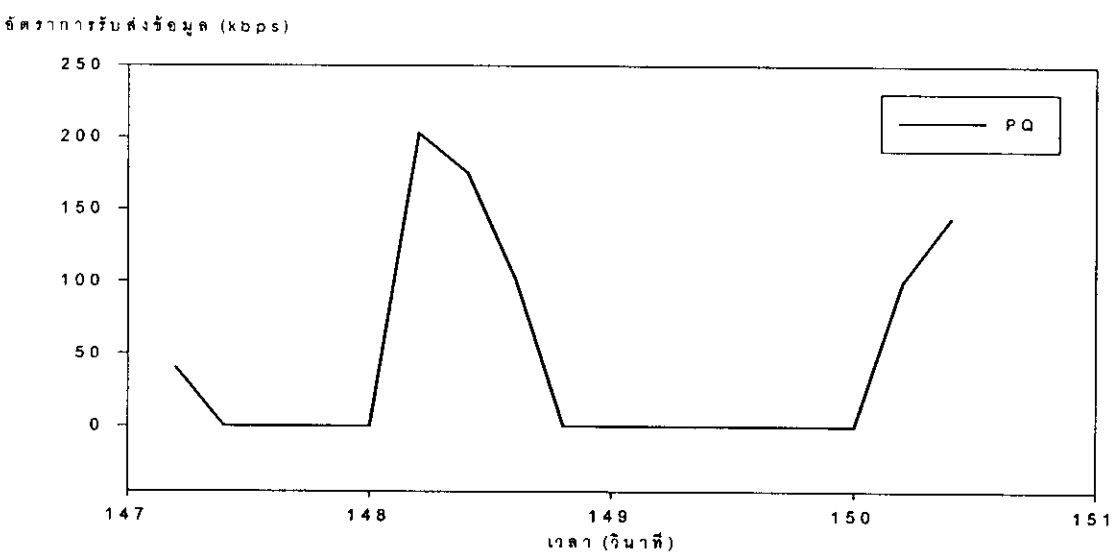
ภาพประกอบ 5-20 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของคณะแพทยศาสตร์จากข้อมูลจริง

ตาราง 5-10 ค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของคณะแพทยศาสตร์ หน่วยกิโลบิตต่อวินาที

เวลา	ก่อนการจัดคิว	หลังการจัดคิวแบบ WFQ	หลังการจัดคิวแบบ PQ
230.2	295.312500	295.312500	295.312500
230.4	295.312500	295.312500	295.312500
230.6	295.312500	295.312500	295.312500
230.8	295.312500	295.312500	295.312500
231.0	295.312500	295.312500	295.312500
231.2	324.375000	322.187500	324.375000
231.4	269.062500	271.250000	269.062500
231.6	0.000000	0.000000	0.000000
231.8	0.000000	0.000000	0.000000
232.0	0.000000	0.000000	0.000000
232.2	344.296875	344.296875	344.296875
232.4	0.000000	0.000000	0.000000
232.6	0.000000	0.000000	0.000000
232.8	0.000000	0.000000	0.000000
233.0	0.000000	0.000000	0.000000
233.2	56.250000	56.250000	56.250000
233.4	0.000000	0.000000	0.000000
233.6	0.000000	0.000000	0.000000
233.8	0.000000	0.000000	0.000000
234.0	0.000000	0.000000	0.000000
234.2	20.156250	20.156250	20.156250







ภาพประกอบ 5-21 กราฟค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของคณะวิทยาการจัดการจากข้อมูลจริง

ตาราง 5-11 ค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของคณะวิทยาการจัดการ หน่วยกิโลบิตต่อวินาที

เวลา	ก่อนการจัดคิว	หลังการจัดคิวแบบ WFQ	หลังการจัดคิวแบบ PQ
147.2	40.234375	40.234375	40.234375
147.4	0.000000	0.000000	0.000000
147.6	0.000000	0.000000	0.000000
147.8	0.000000	0.000000	0.000000
148.0	0.000000	0.000000	0.000000
148.2	183.906250	182.187500	202.812500
148.4	194.218750	195.937500	175.312500
148.6	101.406250	101.406250	101.406250
148.8	0.000000	0.000000	0.000000
149.0	0.000000	0.000000	0.000000
149.2	0.000000	0.000000	0.000000
149.4	0.000000	0.000000	0.000000
149.6	0.000000	0.000000	0.000000
149.8	0.000000	0.000000	0.000000
150.0	0.000000	0.000000	0.000000
150.2	94.296875	91.523438	99.843750
150.4	149.765625	152.539063	144.218750

5.6 สรุปผล

ผลการศึกษาอัลกอริทึมในการจัดคิวทั้ง 2 แบบ โดยใช้ตัวจำลองระบบเครือข่าย NS 2.0 พบว่า ผลการทดสอบกับข้อมูลสมมุติสามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างก่อนและหลังการใช้อัลกอริทึมในการจัดคิวได้อย่างชัดเจนมากกว่าผลการทดสอบกับข้อมูลจริง โดยค่าอัตราการรับส่งข้อมูลก่อนการจัดคิวมีค่าเปลี่ยนแปลงมากกว่าหลังจากการจัดคิวแบบ WFQ และ PQ ทั้งนี้เนื่องจากก่อนการจัดคิว แพ็กเกตจะถูกจัดส่งออกไปยังปลายทางตามลำดับก่อนหลัง นั่นหมายถึงถ้าแหล่งข้อมูลใดมีระยะทางระหว่างสถานีที่เชื่อมต่อสั้นกว่า จะสามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้ก่อน ส่วนแพ็กเกตที่มาหลังอาจเกิดการสูญหายหรือถูกทิ้งระหว่างทางได้ และเมื่อปริมาณข้อมูลที่เข้ามายังตัวจัดการแบนด์วิดท์มีมากเกินกว่าที่ขนาดของคิวจะรองรับได้ ข้อมูลส่วนที่เกินมาจะถูกทิ้งไป ส่วนการจัดคิวแบบ WFQ ผู้ใช้ทุกคนจะได้สิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารตามอัตราส่วนค่าน้ำหนักที่ได้รับ ในขณะที่การจัดคิวแบบ PQ พบว่าผู้ใช้ที่ได้รับค่าลำดับความสำคัญสูงกว่าจะได้สิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารก่อน แต่อาจเป็นสาเหตุให้ผู้ใช้ที่ได้รับค่าลำดับความสำคัญต่ำกว่าไม่มีสิทธิ์ใช้งานช่องสื่อสารจนกว่าช่องสื่อสารจะว่าง ผลการทดสอบกับข้อมูลจริงพบว่า ค่าอัตราการรับส่งข้อมูลก่อนและหลังการจัดคิวแบบ WFQ และ PQ ไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเกิดจากปริมาณข้อมูลที่เข้าออกระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมีปริมาณไม่มากพอที่จะทำให้ระบบเครือข่ายเกิดความแออัดของข้อมูล เพราะข้อมูลจริงในระบบเครือข่ายขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ในแต่ละช่วงเวลา งานวิจัยนี้จะมีประโยชน์มากกับองค์กรที่มีปัญหาในเรื่องของความแออัดของข้อมูลที่เกิดขึ้นบนระบบเครือข่าย หรือองค์กรที่มีขีดจำกัดในเรื่องของแบนด์วิดท์ สำหรับอัลกอริทึมในการจัดคิวที่เหมาะสมสำหรับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์นั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการขององค์กร กล่าวคือ ถ้าต้องการจัดสรรแบนด์วิดท์ให้ผู้ใช้ตามลำดับความสำคัญของผู้ใช้งานควรใช้การจัดคิวแบบ PQ แต่นั่นอาจหมายถึงผู้ที่มีลำดับความสำคัญต่ำกว่าอาจไม่ได้รับสิทธิ์ในการใช้ช่องสื่อสารเลย