

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เนื่องจากการวิจัยนี้เสนอวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธเป็นวิธีแบบใหม่ที่คิดขึ้นมาเพื่อที่จะลดปัญหาต่าง ๆ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการจำลองการทำงานของวิธีในงานวิจัยนี้ลงบนโปรแกรมจำลองระบบเครือข่าย OPNET ในบทนี้จะกล่าวถึงค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำการทดลองรวมถึงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอ และผลการทดลองที่ได้จากการจำลองระบบเครือข่ายเปรียบเทียบกับวิธีการที่นำเสนอกับวิธีพื้นฐาน

4.1 การทดลอง

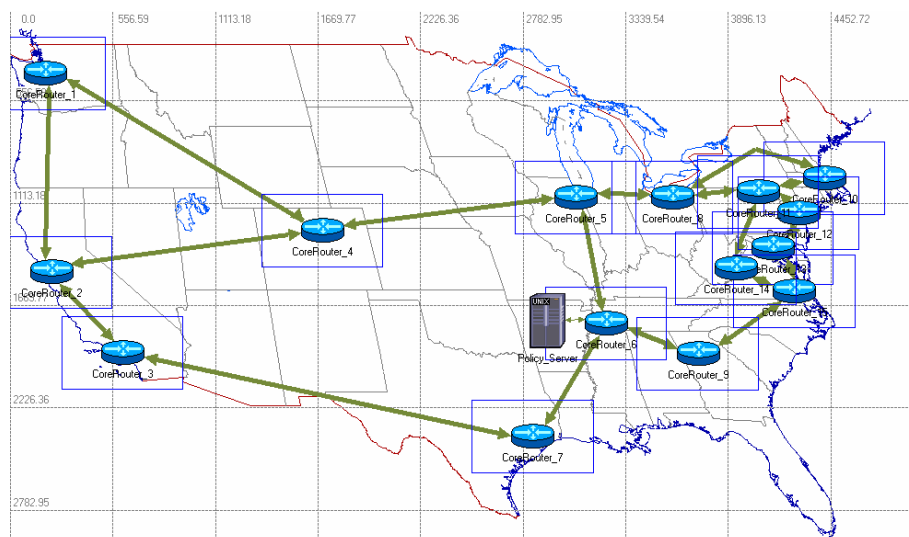
ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ถึงการสร้างระบบเครือข่ายในโปรแกรมจำลองตามรูปที่ 4.1 ซึ่งจะใช้ระบบสายส่งข้อมูลตามมาตรฐานที่เชื่อมระหว่างเราเตอร์หลักในโปรแกรมจำลองการทำงาน 2 แบบ คือ OC-48 และ OC-24 โดยได้ใช้กราฟฟิกในการทดลอง 2 ประเภทคือ วิถีทัศน์และเสียง ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองตามตารางที่ 4.1

- สายส่งข้อมูล OC-48 สามารถรองรับแบนด์วิดธ์ได้เท่ากับ 2.488 กิกะบิตต่อวินาที (Gigabits per second: Gbps) ซึ่งได้กำหนด Provisioned Link สำหรับกราฟฟิกประเภทวิถีทัศน์เท่ากับ 2.42 กิกะบิตต่อวินาที และกำหนด Provisioned Link สำหรับกราฟฟิกประเภทเสียงเท่ากับ 64 เมกะบิตต่อวินาที (Megabits per second: Mbps)
- สายส่งข้อมูล OC-24 สามารถรองรับแบนด์วิดธ์ได้เท่ากับ 1.244 กิกะบิตต่อวินาที ซึ่งได้กำหนด Provisioned Link สำหรับกราฟฟิกประเภทวิถีทัศน์เท่ากับ 1.21 กิกะบิตต่อวินาที และกำหนด Provisioned Link สำหรับกราฟฟิกประเภทเสียงเท่ากับ 34 เมกะบิตต่อวินาที

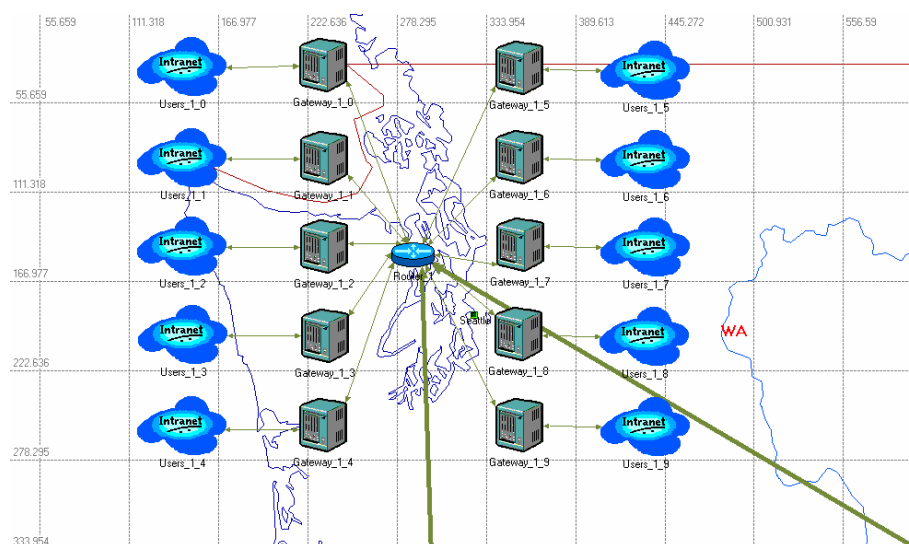
และสายส่งข้อมูลที่เชื่อมระหว่างเราเตอร์ขอบกับเราเตอร์หลัก และระหว่างเราเตอร์ขอบกับกลุ่มผู้ใช้งานคือ OC-12 ซึ่งสามารถรองรับแบนด์วิดธ์ได้เท่ากับ 622.08 เมกะบิตต่อวินาที ตามรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ของกราฟฟิกแต่ละประเภทใช้ในการทดลอง

Class	Bandwidth Requirement	Average Bandwidth Requirement	Connection Duration	Average Connection Duration	Example
A	64 Kbps (CBR)	-	1 – 10 นาที	300 วินาที	VoIP
B	1 – 6 Mbps	3 Mbps	5 นาที – 5 ชั่วโมง	1,152 วินาที	Video MPEG-4



รูปที่ 4.1 โครงสร้างของเครือข่ายที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.2 โครงสร้างการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งาน เราเตอร์ขอบ และเราเตอร์หลัก

และมีความพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เหมือนกันในโปรแกรมจำลองระบบเครือข่าย มีดังต่อไปนี้

- ความยาวของแพ็กเก็ต 1,024 ไบต์
- ระยะเวลาที่ใช้สร้างการร้องขอ (inter arrival times) จะใช้กระบวนการสุ่มที่มีการกระจายตัวแบบเอกซ์โปเนนเชียลที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 วินาที (exponential distribution with mean 50 seconds)
- ค่าเวลาในการรอคอยเท่ากับ 240 วินาที
- จำนวนครั้งในการพยายามสร้างการร้องขอเท่ากับ 10 ครั้ง
- ระยะเวลาระหว่างการพยายามสร้างการร้องขอเท่ากับ 15 วินาที

4.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ

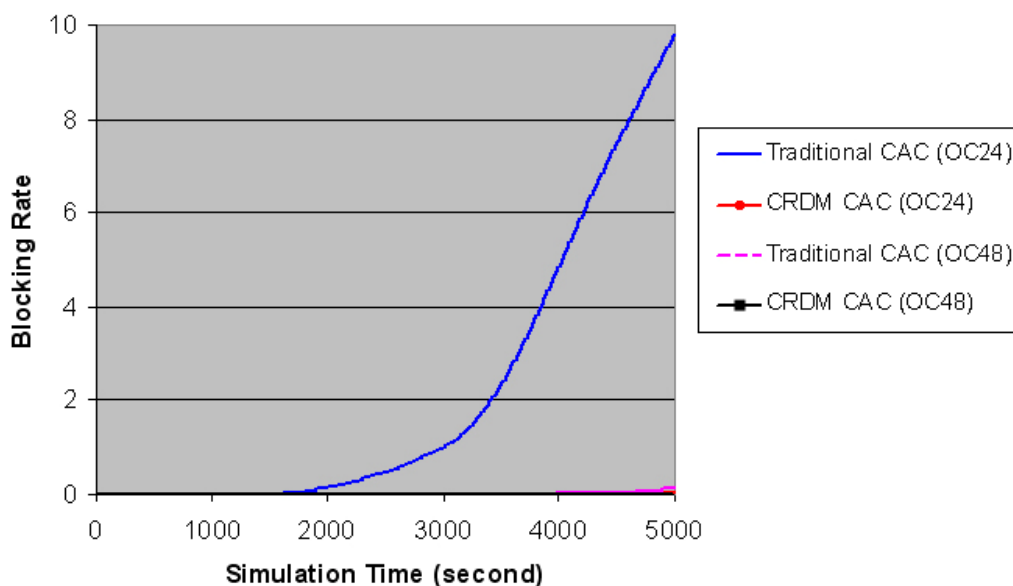
- อัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อ (*Blocking Rate*) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อที่ถูกปฏิเสธต่อจำนวนการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อทั้งหมด
- เวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อ (*Average Connection Setup Times*) คือ เวลาเฉลี่ยตั้งแต่ผู้ร้องขอได้ส่งแพ็กเก็ตการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายจนถึงเวลาที่ได้รับการอนุมัติให้ทำการเชื่อมต่อได้
- ปริมาณทราฟฟิกจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อ (*Call Admission Control Signaling Traffic*) คือ ปริมาณทราฟฟิกที่เกิดขึ้นจากการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อตั้งแต่ผู้ร้องขอได้เริ่มส่งแพ็กเก็ตการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อทั้งหมดจนถึงแพ็กเก็ตการอนุมัติให้ทำการเชื่อมต่อได้ เช่น แพ็กเก็ตการร้องขอ แพ็กเก็ตตอบรับ และแพ็กเก็ตอนุมัติ เป็นต้น
- ประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิดท์ (*Bandwidth Utilization*) คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนการใช้งานแบนด์วิดท์ในขณะนั้นต่อจำนวนแบนด์วิดท์ที่มีอยู่ทั้งหมดโดยจะคิดเป็นร้อยละ
- เวลาในการตอบสนองเฉลี่ย (*Average Response Times*) คือ เวลาตั้งแต่ส่งแพ็กเก็ตการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายและได้รับการตอบกลับมาจากเครือข่ายเป็นครั้งแรก (*acknowledge*)

4.1.2 ลำดับในการทดลอง

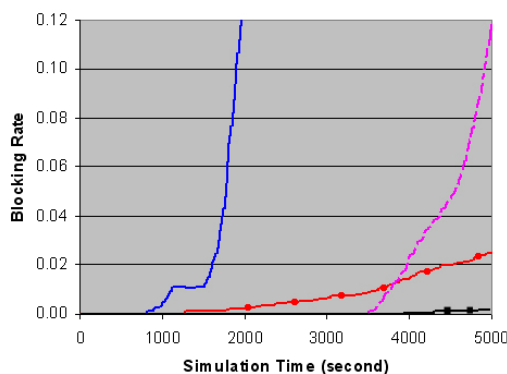
- **การทดลองที่ 1** จะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหนึ่งเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดท์ว่างโดยเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐาน ซึ่งได้ทำการทดลองโดยใช้สายส่งข้อมูลที่เชื่อมระหว่างเราเตอร์หลักคือ OC-48 และ OC-24
- **การทดลองที่ 2** จะเป็นการทดลองหาค่าเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหนึ่งเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบเป็นช่วงคาบเวลา โดยผลการทดลองที่ได้จากค่าคาบเวลาที่เหมาะสมที่สุดมาเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานและวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหนึ่งเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดท์ว่าง ซึ่งใช้สายส่งข้อมูล OC-48 เชื่อมระหว่างเราเตอร์หลัก

4.2 ผลการทดลอง

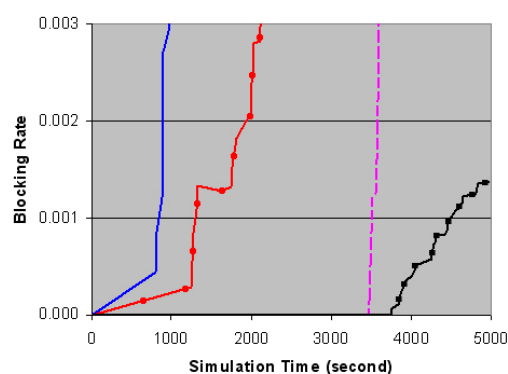
4.2.1 ผลการทดลองที่ 1



(ก)



(ข)

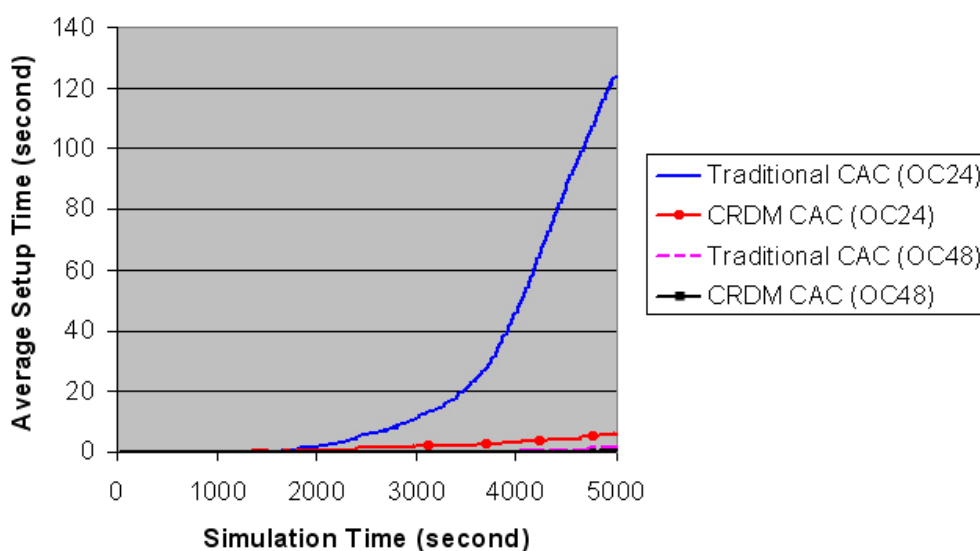


(ค)

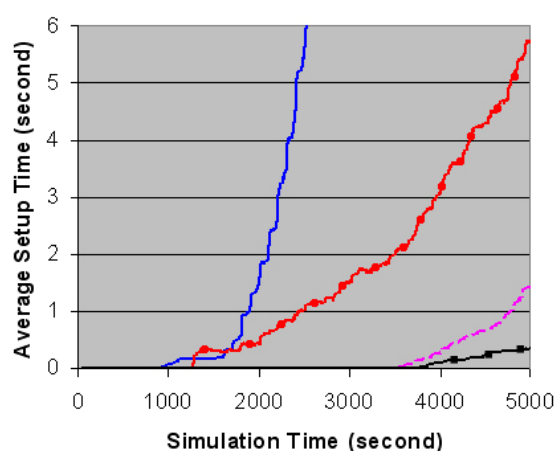
รูปที่ 4.3 กราฟอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อ

ผลการทดลองในรูปที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบอัตราการปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานกับอัตราการปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดท์ว่าง จากผลการทดลองเมื่อใช้สาบส่งข้อมูล OC-48 พบว่า จะเริ่มเกิดการปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อตั้งแต่ในวินาทีที่ 3500 ของการทดลอง เพราะเครือข่ายเริ่มเข้าสู่ในสภาวะอัมตัมและยังมีผู้ใช้งานได้ส่งแพ็กเก็ตขอเข้ามายังเครือข่ายเรื่อย ๆ ซึ่งวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธสามารถลดอัตราการปฏิเสธการร้องขอจัดตั้ง

การเชื่อมต่อจากวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานได้ประมาณ 98.834 % เนื่องมาจากวิธีที่นำเสนอจะเป็นการเพิ่มโอกาสให้แก่แพ็กเก็ตร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อที่จะได้รับการจัดสรรแบนด์วิดท์จึงทำให้การปฏิเสธแพ็กเก็ตการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อลดลงตามไปด้วย เมื่อได้ทดลองเปลี่ยนสายส่งข้อมูลจาก OC-48 มาเป็น OC-24 แล้ว จะพบว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานจะมีอัตราปฏิเสธการร้องขอที่สูงขึ้นกว่าการทดลองที่ใช้สายส่งข้อมูล OC-48 เนื่องจากเมื่อเครือข่ายมีแบนด์วิดท์ที่ลดลงทำให้เกิดการอึดตัวของเครือข่ายที่เร็วขึ้นและยังคงมีผู้ใช้งานทำการร้องขอการเชื่อมต่อมาเรื่อย ๆ จึงทำให้มีอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธยังคงสามารถลดอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อลงจากวิธีพื้นฐานได้ประมาณ 99.734 %



(ก)

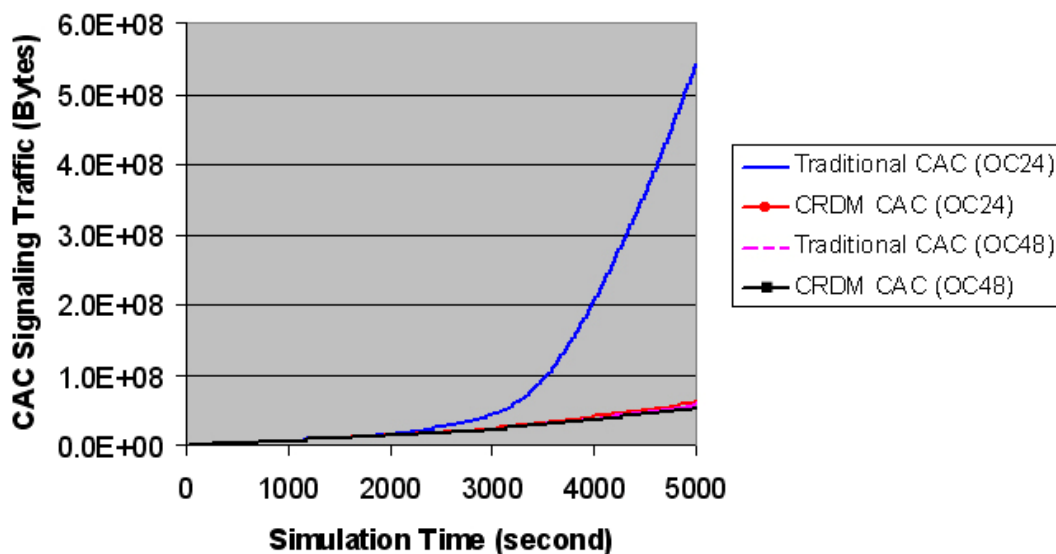


(ข)

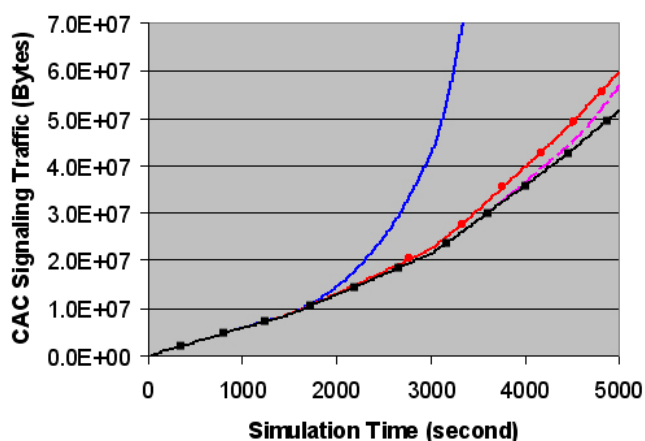
รูปที่ 4.4 กราฟเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อ

ผลการทดลองในรูปที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานกับแบบวิธีหน่วงเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดธ์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดธ์ว่าง จากผลการทดลองเมื่อได้ใช้สายส่งข้อมูล OC-48 พบว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธจะใช้เวลาเฉลี่ยในการรอเพื่อจัดตั้งการเชื่อมต่อน้อยกว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานประมาณ 75.593 % เนื่องจากวิธีที่นำเสนอจะมีการจัดคิวรอการเชื่อมต่อให้แก่แพ็กเก็ตของจัดตั้งการเชื่อมต่อ เมื่อเครือข่ายมีแบนด์วิดธ์ว่างขึ้นมาก็จะสามารถทำการจัดสรรแบนด์วิดธ์ให้แก่แพ็กเก็ตที่รออยู่ได้เลย แต่ในวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานผู้ใช้งานแต่ละคนจะต้องพยายามส่งแพ็กเก็ตของจัดตั้งการเชื่อมต่อมายังเครือข่ายซึ่งต้องอาศัยโอกาสจังหวะเวลาที่เครือข่ายมีแบนด์วิดธ์ว่างพอดีถึงจะสามารถทำการเชื่อมต่อได้ เมื่อได้ทดลองเปลี่ยนสายส่งข้อมูลจาก OC-48 มาเป็น OC-24 แล้ว จะพบว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานจะมีเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อที่สูงขึ้นมากกว่าการทดลองที่ใช้สายส่งข้อมูล OC-48 เนื่องจากเครือข่ายมีแบนด์วิดธ์ที่ลดลงและเมื่อเกิดการอัมตวของเครือข่ายทำให้ผู้ใช้งานเกิดการรอคอยที่จะเชื่อมต่อกับเครือข่ายนานขึ้น ต่อมาเมื่อได้นำวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาปฏิเสธมาใช้กับเครือข่าย ทำให้สามารถลดเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อลงได้จากวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานประมาณ 95.386 %

ผลการทดลองในรูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณทราฟฟิกที่เกิดจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธ จากผลการทดลองเมื่อได้ใช้สายส่งข้อมูล OC-48 พบว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธสามารถลดทราฟฟิกที่เกิดจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อได้ประมาณ 9.147 % เมื่อเทียบกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐาน เนื่องจากวิธีที่นำเสนอเป็นการลดจำนวนแพ็กเก็ตการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อที่ผู้ใช้งานจะต้องพยายามส่งซ้ำ ๆ ได้ เมื่อได้ทดลองเปลี่ยนสายส่งข้อมูลจาก OC-48 มาเป็น OC-24 แล้ว จะพบว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานจะมีอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เกิดการส่งแพ็กเก็ตการร้องขอซ้ำ ๆ มายังเครือข่าย เป็นผลให้ปริมาณทราฟฟิกที่เกิดจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อมากตามไปด้วยดังผลการทดลองในรูปที่ 4.5 (ก) และเมื่อได้นำวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาปฏิเสธมาใช้กับเครือข่ายทำให้สามารถลดปริมาณทราฟฟิกที่เกิดจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อได้ประมาณ 88.966 % เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐาน



(ก)

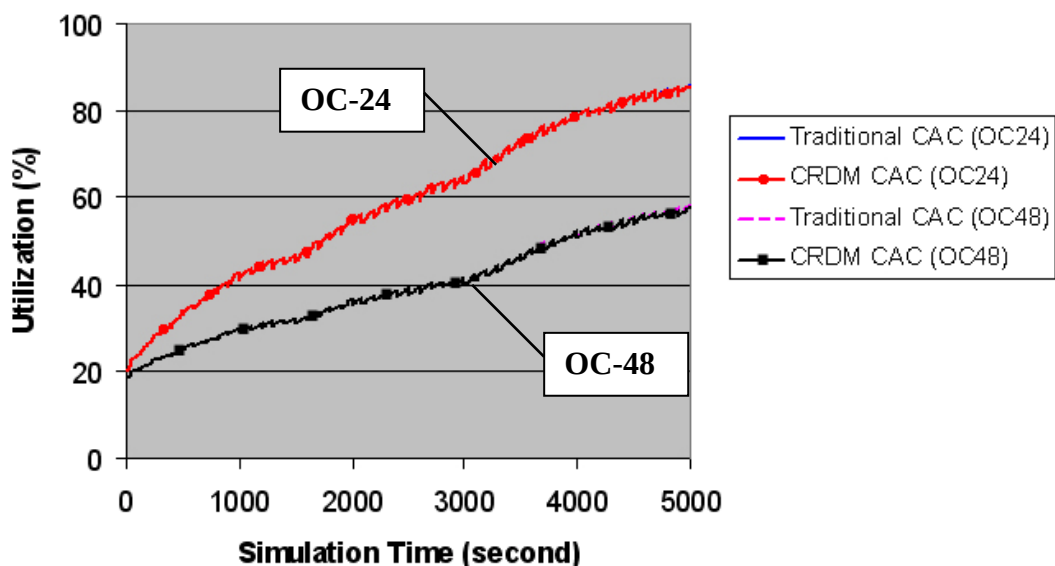


(ข)

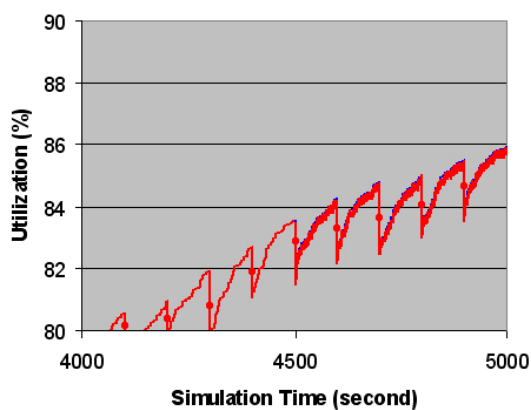
รูปที่ 4.5 กราฟปริมาณทราฟฟิที่เกิดจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อ

ผลการทดลองในรูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิธของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธ จากผลการทดลองเมื่อใช้สายส่งข้อมูล OC-48 พบว่าทั้งสองวิธีมีประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิธไม่แตกต่างกัน เนื่องจากในวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานเมื่อผู้ใช้งานถูกปฏิเสธการร้องขอไปแล้วก็จะพยายามสร้างและส่งแพ็กเก็ตการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อมาเรื่อย ๆ พอเครือข่ายมีแบนด์วิธว่างก็จะถูกใช้งานในทันที ส่วนวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธจะให้แพ็กเก็ตการร้องขออยู่ในคิวรอการเชื่อมต่ออยู่แล้ว เมื่อเครือข่ายมีแบนด์วิธว่างก็จะสามารถให้ผู้ใช้งานทำการเชื่อมต่อได้เลย และเมื่อได้ทดลองเปลี่ยนสายส่งข้อมูลจาก OC-48 มาเป็นสายส่งข้อมูล OC-24

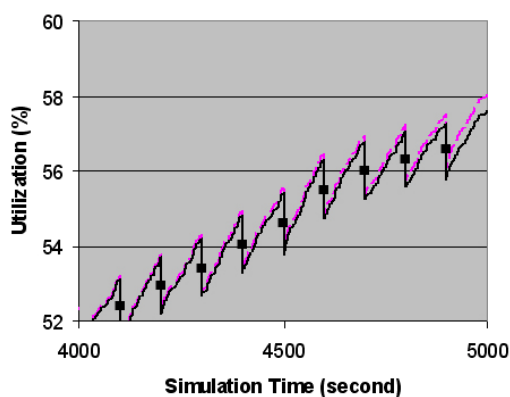
พบว่าทั้งสองวิธีมีประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิธของเครือข่ายไม่แตกต่างกัน แต่มีค่ามากกว่าเครือข่ายที่ใช้สายส่งข้อมูล OC-48 เนื่องจากเมื่อเปลี่ยนสายส่งข้อมูลมาเป็น OC-24 จะทำให้เครือข่ายมีแบนด์วิธที่ลดลง ในขณะที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ของทราฟฟิกเดียวกันกับเครือข่ายที่ใช้สายส่งข้อมูล OC-48 จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิธที่สูงขึ้น



(ก)



(ข)

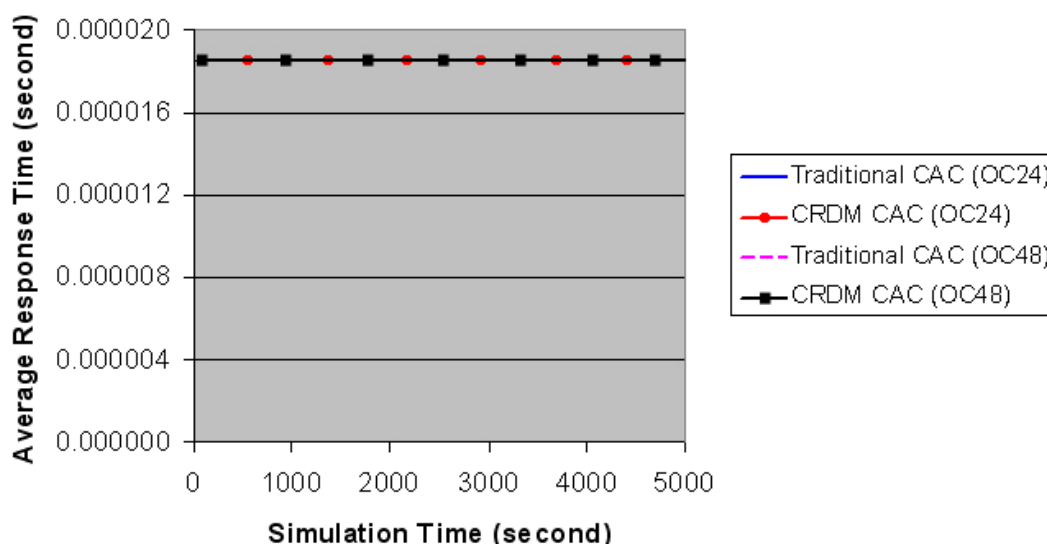


(ค)

รูปที่ 4.6 กราฟประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิธ

ผลการทดลองในรูปที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการตอบสนองจากเครือข่ายของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน้าต่างเวลาการปฏิเสธของเครือข่ายเมื่อใช้สายส่งข้อมูล OC-24 และสายส่งข้อมูล OC-48 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า

วิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธใช้เวลาในการตอบกลับแพ็กเก็ตเท่ากับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐาน เนื่องจากวิธีที่นำเสนอเมื่อนำมาใช้งานร่วมกับเครือข่ายจำลองแล้วจะไม่ทำให้มีการประมวลผลช้าลง



รูปที่ 4.7 กราฟเวลาในการตอบสนองเฉลี่ย

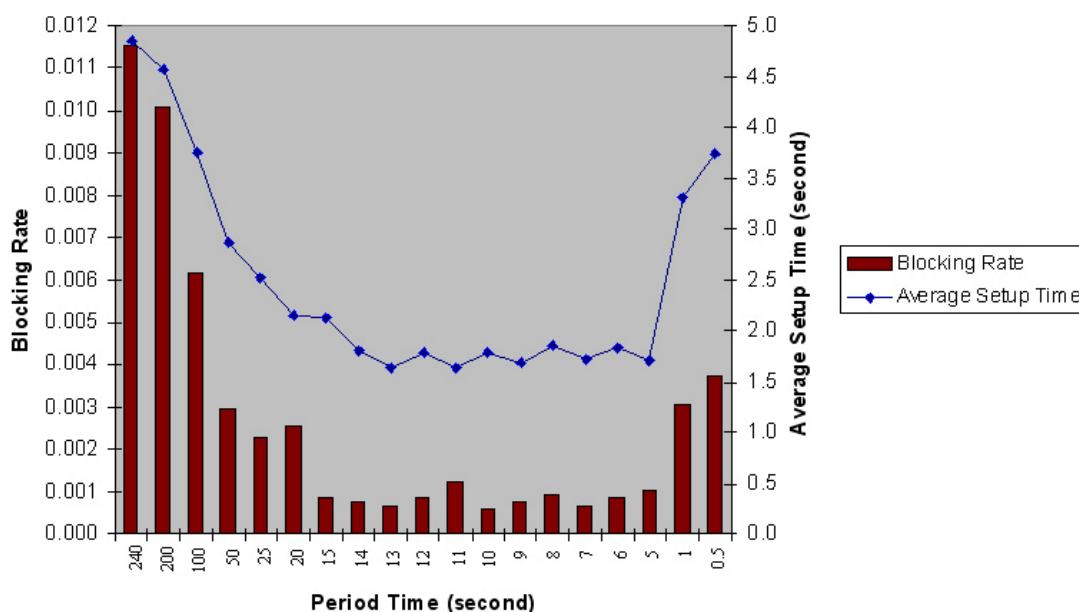
จากผลการทดลองที่ผ่านมาโดยการใช้สายส่งข้อมูล OC-48 ในการทดลองนี้ ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธสามารถที่จะลดอัตราการปฏิเสธการร้องขอ เวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อ และปริมาณทราฟฟิกที่เกิดจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อได้ดังที่ได้แสดงประสิทธิภาพแล้วใน [27]

4.2.1 ผลการทดลองที่ 2

ในส่วนนี้เป็นการแสดงผลการทดลองจากการทดลองหาค่าช่วงคาบเวลาที่เหมาะสมในการจัดสรรแบนด์วิดธ์ของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธ

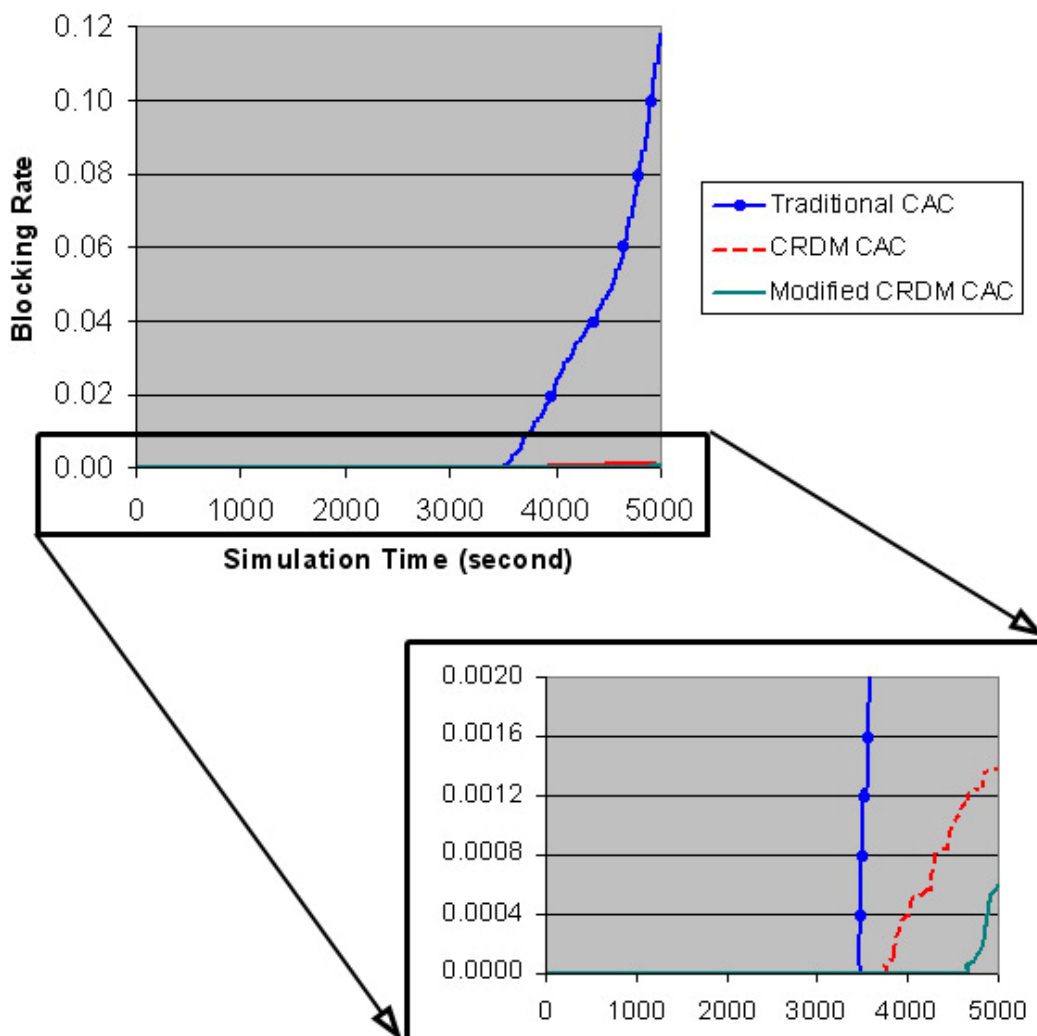
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลการทดลองหาช่วงคาบเวลาที่เหมาะสมในการจัดสรรแบนด์วิดท์

Period Time (sec) (Lifetime 240 sec)	Blocking Rate	Average Setup Time (sec)	CAC Signaling Traffic (Bytes)	Average Response Time (sec)
240	0.011524716	4.860347515	53127168	1.85401E-05
200	0.010054293	4.57568353	52984832	1.85401E-05
100	0.006195438	3.753727242	52917248	1.85401E-05
50	0.002935854	2.867760786	52942848	1.85401E-05
25	0.00229709	2.523446641	53152768	1.85401E-05
20	0.002573589	2.149222968	53075968	1.85401E-05
15	0.000884671	2.130281092	53174272	1.85401E-05
14	0.000764034	1.802639341	53045248	1.85401E-05
13	0.000684518	1.645708266	52957184	1.85401E-05
12	0.000884671	1.788370801	53063680	1.85401E-05
11	0.00120637	1.634048628	53014528	1.85401E-05
10	0.00060367	1.793002075	53112832	1.85401E-05
9	0.000764034	1.689909775	53064704	1.85401E-05
8	0.000926112	1.844576134	53262336	1.85401E-05
7	0.000684518	1.723973146	53189632	1.85401E-05
6	0.000884671	1.840571756	53414912	1.85401E-05
5	0.001005308	1.710762779	53335040	1.85401E-05
1	0.003058227	3.318515097	55015424	1.85414E-05
0.5	0.003740047	3.740515684	55499776	1.85403E-05



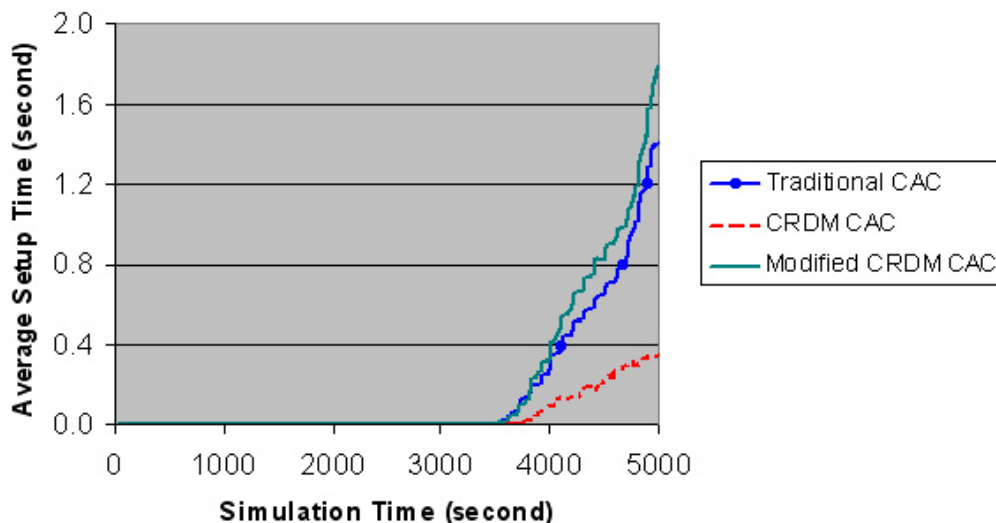
รูปที่ 4.8 กราฟแนวโน้มของการหาช่วงคาบเวลาที่เหมาะสมในการจัดสรรแบนด์วิดท์

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.8 ได้ทำการทดลองโดยทำการเปลี่ยนค่าคาบเวลาไปเรื่อย ๆ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มจากค่าคาบเวลาเท่ากับ 240 วินาที ซึ่งมีค่าเท่ากับเวลาในการรอคอยของแพ็คเกจร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อ แล้วจะทำการวัดค่าตามพารามิเตอร์ในหัวข้อที่ 4.1.1 และทำการเปลี่ยนค่าคาบเวลาไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่ 200 วินาที 100 วินาที 50 วินาที 25 วินาที 20 วินาที 15 วินาที 10 วินาที 5 วินาที 1 วินาที และ 0.5 วินาที ต่อจากนั้นทำการพิจารณาผลจากการวัดค่าพารามิเตอร์จะพบว่าค่าคาบเวลาที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 5 – 15 วินาที ที่จะทำให้ค่าอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อและค่าเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อที่ต่ำที่สุด ต่อมาได้ทำการปรับค่าคาบเวลาแบบละเอียดตั้งแต่ 5 – 15 วินาที เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการทดลอง ค่าคาบเวลาเท่ากับ 10 วินาที จะให้ค่าอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00060367 และค่าเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อเท่ากับ 1.79300207 วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ต่ำที่สุด จึงเลือกค่าคาบเวลาเท่ากับ 10 วินาที เป็นค่าคาบเวลาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะนำผลการทดลองจากการหาค่าคาบเวลาที่ได้ไปเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานและวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดท์ว่าง

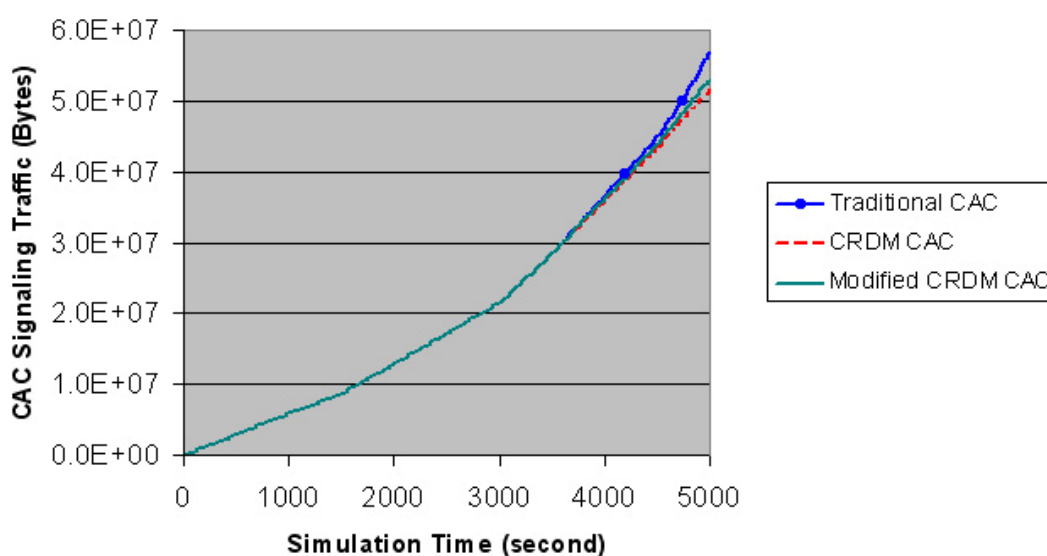


รูปที่ 4.9 กราฟอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อ

ผลการทดลองในรูปที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบอัตราการปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานกับอัตราการปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์ทั้งสองแบบ จากผลการทดลองพบว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธสามารถลดอัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อลงจากวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานได้ เนื่องมาจากวิธีที่นำเสนอจะเป็นการเพิ่มโอกาสให้แก่แพ็กเก็ตการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อที่จะได้รับการจัดสรรแบนด์วิดท์และจากการจัดสรรแบนด์วิดท์เป็นช่วงคาบเวลาทำให้สามารถรวบรวมแบนด์วิดท์ได้มากจึงทำให้อัตราปฏิเสธการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อลดลงได้จากวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานประมาณ 99.49 %



รูปที่ 4.10 กราฟเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อ

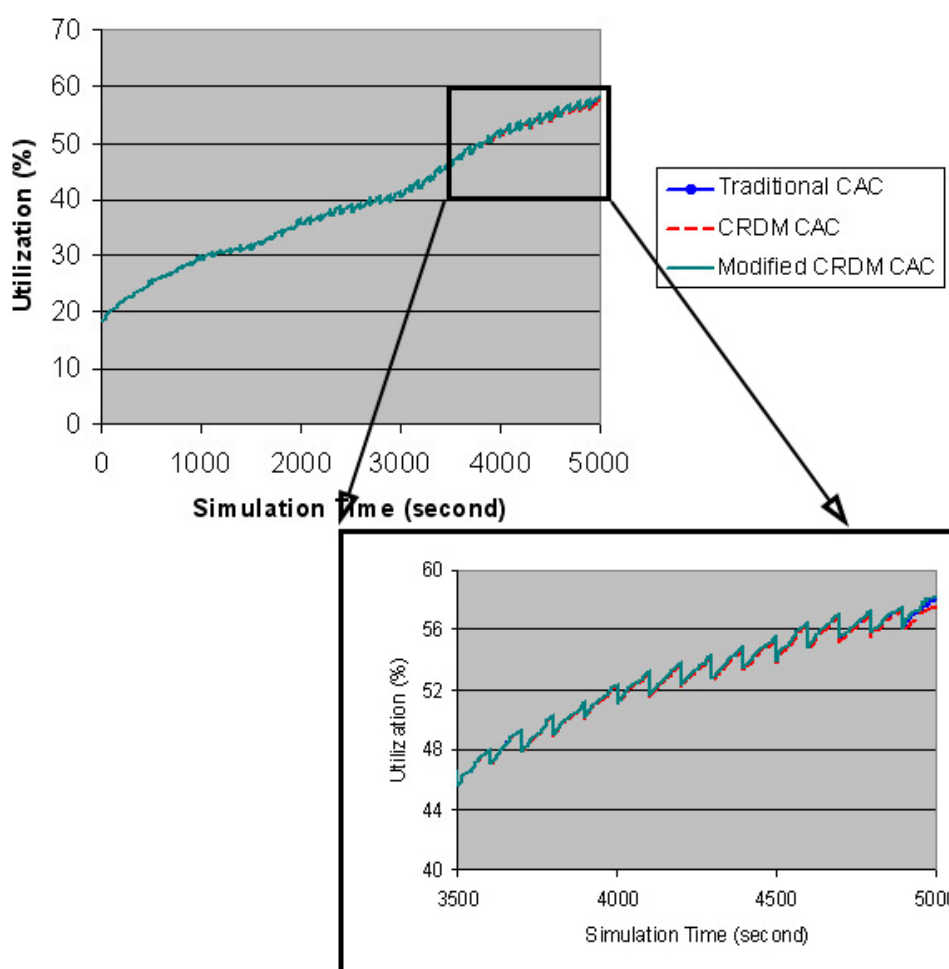


รูปที่ 4.11 กราฟปริมาณทราฟฟิคที่เกิดจากสัญญาณการร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อ

ผลการทดลองในรูปที่ 4.10 เป็นการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานกับแบบวิธีหน้าต่างเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์ทั้งสองแบบ จากผลการทดลองวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน้าต่างเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดท์ว่างจะใช้เวลาเฉลี่ยในการรอเพื่อจัดตั้งการเชื่อมต่อน้อยกว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐาน และวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน้าต่างเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบเป็นช่วงคาบเวลามีเวลาเฉลี่ยในการจัดตั้งการเชื่อมต่อมากที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานจะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 27.357 % เนื่องจาก

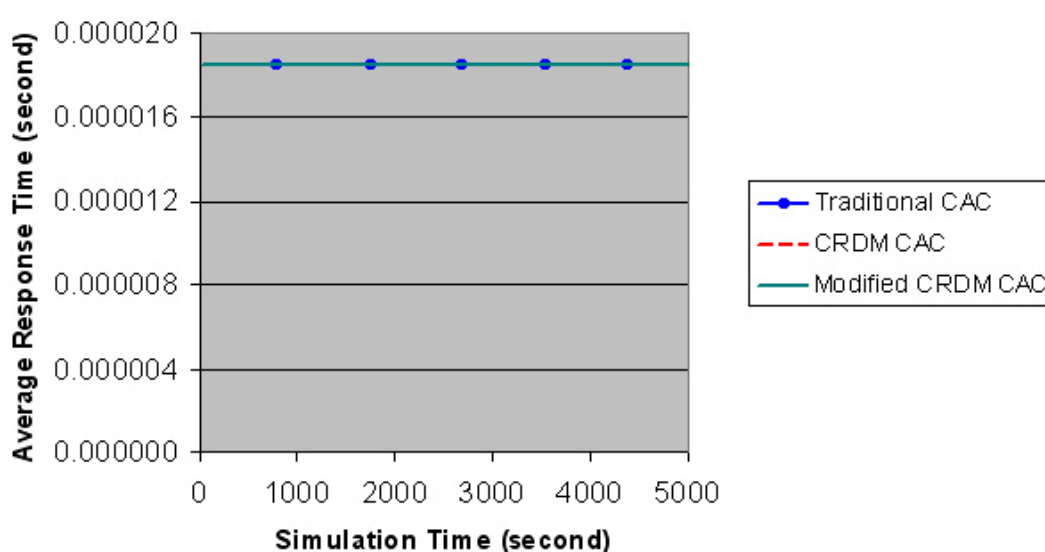
วิธีนี้ต้องให้แพ็กเก็ตร้องขอรอจนถึงเวลาที่จะทำการจัดสรรแบนด์วิดท์ จึงทำให้แพ็กเก็ตร้องขอเกิดเวลาสะสมขึ้น เพราะฉะนั้นเวลาเฉลี่ยให้การจัดตั้งการเชื่อมต่อจึงมากกว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐาน

ผลการทดลองในรูปที่ 4.11 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณทราฟฟิกที่เกิดจากสถานการณ์การร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน้าต่างเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์ทั้งสองแบบ จากผลการทดลองพบว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน้าต่างเวลาการปฏิเสธสามารถลดทราฟฟิกที่เกิดจากสถานการณ์การร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อได้ แต่วิธีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบเป็นช่วงคาบเวลาจะมีปริมาณทราฟฟิกที่เกิดจากสถานการณ์การร้องขอจัดตั้งการเชื่อมต่อมากกว่าวิธีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดท์ว่างเนื่องจากการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบเป็นช่วงคาบเวลาสามารถลดอัตราปฏิเสธการร้องขอได้มากกว่า จึงทำให้มีการใช้ทราฟฟิกเพิ่มขึ้นจากวิธีการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบทันทีที่มีแบนด์วิดท์ว่างเล็กน้อย ซึ่งวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน้าต่างเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิดท์เป็นช่วงคาบเวลาจะใช้ทราฟฟิกลดลงประมาณ 6.554 % เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐาน



รูปที่ 4.12 กราฟประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิดท์

ผลการทดลองในรูปที่ 4.12 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิธของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิธทั้งสองแบบ จากผลการทดลองพบว่าทั้งสามวิธีมีประสิทธิภาพการใช้งานแบนด์วิธไม่แตกต่างกัน เนื่องจากในวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อวิธีพื้นฐานเมื่อผู้ใช้งานถูกปฏิเสธการร้องขอไปแล้วก็จะพยายามสร้างและส่งแพ็กเก็ตการเชื่อมต่อจัดตั้งการเชื่อมต่อมาเรื่อย ๆ เมื่อเครือข่ายมีแบนด์วิธว่าง ก็จะถูกใช้งานในทันที ส่วนวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธ แพ็กเก็ตการเชื่อมต่อจะรออยู่ในคิวรอการเชื่อมต่ออยู่แล้วเมื่อถึงเวลาจัดสรรแบนด์วิธก็จะสามารถทำการจัดสรรแบนด์วิธให้ผู้ใช้งานทำการเชื่อมต่อได้ทันที



รูปที่ 4.13 กราฟเวลาในการตอบสนองเฉลี่ย

ผลการทดลองในรูปที่ 4.13 เป็นการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการตอบสนองจากเครือข่ายของวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐานกับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธที่มีการจัดสรรแบนด์วิธทั้งสองแบบ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบหน่วงเวลาการปฏิเสธใช้เวลาในการตอบกลับแพ็กเก็ตเท่ากับวิธีการจัดตั้งการเชื่อมต่อแบบวิธีพื้นฐาน เนื่องจากวิธีที่นำเสนอเมื่อนำมาใช้งานร่วมกับเครือข่ายจำลองแล้วจะไม่ทำให้มีการประมวลผลช้าลง