

การควบคุมถึงรู้แบบลำดับความสำคัญด้วยพีซีลอจิก
สำหรับการตรวจกราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็ม



นายกิตติพงษ์ เสริมเตชะถาวร

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0442-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTROL OF A PRIORITY LEAKY BUCKET WITH FUZZY LOGIC
FOR POLICING TRAFFIC IN AN ATM NETWORK

Mr. Kittiphong Sermtechathavorn



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0442-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญด้วยพีชคณิตสำหรับการตรวจ

ทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็ม

โดย นายกิตติพงษ์ เสริมเดชะถาวร

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้มหาวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ฉัตรกร วุฒิสัทธาภิบาล)

นายกิตติพงศ์ เสริมเตชะถาวร : การควบคุมถังรั่วแบบลำดับความสำคัญด้วยฟัซซีลอจิก
 สำหรับการตรวจ Traffaf ในโครงข่ายเอทีเอ็ม. (CONTROL OF A PRIORITY LEAKY
 BUCKET WITH FUZZY LOGIC FOR POLICING TRAFFIC IN AN ATM NETWORK)
 อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล, 154 หน้า. ISBN 974-03-0442-7

หน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งของตัวตรวจ Traffaf ในโครงข่ายเอทีเอ็มคือ ต้องสามารถรองรับ
 คุณภาพของบริการต่างๆ สำหรับ Traffaf ต่างชนิดกันได้ ตัวตรวจ Traffaf แบบเดิมคือกลไกถังรั่ว
 แบบโทเค็นซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับตรวจ Traffaf เพียงชนิดเดียว ไม่สามารถตรวจและรองรับ
 Traffaf หลายชนิดที่ต้องการคุณภาพของบริการต่างกันออกไปได้ จึงมีการนำเสนอกลไกถังรั่วอีก
 แบบหนึ่งคือกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ โดยการให้ลำดับความสำคัญ
 แก่ Traffaf ตามความต้องการของ Traffaf นั้นๆ แต่กลไกประเภทนี้มีข้อเสียที่สำคัญคือ ต้องมีการ
 ลดคุณภาพของบริการของ Traffaf ที่มีลำดับความสำคัญต่ำเพื่อให้ Traffaf ที่มีลำดับความ
 สำคัญสูงมีคุณภาพดีขึ้น วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญแบบใหม่ 2
 แบบ เพื่อให้คุณภาพของบริการของ Traffaf ทั้ง 2 ชั้นมีคุณภาพดีขึ้น โดยที่กลไกที่นำเสนอแบบ
 แรกทำการเพิ่มบ่อโทเค็นพิเศษเข้ากับกลไกลำดับความสำคัญแบบเดิม บ่อโทเค็นพิเศษนั้นนอกจาก
 จะช่วยปรับปรุงค่าคุณภาพของบริการของ Traffaf แล้ว ยังเป็นการนำทรัพยากรโครงข่ายมาใช้ได้
 อย่างมีประสิทธิภาพด้วย ส่วนกลไกที่สองที่นำเสนอ นั้น ประยุกต์ระบบฟัซซีลอจิกเข้ากับกลไกแรก
 โดยฟัซซีลอจิกจะคำนวณและปรับค่าอัตราการสร้างโทเค็นเพื่อให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของ
 แหล่งกำเนิด Traffaf ในขณะนั้นๆ ในวิทยานิพนธ์นี้ผู้วิจัยยังได้ศึกษาสภาพเลือกเฟ้นและการ
 ตอบสนองต่อ Traffaf เกินของกลไกถังรั่ว เมื่อแหล่งกำเนิดส่ง Traffaf เกินปริมาณที่ตกลงไว้กับ
 โครงข่ายด้วย คุณสมบัติทั้งสองนี้เป็นคุณสมบัติสำคัญของกลไกถังรั่วในการทำหน้าที่เป็นตัว
 ตรวจ Traffaf ยังไม่เคยมีการศึกษาคุณสมบัติเหล่านี้ในกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญมาก่อน
 ผลการจำลองแบบแสดงให้เห็นว่าเมื่อแหล่งกำเนิด Traffaf ปฏิบัติตามข้อตกลงโครงข่าย
 แล้ว กลไกที่นำเสนอวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 จะให้คุณภาพของบริการที่ดีกว่ากลไกดั้งเดิมถึง 30 %
 และ 90 % ตามลำดับ และเมื่อแหล่งกำเนิด Traffaf ละเมิดข้อตกลงกับโครงข่ายนั้น วิธีที่นำ
 เสนอซึ่งใช้ฟัซซีลอจิกสามารถควบคุม Traffaf ชั้นที่ส่งเกินไม่ให้รบกวนกับคุณภาพของบริการ
 ของ Traffaf อีกชั้นหนึ่ง และสามารถที่จะตอบสนองต่อ Traffaf เกินได้อย่างรวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ
 โดยเริ่มตรวจพบการละเมิดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ 26 %

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
 สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
 ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อ นิสิต
 ลายมือชื่อ อาจารย์ที่ปรึกษา

4170226221 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD : ATM / QoS / Priority / Leaky Bucket / Fuzzy Logic

KITTIPHONG SERMTECHATHAVORN : CONTROL OF A PRIORITY LEAKY
BUCKET WITH FUZZY LOGIC FOR POLICING TRAFFIC IN AN ATM NETWORK.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR.WATIT BENJAPOLAKUL, 154 pp.

ISBN 974-03-0442-7

One of the most important tasks for a policer in ATM networks is to meet Quality of Service (QoS) requirements for different classes of service. The conventional token leaky bucket, which is designed for policing single traffic, cannot perform well in dealing with different traffic types and guaranteeing their QoS. As a result, the priority leaky bucket has been proposed to cope with this problem by providing priority level for each service class according to its requirement. However, the scheme still has a great disadvantage that the QoS of low priority class is degraded as a tradeoff for better QoS of high priority class. So, this thesis proposes two new priority leaky bucket mechanisms in order to improve the QoS of both traffic classes. The first new mechanism adds an extra token pool with the conventional one that can improve QoS of both priority classes and resource utilization. The second one applies a fuzzy logic system with the first mechanism to adjust the token generation rate dynamically, according to traffic source characteristics. Moreover, this thesis also studies the selectivity and responsiveness of the priority mechanism when traffic is overloaded. These important properties of the mechanism as a policer have never been investigated in the past priority scheme literature.

The simulation results show that when the traffic source respects the service contract, the first and the second proposed mechanisms provide 30 % and 90 % better QoS than the conventional one, respectively. When one traffic class violates the contract, the proposed fuzzy logic mechanism shows that it can control the effect of the excessive cells and still maintain the QoS of the other traffic class in the finest level when compared to the other mechanisms. The proposed fuzzy logic mechanism also has a fast responsiveness, that is, it firstly detects cell violations 26% faster than the other mechanisms.

Department Electrical Engineering

Student's signature

Field of study Electrical Engineering

Advisor's signature

Academic year 2001

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ. ดร.วาทิต เบญจพลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และ ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการ สื่อสารทุกคน โดยเฉพาะเพื่อนๆ ในกลุ่มงานวิจัยเรื่องเดียวกัน ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดที่ดีมาโดยตลอด และขอขอบคุณทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท-เอกของทบวงมหาวิทยาลัย ซึ่งสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และทุก ๆ ท่านในครอบครัว ของผู้วิจัยที่ให้ความสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

กิตติพงษ์ เสริมเตชะถาวร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูป	ต
สารบัญตาราง	ย
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 เป้าหมายและขอบเขตวิทยานิพนธ์	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2 แนวคิด ผลงานที่ผ่านมา และวิธีการที่เสนอ	5
2.1 กล่าวนำ	5
2.2 กลไกถังรั่วแบบต่างๆ ที่ผ่านมา	8
2.2.1 กลไกถังรั่วดั้งเดิม (Conventional Leaky Bucket Mechanism) ..	8
2.2.2 กลไกถังรั่วคู่ (Dual Leaky Bucket Mechanism)	9
2.2.3 กลไกถังรั่วแบบโทเค็น (Token Leaky Bucket Mechanism)	10
2.2.4 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญ (Priority Leaky Bucket Mechanism)	11

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2.2.4.1	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญสำหรับทราฟฟิกวีดีโอเสมือน (Priority Leaky Bucket Mechanism for Virtual Path Traffic)	11
2.2.4.2	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนความยาวคิว (Priority Leaky Bucket Mechanism with Queue Length Threshold)	12
2.2.4.3	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญโดยใช้การจัดสรรโทเค็นแบบพลวัต (Priority Leaky Bucket Mechanism using Dynamic Token Allocation Method)	13
2.2.4.4	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่ (Priority Leaky Bucket with Two Token Pools)	15
2.2.5	กลไกถังรั่วที่ควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก (Leaky Bucket Mechanism with Fuzzy Logic Control)	17
2.2.5.1	กลไกถังรั่วที่ควบคุมอัตราการสร้างโทเค็นด้วยฟัซซีลอจิก (Leaky Bucket Mechanism with Token Rate Controlled by Fuzzy Logic)	18
2.2.5.2	กลไกถังรั่วที่ทิ้งหรือปล่อยผ่านเซลล์โดยตัดสินใจจากฟัซซีลอจิก (Leaky Bucket Mechanism with Drop-Pass Fuzzy Logic Decision)	21
2.3	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอ	23
2.3.1	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษ (Priority Leaky Bucket Mechanism with Extra Token Pool)	23
2.3.2	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษและควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก (Priority Leaky Bucket with Extra Token Pool and Fuzzy Logic Controlled)	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.3.2.1 อินพุตสำหรับตัวควบคุมฟัซซี-0	25
2.3.2.2 อินพุตสำหรับตัวควบคุมฟัซซี-1	26
2.3.2.3 เอาต์พุตจากตัวควบคุมฟัซซี-0	27
2.3.2.4 เอาต์พุตจากตัวควบคุมฟัซซี-1	28
2.3.2.5 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุตของตัวควบคุมฟัซซี-0	28
2.3.2.6 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุตของตัวควบคุมฟัซซี-1	29
2.3.2.7 ฟังก์ชันสมาชิกของเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซี-0	30
2.3.2.8 ฟังก์ชันสมาชิกของเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซี-1	30
2.3.2.9 กฎของตัวควบคุมฟัซซี-0	31
2.3.2.10 กฎของตัวควบคุมฟัซซี-1	32
2.3.2.11 วิธีการแปลงกลับฟัซซี (Defuzzication)	34
3 แบบจำลองและวิธีการจำลองแบบ	35
3.1 แบบจำลองของแหล่งกำเนิด	35
3.2 วิธีการจำลองแบบของกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอ	36
3.3 การนำเสนอผลการจำลองแบบ	37
3.4 การทดสอบความถูกต้องของการจำลองแบบ	37
3.4.1 การทดสอบความถูกต้องของกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม	37
3.4.1.1 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์	38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4.1.2 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเคิน	41
3.4.2 การทดสอบความถูกต้องของกลไกถังรั้วแบบโทเคินธรรมดา	43
3.4.2.1 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์	44
3.4.2.2 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเคิน	47
4 ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ	50
4.1 อธิบายคำย่อ	50
4.2 ผลการจำลองแบบของกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเคินพิเศษ	51
4.2.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ของกลไกถังรั้ว	52
4.2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0	52
4.2.1.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0	55
4.2.1.3 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1	57

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2.1.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาด ของคิวบ์เฟเฟอร์-1	59
4.2.1.5 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0	60
4.2.1.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาด ของบ่อโทเค็น-0	63
4.2.1.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 .	64
4.2.1.8 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาด ของบ่อโทเค็น-1	66
4.2.1.9 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการสร้างโทเค็น ของบ่อโทเค็น-0	67
4.2.1.10 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0	70
4.2.1.11 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการสร้างโทเค็น ของบ่อโทเค็น-1	71
4.2.1.12 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1	73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า	
4.2.1.13	สรุปผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของกลไก ถึงรั้ว	74
4.2.2	ผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งกำเนิด ทราฟฟิก	75
4.2.2.1	การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ของ ทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	75
4.2.2.2	การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ ตกลงไว้	78
4.2.2.3	การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	79
4.2.2.4	การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ ตกลงไว้	82
4.2.2.5	การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	85
4.2.2.6	การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ ตกลงไว้	87

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2.2.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	88
4.2.2.8 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	91
4.2.2.9 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	92
4.2.2.10 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	95
4.2.2.11 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	96
4.2.2.12 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	98
4.2.2.13 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	99

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2.2.14	102
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ ตกลงไว้	102
4.2.2.15	102
การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุด ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	102
4.2.2.16	105
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ ตกลงไว้	105
4.2.2.17	106
สรุปผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆของ แหล่งกำเนิดทราฟฟิก	106
4.3	107
ผลการจำลองแบบของกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้ปอโทเค็น พิเศษและควบคุมด้วยพีซีแอลจิก	107
4.3.1	107
ผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ของแหล่งกำเนิด ทราฟฟิก	107
4.3.1.1	107
การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ของ ทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	107
4.3.1.2	110
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการ สูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตรา การส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ ตกลงไว้	110

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3.1.3 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	111
4.3.1.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	114
4.3.1.5 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	116
4.3.1.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	118
4.3.1.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	120
4.3.1.8 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	122
4.3.1.9 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	124

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3.1.10 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิคชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	126
4.3.1.11 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิคชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	127
4.3.1.12 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิคชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	130
4.3.1.13 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิคชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	131
4.3.1.14 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิคชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้	133
4.3.1.15 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิคชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	134
4.3.1.16 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิคชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	136
4.3.2 ผลของการตอบสนองต่อกราฟฟิคเกิน (Responsiveness)	137

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.3.2.1 ผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของกลไกถังรั้วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	137
4.3.2.2 การวิเคราะห์ผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของกลไกถังรั้วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	138
4.3.2.3 ผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของกลไกถังรั้วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	139
4.3.2.4 การวิเคราะห์ผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของกลไกถังรั้วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้	140
4.3.3 สรุปผลการจำลองแบบของกลไก Fuzzy PRLB-EX	140
5 สรุปผลการจำลองแบบและข้อเสนอแนะ	142
5.1 สรุปผลการจำลองแบบ	142
5.2 ข้อเสนอแนะ	145
รายการอ้างอิง	146
บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว	148
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	154

สารบัญรูป

รูปประกอบ		หน้า
รูปที่ 2.1	กลไกถังรั่วดั้งเดิม (Conventional Leaky Bucket Mechanism)	8
รูปที่ 2.2	กลไกถังรั่วคู่ (Dual Leaky Bucket Mechanism)	9
รูปที่ 2.3	กลไกถังรั่วแบบโทเค็น (Token Leaky Bucket Mechanism)	10
รูปที่ 2.4	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญสำหรับทราฟฟิกวิธีเสมือน (Priority Leaky Bucket Mechanism for Virtual Path Traffic)	12
รูปที่ 2.5	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนความยาวคิว (Priority Leaky Bucket Mechanism with Queue Length Threshold)	13
รูปที่ 2.6	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญโดยใช้การจัดสรรโทเค็นแบบพลวัต (Priority Leaky Bucket Mechanism using Dynamic Token Allocation Method)	14
รูปที่ 2.7	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่ (Priority Leaky Bucket Mechanism with Two Token Pools)	15
รูปที่ 2.8	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่แบบคิวบัฟเฟอร์ร่วม (Priority Leaky Bucket Mechanism with Two Token Pools and Shared Queue Buffer)	16
รูปที่ 2.9	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่แบบคิวบัฟเฟอร์เดี่ยว (Priority Leaky Bucket Mechanism with Two Token Pools and Single Queue Buffer)	17
รูปที่ 2.10	กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกที่ใช้สถานะคิวบัฟเฟอร์เป็นอินพุต (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism with Queue Buffer Input)	18
รูปที่ 2.11	กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกที่ใช้ทรัพยากรของโครงข่ายเป็นอินพุต (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism with Network Resource Input)	19
รูปที่ 2.12	มัลติเพลกเซอร์แบบ FAML B (FAML B Multiplexer)	20

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ		หน้า
รูปที่ 2.13	กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกที่ใช้คุณลักษณะของทราฟฟิกเป็นอินพุต (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism with Traffic Characteristic Input)	21
รูปที่ 2.14	กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกแบบทิ้งหรือปล่อยผ่าน (Drop-Pass Fuzzy Leaky Bucket)	21
รูปที่ 2.15	กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกแบบทิ้งหรือปล่อยผ่านที่ไม่ใช้ตัวนับ (Drop-Pass Fuzzy Leaky Bucket Mechanism without Counter)	22
รูปที่ 2.16	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเคนพิเศษ (Priority Leaky Bucket Mechanism with Extra Token Pool)	23
รูปที่ 2.17	กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเคนพิเศษและควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก (Priority Leaky Bucket Mechanism with Extra Token Pool and Fuzzy Logic Control)	24
รูปที่ 2.18	ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต MCRR-0	28
รูปที่ 2.19	ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต PCRR-0	29
รูปที่ 2.20	ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต MCRR-1	29
รูปที่ 2.21	ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต PCRR-1	30
รูปที่ 2.22	ฟังก์ชันสมาชิกของเอาต์พุต TRR-0	30
รูปที่ 2.23	ฟังก์ชันสมาชิกของเอาต์พุต TRR-1	31
รูปที่ 3.1	แหล่งกำเนิดแบบเปิดปิด (On-Off Source)	35
รูปที่ 3.2	กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์ของกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญเดิม	38
รูปที่ 3.3	กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์ของกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญเดิม	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 3.16 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถึงรั้วแบบโทเค็นธรรมดา	48
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถึงรั้วแบบโทเค็นธรรมดา	49
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	53
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	53
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	54
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	54
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	57
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	58
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	58
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	59
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	61
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	61

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ		หน้า
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	62
รูปที่ 4.12	กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	62
รูปที่ 4.13	กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	64
รูปที่ 4.14	กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	65
รูปที่ 4.15	กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	65
รูปที่ 4.16	กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	66
รูปที่ 4.17	กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	68
รูปที่ 4.18	กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	68
รูปที่ 4.19	กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	69
รูปที่ 4.20	กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	69
รูปที่ 4.21	กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	71
รูปที่ 4.22	กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงรื้อแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	72
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	73
รูปที่ 4.25 กราฟแสดง CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	76
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	76
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	77
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	77
รูปที่ 4.29 กราฟแสดง CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	80
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	80
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	81

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ		หน้า
รูปที่ 4.32	กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	81
รูปที่ 4.33	กราฟแสดง CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	85
รูปที่ 4.34	กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	86
รูปที่ 4.35	กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	86
รูปที่ 4.36	กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	87
รูปที่ 4.37	กราฟแสดง CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	89
รูปที่ 4.38	กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	89
รูปที่ 4.39	กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	90
รูปที่ 4.41 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	93
รูปที่ 4.42 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	93
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	94
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	94
รูปที่ 4.45 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	96
รูปที่ 4.46 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	97
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	97

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	98
รูปที่ 4.49 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	100
รูปที่ 4.50 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	100
รูปที่ 4.51 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	101
รูปที่ 4.52 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	101
รูปที่ 4.53 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	103
รูปที่ 4.54 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	103
รูปที่ 4.55 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.56 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX	104
รูปที่ 4.57 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	108
รูปที่ 4.58 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	108
รูปที่ 4.59 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	109
รูปที่ 4.60 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	109
รูปที่ 4.61 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	112
รูปที่ 4.62 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	112
รูปที่ 4.63 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	113
รูปที่ 4.64 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	113
รูปที่ 4.65 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	116

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.66 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	117
รูปที่ 4.67 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	117
รูปที่ 4.68 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	118
รูปที่ 4.69 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	120
รูปที่ 4.70 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	120
รูปที่ 4.71 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	121
รูปที่ 4.72 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	122
รูปที่ 4.73 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	124
รูปที่ 4.74 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	125
รูปที่ 4.75 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	125

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.76 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	126
รูปที่ 4.77 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	128
รูปที่ 4.78 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	128
รูปที่ 4.79 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	129
รูปที่ 4.80 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	129
รูปที่ 4.81 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	131
รูปที่ 4.82 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	132
รูปที่ 4.83 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	132
รูปที่ 4.84 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิก ชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	133
รูปที่ 4.85 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	134

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.86 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX .	135
รูปที่ 4.87 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	135
รูปที่ 4.88 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX	136
รูปที่ 4.89 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับจำนวนเซลล์ที่มาจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0	138
รูปที่ 4.90 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับจำนวนเซลล์ที่มาจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1	139

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1	31
ตารางที่ 2.2	32
ตารางที่ 4.1	51
ตารางที่ 4.2	52
ตารางที่ 4.3	74
ตารางที่ 4.4	78
ตารางที่ 4.5	82
ตารางที่ 4.6	82
ตารางที่ 4.7	87
ตารางที่ 4.8	91
ตารางที่ 4.9	91
ตารางที่ 4.10	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.11	110
คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ต่ำกว่าที่ตกลงไว้	
ตารางที่ 4.12	114
คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าที่ตกลงไว้	
ตารางที่ 4.13	118
คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ต่ำกว่าที่ตกลงไว้	
ตารางที่ 4.14	122
คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สูงกว่าที่ตกลงไว้	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบัน โลกอยู่ในยุคของการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร ทำให้งานโทรคมนาคม (Telecommunication) มีบทบาทสำคัญมากขึ้น ลักษณะบริการที่เกิดขึ้นใหม่ของงานโทรคมนาคม ในปัจจุบันต้องการอัตราการส่งข้อมูลที่รวดเร็วมากในระดับร้อยเมกะบิตต่อวินาที นอกจากนี้ บริการยังมีลักษณะเป็นมัลติมีเดียคือประกอบด้วยหลายๆ บริการรวมเข้าด้วยกันเช่น การรวมภาพ เคลื่อนไหว ข้อมูล และเสียง ลงในบริการประชุมทางไกล เป็นต้น ในขณะที่โครงข่ายโทรคมนาคม เดิมถูกออกแบบมาเพื่อรองรับบริการที่อัตราการส่งข้อมูลต่ำกว่าเมกะบิตต่อวินาทีและสามารถรองรับบริการได้เพียงชนิดเดียว จึงไม่สามารถรองรับบริการใหม่ๆ ในปัจจุบันได้ จึงมีการนำเสนอ เทคโนโลยีใหม่ขึ้นมาเพื่อรองรับบริการดังกล่าว เรียกว่า โครงข่ายเอทีเอ็ม (ATM : Asynchronous Transfer Mode) [1] ซึ่งสามารถรองรับบริการทางด้านสื่อสารประเภทต่างๆ ในปัจจุบัน ได้แก่ การสื่อสารแบบแถบความถี่กว้าง (Broadband Communication) บริการมัลติมีเดียต่างๆ (Multimedia Services) และยังสามารถรองรับบริการใหม่ๆ ในอนาคตที่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูงอีกด้วย

ลักษณะเด่นของโครงข่ายเอทีเอ็มคือ ข้อมูลจะถูกส่งในรูปแบบของเซลล์ซึ่งมีขนาดคงที่ เท่ากับ 53 ไบต์ และสามารถเปลี่ยนขนาดของแบนด์วิดท์ที่ต้องการส่งข้อมูลได้ง่ายโดยอาศัย หลักการของ VP (Virtual Path) และ VC (Virtual Channel) และการมัลติเพลกซ์เชิงสถิติ (Statistical Multiplexing) การมัลติเพลกซ์เชิงสถิติทำให้โครงข่ายเอทีเอ็มสามารถรองรับจำนวน ผู้ใช้ได้มากขึ้น แต่อาจเกิดปัญหาได้ง่ายในกรณีที่ผู้ใช้ส่งข้อมูลพร้อมๆ กันหรือส่งข้อมูลเกินกว่า จำนวนที่จัดสรรให้ จึงจำเป็นต้องมีการจัดการด้านทรัพยากรของโครงข่ายที่เหมาะสมเพื่อป้องกัน ความคับคั่งในโครงข่ายและเพื่อรักษาคุณภาพของบริการ (Quality of Service) ของผู้ใช้ ทั่วโลก สำคัญที่ใช้ในการควบคุมข้อมูลหรือทราฟฟิกที่เข้าสู่โครงข่ายเพื่อป้องกันความคับคั่งได้แก่ CAC (Connection Admission Control) และ UPC (Usage Parameter Control)

Connection Admission Control (CAC)

CAC เป็นกลไกหนึ่งของโครงข่ายเอทีเอ็มจะทำงานในขั้นตอนสร้างการต่อ มีหน้าที่ ตัดสินใจว่าจะสร้างการต่อ (Connection) สำหรับผู้ใช้ที่เข้ามาใหม่หรือไม่ โดยพิจารณาจากค่าของ ตัวอธิบายทราฟฟิก (Traffic Descriptor) คุณภาพของบริการที่ต้องการ และสภาวะไหลของ

โครงข่ายในขณะนั้น CAC จะยอมให้มีการต่อใหม่เมื่อพบว่ามีทรัพยากรของโครงข่ายเหลือเพียงพอที่จะรองรับคุณภาพของบริการที่ต้องการสำหรับการต่อใหม่ได้ และไม่กระทบต่อคุณภาพของบริการสำหรับการต่อที่มีอยู่เดิม

Usage Parameter Control (UPC)

กลไก UPC มีหน้าที่ในการตรวจ (Police) ทราฟฟิกของผู้ใช้ต่างๆ ที่ UNI (User-Network Interface) หรือที่ NNI (Network-Network Interface) เพื่อรับประกันว่าปริมาณทราฟฟิกจริงของผู้ใช้แต่ละคนที่จะเข้าสู่โครงข่ายมีค่าไม่เกินปริมาณทราฟฟิกที่ได้ตกลงไว้ในขั้นตอนของ CAC โดย UPC จะจัดการหรือลงโทษเมื่อพบว่ามีผู้ใช้ที่ส่งข้อมูลในปริมาณที่เกินกว่าที่ตกลง กลไกต่างๆ ที่มีการนำเสนอเพื่อทำหน้าที่เป็น UPC สามารถแบ่งได้เป็นประเภทหลักๆ 2 ประเภท คือ กลไกหน้าต่าง (Window Mechanism) กับกลไกถังรั่ว (Leaky Bucket Mechanism)

หลักการพื้นฐานของกลไกหน้าต่างคือ ทำการนับจำนวนเซลล์ที่เข้ามาภายในช่วงเวลาหนึ่งหน้าต่างว่าเกินค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ที่ผ่านมามีการเสนอกลไกหน้าต่างหลายรูปแบบด้วยกัน ได้แก่ Jumping Window (JW), Triggered Jumping Window (TJW), Exponential Weighted Moving Average (EWMA) และ Moving Window (MW) งานวิจัยที่ผ่านมา [3-4] แสดงให้เห็นว่ากลไกถังรั่วมีประสิทธิภาพที่ดีกว่ากลไกหน้าต่างเกือบทุกรูปแบบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีเป้าหมายหลักในการศึกษาและปรับปรุงกลไกถังรั่ว และจะไม่กล่าวถึงรายละเอียดของกลไกหน้าต่างเหล่านี้

กลไกถังรั่วที่เคยมีการนำมาเสนอมามีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น กลไกถังรั่วแบบดั้งเดิม (Conventional Leaky Bucket Mechanism) กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญ (Priority Leaky Bucket Mechanism) และกลไกถังรั่วแบบฟัซซี (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism) เป็นต้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยจะเน้นถึงผลของการปรับปรุงกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญเป็นหลัก เนื่องจากเป็นกลไกที่สามารถรองรับบริการได้มากกว่าหนึ่งประเภทซึ่งเหมาะสมกับโครงข่ายเอทีเอ็มทีที่ออกแบบมาสำหรับบริการมัลติมีเดียและสามารถจัดสรรคุณภาพของบริการที่เหมาะสมให้แก่บริการแต่ละประเภทได้อีกด้วย โดยจะเสนอวิธีการปรับปรุงดังนี้คือ

1. ปรับปรุงกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญเดิมให้คุณภาพของบริการสำหรับบริการแต่ละประเภท คือ อัตราส่วนการสูญเสียของเซลล์ และค่าเวลาประวิงเฉลี่ยมีค่าที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ใช้ทรัพยากรของโครงข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยการเพิ่มส่วนของกลไกที่เรียกว่า บ่อโทเคนพิเศษ (Extra Token Pool)

2. ปรับปรุงกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค้นพิเศษให้สามารถจัดสรรปริมาณทรัพยากรโครงข่ายที่เหมาะสมให้กับบริการแต่ละประเภทได้ตามอัตราการส่งข้อมูลของบริการในขณะนั้นๆ โดยการนำพีซีลจิกมาควบคุม

รายละเอียดต่างๆ ของกลไกถึงร้วแบบต่างๆ ในงานวิจัยที่ผ่านมา และกลไกที่ปรับปรุงใหม่นี้จะนำเสนอในบทที่ 2 สำหรับบทที่ 3 จะกล่าวถึงรายละเอียดของแบบจำลองและสมมติฐานต่างๆ ที่ใช้กับกลไกที่นำเสนอ รวมถึงการจำลองแบบของกลไก และการตรวจสอบความถูกต้องของกลไกกับงานวิจัยที่ผ่านมา บทที่ 4 จะนำเสนอผลของการจำลองแบบกลไกที่นำเสนอและการวิเคราะห์ผลที่ได้ ส่วนบทที่ 5 จะสรุปผลและเสนอแนะถึงการปรับปรุงงานในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อเสนอวิธีการปรับปรุงกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นในด้านของคุณภาพของบริการ ได้แก่ อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ และ ค่าเวลาประวิงเฉลี่ย

1.3 เป้าหมายและขอบเขตวิทยานิพนธ์

1. จำลองแบบการทำงานของกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญเดิมและกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอโดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2. จากผลของการจำลองแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะเปรียบเทียบสมรรถนะของกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอกับกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญเดิมในด้าน อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ ค่าเวลาประวิงเฉลี่ย
3. ศึกษาและวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ต่างๆ ในกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอ ได้แก่ ขนาดของคิวบัฟเฟอร์ ขนาดของบ่อโทเค้น และอัตราการสร้างโทเค้น ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญของกลไกที่มีผลต่อสมรรถนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ให้เหมาะสม รวมทั้งศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของแหล่งกำเนิด ได้แก่ อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย และอัตราการส่งเซลล์สูงสุด ที่มีต่อสมรรถนะของกลไกที่นำเสนอ

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ศึกษามาตรฐานและทฤษฎีต่างๆ ของระบบควบคุมการส่งทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็มโดยเฉพาะกลไกถังรั้ว และหัวข้ออื่นๆที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาถึงงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับระบบกลไกถังรั้วแบบต่างๆ และการควบคุมด้วยพีซีลอจิก
3. ออกแบบวิธีปรับปรุงการทำงานของกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญ
4. ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองแบบ
5. สร้างแบบจำลองของกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอกับกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม
6. ทดสอบแบบจำลองที่ได้ และตรวจสอบความถูกต้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา
7. เก็บบันทึกข้อมูลที่ได้จากการจำลองแบบ เปรียบเทียบสมรรถนะของทั้งสองระบบ และศึกษาผลของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบ
8. ประเมินผลสรุปผลงานที่นำเสนอ
9. เขียนและพิมพ์วิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการทำงานและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญ
2. ได้ระบบควบคุมการส่งปริมาณทราฟฟิกที่มีการให้ลำดับความสำคัญที่มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบควบคุมลักษณะเดียวกันที่ผ่านมา
3. เป็นพื้นฐานและแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะการทำงานในด้านอื่นๆ ของระบบต่อไป
4. สามารถนำกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอไปใช้ในสวิตช์เอทีเอ็มเพื่อใช้ในการควบคุมทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็มจริงๆ

บทที่ 2

แนวคิด ผลงานที่ผ่านมา และวิธีการที่เสนอ

2.1 กล่าวนำ

โครงข่ายเอทีเอ็ม (ATM : Asynchronous Transfer Mode) [1] เป็นโครงข่ายที่ถูกนำมาใช้เพื่อรองรับบริการทางด้านการสื่อสารประเภทต่างๆ ในปัจจุบัน ได้แก่ การสื่อสารแบบแถบความถี่กว้าง บริการมัลติมีเดีย และยังมีพร้อมรองรับบริการใหม่ๆ ในอนาคตที่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูง โครงข่ายเอทีเอ็มไม่จำเป็นต้องกำหนดช่องสัญญาณทางกายภาพ (Physical Channel) ขนาดตายตัวสำหรับบริการของผู้ใช้ แต่จะใช้หลักการของวิถีเสมือน (Virtual Path) และช่องสัญญาณเสมือน (Virtual Channel) สำหรับส่งข้อมูล ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงแบนด์วิธของวิถีเสมือนและช่องสัญญาณเสมือนได้ง่าย ทำให้โครงข่ายเอทีเอ็มมีความยืดหยุ่น (Flexible) สูง นอกจากนี้ยังมีการนำลักษณะของการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติมาใช้ โดยไม่ได้กำหนดแบนด์วิธขนาดตายตัวให้แก่ผู้ใช้แต่ละคน แต่ให้ผู้ใช้หลายๆ คนสามารถใช้ช่องสัญญาณร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากหลักการทางสถิติที่ว่าผู้ใช้แต่ละคนส่งข้อมูลไม่พร้อมกัน จึงอาจเกิดปัญหาขึ้นในกรณีที่ใช้ส่งข้อมูลในปริมาณมากเกินกว่าปกติ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ใช้คนอื่นๆ ที่ใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน ดังนั้นในโครงข่ายเอทีเอ็มจึงต้องมีการควบคุมปริมาณข้อมูลหรือทราฟฟิกในโครงข่ายที่ดีด้วยเพื่อป้องกันปัญหาความคับคั่งของโครงข่ายที่อาจเกิดขึ้นได้ รวมทั้งรักษาคุณภาพของบริการสำหรับผู้ใช้แต่ละคนและใช้ทรัพยากรของโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพ

หลักการในการควบคุมทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็มคือเมื่อผู้ใช้ต้องการส่งข้อมูลจะต้องตกลงกับโครงข่ายโดยบอกคุณลักษณะของทราฟฟิกที่ต้องการส่งรวมทั้งคุณภาพของบริการที่ต้องการ เพื่อให้โครงข่ายสร้างการต่อ (Connection Set-Up) สำหรับส่งข้อมูล ถ้าโครงข่ายพบว่าไม่สามารถจัดสรรทรัพยากรให้สอดคล้องกับที่ผู้ใช้ต้องการได้ก็จะปฏิเสธการต่อสำหรับใช้นั้นไป นอกจากนี้โครงข่ายยังต้องตรวจดูการต่อที่มีอยู่ตลอดช่วงเวลาสื่อสารของการต่อนั้น เพื่อรักษาความถูกต้องระหว่างคุณลักษณะของทราฟฟิกที่ผู้ใช้ตกลงไว้กับโครงข่ายและคุณลักษณะของทราฟฟิกจริงๆ ที่เข้าสู่โครงข่าย ถ้าโครงข่ายพบว่าเกิดความไม่ถูกต้องขึ้น ก็จะลงทะเบียนรายนั้นกลไกของโครงข่ายที่ใช้ตัดสินใจว่าจะรับการต่อที่เข้ามาใหม่หรือไม่เรียกว่า CAC (Connection Admission Control) ส่วนกลไกที่มีหน้าที่ตรวจดูความถูกต้องของผู้ใช้และลงทะเบียนเรียกว่า UPC (Usage Parameter Control)

Connection Admission Control (CAC)

CAC มีหน้าที่ตัดสินใจว่าจะยอมรับการต่อสำหรับผู้ใช้ที่เข้ามาใหม่หรือไม่ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะของทราฟฟิกที่อยู่ในรูปของตัวอธิบายทราฟฟิก (Traffic Descriptor) ได้แก่ อัตราการส่งเซลล์สูงสุด (Peak Cell Rate), อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย (Mean Cell Rate) และขนาดเบิร์สต์สูงสุด (Maximum Burst Size) นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาคุณภาพของบริการที่ต้องการ ได้แก่ อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ (Cell Loss Ratio) และเวลาประวิง (Delay Time) รวมทั้งพิจารณาปริมาณโหลดที่มีอยู่และทรัพยากรที่เหลืออยู่ของโครงข่ายในขณะนั้น โดย CAC จะยอมให้มีการต่อใหม่เมื่อพบว่าทรัพยากรของโครงข่ายเหลือเพียงพอที่จะรองรับค่าของตัวอธิบายทราฟฟิกได้และสามารถให้คุณภาพของบริการที่ต้องการสำหรับการต่อใหม่ด้วย และไม่กระทบต่อคุณภาพของบริการสำหรับการต่อที่มีอยู่เดิม

Usage Parameter Control (UPC)

CAC จะตัดสินใจยอมรับการต่อที่เข้ามาใหม่โดยการพิจารณาจากคุณลักษณะของทราฟฟิกซึ่งอยู่ในรูปของตัวอธิบายทราฟฟิก แต่ในทางปฏิบัติแล้วผู้ใช้ไม่สามารถระบุคุณลักษณะของทราฟฟิกที่แน่นอนได้ก่อนจะส่งข้อมูลจริงๆ หรือผลจากเวลาประวิงในช่องสัญญาณระหว่างผู้ใช้กับทางเข้าสู่โครงข่าย ทำให้คุณลักษณะของทราฟฟิกจริงที่เข้าสู่โครงข่ายอาจผิดไปจากที่ตกลงไว้กับโครงข่าย อาจมีผลทำให้ปริมาณทราฟฟิกที่ผู้ใช้ส่งจริงมากเกินกว่าที่ตกลงไว้ได้ เพราะว่าในโครงข่ายเอทีเอ็มไม่มีการกำหนดแบนด์วิดท์ที่แน่นอนให้แก่ผู้ใช้แต่ละคน แต่จะมีการใช้แบนด์วิดท์ร่วมกันในลักษณะของการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติ ทำให้เกิดปัญหาความคับคั่งในโครงข่ายและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของบริการสำหรับผู้ใช้คนอื่นๆ ได้ ดังนั้นในโครงข่ายเอทีเอ็มจึงต้องมีกลไกอีกอย่างหนึ่งเพื่อป้องกันปัญหาในลักษณะดังกล่าวเรียกว่ากลไก UPC ซึ่งมีหน้าที่ในการตรวจ (Police) ทราฟฟิกของผู้ใช้ต่างๆ ในวิธีเสมือน (VP) หรือ ช่องสัญญาณเสมือน (VC) ที่ UNI (User-Network Interface) โดยทั่วไปจะอยู่ที่ทางเข้าของโนดสวิตซิง (Switching Node) เพื่อรับประกันว่าปริมาณทราฟฟิกจริงของผู้ใช้แต่ละคนที่จะเข้าสู่โครงข่ายมีค่าไม่เกินปริมาณทราฟฟิกที่ได้ตกลงไว้ในขั้นตอนของ CAC

ถ้า UPC ตรวจพบว่าผู้ใช้ส่งทราฟฟิกไม่ถูกต้องตามข้อตกลงกับโครงข่ายแล้ว UPC จะลงโทษผู้ใช้ที่ส่งข้อมูลในปริมาณที่เกินกว่าที่ตกลงได้ 2 วิธีคือ วิธีแรก UPC จะทิ้ง (Discard) เซลล์ส่วนเกินทันที ส่วนอีกวิธีหนึ่ง UPC จะแท็ก (Tag) เซลล์ส่วนเกินนี้ ซึ่งเป็นการลดค่าลำดับความสำคัญ (Priority) ของเซลล์นั้นลงโดยการเปลี่ยนค่าบิต CLP (Cell Loss Priority) ในส่วนหัว (Header) ของเซลล์ โดยเซลล์ปกติที่มีค่า CLP เท่ากับศูนย์จะถูกแท็กให้มีค่า CLP เท่ากับ

หนึ่ง และเซลล์ที่มีลำดับความสำคัญต่ำ (CLP=1) จะถูกทิ้งก่อนเซลล์ที่มีลำดับความสำคัญสูง (CLP=1) ถ้าเกิดความคับคั่งขึ้นในโครงข่าย

UPC ที่ดีหรือในทางอุดมคติ [2] ต้องมีลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สภาพเลือกเฟ้น (Selectivity) หมายถึงว่า UPC ต้องสามารถที่จะเลือกจัดการกับทราฟฟิกที่เข้ามาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ กรณีแรก ถ้าผู้ใช้ส่งข้อมูลไม่เกินขีดตกลง UPC ต้องไม่ทิ้งหรือแท็กเซลล์ข้อมูลของผู้ใช้โดยปล่อยข้อมูลให้ผ่าน UPC ไปได้ทั้งหมด เราเรียกคุณสมบัตินี้ว่า ความโปร่งใส (Transparency) ส่วนอีกกรณีหนึ่ง ถ้าผู้ใช้ส่งข้อมูลเกินกว่าที่ตกลงไว้ UPC ต้องทำการทิ้งหรือแท็กเฉพาะเซลล์ข้อมูลส่วนที่เกินจากที่ตกลงไว้เท่านั้น โดยปล่อยข้อมูลเฉพาะปริมาณที่ถูกต้องให้ผ่าน UPC ไปได้ทั้งหมด
2. การตอบสนอง (Responsiveness) หมายถึงว่า UPC ต้องตอบสนองต่อปริมาณเซลล์ส่วนเกินได้อย่างรวดเร็ว โดยที่หลังจากที่ผู้ใช้ส่งข้อมูลเกินกว่าขีดตกลงแล้ว UPC ต้องตรวจเจอเซลล์ส่วนเกินได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ปล่อยให้มีเซลล์ส่วนเกินผ่าน UPC ไปได้
3. สามารถจัดการกับบริการหลายๆ ประเภทได้ เช่น ข้อมูล เสียง และวิดีโอ
4. สามารถสร้างเพื่อใช้งานจริงได้ง่าย การทำงานไม่ซับซ้อน และลงทุนต่ำ

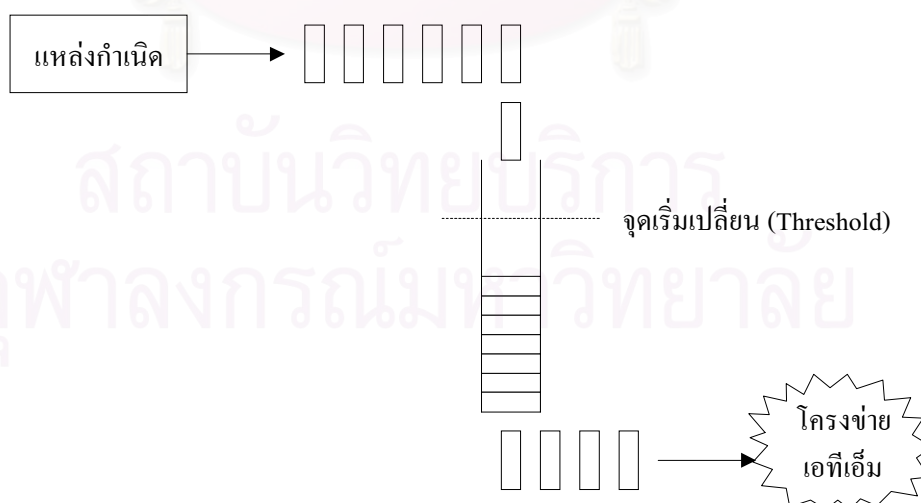
ที่ผ่านมามีการนำเสนอกลไกเพื่อใช้เป็น UPC หลายกลไกด้วยกัน ได้แก่ กลไกหน้าต่าง (Window Mechanism) และกลไกถังรั่ว (Leaky Bucket Mechanism) กลไกทั้ง 2 แบบยังมีการดัดแปลงเพิ่มเติมเป็นกลไกอื่นๆ อีกหลายแบบด้วยกัน กลไกในกลุ่มของกลไกหน้าต่างได้แก่ กลไก Jumping Window (JW), Triggered Jumping Window (TJW), Exponential Weighted Moving Window (EWMA) และ Moving Window (MW) เป็นต้น และกลไกในกลุ่มของกลไกถังรั่วได้แก่ กลไกถังรั่วแบบดั้งเดิม (Conventional Leaky Bucket Mechanism) กลไกถังรั่วแบบโทเคน (Token Leaky Bucket Mechanism) กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญ (Priority Leaky Bucket) กลไกถังรั่วแบบฟัซซี (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism) เป็นต้น แต่ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ในบทความหลายบทความ [3-4] แสดงให้เห็นว่ากลไกถังรั่วมีลักษณะใกล้เคียงกับทางอุดมคติมากกว่ากลไกหน้าต่างหลายๆ รูปแบบในด้านของสภาพเลือกเฟ้นและการตอบสนอง นอกจากนี้งานในวิทยานิพนธ์นี้เน้นที่การปรับปรุงกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญซึ่งเป็นกลไกถังรั่วแบบหนึ่ง ดังนั้นต่อไปผู้วิจัยจะเสนอเฉพาะรายละเอียดของกลไกถังรั่วแบบต่างๆ ที่ผ่านมาเท่านั้น ไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดของกลไกหน้าต่าง

2.2 กลไกถังรั่วแบบต่างๆ ที่ผ่านมา

กลไกถังรั่วเป็นอัลกอริทึม UPC ที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากมีข้อดีที่ทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ หลักการทำงานของกลไกนี้เปรียบได้กับถังน้ำที่รั่วอยู่ โดยข้อมูลหรือเซลล์ที่เข้ามาเหมือนการเติมน้ำลงในถัง น้ำที่รั่วออกจากถังเปรียบเสมือนเซลล์ที่สามารถผ่านเข้าสู่โครงข่ายได้ อัตราการรั่วของน้ำในถังก็คืออัตราการส่งเซลล์ที่ผู้ใช้ได้ตกลงไว้กับโครงข่าย ดังนั้นถ้า น้ำที่เข้าสู่ถังมีปริมาณมากเกินไปทำให้น้ำรั่วออกไม่ทัน น้ำส่วนหนึ่งก็จะล้นออกจากถัง ซึ่งเปรียบได้กับในกรณีที่ผู้ใช้ส่งข้อมูลมากเกินไปที่ตกลงไว้กับโครงข่าย UPC จะลงโทษผู้ใช้นั้นโดยทำให้เซลล์ส่วนเกินถูกทิ้งไปหรือแท็กให้มีลำดับความสำคัญลดลง

2.2.1 กลไกถังรั่วแบบดั้งเดิม (Conventional Leaky Bucket Mechanism)

ในกลไกถังรั่วแบบดั้งเดิม [3-4] มีการใช้บัฟเฟอร์เทียม (Pseudo Buffer) เช่น ตัวนับ (Counter) เมื่อมีเซลล์เข้ามาหนึ่งเซลล์จะทำให้ค่าของตัวนับเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง ขณะเดียวกันค่าของตัวนับมีการลดลงหรือรั่ว (Leak) ทีละหนึ่งเมื่อเซลล์ผ่านออกไปเช่นกันด้วยอัตราคงที่ซึ่งเหมาะสมกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดหรืออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งเรียกว่าอัตรารั่ว (Leak Rate) ดังนั้นถ้าผู้ใช้ส่งเซลล์ด้วยอัตราที่เท่ากับอัตรารั่วจะทำให้ค่าของตัวนับไม่เพิ่มขึ้น แต่ถ้าผู้ใช้ส่งเซลล์ด้วยอัตราที่มากกว่าอัตรารั่วจะทำให้ค่าของตัวนับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) แล้ว เซลล์ที่เข้ามาตัวต่อไปจะถูกทิ้งหรือแท็กไปจนกว่าค่าของตัวนับจะลดลงจนน้อยกว่าค่าจุดเริ่มเปลี่ยน การทำงานของกลไกแสดงดังรูปที่ 2.1

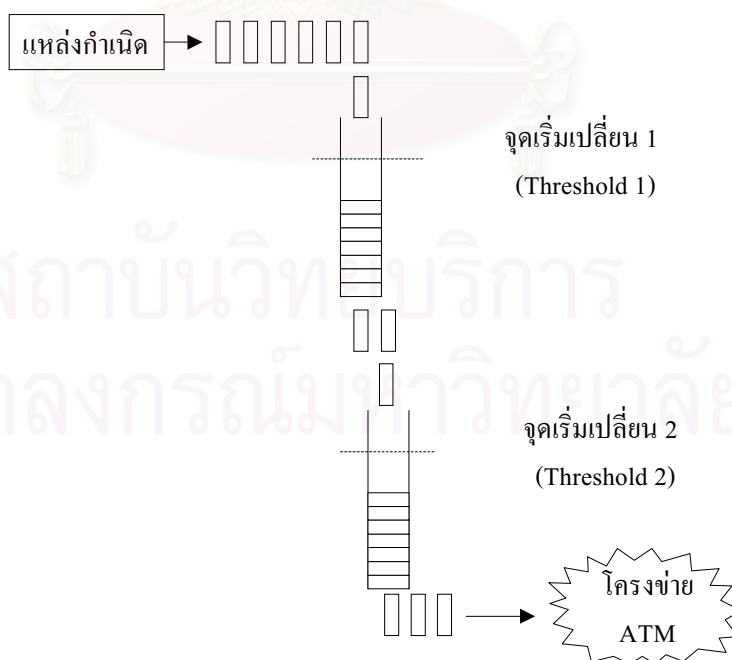


รูปที่ 2.1 กลไกถังรั่วแบบดั้งเดิม (Conventional Leaky Bucket Mechanism)

ในกลไกนี้มีพารามิเตอร์สำคัญที่มีผลต่อกลไกถังรั่วแบบดั้งเดิมอยู่ 2 ค่า คือ อัตรารั่วและจุดเริ่มเปลี่ยน การใช้อัตรารั่วและจุดเริ่มเปลี่ยนที่น้อยเกินไปจะทำให้อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ (Cell Loss Ratio) มีค่าสูง แต่กลไกจะมีความไวสูงในการตรวจพบเซลล์ส่วนเกิน ถ้าใช้อัตรารั่วและจุดเริ่มเปลี่ยนที่มากเกินไปจะทำให้ได้อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ต่ำแต่ความไวจะลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกปรับพารามิเตอร์ทั้งสองนี้ให้เหมาะสมกับทราฟฟิกแต่ละชนิดด้วย ข้อเสียที่สำคัญของกลไกถังรั่วแบบนี้คือ ในกรณีที่ใช้ตรวจสอบอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย กลไกนี้อาจจะทิ้งหรือแท็กเซลล์ส่วนเกินได้อย่างไม่ถูกต้อง เพราะบางครั้งผู้ใช้จะส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ไม่เกินข้อตกลงก็จริง แต่เนื่องจากทราฟฟิกของผู้ใช้เป็นแบบอัตราข้อมูลแปรค่าได้ (Variable Bit Rate) ซึ่งอาจเกิดลักษณะของเบิสต์ในระยะเวลาสั้นๆ ทำให้ปริมาณเซลล์ที่เข้ามาในช่วงนั้นทำให้ค่าของตัวนับเกินค่าจุดเริ่มเปลี่ยน และทำให้กลไกจัดการกับเซลล์เหล่านั้นอย่างผิดพลาด ดังนั้นบางบทความจึงเสนอให้ใช้อัตรารั่วที่มากกว่าค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเล็กน้อย เช่น อัตรารั่วเป็น 1.42 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย [3]

2.2.2 กลไกถังรั่วคู่ (Dual Leaky Bucket Mechanism)

กลไกถังรั่วแบบดั้งเดิมจะตรวจสอบเพียงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดหรืออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งเท่านั้น จึงมีการนำเสนอกลไกถังรั่วคู่ [5] ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งตรวจสอบได้ทั้งอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุด

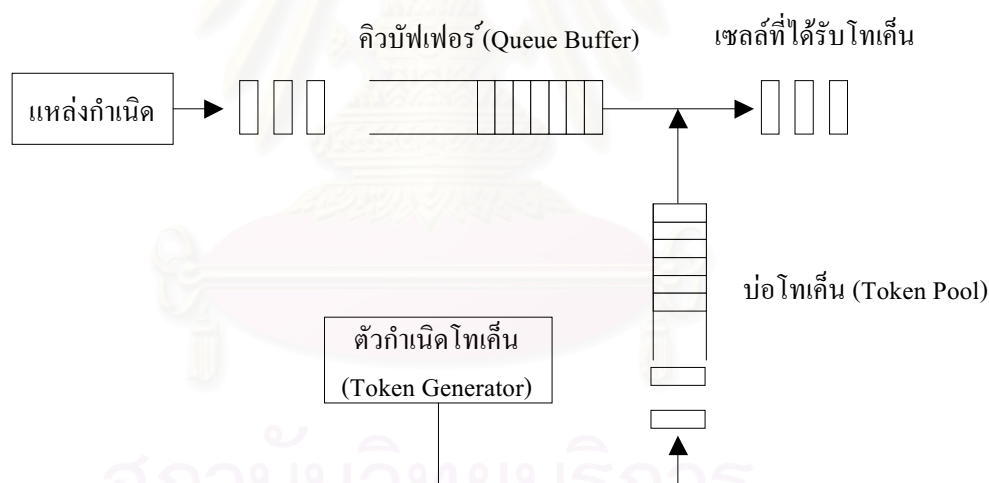


รูปที่ 2.2 กลไกถังรั่วคู่ (Dual Leaky Bucket Mechanism)

หลักการการทำงานของกลไกนี้จะใช้ตัวนับ 2 ตัว ตัวนับตัวหนึ่งจะมีอัตราเร็วที่เหมาะสมกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุด ส่วนตัวนับอีกตัวหนึ่งจะมีอัตราเร็วที่เหมาะสมกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ตัวนับแต่ละตัวมีจุดเริ่มเปลี่ยน 1 ค่า และค่าของตัวนับมีการเพิ่มขึ้นและลดลงในลักษณะเดียวกับในกลไกถังรั่วแบบดั้งเดิม เซลล์ที่เข้ามาต้องผ่านถังแรกที่มีอัตราเร็วเท่ากับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดก่อน ถ้าผ่านถังแรกไปได้แล้วจะไปยังถังที่สองที่มีอัตราเร็วเท่ากับอัตราส่งเซลล์เฉลี่ย ดังนั้นเซลล์จะสามารถผ่านกลไกถังรั่วคู่ไปได้เมื่อค่าของตัวนับทั้ง 2 ตัวไม่เกินค่าจุดเริ่มเปลี่ยน ซึ่งหมายถึงผู้ใช้ต้องส่งข้อมูลด้วยอัตราที่ไม่เกินทั้งอัตราเซลล์สูงสุดและอัตราเซลล์เฉลี่ย

2.2.3 กลไกถังรั่วแบบโทเคิน (Token Leaky Bucket Mechanism)

ในกลไกถังรั่วแบบดั้งเดิมนั้น เมื่อเซลล์ที่เข้ามาพบว่าค่าของตัวนับเท่ากับจุดเริ่มเปลี่ยน เซลล์นั้นจะถูกทิ้งไป ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการทำงานของกลไกผิดพลาดในกรณีที่เซลล์ที่เข้ามามีลักษณะเป็นเบิรสต์ ดังนั้นจึงมีการพัฒนากลไกที่สามารถรองรับเซลล์ส่วนที่เป็นเบิรสต์ได้เรียกว่า กลไกถังรั่วแบบโทเคิน [6] ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กลไกถังรั่วแบบโทเคิน (Token Leaky Bucket Mechanism)

กลไกถังรั่วแบบโทเคินใช้คิวบัฟเฟอร์ (Queue Buffer) ขนาดจำกัดเพื่อทำการเก็บเซลล์ที่เข้ามาไว้ในคิว นอกจากนี้ยังมีตัวกำเนิดโทเคิน (Token Generator) เพื่อสร้างโทเคิน (Token) ซึ่งมีลักษณะเป็นเครดิตให้แก่เซลล์ที่เข้ามา โดยโทเคินจะถูกสร้างที่อัตราคงที่ซึ่งเหมาะสมกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดหรืออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้ โทเคินที่สร้างขึ้นจะถูกเก็บเอาไว้ในบ่อโทเคิน (Token Pool) ขนาดจำกัด หลักการทำงานของกลไกคือแต่ละเซลล์ที่เข้ามาจะได้รับโทเคินหนึ่ง

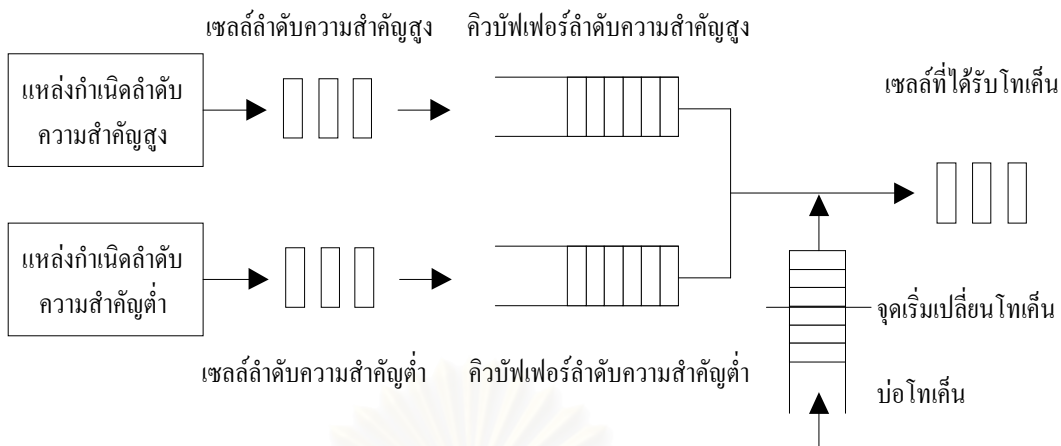
โทเค็นถ้ายังมีโทเค็นเหลืออยู่ในบ่อโทเค็น โดยเซลล์ที่ได้รับโทเค็นแล้วเท่านั้นจึงจะสามารถผ่านกลไกออกไปได้ ในกรณีที่โทเค็นหมดแล้ว เซลล์ต่อๆ ไปที่เข้ามาจะถูกเก็บไว้ในคิวบัฟเฟอร์เพื่อรอโทเค็นใหม่ ถ้าคิวบัฟเฟอร์เต็มแล้ว เซลล์ที่เข้ามาใหม่จะถูกทิ้งหรือแท็กไป พารามิเตอร์ที่สำคัญของกลไกนี้คือ อัตราการสร้างโทเค็น ขนาดของบ่อโทเค็น และขนาดของคิวบัฟเฟอร์ ข้อดีของกลไกนี้คือมีคิวบัฟเฟอร์ที่รองรับทราฟฟิกที่เป็นเบิสต์ได้ดีขึ้นทำให้อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ลดลง แต่ขณะเดียวกันก็มีข้อเสียคือเกิดเวลาประวิงของเซลล์เนื่องจากเซลล์ต้องรอโทเค็นใหม่อยู่ในคิวบัฟเฟอร์

2.2.4 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญ (Priority Leaky Bucket Mechanism)

เนื่องจากโครงข่ายเอทีเอ็มประกอบด้วยบริการหลายประเภทซึ่งแต่ละประเภทก็ต้องการคุณภาพของบริการที่ต่างกัน กลไกถังรั่วแบบดั้งเดิมที่ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับบริการเพียงประเภทเดียวอาจจะไม่สามารถให้คุณภาพของบริการได้ตามต้องการสำหรับทราฟฟิกทุกๆประเภท ดังนั้นจึงมีการเสนอกฎถังรั่วแบบลำดับความสำคัญขึ้นมาซึ่งเป็นกลไกถังรั่วแบบโทเค็นประเภทหนึ่ง จุดประสงค์หลักคือสามารถให้คุณภาพของบริการที่ต้องการ เช่น อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ เวลาประวิง สำหรับทราฟฟิกทุกประเภทได้ หลักการทำงานจะแบ่งทราฟฟิกออกเป็นชั้น (Class) และให้ลำดับความสำคัญ (Priority) ในการจัดการทราฟฟิกแต่ละประเภทแตกต่างกัน มีการนำเสนอกลไกประเภทนี้หลายๆ รูปแบบได้แก่

2.2.4.1 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญสำหรับทราฟฟิกวิถีเสมือน (Priority Leaky Bucket Mechanism for Virtual Path Traffic)

เป็นกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอเพื่อตรวจทราฟฟิกในวิถีเสมือน [7] แสดงดังรูปที่ 2.4 กลไกทำการแบ่งทราฟฟิกออกเป็น 2 ชั้น คือ ลำดับความสำคัญสูง (High Priority) และ ลำดับความสำคัญต่ำ (Low Priority) กลไกประกอบด้วยคิวบัฟเฟอร์ 2 คิวไว้เก็บเซลล์ในกรณีที่ต้องรอโทเค็นใหม่ คือ คิวบัฟเฟอร์ลำดับความสำคัญสูง (High Priority Buffer) สำหรับเก็บเซลล์ลำดับความสำคัญสูงและคิวบัฟเฟอร์ลำดับความสำคัญต่ำ (Low Priority Buffer) สำหรับเก็บเซลล์ลำดับความสำคัญต่ำ นอกจากนี้ยังมีบ่อโทเค็น 1 บ่อใช้ร่วมกันสำหรับทราฟฟิกแต่ละชั้น



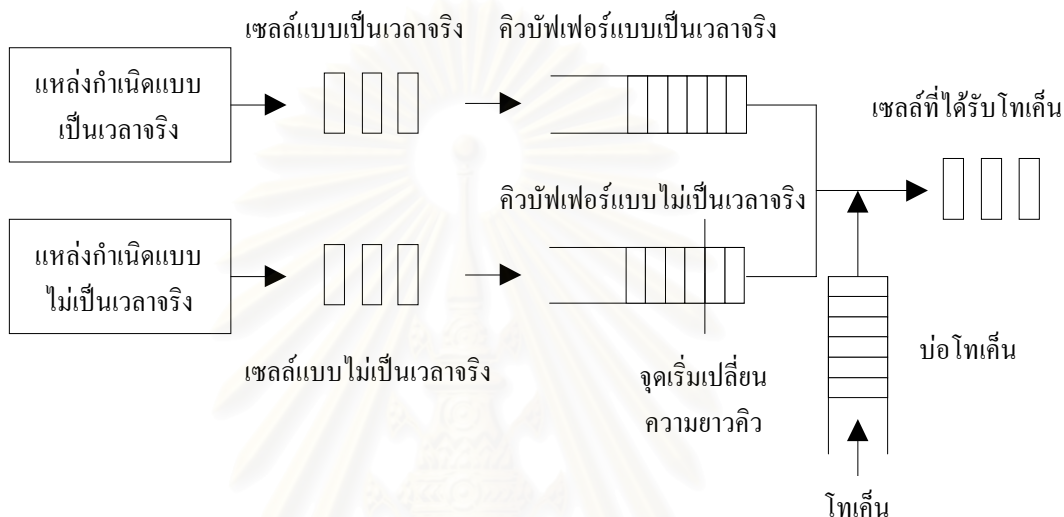
รูปที่ 2.4 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญสำหรับทราฟฟิกวิธีเสมือน (Priority Leaky Bucket Mechanism for Virtual Path Traffic)

กลไกนี้ใช้สำหรับตรวจ (Police) และปรับรูปร่าง (Shape) ทราฟฟิกในวิธีเสมือน (Virtual Path) มีหลักการทำงานคือเซลล์ลำดับความสำคัญสูงจะได้รับโทเค็นทันทีถ้ามีโทเค็นในบ่อโทเค็น แต่เซลล์ลำดับความสำคัญต่ำจะได้รับโทเค็นก็ต่อเมื่อคิวบัฟเฟอร์ลำดับความสำคัญสูงว่างและจำนวนโทเค็นในบ่อโทเค็นมีค่ามากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนโทเค็น (Token Threshold) ผลจากการให้ลำดับความสำคัญกับทราฟฟิกทั้ง 2 ชั้นไม่เท่ากันนี้ทำให้กลไกถังรั่วแบบนี้สามารถที่จะชดเชย (Tradeoff) คุณภาพของบริการของทราฟฟิกแต่ละประเภทได้โดยการปรับขนาดของคิวบัฟเฟอร์ทั้ง 2 คิวบัฟเฟอร์ให้เหมาะสม เช่น ในกรณีที่ทราฟฟิกลำดับความสำคัญสูงต้องการเวลาประวิงต่ำ ก็ต้องใช้คิวบัฟเฟอร์ลำดับความสำคัญสูงขนาดเล็ก ซึ่งส่งผลให้ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์เพิ่มขึ้น แต่การให้ลำดับความสำคัญจะทำให้ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกลำดับความสำคัญสูงลดลงถึงค่าที่ต้องการได้ โดยการชดเชยกับการที่อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกลำดับความสำคัญต่ำจะเพิ่มขึ้นแทน และสามารถลดอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ลำดับความสำคัญต่ำที่เพิ่มขึ้นนี้ได้โดยการเพิ่มขนาดของคิวบัฟเฟอร์ลำดับความสำคัญต่ำให้มากขึ้นแต่ก็มีข้อเสียที่ต้องชดเชยกับเวลาประวิงที่เพิ่มขึ้นด้วย

2.2.4.2 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนความยาวคิว (Priority Leaky Bucket Mechanism with Queue Length Threshold)

กลไกถังรั่วประเภทนี้ [8] แสดงดังรูปที่ 2.5 เป็นการนำกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญสำหรับทราฟฟิกวิธีเสมือน [7] ไปประยุกต์ใช้กับทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริง (Realtime

Traffic) และทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริง (Non-Realtime Traffic) ซึ่งต้องการคุณภาพของบริการที่ต่างกัน คือ ทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริงต้องการเวลาประวิงต่ำ ส่วนทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริงทนต่อเวลาประวิงได้มากกว่า แต่ก็ต้องรักษาให้อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ไม่สูงจนเกินไปด้วย กลไกนี้จึงนำเสนอวิธีการให้คุณภาพของบริการให้เหมาะสมกับทราฟฟิกทั้ง 2 ประเภทโดยใช้จุดเริ่มเปลี่ยนความยาวคิว (Queue Length Threshold) ที่คิวบัฟเฟอร์แบบไม่เป็นเวลาจริง

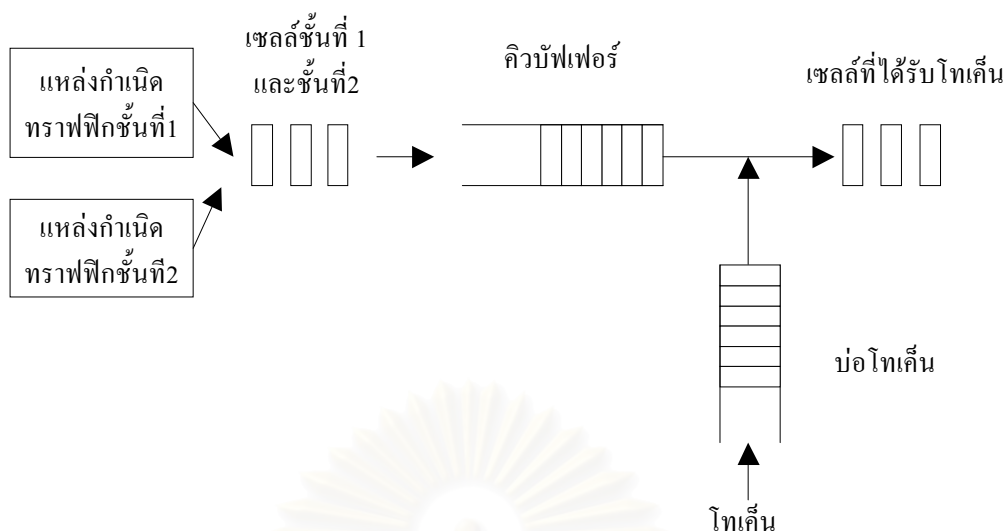


รูปที่ 2.5 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้จุดเริ่มเปลี่ยนความยาวคิว (Priority Leaky Bucket Mechanism with Queue Length Threshold)

หลักการการทำงานของกลไกนี้คือ เซลล์ของทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริงจะได้รับโทเค็นทันทีถ้ามีโทเค็นในบ่อโทเค็น แต่เซลล์ของทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริงจะได้รับโทเค็นก็ต่อเมื่อคิวบัฟเฟอร์ของทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริงว่างและจำนวนเซลล์ของทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริงมีค่าเกินจุดเริ่มเปลี่ยนความยาวคิว ผลของการใช้จุดเริ่มเปลี่ยนความยาวคิวที่เหมาะสมจะทำให้ได้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกดีขึ้นนอกเหนือจากการปรับเปลี่ยนขนาดของคิวบัฟเฟอร์เพียงอย่างเดียว

2.2.4.3 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญโดยใช้การจัดสรรโทเค็นแบบพลวัต (Priority Leaky Bucket Mechanism using Dynamic Token Allocation Method)

กลไกถังรั่วประเภทนี้ [9] ต่างกับกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญ 2 แบบแรกที่กล่าวมาตรงที่ในกลไกนี้ใช้คิวบัฟเฟอร์เดี่ยวร่วมกันสำหรับทราฟฟิกทั้ง 2 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.6



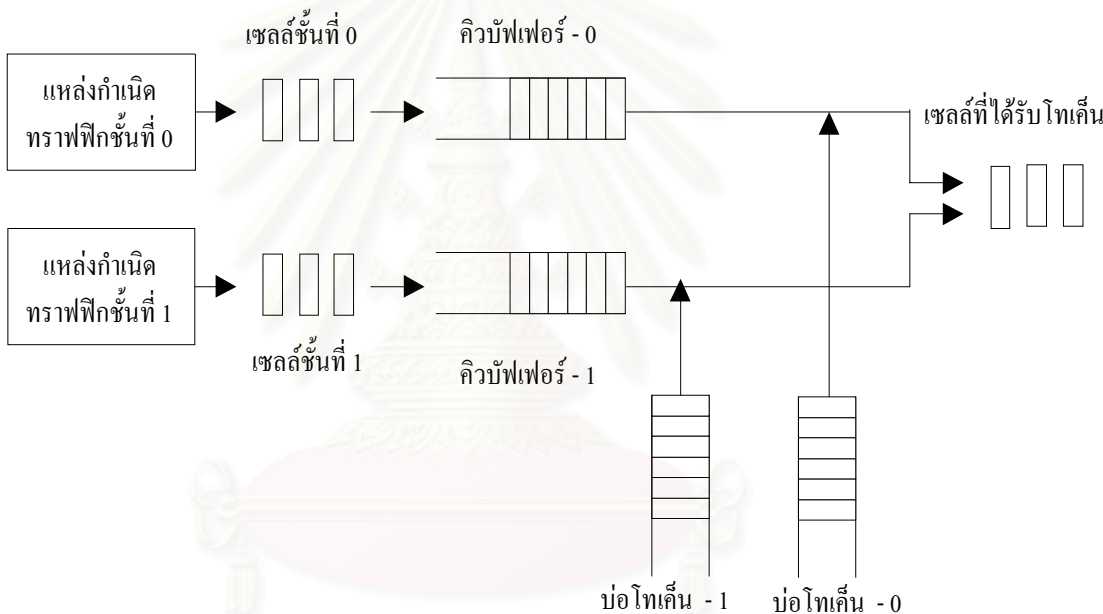
รูปที่ 2.6 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญโดยใช้การจัดสรรโทเค็นแบบพลวัต (Priority Leaky Bucket Mechanism using Dynamic Token Allocation Method)

ในกลไกนี้แบ่งทราฟฟิกออกเป็น 2 ชั้นคือ ชั้นที่ 1 (Class 1) ซึ่งมีลำดับความสำคัญสูงและชั้นที่ 2 (Class 2) ซึ่งมีลำดับความสำคัญต่ำ เริ่มแรกเซลล์ต้องเข้ามาในคิวบัฟเฟอร์ก่อนในลักษณะของ FCFS (First Come First Serve) โดยไม่คำนึงว่าเซลล์ใดมีลำดับความสำคัญมากกว่า เซลล์ที่อยู่หัวแถวจะต้องรอจนกว่าจะได้รับโทเค็นจึงจะส่งผ่านไปได้ หลักการทำงานในการจัดสรรโทเค็นให้แก่เซลล์ในกลไกนี้จะต่างกับกลไกถังรั่วแบบโทเค็นปกติ คือ ในกลไกถังรั่วแบบโทเค็นปกติเซลล์ใช้เพียงโทเค็นเดียวก็ส่งผ่านกลไกไปได้ แต่ในกลไกนี้เซลล์ต้องได้รับโทเค็นมากกว่าหนึ่งโทเค็นจึงจะส่งผ่านกลไกได้ โดยปริมาณโทเค็นที่ต้องการนี้จะขึ้นอยู่กับค่าลำดับความสำคัญ เซลล์ที่มีลำดับความสำคัญสูงจะใช้โทเค็นน้อยกว่าเซลล์ที่มีลำดับความสำคัญต่ำเพื่อที่จะผ่านกลไกได้

ปัญหาที่พบในกลไกนี้คือ การใช้คิวบัฟเฟอร์คิวเดียวจะเกิดปัญหาของเซลล์ที่หัวแถว (HOL: Head Of Line) ถ้าเซลล์ที่หัวแถวเป็นแบบลำดับความสำคัญต่ำก็จะต้องรอโทเค็นจำนวนมากพอถึงจะส่งผ่านไปได้ ซึ่งทำให้เซลล์อื่นๆ ที่ตามมาเกิดเวลาประวิงขึ้น กลไกนี้จึงได้เพิ่มการทำงานที่เรียกว่าการกระโดดไปข้างหน้า (Jump Ahead Algorithm) คือถ้าเซลล์ลำดับความสำคัญต่ำไม่สามารถหาโทเค็นตามจำนวนที่ต้องการในเวลาที่กำหนด ก็จะเลื่อนเซลล์ลำดับความสำคัญสูงให้กระโดดไปอยู่ที่หัวแถวแทน การเพิ่มการกระโดดไปข้างหน้านี้จะทำให้อัลกอริทึมมีความซับซ้อนขึ้น ต่อมาได้มีการพัฒนากลไกนี้ให้สามารถปรับปริมาณโทเค็นที่ต้องการสำหรับทราฟฟิกแต่ละชั้นเป็นแบบพลวัตตามสถานะของทราฟฟิก [10] ซึ่งทำให้คุณภาพของบริการดีขึ้น

2.2.4.4 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่ (Priority Leaky Bucket with Two Token Pools)

กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่กล่าวมาแล้วข้างต้นใช้บ่อโทเค็นเพียงบ่อเดียว ซึ่งมีอัตราการสร้างโทเค็น (Token Generation Rate) เท่ากับผลรวมของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกทั้ง 2 ชั้น ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้บ่อโทเค็นร่วมกันนี้คือ ถ้าแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นใดชั้นหนึ่งส่งทราฟฟิกเกินกว่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้แล้ว จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของบริการของทราฟฟิกอีกประเภทหนึ่งทันที และอาจทำให้เกิดความคับคั่งในโครงข่ายด้วย จึงมีการนำเสนอกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็น 2 บ่อ [11] แสดงดังรูปที่ 2.7 เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

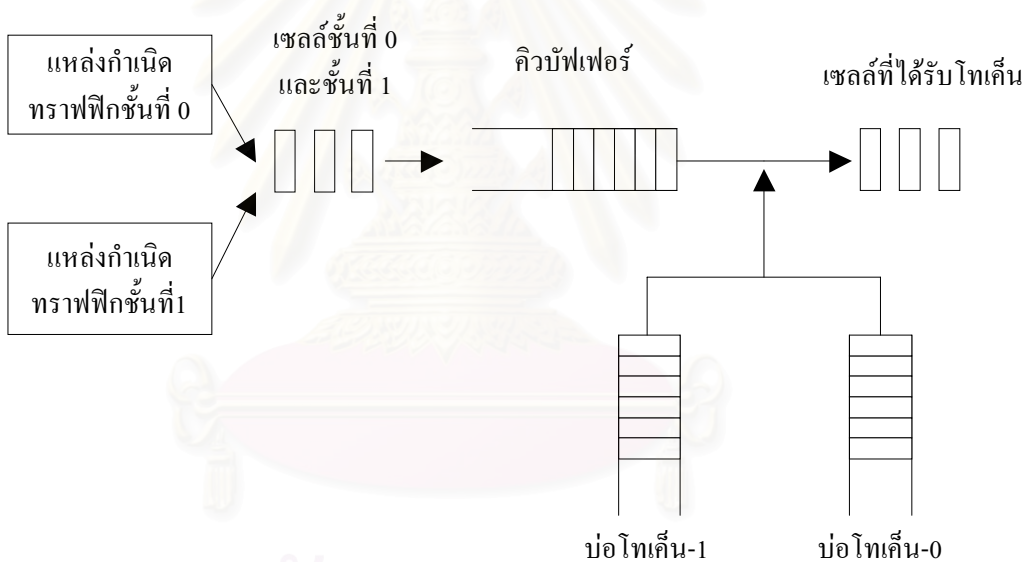


รูปที่ 2.7 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่ (Priority Leaky Bucket Mechanism with Two Token Pools)

กลไกถังรั่วแบบที่ใช้บ่อโทเค็นคู่นี้ แบ่งทราฟฟิกออกเป็น 2 ชั้นเช่นกันคือ ชั้นที่ 0 (Class-0) มีลำดับความสำคัญสูง และ ชั้นที่ 1 (Class-1) มีลำดับความสำคัญต่ำ มีบ่อโทเค็นให้ทราฟฟิกแต่ละชั้นคือบ่อโทเค็น-0 สำหรับทราฟฟิกชั้นที่ 0 และบ่อโทเค็น-1 สำหรับทราฟฟิกชั้นที่ 1 อัตราการสร้างโทเค็นของแต่ละบ่อก็จะขึ้นอยู่กับอัตราการส่งเซลล์ของทราฟฟิกที่ใช้บ่อโทเค็นนั้น ดังนั้นปัญหาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกเกินที่ตกลงไว้ก็จะลดลง กลไกยังคงให้ลำดับความ

สำคัญแก่ทราฟฟิก โดยมีหลักการทำงานคือ ถ้าเซลล์ชั้นที่ 0 เข้ามาและพบว่าคิวบัฟเฟอร์-0 เต็ม และไม่มีโทเค็นในบ่อโทเค็น-0 ด้วยแล้ว เซลล์ชั้นที่ 0 ที่หัวแถวในคิวบัฟเฟอร์-0 จะไปยึดจับโทเค็น (Token Grab) จากบ่อโทเค็น-1 ของเซลล์ชั้นที่ 1 มาใช้แทนเพื่อให้เซลล์ชั้นที่ 0 ที่มาใหม่เข้าไปเก็บไว้ในคิวบัฟเฟอร์-0 ได้ แต่เซลล์ชั้นที่ 0 ที่เอาโทเค็นของชั้นที่ 1 ไปใช้นี้จะถูกแก้ไขให้มีลำดับความสำคัญลดลงคือกลายเป็นเซลล์ชั้นที่ 1 ไปแทนและผ่านกลไกออกไป

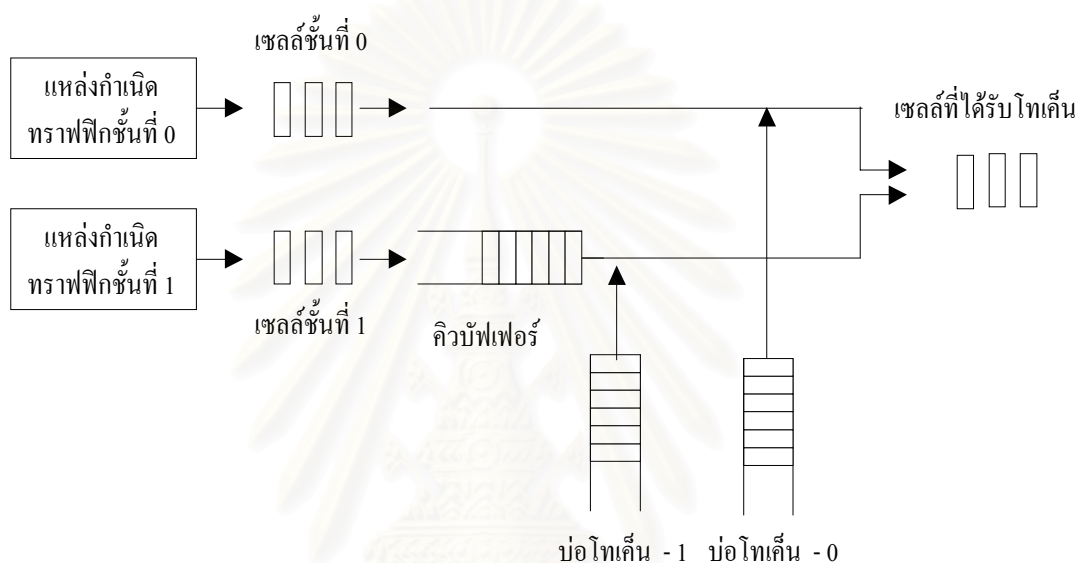
นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอกกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่แบบคิวบัฟเฟอร์ร่วมด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.8 การใช้คิวบัฟเฟอร์ร่วมแบบ FCFS ก็จะทำให้เกิดปัญหาของเซลล์ที่หัวแถวเช่นกัน ปัญหาแก้ได้โดยการให้การกระโดดไปข้างหน้า (Jump Ahead) คือถ้าเซลล์ที่อยู่หัวแถวต้องรอโทเค็นแล้ว แต่เซลล์ที่ตามมาซึ่งเป็นคนละชั้นกันมีโทเค็นก็สามารถกระโดดไปอยู่ที่หัวแถวแทนได้ ซึ่งก็ลดปัญหาของเวลาประวิงลง แต่เพิ่มความซับซ้อนของกลไกมากขึ้น



รูปที่ 2.8 กลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่แบบคิวบัฟเฟอร์ร่วม (Priority Leaky Bucket Mechanism with Two Token Pools and Shared Queue Buffer)

เนื่องจากการนำกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญไปใช้กับทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริง และทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริง แต่การใช้คิวบัฟเฟอร์จะทำให้เกิดเวลาประวิงสำหรับทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริงด้วย จึงมีการนำเสนอกกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่แต่มีคิวบัฟเฟอร์คิวเดียวสำหรับทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริง [12] แสดงดังรูปที่ 2.9 กลไกดังกล่าวทำ

ให้เวลาประวิงที่เกิดจากคิวบัฟเฟอร์ของทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริงมีค่าเป็นศูนย์ แต่จะส่งผลให้ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริงมีค่าสูงขึ้น กลไกจึงให้ลำดับความสำคัญโดยการให้อัตราการสร้างโทเค็นที่ไม่เท่ากันสำหรับบ่อโทเค็นทั้ง 2 บ่อ บ่อโทเค็นของทราฟฟิกแบบเป็นเวลาจริงจะสร้างโทเค็นด้วยอัตราที่เร็วกว่าบ่อโทเค็นของทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริง นอกจากนี้ต้องมีการปรับขนาดของคิวบัฟเฟอร์สำหรับทราฟฟิกแบบไม่เป็นเวลาจริงเพื่อให้ได้คุณภาพของบริการที่เหมาะสมด้วย



รูปที่ 2.9 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่แบบคิวบัฟเฟอร์เดี่ยว (Priority Leaky Bucket Mechanism with Two Token Pools and Single Queue Buffer)

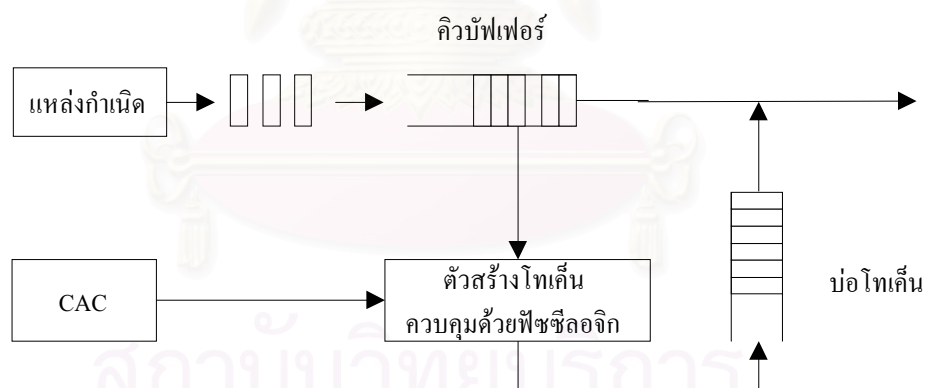
2.2.5 กลไกถังรั่วที่ควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก (Leaky Bucket Mechanism with Fuzzy Logic Control)

กลไกถังรั่วแบบต่างๆ ที่กล่าวมานั้น ตรวจสอบทราฟฟิกโดยใช้ค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดเป็นตัววัดความถูกต้องของปริมาณทราฟฟิกของผู้ใช้ แต่เนื่องจากทราฟฟิกของผู้ใช้ในโครงข่ายเอทีเอ็มส่วนใหญ่เป็นแบบอัตราไม่คงที่ ทำให้ไม่สามารถระบุอัตราการส่งเซลล์ที่แน่นอน นอกจากนี้ผลของเวลาประวิงในโครงข่ายอาจทำให้ลักษณะของทราฟฟิกเปลี่ยนไป ทำให้การทำงานของกลไกถังรั่วผิดพลาดได้ จึงมีการนำเอาฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) ซึ่งเป็นคณิตศาสตร์สาขาหนึ่งมาใช้กับกลไกถังรั่วด้วย เนื่องจากฟัซซีลอจิกเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับปัญหาเรื่องความไม่แน่นอน ซึ่งตรงกับลักษณะเชิงสถิติของทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็มที่ทำนายและ

ควบคุมได้ยาก การนำฟuzzyลอจิกมาใช้ทำให้กลไกถังรั่วมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับในอุดมคติมากขึ้นโดยไม่ใช้การคำนวณเชิงคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนสูง

2.2.5.1 กลไกถังรั่วที่ควบคุมอัตราการสร้างโทเค็นด้วยฟuzzyลอจิก (Leaky Bucket Mechanism with Token Rate Controlled by Fuzzy Logic)

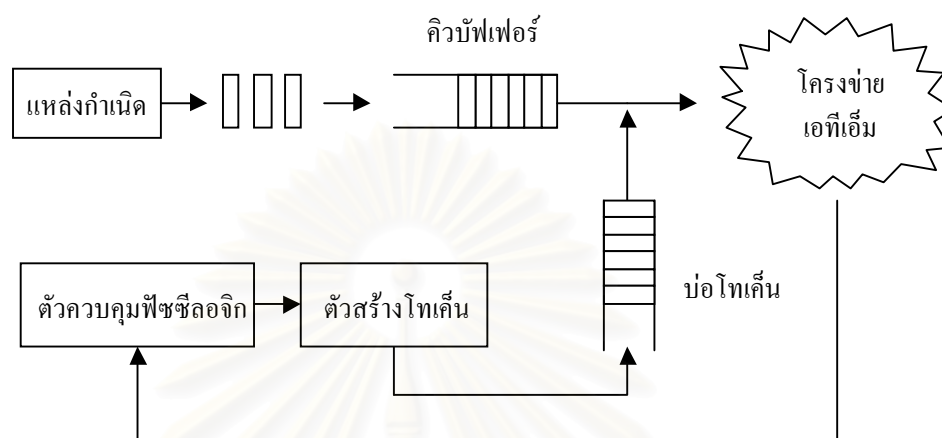
โดยปกติกลไกถังรั่วแบบโทเค็นจะสร้างโทเค็นที่อัตราคงที่ อัตราการสร้างโทเค็นนี้จะมีค่าสอดคล้องกับอัตราการส่งเซลล์ที่ผู้ใช้ตกลงไว้กับโครงข่าย แต่เนื่องจากทราฟฟิกมีลักษณะเป็นแบบพลวัต (Dynamic) การให้อัตราการสร้างโทเค็นคงที่ซึ่งเหมือนการจัดสรรทรัพยากรของโครงข่ายให้กับผู้ใช้แบบคงที่นั้นจึงทำให้ใช้ทรัพยากรโครงข่ายอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ถ้าผู้ใช้ส่งทราฟฟิกด้วยอัตราที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ก็จะทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากร ส่วนในกรณีผู้ใช้ส่งทราฟฟิกมากกว่าอัตราที่ตกลงไว้ แต่ว่ายังมีทรัพยากรของโครงข่ายมากเพียงพอ ก็ควรที่จะผ่อนผันให้แก่ผู้ใช้นั้นเพื่อรักษาคุณภาพของบริการเอาไว้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการนำฟuzzyลอจิกมาควบคุมอัตราการสร้างโทเค็นของกลไกถังรั่วให้เหมาะสมโดยอาศัยพารามิเตอร์ต่างๆ ในระบบมาเป็นอินพุตของฟuzzyลอจิก (Fuzzy Input) ต่างๆ กัน ได้แก่ การนำสถานะของคิวบัฟเฟอร์มาเป็นอินพุต [13] แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กลไกถังรั่วแบบฟuzzyลอจิกที่ใช้สถานะคิวบัฟเฟอร์เป็นอินพุต (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism with Queue Buffer Input)

จากรูปที่ 2.10 สถานะของคิวบัฟเฟอร์ที่นำมาใช้เป็นอินพุตของฟuzzyลอจิก คือ จำนวนเซลล์ที่มีในคิวบัฟเฟอร์ สาเหตุที่นำเอาค่าสถานะของบัฟเฟอร์มาใช้เป็นอินพุตเนื่องจากคิวบัฟเฟอร์มีผลต่อคุณภาพของบริการของทราฟฟิก คือ อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิง

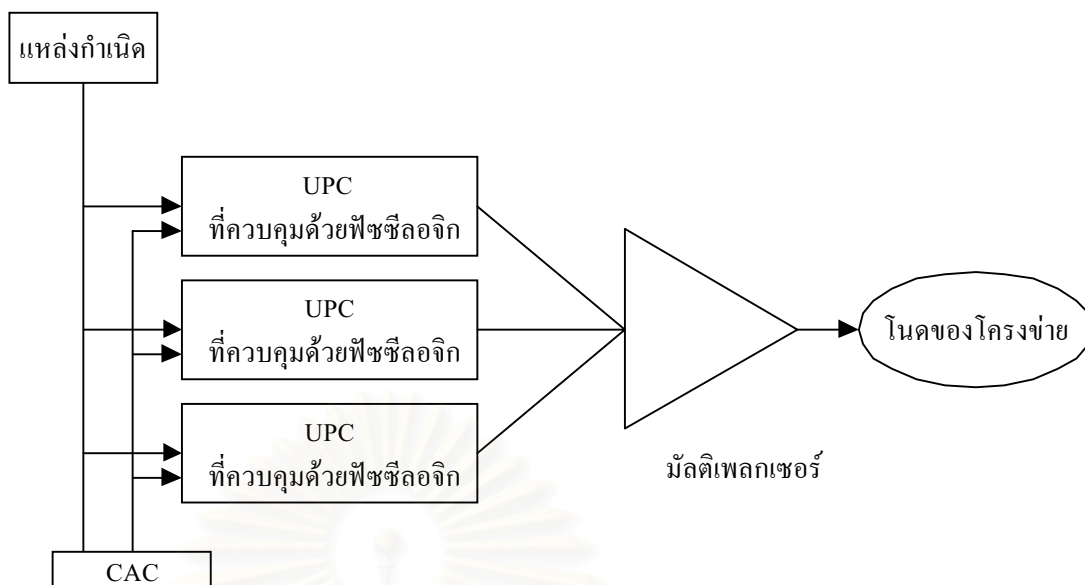
ผลจากการปรับค่าอัตราการสร้างโทเค็นให้เหมาะสมจากสถานะของคิวบัฟเฟอร์จึงทำให้กลไกนี้สามารถพัฒนาคุณภาพของบริการให้ดีขึ้น โดยที่ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงของทราฟฟิกลดลง



รูปที่ 2.11 กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกที่ใช้ทรัพยากรของโครงข่ายเป็นอินพุต (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism with Network Resource Input)

การนำสถานะของคิวบัฟเฟอร์มาใช้เป็นอินพุตของฟัซซีลอจิกสามารถพัฒนาคุณภาพของบริการได้จริง แต่ถ้าเราไม่ได้ควบคุมขอบเขตของค่าอัตราการสร้างโทเค็นสูงสุดเอาไว้ก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาความคับคั่งของโครงข่ายได้เช่นกัน เพราะปริมาณโทเค็นที่สร้างก็คือทรัพยากรของโครงข่าย ดังนั้นทรัพยากรของโครงข่ายจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะต้องพิจารณาด้วย จึงมีการนำค่าปริมาณทรัพยากรของโครงข่ายมาใช้เป็นอินพุตสำหรับฟัซซีลอจิก ดังแสดงในรูปที่ 2.11 กลไกนี้จะสร้างคิวของโครงข่าย (Network Queue) ที่ด้านออกของกลไกถังรั่ว [14] เพื่อเป็นตัวแทนในการวัดค่าทรัพยากรของโครงข่าย โดยใช้จำนวนเซลล์ในคิวของโครงข่ายมาเป็นอินพุตของฟัซซีลอจิก ทำให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

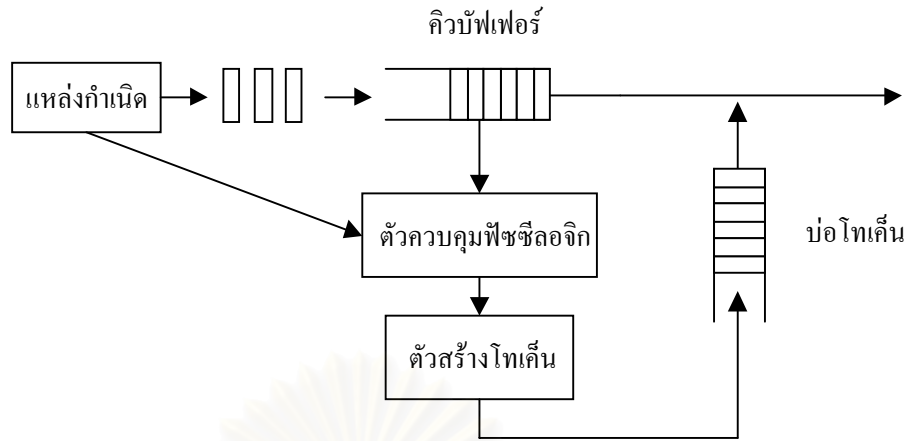
นอกจากนี้ยังมีการนำกลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกที่ควบคุมอัตราการสร้างโทเค็นไปใช้ร่วมกับมัลติเพลกเซอร์ (Multiplexer) [15] แสดงดังรูปที่ 2.12 เรียกว่า มัลติเพลกเซอร์แบบ FAMLB (Fuzzy Associated Memory Leaky Bucket) ซึ่งประกอบด้วย UPC ที่เป็นกลไกถังรั่วหลายๆ กลไกสำหรับแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่ง โดยใช้อินพุตของฟัซซีลอจิกคือสถานะของคิวบัฟเฟอร์ในมัลติเพลกเซอร์ และสถานะของคิวบัฟเฟอร์ในแต่ละกลไกถังรั่วมาใช้เป็นอินพุตของฟัซซีลอจิกทำให้ได้คุณภาพของบริการที่ดีขึ้นรวมทั้งใช้ทรัพยากรของโครงข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.12 มัลติเพลกเซอร์แบบ FAMLB (FAMLB Multiplexer)

กลไกถึงรั้วที่ควบคุมอัตราการสร้างโทเค็นด้วยพีซีลोजิกที่กล่าวมาแล้ว เน้นที่การพัฒนาคุณภาพของบริการและการใช้ทรัพยากรโครงข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ แต่หน้าที่จริงๆของกลไกถึงรั้วอยู่ที่การลงทะเบียนผู้ใช้ที่ส่งทราฟฟิกเกินข้อตกลง กลไกที่กล่าวมาแล้วอาจจะปล่อยให้ผู้ใช้ละเมิดข้อตกลงดังกล่าวได้หรือไม่สามารถตรวจพบได้เร็วเท่าที่ควร จึงมีการนำเสนอการใช้คุณลักษณะของทราฟฟิกของผู้ใช้มาเป็นอินพุตของพีซีลोजิกสำหรับสร้างโทเค็น [16] แสดงดังรูปที่ 2.13 นอกจากนี้จะใช้สถานะของคิวบัฟเฟอร์มาเป็นอินพุตของพีซีลोजิกแล้ว ยังใช้ค่าอัตราการส่งเซลล์สูงสุดซึ่งนิยามเป็นอัตราส่วนของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่วัดได้เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้ ผลก็คือนอกจากคุณภาพของบริการดีขึ้นเนื่องจากการปรับอัตราการสร้างโทเค็นแล้ว ยังทำให้สภาพเลือกเฟ้น (Selectivity) ของกลไกถึงรั้วดีขึ้น โดยลดปริมาณเซลล์ส่วนเกินจากผู้ให้ใกล้เคียงกับในทางอุดมคติมากยิ่งขึ้น

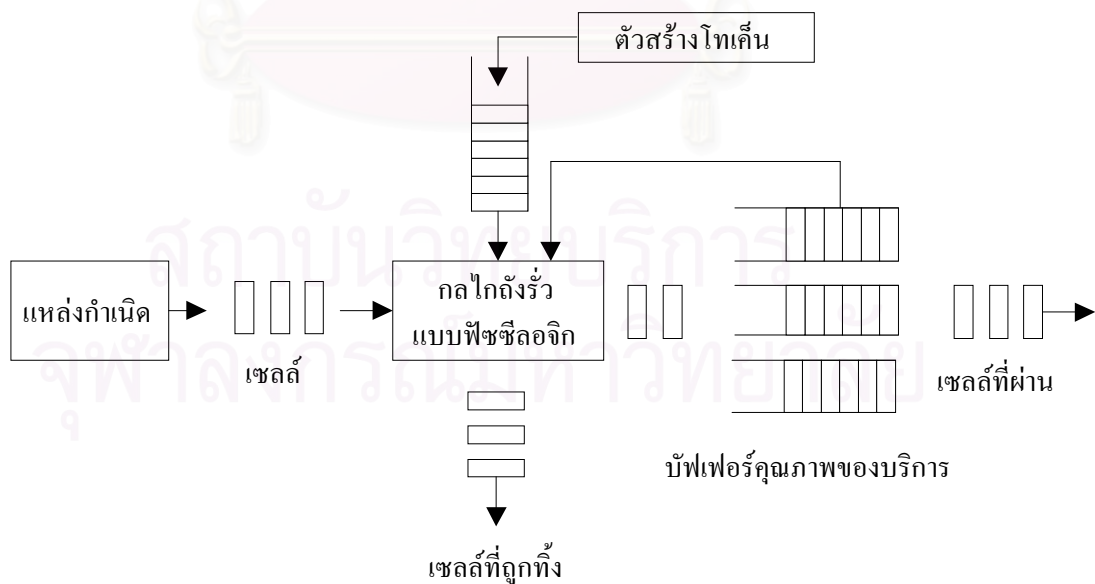
สงวนลิขสิทธิ์บริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.13 กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกที่ใช้คุณลักษณะของทราฟฟิกเป็นอินพุต (Fuzzy Leaky Bucket Mechanism with Traffic Characteristics Input)

2.2.5.2 กลไกถังรั่วที่ทิ้งหรือปล่อยผ่านเซลล์โดยตัดสินใจจากฟัซซีลอจิก (Leaky Bucket Mechanism with Drop-Pass Fuzzy Logic Decision)

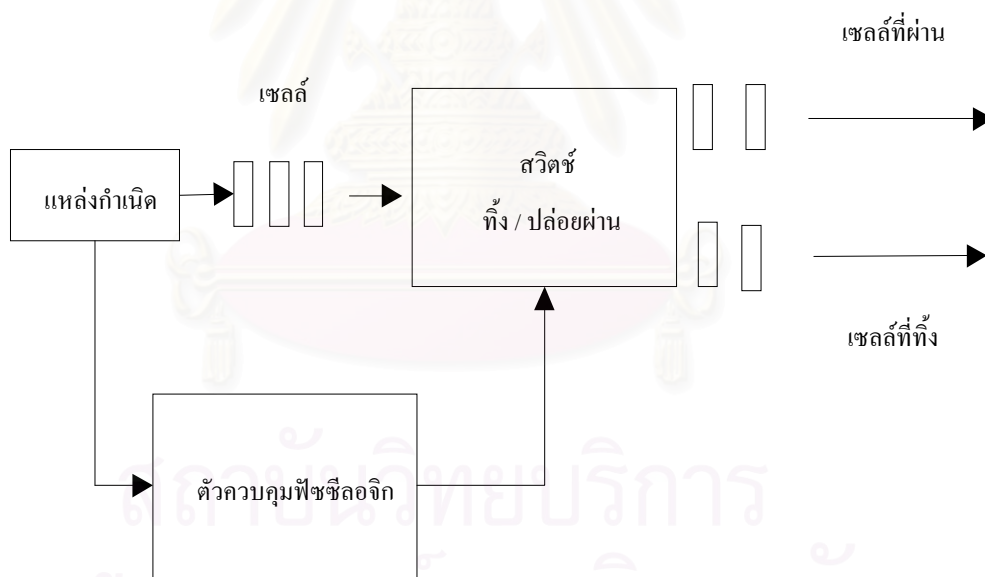
นอกจากจะมีการนำฟัซซีลอจิกมาใช้ในการปรับอัตราการสร้างโทเค็นให้เหมาะสมแล้ว ยังมีการนำฟัซซีลอจิกมาใช้ในการตัดสินใจที่จะทิ้งหรือปล่อยผ่านเซลล์อีกด้วย [17] ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกแบบทิ้งหรือปล่อยผ่าน (Drop-Pass Fuzzy Leaky Bucket)

กลไกในรูปที่ 2.14 ประกอบด้วยบ่อโทเค็นและบัฟเฟอร์คุณภาพของบริการ (QoS Buffer) โดยบัฟเฟอร์คุณภาพของบริการมีลักษณะคล้ายกับคิวของโครงข่าย (Network Queue) ที่กล่าวมาแล้ว ทราฟฟิกแต่ละทราฟฟิกก็จะมีบัฟเฟอร์คุณภาพของบริการของตนเอง หลักการทำงานของกลไกคือ ใช้ปริมาณของโทเค็นในบ่อโทเค็นกับปริมาณของเซลล์ในบัฟเฟอร์คุณภาพของบริการเป็นอินพุตสำหรับฟัซซีลอจิก ฟัซซีลอจิกจะตัดสินใจทิ้งหรือปล่อยให้เซลล์ตามอินพุตทั้ง 2 ค่า โดยการป้อนกลับ (Feedback) จากบัฟเฟอร์คุณภาพของบริการ ทำให้ค่าวิสัยสามารถ (Throughput) สูงขึ้น

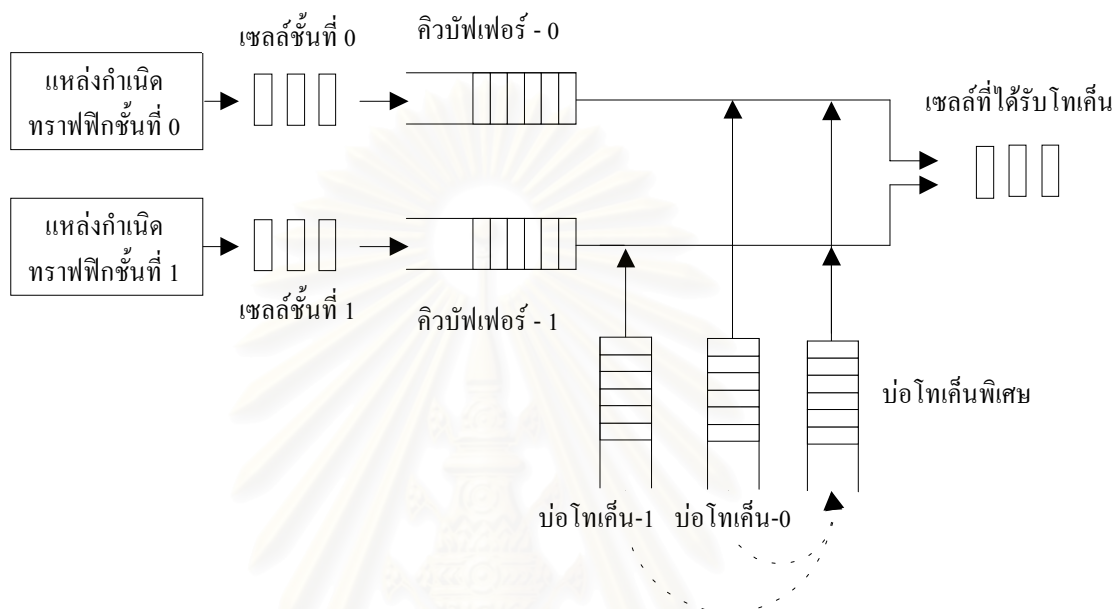
นอกจากนี้ยังมีการนำฟัซซีลอจิกมาตัดสินใจสำหรับทิ้งหรือปล่อยให้เซลล์ในกลไกถังรั่วแบบดั้งเดิมด้วย [18] ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ซึ่งเป็นการใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกโดยมีเพียงสวิตช์ที่ทิ้งหรือปล่อยให้เซลล์ผ่านไปเท่านั้น ทำให้ไม่ต้องใช้ตัวนับ โดยใช้ค่าอัตราส่วนระหว่างอัตราการส่งเซลล์ที่ตกลงไว้กับอัตราการส่งเซลล์ที่ส่งจริง และอัตราส่วนระหว่างความยาวเบียร์สต์ที่ตกลงไว้กับความยาวเบียร์สต์ที่ส่งจริงเป็นอินพุตสำหรับตัวควบคุมฟัซซีลอจิก การใช้คุณลักษณะของทราฟฟิกดังกล่าวมาเป็นอินพุตทำให้กลไกถังรั่วแบบดั้งเดิมจัดการกับเซลล์ส่วนเกินได้ดีขึ้น



รูปที่ 2.15 กลไกถังรั่วแบบฟัซซีลอจิกแบบทิ้งหรือปล่อยให้ผ่านที่ไม่ใช้ตัวนับ (Drop-Pass Fuzzy Leaky Bucket Mechanism without Counter)

2.3 กลไกถังรับแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอ

2.3.1 กลไกถังรับแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษ (Priority Leaky Bucket Mechanism with Extra Token Pool)

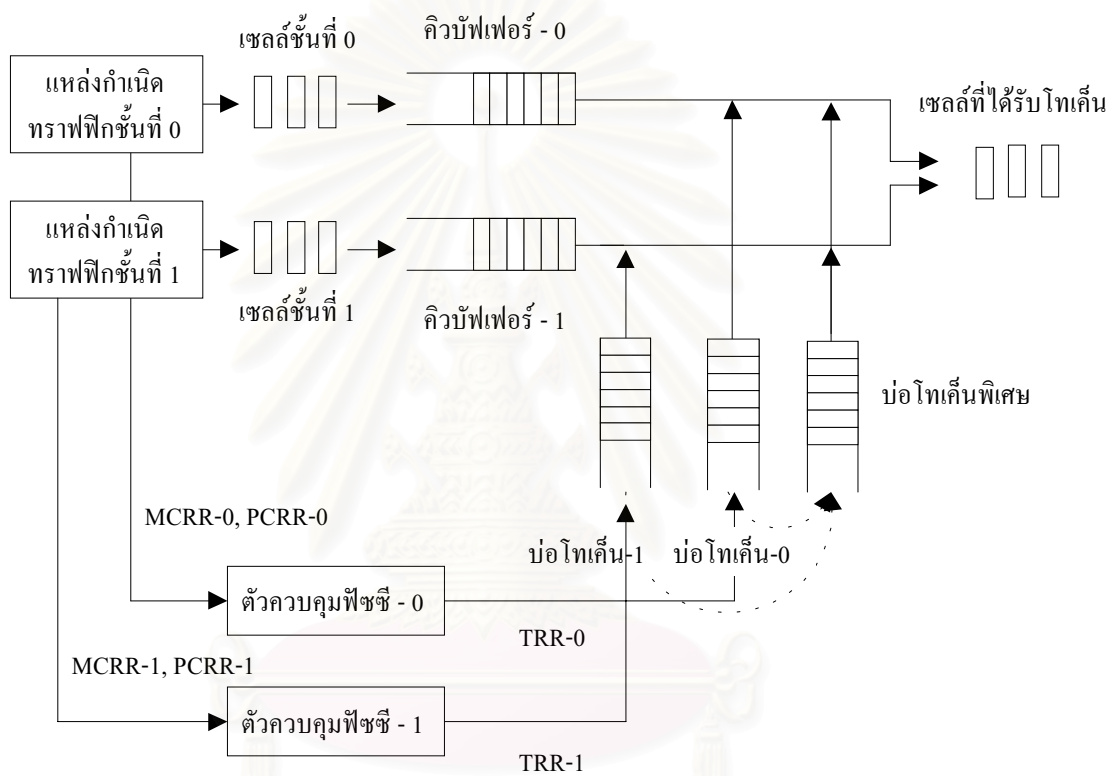


รูปที่ 2.16 กลไกถังรับแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษ (Priority Leaky Bucket Mechanism with Extra Token Pool)

กลไกนี้ปรับปรุงกลไกถังรับแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นคู่ (รูปที่ 2.7) โดยการเพิ่มส่วนที่เรียกว่าบ่อโทเค็นพิเศษ (Extra Token Pool) กลไกนี้แสดงดังรูปที่ 2.16 โดยบ่อโทเค็นพิเศษซึ่งมีขนาดจำกัดจะรับเอาโทเค็นที่ล้นออกมาจากบ่อโทเค็นปกติคือบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1 ซึ่งมีขนาดจำกัดมาสะสมไว้ให้ทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 ใช้ ในกรณีที่เซลล์ของทราฟฟิกทั้ง 2 ชั้นเข้ามาและพบว่าบ่อโทเค็นของชั้นตนเองหมด ก็จะมีสิทธิ์เท่าๆ กันที่จะนำโทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษนี้ไปใช้ได้ทันที การให้ลำดับความสำคัญของกลไกที่นำเสนอนี้ให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 คือ ในกรณีที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เข้ามาใหม่และพบว่าคิวบัฟเฟอร์-0 เต็มและโทเค็นในบ่อโทเค็น-0 รวมทั้งบ่อโทเค็นพิเศษหมดแล้ว เซลล์ที่หัวแถวในคิวบัฟเฟอร์-0 จะมีสิทธิ์ที่จะไปจับโทเค็น (Token Grab) ของบ่อโทเค็น-1 มาใช้ได้เพื่อให้เซลล์ใหม่เข้าไปอยู่ในคิวบัฟเฟอร์ แต่เซลล์ที่ได้รับโทเค็นนี้จะถูกแก้ไขลำดับความสำคัญลดลงกลายเป็นเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 แทน

2.3.2 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษและควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก (Priority Leaky Bucket with Extra Token Pool and Fuzzy Logic Control)

กลไกนี้เป็นการปรับปรุงกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษ โดยการนำฟัซซีลอจิกมาควบคุมอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1 ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ส่วนบ่อโทเค็นพิเศษยังทำงานแบบเดิมคือรับโทเค็นที่ล้นจากบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1



รูปที่ 2.17 กลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษและควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก (Priority Leaky Bucket Mechanism with Extra Token Pool and Fuzzy Logic Control)

กลไกนี้จะประกอบด้วยตัวควบคุมฟัซซี-0 สำหรับกำหนดค่าอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 (TRR-0) และตัวควบคุมฟัซซี-1 สำหรับกำหนดค่าอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 (TRR-1) ทำให้ค่าอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็นทั้ง 2 บ่อ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งแตกต่างจากในกลไกเดิมที่ค่าอัตราการสร้างโทเค็นมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาของการส่งข้อมูล หลักการทำงานของตัวควบคุมฟัซซีทั้ง 2 ตัวก็คือสุ่มวัดค่าอินพุตจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิก

ทุกๆ ระยะเวลาการสุ่ม (Sampling Period : SP) ค่าหนึ่งซึ่งมีค่าคงที่ และจากค่าอินพุตที่วัดได้ก็จะนำไปคำนวณหาเอาต์พุตคืออัตราการสร้างโทเคน

2.3.2.1 อินพุตสำหรับตัวควบคุมพีซีซี-0

1. MCRR-0 (Mean Cell Rate Ratio-0) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยจริงกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 โดยในช่วงเวลาการสุ่มทุกช่วง (SP) ตัวควบคุมพีซีซี-0 จะนับจำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่เข้ามาตั้งแต่เริ่มทำงานจนถึงเวลาปัจจุบันแล้วหารด้วยช่วงเวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มทำงานจนถึงเวลาปัจจุบันเพื่อเป็นตัวแทนของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยจริง จากนั้นจึงนำไปหารด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ดังแสดงในสมการที่ (2.1)

$$MCRR - 0_k = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^k N_{0i}}{\sum_{i=1}^k SP_i} \right)}{\lambda_{0m}} \quad (2.1)$$

โดยที่	MCRR-0 _k	คือ อินพุต MCRR-0 ที่คำนวณได้ ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	N _{0i}	คือ จำนวนเซลล์ชั้นที่ 0 ที่นับได้ภายในช่วงเวลาสุ่มที่ i
	SP _i	คือ ระยะเวลาของช่วงเวลาสุ่มที่ i
	λ _{0m}	คือ อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

2. PCRR-0 (Peak Cell Rate Ratio-0) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างอัตราการส่งเซลล์สูงสุดจริงกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 โดยทุกๆ ช่วง SP ตัวควบคุมพีซีซี-0 จะทำการนับจำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่เข้ามาในช่วง SP นั้น แล้วหารด้วยค่า SP นั้นเพื่อเป็นตัวแทนของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดจริงในขณะนั้น จากนั้นจึงนำไปหารด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ดังแสดงในสมการที่ (2.2)

$$PCRR - 0_k = \frac{\left(\frac{N_{0k}}{SP_k} \right)}{\lambda_{0p}} \quad (2.2)$$

โดยที่	$PCRR-0_k$	คือ อินพุต PCRR-0 ที่คำนวณได้ ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	N_{0k}	คือ จำนวนเซลล์ชั้นที่ 0 ที่นับได้ภายในช่วงเวลาสุ่มที่ k
	SP_k	คือ ระยะเวลาของช่วงเวลาสุ่มที่ k
	λ_{0p}	คือ อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

2.3.2.2 อินพุตสำหรับตัวควบคุมพีซีซี-1

1. MCRR-1 (Mean Cell Rate Ratio-1) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยจริงกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 โดยในช่วง SP ทุกช่วง ตัวควบคุมพีซีซี-1 จะนับจำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่เข้ามาตั้งแต่เริ่มทำงานจนถึงเวลาปัจจุบันแล้วหารด้วยช่วงเวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มทำงานจนถึงเวลาปัจจุบันเพื่อเป็นตัวแทนของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยจริง จากนั้นจึงนำไปหารด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ดังแสดงในสมการที่ (2.3)

$$MCRR - 1_k = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^k N_{1i}}{\sum_{i=1}^k SP_{1i}} \right)}{\lambda_{1m}} \quad (2.3)$$

โดยที่	$MCRR-1_k$	คือ อินพุต MCRR-1 ที่คำนวณได้ ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	N_{1i}	คือ จำนวนเซลล์ชั้นที่ 1 ที่นับได้ภายในช่วงเวลาสุ่มที่ i
	SP_{1i}	คือ ระยะเวลาของช่วงเวลาสุ่มที่ i
	λ_{1m}	คือ อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

2. PCRR-1 (Peak Cell Rate Ratio-1) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างอัตราการส่งเซลล์สูงสุดจริงกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 โดยในช่วง SP ทุกช่วง ตัวควบคุมพีซีซี-1 จะนับจำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่เข้ามาในช่วง SP นั้น แล้วหารด้วยค่า SP นั้นเพื่อเป็นตัวแทนของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดจริงในขณะนั้น จากนั้นจึงนำไปหารด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ดังแสดงในสมการที่ (2.4)

$$PCRR - 1_k = \frac{\left(\frac{N_{1k}}{SP_{1k}} \right)}{\lambda_{1p}} \quad (2.4)$$

โดยที่	PCRR-1 _k	คือ อินพุต PCRR-1 ที่คำนวณได้ ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	N _{1k}	คือ จำนวนเซลล์ชั้นที่ 1 ที่นับได้ภายในช่วงเวลาสุ่มที่ k
	SP _{1k}	คือ ระยะเวลาของช่วงเวลาสุ่มที่ k
	λ _{1p}	คือ อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

2.3.2.3 เอาต์พุตจากตัวควบคุมพีซีซี-0

1. TRR-0 (Token Rate Ratio-0) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างอัตราการสร้างโทเค็นจากพีซีซีลอจิกกับอัตราการสร้างโทเค็นปกติซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ดังนั้นอัตราการสร้างโทเค็นจากพีซีซีลอจิกของบ่อโทเค็น-0 (Fuzzy TR-0) จะคำนวณได้จากสมการที่ (2.5) โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงไปทุกๆ ช่วง SP

$$Fuzzy TR - 0_k = TRR - 0_k \times \lambda_{0m} \quad (2.5)$$

โดยที่	Fuzzy TR-0 _k	คือ อัตราการสร้างโทเค็นที่คำนวณได้จากพีซีซีลอจิกของบ่อโทเค็น-0 ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	TRR-0 _k	คือ เอาต์พุตจากตัวควบคุมพีซีซี - 0 ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	λ _{0m}	คือ อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

2.3.2.4 เอาต์พุตจากตัวควบคุมฟัซซี-1

- TRR-1 (Token Rate Ratio-1) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างอัตราการสร้างโทเค็นจากฟัซซีลอจิกกับอัตราการสร้างโทเค็นปกติซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ดังนั้นอัตราการสร้างโทเค็นจากฟัซซีลอจิกของบ่อโทเค็น-1 (Fuzzy TR-1) จะคำนวณได้จากสมการที่ (2.6) โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงไปทุกๆ ช่วง SP

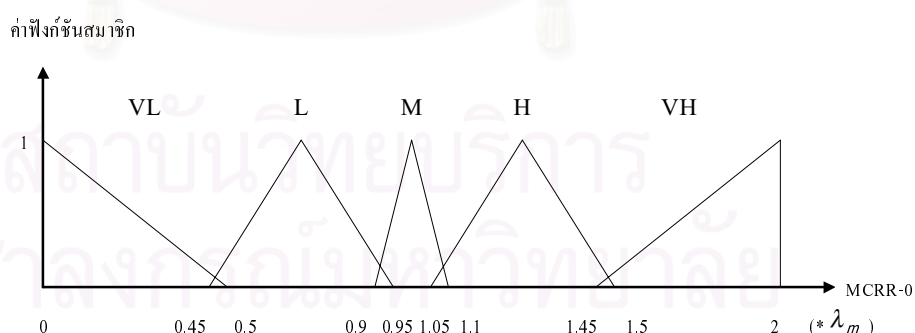
$$\text{Fuzzy TR} - 1_k = \text{TRR} - 1_k \times \lambda_{1,m} \quad (2.6)$$

โดยที่	Fuzzy TR-1 _k	คือ อัตราการสร้างโทเค็นที่คำนวณได้จากฟัซซีลอจิกของบ่อโทเค็น-1 ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	TRR-1 _k	คือ เอาต์พุตจากตัวควบคุมฟัซซี - 1 ณ ช่วงเวลาสุ่มที่ k
	$\lambda_{1,m}$	คือ อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

2.3.2.5 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุตของตัวควบคุมฟัซซี-0

- MCRR-0 แบ่งเป็น 5 เซตฟัซซี และมีฟังก์ชันสมาชิกเป็นฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 2.18

$$\text{MCRR} - 0 = \{VL (\text{Very Low}), L (\text{Low}), Me (\text{Medium}), H (\text{High}), VH (\text{Very High})\}$$



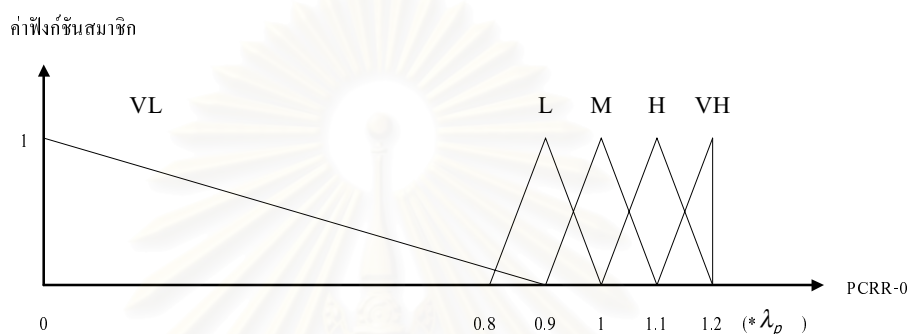
รูปที่ 2.18 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต MCRR-0

จากรูปที่ 2.18 สาเหตุที่เลือกใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยมเป็นฟังก์ชันสมาชิกเนื่องจากสามารถอธิบายในรูปของฟังก์ชันและพารามิเตอร์ได้ง่าย สำหรับค่าตัวประกอบมาตรฐานฟังก์ชันสมาชิกที่ได้ในรูปนั้น ใช้วิธี Heuristic ซึ่งเป็นการลองผิดลองถูก (Trial and Error) จนได้ค่าที่

เหมาะสม ค่าที่ได้นี้เหมาะสมกับชุดพารามิเตอร์ของระบบและกฎของฟuzzy ที่ออกแบบไว้ ในการกำหนดฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอื่นๆ ก็ใช้วิธีเดียวกัน

2. PCRR-0 แบ่งเป็น 5 เซตฟuzzy และมีฟังก์ชันสมาชิกเป็นฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 2.19

$$PCRR - 0 = \{VL (Very Low), L (Low), Me (Medium), H (High), VH (Very High)\}$$

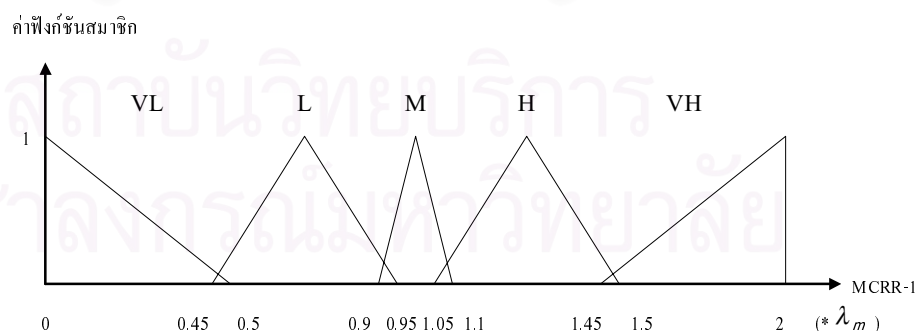


รูปที่ 2.19 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต PCRR-0

2.3.2.6 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุตของตัวควบคุมฟuzzy-1

1. MCRR-1 แบ่งเป็น 5 เซตฟuzzy และมีฟังก์ชันสมาชิกเป็นฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 2.20

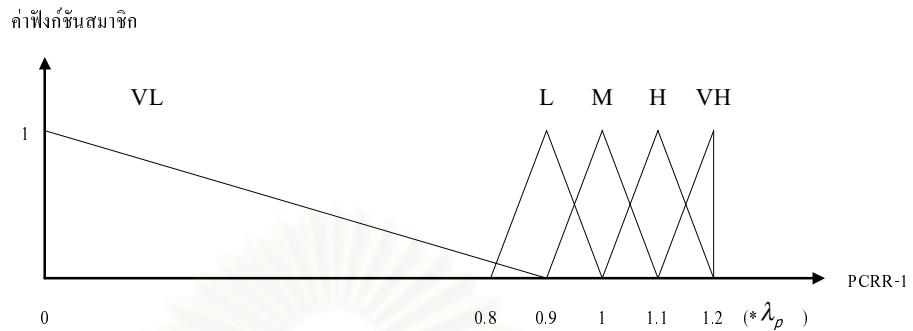
$$MCRR - 1 = \{VL (Very Low), L (Low), Me (Medium), H (High), VH (Very High)\}$$



รูปที่ 2.20 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต MCRR-1

2. PCRR-1 แบ่งเป็น 5 เซตฟuzzy และมีฟังก์ชันสมาชิกเป็นฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 2.21

$$PCRR - 1 = \{VL (Very Low), L (Low), Me (Medium), H (High), VH (Very High)\}$$

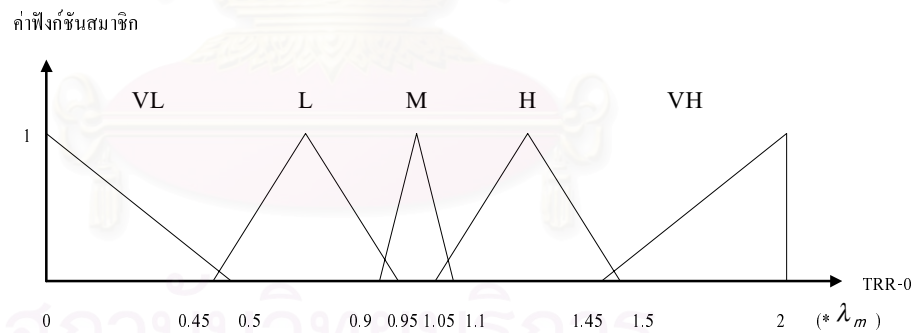


รูปที่ 2.21 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต PCRR-1

2.3.2.7 ฟังก์ชันสมาชิกของเอาต์พุตของตัวควบคุมพีชชี-0

- TRR-0 แบ่งเป็น 5 เซตพีชชี และมีฟังก์ชันสมาชิกเป็นฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 2.22

$$TRR - 0 = \{VL (Very Low), L (Low), Me (Medium), H (High), VH (Very High)\}$$

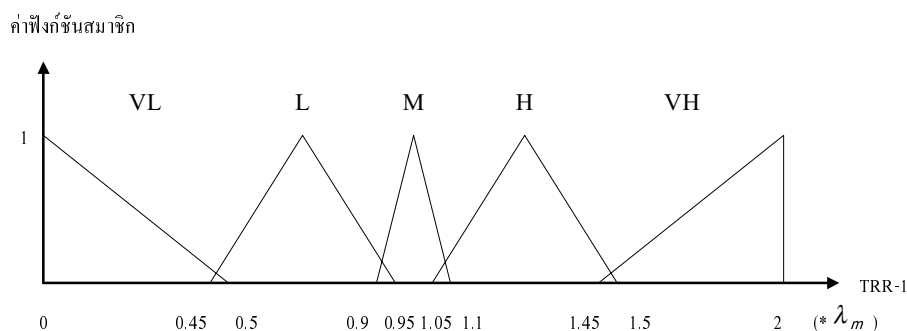


รูปที่ 2.22 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต TRR-0

2.3.2.8 ฟังก์ชันสมาชิกของเอาต์พุตของตัวควบคุมพีชชี - 1

- TRR-1 แบ่งเป็น 5 เซตพีชชี และมีฟังก์ชันสมาชิกเป็นฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 2.23

$$TRR - 1 = \{VL (Very Low), L (Low), Me (Medium), H (High), VH (Very High)\}$$



รูปที่ 2.23 ฟังก์ชันสมาชิกของอินพุต TRR-1

2.3.2.9 กฎของตัวควบคุมฟuzzy-0

ในช่วงเวลาการสุ่มทุกช่วงที่กำหนด ตัวควบคุมฟuzzy-0 จะวัดค่าอินพุต MCRR-0 และ PCRR-0 และกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละอินพุต จากนั้นจะหาเอาต์พุตที่ต้องการคือ TRR-0 โดยใช้กฎของตัวควบคุมฟuzzy-0 ดังแสดงในตารางที่ 2.1

การออกแบบกฎของตัวควบคุมฟuzzyดังตารางที่ 2.1 นั้น มีหลักการอยู่บนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ในระบบที่ศึกษา โดยกฎฟuzzyในตารางที่ 2.1 มีหลักการโดยทั่วไปดังต่อไปนี้

- ถ้าแหล่งกำเนิดส่งกราฟฟิคด้วยอัตราเซลล์เฉลี่ยไม่เกินอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายซึ่งแสดงให้เห็นโดยที่ค่า MCRR อยู่ในเซต M (Medium) แล้ว ตัวควบคุมฟuzzyจะให้เครดิตแก่แหล่งกำเนิดนั้นโดยการปรับเพิ่มค่าอัตราการสร้างโทเค็น (TRR) ให้ แต่ทั้งนี้ยังต้องพิจารณาค่า PCRR ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความประพฤติของแหล่งกำเนิดในช่วงเวลานั้นอีกด้วย ถ้าแหล่งกำเนิดเริ่มมีแนวโน้มที่จะละเมิดข้อตกลง โดยค่า PCRR มีค่าเป็น H (High) หรือ VH (Very High) แล้ว ตัวควบคุมฟuzzyก็จะไม่ให้เครดิตเพิ่มกับแหล่งกำเนิดนั้น

- ถ้าแหล่งกำเนิดส่งกราฟฟิคด้วยอัตราเซลล์เฉลี่ยที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายซึ่งแสดงให้เห็นโดยที่ค่า MCRR เป็น L (Low) หรือ VL (Very Low) แล้ว ตัวควบคุมฟuzzyก็จะเพิ่มเครดิตให้แก่แหล่งกำเนิดนั้น โดยพิจารณาระดับในการให้เครดิตจากค่า PCRR ประกอบด้วยในทางกลับกันเมื่อแหล่งกำเนิดส่งกราฟฟิคด้วยอัตราเซลล์เฉลี่ยที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้ คือค่า MCRR เป็น H (High) หรือ VH (Very High) ตัวควบคุมฟuzzyก็จะลดโทษแหล่งกำเนิดนั้นโดยการลดอัตราการสร้างโทเค็นลง และค่า PCRR จะถูกนำมาพิจารณาด้วยเพื่อบอกระดับของการลงโทษแหล่งกำเนิด

ตารางที่ 2.1 กฎของตัวควบคุมฟิชชี – 0

กฎ (Rule)	MCRR-0	PCRR-0	TRR-0
1	VL	VL	VH
2	VL	L	VH
3	VL	M	H
4	VL	H	H
5	VL	VH	M
6	L	VL	VH
7	L	L	H
8	L	M	H
9	L	H	M
10	L	VH	M
11	M	VL	VH
12	M	L	H
13	M	M	H
14	M	H	M
15	M	VH	M
16	H	VL	M
17	H	L	L
18	H	M	L
19	H	H	VL
20	H	VH	VL
21	VH	VL	L
22	VH	L	VL
23	VH	M	VL
24	VH	H	VL
25	VH	VH	VL

2.3.2.10 กฎของตัวควบคุมฟิชชี-1

ในช่วงเวลาการล่มทุกช่วงที่กำหนด ตัวควบคุมฟิชชี-1 จะวัดค่าอินพุต MCRR-1 และ PCRR-1 และกำหนดค่าฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละอินพุต จากนั้นจะหาเอาต์พุตที่ต้องการคือ TRR-1 โดยใช้กฎของตัวควบคุมฟิชชี-1 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยกฎที่ใช้เหมือนกับตารางที่ 2.1

เนื่องจากพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 และแหล่งกำเนิด ทราฟฟิกชั้นที่ 1 เป็นชุดเดียวกัน

ตารางที่ 2.2 กฎของตัวควบคุมพีซีซี – 1

กฎ (Rule)	MCRR-1	PCRR-1	TRR-1
1	VL	VL	VH
2	VL	L	VH
3	VL	M	H
4	VL	H	H
5	VL	VH	M
6	L	VL	VH
7	L	L	H
8	L	M	H
9	L	H	M
10	L	VH	M
11	M	VL	VH
12	M	L	H
13	M	M	H
14	M	H	M
15	M	VH	M
16	H	VL	M
17	H	L	L
18	H	M	L
19	H	H	VL
20	H	VH	VL
21	VH	VL	L
22	VH	L	VL
23	VH	M	VL
24	VH	H	VL
25	VH	VH	VL

2.3.2.11 วิธีการแปลงกลับฟัซซี (Defuzzication)

การแปลงกลับฟัซซีเป็นกระบวนการแปลงจากค่าฟัซซีให้เป็นค่าคำตอบที่แน่นอน (Crisp) ในวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอผู้วิจัยใช้วิธี Centroid of Area (COA) โดยคำนวณหา Centroid ของพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันสมาชิก สามารถคำนวณหาค่าเอาต์พุตของฟัซซีลอจิกที่เป็นคำตอบที่แน่นอนได้ดังสมการที่ (2.7)

$$TRR = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i M_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i A_i} \quad (2.7)$$

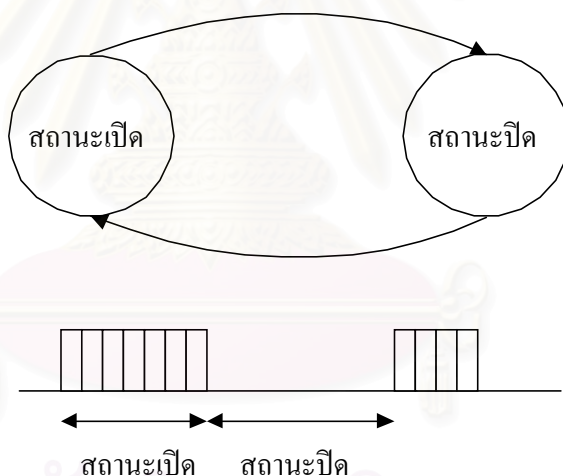
โดยที่	TRR	คือ เอาต์พุตของฟัซซีลอจิกที่เป็นค่าที่แน่นอน
	n	คือ จำนวนกฎของฟัซซีลอจิก
	M_i	คือ โมเมนต์ของฟังก์ชันสมาชิกของกฎที่ i
	A_i	คือ พื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันสมาชิกของกฎที่ i
	α_i	คือ ค่าระดับการเป็นสมาชิก (fire strength) ของกฎที่ i

บทที่ 3

แบบจำลองและวิธีการจำลองแบบ

3.1 แบบจำลองของแหล่งกำเนิด

ในระบบกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญประกอบด้วยแหล่งกำเนิดของทราฟฟิก 2 ชนิด คือ แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 และแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 แหล่งกำเนิดของทราฟฟิกแต่ละทราฟฟิกจะส่งข้อมูลอย่างเป็นอิสระต่อกัน แหล่งกำเนิดทราฟฟิกทั้ง 2 ชนิดถูกจำลองด้วยแบบจำลองชนิดเดียวกัน คือ แหล่งกำเนิดแบบเปิดปิด (On-Off Source) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีการใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย [2-18] ในสถานะเปิด (On State) แหล่งกำเนิดจะส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุด (Peak Cell Rate) ในลักษณะของเบิร์สต์ ส่วนในสถานะปิดแหล่งกำเนิดจะไม่ส่งเซลล์ออกมา



รูปที่ 3.1 แหล่งกำเนิดแบบเปิดปิด (On-Off Source)

พารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดแบบเปิดปิดที่ใช้ในการจำลองแบบ ได้แก่

1. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของสถานะเปิด ($E[ON]$) ระยะเวลาของสถานะเปิดมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ (Negative Exponential) ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ $E[ON]$

2. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของสถานะปิด ($E[OFF]$) ระยะเวลาของสถานะปิดมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลเชิงลบ (Negative Exponential) ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ $E[OFF]$
3. อัตราการส่งเซลล์สูงสุด (λ_p)
4. เวลาระหว่างการมาถึงของแต่ละเซลล์ (Cell Interarrival Time : Δ) มีค่าคงที่เท่ากับ λ_p^{-1}
5. อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย (λ_m) สามารถหาได้จากสมการที่ (3.1)

$$\lambda_m = \frac{\lambda_p E[ON]}{(E[ON] + E[OFF])} \quad (3.1)$$

จากสมการที่ 3.1 เราสามารถปรับค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยได้ตามต้องการ โดยการปรับค่าของ $E[ON]$ โดยให้ค่า $E[OFF]$ คงที่ หรือปรับค่า $E[OFF]$ โดยให้ค่า $E[ON]$ คงที่ ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้การปรับค่า $E[ON]$ โดยให้ค่า $E[OFF]$ คงที่เพื่อให้ได้ค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยตามต้องการ

6. ความเป็นเบิสต์ (Burstiness : β) บอถึงความเป็นเบิสต์ของแหล่งกำเนิด สามารถหาได้จากสมการที่ (3.2)

$$\beta = \frac{E[ON]}{(E[ON] + E[OFF])} \quad (3.2)$$

3.2 วิธีการจำลองแบบของกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอ

ผู้วิจัยได้จำลองแบบกลไกที่นำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมภาษา C ในการจำลองแบบและเก็บผลลัพธ์เพื่อวิเคราะห์ ผลลัพธ์ที่เก็บในการจำลองแบบนี้ซึ่งนำเสนอในบทที่ 4 ได้แก่

1. คุณภาพของบริการ (QoS) คือ อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ (Cell Loss Ratio) และ เวลาประวิงเฉลี่ย (Mean Delay Time) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ขนาดของคิวบัฟเฟอร์ ขนาดของบ่อโทเค็น และอัตราการสร้างโทเค็น เป็นต้น
2. สภาพเลือกเฟ้น (Selectivity)
3. การตอบสนอง (Responsiveness)

3.3 การนำเสนอผลการจำลองแบบ

ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองแบบมานำเสนอในรูปแบบของกราฟและวิเคราะห์ผล ซึ่งจะแสดงในบทที่ 4 โดยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 และคิวบัฟเฟอร์-1
2. กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 บ่อโทเค็น-1
3. กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1
4. กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุด (Selectivity)
5. กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์เทียบกับจำนวนเซลล์ที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิด (Responsiveness)

3.4 การทดสอบความถูกต้องของการจำลองแบบ

เนื่องจากในการจำลองแบบของกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอ นั้น จะเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลของกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญเดิมและกลไกถังร้วแบบโทเค็นธรรมดา ผู้วิจัยจึงได้ตรวจสอบความถูกต้องในการจำลองแบบของกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญเดิมกับกลไกถังร้วแบบโทเค็นธรรมดาด้วย โดยเปรียบเทียบผลของการจำลองแบบกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญเดิมและกลไกถังร้วแบบโทเค็นธรรมดาที่ได้กับผลเดิมที่เสนอใน [11] โดยเปรียบเทียบผลในแง่ของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์ และขนาดของบ่อโทเค็น

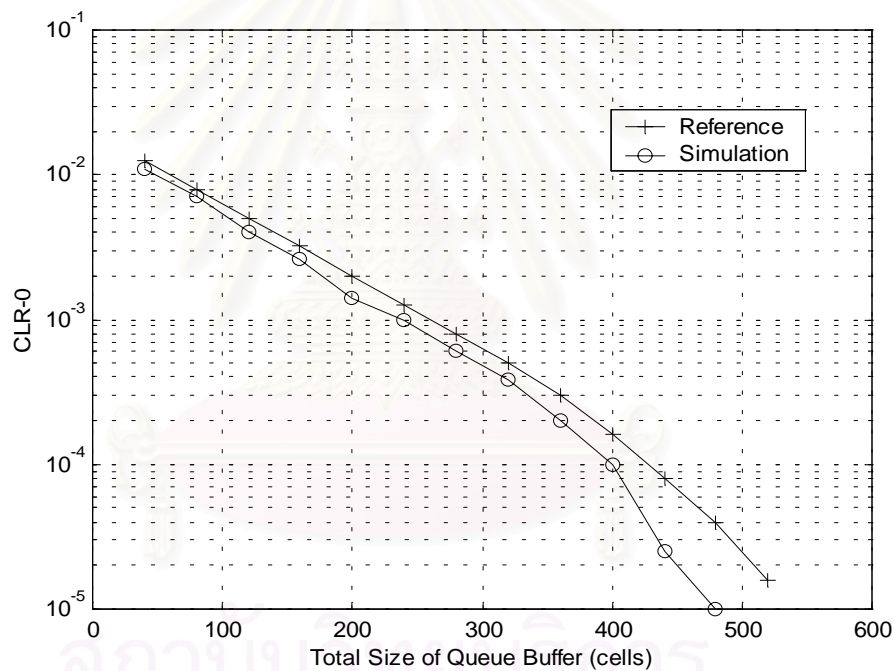
3.4.1 การทดสอบความถูกต้องของกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญเดิม

แบบจำลองของแหล่งกำเนิดที่ใช้สำหรับการทดสอบของกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญเดิมแบ่งเป็น ทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแบบเปิดปิด 19 แหล่งที่ส่งข้อมูลโดยเป็นอิสระต่อกัน และ ทราฟฟิกชั้นที่ 1 จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแบบเปิดปิด 19 แหล่งที่ส่งข้อมูลโดยเป็นอิสระต่อกัน โดยแหล่งกำเนิดแบบเปิดปิดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และ ชั้นที่ 1 จะใช้ค่าพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดเหมือนกัน ได้แก่ $E[ON] = 1$ $E[OFF] = 1$ และ $\Delta = 0.1$ กลไกถังร้ว

แบบลำดับความสำคัญจะสร้างโทเค็นด้วยอัตราคงที่ โดยบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1 สร้างโทเค็นด้วยอัตราการสร้างโทเค็นที่เท่ากัน $= 0.01$

3.4.1.1 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์

ผู้วิจัยได้จำลองแบบกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิมที่เสนอใน [11] โดยกำหนดให้ขนาดของบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1 มีค่าคงที่เท่ากับ 10 โทเค็น และเปลี่ยนขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 และขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 จาก 10 – 300 เซลล์ โดยที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 และคิวบัฟเฟอร์-1 มีค่าเท่ากัน จากนั้นวัดค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับผลรวมของขนาดคิวบัฟเฟอร์-0 และคิวบัฟเฟอร์-1

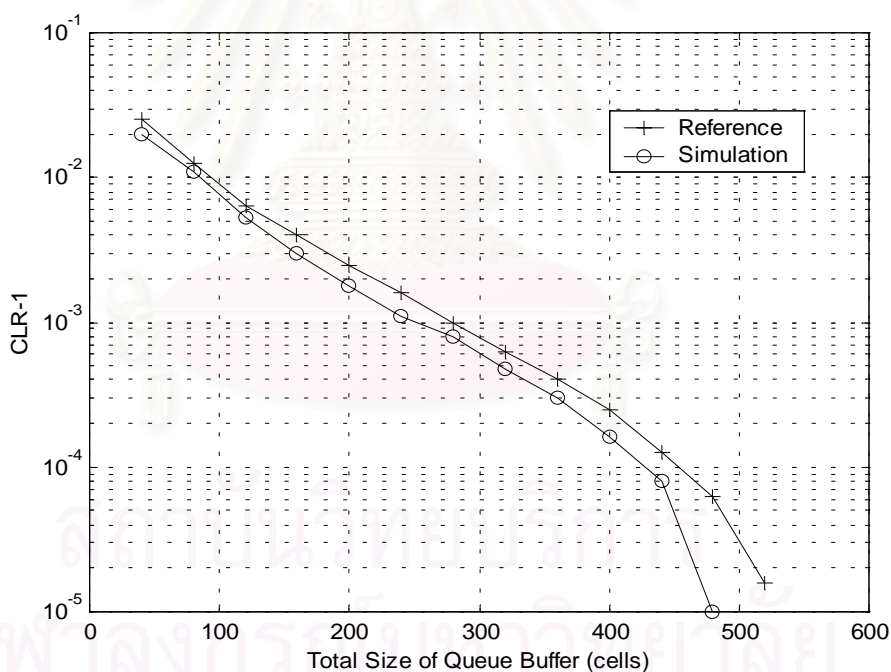


รูปที่ 3.2 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์ของกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม

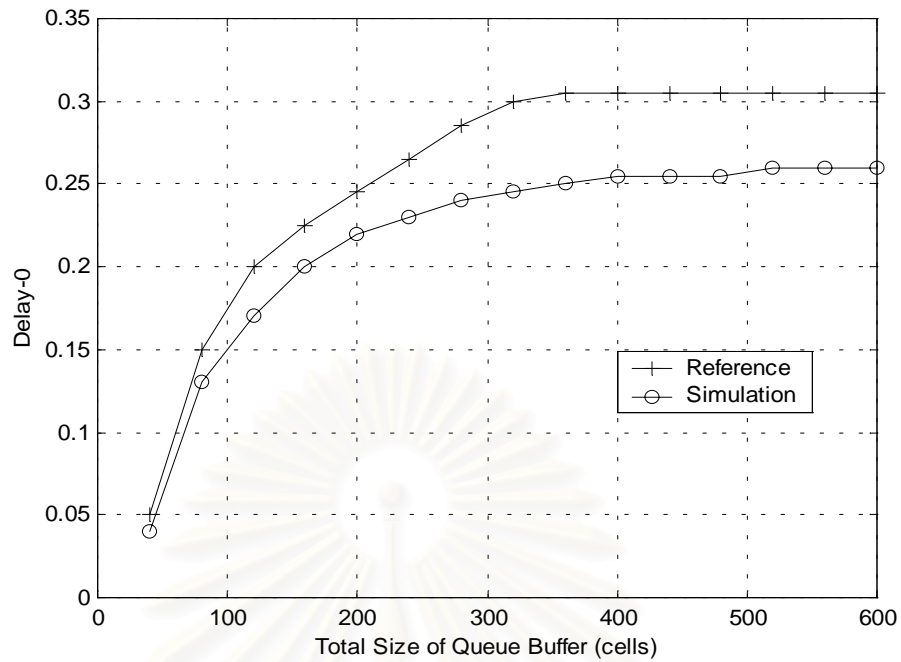
รูปที่ 3.2 แสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 (CLR-0) เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์รวม จากรูปนี้พบว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบ (Simulation) มีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลเดิมที่เสนอใน [11] (Reference) โดยอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์จะมีค่าลดลงเมื่อผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ที่ได้จากการ

จำลองแบบมีค่าน้อยกว่าที่ค่าที่เสนอใน [11] เล็กน้อย คาดว่าเป็นผลเนื่องมาจาก ใน [11] ไม่ได้บอกลักษณะของแบบจำลองที่ชัดเจนของทราฟฟิกรวมที่เกิดจากแหล่งกำเนิดทั้ง 19 แหล่ง ในขณะที่การจำลองแบบนี้ให้ทราฟฟิกรวมเกิดจากการส่งข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกันจากแหล่งกำเนิดทั้ง 19 แหล่ง

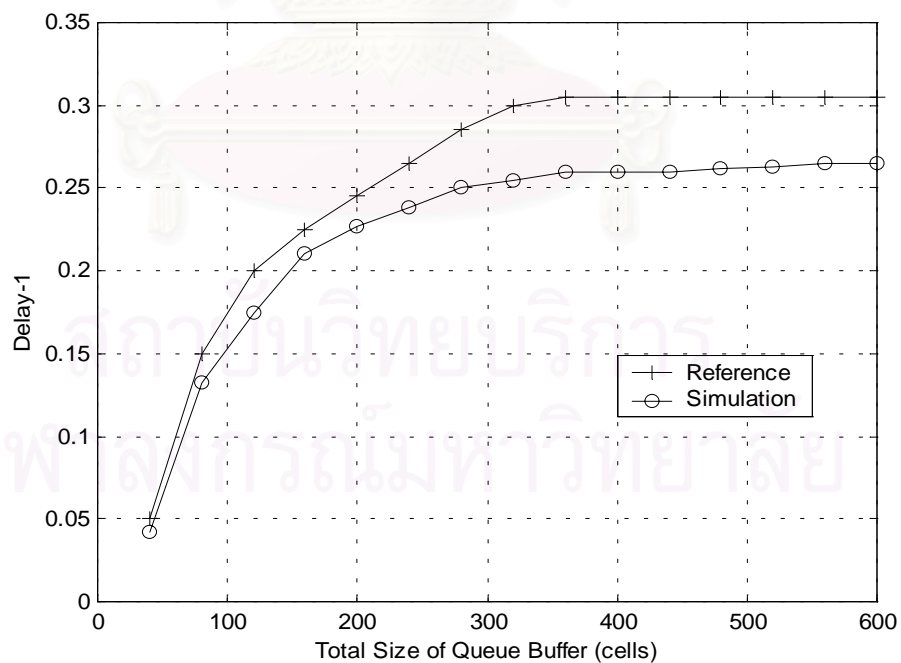
นอกจากนี้ในกรณีที่ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ที่มีค่าต่ำๆ ใกล้เคียงกับ 10^{-5} จะพบว่าค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าต่ำกว่าค่าใน [11] ค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากใช้เวลาในการจำลองแบบที่ไม่เท่ากันเพราะใน [11] ไม่ได้ระบุเวลาดำเนินการจำลองแบบไว้ การใช้เวลาในการจำลองแบบที่ไม่มากพอจะทำให้การคำนวณค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ผิดพลาดได้ในกรณีค่าต่ำๆ เพราะปริมาณเซลล์ที่นำมาคำนวณอาจมีน้อยเกินไป รูปที่ 3.3 แสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์สำหรับทราฟฟิกชั้นที่ 1 (CLR-1) ซึ่งมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับทราฟฟิกชั้นที่ 0 แต่มีค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์สูงกว่าของทราฟฟิกชั้นที่ 0



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์ของกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์รวมของกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญเดิม

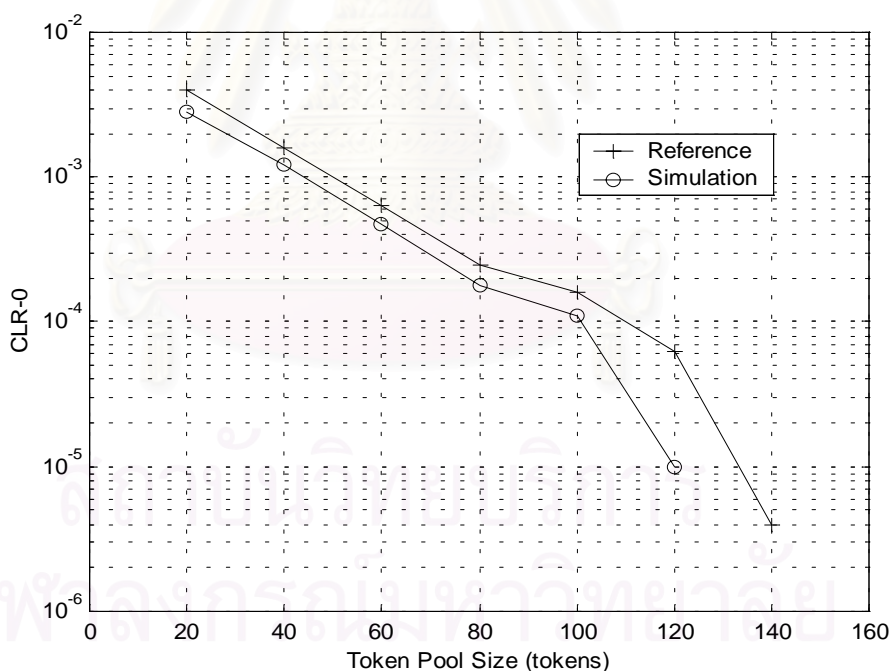


รูปที่ 3.5 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์รวมของกลไกถึงร้วแบบลำดับความสำคัญเดิม

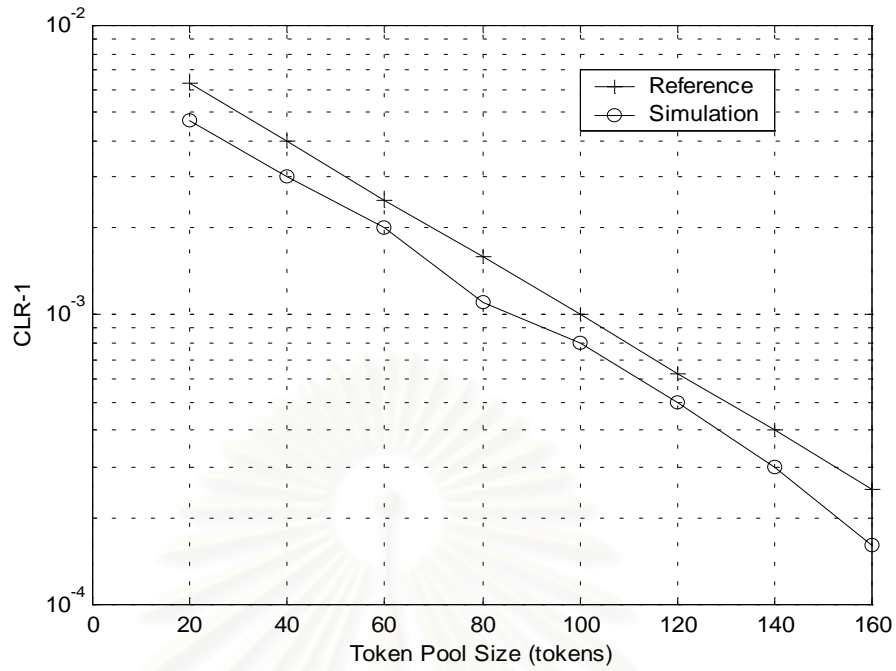
รูปที่ 3.4 และ 3.5 แสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 (Delay-0) และ ชั้นที่ 1 (Delay-1) เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์รวม จากรูปเหล่านี้พบว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลที่เสนอใน [11] คือเวลาประวิงเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดคิวบัฟเฟอร์รวมเพิ่มขึ้น เวลาประวิงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าคงที่ค่าหนึ่งว่าการเพิ่มขนาดของคิวบัฟเฟอร์รวมไม่มีผลต่อเวลาประวิงเฉลี่ย

3.4.1.2 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น

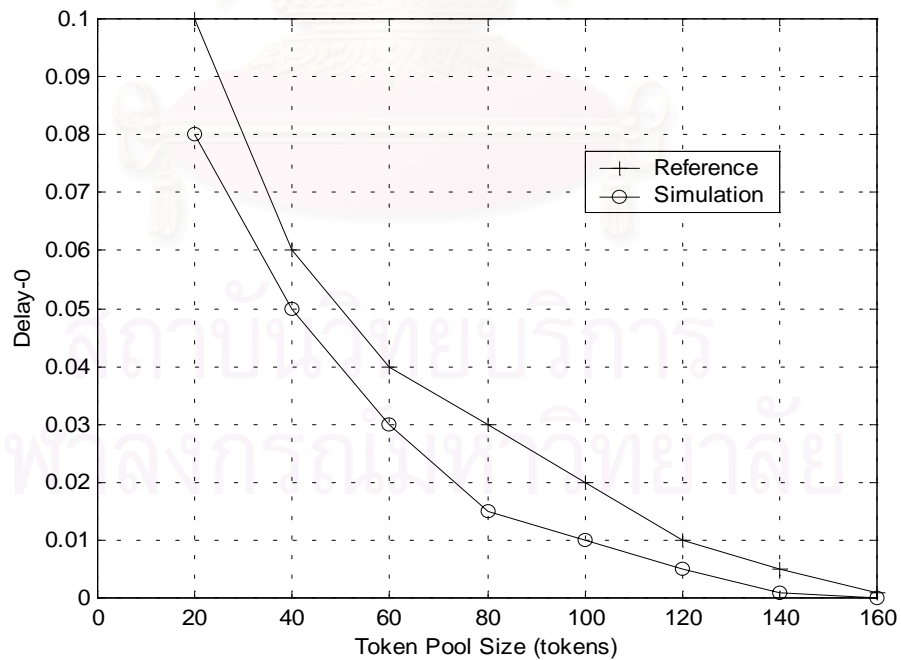
ผู้วิจัยได้จำลองแบบกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญเดิมที่เสนอใน [11] โดยกำหนดให้ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 และคิวบัฟเฟอร์-1 มีค่าคงที่เท่ากับ 50 เซลล์ และเปลี่ยนขนาดของบ่อโทเค็น-0 และขนาดของบ่อโทเค็น-1 จาก 20-160 โทเค็น โดยที่ขนาดของบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1 มีค่าเท่ากัน จากนั้นวัดค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น



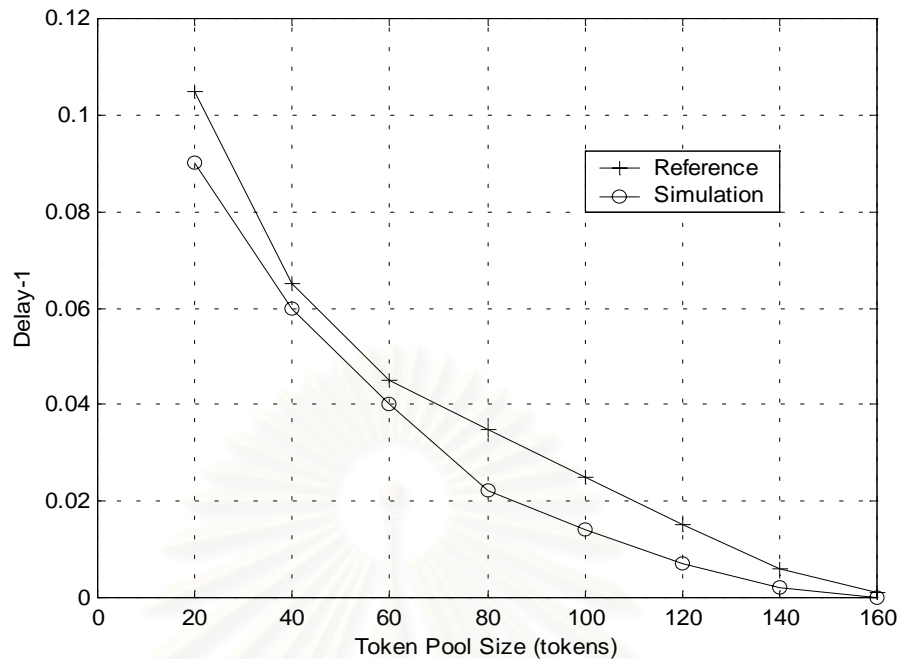
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถังรั่วแบบลำดับความสำคัญเดิม



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค้นของกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญเดิม

รูปที่ 3.6 และ 3.7 แสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค้น จากรูปเหล่านี้พบว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลที่เสนอใน [11] คืออัตราส่วนการสูญหายของเซลล์มีค่าลดลงเมื่อขนาดของบ่อโทเค้นเพิ่มขึ้น โดยค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 จะมีค่าสูงกว่าของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ขนาดของบ่อโทเค้นเดียวกัน ค่าที่ได้จากการจำลองแบบแตกต่างจากค่าที่เสนอใน [11] เล็กน้อย ด้วยเหตุผลเดียวกันกรณีของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1

รูปที่ 3.8 และ 3.9 แสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค้น ในรูปเหล่านี้จะพบว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลที่ได้ใน [11] คือเวลาประวิงเฉลี่ยมีค่าลดลงเมื่อขนาดของบ่อโทเค้นเพิ่มขึ้น โดยเวลาประวิงเฉลี่ยจะลดลงจนถึงศูนย์ที่ขนาดของบ่อโทเค้นสูงๆ

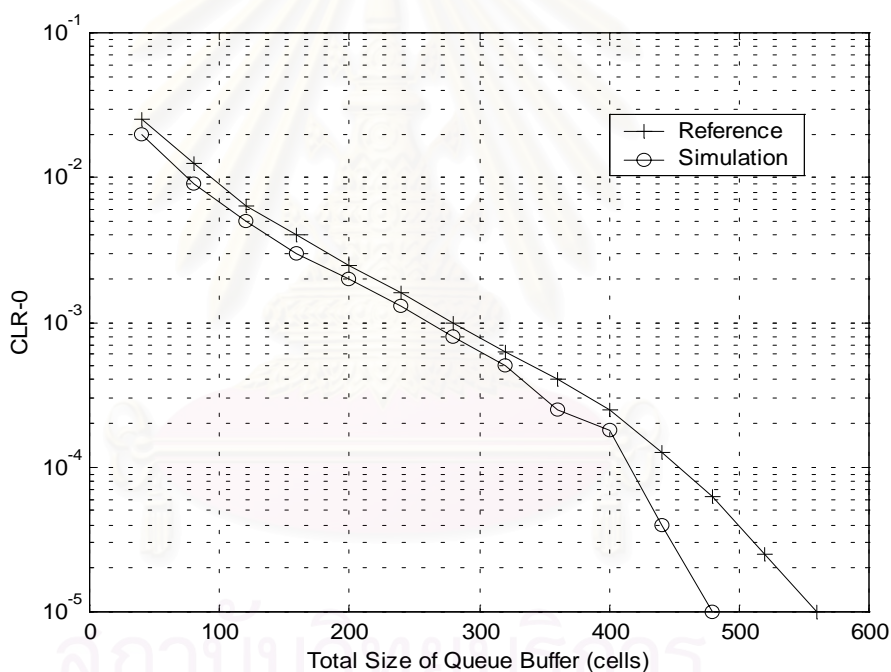
3.4.2 การทดสอบความถูกต้องของกลไกถังร้วแบบโทเค้นธรรมดา

กลไกถังร้วแบบโทเค้นธรรมดาที่เสนอใน [11] มีโครงสร้างเหมือนกับกลไกถังร้วแบบลำดับความสำคัญเดิมคือประกอบด้วยกลไกถังร้วแบบโทเค้นธรรมดา 2 กลไก แบ่งทราฟฟิกเป็น 2 ชั้น แต่ตรวจทราฟฟิกทั้ง 2 ชั้นแบบเป็นอิสระต่อกันไม่มีการให้ลำดับความสำคัญ แบบจำลองของ

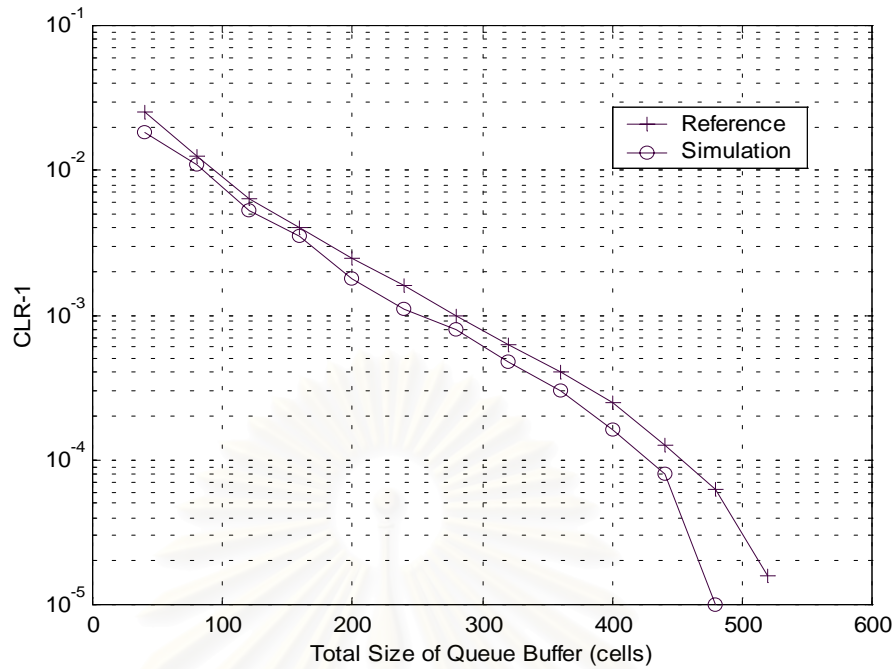
แหล่งกำเนิดที่ใช้สำหรับการทดสอบของกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดาเหมือนกับที่ใช้ทดสอบกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม

3.4.2.1 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์

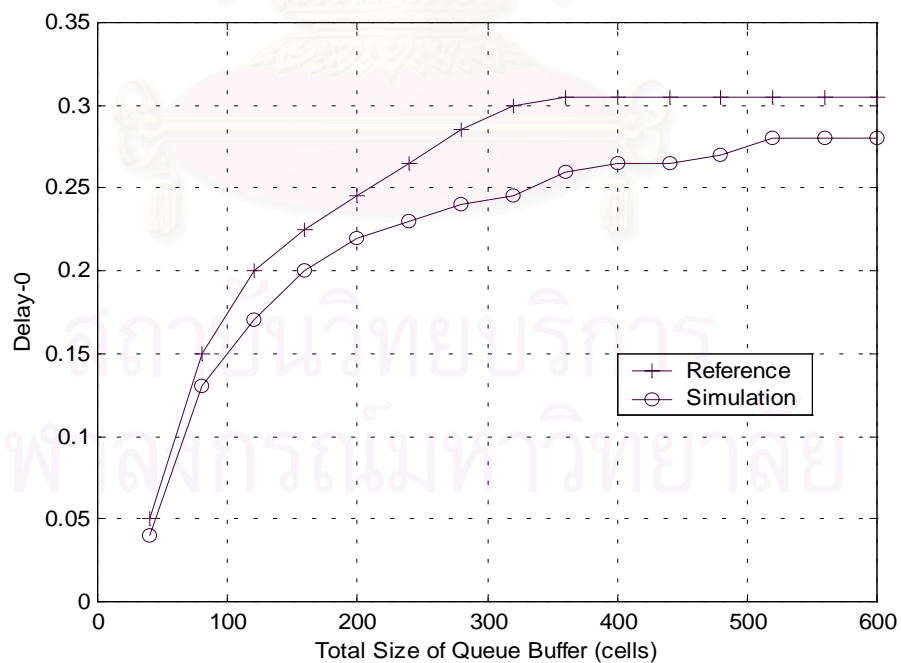
ผู้วิจัยได้จำลองแบบกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดาที่เสนอใน [11] โดยกำหนดให้ขนาดของบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1 มีค่าคงที่เท่ากับ 10 โทเค็น และเปลี่ยนขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 และขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 จาก 10 – 300 เซลล์ โดยที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 และคิวบัฟเฟอร์-1 มีค่าเท่ากันจากนั้นวัดค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับผลรวมของขนาดคิวบัฟเฟอร์-0 และคิวบัฟเฟอร์-1



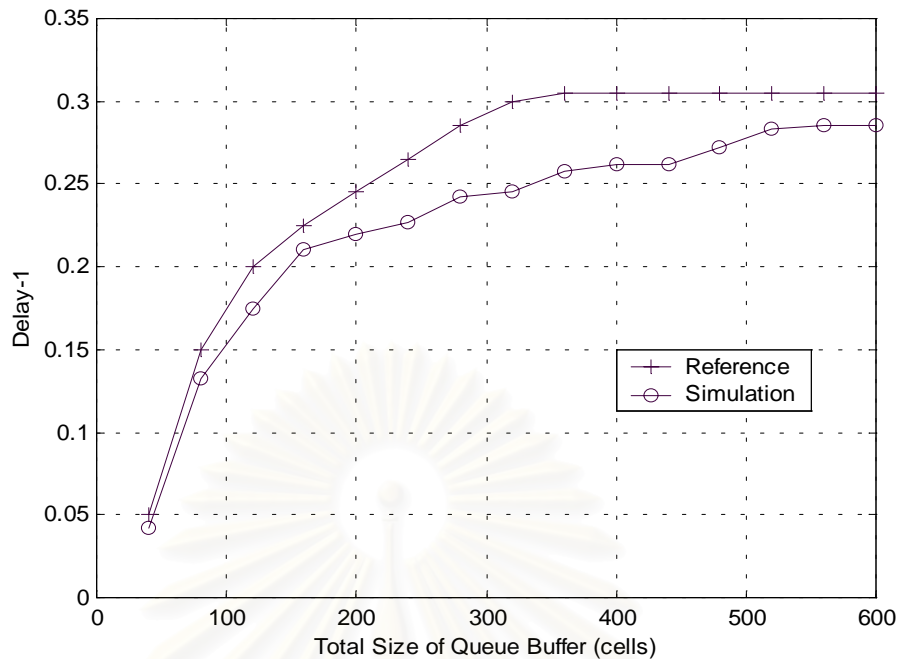
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์ของกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดา



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับผลรวมของขนาดของคิวบัฟเฟอร์ของกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดา



รูปที่ 3.12 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์รวมของกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดา



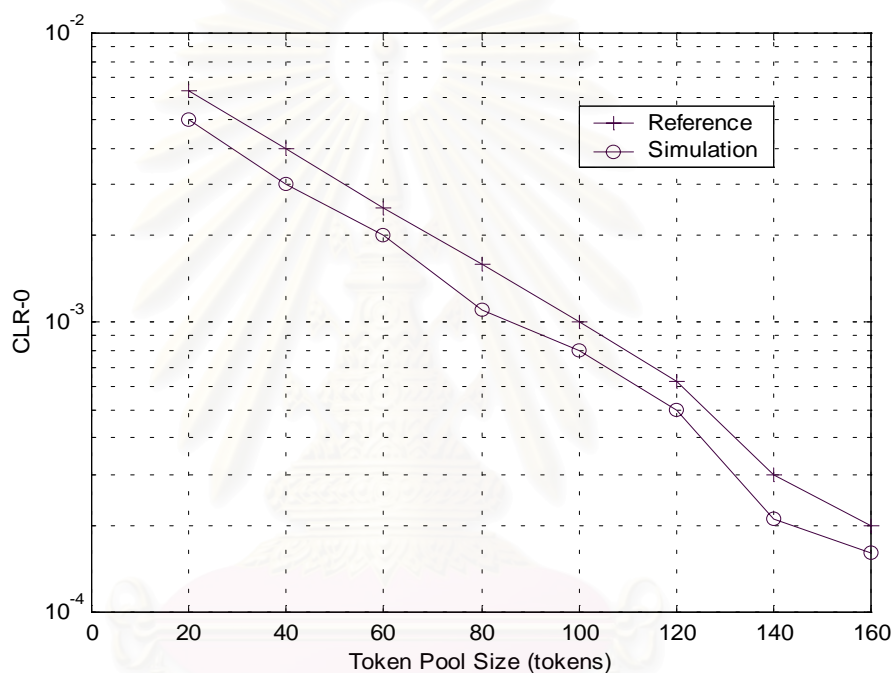
รูปที่ 3.13 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์รวมของกลไกดึงรั้วแบบโทเค็นธรรมดา

รูปที่ 3.10 และ 3.11 แสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 ตามลำดับ ที่ได้จากการจำลองแบบ (Simulation) เปรียบเทียบกับค่าที่เสนอใน [11] (Reference) จากรูปเหล่านี้พบว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบมีแนวโน้มใกล้เคียงกับที่ค่าที่เสนอใน [11] คือค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์มีค่าลดลงเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้กลไกดึงรั้วแบบโทเค็นธรรมดา ตามทฤษฎีแล้วค่าอัตราส่วนการสูญหายของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 จะมีค่าเท่ากันเพราะไม่มีการให้ลำดับความสำคัญ ผลที่ได้จากการจำลองแบบแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกันมากเกือบจะเท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับทางทฤษฎี

รูปที่ 3.12 และ 3.13 แสดงค่าเวลาประวิงของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 ตามลำดับ พบว่าผลที่ได้จากการจำลองแบบมีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าที่เสนอใน [11] เช่นกัน โดยเวลาประวิงของเซลล์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้น และเริ่มคงที่ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์สูงๆ นอกจากนี้พบว่าค่าเวลาประวิงของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 ที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับทางทฤษฎีเช่นเดียวกับค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์

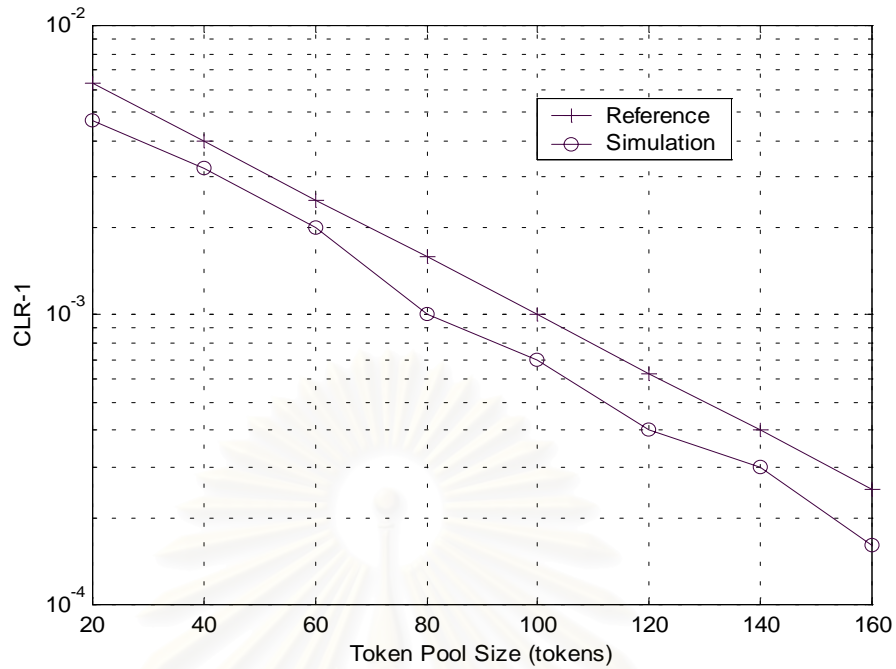
3.4.2.2 การทดสอบความถูกต้องของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยของกราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น

ผู้วิจัยได้จำลองแบบกลไกถังร่วแบบโทเค็นธรรมดาที่เสนอใน [11] โดยกำหนดให้ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 และคิวบัฟเฟอร์-1 มีค่าคงที่เท่ากับ 50 เซลล์ และเปลี่ยนขนาดของบ่อโทเค็น-0 และขนาดของบ่อโทเค็น-1 จาก 20-160 โทเค็น โดยที่ขนาดของบ่อโทเค็น-0 และบ่อโทเค็น-1 มีค่าเท่ากัน จากนั้นวัดค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น

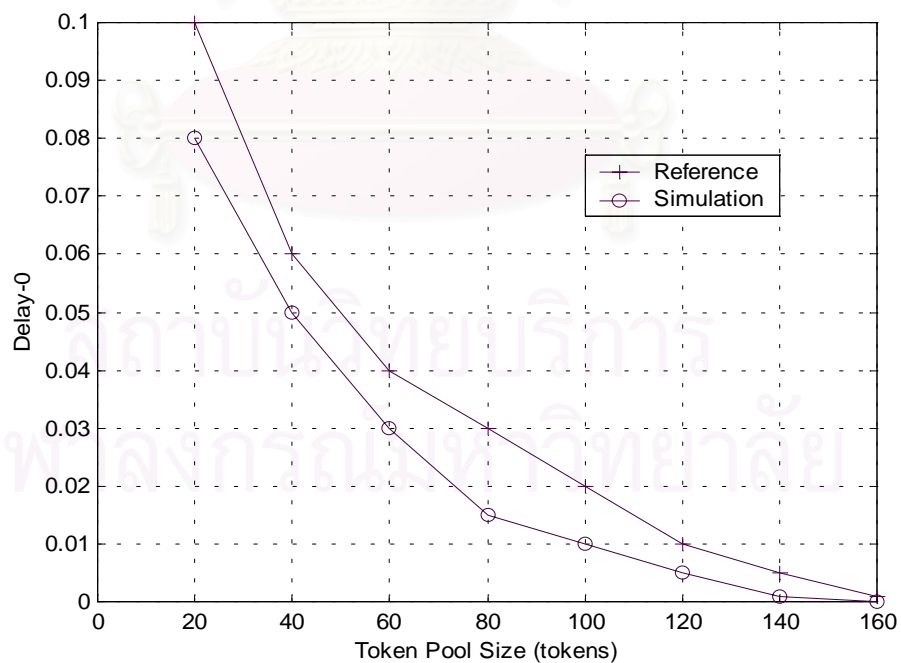


รูปที่ 3.14 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของกราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถังร่วแบบโทเค็นธรรมดา

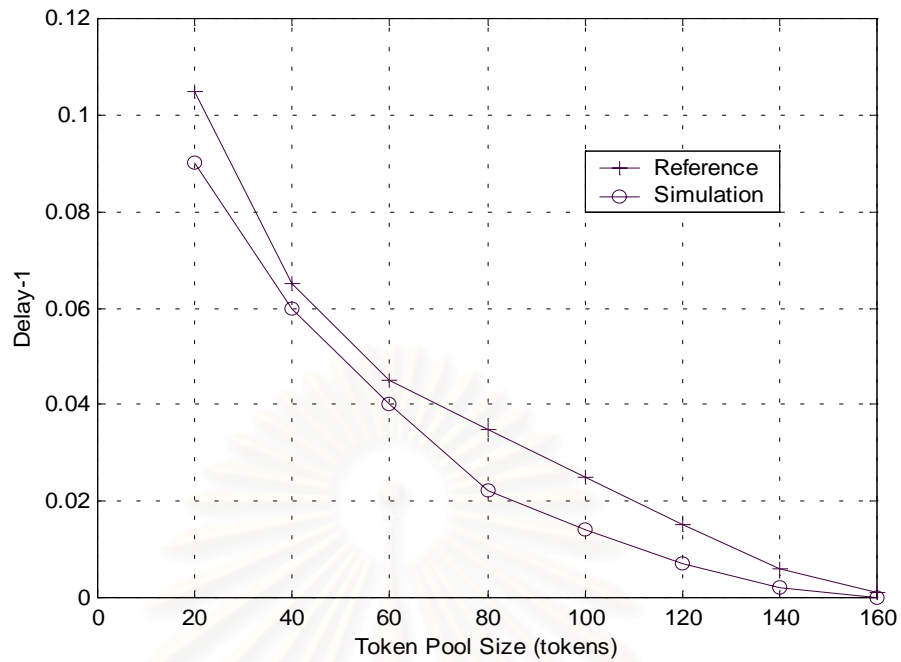
รูปที่ 3.14 และ 3.15 แสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของกราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นตามลำดับ จากรูปเหล่านี้พบว่า ค่าที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เสนอใน [11] คือ อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์มีค่าลดลงเมื่อขนาดของบ่อโทเค็นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของกราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับทางทฤษฎี



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดา



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดา



รูปที่ 3.17 กราฟแสดงค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นของกลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดา

รูปที่ 3.16 และ 3.17 แสดงค่าเวลาประวิงของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็นตามลำดับ จากรูปเหล่านี้พบว่าค่าที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เสนอใน [11] คือเวลาประวิงจะมีค่าลดลงจนถึงศูนย์เมื่อขนาดของบ่อโทเค็นเพิ่มขึ้น และค่าเวลาประวิงของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และ ชั้นที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งสอดคล้องกับทางทฤษฎี

บทที่ 4

ผลการจำลองแบบและวิเคราะห์ผลการจำลองแบบ

4.1 อธิบายคำย่อ

- กลไก TLB คือ กลไกถังรั้วแบบโทเค็นธรรมดาที่ประกอบด้วยกลไกถังรั้วแบบโทเค็น (Token Leaky Bucket Mechanism) 2 กลไกที่ทำงานเป็นอิสระต่อกัน
- กลไก PRLB คือ กลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญเดิม (Priority Leaky Bucket Mechanism)
- กลไก PRLB-EX คือ กลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอที่มีบ่อโทเค็นพิเศษ (Priority Leaky Bucket with Extra Token Pool Mechanism)
- กลไก Fuzzy PRLB-EX คือ กลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญที่นำเสนอที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษและควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก (Priority Leaky Bucket with Extra Token Pool and Fuzzy Logic Control)
- คิวบัฟเฟอร์-0 (Queue Buffer-0) คือ คิวบัฟเฟอร์สำหรับทราฟฟิกชั้นที่ 0
- คิวบัฟเฟอร์-1 (Queue Buffer-1) คือ คิวบัฟเฟอร์สำหรับทราฟฟิกชั้นที่ 1
- บ่อโทเค็น-0 (Token Pool-0) คือ บ่อโทเค็นสำหรับทราฟฟิกชั้นที่ 0
- บ่อโทเค็น-1 (Token Pool-1) คือ บ่อโทเค็นสำหรับทราฟฟิกชั้นที่ 1
- CLR-0 (Cell Loss Ratio-0) คือ ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4.1)

$$CLR-0 = \frac{\text{จำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูญหาย}}{\text{จำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มาจากแหล่งกำเนิด}} \quad (4.1)$$

- CLR-1 (Cell Loss Ratio-1) คือ ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4.2)

$$CLR-1 = \frac{\text{จำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูญหาย}}{\text{จำนวนเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มาจากแหล่งกำเนิด}} \quad (4.2)$$

- Delay-0 (Mean Delay Time-0) คือ ค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ในคิวบัฟเฟอร์-0 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4.3)

$$Delay-0 = \frac{\text{ผลรวมของค่าเวลาประวิงของเซลล์ที่เข้ามาในคิวบัฟเฟอร์-0}}{\text{จำนวนเซลล์ที่เข้ามาในคิวบัฟเฟอร์-0}} \quad (4.3)$$

- Delay-1 (Mean Delay Time-1) คือ ค่าเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ในคิวบัฟเฟอร์-1 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4.4)

$$\text{Delay-1} = \frac{\text{ผลรวมของค่าเวลาประวิงของเซลล์ที่เข้ามาในคิวบัฟเฟอร์-1}}{\text{จำนวนเซลล์ที่เข้ามาในคิวบัฟเฟอร์-1}} \quad (4.4)$$

- Ideal หมายถึง ค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ (CLR) ในทางอุดมคติของกลไกถังรั้ว โดยค่า CLR ในทางอุดมคติที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยค่าต่างๆ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (4.5), (4.6) และ (4.7)

$$\text{Ideal} = \frac{\text{ปริมาณเซลล์ที่ส่งจริง} - \text{ปริมาณเซลล์ที่ตกลงไว้}}{\text{ปริมาณเซลล์ที่ส่งจริง}} \quad (4.5)$$

$$\text{หรือ} = \frac{\text{อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ส่งจริง} - \text{อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้}}{\text{อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ส่งจริง}} \quad (4.6)$$

$$\text{หรือ} = \frac{\text{อัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ส่งจริง} - \text{อัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้}}{\text{อัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ส่งจริง}} \quad (4.7)$$

4.2 ผลการจำลองแบบกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้อโทเค็นพิเศษ

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองแบบประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดประเภทแพ็กเก็ตเสียง (Packet Voice) [13] แหล่งกำเนิดทราฟฟิกทั้ง 2 ชนิดจะใช้พารามิเตอร์ชุดเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นผลจากการให้ลำดับความสำคัญ ส่วนค่าพารามิเตอร์ของกลไกถังรั้วแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ชุดเดียวกับที่ใช้ในการจำลองแบบของกลไก PRLB [11]

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิด [13]

พารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิด	ค่าพารามิเตอร์
อัตราการส่งเซลล์สูงสุด (λ_p)	32000 bps
อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย (λ_m)	11200 bps
E[ON]	352 ms
E[OFF]	650 ms
ความเป็นเบิรสต์ (Burstiness)	2.85

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ของกลไกถังรั้ว [11]

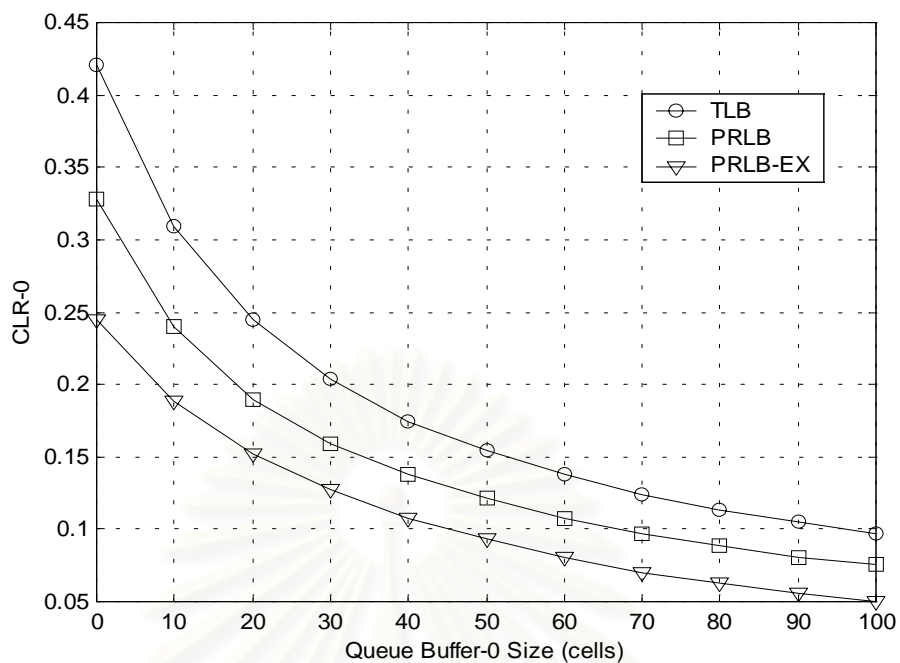
พารามิเตอร์ของกลไกถังรั้ว	ค่าพารามิเตอร์
ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0	50 เซลล์
ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1	50 เซลล์
ขนาดของบ่อโทเค็น-0	10 โทเค็น
ขนาดของบ่อโทเค็น-1	10 โทเค็น
ขนาดของบ่อโทเค็นพิเศษ (เฉพาะวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอ)	10 โทเค็น
อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น - 0	λ_m
อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น - 1	λ_m

4.2.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ของกลไกถังรั้ว

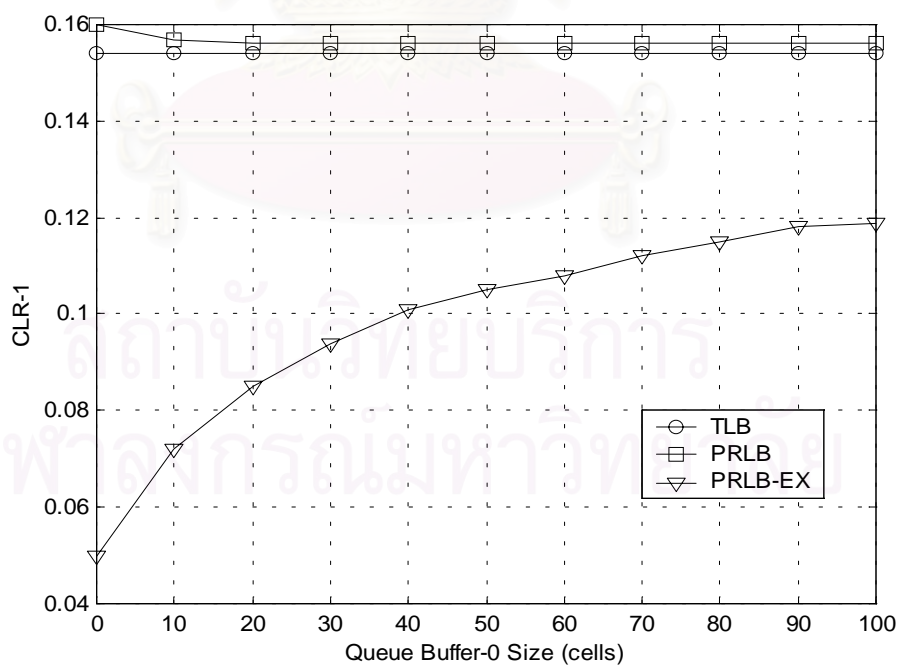
ในหัวข้อต่อไปนี้จะศึกษาถึงผลของการปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ของกลไกถังรั้ว ได้แก่ ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0, ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1, ขนาดของบ่อโทเค็น-0, ขนาดของบ่อโทเค็น-1, อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 และอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ที่มีต่ออัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยซึ่งเป็นคุณภาพของบริการ (QoS) ที่สำคัญ เพื่อที่จะสามารถปรับพารามิเตอร์เหล่านี้ให้เหมาะสม ให้ได้คุณภาพของบริการที่ต้องการ

4.2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0

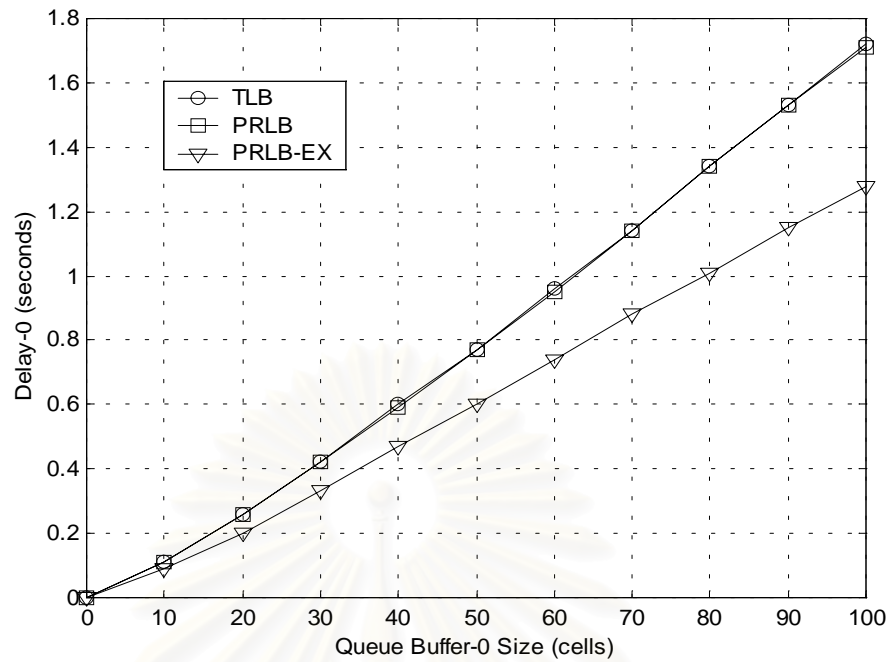
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพียงอย่างเดียวตั้งแต่ 0-100 เซลล์ โดยพารามิเตอร์ของกลไกถังรั้วตัวอื่นๆ มีค่าคงที่ดังในตารางที่ 4.2 สำหรับแหล่งกำเนิดที่ส่งทราฟฟิกด้วยพารามิเตอร์เดียวกับในตารางที่ 4.1



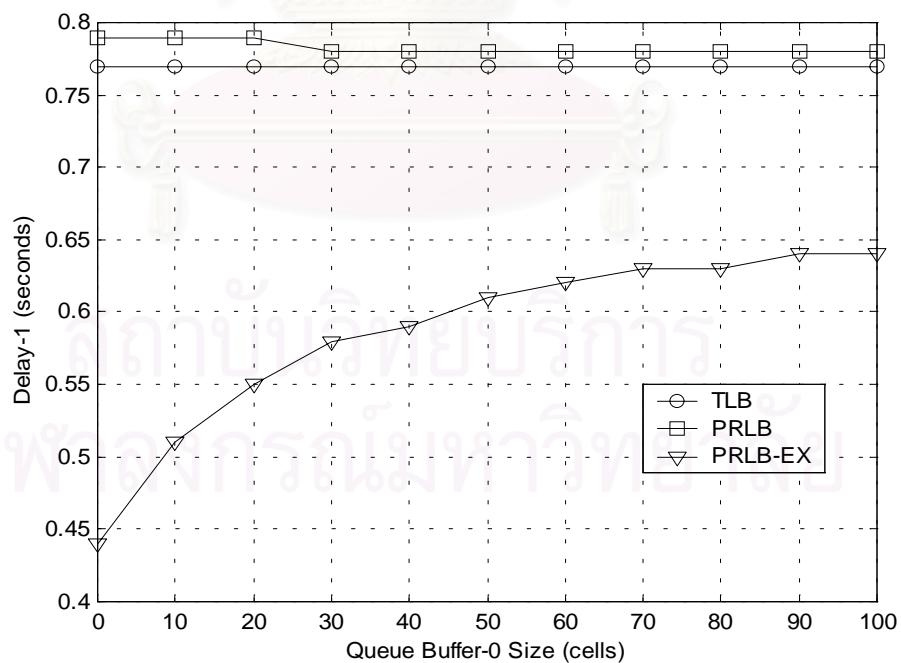
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถึงคิวแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถึงคิวแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.1.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0

รูปที่ 4.1 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่าในทั้ง 3 วิธี ผลที่ได้มีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือ ค่า CLR-0 มีค่าลดลงเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์เพิ่มขึ้นจะทำให้เซลล์ที่ไม่ได้รับโทเค็นสามารถเข้าไปรอในคิวบัฟเฟอร์ได้มากขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าในกรณีที่คิวบัฟเฟอร์-0 เท่ากับศูนย์คือไม่มีคิวบัฟเฟอร์เลย ค่า CLR-0 จะมีค่าสูงที่สุดเพราะเซลล์ที่ไม่ได้รับโทเค็นจะถูกทิ้งไปทันที ในวิธี TLB ค่า CLR-0 จะมีค่าสูงที่สุด ส่วนวิธี PRLB จะมีค่า CLR-0 ต่ำกว่าวิธี PRLB เนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญแก่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ด้วย โดยในกรณีที่โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 หหมดและคิวบัฟเฟอร์-0 เต็มแล้ว เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ยังมีโอกาสไปจับโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มาใช้ก่อนได้ ทำให้ค่า CLR-0 มีค่าที่ดีขึ้น จะเห็นได้ว่าที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าต่ำๆ นั้น ค่า CLR-0 ในวิธี PRLB จะดีกว่าวิธี TLB ค่อนข้างมากแต่ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าสูงๆ ผลต่างระหว่างค่า CLR-0 ของวิธี PRLB กับ TLB จะมีค่าลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในวิธี PRLB จะมีการให้ลำดับความสำคัญเมื่อคิวบัฟเฟอร์-0 เต็ม ดังนั้นเมื่อขนาดคิวบัฟเฟอร์-0 มีค่าสูงขึ้น โอกาสที่คิวบัฟเฟอร์จะเต็มก็น้อยลงทำให้ผลของการใช้ลำดับความสำคัญจึงลดลงไปด้วย ส่วนในวิธี PRLB-EX ที่เสนอใหม่นั้น ในกรณีที่โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 หหมดแล้วเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะไปใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษแทนซึ่งถ้าหมดอีกก็จะมีการให้ลำดับความสำคัญเหมือนกับในวิธี PRLB ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีโอกาสที่จะได้รับโทเค็นมากกว่าในวิธี TLB และ PRLB ดังนั้น CLR-0 จึงมีค่าที่ต่ำกว่าในวิธี TLB และ PRLB จะเห็นได้ว่าผลต่างระหว่างค่า CLR-0 ของวิธี PRLB-EX กับ TLB จะมีค่าลดลงเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพิ่มขึ้นเช่นกัน ด้วยเหตุผลเดียวกับวิธี PRLB

รูปที่ 4.2 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่าแนวโน้มของค่า CLR-1 ในแต่ละวิธีจะแตกต่างกันออกไป คือในวิธี TLB ค่า CLR-1 จะมีค่าคงที่ เนื่องจากในวิธีนี้กลไกของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และ ชั้นที่ 1 จะทำงานเป็นอิสระต่อกัน การเพิ่มขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 จึงไม่มีผลกับทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่วนในวิธี PRLB พบว่าค่า CLR-1 จะมีค่าสูงกว่าวิธี TLB เนื่องจากในวิธี PRLB นี้มีการให้ลำดับความสำคัญด้วยกับทราฟฟิกชั้นที่ 0 ทำให้ค่า CLR-0 มีค่าลดลงแต่ก็ต้องแลกกับค่า CLR-1 ที่สูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าค่า CLR-1 มีค่าลดลงจนมีค่าคงที่เมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าต่ำๆ โอกาสที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะไปแย่งใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูง ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีโอกาสได้รับโทเค็นน้อยลง ค่า CLR-1 จึงมีค่าสูงกว่าในวิธี TLB ส่วนที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าสูงๆ โอกาสที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ไปแย่งใช้

โทเค็นก็จะลดลง ค่า CLR-1 จึงมีค่าใกล้เคียงกับในวิธี TLB สำหรับวิธี PRLB-EX เราจะพบว่า CLR-1 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพิ่มขึ้น จะทำให้โอกาสที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะไปแย่งใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษซึ่งใช้ร่วมกันกับทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีมากขึ้น ทำให้ค่า CLR-1 มีค่าเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าค่า CLR-1 ในวิธี PRLB-EX จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 แต่ก็ยังมีค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่าในวิธี TLB และ PRLB

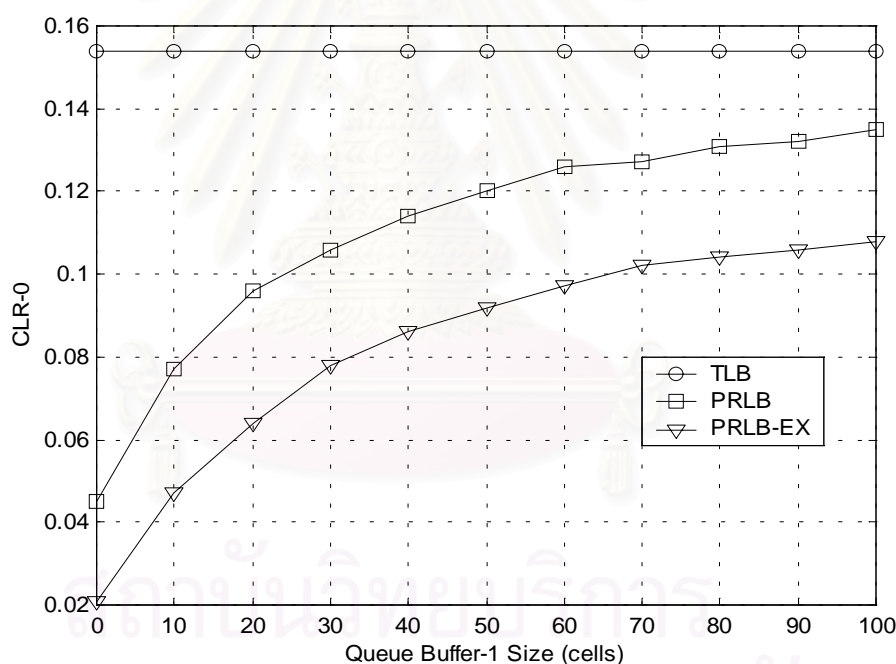
รูปที่ 4.3 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้ในทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันคือค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพิ่มขึ้น โดยในวิธี TLB และ PRLB จะมีค่า Delay-0 ที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่าการให้ลำดับความสำคัญในวิธี PRLB ไม่ทำให้ค่า Delay-0 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB เนื่องจากในวิธี PRLB นั้น เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ต้องรออยู่ในคิวบัฟเฟอร์-0 เป็นเวลานานก่อนจนกว่าคิวบัฟเฟอร์-0 เต็ม เซลล์ที่หัวแถวในคิวจึงจะมีสิทธิ์ไปใช้โทเค็นจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้ ซึ่งถ้ามีโทเค็นก็จะส่งได้ทันที ส่วนในวิธี TLB เมื่อพิจารณากรณีเดียวกันเมื่อคิวบัฟเฟอร์-0 เต็ม เซลล์ที่หัวแถวก็ต้องรอโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ครอบต่อไป ซึ่งช่วงเวลาในการสร้างโทเค็นแต่ละรอบมีค่าไม่สูงนัก ดังนั้นค่า Delay-0 ในวิธี PRLB จึงใกล้เคียงกันกับวิธี TLB ส่วนในวิธี PRLB-EX เนื่องจากมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษเข้ามาเพิ่ม ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สามารถใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษได้เลยทันทีถ้าโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 หมดโดยไม่ต้องรอให้คิวบัฟเฟอร์-0 เต็มก่อน ค่า Delay-0 จึงมีค่าต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.4 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า Delay-1 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB ค่า Delay-1 จะมีค่าสูงกว่าวิธี TLB เนื่องจากเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มาแย่งใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้ ทำให้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ลดลง เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 จึงต้องรอโทเค็นนานกว่าในวิธี TLB โดยเฉพาะในกรณีที่คิวบัฟเฟอร์มีค่าต่ำ ส่วนที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ค่าสูงๆ ผลของการให้ลำดับความสำคัญจะลดลง ทำให้ค่า Delay-1 ลดลงด้วยและมีค่าสูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย ส่วนในวิธี PRLB-EX มีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สามารถเข้าใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษได้ด้วยในกรณีที่โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 หมด โดยมีสิทธิ์ในการใช้เท่ากับทราฟฟิกชั้นที่ 0 ทำให้ไม่ต้องรอโทเค็นนานจนเกินไป ค่า Delay-1 จึงมีค่าต่ำกว่าในวิธี TLB และ PRLB แต่ค่า Delay-1 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ด้วย เนื่องจากเมื่อคิวบัฟเฟอร์-0 มีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีโอกาสมาแย่งใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษมากขึ้น ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ต้องรอโทเค็นนานขึ้น ค่า Delay-1 จึงมีค่าเพิ่มขึ้น

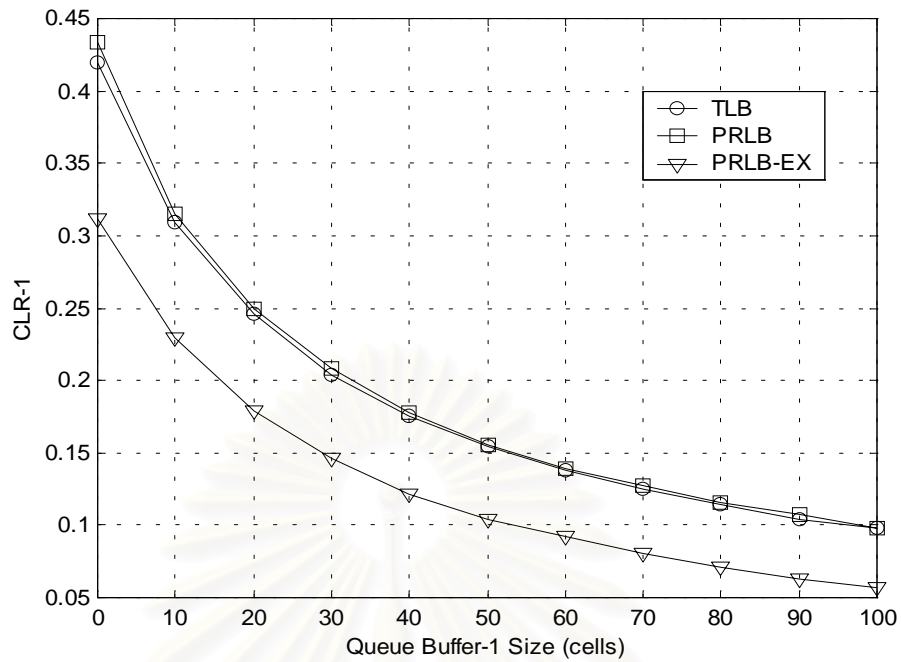
จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 เพียงอย่างเดียว วิธี PRLB เดิมนั้นทำให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ดีขึ้นกว่าวิธี TLB แต่ต้องแลกกับค่า CLR-1 และค่า Delay-1 ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญ แต่วิธี PRLB-EX ที่นำเสนออยู่นั้นนอกจากจะทำให้ค่า CLR-0 และ Delay -1 ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB แล้ว ยังทำให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 มีค่าที่ดีขึ้นกว่าวิธี TLB อีกด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้บ่อโทเค็นพิเศษ

4.2.1.3 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1

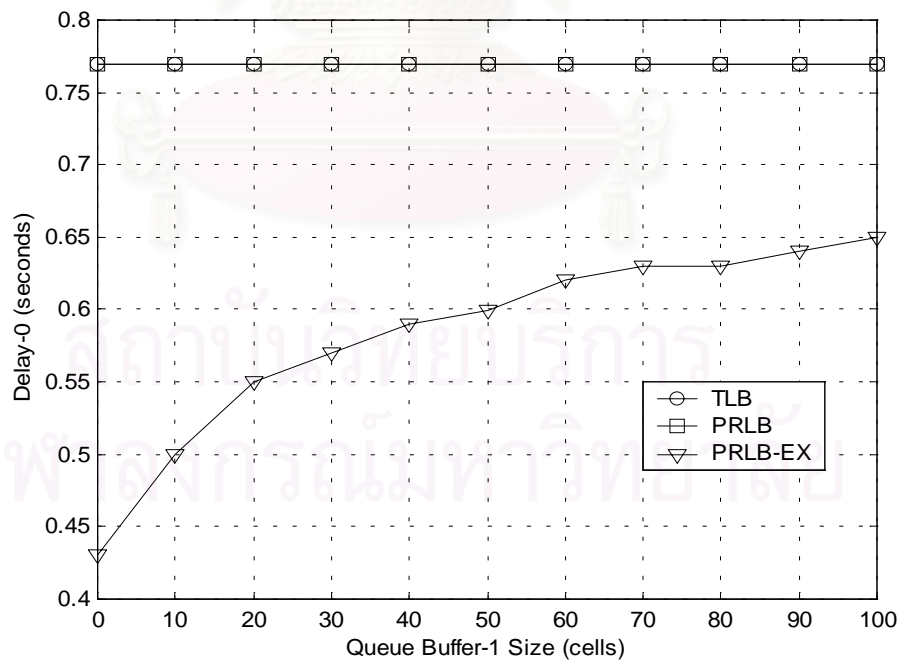
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพียงอย่างเดียวตั้งแต่ 0-100 เซลล์ โดยพารามิเตอร์ของกลไกถึงร้วตัวอื่นๆ มีค่าคงที่ดังในตารางที่ 4.2 สำหรับแหล่งกำเนิดที่ส่งทราฟฟิกด้วยพารามิเตอร์เดียวกับในตารางที่ 4.1



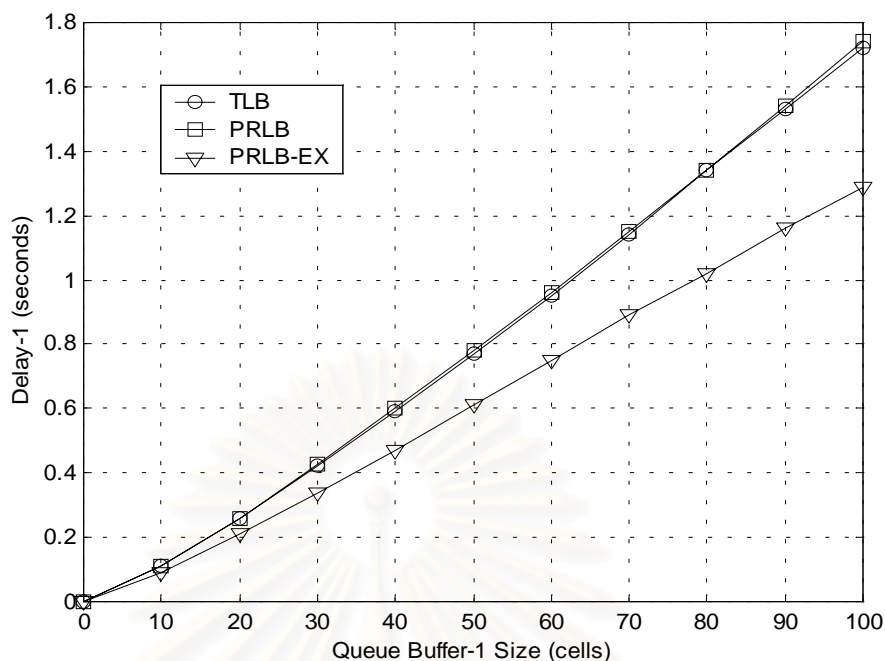
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถึงคิวแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถึงคิวแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ของกลไกถังร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.1.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1

รูปที่ 4.5 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า CLR-0 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB พบว่าค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพิ่มขึ้นจะทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีโอกาสที่จะรองรับโทเค็นได้มากขึ้น ทำให้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีน้อยลง ดังนั้นโอกาสที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะไปแย่งใช้โทเค็นจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 ก็จะมีน้อยลงไปด้วย ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า CLR-0 ก็มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพิ่มขึ้นเช่นกันคล้ายๆ กับวิธี PRLB โดยค่า CLR-0 ในวิธี PRLB-EX จะมีค่าต่ำกว่าในวิธี PRLB เนื่องจากมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษด้วยทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีโอกาสได้รับโทเค็นมากขึ้น

รูปที่ 4.6 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า CLR-1 มีค่าลดลงเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพิ่มขึ้น เพราะโอกาสที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สามารถรองรับโทเค็นในคิวบัฟเฟอร์-1 จะมีมากขึ้น ส่วนในวิธี PRLB พบว่าค่า CLR-1 มีค่าลดลงเมื่อขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพิ่มขึ้นด้วยเหตุผลเดียวกัน แต่

ค่า CLR-1 ในวิธี PRLB มีค่าสูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย เนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญแก่ ทราฟฟิกชั้นที่ 0 มากกว่า ทำให้โอกาสที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 จะได้รับโทเค็นน้อยลง ส่วนใน วิธี PRLB-EX ก็ได้ผลในลักษณะเดียวกันกับวิธี PRLB แต่ค่า CLR-1 จะมีค่าต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB เพราะการเพิ่มบ่อโทเค็นพิเศษ ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีโอกาสได้รับโทเค็นมากขึ้น

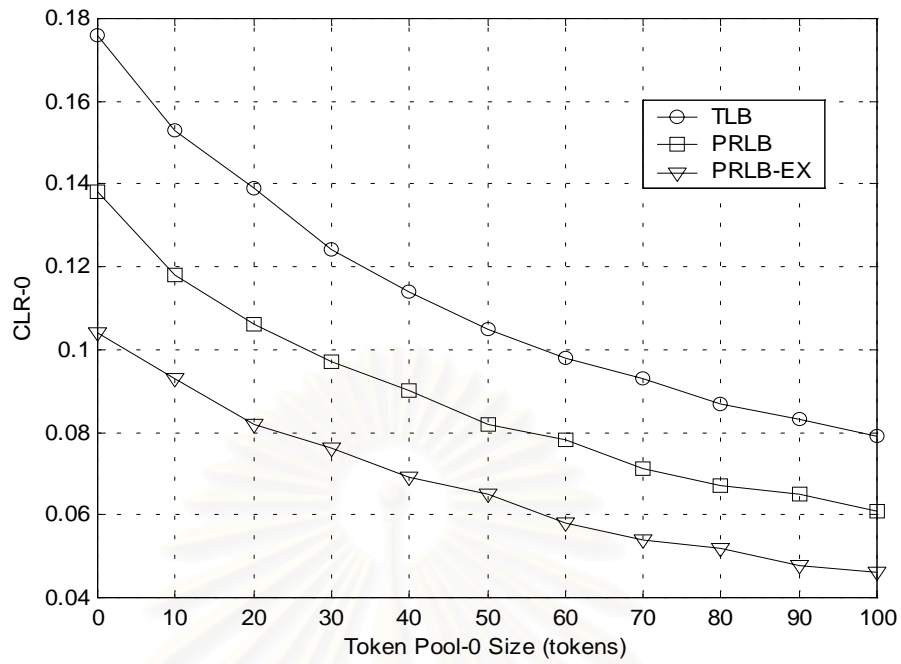
รูปที่ 4.7 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของ คิวบัฟเฟอร์-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า Delay-0 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของ คิวบัฟเฟอร์-1 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB พบว่าค่า Delay-0 มีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB คือมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 ซึ่งเหมือนกับในกรณีของการเพิ่ม ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 ส่วนในวิธี PRLB-EX ค่า Delay-0 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB เนื่องจากการใช้บ่อโทเค็นพิเศษทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ไม่ต้องรอจนคิวบัฟเฟอร์-0 เต็มก็สามารถใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษก่อนได้ แต่ค่า Delay-0 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของคิว บัฟเฟอร์-1 ด้วย เพราะเมื่อคิวบัฟเฟอร์-1 มีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มาแย่ง ใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษได้มากขึ้น เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จึงต้องรอโทเค็นนานกว่าเดิม

รูปที่ 4.8 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของ คิวบัฟเฟอร์-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB และ PRLB มีค่า Delay-1 ที่ใกล้เคียงกันและมี แนวโน้มเดียวกันคือมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 การที่ค่า Delay-1 ในวิธี PRLB มีค่า ใกล้เคียงกับวิธี TLB เนื่องจากการกำหนดขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0 คงที่เท่ากับ 50 เซลล์ซึ่งมีค่า ค่อนข้างสูงทำให้โอกาสที่คิวบัฟเฟอร์-0 จะเต็มมีน้อย ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ไม่ไปแย่งใช้ โทเค็นจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 มากจนเกินไป ค่า Delay-1 ในวิธี PRLB จึงไม่สูงกว่าวิธี TLB สำหรับ ในวิธี PRLB-EX ค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เช่นกัน แต่มีค่าต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB เนื่องจากการใช้บ่อโทเค็นพิเศษทำให้เซลล์ได้รับโทเค็นเร็วขึ้น

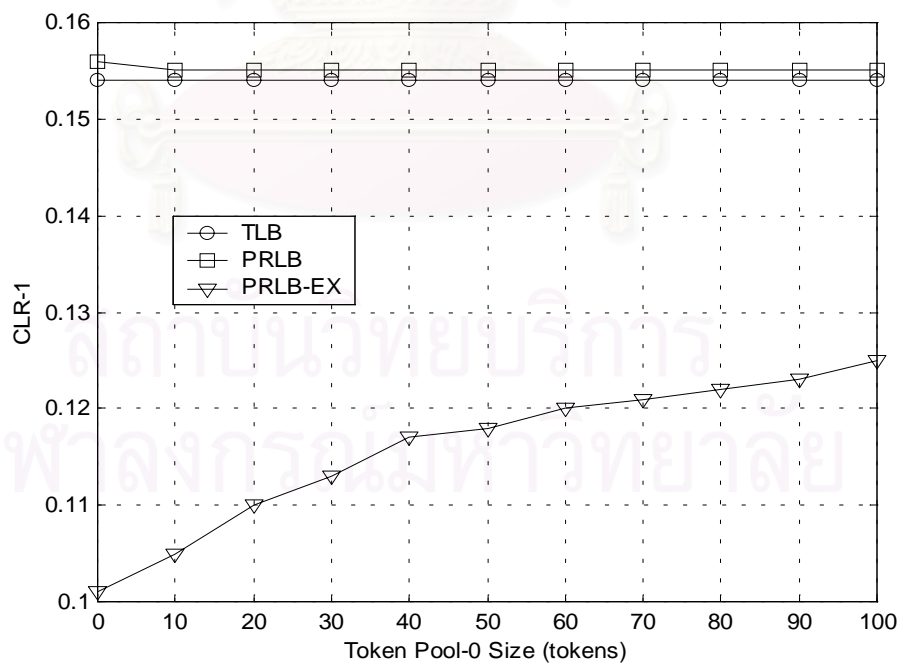
จากการทดสอบเพิ่มขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1 เพียงอย่างเดียวสรุปได้ว่า วิธี PRLB เดิม ทำให้ค่า CLR-0 และ CLR-1 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB ได้ แต่ไม่สามารถทำให้ค่า Delay-0 และ Delay-1 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB ได้ โดยมีค่าเวลาประวิงที่ใกล้เคียงกัน ส่วนวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอ ให้ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 ที่ดีกว่าวิธี TLB และวิธี PRLB เดิม

4.2.1.5 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0

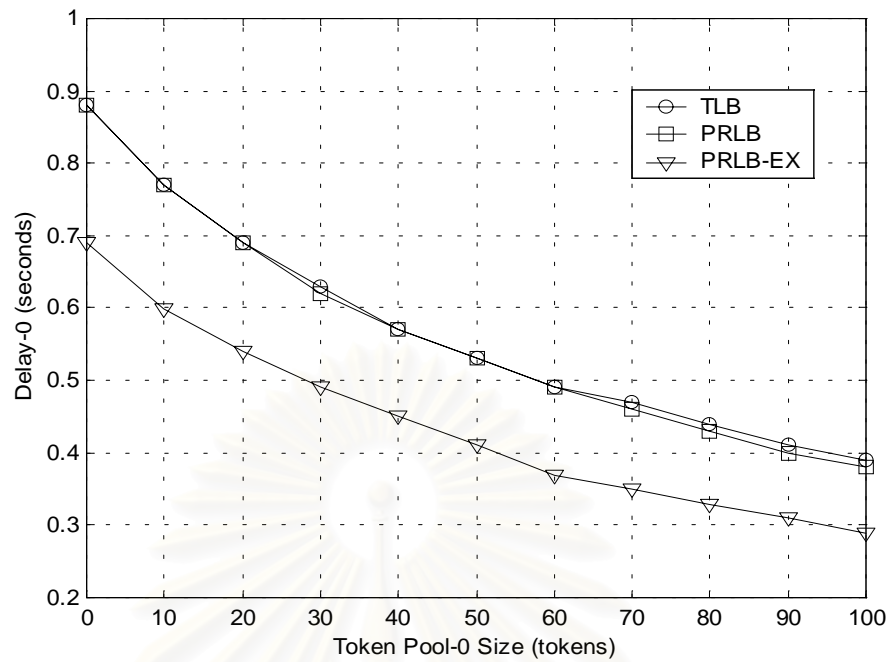
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงขนาดของบ่อ โทเค็น-0 เพียงอย่างเดียวตั้งแต่ 0-100 โทเค็น โดยพารามิเตอร์ของกลไกถึงรั้วตัวอื่นๆ มีค่าคงที่ดัง แสดงในตารางที่ 4.2 สำหรับแหล่งกำเนิดที่ส่งทราฟฟิกด้วยพารามิเตอร์เดียวกับในตารางที่ 4.1



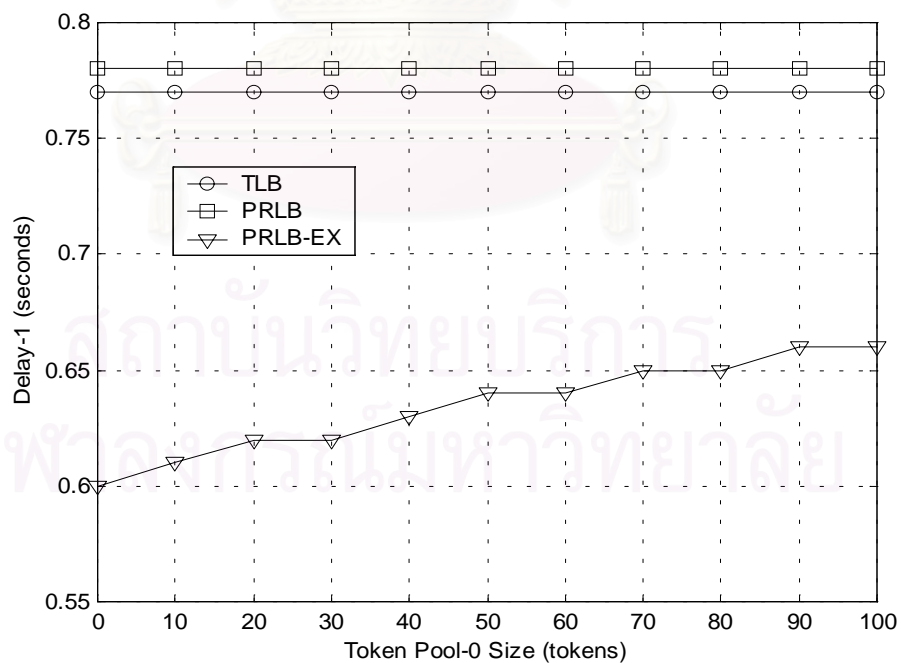
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.1.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-0

รูปที่ 4.9 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ทั้ง 3 วิธี เมื่อทำการเพิ่มขนาดของบ่อโทเค็น-0 แล้วจะทำให้ค่า CLR-0 มีค่าลดลง เนื่องจากเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีโอกาสได้รับโทเค็นเพิ่มขึ้นเพราะบ่อโทเค็น-0 เก็บสะสมโทเค็นเอาไว้ได้มากขึ้น โดยวิธี TLB มีค่า CLR-0 สูงที่สุด ส่วนวิธี PRLB มีค่า CLR-0 ต่ำกว่าวิธี TLB เนื่องจากมีการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 และยังพบว่าเมื่อค่าขนาดของบ่อโทเค็น-0 มีค่าเพิ่มขึ้น ผลต่างของค่า CLR-0 ระหว่างวิธี PRLB กับวิธี TLB จะมีค่าน้อยลง เนื่องมาจากเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-0 เพิ่มขึ้น โอกาสที่โทเค็นของบ่อโทเค็น-0 จะหมดก็จะมีน้อยลง ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ไปแย่งใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 น้อยลงไปด้วย วิธี PRLB จึงมีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-0 ที่ต่ำที่สุดเพราะมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษด้วย ทำให้เซลล์มีโอกาสได้รับโทเค็นได้มากกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.10 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า CLR-1 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB มีค่า CLR-1 ที่สูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย เนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญกับทราฟฟิกชั้นที่ 0 นอกจากนี้เมื่อเพิ่มขนาดของบ่อโทเค็น-0 จะทำให้ค่า CLR-1 ในวิธี PRLB มีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB ซึ่งเหมือนกับกรณีของค่า CLR-0 ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า CLR-1 มีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของบ่อโทเค็น-0 ด้วย เนื่องจากเมื่อเพิ่มขนาดของบ่อโทเค็น-0 แล้ว โอกาสที่โทเค็นจะล้นจากบ่อโทเค็น-0 ไปเข้าบ่อโทเค็นพิเศษก็จะน้อยลงด้วย แต่ค่า CLR-1 ที่ได้ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.11 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB และ PRLB ค่า Delay-0 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าที่ลดลงเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-0 เพิ่มขึ้น เพราะสามารถสะสมโทเค็นไว้ได้มากขึ้น ทำให้เซลล์ไม่ต้องรอโทเค็นนาน ส่วนวิธี PRLB-EX จะให้ค่า Delay-0 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB เพราะมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษ

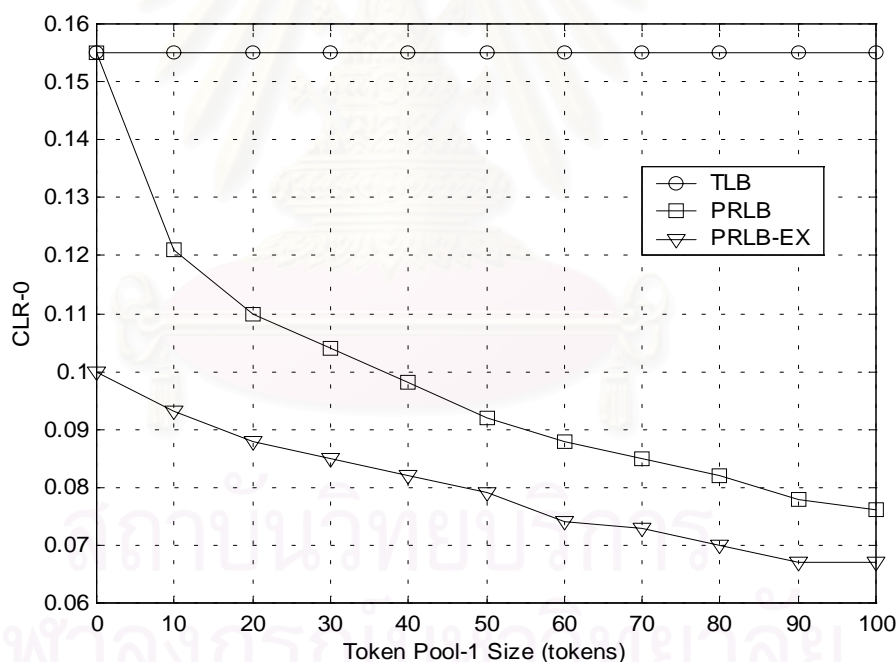
รูปที่ 4.12 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า Delay-1 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB พบว่า ค่า Delay-1 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของบ่อโทเค็น-0 เช่นกัน แต่มีค่าสูงกว่าวิธี TLB ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของบ่อโทเค็น-0 ด้วย เพราะเมื่อเพิ่มขนาดของบ่อโทเค็น-0 แล้ว โอกาสที่โทเค็น

จะล้นจากบ่อโทเค็น-0 ไปเข้าบ่อโทเค็นพิเศษก็จะน้อยลง ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ต้องรอโทเค็นนานขึ้น

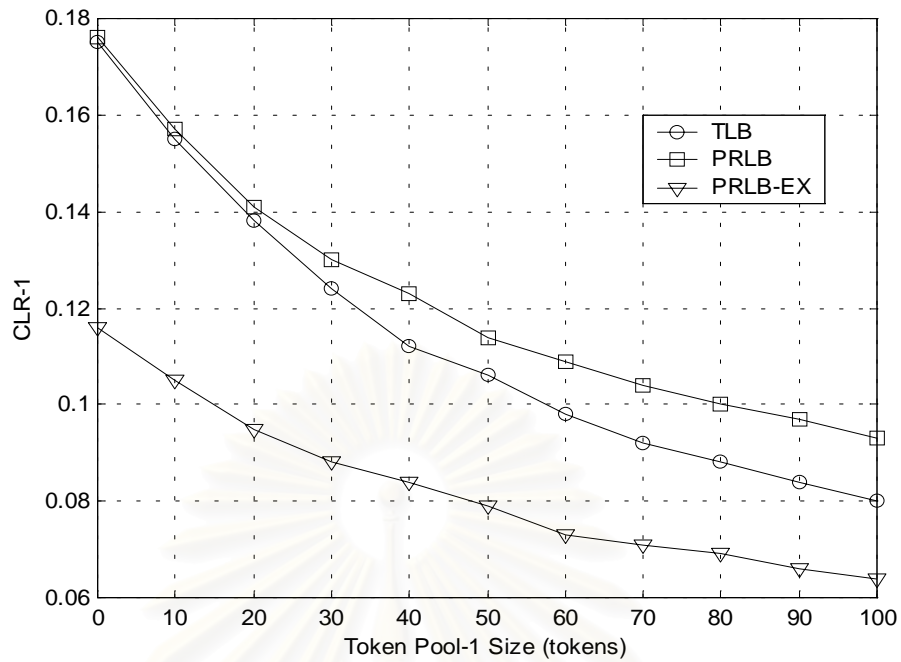
จากการทดสอบเพิ่มขนาดของบ่อโทเค็น-0 เพียงอย่างเดียวพบว่าวิธี PRLB เดิมสามารถลดค่า CLR-0 ให้ต่ำกว่าวิธี TLB ได้ แต่ค่า Delay -0 จะใกล้เคียงกัน โดยต้องแลกกับค่า CLR-1 และ Delay-1 ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าวิธี TLB แต่วิธี PRLB-EX ที่นำเสนอขึ้นให้ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 ที่ดีกว่าวิธีเดิม

4.2.1.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1

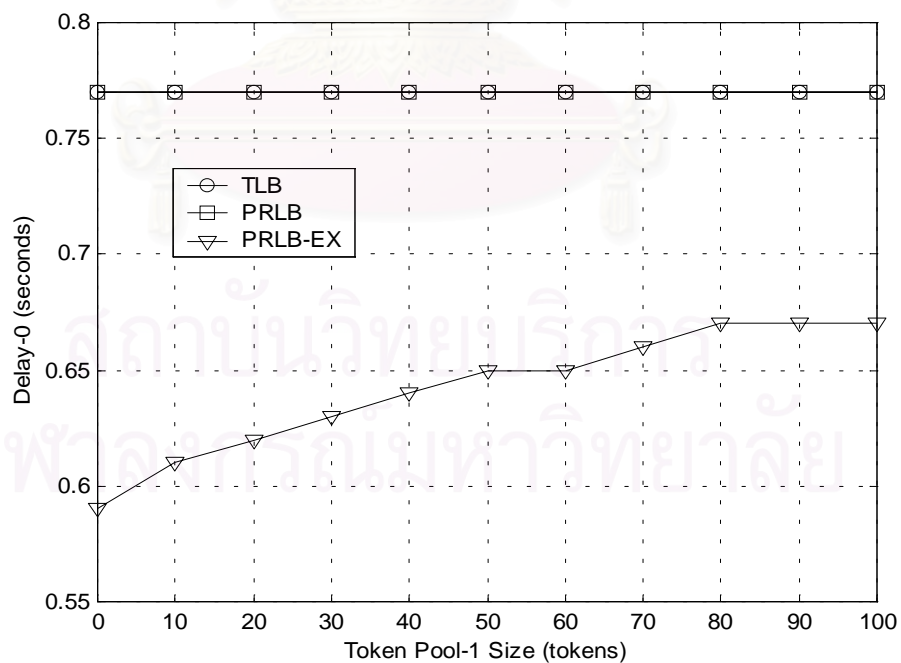
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพียงอย่างเดียวตั้งแต่ 0-100 โทเค็น โดยพารามิเตอร์ของกลไกถังรูด่วนอื่น ๆ มีค่าคงที่ดังในตารางที่ 4.2 สำหรับแหล่งกำเนิดที่ส่งทราฟฟิกด้วยพารามิเตอร์เดียวกับในตารางที่ 4.1



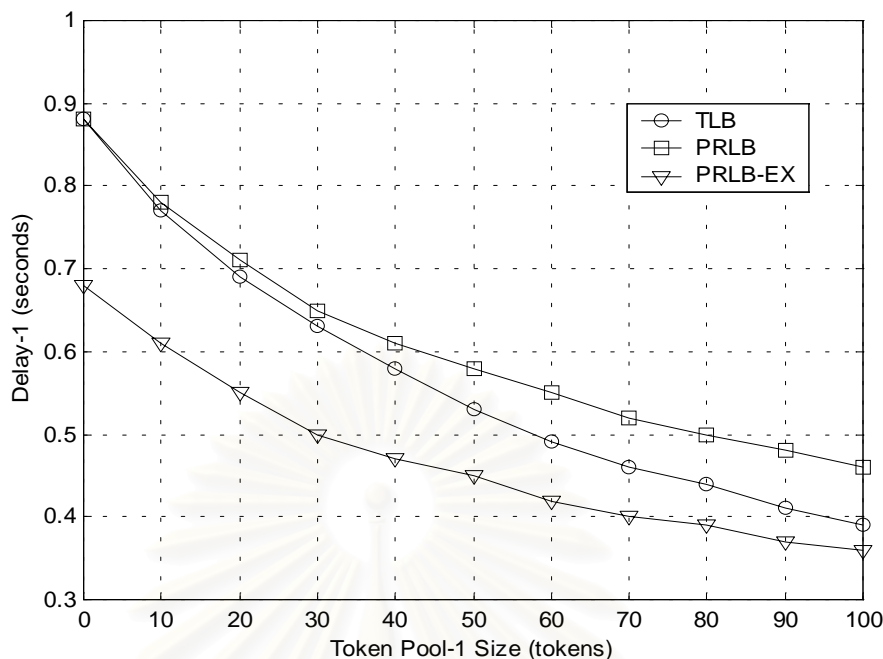
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังรูด่วนแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.1.8 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับขนาดของบ่อโทเค็น-1

รูปที่ 4.13 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า CLR-0 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB พบว่าที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 เท่ากับศูนย์ ค่า CLR-0 ในวิธี PRLB จะมีค่าเท่ากับวิธี TLB เพราะเซลล์ของกราฟฟิกชั้นที่ 0 ไม่สามารถใช้โทเค็นของกราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้นั้นคือไม่มีการให้ลำดับความสำคัญ ต่อมาเมื่อเพิ่มขนาดของบ่อโทเค็น-1 จะทำให้ค่า CLR-0 มีค่าลดลงและมีค่าน้อยกว่าวิธี TLB เนื่องจากเมื่อบ่อโทเค็น-1 สามารถเก็บโทเค็นได้มากขึ้น เซลล์ของกราฟฟิกชั้นที่ 0 ก็มีโอกาที่จะไปใช้โทเค็นของกราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้มากขึ้นด้วยการให้ลำดับความสำคัญ ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 เท่ากับศูนย์ซึ่งหมายถึงไม่มีการให้ลำดับความสำคัญนั้น จะมีผลของการใช้บ่อโทเค็นพิเศษมาช่วยทำให้ค่า CLR-0 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้ ต่อมาเมื่อเพิ่มขนาดของบ่อโทเค็น-1 จะทำให้ค่า CLR-0 มีค่าที่ลดลง โดยจะเห็นว่าที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 ค่าสูงๆ ค่า CLR-0 จะลดลงด้วยอัตราที่ไม่มากนักและมีค่าที่ใกล้เคียงกับวิธี PRLB มากขึ้น เนื่องจากเมื่อขนาดของบ่อ

โทเค็น-1 เพิ่มขึ้น โอกาสที่โทเค็นจะล้นจากบ่อโทเค็น-1 เข้าไปสู่บ่อโทเค็นพิเศษจะน้อยลง ทำให้ผลจากการใช้บ่อโทเค็นพิเศษมีน้อยลง

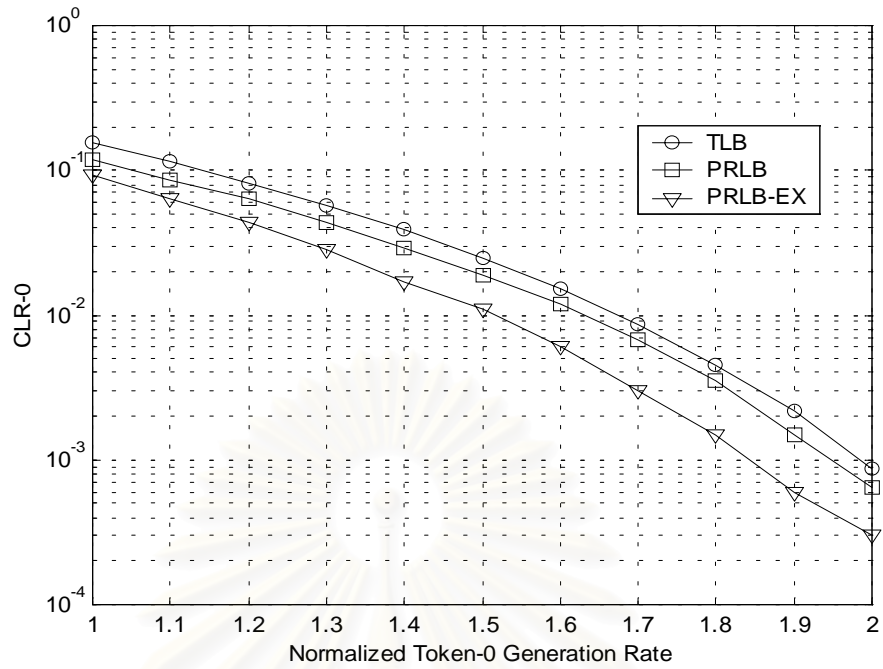
รูปที่ 4.14 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือ ค่า CLR-1 มีค่าลดลงเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มขึ้น โดยพบว่าในวิธี PRLB ให้ค่า CLR-1 ที่สูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อยเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-1 มีค่าต่ำๆ แต่เมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มสูงขึ้น ค่า CLR-1 ในวิธี PRLB จะมีค่าสูงกว่าวิธี TLB มากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มขึ้น จะทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ก็มีโอกาที่จะมาแย่งใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มากขึ้นด้วย ส่วนในวิธี PRLB-EX สามารถชดเชยผลการให้ลำดับความสำคัญดังกล่าวได้ด้วยการใช้บ่อโทเค็นพิเศษ ทำให้ค่า CLR-1 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.15 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า Delay-0 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับค่าขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB ค่า Delay-0 มีค่าคงที่และใกล้เคียงกับวิธี TLB สำหรับวิธี PRLB-EX พบว่าค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มขึ้น เพราะเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มขึ้น โอกาสที่โทเค็นจะล้นจากบ่อโทเค็น-1 เข้าไปสู่บ่อโทเค็นจะน้อยลง ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ต้องรอโทเค็นนานขึ้น แต่ค่า Delay-0 ในวิธี PRLB-EX ก็ยังต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

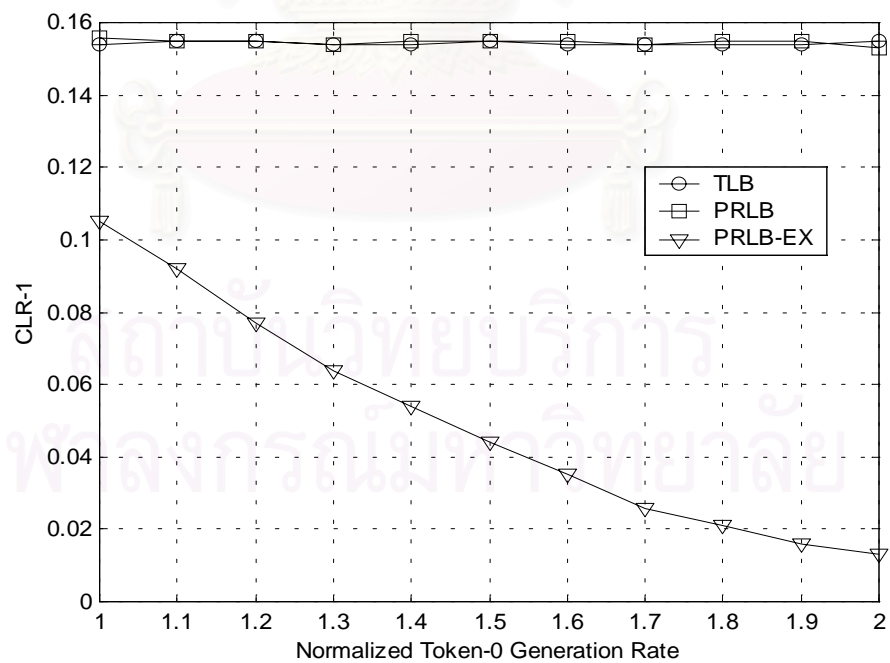
รูปที่ 4.16 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มที่คล้ายกันคือ ค่า Delay-1 มีค่าลดลงเมื่อขนาดของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มขึ้น แต่ในวิธี PRLB จะมี Delay-1 ที่สูงกว่าวิธี TLB เนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญ ส่วนวิธี PRLB-EX พบว่าที่ขนาดของบ่อโทเค็น-1 ค่าสูงๆ ค่า Delay-1 จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับวิธี PRLB ด้วยเหตุผลเดียวกันกับกรณีของค่า Delay-0

4.2.1.9 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0

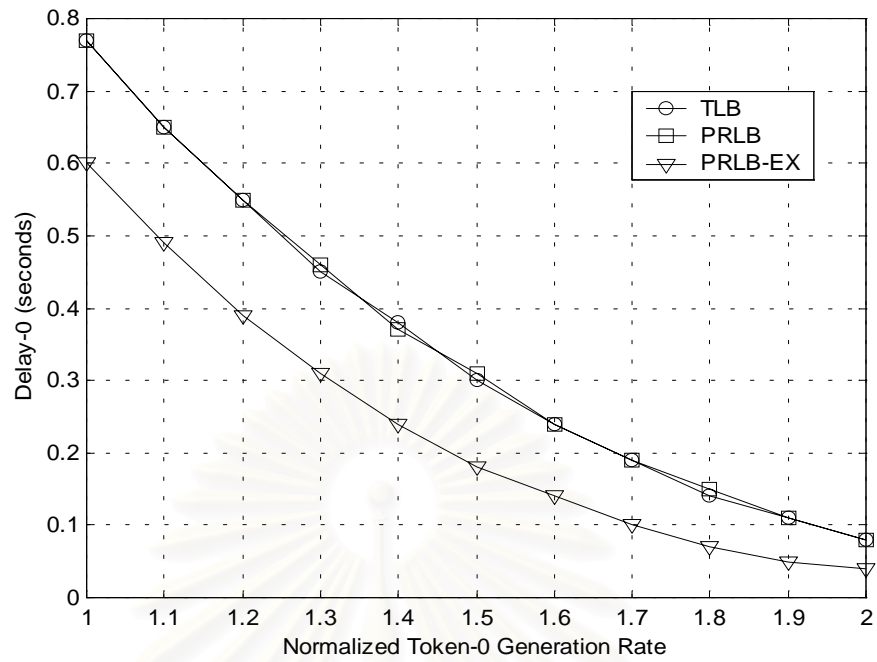
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงขนาดของอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ให้มีขนาดตั้งแต่ 1 ถึง 2 เท่าของอัตราการสร้างโทเค็นปกติ ซึ่งเท่ากับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิด (11200 bps) โดยพารามิเตอร์ของกลไกถึงรั่วตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่ดังในตารางที่ 4.2 สำหรับแหล่งกำเนิดที่ส่งทราฟฟิกด้วยพารามิเตอร์เดียวกับในตารางที่ 4.1



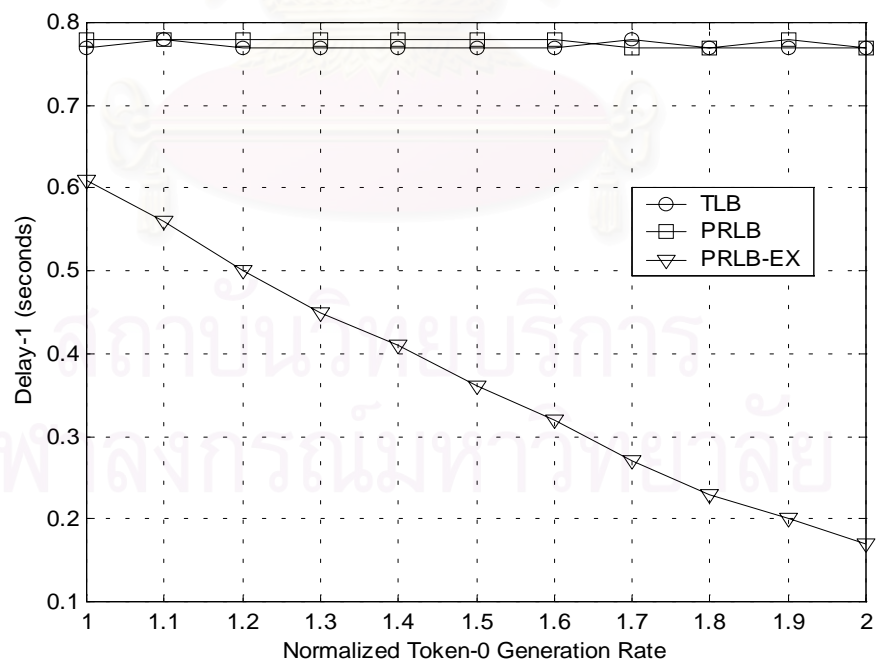
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.1.10 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0

รูปที่ 4.17 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือ ค่า CLR-0 มีค่าลดลงเมื่ออัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 มีค่าสูงขึ้น เพราะโทเค็นจะมาเร็วขึ้นทำให้เซลล์มีโอกาสได้รับโทเค็นมากขึ้นด้วย โดยพบว่าวิธี PRLB มีค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB เพราะมีการให้ลำดับความสำคัญ ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-0 ที่ต่ำที่สุดเพราะมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษเพิ่ม

รูปที่ 4.18 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่าในวิธี TLB มีค่า CLR-1 คงที่ไม่ขึ้นกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 เพราะทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB พบว่าที่ค่าอัตราการสร้างโทเค็นเท่ากับ 1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดคือ 11200 bps ค่า CLR-1 มีค่าสูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อยเนื่องจากกรให้ลำดับความสำคัญ แต่เมื่ออัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 เพิ่มขึ้น ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีโทเค็นใช้เพียงพอ ไม่ไปแย่งใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ค่า CLR-1 จึงมีค่าคงที่และมีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า CLR-1 ลดลงเมื่ออัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 เพิ่มขึ้น เพราะนอกจากเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีโทเค็นใช้เพียงพอ ไม่ไปแย่งใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 จากการให้ลำดับความสำคัญแล้ว ยังไม่ไปแย่งใช้โทเค็นจากบ่อโทเค็นพิเศษที่ใช้ร่วมกันกับทราฟฟิกชั้นที่ 1 ด้วย นอกจากนี้เมื่ออัตราการสร้างโทเค็นสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณโทเค็นที่ล้นออกจากบ่อโทเค็น-0 ไปเข้าสู่บ่อโทเค็นพิเศษก็จะมีเพิ่มขึ้น ทำให้โทเค็นในบ่อโทเค็นพิเศษมีเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า CLR-1 ในวิธี PRLB-EX มีค่าลดลงและมีค่าต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.19 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่าผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มแบบเดียวกันคือ ค่า Delay-0 มีค่าลดลงเมื่ออัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็นมีค่าสูงขึ้น เพราะเมื่อโทเค็นมาเร็วขึ้นทำให้เซลล์ไม่ต้องรอโทเค็นนาน โดยในวิธี TLB และ PRLB มีค่า Delay-0 ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า Delay-0 จะมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

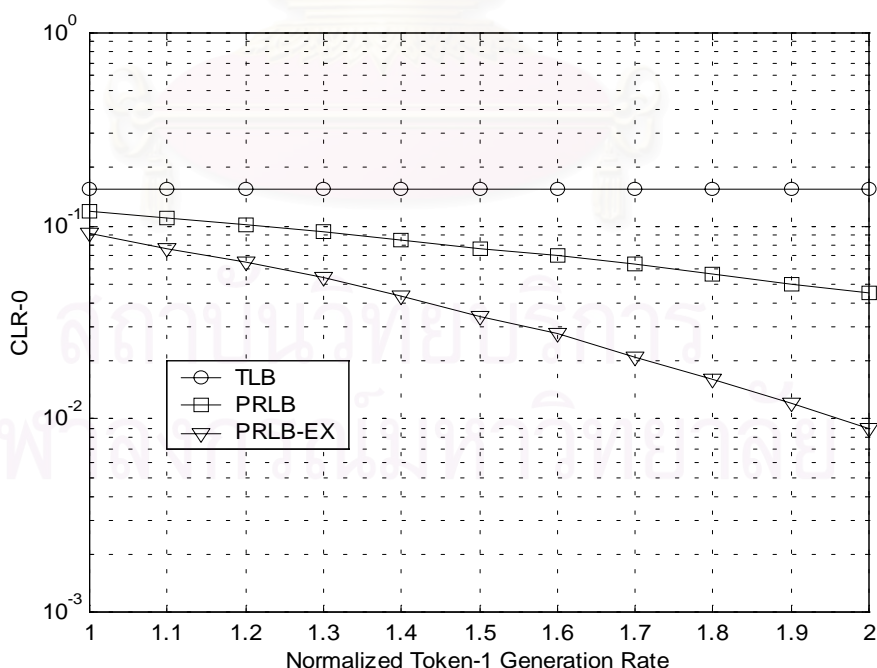
รูปที่ 4.20 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB จะมีค่า Delay-1 คงที่ไม่ขึ้นกับการปรับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB ค่า Delay-1 จะมีค่าสูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อยที่อัตราการสร้างโทเค็นเท่ากับ 1 เท่าของอัตราปกติ เพราะมีการให้ลำดับความสำคัญ แต่เมื่ออัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 มีค่าสูงขึ้น ค่า Delay-1

ในวิธี PRLB จะใกล้เคียงกับวิธี TLB เนื่องจากโอกาสที่เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่จะไปใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าน้อยลง เพราะมีโทเค็นเพียงพอแล้ว ส่วนในวิธี PRLB-EX จะมีค่า Delay-1 ที่ต่ำที่สุด เพราะเมื่ออัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 มีค่าสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณโทเค็นที่ล้นจากบ่อโทเค็น-0 เข้าไปสู่อัตราการส่งพิเศษจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้เซลล์ไม่ต้องรอโทเค็นนาน ค่า Delay-1 จึงมีค่าต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

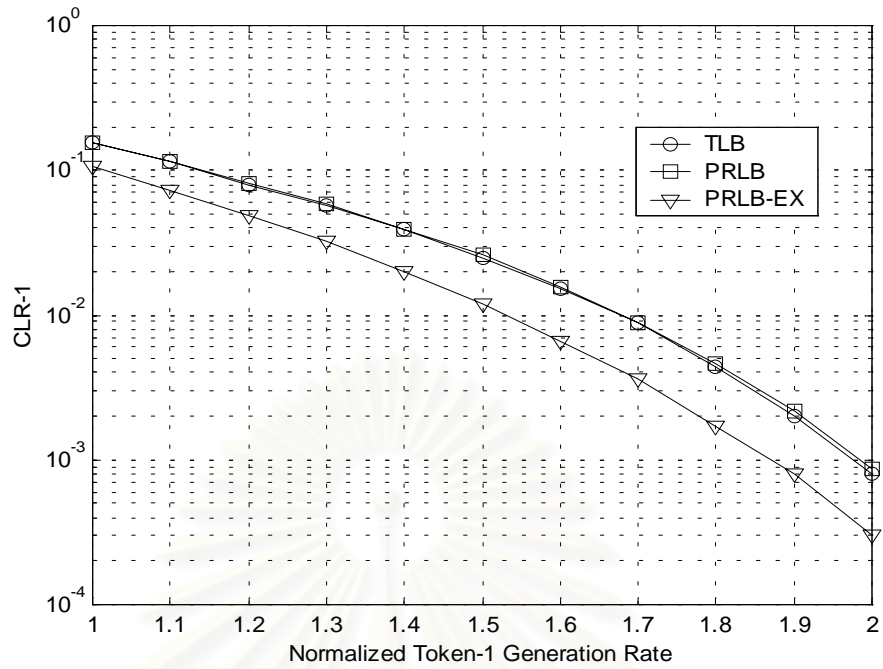
จากการทดสอบเพิ่มขนาดของอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 เพียงอย่างเดียวพบว่า วิธี PRLB เดิมนั้นทำให้ค่า CLR-0 ที่ดีกว่าวิธี TLB ได้เพียงค่าเดียว แต่วิธี PRLB-EX ที่นำเสนอให้ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 ที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ

4.2.1.11 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1

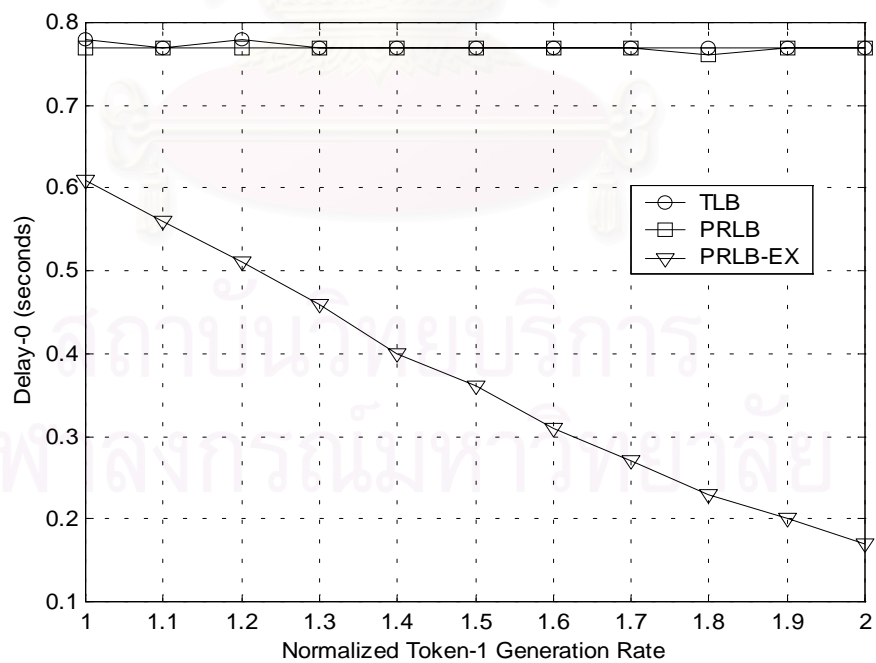
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงขนาดของอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ให้มีขนาดตั้งแต่ 1 ถึง 2 เท่าของอัตราการสร้างโทเค็นปกติซึ่งเท่ากับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิด (11200 bps) โดยพารามิเตอร์ของกลไกถึงร้วตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่ดังในตารางที่ 4.2 สำหรับแหล่งกำเนิดที่ส่งทราฟฟิกด้วยพารามิเตอร์เดียวกับในตารางที่ 4.1



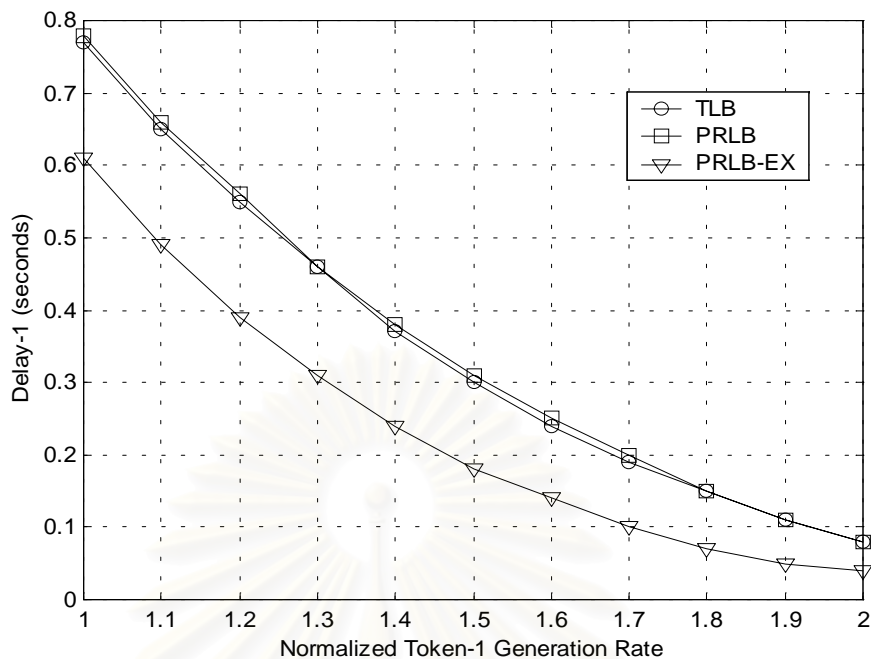
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.1.12 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1

รูปที่ 4.21 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ในวิธี TLB ค่า CLR-0 มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับการปรับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB พบว่าค่า CLR-0 มีลดลงเมื่ออัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มขึ้นและมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB เพราะทำให้ปริมาณโทเค็นของกราฟฟิกชั้นที่ 1 มีเพิ่มขึ้น ดังนั้นโอกาสที่เซลล์ของกราฟฟิกชั้นที่ 0 มีโอกาสที่จะได้รับโทเค็นจากกราฟฟิกชั้นที่ 1 เนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญก็จะมีมากขึ้นด้วย สำหรับวิธี PRLB-EX ค่า CLR-0 มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 เช่นกัน และมีค่าที่ต่ำกว่าในวิธี PRLB ด้วย เพราะการเพิ่มอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 จะทำให้ปริมาณโทเค็นที่ล้นจากบ่อโทเค็น-1 เข้าสู่บ่อโทเค็นพิเศษมีเพิ่มขึ้นด้วย ค่า CLR-0 จึงต่ำกว่าวิธี PRLB ที่มีการให้ลำดับความสำคัญอย่างเดียว

รูปที่ 4.22 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่าผลที่ได้ในทั้ง 3 วิธี มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันคือ ค่า CLR-1 มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 โดยในวิธี TLB และ PRLB มีค่า

CLR-1 ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในวิธี PRLB-EX จะมีค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่าทั้ง 2 วิธี เนื่องจากผลของการใช้บ่อโทเค็นพิเศษ ทำให้รองรับโทเค็นได้มากขึ้น

รูปที่ 4.23 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่าวิธี TLB มีค่า Delay-0 คงที่ไม่ขึ้นกับอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 เพราะทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB ก็พบว่าค่า Delay-0 มีค่าคงที่เช่นกันและมีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB ด้วย ส่วนวิธี PRLB-EX ค่า Delay-0 มีค่าที่ลดลงเมื่ออัตราการสร้างโทเค็นเพิ่มขึ้น เพราะทำให้ปริมาณโทเค็นที่ล้นจากบ่อโทเค็น-1 เข้าสู่บ่อโทเค็นพิเศษมีเพิ่มขึ้นด้วย

รูปที่ 4.24 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ค่าต่างๆ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้ในทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือค่า Delay-1 มีค่าลดลง โดยค่า Delay-1 ในวิธี TLB และ PRLB จะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในวิธี PRLB-EX จะมีค่า Delay-1 ที่ต่ำที่สุด เพราะมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษ

จากผลการทดสอบเพิ่มอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 เพียงอย่างเดียว พบว่า วิธี PRLB เดิม ทำให้ค่า CLR-0 ดีกว่าวิธี TLB ได้เพียงอย่างเดียวเช่นเดียวกับกรณีการเพิ่มอัตราการสร้างโทเค็นบ่อโทเค็น-0 ส่วนวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอยังคงให้ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 ที่ดีที่สุด

4.2.1.13 สรุปผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของกลไกถังรั้ว

ตารางที่ 4.3 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB และ PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB ที่ค่าไหลดปกติ

PRLB				PRLB-EX			
CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1
+21.43%	-1.3%	0%	-1.3%	+39.61%	+32.7%	+22.08%	+19.48%

จากการทดสอบที่ผ่านมา เราทำการศึกษาถึงผลของการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของกลไกถังรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX ได้แก่ ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0, ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1, ขนาดของบ่อโทเค็น-0, ขนาดของบ่อโทเค็น-1, อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 และอัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 พบว่าสำหรับวิธี PRLB การปรับพารามิเตอร์ของกลไกสามารถที่จะทำให้ค่า CLR-0 มีค่าที่ดีขึ้นกว่าวิธี TLB ได้ แต่ในด้านของ CLR-1 นั้นจาก

การปรับพารามิเตอร์ทุกตัวพบว่าไม่สามารถทำให้มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB ได้ โดยในบางกรณีมีค่าที่สูงกว่าวิธี TLB ด้วย ในด้านของ Delay-0 พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับวิธี TLB แต่ค่า Delay-1 ในบางกรณีจะมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB สำหรับวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอขึ้นพบว่าสามารถที่จะให้ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้โดยการปรับพารามิเตอร์ของกลไกที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 4.3

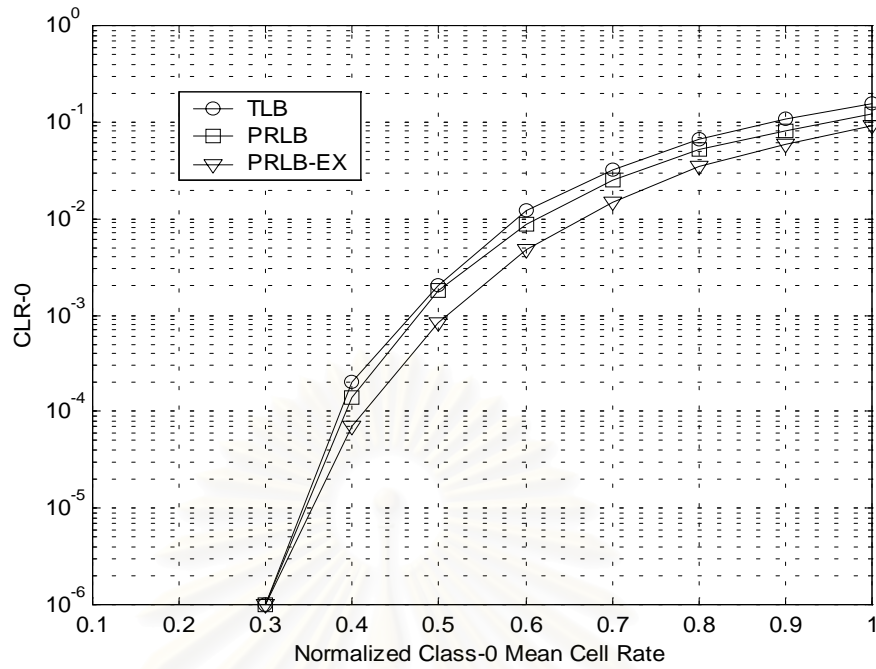
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าคุณภาพของบริการของวิธี PRLB และ PRLB-EX เปรียบเทียบกันโดยวัดเทียบกับวิธี TLB โดยใช้พารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดและพารามิเตอร์ของกลไกของที่ตั้งตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าวิธี PRLB เดิมสามารถให้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ได้แก่ ค่า CLR-0 ที่ดีกว่า (+) วิธี TLB 21.43 % ส่วนค่า Delay-0 นั้นมีค่าเท่าเดิม โดยต้องชดเชยกับการที่คุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้แก่ค่า CLR-1 และ Delay-1 ต่ำลง (-) 1.3 % ส่วนวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอใหม่นั้นสามารถให้ค่า CLR-0 ที่ดีกว่าวิธี TLB ถึง 39.61 % และยังให้ค่า Delay-0 ที่ดีกว่าด้วยถึง 22.08 % ในขณะที่ค่า CLR-1 และ ค่า Delay-1 ก็มีค่าที่ดีขึ้น 32.7 % และ 19.48 % ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอนี้สามารถให้คุณภาพของบริการที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB เดิมได้ที่สภาวะทราฟฟิกปกติ หัวข้อต่อไปจะศึกษาถึงคุณภาพของบริการของแต่ละกลไกที่สภาวะทราฟฟิกต่างๆ

4.2.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งกำเนิดทราฟฟิก

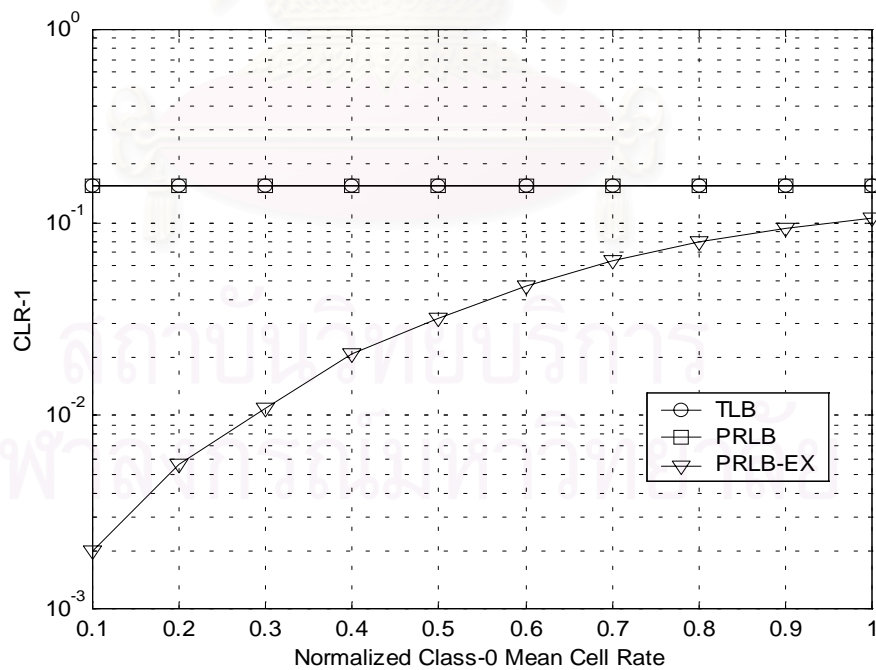
ในหัวข้อต่อไปนี้จะทำการศึกษาถึงผลของการปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ของแหล่งกำเนิดทราฟฟิก ได้แก่ อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0, อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1, อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และ อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีต่ออัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ย เพื่อทำการวัดสมรรถนะในด้านของสภาพเลือกเฟ้น (Selectivity) ของกลไกถึงรู้ว่าสามารถจัดการควบคุมค่า QoS ได้อย่างไรในสภาวะทราฟฟิกต่างๆ เมื่อแหล่งกำเนิดของทราฟฟิกส่งข้อมูลด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าและสูงกว่าค่าที่ได้ตกลงไว้

4.2.2.1 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

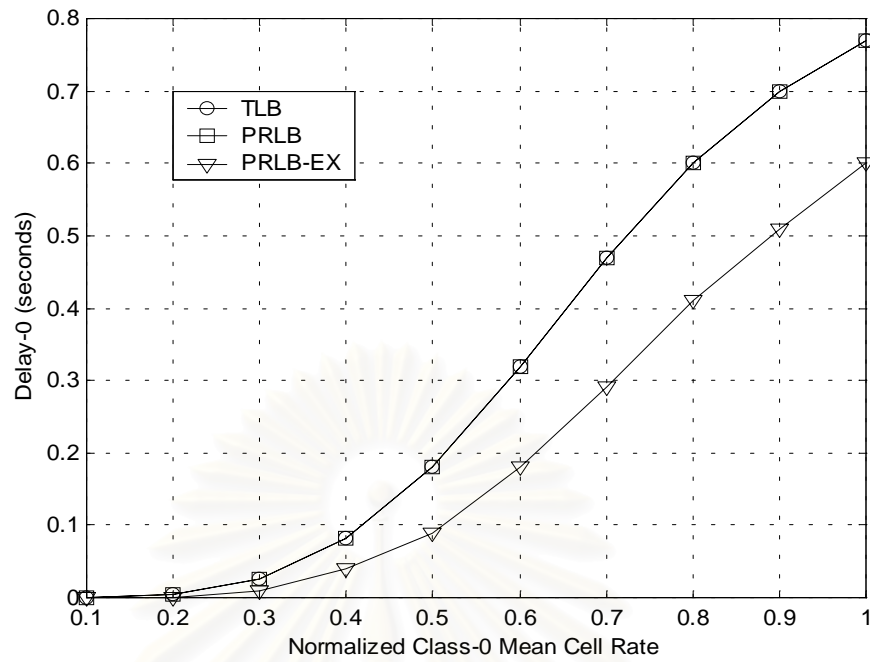
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงรูปแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2



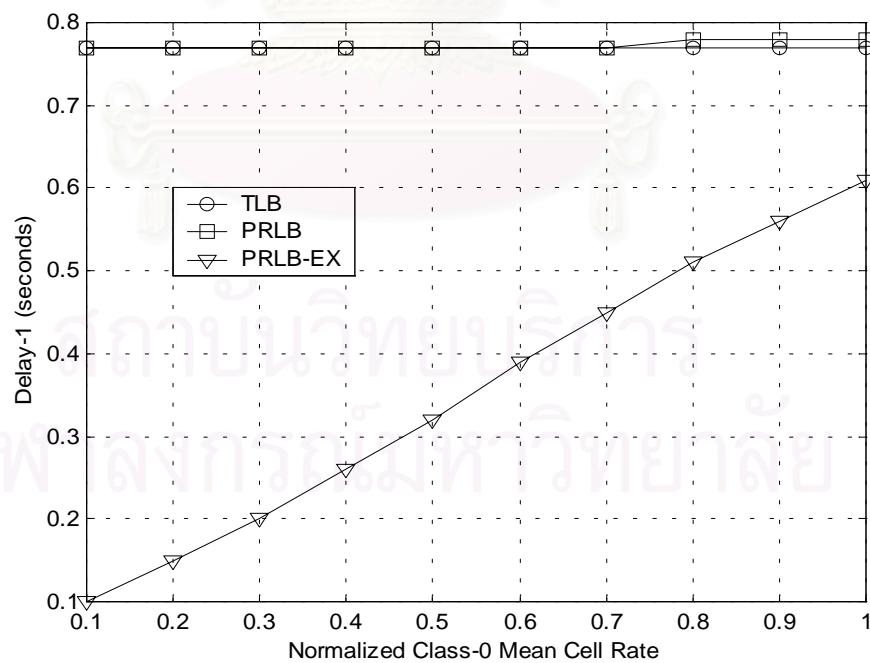
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

ตารางที่ 4.4 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB และ PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ต่ำกว่าที่ตกลงไว้

PRLB				PRLB-EX			
CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1
+20.7%	0%	0%	-1.3%	+42%	+70.21%	+40.13%	+56.85%

4.2.2.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.25 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้จากทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันคือ ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยค่าต่ำๆนั้น ค่า CLR-0 จะมีค่าน้อยมากๆ (น้อยกว่า 10^{-6}) จนค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.3 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ค่า CLR-0 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยวิธี TLB จะมีค่า CLR-0 สูงที่สุด รองลงมาคือวิธี PRLB เพราะมีการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 ด้วยทำให้ CLR-0 น้อยลง ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-0 ที่ต่ำที่สุดเนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญและมีการใช้บอโตนพิเศษด้วย จะเห็นว่าทั้ง 3 วิธีนั้นแตกต่างจากค่าทางอุดมคติของกลไกถึงรั่วซึ่งนิยามไว้ว่าเมื่อแหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้จะไม่เกิดการสูญหายของเซลล์เลยคือ ค่า CLR-0 จะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติค่า CLR-0 จะมีค่าเป็นศูนย์ได้จนถึงค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 0.3 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้เท่านั้น

รูปที่ 4.26 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB มีค่า CLR-1 คงที่เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB-EX ก็มีค่า CLR-1 ที่ค่อนข้างคงที่เช่นกันและมีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB โดยมีค่า CLR-1 ที่สูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อยเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าที่เข้าใกล้อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้ (1 เท่า) สาเหตุที่ค่า CLR-1 ของวิธี PRLB มีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB เนื่องมาจากเมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีปริมาณน้อยก็ไม่ค่อยไปแย่งใช้โหนดจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 สำหรับวิธี PRLB-EX พบว่าเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าน้อยๆ ค่า CLR-1 จะมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB เนื่องจากปริมาณโหนดที่ดันมาจากบ่อโหนด-0 จะมากขึ้น ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 จะสามารถใช้โหนดจากบ่อโหนดพิเศษได้เต็มที่ เช่นที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 0.1 เท่าของอัตราที่ตกลงไว้ นั้น ค่า CLR-1 ของวิธี

PRLB-EX นั้นจะมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และวิธี PRLB ถึง 98.7 % จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ทราฟฟิกอีกชั้นหนึ่งมีปริมาณน้อยกว่าแต่เราจัดสรรทรัพยากรของโครงข่ายให้คงที่นั้น ในวิธี TLB และ PRLB จะใช้ทรัพยากรส่วนนั้นได้ไม่คุ้มค่า ในขณะที่วิธี PRLB-EX นำทรัพยากรนั้นไปให้ทราฟฟิกอีกชั้นหนึ่งใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

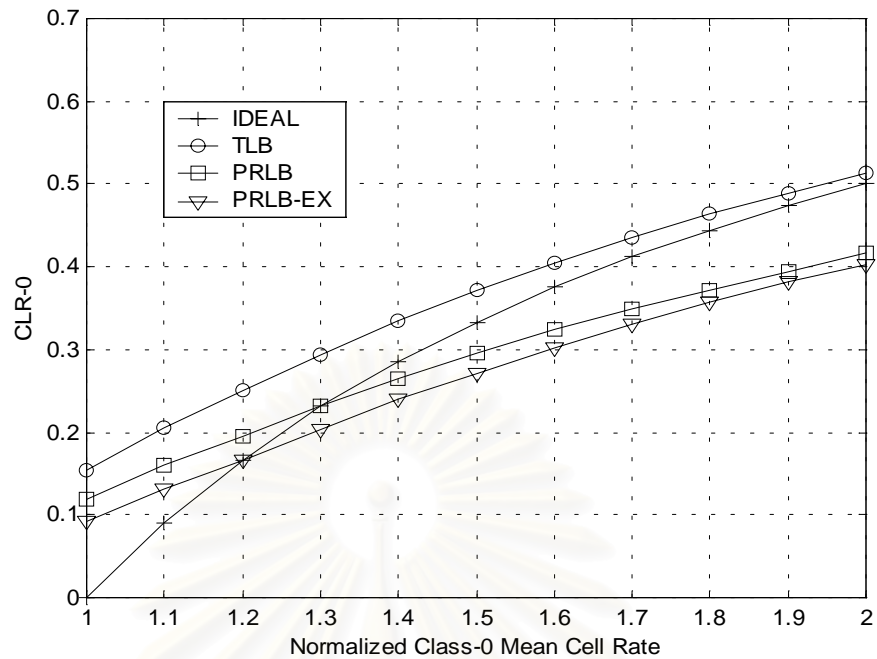
รูปที่ 4.27 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 ในวิธี TLB และ PRLB มีค่าที่ใกล้เคียงกันและมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า Delay-0 เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.28 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB มีค่า Delay-1 คงที่เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า Delay-1 ใกล้เคียงกับวิธี TLB ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยต่ำ แต่เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นค่า Delay-1 จะมีค่าที่สูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อยเพราะทราฟฟิกชั้นที่ 0 เริ่มไปแย่งใช้โทเค็นจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 สำหรับวิธี PRLB-EX พบว่าค่า Delay-1 จะมีค่าที่ต่ำกว่าในวิธี TLB และ PRLB มากที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยค่าต่ำๆ เนื่องจากการใช้บอโทเค็นพิเศษทำให้ทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีโอกาสได้รับโทเค็นเร็วขึ้นเมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีน้อย เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น ก็จะมีโอกาสน้อยลง ทำให้ค่า Delay-1 เพิ่มขึ้นแต่ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

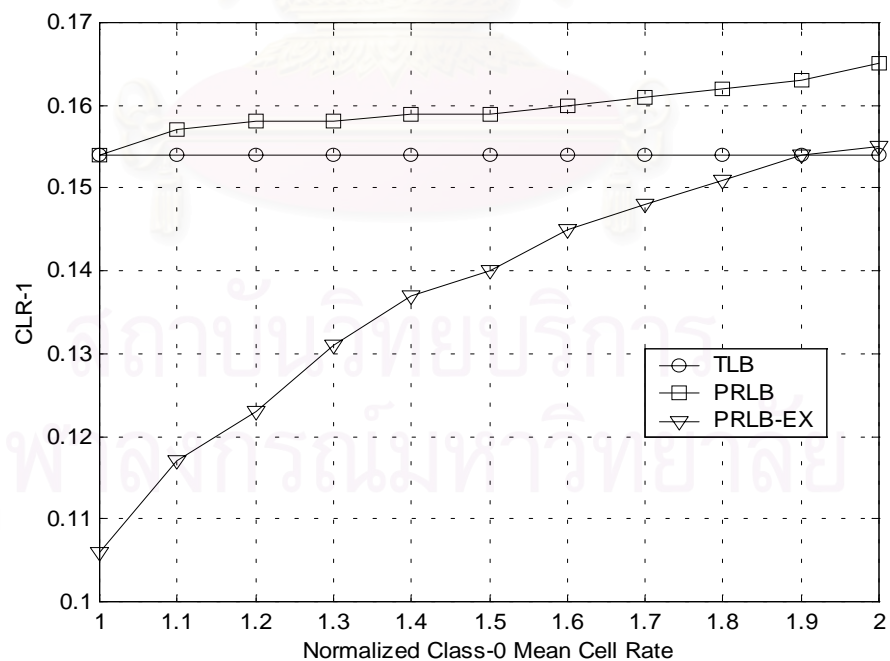
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณภาพของบริการระหว่างวิธี PRLB และ PRLB-EX เทียบกับวิธี TLB ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี PRLB-EX นั้นเหนือกว่าวิธี TLB และ PRLB อย่างเห็นได้ชัด โดยนอกจากจะให้ค่า CLR-0 ที่สูงกว่าวิธี TLB ถึง 42 % แล้ว ในขณะที่วิธี PRLB ให้ค่า CLR-0 ที่สูงกว่าวิธี TLB เพียง 20.7 % นอกจากนี้ค่า Delay-0 ของวิธี PRLB-EX ยังมีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB ถึง 40.13% และยังพบว่าค่า CLR-1 และ Delay-1 ของวิธี PRLB-EX มีค่าที่ดีขึ้นมากเมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีปริมาณน้อยกว่าที่ตกลงไว้ โดยมีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB ถึง 70.21 % และ 56.85 % ตามลำดับ

4.2.2.3 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

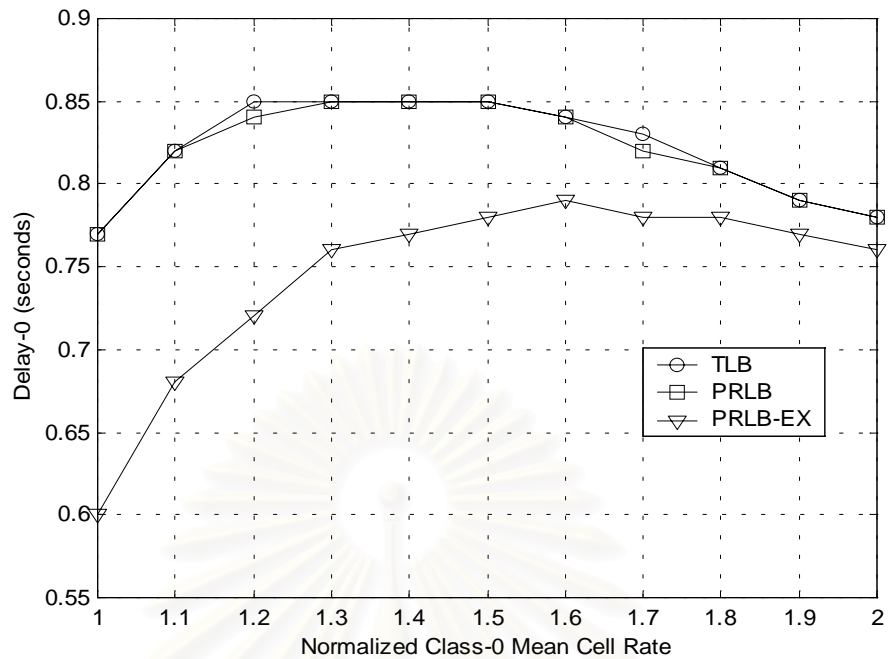
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถังรับแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2



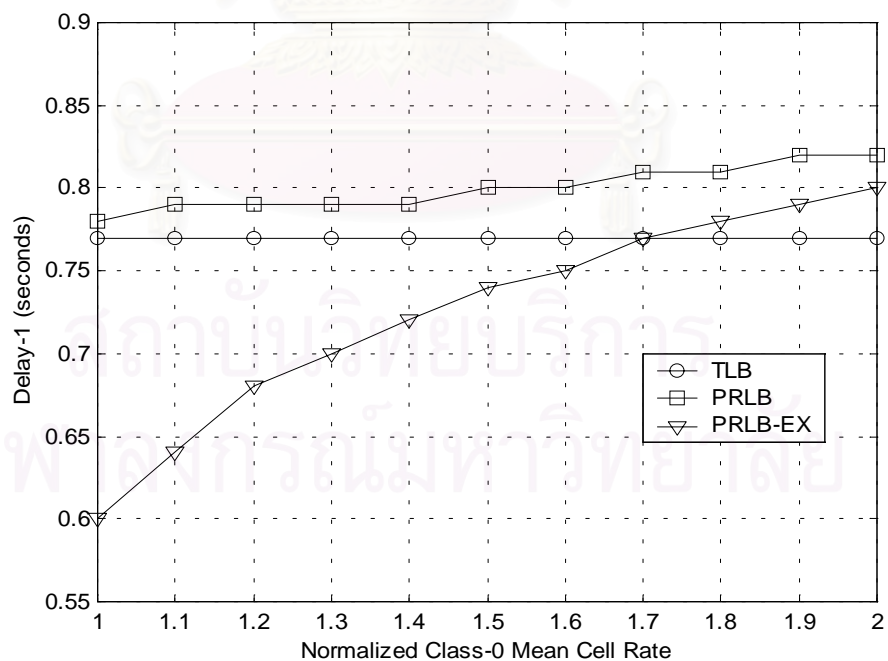
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

ตารางที่ 4.5 ค่าคลาดเคลื่อนจากค่าอุดมคติของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าที่ตกลงไว้

TLB	PRLB	PRLB-EX
CLR-0 = -25.42%	CLR-0 = +0.53%	CLR-0 = +10%

ตารางที่ 4.6 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB และ PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าที่ตกลงไว้

PRLB			PRLB-EX		
CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-1	Delay-0	Delay-1
-4%	0%	-4.3%	+11.54%	+10.35%	+5.9%

4.2.2.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.29 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX รวมทั้งค่าทางอุดมคติ (IDEAL) ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า สำหรับค่า IDEAL นั้นเป็นการคำนวณจากสมการที่ (4.5) ซึ่งเป็นค่าทางอุดมคติของกลไกถึงรั้วแบบธรรมดา จะเห็นว่าที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (1 เท่า) นั้นจะมีค่า CLR-0 ของ IDEAL เป็นศูนย์หมายถึงในทางอุดมคติถ้าแหล่งกำเนิดส่งอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยไม่เกินที่ตกลงไว้กับโครงข่าย เซลล์ทั้งหมดของผู้ใช้ก็จะสามารถผ่านกลไกถึงรั้วไปได้โดยไม่มีการสูญหายเลย แต่ถ้าแหล่งกำเนิดส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเกินที่ตกลงไว้ก็จะทำให้ค่า CLR-0 มีค่าสูงขึ้น โดยเซลล์ก็จะถูกทิ้งไปเฉพาะปริมาณส่วนที่เกินจากที่ตกลงไว้เท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติแล้วเมื่อใช้วิธี TLB ซึ่งทำงานแบบกลไกถึงรั้วโทเค็นธรรมดานั้น พบว่าที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติคือเท่ากับ 1 เท่านั้นค่า CLR-0 ก็มีค่าที่สูงกว่าศูนย์แล้ว เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นก็พบว่าค่า CLR-0 ของวิธี TLB จะมีค่า CLR-0 ที่เพิ่มขึ้นและมีค่าที่สูงกว่าวิธี IDEAL สำหรับวิธี PRLB พบว่าค่า CLR-0 ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 1 เท่าจะมีค่าที่สูงกว่า IDEAL เช่นกันแต่มีค่าต่ำกว่าวิธี TLB เมื่อเพิ่มอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยพบว่าค่า CLR-0 จะสูงกว่าวิธี IDEAL แต่เมื่อเพิ่มอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยต่อไปเรื่อย พบว่าค่า CLR-0 จะเริ่มมีค่าที่ต่ำกว่า IDEAL เนื่องจากการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 ทำให้ทราฟฟิกส่วนเกินที่ควรถูกทิ้งไปกลับไปแย่งโทเค็นจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 มาแทน สำหรับวิธี PRLB-EX ให้ผลในลักษณะคล้ายๆ กันกับวิธี PRLB แต่มี

ค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่าวิธี PRLB อีกเนื่องจากการใช้บ่อโทเค้นพิเศษทำให้กราฟฟิกส่วนเกินเข้าสู่โครงข่ายได้มากขึ้นอีกเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.5 ถ้าเปรียบเทียบความสามารถในการจัดการกับกราฟฟิกเมื่อแหล่งกำเนิดส่งกราฟฟิกเกินค่าที่ตกลงไว้กับค่า IDEAL เราจะพบว่าวิธี TLB จะจัดการผิดพลาดมากที่สุดโดยพบว่ามีค่าถึง -25.42 % ซึ่งหมายถึงวิธี TLB ที่ซึ่งเซลล์ส่วนเกินมากกว่า IDEAL ไป 25.42 % สำหรับวิธี PRLB พบว่าคลาดเคลื่อนจาก IDEAL โดยเฉลี่ย + 0.53 % หมายถึงปล่อยเซลล์ส่วนเกินให้ผ่านไปมากกว่า IDEAL 0.53 % ในขณะที่วิธี PRLB-EX คลาดเคลื่อนจาก IDEAL +10 % คือปล่อยเซลล์ส่วนเกินให้ผ่านไปมากกว่า IDEAL 10 %

ถ้าเราใช้ค่า IDEAL เป็นการเปรียบเทียบเพียงอย่างเดียวจะพบว่าวิธี PRLB และ PRLB-EX จัดการกับกราฟฟิกเกินได้ไม่ดีเพราะปล่อยให้กราฟฟิกส่วนเกินผ่านเข้าไปได้มากกว่ากรณีอุดมคติ แต่ถ้าพิจารณาดูว่าค่า IDEAL นั้นเป็นค่าทางอุดมคติของกลไกถังรับแบบโทเค้นธรรมดาอย่างเดียว ซึ่งเหมาะสมกับการเปรียบเทียบกับวิธี TLB แต่ในวิธี PRLB และ PRLB-EX มีการเพิ่มการให้ลำดับความสำคัญ และการใช้บ่อโทเค้นพิเศษด้วย ค่าทางอุดมคติของกลไกเหล่านี้จึงควรมีค่าที่ต่ำกว่าค่า IDEAL ของกลไกถังรับแบบโทเค้นธรรมดา ซึ่งไม่สามารถคำนวณออกมาเป็นสมการเหมือนสมการที่ (4.5) ได้ ดังนั้นแทนที่จะพิจารณาจากค่า IDEAL เพียงอย่างเดียว จึงอาจจะวัดความสามารถด้านสภาพเลือกเฟ้น (Selectivity) นี้ของวิธี PRLB และ PRLB-EX ได้จากการตรวจสอบค่า CLR-1 เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของกราฟฟิกชั้นที่ 0 เกินกว่าที่ตกลงไว้ เพื่อดูว่า กลไก PRLB และ PRLB-EX สามารถควบคุมไม่ให้ผลจากการที่กราฟฟิกชั้นที่ 0 เกินมากระทบต่อคุณภาพของบริการของ กราฟฟิกชั้นที่ 1 อย่างไร ดังแสดงในตารางที่ 4.6

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า แม้วิธี PRLB-EX จะปล่อยให้เซลล์ส่วนเกินของกราฟฟิกชั้นที่ 0 ผ่านไปได้มากกว่าวิธี PRLB และ TLB แต่ยังสามารถรักษาคุณภาพของบริการของกราฟฟิกชั้นที่ 1 คือ CLR-1 และ Delay-1 ให้ดีกว่าวิธี PRLB และ TLB ได้ โดยมีค่า CLR-1 และ Delay-1 ที่ดีกว่าวิธี TLB 11.54 % และ 5.9 % ตามลำดับ ในขณะที่วิธี PRLB มีค่า CLR-1 และ Delay-1 ที่ด้อยกว่าวิธี TLB 4 % และ 4.3 % ตามลำดับ

รูปที่ 4.30 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของกราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าสำหรับวิธี TLB ค่า CLR-1 จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของกราฟฟิกชั้นที่ 0 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB พบว่าค่า CLR-1 มีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าที่สูงกว่าวิธี TLB ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี PRLB จัดการกับกราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งส่งกราฟฟิกเกินไปได้ไม่ดีขึ้น ทำให้มาแย่งใช้โทเค้นของกราฟฟิกชั้นที่ 1 มากขึ้นจากการให้ลำดับความสำคัญ ทำให้ค่า CLR-1 เพิ่มขึ้น สำหรับวิธี PRLB-EX พบว่าค่า CLR-1 เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการให้ลำดับความสำคัญรวมถึงการ

ที่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 เข้าแย่งใช้บ่อโทเค็นพิเศษมากขึ้น แต่ยังสามารถรักษาค่า CLR-1 ให้ต่ำกว่าวิธี PRLB ได้ เนื่องจากการมีบ่อโทเค็นพิเศษทำให้โทเค็นของบ่อโทเค็น-1 ไม่ถูกแย่งใช้มากเกินไป

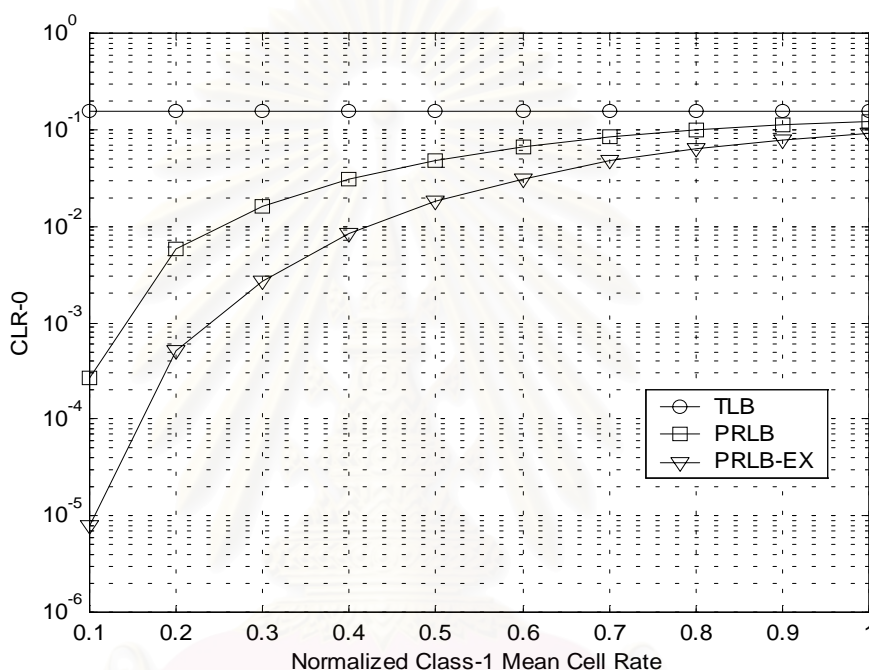
รูปที่ 4.31 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB และวิธี PRLB มีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยเมื่อเพิ่มอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะทำให้ค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง การที่ค่า Delay-0 เพิ่มขึ้นเพราะปริมาณเซลล์ที่เข้ามาเพิ่มขึ้นทำให้ต้องรอโทเค็นนานขึ้น แต่พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยต่อไปอีกจะทำให้ค่า Delay-0 มีค่าลดลง เพราะการที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณเซลล์ที่เข้ามาในช่วงสถานะเปิดมีจำนวนที่มากกว่าขนาดของคิวบัฟเฟอร์ โดยที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย เท่ากับ 1.5 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติจะมีจำนวนเซลล์ในสถานะเปิดประมาณ 50 เซลล์ ซึ่งมีค่าเท่ากับขนาดของคิวบัฟเฟอร์ที่ใช้ เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าสูงกว่า 1.5 จะทำให้ปริมาณเซลล์ที่เข้ามาส่วนใหญ่จะถูกทิ้งไป และจะทำให้ในสถานะเปิดช่วงต่อไป สามารถรับเซลล์ชุดใหม่ๆ เข้ามาได้น้อยลง ทำให้ค่า Delay-0 ที่เกิดจากเซลล์ต้องรอภายในคิวบัฟเฟอร์มีคาลดลงด้วย สำหรับวิธี PRLB-EX พบว่าผลที่ได้มีลักษณะคล้ายๆ กันแต่ค่า Delay-0 จะมีคาลดลงที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยประมาณ 1.6 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติเนื่องจากในวิธี PRLB-EX มีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษทำให้สามารถรับปริมาณเซลล์ที่เข้ามาได้มากขึ้น

รูปที่ 4.32 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB ค่า Delay-1 จะคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนในวิธี PRLB พบว่าค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าวิธี TLB สำหรับวิธี PRLB-EX พบว่าที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยค่าต่ำๆ จะรักษาค่า Delay-1 ให้มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB ได้ แต่เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น ค่า Delay-1 ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนสูงกว่าวิธี TLB ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 1.7 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติ

จากการทดสอบให้แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเกินกว่าค่าที่ตกลงไว้พบว่า วิธี PRLB เดิมไม่สามารถควบคุมทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่วนเกินได้ดี โดยทำให้ทราฟฟิกชั้นที่ 0 ไปแย่งใช้โทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มากขึ้น ทำให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 เพิ่มขึ้นกว่าเดิม สำหรับวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอก็ไม่สามารถควบคุมทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่วนเกินได้เช่นกัน แต่เนื่องจากการใช้บ่อโทเค็นพิเศษมาช่วยทำให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี PRLB เดิม และมีค่าสูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย

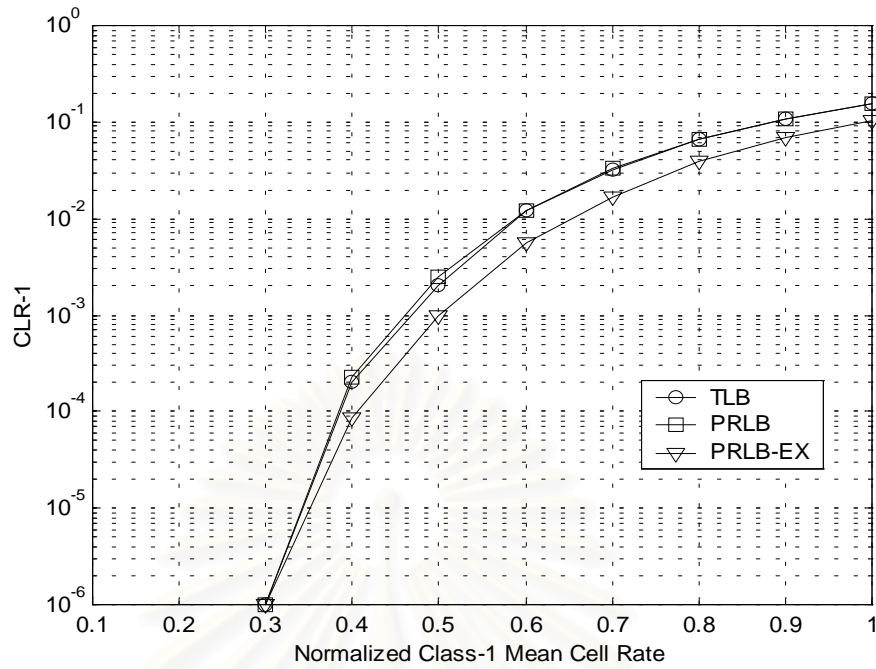
4.2.2.5 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถังรับแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2

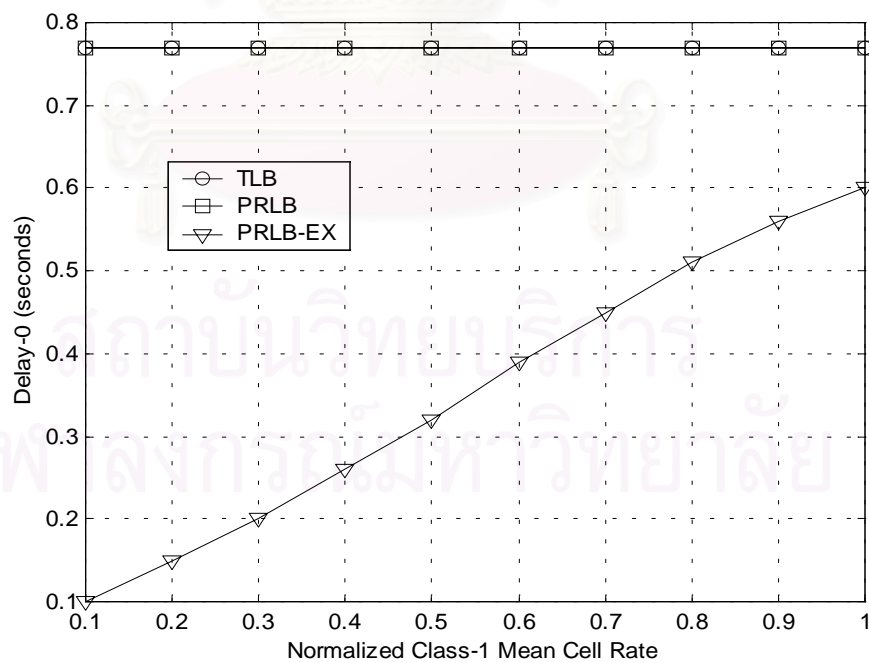


รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังรับแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

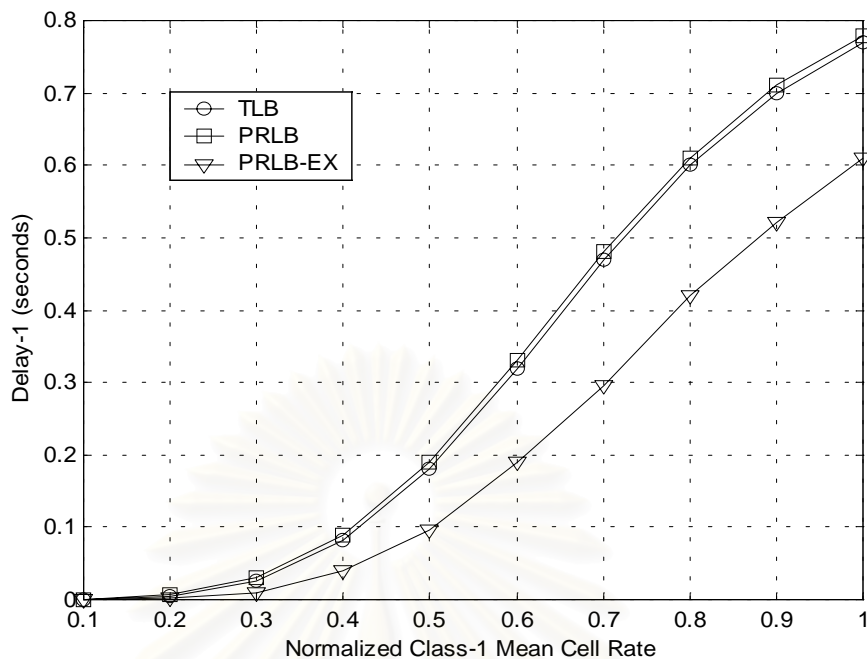
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

ตารางที่ 4.7 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB และ PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ต่ำกว่าที่ตกลงไว้

PRLB				PRLB-EX			
CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1
+62.45%	-4.5%	0%	-9.43%	+77.7%	+26.72%	+54%	+37.6%

4.2.2.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.33 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB มีค่า CLR-0 คงที่เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB มากโดยเฉพาะที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยค่าต่ำๆ เนื่องจากทราฟฟิกชั้นที่ 0 สามารถไปแย่งใช้โทเค็นจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้มากขึ้น สำหรับวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่าทั้งวิธี TLB และ PRLB เพราะมีการให้ลำดับความสำคัญและมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษ

รูปที่ 4.34 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB มีค่า CLR-1 ที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น ส่วนวิธี PRLB มีค่า CLR-1 ที่สูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย สำหรับวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB เพราะการใช้บอโตนพิเศษ จะเห็นว่าทั้ง 3 วิธี ไม่สามารถทำงานตามอุดมคติได้เช่นกัน คือไม่สามารถรักษาค่า CLR-1 ให้เท่ากับศูนย์ได้เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

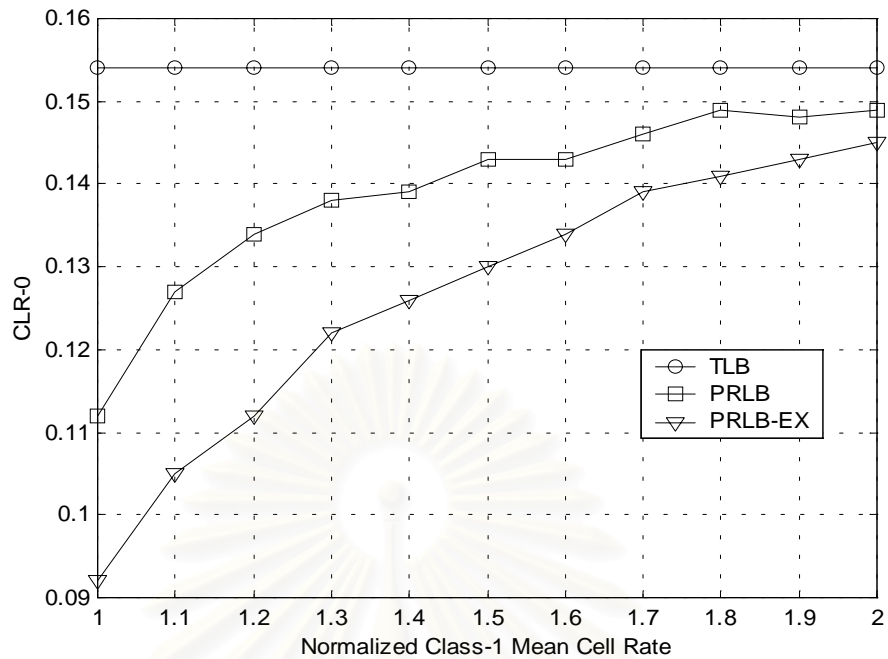
รูปที่ 4.35 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า Delay-0 ในวิธี TLB มีค่าคงที่ เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า Delay-0 ที่คงที่เช่นกันและมีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า Delay-0 มีค่าที่น้อยกว่าวิธี TLB และ PRLB มากเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าที่ต่ำๆ ถึงแม้ว่าค่า Delay-0 จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังมีความต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.36 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยวิธี PRLB มีค่า Delay-1 สูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย ส่วนวิธี PRLB-EX จะมีค่า Delay-1 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

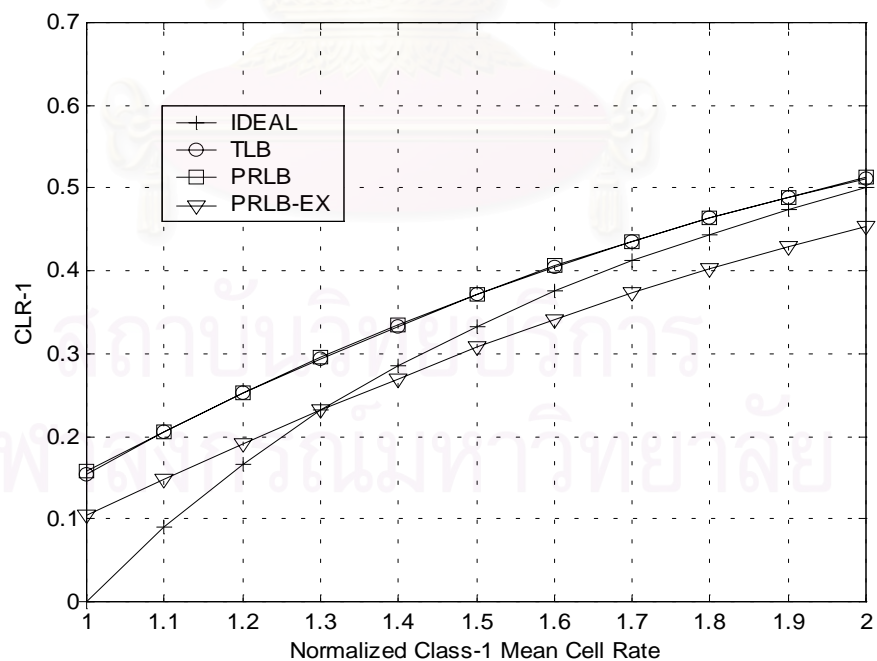
ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB และ PRLB-EX เทียบกับวิธี TLB เราจะพบว่า เมื่อแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกน้อยกว่าที่ตกลงไว้ ทั้งวิธี PRLB และ PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0 ที่ดีกว่าวิธี TLB เพราะทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะได้รับโตนมากขึ้นจากการให้ลำดับความสำคัญ แต่วิธี PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ที่ดีกว่าวิธี PRLB เพราะมีการใช้บอโตนพิเศษ นอกจากนี้วิธี PRLB-EX ยังทำให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 ดีกว่าวิธี TLB 26.72 % และ 37.6 % ตามลำดับ ในขณะที่วิธี PRLB ทำให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 ด้อยกว่าวิธี TLB 4.5 % และ 9.43 % ตามลำดับ

4.2.2.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

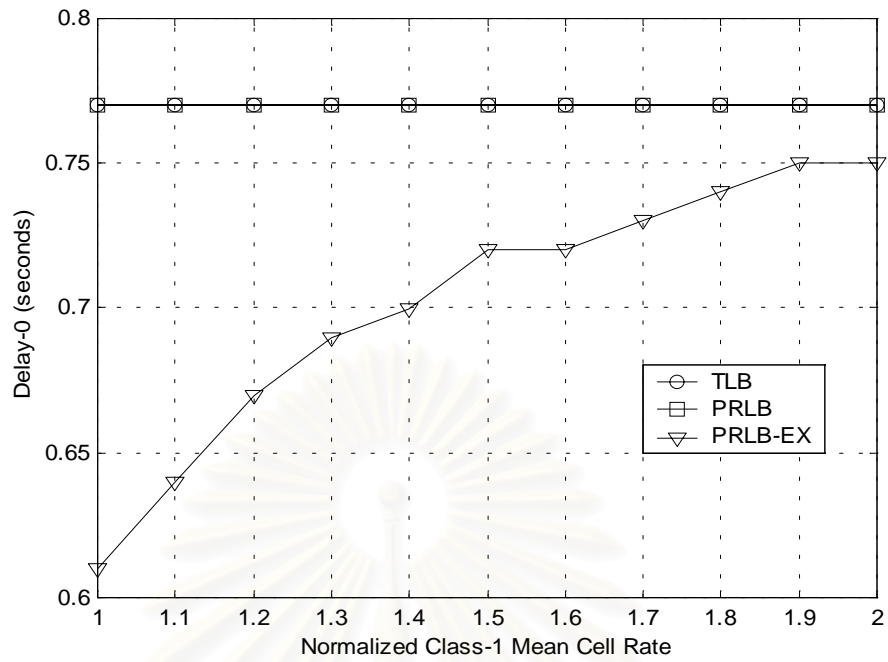
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์ปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงร่วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2



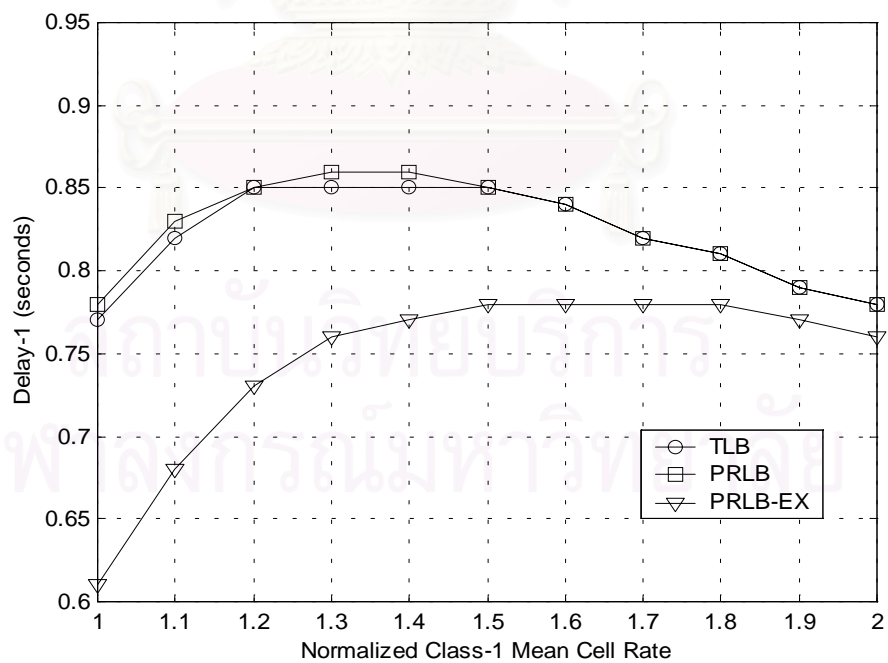
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

ตารางที่ 4.8 ค่าคลาดเคลื่อนจากค่าอุดมคติของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สูงกว่าที่ตกลงไว้

TLB	PRLB	PRLB-EX
CLR-1 = -25.42%	CLR-1 = -25.45%	CLR-1 = -1.62%

ตารางที่ 4.9 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB และ PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สูงกว่าที่ตกลงไว้

PRLB			PRLB-EX		
CLR-0	Delay-0	Delay-1	CLR-0	Delay-0	Delay-1
+9.8%	0%	-0.44%	+18%	+8.9%	+9.18%

4.2.2.8 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.37 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า สำหรับวิธี TLB ค่า CLR-0 จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน สำหรับวิธี PRLB พบว่าค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าเกือบเท่ากับวิธี TLB ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เพิ่มขึ้นจะทำให้โอกาสที่โหนดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 จะเหลือให้ทราฟฟิกชั้นที่ 0 มาแย่งไปใช้ได้นั้นก็จะน้อยลงไปด้วย สำหรับวิธี PRLB-EX พบว่าค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ยังมีค่าที่น้อยกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.38 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX รวมทั้งค่าทางอุดมคติ (IDEAL) ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าวิธี TLB และ PRLB มีค่า CLR-1 ที่ใกล้เคียงกันโดยมีค่าที่สูงกว่า IDEAL ตลอดช่วงของการเพิ่มอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ในขณะที่วิธี PRLB-EX มีค่า CLR-1 ที่สูงกว่าวิธี IDEAL ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ต่ำกว่า 1.3 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติและมีค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่าวิธี IDEAL ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่สูงกว่า 1.3 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยปกติ

รูปที่ 4.39 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าในวิธี TLB และ วิธี PRLB มีค่า

Delay-0 คงที่และมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า Delay-0 จะมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.40 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้ในทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือ ค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าๆหนึ่งหลังจากนั้นจะมีค่าลดลง

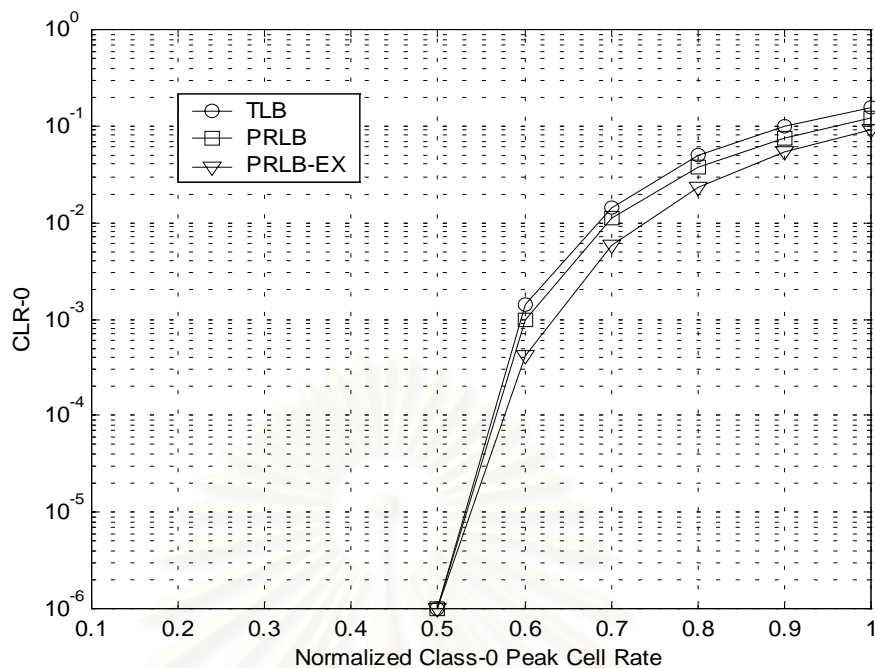
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของค่า CLR-1 ไปจากกรณี IDEAL ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเกินค่าที่ตกลงไว้ เราจะพบว่าวิธี PRLB และ PRLB-EX ให้ผลที่ตรงข้ามกับกับในกรณีของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ส่งเกินที่ตกลงไว้ (ตารางที่ 4.5) โดยวิธี PRLB และ PRLB-EX จะทิ้งเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มาก กว่า IDEAL 25.45 % และ 1.62 % ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 เป็นทราฟฟิกที่มีลำดับความสำคัญต่ำ

ตารางที่ 4.9 แสดงคุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ของวิธี PRLB และ PRLB-EX พบว่าถึงจะได้รับผลกระทบจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ส่งทราฟฟิกเกิน แต่วิธี PRLB-EX ยังคงให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ที่ดีกว่าวิธี PRLB

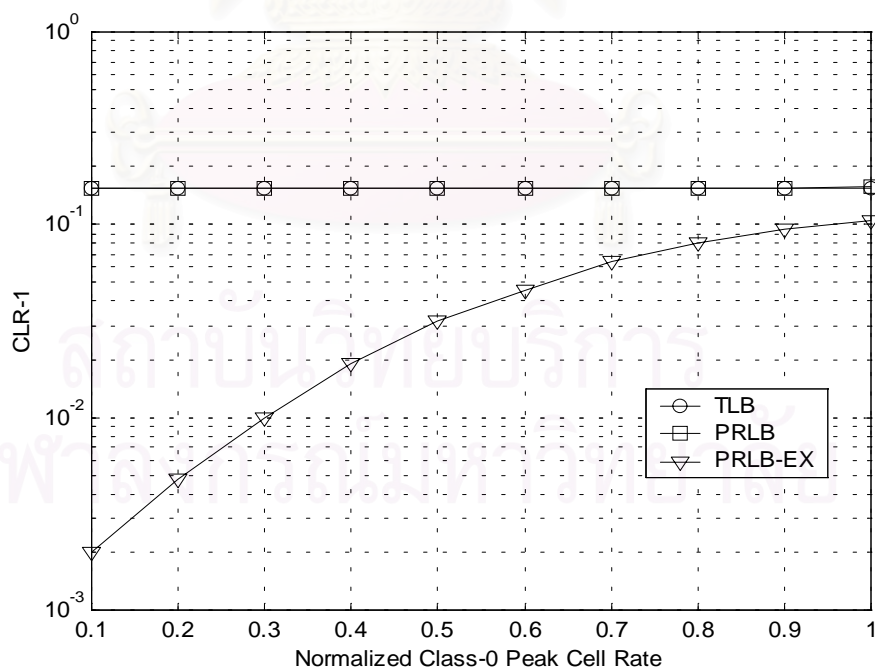
4.2.2.9 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถังร่วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2

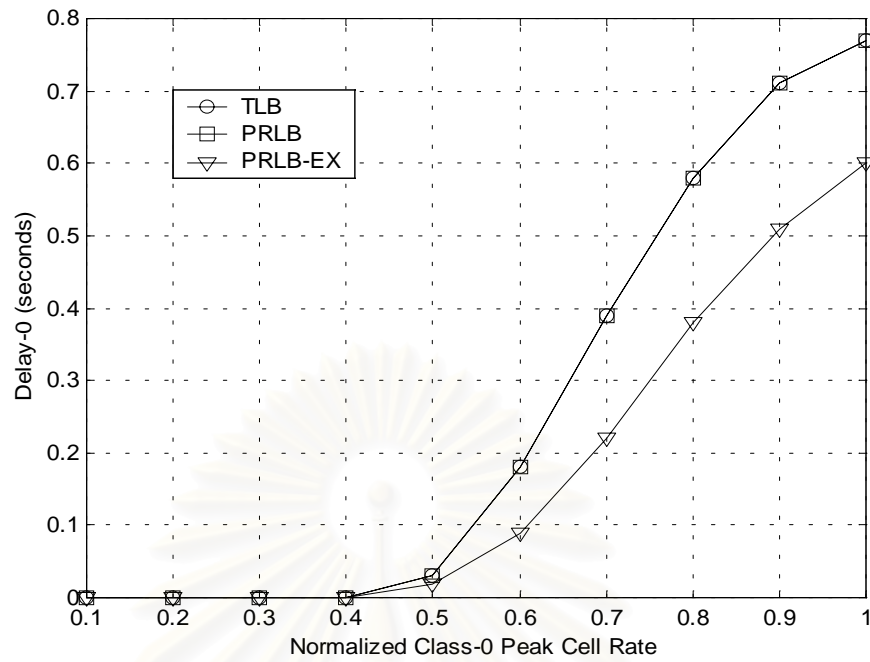
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



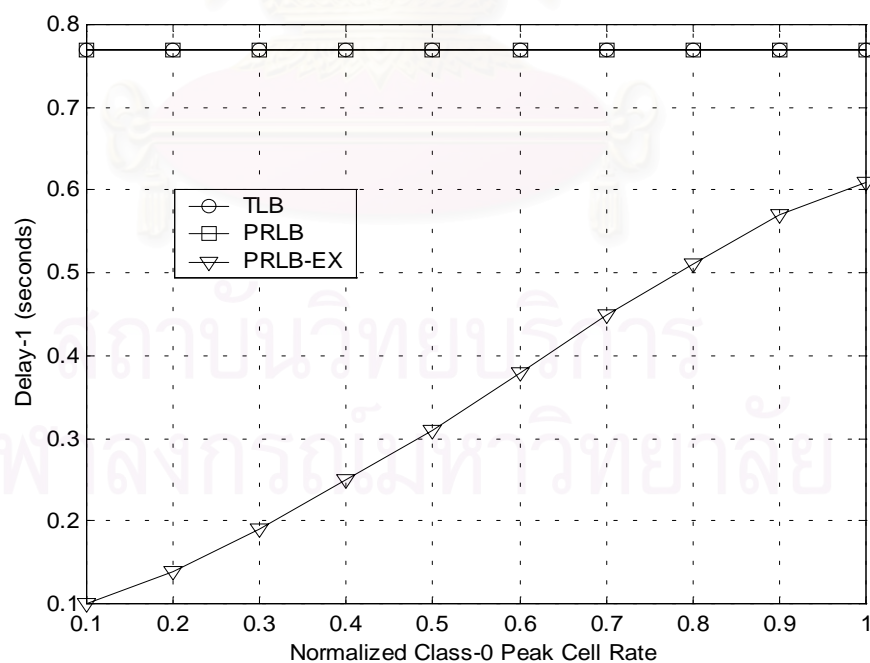
รูปที่ 4.41 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.2.10 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.41 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้คล้ายกับในกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย คือทั้ง 3 วิธีไม่สามารถทำงานได้เหมือนในอุดมคติ โดยสามารถรักษาให้ค่า CLR-0 มีค่าเท่ากับศูนย์ได้จนถึงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดเท่ากับ 0.5 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติเท่านั้น เมื่อเพิ่มอัตราการส่งเซลล์สูงสุดต่อไปอีกทำให้ค่า CLR-0 เพิ่มขึ้น โดยวิธี TLB จะมีค่า CLR-0 ที่สูงที่สุด ส่วนวิธี PRLB จะมีค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB ส่วนวิธี PRLB-EX จะมีค่า CLR-0 ที่มีค่าต่ำที่สุด

รูปที่ 4.42 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าวิธี TLB มีค่า CLR-1 คงที่ เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB ก็มีค่า CLR-1 ที่ใกล้เคียงกับวิธี TLB เช่นกัน สำหรับวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

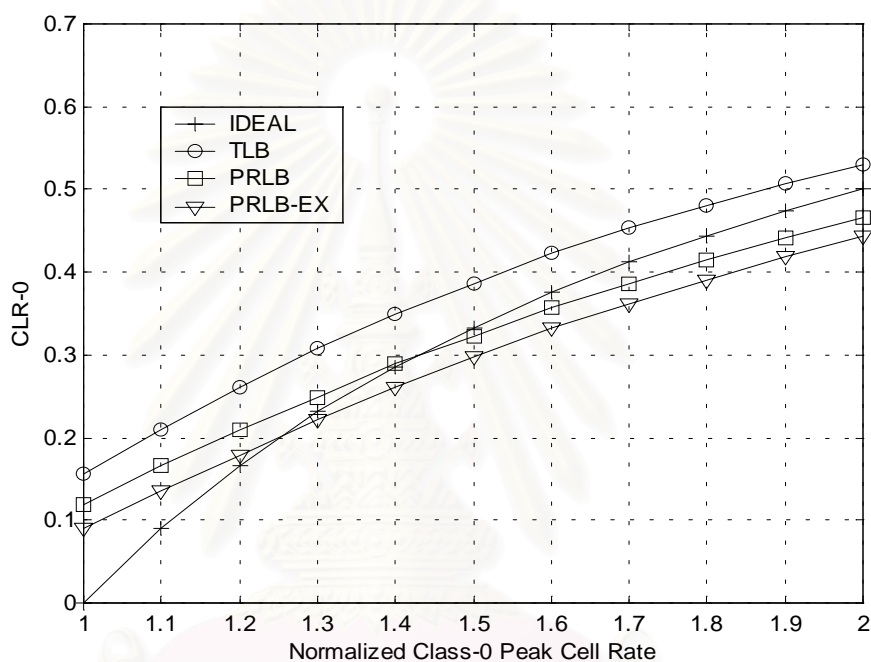
รูปที่ 4.43 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 ในวิธี TLB และ PRLB มีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า Delay-0 ที่เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.44 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB มีค่า Delay-1 คงที่ เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า Delay-1 ค่อนข้างคงที่เช่นกันโดยมีค่าสูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย สำหรับวิธี PRLB-EX มีค่า Delay-1 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB ที่ค่าอัตราการส่งเซลล์สูงสุดค่าต่างๆ และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดเพิ่มขึ้นแต่ยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

จากการทดสอบให้แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่าย พบว่าผลที่ได้นั้นใกล้เคียงและมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับกรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ แต่ในกรณีของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดนั้น กลไกถึงแม้ทั้ง 3 วิธีจะเริ่มทิ้งเซลล์ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดเท่ากับ 0.5 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ ส่วนในกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยจะเป็น 0.3 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ

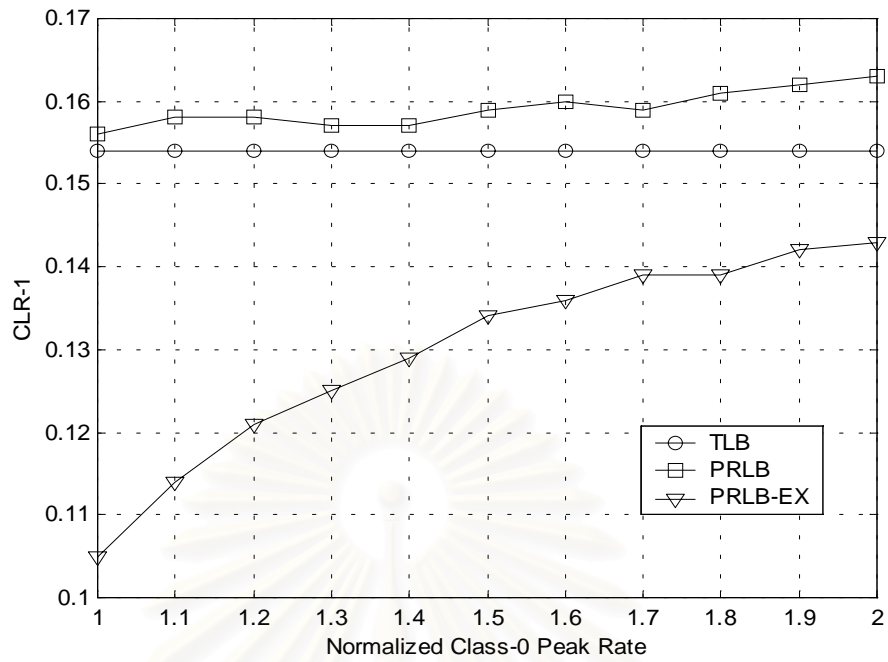
4.2.2.11 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกดึงรั้วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2

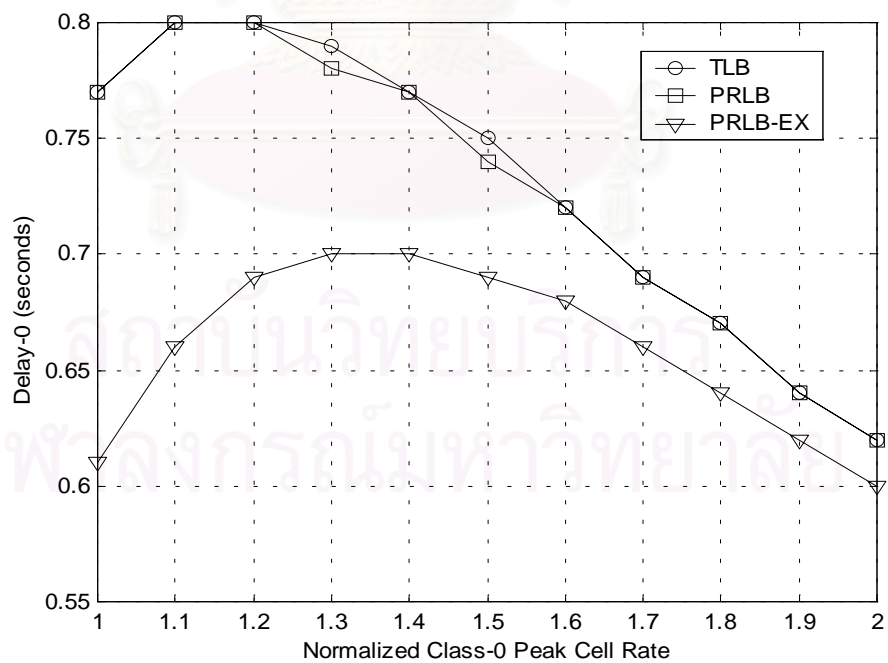


รูปที่ 4.45 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกดึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

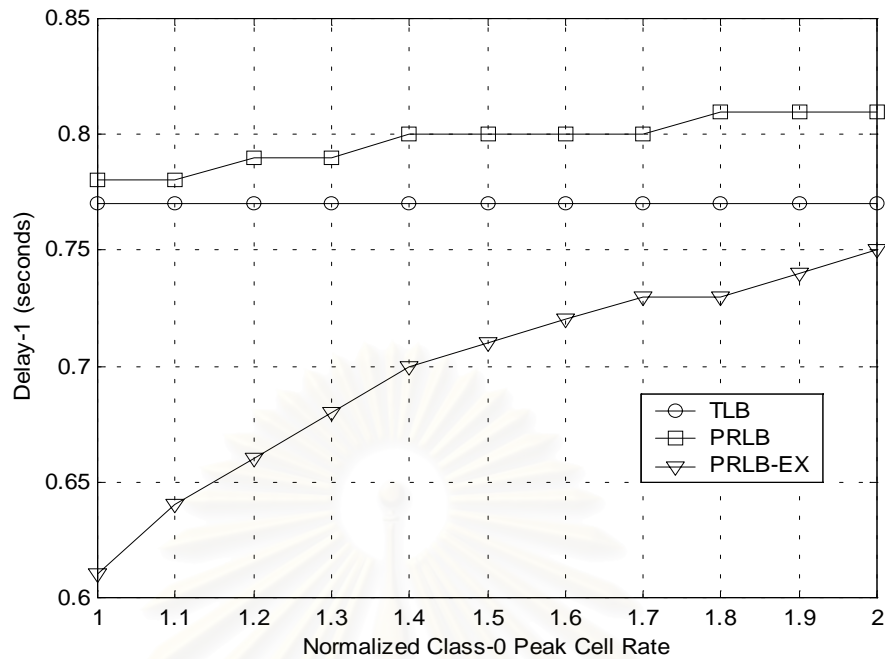
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.2.12 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.45 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX รวมทั้งค่าทางอุดมคติ (IDEAL) ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าผลที่ได้มีลักษณะเดียวกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยคือ วิธี TLB มีค่า CLR-0 ที่สูงกว่า IDEAL ตลอดช่วงของการเพิ่มอัตราการส่งเซลล์สูงสุด ส่วนวิธี PRLB และ PRLB-EX จะมีค่า CLR-0 ที่สูงกว่า IDEAL ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดค่าต่ำๆ และมีค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่า IDEAL ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดค่าสูงๆ แต่พบว่าค่า CLR-0 ในวิธี PRLB และ PRLB-EX จะมีค่าที่ใกล้เคียง IDEAL มากกว่ากรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย เนื่องจากเมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดมีค่าสูงๆ ทำให้คิวบัฟเฟอร์ที่มีอยู่ไม่สามารถรองรับเบิรสต์ที่เข้ามาได้เพียงพอ ทำให้เกิดการล้นคิวบัฟเฟอร์มากขึ้น ส่งผลให้ค่า CLR-0 มีค่าที่สูงขึ้น

รูปที่ 4.46 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าวิธี TLB มีค่า CLR-1 คงที่เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า CLR-1 ที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าวิธี TLB ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-1 ที่เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ยังรักษาให้มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้ โดยจะ

เห็นว่าค่า CLR-1 ของวิธี PRLB และ วิธี PRLB-EX ในกรณีนี้จะมีค่าที่ต่ำกว่ากรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.45 ที่ค่า CLR-0 มีค่าสูงกว่ากรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย

รูปที่ 4.47 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าผลที่ได้มีลักษณะเดียวกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย คือ ค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง จากนั้นเมื่อปรับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดให้มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า Delay-0 จะลดลง โดยในกรณีของอัตราการส่งเซลล์สูงสุด ค่า Delay-0 จะเพิ่มขึ้นและลดลงรวดเร็วกว่าในกรณีอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย

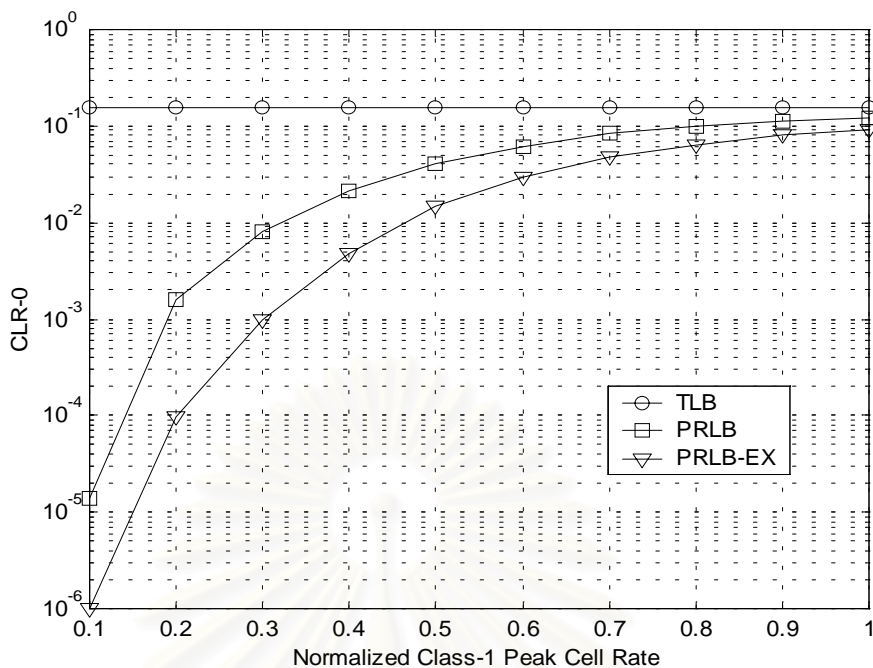
รูปที่ 4.48 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB มีค่า Delay-1 คงที่ เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า Delay-1 เพิ่มขึ้นและสูงกว่าวิธี TLB สำหรับวิธี PRLB-EX มีค่า Delay-1 ที่เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และวิธี PRLB ได้

จากผลการทดสอบให้แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดมากกว่าที่ตกลงไว้ พบว่าผลที่ได้มีแนวโน้มคล้ายกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเช่นกัน โดยในกรณีของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดจะมีค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ที่สูงกว่า เนื่องจากเมื่อเซลล์มีลักษณะเป็นเบิรสต์สูง จะทำให้คิวบัฟเฟอร์ที่มีอยู่ไม่สามารถรองรับเซลล์ได้เพียงพอ

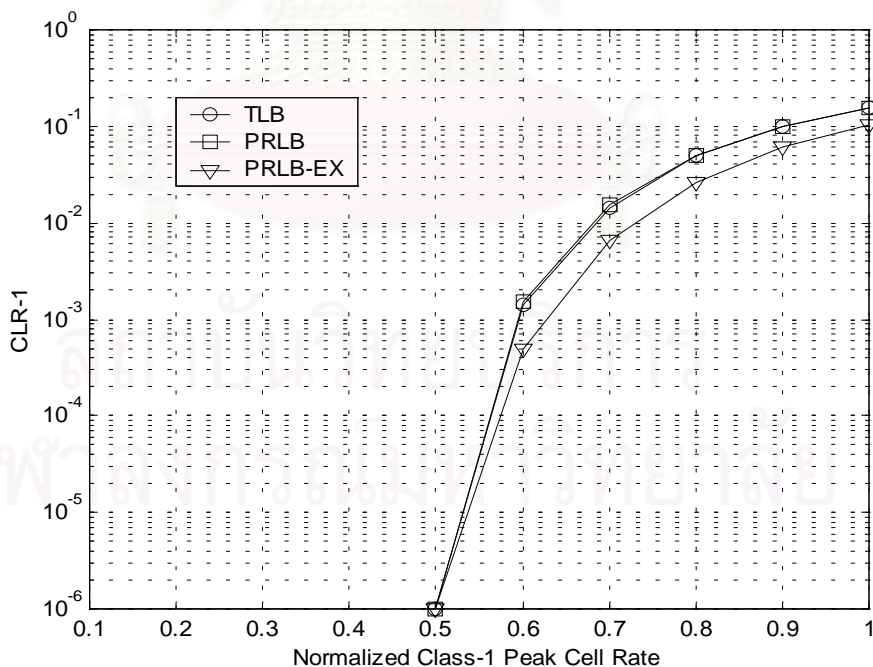
4.2.2.13 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงรับแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2

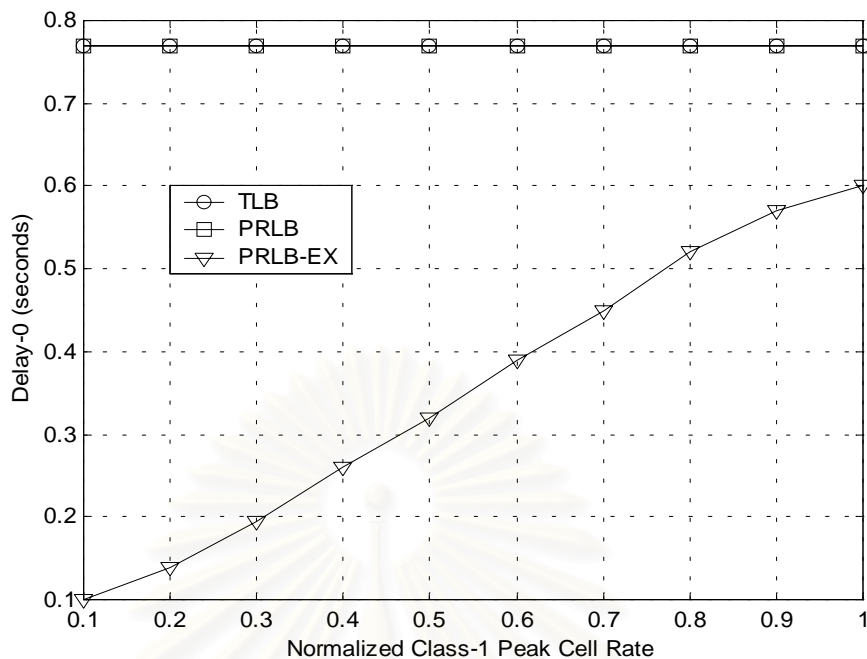
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



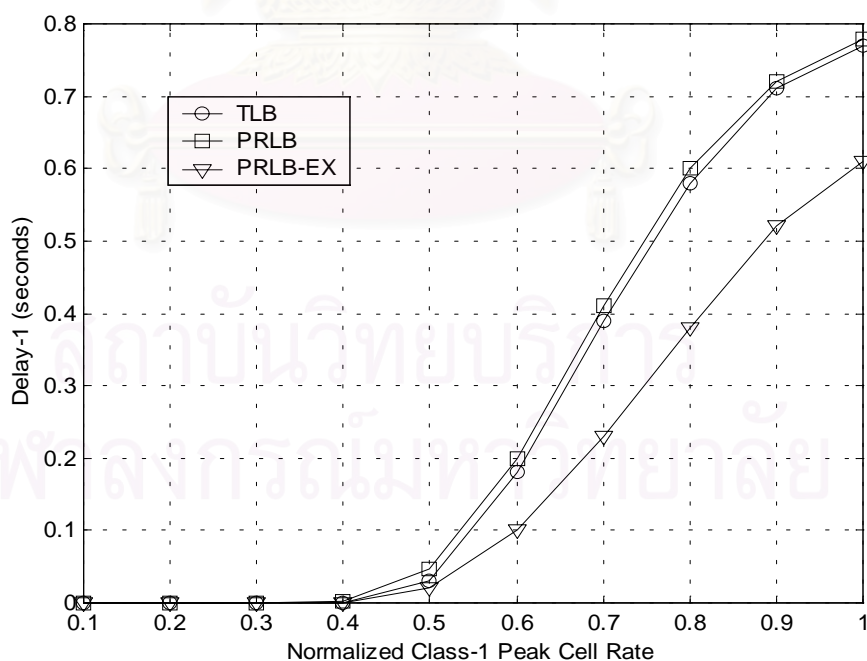
รูปที่ 4.49 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงคิวแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงคิวแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.2.14 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.49 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้คล้ายกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย คือ วิธี TLB มีค่า CLR-0 คงที่เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB สำหรับวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-0 ที่ต่ำกว่าทั้งวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.50 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี TLB มีค่า CLR-1 ที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น ส่วนวิธี PRLB มีค่า CLR-1 ที่ใกล้เคียงกับวิธี TLB โดยมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย สำหรับวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

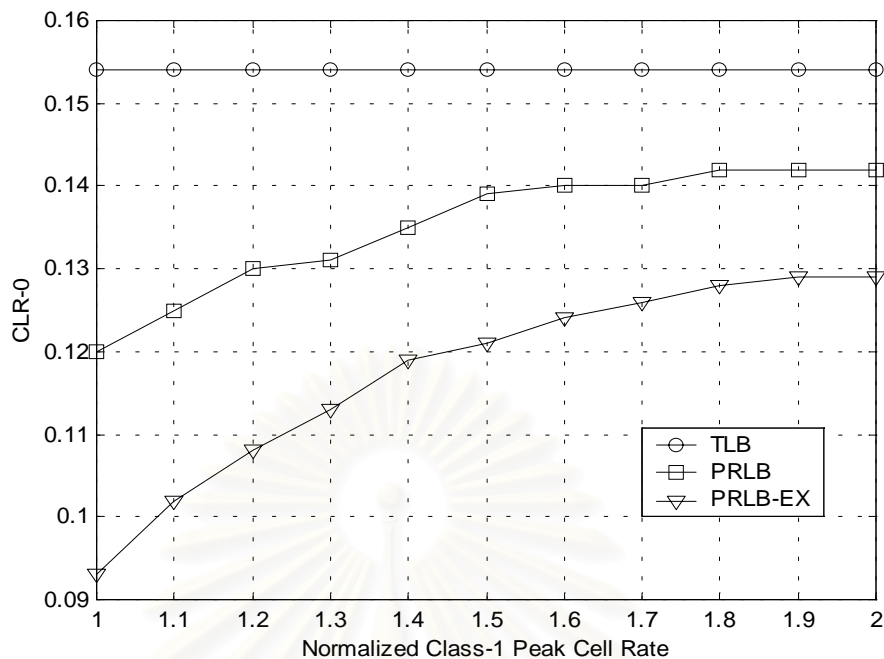
รูปที่ 4.51 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า Delay-0 ในวิธี TLB มีค่าคงที่ เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า Delay-0 ที่คงที่เช่นกันและมีค่าใกล้เคียงกับวิธี TLB ส่วนในวิธี PRLB-EX พบว่าค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ยังมีค่าที่น้อยกว่าวิธี TLB และ PRLB

รูปที่ 4.52 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ผลของทั้ง 3 วิธีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยวิธี PRLB มีค่า Delay-1 สูงกว่าวิธี TLB เล็กน้อย ส่วนวิธี PRLB-EX จะมีค่า Delay-1 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB

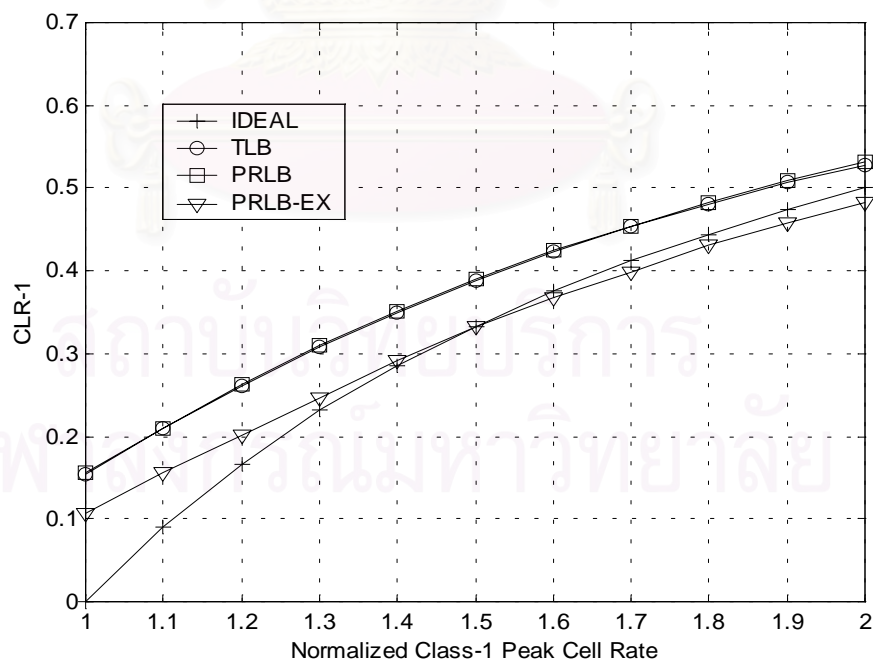
จากการทดสอบให้แหล่งกำเนิดทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย พบว่า ผลที่ได้ใกล้เคียงกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยคือวิธี PRLB และ PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0 ที่ดีกว่าวิธี TLB มากเมื่อแหล่งกำเนิดทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทรานฟฟิกน้อย

4.2.2.15 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

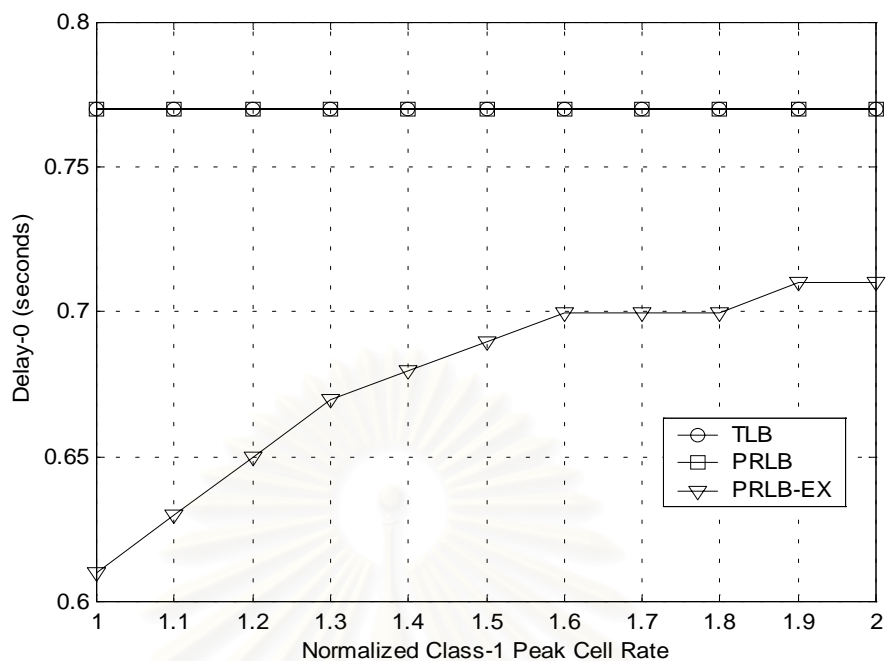
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทรานฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงร่วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2



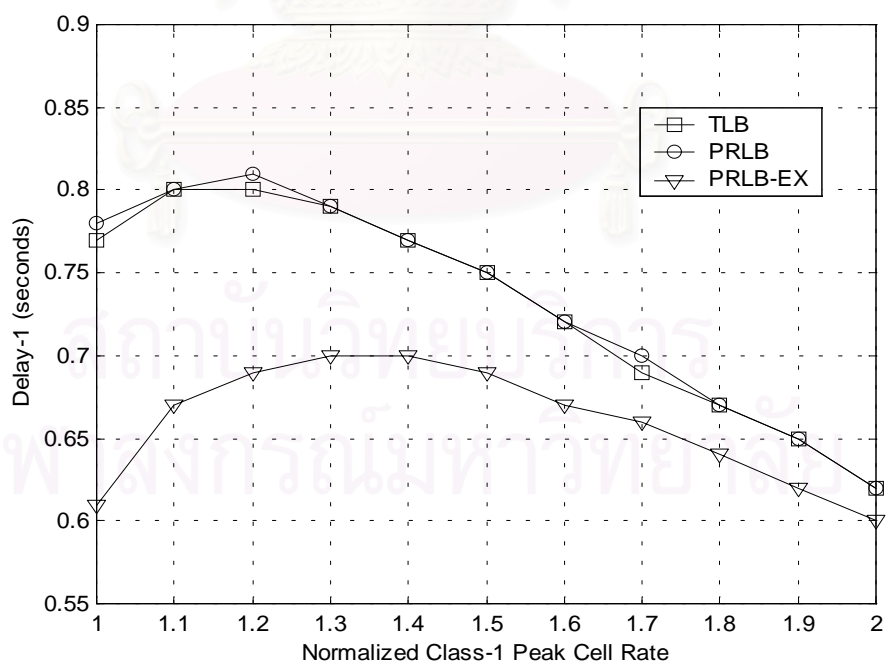
รูปที่ 4.53 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.54 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.55 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX



รูปที่ 4.56 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ TLB, PRLB และ PRLB-EX

4.2.2.16 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.53 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าผลที่ได้คล้ายกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย คือ ในวิธี TLB ค่า CLR-0 มีค่าคงที่เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB มีค่า CLR-0 เพิ่มขึ้น แต่ยังมีค่าต่ำกว่าวิธี TLB ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-0 เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB โดยค่า CLR-0 ในกรณีของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดมีค่าที่สูงกว่ากรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีความเป็นเบิรสต์สูง ทำให้โอกาสที่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะไปนำโหนดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มาใช้จึงน้อยลง

รูปที่ 4.54 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้คล้ายกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเช่นกันคือ ค่า CLR-1 ของวิธี TLB และ PRLB มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่า IDEAL ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า CLR-1 สูงกว่า IDEAL ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดค่าต่างๆ และมีค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่า IDEAL ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดค่าสูงๆ โดยพบว่าในกรณีของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดนี้ ค่า CLR-1 ของวิธี PRLB-EX จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับ IDEAL มากกว่าในกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย เนื่องจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีลักษณะเป็นเบิรสต์สูง คิวบัฟเฟอร์จึงไม่สามารถรองรับได้

รูปที่ 4.55 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 ในวิธี TLB และ PRLB มีค่าคงที่และมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า Delay-0 ที่เพิ่มขึ้นแต่ยังรักษาให้มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้

รูปที่ 4.56 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า Delay-1 ของทั้ง 3 วิธี มีแนวโน้มลักษณะเดียวกันคือมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง และมีค่าลดลง ผลที่ได้คล้ายกับในกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย โดยวิธี PRLB มีค่า Delay-1 ใกล้เคียงกับวิธี TLB ส่วนวิธี PRLB-EX มีค่า Delay-1 ต่ำกว่า

จากการทดสอบให้แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดมากกว่าค่าที่ตกลงไว้ พบว่าผลที่ได้ใกล้เคียงกับกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย แต่ค่า CLR-0 และค่า CLR-1 ของวิธี PRLB และ PRLB-EX ในกรณีอัตราการส่งเซลล์สูงสุดจะมีค่าที่สูงกว่า เนื่องจากมาจากความเป็นเบิรสต์สูงของทราฟฟิกชั้นที่ 1

4.2.2.9 สรุปผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ของแหล่งกำเนิดทราฟฟิก

จากการทดสอบที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงผลของการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดทราฟฟิก ได้แก่ อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติสภาพเลือกเฟ้น (Selectivity) ของกลไกถึงรั้ว พบว่าผลของการเปลี่ยนอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุดนั้นมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน จึงสรุปผลการทดสอบรวมได้เป็น 4 กรณี คือ

1. กรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกน้อยกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ผลที่ได้แสดงว่าวิธี TLB มีข้อดีตรงที่การเพิ่มหรือลดอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นหนึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อทราฟฟิกอีกชั้นหนึ่ง เพราะกลไกทำงานเป็นอิสระต่อกัน ส่วนวิธี PRLB เดิมพบว่าจากการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะส่งผลให้ค่า CLR-0 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB แต่ค่า Delay-0 มีค่าที่ใกล้เคียงกับวิธี TLB โดยที่ต้องแลกกับการที่ค่า CLR-1 และ Delay-1 ที่ต่ำกว่าวิธี TLB เนื่องจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีลำดับความสำคัญต่ำ ส่วนวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอใหม่นั้น ถึงแม้ว่าจะมีการให้ลำดับความสำคัญกับทราฟฟิกชั้นที่ 0 เหมือนวิธี PRLB แต่ทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีลำดับความสำคัญต่ำจะมีคุณภาพของบริการคือ CLR-1 และ Delay-1 ที่ดีขึ้นด้วย เนื่องจากการเพิ่มบอโคโนเค้นพิเศษ ส่งผลให้ค่า CLR-0, Delay-0, CLR-1 และ Delay-1 ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB เดิม ดังตารางที่ 4.4 โดยเฉพาะเมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีปริมาณน้อย โคโนเค้นที่เหลือใช้ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จะถูกนำไปสะสมไว้ในบอโคโนเค้นพิเศษให้ทราฟฟิกชั้นที่ 1 นำไปใช้ได้ ซึ่งเป็นการนำทรัพยากรโครงข่ายที่เหลือมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นข้อดีที่ไม่มีในวิธี TLB และ PRLB เดิม

2. กรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกเกินกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่สูงกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ผลที่ได้แสดงว่าทั้ง 3 วิธีไม่สามารถจัดการกับทราฟฟิกเกินได้เหมือนในอุดมคติ (IDEAL) ดังตารางที่ 4.5 โดยเฉพาะวิธี PRLB และ PRLB-EX นั้นปล่อยให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เข้าไปได้มากกว่าทางอุดมคติ เนื่องจากค่าทางอุดมคติไม่มีการคิดการให้ลำดับความสำคัญ เมื่อมีการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 มากกว่า ทราฟฟิกชั้นที่ 0 จึงผ่านเข้าไปได้มาก ดังนั้นจะตัดสินการควบคุมทราฟฟิกเกินจาก IDEAL อาจไม่ถูกต้อง จึงตรวจวัดผลกระทบของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่วนเกินนี้ที่มีต่อคุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 1 แทน ซึ่งผลที่ได้พบว่าวิธี PRLB-EX สามารถรักษาให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้ ดังตารางที่ 4.6

3. กรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกน้อยกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย พบว่าวิธี TLB ซึ่งทำงานเป็นอิสระต่อกันจะให้คุณภาพของบริการเท่าเดิม ส่วน วิธี PRLB และวิธี PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0 ที่ดีขึ้นเมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าต่ำ เพราะทราฟฟิกชั้นที่ 0 สามารถไปแย่งโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มาได้มากขึ้น แต่วิธี PRLB-EX มีการใช้บอโทเค้นพิเศษเพิ่มทำให้สามารถนำประโยชน์ที่โทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เหลือมาใช้ได้มากกว่า ส่งผลให้ค่า CLR-0, CLR1, Delay-0 และ Delay -1 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB ดังตารางที่ 4.7

4. กรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกเกินกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่สูงกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย พบว่าทั้ง 3 วิธีไม่สามารถทำงานได้ตามอุดมคติเหมือนในกรณีที่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกเกิน แต่ผลที่ได้ในวิธี PRLB และ PRLB-EX จะตรงข้ามกับกรณีในข้อ 2 คือทั้ง 2 วิธีจะทิ้งเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มากกว่าทางอุดมคติ ซึ่งก็เป็นเพราะทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีลำดับความสำคัญต่ำ ดังตารางที่ 4.8 เมื่อพิจารณาผลกระทบที่มีต่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 ดังตารางที่ 4.9 ก็พบว่าวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอ นั้นยังคงสามารถรักษาให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้

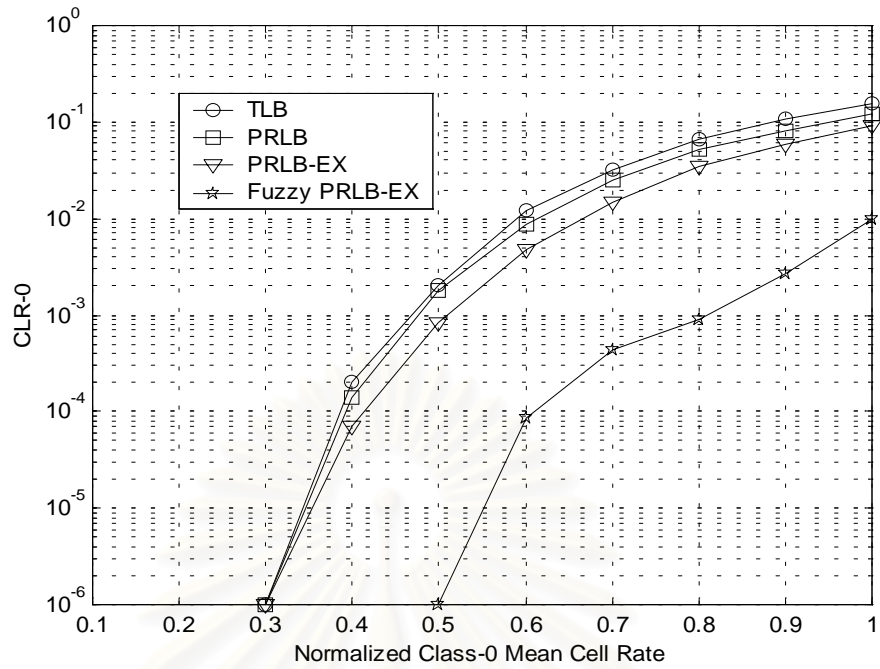
จากทั้ง 4 กรณีสรุปได้ว่าวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอใหม่นั้นสามารถให้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกทั้ง 2 ชั้น ได้ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB เดิม ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงผลของการประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกกับวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอ เพื่อให้สามารถจัดการกับทราฟฟิกในสถานะต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม และได้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกที่ดีขึ้น

4.3 ผลการจำลองแบบกลไกถึงรั้วแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บอโทเค้นพิเศษและควบคุมด้วยฟัซซีลอจิก

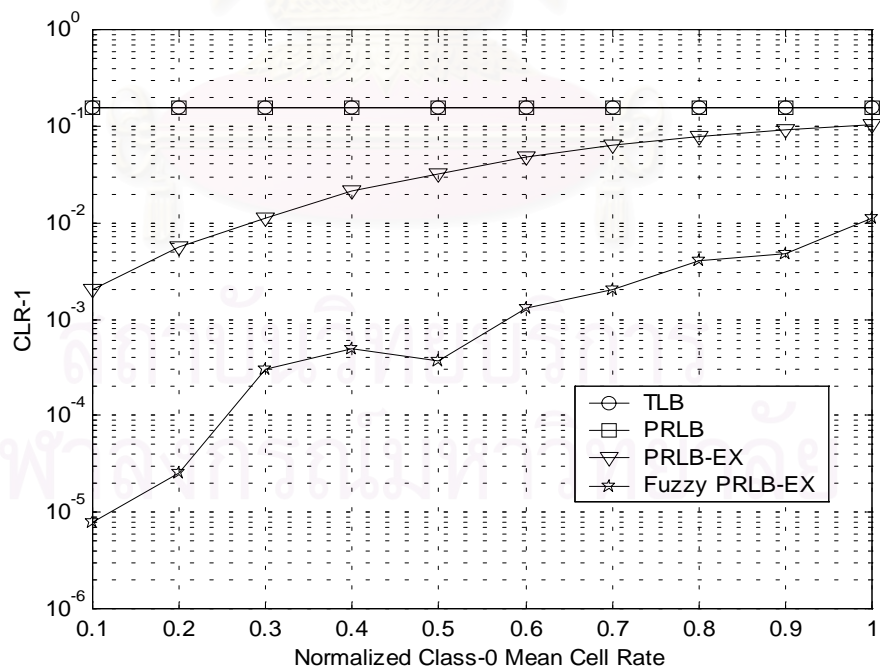
4.3.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆของแหล่งกำเนิดทราฟฟิก

4.3.1.1 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

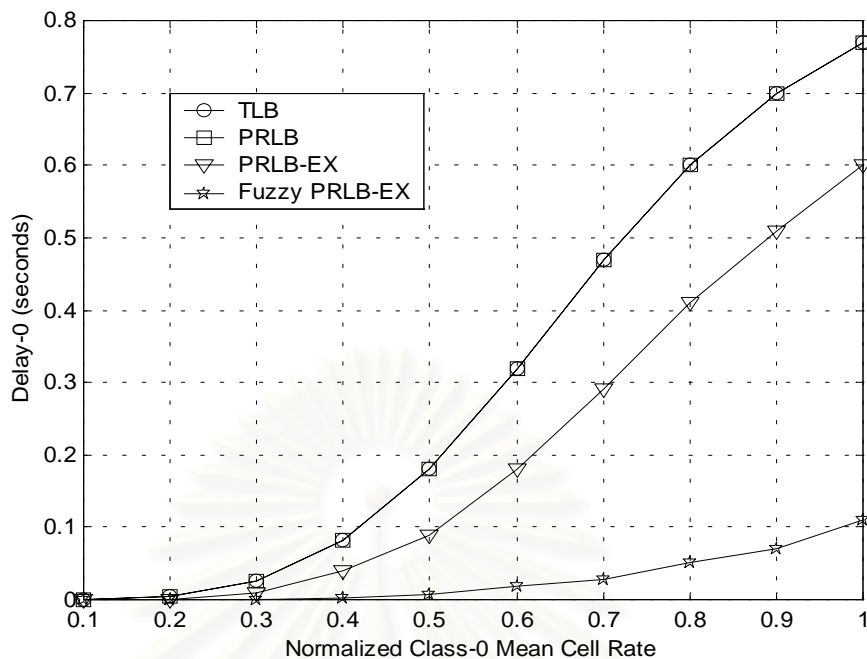
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงรั้วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมฟัซซี-0 และตัวควบคุมฟัซซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



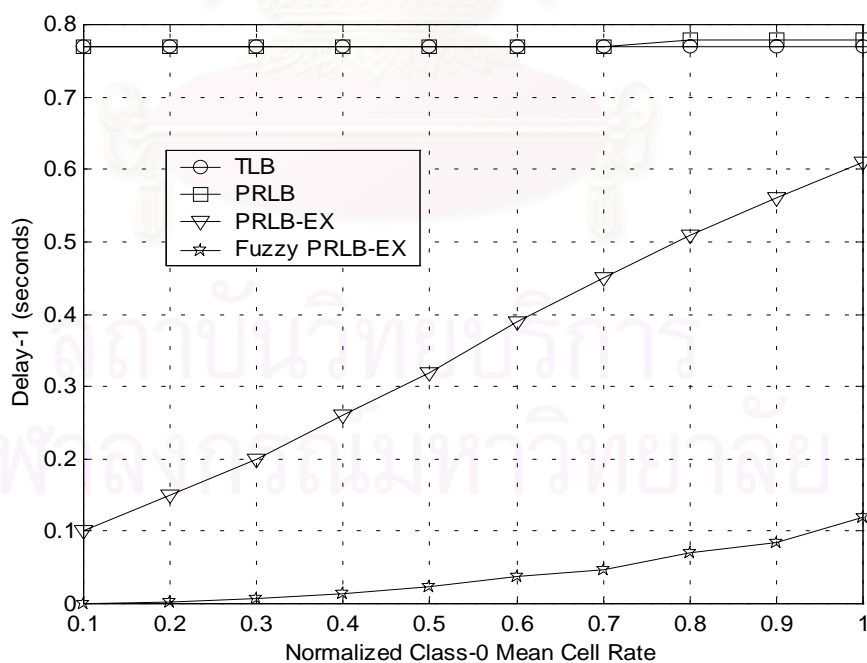
รูปที่ 4.57 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.58 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.59 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.60 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX

ตารางที่ 4.10 คุณภาพของบริการของวิธี PRLB-EX และวิธี Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB ที่สภาวะโหลดปกติ

PRLB-EX				Fuzzy PRLB-EX			
CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1
+39.61%	+32.7%	+22.08%	+19.48%	+94.48%	+93.7%	+85.7%	+84.4%

ตารางที่ 4.11 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ต่ำกว่าที่ตกลงไว้

PRLB-EX				Fuzzy PRLB-EX			
CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1
+42%	+70.21%	+40.13%	+56.85%	+98.42%	+98.3%	+83.8%	+94.7%

4.3.1.2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.57 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยวิธี Fuzzy PRLB-EX สามารถรักษาค่า CLR-0 ให้มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ (น้อยกว่า 10^{-6}) ได้จนถึงค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 0.5 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ในขณะที่วิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX รักษาค่า CLR-0 ให้มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ได้ถึงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 0.3 เท่าของค่าที่ตกลงไว้เท่านั้น นอกจากนี้ที่ค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยค่าอื่นๆซึ่งมีค่าต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้ก็พบว่าค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ด้วย เพราะกฎของตัวพีซี-0 ที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 2.1 นั้นจะให้อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 มีค่าที่สูงกว่าค่าปกติถ้าแหล่งกำเนิดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ ดังนั้นเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จึงมีโอกาสได้รับโทเค็นมากขึ้นทำให้ค่า CLR-0 มีค่าต่ำกว่า

รูปที่ 4.58 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าในขณะที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าคงที่นั้น ค่า CLR-1 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เพิ่มขึ้น โดยค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX จะมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ

PRLB-EX เนื่องจากพัชชีลอจิกให้อัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าปกติ ทำให้เซลล์ชั้นที่ 0 มาแย่งใช้โทเค้นจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 น้อยลง รวมทั้งทำให้ปริมาณโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ล้นเข้าสู่อุบัติพิเศษก็มีมากขึ้นด้วย ทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้รับโทเค้นมากขึ้น ค่า CLR-1 จึงมีค่าลดลง

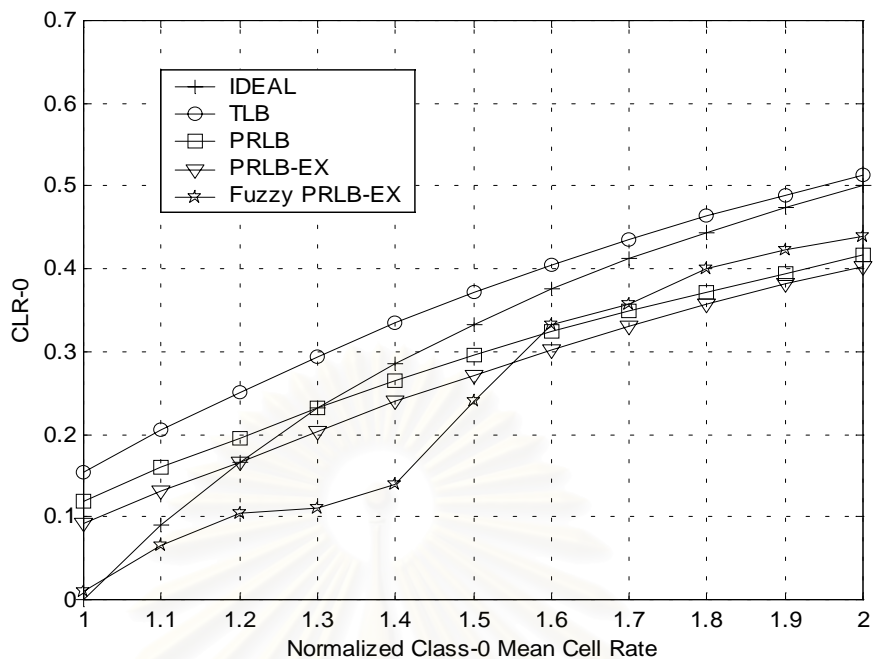
รูปที่ 4.59 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากพัชชีลอจิกให้อัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าอัตราปกติ ทำให้โทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มาเร็วขึ้น

รูปที่ 4.60 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-1 มีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 เพิ่มขึ้น โดยค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เพราะอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ยังคงมีค่าปกติซึ่งจากกฎของพัชชี-1 ในตารางที่ 2.2 จะให้อัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าปกติ ซึ่งช่วยทำให้ค่า Delay-1 มีค่าที่ต่ำกว่าในวิธีอื่นๆ ได้

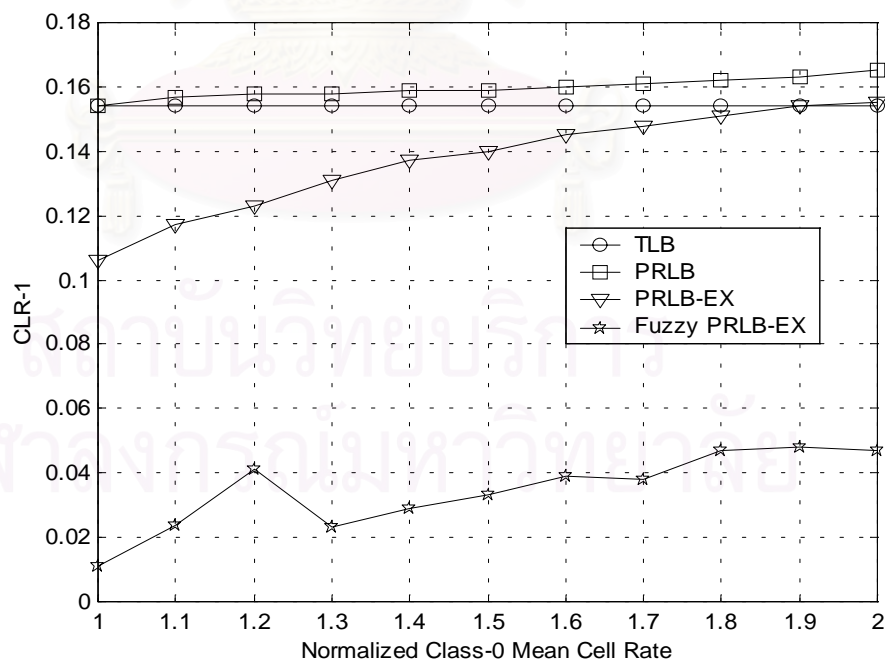
ตารางที่ 4.10 แสดงคุณภาพของบริการของวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับวิธี TLB ที่โหลดปกติ จะเห็นว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ให้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกทั้ง 2 ประเภทที่สูงกว่าวิธี PRLB-EX ตารางที่ 4.11 ซึ่งเป็นกรณีที่โหลดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ต่ำกว่าปกติพบว่า วิธี Fuzzy PRLB-EX ใช้ประโยชน์ของโทเค้นที่เหลือของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ทำให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 ดีขึ้นจาก 93.7 % เป็น 98.3 % และ 84.4 % เป็น 94.7 % ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าค่า CLR-1 และ Delay-1 ของวิธี PRLB-EX ซึ่งมีค่าที่ดีขึ้นเช่นกันได้เพียง 70.21 % และ 56.85 % ตามลำดับ

4.3.1.3 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

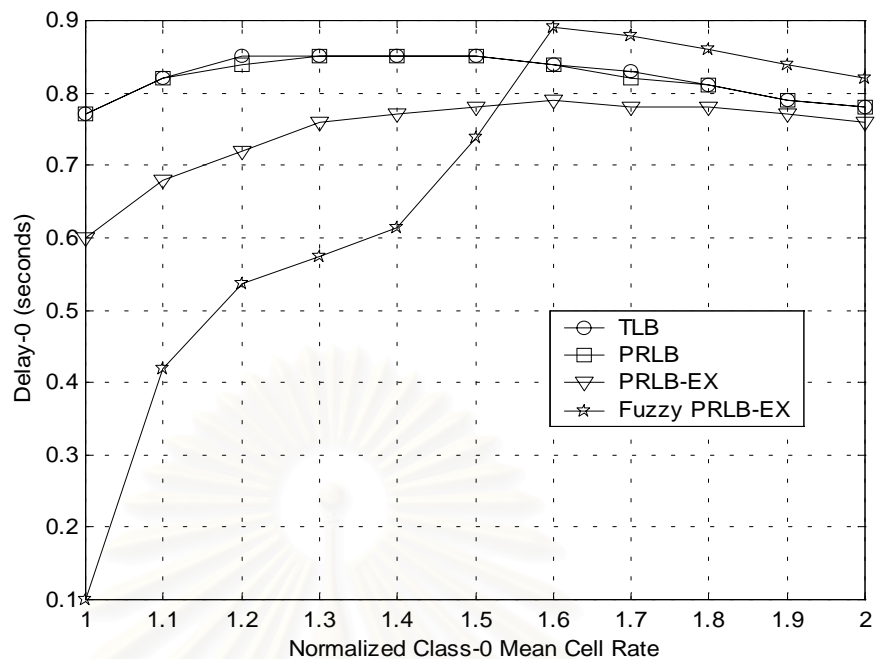
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถังรับแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพัชชี-0 และตัวควบคุมพัชชี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



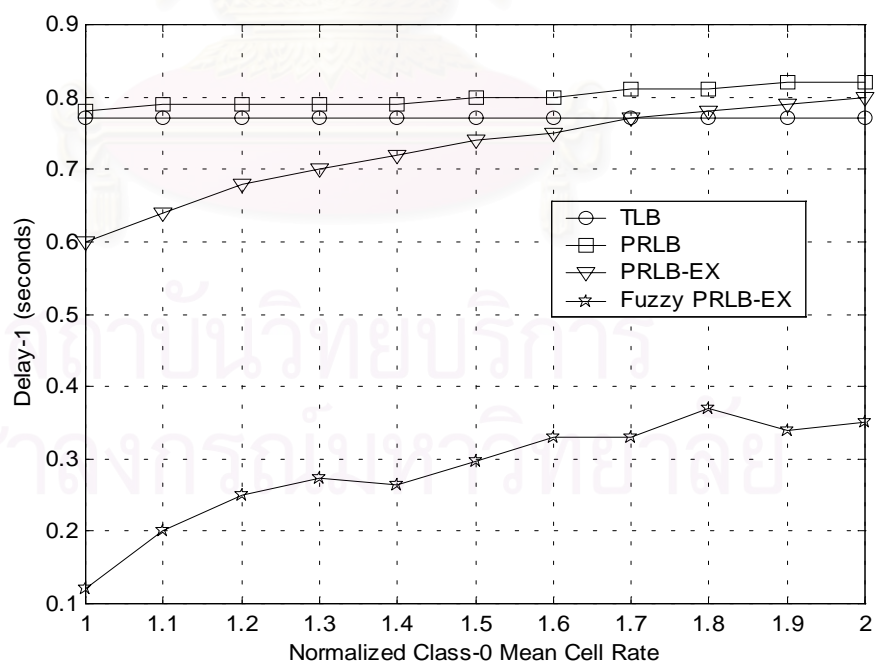
รูปที่ 4.61 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.62 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.63 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.64 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ Fuzzy PRLB-EX

ตารางที่ 4.12 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าที่ตกลงไว้

PRLB-EX				Fuzzy PRLB-EX			
CLR-0 (IDEAL)	CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-0 (IDEAL)	CLR-1	Delay-0	Delay-1
+10%	+11.54%	+10.35%	+5.9%	+25.4%	+77.56%	+19.7%	+63.1%

4.3.1.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.61 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า เมื่อแหล่งกำเนิดส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้ (1 เท่า) ค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX จะมีค่า CLR-0 ประมาณศูนย์ซึ่งใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติและมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากที่ค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 1 เท่าซึ่งเป็นค่าปกติที่ตกลงไว้กับโครงข่าย พืชซิลอจิกจะให้ค่าอัตราการสร้างโทเค้นของบอโทเค้น-0 สูงกว่าค่าปกติเล็กน้อย ทำให้ค่า CLR-0 มีค่าต่ำกว่าวิธีอื่น เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นพบว่าค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากในช่วงนี้ค่า MCRR-0 จะอยู่ในเขต H (High) แสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกเกินค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ซึ่งพืชซิลอจิกจะลงโทษแหล่งกำเนิดนั้นโดยปรับให้ค่าอัตราการสร้างโทเค้นมีค่าที่ต่ำกว่าปกติเล็กน้อย โดยค่า CLR-0 ในช่วงนี้จะมีค่าต่ำกว่า IDEAL และวิธีอื่นๆ เมื่อค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1.5 เท่าของค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่ายขึ้นไป ซึ่งค่าของ MCRR-0 จะอยู่ในเขต VH (Very High) พืชซิลอจิกจะลดค่าอัตราการสร้างโทเค้นจากพืชซิลอจิกจนมีค่าที่ต่ำลงอย่างรวดเร็วทำให้ค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าที่สูงกว่าวิธี PRLB และ PRLB-EX และมีค่าที่ใกล้เคียงกับ IDEAL จะเห็นว่าถ้าพิจารณาโดยใช้ IDEAL เป็นเกณฑ์ ในช่วงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 1.1-1.5 เท่าของค่าที่ตกลงไว้ วิธี Fuzzy PRLB-EX จะลงโทษแหล่งกำเนิดน้อยกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากกฎและฟังก์ชันสมาชิกออกแบบไว้เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นไม่ให้ค่า CLR-0 สูงเกินไปในกรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งเซลล์ด้วยอัตราปกติ ซึ่งในบางช่วงเวลาอัตราที่ส่งอาจแกว่งเกินกว่าค่าปกติได้ ส่วนในช่วง 1.5-2 เท่า นั้น วิธี Fuzzy PRLB-EX จะลดอัตราการสร้างโทเค้นลงมากกว่าเดิม เพื่อลงโทษแหล่งกำเนิดได้เต็มที่ ทำให้ CLR-0 มีค่าที่ใกล้เคียงกับ IDEAL มากกว่าวิธีอื่นๆ

รูปที่ 4.62 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า CLR-1 ในวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าที่

เพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าเพิ่มขึ้น อัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่คำนวณจากพีชชีลอจิกก็จะมีค่าลดลงเพื่อป้องกันไม่ให้ทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่วนเกินผ่านเข้าไปได้มากเกินไป แต่จากการให้ลำดับความสำคัญและการใช้บอโตะพิเศษร่วมกัน ทำให้ยังคงมีเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่วนเกินบางส่วนที่ยังคงผ่านไปได้จากการไปแย่งใช้โทเค็นของ ทราฟฟิกชั้นที่ 1 ค่า CLR-1 จึงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เราสามารถชดเชยผลตรงนี้ได้จากการที่เราปรับอัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ให้มีค่าสูงกว่าปกติเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าปกติ ทำให้ค่า CLR-1 ที่ได้จากวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

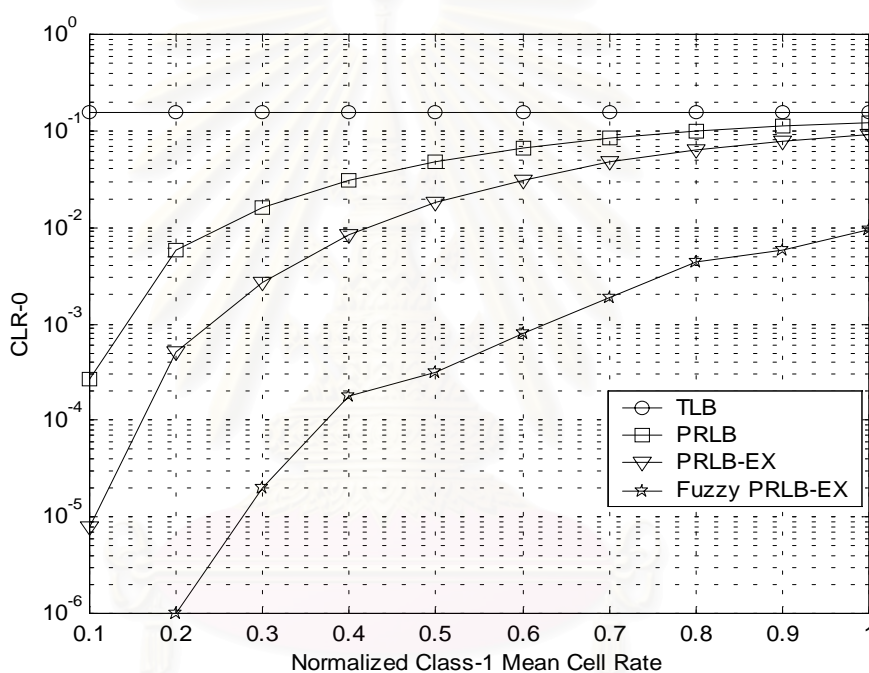
รูปที่ 4.63 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า Delay-0 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับค่าที่ตกลงไว้ เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้พีชชีลอจิกปรับลดอัตราการสร้างโทเค็นลง ทำให้เซลล์ต้องรอโทเค็นนานขึ้น ค่า Delay-0 จึงมีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนสูงกว่าวิธีอื่นๆ ที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 1.5 เท่าของค่าที่ตกลงไว้เหมือนในกรณีของค่า CLR-0 ในรูปที่ 4.61 ทำให้ค่า Delay-0 มีค่าที่สูงกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เล็กน้อย

รูปที่ 4.64 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นเดียวกับค่า CLR-1 แต่จากการใช้พีชชีลอจิกมาปรับอัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ด้วยก็ทำให้ค่า Delay-1 ที่ได้มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

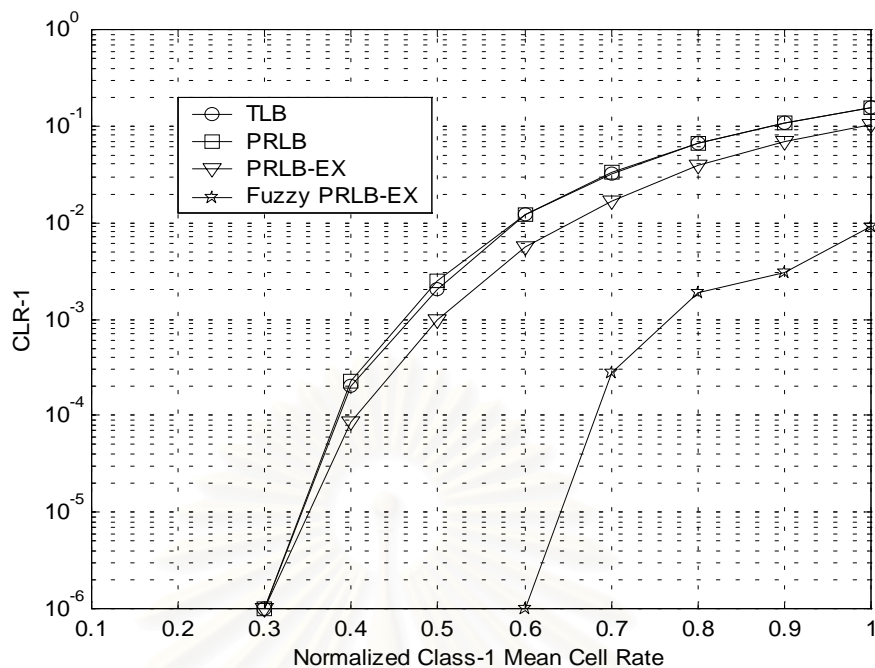
ตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วถึงวิธี Fuzzy PRLB-EX จะมีความคลาดเคลื่อนไปจาก IDEAL มากกว่าวิธี PRLB-EX โดยปล่อยให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ผ่านไปได้มากกว่า IDEAL 25.4 % ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาค่า CLR-1 และ Delay-1 ด้วย พบว่ายังคงรักษาให้มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี PRLB-EX ได้มากถ้าแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งเซลล์ตามข้อตกลง ตัวควบคุมพีชชี-1 จึงให้อัตราการสร้างโทเค็นเพิ่มเป็นการชดเชยกับผลกระทบจากทราฟฟิกชั้นที่ 0 โดยวิธี Fuzzy PRLB-EX ให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 ดีกว่าวิธี TLB ถึง 77.56 % และ 63.1 % ตามลำดับ ในขณะที่วิธี PRLB-EX ให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 ดีกว่าวิธี TLB เพียง 11.54 % และ 5.9 % ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าถึงวิธี Fuzzy PRLB-EX จะปล่อยให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ผ่านมากกว่าวิธีอื่นๆ แต่ยังคงควบคุมไม่ให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้

4.3.1.5 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

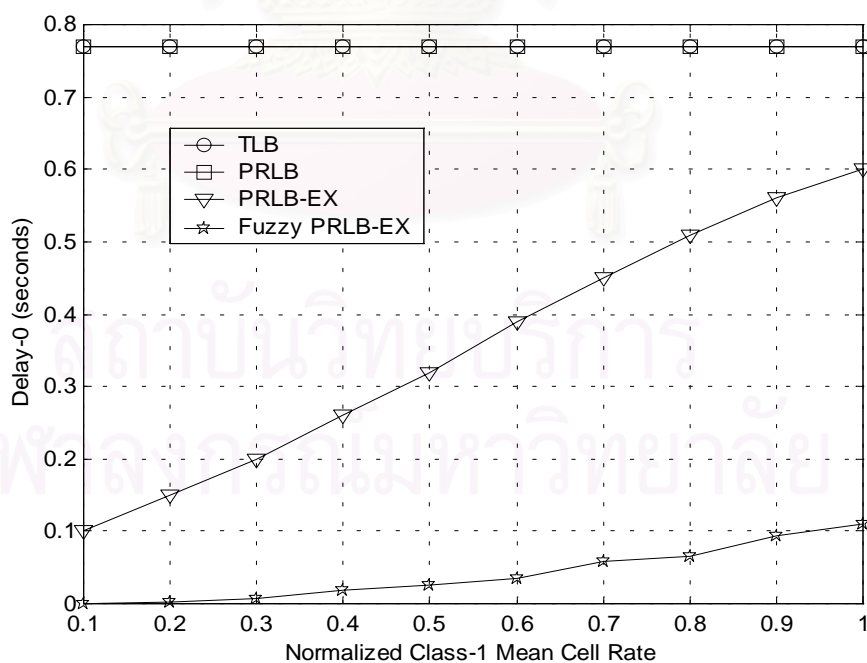
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถังรับแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพีซีซี-0 และตัวควบคุมพีซีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



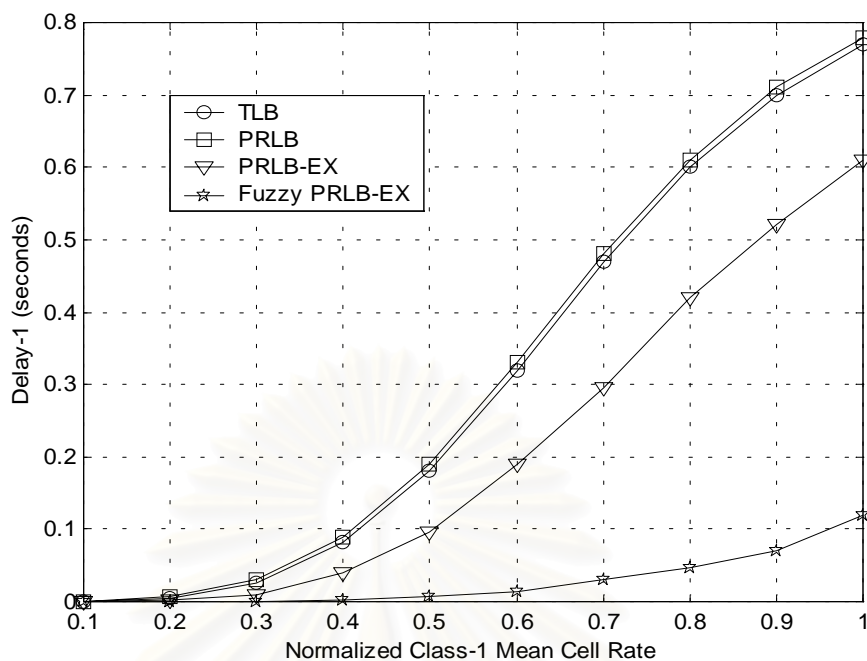
รูปที่ 4.65 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังรับแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.66 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.67 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.68 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX

ตารางที่ 4.13 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ต่ำกว่าที่ตกลงไว้

PRLB-EX				Fuzzy PRLB-EX			
CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1	CLR-0	CLR-1	Delay-0	Delay-1
+77.7%	+26.72%	+54%	+37.6%	+98.49%	+98.43%	+94.57%	+93.85%

4.3.1.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.65 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า CLR-0 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เพิ่มขึ้น โดยค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX จะมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ค่าปกติที่ซึ่ลลออกจิกจะให้ัอัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าปกติทำให้ CLR-0 มีค่าต่ำกว่า

ปกติอยู่แล้ว นอกจากนี้เมื่ออัตราการส่งเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าน้อย ฟิชซีลจิกก็จะให้อัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ค่าสูงๆ ทำให้โทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 และโทเค้นที่สะสมในบ่อโทเค้นพิเศษก็มีเพิ่มขึ้น เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จึงมีโอกาสได้รับโทเค้นมากด้วยค่า CLR-0 จึงมีค่าต่ำกว่าวิธีอื่นๆ

รูปที่ 4.66 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า วิธี Fuzzy PRLB-EX สามารถรักษาค่า CLR-1 ให้มีค่าที่ใกล้กับศูนย์ได้จนถึงค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 0.5 เท่าของค่าที่ตกลงไว้ ในขณะที่วิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX รักษาได้ถึงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ 0.3 เท่า แสดงให้เห็นว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ทำงานใกล้เคียงกับอุดมคติมากกว่า นอกจากนี้ที่ค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยค่าอื่นๆ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้ก็พบว่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ด้วย เนื่องจากฟิชซีลจิกจะให้อัตราการสร้างโทเค้นของบ่อโทเค้น-1 มีค่าที่สูงกว่าค่าปกติถ้าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ ดังนั้นเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 จึงได้รับโทเค้นมากขึ้นทำให้ ค่า CLR-1 จึงมีค่าต่ำกว่าวิธีอื่นๆ

รูปที่ 4.67 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 มีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 เพิ่มขึ้น โดยค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

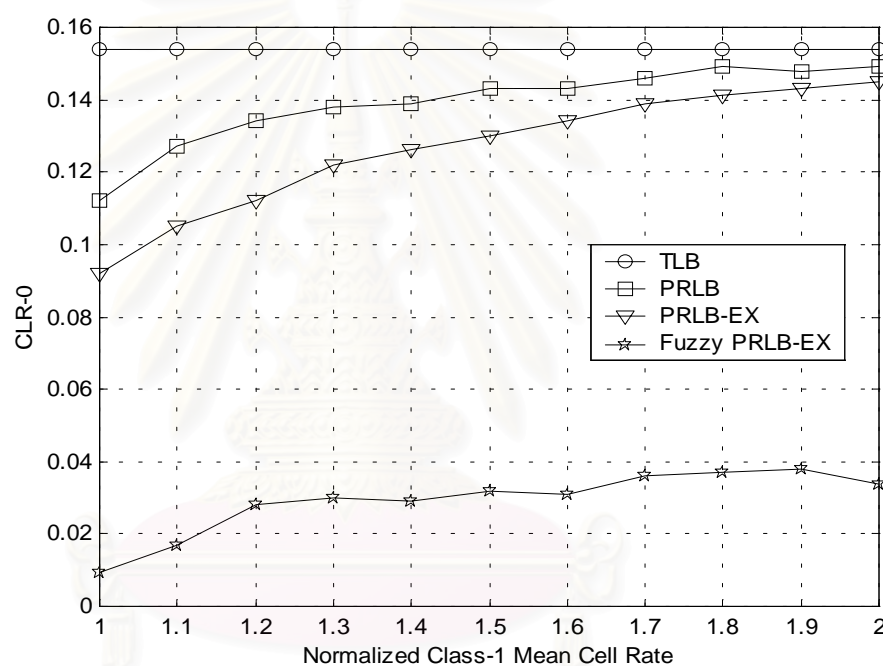
รูปที่ 4.68 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

ตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าเมื่อแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกน้อยกว่าค่าที่ตกลงไว้ วิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ที่ดีขึ้นและมีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB ถึง 98.49 % และ 94.57 % ตามลำดับ ในขณะที่วิธี PRLB-EX ให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ที่ดีขึ้นเช่นกันแต่ดีกว่าวิธี TLB เพียง 77.7 % และ 54 % เท่านั้น นอกจากนี้สำหรับค่า CLR-1 และ Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ก็มีค่าที่ดีกว่าวิธี PRLB-EX ด้วย

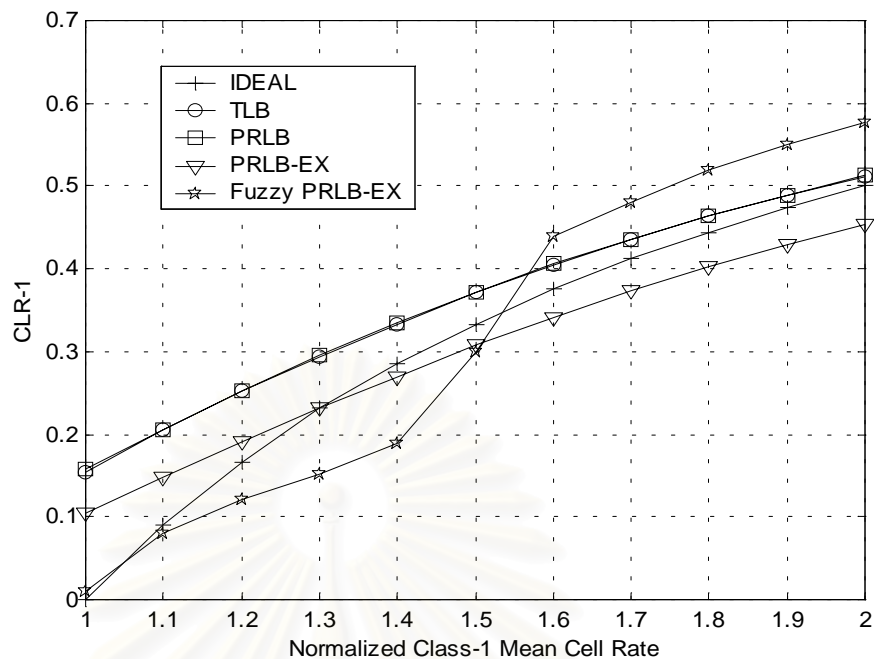
จากการทดสอบจะเห็นว่าผลของวิธี Fuzzy PRLB-EX จากการที่แหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกชั้นที่ 1 ต่ำกว่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้จะคล้ายกับกรณีที่แหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกชั้นที่ 0 ต่ำกว่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยคือจะทำให้ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ได้ และวิธี Fuzzy PRLB-EX ทำงานได้ใกล้เคียงกับอุดมคติมากขึ้นด้วย

4.3.1.7 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

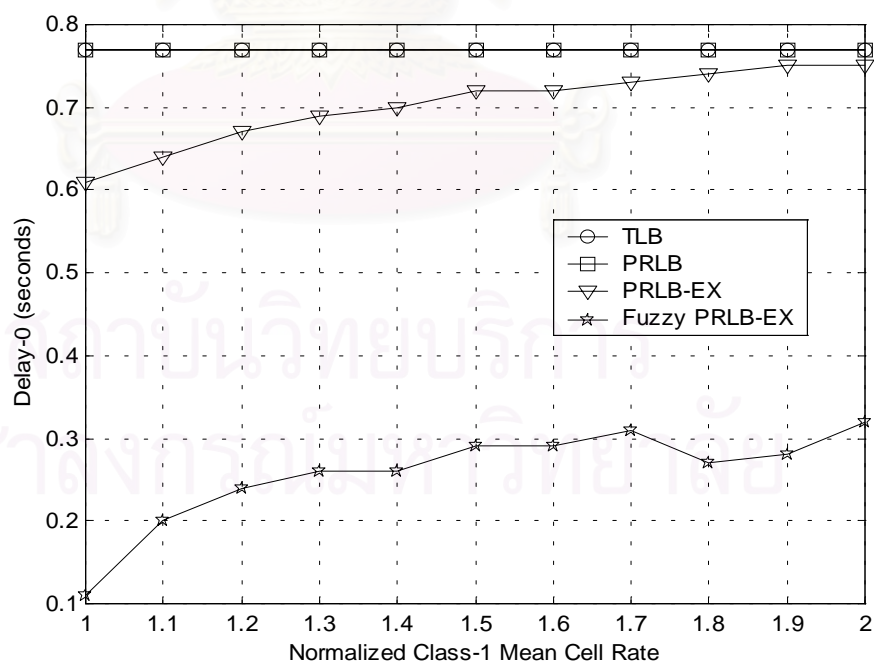
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงร้วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพีซีซี-0 และตัวควบคุมพีซีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



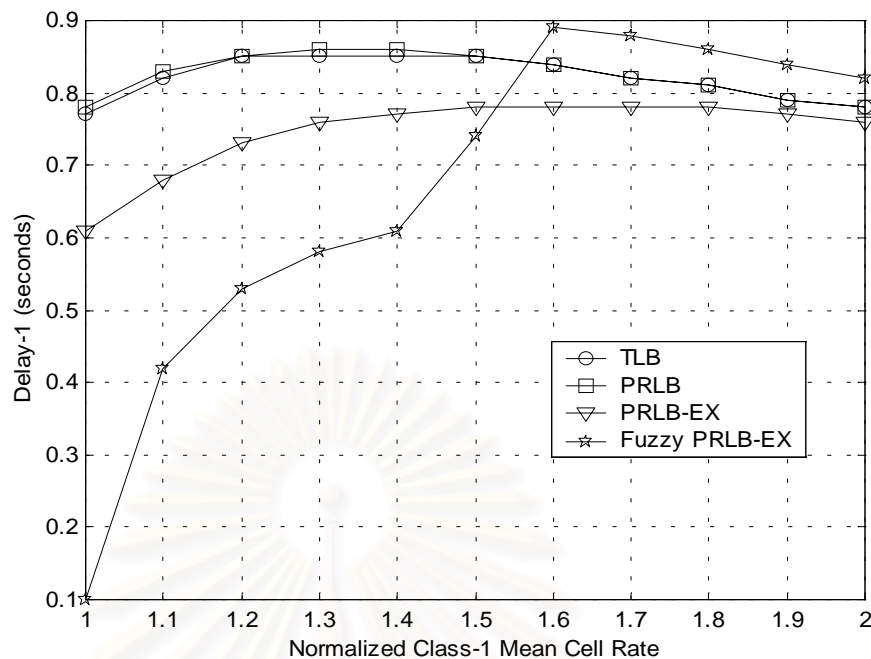
รูปที่ 4.69 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.70 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.71 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.72 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX

ตารางที่ 4.14 คุณภาพของบริการที่ได้จากวิธี PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับคุณภาพของบริการของวิธี TLB เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สูงกว่าที่ตกลงไว้

PRLB-EX				Fuzzy PRLB-EX			
CLR-0	CLR-1 (IDEAL)	Delay-0	Delay-1	CLR-0	CLR-1 (IDEAL)	Delay-0	Delay-1
+18%	-1.62%	+8.9%	+9.18%	+87.84%	-3.48%	+60.57%	+14.17%

4.3.1.8 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.69 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่า CLR-0 จากวิธี Fuzzy PRLB-EX ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

รูปที่ 4.70 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเท่ากับค่าที่

ตกลงไว้ (1 เท่า) ค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX จะมีค่า CLR-1 ประมาณศูนย์ซึ่งใกล้เคียงกับค่า IDEAL และมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากฟuzzyลอจิกให้อัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าค่าปกติ ทำให้ค่า CLR-1 มีค่าต่ำ เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นพบว่าค่า CLR-1 มีการปรับตัวสูงขึ้นแต่ค่อนข้างช้าเมื่อเทียบกับค่า IDEAL และวิธีอื่นๆ จนค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าประมาณ 1.5 เท่าของค่าที่ตกลงไว้ ซึ่งฟuzzyลอจิกปรับลดอัตราการสร้างโทเค็นลงต่ำมากทำให้ค่า CLR-1 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าที่สูงกว่า IDEAL ด้วยซึ่งแตกต่างกับ PRLB-EX ที่มีค่า CLR-1 ต่ำกว่า IDEAL ที่เป็นเช่นนี้เพราะทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีลำดับความสำคัญที่ต่ำกว่าทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่วนค่า IDEAL เป็นค่า CLR ของทราฟฟิกที่ไม่มีการให้ลำดับความสำคัญ ดังนั้นค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ซึ่งมีการให้ลำดับความสำคัญด้วยจึงควรมีค่าที่สูงกว่าในกรณี IDEAL ซึ่งวิธี Fuzzy PRLB-EX ก็ให้ค่า CLR-1 ในลักษณะดังกล่าว

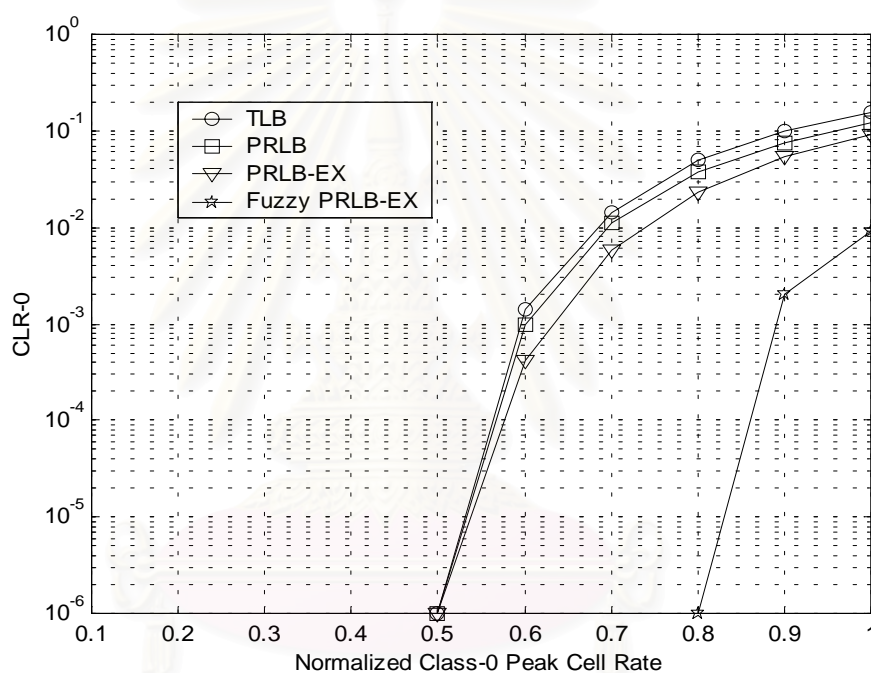
รูปที่ 4.71 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

รูปที่ 4.72 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า Delay-1 มีค่าที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าวิธี TLB, PRLB และวิธี PRLB-EX โดยพบว่าค่า Delay-1 จะเพิ่มขึ้นจนสูงกว่าวิธีอื่นๆ เมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่า 1.5 เท่าขึ้นไป ซึ่งค่า MCRR-1 อยู่ในเขต VH (Very High) ซึ่งตัวควบคุมฟuzzyจะลดอัตราการสร้างโทเค็นลงมากทำให้เซลล์ต้องรอโทเค็นนานขึ้น

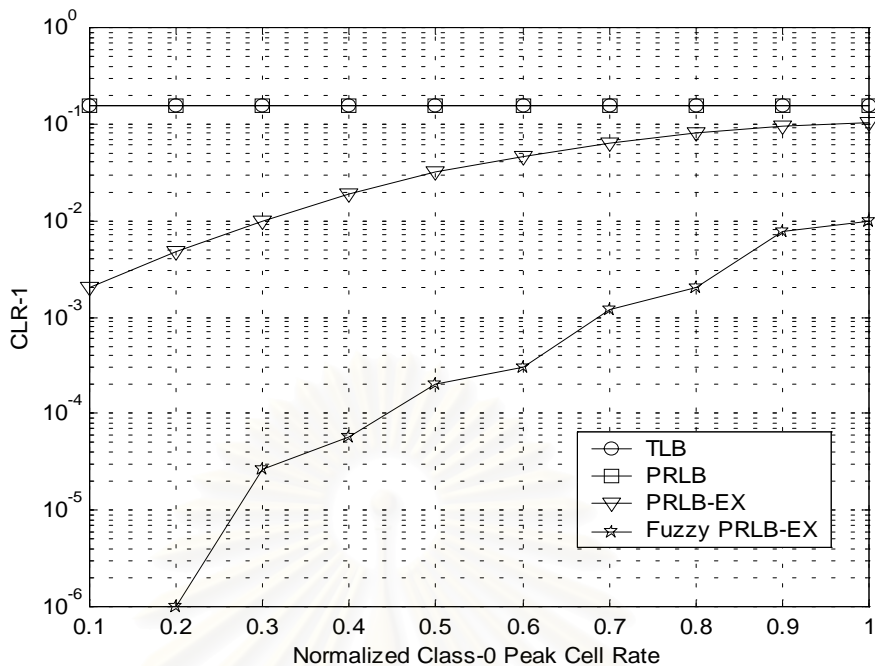
จากตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ให้ค่าที่คลาดเคลื่อนไปจาก IDEAL เฉลี่ยแล้วเท่ากับ -3.48 % หมายถึงวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่ทั้งเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มากกว่า IDEAL 3.48 % ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันกับวิธี PRLB-EX ที่ทั้งเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มากกว่า IDEAL ไป 1.62 % เมื่อพิจารณาค่า CLR-0 และ Delay-0 ด้วยพบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้คุณภาพดีกว่าวิธี TLB ถึง 87.84 % และ 60.57 % ในขณะที่วิธี PRLB-EX ให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 เพียง 18% และ 8.9 % ตามลำดับ จะเห็นว่าถึงแม้ทั้ง 2 วิธีจะตรวจวัดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่วนเกินได้ใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับ IDEAL แต่วิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ดีกว่า เมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกตามข้อตกลง

4.3.1.9 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

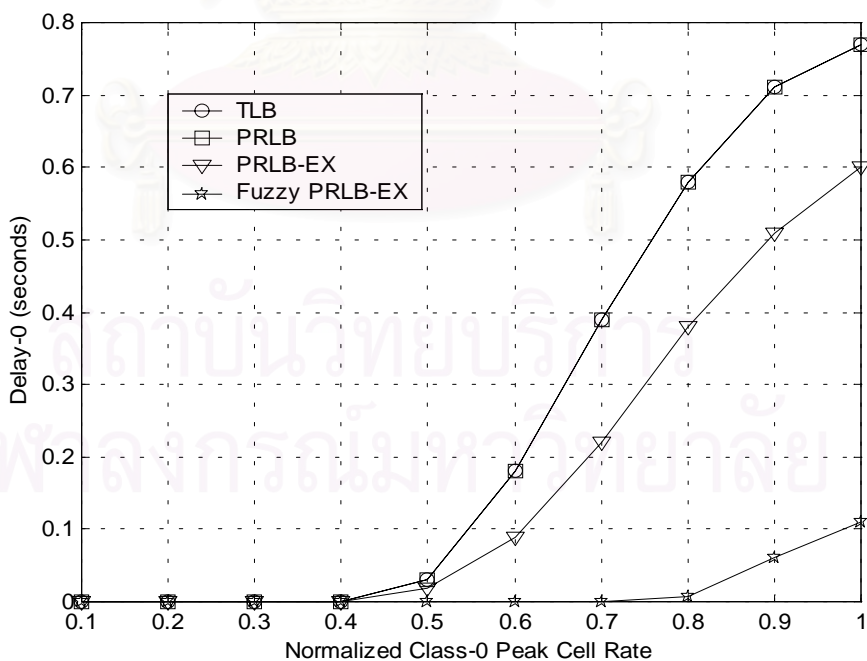
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงร่วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพีซีซี-0 และตัวควบคุมพีซีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



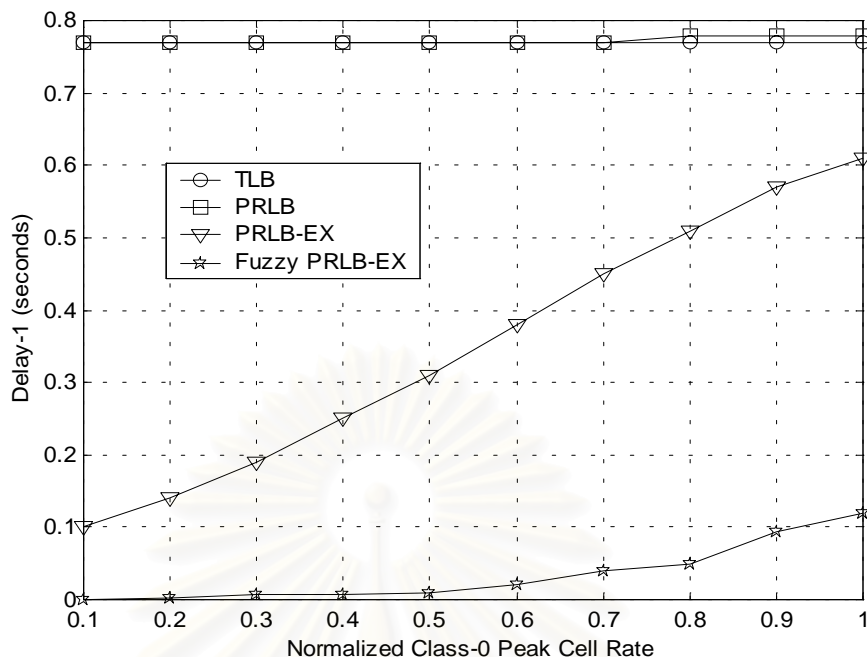
รูปที่ 4.73 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.74 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.75 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.76 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX

4.3.1.10 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.73 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ผลที่ได้คล้ายๆกับในกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย คือ วิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0 ที่มีค่าต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX มาก โดยเฉพาะที่ค่าอัตราการส่งเซลล์สูงสุดค่าต่ำ เนื่องจากพีซีลลจิกจะให้อัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าปกติเมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดมีค่าที่ต่ำกว่าค่าที่ตกลงไว้และอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับค่าที่ตกลงไว้ โดยค่า CLR-0 จะมีค่ามากกว่าศูนย์ เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดเท่ากับ 0.8 เท่าของค่าที่ตกลงไว้ในขณะที่วิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX จะมีค่า CLR-0 มากกว่าศูนย์เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดมีค่าเพียง 0.5 เท่าของค่าที่ตกลงไว้เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ใกล้เคียงกับอุดมคติมากกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

รูปที่ 4.74 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX จะมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากพีซีลลจิกให้อัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และทราฟฟิกชั้นที่ 1 สูงกว่าปกติทำให้เซลล์ชั้นที่ 0 มาแย่งใช้โทเค้นจากทราฟฟิก

ชั้นที่ 1 น้อยลง รวมทั้งทำให้ปริมาณโทเคนของทราฟฟิกชั้นที่ 0 และทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ล้นเข้าสู่บ่อโทเคนพิเศษก็มีมากขึ้นด้วยทำให้เซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีโอกาสได้รับโทเคนมากขึ้น ค่า CLR-1 จึงมีค่าต่ำลง

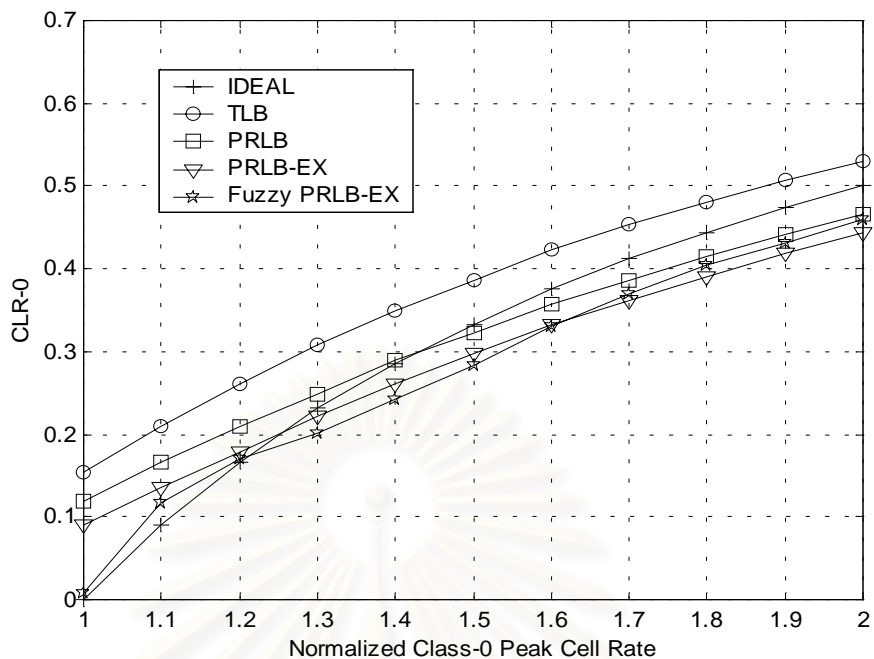
รูปที่ 4.75 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นโดยยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

รูปที่ 4.76 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-1 มีค่าที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

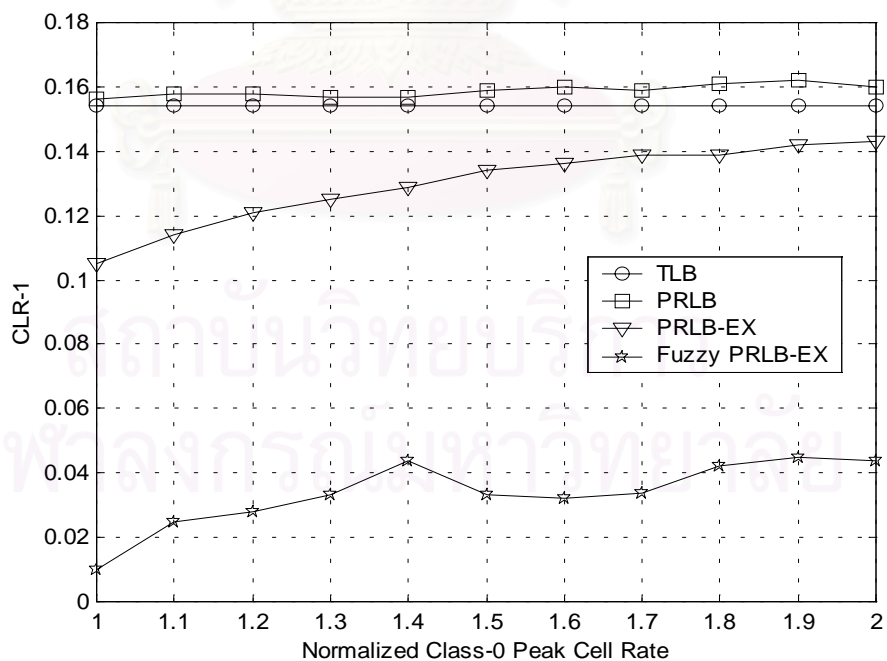
จากการทดสอบ เมื่อแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งเซลล์ด้วยอัตราเซลล์สูงสุดต่ำกว่าค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่ายแต่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยมีค่าตามที่ตกลงไว้ พบว่า ผลที่ได้มีแนวโน้มคล้ายกรณีของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย คือ วิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้เครดิตกับแหล่งกำเนิด โดยการเพิ่มอัตราการสร้างโทเคนให้กับทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งผลให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ดีกว่าวิธีอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีผลไปถึงทราฟฟิกชั้นที่ 1 ด้วยโดยทำให้ค่า CLR-1 และ Delay-1 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธีอื่นๆ ด้วยเพราะทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและสูงสุดตามที่ตกลงไว้ จึงได้รับเครดิตด้วย

4.3.1.11 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

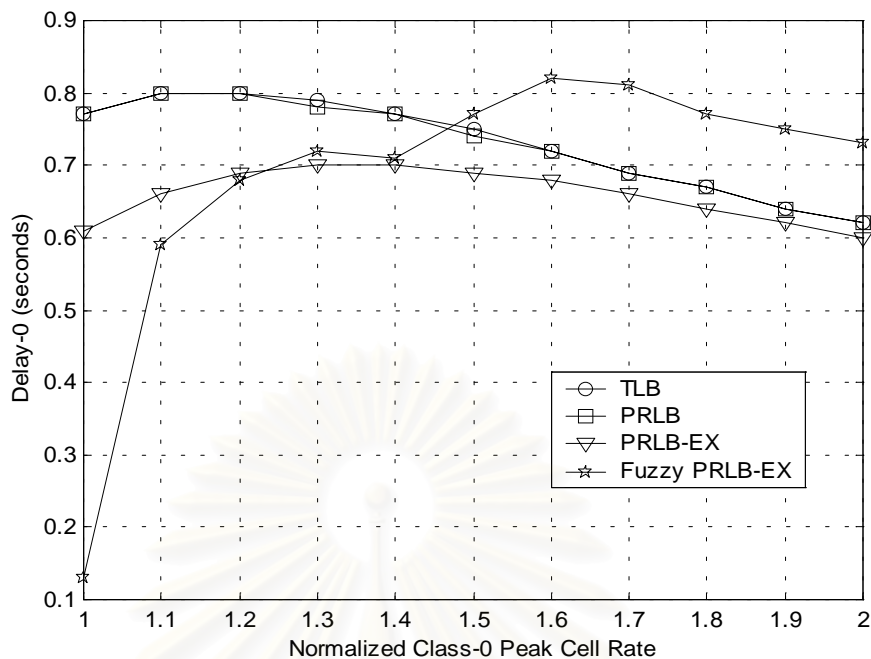
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงร่วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพีซีซี-0 และตัวควบคุมพีซีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



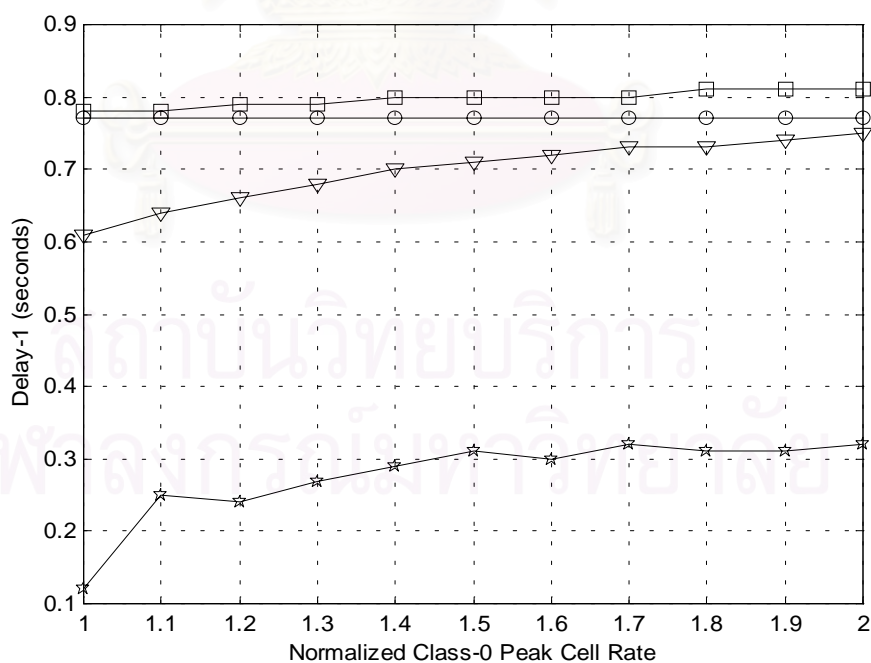
รูปที่ 4.77 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.78 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.79 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการใช้เซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงคิวแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.80 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการใช้เซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงคิวแบบ Fuzzy PRLB-EX

4.3.1.12 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.77 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่า IDEAL กว่าวิธีอื่น ๆ ในช่วงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดเท่ากับ 1-1.2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้ เนื่องจากในกฎของฟuzzy-0 ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดค่าดังกล่าวจะให้อัตราการสร้างโทเค็นที่สูงกว่าปกติเล็กน้อย ค่า CLR-0 จึงมีค่าต่ำ แต่เมื่อค่าอัตราการส่งเซลล์สูงสุดมากกว่า 1.2 เท่าของค่าที่ตกลงไว้ ฟuzzyลอจิกจะปรับลดค่าอัตราการสร้างโทเค็นลงมาใกล้เคียงกับค่าปกติ ดังนั้นค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX จึงมีค่าที่ใกล้เคียงกับวิธี PRLB-EX

รูปที่ 4.78 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า CLR-1 มีค่าที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX จะเห็นว่าถึงแม้วิธี Fuzzy PRLB-EX จะจัดการกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่มีค่าเกินกว่าที่ตกลงไว้ได้ใกล้เคียงกับวิธี PRLB-EX แต่ก็กระทบต่อทราฟฟิกชั้นที่ 1 ไม่มากนักเพราะว่าฟuzzyลอจิกจะปรับอัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ให้มีค่าสูงกว่าปกติอยู่แล้วถ้าทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและสูงสุดตามที่ตกลงไว้กับโครงข่าย

รูปที่ 4.79 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดมีค่าเกินอัตราที่ตกลงไว้เนื่องจากฟuzzyลอจิกปรับลดอัตราการสร้างโทเค็นลง โดยพบว่าค่า Delay-0 ที่ได้มีค่าสูงกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX อยู่เล็กน้อยเนื่องจากอัตราการสร้างโทเค็นที่ลดลงทำให้เซลล์ต้องรอโทเค็นนานขึ้น

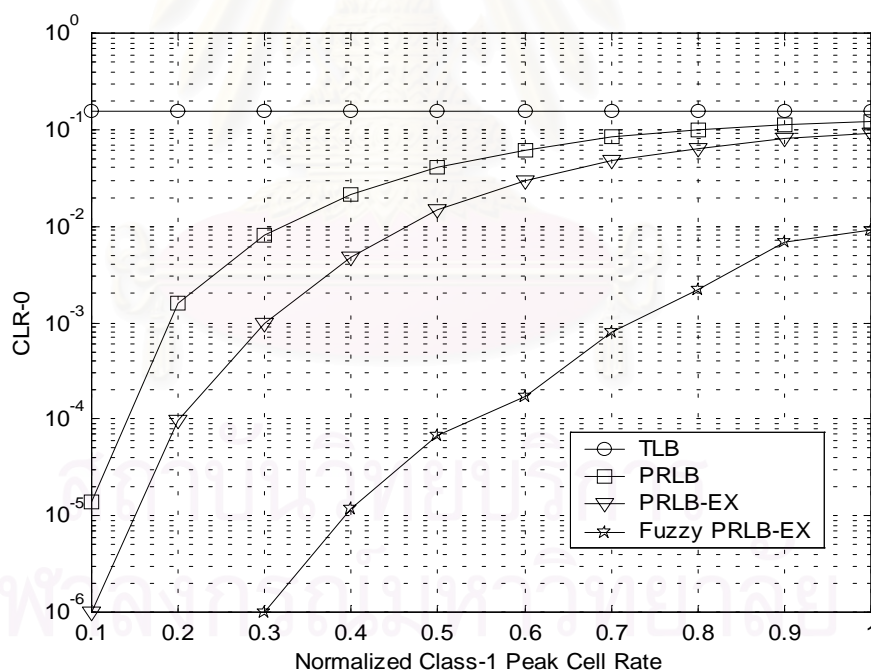
รูปที่ 4.80 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่าค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากฟuzzyลอจิกให้อัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 สูงกว่าปกติถ้าทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและสูงสุดตามที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ค่า Delay-1 จึงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ

จากการทดสอบเมื่อแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดเกินกว่าค่าที่ตกลงไว้ พบว่า วิธี Fuzzy PRLB-EX จะเริ่มลงโทษกับแหล่งกำเนิดเมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดมีค่าประมาณ 1.2 เท่าของค่าที่ตกลงไว้ ซึ่งค่า PCRR-0 อยู่ในเขต VH ตัวควบคุมฟuzzyจะปรับลดอัตราการสร้างโทเค็นลง ส่งผลให้ค่า CLR-0 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าที่ใกล้เคียงกับวิธี PRLB และวิธี PRLB-EX ส่วนค่า Delay-0 จะมีค่าที่สูงกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจากเซลล์ต้องรอโทเค็น

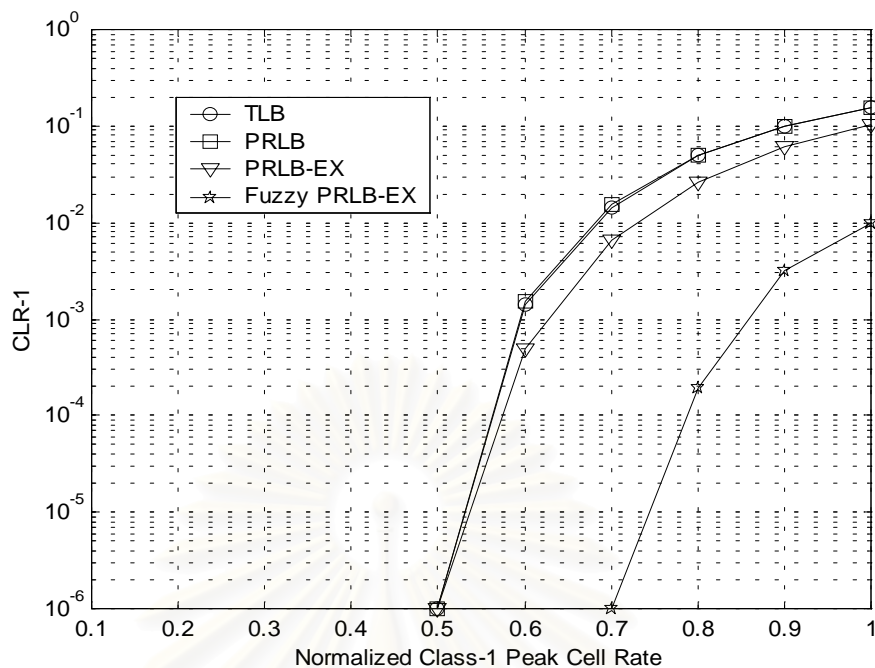
นานขึ้น เมื่อพิจารณาในแง่ของค่า CLR-1 และ Delay-1 พบว่ายังมีค่าต่ำกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากแหล่งกำเนิด ทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกตามที่ตกลงไว้ จึงได้รับเครดิตเพิ่มจากตัวควบคุมพีซีซี จะเห็นว่าถึงแม้ว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX จะปล่อยผ่านปริมาณทราฟฟิกเกินใกล้เคียงกับวิธี PRLB และ PRLB-EX แต่ก็สามารถรักษาให้ทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีคุณภาพของบริการที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ ได้

4.3.1.13 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

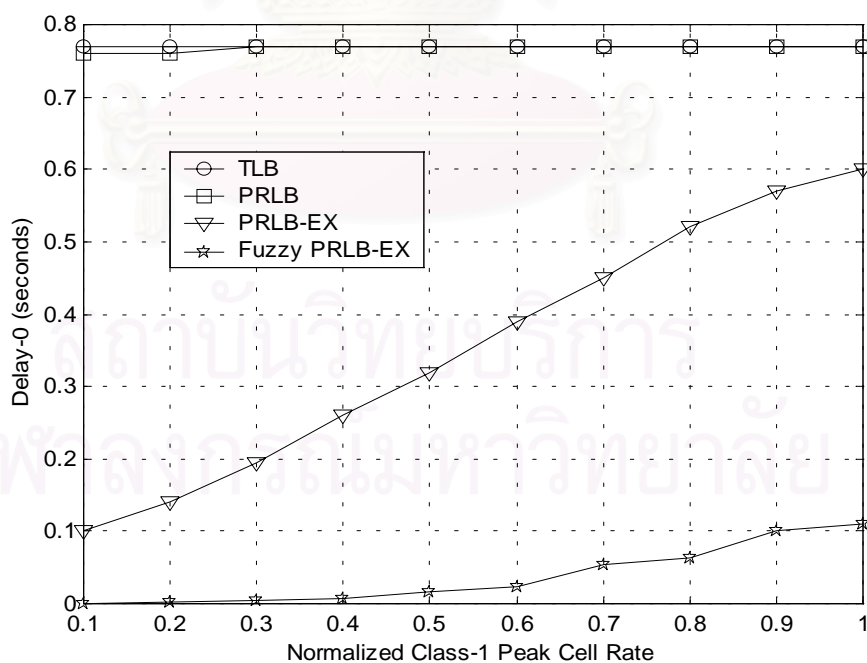
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 0.1-1 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถังรับแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพีซีซี-0 และตัวควบคุมพีซีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



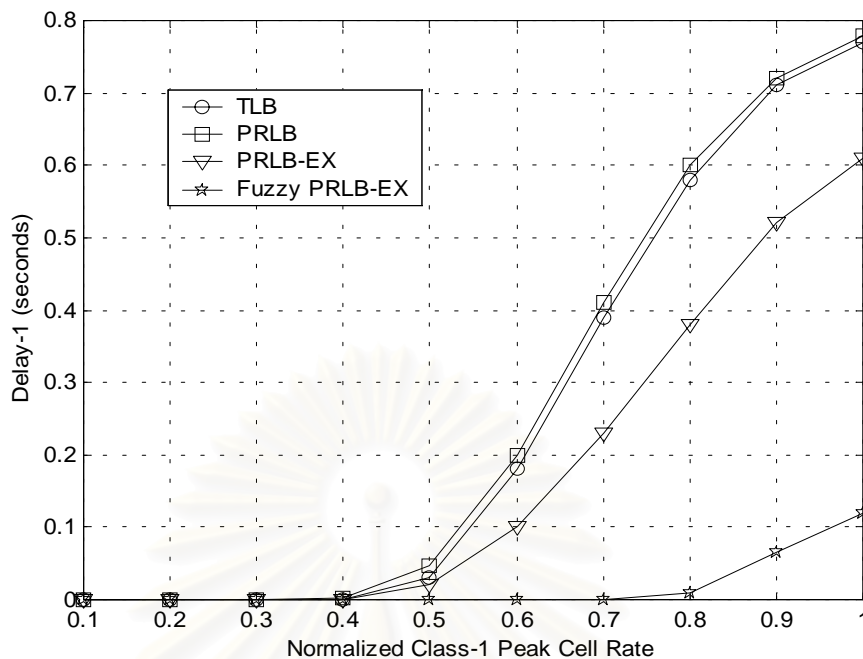
รูปที่ 4.81 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถังรับแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.82 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.83 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.84 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ต่ำกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงรั่วแบบ Fuzzy PRLB-EX

4.3.1.14 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้

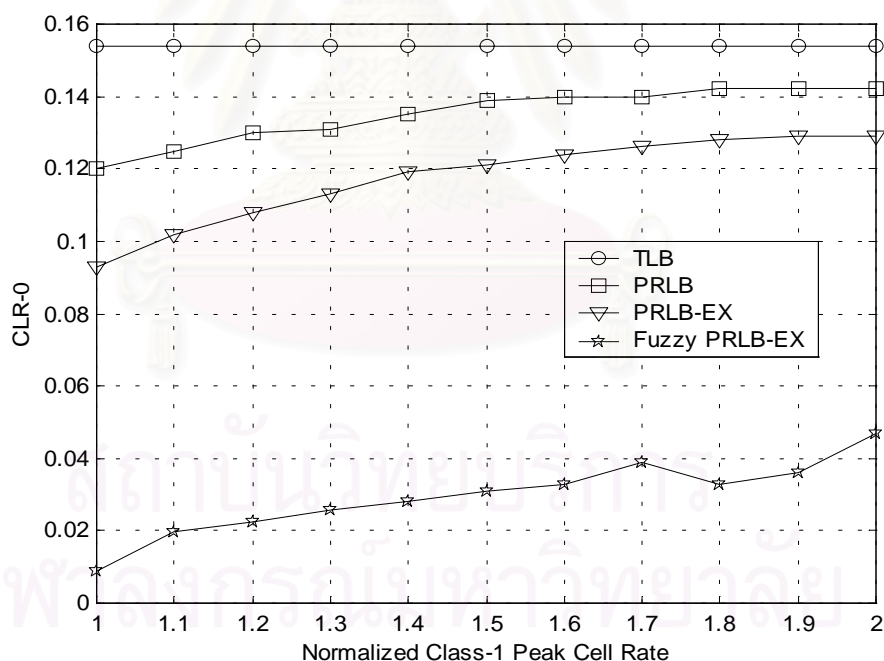
รูปที่ 4.81 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า CLR-0 ที่ได้มีค่าน้อยกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกตามข้อตกลง ซึ่งพืชซีลลิจิกให้อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 สูงกว่าปกติอยู่แล้ว นอกจากนี้ยังเป็นเพราะอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าต่ำกว่าปกติ พืชซีลลิจิกจึงให้อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ค่า CLR-0 มีค่าดีกว่าวิธีอื่นๆ

รูปที่ 4.82 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า CLR-1 ที่ได้ก็มีค่าน้อยกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เช่นกัน เนื่องจากการที่พืชซีลลิจิกให้อัตราการสร้างโทเค็นที่มีค่าสูงกว่าปกติ โดยพบว่ามีค่า CLR-1 จะมีค่ามากกว่า 10^{-6} เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดเท่ากับ 0.7 เท่าของค่าที่ตกลงไว้ในขณะที่วิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX จะมีค่า CLR-1 มากกว่า 10^{-6} เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดมีค่าเพียง 0.3 เท่า แสดงว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ทำงานใกล้เคียงอุดมคติมากกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX

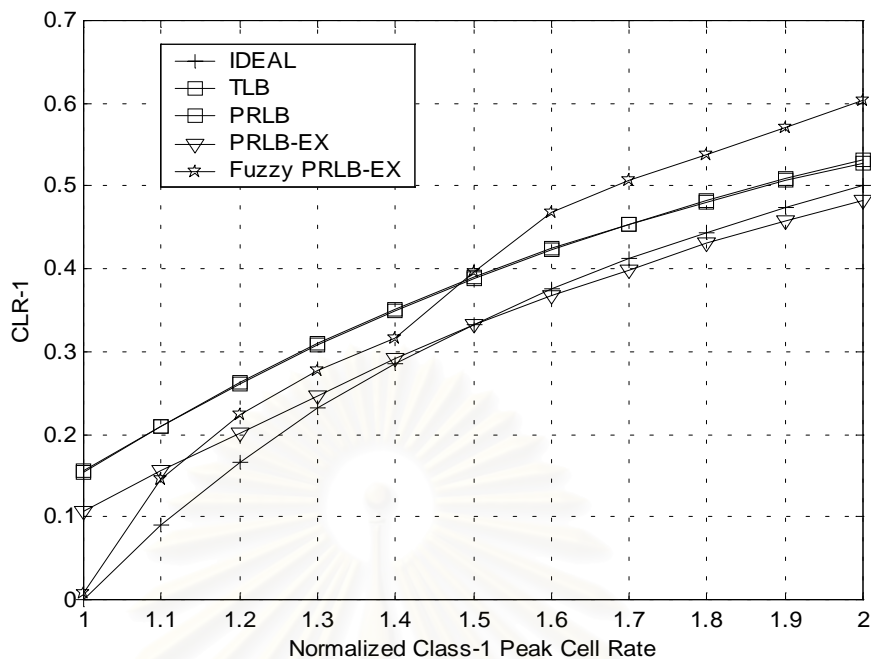
รูปที่ 4.83 และรูปที่ 4.84 แสดงค่า Delay-0 และค่า Delay-1 ตามลำดับของวิธี Fuzzy PRLB-EX เมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดของ ทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าต่ำกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปเหล่านี้พบว่า ค่า Delay-0 และ Delay-1 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากอัตราการสร้างโทเค็นที่มีค่าสูงกว่าปกติ ทำให้เซลล์ได้รับโทเค็นเร็วขึ้น

4.3.1.15 การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

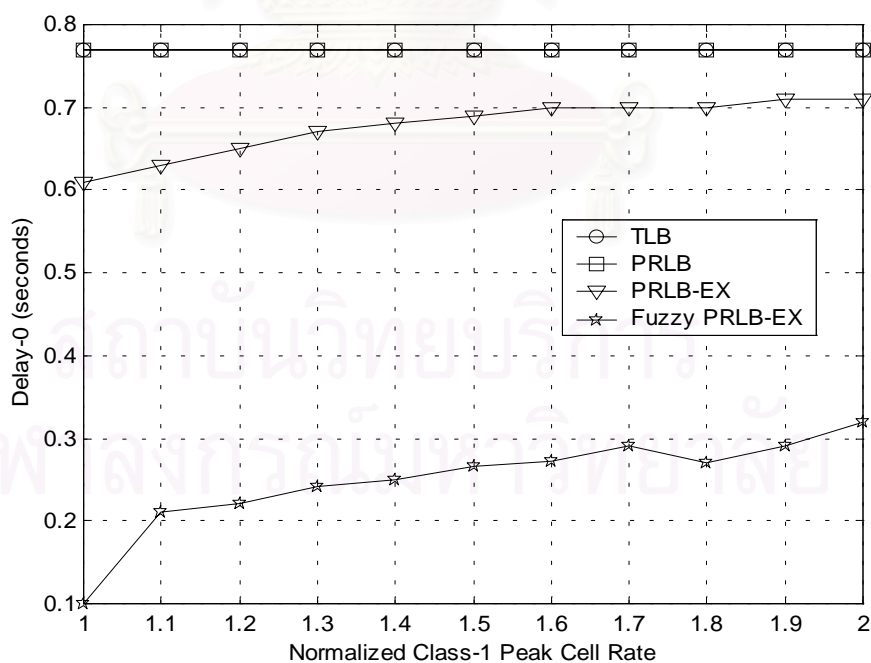
ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ตั้งแต่ 1-2 เท่าของอัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (32000 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงร่วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพีซีซี-0 และตัวควบคุมพีซีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



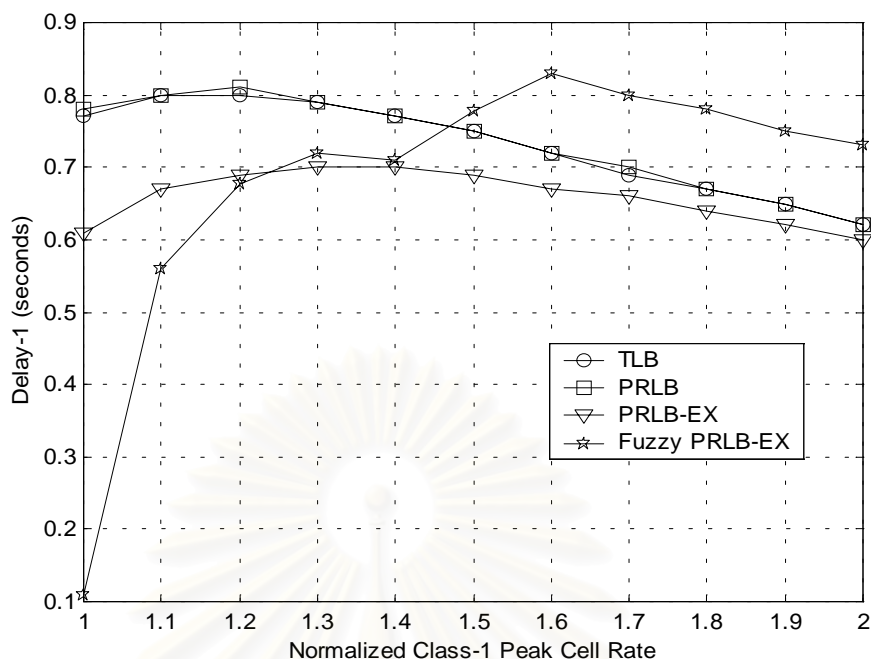
รูปที่ 4.85 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าอัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร่วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.86 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.87 กราฟแสดงค่า Delay-0 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่า อัตราที่ตกลงไว้กับโครงข่ายของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX



รูปที่ 4.88 กราฟแสดงค่า Delay-1 เทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่สูงกว่าของกลไกถึงร้วแบบ Fuzzy PRLB-EX

4.3.1.16 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประวิงเฉลี่ยเทียบกับอัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.85 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า CLR-0 มีค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการส่งเซลล์สูงสุดเพิ่มขึ้น โดยยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เพราะฟัซซี่ลอจิกให้อัตราการสร้างโทเค้นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าปกติเมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกตามที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.86 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า CLR-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากฟัซซี่ลอจิกปรับลดอัตราสร้างโทเค้นลง โดยค่า CLR-1 มีค่าที่สูงกว่า IDEAL ตลอดช่วงของอัตราการส่งเซลล์สูงสุด การที่ค่า CLR-1 มีค่าสูงกว่า IDEAL เพราะทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีลำดับความสำคัญที่ต่ำกว่าดังนั้นค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์จึงควรมีค่าที่สูงกว่ากรณีของ IDEAL ซึ่งเป็นค่าทางอุดมคติเมื่อไม่มีการให้ลำดับความสำคัญ ดังนั้นวิธี Fuzzy PRLB-EX น่าจะใกล้เคียงทางอุดมคติสำหรับกลไกที่มีการให้ลำดับความสำคัญมากกว่าวิธี PRLB และ PRLB-EX เพราะวิธีเหล่านั้นให้ค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่า IDEAL

รูปที่ 4.87 แสดงค่า Delay-0 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-0 เพิ่มขึ้นแต่ยังมีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เพราะฟuzzyลอจิกให้อัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 0 สูงกว่าปกติ ทำให้ค่า Delay-0 ยังคงมีค่าที่ต่ำกว่าวิธีอื่น

รูปที่ 4.88 แสดงค่า Delay-1 ของวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้ จากรูปนี้พบว่า ค่า Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าที่สูงกว่าวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX เนื่องจากฟuzzyลอจิกปรับลดอัตราการสร้างโทเค็นของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ลง ทำให้เซลล์ต้องรอโทเค็นนานขึ้น

จากการทดสอบให้แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดเกินกว่าที่ตกลงไว้พบว่า ในวิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้ค่า CLR-1 ที่สูงกว่า IDEAL ในขณะที่วิธี PRLB และ PRLB-EX ให้ค่า CLR-1 ที่ต่ำกว่า IDEAL ทั้ง 3 วิธีนี้มีการให้ลำดับความสำคัญต่อกับทราฟฟิกชั้นที่ 1 ดังนั้นค่า CLR-1 จึงควรมีค่าที่สูงกว่าค่า IDEAL ซึ่งเป็นค่าอุดมคติในกรณีที่ไม่มีการให้ลำดับความสำคัญ จึงกล่าวได้ว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX น่าจะจัดการกับปริมาณทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่วนเกินได้ดีกว่าวิธี PRLB และ PRLB-EX แต่ต้องมีการชดเชยกับค่า Delay-1 ที่เพิ่มสูงกว่าเนื่องจากต้องรอโทเค็นนานขึ้น เมื่อพิจารณาผลที่มีต่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 พบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ดีกว่าวิธีอื่นๆ เมื่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 ปฏิบัติตามข้อตกลงของโครงข่าย

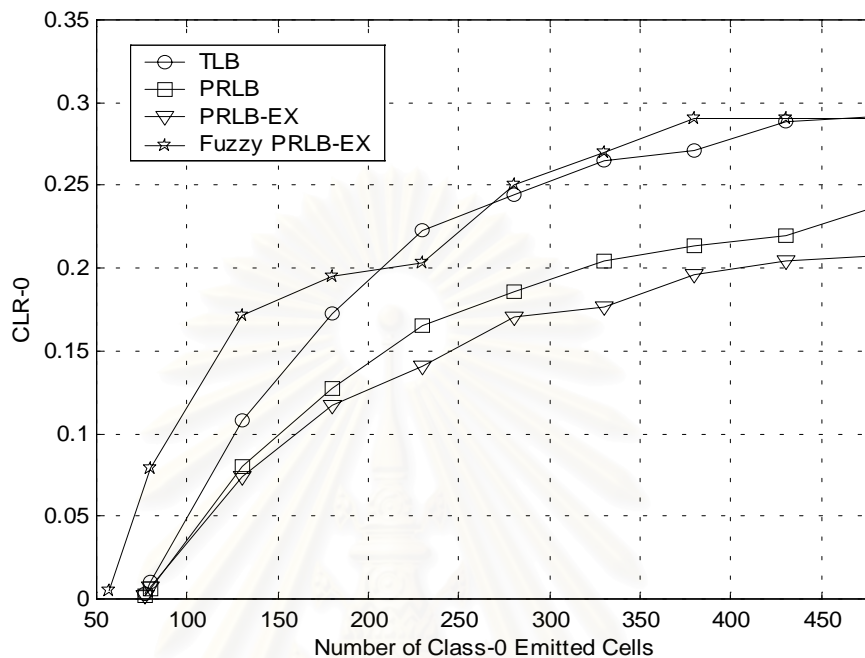
4.3.2 ผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกิน (Responsiveness)

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะศึกษาถึงผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของวิธี Fuzzy PRLB-EX ว่าสามารถตรวจจับทราฟฟิกส่วนเกินได้รวดเร็วแค่ไหนเมื่อแหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเกินค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย โดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าเกินอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้ และกรณีที่อัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าเกินอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้

4.3.2.1 ผลของการตอบสนองของกลไกถึงรั้วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB, PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ให้มีค่า 1.5 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงรั้วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมฟuzzy-0 และ

ตัวควบคุมพีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



รูปที่ 4.89 กราฟแสดงค่า CLR-0 เทียบกับจำนวนเซลล์ที่มาจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0

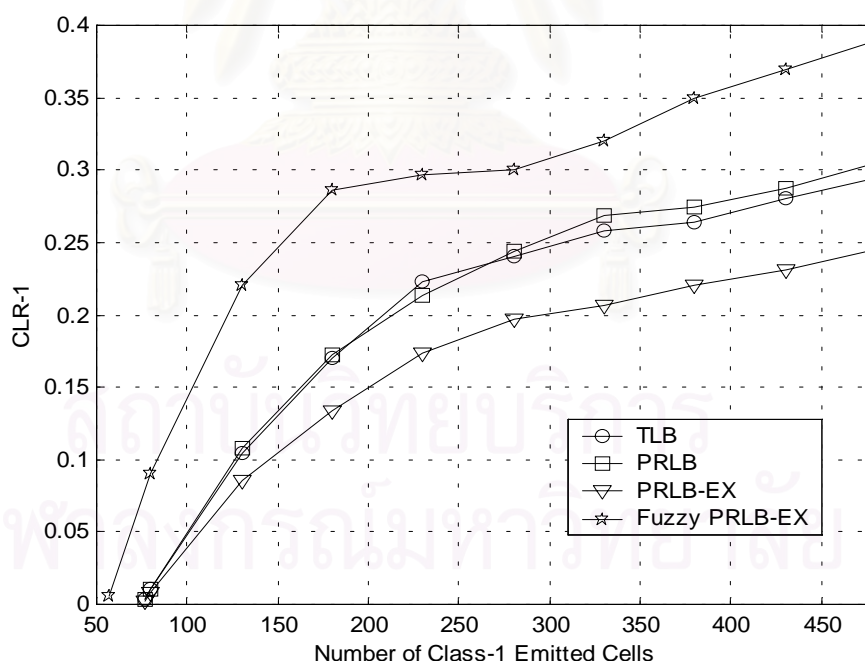
4.3.2.2 การวิเคราะห์ผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของกลไกถึงรั้วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.89 แสดงค่า CLR-0 ของวิธี TLB, PRLB, PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับจำนวนเซลล์ที่มาจากแหล่งกำเนิดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 จากรูปนี้พบว่าเมื่อแหล่งกำเนิดของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเกินค่าที่ตกลงไว้ วิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX จะเริ่มตรวจพบเซลล์ส่วนเกินได้พร้อมๆกัน โดยเริ่มเกิดการสูญหายของเซลล์คือ CLR-0 มากกว่าศูนย์เมื่อเซลล์จากแหล่งกำเนิดเข้ามาได้ 77 เซลล์ สาเหตุที่ทั้ง 3 วิธี เริ่มตรวจพบเซลล์ส่วนเกินได้พร้อมๆกัน เนื่องจากทั้ง 3 วิธีนี้ใช้พารามิเตอร์ของกลไกที่มีค่าเท่ากัน แตกต่างตรงการให้ลำดับความสำคัญและการใช้บอโตเค้นพิเศษเท่านั้น ซึ่งผลของการให้ลำดับความสำคัญและบอโตเค้นพิเศษยังไม่แสดงให้เห็นในช่วงเริ่มต้นของการทำงานของกลไก ทั้ง 3 วิธีจึงตรวจเจอเซลล์ส่วนเกินพร้อมๆกัน ต่อเมื่อมีจำนวนเซลล์เข้ามามากขึ้นจึงเริ่มเห็นผลจากการให้ลำดับความสำคัญและการใช้บอโตเค้นพิเศษ ทำให้ค่า CLR-0 ในทั้ง 3 วิธี มีค่าที่แตกต่างกัน โดยวิธี TLB มีค่า CLR-0 สูงที่สุดรองลงไปที่วิธี PRLB และ PRLB-EX ตามลำดับ

สำหรับวิธี Fuzzy PRLB-EX พบว่าสามารถตรวจพบทราฟฟิกส่วนเกินได้รวดเร็วกว่า โดยเริ่มตรวจพบเมื่อจำนวนเซลล์ที่เข้ามาเท่ากับ 57 เซลล์ ซึ่งเร็วกว่าวิธีอื่นๆ 26 % เนื่องจากพีซีแอลจิกจะทำการวัดอินพุตที่เข้ามาทุกๆ ช่วงเวลา 10 เซลล์ และนำมาคำนวณปรับเพิ่มลดอัตราการสร้างโทเค็นให้เหมาะสมกับสภาพของทราฟฟิกจริง ซึ่งต่างกับวิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX ที่ใช้อัตราการสร้างโทเค็นคงที่

4.3.2.3 ผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของกลไกถังรั่วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

ผู้วิจัยได้จำลองแบบวิธี TLB, PRLB, PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 1 ให้มีค่า 1.5 เท่าของอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยที่ตกลงไว้กับโครงข่าย (11200 bps) ส่วนพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดค่าอื่น ๆ มีค่าดังตารางที่ 4.1 สำหรับพารามิเตอร์ของกลไกถังรั่วแบบต่างๆ มีค่าดังตารางที่ 4.2 โดยตัวควบคุมพีซี-0 และตัวควบคุมพีซี-1 ใช้ช่วงเวลาในการสุ่ม (Sampling Period : SP) เท่ากับเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ 10 เซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์สูงสุดปกติ (1.325ms) [16]



รูปที่ 4.90 กราฟแสดงค่า CLR-1 เทียบกับจำนวนเซลล์ที่มาจากแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1

4.3.2.3 การวิเคราะห์ผลของการตอบสนองต่อกราฟฟิวกเกินของกลไกถังรั่วเมื่ออัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยของแหล่งกำเนิดกราฟฟิกชั้นที่ 1 มีค่าสูงกว่าที่ตกลงไว้

รูปที่ 4.90 แสดงค่า CLR-1 ของวิธี TLB, PRLB, PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX เทียบกับจำนวนเซลล์ที่มาจากแหล่งกำเนิดของกราฟฟิกชั้นที่ 1 จากรูปนี้พบว่าเมื่อแหล่งกำเนิดของกราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยเกินค่าที่ตกลงไว้ วิธี TLB, PRLB และ PRLB-EX จะตรวจพบเซลล์ส่วนเกินได้พร้อมๆกัน เหมือนในกรณีของกราฟฟิกชั้นที่ 0 คือที่ 77 เซลล์ ต่างกันตรงที่ค่า CLR-1 ของวิธี PRLB มีค่ามากที่สุด รองลงไปคือวิธี TLB และ PRLB สำหรับวิธี Fuzzy PRLB-EX ก็ตรวจพบเซลล์ส่วนเกินเหมือนในกรณีของกราฟฟิกชั้นที่ 0 คือ 57 เซลล์เช่นกัน ซึ่งเร็วกว่าวิธีอื่น 26 %

4.3.3 สรุปผลการจำลองแบบของวิธี Fuzzy PRLB-EX

จากหัวข้อที่ 4.3.1 เมื่อเราจำลองแบบการทำงานของวิธี Fuzzy PRLB-EX โดยเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ย และ อัตราการส่งเซลล์สูงสุดของกราฟฟิกชั้นที่ 0 และ ชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นค่าอินพุตของตัวควบคุมฟัซซีที่ออกแบบไว้ เพื่อทดสอบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX สามารถจัดการกับกราฟฟิกในสภาวะต่างๆได้อย่างไร สามารถสรุปผลในแต่ละกรณีได้ดังนี้

1. กรณีที่แหล่งกำเนิดกราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งกราฟฟิกน้อยกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ผลที่ได้พบว่า ค่ากราฟฟิกปกติ วิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 ที่ดีกว่าวิธี PRLB-EX และวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 4.10) เมื่อกราฟฟิกชั้นที่ 0 มีค่าน้อยกว่าปกติ พบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้ค่า CLR-0, Delay-0, CLR-1 และ Delay-1 มีค่าดีขึ้นและมีค่าที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 4.11) เนื่องจากกฎฟัซซีที่ออกแบบไว้จะให้เครดิตแก่แหล่งกำเนิดกราฟฟิกชั้นที่ 0 เมื่อส่งกราฟฟิกน้อยกว่าที่ตกลงไว้ และให้เครดิตกับกราฟฟิกชั้นที่ 1 ที่ส่งกราฟฟิกตามข้อตกลงด้วย และจากการใช้บ่อโทเค็นพิเศษร่วมกันทำให้กราฟฟิกชั้นที่ 1 ได้รับโทเค็นเพิ่มด้วย

2. กรณีที่แหล่งกำเนิดกราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งกราฟฟิกเกินกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่สูงกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย ผลที่ได้พบว่าถ้าพิจารณาเทียบจากค่าทางอุดมคติ (IDEAL) วิธี Fuzzy PRLB-EX จะปล่อยให้เซลล์ส่วนเกินผ่านไปได้มากกว่าวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 4.11) แต่เมื่อพิจารณาผลกระทบที่มีต่อกราฟฟิกชั้นที่ 1 พบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ยังคงให้คุณภาพของบริการคือ CLR-1 และ Delay-1 ที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ ได้

3. กรณีที่แหล่งกำเนิดกราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งกราฟฟิกน้อยกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย พบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้คุณภาพของบริการของกราฟฟิกคือค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 ดีกว่าวิธีอื่น (ตารางที่ 4.12) เนื่องจากฟัซซีลอจิกจะให้เครดิตกับแหล่งกำเนิดกราฟฟิก

ชั้นที่ 1 ที่ส่งทราฟฟิกน้อยกว่าที่ตกลงไว้ และยังให้เครดิตแก่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ที่ส่งทราฟฟิกตามข้อตกลงด้วย

4. กรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกเกินกว่าที่ตกลงไว้โดยส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่สูงกว่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทางอุดมคติ (IDEAL) พบว่า ถึงแม้ว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX จัดการกับทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่วนเกินได้ใกล้เคียงกับวิธี PRLB-EX แต่สามารถให้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 0 คือ CLR-0 และ Delay-0 ที่ดีกว่าวิธี PRLB-EX ได้

จากทั้ง 4 กรณีจะเห็นว่าในกรณีที่แหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกเกินที่ตกลงไว้ นั้น เมื่อเทียบกับทางอุดมคติ วิธี Fuzzy PRLB-EX ยังจัดการกับทราฟฟิกส่วนเกินได้ไม่ใกล้เคียงกับ IDEAL นัก เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แต่ไม่อาจสรุปได้ว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX จัดการกับทราฟฟิกเกินได้ไม่ดี เนื่องจากค่า IDEAL นี้เป็นค่าทางอุดมคติที่กำหนดโดยการไม่ให้ความสำคัญ แต่ในวิธี Fuzzy PRLB-EX นั้นมีการให้ความสำคัญด้วย ซึ่งยังไม่มีกำหนดค่าทางอุดมคติไว้ แต่ถ้าพิจารณาผลกระทบของทราฟฟิกชั้น (class) ที่ส่งเกินที่มีต่อทราฟฟิกอีกชั้นหนึ่งแทนการเทียบจาก IDEAL จะพบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ยังคงให้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกอีกชั้นหนึ่งคือค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์และเวลาประจิงเฉลี่ยที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ

จากหัวข้อที่ 4.3.2 เมื่อวัดผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของวิธี TLB, PRLB, PRLB-EX และ Fuzzy PRLB-EX ก็พบว่า วิธี PRLB-EX มีการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินที่ใกล้เคียงกันกับวิธี TLB และ PRLB คือเริ่มตรวจเจอเซลล์ส่วนเกินได้พร้อมๆกัน ในขณะที่วิธี Fuzzy PRLB-EX มีการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินที่เร็วกว่าวิธีอื่นๆ จึงสรุปได้ว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX นอกจากจะให้คุณภาพของบริการของทราฟฟิกได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ในสภาวะของทราฟฟิกแบบต่างๆ แล้ว ยังสามารถที่จะตรวจพบการละเมิดข้อตกลงของแหล่งกำเนิดที่มีไว้กับโครงข่ายได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ อีกด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการจำลองแบบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการจำลองแบบ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาถึงกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญซึ่งเป็นกลไกถึงรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้สำหรับการตรวจทราฟฟิกในโครงข่ายเอทีเอ็ม และนำเสนอกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญใหม่ 2 กลไก กลไกแรกคือ กลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษ (PRLB-EX) ส่วนกลไกที่สองคือ กลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญที่ใช้บ่อโทเค็นพิเศษ และควบคุมอัตราการสร้างโทเค็นด้วยฟuzzy logic (Fuzzy PRLB-EX) โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อปรับปรุงกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญเดิมให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นในแง่ของคุณภาพของบริการซึ่งได้แก่ อัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ (CLR) และเวลาประวิงเฉลี่ยของเซลล์ (Delay) และเปรียบเทียบสมรรถนะของกลไกที่นำเสนอกับกลไกที่มีอยู่เดิมคือ กลไกถึงรูปแบบโทเค็นธรรมดา (TLB) กับ กลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญเดิม (PRLB) ในด้านของสภาพเลือกเฟ้น (Selectivity) ซึ่งเป็นความสามารถในการตรวจวัดทราฟฟิกเมื่อแหล่งกำเนิดส่งปริมาณทราฟฟิกเกินหรือต่ำกว่าปริมาณที่ตกลงไว้กับโครงข่าย โดยทำการจำลองแบบด้วยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิดทราฟฟิก รวมทั้งการตอบสนองต่อทราฟฟิก (Responsiveness) เมื่อแหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกเกินซึ่งเป็นความสามารถว่ากลไกสามารถตรวจพบการส่งทราฟฟิกเกินข้อตกลงของโครงข่ายได้รวดเร็วเพียงใดด้วย

สำหรับวิธี PRLB-EX ที่นำเสนอ นั้น ยังได้มีการทดสอบการปรับพารามิเตอร์ของกลไกถึงรูปแบบต่างๆ เพิ่มเติมด้วย ได้แก่ ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-0, ขนาดของคิวบัฟเฟอร์-1, ขนาดของบ่อโทเค็น-0, ขนาดของบ่อโทเค็น-1, อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-0 และ อัตราการสร้างโทเค็นของบ่อโทเค็น-1 เพื่อศึกษาถึงผลของพารามิเตอร์เหล่านี้ที่มีต่ออัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ของทราฟฟิกชั้นที่ 0 (CLR-0) และ ชั้นที่ 1 (CLR-1) รวมทั้งเวลาประวิงเฉลี่ยของทราฟฟิกชั้นที่ 0 (Delay-0) และชั้นที่ 1 (Delay-1) ผลที่ได้พบว่า วิธี PRLB ซึ่งเป็นวิธีเดิมสามารถที่จะให้ค่า CLR-0 ที่ดีกว่าวิธี TLB ได้เนื่องจากมีการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 แต่ไม่สามารถที่จะทำให้ค่า Delay-0 ดีขึ้นได้เนื่องจากจะมีการให้ลำดับความสำคัญแก่ทราฟฟิกชั้นที่ 0 เมื่อคิวบัฟเฟอร์-0 เต็มแล้วเท่านั้น นอกจากนี้ยังต้องแลก (Tradeoff) กับการที่ค่า CLR-1 และ Delay-1 มีค่าที่ต่ำกว่าวิธี TLB ด้วย ในขณะที่วิธี PRLB-EX ที่นำเสนอใหม่สามารถแก้ไขปัญหาค่าของ CLR-1 และ Delay-1 มีค่าเพิ่มขึ้น นอกเหนือจากการให้ลำดับความสำคัญแบบเดิมแล้ว วิธี PRLB-EX นี้มีการนำบ่อโทเค็นพิเศษมาใช้เพิ่ม ซึ่งเป็นการนำโทเค็นที่เหลือใช้มาจากทราฟฟิก

ชั้นที่ 0 หรือกราฟฟิกชั้นที่ 1 มาเก็บสะสมไว้ในบ่อโทเค็นพิเศษเพื่อใช้แทนโทเค็นธรรมดาในกรณีโทเค็นในบ่อโทเค็นธรรมดาหมด การใช้บ่อโทเค็นพิเศษนี้ทำให้ค่า CLR-1 และค่า Delay-1 มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และวิธี PRLB นอกจากนี้วิธี PRLB-EX ยังสามารถที่จะให้ค่า CLR-0 และ Delay-0 ที่ดีขึ้นกว่าวิธี PRLB เดิมด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากบ่อโทเค็นพิเศษเช่นกัน จากการศึกษาในขั้นพบว่าผลจากการปรับเปลี่ยนขนาดของคิวบัฟเฟอร์จะทำให้ค่า CLR ลดลง ในขณะที่ค่า Delay จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการปรับขนาดของบ่อโทเค็นและขนาดของอัตราการสร้างโทเค็นจะทำให้ค่า CLR และ Delay มีค่าลดลง แต่การใช้ขนาดของบ่อโทเค็นสูงเกินไปจะทำให้ขนาดของเบิสต์ที่ออกจากกลไกมีขนาดใหญ่ ส่วนการใช้ขนาดของอัตราการสร้างโทเค็นมากเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรโครงข่าย และ ทำให้ แหล่งกำเนิดสามารถส่งกราฟฟิกเกินได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องปรับพารามิเตอร์เหล่านี้ให้เหมาะสมด้วย

นอกจากการศึกษาพารามิเตอร์ของกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญแล้ว ผู้วิจัยยังได้ศึกษาถึงความสามารถในด้านสภาพเลือกเฟ้นและการตอบสนองของกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญอีกด้วย คุณสมบัติทั้ง 2 ด้านนี้ยังไม่ได้มีการศึกษาในด้านดังกล่าวมาก่อนในบทความอื่นที่เกี่ยวกับกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญ เราสามารถศึกษาผลของความสามารถในด้านสภาพเลือกเฟ้นของกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญได้จากการปรับพารามิเตอร์ของแหล่งกำเนิด โดยศึกษาแหล่งกำเนิด 2 แบบคือ แบบแรกเป็นแบบที่แหล่งกำเนิดกราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 ส่งกราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่าย สำหรับแบบที่สองคือแบบที่แหล่งกำเนิดกราฟฟิกชั้นที่ 0 และชั้นที่ 1 ส่งกราฟฟิกด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่สูงกว่าค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่ายตามลำดับ กลไกถึงที่ตีในทางอุดมคตินั้นต้องสามารถเลือกจัดการกับกราฟฟิกทั้ง 2 แบบได้อย่างถูกต้อง คือ เมื่อแหล่งกำเนิดส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดที่ต่ำกว่าค่าที่ตกลงไว้กับโครงข่ายนั้น กลไกจะต้องไม่ไปทำการใดๆ กับเซลล์ของแหล่งกำเนิดนั้น ดังนั้นค่าอัตราส่วนการสูญหายของเซลล์ (CLR) ควรมีค่าเป็นศูนย์ แต่เมื่อแหล่งกำเนิดส่งเซลล์ด้วยอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยหรืออัตราการส่งเซลล์สูงสุดเกินค่าที่ตกลงไว้ กลไกถึงจะต้องจัดการทิ้งเฉพาะเซลล์ส่วนที่เกินในปริมาณที่เหมาะสมด้วย ที่ผ่านมามีการนำเสนอค่าทางอุดมคติ (IDEAL) ซึ่งบอกปริมาณเซลล์ที่ถูกทิ้งอย่างเหมาะสมเพื่อเป็นมาตรฐานในการวัดการเลือกสรรของกลไกถึงธรรมดา แต่ยังไม่เคยมีการนำเสนอค่าทางอุดมคติสำหรับกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญมาก่อน เนื่องจากกลไกแต่ละอย่างก็มีการให้ลำดับความสำคัญที่แตกต่างกันไป และเป็นการยากที่จะกำหนดค่าทางอุดมคติของกลไกถึงรูปแบบลำดับความสำคัญที่ถูกต้อง

ผลจากการจำลองแบบพบว่า ในการจำลองแบบที่แหล่งกำเนิดส่งกราฟฟิกต่ำกว่าค่าที่ได้ตกลงไว้ การจำลองแบบโดยการปรับค่าอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุด

จะให้ผลที่คล้ายกันคือ วิธี PRLB-EX จะให้ค่าคุณภาพของบริการของทราฟฟิก คือ ค่า CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 ที่ดีกว่าวิธี TLB และวิธี PRLB เนื่องจากวิธี PRLB-EX ใช้บ่อโทเค้นพิเศษซึ่งสามารถสะสมโทเค้นที่เหลือจากทราฟฟิกชั้น (Class) ที่ส่งด้วยปริมาณที่ต่ำกว่าที่ตกลงไว้ ทำให้ทราฟฟิกอีกชั้นหนึ่งได้รับโทเค้นมากขึ้น เป็นการนำทรัพยากรโครงข่ายที่เหลือมาทำให้เกิดประโยชน์ นับเป็นข้อดีของวิธี PRLB-EX ที่ไม่มีในวิธี TLB และ PRLB เดิม สำหรับวิธี Fuzzy PRLB-EX นั้นนอกจากจะใช้บ่อโทเค้นพิเศษเหมือนวิธี PRLB-EX แล้ว ยังมีการใช้พีชชีลอจิกมาเพิ่มเครดิตให้กับแหล่งกำเนิดถ้าแหล่งกำเนิดส่งทราฟฟิกต่ำกว่าที่ตกลงไว้ด้วย โดยการเพิ่มอัตราการสร้างโทเค้น ทำให้คุณภาพของบริการคือ CLR-0, CLR-1, Delay-0 และ Delay-1 มีค่าที่ดีกว่าวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามทั้ง 2 วิธีที่นำเสนอยังไม่สามารถทำงานได้ตามอุดมคติเนื่องจากยังคงมีการสูญหายของเซลล์เกิดขึ้นถึงแม้ว่าแหล่งกำเนิดจะส่งทราฟฟิกด้วยอัตราที่ต่ำกว่าที่ได้ตกลงไว้

สำหรับผลการจำลองแบบในกรณีนี้ที่แหล่งกำเนิดส่งที่ทราฟฟิกสูงกว่าค่าที่ได้ตกลงไว้ นั้นผู้วิจัยพบว่า การปรับอัตราการส่งเซลล์เฉลี่ยและอัตราการส่งเซลล์สูงสุดจะให้ผลที่คล้ายๆ กันเช่นกัน โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่า IDEAL ซึ่งเป็นค่าทางอุดมคติของกลไกถึงวัฏธรมดาด้วยพบว่าผลที่ได้แตกต่างกันไปตามชั้น (Class) ของทราฟฟิก คือ เมื่อแหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่งทราฟฟิกเกินค่าที่ตกลงไว้ พบว่า วิธี PRLB-EX และวิธี Fuzzy PRLB-EX จะปล่อยเซลล์ส่วนเกินให้ผ่านไปได้มากกว่าปริมาณในทางอุดมคติ (IDEAL) เมื่อเทียบกับวิธี TLB และ PRLB แต่เนื่องจากปริมาณในทางอุดมคตินี้คำนวณจากกรณีที่ไม่มีการให้ลำดับความสำคัญ การพิจารณาจาก IDEAL จึงไม่สามารถบอกได้ว่าวิธี PRLB-EX และวิธี Fuzzy PRLB-EX จัดการกับทราฟฟิกส่วนเกินได้ดีน้อยกว่าวิธี TLB และ PRLB จึงทำการพิจารณาผลกระทบของทราฟฟิกชั้นที่ 0 ส่วนเกินนี้ที่มีต่อทราฟฟิกชั้นที่ 1 แทน ซึ่งพบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX และวิธี PRLB-EX ยังคงรักษาคุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 1 คือ CLR-1 และ Delay-1 ให้มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้ โดยวิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้คุณภาพของบริการที่มีค่าที่ดีที่สุด

สำหรับกรณีที่แหล่งกำเนิดทราฟฟิกชั้นที่ 1 ส่งทราฟฟิกเกินค่าที่ได้ตกลงไว้ นั้นผู้วิจัยพบว่า ผลที่ได้ตรงข้ามกับกรณีของทราฟฟิกชั้นที่ 0 คือ วิธี Fuzzy PRLB-EX และวิธี PRLB-EX จะทิ้งเซลล์ส่วนเกินมากกว่าปริมาณทางอุดมคติ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากทราฟฟิกชั้นที่ 1 มีลำดับความสำคัญต่ำ มีโอกาสที่จะถูกทิ้งเซลล์สูงกว่า เมื่อพิจารณาผลกระทบที่มีต่อทราฟฟิกชั้นที่ 0 ก็พบว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX และวิธี PRLB-EX ยังคงรักษาคุณภาพของบริการของทราฟฟิกชั้นที่ 0 คือ CLR-0 และ Delay-0 ให้มีค่าที่ดีกว่าวิธี TLB และ PRLB ได้ โดยวิธี Fuzzy PRLB-EX จะให้คุณภาพของบริการที่มีค่าที่ดีที่สุดเช่นกัน

สำหรับการทดสอบผลของการตอบสนองต่อทราฟฟิกเกินของกลไกถังรั้ว ผู้วิจัยพบว่า วิธี PRLB-EX เริ่มที่จะตรวจพบทราฟฟิกส่วนเกินได้รวดเร็วพอๆ กันกับวิธี TLB และ PRLB เพราะในช่วงเริ่มแรกของการตรวจสอบทราฟฟิกนั้น วิธี PRLB และ PRLB-EX ยังไม่มีการให้ลำดับความสำคัญหรือมีการใช้บ่อโทเค็นพิเศษ ดังนั้นการทำงานของวิธี PRLB และ PRLB-EX จึงคล้ายกับวิธี TLB ในขณะที่วิธี Fuzzy PRLB-EX สามารถตรวจพบทราฟฟิกเกินได้รวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากตัวควบคุมฟัซซีลอจิกจะคำนวณวัดค่าอินพุตทุกๆ ช่วงเวลาสุ่ม (Sampling Period :SP) ที่กำหนดไว้ซึ่งจะวัดค่าทุกๆ 10 เซลล์ที่จะผ่านเข้ามาในโครงข่าย ดังนั้นใช้ช่วงเวลาเพียงไม่กี่ช่วงเวลาก็สามารถที่จะคำนวณหาอัตราการสร้างโทเค็นที่เหมาะสมให้กับแหล่งกำเนิดนั้นได้ ทำให้ตรวจพบเซลล์ส่วนเกินได้อย่างรวดเร็ว

จากการทดสอบทั้งหมดสรุปได้ว่าวิธี Fuzzy PRLB-EX ที่นำเสนอสามารถที่จะรองรับคุณภาพของบริการของทราฟฟิกที่ต้องการในสภาวะของทราฟฟิกแบบต่างๆ ได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ และสามารถตรวจวัดทราฟฟิกเกินได้อย่างรวดเร็ว และจัดการควบคุมได้อย่างเหมาะสม แต่ต้องเพิ่มการทำงานในส่วนของฟัซซีลอจิกเข้ากับวิธี PRLB-EX เดิม ซึ่งเพิ่มเวลาการทำงานและการคำนวณที่เพิ่มขึ้น แต่สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้โดยสร้างระบบฟัซซีลอจิกลงบนหน่วยความจำ (Memory) [15] เพื่อให้คำนวณได้รวดเร็วขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. นำวิธีฟัซซีลอจิกที่คิดไว้ไปประยุกต์ใช้กับกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญชนิดอื่นๆ เพื่อศึกษาว่าสามารถใช้งานได้ดีกับกลไกถังรั้วแบบลำดับความสำคัญทุกประเภทหรือไม่
2. หาอินพุตของฟัซซีลอจิกค่าอื่นๆ เพื่อมาใช้ปรับคุณภาพของบริการให้ดีขึ้น รวมถึงพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่ต้องการ นอกเหนือจากค่าคุณภาพของบริการของทราฟฟิก
3. กฎและฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซีลอจิกที่ออกแบบไว้นั้นได้มาโดยการปรับจากแหล่งกำเนิดประเภทเสียง (Voice) ซึ่งถ้าเปลี่ยนชนิดของแหล่งกำเนิด จะต้องปรับกฎและฟังก์ชันสมาชิกใหม่ จึงน่าจะมีการหาอัลกอริทึมเช่น นิวรอลเน็ตเวิร์ก เพื่อให้สามารถที่จะปรับกฎและฟังก์ชันสมาชิกให้เหมาะสมกับแหล่งกำเนิดชนิดต่างๆ เองได้ ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่กล่าวถึงแนวทางวิจัยดังกล่าว แต่ยังไม่มียานวิจัยออกมา

รายการอ้างอิง

1. Hiroshi Saito. Teletraffic Technologies in ATM Networks. Artech House, Inc., 1994.
2. V. Catania, G. Ficili, S. Palazzo and D. Panno. Using Fuzzy Logic in ATM Source Traffic Control: Lessons and Perspectives. IEEE Communications Magazine, Nov. 1996, pp. 70-74, 79-81.
3. E. P. Rathgeb. Modeling and Performance Comparison of Policing Mechanisms for ATM Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, April 1991, pp. 325-334.
4. M. Butto, E. Cavallero and A. Tonietti. Effectiveness of the "Leaky Bucket" Policing Mechanism in ATM Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, April 1991, pp. 335-342.
5. D. -P. K. Hsing, Performance Study on the "Leaky Bucket" Usage Parameter Control Mechanism with CLP Tagging. ICC, 1993, pp. 359-364.
6. P. Pancha and M. E. Zarki. Leaky Bucket Access Control for VBR MPEG Video. IEEE Proceedings of INFOCOM, 1995, pp. 796-803.
7. J. Zeng and L. F. Merakos. Analysis of a Priority Leaky Bucket Regulator for Virtual Path Traffic in ATM Networks. GLOBECOM, 1994, pp. 606-611.
8. D. I. Choi, B. D. Choi and D. K. Sung. Performance Analysis of Priority Leaky Bucket Scheme with Queue-Length-Threshold Scheduling Policy. IEE Proceedings of Communications, Dec. 1998, pp. 395-401.
9. C. P. Ko, O. W. Yang, L. Orozco-Barbosa and H. T. Mouftah. Using Token Allocation in a Leaky Bucket Scheme. MILCOM, 1994, pp. 82-86.
10. C. P. Ko, O. W. Yang, L. Orozco-Barbosa and H. T. Mouftah. Bursty Traffic Control using Dynamic Token Allocation Method. ICC, 1995, pp. 1981-1985.
11. Q. Pang and S. Cheng. Performance Study on the Priority Leaky Buckets. Second IEEE Symposium on Computers and Communications, 1997, pp. 254-258.
12. L. K. Reiss and L. F. Merakos. Priority Shaping of Source Traffic for ATM Networks. ICC, 1993, pp. 671-675.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

13. Z. Jiang. An Improved Algorithm of Usage Parameter Control in ATM Networks. ICCT, 1996, pp. 24-27.
14. J. Weng, I. Lambadaris and M. Devetsikiotis. Fuzzy Leaky Bucket Congestion Control in ATM Networks with Markovian and Self-Similar Traffic. ICC, 1997, p.p. 838-843.
15. Z. Jiang, Z. Liu, Z. Zhou and F. Lu. A Multiplexer Controlled by Fuzzy Associate Memory Leaky Bucket in ATM Networks. Proceedings of ISCAS, 1997, pp. 669-672.
16. W. Xinyu and G. Ling. The Application of Fuzzy Logic in Real-Time Traffic Control in ATM Networks. Proceedings of ICCT, 1998, pp. 467-471.
17. T. D. Ndousse. Fuzzy Neural Control of Voice Cells in ATM Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Dec. 1994, pp. 1488-1494.
18. K. F. Cheung, D. H. K. Tsang, C. C. Cheng and C. W. Liu. Fuzzy Logic based ATM Policing. Proceedings of ICCS, 1994, pp. 535-539.

บทความทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว

บทความทางวิชาการจากงานประชุมทางวิชาการ Third International Conference on Information, Communications & Signal Processing (ICICS 2001) ซึ่งจัดขึ้นในวันที่ 15-18 ตุลาคม 2001 ที่ The Mandarin ประเทศสิงคโปร์



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Priority Leaky Buckets with Extra Token Pool for Policing Traffic in ATM Networks

Kittiphong Sermtechathavorn and Watit Benjapolakul

Department of Electrical Engineering,
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Bangkok 10330, Thailand.
Phone: +662-218-6902, Fax: +662-218-6912
E-mail: watit@ee.eng.chula.ac.th

Abstract

One of the most important tasks in Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks is to meet Quality of Service (QoS) requirements for different classes of service. The priority leaky bucket has been proposed to cope with this problem by providing priority level for each service class according to its requirement. However, this scheme has a disadvantage of having to trade off QoS between high and low priority classes, where the low one obtains degraded QoS. In this paper, new priority leaky bucket mechanism with extra token pool in order to improve quality for low priority class is introduced. Fuzzy logic system is also applied with this new scheme, thus token generation rate of the scheme can be dynamically adjusted. The simulation results demonstrate that fuzzy mechanism leads the traditional leaky bucket in terms of cell loss ratio and cell mean delay time, when performing as the traffic shaper and policer.

1. Introduction

Leaky bucket algorithm is well recognized as a simple and efficient UPC scheme and many leaky bucket schemes have been proposed and studied [1-2]. However, most of them are designed for policing single traffic type, so it cannot perform well in dealing with different traffic types and guaranteeing their QoS. As a result, the concept of employing priority management with the buffered leaky bucket is proposed and known as priority leaky bucket mechanism [3], which classifies traffic into two priority classes: high and low priority. The scheme consists of two separated buffers and a common token pool and token generator. Priority management is implemented in a form of token usage and high priority cells will be served first. This can improve QoS of high priority class while degrading the low priority class as a trade off.

Several priority mechanisms have been presented [4-5]. Most of them use one shared token pool. This makes an advantage of resource utilization. However, they can police only total traffic rate because token generation rate is based on the total amount of both traffic classes. Thus, when high priority source sends traffic exceeding its negotiated rate, the excessive cells can easily pass the bucket without detection and increase probability of network congestion. Consequently, another priority leaky bucket has been

considered by using two token pools and two token generators [6]. With this mechanism, the preceding problem is relieved because each traffic class has its own token pool and token generation rate is based on each traffic class negotiated rate. The new scheme has disadvantage in resource utilization because the token generation rate is constant, so more token will be discarded than the former priority scheme. Another disadvantage is that it still has to trade off QoS between high and low priority classes.

In this paper, new priority leaky bucket scheme, priority leaky bucket with extra token pool, that has two token pools and two token generators with an extra token pool is proposed. The extra pool is added to the priority leaky bucket [6] to improve resource utilization and QoS of both priority classes. The feature of this mechanism is described in section 2. However, there still remains the problem of using fixed value of token generation rate, which utilizes resource inefficiently. There are many researches that applied fuzzy logic with traditional leaky bucket [7-8] and proved that it can defeat this problem. Thus, fuzzy control is employed with the first proposed scheme so that it can vary token generation rate corresponding to the characteristics of traffic source. The principles of the proposed fuzzy system and traffic source model are described in sections 3 and 4, respectively. The performance of the proposed schemes in terms of QoS: cell loss ratio and mean delay time are investigated. Selectivity of the mechanism when traffic is overloaded is also investigated. This important property of the policer has never been realized in the past priority scheme literature. The simulation results are demonstrated and analyzed in section 5 and final conclusion is drawn in section 6.

2. Priority leaky bucket description

Consider a priority leaky bucket with extra token pool (PLB-EX) shown in Figure 1. Traffic cells are classified into two priority classes: class-0, cells with high priority and class-1, cells with low priority, which are from class-0 source and class-1 source, respectively. The mechanism consists of two separated buffers: buffer-0 and buffer-1, and two token pools: token pool-0 and token pool-1,

allocated for each traffic class, respectively. Extra token pool is added in order to collect overflow tokens from token pool-0 and token pool-1.

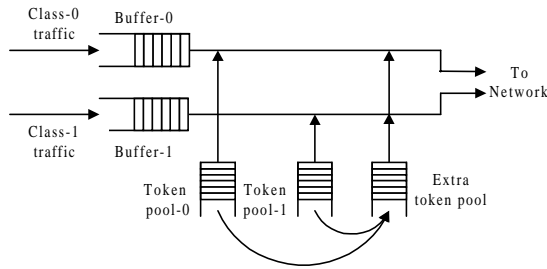


Figure 1. PLB-EX Model

When cells arrive at PLB-EX, they are served with their own class tokens and forwarded to network. When token pool-0 and token pool-1 are empty, extra token pool is exploited by allowing equally access from each cell class to use extra tokens. If there are not any tokens left in all pools, cells are buffered. Priority is assigned when new arriving class-0 cell finds that the buffer-0 is full and no token is left in token pool-0 and extra pool while tokens in token pool-1 still remains. Then class-0 cells at the head of buffer-0 can steal token from token pool-1 and new cell is received in the buffer, but the cell which steals the token will be marked as class-1 instead.

3. Fuzzy logic based priority leaky bucket principle

Fuzzy logic system is implemented in PLB-EX as FPLB-EX to control the constant Token Rate (TR) in PLB-EX, thus generation rate can be adjusted suitably according to traffic source characteristics. If the source behaves well, it will be rewarded, that is, TR will be high to improve QoS and resource utilization. In contrast, if the source begins to violate network contract, TR will be low to detect the violation and punish it immediately. The proposed FPLB-EX is shown in Figure 2.

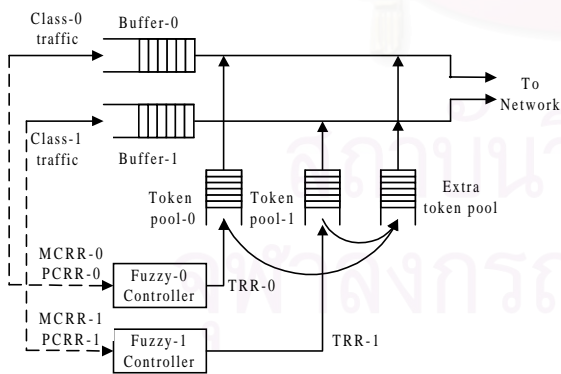


Figure 2. FPLB-EX Model

Two fuzzy controllers, fuzzy-0 and fuzzy-1, are added to produce reasonable rate for token pool-0 and token pool-1, respectively. In every sampling period (SP), each controller measures its source characteristics, as the input to calculate desired TR. There are two inputs for each fuzzy controller, which describes source behavior, MCCR (Mean Cell Rate Ratio), and PCRR (Peak Cell Rate Ratio).

MCCR is defined as the ratio of the total number of arriving cells until the current SP, and the negotiated mean

cell rate that indicates long-term behavior of the source. MCCR-0 is the input from class-0 source whereas MCCR-1 is from class-1 source. Another fuzzy input: PCRR, is the ratio of the number of arriving cells in the current SP, and the negotiated peak cell rate that indicates short-term behavior. PCRR-0 is the input from class-0 source while PCRR-1 is the input from class-1 source. The output is TRR (Token Rate Ratio) which is the ratio between new TR and TR, where in this case, is equal to negotiated mean cell rate because the policer is designed for mean cell rate policing. TRR-0 is the output from fuzzy-0 and TRR-1 is the output from fuzzy-1.

After fuzzy controllers have measured source characteristics as their crisp inputs, these inputs are then fuzzified into linguistic value related to their membership functions. The membership functions of inputs and output are of triangular shape as shown in Figures 3-5. They are fuzzified into five subsets: Very Low (VL), Low (L), Medium (M), High (H) and Very High (VH). The identical membership shapes are used for input and output of fuzzy-0 and fuzzy-1 controllers, because the simulation tests use the same source parameters for class-0 and class-1 traffic to be able to compare how different the QoS is when priority is considered.

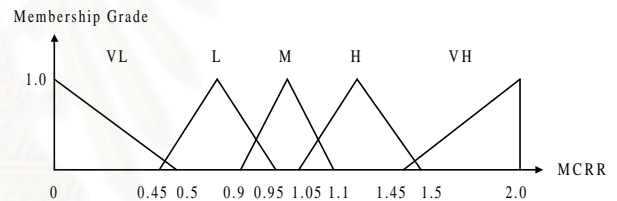


Figure 3. Membership function of MCCR input variable

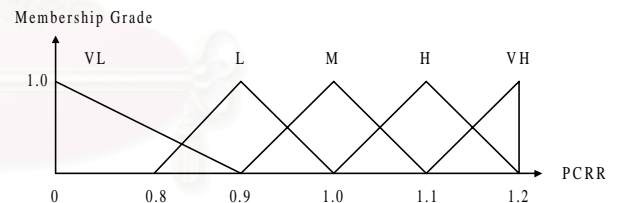


Figure 4. Membership function of PCRR input variable

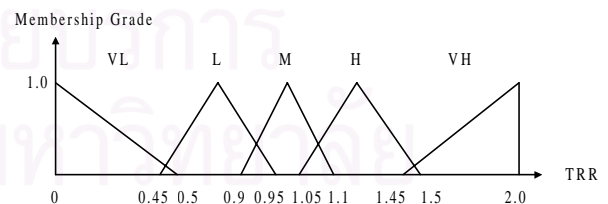


Figure 5. Membership function of TRR output variable

Table 1 gives the fuzzy controller rules of the proposed FPLB-EX. The same fuzzy rule is shared for both fuzzy controllers. The target of the rules is to enforce the source to respect the negotiated mean cell rate of the network. The proposed mechanism allows the source to have some short-term fluctuations as long as the long-term situation is respected.

Table 1. Fuzzy controller rule base

Rule	MCCR	PCRR	TRR
1	VL	VL	VH
2	VL	L	VH
3	VL	M	H
4	VL	H	H
5	VL	VH	M
6	L	VL	VH
7	L	L	H
8	L	M	H
9	L	H	M
10	L	VH	M
11	M	VL	VH
12	M	L	H
13	M	M	H
14	M	H	M
15	M	VH	M
16	H	VL	M
17	H	L	L
18	H	M	L
19	H	H	VL
20	H	VH	VL
21	VH	VL	L
22	VH	L	VL
23	VH	M	VL
24	VH	H	VL
25	VH	VH	VL

For example, the case that the source sends actual traffic near the negotiated mean cell rate that can be indicated as MCCR is in M set, is considered. That source will be rewarded by increasing the token generation rate beyond the normal rate. PCRR is then necessary to be considered if the short-term behavior of the source is very well, as PCRR is in VL set, token generation can be more increased. However, when PCRR is in H or VH set that indirectly reflects that the source begins to violate the contract, no more reward is allowed for that source.

When MCCR is in VL or L set, the source will gain credit. On the other hand, if MCCR is in H or VH set, the source will be punished. PCRR is also considered together with the MCCR to detect the instant trend of the source, thus the control will not be so rigid. Following these ideas, the 25 fuzzy rules that can flexibly cope with the dynamic characteristics of the source during the connection, are established. According to fuzzy control rules, the membership grade of the output is calculated by fuzzy inference method. In this paper, the MAX-MIN method is selected. Fuzzy output is then defuzzified into crisp value. The centroid of area technique is adopted in the defuzzification to yield desired token generation rate.

4. Traffic source model

The traffic source which will be policed is described by an ON/OFF model in Figure 6. Assume that ON and OFF state durations have negative exponential distributions with mean time durations; $E[ON]$ and $E[OFF]$, respectively.

The source parameters are shown in Table 2. The source is packet voice service [7], which is encoded at the speed of 32 kbps. Both class-0 traffic and class-1 traffic are

modeled with the same source parameters to compare how priority assignment affects the QoS of each traffic class.

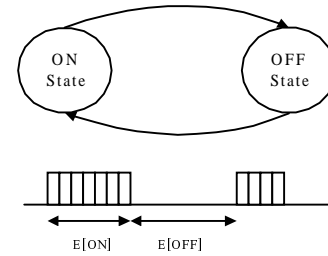


Figure 6. ON/OFF source model

Table 2. Packet voice source parameters

Peak Cell Rate	32000 bps
$E[ON]$	352 ms
$E[OFF]$	650 ms
Mean Cell Rate	11200 bps
Burstiness	2.85

5. Performance evaluation and comparison

In this section, the performance of the proposed PLB-EX and FPLB-EX are investigated in comparison with two other leaky bucket mechanisms. The first one is the mechanism that consists of two ordinary token leaky buckets that police each traffic class independently referred as TLB. The second one is priority leaky bucket without extra token pool, which is proposed in [6] and referred as PLB.

The selectivity of the proposed policer when the source respects (underloaded) and violates (overloaded) negotiated mean cell rate contract is determined. The performance is measured in terms of Cell Loss Ratio (CLR) and mean delay time, which are important QoS's.

The test system is simulated in C++ language. The following parameters of the mechanism are set for performance comparison.

1. Buffer-0 size = Buffer-1 size = 50 cells in all mechanisms
2. Token pool-0 size = Token pool-1 size = 15 tokens in TLB and PLB, but Token pool-0 size = Token pool-1 size = extra pool size = 10 tokens in PLB-EX and FPLB-EX, thus the sum of pool size = 30 tokens
3. Sampling period in FPLB-EX = time that 10 cells are transmitted at peak rate [8]
4. Simulation time = time that 10^6 cells are generated

Figure 7 shows the comparison of the cell loss ratio for class-0 when class-0 traffic transmits cell under their negotiated mean cell rate. The result indicates that priority assignment can enhance quality of class-0. The PLB is realized as the better method than the TLB. The proposed PLB-EX is proved to be of greater ability. The exploit of extra token pool, which utilizes resource more efficiently, can improve the CLR-0. Another proposed scheme, FPLB-

EX performs the best, because it rewards class-0 traffic with a higher reasonable token generation rate, thus the CLR-0 reaches the lowest value among other mechanisms.

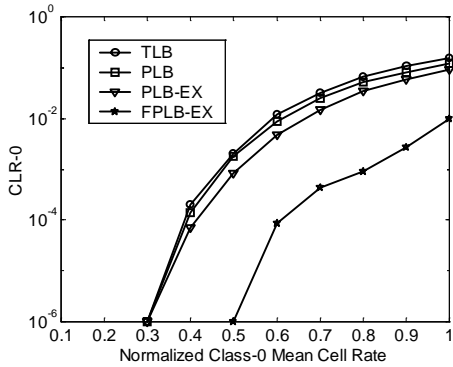


Figure 7. Class-0 cell loss ratio when class-0 is underloaded

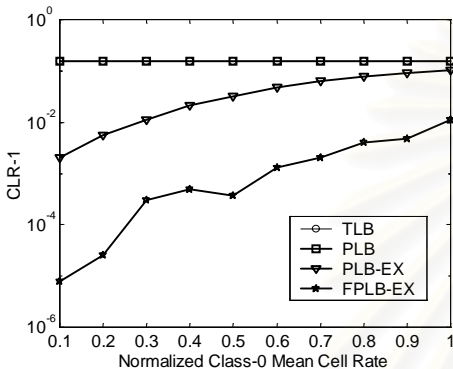


Figure 8. Class-1 cell loss ratio when class-0 is underloaded

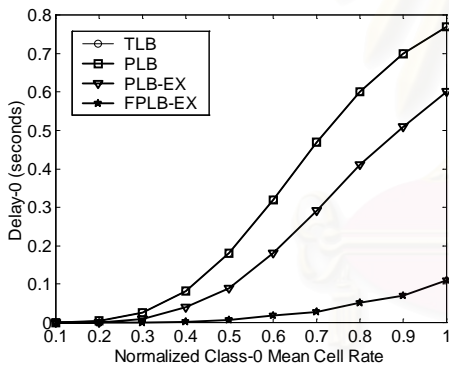


Figure 9. Class-0 mean delay time when class-0 is underloaded

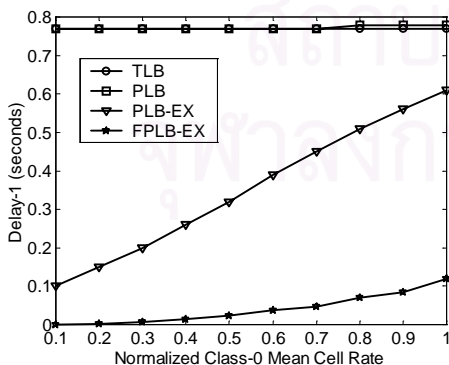


Figure 10. Class-1 mean delay time when class-0 is underloaded

The effect of underloaded class-0 traffic to the class-1 traffic is as shown in Figure 8. It is found that priority given to the PLB cannot improve class-1 quality, but its value is slightly (cannot be seen within the picture scale) more than the TLB as the trade off. Extra pool in PLB-EX

can compensate this problem and the CLR-1 is much better, especially when class-0 has a few loads. FPLB-EX is still the best because the exploit of extra token pool, which can receive more tokens from higher token generation of class-0 traffic.

Figures 9 and 10 display the mean delay time that class-0 and class-1 cells have to wait in the buffer. It is observed that the PLB scheme cannot improve the delay time of class-0 cells, furthermore, the delay time of class-1 cells increases. In the different way, the PLB-EX and FPLB-EX perform better in delay performance than the traditional mechanisms. It can be concluded that the situation when class-0 traffic respects the negotiated contract that the new proposed mechanisms play the role as shaper and policer, is better than the conventional algorithms. The effect of underloaded class-1 traffic is in the similar way, but the cell loss ratio and mean delay time insignificantly degrade when compared to class-0 traffic due to priority assignment.

Next, how the proposed policing can detect violation when class-0 source exceeds negotiated rate, is discussed. The ideal curve [1-2], which is corresponding to the percentage of excessive cells beyond the proper limit, is considered. Figure 11 displays the class-0 cell loss ratio when class-0 traffic is overloaded. It is found that the TLB technique has false detection by discarding more cells than the ideal limit. The PLB and PLB-EX behave in the same way that they discard more cells than ideal case when mean cell rate is near the negotiated value. But when the rate goes higher, the cell loss ratio of both mechanisms is below the ideal line. This is reasonable because the ideal curve is derived for conventional leaky bucket while the priority mechanism assigns high priority for class-0 cells. Thus, the cell loss ratio of class-0 traffic should be lower than that of the ideal case. The application of fuzzy logic in the FPLB-EX makes the mechanism reach near ideal case when normalized mean cell rate is equal to 1. When class-0 mean cell rate increases, fuzzy controller will punish the source by decreasing token generation rate to discard overloaded cells and it can police traffic better than the PLB and PLB-EX when normalized class-0 mean cell rate is beyond 1.5.

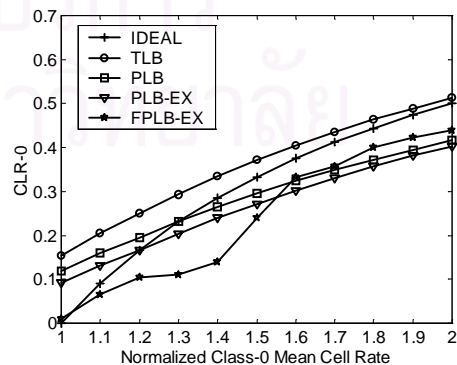


Figure 11. Class-0 cell loss ratio when class-0 is overloaded

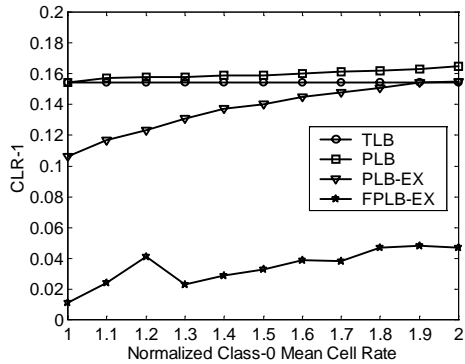


Figure 12. Class-1 cell loss ratio when class-0 is overloaded

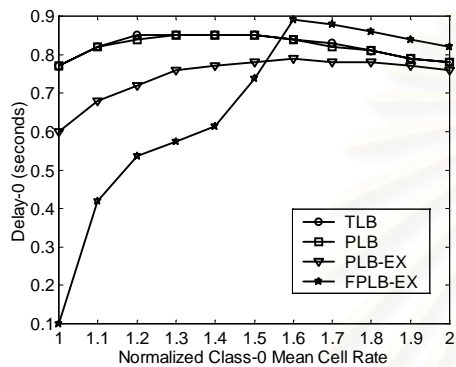


Figure 13. Class-0 mean delay time when class-0 is overloaded

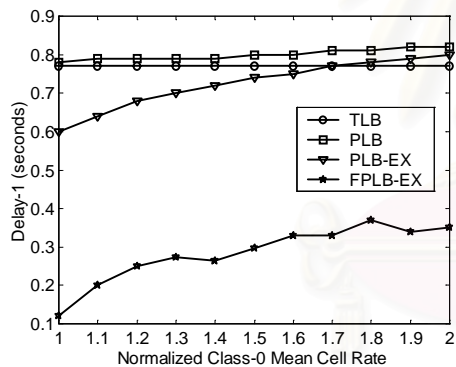


Figure 14. Class-1 mean delay time when class-0 is overloaded

Figure 12 shows the effect to class-1 traffic when class-0 source is overloaded. The TLB is not affected by this situation because it polices each class independently. However, with the PLB scheme, class-1 cell loss ratio is degraded due to token taken from violating cells of class-0 traffic. Although the PLB-EX performs similarly, the utilization of the extra pool keeps QoS of class-1 traffic as well as the TLB method. The same phenomenon occurs with the FPLB-EX, but class-1 traffic, which respects the contract is credited with higher token generation rate, thus the class-1 cell loss ratio is improved.

Figure 13 exhibits the mean delay time of class-0 cells. It is found that the proposed PLB-EX still maintains delay below those of conventional methods while the FPLB-EX increases cell waiting time due to decreasing token generation rate.

Figure 14 shows the mean delay time of class-1 traffic. As same as the cell loss ratio case, the delay time of priority schemes is influenced by class-0 traffic and is more than that

of TLB. However, with the implementation of fuzzy logic, this problem is eliminated as long as class-1 source respects the network contract. The result of overloaded class-1 traffic is not shown in the paper but it resembles the overloaded class-0 traffic case.

6. Conclusion

In this paper, two new priority leaky bucket mechanisms are proposed with the implementation of extra token pool and fuzzy logic system on the conventional scheme to meet several service requirements, such as cell loss ratio and mean delay time. The main target of new proposed methods is to improve the quality of low priority traffic, which is traded off with better service for the high priority class. Moreover, the selectivity of priority schemes as the policing mechanism, which has not been investigated before, is explored. The simulation results show that the proposed mechanisms perform better than former techniques when they are utilized as a traffic shaper. Cell loss ratio and mean delay time are determined and the FPLB-EX is shown to be the best mechanism. This proposed scheme also acts well as policing mechanism. It can detect the violation cells and punish them by discarding more excessive cells than the other priority algorithms. Furthermore, the scheme can control the effect of overloaded class, thus the QoS of another class still remains good. However, the fuzzy logic gives disadvantage of the slightly increased delay time of exceeding traffic cells. How to cope with this disadvantage is left for the future study.

References

- [1] Rathgeb E.P., "Modeling and Performance Comparison of Policing Mechanisms for ATM Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, April 1991, pp. 325-334.
- [2] Butto M., Cavallero E. and Tonietti A., "Effectiveness of the 'Leaky Bucket' Policing Mechanism in ATM Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, April 1991, pp. 335-342.
- [3] Zeng J. and Merakos L.F., "Analysis of a Priority Leaky Bucket Regulator for Virtual Path Traffic in ATM Networks," GLOBECOM, 1994, pp. 606-611.
- [4] Choi D.I., Choi B.D. and Sung D.K., "Performance Analysis of Priority Leaky Bucket Scheme with Queue-Length-Threshold Scheduling Policy," IEE Proceedings of Communications, Dec. 1998, pp. 395-401.
- [5] Ko C.P., Yang O.W. and Mouftah H.T., "Bursty Traffic Control using Dynamic Token Allocation Method," Proceedings of ICC, 1995, pp. 1981-1985.
- [6] Pang Q. and Cheng S., "Performance Study on the Priority Leaky Buckets," Second IEEE Symposium on Computers and Communications, 1997, pp. 254-258.
- [7] Jiang Z., "An Improved Algorithm of Usage Parameter Control in ATM Networks," Proc. of ICCT, 1996, pp. 24-27.
- [8] Xinyu W. and Ling G., "The Application of Fuzzy Logic in Real-Time Traffic Control in ATM Networks," Proc. of ICCT, 1998, pp. 467-471.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกิตติพงษ์ เสริมเตชะถาวร เกิดเมื่อวันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2520 ที่กรุงเทพมหานคร ศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาที่โรงเรียนเซนต์คาเบรียล ตั้งแต่ พ.ศ. 2527 ถึง พ.ศ. 2537 และเข้าศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2540 จากนั้นศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาระบบโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อ พ.ศ. 2541



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย