การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตสำหรับระบบศูนย์สำรอง

นายภูวนาถ วงษ์อนุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LAZY-UPDATE REPLICATION FOR BACKUP SITE SYSTEM

Mr. Phuvanat Wonganu

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตสำหรับระบบศูนย์สำรอง
โดย	นายภูวนาถ วงษ์อนุ
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรา วราวิทย์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภูวนาถ วงษ์อนุ : การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตสำหรับระบบศูนย์สำรอง. (LAZY-UPDATE REPLICATION FOR BACKUP SITE SYSTEM) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร. ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์, 72 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดทมาใช้ในระบบศูนย์สำรอง เพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของการให้บริการ และทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แม้จะเกิดเหตุการณ์ที่เป็นอันตรายต่อเครื่องแม่ข่ายหลักรวมไปถึงความเสียหายของข้อมูลทางด้านกายภาพ ซึ่งการกู้ระบบจะทำแบบออฟไลน์ เพื่อทำให้สามารถกลับมาให้บริการได้ในเวลาที่กำหนด โดยการทำซ้ำแบบแพสซิฟเป็นรูปแบบการทำซ้ำที่นิยมนำมาใช้งานในระบบสำรอง แต่เป็นการทำซ้ำที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระบบสำรองอยู่นอกพื้นที่กับเครื่องแม่ข่ายหลัก งานวิจัยนี้จึงนำเสนอ 2 เทคนิคใหม่ที่มีพื้นฐานมาจากการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดท ซึ่งก็คือการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบช่วงตามเวลาและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก โดยผลลัพธ์ของการทดลองงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดทที่งานวิจัยนี้นำเสนอ ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการทำซ้ำแบบแพสซิฟเมื่อนำไปให้งานในระบบศูนย์สำรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ..... ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา 2551

5070401921 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEYWORDS : LAZY-UPDATE REPLICATION / BACKUP SITE SYSTEM

PHUVANAT WONGANU : LAZY-UPDATE REPLICATION FOR BACKUP SITE SYSTEM. ADVISOR : NATAWUT NUPAIROJ, Ph.D., 72 pp.

The objective of this research is to propose the lazy-update replication for backup site system. Using this replication technique will improve service efficiency and allow the system to work continuously even when the server is down due to accidents, as well as, the physical damages of data. The system can be recovered in offline mode within time constraints. However, passive replication, which is one of the most popular techniques, can degrade the performance of the system considerably, especially in the environment where the backup system is off-site. This research proposes two new techniques based on lazy-update replication including the periodic lazy-update replication and the log-replicated lazy-update replication. Our experimental results indicated that our lazy-update-based replication techniques can out-perform passive replication significantly when being used in backup site system.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Computer Engineering Student's Signature .....
Field of Study : Computer Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร .ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อคิด แนวทาง และคำปรึกษาตลอดจนเป็นผู้ตรวจทานแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความเมตตา ช่วยเหลือ รวมทั้งโอกาสและสิ่งที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร .ยรรยง เต็งอำนวย รองศาสตราจารย์ ดร .ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร .วรา วราวิทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันมีค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ท้ายสุดนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญ และขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ที่เปรียบเสมือนแรงผลักดันและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์..... 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1.1 แบบจำลองของระบบศูนย์สำรอง..... 5

2.1.2 การทำซ้ำแบบแพสซิฟ..... 6

2.1.3 ความต้องการระบบธุรกรรม TPC Benchmark C..... 7

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

2.2.1 งานวิจัยระบบศูนย์สำรอง..... 10

2.2.2 งานวิจัยการทำซ้ำเว็บเซอร์วิสแบบแอ็กทิฟ..... 10

2.2.3 งานวิจัยการทำซ้ำเว็บเซอร์วิสแบบแพสซิฟ..... 10

2.2.4 งานวิจัยการทำซ้ำเว็บเซอร์วิสแบบเลซีอัพเดต..... 11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 12
3.1 บทกล่าวนำ..... 12
3.2 แบบจำลองของระบบงาน..... 12
3.3 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต..... 14
3.3.1 Replica Timestamp..... 15
3.3.2 Update Log..... 15
3.3.3 Executed operation Table..... 15
3.3.4 Value Timestamp..... 15
3.3.5 Value..... 16
3.3.6 Timestamp Table..... 16
3.4 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตสำหรับระบบศูนย์สำรอง..... 18
3.4.1 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา (Periodic Lazy-Update Replication)..... 18
3.4.1.1 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาของธุรกรรมแบบอ่าน (Periodic Lazy-Update Replication for Read Message)..... 18
3.4.1.2 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาของธุรกรรมแบบปรับปรุง (Periodic Lazy-Update Replication for Update Message)..... 19
3.4.2 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก (Log-Replicated Lazy-Update Replication)..... 21
3.4.2.1 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของธุรกรรมแบบอ่าน (Log-Replicated Lazy-Update Replication for Read Message)... 21
3.4.2.2 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของธุรกรรมแบบปรับปรุง (Log-Replicated Lazy-Update Replication for Update Message) 22
4 การทดสอบและผลการทดสอบงานวิจัย..... 25
4.1 ขั้นตอนการทดสอบ..... 25
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1 ส่วนอุปกรณ์..... 26
4.2.1.1 เครื่องลูกข่าย (Client)..... 27
4.2.1.2 เครื่องแม่ข่ายหลัก (Main Server)..... 27
4.2.1.3 เครื่องแม่ข่ายสำรอง (Backup Server)..... 27
4.2.2 ส่วนชุดคำสั่ง (Software)..... 28
4.2.2.1 ภาษาการเขียนโปรแกรม (Programming Language)..... 28
4.2.2.2 โปรแกรมบริการ (Server Application)..... 28
4.2.2.3 ฐานข้อมูล (Database Application)..... 28
4.2.2.4 คลังโปรแกรม (Programming Library)..... 28
4.3 ผลการทดสอบ..... 28
4.3.1 การวัดประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่าย..... 28
4.3.2 การวัดเวลาตอบสนองของระบบงาน..... 31
4.3.3 การวัดการกระจายความถี่..... 35
4.3.3.1 ธุรกรรมการส่งมอบ..... 35
4.3.3.2 ธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่..... 38
4.3.3.3 ธุรกรรมการชำระเงิน..... 40
4.2.3.4 ธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้า..... 43
4.2.3.5 ธุรกรรมแสดงระดับสินค้า..... 45
4.3.4 การประเมินเวลากู้คืนระบบ..... 47
4.3.4.1 ปริมาณล็อกสะสม..... 47
4.3.4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 49
4.3.4.3 การวัดเวลาตอบสนองของระบบงานเมื่อมีการกู้คืนระบบ..... 52
4.3.4.4 การวัดการกระจายความถี่เมื่อมีการกู้คืนระบบ..... 56
4.3.4.4.1 ธุรกรรมการส่งมอบของการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา..... 57
4.3.4.4.2 ธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ของการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา..... 60
4.3.4.4.3 ธุรกรรมการชำระเงินของการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา..... 62
4.3.5 การประมาณเวลาตอบสนองของระบบงาน..... 65
4.3.5.1 เวลาตอบสนองของระบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟ..... 66
4.3.5.2 เวลาตอบสนองของระบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก..... 67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 69
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 69
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 70
รายการอ้างอิง..... 71
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	รายละเอียดของการทำธุรกรรมทีพีซีซี.....	10
4.1	จำนวนร้อยละของน้ำหนักในแต่ละชนิดธุรกรรมของทีพีซีซี.....	25
4.2	แสดงเวลาที่ใช้รับและส่งข้อความขนาดต่างๆ ระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลัก.....	29
4.3	แสดงเวลาที่ใช้รับและส่งข้อความขนาดต่างๆ ระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง.....	30
4.4	แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลและอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำต่างๆ.....	32
4.5	แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการปรับปรุงข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำต่างๆ.....	33
4.6	แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำต่างๆ.....	34
4.7	แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ.....	37
4.8	แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่โดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ.....	39
4.9	แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ.....	42
4.10	แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้าโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ.....	44
4.11	แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมแสดงระดับสินค้าโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ.....	46
4.12	ข้อมูลจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกตามช่วงระยะเวลาต่างๆ.....	48
4.13	จำนวนปริมาณล็อกที่จะสะสมในแต่ละชั่วโมงและเวลาที่ใช้ประมวลผลตามจำนวนล็อกนั้น.....	50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.14 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลและอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา..... 52
4.15 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการปรับปรุงข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลาต่างๆ..... 53
4.16 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลาต่างๆ..... 54
4.17 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 59
4.18 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่โดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 61
4.19 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แบบจำลองของระบบศูนย์สำรอง.....	6
2.2	การทำซ้ำแบบแพสซิฟ.....	7
2.3	รูปแบบโปรแกรมของความต้องการระบบธุรกรรม TPC Benchmark C.....	8
2.4	ขั้นตอนการทำธุรกรรมที่จำลองโดยทีพีซีซี.....	9
3.1	ขั้นตอนการทำซ้ำแบบแพสซิฟ.....	14
3.2	แบบจำลองส่วนโปรแกรมของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต.....	17
3.3	ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบต้นฉบับของธุรกรรมแบบอ่าน.....	19
3.4	ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบต้นฉบับของธุรกรรมแบบปรับปรุง.....	20
3.5	ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของธุรกรรมแบอ่าน.....	22
3.6	ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของธุรกรรมแบบปรับปรุง.....	23
4.1	แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องลูกข่าย, เครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง.....	26
4.2	แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบหาอัตราเลเทนซีระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลัก.....	30
4.3	แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบหาอัตราเลเทนซีระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง.....	31
4.4	เวลาตอบสนองเฉลี่ยรวมการปรับปรุงและการอ่านข้อมูล.....	32
4.5	เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการปรับปรุงข้อมูล.....	33
4.6	เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการอ่านข้อมูล.....	34
4.7	การกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบ.....	36
4.8	การกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่.....	40
4.9	การกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงิน.....	41
4.10	การกระจายความถี่ของธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้า.....	45
4.11	การกระจายความถี่ของธุรกรรมแสดงระดับสินค้า.....	47
4.12	แสดงจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก.....	48
4.13	แสดงจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกตามช่วงระยะเวลาต่างๆ.....	49

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.14 จำนวนปริมาณล็อกสะสมเมื่อเทียบค่าเวลาในแต่ละชั่วโมง..... 51

4.15 เวลาที่ใช้ประมวลผลล็อกสะสมเมื่อเทียบกับค่าเวลาแต่ละชั่วโมง..... 51

4.16 เวลาตอบสนองเฉลี่ยรวมการปรับปรุงและการอ่านข้อมูลของการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา..... 53

4.17 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการปรับปรุงข้อมูลของการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา..... 54

4.18 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการอ่านข้อมูลของการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา..... 55

4.19 แสดงจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 56

4.20 การกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 58

4.21 การกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 62

4.22 การกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา..... 63

4.23 การประมาณเวลาตอบสนองของการทำซ้ำแบบแพสซิฟในเครือข่ายแบบต่างๆ.. 67

4.24 การประมาณเวลาตอบสนองของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกในเครือข่ายแบบต่างๆ..... 68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวโน้มของการทำธุรกรรมในอนาคต จะทำกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตกันมากขึ้น เนื่องจากความสะดวกสบายที่ไม่จำเป็นต้องไปสถานที่จริง อย่างในปัจจุบันสามารถทำธุรกรรมทางการเงินได้ เช่นการซื้อขายสินค้าออนไลน์ ซึ่งทำให้ข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญในระบบอินเทอร์เน็ต เช่น ข้อมูลบัตรเครดิต จนเกิดความตื่นตัวทางด้านระบบสำรองเกิดขึ้น เพื่อรับรองว่าเมื่อ เครื่องลูกข่ายร้องขอทำธุรกรรมก็จะสามารถใช้งานได้ตามปกติแม้ว่า เครื่องแม่ข่าย หลักจะขัดข้อง โดยระบบจะนำข้อมูลจาก เครื่องแม่ข่าย สำรองมาให้บริการแก่ เครื่องลูกข่าย ซึ่งการทำงานดังกล่าวเรียกว่า การทำซ้ำ (Replication) แต่สภาวะโลกร้อนในปัจจุบันทำให้เกิดเหตุที่ไม่คาดคิดได้ง่ายขึ้น เช่นการเกิดพายุฝนตกหนักทำให้เกิดน้ำท่วมหรือแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่ทำให้เกิดการถล่มของตึกอาคารบ้านเรือน สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดความเสียหายกับระบบทางกายภาพหากเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นกับสถานที่ เครื่องแม่ข่าย ตั้งอยู่ ไม่ว่าจะเป็นการไม่สามารถให้บริการระบบงานหลักได้ต ามปกติ หรืออาจถึงขั้นข้อมูลเสียหายขนาดที่ไม่อาจจะกู้ขึ้นมาได้ เพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์เหล่านี้ขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีระบบศูนย์สำรอง (Backup Site System) เพื่อเป็นระบบสำรองที่จะช่วยรับรองว่า จะสามารถทำให้ระบบกลับมาใช้งานตามปกติได้ในเวลาที่กำหนดไว้

จากงานวิจัยของ Brett และ Scott Koger [1] การทำระบบศูนย์สำรองมักจะใช้วิธีการทำซ้ำแบบแพสซิฟ (Passive Replication) เพื่อทำให้ข้อมูลล่าสุดมีการปรับปรุงทั้งทางฝั่งเครื่องแม่ข่าย หลักและฝั่ง เครื่องแม่ข่าย สำรองอยู่ตลอดเวลา แต่ในการทำงานรูปแบบนี้ก็มีข้อด้อยอยู่คือ การตอบสนองของบริการที่เครื่องแม่ข่ายให้แก่เครื่องลูกข่ายจะใช้เวลามาก เพราะว่าจะต้องมีการรอให้เครื่องแม่ข่ายทั้งหมดประมวลผลให้เสร็จก่อนส่งผลลัพธ์กลับไปให้ เครื่องลูกข่าย ซึ่งถ้ามีเครื่องแม่ข่าย จำนวนมากก็ทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้น นอกจากนี้ ในระบบงานจริงของศูนย์สำรองเครื่องแม่ข่าย จะต้องอยู่ต่างพื้นที่ห่างไกลออกไป ทำให้การปรับปรุงข้อมูลจะต้องกระทำผ่านแวนเพื่อให้ข้อมูลบนเครื่องแม่ข่ายทุกเครื่องตรงกันตลอดเวลา แต่ในการให้บริการบางอย่างนั้นยังสามารถ ให้บริการ ได้ โดย ที่ข้อมูล บน เครื่องแม่ข่าย ทุกเครื่อง ไม่จำเป็นที่จะต้องตรงกันอ ยู่ตลอดเวลา โดยอาจจะทำการปรับปรุงเฉพาะเครื่องหลัก แล้วเอาบันทึกการทำงานไปปรับปรุงเครื่องแม่ข่ายสำรองในภายหลัง เป็นต้น

ทางผู้วิจัยจึงนำเสนอการทำซ้ำบริการแบบเลซีอัพเดตมาเพื่อมาเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ และเพื่อลดเวลารอคอยการตอบสนองในส่วนของ เครื่องลูกข่าย ซึ่งในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การทำงานแบบเลซี อัพเดต ในแบบจำลองของระบบศูนย์สำรอง โดยคาดหวังว่าการนำเอาการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต มาใช้ในระบบศูนย์สำรองจะทำให้ผู้ใช้งานระบบสามารถได้รับบริการที่รวดเร็วเหมือนกับว่าไม่มีการทำซ้ำบริการอยู่ และยังสามารถทำให้การเรียกคืน ระบบทำได้ง่ายเมื่อ เกิดเหตุที่ไม่คาดคิดขึ้น ในงานวิจัยนี้จะใช้ TPC Benchmark C เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับการทำซ้ำแบบแพสซิฟ รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบของการเรียกคืนระบบอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตโดยนำไปใช้กับระบบศูนย์สำรอง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) งานวิจัยนี้จะกระทำบนเครือข่ายเว็บเซอร์วิสแบบแวน ซึ่งอยู่ในสภาพแวดล้อมของเครื่อข่ายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและการสื่อสารแห่งประเทศไทย

2) งานวิจัยนี้จะใช้นำแบบจำลองการทำซ้ำโดยใช้เทคนิคการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต และระบบศูนย์สำรอง

3) งานวิจัยนี้ใช้การวัดเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานใช้ความต้องการระบบธุรกรรม TPC Benchmark C มาทำเป็นเว็บเซอร์วิสเพื่อใช้ในการทดสอบ และกำหนดส่งการร้องขอทั้งหมด 1,000 คำร้องขอ

4) งานวิจัยนี้มองเซอร์วิสเป็นเพียงแค่หนึ่งเซอร์วิสเท่านั้น โดยไม่สนใจว่าภายในของเซอร์วิสจะมีการทำงานอย่างไร

5) งานวิจัยนี้กำหนดจำนวนเครื่องลูกข่ายไม่เกิน 10 เครื่องลูกข่าย

6) งานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบระหว่างการทำงาน 4 แบบคือไม่มีการทำซ้ำ , การใช้การทำซ้ำแบบแพสซิฟ, การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบกับเวลาตอบสนอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7) งานวิจัยนี้จะกำหนดตัววัดผลมาใช้พิจารณา 3 ค่าคือ ประสิทธิภาพการรับ –ส่งข้อมูลของระบบเครือข่าย (Latency Rate), ความต้องกันระหว่าง เครื่องแม่ข่ายหลักและ เครื่องแม่ข่าย สำรอง (Consistency Window) และเวลาคืนสภาพ (Recovery Time) ตามลำดับ

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของระบบแบบกระจายและระบบศูนย์สำรอง
2) ศึกษาวิธีการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต
3) ออกแบบขั้นตอนวิธีการของระบบศูนย์สำรองและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต
4) ทดสอบวิธีการที่นำเสนอ
5) วิเคราะห์ผลการทดลอง
6) สรุปผลและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำวิธีการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่นำเสนอนี้ ไปใช้ในระบบศูนย์สำรองเพื่อเพิ่มประโยชน์ในด้านการใช้งานระบบศูนย์สำรอง

1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

1) “Gossip Replication in Disaster Recovery Center System” โดย ภูวนาถ วงษ์อนุ และณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ ในการประชุมวิชาการ The 12th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC2008) ณ โรงแรมลองบีช การ์เด้น โฮเทล แอนด์ สปา พัทยา ระหว่างวันที่ 20-21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 หน้า 683 – 690
2) “Log-Replicated Lazy-Update Replication Technique for Backup Site System” โดย Phuvanat Wonganu and Natawut Nupairoj ในงานประชุมวิชาการ The 6th International Joint Conference on Computer Science and

Software Engineering (JCSSE 2009) ณ จังหวัดภูเก็ต, ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

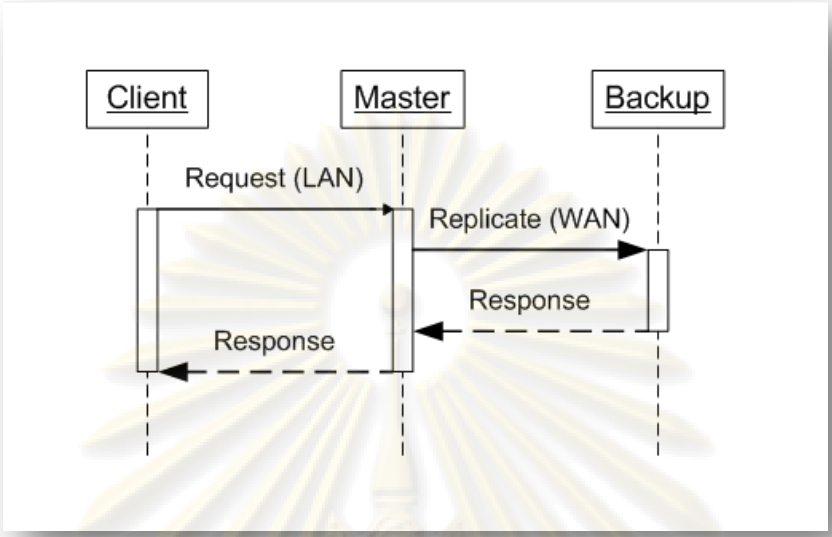
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แบบจำลองของระบบศูนย์สำรอง

ระบบศูนย์สำรองอย่างเช่นในระบบฐานข้อมูล จากงานวิจัยของ Manhoi และคณะ [2] จะมีวิธีการทำงานคือในการให้บริการของผู้ให้บริการ จะมี เครื่องแม่ข่าย อยู่หนึ่งเครื่องหรืออาจจะประกอบกันเป็นกลุ่ม โดยส่วนนี้จะเรียกว่า เครื่องแม่ข่าย หลัก (Master) และจะต้องมีเครื่องแม่ข่าย สำรอง (Backup) มาทำการสำรองงานที่ เครื่องแม่ข่าย หลักทำ ซึ่งอาจจะตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน หรือต่างพื้นที่กับเครื่องแม่ข่าย หลักก็ได้ ถ้าหากแต่ละ เครื่องแม่ข่าย อยู่คนละพื้นที่กันก็มักจะใช้ระบบแวนในการเชื่อมต่อสื่อสารกัน เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงภัยพิบัติที่อาจเกิดเฉพาะพื้นที่จำกัดเช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว ตึกถล่ม ไฟไหม้ เป็นต้น

ในการทำงานนั้น ฝั่ง เครื่องลูกข่าย จะส่งข้อความร้องขอไปที่ เครื่องแม่ข่าย หลัก โดยเครื่องลูกข่าย กับเครื่องแม่ข่าย หลักจะเชื่อมต่อกันแบบแลน หลั งจากเครื่องแม่ข่าย หลักได้รับข้อความแล้ว จะมีการคุยกันระหว่าง เครื่องแม่ข่าย หลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรองด้ว ยเครือข่ายแวนเพื่อทำการตรวจสอบการทำงาน เมื่อเสร็จการคุยแล้ว เครื่องแม่ข่ายหลักจึงส่งข้อความตอบกลับไปให้เครื่องลูกข่าย ถือเป็นการเสร็จสิ้นการทำงาน ซึ่งการคุยระหว่าง เครื่องแม่ข่าย หลักและเครื่องแม่ข่าย สำรองนี้ทำให้มีข้อมูลเหมือนกันทั้งสอง เครื่องแม่ข่าย โดยแผ นภาพไดอะแกรมแสดงการทำงานของแบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 2.1

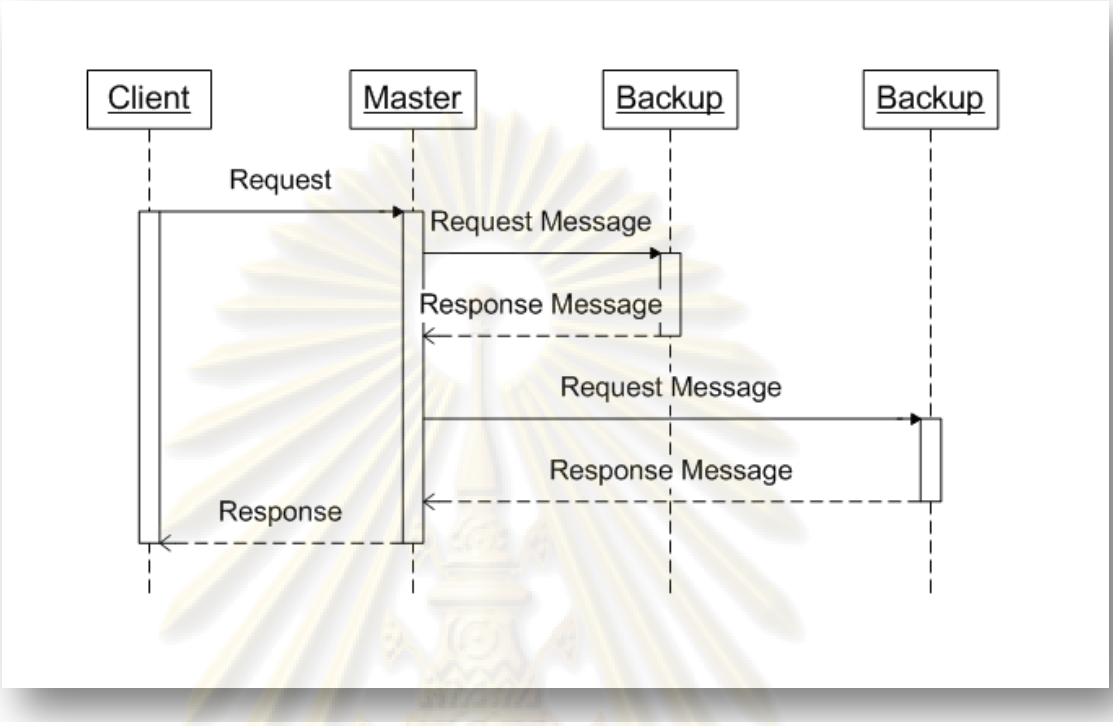
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 แบบจำลองของระบบศูนย์สำรอง

2.1.2 การทำซ้ำแบบแพสซิฟ

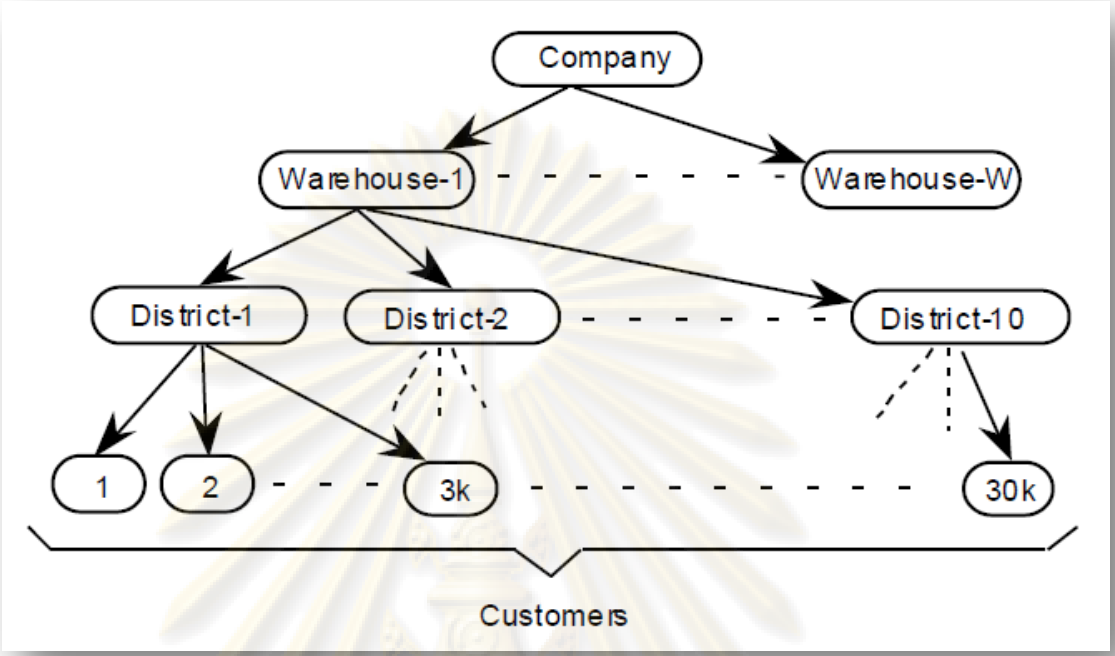
การทำงานแบบแพสซิฟ [3] จะเป็นในรูปแบบมีเครื่องแม่ข่ายหลักเพียงหนึ่งเครื่องเพื่อให้บริการบริการรับคำร้องขอจาก เครื่องลูกข่าย แต่จะมีเครื่องแม่ข่าย สำรองทั้งหมด f เครื่อง เมื่อ f คือจำนวนเครื่องแม่ข่ายที่สามารถเสียหายได้ โดยเมื่อเกิดความผิดพลาดขึ้นที่ เครื่องแม่ข่ายหลัก จะเลือกเอาหนึ่ง เครื่องแม่ข่าย สำรองขึ้นมาทำหน้าที่เป็น เครื่องแม่ข่าย หลักเครื่องใหม่ เพื่อทดแทนเครื่องแม่ข่ายหลักเดิมที่เกิดปัญหาขึ้น ส่วนในเรื่องของการประมวลผลคำร้องขอจาก เครื่องลูกข่ายนั้น เครื่องลูกข่าย จะส่งคำร้องขอไปที่ เครื่องแม่ข่าย หลักเพื่อประมวลผล ซึ่ง เครื่องแม่ข่ายหลักจะประมวลผลทันที หากคำร้องขอนั้นมีการปรับปรุงข้อมูลในฐานข้อมูล ก็จะส่งข้อมูลที่ทำการปรับปรุงจาก คำร้องขอไปทุก เครื่องแม่ข่าย สำรอง เพื่อปรับปรุงให้ เครื่องแม่ข่าย ทั้งหมดมีข้อมูลที่ล่าสุดตรงกันทุกเครื่อง หลังจาก เครื่องแม่ข่าย สำรองประมวลผลเสร็จทุกเครื่องแล้ว ก็จะส่งข้อความกลับไปที่ เครื่องแม่ข่ายหลัก เพื่อแจ้งว่าได้ ทำการปรับปรุง ฐานข้อมูล เสร็จแล้ว เครื่องแม่ข่ายหลักจะส่งผลลัพธ์กลับไปให้ เครื่องลูกข่าย ซึ่งมีงานวิจัยของ Osrael และคณะ [4] ที่นำเอามาใช้บนระบบเว็บเซอร์วิส และแผนภาพไดอะแกรมการทำซ้ำแบบแพสซิฟแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำซ้ำแบบแพสซิฟ

2.1.3 **ความต้องการระบบธุรกรรม** TPC Benchmark C

การวัดเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานใช้ความต้องการระบบธุรกรรม TPC Benchmark C [5] เป็นบริการในการทดสอบ ทีพีซีซีคือเอกสารความต้องการของระบบสำหรับการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะของการทำธุรกรรม ซึ่งภายในเอกสารจะมีรายละเอียดการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะของ การทำธุรกรรมทีพีซีซี โดยสามารถนำมาสร้างเป็นโปรแกรมเพื่อใช้ทดสอบการทำงาน ซึ่งสามารถแบบการทำงานเป็นสองส่วนคือการทำธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลและแบบอ่านข้อมูล แต่โปรแกรมทั้งหมดจะมี 5 ธุรกรรม คือ ใบสั่งสินค้าใหม่ (New-Order), การชำระเงิน (Payment), การส่งมอบ (Delivery), สถานะใบสั่งสินค้า (Order-Status) และ แสดงระดับสินค้า (Stock-Level) ตามลำดับ โดยใบสั่งสินค้าใหม่และการชำระเงินและการส่งมอบจะเป็นธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูล ส่วนสถานะใบสั่งสินค้าและ แสดงระดับสินค้าจะเป็นธุรกรรมแบบอ่านข้อมูล ซึ่งรูปแบบจำลองของโปรแกรมของ ความต้องการระบบธุรกรรม TPC Benchmark C แสดงดังรูป 2.3



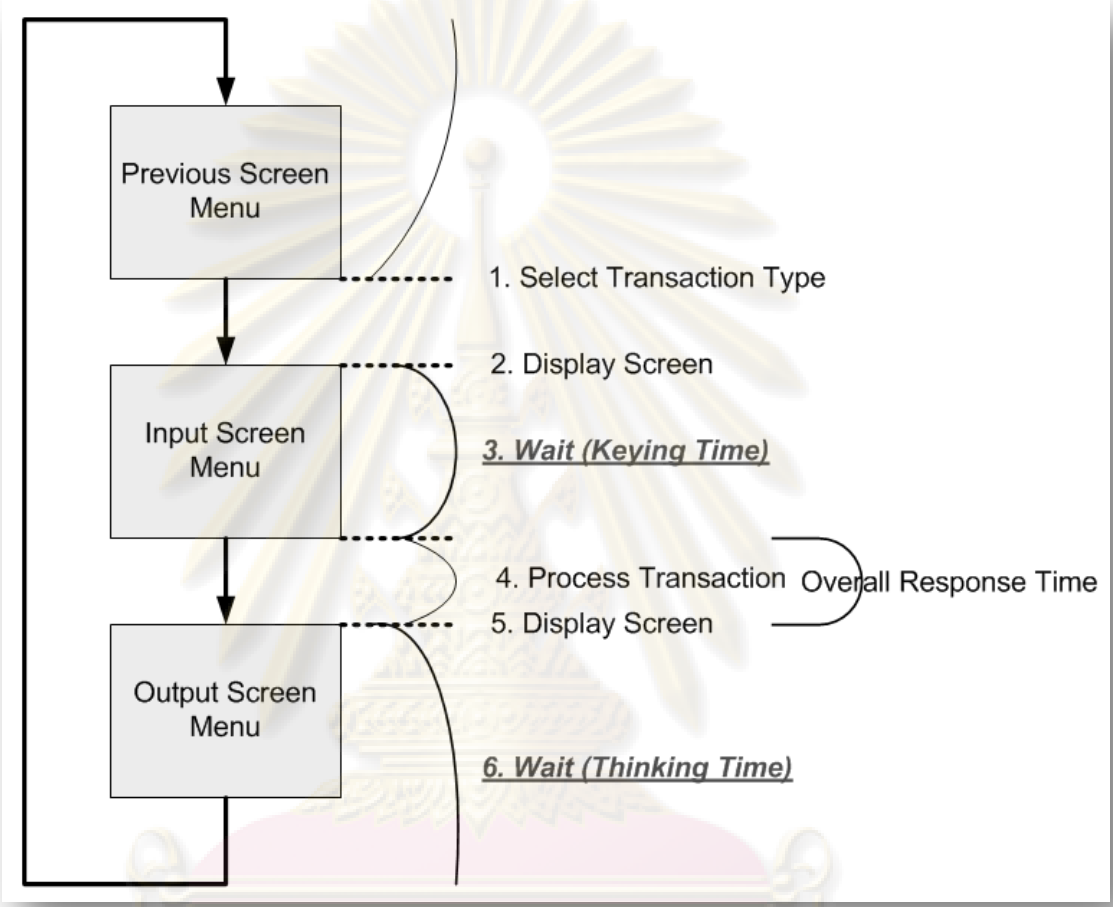
รูปที่ 2.3 รูปแบบโปรแกรมของความต้องการระบบธุรกรรม TPC Benchmark C

ผู้ใช้งานโปรแกรมทีพีซีซีจะมีขั้นตอนการทำงานตามที่กำหนดมาในเอกสารคือ

1. ผู้ใช้เลือกธุรกรรมที่จะใช้งาน โดยในโปรแกรมนี้จะเป็นการเลือกแบบสุ่ม
2. แสดงรายละเอียดของโปรแกรม ในแต่ละธุรกรรมที่ถูกเลือกในขั้นตอนที่ผ่านมา
3. กรอกรายละเอียดลงไปตามที่โปรแกรมต้องการ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการสุ่มข้อมูลในการกรอกและเรียกว่าเวลาการพิมพ์ (Keying Time)
4. ประมวลผลธุรกรรม
5. แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมที่ได้ประมวลผลธุรกรรม
6. รอทางฝั่งผู้ใช้งานตัดสินใจ โดยช่วงเวลานี้เรียกว่าเวลาการคิด (Think Time)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยขั้นตอนจะเป็นการทำงานจากขั้นตอนที่ 1 ไปจนถึงขั้นตอนที่ 6 จากนั้นก็จะวนทำซ้ำขึ้นไปยังขั้นตอนที่ 1 อีกไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ใช้จะเลิกใช้งาน โดยจะมีการวัดเวลาต อบสนองจะวัดในขั้นตอนที่ 4 เป็นจำนวนหนึ่งรอบ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานในแผนภาพที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการทำธุรกรรมที่จำลองโดยทีพีซีซี

เพื่อจำลองการทำธุรกรรมที่ใกล้เคียงความจริงในการจำลองแต่ละธุรกรรมจะถูกกำหนดให้มีเวลาการพิมพ์และเวลาการคิดที่ต่างกันไป เริ่มจากธุรกรรม ใบสั่งสินค้าใหม่ จะมีเวลาการพิมพ์ 18 วินาทีและมีเวลาการคิด 12 วินาที ตามด้วยธุรกรรมการชำระเงินจะมีเวลาการพิมพ์ 3 วินาทีและมีเวลาการคิด 12 วินาที และธุรกรรม การส่งมอบจะมีเวลาการพิมพ์ 2 วินาทีและมีเวลาการคิด 5 วินาที และธุรกรรม สถานะใบสั่งสินค้า จะมีเวลาการพิมพ์ 2 วินาทีและมีเวลาการคิด 10 วินาที และสุดท้ายคือธุรกรรม แสดงระดับสินค้า จะมีเวลาการพิมพ์ 2 วินาทีและมีเวลาการคิด 5 วินาที ตาม ลำดับ และทีพีซีซีได้กำหนดชนิดของธุรกรรมที่จะเกิดขึ้นในระบบโดยการสุ่มตามน้ำหนักของธุรกรรม ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นจำนวนร้อยละได้คือ ใบสั่งสินค้าใหม่ร้อยละ 45, การ

ชำระเงินร้อยละ 43, การส่งมอบร้อยละ 4, สถานะใบสั่งสินค้าร้อยละ 4, และแสดงระดับสินค้าร้อยละ 4 ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดถูกสรุปรวมในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของการทำธุรกรรมทีพีซีซี

Transaction Name	Transaction Type	Minimum % of mix	Minimum Keying Time	Minimum Mean of Think Time Distribution
New-Order	Update	45.0	18 sec.	12 sec.
Payment	Update	43.0	3 sec.	12 sec.
Order-Status	Read	4.0	2 sec.	10 sec.
Delivery	Update	4.0	2 sec.	5 sec.
Stock-Level	Read	4.0	2 sec.	5 sec.

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยระบบศูนย์สำรอง

Brett และ Scott Koger [1] เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับระบบศูนย์สำรอง ว่ามีการวางแผนการทำข้อมูลสำรองที่เหมาะสมกับงานที่สนใจ ซึ่งมีการเลือกใช้การทำซ้ำแบบแพสซิฟ เพื่อให้ข้อมูลทางธุรกิจถูกต้องสมบูรณ์ตลอดเวลา แต่เนื่องจากว่าใช้การทำซ้ำแบบแพสซิฟจึงจะมีข้อเสียด้านการรอข้อความตอบสนองนาน

2.2.2 งานวิจัยการทำซ้ำเว็บเซอร์วิสแบบแอ็กทิฟ

Salas และคณะ [7] เป็นงานวิจัยสำหรับการทำซ้ำแบบแอ็กทิฟบนเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ทั้งแบบแลนและแวน ใช้การสื่อสารแบบกลุ่มเพื่อให้สามารถแพร่สัญญาณเฉพาะกลุ่มของสารไปให้สมาชิกในกลุ่มได้อย่างรวดเร็ว แต่ทำให้เกิดปัญห าการจราจรทางเครือข่าย และเนื่องจากใช้เทคนิคการร้องขอแบบสถิต จึงทำให้ เครื่องลูกข่ายไม่สามารถจะหายูอาร์แอลใหม่ของเครื่องแม่ข่ายได้ ถ้าหากเครื่องแม่ข่ายการทำซ้ำเกิดข้อผิดพลาด

2.2.3 งานวิจัยการทำซ้ำเว็บเซอร์วิสแบบแพสซิฟ

Osrael และคณะ [4] เป็นงานวิจัยการทำซ้ำเพื่อไปใช้เฉพาะเครือข่ายแบบแลน โดยนำเอาเทคนิคการทำซ้ำแบบแพสซิฟ เพื่อลดความซับซ้อนของการวิจัย แต่เนื่องจากใช้เทคนิค

การร้องขอแบบสถิต เครื่องลูกข่ายจึงไม่สามารถที่จะหายูอาร์แอลใหม่ของ เครื่องแม่ข่ายได้ ถ้าหากเครื่องแม่ข่ายการทำซ้ำเกิดข้อผิดพลาด

Juszczyk และคณะ [6] เป็นงานวิจัยการทำซ้ำบนเครือข่ายเฉพาะกิจ โดยใช้เทคนิคการทำซ้ำแบบแพสซิฟ และได้นำเสนอการใช้ขั้นตอนวิธีการร้องขอแบบพลวัตร เพื่อใช้ในการค้นหา เครื่องแม่ข่าย หลักตัวใหม่ได้ทันทีเมื่อเกิดข้อผิดพลาดกับ เครื่องแม่ข่าย หลักตัวเก่า และผู้ใช้บริการสามารถที่จะค้นหายูอาร์แอลใหม่ของ เครื่องแม่ข่าย ได้ หากเครื่องแม่ข่าย ของการทำซ้ำเสียหายหรือเกิดข้อผิดพลาด แต่ไม่สามารถจะใช้งานเซอร์วิสได้ ถ้าสถานีเชื่อมโยงของการเคลื่อนที่เกิดผิดพลาดที่จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นข้อเสียของเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่

2.2.4 งานวิจัยการทำซ้ำเว็บเซอร์วิสแบบเลซีอัพเดต

Ladin และคณะ [8] เป็นงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตบนระบบกระจาย เพื่อทำให้การทำซ้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้นจากการที่มีการส่งล็อกไฟล์กันระหว่างเครื่อง ซึ่งเรียกข้อความนี้ว่าข้อความแบบเ ลซีอัพเดต โดยการส่งนี้จะทำเบื้องหลังการทำงานของการร้องขอของเครื่องลูกข่าย ทำให้สามารถใช้เวลาการตอบสนองน้อยกว่าการทำซ้ำแบบแพสซิฟและแอ็คทิฟ แต่การทำงานลักษณะนี้ยังไม่มีการนำมาใช้กับระบบการทำซ้ำของเว็บเซอร์วิส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทกล่าวนำ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ประยุกต์ใช้การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต ในระบบศูนย์สำรอง ซึ่งการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต เป็นรูปแบบการทำซ้ำประเภทหนึ่งที่ระบบ จะทำการปรับปรุงข้อมูลระหว่างเครื่อง แม่ข่ายที่ให้บริการ ภายหลังการร้องขอของฝั่ง เครื่องลูกข่าย เสร็จสิ้นแล้ว และงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาต่อยอดจากรูปแบบการทำซ้ำเลซี อัพเดตแบบ ดั้งเดิม ที่มีการทำงาน ตามเวลา ซึ่งทำให้มีความเสี่ยงที่ข้อมูลจะสูญหายได้ มาเป็นการทำงานด้วย รูปแบบการส่งข้อมูลในลักษณะล็อกในระหว่างการทำงานของระบบ เพื่อใช้ล็อกไฟล์นี้ในการกู้คืนข้อมูลในฝั่งของ เครื่องแม่ข่ายสำรองเป็นไปได้อย่างถูกต้อง จากที่กล่าวข้างต้นนี้ทำให้สามารถเสนอแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหาในระบบศูนย์สำรองโดยใช้การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต โดยเนื้อหาภายในบทนี้จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นบทกล่าวนำ ส่วนที่สองจะอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองของระบบงานที่นำมาใช้ในงานวิ จัยนี้ ส่วนถัดไปจะเป็นการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตซึ่งเป็นการอธิบายถึงส่วนประกอบของแบบจำลองของโปรแกรมของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต ส่วนสุดท้ายจะเป็น การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต สำหรับระบบศูนย์สำรอง ซึ่งจะอธิบายอัลกอริทึม ของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

3.2 แบบจำลองของระบบงาน

ในหัวข้อนี้จะอธิบายแบบจำลองของระบบซึ่งจะเป็นโครงสร้างโดยรวมของระบบที่ใช้อธิบายขั้นตอนการทำงาน ของการทำซ้ำแบบต่างในงานวิจัยนี้ โดยจะมีการแบ่งระบบเป็น 7 ส่วนคือ

1) Client หมายถึง โปรแกรม ฝั่งเครื่องลูกข่าย ที่คอยส่งคำร้องขอไปยังฝั่ง เครื่องแม่ข่ายหลักและรอข้อความตอบกลับ

2) M Interface หมายถึง โมดูลฝั่งเครื่องแม่ข่าย หลักที่เป็นส่วนคอยรับข้อความจากฝั่งเครื่องลูกข่ายและฝั่งเครื่องแม่ข่าย สำรอง เพื่อนำมาทำการประมวลผล รวมไปถึงเป็นตัวสั่งการของเครื่องแม่ข่ายหลัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) **M Log** หมายถึงส่วนที่เก็บล็อกของ เครื่องแม่ข่าย หลัก โดยล็อกถูกดัดแปลงมาจากข้อความร้องขอจากฝั่ง เครื่องลูกข่าย ซึ่งในส่วนนี้จะไม่มีการประมวลผลใดๆทั้งสิ้น แต่จะทำเพียงการบันทึกล็อกลงฐานข้อมูลล็อกเท่านั้น

4) **M Execute** หมายถึงส่วนที่เป็นฐานข้อมูลของตัวเซอร์วิสที่ใช้งาน บนเครื่องแม่ข่ายหลัก โดยการทำธุรกรรมต่างๆ จะถูกบันทึกลงในส่วนนี้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะหมายถึงฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลการทำธุรกรรมของทีพีซีซี

5) **B Interface** หมายถึงโมดูลฝั่งเครื่องแม่ข่าย สำรองที่เป็นส่วนคอยรับข้อความฝั่งเครื่องแม่ข่าย หลัก เพื่อนำมาทำการประมวลผล รวมไปถึงเป็นตัวสั่งการของเครื่องแม่ข่าย สำรอง และสามารถนำมาทำงานเป็นส่วนของ M Interface เมื่อเครื่องแม่ข่ายหลักไม่สามารถใช้งานได้

6) **B Log** หมายถึงส่วนที่เก็บล็อกของ เครื่องแม่ข่าย สำรอง โดยล็อกถูกส่งมาจากจากฝั่งเครื่องแม่ข่าย หลัก ซึ่งในส่วนนี้จะไม่มีการประมวลผลใดๆทั้งสิ้น แต่จะทำเพียงการบันทึกล็อกลงฐานข้อมูล ล็อกเท่านั้นและสามารถนำมาทำงานเป็นส่วนของ M Log เมื่อเครื่องแม่ข่ายหลักไม่สามารถใช้งานได้

7) **B Execute** หมายถึงส่วนที่เป็นฐานข้อมูลของตัวเซอร์วิสที่ใช้งาน บนเครื่องแม่ข่ายสำรอง โดยการทำธุรกรรมต่างๆจะถูกบันทึกลงในส่วนนี้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะหมายถึงฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลการทำธุรกรรมของทีพีซีซีและสามารถนำมาทำงานเป็นส่วนของ M Execute เมื่อเครื่องแม่ข่ายหลักไม่สามารถใช้งานได้

ในงานวิจัยนี้นำเอารูปแบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟมาใช้งานในระบบนี้ เช่นในรูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของระบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟสามารถอธิบายด้วยแบบจำลองและมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เครื่องลูกข่ายส่งข้อความร้องขอไปยังเครื่องแม่ข่ายหลัก โดยผ่านทาง M Interface
2. เครื่องแม่ข่ายหลักทำการประมวลผลด้วยการนำเอาข้อความที่รับมาจาก M Interface ไปทำธุรกรรมที่ M Execute

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

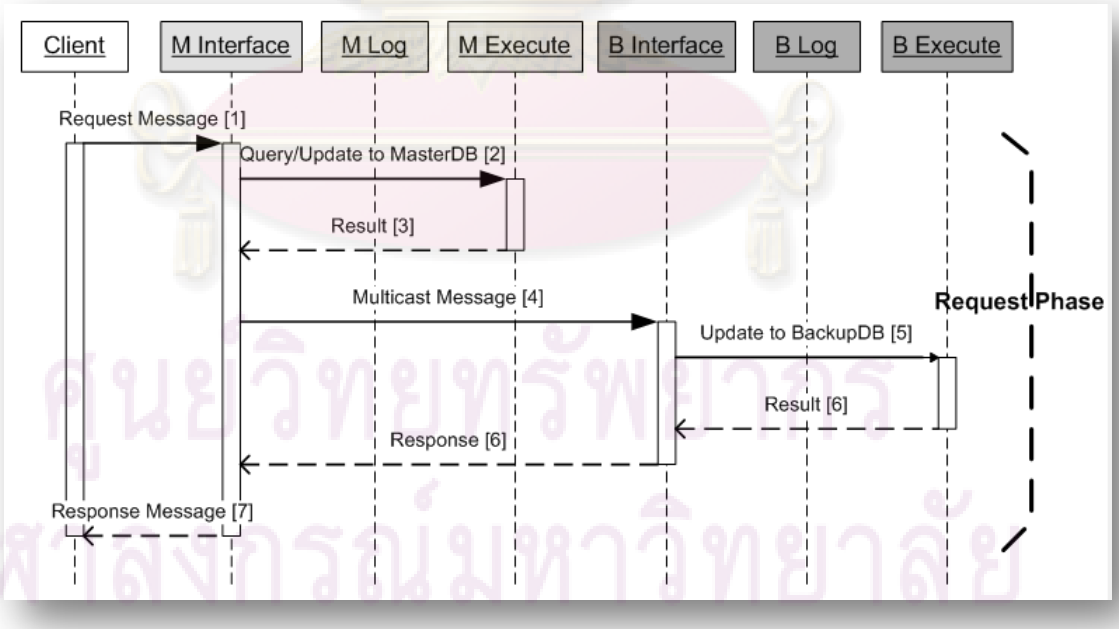
3. ส่วนของ M Execute ส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลส่งกลับไปที่ M Interface

4. เครื่องแม่ข่ายหลักจะกระจายข้อความที่ประมวลผลเสร็จเรียบร้อยไปยังเครื่องแม่ข่ายอื่นที่เชื่อมต่อจาก M Interface ไปยัง B Interface ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการรับข้อความ

5. เครื่องแม่ข่ายสำรองทำการประมวลผลด้วยการนำเอาข้อความที่รับมาจาก B Interface ไปทำธุรกรรมที่ B Execute

6. ส่วนของ B Execute ส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลส่งกลับไปที่ B Interface และเครื่องแม่ข่ายสำรองจะส่งข้อความไปหาเครื่องแม่ข่ายหลักเมื่อทางเครื่องนั้นประมวลผลเสร็จเรียบร้อย โดยส่งจาก B Interface กลับไปยัง M Interface

7. เมื่อเครื่องแม่ข่ายสำรองทุกเครื่องประมวลผลและส่งข้อความตอบกลับมาที่เครื่องแม่ข่ายหลักก็จะส่งผลลัพธ์กลับไปให้เครื่องลูกข่าย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำซ้ำแบบแพสซิฟ

3.3 การทำ ซำ้ แบบเลซีอัพเดต

ในหัวข้อนี้จะอธิบายใน รายละเอียดของ แบบจำลองส่วนโปรแกรม ซึ่งอธิบาย ถึงโครงสร้าง ภายในระบบการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต ส่วนประกอบของโปรแกรม รวมไปถึง ขั้นตอนวิธี ซึ่งอธิบายถึง การทำงานและขั้นตอนของ การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ว่าแบบจำลองส่วนโปรแกรมประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ทั้งหมด 6 ส่วนโดยภายในแต่ละส่วนก็มีหน้าที่ต่างกันไป ดังนี้

3.3.1 Replica Timestamp

ส่วนของโปรแกรมนี้ จะทำหน้าที่คอยนับว่ามีข้อความเข้ามาในตัวจัดการการทำซ้ำกี่ข้อความแล้ว เพื่อใช้สำหรับอ้างอิงข้อความให้ถูกลำดับ ซึ่งในระบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตจะเป็นแบบคอซอล โดยในการนับข้อความจะเป็นการเพิ่มตามจำนวนจริง ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง ไม่ว่าข้อความนั้นจะมาจากทางฝั่งผู้ใช้งาน ทั้งที่เป็นข้อความร้องขอหรือข้อความตอบรับ หรือจะมาจากทางฝั่งตัวจัดการการทำซ้ำซึ่งอยู่ทางฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรองก็ได้

3.3.2 Update Log

ส่วนของโปรแกรมนี้ จะทำหน้าที่เก็บข้อความที่ได้รับมาให้อยู่ในรูปแบบของล็อก เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงระบบให้มีค่าที่ถูกต้อง โดยล็อกนี้จะมีข้อมูลสำหรับการปรับปรุงธุรกรรมทั้งหมดและล็อกนี้จะถูกส่งไปฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรองพร้อมกับไทม์แสตมป์ของตัวการทำซ้ำ (Replica Timestamp) ซึ่งจะเรียกรวมระหว่างทั้งสองนี้ว่าข้อความกระซิบ (Gossip Messages) แต่ล็อกนี้จะถูกลบออกไปจากส่วนของโปรแกรมนี้ ก็ต่อเมื่อมีการเอาล็อกของข้อความนั้นไปทำการปรับปรุงทั้งทางฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรองเรียบร้อยแล้ว

3.3.3 Executed operation Table

ส่วนของโปรแกรมนี้ จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลของข้อความที่ล็อกนั้นถูกนำไปประมวลผลเรียบร้อยแล้ว เพื่อให้สามารถรู้ได้ว่ามีล็อกใดถูกนำไปประมวลผลแล้ว และสามารถลบข้อมูลล็อกนั้นที่อยู่บนอัพเดตล็อกได้หรือไม่

3.3.4 Value Timestamp

ส่วนของโปรแกรมนี้ จะทำหน้าที่นับข้อความที่ล็อกถูกนำมาประมวลผลเรียบร้อยแล้ว โดยส่วนนี้จะต่างกับไทม์แสตมป์ของตัวทำซ้ำตรงที่ ไทม์แสตมป์ของตัวทำซ้ำจะนับทุกข้อความที่ผ่านเข้าในระบบนี้ แต่ไทม์แสตมป์ของส่วนจัดการค่า จะเก็บเฉพาะที่มีการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประมวลผลแล้วเท่านั้น ซึ่งจะมีประโยชน์เมื่อทางฝั่งผู้ใช้ส่งข้อความอ่านเข้ามายัง เครื่องแม่ข่ายหลัก แล้วหากข้อมูลนั้นยังไม่ได้รับการปรับปรุงล่าสุด ก็จะมีการไปค้นล็อกจากส่วนของ อัพเดตล็อก ว่ามีข้อความใดยังไม่ได้ถูกนำมาประมวลผลเมื่อเทียบกันระหว่างไทม์แสตมป์ ก็จะเ อาล็อกทั้งหมดที่ค้นได้นั้นไปประมวลผลก่อนที่จะส่งผลการอ่านกลับไปให้ฝั่งผู้ใช้

3.3.5 Value

ส่วนของโปรแกรมนี้ จะทำหน้าที่เก็บสถานะล่าสุดของล็อกที่ถูกประมวลผลล่าสุดว่ามีการปรับปรุงด้วยล็อกอันใด มีค่าไทม์แสตมป์เป็นเท่าใด เพื่อให้ข้อความที่มีการทำธุร กรรมที่ต้องการทราบสถานะก่อนหน้าได้ทำงานอย่างถูกต้อง ซึ่งเมื่อค่าสถานะไม่ถูกต้องการจะต้องทำการค้นล็อกที่อัพเดตล็อกก่อน เพื่อนำมาประมวลผลก่อนที่จะทำงานต่อไป

3.3.6 Timestamp Table

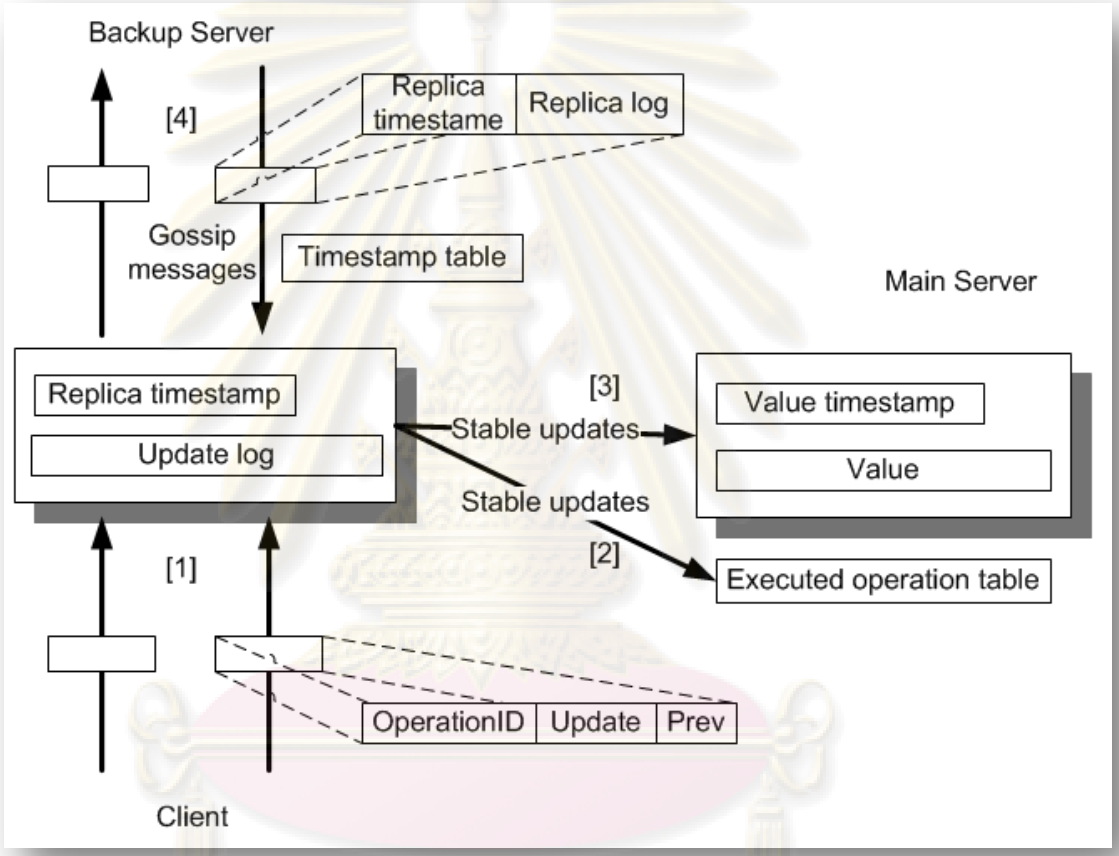
ส่วนของโปรแกรมนี้ จะทำหน้าที่เก็บค่าไทม์แสตมป์ของตัวจัดการการทำซ้ำ ของอีก เครื่องแม่ข่าย หนึ่ง เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาว่า ที่อีก เครื่องแม่ข่าย นั้นมีการรับข้อความไปจำนวนเท่าใดแล้ว และจะได้นำมาใช้พิจารณาเพื่อลบข้อความล็อกที่ยังไม่ได้ถูกลบออกไปจากเครื่องแม่ข่าย

ส่วนประกอบของโปรแกรมทั้ง 6 ส่วน มีการมาร่วมกันทำงานเป็นขั้นตอนของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตตามลำดับและขั้นตอนทั้งหมดแสดงดังในภาพที่ 3.2 ดังนี้

1. เครื่องลูกข่ายส่งข้อความมายังเครื่องแม่ข่ายหลัก และเครื่องแม่ข่ายหลักทำการเพิ่มค่าของ Replica Timestamp และบันทึกข้อความที่ได้รับลงใน Update Log
2. เมื่อ ถึงเวลาเครื่องแม่ข่ายหลักจะนำข้อความล็อกที่อยู่ใน Update Log มาประมวลผล หลังจากประมวลผลเสร็จก็จะนำข้อมูลของข้อความล็อกนั้นไปบันทึกลง Executed operation Table
3. หลังจากนั้นเครื่องแม่ข่ายหลักจะเพิ่มค่าของ Value Timestamp และบันทึกสถานะของข้อความปัจจุบันลงใน Value

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. เครื่องแม่ข่ายหลักจะทำการส่งข้อความล็อกแลกเปลี่ยนกับเครื่องแม่ข่ายสำรองตามระยะเวลาที่กำหนด หลังจากการแลกเปลี่ยน เครื่องแม่ข่ายสำรองจะแนบ Replica Timestamp มากับข้อความตอบกลับ เครื่องแม่ข่ายหลักจะนำมาบันทึกลง Timestamp Table



รูปที่ 3.2 แบบจำลองส่วนโปรแกรมของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต

ส่วนแบบจำลองของโปรแกรมในส่วนนี้สามารถนำไปเทียบเคียงกับส่วนแบบจำลองของระบบงานได้โดย

1. ส่วนของแบบจำลองระบบงาน M Interface หรือ B Interface จะประกอบด้วยส่วนของแบบจำลองโปรแกรม Replica Timestamp

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ส่วนของแบบจำลองระบบงาน M Log หรือ B Log จะประกอบด้วยส่วนของแบบจำลองโปรแกรม Update Log

3. ส่วนของแบบจำลองระบบงาน M Execute หรือ B Execute จะประกอบด้วยส่วนของแบบจำลองโปรแกรม Executed operation Table, Value Timestamp, Value และ Timestamp Table

3.4 การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตสำหรับระบบศูนย์สำรอง

การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตสำหรับระบบศูนย์สำรอง ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะมี 2 รูปแบบ คือการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา ซึ่งจะมีลักษณะการทำงาน แบบพื้นฐานของเลซีอัพเดต โดยเครื่องแม่ข่าย หลักจะเก็บข้อความร้องขอของ เครื่องลูกข่าย ไว้ในรูปแบบล็อกไว้ที่ฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลักก่อน แล้วรอจนถึงเวลาที่กำหนดก็จะมีการรวบรวมข้อความล็อกส่งไปที่ฝั่ง เครื่องแม่ข่ายสำรอง ส่วนการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบทำซ้ำล็อก ซึ่งจะ เป็นการประยุกต์ใช้เลซีอัพเดตให้มีลักษณะการทำงานโดย เครื่องแม่ข่าย หลักจะเก็บข้อความร้ องขอของ เครื่องลูกข่าย ไว้ในรูปแบบล็อกและจะทำการส่งไปที่ เครื่องแม่ข่าย สำรองทันที ซึ่งรายละเอียดของทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา และการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบทำซ้ำล็อก จะถูกอธิบายดังหัวข้อที่ 3.4.1 และ 3.4.2 ตามลำดับ

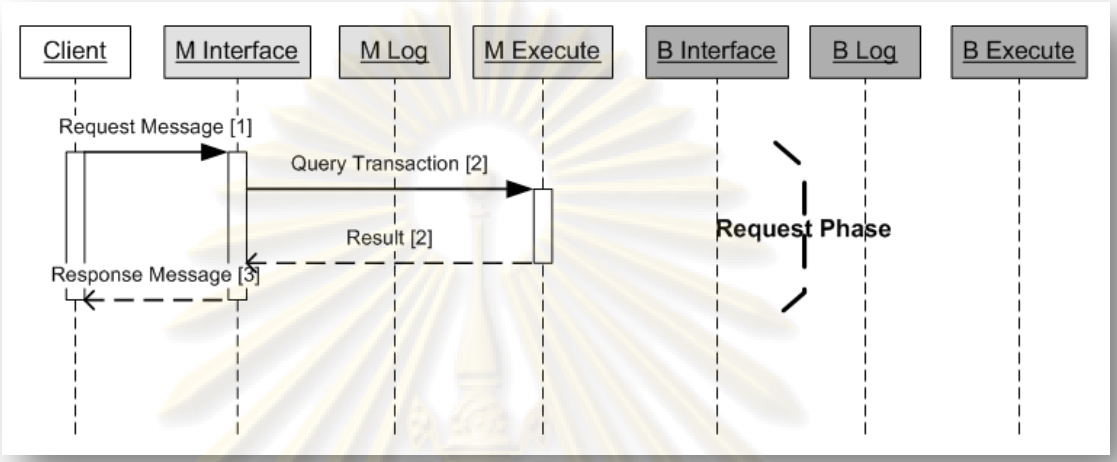
3.4.1 การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบตามเวลา (Periodic Lazy-Update Replication)

ในการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบตามเวลา นั้น จะแบ่งการทำงานตามข้อความที่ทางฝั่ง เครื่องลูกข่าย ส่งข้อความร้องขอมา หาก เครื่องลูกข่าย ส่งข้อความร้องขอมาเป็นธุรกรรมแบบอ่าน ลักษณะการทำงานก็จะเป็นไปตามที่อธิบายในการทำซ้ำแบบเ ลซีอัพเดตแบบตามเวลา ของธุรกรรม แบบอ่าน แต่หาก เครื่องลูกข่าย ส่งข้อความร้องขอมาเป็น ธุรกรรม แบบปรับปรุง ลักษณะการทำงานก็จะเป็นไปตามที่อธิบายในการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบตามเวลาของธุรกรรมแบบปรับปรุง ซึ่งจะปรากฏในหัวข้อ 3.4.1.1 และ 3.4.1.2 ตามลำดับ

3.4.1.1 การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบตามเวลาของธุรกรรมแบบอ่าน (Periodic Lazy-Update Replication for Read Transaction)

วิธีนี้จะทำงานโดย เครื่องแม่ข่าย รับเอาธุรกรรมแบบอ่าน มาประมวลผลโดยตรงกับฐานข้อมูลของ เครื่องแม่ข่าย หลักทันที ซึ่งจะทำให้ เครื่องลูกข่าย ได้รับการตอบกลับที่

รวดเร็วและถูกต้อง โดยแผนภาพไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของรูปแบบการทำงานระบบแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาของธุรกรรมแบบอ่าน

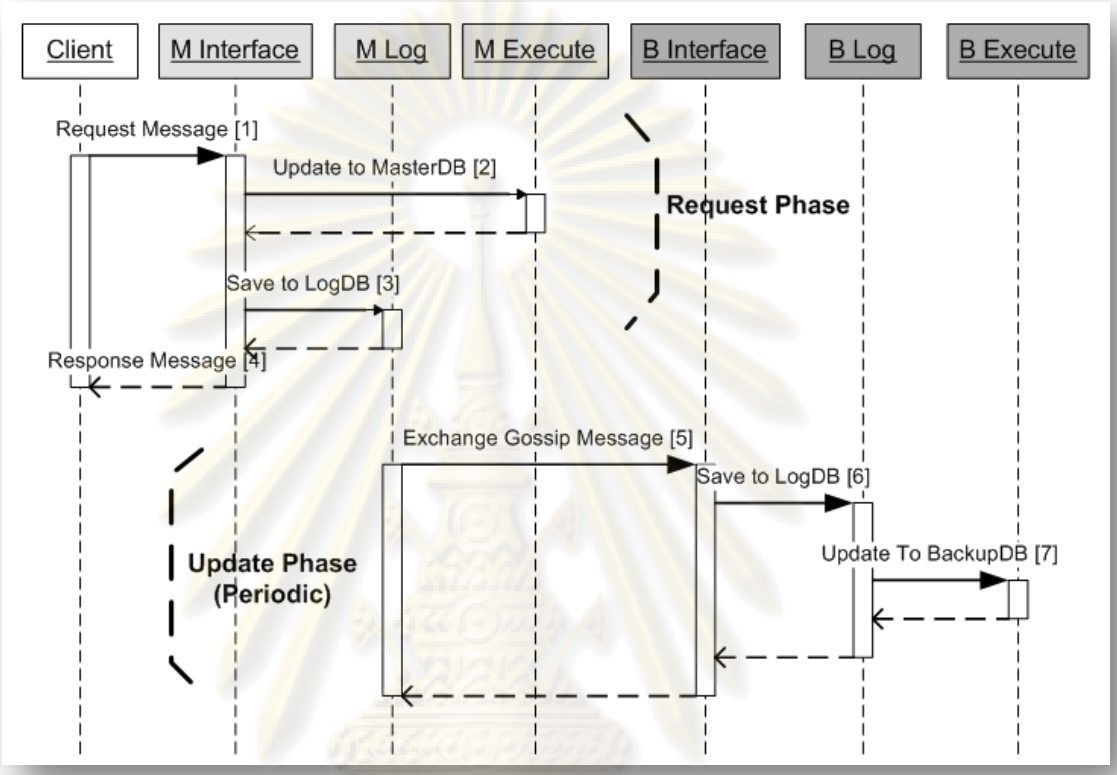
การทำงานของระบบจะมีช่วงเวลาร้องขอเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. ฝั่งเครื่องลูกข่ายส่งข้อความร้องขอไปยังฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลัก
2. เครื่องแม่ข่ายหลักสอบถามธุรกรรมไปที่ฐานข้อมูลของ เครื่องแม่ข่าย หลักเพื่อหาผลลัพธ์
3. ฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลักส่งข้อความตอบกลับไปยังฝั่งเครื่องลูกข่าย

3.4.1.2 การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบตามเวลาของธุรกรรมแบบปรับปรุง (Periodic Lazy-Update Replication for Update Transaction)

วิธีนี้จะทำงานโดย เครื่องแม่ข่าย หลักจะนำเอาข้อความที่รับมาจากฝั่งเครื่องลูกข่าย มาทำการประมวลผลปรับปรุงฐานข้อมูลของ เครื่องแม่ข่าย หลักก่อน แล้วเปลี่ยนข้อความนั้นให้อยู่ในรูปของล็อกก่อนบันทึกลงฐานข้อมูลล็อก แล้วจึงส่งข้อความกลับไปยังฝั่งเครื่องลูกข่าย ทำให้สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง หลังจากนั้นจะมีการทำงานอยู่เบื้องหลังคอยรวบรวมข้อความล็อกที่ถูกบันทึ กไว้ ส่งไปยัง เครื่องแม่ข่าย สำรองเพื่อทำ

การประมวลผลที่ฝั่ง เครื่องแม่ข่าย สำรอง ซึ่งแผนภาพไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของรูปแบบการทำงานระบบแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาของธุรกรรมแบบปรับปรุง

การทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงเวลาร้องขอ (Request Phase) และช่วงเวลาการปรับ (Update Phase) ซึ่งช่วงเวลาทั้งสองจะแยกประมวลผลแยกจากกัน โดยช่วงเวลาร้องขอจะประมวลผลเมื่อมีการร้องขอจาก เครื่องลูกข่าย มายังฝั่ง เครื่องแม่ข่ายหลักและจะสิ้นสุดเมื่อ เครื่องลูกข่ายไปรับข้อความตอบกลับจากฝั่ง เครื่องแม่ข่าย หลัก ดังอธิบายขั้นตอนดังนี้

1. ฝั่งเครื่องลูกข่ายส่งข้อความร้องขอไปยังฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลัก
2. เครื่องแม่ข่าย หลักนำเอาข้อความที่รับมา ทำการปรับปรุงฐานข้อมูลที่เครื่องแม่ข่ายหลัก

3. เครื่องแม่ข่าย หลักนำเอาข้อความร้องขอมาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของล็อก และบันทึกลงฐานข้อมูลล็อกของเครื่องแม่ข่ายหลัก

4. ฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลักส่งข้อความตอบกลับไปยังฝั่งเครื่องลูกข่าย

ส่วนช่วงเวลาการปรับจะเริ่มประมวลผลเมื่อถึงเวลาตามที่กำหนดไว้ โดยในงานวิจัยนี้จะมีค่าปกติที่ 60 วินาที ในการส่งข้อความระหว่าง เครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง ซึ่งขั้นตอนการทำงานจะอธิบายดังนี้

1. ฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลักส่งล็อกไฟล์ไปยังฝั่ง เครื่องแม่ข่ายสำรอง ในรูปแบบของข้อความกอสซิฟ

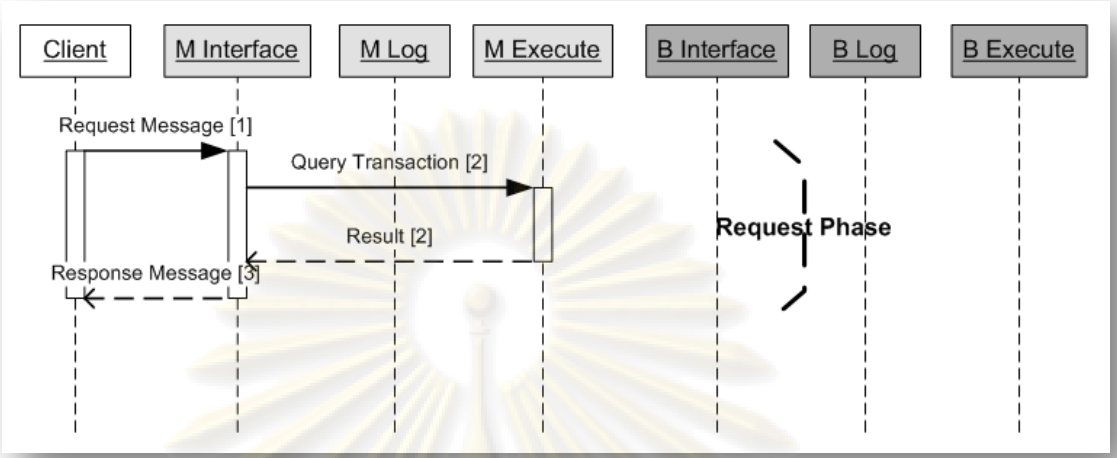
2. เครื่องแม่ข่าย สำรองบันทึกข้อความกอสซิฟลงในฐานข้อมูลล็อกไฟล์สำรอง

3. เครื่องแม่ข่าย สำรองนำเอาล็อกไฟล์จากฐานข้อมูลมาทำการปรับฐานข้อมูลสำรอง

สำหรับรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลานั้น จะมีข้อดีคือทางเครื่องลูกข่ายจะได้รับการตอบสนองที่ถูกต้องรวดเร็ว แต่ก็จะมีข้อเสียก็คือหากเกิดความผิดพลาดขึ้นในระหว่างช่วงเวลาร้องขอ ในช่วงที่เครื่องแม่ข่ายยังมีล็อกที่สะสมอยู่ แต่ขณะนั้นยังไม่ถึงช่วงเวลาที่จะส่งล็อกที่เก็บไปยังเครื่องแม่ข่ายสำรอง จะทำให้เกิดปัญหาขึ้น เนื่องจากธุรกรรมที่เครื่องลูกข่ายส่งคำร้องขอมาให้เครื่องแม่ข่ายสำรองในช่วงนั้น จะสูญหายไปพร้อมกับการล่มของเครื่องแม่ข่ายหลัก แต่ปัญหาในข้อนี้สามารถกระทำได้สองทางคือ หนึ่งปรับเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักและแม่ข่ายสำรองในช่วงเวลาการปรับให้ถี่ขึ้นกว่าเดิม แต่ก็จะทำให้ภาระนี้เกิดขึ้นกับเครื่องแม่ข่ายหลักจนทำให้ประสิทธิภาพลดลงกว่าเดิม และทางเลือกที่สองคือการนำเอาการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบการทำซ้ำล็อกมาใช้งานในระบบสำรอง ดังที่นำเสนอในหัวข้อถัดไป

3.4.2 **การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบทำซ้ำล็อก** (Log-Replicated Lazy-Update Replication)

3.4.2.1 **การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของธุรกรรมแบบอ่าน** (Log-Replicated Lazy-Update Replication for Read Transaction)



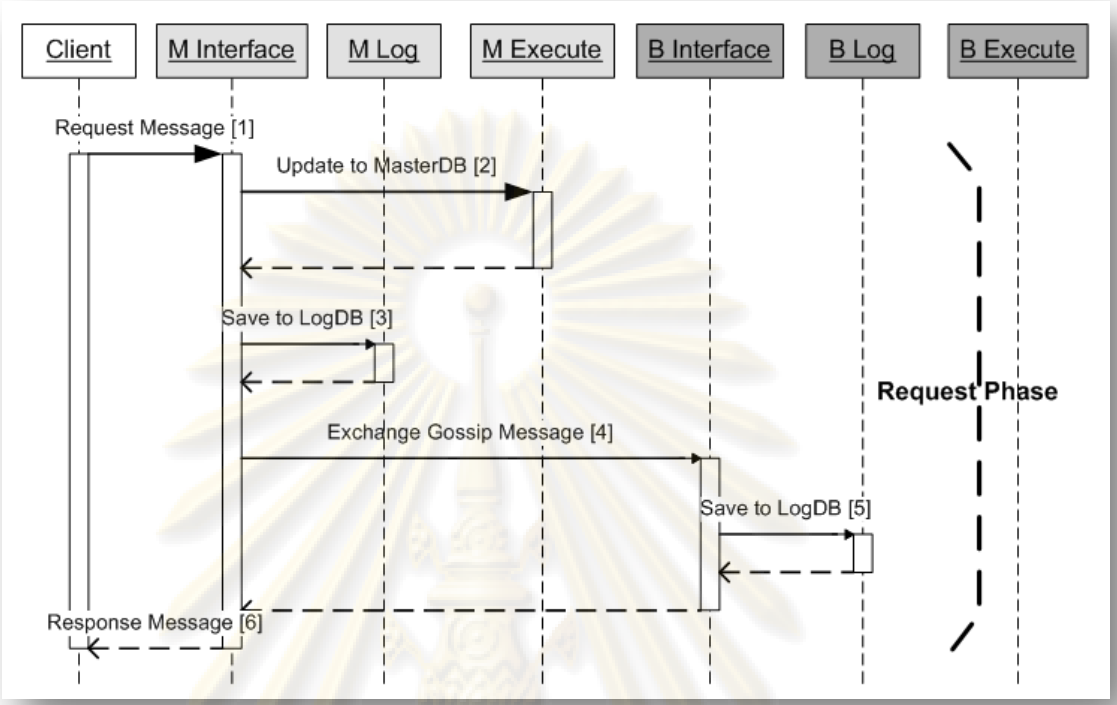
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของธุรกรรมแบบอ่าน

ในการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต แบบทำซ้ำล็อกของ ธุรกรรมแบบอ่าน มีขั้นตอนการทำงานเหมือนกับการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต แบบ ตามเวลา ของ ธุรกรรมแบบอ่าน ในหัวข้อ 3.4.1.1 และขั้นตอนการการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.5

3.4.2.2 **การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของ ธุรกรรมแบบปรับปรุง** (Log-Replicated Lazy-Update Replication for Update Transaction)

วิธีนี้จะทำงานโดยเครื่องแม่ข่าย หลักจะนำเอาข้อความที่รับมาจาก เครื่องลูกข่ายมาทำการประมวลผลปรับปรุงฐานข้อมูลของ เครื่องแม่ข่าย หลักก่อน แล้วเปลี่ยนข้อความที่รับมานั้นให้อยู่ในรูปแบบของล็อกก่อน แล้วจึงส่งข้อความล็อกไปยัง เครื่องแม่ข่าย สำรองเพื่อทำการบันทึกลงฐานข้อมูลล็อกที่ฝั่ง เครื่องแม่ข่าย สำรอง แล้วจึงส่งข้อความกลับไปยัง เครื่องลูกข่าย ซึ่งแผนภาพไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานของรูปแบบการทำงานระบบแสดงดังรูปที่ 3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกของธุรกรรมแบบปรับปรุง

การทำงานของระบบจะมีช่วงเวลาร้องขอเท่านั้น ซึ่ง มีรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. เครื่องลูกข่ายส่งข้อความร้องขอไปยังเครื่องแม่ข่ายหลัก
2. เครื่องแม่ข่าย หลักนำเอาข้อความที่รับมาจาก เครื่องลูกข่าย ทำการปรับฐานข้อมูลของเครื่องแม่ข่ายหลัก
3. เครื่องแม่ข่าย หลักนำเอาข้อความร้องขอมาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของล็อก และบันทึกลงฐานข้อมูลล็อก
4. เครื่องแม่ข่าย หลักส่งล็อกไปยัง เครื่องแม่ข่าย สำรองในรูปแบบของข้อความกอสซิฟ
5. เครื่องแม่ข่ายสำรองบันทึกข้อความกอสซิฟลงในฐานข้อมูลล็อก
6. เครื่องแม่ข่ายหลักส่งข้อความตอบกลับไปยังเครื่องลูกข่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาได้โดย จะทำการส่งล็อกไฟล์ไป เก็บยังเครื่องแม่ข่ายสำรองทันที หลังจากที่มีการประมวลผลในเครื่องแม่ข่ายหลักเรียบร้อยแล้ว แต่ในการทำงานแบบนี้จะทำให้เวลาในการตอบสนองช้ าลงเนื่องจากจะต้องมีการส่งข้อความล็อกไปในเครือข่ายแวน และหากเครื่องแม่ข่ายหลักเกิดขัดข้องจนไม่สามารถใช้การได้ ระบบจะทำการกู้เอาล็อกไฟล์ที่เก็บสะสมเอาไว้มาทำการปรับปรุงเครื่องแม่ข่ายสำรอง เพื่อที่จะนำมาใช้งานทดแทนเครื่องแม่ข่ายหลักที่เสียหายไป โดยการทำงานนี้ จะต้องใช้เวลาสักระยะหนึ่งเพื่อทำการกอบกู้ (Recovery Time) ซึ่งทางผู้ใช้งานต้องยอมให้ระบบทำงานแบบออฟไลน์ได้ เพื่อให้เครื่องแม่ข่ายสำรองได้นำเอาล็อกมาปรับปรุงระบบ แต่จะทำให้ทางเครื่องลูกข่ายจะไม่สามารถใช้งานระบบในช่วงเวลาดังกล่าว จากนั้นในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มเติมส่วนของการทยอยนำเอาล็อกที่สะสมไว้ในเครื่องแม่ข่ายสำรอง เพื่อลดภาระของเครื่องแม่ข่ายสำรองและเวลาที่ใช้ในการกู้คืนระบบ โดยจะมีการทำงานส่วนเบื้องหลังที่จะคอยนำเอาล็อกที่สะสมมาปรับปรุงตามเวลาที่กำหนดไว้ในระหว่างการทำงานตามปกติ โดยแลกกับประสิทธิภาพของระบบจะลดลงไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบงานวิจัย

4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

งานวิจัยนี้จะใช้ทีพีซีซีในการทดสอบโดยกำหนดให้เครื่องลูกข่ายจำลองการส่งข้อความคำร้องขอ จำนวนเครื่องลูกข่ายละ 100 คำร้องขอ (Request) เป็นจำนวนทั้งสิ้นสิบเครื่องลูกข่าย ทำให้ในการทดสอบจะมีการส่งข้อความคำร้องขอจากเครื่องลูกข่ายไปที่เครื่องแม่ข่ายรวมทั้งสิ้น 1000 คำร้องขอเนื่องจากข้อจำกัดของประสิทธิภาพในส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งในระหว่างการทดสอบแต่ละเครื่องลูกข่ายจะ ทำการสร้างคำร้องขอ โดยที่ชนิดชนิดของการร้องขอจะเป็นการสุ่มด้วยค่าน้ำหนักที่เป็นไปตามหลักการของทีพีซีซี กล่าวคือ น้ำหนักของ ชนิดธุรกรรมแบ่งออกมาเป็นจำนวนร้อยละ ดังนี้ ใบสั่งสินค้าใหม่ร้อยละ 45, การชำระเงินร้อยละ 43, การส่งมอบร้อยละ 4, สถานะใบสั่งสินค้าร้อยละ 4, และแสดงระดับสิน ค้าร้อยละ 4 ซึ่งสามารถสรุป ได้ตามที่แสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนร้อยละของน้ำหนักในแต่ละชนิดธุรกรรมของทีพีซีซี

ชื่อของธุรกรรม	จำนวนร้อยละของน้ำหนัก
ใบสั่งสินค้าใหม่	45.0
การชำระเงิน	43.0
การส่งมอบ	4.0
สถานะใบสั่งสินค้า	4.0
แสดงระดับสินค้า	4.0

โดยในระหว่างการส่งข้อความร้องข้อหนึ่งข้อความนั้นจะมีช่วงระยะเวลาที่ถูกหน่วงไว้เพื่อให้มีสภาพเหมือนกับการใช้งานปกติ ซึ่งการหน่วงเวลาช่วงแรกเกิดจากเวลาพิมพ์ (Keying Time) และช่วงที่สองคือเวลาคิด (Think Time)

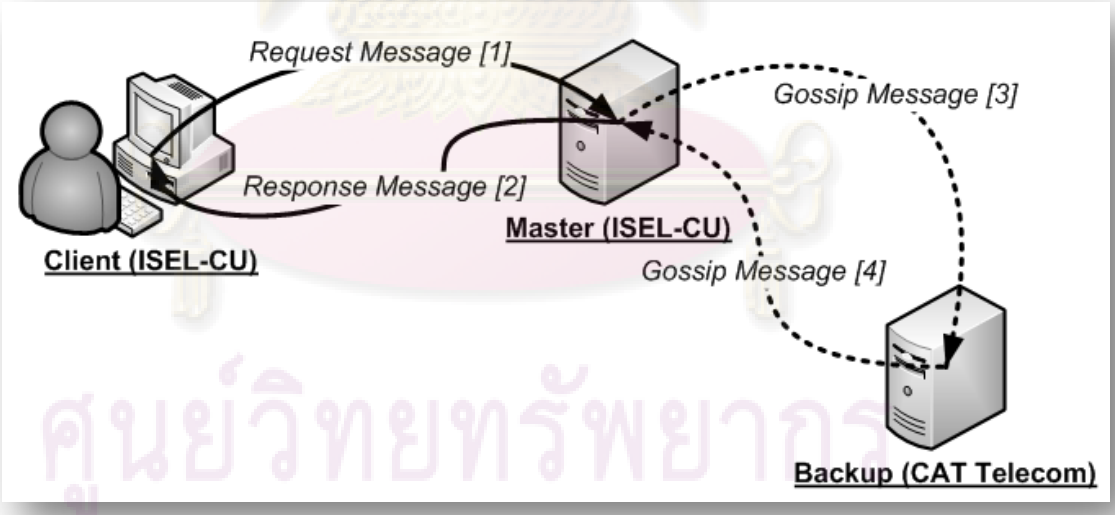
ในการวัดเปรียบเทียบสมรรถนะจะทำการทดสอบการทำซ้ำทั้งสิ้นสามรูปแบบ ซึ่งได้แก่ ไม่มีการทำซ้ำ (No replication) การทำซ้ำแบบแพสซิฟ (Passive replication) และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต ซึ่งจะแยกเป้นการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต แบบตามเวลา (Periodic Lazy-Update Replication) และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก (Log-Replicated Lazy-Update Replication) โดยการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลานั้นจะมีการกำหนดให้เวลาของการส่ง

ข้อความกอสซิฟระหว่างฝั่งเครื่องแม่ข่ายหลักกับฝั่งเครื่องแม่ข่ายสำรอง เป็นค่าคงที่ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 60 วินาที โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการทำธุรกรรม ที่ถูกส่งไปกับการร้องขอนั้ น สร้างขึ้นจากตัวโปรแกรมสุ่มข้อมูลของทีพีซีซีที่ถูกกำหนดไว้ในเอกสารความต้องการของระบบอยู่แล้ว ซึ่งจะสามารถตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลจากการทำงานของระบบ โดยดูจากข้อมูลในฐานข้อมูลของเครื่องเครื่อข่ายโดยตรง การวัดค่าเวลาตอบสนองนั้นจะเริ่มจับตั้งแต่การเลือกทำธุรกรรม ต่อด้วยเวลาพิมพ์ การส่งคำร้องขอไปประมวลผลจนได้รับข้อความตอบกลับมาจากเครื่องแม่ข่าย และจบด้วยด้วยเวลาคิด ซึ่งต้องผ่านขั้นตอนดังกล่าวทั้งหมด ถึงจะถูกนับว่าเสร็จสิ้นการทำหนึ่งคำร้องขอ โดยการวัดเวลาตอบสนองจะวัดเฉพาะส่งธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลและธุรกรรมแบบอ่านเท่านั้น

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในส่วนของเครื่องมือวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนอุปกรณ์ ซึ่งหมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานวิจัย และส่วนชุดคำสั่ง ซึ่งหมายถึง ส่วนประกอบทั้งหมดที่ ถูกนำมาใช้ร่วมกันในการสร้างโปรแกรมขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้

4.2.1 ส่วนอุปกรณ์ (Hardware)



รูปที่ 4.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องลูกข่าย, เครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง

ในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องทั้งหมด 3 เครื่อง คือ เครื่องลูกข่าย , เครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง ซึ่งเครื่องทั้งหมดเชื่อมต่อกันผ่านเครือข่าย โดยเครื่องลูกข่ายและเครื่องแม่ข่ายหลักจะเชื่อมต่อเครือข่ายแบบแลน ส่วนเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรองจะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เชื่อมต่อเครือข่ายแบบแวนดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยแต่ละเครื่อง แบ่งออกตามบทบาทที่ต่างกัน ดังนี้

4.2.1.1 เครื่องลูกข่าย (Client)

1) ระบบปฏิบัติการ วินโดวส์วิสตา (Windows Vista)

2) ซีพียู อินเทล (Intel Centrino Duo 1.6GHz)

3) หน่วยความจำ 2 กิกะไบต์

4) แลนการ์ด 1 Gbps

5) เครื่อข่าย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.2 เครื่องแม่ข่ายหลัก (Main Server)

1) ระบบปฏิบัติการ วินโดวส์เอ็กพี (Windows XP)

2) ซีพียู อินเทล (Intel Pentium4 2.40GHz)

3) หน่วยความจำ 2.5 กิกะไบต์

4) แลนการ์ด 1 Gbps

5) เครื่อข่าย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.3 เครื่องแม่ข่ายสำรอง (Backup Server)

1) ระบบปฏิบัติการ วินโดวส์เซอร์เวอร์สองพันสาม (Windows Server 2003)

2) ซีพียูอินเทล (Intel Pentium dual-core 2.4GHz)

3) หน่วยความจำ 4 กิกะไบต์

4) แลนการ์ด 1 Gbps

5) เครื่อข่าย การสื่อสารแห่งประเทศไทย (CAT Telecom Public Co., Ltd)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 **ส่วนชุดคำสั่ง** (Software)

ในการสร้างโปรแกรมขึ้นมาในงานวิจัยนี้ เกิดจากการนำส่วนประกอบมาร่วมงานกัน ดังนี้

4.2.2.1 **ภาษาการเขียนโปรแกรม** (Programming Language)

1) ภาษาจาวา เป็นภาษาหลักในการใช้สร้างโปรแกรม

2) ภาษาเอสคิวแอล เป็นภาษาสำหรับการสอบถามฐานข้อมูล

3) ภาษาเอ็กเอ็มแอล เป็นภาษาที่ใช้ส่งและรับข้อมูลในการใช้งานเว็บเซอร์วิส

4.2.2.2 **โปรแกรมบริการ** (Server Application)

1) เว็บแอพลิเคชั่นเซิฟเวอร์ Glassfish เวอร์ชั่น 2 เป็นโปรแรมบริการในการจำลองเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง

4.2.2.3 **ฐานข้อมูล** (Database Application)

1) MySQL เป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลที่ถูกติดตั้งในเครื่องลูกข่าย เครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง เพื่อจัดการเกี่ยวกับข้อมูลทุกอย่าง

4.2.2.4 **คลังโปรแกรม** (Programming Library)

1) Apache AXIS2 เวอร์ชั่น 1.3 เป็นโซพเอนจิน (SOAP engine) เพื่อทำให้ภาษาจาวาสามารถใช้งานเว็บเซอร์วิส

2) MySQL Connector/J เป็นคลังโปรแกรมสำหรับทำให้ภาษาจาวาใช้งานฐานข้อมูลของ MySQL

3) Apache Poi เป็นคลังโปรแกรมเพื่อทำให้ภาษาจาวาสามารถบันทึกข้อมูลในรูปแบบเอกสารโปรแกรมออฟฟิสได้

4.3 **ผลการทดสอบ**

4.3.1 **การวัดประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่าย**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

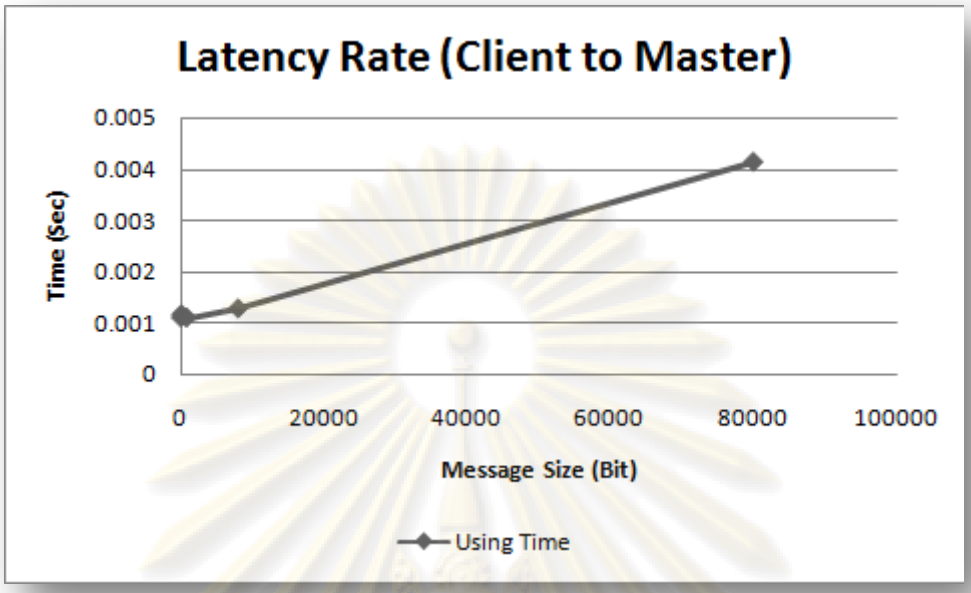
ในงานวิจัยนี้ ได้มีการวัดประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่าย เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของระบบเครือข่ายได้อย่างชัดเจน โดยใช้การส่งข้อความในรูปแบบข้อความตัวอักษร (String) ในภาษาจาวาในขนาดต่างๆกัน คือ 1 Byte, 10 Byte, 100 Byte, 1000 Byte และ 1000 Byte จำนวน 1000 ครั้งต่อขนาดข้อความ โดยจะส่งข้อความนี้ไปสองจุดคือ ระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลและขนาดของแบนด์วิดท์ที่ใช้เชื่อมต่อ

จากการทดสอบ ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายร ะหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลัก พบว่าค่าเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลเริ่มต้น (Start-up latency) จะมีค่าเท่ากับ 1.10 มิลลิวินาทีและมีค่าแบนด์วิดท์ เท่ากับ 26.32 Mbps ซึ่งตารางที่ 4.2 จะแสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการรับและส่งข้อความระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องแม่ข่ายหลัก และ รูปภาพที่ 4.2 แสดงค่าที่ได้จาก การคำนวนในการ ทดสอบหา ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลัก

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาที่ใช้รับและส่งข้อความขนาดต่างๆ ระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลัก

Message Size	1 Byte	10 Byte	100 Byte	1000 Byte	10000 Byte
Using Time (second)	2.199	2.321	2.199	2.556	8.278

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

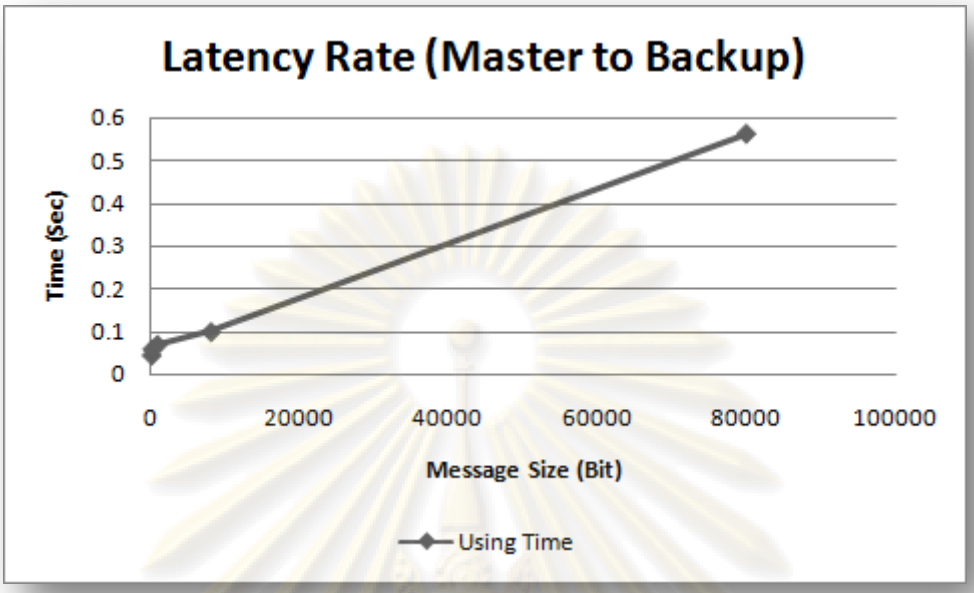


รูปที่ 4.2 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลัก

ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่าย ของการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง พบว่าค่าเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 43.87มิลลิวินาทีและมีค่าแบนด์วิดท์ เท่ากับ 0.154 Mbps ซึ่งตารางที่ 4.3 จะแสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการรับและส่งข้อความระหว่าง เครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง และรูปภาพที่ 4.3 แสดงค่าที่ได้จาก การคำนวนในการ ทดสอบหา ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง

ตารางที่ 4.3 แสดงเวลาที่ใช้รับและส่งข้อความขนาดต่างๆ ระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง

Message Size	1 Byte	10 Byte	100 Byte	1000 Byte	10000 Byte
Using Time (second)	87.835	117.053	137.656	197.136	1124.798

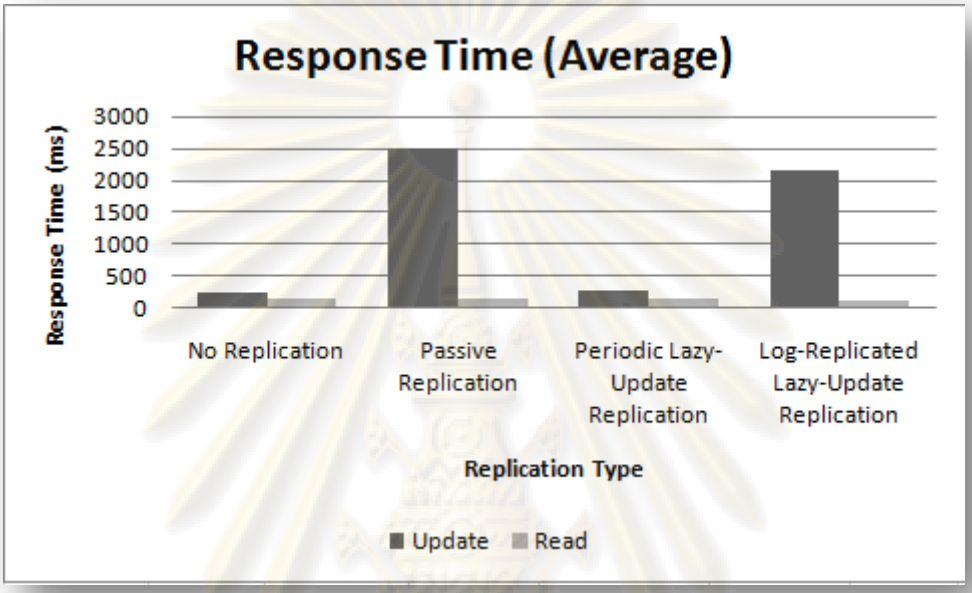


รูปที่ 4.3 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรอง

4.3.2 การวัดเวลาตอบสนองของระบบงาน

ในงานวิจัยนี้ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม จะใช้การวัดเวลาตอบสนอง (Response Time) ในการประเมิน โดยจะใช้การทำงานของ System.currentTimeMillis ในภาษาจาวา มาทำการจับเวลาระหว่างเริ่มต้นการทำงานและเวลาที่สิ้นสุดการทำงานเพื่อหาผลต่างที่แสดงเป็นผลการทดสอบ ซึ่งในที่นี้ก้คือเวลาตอบสนอง และในการทำงานนนี้จะสามารถวัดความละเอียดของเวลาได้ 1 ใน 10 ส่วนของระดับวินาที โดยผ ลการทดสอบระบบ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.4 ,4.5 และ 4.6 และสามารถนำข้อมูลที่ได้มา วาดให้อยู่ในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.4, 4.4 และ 4.6 ตามลำดับ เมื่อแบ่งประเภทของธุรกรรมออกเป็นการปรับปรุงข้อมูล (Update Transaction) และในการอ่านข้อมูล (Read Transaction) จะเห็นได้ว่าเวลาตอบสนองที่วัดได้ โดยใช้ รูปแบบเว็บเซอร์วิสแบบไม่มีการทำซ้ำจะให้ผลที่ดีที่สุด เนื่องจากไม่ต้องมีการเชื่อมต่อไปยังเครื่องแม่ข่ายอื่น ในทั้งสองประเภทของธุรกรรม แต่ถ้าหากเปรียบเทียบการทำงานเว็บเซอร์วิสที่มีธุรกรรมในการปรับปรุงข้อมูล ระหว่างการทำซ้ำระหว่างแบบแพสซิฟและแบบเลซี อัพเดต จะเห็นได้ว่า ทั้งการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบตามเวลา และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก ใช้เวลาตอบสนองน้อยกว่าแบบแพสซิฟอย่างเห็นได้ชัด โดย นำเอาเวลาที่ใช้งานมาเปรียบเทียบจากรูปที่ 4.4 ก็จะได้ผลลัพท์ว่าการทำซ้ำแบบเ ลซีอัพเดตแบบตามเวลาจะใช้

เวลาเพียง 283.89 มิลลิวินาที แต่ในแบบแพสซิฟจะใช้เวลาถึง 2508.6 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นเวลา 88.68% เมื่อเทียบกับการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบตามเวลา ส่วนในการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะใช้เวลา 2310.2 มิลลิวินาที ซึ่งเมื่อเทียบกับเวลาของ แบบแพสซิฟแล้วจะเป็นเวลา 7.91%



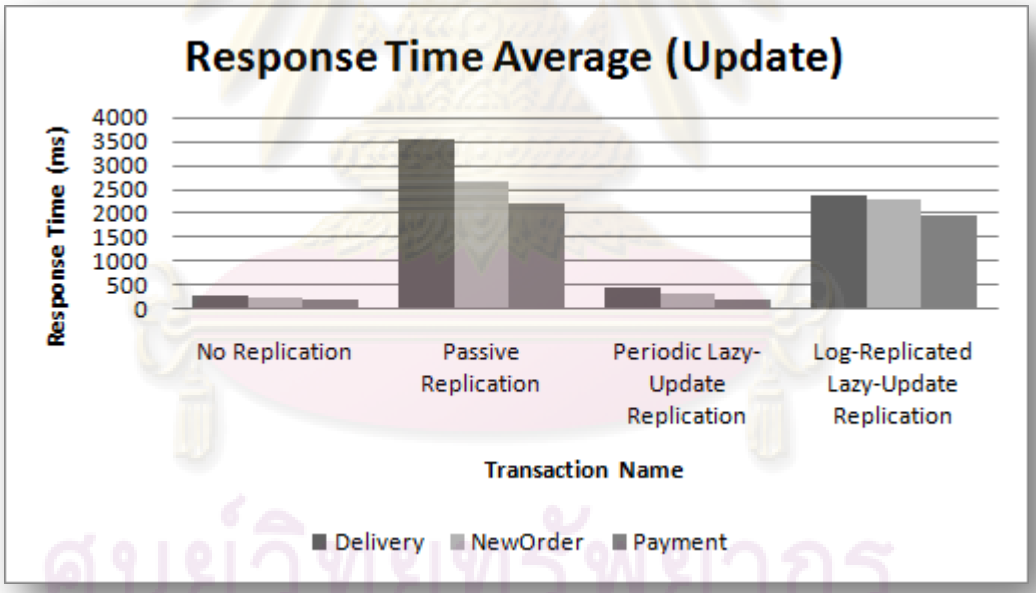
รูปที่ 4.4 เวลาตอบสนองเฉลี่ยรวมการปรับปรุงและการอ่านข้อมูล

ตารางที่ 4.4 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลและอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำต่างๆ

Replication Type	Update Transaction Response Time Average (ms)	Read Transaction Response Time Average (ms)
No Replication	245.65	149
Passive Replication	2508.6	145
Periodic Lazy-Update Replication	283.89	144
Log-Replicated Lazy-Update Replication	2310.2	114

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการปรับปรุงข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำต่างๆ

Replication Type	Delivery Transaction Response Time Average (ms)	New-Order Transaction Response Time Average (ms)	Payment Transaction Response Time Average (ms)
No Replication	304.2	261.5533	223.551
Passive Replication	3520.9	2700.349	2213.69
Periodic Lazy-Update Replication	470.73	327.2222	221.167
Log-Replicated Lazy-Update Replication	2393.8	2308.918	1992.9

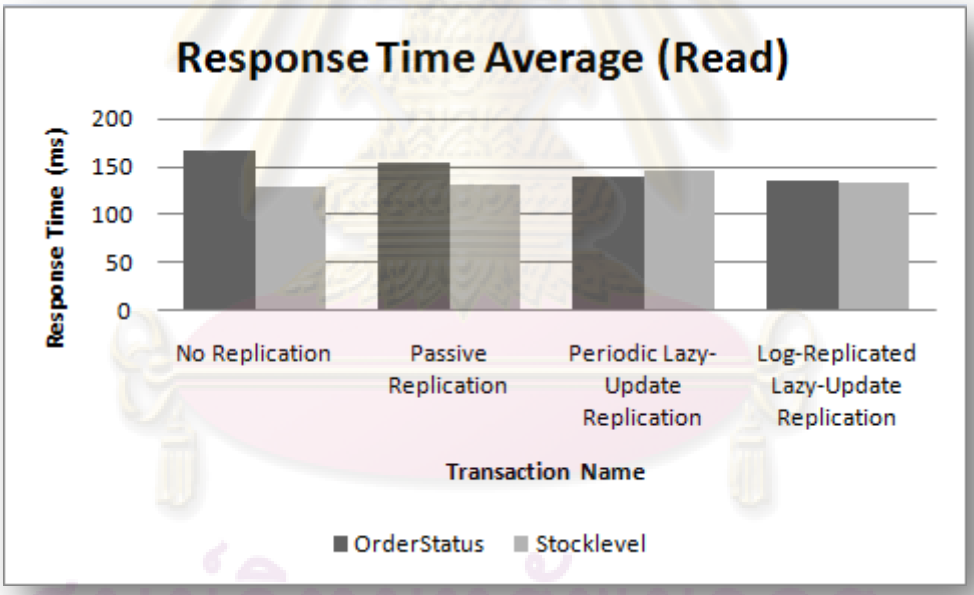


รูปที่ 4.5 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการปรับปรุงข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำต่างๆ

Replication Type	Order-Status Transaction Response Time Average (ms)	Stock-Level Transaction Response Time Average (ms)
No Replication	166.5	131.2
Passive Replication	156.275	132.725
Periodic Lazy-Update Replication	141.525	146.825
Log-Replicated Lazy-Update Replication	136.35	133.4



รูปที่ 4.6 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการอ่านข้อมูล

ค่าจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการทำซ้ำแบบแพสซิฟให้ผลที่แย่เนื่องจากว่าต้องรอให้ทุกเครื่องแม่ข่ายนั้นประมวลผลให้เสร็จก่อนจะส่งข้อความตอบกลับไปให้เครื่องลูกข่าย ส่วนที่การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตให้ผลที่ดีกว่าการทำซ้ำแบบแพสซิฟเนื่องจาก ช่วงเวลาที่เครื่องแม่ข่ายรับข้อควา มร้องขอนั้นจะยังไม่มีการประมวลผลทันที ทำให้มีเวลาตอบสนองที่ดี แต่ก็ใช้เวลาพอสมควรในการตรวจสอบข้อความกับส่วนประกอบต่างๆในตัวจัดการการทำซ้ำจึงทำให้เวลาที่ใช้

สูงกว่ารูปแบบที่ไม่มีการทำซ้ำ ส่วนในการอ่านของแบบเลซีอัพเดตนั้นใช้เวลาโดยเฉลี่ยเท่ากัน เนื่องจากมีการอ่านข้อความโดยตรงกับฐานข้อมูลของเครื่องแม่ข่ายหลัก แต่อาจจมีบางช่วงขณะที่ฐานข้อมูลมีการใช้งานปรับปรุงข้อมูล ซึ่งช่วงเวลานั้นทำให้เสียเวลาในการรอที่จะอ่านข้อมูล แต่สามารถปรับปรุงได้ด้วยการให้มีค่าช่วงเวลาที่แลกเปลี่ยนข้อความกอสซิฟระหว่างเครื่องแม่ข่ายทั้งสองไม่ถี่มากจนเกินไป

4.3.3 การวัดการกระจายความถี่

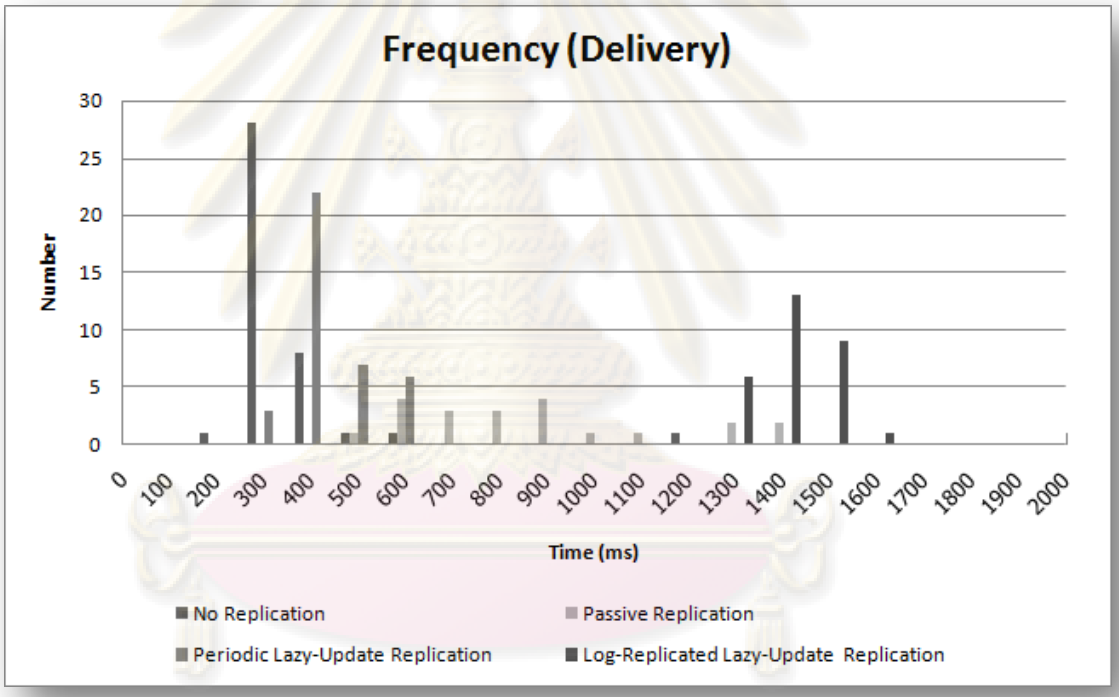
ในงานวิจัยนี้ได้มีการวัดการกระจายความถี่ เพื่ออธิบายพฤติกรรมของการทำงานของธุรกรรมในแต่ละอัลกอริทึม โดยจะทำการสังเกตุด้วยเวลาในความถี่ที่สูงที่สุดของแต่ละธุรกรรมที่ใช้ในการทดสอบ ในส่วนนี้จะเป็นการลงรายละเอียดที่ต่อเนื่องมาจากการวัดเวลาตอบสนอง โดยจะทำการวัดการกระจายความถี่ของแต่ละธุรกรรมเพื่อแสดงว่า ในแต่ละธุรกรรมนั้นมีการทำงานที่ดีในช่วงเวลาที่เท่าใด เพื่อพิจารณาว่าในแต่ละรูปแบบการทำซ้ำนั้นจะทำธุรกรรมในช่วงเวลาใด แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด โดยธุรกรรมของทีพีซีซีที่มาใช้ในการทดสอบมี 5 ธุรกรรม คือ ใบสั่งสินค้าใหม่ (New-Order), การชำระเงิน (Payment), การส่งมอบ (Delivery), สถานะใบสั่งสินค้า (Order-Status) และ แสดงระดับสินค้า (Stock-Level) ตามลำดับ โดยจะแสดงในรูปแบบของการทำการทำซ้ำทั้งหมด เริ่มจาก ไม่มีการทำซ้ำ (No replication) การทำซ้ำแบบแพสซิฟ (Passive replication) และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา (Periodic Lazy-Update Replication) และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก (Log-Replicated Lazy-Update Replication) ตามลำดับ

4.3.3.1 ธุรกรรมการส่งมอบ

การกระจายความถี่ของ ธุรกรรมการส่งมอบจะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.7 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบดังรูปที่ 4.7

ในธุรกรรมการส่งมอบ จะประกอบด้วยรูปแบบไม่ทำซ้ำซึ่งจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 201-300 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบแพสซิ ฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 501-600 มิลลิวินาทีและช่วงเวลา 901-1000 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 301-400 มิลลิวินาที และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีค่าการกระจายความถี่ใน ช่วงเวลา 1301-14000 มิลลิวินาที

ในการกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบนี้ จะแสดงให้เห็นว่าการกระจายความถี่ของรูปแบบไม่ทำซ้ำและการทำซ้ำแบบแพสซิฟและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลานั้น จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในเวลาระหว่าง 0-1000 มิลลิวินาที แต่ในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่มากกว่า 1000 มิลลิวินาทีขึ้นไป แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะมีช่วงความถี่ที่ช้ากว่าแต่ก็ยังสามารถทำให้การทำงานโดยเฉลี่ยนั้นใกล้เคียงกับการทำซ้ำแบบแพสซิฟ โดยการที่การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้นมีความถี่อยู่ในช่วงดังกล่าว มาจากรูปแบบของการทำงานภายในที่ต้องมีกระบวนการที่ต้องนำข้อความที่รับมาจากเครื่องลูกข่ายมาทำให้ให้กลายเป็นรูปแบบล็อกก่อนที่จะส่งไปยังฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรอง



รูปที่ 4.7 การกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ

Time Range (ms)	No Replication Frequency Number	Passive Replication Frequency Number	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number
0-100	0	0	0	0
101-200	1	0	0	0
201-300	28	0	3	0
301-400	8	0	22	0
401-500	1	1	7	0
501-600	1	4	6	0
601-700	0	3	0	0
701-800	0	3	0	0
801-900	0	4	0	0
901-1000	0	1	0	0
1001-1100	0	1	0	0
1101-1200	1	0	0	0
1201-1300	0	2	0	6
1301-1400	0	2	0	13
1401-1500	0	0	0	9
1501-1600	0	0	0	1
1601-1700	0	0	0	0
1701-1800	0	0	0	0
1801-1900	0	0	0	0
1901-2000	0	0	1	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3.2 ธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่

การกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่จะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.8 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ดังรูปที่ 4.8

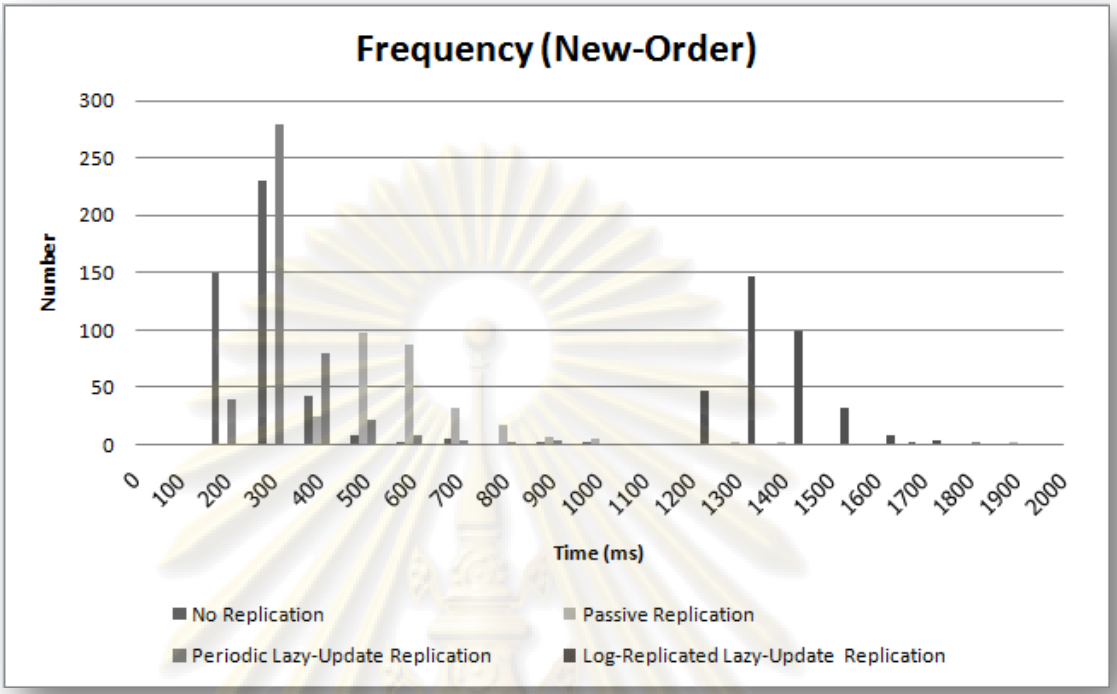
ในธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ จะประกอบด้วยรูปแบบไม่ทำซ้ำซึ่งจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 201-300 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบแพสซิฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 401-500 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 201-300 มิลลิวินาที และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีค่าการกระจายความถี่ในช่วงเวลา 1201-1300 มิลลิวินาที

ในการกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่นี้ จะแสดงให้เห็นว่าการกระจายความถี่ของรูปแบบไม่ทำซ้ำและการทำซ้ำแบบแพสซิฟและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลานั้น จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในเวลาระหว่าง 0-1000 มิลลิวินาที แต่ในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่มากกว่า 1000 มิลลิวินาทีขึ้นไป แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะมีช่วงความถี่ที่ช้ากว่าแต่ก็ยังสามารถทำให้การทำงานโดยเฉลี่ยนั้นใกล้เคียงกับการทำซ้ำแบบแพสซิฟ โดยการที่การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้นมีความถี่อยู่ในช่วงดังกล่าว มาจากรูปแบบของการทำงานภายในที่ต้องมีกระบวนการที่ต้องนำข้อความที่รับมาจากเครื่องลูกข่ายมาทำให้ให้กลายเป็นรูปแบบล็อกก่อนที่จะส่งไปยังฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่โดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ

Time Range (ms)	No Replication Frequency Number	Passive Replication Frequency Number	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number
0-100	0	0	0	0
101-200	150	0	39	0
201-300	230	1	279	0
301-400	43	25	80	0
401-500	8	98	22	0
501-600	3	87	8	0
601-700	5	32	4	0
701-800	1	17	2	0
801-900	2	7	4	0
901-1000	2	5	0	0
1001-1100	1	1	1	2
1101-1200	0	0	1	48
1201-1300	0	2	0	147
1301-1400	1	2	1	99
1401-1500	0	1	1	33
1501-1600	0	1	0	9
1601-1700	2	0	1	4
1701-1800	1	0	2	2
1801-1900	0	2	1	2
1901-2000	1	1	0	0



รูปที่ 4.8 การกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่

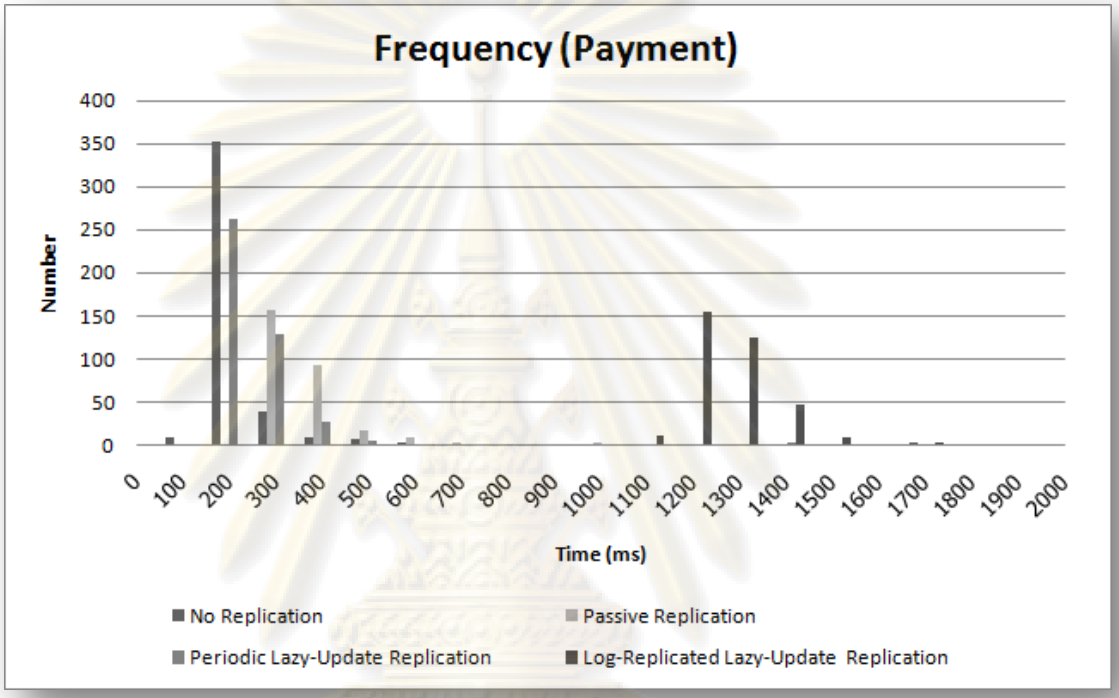
4.3.3.3 ธุรกรรมการชำระเงิน

การกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินจะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.9 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินดังรูปที่ 4.9

ในธุรกรรมการชำระเงิน จะประกอบด้วยรูปแบบไม่ทำซ้ำซึ่งจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบแพสซิฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 201-300 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีค่าการกระจายความถี่ในช่วงเวลา 1101-1200 มิลลิวินาที

ในการกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินนี้ จะแสดงให้เห็นว่าการกระจายความถี่ของรูปแบบไม่ทำซ้ำและการทำซ้ำแบบแพสซิฟและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลานั้น จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในเวลาระหว่าง 0-1000 มิลลิวินาที แต่ในรูปแบบการทำซ้ำ แบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่มากกว่า 1000 มิลลิวินาทีขึ้นไป แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะมีช่วงความถี่ที่ช้ากว่าแต่ก็ยังสามารถทำให้การทำงานโดยเฉลี่ยนั้น

ใกล้เคียงกับการทำซ้ำแบบแพสซิฟ โดยการที่การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้ นมีความถี่อยู่ในช่วงดังกล่าว มาจากรูปแบบของการทำงานภายในที่ต้องมีกระบวนการที่ต้องนำข้อความที่รับมาจากเครื่องลูกข่ายมาทำให้ให้กลายเป็นรูปแบบล็อกก่อนที่จะส่งไปยังฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรอง



รูปที่ 4.9 การกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ

Time Range (ms)	No Replication Frequency Number	Passive Replication Frequency Number	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number
0-100	8	0	0	0
101-200	353	1	263	0
201-300	39	157	129	0
301-400	8	92	26	0
401-500	6	17	4	0
501-600	2	8	1	0
601-700	0	2	0	0
701-800	0	1	1	0
801-900	0	1	0	0
901-1000	0	2	1	0
1001-1100	1	0	1	10
1101-1200	0	0	0	155
1201-1300	0	0	0	124
1301-1400	0	0	2	47
1401-1500	0	0	0	9
1501-1600	0	0	0	1
1601-1700	2	1	0	2
1701-1800	1	0	0	0
1801-1900	0	0	0	1
1901-2000	0	0	0	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3.4 ธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้า

การกระจายความถี่ของธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้าจะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.10 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้าดังรูปที่ 4.10

ในธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้า จะประกอบด้วยรูปแบบไม่ทำซ้ำซึ่งจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วง เวลา 101-200 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบแพสซิฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที

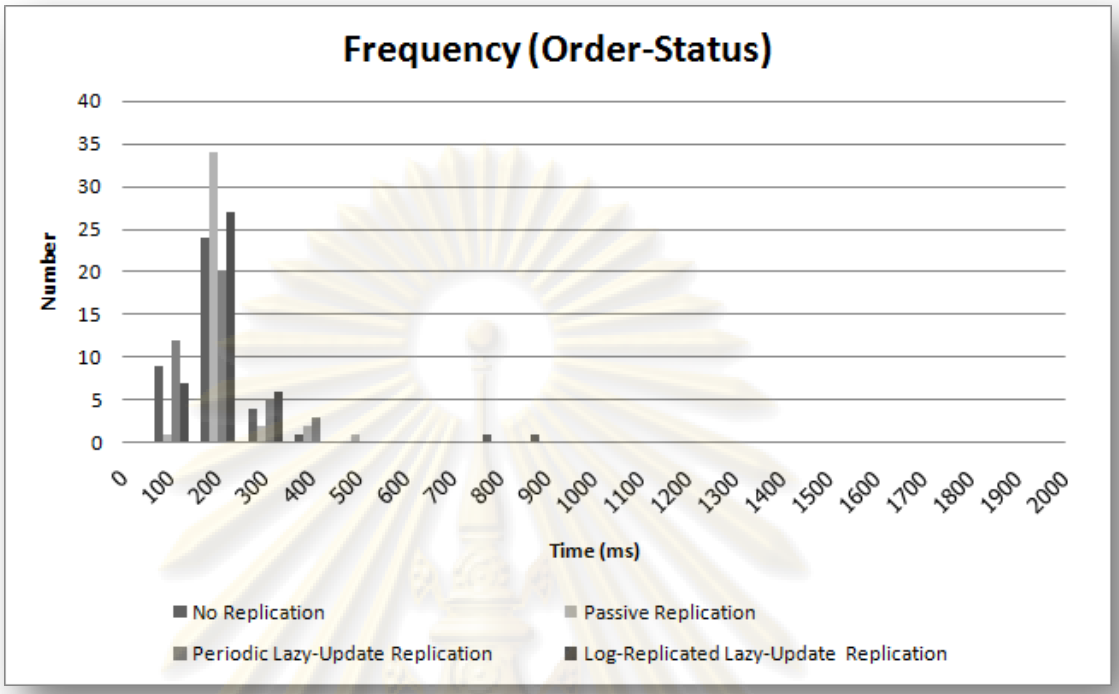
ในการกระจายความถี่ของธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้านี้ จะแสดงให้เห็นว่าการกระจายความถี่ของรูปแบบไม่ทำซ้ำและการทำซ้ำแบบแพสซิฟและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต แบบตามเวลาและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้น จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในเวลาระหว่าง 101-200 มิลลิวินาที แสดงให้เห็นว่าในธุรกรรมของการอ่านนั้นจะใช้เวลาในช่วงที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากว่าธุรกรรมการอ่านนั้นจะสอบถามข้อมูลไปยังทางฐานข้อมูลของเครื่องแม่ข่ายหลักโดยตรง ซึ่งเป็นข้อดีข้อหนึ่งของการทำงานที่นำเสนอในงานวิจัยนี้อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้าโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ

Time Range (ms)	No Replication Frequency Number	Passive Replication Frequency Number	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number
0-100	9	1	12	7
101-200	24	34	20	27
201-300	4	2	5	6
301-400	1	2	3	0
401-500	0	1	0	0
501-600	0	0	0	0
601-700	0	0	0	0
701-800	1	0	0	0
801-900	1	0	0	0
901-1000	0	0	0	0
1001-1100	0	0	0	0
1101-1200	0	0	0	0
1201-1300	0	0	0	0
1301-1400	0	0	0	0
1401-1500	0	0	0	0
1501-1600	0	0	0	0
1601-1700	0	0	0	0
1701-1800	0	0	0	0
1801-1900	0	0	0	0
1901-2000	0	0	0	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 การกระจายความถี่ของธุรกรรมสถานะใบสั่งสินค้า

4.2.3.5 ธุรกรรมแสดงระดับสินค้า

การกระจายความถี่ของธุรกรรมแสดงระดับสินค้าจะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.11 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมแสดงระดับสินค้าดังรูปที่ 4.11

ในธุรกรรมแสดงระดับสินค้า จะประกอบด้วยรูปแบบไม่ทำซ้ำซึ่งจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบแพสซิฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาจะมีค่าการกระจายควา มถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที

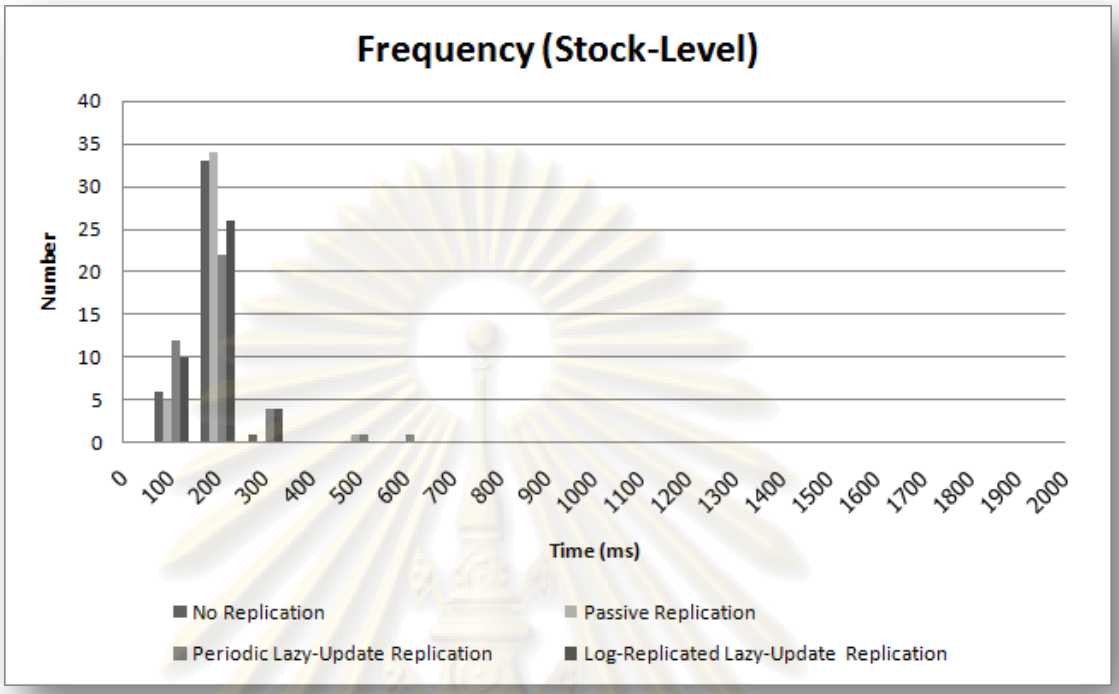
ในการกระจายความถี่ของธุรกรรมแสดงระดับสินค้านี้ จะแสดงให้เห็นว่าการกระจายความถี่ของรูปแบบไม่ทำซ้ำและการทำซ้ำแบบแ พสซิฟและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้น จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในเวลาระหว่าง 101-200 มิลลิวินาที แสดงให้เห็นว่าในธุรกรรมของการอ่านนั้นจะใช้เวลาในช่วงที่

ใกล้เคียงกัน เนื่องจากว่าธุรกรรมการอ่านนั้นจะสอบถามข้อมูลไปยัง งทางฐานข้อมูลของเครื่องแม่ข่ายหลักโดยตรง

ตารางที่ 4.11 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมแสดงระดับสินค้าโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ

Time Range (ms)	No Replication Frequency Number	Passive Replication Frequency Number	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number
0-100	6	5	12	10
101-200	33	34	22	26
201-300	1	0	4	4
301-400	0	0	0	0
401-500	0	1	1	0
501-600	0	0	1	0
601-700	0	0	0	0
701-800	0	0	0	0
801-900	0	0	0	0
901-1000	0	0	0	0
1001-1100	0	0	0	0
1101-1200	0	0	0	0
1201-1300	0	0	0	0
1301-1400	0	0	0	0
1401-1500	0	0	0	0
1501-1600	0	0	0	0
1601-1700	0	0	0	0
1701-1800	0	0	0	0
1801-1900	0	0	0	0
1901-2000	0	0	0	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

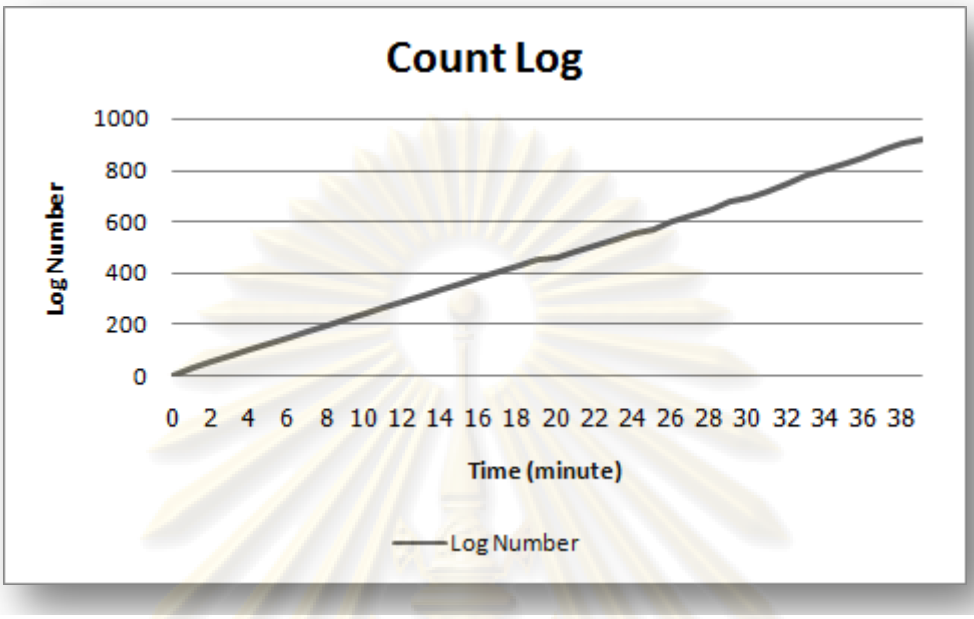


รูปที่ 4.11 การกระจายความถี่ของธุรกรรมแสดงระดับสินค้า

4.3.4 การประเมินเวลากู้คืนระบบ

4.3.4.1 ปริมาณล็อกสะสม

จากที่ระบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก จะต้องมีการสะสมล็อกไว้ที่เครื่องแม่ข่ายสำรอง โดยจะมีการกู้คืนด้วยล็อก เมื่อระบบในแม่ข่ายหลักมีปัญหา ดังนั้นเวลากู้คืนระบบเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อนำแนวทางนี้ไปใช้งานจริง ในส่วนนี้จะทำการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการกู้คืนระบบ โดยพิจารณาจากปริมาณล็อกที่เกิดทางฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรองเพื่อดูปริมาณล็อกที่จะสะสมในระหว่างการทำงาน เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาว่าสมควรจะมีการทยอยนำล็อกที่เก็บไว้มาประมวลผลเป็นช่วงระยะหรือไม่ จากการทดสอบพบว่าการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีล็อกเกิดขึ้นใหม่จำนวน 920 ล็อกในเวลา 39 นาที ดังที่แสดงในภาพที่ 4.12 และเมื่อนำเอาผลที่ได้มาทำนายปริมาณล็อกที่จะเกิดขึ้นจากผลที่ได้นั้นจะเห็นว่า เมื่อเวลา 300 นาทีหรือ 5 ชั่วโมง จะมีจำนวนล็อกสะสมในระบบเป็นจำนวนประมาณ 7076 ดังที่แสดงข้อมูลในตารางที่ 4.12 และรูปภาพที่ 4.13

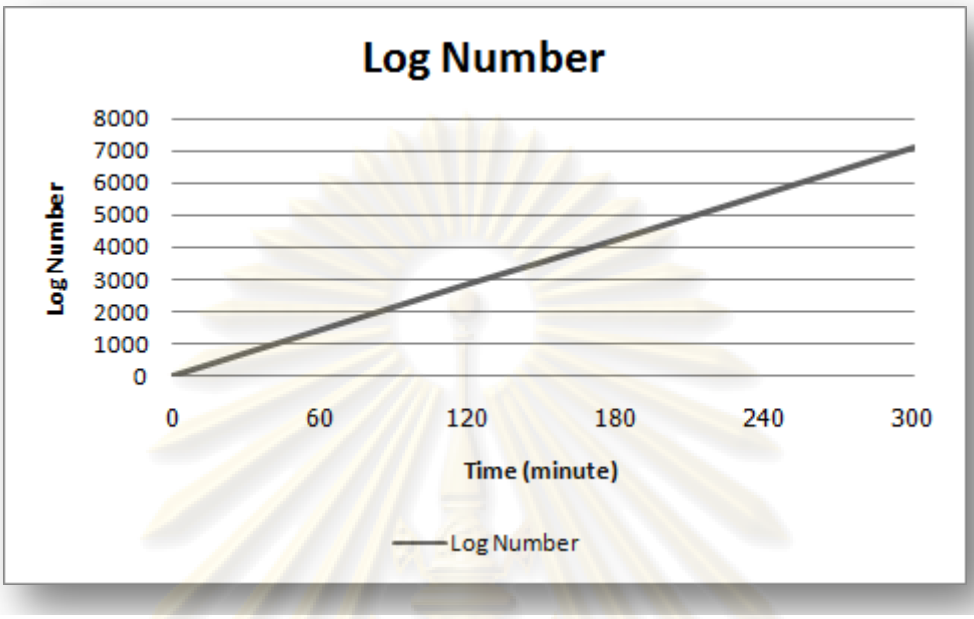


รูปที่ 4.12 แสดงจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกตามช่วงระยะเวลาต่างๆ

Time (Minute)	Log Number
60	1415
120	2830
180	4246
240	5661
300	7076

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 แสดงจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกตามช่วงระยะเวลาต่างๆ

4.3.4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

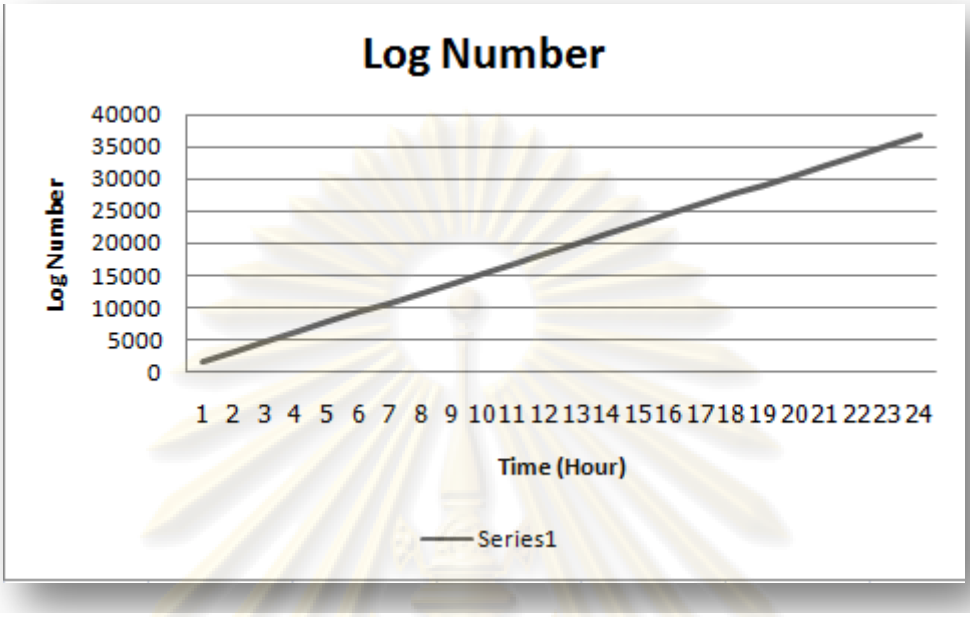
ขณะที่ระบบมีการทำงานการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีปรับปรุงเป็นระยะเวลาเพื่อหาว่าในการทำงานในปริมาณล็อกต่างๆ ต้องใช้เวลานานเท่าใด และนำค่าที่ได้มาใช้ในการพิจารณาว่าสมควรที่จะให้มีการทำการปรับปรุงเป็นระยะเวลาหรือไม่ แต่ต้องคำนึงถึงว่าหากทำการปรับปรุงเป็นระยะเว ลานั้นอาจจะทำให้ระบบมีการทำงานที่หนักบ้าง แต่ว่าจะใช้เวลาที่สั้นกว่าในการทำการปรับปรุงระบบจากล็อกเมื่อทางเครื่องแม่ข่ายหลักไม่สามารถทำงานได้ โดยค่าที่วัดได้จำนวนล็อก 920 ล็อกจะใช้เวลาประมวลผลทั้งหมด 32 วินาที ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้มาคำนวนเวลาที่จะใช้ประมวลผ ลเมื่อมีจำนวนล็อกที่มากขึ้น ดังแสดงสรุปในตารางที่ 4.13 และนำค่าเวลาในแต่ละชั่วโมงมาเปรียบเทียบจำนวนปริมาณล็อกสะสมมาแสดงดังรูปที่ 4.14 และนำค่าเวลามาเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ประมวลผลล็อกสะสมในช่วงเวลาแต่ละชั่วโมงมาแสดงดังรูปที่ 4.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

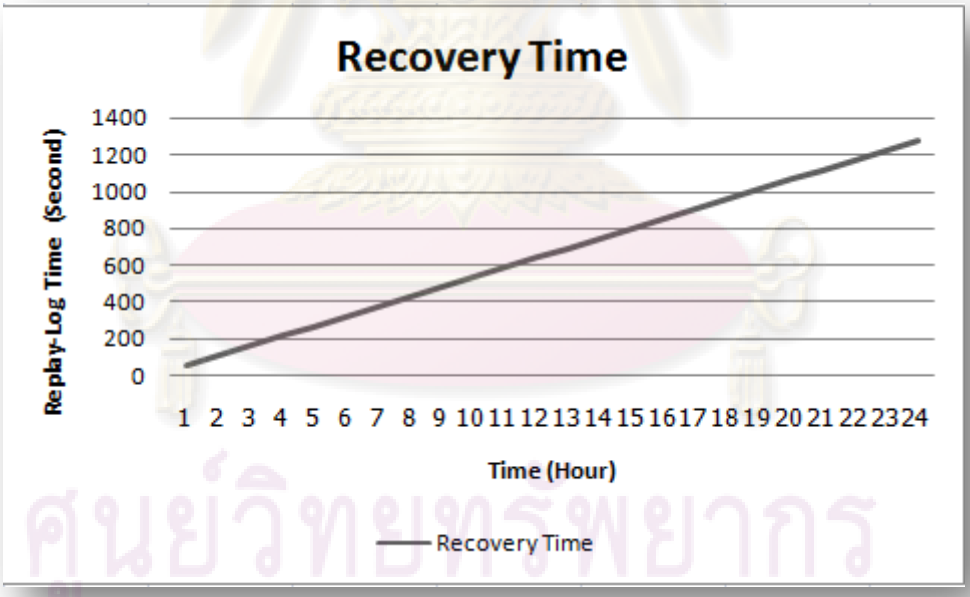
ตารางที่ 4.13 จำนวนปริมาณล็อกที่จะสะสมในแต่ละชั่วโมงและเวลาที่ใช้ประมวลผลตามจำนวนล็อกนั้น

เวลา (ชั่วโมง)	จำนวนล็อกสะสม	เวลาที่ใช้ปรับปรุงล็อกสะสม (วินาที)
1	1533	53
2	3067	107
3	4600	160
4	6133	213
5	7667	267
6	9200	320
7	10733	373
8	12267	427
9	13800	480
10	15333	533
11	16867	587
12	18400	640
13	19933	693
14	21467	747
15	23000	800
16	24533	853
17	26067	907
18	27600	960
19	29133	1013
20	30667	1067
21	32200	1120
22	33733	1173
23	35267	1227
24	36800	1280

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 จำนวนปริมาณล็อกสะสมเมื่อเทียบค่าเวลาในแต่ละชั่วโมง



รูปที่ 4.15 เวลาที่ใช้ประมวลผลล็อกสะสมเมื่อเทียบกับค่าเวลาแต่ละชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4.3 การวัดเวลาตอบสนองของระบบงานเมื่อมีการกู้คืนระบบ

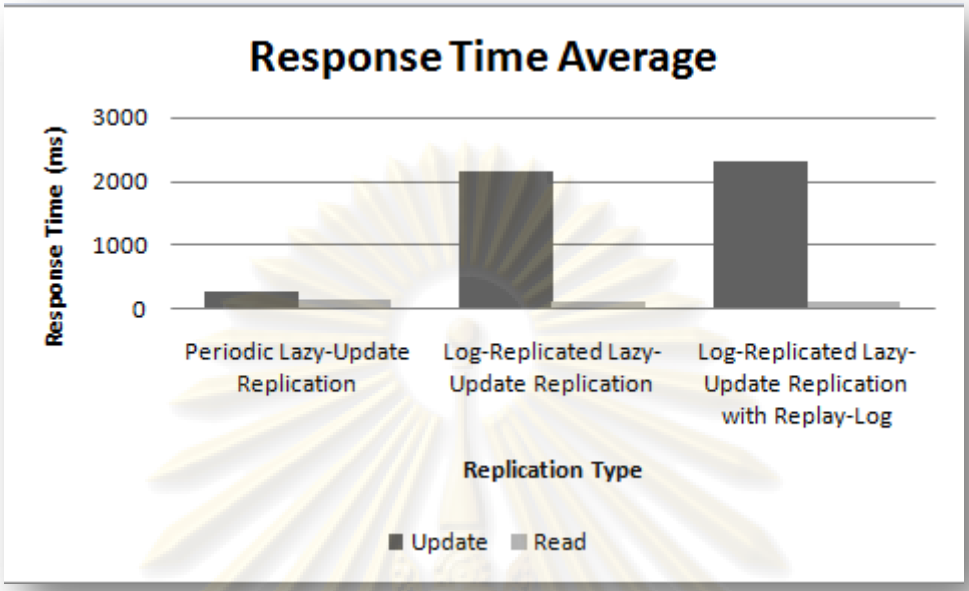
การนำล็อกมาปรับปรุงเป็นช่วงเวลาเพื่อทดสอบว่า หากมีการนำล็อกที่เครื่องแม่ข่ายสำรองรับมาจากเครื่องแม่ข่ายหลักมาทำการปรับปรุงเป็นช่วงเวลาเรื่อยๆ เพื่อลดจำนวนล็อกที่อยู่ในระบบ และเพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการกู้ล็อกขึ้นมา เมื่อทางเครื่องแม่ข่ายหลักเกิดปัญหาขึ้น

โดยในการทดสอบนี้จะนำเอาการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก มาเพิ่มโปรแกรมในการนำล็อกมาปรับปรุงข้อมูลเป็นช่วงเวลาในทางเครื่องแม่ข่ายสำรอง ซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดค่าที่โปรแกรมจะทำงานทุก 60 วินาทีตามการส่งข้อความล็อกมาจากเครื่ องแม่ข่ายหลัก โดย ผลการทดสอบระบบ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.14, 4.15 และ 4.16 เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวาดให้อยู่ในรูปของกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.16, 4.17 และ 4.18 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลและอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา

Replication Type	Update Transaction Response Time Average (ms)	Read Transaction Response Time Average (ms)
Periodic Lazy-Update Replication	283.89	144
Log-Replicated Lazy-Update Replication	2164.9	135
Log-Replicated Lazy-Update Replication with Replay-Log	2310.2	114

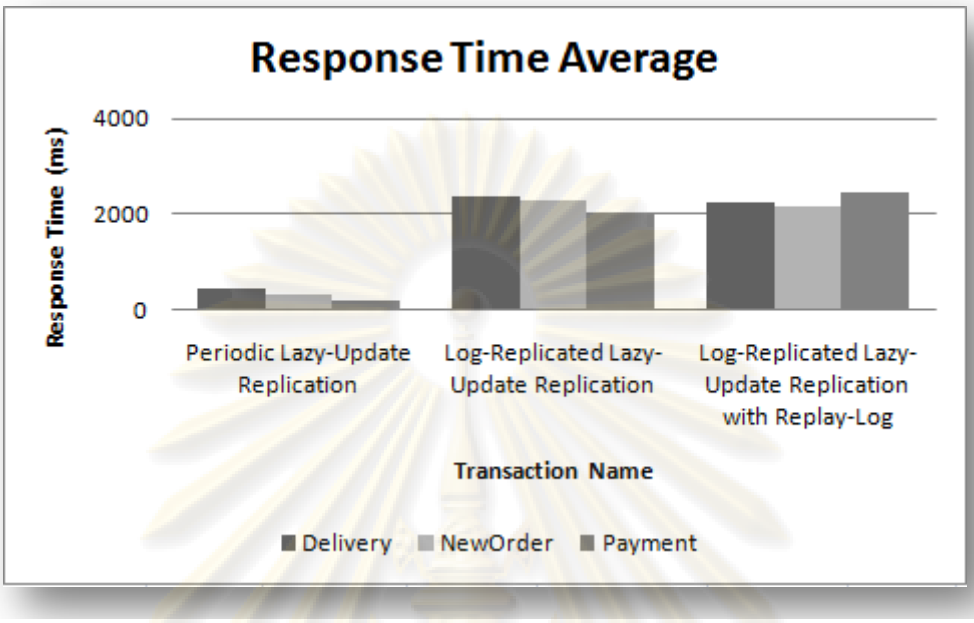
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.16 เวลาตอบสนองเฉลี่ยรวมการปรับปรุงและการอ่านข้อมูลของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา

ตารางที่ 4.15 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการปรับปรุงข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลาต่างๆ

Replication Type	Delivery Transaction Response Time Average (ms)	New-Order Transaction Response Time Average (ms)	Payment Transaction Response Time Average (ms)
Periodic Lazy-Update Replication	470.73	327.2222	221.167
Log-Replicated Lazy-Update Replication	2393.8	2308.918	1992.9
Log-Replicated Lazy-Update Replication with Replay-Log	2231.5	2184.069	2449.48

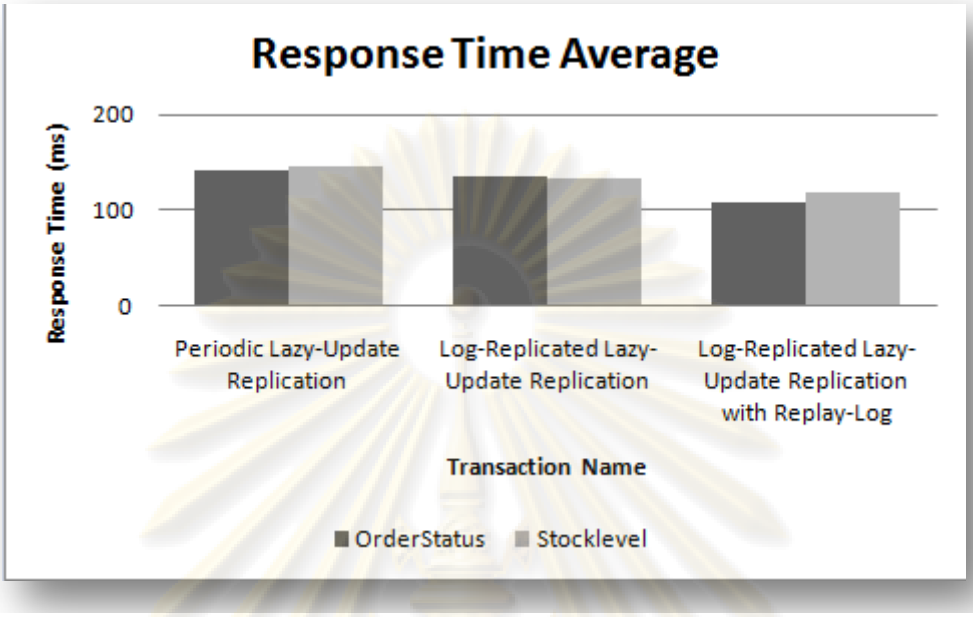


รูปที่ 4.17 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการปรับปรุงข้อมูลของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา

ตารางที่ 4.16 แสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมแบบต่างๆของการอ่านข้อมูลในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลาต่างๆ

Replication Type	Order-Status Transaction Response Time Average (ms)	Stock-Level Transaction Response Time Average (ms)
Periodic Lazy-Update Replication	141.525	146.825
Log-Replicated Lazy-Update Replication	136.35	133.4
Log-Replicated Lazy-Update Replication with Replay-Log	108.3	119.275

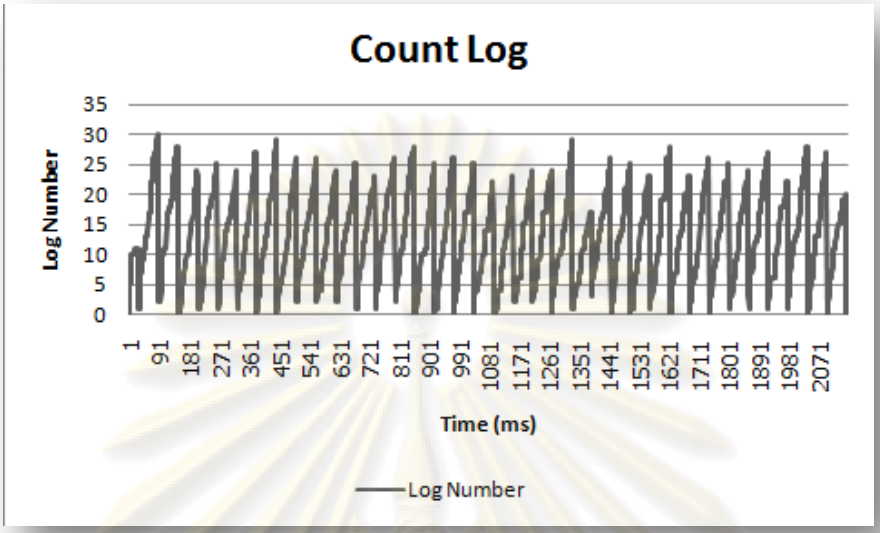
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของธุรกรรมในการอ่านข้อมูลของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตระหว่างมีการปรับปรุงและไม่มีการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา

เมื่อนับล็อกที่ถูกสะสมในฝั่งขอเครื่องแม่ข่ายสำรองจะได้ค่าดังนี้ การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต แบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา ซึ่งในการทดสอบนี้จะใช้เวลา 2154 วินาที โดยจะได้กราฟ ดังที่แสดงในภาพที่ 4.19 ที่จะมีการสะสมล็อกโดยเฉลี่ยประมาณ 12.93315 ล็อกต่อวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.19 แสดงจำนวนล็อกที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

4.3.4.4 การวัดการกระจายความถี่เมื่อมีการกู้คืนระบบ

ส่วนนี้จะแสดงการกระจายความถี่ของแต่ละธุรกรรมเมื่อมีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา เพื่ออธิบายพฤติกรรมของการทำงานของธุรกรรมในแต่ละอัลกอริทึม โดยจะทำการสังเกตุด้วยเวลาในความถี่ที่สูงที่สุดของแต่ละธุรกรรมที่ใช้ในการทดสอบ ในส่วนนี้จะเป็นการลงรายละเอียดที่ต่อเนื่องมาจ ากการวัดเวลาตอบสนอง โดยจะทำการวัดการกระจายความถี่ของแต่ละธุรกรรมเพื่อแสดงว่า ในแต่ละธุรกรรมนั้นมีการทำงานที่ดีในช่วงเวลาที่เท่าใด เพื่อพิจารณาว่าในแต่ละรูปแบบการทำซ้ำนั้นจะทำธุรกรรมในช่วงเวลาใด แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด โดยธุรกรรมของทีพีซีซีที่มาใช้ในการทดสอบมี 3 ธุรกรรม คือ ใบสั่งสินค้าใหม่ (New-Order), การชำระเงิน (Payment), การส่งมอบ (Delivery) ตามลำดับ ซึ่งเป็นธุรกรรมแบบปรับปรุง ซึ่งที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความถี่ในธุรกรรมการอ่านที่ทดสอบในหัวข้อการวัดการกระจายความถี่ แสดงผลว่าจะมีความถี่ที่ใกล้เคียงกันทุกรูปแบบการทำซ้ำ โดยจะแสดงในรูปแบบของการทำการทำซ้ำทั้งหมด เริ่มจาก การทำซ้ำแบบ เลซีอัพเดตแบบตามเวลา (Periodic Lazy-Update Replication) และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก (Log-Replicated Lazy-Update Replication) และการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต แบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรั บปรุงเป็นระยะเวลา (Replicated Lazy-Update Replication with Replay-Log) และการทำซ้ำแบบแพสซิฟ (Passive replication) ตามลำดับดังนี้

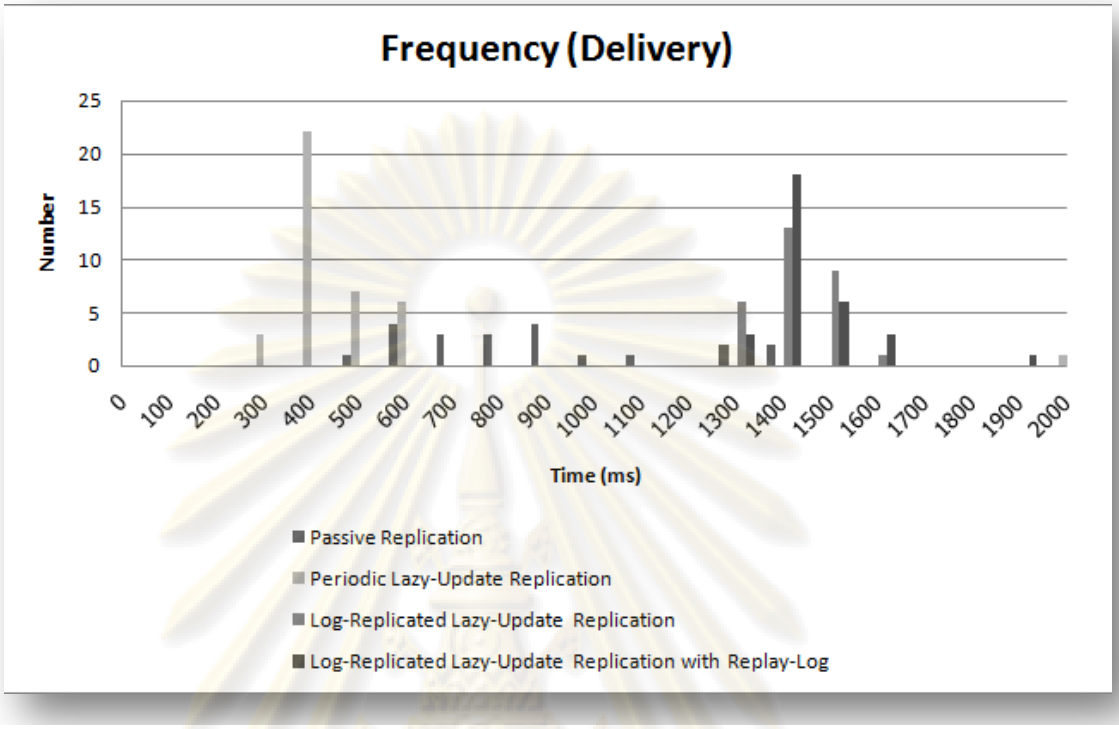
4.3.4.4.1 ธุรกรรมการส่งมอบของการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา

การกระจายความถี่ ของธุรกรรมการส่งมอบจะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.17 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดง การกระจายความถี่ ของธุรกรรมการส่งมอบดังรูปที่ 4.20

ในธุรกรรมการส่งมอบ จะประกอบด้วยการทำซ้ำแบบ เลซีอัพเดตแบบตามเวลาซึ่งจะมีค่า การกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเ วลา 301-400 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต แบบ ทำซ้ำล็อก จะมีค่า การกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเวลา 1301-1400 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา จะมีค่าการกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเวลา 1301-1400 มิลลิวินาที และการทำซ้ำแบบแพสซิฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 501-600 มิลลิวินาทีและช่วงเวลา 901-1000 มิลลิวินาที

ในการกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบนี้ จะแสดงให้เห็นว่า การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาและการทำซ้ำแบบแพสซิฟนั้น จะมี ช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในเวลาระหว่าง 0-1000 มิลลิวินาที แต่ในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่มากกว่า 1000 มิลลิวินาทีขึ้นไป แสดงให้เห็นว่า การทำซ้ำ แบบเลซี อัพเดต แบบทำซ้ำล็อกทั้งแบบที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลาและไม่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลาจะมีการกระจายความถี่ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าว จะมีช่วงความถี่ที่ช้ากว่า รูปแบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟ แต่ก็ยังสามารถทำให้การทำงานโดยเฉลี่ยนั้น นใกล้เคียงกับการทำซ้ำแบบแพสซิฟได้ โดยการที่การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้นมีความถี่อยู่ในช่วงดังกล่าว มาจากรูปแบบของการทำงานภายในที่ต้องมีกระบวนการที่ต้องนำข้อความที่รับมาจากเครื่องลูกข่ายมาทำให้ให้กลายเป็นรูปแบบล็อกก่อนที่จะส่งไปยังฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.20 การกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการส่งมอบโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

Time Range (ms)	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number	Replicated Lazy-Update Replication with Replay-Log Frequency Number	Passive Replication Frequency Number
0-100	0	0	0	0
101-200	0	0	0	0
201-300	3	0	0	0
301-400	22	0	0	0
401-500	7	0	0	1
501-600	6	0	0	4
601-700	0	0	0	3
701-800	0	0	0	3
801-900	0	0	0	4
901-1000	0	0	0	1
1001-1100	0	0	0	1
1101-1200	0	0	0	0
1201-1300	0	6	3	2
1301-1400	0	13	18	2
1401-1500	0	9	6	0
1501-1600	0	1	3	0
1601-1700	0	0	0	0
1701-1800	0	0	0	0
1801-1900	0	0	1	0
1901-2000	1	0	0	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4.4.2 ธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ของการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา

การกระจายความถี่ ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ จะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.18 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดง การกระจายความถี่ ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ ดังรูปที่ 4.21

ในธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ จะประกอบด้วย การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา ซึ่งจะมีค่า การกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเวลา 201-300 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบทำซ้ำล็อกจะมีค่าการกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเวลา 1201-1300 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา จะมีค่าการกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเวลา 1201-1300 มิลลิวินาที และการทำซ้ำแบบแพสซิฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 401-500 มิลลิวินาที

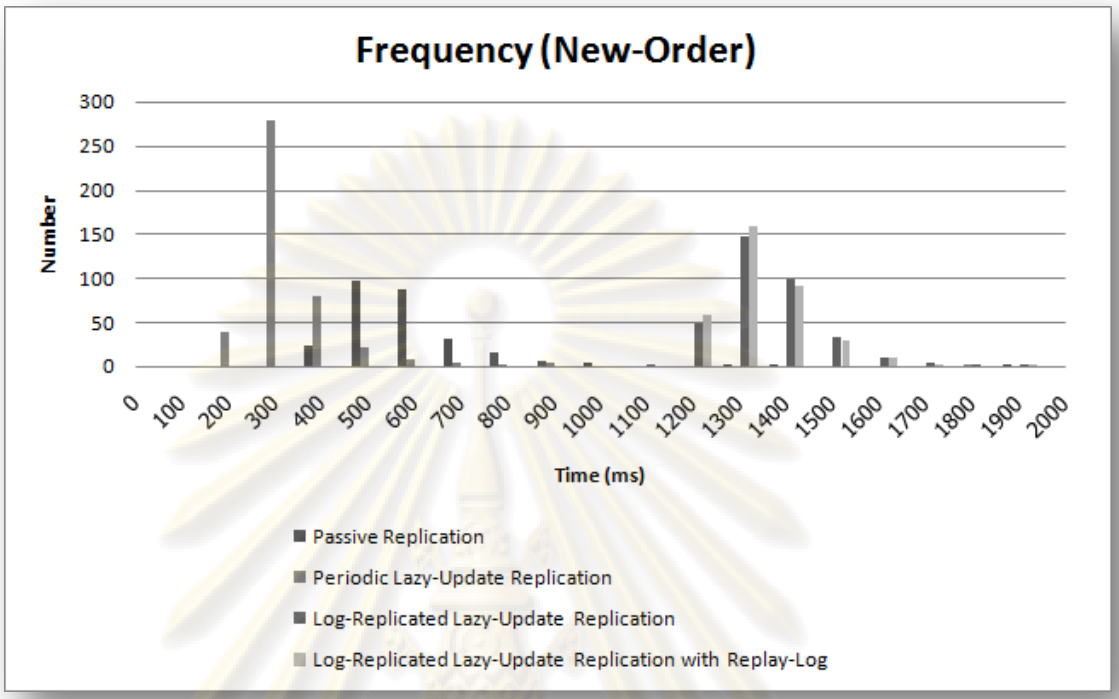
ในการกระจายความถี่ของธุรกรรม ใบสั่งสินค้าใหม่ นี้ จะแสดงให้เห็นว่าการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา และการทำซ้ำแบบแพสซิฟนั้น จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในเวลาระหว่าง 0-1000 มิลลิวินาที แต่ในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก และการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต แบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่มากกว่า 1000 มิลลิวินาทีขึ้นไป แสดงให้เห็นว่า การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต แบบทำซ้ำล็อกทั้งแบบที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลาและไม่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลาจะมีการกระจายความถี่ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าวจะมีช่วงความถี่ที่ช้ากว่ารูปแบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟ แต่ก็ยังสามารถทำให้การทำงานโดยเฉลี่ ยนั้นใกล้เคียงกับการทำซ้ำแบบแพสซิฟได้ โดยการที่การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้นมีความถี่อยู่ในช่วงดังกล่าวมาจากรูปแบบของการทำงานภายในที่ต้องมีกระบวนการที่ต้องนำข้อความที่รับมาจากเครื่องลูกข่ายมาทำให้ให้กลายเป็นรูปแบบล็อกก่อนที่จะส่งไปยังฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่โดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

Time Range (ms)	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number	Replicated Lazy-Update Replication with Replay-Log Frequency Number	Passive Replication Frequency Number
0-100	0	0	0	0
101-200	39	0	0	0
201-300	279	0	0	1
301-400	80	0	0	25
401-500	22	0	0	98
501-600	8	0	0	87
601-700	4	0	0	32
701-800	2	0	0	17
801-900	4	0	0	7
901-1000	0	0	0	5
1001-1100	1	2	1	1
1101-1200	1	48	58	0
1201-1300	0	147	159	2
1301-1400	1	99	92	2
1401-1500	1	33	29	1
1501-1600	0	9	11	1
1601-1700	1	4	2	0
1701-1800	2	2	1	0
1801-1900	1	2	2	2
1901-2000	0	0	2	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.21 การกระจายความถี่ของธุรกรรมใบสั่งสินค้าใหม่ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

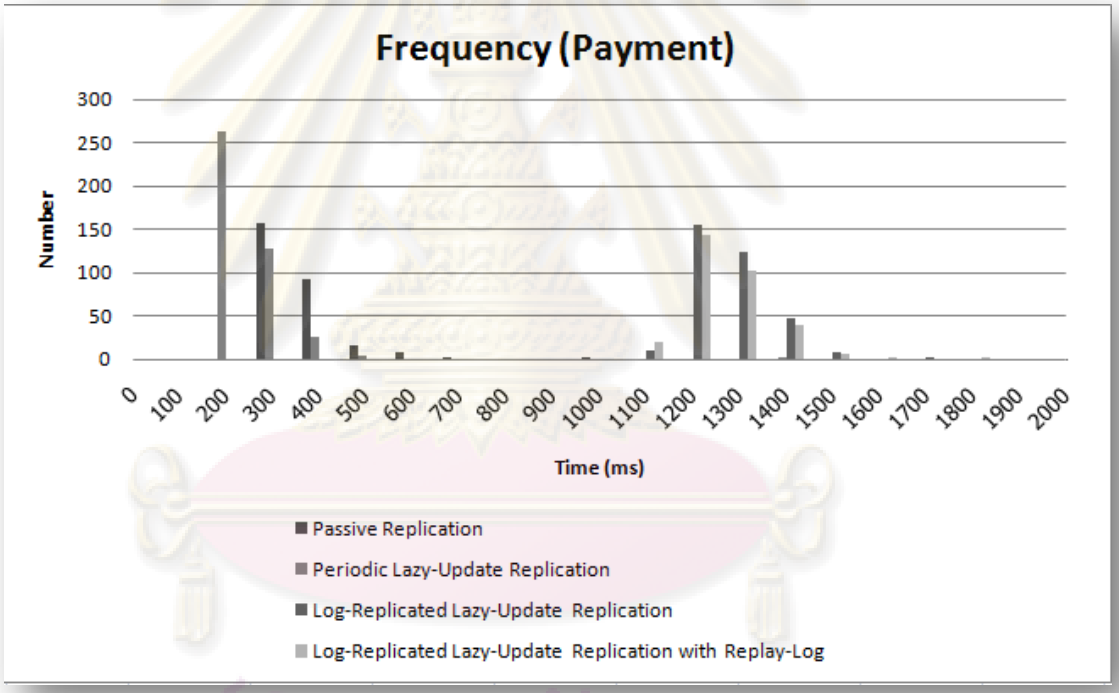
4.3.4.4.3 ธุรกรรมการชำระเงินของการปรับปรุงเป็นช่วงเวลา

การกระจายความถี่ ของธุรกรรมการชำระเงิน จะแสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.19 และนำไปแสดงในรูปแบบกราฟแสดง การกระจายความถี่ ของธุรกรรมการชำระเงิน ดังรูปที่ 4.22

ในธุรกรรมการชำระเงิน จะประกอบด้วย การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาซึ่งจะมีค่า การกระจายความถี่ มากที่สุดในช่ วงเวลา 101-200 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซี อัพเดต แบบ ทำซ้ำล็อก จะมีค่า การกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเวลา 1101-1200 มิลลิวินาที ส่วนการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา จะมีค่าการกระจายความถี่ มากที่สุดในช่วงเวลา 1101-1200 มิลลิวินา ที และการทำซ้ำแบบแพสซิฟจะมีค่าการกระจายความถี่มากที่สุดในช่วงเวลา 201-300 มิลลิวินาที

ในการกระจายความถี่ของธุรกรรม การชำระเงินนี้ จะแสดงให้เห็นว่า การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาและการทำซ้ำแบบแพสซิฟนั้น จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ใน

เวลาระหว่าง 0-1000 มิลลิวินาที แต่ในรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก และการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา จะมีช่วงความถี่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเวลาที่มากกว่า 1000 มิลลิวินาทีขึ้นไป แสดงให้เห็นว่า การทำซ้ำแบบเลซี อัพเดตแบบทำซ้ำล็อกทั้งแบบที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลาและไม่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลาจะมีการกระจายความถี่ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าว จะมีช่วงความถี่ที่ช้ากว่า รูปแบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟ แต่ก็ยังสามารถทำให้การทำงานโดยเฉลี่ยนั้นใกล้เคียงกับการทำซ้ำแบบแพสซิฟได้ โดยการที่การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกนั้นมีความถี่อยู่ในช่วงดังกล่าว มาจากรูปแบบของการทำงานภายในที่ต้องมีกระบวนการที่ต้องนำข้อความที่รับมาจากเครื่องลูกข่ายมาทำให้ให้กลายเป็นรูปแบบล็อกก่อนที่จะส่งไปยังฝั่งของเครื่องแม่ข่ายสำรอง



รูปที่ 4.22 การกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 แสดงการกระจายความถี่ของธุรกรรมการชำระเงินโดยแบ่งจำนวนการกระจายความถี่ออกตามช่วงเวลาต่างๆ ของรูปแบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา

Time Range (ms)	Periodic Lazy-Update Replication Frequency Number	Log-Replicated Lazy-Update Replication Frequency Number	Replicated Lazy-Update Replication with Replay-Log Frequency Number	Passive Replication Frequency Number
0-100	0	0	0	0
101-200	263	0	0	1
201-300	129	0	0	157
301-400	26	0	0	92
401-500	4	0	0	17
501-600	1	0	0	8
601-700	0	0	0	2
701-800	1	0	0	1
801-900	0	0	0	1
901-1000	1	0	1	2
1001-1100	1	10	20	0
1101-1200	0	155	144	0
1201-1300	0	124	103	0
1301-1400	2	47	40	0
1401-1500	0	9	6	0
1501-1600	0	1	3	0
1601-1700	0	2	1	1
1701-1800	0	0	2	0
1801-1900	0	1	1	0
1901-2000	0	1	0	0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.5 การประมาณเวลาตอบสนองของระบบงาน

จากผลการทดสอบในงานวิจัยในส่วนที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ออกมาจะเป็นค่าที่ไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดสำหรับระบบงาน เนื่องจากว่าในการทดสอบนี้ใช้การทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง ทำให้มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ค่าที่ได้ออกมา ไม่สมบูรณ์แบบในอุดมคติ ดังนั้น ภายในส่วนนี้จึงทำ การนำเอาผลที่ได้จากการทดสอบต่างๆ มาประมาณค่า เพื่อแสดงผลที่เต็มประสิทธิภาพสำหรับระบบงานในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ เครือข่ายที่ดี (Good Network) เครือข่ายที่ปานกลาง (Medium Network) และ เครือข่ายที่แย่ (Bad Network) ตามลำดับ สิ่งที่ทำให้ทั้ง 3 ระดับนี้แตกต่างกันก็คือ การสมมติค่าประมาณขนาดความจุของเครือข่ายของระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรองอันได้แก่ 10 Mbps, 1 Mbps และ 100 Kbps ตามลำดับ เนื่องจากขนาดความจุของเครือข่ายมีผลต่อการส่งข้อความระหว่างเครื่องแม่ข่ายในระบบแวน โดยการประมาณจะเกี่ยวข้องกับตัวแปรต่อไปนี้

R_x คือเวลาตอบสนองของรูปแบบการทำซ้ำ x

t_m คือเวลาที่ใช้ประมวลผลของเครื่องแม่ข่ายหลักซึ่งรวมเวลาที่ใช้ในรับส่งข้อความระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่ายหลักแล้ว

t_b คือเวลาที่ใช้ประมวลผลของเครื่องแม่ข่ายสำรอง

$t_n(m)$ คือเวลาที่ใช้ในระบบเครือข่ายเพื่อส่งข้อมูลจากเครื่องแม่ข่ายหลักถึงแม่ข่ายสำรอง โดยขึ้นอยู่กับขนาดของข้อความ m ที่ใช้ในการส่ง

โดยที่ค่าของ $t_n(m)$ จะมีรายละเอียดสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$t_n(m) = \text{Propagation Dalay}_{m\text{-}b} + (\text{Size}_{(m)} / \text{Bandwidth}_{m\text{-}b})$$

กำหนดให้ $\text{Propagation Dalay}_{m\text{-}b}$ คือ ค่าเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลขนาด 1 ไบท์ของระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง

$\text{Size}_{(m)}$ คือ ขนาดของข้อมูลที่ใช้ในการแลกเปลี่ยน ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำซ้ำ

$\text{Bandwidth}_{m\text{-}b}$ คือ ขนาดความจุของเครือข่ายของระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำรอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการประมาณเวลาตอบสนองของระบบการทำซ้ำนี้ จะ ประเมิน ค่าของสองระบบการทำซ้ำก็คือ การทำซ้ำแบบแพสซิฟและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกเท่านั้น เนื่องจากการทำซ้ำแบบเลซีอัพเ ดตแบบตามเวลานั้น ผลเวลาของการรับส่งระหว่างเครือข่ายนั้นมีน้อย จึงไม่ยกขึ้นมาทำการประมาณค่าในส่วนนี้ โดย เวลาตอบสนองของระบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟ และเวลาตอบสนองของระบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก นั้นจะกล่าวถึงในหัวข้อ 4.3.5.1 และ 4.3.5.2 ตามลำดับ

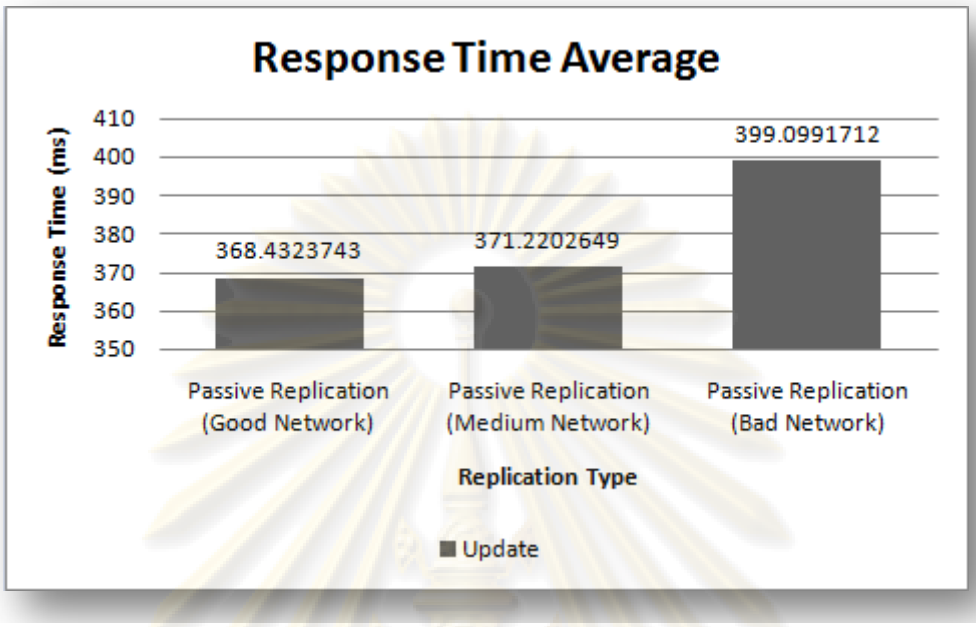
4.3.5.1 เวลาตอบสนองของระบบการทำซ้ำแบบแพสซิฟ

ในส่วนนี้จะ ทำการประมาณเวลาตอบสนองของธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลของการทำซ้ำแบบแพสซิฟ ซึ่งการประมาณค่า $R_{passive}$ จะเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

$$R_{passive} = t_m + t_b + 2t_n \text{ (update)}$$

ค่าที่นำมาแทนในส่วนของ t_m คือค่าของรูปแบบไม่มีการทำซ้ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.2456 วินาที, ค่า t_b เท่ากับ 0.0347 วินาที, ค่า Propagation $Dalay_{m-b}$ มีค่าเท่ากับ 0.04387 วินาที, ค่า $Size_{update}$ มีค่าเท่ากับ 1586 บิต และค่า $Bandwidth_{m-b}$ มีค่าเท่ากับ 10 เมกะบิตต่อวินาที เมื่อนำค่าทั้งหมดมาทำการคำนวนจะได้ผลเท่ากับ 0.3684 วินาทีหรือ 368.43 มิลลิวินาที (Good Network) เมื่อปรับเปลี่ยนค่า $Bandwidth_{m-b}$ ให้มีค่าเท่ากับ 1 เมกะบิตต่อวินาที มาทดสอบซึ่งนำมาคำนวนจะได้ค่าเท่ากับ 371.22 มิลลิวินาที (Medium Network) และเมื่อปรับเปลี่ยนค่า $Bandwidth_{m-b}$ ให้มีค่าเท่ากับ 100 กิโลบิตต่อวินาที มาทดสอบซึ่งนำมาคำนวนจะได้ค่าเท่ากับ 399.1 มิลลิวินาที (Bad Network) สามารถนำค่าที่ได้มาแสดงในรูปกราฟแบบแท่งเปรียบเทียบตามลักษณะของเครือข่ายรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



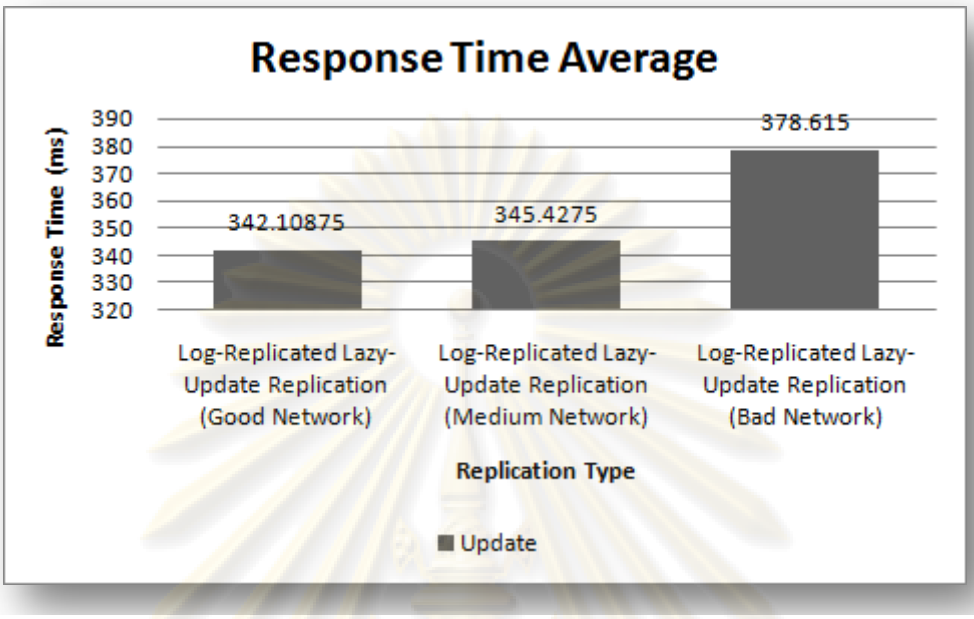
รูปที่ 4.23 การประมาณเวลาตอบสนองของการทำซ้ำแบบแพสซิฟในเครือข่ายแบบต่างๆ

4.3.5.2 เวลาตอบสนองของระบบการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก

ในส่วนนี้จะ ทำการประมาณเวลาตอบสนองของธุรกรรมแบบปรับปรุงข้อมูลของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก ซึ่งการประมาณค่า $R_{Log\text{-}Replicated}$ จะเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

$$R_{Log\text{-}Replicated} = (t_m + t_{log}) + (t_{log}) + 2t_n\,(log)$$

ค่าที่นำมาแทนในส่วนของ t_m คือค่าของรูปแบบไม่มีการทำซ้ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.2456 วินาที, ค่า t_{log} มีค่าเท่ากับ 0.0042 วินาที, ค่า Propagation $Dalay_{m\text{-}b}$ มีค่าเท่ากับ 0.04387 วินาที, ค่า $Size_{log}$ มีค่าเท่ากับ 1888 บิต และค่า $Bandwidth_{m\text{-}b}$ มีค่าเท่ากับ 10 เมกะบิตต่อวินาที เมื่อนำค่าทั้งหมดมาทำการคำนวนจะได้ผลเท่ากับ 0.34210 วินาทีหรือ 342.1 มิลลิวินาที (Good Network) เมื่อปรับเปลี่ยนค่า $Bandwidth_{m\text{-}b}$ ให้มีค่าเท่ากับ 1 เมกะบิตต่อวินาทีมาทดสอบซึ่งนำมาคำนวนจะได้ค่าเท่ากับ 345.43 มิลลิวินาที (Medium Network) และเมื่อปรับเปลี่ยนค่า $Bandwidth_{m\text{-}b}$ ให้มีค่าเท่ากับ 100 กิโลบิตต่อวินาที มาทดสอบซึ่งนำมาคำนวนจะได้ค่าเท่ากับ 378.62 มิลลิวินาที (Bad Network) สามารถนำค่าที่ได้มาแสดงในรูปกราฟแบบแท่งเปรียบเทียบตามลักษณะของเครือข่ายรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 การประมาณเวลาตอบสนองของการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกในเครือข่ายแบบต่างๆ

เมื่อดูผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวนจะเห็นได้ว่า ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนขนาดของความจุของเครือข่ายนั้น ค่าที่ได้นั้นก็จะยังคงใกล้เคียงกันอยู่ แต่เมื่อนำไปเทียบกับค่าที่ ได้จากการทดสอบจริง จะเห็นได้ว่าแตกต่างกันเป็นอย่างมาก เนื่องจากในสภาพความเป็นจริงนั้น เครือข่ายจะมีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลาจากการใช้งานของเครือข่ายจึงทำให้เกิดผลที่แตกต่างกัน และในระหว่างการทำธุรกรรมนั้นจะมีบางจังหวะที่ต้องมีการรอเพื่อเข้าใช้ทรัพยากรฐานข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการทำซ้ำที่เรียกว่าแบบเลซีอัพเดต เพื่อทดแทนการทำซ้ำแบบแพสซิฟที่นิยมใช้ ในระบบศูนย์สำรอง ซึ่งเป็นรูปแบบการทำซ้ำที่สามารถ ทำให้เครื่องลูกข่ายสามารถแน่ใจได้ว่าข้อมูลจะไม่เสียหาย และยังสามารถใช้งานบริการได้เมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับเครื่องแม่ข่ายหลัก โดยแลกกับเวลาในการตอบสนองที่ลดลงและข้อมูลที่จะไม่ตรงกันของเครื่องแม่ข่ายทั้งหมดตลอดเวลา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้การทดสอบแบบ ทีพีซีซีมาทำเป็นบริการเว็บเซอร์วิส เพื่อเปรียบเทียบงานที่ทำได้และเวลาตอบสนอง โดยเอารูปแบบการทำงานแบบไม่ มีการทำซ้ำและการทำซ้ำแบบแพสซิฟ มาเปรียบเทียบร่วมกับการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตที่เป็นการทำงานในการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลาและการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อก

เมื่อมีการปรับปรุงข้อมูล การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต แบบตามเวลา ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในการทำซ้ำแบบแพสซิฟเป็นเวลา ถึง 88.68% และเมื่อนำการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบ ทำซ้ำล็อกเทียบกับเวลาของแบบแพสซิฟ เวลาจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า 7.91% ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทำเลซีอัพเดตแบบตามเวลานั้นจะให้ผลที่ ดีกว่ามาก แต่ก็มีข้อเสียก็คือข้อมูลระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรองอาจจะไม่ตรงกัน เนื่องจากว่าต้องรอระยะเวลาหนึ่งที่ระบบจะทำการส่งข้อความล็อกแลกเปลี่ยนกันระหว่างเครื่องแม่ข่ายทั้งสอง หากเกิดความเสียหายขึ้นที่จุดนี้ จะทำให้ข้อความที่อยู่ในเครื่องแม่ข่ายหลักช่วงนั้นสูญหายไป งานวิจัยนี้จึงพัฒนาการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น โดยในส่วนของผลการทดลองจะนำเอารูปแบบการทำซ้ำทั้ง 5 รูปแบบมาใช้ในงานวิจัยนี้คือ รูปแบบไม่มีการทำซ้ำ , การทำซ้ำแบบแพสซิฟ , การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบตามเวลา , การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกและ การทำซ้ำแบบเลซีอัพเดต แบบทำซ้ำล็อกที่มีการปรับปรุงเป็นระยะเวลา ตามลำดับ โดยจะทำการทดสอบ เวลาตอบสนองเฉลี่ย , การกระจายความถี่ของแต่ละธุรกรรม รวมไปถึงหากมีการนำล็อกมาทำการปรับปรุงเป็นระยะ

จากผลการทดลอ งพบว่าการทำซ้ำแบบเลซีอัพเดตแบบทำซ้ำล็อกแบบไม่มีการปรับปรุงตามเวลาจะมีปริมาณล็อกสะสมจำนวน 920 รายการเมื่อทำงานเป็นเวลา 39 นาที และแบบมีการปรับปรุงตามเวลาจะทำให้ระบบทำงานช้าลงกว่าแบบที่ไม่มีการปรับปรุงตามเวลาเล็กน้อย แต่มีข้อดีที่สามารถทำให้กู้ระบบกลับมาได้อ ย่างรวดเร็วเมื่อเครื่องแม่ข่ายหลักเกิดปัญหาขึ้นจนไม่

สามารถใช้งานได้ โดยจำนวนล็อก 920 ล็อกที่ใช้ในการทดสอบ จะต้องใช้เวลาประมวลผลทั้งหมด 32 วินาทีหรือคิดเป็น 0.0136% ของเวลาที่ล็อกสะสม

5.2 ข้อเสนอแนะ

แนวทางการพัฒนาในอนาคตของงานวิจัยนี้ คือส่วนของความมั่นคงปลอดภัยของข้อความ การส่งข้อความกอสซิฟระหว่างเครื่องแม่ข่ายหลักกับเครื่องแม่ข่ายสำรองเพื่อให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น รวมไปถึงการปรับปรุงข้อมูลให้ถูกต้องตรงกันของเครื่องแม่ข่ายทั้งสองฝั่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Landry, B., J. L., and Koger, M., S. . Dispelling 10 Common Disaster Recovery Myths: Lessons Learned from Hurricane Katrina and Other Disasters. Journal on Educational Resources in Computing (December 2006) : 6.

[2] Choy, M., Leong, H. V., and Wong, M. H.. Disaster Recovery Techniques for Database Systems. Communications of the ACM 2000 : 272-280.

[3] Dollimore, J., Kindberg, T., and Coulouris, G.. Distributed Systems: Concepts and Design. 4th ed. England : Addison Wesley, 2005.

[4] Osrael, J., Froihofer, L., Weghofer, M., and Goeschka, K., M.. Axis2-based Replication Middleware for Web Services. Proceeding of IEEE International Conference on Web Services 2007 : 591-598.

[5] Transaction Processing Performance Council. TPC BENCHMARK™ C. Available from http://www.tpc.org/tpcc : Transaction Processing Performance Council, 2007.

[6] Juszczyk, L., Lazowski, J., and Dustdar, S.. Web Service Discovery, Replication, and Synchronization in Ad-Hoc Networks. Proceeding of the First International Conference on Availability, Reliability and Security 2006.

[7] Salas, J., Perez-Sorrosal, F., Patino-Martinez, M., and Jimenez-Peris, R.. WS-Replication: A Framework for Highly Available Web Services. Proceeding of the 15th International Conference on World Wide Web 2006.

[8] Ladin, R., Liskov, B., Shrira, L., and Ghemawat, S.. Providing High Availability Using Lazy Replication. ACM Transactions on Computer Systems 1992 : 360-391.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภูวนาถ วงษ์อนุ เกิดเมื่อวันอาทิตย์ที่ 23 ธันวาคม 2527 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เกียรตินิยมอันดับสอง ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย