

การใช้ค่าอายุข้อมูลเพื่อเพิ่มสมรรถนะการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงในการทำสำเนาแบบทูเทียร์



นายมงคลชัย ไชโย

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

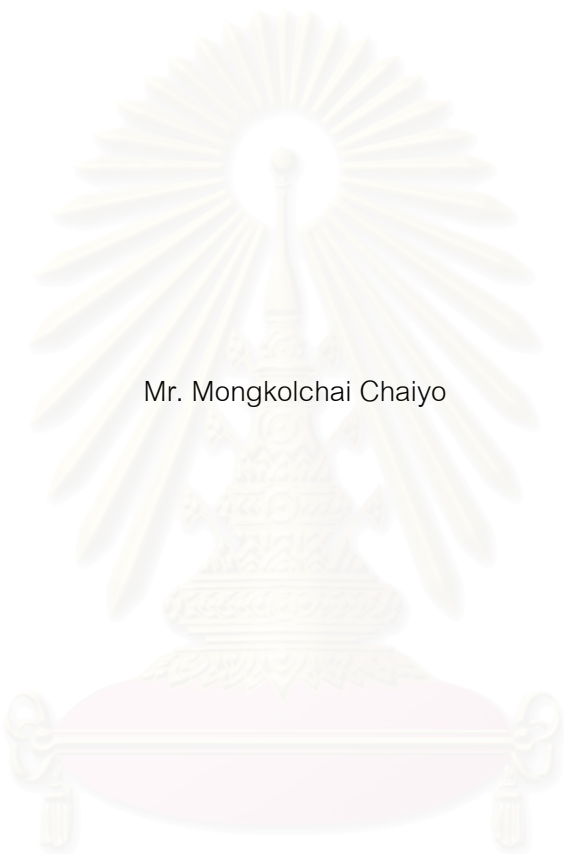
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1254-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

USING TIME-TO-LIVE TO IMPROVE TRANSACTION PROCESSING PERFORMANCE  
IN TWO-TIER REPLICATION



Mr. Mongkolchai Chaiyo

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1254-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การใช้ค่าอายุข้อมูลเพื่อเพิ่มสมรรถนะการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงใน  
การทำสำเนาแบบพู่เทียน์  
โดย                              นายมงคลชัย ไชโย  
สาขาวิชา                      วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา              อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวยการ

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวยการ)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ทวีชัย เสนีวงศ์ ณ อยุธยา)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระพนธ์ โสภิตสถิตย์)

มงคลชัย ไชโย : การใช้ค่าอายุข้อมูลเพื่อเพิ่มสมรรถนะการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลง  
ในการทำสำเนาแบบทิวเทียร์. (USING TIME-TO-LIVE TO IMPROVE TRANSACTION  
PROCESSING PERFORMANCE IN TWO-TIER REPLICATION) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร.  
ยรรยง เต็งอำนาจ, 92 หน้า. ISBN 974-17-1254-5.

ในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์การทำรายการเปลี่ยนแปลงกับข้อมูลที่ถูกทำสำเนาใน  
ระบบที่ไม่ต่อเชื่อม ค่าที่นำมาวิเคราะห์คือช่วงเวลาที่ไม่มีต่อเชื่อม จำนวนโมบายโหนดและจำนวนราย  
การเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเล็ก เพื่อสนับสนุนการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมของโมบายโหนด จำนวนราย  
การเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเล็กจำนวนมาก เป็นปัญหาสำคัญที่ลดสมรรถนะของระบบ ในงานวิจัยนี้ได้  
นำเสนอวิธีการเพิ่มสมรรถนะการประมวลผล โดยการใช้ค่าที่ทีแอลของข้อมูลเป็นตัวแทนสำหรับการ  
ตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนดก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด วิธีการนี้อยู่บนพื้น  
ฐานของการทำสำเนาแบบทิวเทียร์ การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง และทีทีแอล

ผลจากการจำลองการทำงานแสดงให้เห็นว่าวิธีการนี้สามารถลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง  
ที่ถูกยกเล็กโดยไม่จำเป็นได้ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมช่วงเวลาการต่อเชื่อมที่โมบายโหนดใช้  
เพื่อความคุ้มค่ามากขึ้นในการใช้งานทรัพยากร

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ .....ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา ..... 2545 .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 417 06936 21 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEYWORD: TIME-TO-LIVE / REPLICATION / VALIDATION / TWO-TIER REPLICATION

MONGKOLCHAI CHAIYO : USING TIME-TO-LIVE TO IMPROVE TRANSACTION  
PROCESSING PERFORMANCE IN TWO-TIER REPLICATION. THESIS ADVISOR :  
YUNYONG TENG-AMNUAY, Ph.D, 92 pp. ISBN 974-17-1254-5.

This research describes an analysis of transaction processing for replicated data in disconnected system. We analysed the relationship of disconnected interval, number of mobile nodes and abortion rate of transaction. High abortion rate of transaction is the main problem that degrades system performance in system with mobile nodes in disconnected operation. In this research we propose a framework to improve transaction processing performance. By using time-to-live (TTL) of data as proxy validation, we can validate transaction before sending to be processed at base node. This framework is based on two-tier replication model, transaction validation, and time-to-live (TTL).

The results from simulation show that proxy validation can reduce unnecessary abortion of transaction and allow for finer control of connection interval of mobile nodes for more efficient resource consumption.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department ..... Computer Engineering ..... Student's signature .....

Field of study ..... Computer Engineering ..... Advisor's signature .....

Academic year ..... 2002 ..... Co-advisor's signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของท่านอาจารย์ ดร. ยรรยง เต็งอำนวย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้ความรู้และข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและความคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัยด้วยดีโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนทั้งในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด จนสำเร็จการศึกษา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

หน้า

|                          |   |
|--------------------------|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....    | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ .....    | ฉ |
| สารบัญ .....             | ช |
| สารบัญตาราง .....        | ญ |
| สารบัญภาพ .....          | ฐ |

## บทที่

|  |    |
|--|----|
| 1. บทนำ .....  | 1  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....  | 1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....  | 1  |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....  | 2  |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....  | 2  |
| 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย .....   | 3  |
| 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....   | 4  |
| 2.1 การทำสำเนาข้อมูล (Data replication).....   | 4  |
| 2.2 โมเดลการทำสำเนาข้อมูลแบบพู่เทียน .....   | 6  |
| 2.3 การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง .....  | 7  |
| 2.4 ค่าที่ทีแอล.....   | 8  |
| 3. การกำหนดและวิเคราะห์แบบจำลอง .....  | 10 |
| 3.1 การทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม.....   | 10 |
| 3.2 วิเคราะห์การทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม .....                               | 10 |
| 3.3 ค่าที่มีผลต่ออัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลง.....                               | 11 |
| 3.4 อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบกับอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด.....          | 13 |
| 3.5 เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม .....                              | 15 |
| 3.6 ผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ไม่เท่ากันที่มีต่ออัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลง..... | 16 |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| 3.7 การจำลองการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม .....  | 17   |
| 3.8 การใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายไหนด .....   | 18   |
| 3.9 ขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่าที่ทีแอล .....   | 22   |
| 3.10 ผลกระทบจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอล .....  | 23   |
| <br>   |      |
| 4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล .....   | 25   |
| 4.1 การทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง<br>ที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนด .....  | 27   |
| 4.2 การทดลองผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกัน<br>ที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนด .....  | 29   |
| 4.3 ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เนื่องจากอัตราการต่อเชื่อม ...   | 37   |
| 4.4 การทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสไหนด<br>เนื่องมาจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายไหนด .....                         | 42   |
| 4.5 การทดลองผลกระทบจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอล .....   | 50   |
| 4.6 การทดลองผลของการกำหนดค่าที่ทีแอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงในระบบ .....   | 53   |
| <br>   |      |
| 5. อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ .....  | 56   |
| 5.1 อภิปรายผลการทดลอง .....  | 56   |
| 5.1.1 อัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนด ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง<br>ที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนด .....   | 56   |
| 5.1.2 อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกันในแต่ละโมบายไหนดที่มีต่อจำนวน<br>รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนด .....   | 57   |
| 5.1.3 การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสไหนด สำหรับอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่<br>ต่างกัน .....               | 57   |
| 5.1.4 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสไหนด<br>เนื่องมาจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่อัตรา<br>การต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกัน ..... | 59   |



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.5 ผลกระทบจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอล ..... 59

5.1.6 ผลของการเลือกใช้ค่าที่ที่แอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก..... 60

5.1.7 การวิเคราะห์ในเชิงลึก ..... 60

5.2 สรุปผลการวิจัย ..... 62

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 63

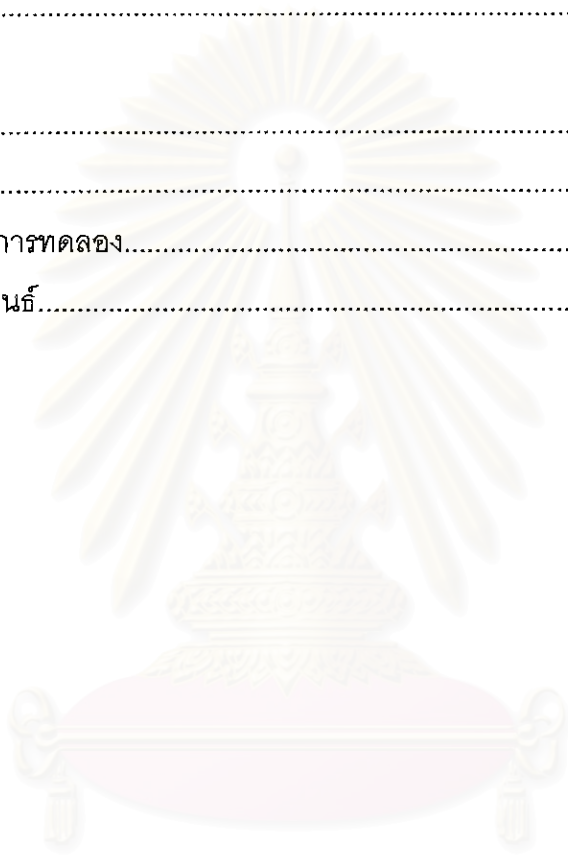
  

รายการอ้างอิง ..... 65

ภาคผนวก ..... 66

    ภาคผนวก ก. ผลการทดลอง..... 67

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 92



สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



| ตาราง   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ ก.13   | 80   |
| ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกันที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด.....       |      |
| ตารางที่ ก.14   | 81   |
| ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกันที่จำนวนโมบายโหนด 50 โหนด.....       |      |
| ตารางที่ ก.15   | 82   |
| ผลการทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด ไม่ใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง.....                      |      |
| ตารางที่ ก.16   | 83   |
| ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด.....          |      |
| ตารางที่ ก.17   | 84   |
| ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันที่จำนวนโมบายโหนด 50 โหนด.....          |      |
| ตารางที่ ก.18   | 85   |
| ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบทีที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกันที่ $T/C = 1.0$ ..... |      |
| ตารางที่ ก.19   | 86   |
| ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบทีที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันที่ $T/C = 1.0$ .....    |      |
| ตารางที่ ก.20   | 87   |
| ผลการทดลองผลกระทบจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด ที่ $T/C = 1.0$ .....  |      |
| ตารางที่ ก.21   | 88   |
| ผลการทดลองผลกระทบจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนดที่ $T/C = 0.5$ .....   |      |
| ตารางที่ ก.22   | 89   |
| ผลการทดลองผลกระทบจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด ที่ $T/C = 0.2$ .....  |      |

| ตาราง  | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ ก.23 ผลการทดลองการกำหนดค่าที่ทีแอลเริ่มต้น ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง<br>ในระบบที่ T/C = 0.5..... | 90   |
| ตารางที่ ก.24 ผลการทดลองการกำหนดค่าที่ทีแอลเริ่มต้น ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง<br>ในระบบที่ T/C = 1.0..... | 91   |



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

|            | หน้า  |
|------------|---|
| รูปที่ 2.1 | โมเดลการทำสำเนาข้อมูลแบบทิวเทียร์..... 6  |
| รูปที่ 3.1 | การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่<br>โดย T มีค่าเท่ากับ C ..... 14   |
| รูปที่ 3.2 | การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่<br>โดย T มีค่ามากกว่า C ครึ่งหนึ่ง และ T มีค่า 4 หน่วย C มีค่า 2 หน่วย ..... 14  |
| รูปที่ 3.3 | การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่<br>โดย T มีค่ามากกว่า C ครึ่งหนึ่ง และ T มีค่า 2 หน่วย C มีค่า 1 หน่วย ..... 15  |
| รูปที่ 3.4 | โมเดลแบบแถวคอยสำหรับการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม . 18  |
| รูปที่ 3.5 | ขั้นตอนการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่ ..... 20  |
| รูปที่ 3.6 | โมเดลแบบแถวคอยสำหรับการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม<br>ที่ใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด..... 21   |
| รูปที่ 3.7 | ตัวอย่างเหตุการณ์การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด..... 24  |
| รูปที่ 4.1 | ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง<br>ที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ..... 28  |
| รูปที่ 4.2 | ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ..... 30  |
| รูปที่ 4.3 | ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อ<br>จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ..... 31   |
| รูปที่ 4.4 | ผลการทดลองค่า T/C ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่อโมบาย<br>โหนดมีอัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน ..... 33  |
| รูปที่ 4.5 | ผลการทดลองค่า T/C ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่อโมบาย<br>โหนดมีอัตราการต่อเชื่อมต่างกัน ..... 35   |
| รูปที่ 4.6 | ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวน<br>รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก ที่ค่า T/C เป็น 1.0 และ 0.5 ..... 36  |
| รูปที่ 4.7 | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับไม่ตรวจสอบ ที่มี<br>ผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน<br>ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด ..... 38 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| รูปที่ 4.8  | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน<br>ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด และ 50 โหนด .....             | 39 |
| รูปที่ 4.9  | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับไม่ตรวจสอบ<br>ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน<br>ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด ..... | 41 |
| รูปที่ 4.10 | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ<br>ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จ<br>เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน ที่ $T/C = 1.0$ .....             | 43 |
| รูปที่ 4.11 | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ ที่มีผลต่อจำนวน<br>รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน ที่ $T/C = 1.0$ .....                     | 44 |
| รูปที่ 4.12 | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ<br>ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จ<br>เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน ที่ $T/C = 1.0$ .....                | 46 |
| รูปที่ 4.13 | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ<br>ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก<br>เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน ที่ $T/C = 1.0$ .....                     | 47 |
| รูปที่ 4.14 | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง<br>ที่ประมวลผลสำเร็จ เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันและไม่ต่างกัน<br>ที่ $T/C = 1.0$ .....                | 48 |
| รูปที่ 4.15 | ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง<br>ที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันและไม่ต่างกัน ที่ $T/C = 1.0$ .....                        | 49 |
| รูปที่ 4.16 | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ควรถูกยกเลิก จากการใช้ค่าที่ทีแอล<br>ตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด ที่ $T/C = 1.0, 0.5, 0.2$ .....  | 51 |
| รูปที่ 4.17 | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นซึ่งถูกยกเลิก จากการใช้ค่าที่ทีแอล<br>ตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด ที่ $T/C = 1.0, 0.5, 0.2$ .....                                   | 52 |
| รูปที่ 4.18 | ผลการทดลองความสัมพันธ์ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงในระบบ<br>เนื่องมาจากการใช้ค่าที่ทีแอล ที่ค่า $T/C=1.0$ .....  | 54 |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม (Disconnected Operation) ถูกนำเสนอในระบบ Coda [3] ซึ่งใช้วิธีทำสำเนาข้อมูลบางชุดที่สำคัญไว้บนโหนดเคลื่อนที่ (Mobile node) ทำให้สามารถแก้ไขข้อมูลได้เมื่อไม่ต่อเชื่อม ในระบบ Bayou [2] การแก้ไขข้อมูลทำบนข้อมูลที่ถูกรักษาสำเนาชุดใดก็ได้ เช่นเดียวกับการทำสำเนาแบบทูเทียร์ [1] การแก้ไขข้อมูลทำเป็นรายการเปลี่ยนแปลง (Transaction) ซึ่งรวบรวมข้อมูลที่ถูกทำสำเนาได้ทุกชุด แต่ถ้าโหนดเคลื่อนที่ไม่ต่อเชื่อมเป็นเวลานาน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ขัดกัน (Conflict) ในระบบจะเพิ่มมากขึ้นเพราะโหนดเคลื่อนที่แต่ละโหนดสามารถทำรายการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาและยังไม่มีวิธีควบคุม ดังนั้นการควบคุมการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงบนโหนดเคลื่อนที่จึงถูกนำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

ปัญหาหลักของการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมคือเวลาส่วนใหญ่ของโหนดเคลื่อนที่เป็นเวลาที่ไม่ต่อเชื่อม เวลาในการต่อเชื่อมแต่ละครั้งเป็นเวลาดั้งๆ และช่วงเวลาที่ต่อเชื่อมจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นความถูกต้องตรงกันของข้อมูลที่เข้าร่วมกันจึงไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้รายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขัดกัน ในงานวิจัยนี้การทำรายการเปลี่ยนแปลงบนโหนดเคลื่อนที่จะใช้ค่าที่ทีแอลเป็นตัวแทนการตรวจสอบและควบคุมรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จุดประสงค์คือ (1) สามารถทำงานได้ในระบบที่ไม่ต่อเชื่อมได้ (2) สามารถกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการต่อเชื่อมสำหรับโหนดเคลื่อนที่ได้ (3) สามารถรองรับการขยายระบบได้ (4) สามารถควบคุมการทำรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นของโหนดเคลื่อนที่ได้ การทำงานอยู่บนพื้นฐานของการทำสำเนาข้อมูลแบบทูเทียร์ [1] การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง [5] และการใช้ค่าที่ทีแอล [4]

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเพิ่มสมรรถนะการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงบนระบบการทำสำเนาข้อมูลแบบทูเทียร์ โดยวิธีการนำค่าที่ทีแอลมาประยุกต์ใช้งานกับข้อมูลที่มีการทำสำเนา

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- (1) การวิจัยทำอยู่บนพื้นฐานของการทำสำเนาข้อมูลแบบทิวเทียร์และการประยุกต์ใช้ค่าที่ที่แอล
- (2) การวิจัยทำโดยการพัฒนาแบบจำลองการทำสำเนาข้อมูลและขั้นตอนวิธีในการปรับเปลี่ยนค่าที่ที่แอลของข้อมูลในแบบจำลอง
- (3) การพัฒนาแบบจำลองใช้กับการทำสำเนาข้อมูลบนเครือข่ายแบบความมั่นคงต่ำ (Weakly connected network)
- (4) การทดลองทำโดยวิเคราะห์ผลของค่าที่ที่แอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและผลสำเร็จของรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำบนเบสโหนด
- (5) การทดลองทำโดยจำลองเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง
- (6) การจำลองเหตุการณ์ทำโดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของเครือข่าย

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) ได้ระบบทำสำเนาข้อมูลแบบทิวเทียร์ที่มีสมรรถนะการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น
- (2) จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นบนโหนดลดลง
- (3) อัตราการเกิดการติดตาย (Deadlock) บนเบสโหนดลดลง
- (4) จำนวนข้อมูลที่รับส่งในเครือข่ายและเวลาสำหรับโหนดที่ใช้ติดต่อกับเบสโหนดลดลง



### 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

- (1) ศึกษาเกณฑ์วิธีและขั้นตอนวิธีการทำสำเนาข้อมูลแบบต่างๆ และวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธี
- (2) ศึกษาหลักการและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นของการทำสำเนาแบบทูเทียร์
- (3) ศึกษาการทำงานของค่าที่ทีแอลและการประยุกต์ใช้งาน
- (4) พัฒนาแบบจำลองการทำสำเนาข้อมูล โดยอาศัยโครงสร้างพื้นฐานจากการทำสำเนาแบบทูเทียร์
- (5) กำหนดค่าที่ทีแอลสำหรับข้อมูลในแบบจำลองการทำสำเนา
- (6) กำหนดขั้นตอนวิธี ในการปรับเปลี่ยนค่าที่ทีแอลและวงจรชีวิตของข้อมูล ในแบบจำลองการทำสำเนา
- (7) กำหนดขั้นตอนวิธีในการเลือกที่จะทำหรือไม่ทำรายการเปลี่ยนแปลงกับข้อมูลบนโมบายโหนดและการเลือกที่จะส่งหรือไม่ส่งรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำบนโมบายโหนดไปทำงานบนเบสโหนด โดยใช้ค่าที่ทีแอลของข้อมูลเป็นส่วนช่วยตัดสินใจ
- (8) จำลองเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในแบบจำลองและวิเคราะห์ผลของค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่ทำสำเนาที่มีต่อการลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำงานสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสโหนด
- (9) สรุป วิจัย และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การทำสำเนาข้อมูล (Data replication)

การทำสำเนาข้อมูล (Data replication) เป็นการใช้งานข้อมูลโดยทำสำเนาข้อมูลจากต้นฉบับไปยังส่วนต่างๆ และดูแลจัดการความตึงกัน (Consistency) ของข้อมูลที่ทำสำเนาออกไป ประโยชน์ของการทำสำเนาข้อมูลคือ

- (1) ประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูล (Efficiency)
- (2) สภาพพร้อมใช้งาน (Availability)
- (3) ความทนต่อความผิดพลาด (Fault tolerance)

ลักษณะของแบบจำลองการทำสำเนาข้อมูลในงานวิจัยของ Gray [1] ได้ทำการแบ่งแบบจำลองของการทำสำเนาข้อมูลออกตาม 2 ลักษณะ

##### 2.1.1 การแพร่ของการปรับเปลี่ยนข้อมูล (Update propagation)

###### (1) การแพร่แบบเร่ง (Eager)

เมื่อมีการปรับเปลี่ยนข้อมูลในข้อมูลที่ทำสำเนาชุดใดก็ตาม การปรับเปลี่ยนจะถูกแพร่ไปยังข้อมูลที่มีการทำสำเนาชุดอื่นๆ ที่เหลือ โดยถือว่าอยู่ในขั้นตอนการทำงานเดียวกันกับการปรับเปลี่ยนข้อมูลจากชุดที่ทำการปรับเปลี่ยนเริ่มต้น

###### (2) การแพร่แบบเนือย (Lazy)

เมื่อมีการปรับเปลี่ยนข้อมูลในข้อมูลที่ทำสำเนาชุดใดก็ตาม การปรับเปลี่ยนจะถูกแพร่ไปยังข้อมูลที่มีการทำสำเนาชุดอื่นๆ ที่เหลือหลังจากการปรับเปลี่ยนข้อมูลต้นฉบับเรียบร้อยแล้ว นั่นคือรายการเปลี่ยนแปลงสิ้นสุดลงแล้วในสายตาของผู้ใช้งาน

##### 2.1.2 วิธีการปรับเปลี่ยนข้อมูล (Update regulation)

###### (1) การปรับเปลี่ยนแบบกลุ่ม (Group)

การปรับเปลี่ยนข้อมูลทำได้กับข้อมูลที่มีการทำสำเนาชุดใดก็ได้

###### (2) การปรับเปลี่ยนแบบต้นฉบับ (Master)

การปรับเปลี่ยนข้อมูลทำได้เฉพาะที่ข้อมูลที่เป็นต้นฉบับเท่านั้น ชุดข้อมูลที่ทำสำเนาชุดอื่นๆ สามารถอ่านได้อย่างเดียว

### 2.1.3 สมรรถนะการทำสำเนาข้อมูล

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของการทำสำเนาข้อมูล ในแบบจำลองที่ Gray [1] นำเสนอในกรณีของจำนวนการติดตาย (Deadlock) หรือจำนวนการไกล่เกลี่ย (Reconciliation) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนโหนดที่ทำสำเนาข้อมูล (ระบบมีขนาดใหญ่ขึ้น) และการใช้งานกับโมบายโหนด

(1) แบบต้นฉบับอย่างเร่ง (Eager master) และ กลุ่มอย่างเร่ง (Eager group)

การติดตาย (Deadlock) เพิ่มขึ้นเป็นกำลังสามของจำนวนโหนดที่เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นเป็นกำลังห้าของขนาดรายการเปลี่ยนแปลง (Transaction size) ที่เพิ่มขึ้น วิธีนี้ไม่สามารถใช้งานกับโมบายโหนดได้ เนื่องจากไม่สามารถทำรายการได้ในขณะที่ไม่ได้มีการติดต่อกับข้อมูลต้นฉบับ

(2) แบบกลุ่มอย่างเนือย (Lazy group)

การไกล่เกลี่ย (Reconciliation) เพิ่มขึ้นเป็นกำลังสาม ของจำนวนโหนดที่เพิ่มขึ้น วิธีนี้ใช้งานร่วมกับโมบายโหนดได้ การทำรายการเปลี่ยนแปลงสามารถทำได้กับข้อมูลที่ทำสำเนาไว้บนโมบายโหนด

(3) แบบต้นฉบับอย่างเนือย (Lazy master)

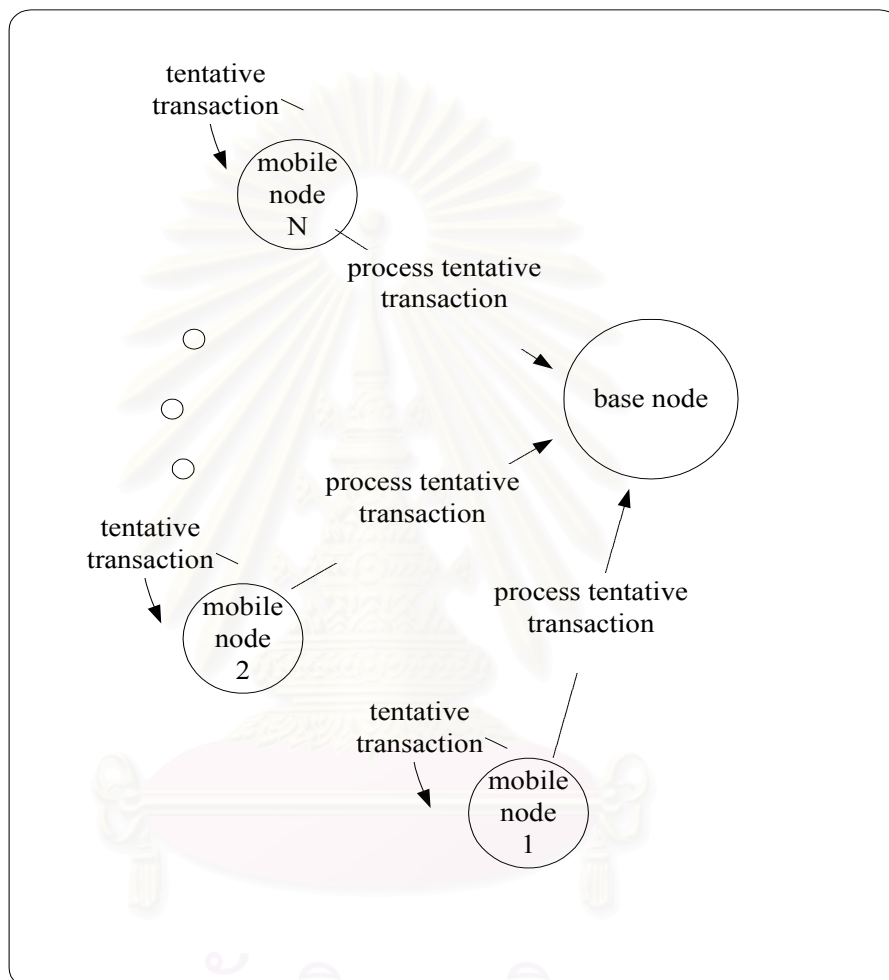
การติดตายเพิ่มขึ้นเป็นกำลังสองของจำนวนโหนดที่เพิ่มขึ้น วิธีนี้ไม่สามารถใช้งานกับโมบายโหนดได้ เนื่องจากไม่สามารถทำรายการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่ไม่ได้มีการติดต่อกับข้อมูลต้นฉบับ

(4) แบบทูเทียร์ (Two tier)

การติดตายเหมือนกับการทำสำเนาแบบต้นฉบับอย่างเนือย คือเพิ่มขึ้นเป็นกำลังสองของจำนวนโหนดที่เพิ่มขึ้น การไกล่เกลี่ยจะไม่เกิดขึ้นถ้ารายการที่ทำบนโมบายโหนดเป็นแบบเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานได้ (Commutative update) วิธีนี้ใช้งานร่วมกับโมบายโหนด การทำรายการเปลี่ยนแปลงสามารถทำได้กับข้อมูลที่ทำสำเนาบนโมบายโหนด

## 2.2 โมเดลการทำสำเนาข้อมูลแบบทูเทียร์

การทำสำเนาข้อมูลแบบทูเทียร์ [1] กำหนดให้สามารถทำรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนข้อมูลที่ทำสำเนาไว้ได้ โมเดลแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1. โมเดลการทำสำเนาข้อมูลแบบทูเทียร์

(1) โมบายโหนด (Mobile node) เวลาทำงานส่วนใหญ่ของโโมบายโหนดไม่ต่อกับระบบเครือข่าย โโมบายโหนดทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มีการทำสำเนาจากต้นฉบับที่อยู่บนเบสโหนด และสามารถทำรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว (Tentative transaction) กับข้อมูลที่ทำสำเนา ทำให้เกิดข้อมูลชั่วคราวเวอร์ชันใหม่ (Tentative version) รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวจะถูกส่งไปประมวลผลอีกครั้งที่เบสโหนดกับข้อมูลต้นฉบับ เมื่อโโมบายโหนดต่อเชื่อมกับเครือข่าย

(2) เบสโหนด (Base node) เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายตลอดเวลา ข้อมูลบนเบสโหนดเป็นข้อมูลต้นฉบับ เมื่อมีการติดต่อจากโหนดเบสโหนดจะรับรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวจากโหนดเบสโหนดมาประมวลผลกับข้อมูลต้นฉบับ จากนั้นจึงส่งผลการทำงานให้โหนดเบสโหนดประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดข้อมูลต้นฉบับเวอร์ชันใหม่ (Master version) หลังจากทำการเปลี่ยนแปลงเรียบร้อยแล้วข้อมูลต้นฉบับจะถูกส่งไปปรับค่าของข้อมูลที่ถูกทำสำเนาในส่วนต่างๆ ของระบบ

### 2.3 การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง

การควบคุมรายการเปลี่ยนแปลงแบบ Optimistic Concurrency Control [5] รายการเปลี่ยนแปลงสามารถเกิดขึ้นได้พร้อมกันหลายรายการเปลี่ยนแปลงโดยขั้นตอนการทำงานของรายการเปลี่ยนแปลงแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

#### (1) ขั้นตอนการอ่านและการเขียน

ข้อมูลที่แต่ละรายการเปลี่ยนแปลงอ่านและเขียนเป็นเวอร์ชันชั่วคราวของรายการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ เมื่อรายการเปลี่ยนแปลงไม่ผ่านการตรวจสอบจึงไม่มีผลต่อข้อมูลต้นฉบับ การเขียนจะบันทึกค่าชั่วคราวแยกไว้สำหรับแต่ละรายการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นถ้าเกิดรายการเปลี่ยนแปลงพร้อมกันหลายรายการเปลี่ยนแปลง จึงสามารถมีค่าชั่วคราวได้หลายค่าบนข้อมูลเดียวกัน คำสั่งที่อ่านและเขียนของรายการเปลี่ยนแปลงต่างๆ จะถูกเก็บไว้ในเซตการอ่าน (ประกอบด้วยข้อมูลที่ถูกรับโดยรายการเปลี่ยนแปลงต่างๆ) และเซตการเขียน (ประกอบด้วยข้อมูลที่ถูกรับโดยรายการเปลี่ยนแปลงต่างๆ)

#### (2) ขั้นตอนการตรวจสอบ

เมื่อรายการเปลี่ยนแปลงใดต้องการจบการทำงาน รายการเปลี่ยนแปลงนั้นจะถูกตรวจสอบว่ามีการอ่านและเขียนข้อมูลซ้ำกันกับการอ่านและเขียนข้อมูลของรายการเปลี่ยนแปลงอื่นหรือไม่ โดยตรวจสอบจากเซตการเขียนและเซตการอ่าน

#### (3) ขั้นตอนการบันทึก

ถ้ารายการเปลี่ยนแปลงผ่านการตรวจสอบ (ไม่มีการอ่านเขียนข้อมูลที่ซ้ำกับรายการเปลี่ยนแปลงอื่น) ข้อมูลส่วนที่แก้ไขซึ่งเก็บเป็นเวอร์ชันชั่วคราวจะถูกบันทึกเก็บไว้อย่างถาวรแต่

ถ้าไม่ผ่านการตรวจสอบ (เกิดขัดกันกับรายการเปลี่ยนแปลงอื่น) รายการเปลี่ยนแปลงนั้นจะถูกดำเนินการตามขั้นตอนการแก้ไขการขัดกัน (Reconcile) หรือถูกยกเลิกไป (Abort) ถ้าไม่สามารถแก้ไขได้

## 2.4 ค่าที่ทีแอล

ค่าที่ทีแอล (Time-to-live) คือค่าอายุของข้อมูล เป็นเวลาที่บอกว่าข้อมูลนั้นยังถูกต้องอยู่หรือไม่ ค่าที่ทีแอลจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามเวลาที่ผ่านมา เมื่อค่าที่ทีแอลเป็นศูนย์แสดงว่าข้อมูลชุดนั้นไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ ค่าที่ทีแอลถูกนำมาใช้กับระบบจัดการความถูกต้องของข้อมูลในกรณีที่มีการทำสำเนาข้อมูลไปจากต้นฉบับ เช่นระบบเว็บแคช [6] ใช้ควบคุมเว็บเพจที่เก็บไว้ในแคชว่าจะถูกต้องตรงกันกับข้อมูลต้นฉบับที่เก็บอยู่บนเว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นเวลานานเท่ากับค่าที่ทีแอลของข้อมูลนั้น ในระบบโดเมนเนม [7] ข้อมูลที่ผู้ขอใช้บริการได้รับสามารถถูกเก็บไว้เพื่อใช้ในครั้งต่อไป ทำให้ไม่จำเป็นต้องขอข้อมูลจากโดเมนเนมเซิร์ฟเวอร์ทุกครั้ง เมื่อค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่เก็บไว้มีค่าเป็นศูนย์ ผู้ขอใช้บริการจำเป็นต้องติดต่อขอข้อมูลจากต้นฉบับที่โดเมนเนมเซิร์ฟเวอร์

การใช้งานที่ทีแอลเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่อยู่ค่าอายุได้ล่วงหน้า ในกรณีที่ค่าที่ทีแอลของข้อมูลไม่คงที่ หรือไม่รู้ค่าที่ทีแอลข้อมูลล่วงหน้า ทำให้เกิดการติดต่อรับข้อมูลใหม่จากเครื่องที่เก็บข้อมูลต้นฉบับต่างๆ ที่ข้อมูลต้นฉบับยังไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง (กำหนดค่าที่ทีแอลน้อยเกินไป) หรือ ทำให้เกิดการใช้งานข้อมูลที่มีค่าไม่ถูกต้องเนื่องจากข้อมูลต้นฉบับมีการเปลี่ยนแปลงแล้วแต่ยังมีการใช้งานข้อมูลเดิมอยู่เนื่องจากค่าที่ทีแอลยังไม่เป็นศูนย์ (กำหนดค่าที่ทีแอลมากเกินไป)

Adaptive TTL มีการนำเสนอในระบบ Alex [4] เป็นการดัดแปลงค่าที่ทีแอล (Adaptive TTL) เครื่องที่นำข้อมูลไปใช้งานทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยติดต่อไปยังเครื่องที่เก็บข้อมูลต้นฉบับตามเวลาที่กำหนด ถ้าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงจะมีการรับข้อมูลใหม่จากต้นฉบับ การกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบได้มีการกำหนดโดยใช้ค่าขีดแบ่งของการปรับข้อมูล โดยอาศัยหลักที่ว่า ข้อมูลที่มีค่าที่ทีแอลน้อยจะมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ข้อมูลที่มีค่าที่ทีแอลมากจะมีการเปลี่ยนแปลงไม่บ่อยครั้ง ช่วงเวลาที่ใช้สำหรับตรวจสอบข้อมูลจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าที่ทีแอลของข้อมูล โดยค่าที่ทีแอลของข้อมูลนับเวลาเริ่มต้นจากการปรับข้อมูลครั้งล่าสุด ถ้าข้อมูลเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง (ค่าที่ทีแอลน้อย) ช่วงเวลาทำการตรวจสอบจะสั้นลง (ทำการตรวจสอบบ่อยครั้งขึ้น) ช่วงเวลาที่ใช้สำหรับการตรวจสอบ การกำหนดช่วงเวลาตรวจสอบน้อยเกินไปจะทำให้ติดต่อไปยังเครื่องที่เก็บข้อมูลต้นฉบับ ในขณะที่ข้อมูลต้นฉบับยังไม่มี

เปลี่ยนแปลง การกำหนดช่วงเวลาตรวจสอบมากเกินไป จะทำให้ไม่มีการติดต่อไปยังเครื่องที่เก็บข้อมูลต้นฉบับ ในขณะที่ข้อมูลต้นฉบับมีการเปลี่ยนแปลงแล้ว เป็นผลทำให้ข้อมูลที่ใช้งานอยู่เป็นข้อมูลที่ไม่วัดต้อง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### การกำหนดและวิเคราะห์แบบจำลอง

#### 3.1 การทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม

จากการวิเคราะห์ผลของเวลาที่ไม่มีต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่มีผลต่ออัตราการขาดกันของรายการเปลี่ยนแปลงในงานวิจัยของ Gray [1] นำมากำหนดค่าเริ่มต้นและเงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมดังนี้

- (1) ข้อมูลต้นฉบับ (Master copy) มีจำนวน  $D$  ข้อมูล
- (2) เบลโหนดมี 1 โหนดเป็นที่เก็บของข้อมูลต้นฉบับ
- (3) โมบายโหนดมี  $N$  โหนดเป็นที่เก็บข้อมูลที่ทำสำเนาไปจากข้อมูลต้นฉบับ
- (4) การทำสำเนาข้อมูลจากต้นฉบับไปยังโมบายโหนดทำกับโมบายโหนดทุก

โหนดและข้อมูลต้นฉบับทุกตัว

(5) อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงรวมในระบบมีค่าเป็น  $T$  รายการเปลี่ยนแปลงต่อวินาที

(6) อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงในแต่ละโหนดเป็น  $t$  รายการเปลี่ยนแปลงต่อวินาที เมื่อรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในระบบมีการกระจายไปตามโมบายโหนดต่างๆ แบบยูนิฟอร์ม อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงสำหรับโมบายโหนดแต่ละโหนดเป็น  $t = \frac{T}{N}$

(7) อัตราการต่อเชื่อมเฉลี่ยของโมบายโหนดแต่ละโหนดมีค่าเป็น  $C$  การต่อเชื่อมต่อวินาที

#### 3.2. วิเคราะห์การทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม

ในช่วงที่โมบายโหนดใดโหนดหนึ่งไม่ต่อเชื่อม จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการที่ (3.1)

$$transaction = \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \quad (3.1)$$



ในขณะเดียวกันนั้นจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากโหนดอื่น ๆ เป็นไปตามสมการที่ (3.2)

$$transaction_{(N-1)} = (N-1) \times \left( \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \right) \quad (3.2)$$

ความน่าจะเป็นที่รายการเปลี่ยนแปลงของโหนดแรกจะขัดกันกับรายการเปลี่ยนแปลงที่มาจากโหนดอื่นที่เหลือมีค่าตามสมการ (3.3)

$$conflict\_prob = \frac{(N-1) \times \left( \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \right) \times \left( \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \right)}{D} \quad (3.3)$$

ความน่าจะเป็นของการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงของโหนดทั้งหมดในระบบ มีค่าตามสมการที่ (3.4)

$$conflict\_prob_{All} = \frac{N \times (N-1) \times \left( \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \right) \times \left( \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \right)}{D} \quad (3.4)$$

อัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงของระบบมีค่าตามสมการที่ (3.6)

$$conflict\_rate_{All} = \frac{N \times (N-1) \times \left( \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \right) \times \left( \frac{T}{N} \times \frac{1}{C} \right) \times C}{D} \quad (3.5)$$

$$conflict\_rate_{All} \approx \frac{T^2}{D \times C} \quad (3.6)$$

### 3.3 ค่าที่มีผลต่ออัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลง

ทำการวิเคราะห์ตามสมการที่ (3.6) การเพิ่มขึ้นของอัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงรวมของระบบ อัตราการต่อเชื่อมของโหนดแต่ละโหนดและจำนวนข้อมูล

การเพิ่มขึ้นของอัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ

(1) อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลง เมื่ออัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในโมบายโหนดที่รอส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดมีจำนวนเพิ่มขึ้น การขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงจึงเพิ่มขึ้น

(2) อัตราการต่อเชื่อม เมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดลดลงจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่โมบายโหนดรอส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดจะสะสมและมีจำนวนเพิ่มขึ้น การขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงจึงเพิ่มขึ้น

การลดลงของอัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ

(1) จำนวนข้อมูล ถ้าจำนวนข้อมูลเพิ่มขึ้นการกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากโมบายโหนดต่าง ๆ ไปยังข้อมูลจะเป็นไปได้มากขึ้น การขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดจึงลดลง

จากการวิเคราะห์ข้างต้นจำนวนโมบายโหนดไม่มีผลต่ออัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการกระจายรายการเปลี่ยนแปลงไปยังโหนดต่างๆ เป็นไปอย่างเท่ากันเมื่อเพิ่มจำนวนโมบายโหนด อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของแต่ละโหนดจะลดลง โดยอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงรวมของระบบจะคงที่

จากอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของโมบายโหนดแต่ละโหนด (T/N) และอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด (1/C) ในกรณีที่การแก้ไขข้อมูลต้นฉบับเป็นแบบตามลำดับ (Serialize) จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโมบายโหนดแต่ละโหนดในช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อม (1/C) มีค่าตามสมการที่ 3.1 ถ้าโมบายโหนดทุกๆ โหนดมีรายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นครบทุกโหนด โหนดละรายการเปลี่ยนแปลง รายการเปลี่ยนแปลงที่ทำงานสำเร็จจะมาจากโมบายโหนดเพียงโหนดเดียวที่ต่อเชื่อมกับเบสโหนดเป็นโหนดแรก ส่วนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโมบายโหนดที่เหลือจะขัดกันกับข้อมูลต้นฉบับ เพราะข้อมูลต้นฉบับได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปแล้ว ดังนั้นในแต่ละการต่อเชื่อมจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง ที่ทำงานสำเร็จมีค่าตามสมการที่ 3.1 และจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกมีค่าตามสมการที่ 3.2

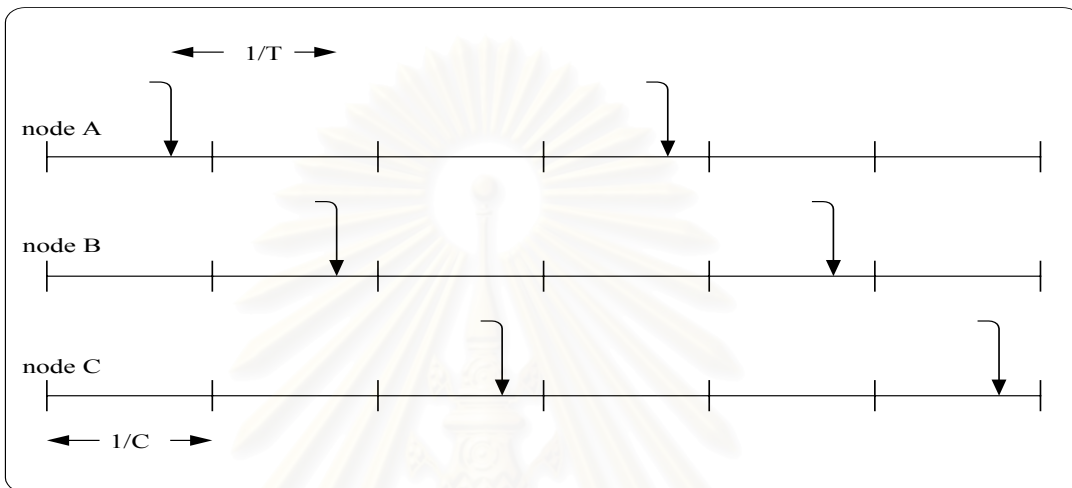
### 3.4 อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบกับอัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนด

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรายละเอียดเพิ่มเติม โดยให้ระบบประกอบด้วยเบสไหนด 1 ไหนดเป็นที่เก็บข้อมูลต้นฉบับ 1 ตัว ข้อมูลต้นฉบับจะถูกทำสำเนาไปยังโมบายไหนดทั้งหมดในระบบ รายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดในระบบประกอบด้วย 2 คำสั่งคือ คำสั่งอ่านแล้วตามด้วยคำสั่งเขียนบนข้อมูลตัวเดิม การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายไหนด ยังไม่ถือว่ารายการเปลี่ยนแปลงนั้นทำงานสิ้นสุด การทำงานของรายการเปลี่ยนแปลงจะสิ้นสุดเมื่อมีการส่งรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวไปประมวลผลกับข้อมูลต้นฉบับที่เบสไหนด การปรับเปลี่ยนข้อมูลต้นฉบับเป็นแบบตามลำดับ (Serialize) อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรวมภายในระบบแทนด้วย T รายการเปลี่ยนแปลงต่อวินาที อัตราการต่อเชื่อมเฉลี่ยของโมบายไหนดแต่ละไหนดแทนด้วย C เมื่อเกิดรายการเปลี่ยนแปลงในระบบ รายการเปลี่ยนแปลงนั้นจะถูกเลือกกว่าจะทำงานที่โมบายไหนดใด โดยการกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงไปยังโมบายไหนดเป็นแบบยูนิฟอร์ม

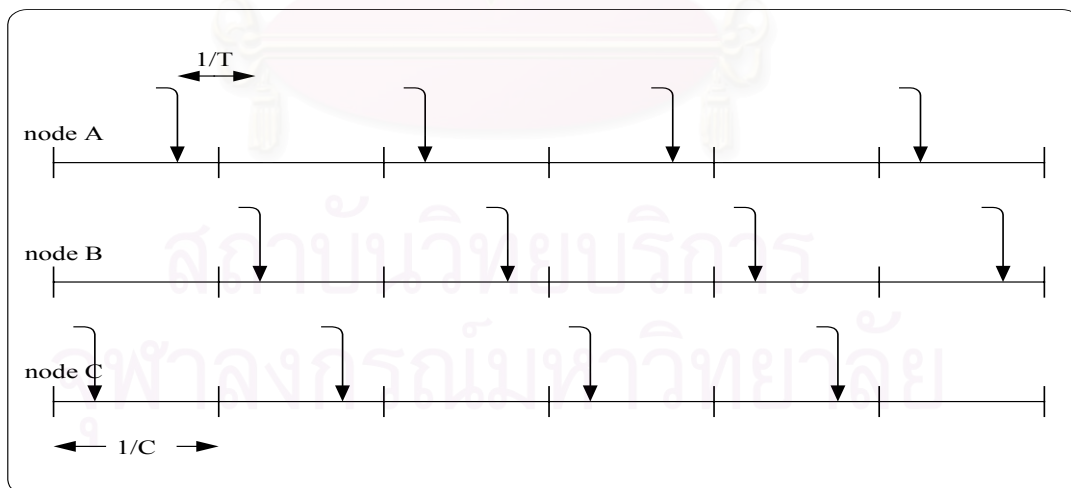
จากรายละเอียดที่กำหนดจะเห็นได้ว่าถ้ามีการทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบออนไลน์จะไม่มีปัญหาการขัดกันของข้อมูล เพราะในขณะใดขณะหนึ่งไม่มีรายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่โมบายไหนดมากกว่าหนึ่งไหนดและเมื่อเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแล้ว สามารถส่งไปประมวลผลที่เบสไหนดได้ทันที (เมื่อเวลาที่ใช้ประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงต่ำมากเมื่อเทียบกับช่วงเวลาการเกิดรายการเปลี่ยนแปลง) แต่เมื่อทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม ช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมเป็นผลทำให้รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโมบายไหนดมีการค้างสะสมอยู่ เมื่อมีการส่งรายการเปลี่ยนแปลงไปประมวลผลที่เบสไหนดทำให้มีโอกาสที่ รายการเปลี่ยนแปลงจะขัดกันได้เนื่องมาจากเวลาที่ต่อเชื่อมไม่ตรงกัน เปรียบเสมือนการขาดการติดต่อกับเบสไหนดเป็นการยืดช่วงอายุของรายการเปลี่ยนแปลงให้ยาวขึ้นโดยปริยาย

ค่าที่บอกถึงโอกาสที่จะเกิดความขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงระหว่างโมบายไหนดต่างๆ คือจำนวนรวมของรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่อยู่บนโมบายไหนดต่างๆ ในช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมหนึ่งๆ ถ้าช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมยาวนานจะทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวในระบบมีจำนวนมากเป็นผลให้โอกาสการขัดกันเกิดมากขึ้น จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่อยู่บนโมบายไหนดทั้งหมดในระบบมีความสัมพันธ์กับ (T/C) กำหนด T และ C มีค่าคงที่ และ  $T/C = 1$  การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามรูปที่ 3.1 โดย (1/T) คือช่วงเวลาระหว่างรายการเปลี่ยนแปลงแต่ละรายการเปลี่ยนแปลง และ (1/C) คือช่วงเวลาที่โมบายไหนดไม่ต่อกับเครือข่าย รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดบนโมบายไหนดทั้ง 3 จะไม่มีการขัดกัน เพราะในแต่ละช่วงของการต่อเชื่อม จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมี 1 รายการเปลี่ยนแปลงทุกการต่อเชื่อม ใน

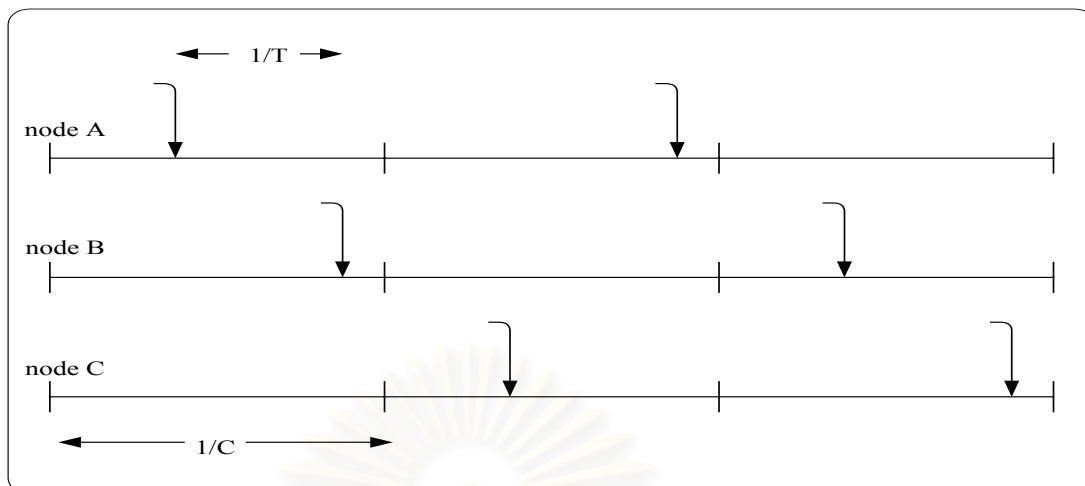
กรณีของรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ค่า T ของรูป 3.2 มีค่าเป็น 4 และค่า C มีค่าเป็น 2 แสดงว่ามีรายการเปลี่ยนแปลง 2 รายการเปลี่ยนแปลงทุกการต่อเชื่อม เช่นเดียวกับกับค่า T ของรูปที่ 3.3 ที่มีค่าเป็น 2 และค่า C มีค่าเป็น 1 ค่าของ T/C ของทั้ง 2 รูปมีค่าเป็น 2 เท่ากัน ดังนั้นโอกาสการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงจะมีมากกว่ารูปที่ 3.1 ซึ่งมีค่า T/C เป็น 1



รูปที่ 3.1 การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่ โดย T มีค่าเท่ากับ C



รูปที่ 3.2 การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่ โดย T มีค่ามากกว่า C ครึ่งหนึ่ง และ T มีค่า 4 หน่วย C มีค่า 2 หน่วย



รูปที่ 3.3 การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่ โดย T มีค่ามากกว่า C ครึ่งหนึ่ง และ T มีค่า 2 หน่วย C มีค่า 1 หน่วย

### 3.5 เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม

รายการเปลี่ยนแปลงที่ขัดกันบนเบสโหนดเกิดขึ้นจากจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่สะสมอยู่ที่โหนดใดโหนดหนึ่งในช่วงเวลาที่โหนดใดโหนดหนึ่งไม่ต่อเชื่อม ถ้าจำนวนข้อมูลต้นฉบับมีเพียงชุดเดียว จำนวนรวมของรายการเปลี่ยนแปลงที่สะสมอยู่ในโหนดใดโหนดหนึ่งในระบบพิจารณาได้จากอัตราส่วนของ  $T/C$

จำนวนรวมของรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบในช่วงเวลาที่โหนดใดโหนดหนึ่งไม่ต่อเชื่อมแยกพิจารณาเป็น 3 กรณี

(1)  $T/C$  มีค่ามากกว่า 1.0

ในแต่ละช่วงเวลาที่โหนดใดโหนดหนึ่งไม่ต่อเชื่อม มีรายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่โหนดใดโหนดหนึ่งทุกโหนด การขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงมีสูง เป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม ควรทำงานแบบออนไลน์

## (2) T/C มีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 1.0

ในแต่ละช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมมีรายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่โมบายโหนดบางโหนด การขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงมีน้อย สามารถทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมได้ แต่จะไม่ดีนัก เพราะมีอัตราการยกเลิกมากพอสมควร

## (3) T/C มีค่าน้อยกว่า 0.1

ในแต่ละช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อม มีรายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่โมบายโหนดบางโหนดหรือไม่มีรายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่โหนดใดเลย การขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงมีน้อยมาก สามารถทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมได้

### 3.6 ผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ไม่เท่ากันที่มีต่ออัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลง

ถ้าโมบายโหนดแต่ละโหนดมีอัตราการต่อเชื่อมเข้าสู่เครือข่ายไม่เท่ากัน จะมีผลต่ออัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ถึงแม้ว่าค่า T/C ของระบบจะมีค่าต่ำก็ตาม ตัวอย่างเช่น ในระบบมีโมบายโหนด 10 โหนด โมบายโหนดติดต่อกับเบสโหนดทุก ๆ หนึ่งชั่วโมง และอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของแต่ละโหนดเกิดขึ้นทุก ๆ 10 ชั่วโมง ถ้าอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดคงที่เท่ากันทุกโหนด และรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบกระจายไปตามโมบายโหนดต่างๆ แบบยูนิฟอร์ม ดังนั้นในแต่ละการต่อเชื่อมของโมบายโหนดจะมีเพียงรายการเปลี่ยนแปลงเดียวที่ถูกส่งไปที่เบสโหนด การขัดกันจึงไม่เกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นได้น้อยมาก แต่ในการใช้งานจริงแล้วการควบคุมอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดให้คงที่เท่ากันเป็นไปได้ยาก

ถ้ามีโมบายโหนด 2 โหนดมีอัตราการต่อเชื่อมกับเครือข่ายต่างไปจากโมบายโหนดอื่นที่เหลือ เช่นมีอัตราการต่อเชื่อมทุก ๆ 24 ชั่วโมง รายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากโมบายโหนดทั้งสองนี้เมื่อส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดจะมีโอกาสเกิดการขัดกันกับรายการเปลี่ยนแปลงอื่นได้สูงมาก เพราะข้อมูลต้นฉบับเวอร์ชันที่ทำสำเนาไว้ได้ถูกรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งมาจากโมบายโหนดอื่นที่ต่อเชื่อมเข้ามาก่อนแก้ไขข้อมูลไปแล้ว กล่าวอีกนัยหนึ่งการยืดเวลาการต่อเชื่อมเสมือนเป็นการยืดเวลาของรายการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดโอกาสขัดกันกับรายการเปลี่ยนแปลงอื่นมากขึ้น

### 3.7 การจำลองการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม

ขั้นตอนของการจำลองการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม

(1) เมื่อเกิดรายการเปลี่ยนแปลงขึ้นในระบบ จะมีการเลือกทำงานบนโมบายโหนดโดยมีการกระจายไปตามโมบายโหนดต่างๆ แบบยูนิฟอร์มโดยรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบอ่านแล้วเขียนกับข้อมูลเดิมที่อ่าน

(2) เมื่อรายการเปลี่ยนแปลงประมวลผลบนโมบายโหนดเสร็จแล้วจะเกิดรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวและเก็บไว้ที่โมบายโหนดเพื่อส่งไปประมวลผลอีกครั้งกับข้อมูลต้นฉบับที่เบสโหนด

(3) เมื่อเกิดการต่อเชื่อม รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เก็บไว้ที่โมบายโหนดจะถูกส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด

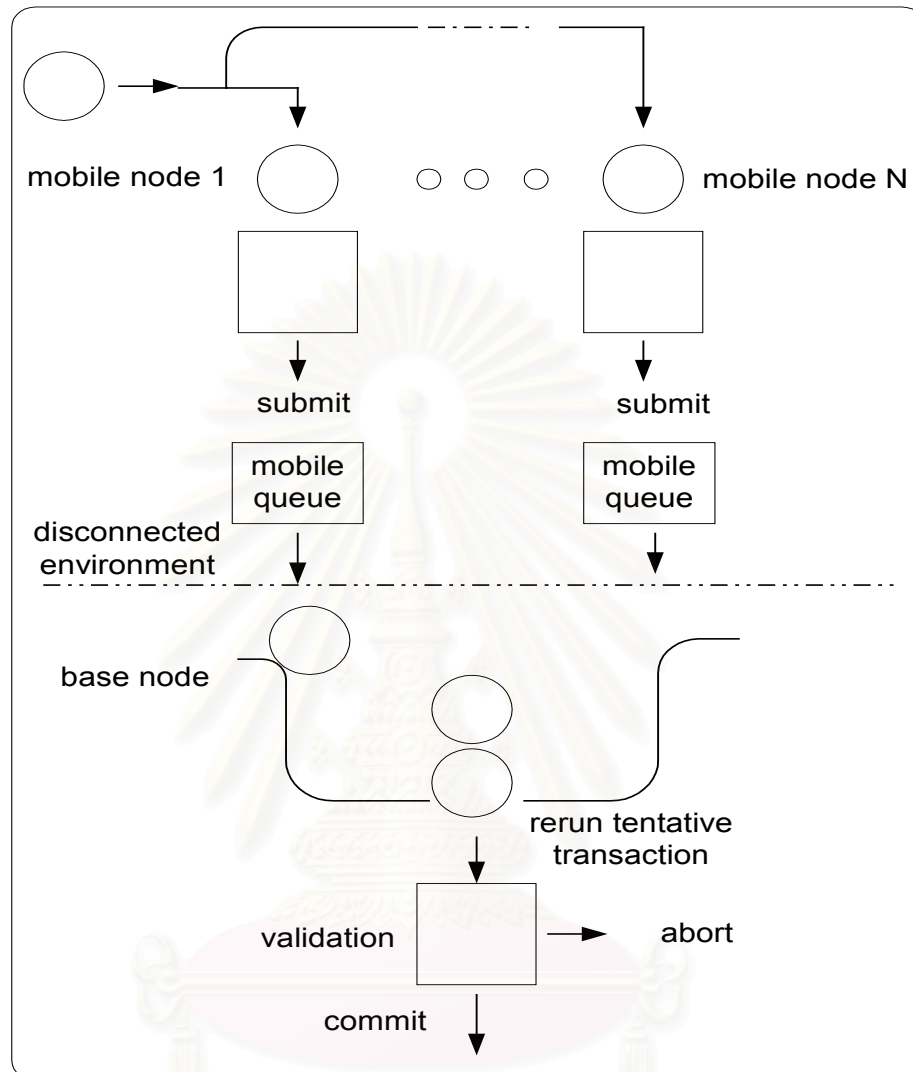
(4) การประมวลผลที่เบสโหนดทำให้ข้อมูลต้นฉบับเปลี่ยนไปแบบตามลำดับ (Serialize) ผลลัพธ์การประมวลผลจะสำเร็จถ้ารายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ส่งมานั้นทำงานกับข้อมูลเวอร์ชันเดียวกันกับข้อมูลต้นฉบับ และจะถูกลบทิ้งถ้าข้อมูลที่รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวทำงานเป็นข้อมูลต่างเวอร์ชัน (ต่ำกว่า) กับข้อมูลต้นฉบับ

(5) เมื่อประมวลผลเสร็จแล้ว โมบายโหนดจะปรับค่าของข้อมูลที่ถูกทำสำเนาไว้บนโมบายโหนดให้ตรงกับข้อมูลต้นฉบับที่มีการเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่บนโมบายโหนดที่ต่อเชื่อมนั้นไม่มีรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว โมบายโหนดจะทำการปรับค่าของข้อมูลที่ถูกทำสำเนาให้ตรงกับข้อมูลต้นฉบับ

(6) เมื่อทำงานบนเบสโหนดเรียบร้อยแล้ว โมบายโหนดจะยกเลิกการต่อเชื่อมกลับเข้าสู่สภาวะการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมต่อไป การทำงานแบบต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นช่วงสั้นมากเมื่อเทียบกับเวลาที่ไม่ต่อเชื่อม

จากรูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม นำค่าเริ่มต้นของการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงมาจำลองการทำงาน (Simulation) ของการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลง โดยใช้โมเดลแบบแถวคอย (Queuing Model) [8]

การจำลองการทำงานทำโดยใช้ซอฟต์แวร์ simlib [8] ในการเขียนขั้นตอนการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมแล้วทำการทดลองบนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์



รูปที่ 3.4 โมเดลแบบแถวคอยสำหรับการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม

### 3.8 การใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด

การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงในการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม ไม่สามารถใช้หลักการของ Optimistic Concurrency Control [5] ได้โดยตรงเพราะการตรวจสอบต้องทำในขณะที่ทุกๆ โหนดต่อเชื่อมอยู่กับระบบเครือข่าย แต่ถ้าเป็นการตรวจสอบโดยใช้ค่าที่ทีแอลเป็นตัวแทน (Proxy) จึงสามารถทำการตรวจสอบได้โดยที่โหนดไม่ต้องต่อเชื่อม เพราะการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงตรวจได้จากค่าที่ทีแอล ถ้ารายการเปลี่ยนแปลงที่ทำบนโมบายโหนด ทำ

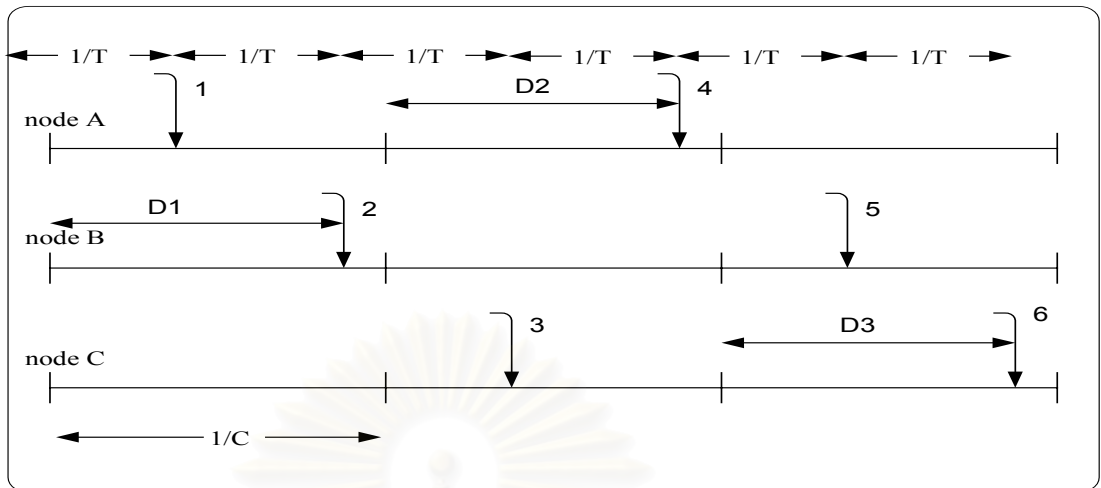


ในขณะที่ค่าที่ที่แอสของข้อมูลต้นฉบับยังไม่มีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่าข้อมูลต้นฉบับน่าจะยังไม่ถูกแก้ไขโดยรายการเปลี่ยนแปลงจากโมบายโหนดอื่นๆ (แต่ความจริงอาจจะถูกแก้ไขก็ได้)

รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวใดที่เกิดหลังจากค่าที่ที่แอสของข้อมูลเป็นศูนย์ จะถูกยกเลิกไป โดยเงื่อนไขการยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวจะพิจารณาขณะที่รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวนั้นถูกทำเท่านั้น รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวใดที่ทำไปแล้วในขณะที่ค่าที่ที่แอสยังไม่เป็นศูนย์ รายการเปลี่ยนแปลงนั้นจะถูกเก็บไว้เพื่อรอส่งไปยังเบสโหนดเมื่อมีการต่อเชื่อมกับเครือข่าย ถึงแม้ว่าเมื่อต่อเชื่อมกับเครือข่ายแล้ว ค่าที่ที่แอสของข้อมูลที่อยู่ในรายการเปลี่ยนแปลงจะเป็นศูนย์ก็ตาม

ในการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม ช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อม หรืออัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นสิ่งที่ยากต่อการควบคุม ถ้าโมบายโหนดใดโหนดหนึ่ง ไม่ต่อเชื่อมกับระบบเป็นเวลานาน โมบายโหนดนั้นจะไม่สามารถบอกได้ว่า รายการเปลี่ยนแปลงที่จะทำนั้น จะมีโอกาสการขัดกันกับรายการเปลี่ยนแปลงอื่นหรือไม่ ค่าที่ที่แอสเป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด ค่าที่ที่แอสสามารถใช้เป็นข้อมูลช่วยตัดสินใจได้ว่า ข้อมูลที่จะทำรายการเปลี่ยนแปลงด้วยนั้น มีโอกาสถูกรายการเปลี่ยนแปลงอื่นแก้ไขไปแล้วหรือยัง

จากโมเดลการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม ถ้าไม่สามารถควบคุมอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดแต่ละโหนดได้จะมีผลให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ขัดกันเกิดขึ้นได้มาก เนื่องจากการควบคุมอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดในระบบให้เท่ากันทั้งหมดทำได้ยาก การตรวจสอบ รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวก่อนส่งไปประมวลผลบนเบสโหนดโดยใช้หลักการพื้นฐานจาก Optimistic Concurrency Control [5] เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นได้ แต่การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงใช้ได้เฉพาะบนระบบที่ต่อเชื่อมกันอยู่ตลอดเวลาโดยใช้ชุดข้อมูลที่ถูกรอ่านและชุดข้อมูลที่ถูกรเขียน การทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมไม่สามารถใช้หลักการนี้ได้โดยตรงเพราะโมบายโหนดต่างๆ ไม่ได้ต่อเชื่อมกันอยู่ตลอดเวลา ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของการเกิดการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนดโดยใช้ค่าที่ที่แอสของข้อมูลต้นฉบับ เป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบแทนชุดข้อมูลที่ถูกรอ่านและชุดข้อมูลที่ถูกรเขียนต้นฉบับที่เบสโหนด ที่มาของค่าที่ที่แอสมาจากช่วงเวลาที่เกิดค่าที่ที่แอสของข้อมูลต้นฉบับจะถูกแก้ไข ซึ่งสามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงโดยรวมของระบบ



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเมื่อ T และ C คงที่ โดย T มีค่ามากกว่า C หนึ่งครั้ง

จากขั้นตอนการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงในรูปที่ 3.5 พิจารณาตามช่วงเวลาที่เกิดรายการเปลี่ยนแปลง รายการเปลี่ยนแปลงหมายเลข 2, 4 และ 6 เป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นเพราะถ้าส่งไปทำงานบนเบสโหนดก็จะถูกยกเลิกเพราะข้อมูลต้นฉบับถูกเปลี่ยนไปแล้วโดยรายการเปลี่ยนแปลงหมายเลข 1, 3 และ 5 ตามลำดับ เมื่อเกิดรายการเปลี่ยนแปลงที่ 1 ค่าที่ที่แอลของข้อมูลที่โหนด A เก็บไว้ยังไม่เป็นศูนย์ ดังนั้นรายการเปลี่ยนแปลงที่ 1 จึงเกิดขึ้นและถูกเก็บไว้เพื่อส่งไปประมวลผล เมื่อเกิดรายการเปลี่ยนแปลง 2 ค่าที่ที่แอลของข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นรายการเปลี่ยนแปลง 2 จึงถูกยกเลิกโดยเสมือนว่าเกิดการขัดกันระหว่างรายการเปลี่ยนแปลงในระบบโดยใช้ที่ที่แอลเป็นตัวแทน เพราะเมื่อค่าที่ที่แอลเป็นศูนย์จะเสมือนว่าข้อมูลนั้นถูกเปลี่ยนค่าไปแล้วโดยรายการเปลี่ยนแปลงอื่น ซึ่งความเป็นจริงอาจยังไม่ถูกเปลี่ยนค่าก็ได้

จากโมเดลการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมตามรูปที่ 3.4 ทำการเพิ่มการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ทำบนโหนดก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด สามารถยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโหนดได้ ถ้าตรวจสอบแล้วไม่ผ่านตามขั้นตอนการตรวจสอบ รายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอลเป็นตัวแทน

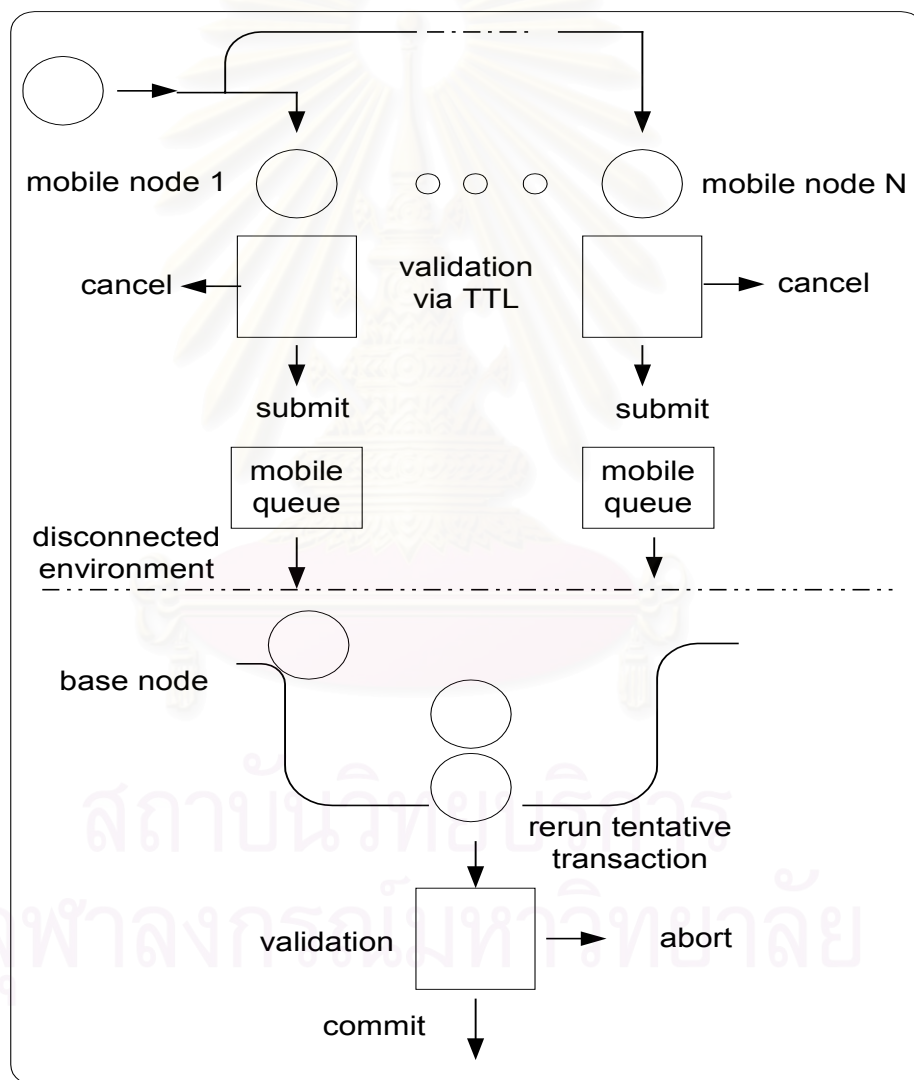
ขั้นตอนการทำงานที่เพิ่มขึ้นคือ

(1) เมื่อเริ่มเกิดรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวขึ้นบนโหนด จะมีการตรวจสอบค่าที่ที่แอลของข้อมูลว่าเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าเป็นศูนย์การทำรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวนั้นจะ

ถูกยกเลิกไป แต่ถ้าค่าที่ทีแอลมากกว่าศูนย์ รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวสามารถถูกทำและถูกเก็บไว้เพื่อส่งไปทำงานที่เบสโหนด

(2) เมื่อการต่อเชื่อมกับเครือข่ายเกิดขึ้น ข้อมูลต้นฉบับมีการเก็บค่าที่ทีแอลไว้ และจะถูกกำหนดค่าใหม่เมื่อข้อมูลต้นฉบับมีการเปลี่ยนค่า โหมบายโหนดจะปรับค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่ถูกทำสำเนาให้ตรงกับค่าที่ทีแอลของข้อมูลต้นฉบับก่อนที่จะยกเลิกการต่อเชื่อมกับเครือข่าย

จากขั้นตอนข้างต้นได้โมเดลแบบแถวคอยที่เพิ่มส่วนตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวโดยใช้ค่าที่ทีแอล ตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 โมเดลแบบแถวคอยสำหรับการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมที่ใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โหมบายโหนด

### 3.9 ขั้นตอนการปรับเปลี่ยนค่าที่ทีแอล

ค่าที่ทีแอลของข้อมูลกำหนดจากค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงกับข้อมูลต้นฉบับนั้นๆ เช่นอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของข้อมูลต้นฉบับเป็น T ค่าที่ทีแอลของข้อมูลจะมีค่าสัมพันธ์กับ  $1/T$  การเปลี่ยนแปลงของค่าที่ทีแอลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

#### (1) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนเบสโหนด

การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับข้อมูลต้นฉบับ เมื่อมีการแก้ไขข้อมูลต้นฉบับ ค่าที่ทีแอลของข้อมูลจะเริ่มต้นใหม่เท่ากับช่วงเวลาที่คาดว่าจะถูกแก้ไขในครั้งต่อไป ค่าที่ทีแอลของข้อมูลต้นฉบับจะถูกกำหนดให้กับโมบายโหนดขณะที่ทำสำเนาข้อมูลไปใช้งาน ค่าที่ทีแอลของข้อมูลต้นฉบับและข้อมูลที่ทำสำเนาไปจากข้อมูลต้นฉบับจะลดค่าลงตามเวลาที่ผ่านไป

#### (2) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนโมบายโหนด

ค่าที่ทีแอลจะลดค่าลงตามเวลาที่เปลี่ยนไป และเมื่อโมบายโหนดติดต่อกับเบสโหนด ค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่ทำสำเนาไว้บนโมบายโหนดจะมีค่าตามค่าที่ทีแอลของข้อมูลต้นฉบับบนเบสโหนด การเปลี่ยนแปลงค่าที่ทีแอลสำหรับโมบายโหนดเกิดขึ้นเมื่อโมบายโหนดมีการต่อเชื่อมกับเครือข่ายและแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเบสโหนด ดังนั้นอัตราการต่อเชื่อม (ช่วงเวลาที่การไม่ต่อเชื่อม) จึงมีผลทำให้ค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่ทำสำเนาไว้บนโมบายโหนดที่ค่าตรงกันกับค่าที่ทีแอลของข้อมูลต้นฉบับบนเบสโหนด

ค่าที่ทีแอลที่ใช้สำหรับตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงได้จากค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่ข้อมูลถูกแก้ไข ถ้าอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงมีการกระจายแบบยูนิฟอร์ม มีค่าอยู่ระหว่าง 0.005 ถึง 0.015 ช่วงเวลาที่ใช้เป็นค่าที่ทีแอลเป็นค่าเฉลี่ยของ  $1/0.005$  กับ  $1/0.015$  มีค่าเป็น 133.33 วินาที

ถ้าเลือกใช้ค่าที่ทีแอลเป็น  $1/0.005$  (200 วินาที) รายการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่จะถูกส่งจากโมบายโหนดไปประมวลผลที่เบสโหนด เพราะค่าที่ทีแอลมีค่ามาก ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดลดลงไม่มาก เมื่อเทียบกับการไม่ใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกส่วนใหญ่เป็นรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโมบายโหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำกว่าอัตราการต่อเชื่อมปกติ

ถ้าเลือกใช้ค่าที่ทีแอลเป็น 1/0.015 (66.67 วินาที) รายการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่จะถูกยกเลิกที่โมบายโหนด เพราะค่าที่ทีแอลที่ใช้มีค่าน้อยทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดลดลง และผลรวมของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนดก็ลดลงตามไปด้วย เนื่องจากมีรายการเปลี่ยนแปลงถูกส่งไปที่เบสโหนดไม่มากเพราะส่วนใหญ่จะถูกยกเลิกบนโมบายโหนดเนื่องจากค่าที่ทีแอลของข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์

ค่าที่ทีแอลเริ่มต้นสำหรับข้อมูลต้นฉบับควรมีค่าอยู่ระหว่าง 66.67 วินาที ถึง 200 วินาที ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งานระบบ ถ้าต้องการให้รายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดมีโอกาสทำงานสำเร็จสูง ค่าที่ทีแอลเริ่มต้นควรมีค่าน้อยแต่จะมีผลข้างเคียงจากจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนดจะลดลง เพราะรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวส่วนใหญ่ถูกยกเลิกโดยค่าที่ทีแอลไปแล้ว แต่ถ้ากำหนดค่าที่ทีแอลเริ่มต้นมีค่ามาก รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวส่วนใหญ่จะถูกส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกไม่ต่างไปจากการไม่ใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

### 3.10 ผลกระทบจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอล

การใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นที่โมบายโหนดทำให้เกิดรายการเปลี่ยนแปลงซึ่งแยกออกได้เป็น 4 กรณี

(1) ทำสำเร็จที่โมบายโหนด แล้วทำสำเร็จที่เบสโหนด

รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นที่โมบายโหนด เกิดขึ้นในขณะที่ค่าที่ทีแอลของข้อมูลยังไม่เป็นศูนย์ และส่งไปประมวลผลได้สำเร็จที่เบสโหนด

(2) ทำสำเร็จที่โมบายโหนด แล้วถูกยกเลิกที่เบสโหนด

รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นที่โมบายโหนด เกิดขึ้นขณะที่ค่าที่ทีแอลของข้อมูลยังไม่เป็นศูนย์แต่เมื่อส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดแล้วถูกยกเลิก เนื่องจากรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งมาจากโมบายโหนดอื่นเปลี่ยนแปลงข้อมูลไปแล้ว

(3) ถูกยกเลิกที่โมบายโหนด และถ้าส่งไปที่เบสโหนดจะถูกยกเลิก

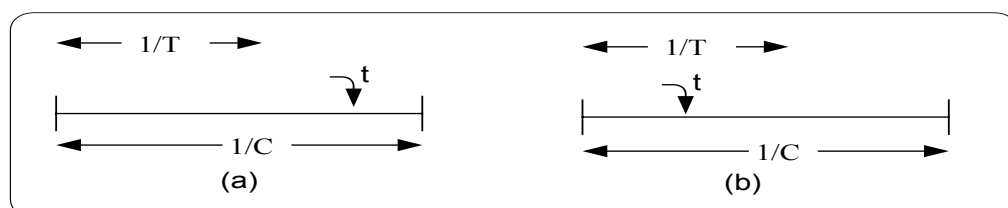
รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นที่โอบายโหนด เกิดขึ้นขณะที่ค่าที่ทีแอลของข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์ รายการเปลี่ยนแปลงนั้นจึงถูกยกเลิกไปที่โอบายโหนด แต่ถ้าไม่ยกเลิกและส่งไปที่เบสโหนด ก็จะถูกยกเลิกเช่นเดียวกัน

(4) ถูกยกเลิกที่โอบายโหนด แต่ถ้าส่งไปที่เบสโหนดจะทำงานสำเร็จ

รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นที่โอบายโหนด เกิดขึ้นขณะที่ค่าที่ทีแอลของข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์ รายการเปลี่ยนแปลงนั้นจึงถูกยกเลิกที่โอบายโหนด แต่ถ้าไม่ยกเลิกและส่งไปที่เบสโหนด จะไม่ถูกยกเลิก

จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดสามารถลดลงได้เนื่องจากการยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโอบายโหนด รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกเป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนโอบายโหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำกว่าโอบายโหนดอื่นๆ ตามตัวอย่างรูปที่ 3.7 (a) ส่วนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดแล้วถูกยกเลิก โดยที่ค่าที่ทีแอลไม่สามารถตรวจสอบและยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวนั้นได้เป็นกรณีของเหตุการณ์ตามรูปที่ 3.7 (b) รายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นก่อนที่ค่าที่ทีแอลจะเป็นศูนย์ แต่การต่อเชื่อมของโอบายโหนดเกิดขึ้นหลังจากค่าที่ทีแอลเป็นศูนย์ ในกรณีที่รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกที่โอบายโหนดเป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำงานสำเร็จถ้าส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด (แต่ไม่มีการส่งไปเพราะค่าที่ทีแอลที่ใช้ตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงมีค่าเป็นศูนย์) ถ้าในระบบมีโอบายโหนด 2 โหนด รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโหนดทั้ง 2 โหนดเกิดขึ้นหลังจากค่าที่ทีแอลเป็นศูนย์แล้ว ตามตัวอย่างเหตุการณ์รูปที่ 3.7 (a)

ดังนั้นรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนโอบายโหนดทั้งคู่จึงถูกยกเลิกทำให้ไม่มีรายการเปลี่ยนแปลงส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ถ้าไม่มีการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวก่อนส่งประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงทั้งคู่จะถูกส่งไปประมวลผลทำให้รายการเปลี่ยนแปลงหนึ่งประมวลผลสำเร็จและอีกรายการเปลี่ยนแปลงหนึ่งถูกยกเลิกไป รายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จคือรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดบนโอบายโหนดที่ต่อเชื่อมก่อน



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างเหตุการณ์การเกิดรายการเปลี่ยนแปลงบนโอบายโหนด

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

การทดลองทำโดยจำลองเหตุการณ์ (Simulation) การประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงบนระบบที่ไม่ต่อเชื่อม เพื่อหาความสัมพันธ์ของลักษณะการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมแบบต่างๆ โดยแบ่งการทดลองดังนี้

(1) การทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด เพื่อหาช่วงการทำงานที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมและผลของการเพิ่มจำนวนโมบายโหนดที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด

(2) การทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกันที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด เพื่อหาผลกระทบจากอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนด ที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันเป็นลักษณะร่วมกันที่สำคัญของการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม

(3) การทดลองการใช้ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเนื่องจากอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกัน เพื่อหาผลของการใช้ค่าที่ทีแอลเป็นตัวแทนสำหรับตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนด ซึ่งมีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดทั้งในกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกัน

(4) การทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสโหนด เนื่องมาจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด เพื่อหาผลกระทบจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนดที่มีผลกระทบทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนด และจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด ว่ามีจำนวนเปลี่ยนไปจากกรณีที่ไม่ใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมากน้อยอย่างไร

(5) การทดลองผลกระทบจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอล เพื่อหาผลกระทบจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด ที่มีผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จมีจำนวนลดลง เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวผลจากการทดลองที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับ

จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกซึ่งมีจำนวนลดน้อยลงเนื่องมาจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการชั่วคราวที่โมบายโหนด

(6) การทดลองผลของการกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับค่าที่ทีแอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด เพื่อใช้กำหนดค่าเริ่มต้นของค่าที่ทีแอลที่ใช้สำหรับ ตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด และผลของการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับค่าที่ทีแอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลบนเบสโหนด ในส่วนของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนด จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็น ซึ่งถูกยกเลิกโดยการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนดและรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกโดยไม่จำเป็น เนื่องจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวโดยใช้ค่าที่ทีแอล

ผลจากการทดลองทั้งหมดจะใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม วิธีการลดผลกระทบที่มาจากอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกัน ประโยชน์ที่ได้จากการใช้ค่าที่ทีแอล ผลกระทบจากการใช้ค่าที่ทีแอล การกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับค่าที่ทีแอล

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



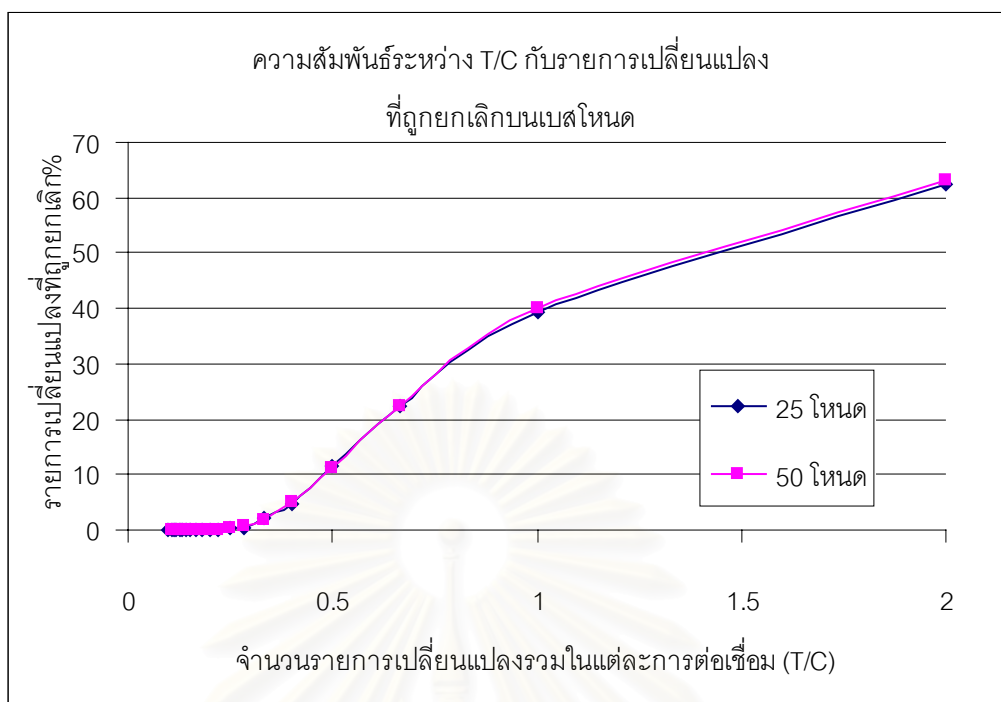
#### 4.1 การทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด

เงื่อนไขการทดลอง

|   |           |                       |
|---|-----------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล   | 1         | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ                                | 0.01      | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด                                       | C         | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์                                       | 240       | ชั่วโมง               |
| จำนวนโมบายโหนด  | 25 และ 50 | โหนด                  |
| การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01     |           |                       |
| การกระจายของการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย C |           |                       |

เท่ากันทุกโหนด

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง แล้ววัดค่าจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด คิดค่าที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น โดยทำการทดลองที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนดและ 50 โหนด ได้ผลตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโหนดที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.1, ก.2, รูปที่ 4.1) เมื่อค่า T/C เพิ่มมากขึ้นจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกมีจำนวนเพิ่มขึ้น โดยจำนวนโหนดที่ต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนรายการที่ถูกยกเลิก เพราะการอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงในระบบยังเท่าเดิม โดยมีการกระจายไปยังโหนดต่างๆ แต่ค่า T/C ที่มากขึ้นเป็นการบ่งบอกถึงจำนวนของรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่สะสมอยู่ที่โหนดในแต่ละช่วงของการต่อเชื่อม ถ้าค่า T/C มีค่ามากโอกาสการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงที่มาจากโหนดต่างๆ จึงมีมากขึ้น

ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมคือช่วงที่ T/C มีค่าน้อยกว่า 0.5 ซึ่งเป็นช่วงที่จำนวนของรายการเปลี่ยนแปลงบนโหนดถูกยกเลิกไม่มาก แต่ในช่วงที่ T/C มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวเพิ่มสูงขึ้นมาก จึงไม่เหมาะกับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม

จากผลการทดลองที่จำนวนโหนด 25 โหนด ที่ค่า T/C = 0.5 รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่าคิดเป็น 11.66% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในขณะที่ค่า T/C = 1.0 รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่าคิดเป็น 39.24%

## 4.2 การทดลองผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกที่เบสโหนด

### 4.2.1 การทดลองผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกที่เบสโหนด

เงื่อนไขการทดลอง

|                                      |           |                       |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล                          | 1         | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ | 0.01      | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโบบายโหนด        | C         | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์        | 240       | ชั่วโมง               |
| จำนวนโบบายโหนด                       | 25 และ 50 | โหนด                  |

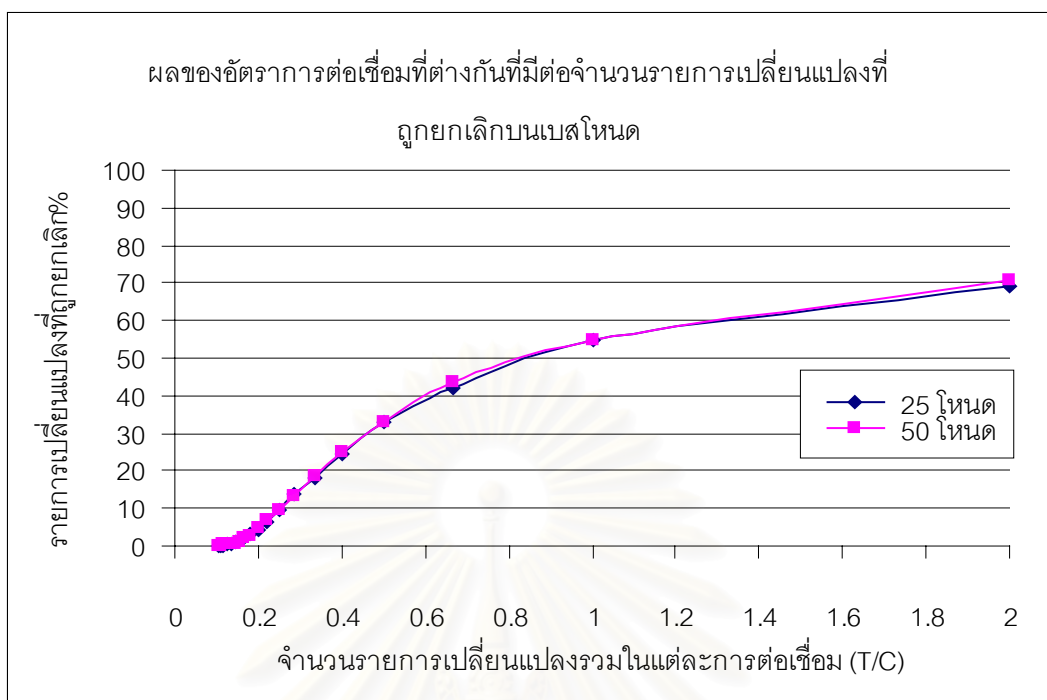
การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01

การกระจายของการต่อเชื่อมของโบบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย C เท่ากันสำหรับ 90% ของการต่อเชื่อมและ 10% ของการต่อเชื่อมมีค่าเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของการต่อเชื่อมปกติ

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง แล้ววัดค่าจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกที่เบสโหนด คิดค่าที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น โดยทำการทดลองที่จำนวนโบบายโหนด 25 โหนดและ 50 โหนด กำหนดให้อัตราการต่อเชื่อมของโบบายโหนดต่างกัน ได้ผลตามรูปที่ 4.2

ทำการทดลองที่จำนวนโบบายโหนด 25 โหนด ที่อัตราการต่อเชื่อมของโบบายโหนดต่างกันและไม่ต่างกัน วัดค่าจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกที่เบสโหนด คิดค่าที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ได้ผลตามรูปที่ 4.3

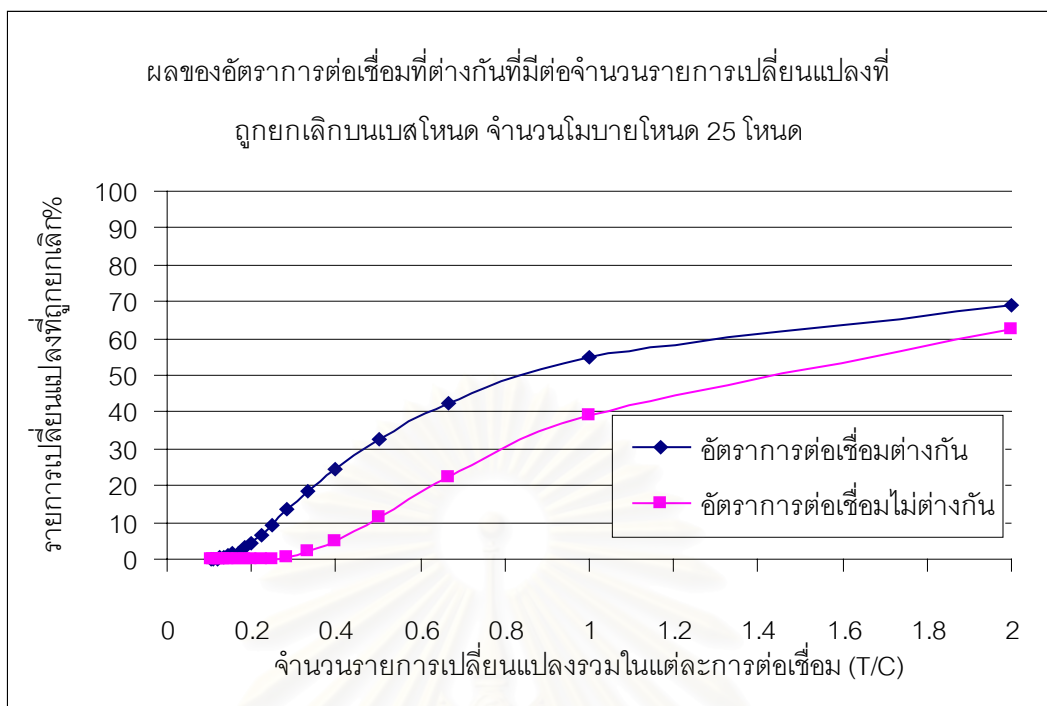
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโหนดที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.4, ก.5, รูปที่ 4.2) อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโหนด ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด เป็นผลมาจากเมื่อเวลาในการต่อเชื่อมต่างกัน จำนวนของรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่สะสมไว้ในโหนดในช่วงเวลาที่ไม่ได้ต่อเชื่อมจะมีจำนวนมากขึ้นกว่ากรณีที่อัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน จากรูป 4.2 ช่วง T/C ที่เหมาะสมกับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมจะเปลี่ยนไป

จากการทดลองที่จำนวนโหนด 25 โหนด ที่ค่า  $T/C = 0.5$  รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่าเป็น 32.74% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในขณะที่ค่า  $T/C = 1.0$  รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่าเป็น 54.90%



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวน รายการเปลี่ยนแปลง ที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.3, ก.4, รูปที่ 4.3) นำค่าที่ได้มีเปรียบเทียบผลของ อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและอัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกันของโมบายโหนดตามรูปที่ 4.3 ที่อัตรา การต่อเชื่อมต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด มีค่าเพิ่มขึ้นทุกช่วงของ T/C เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน

ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด ที่ค่า  $T/C = 0.5$  อัตราการต่อเชื่อมของโมบาย โหนดไม่ต่างกัน มีรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดคิดเป็น 11.66 % ในขณะที่อัตราการ ต่อเชื่อมของโมบายโหนดต่างกัน มีรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดคิดเป็น 32.74 %

ผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดมีผลต่อรายการเปลี่ยนแปลงที่ ถูกยกเลิกบนเบสโหนด จากการทดลองผลต่างของรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก ระหว่างทั้ง 2 กรณีมีค่าคิดเป็น 21.08% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมด

4.2.2 การทดลองผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ไม่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกที่เบสโหนด เมื่อจำนวนโมบายโหนดเพิ่มขึ้น

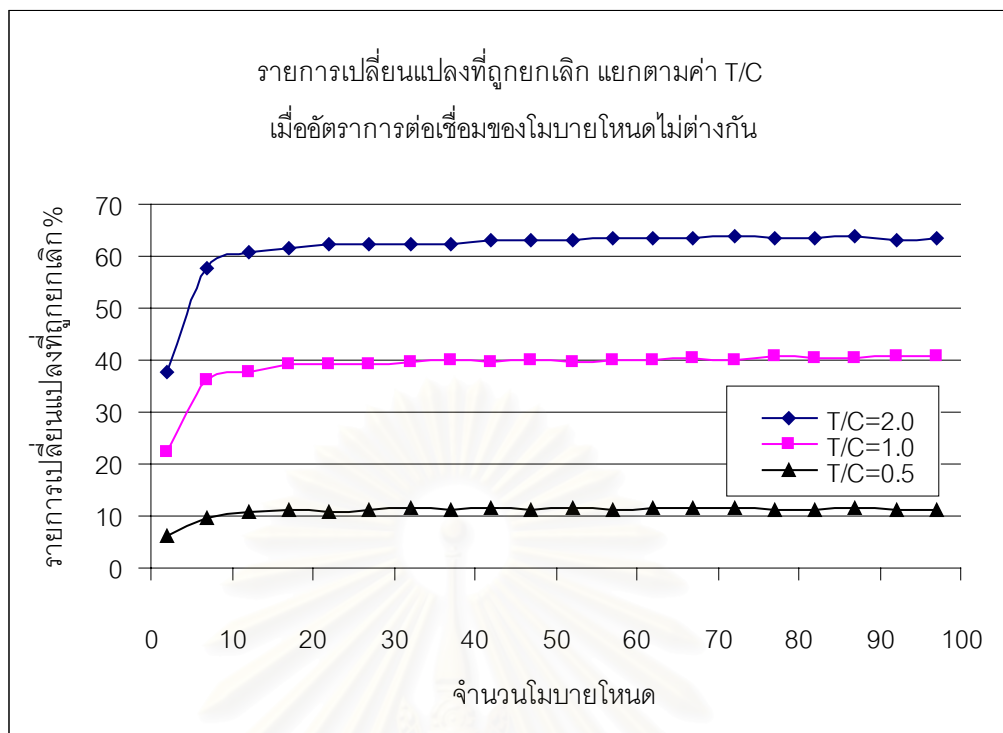
เงื่อนไขการทดลอง

|   |                   |                       |
|---|-------------------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล   | 1                 | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ                              | 0.01              | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด                                     | 0.005, 0.01, 0.02 | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์                                     | 240               | ชั่วโมง               |
| จำนวนโมบายโหนด  | 2-97              | โหนด                  |
| การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย        | 0.01              |                       |
| การกระจายของการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย | C                 |                       |

เท่ากันทุกโหนด

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง แล้ววัดค่าจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกที่เบสโหนด ที่ T/C 0.5, 1.0, 2.0 ที่จำนวนโมบายโหนดเพิ่มขึ้นจาก 2-97 โหนด โดยเพิ่มครั้งละ 5 โหนด วัดค่าจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกที่เบสโหนด คิดค่าที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ได้ผลตามรูปที่ 4.4 สำหรับกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองค่า T/C ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่อโมบายโหนดมีอัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.6, ก.7, ก.8, รูปที่ 4.4) แสดงรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดโดยอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน แยกตามค่า T/C ที่จำนวนโมบายโหนดระหว่าง 2 - 97 โหนด เมื่อโมบายโหนดมีจำนวนมากกว่า 10 โหนด รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดมีค่าคงที่ พิจารณาที่จำนวนโมบายโหนด 97 โหนด มีรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด ที่ T/C = 2.0 คิดเป็น 63.58% ที่ T/C = 1.0 คิดเป็น 40.88% และที่ T/C = 0.5 คิดเป็น 11.11%

#### 4.2.3 การทดลองผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด เมื่อจำนวนโมบายโหนดเพิ่มขึ้น

เงื่อนไขการทดลอง

|   |                   |                       |
|---|-------------------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล   | 1                 | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ                                | 0.01              | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด                                       | 0.005, 0.01, 0.02 | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์                                       | 240               | ชั่วโมง               |
| จำนวนโมบายโหนด  | 2-97              | โหนด                  |
| การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01     |                   |                       |
| การกระจายของการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย C |                   |                       |

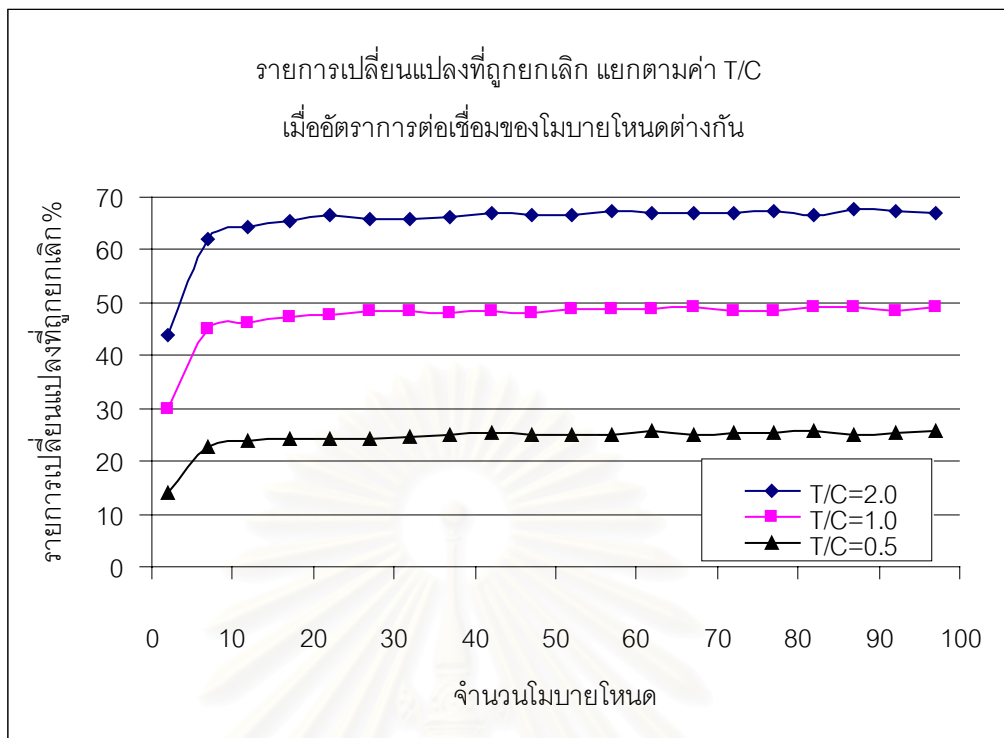
เท่ากันสำหรับ 90% ของการต่อเชื่อมและ 10% ของการต่อเชื่อมมีค่าเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของการต่อเชื่อมปกติ

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง วัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่ T/C มีค่าเป็น 0.5, 1.0, 2.0 ที่จำนวนโมบายโหนดเพิ่มขึ้นจาก 2 – 97 โหนด โดยเพิ่มครั้งละ 5 โหนด วัดค่าจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด คิดค่าที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ได้ผลตามรูปที่ 4.5 สำหรับกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดต่างกัน

นำผลการทดลองในกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดต่างกันและไม่ต่างกัน ที่ T/C มีค่าเป็น 0.5 และ 1.0 มาแสดงผลเปรียบเทียบจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด เมื่อการต่อเชื่อมต่างกันและไม่ต่างกัน ได้ผลตามรูปที่ 4.6

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

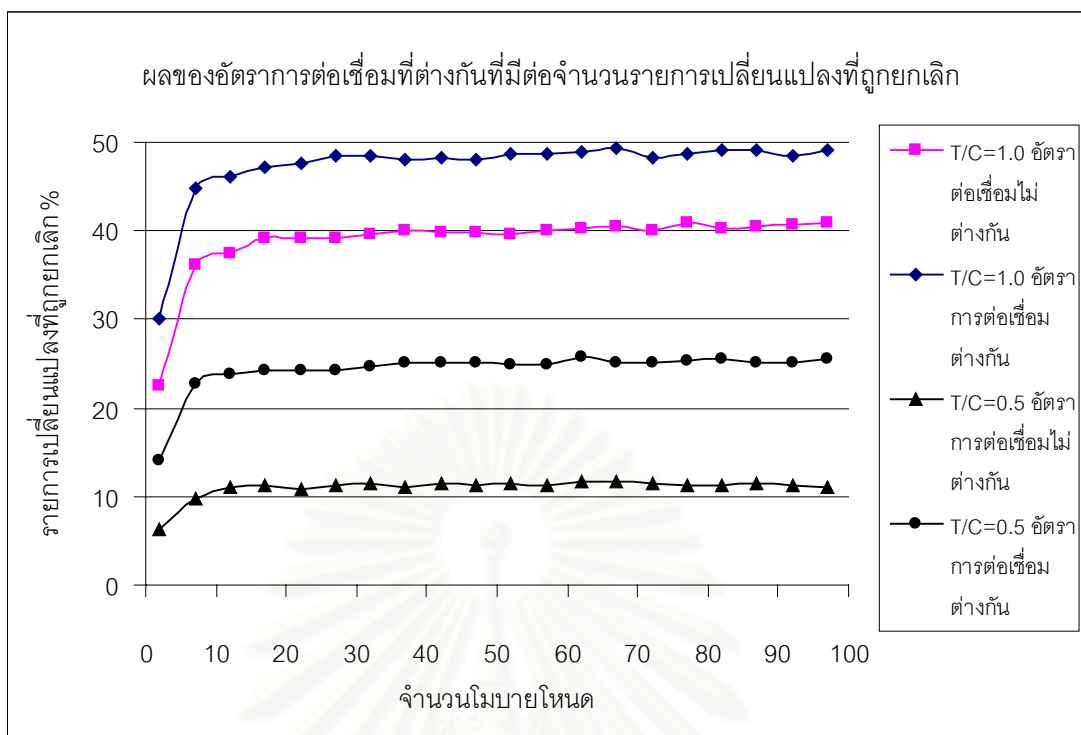




รูปที่ 4.5 ผลการทดลองค่า T/C ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่อโมบายโหนดมีอัตราการต่อเชื่อมต่างกัน

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.9, ก.10, ก.11, รูปที่ 4.5) แสดงรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดเนื่องจากอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่ต่างกัน แยกตามค่า T/C ที่จำนวนโมบายโหนดระหว่าง 2 - 97 โหนด เมื่อโมบายโหนดมีจำนวนมากกว่า 10 โหนด รายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดมีค่าคงที่ พิจารณาที่จำนวนโมบายโหนด 97 โหนด มีรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด ที่ T/C = 2.0 คิดเป็น 66.95% ที่ T/C = 1.0 คิดเป็น 49.16% และที่ T/C = 0.5 คิดเป็น 25.56%

ที่ T/C = 2.0 เป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม เพราะจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่ามากถึง 66.95% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิก ที่ค่า T/C เป็น 1.0 และ 0.5

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.7, ก.8, ก.10, ก.11, รูปที่ 4.6) เมื่อโมบายโหนดมีอัตราการต่อเชื่อมต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกมีมากกว่ากรณีที่โมบายโหนดมีอัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน และที่ T/C ที่น้อยกว่าความแตกต่างของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิกซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกัน จะมีมากกว่าในกรณีที่ T/C มีค่ามาก

ที่จำนวนโมบายโหนด 97 โหนด ที่ค่า T/C = 0.5 ผลต่างของรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกลบเลิก ระหว่างอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกันคิดเป็น 14.45% ที่ค่า T/C = 1.0 คิดเป็น 8.28% จะเห็นได้ว่าอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนด จะมีผลกระทบกับการทำงานที่ T/C ซึ่งมีค่าน้อย มากกว่าการทำงานที่ค่า T/C ซึ่งมีค่ามาก

### 4.3 ค่าที่ที่แอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเนื่องจากอัตราการต่อเชื่อม

4.3.1 ค่าที่ที่แอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเนื่องจากอัตราการต่อเชื่อมที่ไม่ต่างกัน

การทดลองผลของการใช้ค่าที่ที่แอลของข้อมูลต้นฉบับตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบาย โหนด ก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ในกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน

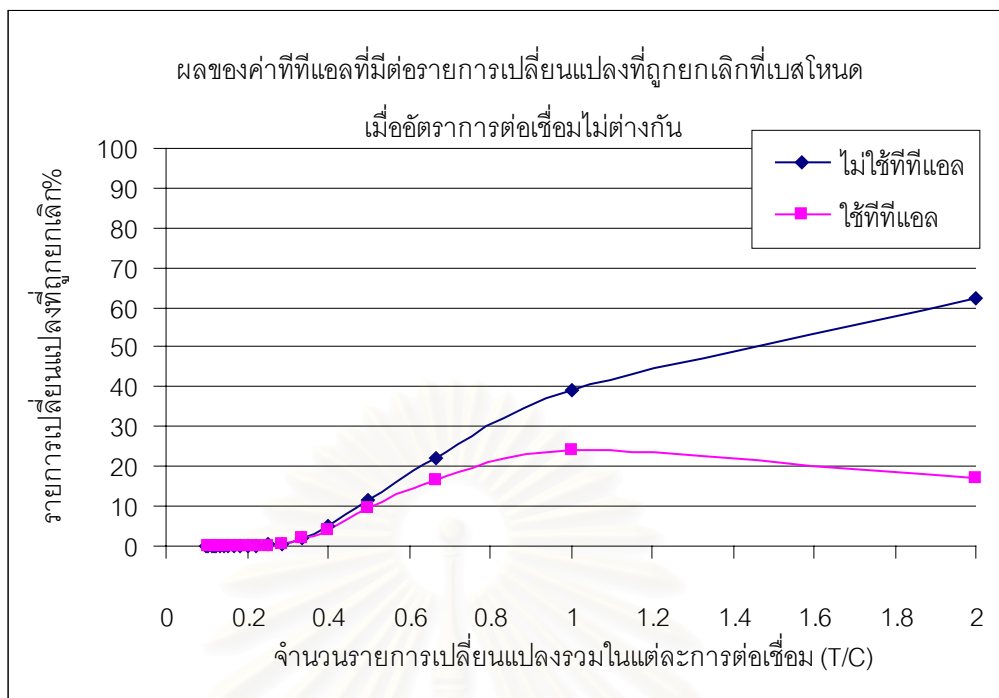
เงื่อนไขการทดลอง

|   |           |                       |
|---|-----------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล   | 1         | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ                                | 0.01      | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด                                       | C         | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์                                       | 240       | ชั่วโมง               |
| จำนวนโมบายโหนด  | 25 และ 50 | โหนด                  |
| การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01     |           |                       |
| การกระจายของการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย C |           |                       |

เท่ากันทุกโหนด

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง วัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกโดยคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ในช่วงของค่า T/C ตั้งแต่ 0.1 ถึง 2.0 ทำการทดลองที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน วัดผลในกรณีที่ใช้และไม่ใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนด ได้ผลตามรูปที่ 4.7

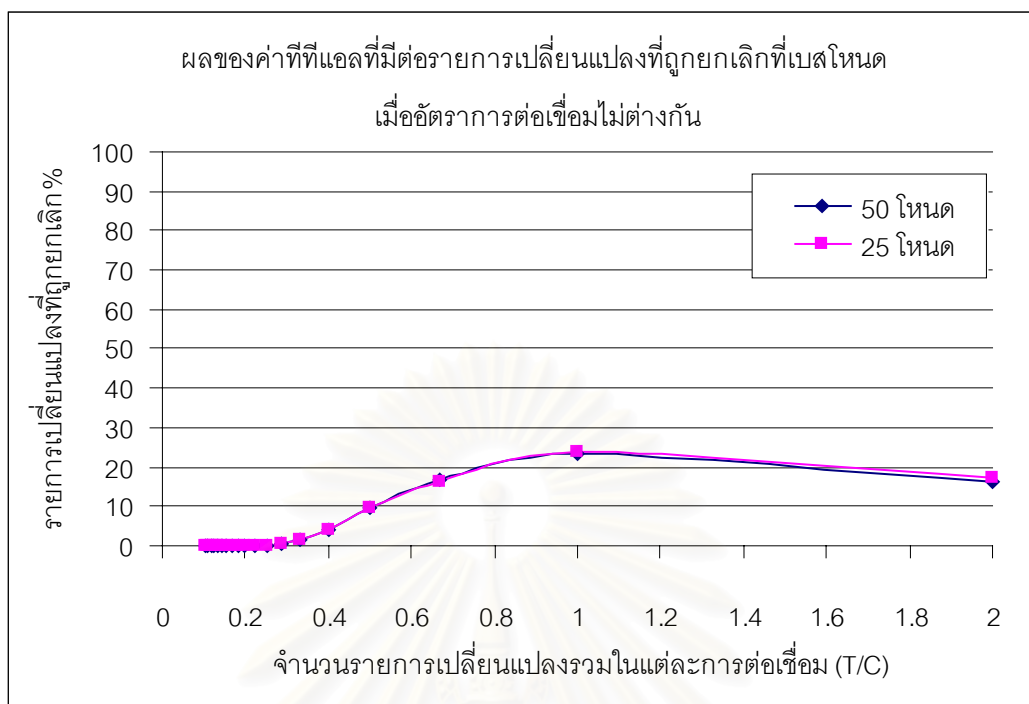
ทำการทดลองในเงื่อนไขเดียวกันที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนดและ 50 โหนด วัดผลในกรณีที่ใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนด ได้ผลตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับไม่ตรวจสอบที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด

จากผลการทดลอง(ตารางที่ ก.12, ก.13, รูปที่ 4.7) ผลของการใช้ค่าทีทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนด มีผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงบนเบสโหนดที่ถูกยกเลิกมีค่าลดลง โดยผลต่างของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดจะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่า T/C มากขึ้น และที่ค่า T/C น้อยกว่า 0.5 ผลของการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนดมีน้อยมากเมื่อเทียบกับกรณีที่ไมใช้ค่าทีทีแอลตรวจสอบ

ที่ค่า T/C = 0.5 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดซึ่งลดลงเนื่องจากการใช้ค่าทีทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนดมีค่าเป็น 2.12% และที่ค่า T/C = 1.0 มีค่าลดลง 15.23% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน ที่จำนวนโหนด 25 โหนด และ 50 โหนด

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.13, ก.14, รูปที่ 4.8) การเพิ่มขึ้นของจำนวนโหนดไม่มีผลกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เนื่องมาจากการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โหนด โดยที่จำนวนโหนด 25 โหนดและ 50 โหนด ได้ผลออกมาใกล้เคียงกันมาก เพราะอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบคงที่ การเพิ่มขึ้นของจำนวนโหนดจึงไม่มีผลกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.3.2 ค่าที่ที่แอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด เนื่องจากอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกัน

การทดลองผลของการใช้ค่าที่ที่แอลของข้อมูลต้นฉบับตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โบายโหนดก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ในกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโบายโหนดต่างกัน

เงื่อนไขการทดลอง

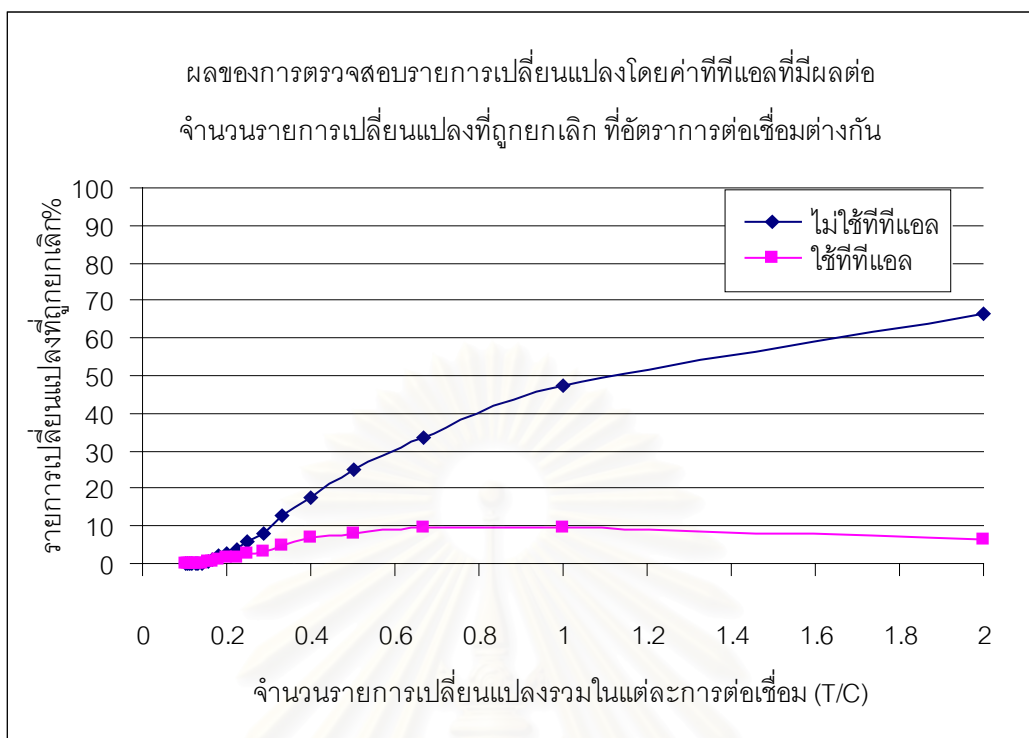
|                                      |           |                       |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล                          | 1         | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ | 0.01      | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโบายโหนด         | C         | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์        | 240       | ชั่วโมง               |
| จำนวนโบายโหนด                        | 25 และ 50 | โหนด                  |

การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01

การกระจายของการต่อเชื่อมของโบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย C เท่ากันสำหรับ 90% ของการต่อเชื่อมและ 10% ของการต่อเชื่อมมีค่าเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของการต่อเชื่อมปกติ

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง วัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกโดยคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงของค่า T/C ตั้งแต่ 0.1 ถึง 2.0 ทำการทดลองที่จำนวนโบายโหนด 25 โหนด เมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโบายโหนดต่างกัน ทำการวัดผลในกรณีที่ใช้และไม่ใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโบายโหนด ได้ผลตามรูปที่ 4.9

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบกับไม่ตรวจสอบที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.15, ก.16, รูปที่ 4.9) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดมีค่าต่างกัน ผลที่เกิดจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนดโดยใช้ค่าทีทีแอล มีผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดมีค่าลดลง และจะมีการลดลงมากขึ้นเมื่อ T/C มากขึ้น

ที่ค่า  $T/C = 0.5$  จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่าลดลง 16.22% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น เนื่องจากการใช้ค่าทีทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด และที่ค่า  $T/C = 1.0$  มีค่าลดลง 38.13% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น

#### 4.4 การทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสโหนดเนื่องมาจากการใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด

4.4.1 การทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสโหนด เนื่องมาจากการใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด เมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน

เงื่อนไขการทดลอง

|                                      |      |                       |
|--------------------------------------|------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล                          | 1    | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ | 0.01 | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด        | 0.01 | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์        | 240  | ชั่วโมง               |
| จำนวนโมบายโหนด                       | 97   | โหนด                  |

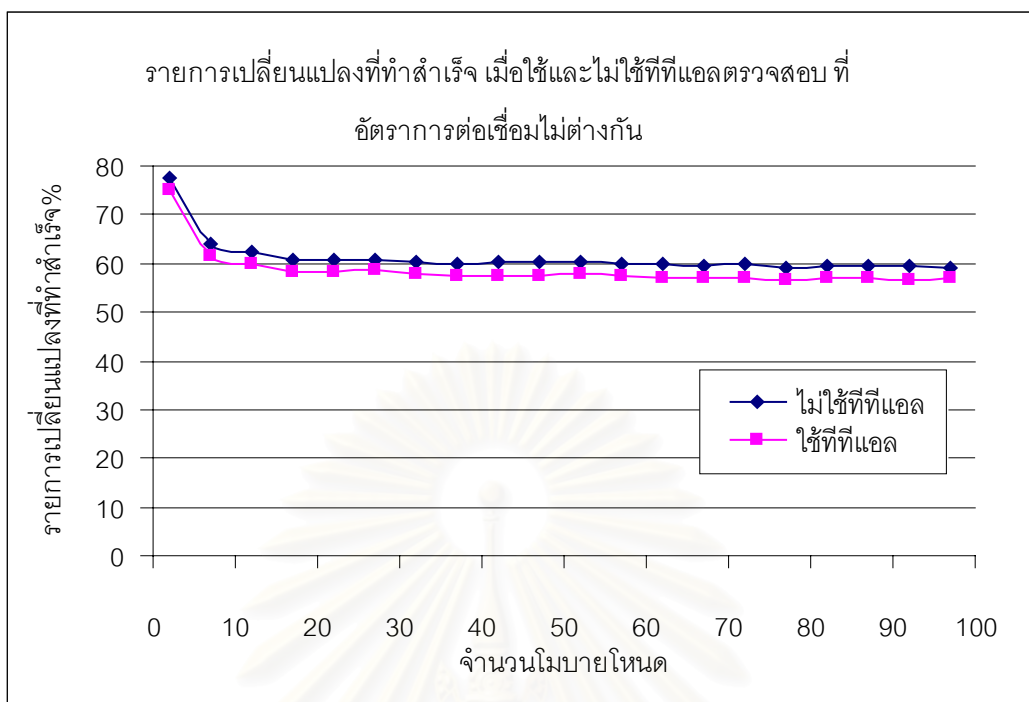
การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01

การกระจายของการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01 เท่ากันทุกโมบายโหนด

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง วัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนดโดยคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ที่จำนวนโมบายโหนด 2-97 โหนด โดยเพิ่มค่าของจำนวนโมบายโหนดครั้งละ 5 โหนด ทำการทดลองที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน วัดผลในกรณีที่ใช้และไม่ใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนด ได้ผลตามรูปที่ 4.10

ทำการทดลองในเงื่อนไขเดียวกันวัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดโดยคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ได้ผลตามรูปที่ 4.11

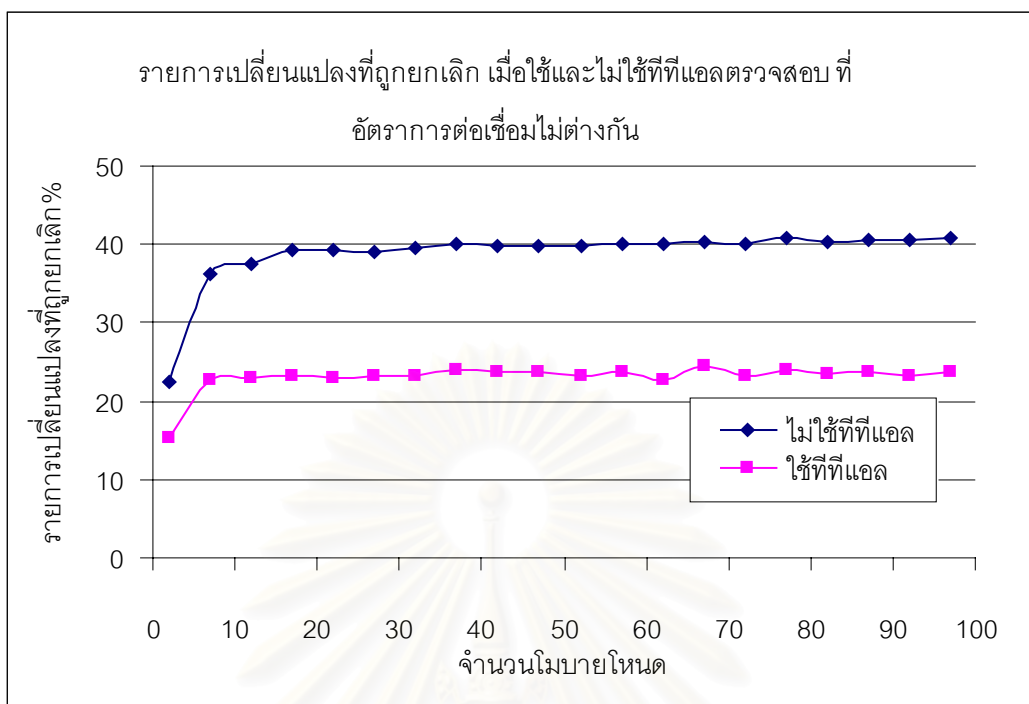




รูปที่ 4.10 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จ เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน ที่  $T/C = 1.0$

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.18, รูปที่ 4.10) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนด เมื่อมีการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจากโมบายโหนด ก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ผลจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนดมีจำนวนลดลง จากการทดลองที่จำนวนโมบายโหนด 97 โหนด ผลต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ค่าทีทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว ทำให้มีจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนดลดลงคิดเป็น 2.17% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน ที่  $T/C = 1.0$

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.18, รูปที่ 4.11) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด เมื่อมีการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจากโมบายโหนด ก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ผลจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดมีจำนวนลดลงจากการทดลองที่จำนวนโมบายโหนด 97 โหนด ผลต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ค่าทีทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมีค่าเป็น 17.03% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสโหนด เนื่องมาจากการใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โบบายโหนด เมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโบบายโหนดต่างกัน

เงื่อนไขการทดลอง

|                                      |      |                       |
|--------------------------------------|------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล                          | 1    | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ | 0.01 | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโบบายโหนด        | 0.01 | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์        | 240  | ชั่วโมง               |
| จำนวนโบบายโหนด                       | 97   | โหนด                  |

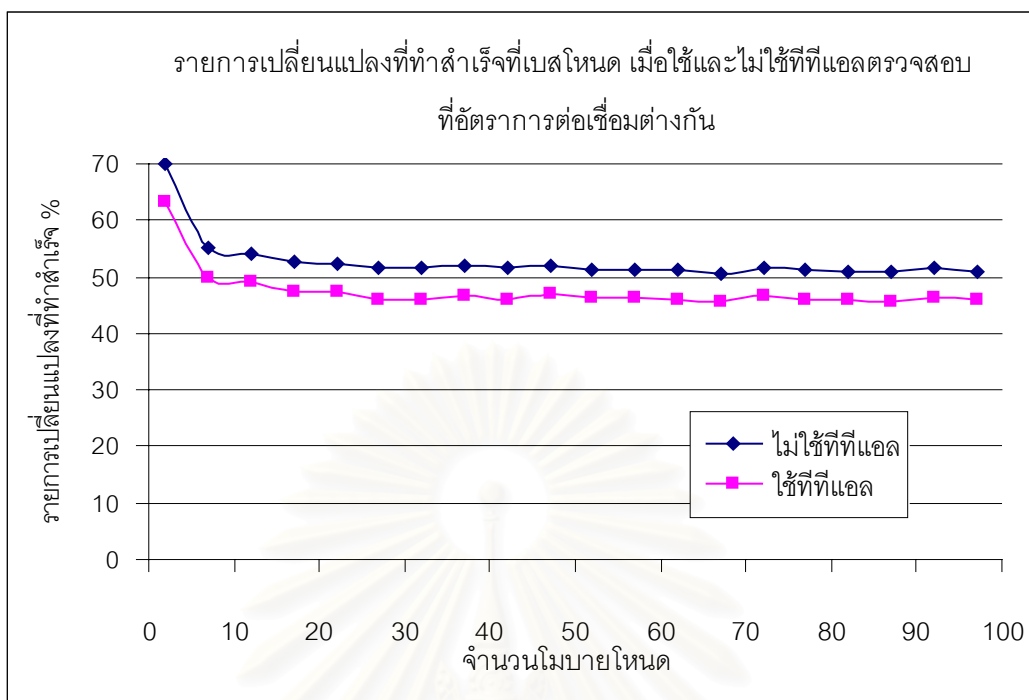
การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01

การกระจายของการต่อเชื่อมของโบบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01 เท่ากันสำหรับ 90% ของการต่อเชื่อม และ 10% ของการต่อเชื่อมมีค่าเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของอัตราการต่อเชื่อมปกติ

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง วัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนดโดยคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ที่จำนวนโบบายโหนด 2-97 โหนด โดยเพิ่มค่าของจำนวนโบบายโหนดครั้งละ 5 โหนด ทำการทดลองที่อัตราการต่อเชื่อมของโบบายโหนดต่างกัน วัดผลในกรณีที่ใช้และไม่ใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโบบายโหนด ได้ผลตามรูปที่ 4.12

ทำการทดลองในเงื่อนไขเดียวกันวัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดโดยคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น ได้ผลตามรูปที่ 4.13

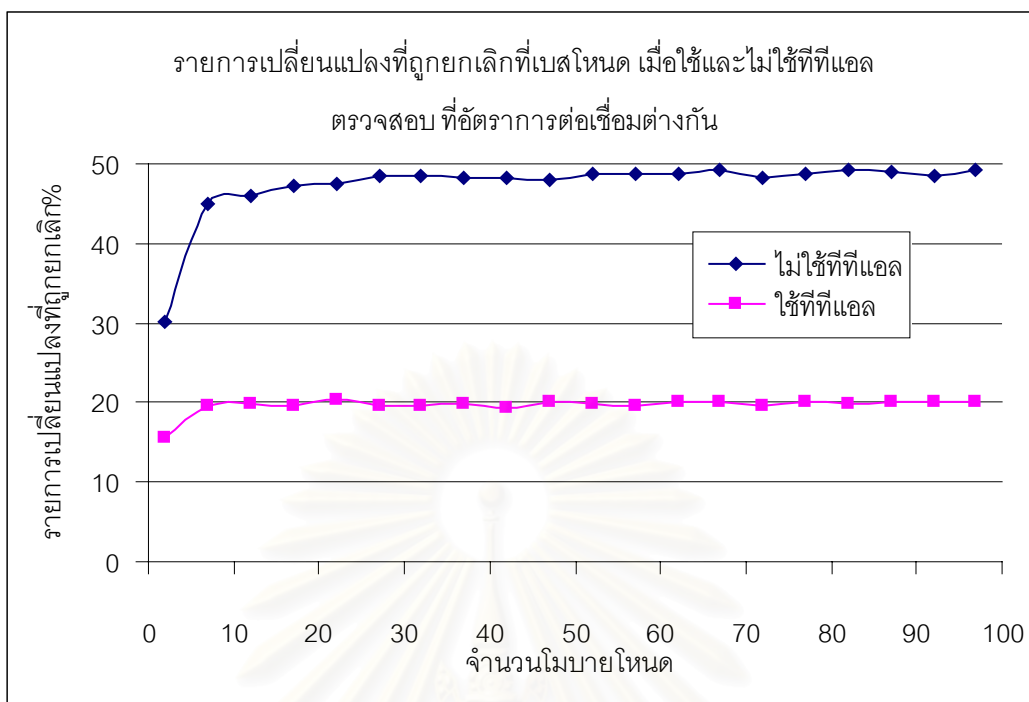
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จ เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน ที่  $T/C = 1.0$

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.19, รูปที่ 4.12) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนด เมื่อมีการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจากโมบายโหนด ก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ผลจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนดมีจำนวนลดลง จากการทดลองที่จำนวนโมบายโหนด 97 โหนด ผลต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ค่าทีทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมีค่าเป็น 4.89% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น

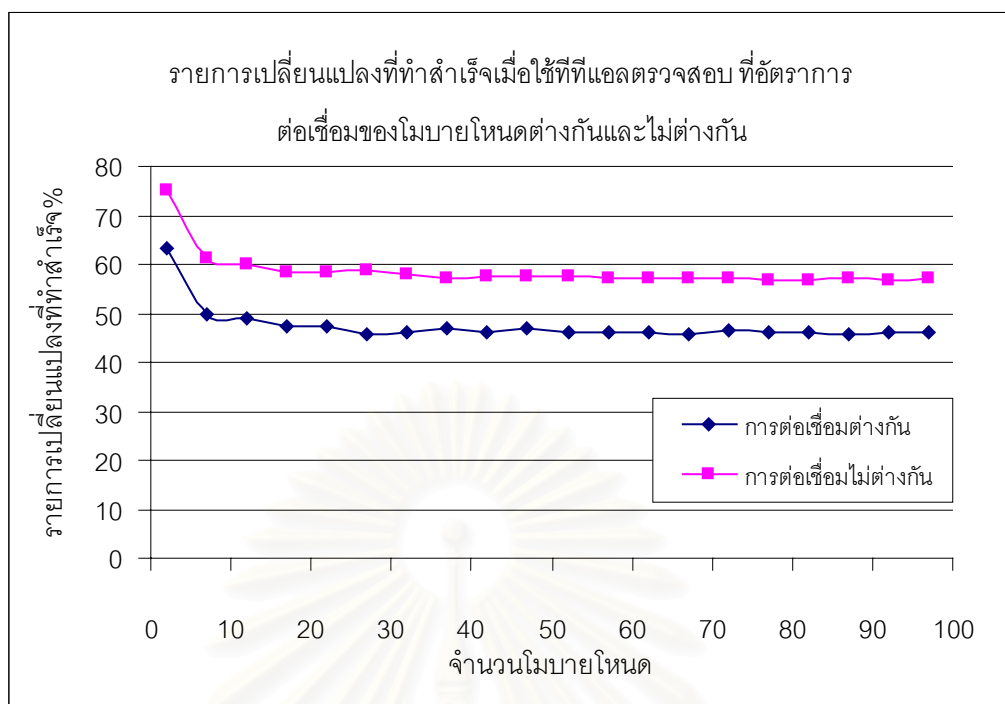
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบ ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน ที่  $T/C = 1.0$

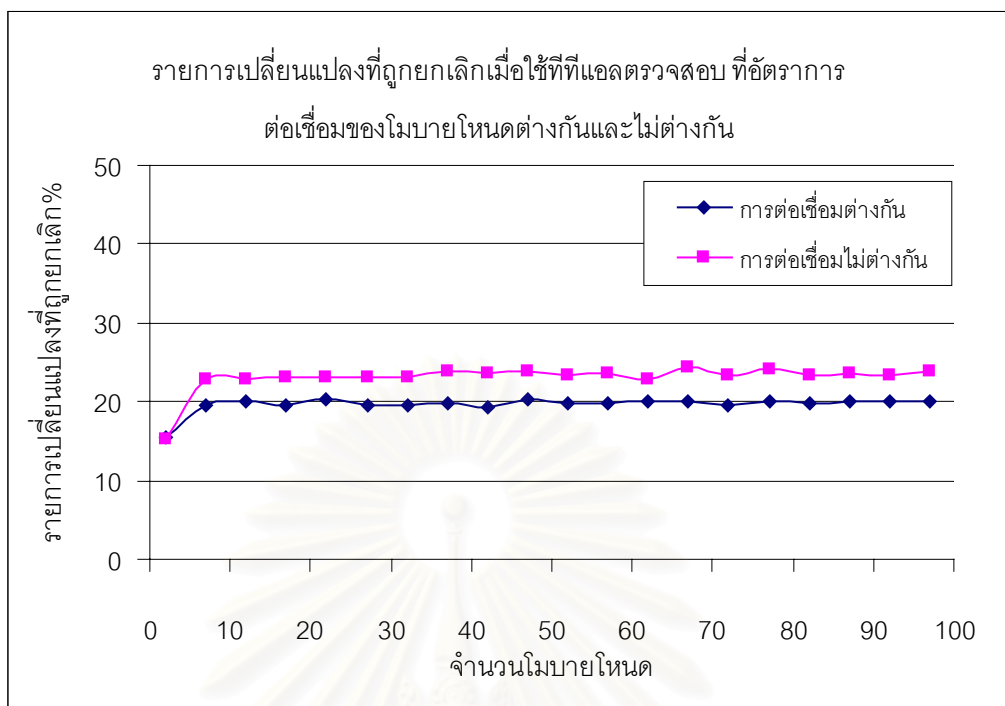
จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.19, รูปที่ 4.13) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสไหนด เมื่อมีการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจากโมบายไหนด ก่อนส่งไปประมวลผลที่เบสไหนด ผลจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสไหนดมีจำนวนลดลงจากการทดลองที่จำนวนโมบายไหนด 97 ไหนด ผลต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมีค่าเป็น 29.08% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จ เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันและไม่ต่างกัน ที่  $T/C = 1.0$

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.19, รูปที่ 4.14) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดต่างกันการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นทำให้มีจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกมากกว่าเพราะรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นในขณะที่ค่าที่แอลเป็นศูนย์ซึ่งเป็นผลมาจากการอัตราการต่อเชื่อมที่ต่ำกว่าปกติของโมบายไหนด จึงทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสไหนดมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดไม่ต่างกัน



รูปที่ 4.15 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกเมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันและไม่ต่างกัน ที่  $T/C = 1.0$

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.19, รูปที่ 4.15) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดต่างกันการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นทำให้มีจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกมากกว่าเพราะรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นในขณะที่ค่าทีทีแอลเป็นศูนย์ซึ่งเป็นผลมาจากการอัตราการต่อเชื่อมที่ต่ำกว่าปกติของโมบายโหนด จึงทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.5 การทดลองผลกระทบจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอล

เงื่อนไขการทดลอง

|   |                  |                       |
|---|------------------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล   | 1                | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ                                  | 0.01             | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด   | 0.01, 0.02, 0.05 | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์   | 240              | ชั่วโมง               |
| การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย            | 0.01             |                       |
| การกระจายของการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย (C) |                  |                       |

เท่ากันสำหรับ 90% ของการต่อเชื่อม และ 10% ของการต่อเชื่อมมีค่าเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของอัตราการต่อเชื่อมปกติ

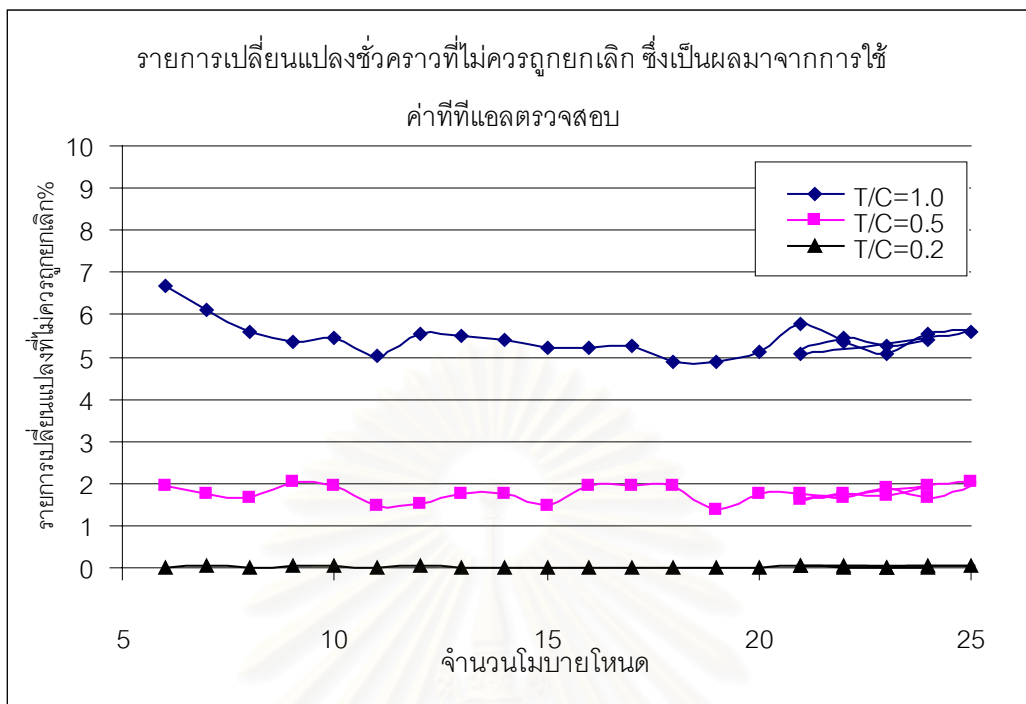
รายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ควรถูกยกเลิก หมายถึงรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกที่โมบายโหนด เนื่องจากค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่ถูกทำสำเนาบนโมบายโหนดมีค่าเป็นศูนย์ทำให้ไม่สามารถทำรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนดได้ แต่ถ้ารายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวนี้ไม่ถูกยกเลิกและถูกส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด จะสามารถประมวลผลได้สำเร็จ ในการทดลองจะวัดค่าเปรียบเทียบกับจำนวนรายการที่ประมวลผลสำเร็จในกรณีที่ไมใช้ค่าที่ทีแอล ตรวจสอบ ว่ามีผลต่างของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จลดลงไปเท่าใด

รายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็น หมายถึงรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกที่โมบายโหนด เนื่องจากค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่ถูกทำสำเนาบนโมบายโหนดมีค่าเป็นศูนย์ ถ้ารายการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่ถูกยกเลิกและส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ก็จะถูกยกเลิก ในการทดลองจะวัดค่าเปรียบเทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดในกรณีที่ไมใช้ค่าที่ทีแอล ตรวจสอบ ว่ามีจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดลดลงเท่าใด

ค่าที่วัดได้ทั้ง 2 กรณีนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมด ได้ผลตามรูปที่ 4.15 และ 4.16

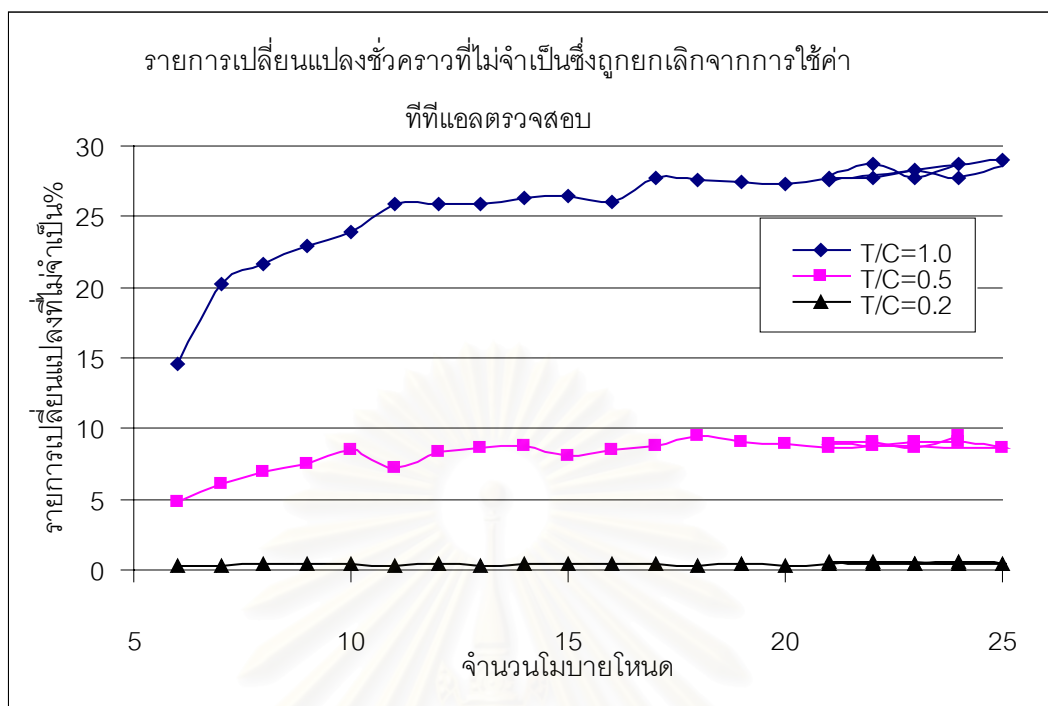
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.16 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ควรถูกยกเลิก จากการใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนด ที่  $T/C = 1.0, 0.5, 0.2$

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.20, ก.21, ก.22, รูปที่ 4.16) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ควรถูกยกเลิกที่โมบายโหนด (เป็นรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกที่โมบายโหนดไปแล้ว แต่ถ้าไม่ถูกยกเลิกแล้วส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดก็จะประมวลผลสำเร็จ) เมื่อมีการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจากโมบายโหนด ก่อนส่งมาประมวลผลที่เบสโหนด ผลจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้มีรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ควรถูกยกเลิกบนเบสโหนดเกิดขึ้น จากการทดลองที่จำนวนโมบายโหนด 97 โหนด ที่ค่า  $T/C = 0.2$  ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมีน้อยมากคิดเป็น 0.07% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น เมื่อค่า  $T/C$  มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.5 ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีค่ามากขึ้นเป็น 2.03% และที่  $T/C=1.0$  ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีค่าเป็น 5.58%



รูปที่ 4.17 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นซึ่งถูกยกเลิก จากการใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบ  
รายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายไหนด

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.20, ก.21, ก.22, รูปที่ 4.17) เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นที่โมบายไหนด (เป็นรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกที่โมบายไหนด ถ้าส่งไปประมวลผลที่เบสไหนดรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวจะถูกยกเลิกเนื่องจากข้อมูลต้นฉบับถูกเปลี่ยนแปลงไปแล้ว) เมื่อมีการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจากโมบายไหนด ก่อนส่งมาประมวลผลที่เบสไหนด ผลจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้สามารถลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ไม่จำเป็นซึ่งเกิดขึ้นที่โมบายไหนดได้ เป็นผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนดมีจำนวนลดลง จากการทดลองที่จำนวนโมบายไหนด 97 ไหนด ที่ค่า  $T/C = 0.2$  การลดลงของรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนดเนื่องจากการใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมีคิดเป็น 0.43% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น เมื่อค่า  $T/C$  มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.5 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนดมีลดลงคิดเป็น 8.66% และที่  $T/C=1.0$  มีค่าคิดเป็น 29.00%

#### 4.6 การทดลองผลของการกำหนดค่าที่ทีแอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงในระบบ

เงื่อนไขการทดลอง

|                                      |           |                       |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|
| จำนวนข้อมูล                          | 1         | ตัว                   |
| อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ | 0.01      | รายการต่อวินาที       |
| อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด        | 0.01,0.02 | การต่อเชื่อมต่อวินาที |
| เวลาที่ใช้ในการจำลองเหตุการณ์        | 240       | ชั่วโมง               |
| จำนวนโมบายโหนด                       | 25        | โหนด                  |

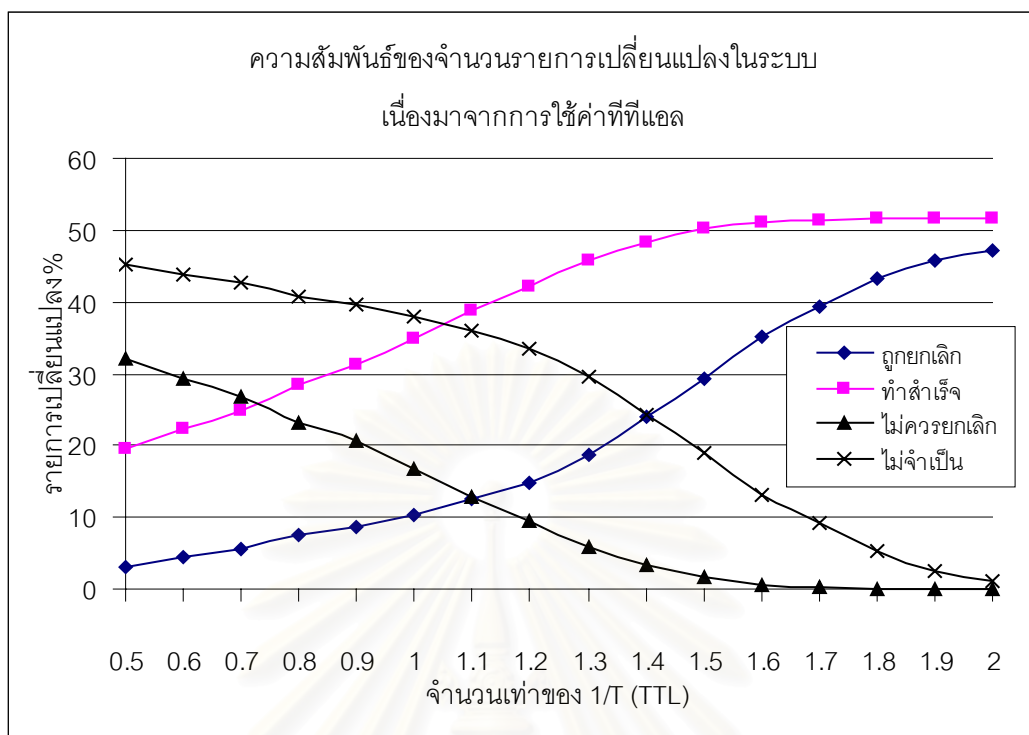
การกระจายของรายการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01

การกระจายของการต่อเชื่อมของโมบายโหนดเป็นแบบยูนิฟอร์มด้วยค่าเฉลี่ย 0.01 เท่ากันสำหรับ 90% ของการต่อเชื่อม และ 10% ของการต่อเชื่อมมีค่าเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของอัตราการต่อเชื่อมปกติ

กำหนดค่าที่ทีแอลเริ่มต้นของข้อมูลเป็น 0.5 -2.0 เท่าของค่า 1/T

ทำการทดลองโดยกำหนดค่าตามเงื่อนไขการทดลอง วัดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบ ประกอบด้วยจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนด จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนด จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ควรยกเลิกที่โมบายโหนด จำนวนรายการที่ไม่จำเป็นที่ถูกยกเลิกที่โมบายโหนด โดยคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น กำหนดค่าที่ทีแอลของข้อมูลอยู่ระหว่าง 0.5-2.0 เท่าของ 1/T โดยเพิ่มค่าครั้งละ 0.1 ทำการทดลองที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดต่างกัน ได้ผลตามรูปที่ 4.18

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงในระบบเนื่องมาจากการใช้ค่าทีทีแอล ที่ค่า  $T/C=1.0$

จากผลการทดลอง (ตารางที่ ก.24, รูปที่ 4.18) การกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับค่าทีทีแอล มีผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงในระบบมีค่าเปลี่ยนไปโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดในระบบ โดยค่าทีทีแอลตั้งแต่ 1.5 เท่าของ 1/T ขึ้นไป มีผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนดมีค่าสูงสุด แต่จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นมีการลดลงไม่มากนัก โดยที่ 2.0 เท่าของ 1/T จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่ใช้ค่าทีทีแอล เพราะเมื่อค่าทีทีแอลมีค่ามาก รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโหนดจะผ่านการตรวจสอบทั้งหมด การถูกยกเลิกที่โหนดอื่นเนื่องมาจากการตรวจสอบโดยใช้ค่าทีทีแอลจึงเกิดขึ้นน้อยมาก การทำงานจึงไม่ต่างกับการไม่ใช้ค่าทีทีแอล

ค่าเริ่มต้นของค่าทีทีแอลที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1.3-1.4 เท่าของ 1/T โดยที่ค่าทีทีแอลเป็น 1.3 เท่าของ 1/T จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จมีค่า 45.68% ซึ่งต่างจากกรณีที่ไม่ใช้ค่าทีทีแอล (เป็นกรณีที่จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนดมีค่าสูงสุด) อยู่ 6.00% การลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นมีค่าเป็น 29.50% และที่ค่าทีทีแอล

เป็น 1.4 เท่าของ 1/T จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จมีค่าเป็น 48.25% มีค่าลดลงจากกรณีไม่ใช้ค่าที่ทีแอล 3.43% การลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นมีค่าเป็น 24.18%

จากผลการทดลองที่ค่าที่ทีแอลเป็น 0.5 เท่าของ 1/T จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่าต่ำที่สุดคือ 3.17% แต่จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนดมีค่าต่ำที่สุดเช่นเดียวกันคือ 19.65% เป็นเพราะว่าค่าที่ทีแอลที่ใช้ตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวมีค่าน้อย ทำให้รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวส่วนใหญ่ไม่ผ่านการตรวจสอบ จำนวนรายการชั่วคราวที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดจึงมีจำนวนน้อยลงเป็นผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่มีโอกาสขัดกันมีจำนวนน้อยลง แต่จำนวนรายการที่ประมวลผลสำเร็จที่เบสโหนดก็มีค่าลดลงด้วยเช่นเดียวกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 อภิปรายผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองพิจารณาผลที่เกี่ยวข้องกับการทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมและการใช้ค่าที่ทีแอลเป็นตัวแทนตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายไหนด เพื่อเพิ่มสมรรถนะการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ค่าที่ทีแอล

5.1.1 อัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนด

การทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม ค่าที่มีผลต่ออัตราการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสไหนดคือ อัตราส่วนระหว่างอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบกับอัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนด (T/C) เมื่อค่า T/C เพิ่มขึ้นเป็นการแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่สะสมอยู่ในโมบายไหนดต่างๆ ในระบบ ดังนั้นโอกาสการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวจึงเพิ่มมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมคือค่า T/C น้อยกว่า 0.5

ที่ค่า T/C น้อยกว่า 0.5 ลักษณะของการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของโมบายไหนด จะมีรายการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 0.5 รายการต่อการติดต่อในแต่ละครั้งของโมบายไหนดทั้งหมดในระบบ รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนโมบายไหนดและส่งไปประมวลผลที่เบสไหนดมีเพียง 1 รายการในการต่อเชื่อม 2 ครั้ง ดังนั้นการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจากโมบายไหนดต่างๆ กันจึงมีไม่มาก ถึงแม้ว่าโมบายไหนดแต่ละไหนดจะมีช่วงเวลาในการต่อเชื่อมไม่ตรงกันก็ตาม

ที่ค่า T/C น้อยกว่า 1.0 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนโมบายไหนดทุกๆ ไหนดมีจำนวน 1 รายการทุกๆ การต่อเชื่อม แต่เนื่องจากการเริ่มต้นต่อเชื่อมของโมบายไหนดเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน การขัดกันจึงเกิดขึ้นได้ถ้าในการต่อเชื่อมใดๆ มีรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวถูกส่งไปยังเบสไหนดโดยมาจากโมบายไหนดมากกว่า 1 ไหนด มีผลทำให้รายการชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโมบายไหนดที่ต่อเชื่อมทีหลังถูกยกเลิกไป โมบายไหนดที่เหลือซึ่งไม่ได้ต่อเชื่อม

เพื่อปรับเปลี่ยนข้อมูลที่ทำสำเนาไว้ให้ตรงกันกับข้อมูลต้นฉบับ ถ้าเกิดรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวกับโมบายไหนดกลุ่มนี้ รายการเปลี่ยนแปลงจะถูกยกเลิกถ้าส่งไปประมวลผลที่เบสไหนด

5.1.2 อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกันในแต่ละโมบายไหนดที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสไหนด

อัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดที่ต่างกันเป็นลักษณะร่วมกันของโมบายไหนดที่ทำงานในสภาพแวดล้อมแบบไม่ต่อเชื่อม อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันมีผลทำให้รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว ที่สะสมอยู่ที่โมบายไหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำกว่าโมบายไหนดทั่วไปมีจำนวนมากขึ้น โอกาสที่จะเกิดการขัดกันจึงมีมากขึ้น โมบายไหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำกว่าโมบายไหนดอื่นมีโอกาสที่รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นแล้วส่งไปประมวลผลที่เบสไหนดได้สำเร็จมีความเป็นไปได้ต่ำ เพราะรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถูกส่งไปประมวลผลที่เบสไหนดช้ากว่าเสมือนว่าใช้เวลาในการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงนานกว่า เมื่อต้องการจบการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลที่ทำสำเนาจากต้นฉบับก็มีค่าต่างไปจากข้อมูลต้นฉบับเนื่องจากรายการเปลี่ยนแปลงจากโมบายไหนดอื่นที่ต่อเชื่อมกับเบสไหนดก่อนได้ทำการแก้ไขข้อมูลต้นฉบับไปแล้ว ดังนั้นรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่โมบายไหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำกว่าปกติ จึงมีโอกาสถูกยกเลิกสูงกว่าโมบายไหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมปกติ เป็นผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกของระบบเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดไม่ต่างกัน

5.1.3 การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสไหนด ที่อัตราการต่อเชื่อมต่างกันและไม่ต่างกัน

จากผลของทีแอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกมีจำนวนลดลง โดยผลที่มีกับอัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดที่ต่างกันทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกลดต่ำลงมากกว่ากรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดไม่ต่างกัน เพราะเมื่ออัตราการต่อเชื่อมของโมบายไหนดต่างกัน รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นมีโอกาสถูกยกเลิกโดยค่าที่ทีแอลได้มากกว่าเพราะช่วงเวลากการต่อเชื่อมของโมบายไหนดมากกว่าค่าที่ทีแอล ดังนั้นรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นหลังจากค่าที่ทีแอลมีค่าเป็นศูนย์จึงถูกยกเลิกเป็นจำนวนมาก เป็นผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสไหนดลดลง รายการเปลี่ยนแปลงที่ขัดกันมีค่าลดลง ดังนั้นจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกจึงลดลงตาม

การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอล ทำให้สถานะที่เหมาะสมสำหรับการทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วงที่ T/C น้อยกว่า 1.0 เป็นผลทำให้สามารถขยายระบบได้ โดยการเพิ่มอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงรวมของระบบได้อีกสาเหตุที่สามารถเพิ่มค่า T/C เพราะการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด เป็นการควบคุมจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงที่ค่าที่ทีแอลมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมของโมบายโหนดทั้งหมดในระบบ จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าลดน้อยลงทำให้โอกาสการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดมีลดลง รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ลดลงเป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่มีโอกาสที่จะถูกยกเลิกที่เบสโหนดสูง เนื่องจากเป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อค่าที่ทีแอลเป็นศูนย์แล้ว

การใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงสามารถลดผลของอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดได้ โดยรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวใดที่เกิดขึ้นที่โมบายโหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำ (เวลาที่ไม่ต่อเชื่อมเป็นเวลานาน) รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นในขณะที่โมบายโหนดไม่ได้ต่อเชื่อมเป็นเวลานาน ค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่จะทำรายการเปลี่ยนแปลงจึงมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นรายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงถูกยกเลิกที่โมบายโหนด จึงทำให้กรณีที่ใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโมบายโหนด สามารถลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดลงได้

การลดลงของรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดเนื่องมากจากการใช้ค่าที่ทีแอลในกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดต่างกัน ผลของการใช้ค่าที่ทีแอลจะมีผลต่อการลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมากกว่ากรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน เพราะรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโมบายโหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำกว่าปกติจะถูกยกเลิกไป รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวในกลุ่มที่ถูกยกเลิกนี้จัดเป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็น เพราะถ้าส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดโอกาสการถูกยกเลิกจะสูงมากเพราะข้อมูลที่รายการเปลี่ยนแปลงใช้งานถูกเปลี่ยนแปลงไปแล้วโดยโมบายโหนดอื่นที่มีอัตราการต่อเชื่อมปกติ

5.1.4 จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกบนเบสโหนดเนื่องมาจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอลที่อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันและไม่ต่างกัน



การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอลมีผลทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำงานสำเร็จบนเบสโหนดมีค่าลดลง ที่อัตราการต่อเชื่อมของโหนดไม่ต่างกัน การลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จและจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกมีค่าลดลงน้อยกว่ากรณีอัตราการต่อเชื่อมของโหนดต่างกัน การลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงเกิดจากผลของการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวโดยใช้ค่าที่ที่แอล โดยผลที่เกิดขึ้นกับการต่อเชื่อมต่างกันจะมีมากกว่า เพราะมีรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นบนโหนดที่มีอัตราการต่อเชื่อมต่ำกว่าปกติ ซึ่งรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวกลุ่มนี้ถูกยกเลิกที่โหนดมากกว่ากรณีอัตราการต่อเชื่อมของโหนดไม่ต่างกัน ดังนั้นจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดจึงลดลงมากกว่า ในทำนองเดียวกันผลของการยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โหนดที่มากกว่าทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนดลดลงมากกว่า

ในกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโหนดต่างกันและไม่ต่างกัน การลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดมีค่ามากกว่าการลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จบนเบสโหนด เพราะรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกยกเลิกบนโหนดเป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่มีโอกาสการถูกยกเลิกสูง เพราะเป็นรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อค่าที่ที่แอลเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นเวลาที่คาดว่าข้อมูลต้นฉบับมีการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว

#### 5.1.5 ผลกระทบจากการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอล

ผลกระทบที่สำคัญของการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอลคือจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำงานสำเร็จบนเบสโหนดลดลง เนื่องมาจากการยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โหนด ในกรณีที่โหนด 2 โหนดเกิดรายการเปลี่ยนแปลงขึ้นในขณะที่ค่าที่ที่แอลของข้อมูลที่ทำสำเนาที่โหนดนั้นๆ มีค่าเป็นศูนย์แล้ว รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นทั้ง 2 โหนดจึงถูกยกเลิก แต่ถ้าไม่ตรวจสอบโดยใช้ค่าที่ที่แอลจะมีรายการเปลี่ยนแปลงจากโหนดที่ติดต่อกับเบสโหนดก่อนสามารถส่งรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวไปประมวลผลได้สำเร็จและรายการเปลี่ยนแปลงที่โหนดที่เหลือจะถูกยกเลิกไป

ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จที่ลดลงจะมีผลมากขึ้นที่ค่า T/C มากขึ้น เนื่องจากที่ค่า T/C ที่มากขึ้นจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่สะสมอยู่ที่โหนดต่างๆ มีมากขึ้น จำนวนการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โหนดจึงเพิ่มขึ้น ทำให้การยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงที่มีโอกาสส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดได้สำเร็จ (รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ไม่ควรยกเลิก) มีมากขึ้นตามไปด้วย ผลกระทบจากการ

ลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนดมีค่าน้อยกว่าการลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดเป็นเพราะว่ารายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ถูกตรวจสอบและยกเลิกโดยการใช้จ่ายที่ที่แอลเป็นรายการชั่วคราวที่มีโอกาสถูกยกเลิกสูง

5.1.6 ผลของการเลือกใช้จ่ายที่ที่แอลที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก

จากผลการทดลองค่าที่เหมาะสมสำหรับกำหนดเป็นค่าเริ่มต้นของที่ที่แอลคือ 1.3-1.4 เท่าของ  $1/T$  โดย  $T$  เป็นอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของระบบ การกำหนดค่าเริ่มต้นของที่ที่แอลให้ลดลง มีผลทำให้รายการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ถูกยกเลิกที่โอบายโหนด จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำงานสำเร็จบนเบสโหนดจึงลดลง การกำหนดค่าเริ่มต้นของที่ที่แอลมากขึ้นทำให้การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โอบายโหนดแล้วยกเลิกมีน้อยลง ทำให้ผลของการใช้จ่ายที่ที่แอลไม่ต่างกับการไม่ใช้จ่ายที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง

การเพิ่มขึ้นของค่าที่ที่แอลเป็นผลให้รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นที่โอบายโหนดมีโอกาสส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดมากขึ้น ดังนั้นจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ทำงานสำเร็จจึงมีค่ามากขึ้น และจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดจะมีค่ามากขึ้นด้วย

#### 5.1.7 การวิเคราะห์ในเชิงลึก

ในกรณีที่มีจำนวนข้อมูลมากกว่า 1 ตัว ค่าที่ที่แอลอาจใช้เฉลี่ยจากบรรดาข้อมูลทุกตัวออกมาเป็นดัชนีที่บ่งชี้ความสดใหม่ ของข้อมูลโดยรวมของโอบายโหนดได้ เมื่อค่าที่บ่งชี้ความสดใหม่เริ่มลดลงเป็นการเตือนให้โอบายโหนดหาทางติดต่อกับเบสโหนดเพื่อปรับค่าความตรงกันของข้อมูลที่ทำสำเนาไว้บนโอบายโหนด

เมื่ออัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงของทั้งระบบคงที่ ดังนั้นจำนวนโหนดที่เพิ่มขึ้นจึงไม่มีผลกับการขัดกันของรายการเปลี่ยนแปลง แต่ในสภาพความเป็นจริงอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงจะคิดต่อจำนวนโหนด ดังนั้นเมื่อจำนวนโหนดเพิ่มขึ้นอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงรวมของระบบจะเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นเวลาคิดจริงต้องพิจารณาจำนวนโหนดเป็นส่วนสำคัญที่จะมีผลต่อ  $T/C$

ค่า  $1/C$  คือช่วงเวลาที่ไม่ต้องเชื่อมต่อ มีความสัมพันธ์กับการทำงานในชีวิตจริง ตามตัวอย่างของพนักงานขายของที่จำเป็นต้องเดินทางไปพบลูกค้าตามสถานที่ต่างๆ การที่จะต่อเชื่อม

กับเครือข่ายอยู่ตลอดเวลาเป็นไปได้ยาก ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและจำนวนของสินค้าจึงถูกทำสำเนาไว้ที่โมบายโหนดซึ่งอยู่ที่พนักงานขายแต่ละคน พนักงานขายหลายๆคนสามารถรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าสำหรับสินค้าตัวเดียวกันได้ เมื่อพนักงานขายรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า พนักงานขายจะตรวจสอบจำนวนสินค้าซึ่งถูกทำสำเนาไว้ที่โมบายโหนด ถ้าจำนวนสินค้าชนิดหนึ่งมีอัตราการถูกเปลี่ยนแปลงเป็น 1 ครั้งทุกๆ 1 วัน ค่าที่ที่แอลของราคาสินค้านี้จึงเป็น 1 วัน ถ้าพนักงานขายไม่ต่อเชื่อมกับเบสโหนดเป็นเวลา 2 วัน การทำรายการสั่งซื้อจะมีโอกาสไม่สำเร็จได้เพราะจำนวนสินค้าถูกแก้ไขโดยพนักงานขายคนอื่นไปแล้ว

ถ้าเกิดการยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนด จะมีผลต่อพนักงานขายโดยพนักงานขายจำเป็นต้องต่อเชื่อมเข้ากับเบสโหนด เพื่อปรับปรุงข้อมูลของสินค้าให้ตรงกับข้อมูลต้นฉบับ จากนั้นจึงรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า การที่รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โมบายโหนดส่งไปทำงานที่ข้อมูลต้นฉบับแล้วถูกยกเลิก มีผลในทางปฏิบัติของพนักงานขายทำให้พนักงานขายต้องส่งรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวใหม่อีกครั้ง

ในการทำงานจริงแล้ว ค่าที่ที่แอลจะเป็นค่าที่บอกว่าพนักงานขายว่าเมื่อใดควรจะต่อเชื่อมกับระบบเพื่อปรับปรุงข้อมูลสินค้า ให้ตรงกันกับข้อมูลต้นฉบับก่อนที่จะเริ่มต้นทำงานแบบไม่ต่อเชื่อม ถ้าพนักงานขายไม่ต่อเชื่อมกับเบสโหนดเป็นเวลานาน ค่าที่ที่แอลจะเป็นข้อมูลคอยเตือนให้พนักงานขายไม่ควรจะรับรายการสั่งซื้อจากลูกค้า เพราะถ้ารับรายการสั่งซื้อมาแล้วโอกาสที่จะต้องยกเลิกหรือแก้ไขรายการสั่งซื้อนั้นมีมาก เพราะข้อมูลที่พนักงานขายใช้ในขณะนั้นมีค่าไม่สัมพันธ์กับข้อมูลต้นฉบับ พนักงานขายควรหาวิธีที่จะต่อเชื่อมเข้ากับเบสโหนดให้ได้แล้วจึงรับรายการสั่งซื้อจากลูกค้า

จากจำนวนข้อมูลที่มีและอัตราเฉลี่ยที่ข้อมูลแต่ละตัวจะถูกแก้ไข ทำให้พนักงานขายสามารถกำหนดเวลาที่ควรต่อเชื่อมกับเบสโหนดได้อย่างเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2 สรุปผลการวิจัย

ในการทำการรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อม ค่าที่มีผลต่ออัตราการขาดกันของรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดคือ อัตราส่วนระหว่างอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรวมของระบบกับอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนด (T/C) สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำการรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมคือค่า T/C น้อยกว่า 0.5 การใช้ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมเพิ่มขึ้นมาอยู่ในช่วงที่ T/C น้อยกว่า 1.0 เป็นผลให้สามารถขยายระบบโดยการเพิ่มอัตราการเกิดรายการเปลี่ยนแปลงรวมของระบบได้อีก

อัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดมีผลทำให้ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำการรายการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเชื่อมเปลี่ยนไป ทำให้ค่า T/C ที่เหมาะสมกับการทำงานต่ำกว่าเดิม โดยถ้าอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดต่างกันจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดจะเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกรณีที่อัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดไม่ต่างกัน การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอลสามารถลดผลกระทบที่เกิดจากอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดได้ รายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในขณะที่โมบายโหนดมีอัตราการต่อเชื่อมที่ต่ำกว่าปกติจะถูกตรวจสอบและยกเลิกโดยค่าที่ที่แอล

จากผลการทดลองค่าที่ที่แอลสามารถใช้เป็นตัวแทนในการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวในการทำงานแบบไม่ต่อเชื่อมได้ ผลการทำงานการตรวจสอบสามารถลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็น ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดมีเท่าที่จำเป็นเท่านั้น สมรรถนะการประมวลผลรายการเปลี่ยนแปลงของระบบจึงดีขึ้น จากจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่จำเป็นที่ลดลง ยังมีผลทำให้โมบายโหนดใช้เวลาในการต่อเชื่อมน้อยลงและใช้เวลาในการส่งรายการเปลี่ยนแปลงไปประมวลผลที่เบสโหนดน้อยลง เป็นการประหยัดทรัพยากรของโมบายโหนดเองที่ใช้สำหรับการต่อเชื่อม จากผลการทดลองที่ 4.3.2 ที่ค่า  $T/C = 1.0$  จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกมีค่าลดลง 38.13% ของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น

ผลกระทบของการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวโดยใช้ค่าที่ที่แอลทำให้ผลรวมของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนดลดลง เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ตรวจสอบ แต่การลดลงของจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกบนเบสโหนดมีจำนวนมากกว่าเมื่อเทียบกับการลดลงของรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จ ผลการทดลองที่ 4.4.1

สามารถลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนดได้ 29.08 % โดยมีจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ควรถูกยกเลิก 4.89% จากจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้น

จากการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่ถูกทำสำเนา ผลจากการใช้ค่าที่ทีแอลที่สำคัญคือจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก และจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนด ถ้ากำหนดค่าที่ทีแอลน้อยเกินไป จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกจะมากขึ้น ถ้ากำหนดค่าที่ทีแอลมากเกินไปการใช้ค่าที่ทีแอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่โอบายโหนดจะไม่มีผลใดๆ เพราะรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่โอบายโหนด เกิดขึ้นเมื่อค่าที่ทีแอลของข้อมูลยังไม่เป็นศูนย์ ทำให้รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวทั้งหมดที่เกิดบนโอบายโหนดถูกส่งไปประมวลผลที่เบสโหนด ซึ่งไม่ต่างอะไรกับการไม่ตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยค่าที่ทีแอล จากการทดลองที่ 4.6 ค่าที่ทีแอลควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3 - 1.4 เท่าของ  $1/T$

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกโดยลดเงื่อนไขของความตึงกัน

จากสมมติฐานการทดลองกำหนดให้รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวจากโอบายโหนด ส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดเป็นแบบถูกต้องตามลำดับ ทำให้จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกมีมาก การใช้วิธีการทำรายการเปลี่ยนแปลงแบบ Commutative [1] หรือ การทำรายการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยเงื่อนไขเฉพาะของข้อมูล เป็นวิธีที่สามารถลดจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกได้ แต่การใช้วิธีดังกล่าวขึ้นอยู่กับรายละเอียดของระบบ และลักษณะของข้อมูลที่ทำรายการเปลี่ยนแปลง

5.3.2 การลดผลกระทบของการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวโดยใช้ค่าที่ทีแอล และการเลือกใช้และปรับเปลี่ยนค่าที่ทีแอล

จากการทดลองจะพบว่าผลกระทบที่สำคัญของการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ทีแอล คือจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จบนเบสโหนด ลดลงเมื่อเทียบกับไม่มีการตรวจสอบ การลดผลกระทบดังกล่าวทำได้ โดยการเลือกใช้ค่าที่ทีแอลที่เหมาะสมกับลักษณะการต่อเชื่อมของระบบจริง การปรับเปลี่ยนค่าที่ทีแอลที่เหมาะสมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวบนโอบายโหนด เป็นไปได้อย่างถูก

ต้อง การปรับเปลี่ยนค่าที่ทีแอลให้สอดคล้องกับลักษณะการปรับเปลี่ยนของข้อมูลในการทำงาน  
จริงยังเป็นหัวข้อที่ให้ศึกษาได้ต่อไป

5.3.3 การยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงบนโมบายโหนดทั้งหมดเนื่องมาจาก  
ระยะเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมมีค่ามากกว่า ค่าที่ทีแอลมากๆ

ในกรณีที่เกิดรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวขึ้นที่โมบายโหนดในขณะที่ค่าที่ทีแอล  
ของข้อมูลที่ถูกทำสำเนานั้นยังไม่เป็นศูนย์ รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจึงผ่านการ  
ตรวจสอบ โดยใช้ค่าที่ทีแอลและจะถูกเก็บไว้ที่โมบายโหนดเพื่อส่งไปประมวลผลที่เบสโหนดเมื่อ  
เกิดการต่อเชื่อมขึ้น แต่ถ้าโมบายโหนดมีระยะเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมยาวนานมาก ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไป  
ค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่เคยทำรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวไว้จึงมีค่าเป็นศูนย์

ถ้าเวลาที่ไม่ต่อเชื่อมของโมบายโหนดมีค่ามากกว่าค่าที่ทีแอลของข้อมูลที่เคยถูก  
ทำรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวไปแล้ว รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวที่ทำการถูกยกเลิกทั้งหมด  
หรือไม่ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวดังกล่าวไม่ถูกยกเลิก ซึ่งผลกระทบ  
ที่เกิดจากการยกเลิกรายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวทั้งหมดยังเป็นหัวข้อที่ให้ศึกษาได้ต่อไป

## รายการอ้างอิง

- [1] J. Gray, P. Helland, p. O'Neil, and D. Shasha, The Dangers of Replications and a Solution, in Proceedings of the 1996 ACM SIGMOD international conference on Management of data, June 1996.
- [2] K. Petersen, M. J. Spreitzer, D. B. Terry, M. M. Theimer, and A. J. Demers, Flexible Update Propagation for Weakly Consistent Replication, in 16th ACM Symposium on Operating System Principles, Saint-Milo France, October 1997.
- [3] J. J. Kistler and M. Satyanarayanan, Disconnected Operation in the Coda File System, in Proceedings of the 13th ACM Symposium on Operating Systems Principles, October 1991.
- [4] Cate, V., Alex - A Global Filesystem, Proceedings of the 1992 USENIX File System Workshop, Ann Arbor, MI, May 1992, 1-12.
- [5] Kung, H.T. and Robinson, J.T., Optimistic methods for concurrency control, ACM Trans. on Database Systems, vol.6, no. 2 ,1981,pp. 213-26.
- [6] J. Gwertzman, M. Setlzer, World Wide Web Cache Consistency, Proceedings of the 1996 USENIX Technical Conference, San Diego, CA, Jan 1996.
- [7] P. Mockapetris and K. J. Dunlap, Development of the domain name system, Symposium proceedings on Communications architectures and protocols, 1988, pp 123 – 133
- [8] Averill M. Law & W. David Kelton, Simulation Modeling and Analysis (Third Edition). McGraw-Hill, 2000.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ผลการทดลอง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| อัตราดอกเบี้ยต่อเดือน | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------------------|----------------------------------|---|--|
| 0.005                 | 8637                             | 3243                                      | 5394                                       |
| 0.010                 | 8632                             | 5245                                      | 3387                                       |
| 0.015                 | 8697                             | 6758                                      | 1939                                       |
| 0.020                 | 8699                             | 7685                                      | 1014                                       |
| 0.025                 | 8636                             | 8219                                      | 417  |
| 0.030                 | 8595                             | 8409                                      | 186  |
| 0.035                 | 8597                             | 8551                                      | 46   |
| 0.040                 | 8607                             | 8584                                      | 23   |
| 0.045                 | 8664                             | 8660                                      | 4  |
| 0.050                 | 8620                             | 8620                                      | 0  |
| 0.055                 | 8653                             | 8653                                      | 0  |
| 0.060                 | 8666                             | 8666                                      | 0  |
| 0.065                 | 8645                             | 8645                                      | 0  |
| 0.070                 | 8630                             | 8630                                      | 0  |
| 0.075                 | 8635                             | 8635                                      | 0  |
| 0.080                 | 8615                             | 8615                                      | 0  |
| 0.085                 | 8621                             | 8621                                      | 0  |
| 0.090                 | 8640                             | 8640                                      | 0  |
| 0.095                 | 8635                             | 8635                                      | 0  |
| 0.100                 | 8620                             | 8620                                      | 0  |

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองอัตราดอกเบี้ยต่อเดือนของนโยบายสินเชื่อที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง  
ที่ถูกยกเลิกที่เบสสินเชื่อบริษัทประกันชีวิตที่มีจำนวนนโยบายสินเชื่อ 25 โหนด

| อัตราค่าธรรมเนียม | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-------------------|----------------------------------|---|--|
| 0.010             | 8620                             | 5176                                      | 3444                                       |
| 0.015             | 8623                             | 6695                                      | 1928                                       |
| 0.020             | 8644                             | 7678                                      | 966  |
| 0.025             | 8622                             | 8192                                      | 430  |
| 0.030             | 8592                             | 8430                                      | 162  |
| 0.035             | 8628                             | 8571                                      | 57   |
| 0.040             | 8677                             | 8655                                      | 22   |
| 0.045             | 8622                             | 8622                                      | 0  |
| 0.050             | 8674                             | 8673                                      | 1  |
| 0.055             | 8642                             | 8642                                      | 0  |
| 0.060             | 8622                             | 8622                                      | 0  |
| 0.065             | 8630                             | 8630                                      | 0  |
| 0.070             | 8608                             | 8608                                      | 0  |
| 0.075             | 8643                             | 8643                                      | 0  |
| 0.080             | 8645                             | 8645                                      | 0  |
| 0.085             | 8628                             | 8628                                      | 0  |
| 0.090             | 8602                             | 8602                                      | 0  |
| 0.095             | 8617                             | 8617                                      | 0  |

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองอัตราค่าธรรมเนียมของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง  
ที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่จำนวนโมบายโหนด 50 โหนด

| อัตราการต่อ<br>เชื่อม | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------------------|----------------------------------|---|--|
| 0.005                 | 8591                             | 2664                                      | 5927                                       |
| 0.010                 | 8669                             | 3910                                      | 4759                                       |
| 0.015                 | 8652                             | 4996                                      | 3656                                       |
| 0.020                 | 8645                             | 5815                                      | 2830                                       |
| 0.025                 | 8635                             | 6537                                      | 2098                                       |
| 0.030                 | 8619                             | 7040                                      | 1579                                       |
| 0.035                 | 8653                             | 7475                                      | 1178                                       |
| 0.040                 | 8658                             | 7835                                      | 823  |
| 0.045                 | 8609                             | 8041                                      | 568  |
| 0.050                 | 8639                             | 8276                                      | 363  |
| 0.055                 | 8696                             | 8410                                      | 286  |
| 0.060                 | 8626                             | 8463                                      | 163  |
| 0.065                 | 8684                             | 8557                                      | 127  |
| 0.070                 | 8662                             | 8588                                      | 74   |
| 0.075                 | 8649                             | 8607                                      | 42   |
| 0.080                 | 8613                             | 8588                                      | 25   |
| 0.085                 | 8626                             | 8617                                      | 9  |
| 0.090                 | 8632                             | 8623                                      | 9  |
| 0.095                 | 8594                             | 8583                                      | 11   |

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ไม่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวน  
รายการเปลี่ยนแปลง ที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด

| อัตราการต่อ<br>เชื่อม | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------------------|----------------------------------|---|--|
| 0.005                 | 8591                             | 2664                                      | 5927                                       |
| 0.010                 | 8669                             | 3910                                      | 4759                                       |
| 0.015                 | 8652                             | 4996                                      | 3656                                       |
| 0.020                 | 8645                             | 5815                                      | 2830                                       |
| 0.025                 | 8635                             | 6537                                      | 2098                                       |
| 0.030                 | 8619                             | 7040                                      | 1579                                       |
| 0.035                 | 8653                             | 7475                                      | 1178                                       |
| 0.040                 | 8658                             | 7835                                      | 823  |
| 0.045                 | 8609                             | 8041                                      | 568  |
| 0.050                 | 8639                             | 8276                                      | 363  |
| 0.055                 | 8696                             | 8410                                      | 286  |
| 0.060                 | 8626                             | 8463                                      | 163  |
| 0.065                 | 8684                             | 8557                                      | 127  |
| 0.070                 | 8662                             | 8588                                      | 74   |
| 0.075                 | 8649                             | 8607                                      | 42   |
| 0.080                 | 8613                             | 8588                                      | 25   |
| 0.085                 | 8626                             | 8617                                      | 9  |
| 0.090                 | 8632                             | 8623                                      | 9  |
| 0.095                 | 8594                             | 8583                                      | 11   |

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวน  
รายการเปลี่ยนแปลง ที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด

| อัตราการต่อ<br>เชื่อม | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------------------|----------------------------------|---|--|
| 0.005                 | 8627                             | 2533                                      | 6094                                       |
| 0.010                 | 8593                             | 3886                                      | 4707                                       |
| 0.015                 | 8678                             | 4907                                      | 3771                                       |
| 0.020                 | 8614                             | 5794                                      | 2820                                       |
| 0.025                 | 8630                             | 6453                                      | 2177                                       |
| 0.030                 | 8636                             | 7033                                      | 1603                                       |
| 0.035                 | 8609                             | 7485                                      | 1124                                       |
| 0.040                 | 8674                             | 7845                                      | 829  |
| 0.045                 | 8634                             | 8055                                      | 579  |
| 0.050                 | 8631                             | 8217                                      | 414  |
| 0.055                 | 8609                             | 8371                                      | 238  |
| 0.060                 | 8636                             | 8474                                      | 162  |
| 0.065                 | 8641                             | 8528                                      | 113  |
| 0.070                 | 8627                             | 8575                                      | 52   |
| 0.075                 | 8666                             | 8617                                      | 49   |
| 0.080                 | 8595                             | 8569                                      | 26   |
| 0.085                 | 8619                             | 8596                                      | 23   |
| 0.090                 | 8634                             | 8620                                      | 14   |
| 0.095                 | 8631                             | 8627                                      | 4  |

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมที่ต่างกันของโมบายโหนดที่มีต่อจำนวน  
รายการเปลี่ยนแปลง ที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่จำนวนโมบายโหนด 50 โหนด

| จำนวนโหนด | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------|----------------------------------|---|--|
| 2         | 8667                             | 5394                                      | 3273                                       |
| 7         | 8667                             | 3666                                      | 5001                                       |
| 12        | 8618                             | 3390                                      | 5228                                       |
| 17        | 8636                             | 3319                                      | 5317                                       |
| 22        | 8652                             | 3267                                      | 5385                                       |
| 27        | 8657                             | 3252                                      | 5405                                       |
| 32        | 8633                             | 3248                                      | 5385                                       |
| 37        | 8617                             | 3246                                      | 5371                                       |
| 42        | 8654                             | 3205                                      | 5449                                       |
| 47        | 8652                             | 3180                                      | 5472                                       |
| 52        | 8604                             | 3170                                      | 5434                                       |
| 57        | 8602                             | 3149                                      | 5453                                       |
| 62        | 8633                             | 3163                                      | 5470                                       |
| 67        | 8652                             | 3145                                      | 5507                                       |
| 72        | 8649                             | 3123                                      | 5526                                       |
| 77        | 8615                             | 3148                                      | 5467                                       |
| 82        | 8684                             | 3167                                      | 5517                                       |
| 87        | 8635                             | 3129                                      | 5506                                       |
| 92        | 8585                             | 3159                                      | 5426                                       |
| 97        | 8592                             | 3129                                      | 5463                                       |

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่ไม่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการ  
เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่ T/C=2.0

| จำนวนโหนด | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------|----------------------------------|---|--|
| 2         | 8652                             | 6713                                      | 1939                                       |
| 7         | 8644                             | 5522                                      | 3122                                       |
| 12        | 8635                             | 5393                                      | 3242                                       |
| 17        | 8626                             | 5244                                      | 3382                                       |
| 22        | 8669                             | 5264                                      | 3405                                       |
| 27        | 8607                             | 5237                                      | 3370                                       |
| 32        | 8650                             | 5225                                      | 3425                                       |
| 37        | 8633                             | 5177                                      | 3456                                       |
| 42        | 8654                             | 5215                                      | 3439                                       |
| 47        | 8641                             | 5201                                      | 3440                                       |
| 52        | 8630                             | 5204                                      | 3426                                       |
| 57        | 8646                             | 5187                                      | 3459                                       |
| 62        | 8635                             | 5166                                      | 3469                                       |
| 67        | 8657                             | 5157                                      | 3500                                       |
| 72        | 8633                             | 5180                                      | 3453                                       |
| 77        | 8670                             | 5126                                      | 3544                                       |
| 82        | 8634                             | 5150                                      | 3484                                       |
| 87        | 8653                             | 5152                                      | 3501                                       |
| 92        | 8641                             | 5128                                      | 3513                                       |
| 97        | 8667                             | 5124                                      | 3543                                       |

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่ไม่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการ  
เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่ T/C=1.0



| จำนวนโหนด | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------|----------------------------------|---|--|
| 2         | 8647                             | 8107                                      | 540  |
| 7         | 8651                             | 7806                                      | 845  |
| 12        | 8661                             | 7713                                      | 948  |
| 17        | 8676                             | 7709                                      | 967  |
| 22        | 8585                             | 7658                                      | 927  |
| 27        | 8632                             | 7653                                      | 979  |
| 32        | 8636                             | 7637                                      | 999  |
| 37        | 8627                             | 7679                                      | 948  |
| 42        | 8650                             | 7663                                      | 987  |
| 47        | 8606                             | 7643                                      | 963  |
| 52        | 8661                             | 7668                                      | 993  |
| 57        | 8592                             | 7624                                      | 968  |
| 62        | 8629                             | 7621                                      | 1008                                       |
| 67        | 8659                             | 7647                                      | 1012                                       |
| 72        | 8666                             | 7663                                      | 1003                                       |
| 77        | 8643                             | 7676                                      | 967  |
| 82        | 8654                             | 7674                                      | 980  |
| 87        | 8625                             | 7626                                      | 999  |
| 92        | 8643                             | 7668                                      | 975  |
| 97        | 8622                             | 7664                                      | 958  |

ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่ไม่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการ  
เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่  $T/C=0.5$

| จำนวนโหนด | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------|----------------------------------|---|--|
| 2         | 8685                             | 4880                                      | 3805                                       |
| 7         | 8667                             | 3286                                      | 5381                                       |
| 12        | 8608                             | 3063                                      | 5545                                       |
| 17        | 8606                             | 2964                                      | 5642                                       |
| 22        | 8651                             | 2899                                      | 5752                                       |
| 27        | 8625                             | 2949                                      | 5676                                       |
| 32        | 8673                             | 2956                                      | 5717                                       |
| 37        | 8658                             | 2911                                      | 5747                                       |
| 42        | 8679                             | 2877                                      | 5802                                       |
| 47        | 8662                             | 2884                                      | 5778                                       |
| 52        | 8594                             | 2864                                      | 5730                                       |
| 57        | 8619                             | 2827                                      | 5792                                       |
| 62        | 8690                             | 2857                                      | 5833                                       |
| 67        | 8632                             | 2836                                      | 5796                                       |
| 72        | 8629                             | 2855                                      | 5774                                       |
| 77        | 8648                             | 2811                                      | 5837                                       |
| 82        | 8649                             | 2874                                      | 5775                                       |
| 87        | 8712                             | 2813                                      | 5899                                       |
| 92        | 8585                             | 2813                                      | 5772                                       |
| 97        | 8620                             | 2849                                      | 5771                                       |

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการ  
เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่ T/C=2.0

| จำนวนโหนด | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------|----------------------------------|---|--|
| 2         | 8671                             | 6065                                      | 2606                                       |
| 7         | 8651                             | 4768                                      | 3883                                       |
| 12        | 8601                             | 4644                                      | 3957                                       |
| 17        | 8631                             | 4556                                      | 4075                                       |
| 22        | 8665                             | 4546                                      | 4119                                       |
| 27        | 8602                             | 4437                                      | 4165                                       |
| 32        | 8657                             | 4459                                      | 4198                                       |
| 37        | 8612                             | 4467                                      | 4145                                       |
| 42        | 8641                             | 4466                                      | 4175                                       |
| 47        | 8607                             | 4478                                      | 4129                                       |
| 52        | 8630                             | 4425                                      | 4205                                       |
| 57        | 8606                             | 4414                                      | 4192                                       |
| 62        | 8629                             | 4412                                      | 4217                                       |
| 67        | 8666                             | 4395                                      | 4271                                       |
| 72        | 8587                             | 4437                                      | 4150                                       |
| 77        | 8617                             | 4427                                      | 4190                                       |
| 82        | 8647                             | 4393                                      | 4254                                       |
| 87        | 8633                             | 4392                                      | 4241                                       |
| 92        | 8630                             | 4441                                      | 4189                                       |
| 97        | 8631                             | 4388                                      | 4243                                       |

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการ  
เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่ T/C=1.0

| จำนวนโหนด | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ทำ<br>สำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ถูก<br>ยกเลิก |
|-----------|----------------------------------|---|--|
| 2         | 8672                             | 7455                                      | 1217                                       |
| 7         | 8635                             | 6681                                      | 1954                                       |
| 12        | 8640                             | 6585                                      | 2055                                       |
| 17        | 8613                             | 6525                                      | 2088                                       |
| 22        | 8624                             | 6529                                      | 2095                                       |
| 27        | 8605                             | 6528                                      | 2077                                       |
| 32        | 8613                             | 6484                                      | 2129                                       |
| 37        | 8656                             | 6487                                      | 2169                                       |
| 42        | 8632                             | 6457                                      | 2175                                       |
| 47        | 8657                             | 6480                                      | 2177                                       |
| 52        | 8672                             | 6511                                      | 2161                                       |
| 57        | 8676                             | 6509                                      | 2167                                       |
| 62        | 8655                             | 6419                                      | 2236                                       |
| 67        | 8605                             | 6440                                      | 2165                                       |
| 72        | 8659                             | 6479                                      | 2180                                       |
| 77        | 8614                             | 6437                                      | 2177                                       |
| 82        | 8659                             | 6443                                      | 2216                                       |
| 87        | 8590                             | 6441                                      | 2149                                       |
| 92        | 8633                             | 6457                                      | 2176                                       |
| 97        | 8659                             | 6446                                      | 2213                                       |

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองอัตราการต่อเชื่อมของโมบายโหนดที่ต่างกันที่มีต่อจำนวนรายการ  
เปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิกที่เบสโหนด ที่  $T/C=0.5$

| อัตราการต่อเชื่อม | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จ | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 0.005             | 8637                              | 8637                         | 3243                              | 5394                               |
| 0.010             | 8632                              | 8633                         | 5245                              | 3387                               |
| 0.015             | 8697                              | 8697                         | 6758                              | 1939                               |
| 0.020             | 8699                              | 8699                         | 7685                              | 1014                               |
| 0.025             | 8636                              | 8636                         | 8219                              | 417                                |
| 0.030             | 8595                              | 8595                         | 8409                              | 186                                |
| 0.035             | 8597                              | 8597                         | 8551                              | 46                                 |
| 0.040             | 8607                              | 8607                         | 8584                              | 23                                 |
| 0.045             | 8664                              | 8665                         | 8660                              | 4                                  |
| 0.050             | 8620                              | 8620                         | 8620                              | 0                                  |
| 0.055             | 8653                              | 8654                         | 8653                              | 0                                  |
| 0.060             | 8666                              | 8666                         | 8666                              | 0                                  |
| 0.065             | 8645                              | 8645                         | 8645                              | 0                                  |
| 0.070             | 8630                              | 8630                         | 8630                              | 0                                  |
| 0.075             | 8635                              | 8635                         | 8635                              | 0                                  |
| 0.080             | 8615                              | 8616                         | 8615                              | 0                                  |
| 0.085             | 8621                              | 8621                         | 8621                              | 0                                  |
| 0.090             | 8640                              | 8640                         | 8640                              | 0                                  |
| 0.095             | 8635                              | 8635                         | 8635                              | 0                                  |
| 0.100             | 8620                              | 8620                         | 8620                              | 0                                  |

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกันที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด ไม่ใช่ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง

| อัตราดอกเบี้ย | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จ | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก |
|---------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 0.005         | 8637                              | 3965                         | 2490                              | 1475                               |
| 0.010         | 8633                              | 7100                         | 5027                              | 2073                               |
| 0.015         | 8697                              | 8134                         | 6702                              | 1432                               |
| 0.020         | 8699                              | 8493                         | 7663                              | 830                                |
| 0.025         | 8636                              | 8568                         | 8215                              | 353                                |
| 0.030         | 8595                              | 8560                         | 8408                              | 152                                |
| 0.035         | 8597                              | 8581                         | 8550                              | 31                                 |
| 0.040         | 8607                              | 8602                         | 8584                              | 18                                 |
| 0.045         | 8665                              | 8664                         | 8660                              | 4                                  |
| 0.050         | 8620                              | 8619                         | 8619                              | 0                                  |
| 0.055         | 8654                              | 8653                         | 8653                              | 0                                  |
| 0.060         | 8666                              | 8666                         | 8666                              | 0                                  |
| 0.065         | 8645                              | 8645                         | 8645                              | 0                                  |
| 0.070         | 8630                              | 8630                         | 8630                              | 0                                  |
| 0.075         | 8635                              | 8635                         | 8635                              | 0                                  |
| 0.080         | 8616                              | 8615                         | 8615                              | 0                                  |
| 0.085         | 8621                              | 8621                         | 8621                              | 0                                  |
| 0.090         | 8640                              | 8640                         | 8640                              | 0                                  |
| 0.095         | 8635                              | 8634                         | 8634                              | 0                                  |

ตารางที่ ก.13 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราดอกเบี้ยไม่ต่างกัน ที่จำนวนโมบายเอนด์ 25 โหนด

| อัตราค่าธรรมเนียม | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จ | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 0.005             | 8656                              | 3812                         | 2417                              | 1395                               |
| 0.010             | 8621                              | 6981                         | 4947                              | 2034                               |
| 0.015             | 8623                              | 8067                         | 6632                              | 1435                               |
| 0.020             | 8645                              | 8482                         | 7665                              | 817                                |
| 0.025             | 8622                              | 8541                         | 8189                              | 352                                |
| 0.030             | 8592                              | 8560                         | 8428                              | 132                                |
| 0.035             | 8628                              | 8616                         | 8569                              | 47                                 |
| 0.040             | 8677                              | 8675                         | 8655                              | 20                                 |
| 0.045             | 8622                              | 8622                         | 8622                              | 0                                  |
| 0.050             | 8674                              | 8674                         | 8673                              | 1                                  |
| 0.055             | 8642                              | 8642                         | 8642                              | 0                                  |
| 0.060             | 8622                              | 8622                         | 8622                              | 0                                  |
| 0.065             | 8630                              | 8630                         | 8630                              | 0                                  |
| 0.070             | 8608                              | 8608                         | 8608                              | 0                                  |
| 0.075             | 8643                              | 8643                         | 8643                              | 0                                  |
| 0.080             | 8645                              | 8645                         | 8645                              | 0                                  |
| 0.085             | 8628                              | 8628                         | 8628                              | 0                                  |
| 0.090             | 8602                              | 8602                         | 8602                              | 0                                  |
| 0.095             | 8617                              | 8617                         | 8617                              | 0                                  |

ตารางที่ ก.14 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่แอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราค่าธรรมเนียมไม่ต่างกัน ที่จำนวนโมบายเอนด์ 50 โหนด

| อัตราการต่อเชื่อม | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ทำสำเร็จ | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 0.005             | 8633                              | 8632                         | 2909                              | 5723                               |
| 0.010             | 8630                              | 8630                         | 4522                              | 4108                               |
| 0.015             | 8615                              | 8615                         | 5712                              | 2903                               |
| 0.020             | 8676                              | 8676                         | 6528                              | 2148                               |
| 0.025             | 8617                              | 8617                         | 7097                              | 1520                               |
| 0.030             | 8603                              | 8603                         | 7517                              | 1086                               |
| 0.035             | 8619                              | 8619                         | 7943                              | 676                                |
| 0.040             | 8672                              | 8671                         | 8168                              | 503                                |
| 0.045             | 8592                              | 8592                         | 8294                              | 298                                |
| 0.050             | 8661                              | 8661                         | 8440                              | 221                                |
| 0.055             | 8619                              | 8619                         | 8457                              | 162                                |
| 0.060             | 8614                              | 8613                         | 8535                              | 78                                 |
| 0.065             | 8602                              | 8602                         | 8562                              | 40                                 |
| 0.070             | 8620                              | 8620                         | 8598                              | 22                                 |
| 0.075             | 8637                              | 8637                         | 8618                              | 19                                 |
| 0.080             | 8651                              | 8651                         | 8645                              | 6                                  |
| 0.085             | 8658                              | 8658                         | 8651                              | 7                                  |
| 0.090             | 8617                              | 8617                         | 8616                              | 1                                  |
| 0.095             | 8597                              | 8597                         | 8594                              | 3                                  |
| 1.000             | 8652                              | 8652                         | 8651                              | 1                                  |

ตารางที่ ก.15 ผลการทดลองจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกันที่จำนวนโมบายโหนด 25 โหนด ไม่ใช่ค่าที่ที่แอลตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง



| อัตราค่าธรรมเนียม | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่สำเร็จ | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 0.005             | 8633                              | 2036                         | 1467                            | 569                                |
| 0.010             | 8630                              | 3797                         | 2980                            | 817                                |
| 0.015             | 8615                              | 5138                         | 4327                            | 811                                |
| 0.020             | 8676                              | 5923                         | 5234                            | 689                                |
| 0.025             | 8617                              | 6246                         | 5673                            | 573                                |
| 0.030             | 8603                              | 6502                         | 6100                            | 402                                |
| 0.035             | 8619                              | 6861                         | 6569                            | 292                                |
| 0.040             | 8672                              | 7204                         | 6967                            | 237                                |
| 0.045             | 8592                              | 7173                         | 7036                            | 137                                |
| 0.050             | 8661                              | 7408                         | 7286                            | 122                                |
| 0.055             | 8619                              | 7476                         | 7387                            | 89                                 |
| 0.060             | 8614                              | 7531                         | 7487                            | 44                                 |
| 0.065             | 8602                              | 7597                         | 7573                            | 24                                 |
| 0.070             | 8620                              | 7643                         | 7628                            | 15                                 |
| 0.075             | 8637                              | 7733                         | 7725                            | 8                                  |
| 0.080             | 8651                              | 7799                         | 7796                            | 3                                  |
| 0.085             | 8658                              | 7887                         | 7882                            | 5                                  |
| 0.090             | 8617                              | 7888                         | 7888                            | 0                                  |
| 0.095             | 8597                              | 7913                         | 7910                            | 3                                  |
| 0.100             | 8652                              | 7966                         | 7965                            | 1                                  |

ตารางที่ ก.16 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่แอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราค่าธรรมเนียมต่างกัน ที่จำนวนโมบายโทนด 25 โทนด

| อัตราค่าธรรมเนียม | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ส่ง | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่สำเร็จ | จำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 0.005             | 8596                              | 1944                         | 1408                            | 536                                |
| 0.010             | 8629                              | 3839                         | 2994                            | 845                                |
| 0.015             | 8615                              | 5067                         | 4265                            | 802                                |
| 0.020             | 8605                              | 5783                         | 5079                            | 704                                |
| 0.025             | 8695                              | 6323                         | 5779                            | 544                                |
| 0.030             | 8647                              | 6584                         | 6151                            | 433                                |
| 0.035             | 8616                              | 6877                         | 6589                            | 288                                |
| 0.040             | 8584                              | 6959                         | 6756                            | 203                                |
| 0.045             | 8650                              | 7294                         | 7124                            | 170                                |
| 0.050             | 8654                              | 7428                         | 7320                            | 108                                |
| 0.055             | 8625                              | 7458                         | 7397                            | 61                                 |
| 0.060             | 8599                              | 7570                         | 7530                            | 40                                 |
| 0.065             | 8701                              | 7711                         | 7678                            | 33                                 |
| 0.070             | 8587                              | 7670                         | 7650                            | 20                                 |
| 0.075             | 8611                              | 7719                         | 7707                            | 12                                 |
| 0.080             | 8655                              | 7784                         | 7778                            | 6                                  |
| 0.085             | 8631                              | 7818                         | 7813                            | 5                                  |
| 0.090             | 8676                              | 7962                         | 7959                            | 3                                  |
| 0.095             | 8632                              | 7930                         | 7930                            | 0                                  |
| 0.100             | 8639                              | 8011                         | 8010                            | 1                                  |

ตารางที่ ก.17 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ที่แอลที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลงที่ถูกยกเลิก เมื่ออัตราค่าธรรมเนียมต่างกัน ที่จำนวนโมบายโทนด 50 โทนด

| จำนวน<br>โหนด | ไม่มีการตรวจสอบ<br>รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว |   |  | มีการตรวจสอบ<br>รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว |   |  |
|---------------|--|---|--|---|---|--|
|               | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง         | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>สำเร็จ | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ถูกยกเลิก | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง      | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>สำเร็จ | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ถูกยกเลิก |
| 2             | 8652   | 6713  | 1939   | 7815                                      | 6501  | 1314   |
| 7             | 8644   | 5522  | 3122   | 7276                                      | 5305  | 1971   |
| 12            | 8635   | 5393  | 3242   | 7163                                      | 5185  | 1978   |
| 17            | 8626   | 5244  | 3382   | 7022                                      | 5024  | 1998   |
| 22            | 8669   | 5264  | 3405   | 7049                                      | 5056  | 1993   |
| 27            | 8607   | 5237  | 3370   | 7044                                      | 5048  | 1996   |
| 32            | 8650   | 5225  | 3425   | 7011                                      | 5003  | 2008   |
| 37            | 8633   | 5177  | 3456   | 7019                                      | 4949  | 2070   |
| 42            | 8654   | 5215  | 3439   | 7028                                      | 4982  | 2046   |
| 47            | 8641   | 5201  | 3440   | 7039                                      | 4981  | 2058   |
| 52            | 8630   | 5204  | 3426   | 6987                                      | 4980  | 2007   |
| 57            | 8646   | 5187  | 3459   | 6998                                      | 4953  | 2045   |
| 62            | 8635   | 5166  | 3469   | 6890                                      | 4927  | 1963   |
| 67            | 8657   | 5157  | 3500   | 7056                                      | 4946  | 2110   |
| 72            | 8633   | 5180  | 3453   | 6950                                      | 4940  | 2010   |
| 77            | 8670   | 5126  | 3544   | 7006                                      | 4916  | 2090   |
| 82            | 8634   | 5150  | 3484   | 6938                                      | 4913  | 2025   |
| 87            | 8653   | 5152  | 3501   | 6975                                      | 4928  | 2047   |
| 92            | 8641   | 5128  | 3513   | 6922                                      | 4905  | 2017   |
| 97            | 8667   | 5124  | 3543   | 7003                                      | 4936  | 2067   |

ตารางที่ ก.18 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบที่มีผลต่อจำนวน  
รายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกเมื่ออัตราการต่อเชื่อมไม่ต่างกัน

ที่ T/C = 1.0

| จำนวน<br>โหนด | ไม่มีการตรวจสอบ<br>รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว |   |  | มีการตรวจสอบ<br>รายการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว |   |  |
|---------------|--|---|--|---|---|--|
|               | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง         | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>สำเร็จ | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ถูกยกเลิก | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่ส่ง      | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>สำเร็จ | จำนวน<br>รายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ถูกยกเลิก |
| 2             | 8671   | 6065  | 2606   | 6826                                      | 5484  | 1342   |
| 7             | 8651   | 4768  | 3883   | 6016                                      | 4320  | 1696   |
| 12            | 8601   | 4644  | 3957   | 5926                                      | 4212  | 1714   |
| 17            | 8631   | 4556  | 4075   | 5787                                      | 4095  | 1692   |
| 22            | 8665   | 4546  | 4119   | 5884                                      | 4114  | 1770   |
| 27            | 8602   | 4437  | 4165   | 5629                                      | 3950  | 1679   |
| 32            | 8657   | 4459  | 4198   | 5678                                      | 3991  | 1687   |
| 37            | 8612   | 4467  | 4145   | 5725                                      | 4026  | 1699   |
| 42            | 8641   | 4466  | 4175   | 5646                                      | 3974  | 1672   |
| 47            | 8607   | 4478  | 4129   | 5793                                      | 4055  | 1738   |
| 52            | 8630   | 4425  | 4205   | 5713                                      | 3994  | 1719   |
| 57            | 8606   | 4414  | 4192   | 5678                                      | 3984  | 1694   |
| 62            | 8629   | 4412  | 4217   | 5700                                      | 3975  | 1725   |
| 67            | 8666   | 4395  | 4271   | 5695                                      | 3960  | 1735   |
| 72            | 8587   | 4437  | 4150   | 5673                                      | 3995  | 1678   |
| 77            | 8617   | 4427  | 4190   | 5694                                      | 3966  | 1728   |
| 82            | 8647   | 4393  | 4254   | 5689                                      | 3979  | 1710   |
| 87            | 8633   | 4392  | 4241   | 5679                                      | 3943  | 1736   |
| 92            | 8630   | 4441  | 4189   | 5723                                      | 3990  | 1733   |
| 97            | 8631   | 4388  | 4243   | 5699                                      | 3966  | 1733   |

ตารางที่ ก.19 ผลการทดลองการตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลงและไม่ตรวจสอบที่มีผลต่อจำนวน  
รายการเปลี่ยนแปลงที่ประมวลผลสำเร็จและถูกยกเลิกเมื่ออัตราการต่อเชื่อมต่างกัน

ที่ T/C = 1.0

| จำนวน<br>โหนด | ไม่มีการตรวจสอบ<br>(จำนวนรายการเปลี่ยนแปลง) |              |           | มีการตรวจสอบ<br>(จำนวนรายการเปลี่ยนแปลง) |              |           |              |           |
|---------------|---|--------------|-----------|--|--------------|-----------|--------------|-----------|
|               | ส่ง   | ทำ<br>สำเร็จ | ถูกยกเลิก | ส่ง                                      | ทำ<br>สำเร็จ | ถูกยกเลิก | ไม่ควรยกเลิก | ไม่จำเป็น |
| 6             | 8667  | 4865         | 3802      | 6119                                     | 4391         | 1728      | 474          | 2074      |
| 7             | 8642  | 4747         | 3895      | 5972                                     | 4312         | 1660      | 435          | 2235      |
| 8             | 8656  | 4749         | 3907      | 5937                                     | 4270         | 1667      | 479          | 2240      |
| 9             | 8663  | 4638         | 4025      | 5945                                     | 4162         | 1783      | 476          | 2242      |
| 10            | 8617  | 4663         | 3954      | 5881                                     | 4196         | 1685      | 467          | 2269      |
| 11            | 8627  | 4627         | 4000      | 5890                                     | 4178         | 1712      | 449          | 2288      |
| 12            | 8668  | 4617         | 4051      | 5963                                     | 4166         | 1797      | 451          | 2254      |
| 13            | 8649  | 4578         | 4071      | 5802                                     | 4125         | 1677      | 453          | 2394      |
| 14            | 8621  | 4559         | 4062      | 5823                                     | 4139         | 1684      | 420          | 2378      |
| 15            | 8633  | 4560         | 4073      | 5841                                     | 4139         | 1702      | 421          | 2371      |
| 16            | 8623  | 4553         | 4070      | 5826                                     | 4113         | 1713      | 440          | 2357      |
| 17            | 8607  | 4551         | 4056      | 5728                                     | 4055         | 1673      | 496          | 2383      |
| 18            | 8612  | 4551         | 4061      | 5765                                     | 4088         | 1677      | 463          | 2384      |
| 19            | 8650  | 4512         | 4138      | 5760                                     | 4072         | 1688      | 440          | 2450      |
| 20            | 8573  | 4537         | 4036      | 5715                                     | 4063         | 1652      | 474          | 2384      |
| 21            | 8640  | 4470         | 4170      | 5652                                     | 3988         | 1664      | 482          | 2506      |
| 22            | 8668  | 4562         | 4106      | 5832                                     | 4123         | 1709      | 439          | 2397      |
| 23            | 8624  | 4468         | 4156      | 5677                                     | 3998         | 1679      | 470          | 2477      |
| 24            | 8697  | 4535         | 4162      | 5827                                     | 4077         | 1750      | 458          | 2412      |
| 25            | 8683  | 4463         | 4220      | 5718                                     | 3992         | 1726      | 471          | 2494      |

ตารางที่ ก.20 ผลการทดลองผลกระทบจากการใช้ค่าที่ที่แอดตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง  
บนโมบายโหนด ที่ T/C = 1.0

| จำนวน<br>โหนด | ไม่มีการตรวจสอบ<br>(จำนวนรายการเปลี่ยนแปลง) |              |           | มีการตรวจสอบ<br>(จำนวนรายการเปลี่ยนแปลง) |              |           |              |           |
|---------------|---|--------------|-----------|--|--------------|-----------|--------------|-----------|
|               | ส่ง   | ทำ<br>สำเร็จ | ถูกยกเลิก | ส่ง                                      | ทำ<br>สำเร็จ | ถูกยกเลิก | ไม่ควรยกเลิก | ไม่จำเป็น |
| 6             | 8627  | 6704         | 1923      | 7729                                     | 6538         | 1191      | 166          | 732       |
| 7             | 8628  | 6758         | 1870      | 7884                                     | 6631         | 1253      | 127          | 617       |
| 8             | 8696  | 6668         | 2028      | 7836                                     | 6535         | 1301      | 133          | 727       |
| 9             | 8603  | 6605         | 1998      | 7712                                     | 6455         | 1257      | 150          | 741       |
| 10            | 8647  | 6601         | 2046      | 7742                                     | 6451         | 1291      | 150          | 755       |
| 11            | 8668  | 6633         | 2035      | 7841                                     | 6506         | 1335      | 127          | 700       |
| 12            | 8585  | 6509         | 2076      | 7685                                     | 6342         | 1343      | 167          | 733       |
| 13            | 8628  | 6579         | 2049      | 7708                                     | 6413         | 1295      | 166          | 754       |
| 14            | 8664  | 6563         | 2101      | 7673                                     | 6394         | 1279      | 169          | 822       |
| 15            | 8676  | 6560         | 2116      | 7770                                     | 6440         | 1330      | 120          | 786       |
| 16            | 8615  | 6558         | 2057      | 7691                                     | 6407         | 1284      | 151          | 773       |
| 17            | 8667  | 6568         | 2099      | 7763                                     | 6416         | 1347      | 152          | 752       |
| 18            | 8656  | 6570         | 2086      | 7759                                     | 6427         | 1332      | 143          | 754       |
| 19            | 8662  | 6534         | 2128      | 7709                                     | 6369         | 1340      | 165          | 788       |
| 20            | 8637  | 6550         | 2087      | 7707                                     | 6405         | 1302      | 145          | 785       |
| 21            | 8662  | 6553         | 2109      | 7736                                     | 6377         | 1359      | 176          | 750       |
| 22            | 8637  | 6501         | 2136      | 7732                                     | 6361         | 1371      | 140          | 765       |
| 23            | 8676  | 6540         | 2136      | 7744                                     | 6388         | 1356      | 152          | 780       |
| 24            | 8616  | 6494         | 2122      | 7723                                     | 6349         | 1374      | 145          | 748       |
| 25            | 8604  | 6467         | 2137      | 7626                                     | 6299         | 1327      | 168          | 810       |

ตารางที่ ก.21 ผลการทดลองผลกระทบจากการใช้ค่าที่ที่แอดตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง  
บนโมบายโหนด ที่ T/C = 0.5

| จำนวน<br>โหนด | ไม่มีการตรวจสอบ<br>(จำนวนรายการเปลี่ยนแปลง) |              |           | มีการตรวจสอบ<br>(จำนวนรายการเปลี่ยนแปลง) |              |           |              |           |
|---------------|---|--------------|-----------|--|--------------|-----------|--------------|-----------|
|               | ส่ง   | ทำ<br>สำเร็จ | ถูกยกเลิก | ส่ง                                      | ทำ<br>สำเร็จ | ถูกยกเลิก | ไม่ควรยกเลิก | ไม่จำเป็น |
| 6             | 8600  | 8420         | 180       | 8562                                     | 8416         | 146       | 4            | 34        |
| 7             | 8573  | 8391         | 182       | 8550                                     | 8391         | 159       | 0            | 23        |
| 8             | 8649  | 8459         | 190       | 8609                                     | 8455         | 154       | 4            | 36        |
| 9             | 8670  | 8497         | 173       | 8647                                     | 8497         | 150       | 0            | 23        |
| 10            | 8636  | 8449         | 187       | 8594                                     | 8447         | 147       | 2            | 40        |
| 11            | 8669  | 8461         | 208       | 8625                                     | 8459         | 166       | 2            | 42        |
| 12            | 8628  | 8437         | 191       | 8591                                     | 8436         | 155       | 1            | 36        |
| 13            | 8633  | 8445         | 188       | 8597                                     | 8444         | 153       | 1            | 35        |
| 14            | 8634  | 8438         | 196       | 8603                                     | 8436         | 167       | 2            | 29        |
| 15            | 8631  | 8436         | 195       | 8591                                     | 8436         | 155       | 0            | 40        |
| 16            | 8690  | 8487         | 203       | 8666                                     | 8486         | 180       | 1            | 23        |
| 17            | 8619  | 8417         | 202       | 8579                                     | 8413         | 166       | 4            | 36        |
| 18            | 8636  | 8446         | 190       | 8591                                     | 8445         | 146       | 1            | 44        |
| 19            | 8622  | 8433         | 189       | 8584                                     | 8432         | 152       | 1            | 37        |
| 20            | 8607  | 8405         | 202       | 8561                                     | 8402         | 159       | 3            | 43        |
| 21            | 8638  | 8434         | 204       | 8595                                     | 8428         | 167       | 6            | 37        |
| 22            | 8631  | 8437         | 194       | 8578                                     | 8432         | 146       | 5            | 48        |
| 23            | 8607  | 8410         | 197       | 8565                                     | 8407         | 158       | 3            | 39        |
| 24            | 8633  | 8414         | 219       | 8600                                     | 8412         | 188       | 2            | 31        |
| 25            | 8599  | 8411         | 188       | 8563                                     | 8409         | 154       | 2            | 34        |

ตารางที่ ก.22 ผลการทดลองผลกระทบจากการใช้ค่าที่ที่แอดตรวจสอบรายการเปลี่ยนแปลง  
บนโมบายโหนด ที่ T/C = 0.2

| จำนวนเท่า<br>ของค่าที่ที<br>แอล | จำนวนราย<br>การเปลี่ยน<br>แปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ทำสำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ถูกยกเลิก | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ไม่ควรยกเลิก | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ไม่จำเป็น |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|--|
| 0.5                             | 3585                                 | 3336                                      | 249  | 3209  | 2001                                       |
| 0.6                             | 4023                                 | 3684                                      | 339  | 2861  | 1911                                       |
| 0.7                             | 4538                                 | 4092                                      | 446  | 2453  | 1804                                       |
| 0.8                             | 4933                                 | 4428                                      | 505  | 2117  | 1745                                       |
| 0.9                             | 5365                                 | 4825                                      | 540  | 1720  | 1710                                       |
| 1.0                             | 5876                                 | 5204                                      | 672  | 1341  | 1578                                       |
| 1.1                             | 6508                                 | 5682                                      | 826  | 863   | 1424                                       |
| 1.2                             | 7193                                 | 6199                                      | 994  | 346   | 1256                                       |
| 1.3                             | 7545                                 | 6373                                      | 1172                                       | 172   | 1078                                       |
| 1.4                             | 8042                                 | 6490                                      | 1552                                       | 55  | 698  |
| 1.5                             | 8342                                 | 6534                                      | 1808                                       | 11  | 442  |
| 1.6                             | 8492                                 | 6541                                      | 1951                                       | 4   | 299  |
| 1.7                             | 8571                                 | 6544                                      | 2027                                       | 1   | 223  |
| 1.8                             | 8591                                 | 6544                                      | 2047                                       | 1   | 203  |
| 1.9                             | 8594                                 | 6544                                      | 2050                                       | 1   | 200  |
| 2.0                             | 8594                                 | 6544                                      | 2050                                       | 1   | 200  |
| ไม่ใช่ทีทีแอล                   | 8595                                 | 6545                                      | 2050                                       | 0   | 200  |

ตารางที่ ก.23 ผลการทดลองการกำหนดค่าที่ทีแอลเริ่มต้น ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง  
ในระบบที่ T/C = 0.5



| จำนวนเท่า<br>ของค่าที่ที<br>แอล | จำนวนราย<br>การเปลี่ยน<br>แปลงที่ส่ง | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ทำสำเร็จ | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ถูกยกเลิก | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ไม่ควรยกเลิก | จำนวนรายการ<br>เปลี่ยนแปลงที่<br>ไม่จำเป็น |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|--|---|--|
| 0.5                             | 1965                                 | 1692                                      | 273  | 2757  | 3887                                       |
| 0.6                             | 2300                                 | 1915                                      | 385  | 2534  | 3775                                       |
| 0.7                             | 2624                                 | 2139                                      | 485  | 2310  | 3675                                       |
| 0.8                             | 3097                                 | 2448                                      | 649  | 2001  | 3511                                       |
| 0.9                             | 3437                                 | 2683                                      | 754  | 1766  | 3406                                       |
| 1.0                             | 3884                                 | 3000                                      | 884  | 1449  | 3276                                       |
| 1.1                             | 4403                                 | 3333                                      | 1070                                       | 1116  | 3090                                       |
| 1.2                             | 4920                                 | 3636                                      | 1284                                       | 813   | 2876                                       |
| 1.3                             | 5553                                 | 3933                                      | 1620                                       | 516   | 2540                                       |
| 1.4                             | 6232                                 | 4154                                      | 2078                                       | 295   | 2082                                       |
| 1.5                             | 6840                                 | 4314                                      | 2526                                       | 135   | 1634                                       |
| 1.6                             | 7418                                 | 4395                                      | 3023                                       | 54  | 1137                                       |
| 1.7                             | 7807                                 | 4428                                      | 3379                                       | 21  | 781  |
| 1.8                             | 8154                                 | 4440                                      | 3714                                       | 9   | 446  |
| 1.9                             | 8390                                 | 4446                                      | 3944                                       | 3   | 216  |
| 2.0                             | 8499                                 | 4447                                      | 4052                                       | 2   | 108  |
| ไม่ใช่ทีทีแอล                   | 8609                                 | 4449                                      | 4160                                       | 0   | 0  |

ตารางที่ ก.24 ผลการทดลองการกำหนดค่าที่ทีแอลเริ่มต้น ที่มีผลต่อจำนวนรายการเปลี่ยนแปลง  
ในระบบที่ T/C = 1.0

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายมงคลชัย ไชโย เกิดเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2519 สำเร็จการศึกษาหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชา  
วิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย