การออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนสำหรับการสอบถามข้อมูล ในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ

นาย มารุต ศิลปสุนทร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-508-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DESIGN OF SIGNATURE FILE METHOD FOR QUERYING IN AN OBJECT-ORIENTED DATABASE MANAGEMENT SYSTEM

MR. MARUT SILLAPASOONTORN

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-346-508-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนสำหรับการสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ
โดย	นาย มารุต ศิลปสุนทร
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์)

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มารุต ศิลปสุนทร : การออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนสำหรับการสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ. (A DESIGN OF SIGNATURE FILE METHOD FOR QUERYING IN AN OBJECT-ORIENTED DATABASE MANAGEMENT SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์, 122 หน้า. ISBN 974-346-508-1.

การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในการสอบถามข้อมูลจากระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ทำให้ลดเวลาในการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูล โดยทั่วไปจะสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุบนเส้นทางที่ใช้เป็นเส้นทางในการสอบถามข้อมูลเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถตอบคำถามจากการสอบถามข้อมูลซึ่งเกิดขึ้นนอกเส้นทางที่ได้สร้างสัญลักษณ์แสดงตนไว้ได้ งานวิจัยนี้เสนอโครงสร้างของการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท เพื่อเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุในลำดับชั้นทุก ๆ วัตถุเอาไว้ ทำให้สามารถตอบคำถามของการสอบถามข้อมูลได้จากทุก ๆ ตำแหน่งในลำดับชั้น เป็นการขยายขีดความสามารถของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนออกไป

การทดสอบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทเทียบกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ใช้โครงสร้างฐานข้อมูลแบบเส้นทางเดียวและเส้นทางหลายเส้นทางโดยทดสอบกับโครงสร้างข้อมูล 4 โครงสร้าง พบว่าเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลน้อยกว่าการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา .....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา ....2543……..	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ……

4070382321 :MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORD: SIGNATURE FILE / QUERY / TERMINAL VIRTUAL PATH/NON-TERMINAL VIRTUAL PATH

MARUT SILLAPASOONTORN : THESIS TITLE : (A DESIGN OF SIGNATURE FILE METHOD FOR QUERYING IN AN OBJECT-ORIENTED DATABASE MANAGEMENT SYSTEM) THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF.WANCHAI RIVEPIBOON, Ph.D., 122 PP.

ISBN 974-346-508-1.

Using signature file method in an object-oriented database management system decreases time to access objects by direct traversal. Generally, a signature file is constructed in the target path which will be the condition in a query predicate. But the signature file does not cover all of the conditions of predicate. This research is aimed to design the new structure of signature file - Terminal virtual path and Non-Terminal virtual path - which store all object signatures of the aggregation hierarchy. With Terminal virtual path and Non-Terminal virtual path, every predicate that occurs in any classes in the aggregation hierarchy can be queried. This method enhances the effectiveness of the path signature.

We compare the effectiveness of Terminal virtual path and Non-Terminal virtual path signature with the traditional method - path signature in four database schemes. One is one path aggregation hierarchy and the others are multi-path aggregation hierarchy. Terminal virtual path and Non-Terminal virtual path decrease both the searching time and false drop.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

File of study…….Computer Science…….. Advisor's signature…….

Academic year……2000…….. Co-advisor's signature……..

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยดูแล อบรมข้าพเจ้าให้สามารถทำงานวิจัยสำเร็จ กราบขอบพระคุณ อาจารย์พิชโยทัย มหัทธนาภิวัฒน์ ที่ช่วยดูแลและเป็นที่ปรึกษาแก่ข้าพเจ้าตลอดการทำวิทยานิพนธ์ กราบขอบพระคุณ Professor Dr.Dik Lun Lee ที่ช่วยแนะนำทางแก้ปัญหาบางประการแก่ข้าพเจ้า กราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พรศิริ หมื่นไชยศรี และอาจารย์ ดร.ธาราทิพย์ สุวรรณศาสตร์ ที่ช่วยแนะนำแนวทางทางต่าง ๆ ในการประชุมในห้องวิจัย กราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ทวิตีย์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

ข้าพเจ้าขอบคุณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ที่ให้ข้าพเจ้าได้มีสถานที่สำหรับทำวิทยานิพนธ์ ขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านในห้องปฏิบัติการ ที่ได้มีส่วนร่วมแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์

ในที่สุดนี้ ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ นางนงนุช ศิลปสุนทร นางขจีรัตน์ แก้วทานัง นายนิยมรัตน์ ชัยมงคล และนางสาวนฤมล ชัยมงคล บุพการีของข้าพเจ้า ที่ได้เลี้ยงดู อบรมตักเตือน จนข้าพเจ้า สำเร็จปริญญาโท ในครั้งนี้ ขอบคุณอาจารย์มนตรี นิรมิตศิริพงศ์ อาจารย์สุมิตร นิรมิตศิริพงศ์ ที่ได้เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าเรียนต่อจนสำเร็จ ขอบพระคุณ ดร.นุจารี ประสิทธิ์พันธ์ ที่กรุณาแนะนำแนวทางการศึกษาแก่ข้าพเจ้า

มารุต ศิลปสุนทร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ด

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 3

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์..... 4

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.2.1 แบบจำลองเชิงวัตถุ..... 4

2.2.2 ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ..... 6

2.2.3 คิวรีกราฟ..... 8

2.2.4 การเข้าถึงวัตถุ 10

2.2.5 แฮชฟังก์ชัน..... 12

2.2.6 แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน..... 14

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. การสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน……...16

3.1 แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน……..… 16

3.2 แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง……..... 21

4. การออกแบบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน……...26

4.1 แนวคิดในการออกแบบ……26

4.2 เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท…….…… 28

4.3 นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท……..30

4.4 โครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน……. 31

4.5 การสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท……..…33

5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน.....……..35

5.1 ปัจจัยที่คำนึงถึงในการเปรียบเทียบ.....…… 35

5.2 โครงสร้างของสคิมากราฟ……..36

5.3 ฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบ.....……...39

5.4 การวัดผลการเปรียบเทียบ…… 39

5.5 ตัวแปรที่ถูกควบคุม……..41

5.6 กระบวนการในการสอบถามข้อมูล..... 41

5.7 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน.....…45

5.7.1 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว....45

5.7.2 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง.....45

5.7.3 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง.....46

5.7.4 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง.....46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6. ผลการเปรียบเทียบการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในการสอบถามข้อมูล..... 48

6.1 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว..... 48

6.1.1 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส..... 48

6.1.2 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส..... 50

6.2 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง..... 55

6.2.1 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส..... 55

6.2.2 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส..... 57

6.3 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง..... 62

6.3.1 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส..... 62

6.3.2 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส..... 64

6.4.1 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง..... 70

6.4.1 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส..... 70

6.4.2 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส..... 72

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 78

7.1 สรุปผลการวิจัย..... 78

7.2 ข้อเสนอแนะ..... 79

รายการอ้างอิง..... 80

ภาคผนวก..... 81

ภาคผนวก ก การสร้างสัญลักษณ์แสดงตน..... 82

ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดลอง..... 84

ภาคผนวก ค ตัวอย่างการสอบถามข้อมูล..... 120

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 122

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตาราง ข.1 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....88
ตาราง ข.2 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....88
ตาราง ข.3 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....88
ตาราง ข.4 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....89
ตาราง ข.5 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส..... 89
ตาราง ข.6 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส..... 89
ตาราง ข.7 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....90
ตาราง ข.8 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....90
ตาราง ข.9 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....90
ตาราง ข.10 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....91
ตาราง ข.11 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....91
ตาราง ข.12 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....91
ตาราง ข.13 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 92
ตาราง ข.14 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตาราง ข.15 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 92
ตาราง ข.16 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....93
ตาราง ข.17 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....93
ตาราง ข.18 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....93
ตาราง ข.19 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 94
ตาราง ข.20 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 94
ตาราง ข.21 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 94
ตาราง ข.22 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 95
ตาราง ข.23 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 95
ตาราง ข.24 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 95
ตาราง ข.25 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 96
ตาราง ข.26 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 96
ตาราง ข.27 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 96
ตาราง ข.28 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตาราง ข.29 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....97
ตาราง ข.30 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....97
ตาราง ข.31 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 98
ตาราง ข.32 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 98
ตาราง ข.33 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 98
ตาราง ข.34 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 99
ตาราง ข.35 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 99
ตาราง ข.36 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 99
ตาราง ข.37 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....100
ตาราง ข.38 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....100
ตาราง ข.39 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....100
ตาราง ข.40 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....101
ตาราง ข.41 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส..... 101
ตาราง ข.42 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส..... 101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตาราง ข.43 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....102
ตาราง ข.44 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....102
ตาราง ข.45 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....102
ตาราง ข.46 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....103
ตาราง ข.47 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....103
ตาราง ข.48 แสดงผลการทดลองแบบสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....103
ตาราง ข.49 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....104
ตาราง ข.50 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....104
ตาราง ข.51 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....104
ตาราง ข.52 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....105
ตาราง ข.53 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....105
ตาราง ข.54 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....105
ตาราง ข.55 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....106
ตาราง ข.56 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตาราง ข.57 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....106
ตาราง ข.58 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....107
ตาราง ข.59 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....107
ตาราง ข.60 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....107
ตาราง ข.61 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 108
ตาราง ข.62 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 108
ตาราง ข.63 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 108
ตาราง ข.64 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....109
ตาราง ข.65 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....109
ตาราง ข.66 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....109
ตาราง ข.67 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....110
ตาราง ข.68 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....110
ตาราง ข.69 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส.....110
ตาราง ข.70 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตาราง ข.71 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 111
ตาราง ข.72 แสดงผลการทดลองแบบสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 111
ตาราง ข.73 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 112
ตาราง ข.74 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 112
ตาราง ข.75 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 112
ตาราง ข.76 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 113
ตาราง ข.77 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 113
ตาราง ข.78 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 113
ตาราง ข.79 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 114
ตาราง ข.80 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 114
ตาราง ข.81 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 114
ตาราง ข.82 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 115
ตาราง ข.83 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 115
ตาราง ข.84 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส..... 115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตาราง ข.85 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....116
ตาราง ข.86 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....116
ตาราง ข.87 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....116
ตาราง ข.88 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....117
ตาราง ข.89 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส..... 117
ตาราง ข.90 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน
เส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส..... 117
ตาราง ข.91 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....118
ตาราง ข.92 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....118
ตาราง ข.93 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....118
ตาราง ข.94 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....119
ตาราง ข.95 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....119
ตาราง ข.96 แสดงผลการทดลองแบบห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ
TVP และ NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส.....119

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูป 2.1 แสดงสคิมากราฟ..... 9
รูป 2.2 แสดงคิวรีกราฟ..... 9
รูป 3.1 แสดงการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน..... 16
รูป 3.2 แสดงการกระทำซูเปอร์อิมโพสของสัญลักษณ์แสดงตน..... 17
รูป 3.3 แสดงการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ..... 17
รูป 3.4 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน..... 18
รูป 3.5 แสดงการทำแอนด์ระดับบิตเพื่อสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตน..... 19
รูป 3.6 แสดงฐานข้อมูลที่มีลำดับชั้นรวมชุดหนึ่ง..... 22
รูป 3.7 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส D 22
รูป 3.8 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาสB และ D 22
รูป 3.9 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส A B และ D 23
รูป 4.1 แสดงโครงสร้างของลำดับชั้นรวมในฐานข้อมูลเชิงสวัตถุ..... 28
รูป 4.2 แสดงการวางโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนตามลักษณะเพรดิเคท..... 28
รูป 4.3 แสดงโครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท..... 29
รูป 4.4 แสดงโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท..... 29
รูป 4.5 แสดงโครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท..... 30
รูป 4.6 แสดงโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท..... 30
รูป 4.7 แสดงโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน..... 31
รูป 5.1 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียวในการทดลอง..... 37
รูป 5.2 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบสองเส้นทางในการทดลอง..... 37
รูป 5.3 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบสามเส้นทางในการทดลอง..... 38
รูป 5.4 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทางในการทดลอง..... 38
รูป 6.1 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูล ขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว..... 48
รูป 6.2 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูล ขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว..... 49
รูป 6.3 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูล ขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว..... 49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูป 6.4 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว..... 50
รูป 6.5 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว.....50
รูป 6.6 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว..... 51
รูป 6.7 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว..... 52
รูป 6.8 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว.....52
รูป 6.9 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว..... 53
รูป 6.10 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว.....53
รูป 6.11 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว..... 54
รูป 6.12 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว.....54
รูป 6.13 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสองเส้นทาง..... 55
รูป 6.14 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสองเส้นทาง.....56
รูป 6.15 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสองเส้นทาง..... 56
รูป 6.16 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสองเส้นทาง..... 57
รูป 6.17 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสองเส้นทาง.....57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูป 6.18 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสองเส้นทาง..... 58
รูป 6.19 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสองเส้นทาง.....59
รูป 6.20 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสองเส้นทาง..... 59
รูป 6.21 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสองเส้นทาง..... 60
รูป 6.22 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสองเส้นทาง.....60
รูป 6.23 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสองเส้นทาง..... 61
รูป 6.24 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสองเส้นทาง..... 61
รูป 6.25 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสามเส้นทาง.....62
รูป 6.26 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสามเส้นทาง..... 63
รูป 6.27 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสามเส้นทาง.....63
รูป 6.28 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสามเส้นทาง.....64
รูป 6.29 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสามเส้นทาง..... 65
รูป 6.30 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบสามเส้นทาง.....65
รูป 6.31 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสามเส้นทาง..... 67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูป 6.32 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสามเส้นทาง.....67
รูป 6.33 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสามเส้นทาง..... 68
รูป 6.34 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสามเส้นทาง.....68
รูป 6.35 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสามเส้นทาง..... 69
รูป 6.36 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบสามเส้นทาง.....69
รูป 6.37 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทาง.....70
รูป 6.38 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทาง..... 71
รูป 6.39 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทาง.....71
รูป 6.40 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทาง..... 72
รูป 6.41 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทาง.....73
รูป 6.42 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทาง.....73
รูป 6.43 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบห้าเส้นทาง.....75
รูป 6.44 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบห้าเส้นทาง.....75
รูป 6.45 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบห้าเส้นทาง..... 76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูป 6.46 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบห้าเส้นทาง.....76

รูป 6.47 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบห้าเส้นทาง..... 77

รูป 6.48 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบห้าเส้นทาง..... 77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ใช้แบบจำลองเชิงวัตถุในการออกแบบฐานข้อมูล ซึ่งวัตถุประกอบด้วย ลักษณะประจำ (Attribute) และวิธีการ (Method) วัตถุต่าง ๆ ในระบบจะมีปฏิสัมพันธ์กันได้หลายแบบ ลักษณะอย่างหนึ่งคือ ลักษณะประจำของวัตถุ มีค่าอ้างถึงวัตถุอื่นในระบบ เรียกว่าลักษณะประจำซ้อน (Complex Attribute) ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดความสัมพันธ์ ลำดับชั้นแบบรวม (Aggregation Hierarchy) ส่วนลักษณะประจำที่ไม่ได้มีค่าเป็นวัตถุอื่นในระบบ เรียกว่า ลักษณะประจำดั้งเดิม (Primitive Attribute)

สิ่งจำเป็นสำหรับระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุทุกระบบ คือ การสอบถามข้อมูล (Query Processing) อันเป็นกระบวนการสืบค้นข้อมูลในระบบเพื่อแสดงผลลัพธ์ให้สอดคล้องกับเพรดิเคท (Predicate) ในการสืบค้น ในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น ผลลัพธ์สำหรับการสอบถามข้อมูลคือ วัตถุที่สอดคล้องเพรดิเคทที่กำหนด ซึ่งหากเป็นการสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุที่มีลำดับชั้นรวม การสืบค้นวัตถุที่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูล จะต้องทำการท่องไป (Traverse) ในลำดับชั้นของวัตถุเพื่อหาวัตถุที่สอดคล้อง การท่องไปในลำดับชั้นนั้น หากท่องไปในลำดับชั้นของวัตถุโดยตรง จะทำให้เสียเวลาในการสืบค้นวัตถุเป็นอย่างมากกรณีที่มีวัตถุมากมายในระบบ ได้มีผู้วิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการต่าง ๆ ในการสืบค้นวัตถุในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วกว่าการสืบค้นโดยการท่องไปโดยตรง

การทำดัชนี (Indexing) เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำให้การสืบค้นวัตถุในฐานข้อมูล เป็นไปได้รวดเร็วกว่าการท่องไปโดยตรง การพัฒนาการทำดัชนีสำหรับระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุมีหลายวิธี เช่น การทำดัชนีทางเดิน (Path Indexing) การทำดัชนีซ้อน (Nested Index) (Bertino, 1994) เป็นต้น แต่การทำดัชนี ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วนี้ จะต้องเสียเนื้อที่ในการเก็บแฟ้มดัชนีจำนวนมาก จึงมีผู้นำแนวคิดของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน (Signature File) (Lee, 1992) มาช่วยในการทำดัชนี เพราะแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เป็นวิธีการทำดัชนีที่ใช้เนื้อที่ในการเก็บค่าดัชนีน้อยมากเมื่อเทียบกับวิธีอื่น และยังมีโครงสร้างของแฟ้มดัชนีที่ไม่ซับซ้อน รวมถึงสามารถครอบคลุมการสอบถามข้อมูลได้มากกว่า

วิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จะสร้างสัญลักษณ์แสดงตนในเส้นทางที่จะเป็นเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลเท่านั้น แต่หากพิจารณาลำดับชั้นของวัตถุในลักษณะต้นไม้ (Tree) ซึ่งมีหลายเส้นทางเดินพบว่า โอกาสที่ทุก ๆ วัตถุในลำดับชั้นจะเป็นเพรดิเคทในการสอบถามข้อมูลนั้น สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเดิม ไม่เหมาะในการประยุกต์ใช้ กับการสอบถามข้อมูล ที่เพรดิเคทเกิดขึ้นในทุก ๆ วัตถุในลำดับชั้น หรือหากสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนด้วยวิธีเดิม (Lee,1992) ต้องเสียเนื้อที่ในการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนขึ้นในทุกเส้นทางที่เป็นไปได้ ทำให้เกิดความซับซ้อนยุ่งยาก รวมทั้งจะเสียเนื้อที่ในการเก็บแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนมากขึ้นด้วย

ดังนั้น งานวิจัยนี้ มุ่งที่จะศึกษาการออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเพื่อให้สามารถรองรับการสอบถามข้อมูลในระบบฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ที่มีเพรดิเคทในการสอบถามข้อมูล เกิดขึ้นในทุก ๆ วัตถุในลำดับชั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนให้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน สำหรับการสอบถามข้อมูลจากระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ที่มีโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบทางเดินหลายทาง
2. เพื่อเปรียบเทียบการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในการทำดัชนีของลำดับชั้นรวมแบบทางเดินเดียว และทางเดินหลายทาง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนสำหรับลำดับชั้นของวัตถุที่ไม่พิจารณาวิธีการ (Methods) ในวัตถุ
2. ออกแบบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนสำหรับลำดับชั้นของวัตถุที่เป็นลำดับชั้นรวม (Aggregation Hierarchy) และเป็นแบบกราฟไม่มีวง (Acyclic Graph)
3. สร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนกับฐานข้อมูลเชิงวัตถุจำลอง
4. การทดสอบกระทำภายใต้หนึ่งโดเมนของระบบโปรแกรมประยุกต์

5. การทดสอบการทดลองกระทำบนการสอบถามข้อมูลที่มีเพรดิเคทแบบซิงเกิลเพรดิเคท (Single Predicate)

6. ค่าของลักษณะประจำเป็นแบบค่าเดี่ยว (Single Value)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนให้รองรับการสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ที่มีโครงสร้างแบบหลายทางได้

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

2. ออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเพื่อใช้ในการสอบถามข้อมูล

3. ออกแบบโครงสร้างลำดับชั้นของวัตถุเพื่อใช้ทดสอบวิธีการ

4. สร้างฐานข้อมูลจำลองเพื่อทดสอบวิธีการ

5. ทดสอบวิธีการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

6. สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

7. สรุปผลการวิจัย

8. จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์

การออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เพื่อให้สามารถรองรับเงื่อนไขของการสอบถามข้อมูล ได้จากทุก ๆ ลักษณะประจำของวัตถุในฐานข้อมูลนั้น มีโครงสร้างที่ซับซ้อนกว่าการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในบางเส้นทางของการสอบถามข้อมูล เนื่องจากจะต้องเก็บโครงสร้างของสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุในลำดับชั้นทั้งหมด ดังนั้น ผู้วิจัย มีแนวคิดที่จะศึกษาลักษณะของการสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ เพื่อจะออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนให้สามารถรองรับการสอบถามข้อมูลได้จากทุก ๆ วัตถุในลำดับชั้น

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 แบบจำลองเชิงวัตถุ (Object-Oriented Models)

วัตถุ (Object) ถูกนิยามด้วย ลักษณะประจำ (Attribute) และวิธีการ (Method) (Bertino, 1994) ซึ่งลักษณะประจำ แสดงสถานะของวัตถุ ส่วนวิธีการเป็นการกระทำที่แสดงพฤติกรรมของวัตถุในสถานะต่าง ๆ วัตถุแต่ละวัตถุเมื่อถูกสร้างขึ้นจะมีค่าตัวระบุวัตถุ (Object Identifier: OID) ซึ่งเป็นค่าระบุประจำวัตถุที่ทำให้วัตถุนั้นยูนิค (Unique) ในระบบนั้น วัตถุจะเป็นวัตถุเดียวกัน (Identify equality) เมื่อมีค่าตัวระบุวัตถุเท่ากัน แต่เมื่อวัตถุมีค่าของลักษณะประจำเท่ากัน เรียกว่า วัตถุมีค่าเท่ากัน (Value equality)

ลักษณะประจำของวัตถุ แสดงถึงสถานะต่าง ๆ ของวัตถุ ประกอบด้วยชื่อของลักษณะประจำและค่าของลักษณะประจำ (Dillion, 1993) โดยทั่วไป จะแบ่งลักษณะประจำออกได้ดังนี้

1) ลักษณะประจำดั้งเดิม (Primitive Attribute) ค่าของลักษณะประจำเป็นชนิดของค่าแบบดั้งเดิมซึ่งเป็นวัตถุที่นิยามไว้แล้วในระบบ เช่น จำนวนเต็ม เป็นต้น

2) ลักษณะประจำซับซ้อน (Complex Attribute) ของลักษณะประจำเป็น โครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้นกว่าลักษณะประจำดั้งเดิม อาจเป็น เซต

(Set) ลิสท์ (List) หรือ วัตถุอื่น ๆ ในระบบ ซึ่งหากค่าของลักษณะประจำเป็น วัตถุอื่น ๆ ในระบบ ก็จะทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบลำดับชั้นรวม

วิธีการ แสดงพฤติกรรมของวัตถุ ซึ่งกระทำโดยวัตถุนั้นเอง หรือถูกกระทำจากวัตถุอื่น อาจอยู่ในรูปของ โพรซีเดอร์ (Procedure) หรือ ฟังก์ชัน (Function) ทำให้วัตถุสามารถแสดงพฤติกรรมต่าง ๆ ออกมาได้ และผลจากการที่วัตถุแสดงพฤติกรรมต่าง ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะไปของวัตถุ วิธีการอาจทำให้วัตถุส่งข่าวสาร (Message) ถึงกัน เกิดการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างวัตถุ (Dillion, 1993)

วัตถุในระบบจะมีพฤติกรรมและลักษณะประจำของแต่ละวัตถุต่างกัน แต่หากวัตถุใด ๆ มีพฤติกรรมและลักษณะประจำเหมือนกัน เราเรียกว่า เป็นวัตถุชนิด (Type) เดียวกัน ซึ่งโครงสร้างของวัตถุก็จะเหมือนกันทั้งลักษณะประจำและวิธีการ เราจึงนิยามโครงสร้างของวัตถุชนิดเดียวกันในรูปของคลาส (Class) (Bertino, 1994) เปรียบเหมือนโครงร่าง (Template) หรือแม่แบบของวัตถุ และเรียกวัตถุของคลาสว่าเป็นอินสแตนซ์ (Instance) ของคลาสนั้น และคลาสสามารถสืบทอดลักษณะ (Inherit) ของตัวเองไปยังคลาสอื่น ๆ ได้เพื่อทำให้เกิดคลาสใหม่ที่มีลักษณะเพิ่มเติมจากคลาสเดิม เรียกคลาสที่ถูกถ่ายทอดลักษณะไป ว่า ซูเปอร์คลาส (Super class) และเรียกคลาสที่รับการถ่ายทอดลักษณะมาว่า สับคลาส (Subclass) การสืบทอดลักษณะ ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะที่เจาะจง และมีความเป็นทั่วไปน้อยลงกว่าเดิม และวัตถุ สามารถสืบทอดลักษณะของคลาสได้มากกว่าหนึ่งคลาสเรียกว่าการสืบทอดลักษณะแบบหลากหลาย (Multiple Inheritance)

ความสัมพันธ์ของคลาสในระบบ พิจารณาได้เป็นสองลักษณะ คือ

1) ความสัมพันธ์แบบอีสอะ (IS-A) เป็นความสัมพันธ์ในรูปของการสืบทอดลักษณะ เช่น คลาสของรถบรรทุก สืบทอดลักษณะมาจากคลาสของรถ เป็นต้น ความสัมพันธ์นี้ ทำให้เกิดลำดับชั้นแบบสืบทอดลักษณะ (Inheritance Hierarchy)

2) ความสัมพันธ์แบบแฮสอะ (HAS-A) เป็นความสัมพันธ์ในลักษณะของวัตถุมีลักษณะประจำเป็นวัตถุอื่น ๆ เช่น คลาสของรถยนต์ จะมีลักษณะประจำเป็นคลาสของ กระจก ประตู เป็นต้น ความสัมพันธ์นี้ ทำให้เกิดลำดับชั้นของวัตถุแบบ ลำดับชั้นรวม (Aggregation Hierarchy)

2.2.2 ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-oriented Database Management System)

ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น ใช้ตัวแบบเชิงวัตถุในการวางโครงสร้างข้อมูล ดังนั้น ลักษณะข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น จะประกอบไปด้วย วัตถุต่าง ๆ ตามโครงสร้างที่ได้วางไว้ ซึ่งวัตถุต่าง ๆ นั้น สามารถมีความสัมพันธ์กันได้ตามตัวแบบเชิงวัตถุ ดังนั้น การวางโครงสร้างข้อมูลของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น จะเริ่มด้วยการวางโครงสร้างของคลาส เรียกว่า สคิมากราฟ (Schema Graph) (Bertino, 1994) ซึ่งเมื่อได้สคิมาสกราฟแล้ว วัตถุใด ๆ ในฐานข้อมูล จะมีความสัมพันธ์กันตามสคิมากราฟที่ได้วางไว้ การสร้างวัตถุให้เกิดขึ้นในฐานข้อมูลนั้น ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุบางระบบมีกลไกของตัวเอง แต่ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุบางระบบอาศัยภาษาเชิงวัตถุในการสร้างวัตถุ ในงานวิจัยนี้ ใช้ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุที่พัฒนาด้วยภาษาจาวา (Java) ซึ่งการสร้างวัตถุนั้น อาศัยการสร้างด้วยคำสั่ง new ในภาษาจาวา

เมื่อสร้างวัตถุขึ้นแล้ว วัตถุเหล่านี้ จะถูกจัดเก็บได้สองแบบ คือ แบบชั่วคราวคือ เมื่อจบโปรแกรมก็จะสลายไป วัตถุเหล่านี้ จะไม่ถูกจัดการด้วยระบบฐานข้อมูล ส่วนวัตถุอีกชนิดหนึ่งคือ วัตถุที่เมื่อจบโปรแกรมยังคงอยู่ ซึ่งระบบการจัดการฐานข้อมูลจะนำไปเก็บในไฟล์ โดยลักษณะการจัดเก็บในไฟล์นั้น แต่ละระบบก็จะมีลักษณะการจัดเก็บแตกต่างกันไป แต่ส่วนใหญ่จะแบ่งพื้นที่ในดิสก์ออกเป็นเพจ (Page) ซึ่งแต่ละเพจจะมีเนื้อที่เท่ากัน วัตถุจะถูกเก็บลงในเพจ ซึ่งเพจหนึ่ง ๆ อาจมีวัตถุมากกว่าหนึ่งวัตถุได้ ดังนั้นการอ้างถึงวัตถุนี้ในภายหลัง ก็จะมีการอ้างถึงเพจที่วัตถุอยู่ด้วย เพื่อการเข้าถึงวัตถุได้อย่างรวดเร็ว

ความแตกต่างของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ กับระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ อยู่ตรงที่ ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น ใช้โครง

สร้างข้อมูลบางตัวแบบเชิงวัตถุ ดังนั้น วัตถุจะสามารถเชื่อมถึงกันได้โดยตรง โดยไม่ต้องใช้การทำดัชนีแบบระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ นอกจากนี้ ข้อมูลที่เก็บอยู่ในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น มีการเก็บแบบไม่ซ้ำซ้อน เช่น ข้อมูลส่วนตัวของบุคคลหนึ่ง ก็จะเก็บอยู่ในวัตถุเดียว ซึ่งหากเป็นระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ อาจต้องสร้างตารางหลายตารางเพื่อเก็บข้อมูลของบุคคลหนึ่ง แล้วสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตารางเหล่านั้น และจะเห็นได้ว่า ด้วยความแตกต่างนี้ ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายกว่าระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

การสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ หมายถึงการนำวัตถุที่มีเงื่อนไขตรงกับเพรดิเคท ในการสอบถามข้อมูลออกมาเป็นผลลัพธ์ ซึ่งระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุทั่วไป เปิดโอกาสให้เข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูล ได้สองวิธีคือ

1. การเข้าถึงโดยตรง ซึ่งวัตถุใด ๆ ในฐานข้อมูลสามารถเข้าถึงได้โดยตรง เมื่อทราบค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุนั้น โดยค่าตัวระบุวัตถุเป็นค่าที่บอกตำแหน่งของวัตถุในฐานข้อมูลว่า วัตถุนั้นอยู่ที่ใดในฐานข้อมูล การเข้าถึงวัตถุโดยการใช้ค่าตัวระบุวัตถุนั้น ระบบฐานข้อมูลจะเข้าไปดึงวัตถุได้โดยตรง ข้อเสียของการเข้าถึงวัตถุโดยตรงนั้น คือ หากวัตถุมีการเชื่อมถึงกันไปเรื่อย ๆ ทำให้การเข้าถึงด้วยวิธีนี้เสียเวลามาก

2. การเข้าถึงโดยการใช้ดัชนี หรือการสอบถามข้อมูล ซึ่งระบบจะทำการสร้างดัชนีไว้ เพื่ออ้างอิงตำแหน่งของวัตถุในฐานข้อมูล ทำให้การเข้าถึงข้อมูลง่ายกว่าการเข้าถึงโดยตรง ซึ่งมีวิธีในการสร้างดัชนีได้หลายวิธี เช่น ดัชนีเส้นทาง (Path Index) ดัชนีร่วม (Join Index) แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เป็นต้น (Bertino, 1994) แต่การสร้างดัชนีบางประเภทจะทำให้เสียเนื้อที่ในการสร้างแฟ้มดัชนีมาก

ในงานวิจัยนี้ มุ่งที่จะนำวิธีการของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน มาใช้เพื่อสร้างดัชนีในการสอบถามข้อมูลเชิงวัตถุ เพราะโครงสร้างของสัญลักษณ์แสดงตนนั้น ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนกับการทำดัชนีวิธีอื่น และใช้ได้ผลดีในระดับหนึ่ง (Lee, 1992)

2.2.3 คิวรีกราฟ (Query Graph)

คิวรีกราฟเป็นแบบจำลองใช้แสดงความสัมพันธ์ของคลาสที่เกี่ยวข้องกับการสอบถามข้อมูล เพื่อแสดงการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูล การสร้างคิวรีกราฟจะต้องมีองค์ประกอบดังนี้คือ สคิมากราฟ (Schema Graph) และ เพรดิเคท (Predicate) (Bertino, 1994)

สคิมากราฟ เป็นแบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ของลำดับชั้นของคลาสทั้งหมดที่อยู่ในระบบฐานข้อมูล เพื่อชี้ให้เห็นโครงสร้างของความสัมพันธ์ว่าเป็นไปอย่างไรตัวอย่างของสคิมากราฟ แสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงโครงสร้างข้อมูลในฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วยคลาสต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในฐานข้อมูล ก็จะเป็นไปตามสคิมากราฟด้วย

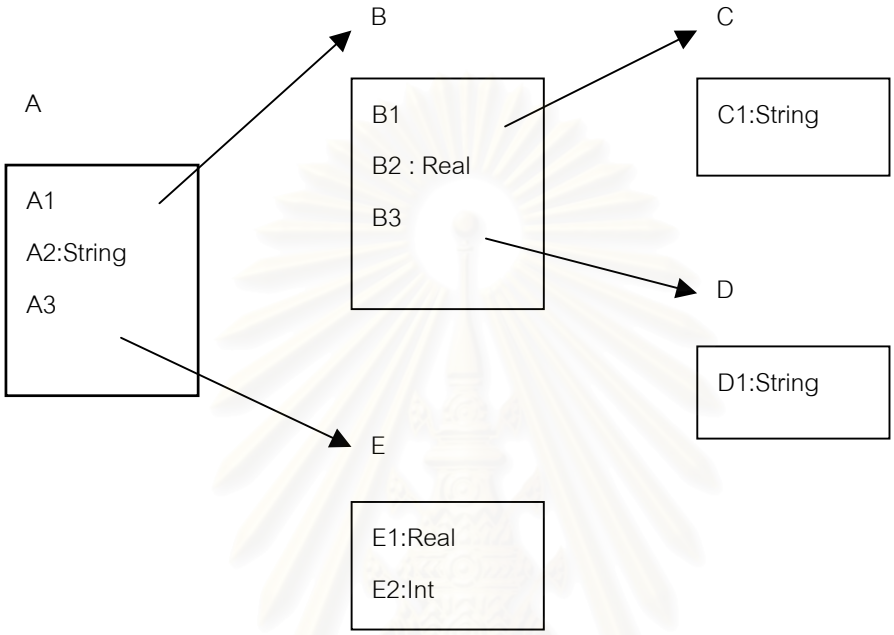
คิวรีกราฟ เป็นแบบจำลองย่อยของสคิมากราฟ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของคลาสที่เกี่ยวข้องกับเพรดิเคทในการสอบถามข้อมูล ดังนั้น การสร้างคิวรีกราฟ ทำได้โดยการพิจารณาว่า มีคลาสใดในเพรดิเคทที่เกี่ยวข้องกับการสอบถามข้อมูลบ้าง เมื่อพิจารณาได้คลาสที่เกี่ยวข้องแล้ว จึงนำสคิมากราฟ มาตัดคลาสที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ได้ผลลัพธ์เป็นคิวรีกราฟ

เพรดิเคท เป็นนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ที่แสดงเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูลประกอบด้วย วัตถุที่เป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูล ตัวปฏิบัติการ และวัตถุของคลาสที่เป็นผลลัพธ์ อาจแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะ

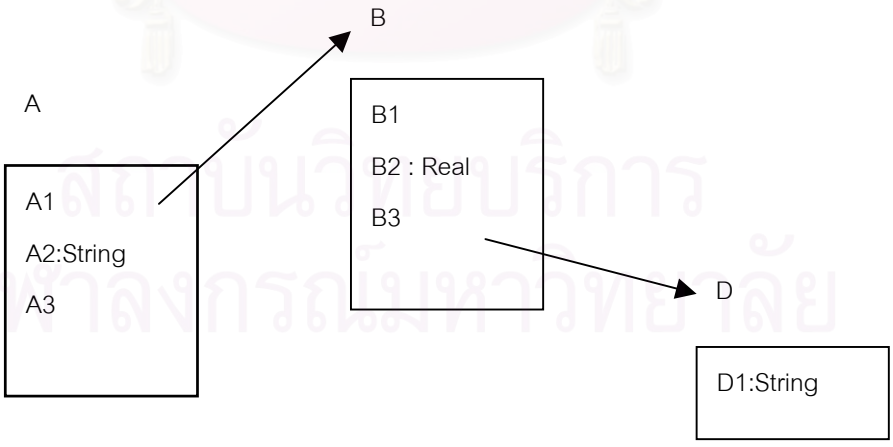
1) ซิมเพิลเพรดิเคท (Simple Predicate) หมายถึงเพรดิเคทที่ประกอบด้วยคลาส ที่อ้างถึงลักษณะประจำดั้งเดิมเป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูล
2) คอมเพลกซ์เพรดิเคท (Complex Predicate) หมายถึงเพรดิเคทที่ประกอบด้วยคลาส ที่อ้างถึงลักษณะประจำซับซ้อนเป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูล

การสอบถามข้อมูล จำเป็นต้องอาศัยเพรดิเคท เป็นสิ่งกำหนดเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูล เพื่อการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูล และกำหนดวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ การสร้างคิวรีกราฟสามารถสร้างได้จากเพรดิเคท เช่น จากรูปที่ 2.1 หากมี เพรทดิเคทเข้ามาสอบถามข้อมูลว่า Retrieve A

where <B.B2 = 2.5> and <A.B.D.D1 = “Montri”> จะเห็นได้ว่า คลาสที่เกี่ยวข้องกับการสอบถามข้อมูลคือ A B D ดังนั้น คิวรีกราฟ จะไม่พิจารณาคลาส C E ซึ่งเมื่อนำไปสร้างคิวรีกราฟแล้วจะได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 แสดงสคิมากราฟ



รูปที่ 2.2 แสดงคิวรีกราฟ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.4 การเข้าถึงวัตถุ (Access to Objects)

วัตถุในฐานข้อมูล อยู่กันอย่างกระจัดกระจาย โดยแต่ละวัตถุเชื่อมโยงกันและถูกอ้างถึงกันตามสคิมากราฟ ที่แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุในคลาสต่าง ๆ ไว้ ในการเข้าถึงวัตถุที่อยู่ในฐานข้อมูลนั้น โดยทั่วไปวิธีการอย่างง่ายในการเข้าถึงวัตถุ ทำได้ดังนี้

1) เนสเตทลูป (Nested-Loop) เป็นวิธีการเข้าถึงวัตถุในลำดับชั้นในฐานข้อมูล โดยพิจารณาวัตถุของคลาสใด ๆ ในคิวรีกราฟครั้งละหนึ่งวัตถุและท่องไปตามลำดับชั้นของวัตถุนั้น เพื่อตรวจสอบเพรดิเคท เมื่อเข้าถึงวัตถุครบทั้งลำดับชั้นเพื่อตรวจสอบเพรดิเคทแล้ว ก็จะเข้าถึงวัตถุลำดับต่อไปของคลาสเดิมเพื่อตรวจสอบเพรดิเคท ทำเช่นนี้จนครบทุกวัตถุในคลาสนั้น จะได้เซตของวัตถุที่สอดคล้องกับเพรดิเคท จากคิวรีกราฟในรูป 2.2 การเข้าถึงแบบเนสเตทลูปนั้น จะเข้าถึงวัตถุจากของคลาส A เป็นอันดับแรกเพื่อตรวจสอบเพรดิเคทจากนั้นจึงเข้าถึงวัตถุของคลาส B และ C ที่ถูกวัตถุของคลาส A อ้างถึง เมื่อครบแล้ว ก็ทำการเข้าถึงวัตถุของคลาส A ตัวต่อไปแล้วทำซ้ำกระบวนการเดิมเรื่อย ๆ จนครบทั้งฐานข้อมูล

2) ซอร์ทโดเมน (Sort-domain) จะพิจารณาการเข้าถึงวัตถุทุกวัตถุในคลาสใด ๆ ครั้งละหนึ่งคลาส โดยตรวจสอบวัตถุในคลาสนั้นทั้งหมดกับเพรดิเคทว่าเป็นไปตามเพรดิเคทหรือไม่ โดยจะไม่พิจารณาวัตถุที่ไม่สอดคล้องกับเพรดิเคทที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้เซตของวัตถุในคลาสนั้นที่สอดคล้องกับเพรดิเคท แล้วพิจารณาตรวจสอบวัตถุของคลาสต่อไปที่ถูกอ้างถึง ว่าสอดคล้องกับเพรดิเคทหรือไม่ โดยทำลักษณะเดียวกันนี้จนครบทั้งลำดับชั้น จากคิวรีกราฟในรูป 2.2 หากต้องการเข้าถึงวัตถุโดยใช้วิธีการซอร์ทโดเมนแล้ว จะทำการพิจารณาตรวจสอบวัตถุของคลาส A เป็นอันดับแรก เพื่อตัดวัตถุที่ไม่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูลออก แล้วเข้าถึงวัตถุของคลาส B และ C ต่อไปเพื่อตรวจสอบเพรดิเคทในลักษณะเดียวกัน

ความแตกต่างระหว่างวิธีเนสเตทลูป และวิธีซอร์ทโดเมน คือ วิธีเนสเตทลูปจะใช้การพิจารณาในลักษณะของลำดับชั้น แต่วิธีซอร์ทโดเมนจะพิจารณาที่

วัตถุก่อนจึงค่อยเข้าไปพิจารณาลำดับชั้น การเลือกวิธีการเข้าถึงทั้งสองแบบนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะ การทำดัชนีของฐานข้อมูล ว่าวิธีการได้ให้ผลรวดเร็วกว่า (Bertino, 1994)

สำหรับการท่องไปในลำดับชั้นของวัตถุนั้น สามารถทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปแล้ว มี 3 วิธีในการท่องไปในลำดับชั้น ดังนี้ คือ

1) การท่องไปข้างหน้า (Forward Traversal)

กำหนดคลาส $C_1, C_2, ..., C_n$ เป็นคลาสในลำดับชั้นที่เรียงกัน การท่องไปในคลาส C_i ในลำดับชั้น จะท่องเข้าไปตามลำดับซึ่งรวมถึงคลาสในคิวรีกราฟด้วย โดย $1 < i \leq n$ และ C_1 เป็นคลาสรากของคิวรีกราฟ

1.1) C_1 เป็นคลาสรากของคิวรีกราฟ

1.2) คลาสอื่น ๆ ถูกท่องไปโดยวิธีการค้นทางลึก (Depth-First Order)

2) การท่องย้อนกลับ (Reverse Traversal)

กำหนดคลาส $C_1, C_2, ..., C_n$ เป็นคลาสในลำดับชั้นที่เรียงกัน การท่องไปในคลาส C_i ในลำดับชั้น จะท่องเข้าไปตามลำดับซึ่งรวมถึงคลาสในคิวรีกราฟด้วย โดย $1 < i \leq n$ และ

2.1) C_1 เป็นลีฟโหนดของคิวรีกราฟ

2.2) C_i สามารถเป็นลีฟโหนดคลาสของคิวรีกราฟ

2.3) คลาสที่เป็นคลาสลูกของ C_i จะถูกท่องก่อนการท่อง C_i

3) การท่องแบบผสม (Mixed Traversal)

กำหนดคลาส $C_1, C_2, ..., C_n$ เป็นคลาสในลำดับชั้นที่เรียงกัน การท่องไปในคลาส C_i ในลำดับชั้น จะท่องเข้าไปตามลำดับซึ่งรวมถึงคลาสในคิวรีกราฟด้วย โดย $1 < i \leq n$ และ

3.1) C_i เป็นคลาสใด ๆ ของคิวรีกราฟ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2) C_i เข้าถึงโดยตรงจากคลาส $C_1, C_2, ..., C_{i-1}$

3.3) C_i และคลาสหนึ่งใน $C_1, C_2, ..., C_{i-1}$ สามารถเข้าถึงโดยวิธีท่องกลับ และ $C_{i+1}, C_{i+2}, ..., C_n$ เข้าถึงโดยวิธีท่องไปข้างหน้า

โดยปกติแล้ว การเลือกใช้การท่องไปทั้งสามแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบของแต่ละระบบการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียต่างกันไป (Bertino, 1994) เช่น หากเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ส่วนลีฟโหนด การท่องแบบย้อนกลับจะให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วกว่าการท่องแบบไปข้างหน้า เป็นต้น ส่วนการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูลนั้น ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูลได้สองวิธีคือ การเข้าถึงโดยตรงโดยการอ้างค่าตัวระบุวัตถุ หรือผ่านกระบวนการสอบถามข้อมูล

2.2.5 แฮซฟังก์ชัน (Hash function)

แฮซฟังก์ชัน เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งจำเป็นสำหรับการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน กระบวนการในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนทำได้โดยการนำค่าของข้อมูลที่ต้องการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน มาทำการคำนวณด้วยแฮซฟังก์ชัน ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นสายอักขระบิต (Bit String) ขึ้นมากลุ่มหนึ่ง เรียกว่าสัญลักษณ์แสดงตน (Signature)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยคำนึงถึงแฮซฟังก์ชันที่จะใช้ในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนเพื่อทดสอบวิธีการ ซึ่งมีข้อพิจารณาดังนี้

1) จำนวนบิตที่เป็น 1 ในสายอักขระ เนื่องจากผลลัพธ์จากการแฮซด้วยแฮซฟังก์ชันจะได้เป็นสายอักขระที่ประกอบด้วยบิตที่เป็น 0 และบิตที่เป็น 1 แต่การได้บิตที่เป็น 1 มากเกินไป ส่งผลต่อการกระทำกระบวนการซูเปอร์อิมโพสของสัญลักษณ์แสดงตน (อ่านรายละเอียดในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพิจารณาถึงแฮซฟังก์ชันที่ให้จำนวนบิตที่เป็น 1 คงที่ หรือ ไม่มากเกินไปนัก

2) ผลจากการแฮซ ต้องได้สัญลักษณ์แสดงตนที่ไม่เกิดการซ้ำกันของสัญลักษณ์แสดงตน ซึ่งผลจากการแฮซนั้น จะต้องได้สัญลักษณ์แสดงตนที่มีการกระจายของค่าสัญลักษณ์แสดงตน

กว้าง ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสอบถามข้อมูลด้วยสัญลักษณ์แสดงตน

ผู้วิจัยออกแบบแฮชฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน เพื่อให้ได้จำนวนบิตที่เป็น 1 ที่แน่นอน โดยอาศัยหลักการสุ่มค่าจากฟังก์ชันแรนดอม (Random Function) ในภาษาจาวา เพื่อสุ่มตำแหน่งของบิตที่จะกำหนดให้เป็น 1 โดยมีหลักการในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนดังนี้

1) สร้างค่าเริ่มต้นให้กับฟังก์ชันแรนดอม การสร้างค่าเริ่มต้นให้กับฟังก์ชันแรนดอมนั้น เพื่อให้ข้อมูลค่าเดียวกัน ให้ค่าสัญลักษณ์แสดงตนค่าเดียวกันทุกครั้ง จึงนำค่าข้อมูลที่ต้องการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนมาใช้ในการคำนวณ โดยแปลงค่าข้อมูลให้อยู่ในรูปจำนวนเต็มค่าหนึ่ง ซึ่งจำนวนเต็มนี้ จะใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการสุ่มตำแหน่งของบิตที่จะใช้กำหนดให้เป็น 1

2) สร้างเลขสุ่มเพื่อสร้างบิตที่เป็น 1 โดยการนำค่าเริ่มต้นที่ได้จากข้อ 1 มาเป็นค่าเริ่มต้นให้กับฟังก์ชันแรนดอม จากนั้นทำการสุ่มเลขจากฟังก์ชันแรนดอม ตามจำนวนบิตที่จะให้เป็น 1 เช่น จะให้สัญลักษณ์แสดงตนประกอบด้วยบิตที่เป็น 1 ทั้งหมด 4 บิต ก็ทำการสุ่มเลข 4 ครั้ง

3) สร้างสัญลักษณ์แสดงตนด้วยการนำค่าตำแหน่งของบิตที่เป็น 1 ที่สุ่มได้ มาเซตให้สัญลักษณ์แสดงตนมีบิตที่เป็น 1 ตามต้องการ ส่วนบิตอื่น ๆ จะมีค่าเป็น 0

ขั้นตอนในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนดังกล่าว ผู้วิจัยแสดงตัวอย่างการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนตามหลักการข้างต้นไว้ในภาคผนวก ก รูปที่ 2.3 แสดงผลจากการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนด้วยวิธีการในภาคผนวก ก

ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างเพื่อประกอบคำอธิบายดังนี้ เช่น หากต้องการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของคำว่า “MARUT” ดังนั้น ผู้วิจัยต้องนำค่า MARUT ไปสร้างค่าเริ่มต้นให้กับฟังก์ชันแรนดอม จากวิธีการในภาคผนวก ก จะคำนวณออกมาได้เป็น 4345512 ซึ่ง จะนำไปเป็นค่าซีด (Seed) ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นของการคำนวณตำแหน่งของบิตที่จะเซตเป็น 1

เมื่อได้ค่าเริ่มต้นหรือซีดแล้ว ผู้วิจัยต้องนำค่าเริ่มต้นนี้ให้กับฟังก์ชันแรนดอมเพื่อเริ่มคำนวณ สมมติว่า ผู้วิจัยต้องการให้สัญลักษณ์แสดงตนมีบิตที่เป็น 1 ทั้งหมด 4 บิต จากจำนวนสัญลักษณ์แสดงตน 32 บิต ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มเลขขึ้นมา 4 เลขจากฟังก์ชันแรนดอม ให้อยู่ระหว่าง 1 ถึง 32 เพื่อเลข 4 เลขนี้จะเป็นตำแหน่งของบิตที่จะเป็นเลข 1 ดังนั้น ผู้วิจัยทำการสุ่มค่าขึ้นมา 4 ค่า จากภาคผนวก ก จะได้ค่าดังนี้ 16 22 23 18

เมื่อได้ตำแหน่งของบิตที่เป็นตำแหน่งของเลข 1 แล้ว ผู้วิจัยจะสร้างสัญลักษณ์แสดงตน เริ่มด้วยการให้ค่าสัญลักษณ์แสดงตนเริ่มต้นเป็น 0 ทุกบิต แล้วนำสัญลักษณ์แสดงตนนี้ไปทำการออร์ระดับบิต (Bitwise OR) กับ 1 << I โดย I คือค่าตัวเลขที่ได้จากการสุ่มด้วยฟังก์ชันแรนดอมเหล่านั้น โดยผลคือ จะได้ตำแหน่งเหล่านั้น เป็นเลข 1 เมื่อให้ค่าบิตที่เป็น 1 แล้ว ผลที่ได้คือ สัญลักษณ์แสดงตน นั่นเอง

จากวิธีในภาคผนวก ก จะสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของคำว่า MARUT ได้เป็น 00000000011000101000000000000000 ซึ่งในภายหลัง หากมีคำว่า MARUT เข้ามา และต้องมีการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนแล้ว กระบวนการสร้างจะเป็นไปอย่างที่กล่าวมาข้างต้นอีก ซึ่งคำว่า MARUT ก็จะได้สัญลักษณ์แสดงตนเหมือนเดิมทุกครั้ง

2.2.6 แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเป็นวิธีการทำดัชนีเพื่อการสอบถามข้อมูลวิธีหนึ่ง ซึ่งมีโครงสร้างการทำดัชนีที่ไม่ซับซ้อนเหมือนการทำดัชนีด้วยวิธีอื่น โดยหลักการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จะสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ ซึ่งเกิดจากการนำลักษณะประจำดั้งเดิมมาแฮชด้วยแฮชฟังก์ชัน แล้วเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุนั้นลงในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนพร้อมค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุนั้น เมื่อต้องการสอบถามข้อมูลถึงวัตถุในฐานข้อมูล ก็สามารถสืบค้นได้จากแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

ข้อดีของการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในการสอบถามข้อมูลคือ มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนเหมือนวิธีการทำดัชนีวิธีอื่น และให้ผลในการสอบถามข้อมูลดีระดับหนึ่ง (Lee, 1992) รายละเอียดในการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนนั้น ให้ดูในบทที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยบรรยายถึงลักษณะการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนพร้อมวิธีการสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 Access Methods on Aggregation of Object-Oriented Database

S. Y. Sung and Jeffery Fu, 1996 ได้ศึกษาวิธีการทำดัชนีบนระบบฐานข้อมูลเชิงวัตถุในลำดับชั้นแบบรวม โดยเปรียบเทียบวิธีการในการเข้าถึงวัตถุด้วยการทำดัชนี สามวิธี คือ ดัชนีเส้นทาง (Path Index) ตารางเส้นทาง (Path Table) และแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน พร้อมทั้งได้อธิบายถึงการทำดัชนีแต่ละแบบ ว่ามีข้อดีข้อเสียอย่างไร งานวิจัยนี้เปรียบเทียบการเข้าถึงข้อมูล ในเรื่องของ Retrieval Cost และ Storage Cost ของแต่ละวิธี เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการนำแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเข้าไปช่วยในการทำดัชนี

จากงานวิจัยนี้ ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษาการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเพื่อนำไปใช้ในการสอบถามข้อมูล และงานวิจัยนี้ ยังชี้ให้เห็นถึงข้อดีของการใช้สัญลักษณ์แสดงตนว่า มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและยังให้ประสิทธิภาพที่ดีในการสอบถามข้อมูล

2.3.2 Signature File Methods for Indexing Object-Oriented Database System

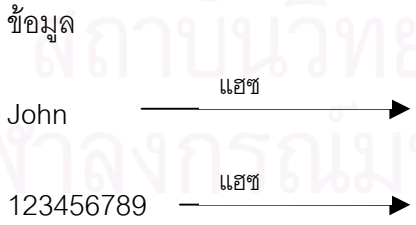
งานวิจัยนี้เสนอโดย Wang chien Lee and Dik Lun Lee, 1992 เสนอแนวคิดในการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในการสอบถามข้อมูลบนระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ สำหรับลำดับชั้นรวม พร้อมแสดงลักษณะการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ และสัญลักษณ์แสดงตนของทางเดิน และอธิบายโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบมีลำดับ และกระบวนการในการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนเมื่อเกิดการสอบถามข้อมูล ผู้วิจัย นำลักษณะของการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของงานวิจัยนี้ มาเป็นต้นแบบในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน รวมถึงลักษณะของการทำกระบวนการซูเปอร์อิมโพส ตลอดจนนำโครงสร้างพื้นฐานของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในงานวิจัยนี้ มาใช้ในการวิจัยด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

3.1 แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เป็นวิธีในการสืบค้นข้อมูลวิธีหนึ่ง ซึ่งมีหลักการสืบค้นด้วยการสร้างกลุ่มของสายอักขระบิต (Bit String) ขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลที่จะถูกสืบค้น เรียกว่า สัญลักษณ์แสดงตน โดยการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนนั้น ทำได้ด้วยการนำข้อมูลมาทำการคำนวณด้วยฟังก์ชันแฮซ (Hash Function) เพื่อให้ได้สายอักขระบิต เมื่อได้สัญลักษณ์แสดงตนแล้ว จึงเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของข้อมูลนั้นในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนพร้อมตำแหน่งของข้อมูลนั้นในแฟ้มข้อมูล และเมื่อมีการสืบค้นข้อมูลว่าอยู่ที่ใดในแฟ้มข้อมูล ก็จะสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของข้อมูลที่จะสืบค้นด้วยวิธีการเดียวกัน แล้วทำการสืบค้นจากแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของข้อมูล เพื่อให้สามารถเข้าไปยังตำแหน่งของข้อมูลได้โดยไม่ต้องสืบค้นในตัวฐานข้อมูล ข้อดีของการสืบค้นข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน คือ ใช้เนื้อที่น้อยกว่าการทำดัชนีด้วยวิธีอื่น และโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนไม่ซับซ้อนเหมือนการทำดัชนีวิธีอื่น แต่ก็มีข้อเสียคือ ในบางครั้งข้อมูลบางตัวอาจได้สัญลักษณ์แสดงตนเหมือนกันเนื่องจากฟังก์ชันแฮซไม่สามารถสร้างสัญลักษณ์แสดงตนที่ไม่เหมือนกันได้ทั้งหมด ทำให้การค้นหาผิดพลาดไป คือ ได้สัญลักษณ์แสดงตนที่ไม่ใช่ข้อมูลที่ต้องการค้นหา เรียกว่า ฟอลท์ดรอป (False drop) (Wang-chien Lee, 1991) ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการค้นหาด้วยวิธีใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ ตัวอย่างการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของข้อมูล แสดงดังรูปที่ 3.1 โดยเมื่อนำค่าของข้อมูล John และ 123456789 ทำการแฮซด้วยแฮซฟังก์ชันแล้ว ผลลัพธ์จะได้เป็นกลุ่มของอักขระบิต



รูปที่ 3.1 แสดงการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน

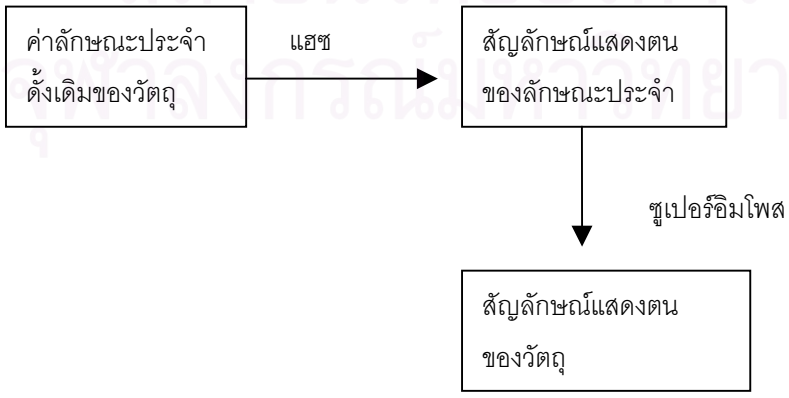
ในการนำความคิดของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนมาใช้กับการสอบถามข้อมูล ของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น มีผู้วิจัยไว้หลายวิธี เช่น ดัชนีเส้นทาง ตารางเส้นทาง เป็นต้น (S. Y. Sung, 1996) ซึ่งแต่ละวิธี มีจุดประสงค์ในการใช้งานแตกต่างกันไป แต่ในงานวิจัยนี้ มุ่งที่จะ

ออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เพื่อให้สามารถรองรับการสอบถามข้อมูลกับทุก ๆ วัตถุบนลำดับชั้นรวม ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบแบบเส้นทาง ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนที่จะได้ออกแบบ

วิธีการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุนั้น ทำได้โดยการนำค่าของลักษณะประจำดั้งเดิมทุก ๆ ลักษณะประจำผ่านการแฮชด้วยฟังก์ชันแฮช เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นสัญลักษณ์แสดงตนของลักษณะประจำ (Attribute Signature) และนำสัญลักษณ์แสดงตนของแต่ละลักษณะประจำ มาสร้างเป็นสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ ด้วยการทำกระบวนการซูเปอร์อิมโพส (Superimposed OR-ing) หมายถึง การนำสัญลักษณ์แสดงตนแต่ละตัวมารวมกันให้เป็นสัญลักษณ์แสดงตนเพียงสัญลักษณ์แสดงตนเดียว ด้วยตัวกระทำออร์ระดับบิต (Bitwise OR) และรูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการกระทำกระบวนการซูเปอร์อิมโพสเพื่อรวมสัญลักษณ์แสดงตน เมื่อลักษณะประจำถูกแฮชด้วยฟังก์ชันแฮชได้สัญลักษณ์แสดงตนแล้ว จะถูกซูเปอร์อิมโพสด้วยการกระทำกระบวนการออร์ระดับบิต ได้เป็นสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ ขั้นตอนในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

ข้อมูล		สัญลักษณ์แสดงตน
John	แฮช →	001 000 110 010
123456789	แฮช →	000 010 101 001
สัญลักษณ์แสดงตนที่ซูเปอร์อิมโพสแล้ว		001 010 111 011

รูปที่ 3.2 แสดงการกระทำซูเปอร์อิมโพสของสัญลักษณ์แสดงตน



รูปที่ 3.3 แสดงกระบวนการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ

จะเห็นได้ว่า วิธีการซูเปอร์อิมโพสนี้ สามารถเก็บบิตที่เป็น 1 ของแต่ละสัญลักษณ์แสดงตนไว้ได้ทุกสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัยจึงเลือกวีการนี้ในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ เมื่อได้สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุทุก ๆ วัตถุในฐานข้อมูลแล้ว สัญลักษณ์แสดงตนดังกล่าว จะถูกเก็บลงในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน พร้อมกับค่าตัวระบุวัตถุ (Object Identifier) ซึ่งมีโครงสร้างรูปที่ 3.4

สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ	ค่าตัวระบุวัตถุ
001 010 111 011	O4521:35215:27A

รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

การสืบค้นวัตถุในฐานข้อมูลโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จะใช้หลักการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนที่สอดคล้องกับเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูล กระบวนการในการสืบค้น เริ่มด้วยการนำค่าของลักษณะประจำดั้งเดิมที่เป็นเงื่อนไขในเพรดิเคท มาผ่านฟังก์ชันแฮซเพื่อให้ได้สัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถาม (Query Signature) แล้วนำสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถาม ค้นหาสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุที่สอดคล้องกันด้วยการกระทำกระบวนการแอนด์ระดับบิต (Bitwise AND) หากผลลัพธ์จากการกระทำกระบวนการแอนด์ระดับบิต ระหว่างสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามกับสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนมีค่าเท่ากับสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามแล้ว แสดงว่า วัตถุนั้น น่าจะเป็นผลลัพธ์ของการสอบถามข้อมูล แต่หากผลลัพธ์จากการกระทำกระบวนการแอนด์ระดับบิต ไม่ได้เท่ากับสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถาม แสดงว่า วัตถุนั้น ไม่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูล รูป 3.5 จะแสดงตัวอย่างการกระทำการแอนด์ระดับบิต ระหว่างสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามกับสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ โดยหากผลลัพธ์ระหว่างการทำแอนด์ระดับบิตของสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามกับสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน มีค่าเท่ากับสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถาม วัตถุนั้นจะสอดคล้องกับการสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตน แต่หากว่าผลลัพธ์ระหว่างการทำแอนด์ระดับบิตของสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามกับสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ ในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน มีค่าไม่เท่ากับสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามแล้ว วัตถุนั้น จะไม่เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลอย่างแน่นอน

สัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถาม	สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ	ผลลัพธ์จากการกระทำแอนด์ระดับบิต (Bitwise AND)	ผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูล
001 010 101 001	001 010 111 011	001 010 101 001	สอดคล้อง
010 001 000 011	001 010 111 011	000 000 000 011	ไม่สอดคล้อง

รูปที่ 3.4 แสดงการกระทำการแอนด์ระดับบิต เพื่อสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตน

เมื่อทำการสืบค้นจากแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเสร็จแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ คือ สัญลักษณ์แสดงตนและค่าตัวระบุวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามข้อมูลชุดหนึ่งซึ่งน่าจะเป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูล เหตุที่วัตถุเหล่านี้น่าจะเป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลคือสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุนั้น เกิดจากการทำกระบวนการซูเปอร์อิมโพสกันของสัญลักษณ์แสดงตนของลักษณะประจำ ดังนั้น สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุจะเก็บบิตที่เป็น 1 ของสัญลักษณ์แสดงตนของลักษณะประจำทุก ๆ ลักษณะประจำเอาไว้ เมื่อนำสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุมากระทำกระบวนการแอนด์กับสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถาม อาจทำให้การแอนด์ระดับบิตได้ผลลัพธ์ถูกต้อง แต่วัตถุนั้นอาจเป็นวัตถุอื่น ซึ่งไม่ได้เป็นคำตอบของการสอบถามเกิดเป็นฟอลท์ดรอป ดังนั้น เมื่อสิ้นสุดการสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตนแล้ว จะต้องนำวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ของการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งหมด มาตรวจสอบตามเพรดิเคทอีกครั้งหนึ่ง เพื่อขจัดวัตถุที่ไม่ใช่คำตอบของการสอบถามข้อมูลออกไป

ข้อดีของการใช้สัญลักษณ์แสดงตนช่วยในการสอบถามข้อมูล ในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุมีดังนี้คือ

1) โครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการใช้งาน

2) สามารถลดการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูลโดยตรงได้ เพราะการใช้สัญลักษณ์แสดงตนช่วยขจัดวัตถุที่ไม่ใช่คำตอบของการสอบถามข้อมูลออกไปได้ส่วนหนึ่ง

3) หากใช้ร่วมกับการทำดัชนีแบบอื่น สามารถลดเวลาในการสืบค้นด้วยดัชนีแบบอื่นได้ โดยมีการทดลองใน (S. Y. Sung and Jeffery Fu, 1996)

สำหรับกระบวนการในการสอบถามข้อมูลด้วยสัญลักษณ์แสดงตนนั้น สามารถนิยามได้ดังนี้

กำหนดให้คลาส $C_1, C_2, ..., C_n$ เป็นคลาสที่ประกอบความสัมพันธ์เป็นลำดับชั้นรวม แต่ละคลาสมีจำนวนลักษณะประจำดั้งเดิมเป็น $Na_{C_1}, Na_{C_2}, ..., Na_{C_n}$ ตามลำดับ มีจำนวนวัตถุที่เป็นอินสแตนซ์ เป็น $N_{C_1}, N_{C_2}, ..., N_{C_n}$ ตามลำดับ และแต่ละวัตถุ $O_{i,j}$ ของคลาส C_i โดย $1 \le i \le n$, $1 \le j \le N_{C_i}$ มีค่าตัวระบุวัตถุเป็น $Oid_{i,j}$ และสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุเป็น $Sig_{i,j}$ โดย $1 \le j \le N_{C_i}$

ดังนั้น แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ของคลาส C_i ใด ๆ โดย $1 \le i \le n$ นิยามได้ด้วยเซต

$$SF_i = \{(x, y) \mid x = Sig_{i,j} \wedge y = Oid_{i,j}; 1 \le j \le N_{C_i}\} \quad \ldots (3.1)$$

เซตของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ในลำดับชั้นรวม นิยามด้วยเซต

$$S = \{x \mid x = SF_i; 1 \le i \le n\} \quad \ldots (3.2)$$

เพรดิเคท $C_i.A_i = Qp; 1 \le i \le n$ ในการสอบถามข้อมูลใด ๆ ที่จะสืบค้นข้อมูล เมื่อนำค่า Qp ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูลผ่านการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนด้วยแฮชฟังก์ชัน จะได้สัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามข้อมูลเป็น Sq และดังนั้น ผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูลโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน จะได้เป็นเซต

$$Rs = \{(x, y) \in SF_i \mid x \wedge Sq = Sq\} \quad \ldots (3.3)$$

และดังนั้น Rs ย่อมเป็นเอกภพสัมพัทธ์ของเซตของวัตถุที่เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูล โดยการตรวจสอบเพื่อขจัดฟอลท์ดรอป ทำได้โดยการตรวจสอบวัตถุที่เป็นสมาชิกของ Rs ตามเพรดิเคท $C_i.A_i = Qp; 1 \le i \le n$

จากกระบวนการดังกล่าวพบว่า การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเพื่อช่วยในการสืบค้นข้อมูลนั้น มีจุดประสงค์คือ แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนจะช่วยแยกวัตถุที่น่าจะเป็นคำตอบและไม่เป็นคำตอบออกจากกัน แล้วตรวจสอบเฉพาะวัตถุที่น่าจะเป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูล ซึ่งจะช่วยลดเวลาของการเข้าถึงวัตถุโดยตรง และลดจำนวนวัตถุที่จะถูกตรวจสอบเงื่อนไขในเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูล

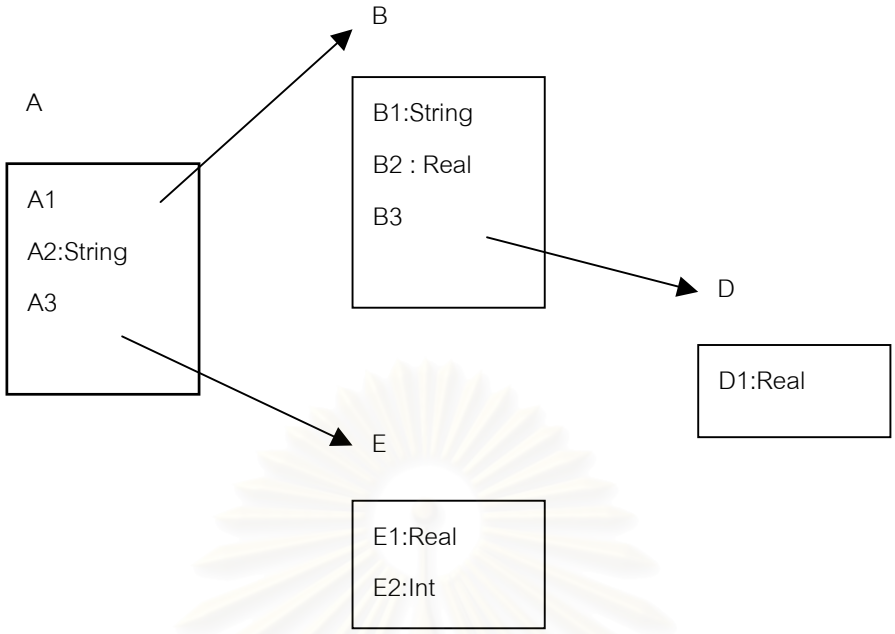
3.2 แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง

จากหลักการของการนำแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนมาใช้ในการสอบถามข้อมูลของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุนั้น วัตถุที่เป็นเงื่อนไขของการสอบถามข้อมูลจะถูกสร้างสัญลักษณ์แสดงตนเพื่อเก็บไว้ใช้ในการสอบถามข้อมูล แต่การสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุ มีข้อเสียคือ หากวัตถุของคลาสหลาย ๆ คลาสในลำดับชั้นเป็นเงื่อนไขของการสอบถามข้อมูลแล้ว จะต้องมีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาสเหล่านั้น ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน และยังไม่สามารถตอบสนองการสอบถามข้อมูลได้ในกรณีที่เพรดิเคทจากการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นที่คลาสต่างกัน โดยเงื่อนไขของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นที่คลาสใดคลาสหนึ่งในลำดับชั้นรวม และต้องการวัตถุผลลัพธ์ของการสอบถามข้อมูลของคลาสอื่นในลำดับชั้น ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีผู้คิดโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง (Path Signature) (Wand-chien Lee, 1992) เพื่อใช้ตอบสนองการสอบถามข้อมูลเมื่อเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นตามที่กล่าวมาข้างต้น โดยหลักการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้น จะมีการพิจารณาก่อนว่า วัตถุของคลาสบนเส้นทางใดในลำดับชั้นรวมเป็นเงื่อนไขสำหรับการสอบถามข้อมูล จึงทำการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุทุก ๆ วัตถุบนเส้นทางนั้น ซึ่งแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุใด ๆ บนเส้นทางนั้น จะประกอบด้วย

1) สัญลักษณ์แสดงตนที่เป็นผลลัพธ์จากการกระทำซูเปอร์อิมโพสของสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุนั้นและสัญลักษณ์แสดงตนที่เป็นลักษณะประจำซับซ้อนของวัตถุนั้นทั้งหมด

2) ค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุนั้นและค่าตัวระบุวัตถุของลักษณะประจำซับซ้อนของวัตถุนั้นทั้งหมด

รูปที่ 3.5 แสดงลำดับชั้นรวม ของฐานข้อมูลชุดหนึ่ง หากพิจารณาให้เส้นทางที่ประกอบด้วยคลาส A B และ D เป็นคลาสที่เป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูล กล่าวคือ ลักษณะประจำดั้งเดิมที่อยู่ในคลาส A B และ D เท่านั้น ที่จะถูกสอบถามข้อมูลโดยเพรดิเคท ดังนั้น จะมีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง เพื่อใช้ในการสอบถามข้อมูลบนเส้นทางของคลาส A B และ D



รูปที่ 3.5 แสดงฐานข้อมูลที่มีลำดับชั้นรวมชุดหนึ่ง

ลักษณะของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางที่จะถูกสร้างเพื่อใช้ในการสอบถามข้อมูลของวัตถุในคลาส A B และ D สามารถสร้างได้ดังนี้

1) แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส D มีโครงสร้างประกอบด้วย สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส D และค่าตัวระบุวัตถุของคลาส D ซึ่งมีโครงสร้างในหนึ่งแถว ดังรูปที่ 3.6

สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส D	ค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส D

รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส D

2) แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส B มีโครงสร้างประกอบด้วย สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส D และ B ที่ผ่านการกระทำซูเปอร์อิมโพสแล้ว และค่าตัวระบุวัตถุของคลาส B และ D มีโครงสร้างในหนึ่งแถวดังรูปที่ 3.7

สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส B D ที่ผ่านการซูเปอร์อิมโพส	ค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส B	ค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส D

รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส B และ D

3) แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส A มีโครงสร้างประกอบด้วย สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส D B และ A ที่ผ่านการกระทำซูเปอร์อิมโพสแล้ว และค่าตัวระบุวัตถุของคลาส A B D มีโครงสร้างในหนึ่งแถวดังรูปที่ 3.8

สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส A B D ที่ผ่านการซูเปอร์อิมโพส	ค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส A	ค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส B	ค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส D

รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส A B และ D

เมื่อสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุในเส้นทางที่จะมีการสอบถามข้อมูลได้แล้ว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเหล่านี้จะถูกเก็บไว้เพื่อใช้เป็นดัชนีในการสืบค้นวัตถุที่ต้องการ

การสืบค้นวัตถุโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้น ต้องพิจารณาเพรดิเคทที่เป็นเงื่อนไขของการสอบถามข้อมูลว่าเกิดขึ้นที่ใดและต้องการวัตถุของคลาสใดเป็นผลลัพธ์ เพื่อเลือกแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนที่ถูกต้องในการสืบค้น เพราะว่า ลักษณะการวางโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนี้ จะมีการเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุในเส้นทาง โดยแบ่งออกเป็นเส้นทางย่อย ๆ หลาย ๆ แฟ้ม ดังนั้น แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนที่จะใช้การสอบถามข้อมูลนั้น จะต้องประกอบด้วยเส้นทางที่มีวัตถุที่เกี่ยวข้องอยู่ในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จึงจะสามารถเข้าถึงวัตถุที่เป็นเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลได้

จากโครงสร้างข้อมูลในรูปที่ 3.2 หากต้องการสอบถามข้อมูลโดยมีเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูลคือ

Retrieve D where <A.B.B2 = 1.5>

จากเพรดิเคทดังกล่าว พบว่ามีวัตถุของคลาสสองคลาสที่เกี่ยวข้องกับการสอบถามข้อมูล คือ วัตถุของคลาส B และวัตถุของคลาส D โดยวัตถุที่เป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูล คือ วัตถุของคลาส B และวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ของการสอบถามข้อมูลคือ วัตถุของคลาส D ดังนั้น การสอบถามข้อมูลโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ต้องทำการค้นหาจากแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส B และ D ซึ่งคือโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแสดงในรูปที่ 3.7 เมื่อเลือกโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนได้แล้ว การสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน กระทำได้โดยวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่เนื่องจากแฟ้ม

สัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนี้ เก็บค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ของการสอบถามข้อมูลไว้ด้วย จึงสามารถเข้าถึงวัตถุได้ทันที ในที่นี้หมายถึงวัตถุของคลาส D

จากตัวอย่างดังกล่าว พบว่า การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้น สามารถขยายขอบเขตในการสอบถามข้อมูลของสัญลักษณ์แสดงตนออกไปได้ โดยสามารถสอบถามข้อมูลในเส้นทางที่ได้มีการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนไว้แล้ว แต่กระนั้น ในการสอบถามข้อมูลบางกรณี แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ก็ไม่สามารถตอบสนองการสอบถามข้อมูลได้ ผู้วิจัยได้พิจารณากรณีของการสอบถามข้อมูลที่เกิดขึ้นบางกรณีและไม่สามารถใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางได้ ดังนี้คือ

1) ในกรณีที่เพรดิเคท เกิดขึ้นบนเส้นทางที่ไม่ได้ทำการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนไว้ จะไม่สามารถสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางได้ ดังนั้น หากมีความน่าจะเป็นว่า เพรดิเคทจะเกิดขึ้นบนเส้นทางใด ก็จะต้องมีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนไว้บนเส้นทางนั้น ๆ ซึ่งผลที่ตามมาจากการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางไว้หลาย ๆ เส้นทางคือ เปลืองเนื้อที่ในการเก็บสัญลักษณ์แสดงตน โดยอาจไม่มีการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้น

2) เมื่อเพรดิเคทในการสอบถามข้อมูล เกิดขึ้นบนเส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง แต่ต้องการวัตถุผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูลในอีกเส้นทางหนึ่ง เช่น จากรูปที่ 3.5 เมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นบนคลาส B แต่ต้องการวัตถุของคลาส E เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูล ซึ่งพบว่า วัตถุของคลาส B และวัตถุของคลาส E อยู่คนละเส้นทาง ซึ่งไม่ได้มีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของคนละเส้นทางไว้ ในกรณีเช่นนี้ การอ้างถึงวัตถุของคลาส E เพื่อจะเป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลนั้น จะไม่สามารถทำได้โดยตรงโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง เพราะการอ้างถึงวัตถุของคลาส E นั้น จะต้องอ้างผ่านทางวัตถุของคลาส A ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับคลาส E ดังนั้น จะเสียเวลาเพิ่มขึ้นในการท่องไปในลำดับชั้นของฐานข้อมูล ทำให้เพิ่มเวลาในการสอบถามข้อมูลมาขึ้น และถ้าหากว่า การอ้างถึงนั้น ต้องกระทำผ่านวัตถุของคลาสหลาย ๆ คลาส เวลาในการเข้าถึงวัตถุโดยการท่องไปก็จะยิ่งเพิ่มสูงขึ้น

จากกรณีดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นข้อบกพร่องของการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ในการสอบถามข้อมูล ซึ่งมีข้อจำกัดอยู่ที่เส้นทางใดบางเส้นทางเท่านั้นในการสอบถามข้อมูล ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้ว วัตถุของคลาสใด ๆ ในฐานข้อมูล อาจ

ถูกสอบถามข้อมูลจากการสอบถามข้อมูลได้ ดังนั้น การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางเพียงอย่างเดียว จึงไม่สามารถตอบสนองการสอบถามข้อมูลได้อย่างเต็มที่ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ให้สามารถรองรับการสอบถามข้อมูลได้จากทุก ๆ วัตถุในคลาสใด ๆ ในลำดับชั้นรวมได้ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การออกแบบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 3 แล้วว่า การนำแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง มาใช้ในการตอบคำถามของการสอบถามข้อมูลนั้น ไม่สามารถตอบสนองการใช้งานได้อย่างสมบูรณ์เมื่อมีเพรดิเคทเกิดขึ้นในหลายเส้นทางในลำดับชั้นรวม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาถึงการออกแบบโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน เพื่อให้สามารถเก็บรายละเอียดของวัตถุในลำดับชั้นรวมได้อย่างครบถ้วน ทำให้สามารถตอบคำถามจากการสอบถามข้อมูลได้

4.1 แนวคิดในการออกแบบ

จากความต้องการที่จะให้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน สามารถตอบคำถามจากการสอบถามข้อมูลได้ทุก ๆ ตำแหน่งของวัตถุในลำดับชั้นรวม ดังนั้น แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน จะต้องเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุทุก ๆ วัตถุในฐานข้อมูลไว้ เพื่อใช้ในการสืบค้นในภายหลัง แต่การเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของทุก ๆ วัตถุด้วยวิธีการซูเปอร์อิมโพสสัญลักษณ์แสดงตนของทุก ๆ วัตถุนั้น จะทำให้เกิดฟอลท์ดรอปที่มากเกินไป ส่งผลทำให้ลดความสามารถในการสืบค้นข้อมูล

ผู้วิจัยจึงพิจารณาถึงลักษณะของเพรดิเคทที่เกิดขึ้นในการสอบถามข้อมูล พบว่า เพรดิเคทที่เกิดขึ้นในการสอบถามข้อมูล มักมีลักษณะดังนี้

1) เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลหรือคำตอบของการสอบถามข้อมูลอาจเกิดขึ้นที่วัตถุของคลาสที่ไม่มีลักษณะประจำซับซ้อนซึ่งอยู่ปลายสุดในลำดับชั้น เรียกว่าลีฟคลาส (Leaf Class) จากรูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมของฐานข้อมูลเชิงวัตถุที่มีคลาส C D และ E เป็นลีฟคลาส เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลหรือคำตอบของการสอบถามข้อมูลอาจเกิดขึ้นที่วัตถุของคลาส C D และ E

2) เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลหรือคำตอบของการสอบถามข้อมูลอาจเกิดขึ้นที่วัตถุของคลาสที่มีลักษณะประจำซับซ้อนซึ่งไม่ได้อยู่ปลายสุดในลำดับชั้น เรียกว่านอนลีฟคลาส (Non-Leaf Class) จากรูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมของฐานข้อมูลเชิงวัตถุที่มีคลาส A และ B เป็นนอนลีฟคลาส เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลหรือคำตอบของการสอบถามข้อมูลอาจเกิดขึ้นที่วัตถุของคลาส A และ B

3) เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลหรือคำตอบของการสอบถามข้อมูลอาจเกิดขึ้นที่วัตถุของคลาสที่เป็นลีฟคลาสและนอนลีฟคลาส จากรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงโครงสร้างลำดับชั้น

รวมของฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ซึ่งในกรณีนี้ เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูล หรือคำตอบของการสอบถามข้อมูลอาจเกิดขึ้นที่คลาสใด ๆ บนลำดับชั้นรวมคือเพรดิเคทอาจเกิดขึ้นที่คลาส A และ B และผลลพธ์ของการสอบถามข้อมูลอาจอยู่ที่คลาส C D และ E ซึ่งจะพบว่า เพรดิเคทเกิดขึ้นทั้งลีฟคลาสและนอนลีฟคลาส

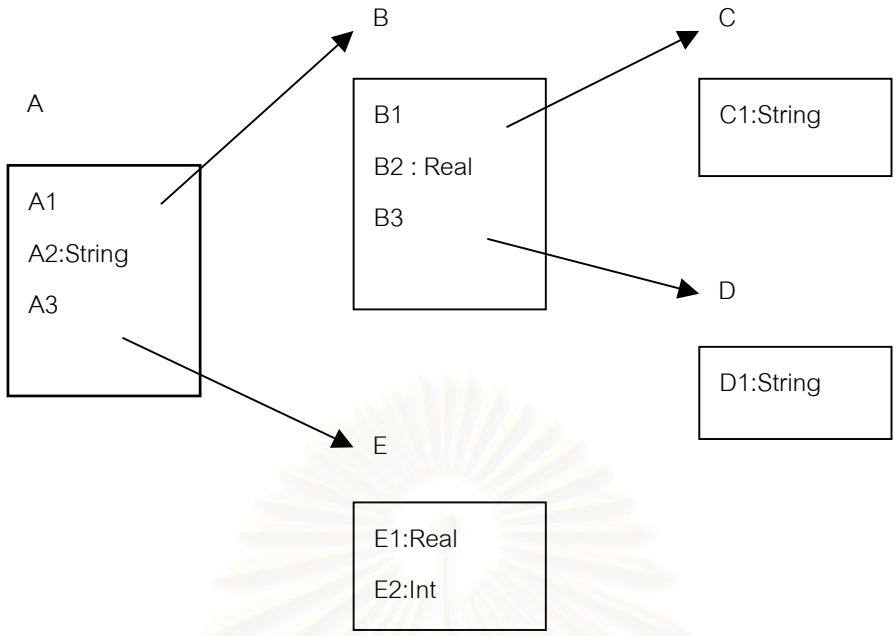
จากลักษณะของการเกิดขึ้นของเพรดิเคทที่เกิดขึ้นดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดว่า หากจัดโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ตามลักษณะการเกิดเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลทั้งสามกรณีดังกล่าวแล้ว จะทำให้สามารถรองรับการสอบถามข้อมูลได้มากขึ้นกว่าการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงแบ่งโครงสร้างของคลาสต่าง ๆ ในลำดับชั้นรวมออกเป็นสองส่วนตามลักษณะของการเกิดขึ้นของเพรดิเคทในการสอบถามข้อมูล ดังนี้

1) โครงสร้างส่วนที่เป็นลีฟคลาส เรียกว่า เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท (Terminal Virtual Path:TVP) ซึ่งโครงสร้างส่วนนี้ จะต้องมีความสามารถในการสอบถามข้อมูลของวัตถุของลีฟคลาสได้ทุก ๆ ลีฟคลาส เมื่อมีการสอบถามข้อมูลในส่วนลีฟคลาส

2) โครงสร้างส่วนที่เป็นนอนลีฟคลาสเรียกว่า นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท (Non-Terminal Virtual Path:NTVP) โครงสร้างส่วนนี้ จะต้องสามารถเข้าถึงวัตถุของนอนลีฟคลาสได้ทุก ๆ วัตถุ เมื่อเกิดการสอบถามข้อมูลขึ้นในส่วนของนอนลีฟคลาส

จากโครงสร้างดังกล่าว ผู้วิจัยแยกโครงสร้างส่วนของลีฟคลาสและนอนลีฟคลาสออกจากกัน ดังนั้น เมื่อมีการสอบถามข้อมูล จำเป็นต้องตรวจสอบเพรดิเคทที่เกิดขึ้นจากการสอบถามข้อมูลว่า คลาสที่เป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูลและคลาสที่เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลอยู่ในโครงสร้างส่วนใด เพื่อการเลือกใช้โครงสร้างในการสอบถามข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยคำนึงถึงกรณีของการสอบถามข้อมูลอีกกรณีหนึ่ง คือ หากคลาสที่เป็นเงื่อนไขในการสอบถามข้อมูลและคลาสที่เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูล อยู่บนคนละโครงสร้างแล้ว จำเป็นต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทั้งสอง ให้สามารถเชื่อมถึงกันได้ เพื่อให้รองรับกับการสอบถามข้อมูลประเภทนี้ ดังนั้น โครงสร้างที่ได้ออกแบบดังกล่าวมีลักษณะดังรูปที่ 4.2 คือ มีส่วนที่เป็นโครงสร้างของนอนลีฟคลาส ลีฟคลาส และตัวเชื่อมโครงสร้างทั้งสอง



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของลำดับชั้นรวมในฐานข้อมูลเชิงวัตถุ

รูปที่ 4.2 แสดงการวางโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนตามลักษณะเพรดิเคท

4.2 **เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท** (Terminal virtual path)

เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท เป็นการจัดโครงสร้างของวัตถุของคลาสที่เป็นลีฟคลาส ในลำดับชั้น ซึ่งจะทำให้วัตถุของลีฟคลาสสามารถเชื่อมถึงกันได้โดยตรง (Direct Link) ทำให้สามารถเข้าถึงวัตถุของลีฟคลาสได้เมื่อมีการสอบถามข้อมูล หลักการสร้างเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทนั้น จะจัดเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุที่เป็นลีฟคลาสในลำดับชั้นพร้อมกับค่าตัวระบุวัตถุของทุก ๆ วัตถุของลีฟคลาสในลำดับชั้น โครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทในหนึ่งแถว ประกอบด้วย

1) สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของลีฟคลาสในลำดับชั้นที่ผ่านกระบวนการซูเปอร์อิมโพสแล้ว

2) ค่าตัวระบุวัตถุของลีฟคลาสทั้งหมดในลำดับชั้นรวม

รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ซึ่งจัดเก็บลงในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนส่วนที่เป็นเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทซึ่งส่วนแรก คือ สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของลีฟคลาสที่ผ่านกระบวนการซูเปอร์อิมโพสกันแล้ว โครงสร้างส่วนถัดมาคือค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของลีฟคลาสทุก ๆ วัตถุในลำดับชั้น ซึ่งเรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ จนครบทุกวัตถุ

Leaf Object Signature	Oid of Leaf Object 1	Oid of Leaf Object 2	Oid of Leaf Object ...

รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

จากโครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทดังกล่าว พบว่าโครงสร้างส่วนนี้เก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของลีฟคลาสทุก ๆ วัตถุเอาไว้ ดังนั้น เมื่อเกิดการสอบถามข้อมูลเข้ามาโดยเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส โครงสร้างส่วนนี้สามารถรองรับเพรดิเคทได้ทั้งหมด ด้วยเหตุผลที่ว่าสามารถตอบคำถามจากการสอบถามข้อมูลได้ครบทุกวัตถุของลีฟคลาส และยังเข้าถึงวัตถุทุก ๆ วัตถุของลีฟคลาสได้อีกด้วย

จากรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงลำดับชั้นรวมของฐานข้อมูลเชิงวัตถุ พบว่า หากต้องการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทในฐานข้อมูลในโครงสร้างดังกล่าว สัญลักษณ์แสดงตนของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนจะเกิดจากการซูเปอร์อิมโพสกัน ของสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส C D และ E และ เก็บค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส C D และ E ซึ่งโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทเป็นดังรูปที่ 4.4

Signature of C D E (OR-ing)	Oid of C	Oid of D	Oid of E

รูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

จากโครงสร้างดังกล่าว เมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ทำให้เราสามารถสืบค้นวัตถุที่อยู่ในเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทได้ทั้งหมด เพราะโครงสร้างดังกล่าวเก็บค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของลีฟคลาสไว้ทุกวัตถุ ทำให้การสอบถามข้อมูลเมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและวัตถุผลลัพธ์อยู่ที่เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาททำได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องท่องไปในลำดับชั้นรวมโดยตรง

4.3 นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท จะเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของลีฟคลาสไว้ รวมถึงเก็บค่าตัวระบุวัตถุของลีฟคลาสทั้งหมดไว้ด้วย เพื่อใช้สอบถามข้อมูลในกรณีที่เกิดเพรดิเคทที่ลีฟคลาส หรือต้องการวัตถุผลลัพธ์ที่ลีฟคลาส แต่หากเพรดิเคทเกิดขึ้นในส่วนของนอนลีฟคลาสแล้ว การใช้เทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทเพียงอย่างเดียว จะไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการสอบถามข้อมูลได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทขึ้นเพื่อใช้ในการสอบถามข้อมูลในกรณีที่เพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส โครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของนอนลีฟคลาส ในลำดับชั้นที่ผ่านกระบวนการซูเปอร์อิมโพสแล้ว

2) ค่าตัวระบุวัตถุของนอนลีฟคลาสทั้งหมดในลำดับชั้นรวม

รูปที่ 4.5 แสดงโครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ที่จะจัดเก็บในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ซึ่งในส่วนแรกคือ สัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของนอนลีฟคลาสซึ่งผ่านการซูเปอร์อิมโพสกันแล้ว ส่วนถัดมาคือค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของนอนลีฟคลาสทุก ๆ วัตถุในลำดับชั้นเรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ จนครบทุกวัตถุ

Non-Leaf Object Signature	Oid of Non-Leaf Object	Oid of Non-Leaf Object 2	Oid of Non-Leaf Object ...

รูปที่ 4.5 แสดงโครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

สำหรับโครงสร้างลำดับชั้นรวมของฐานข้อมูลเชิงวัตถุจากรูปที่ 4.1 นั้น หากต้องการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท โครงสร้างส่วนของสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จะเกิดจากการซูเปอร์อิมโพสกันของสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุของคลาส A และ B และเก็บค่าตัวระบุวัตถุของวัตถุของคลาส A และ B ในโครงสร้างส่วนของค่าตัวระบุวัตถุ ซึ่งโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทในหนึ่งแถวแสดงในรูปที่ 4.6

Signature of A B (OR-ing)	Oid of A	Oid of B

รูปที่ 4.6 แสดงโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

จากโครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท จะทำให้สามารถสืบค้นวัตถุที่อยู่ในนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทได้ทั้งหมด รวมถึงเข้าถึงวัตถุทุก ๆ วัตถุในนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทได้โดยตรง ทำให้การสอบถามข้อมูลเมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาททำได้ด้วยเวลารวดเร็ว เพราะไม่ต้องเสียเวลาในการท่องไปในลำดับชั้น เนื่องจากโครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท เก็บค่าตัวระบุวัตถุทุก ๆ วัตถุไว้ในโครงสร้างแล้ว

4.4 โครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

จากหัวข้อที่ 4.2 และ 4.3 ได้กล่าวถึงโครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ซึ่งสามารถสืบค้นข้อมูลได้ภายในโครงสร้าง แต่ผู้วิจัยคำนึงถึงเรื่องของการสอบถามข้อมูลในกรณีที่เพรดิเคทเกิดขึ้นบนโครงสร้างทั้งสองพร้อมกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำโครงสร้างทั้งสองมาเชื่อมและเก็บลงในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเดียวกัน ส่งผลทำให้การสอบถามข้อมูล สามารถทำได้เมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่สองโครงสร้างพร้อมกัน กล่าวคือ

1) เมื่อเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส ก็จะใช้โครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทในการสอบถามข้อมูลและเข้าถึงวัตถุที่เป็นผลลัพธ์

2) เมื่อเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส ก็จะใช้โครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทในการสอบถามข้อมูลและเข้าถึงวัตถุที่เป็นผลลัพธ์

3) เมื่อเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสหรือนอนลีฟคลาสพร้อมกัน ก็ใช้โครงสร้างทั้งสองพร้อมกันในการสอบถามข้อมูลหรือเข้าถึงวัตถุที่เป็นผลลัพธ์

ดังนั้น เมื่อเชื่อมต่อโครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พามและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทแล้ว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนจะมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.7

โครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท	โครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

รูปที่ 4.7 แสดงโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

จากการวางโครงสร้างดังกล่าว อาจนิยามโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทได้ดังนี้

กำหนดลำดับชั้นรวมประกอบด้วยคลาส $NC_1, NC_2, ..., NC_k$ ซึ่งเป็นนอนเทอร์มินอลคลาสซึ่งมีจำนวนลักษณะประจำดั้งเดิมเป็น $Na_{NC_1}, Na_{NC_2}, ..., Na_{NC_k}$ ตามลำดับ มีจำนวนวัตถุที่เป็นอินสแตนซ์เป็น $N_{NC_1}, N_{NC_2}, ..., N_{NC_k}$ และ $TC_1, TC_2, ..., TC_m$ เป็นเทอร์มินอลคลาส มีจำนวนลักษณะประจำดั้งเดิมเป็น $Na_{TC_1}, Na_{TC_2}, ..., Na_{TC_m}$ และมีจำนวนวัตถุที่เป็นอินสแตนซ์เป็น $N_{TC_1}, N_{TC_2}, ..., N_{TC_m}$ ตามลำดับ

แต่ละวัตถุของนอนเทอร์มินอลคลาสที่นิยามโดย $On_{i,j}$ ของคลาส C_i มีค่าตัวระบุวัตถุเป็น $Oidn_{i,j}$ และสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุเป็น $Sign_{i,j}$ โดย $1 \le i \le k; 1 \le j \le N_{NC_i}$

แต่ละวัตถุของเทอร์มินอลคลาสที่นิยามโดย $Ot_{i,j}$ ของคลาส C_i มีค่าตัวระบุวัตถุเป็น $Oidn_{i,j}$ และสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุเป็น $Sigt_{i,j}$ โดย $1 \le i \le m; 1 \le j \le N_{TC_i}$

ดังนั้น เซตของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท นิยามโดย (4.1)

$$TVP = \{(x, y) \mid x = \bigcup_{s=1}^{m} Sigt_{s,j}, y = \{u \mid u = Oidt_{i,j}; 1 \le i \le m\}; 1 \le j \le N_{TC_i}\} \quad \ldots (4.1)$$

และ เซตของวัตถุของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท นิยามโดย (4.2)

$$NTVP = \{(x, y) \mid x = \bigcup_{s=1}^{k} Sign_{s,j}, y = \{u \mid u = Oidn_{i,j}; 1 \le i \le k\}; 1 \le j \le N_{NC_i}\} \quad \ldots (4.2)$$

จาก (4.1) และ (4.2) จะได้โครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทดังเซต (4.3)

$$S = \{(x, y) \mid x \in TVP \wedge y \in NTVP\} \quad \ldots (4.3)$$

และจำนวนสมาชิกในเซต (4.3) จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนวัตถุที่เป็นวัตถุของคลาสราก (Root Class)

การเก็บโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทจะใช้เนื้อที่ในการเก็บแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง เพราะแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนจะเก็บสัญลักษณ์แสดงตนและค่าตัวระบุวัตถุเพียงครั้งเดียวเท่านั้น จึงไม่เกิดความซ้ำซ้อน ถ้ามองในลักษณะของเนื้อที่เก็บแล้ว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทจะประหยัดเนื้อที่กว่ามากและสามารถตอบสนองการสอบถามข้อมูลได้มากกว่าการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง เพราะสามารถเชื่อมโยงไปยังวัตถุ ใด ๆ ในลำดับชั้นรวมได้

4.5 การสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

จากโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท พบว่า สัญลักษณ์แสดงตนถูกเก็บแยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นโครงสร้างของนอนลีฟคลาสและโครงสร้างของลีฟคลาส ดังนั้น เมื่อมีเพรดิเคทในการสอบถามข้อมูลเข้ามาการสอบถามข้อมูลจะมีขั้นตอนดังนี้

1) สร้างสัญลักษณ์แสดงตนของเพรดิเคทที่ต้องการสอบถามข้อมูล ได้เป็น S_q

2) พิจารณาว่า เพรดิเคทนั้นมีคลาสที่เกี่ยวข้องกับเพรดิเคทอยู่ในโครงสร้างส่วนใด หากมีเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส จะใช้โครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทในการสืบค้น แต่หากเพรดิเคทเกิดที่นอนลีฟคลาส ก็จะใช้โครงสร้างส่วนที่เป็นนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทแทน หรือหากเพรดิเคทเกิดที่โครงสร้างทั้งสองพร้อมกัน ก็จะใช้ทั้งเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท เพื่อทำการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนที่สอดคล้องกันให้ได้ผลลัพธ์ ตามสมการ (3.3) ซึ่งเซต RsTVP คือเซตที่เป็นผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูลโดยใช้โครงสร้างของเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ส่วนเซต RsNTVP เป็นผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูล โดยใช้โครงสร้างส่วนที่เป็นนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทซึ่งหลังจากทำการสืบค้นตามสมการดังกล่าวแล้ว จะได้เซตของผลลัพธ์ดังนี้

$$RsTVP = \{(x,y) \mid (x,y) \in TVP\} \text{ หรือ } RsNTVP = \{(x,y) \mid (x,y) \in NTVP\}$$

และ $\forall x\{\{[(x,y) \in RsTVP\ ] \vee [(x,y) \in RsNTVP\ ]\} \rightarrow x \wedge S_q = S_q\}$

3) ขจัดฟอลท์ดรอป เพื่อให้เหลือแต่สัญลักษณ์แสดงตนที่ถูกต้อง โดยการนำค่าตัวระบุวัตถุในเซต RsTVP หรือ RsNTVP เพื่อเข้าไปนำวัตถุมาตรวจสอบกับเพรดิเคท เพื่อขจัดวัตถุที่เป็นฟอลท์ดรอปออกจากเซตคำตอบจากการสืบค้น ดังนั้น เมื่อผ่านการตรวจสอบหาวัตถุที่สอดคล้องกับเพรดิเคทแล้ว เซตของ RsTVP หรือ RsNTVP จะประกอบด้วยวัตถุที่เป็นผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูล

4) เข้าถึงวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ โดยใช้ค่าตัวระบุวัตถุที่ได้จากการสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

จากกระบวนการสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทดังกล่าว พบว่า มิได้มีความแตกต่างในการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนจากวิธีของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางแต่อย่างใด เนื่องจากใช้กระบวนการในการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนแบบเดียวกันคือ นำสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามข้อมูลไปตรวจสอบกับสัญลักษณ์แสดงตนในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน และหากมองในแง่ของเวลาในการสืบค้นแล้ว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท น่าจะใช้เวลาในการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนไม่มากไปกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง เพราะจำนวนสัญลักษณ์แสดงตนที่ใช้ในการตนวจสอบของทั้งสองวิธีจะมีจำนวนเท่ากัน หรือหากมองในแง่ของการใช้เนื้อที่เก็บแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ก็ยังพบอีกว่า แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท จะสามารถประหยัดเนื้อที่ในการเก็บสัญลักษณ์แสดงตนได้มากกว่า รวมไปถึงเรื่องของการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูล การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทนั้น สามารถที่จะเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูลได้โดยตรง ไม่ว่าวัตถุนั้น จะอยู่ที่ใดในลำดับชั้นรวม แต่การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางนั้น หากวัตถุที่เป็นคำตอบไม่ได้อยู่บนเส้นทางที่ได้สร้างสัญลักษณ์แสดงตนไว้ จะต้องมีการเข้าถึงวัตถุโดยการท่องไปตามลำดับชั้น จะเห็นได้ว่า แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท สามารถเข้าถึงวัตถุได้โดยตรง ซึ่งแตกต่างจากแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางซึ่งในบางกรณีไม่สามารถเข้าถึงวัตถุได้โดยตรง จากการวิเคราะห์แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองในเชิงของแนวคิด ผู้วิจัยคาดว่า แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทจะสามารถใช้ในการสอบถามข้อมูลได้ดีกว่าการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง

ในบทต่อไป ผู้วิจัยจะได้ออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทเทียบกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางในการสอบถามข้อมูลบนระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุบนลำดับชั้นรวม ซึ่งผู้วิจัยคาดว่า แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท จะสามารถรองรับการสอบถามข้อมูลได้มากกว่าการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง

บทที่ 5
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

โครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท สามารถเก็บสัญลักษณ์แสดงตนของวัตถุทุก ๆ วัตถุในลำดับชั้นได้ ดังนั้น การสอบถามข้อมูล สามารถเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งใด ๆ ในลำดับชั้น ในขณะที่แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้น การสอบถามข้อมูลจะต้องเกิดขึ้นบนเส้นทางที่ได้มีการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนไว้แล้วเท่านั้น

ในบทนี้ ผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทในการสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง โดยในการเปรียบเทียบลักษณะของการสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบนั้น ผู้วิจัยพิจารณาว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทนั้น จะต้องรองรับการสอบถามข้อมูลที่เกิดขึ้นที่ใดก็ได้บนลำดับชั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงออกแบบการเปรียบเทียบในกรณีที่ เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูล และคำตอบของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นบนคนละเส้นทางในลำดับชั้น เพื่อเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบ

5.1 ปัจจัยที่คำนึงถึงในการเปรียบเทียบ

การออกแบบการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ผู้วิจัยคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการสอบถามข้อมูลดังนี้

1) เวลาในการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตน

เป็นปัจจัยหลักสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพราะ การสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จะไม่เข้าถึงวัตถุจริง แต่จะขจัดวัตถุที่ไม่น่าจะเป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลออกไป ดังนั้น เวลาในการสืบค้นและเวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป รวมถึงเวลาเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ จะเป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพที่ควรคำนึงถึง

2) โครงสร้างของลำดับชั้น

ลำดับชั้นรวมจะมีโครงสร้างที่เป็นไปได้สองแบบคือ แบบเส้นทางเดียว และเส้นทางหลายเส้นทาง ดังนั้น ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสอบแบบ ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับโครงสร้างลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว และเส้นทางหลายเส้นทางเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสืบค้นข้อมูลว่า เมื่อเส้นทางเพิ่มขึ้น การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองมีประสิทธิภาพลดลงอย่างไร

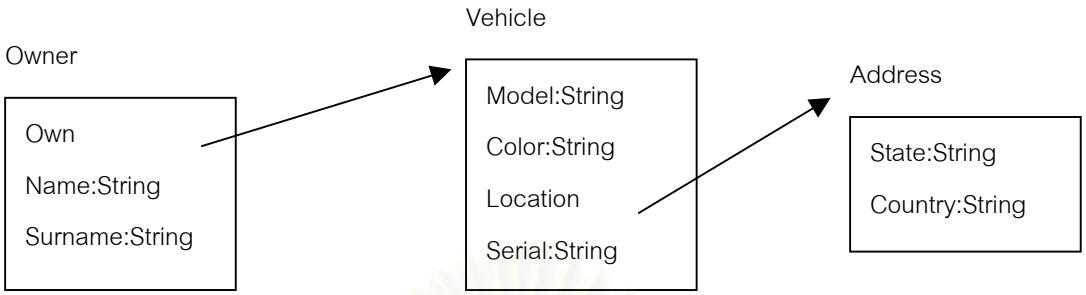
3) ฐานข้อมูล

จำนวนข้อมูลในฐานข้อมูลส่งผลต่อจำนวนฟอลท์ดรอป และเวลาในการสืบค้นข้อมูล ดังนั้น ผู้วิจัยคำนึงถึงจำนวนข้อมูลในฐานข้อมูล โดยจะทดสอบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนกับฐานข้อมูลที่มีขนาดต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นแนวโน้มของการสอบถามข้อมูลว่า เมื่อขนาดของฐานข้อมูลเปลี่ยนไป ประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองลดลงมากน้อยกว่ากันเพียงใด

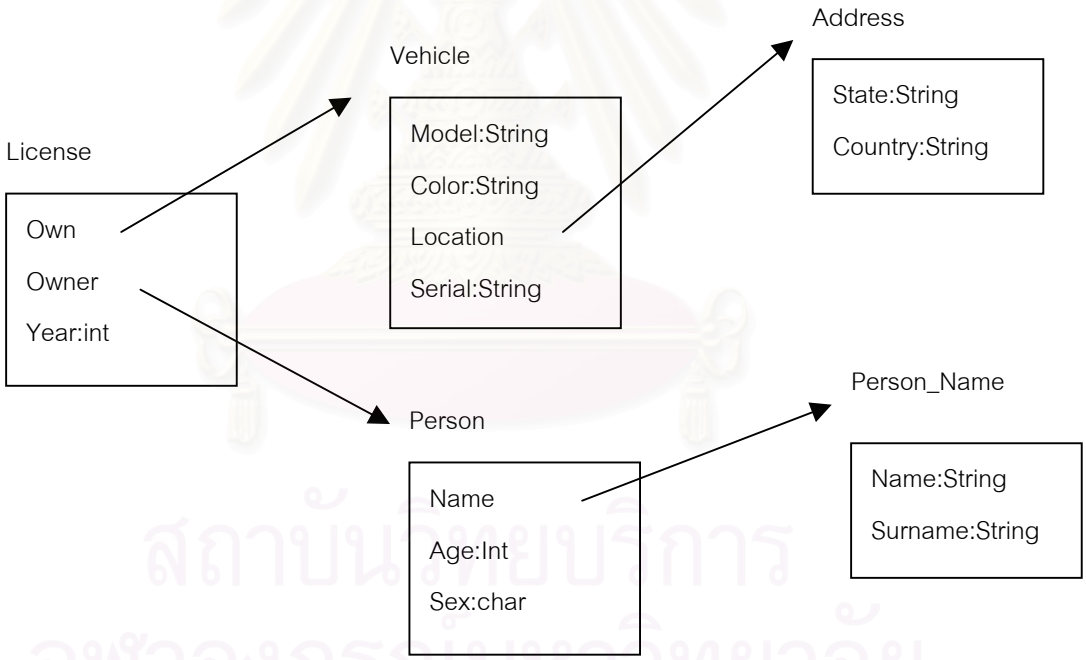
5.2 โครงสร้างของสคิมากราฟ

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางซึ่งถูกออกแบบมา เพื่อใช้สำหรับการสอบถามข้อมูลที่บางเส้นทางในลำดับชั้น กับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ซึ่งสามารถถูกสอบถามได้จากทุก ๆ ตำแหน่งในลำดับชั้น ดังนั้น ผู้วิจัยออกแบบโครงสร้างลำดับชั้น ให้มีเส้นทางเพิ่มขึ้น โดยอันดับแรก ผู้วิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว ดังรูปที่ 5.1 แล้วทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับลำดับชั้นรวมประเภทอื่นซึ่งมีเส้นทางมากขึ้นดังรูปที่ 5.2 รูปที่ 5.3 และ รูปที่ 5.4 ตามลำดับ ซึ่งโครงสร้างในรูปที่ 5.2 คือลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง รูปที่ 5.3 คือลำดับชั้นรวมแบบเส้นทาง สามเส้นทาง และ รูปที่ 5.4 คือลำดับชั้นรวมแบบเส้นทาง ตามลำดับ

การเพิ่มจำนวนเส้นทางขึ้น จะทำให้จำนวนวัตถุในลำดับชั้นเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อจำนวนฟอลท์ดรอปของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ซึ่งผู้วิจัยทดสอบเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองวิธีเพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของแต่ละวิธีว่า เมื่อจำนวนเส้นทางเพิ่มขึ้น แต่ละวิธีให้ประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างไร

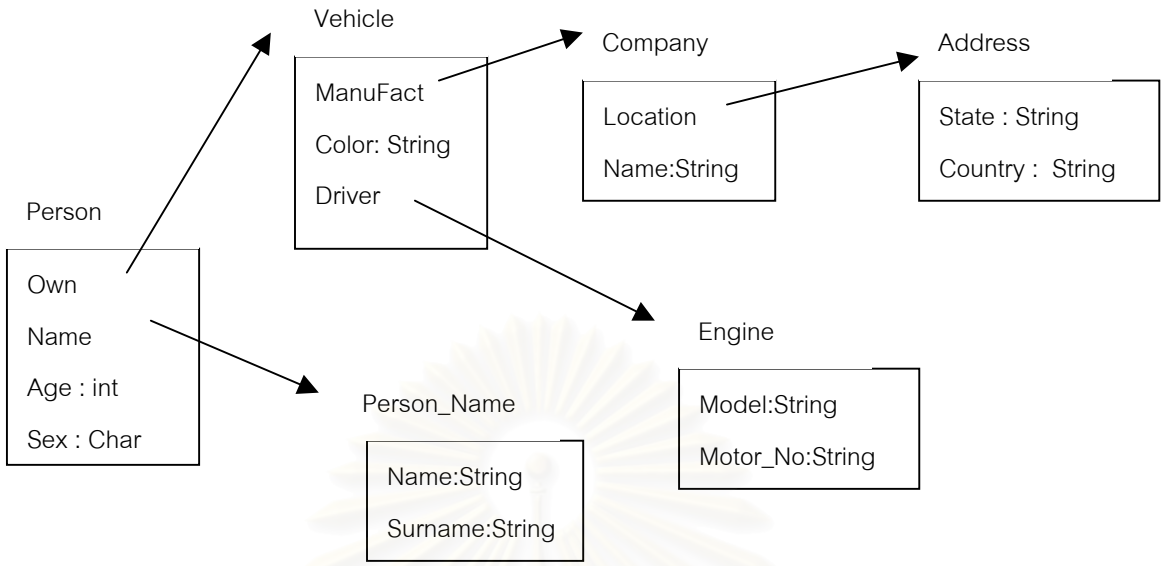


รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบทางเส้นทางเดียว

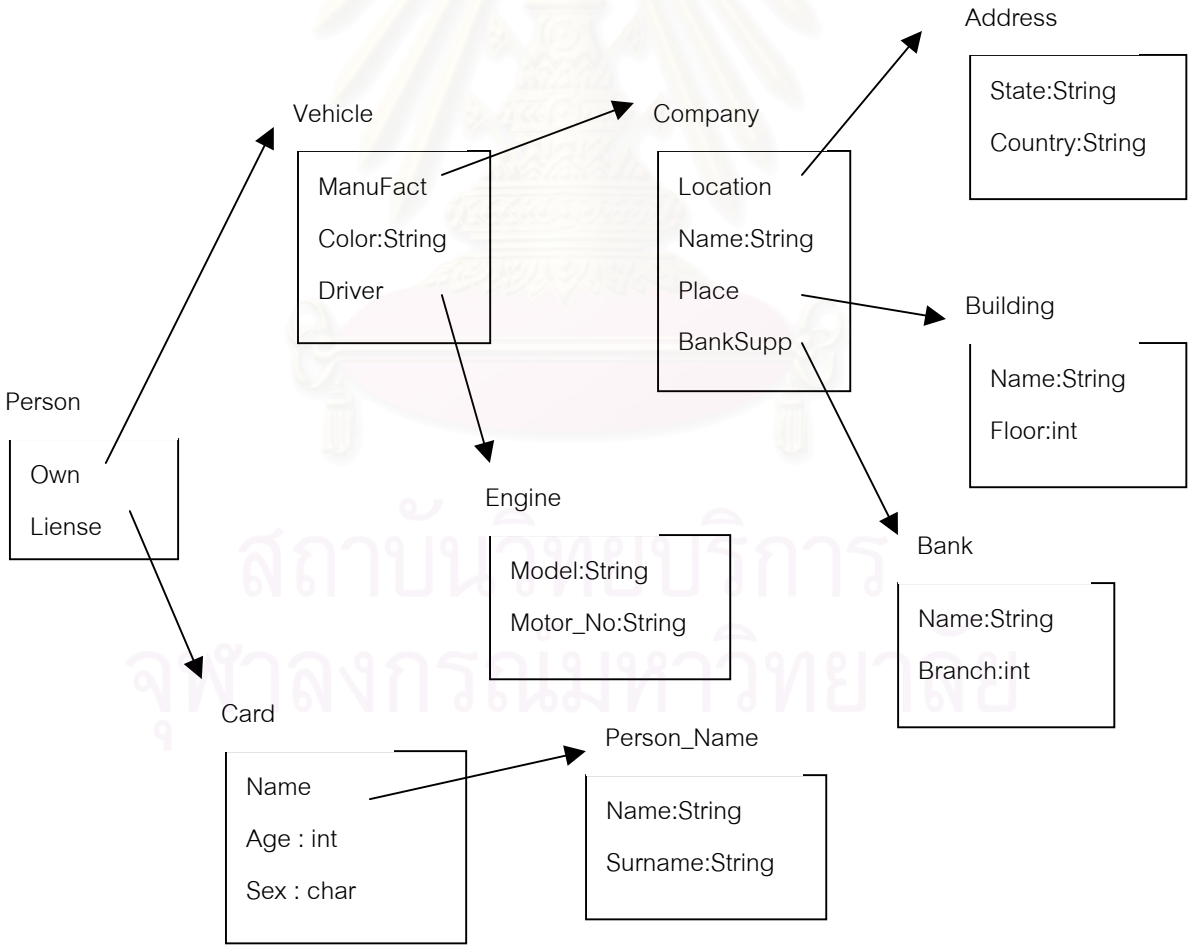


รูปที่ 5.2 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง



รูปที่ 5.4 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการทดสอบประสิทธิภาพด้วยโครงสร้างลำดับชั้นดังกล่าว คือ ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูล บนลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว และเส้นทางหลายเส้นทาง ว่าแต่ละวิธีให้ประสิทธิผลต่างกันเพียงใด

5.3 ฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบ

จำนวนข้อมูลมีผลต่อการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน ดังนั้น ในการทดสอบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัย ทำการทดสอบการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนกับฐานข้อมูลเชิงวัตถุขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ (P. Leelahakarnjana, 1998) เพื่อทดสอบวิธีการที่ได้ออกแบบเมื่อฐานข้อมูลมีขนาดต่าง ๆ กัน ซึ่งขนาดของฐานข้อมูลมีดังนี้

1) ฐานข้อมูลขนาดเล็ก มีจำนวนวัตถุของคลาสราก (Root Class) ในลำดับชั้น ตั้งแต่ 30 วัตถุ ถึง 270 วัตถุ และเพิ่มขนาดฐานข้อมูลครั้งละ 30 วัตถุ ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนของวัตถุในคลาสราก โดยทุกครั้งที่เพิ่มวัตถุ ผู้วิจัยทำการสอบถามข้อมูลเพื่อวัดผลการสอบถามข้อมูลทุกครั้ง

2) ฐานข้อมูลขนาดกลาง มีจำนวนวัตถุของคลาสรากในลำดับชั้น ตั้งแต่ 3000 วัตถุ ถึง 6000 วัตถุ และเพิ่มขนาดฐานข้อมูลครั้งละ 500 วัตถุ ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนของวัตถุที่คลาสราก โดยทุกครั้งที่เพิ่มวัตถุ ผู้วิจัยทำการสอบถามข้อมูลเพื่อวัดผลการสอบถามข้อมูลทุกครั้ง

3) ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ มีจำนวนวัตถุของคลาสรากในลำดับชั้น ตั้งแต่ 15000 วัตถุ ถึง 33000 วัตถุ และเพิ่มขนาดฐานข้อมูลครั้งละ 3000 วัตถุ ซึ่งเป็นการเพิ่มขนาดของวัตถุที่คลาสราก โดยทุกครั้งที่เพิ่มวัตถุ ผู้วิจัยทำการสอบถามข้อมูลเพื่อวัดผลการสอบถามข้อมูลทุกครั้ง

5.4 การวัดผลการเปรียบเทียบ

การวัดผลการเปรียบเทียบ เพื่อทดสอบให้เห็นประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ผู้วิจัยคำนึงถึงตัวแปรที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทดสอบ นั่นคือ เวลาในการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตนของเพรดิเคท ซึ่งเวลาที่ผู้วิจัยนำมาพิจารณาในการเปรียบเทียบ ประกอบไปด้วย

1) เวลาในการสืบค้นจากตารางสัญลักษณ์แสดงตน เป็นเวลาตั้งแต่เริ่มสืบค้นในตารางสัญลักษณ์แสดงตน จนถึงเวลาสิ้นสุดการสืบค้นในตารางสัญลักษณ์แสดงตน

2) เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป เป็นเวลาในการนำสัญลักษณ์แสดงตนที่ได้จากการสืบค้นจากตารางสัญลักษณ์แสดงตน มาขจัดสัญลักษณ์แสดงตนที่เป็นฟอลท์ดรอปทิ้งไป

การวัดค่าเวลาที่ใช้ในการสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตน ในกรณีของโครงสร้างลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียวนั้น ผู้วิจัย จะไม่พิจารณาเวลาในการเข้าถึงฐานข้อมูลจริง เนื่องจาก การสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบ ได้ผลลัพธ์ของค่าตัวระบุวัตถุเหมือนกัน ดังนั้น เวลาในการเข้าถึงวัตถุจริง จึงไม่มีผลต่อการทดลอง

แต่ในกรณีของลำดับชั้นแบบเส้นทางหลายเส้นทางนั้น เวลาในการเข้าถึงวัตถุจริงในฐานข้อมูลของการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบนั้น จะไม่เท่ากัน เนื่องจากมีการสอบถามข้อมูลข้ามเส้นทาง เพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลอยู่ในเส้นทางหนึ่งของลำดับชั้นรวม แต่ คลาสที่เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลอยู่อีกเส้นทางหนึ่งของลำดับชั้น ดังนั้น เวลาในการเข้าถึงวัตถุจริงจะมีผลในการสอบถามข้อมูล ผู้วิจัยจึงนำเข้ามาเป็นตัวแปรที่ใช้วัดผลการทดลองเปรียบเทียบด้วย

นอกจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยเวลาในการสืบค้นแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแล้ว ผู้วิจัยได้นำการเกิดฟอลท์ดรอปมาเป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพอีกกรณีหนึ่งด้วย เพราะการเกิดฟอลท์ดรอป ส่งผลโดยตรงต่อการสืบค้น ทำให้เวลาในการขจัดวัตถุที่ไม่ใช่คำตอบมีมากขึ้น ทำให้เวลาในการสอบถามข้อมูลมากขึ้นตามลำดับ

ในการทดสอบ เพื่อวัดประสิทธิภาพของการสอบถามข้อมูลด้วยวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสอง ผู้วิจัยทำการทดสอบ เพื่อหาเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูล โดยทำการทดสอบเป็นจำนวน 5 ครั้ง ต่อหนึ่งการทดลองเปรียบเทียบ ดังนั้น เวลาที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลในผลการเปรียบเทียบ จะเป็นเวลาเฉลี่ย ของการทดสอบเปรียบเทียบ เหตุที่ใช้ค่าเฉลี่ยในการเปรียบเทียบนั้น เพราะว่า ข้อมูลมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ผู้วิจัยจึงไม่ใช้ค่ามัธยฐานในการวัดผล และเนื่องจากค่าที่วัดได้แต่ละครั้งมีค่าไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงไม่ใช้ ฐานนิยมในการวัดผล

ในตัวโปรแกรมของการสอบถามข้อมูลนั้น ผู้วิจัยใช้เวลาของเครื่องคอมพิวเตอร์ วัดเป็นมิลลิวินาทีในการวัดผลการทดลอง โดยเรียกฟังก์ชันเวลาของภาษาจาวา แล้วบันทึกเวลาดังกล่าวเป็นผลการเปรียบเทียบ ซึ่งเวลาในการวัดแต่ละครั้งนั้น ผู้วิจัยพยายามให้มีความคลาดเคลื่อนจากการทดลองน้อยที่สุด โดยในขณะที่ทำการดำเนินงานส่วนที่ต้องการวัดผล ผู้วิจัยจะไม่ทำการเรียก

ฟังก์ชันการทำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานในส่วนนั้น รวมถึงการเรียกใช้งานโปรแกรมประยุกต์อื่น ๆ

5.5 ตัวแปรที่ถูกควบคุม

เพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพไม่เกิดการเอนเอียง ผู้วิจัยทำการทดสอบการสอบถามข้อมูลภายใต้ตัวแปรควบคุมต่าง ๆ ที่เหมือนกัน เพื่อให้ผลการวัดประสิทธิภาพออกมามีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยกระทำภายใต้เงื่อนไขดังนี้

1) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ความเร็ว 266 MHz

2) หน่วยความจำ 64 MB

3) ทดสอบภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows 98 ซึ่งปิดโปรแกรมประยุกต์ทุกโปรแกรม

4) ใช้ POET 5.1 Demo Version เป็นฐานข้อมูลเชิงวัตถุ

5) ใช้ภาษาจาวา ในการเขียนโปรแกรมเพื่อเข้าถึงฐานข้อมูล

5.6 กระบวนการในการสอบถามข้อมูล

ผู้วิจัยใช้ POET เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลเชิงวัตถุที่เก็บวัตถุในลำดับชั้น ดังนั้น การเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จะต้องมีโครงสร้างของโปรแกรมหลัก ดังนี้

1. ส่วนที่ใช้ติดต่อกับฐานข้อมูลเชิงวัตถุ

   ในส่วนนี้ เป็นส่วนที่จะใช้เข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ดังนั้น ผู้วิจัยเขียนโปรแกรมส่วนนี้ขึ้นมาเพื่อให้สามารถเข้าถึงวัตถุที่ต้องการในฐานข้อมูลเชิงวัตถุได้ โดยอินพุท (Input) ของโครงสร้างส่วนนี้คือ ค่าตัวระบุวัตถุที่ต้องการ และเอาท์พุท (Output) คือ วัตถุที่ได้จากการเข้าถึงในระบบฐานข้อมูลเชิงวัตถุ โดยการทำงานในส่วนนี้ต้องมีการจับเวลาในการเข้าถึงวัตถุแต่ละครั้งเพื่อใช้เป็นผลสำหรับการทดสอบด้วย

   การติดต่อกับฐานข้อมูลนั้น ผู้วิจัยติดต่อผ่านคลาส Database ซึ่งเป็นคลาสที่ POET นิยามขึ้นมาในการสร้างฐานข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเรียกใช้วิธีการของคลาส Database เพียงสองวิธีการเท่านั้นคือ วิธีการในการสร้างวัตถุ และวิธีการในการนำ

วัตถุออกจากฐานข้อมูลโดยอ้างค่าตัวระบุวัตถุ ซึ่งรายละเอียดในการติดต่อด้วยคลาส Database นั้น สามารถอ่านได้จาก คู่มือประกอบการใช้งาน POET

2. ส่วนจัดการกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

โปรแกรมในส่วนนี้ จะทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน โดยหน้าที่ของโปรแกรมส่วนนี้คือ

2.1 นำแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเข้าสู่หน่วยความจำ โดยจะทำการโหลด (Load) แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนของแต่ละวิธีการเข้าสู่หน่วยความจำ โดยเมื่อสัญลักษณ์แสดงตนเข้าสู่หน่วยความจำแล้ว ผู้วิจัยใช้เวคเตอร์ (Vector) ในภาษาจาวาเป็นตัวสร้างตารางสัญลักษณ์แสดงตน ซึ่งสัญลักษณ์แสดงตนต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในตาราง รวมถึงค่าตัวระบุวัตถุของสัญลักษณ์แสดงตนก็ถูกเก็บในเวคเตอร์เช่นกัน

2.2 สืบค้นแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน กลไกการทำงานในส่วนนี้ จะทำหน้าที่ในการสืบค้นแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในแต่ละวิธีการ โดยในการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนนั้น จะนำค่าสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามข้อมูลเข้ามาสืบค้นใน เวคเตอร์ที่เก็บสัญลักษณ์แสดงตน ด้วยวิธีการที่กล่าวไปแล้วในบทที่สาม และเก็บตำแหน่งของเวคเตอร์ที่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูลไว้ เพื่อส่งค่าตัวระบุวัตถุนั้น ๆ กลับไปยังส่วนของโปรแกรมหลัก เพื่อนำวัตถุออกจากฐานข้อมูลเพื่อขจัดฟอลท์ดรอปต่อไป

2.3 ส่งค่าผลลัพธ์จากการค้นหาแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนให้กับโปรแกรมหลัก ส่วนนี้ทำหน้าที่ต่อจากส่วน 2.2 คือ หลังจากสืบค้นในตารางสัญลักษณ์แสดงตนแล้ว จะได้กลุ่มของตำแหน่งที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถาม ดังนั้น จะต้องนำวัตถุเหล่านี้ออกจากฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบกับเพรดิเคท ว่าเป็นไปตามเพรดิเคทหรือไม่ โปรแกรมในส่วนนี้จึงต้องสามารถส่งค่าตัวระบุวัตถุกลับไปยังส่วนหลักเพื่อตรวจสอบเพรดิเคทได้

ดังนั้น โดยสรุปคือ ส่วนนี้จัดการเกี่ยวกับสัญลักษณ์แสดงตนทั้งหมด หน้าที่หลักคือ สามารถสืบค้นตาราสัญลักษณ์แสดงตนและนำค่าตัวระบุวัตถุซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูล คืนในส่วนโปรแกรมหลักเพื่อนำไปติดต่อ นำวัตถุออกมาจากฐานข้อมูลได้

3. โปรแกรมหลัก ทำหน้าที่ในการดำเนินการทดลอง ซึ่งจะทำหน้าที่ตามลำดับดับนี้

3.1 ทำการรับเพรดิเคทในการสอบถามข้อมูล และแปลงเพรดิเคทให้เป็นสัญลักษณ์แสดงตนของการสอบถามข้อมูล โดยใช้แฮซฟังก์ชันที่ได้นิยามไว้ในบทที่ 2

3.2 ส่งค่าสัญลักษณ์แสดงตนให้ส่วนจัดการสัญลักษณ์แสดงตนเพื่อทำการสืบค้นสัญลักษณ์แสดงตนที่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูล จากนั้น รับค่าตัวระบุวัตถุที่ได้จากการสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตน

3.3 นำค่าตัวระบุที่ได้ ส่งให้ส่วนติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อเข้าถึงวัตถุและนำวัตถุออกมาตรวจสอบว่าเป็นไปตามเพรดิเคทหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบนั้น จะต้องนำวัตถุออกมาจากฐานข้อมูล แล้วตรวจสอบว่า วัตถุนั้น เป็นไปตามเพรดิเคทหรือไม่ เพื่อขจัดวัตถุที่ไม่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูล เมื่อได้วัตถุที่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูลแล้ว จึงเข้าถึงวัตถุที่ต้องการให้เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลอีกครั้ง

3.4 รายงานผลการสอบถามข้อมูล

จากโครงสร้างของโปรแกรมดังกล่าว จะพบว่า ฐานข้อมูลเชิงวัตถุ ทำหน้าที่เป็นเพียงที่เก็บวัตถุเท่านั้น ผู้วิจัยไม่ได้ใช้กระบวนการของการสอบถามข้อมูลแต่อย่างใด หากแต่การสืบค้นข้อมูลเกิดขึ้นที่ส่วนของการจัดการแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ซึ่งโปรแกรมในการสอบถามข้อมูลสำหรับโครงสร้างลำดับชั้นรวมทั้ง 4 ลำดับชั้นนั้น ผู้วิจัยได้แนบมาพร้อมวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. โปรแกรมส่วนที่ใช้สร้างวัตถุ ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาจาวา ซึ่งชื่อของแฟ้มข้อมูลนำหน้าด้วย คำว่า Bind แล้วตามด้วยชื่อ ของคลาสที่จะสร้างวัตถุ เช่น จะสร้างวัตถุของคลาส Person ก็ให้เรียกใช้ โปรแกรม BindPerson.java เป็นต้น แต่การสร้างวัตถุของคลาสนั้น จะต้องใส่จำนวนวัตถุที่จะสร้าง เป็นค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรมด้วย เช่น

C:\> jviewBindVehicle POET://LOCAL/MY_BASE 20

หมายถึงสร้างวัตถุของคลาส Vehicle ขึ้นมา 20 วัตถุ เป็นต้น

2. โปรแกรมส่วนที่ใช้สร้างสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัยเขียนโปรแกรมในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนไว้ในแฟ้ม GenSig.java ซึ่งในแต่ละลำดับชั้นมีการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนไม่เหมือนกัน ดังนั้น แฟ้มนี้จะใช้สร้างสัญลักษณ์แสดงตนในแต่ละลำดับชั้น โดยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้น จะมีนามสกุลเป็น .osig และแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทจะมีนามสกุลเป็น .nsig

3. โปรแกรมส่วนที่ใช้จัดการกับสัญลักษณ์แสดงตน ส่วนนี้เป็นภาษาจาวาซึ่งทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับสัญลักษณ์แสดงตน โดยทำหน้าที่นำสัญลักษณ์แสดงตนเข้าสู่หน่วยความจำ สืบค้นสัญลักษณ์แสดงตน และส่งค่าตัวระบุวัตถุที่สอดคล้องกับการสอบถามด้วยสัญลักษณ์แสดงตนให้ส่วนโปรแกรมหลัก โดยแฟ้ม SigTable.java เป็นส่วนที่ใช้จัดการกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง และ NsigTable.java เป็นส่วนที่ใช้จัดการกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

4. โปรแกรมในการสอบถามข้อมูล ส่วนนี้ผู้วิจัยเขียนขึ้นเพื่อทดสอบการสอบถามข้อมูล โดยแฟ้ม Check.java เป็นแฟ้มที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลกับเพรดิเคทที่ 1 โดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางของทุกลำดับชั้น แฟ้ม CheckNew.java เป็นแฟ้มที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลกับเพรดิเคทที่ 1 โดยใช้สัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทของทุกลำดับชั้น แฟ้ม Check2.java เป็นแฟ้มที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลกับเพรดิเคทที่ 2 โดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางของทุกลำดับชั้น แฟ้ม CheckNew2.java เป็นแฟ้มที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลกับเพรดิเคทที่ 2 โดยใช้สัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทของทุกลำดับชั้น

5. โปรแกรม Hashing.java ใช้เก็บแฮชฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนของทุกลำดับชั้นรวม

6. โปรแกรม Psig.java ใช้ในการแสดงผลสัญลักษณ์แสดงตน เหตุที่ต้องมีโปรแกรมส่วนนี้เพราะว่า สัญลักษณ์แสดงตนนั้น เก็บอยู่ในรูปเลขจำนวนเต็ม หากแสดงผลในรูปของฟังก์ชัน toBinaryString() ในภาษาจาวา จะเริ่มแสดงผลในบิตที่เป็น 1 บิตแรก ดังนั้น เราจึงไม่เห็นสัญลักษณ์แสดงตนครบทุกบิต ผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมเพื่อให้แสดง

ผลสัญลักษณ์แสดงตนได้ครบทั้ง 32 บิต โดยค่าอินพุทของโปรแกรมนี้คือ ค่าสัญลักษณ์แสดงตนในรูปจำนวนเต็ม

5.7 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน

การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัยจะทดสอบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสอบถามข้อมูล ในโครงสร้างที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.2 เพื่อเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง โดยรายละเอียดของแต่ละการทดลอง มีดังนี้

5.7.1 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว

ในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียวจากหัวข้อ 5.2 ผู้วิจัยทำการสอบถามข้อมูลโดยใช้ เพรดิเคท ดังนี้

1) Retrieve Owner.Name and Owner.Surname where

   Owner.Own.Location.State = “Albany”

2) Retrieve Owner.Own.Location where Owner.Name = “John”

โดยสอบถามข้อมูลในฐานข้อมูลในหัวข้อ 5.3 และวัดผลการเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลด้วยวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อในหัวข้อ 5.4 ผลจากการสอบถามข้อมูลอยู่ในภาคผนวก ข

5.7.2 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง

สำหรับลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทางจากหัวข้อ 5.2 นั้น ผู้วิจัยเลือกสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคทดังนี้

1) Retrieve License.Owner.Name.name and License.Owner.Name.surname

   where License.Own.color = “blue”

2) Retrieve License.Owner.age where

   License.Own.Vehicle.Location.State = “Albany”

การวัดผลการเปรียบเทียบนั้น ผู้วิจัยใช้เวลาดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.4 แต่เนื่องจากการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลนี้ การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนสองวิธีให้ผลแตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเวลาในการเข้าถึงข้อมูลเพื่อนำออกมาแสดงผลตัวแปรในการทดสอบเปรียบเทียบด้วยผลการเปรียบเทียบอยู่ในภาคผนวก ข

5.7.3 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง

ผู้วิจัยใช้เพรดิเคทต่อไปนี้ในการสอบถามข้อมูลบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง

1) Retrieve Person .Name where Person.Own.ManuFact.Location = “Albany”

2) Retrieve Person.Name where Person.Own.Color = “Brown”

การวัดผลการเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูล ใช้วิธีเดียวกับการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง ผลของการเปรียบเทียบอยู่ในภาคผนวก ข

5.7.4 การเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

ในกรณีของลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทางนั้น ผู้วิจัยทำการทดสอบเปรียบเทียบด้วย เพรดิเคทต่อไปนี้

1) Retrieve Person.Own.ManuFact.Location.State where Person.Own.Color = “Yellow”

2) Retrieve Person.Liense.Age where Person.Own.Manufact.BankSupp.Name = “HSBC”

โดยการวัดผลการเปรียบเทียบจากการสอบถามข้อมูล กระทำเหมือนกับหัวข้อ 5.7.2 และผลของการเปรียบเทียบอยู่ในภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลจากการทดสอบเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูล โดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท กับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้น ผู้วิจัยบันทึกเวลาที่ใช้ในการสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตนและเวลาในการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูล เพื่อนำเวลาดังกล่าวไปเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการสอบถามข้อมูล โดยกราฟดังกล่าวจะแสดงผลการใช้เวลาในการสอบถามของทั้งสองวิธี

ในบทต่อไป ผู้วิจัยจะได้แสดงผลลัพธ์จากการทดสอบเปรียบเทียบเวลาในการสอบถามข้อมูลโดยใช้แฟมสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองวิธี เพื่อให้เห็นถึงข้อดีข้อด้อยและประสิทธิภาพของแต่ละวิธี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
ผลการเปรียบเทียบการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในการสอบถามข้อมูล

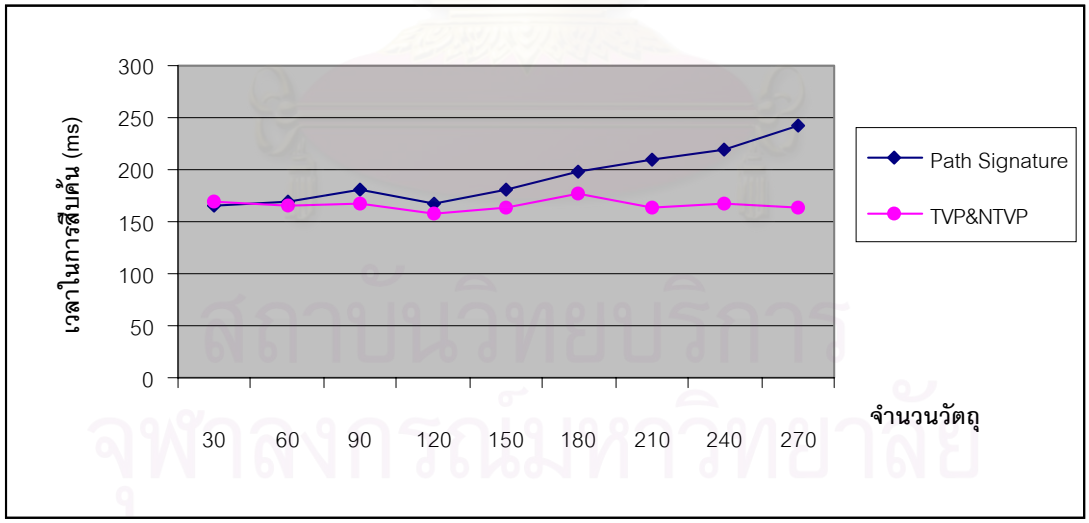
จากการทดลองในบทที่ 5 ผู้วิจัยทำการทดสอบเปรียบเทียบให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทเทียบกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง และพิจารณาผลการทดลองในรูปของกราฟ เพื่อแสดงให้เห็นแนวโน้มของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบ ว่ามีประสิทธิภาพต่างกันอย่างไร

6.1 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว

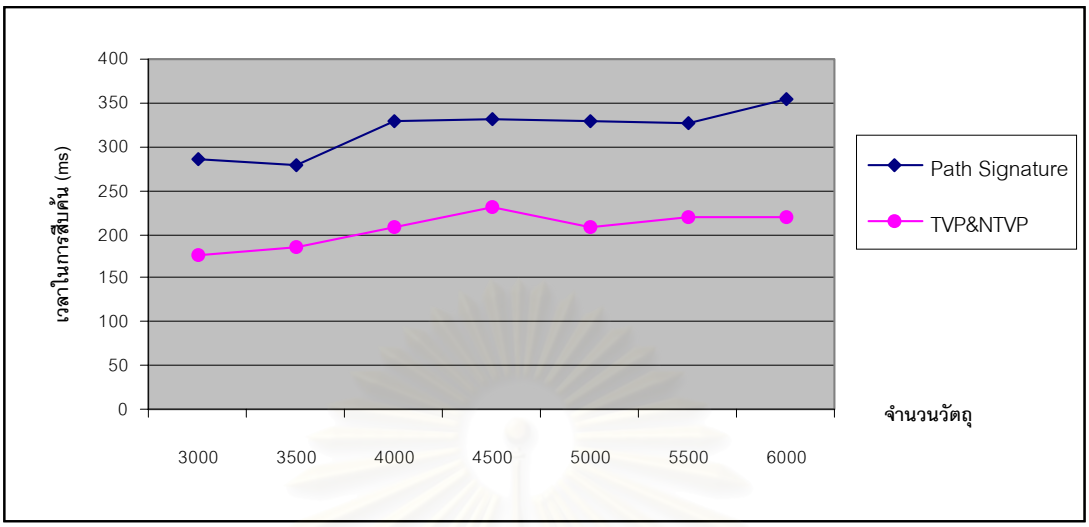
สำหรับการทดสอบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียวนั้น ได้ผลลัพธ์ดังนี้

6.1.1 กรณีเพรดิเคท เกิดขึ้นที่ ลีฟคลาส

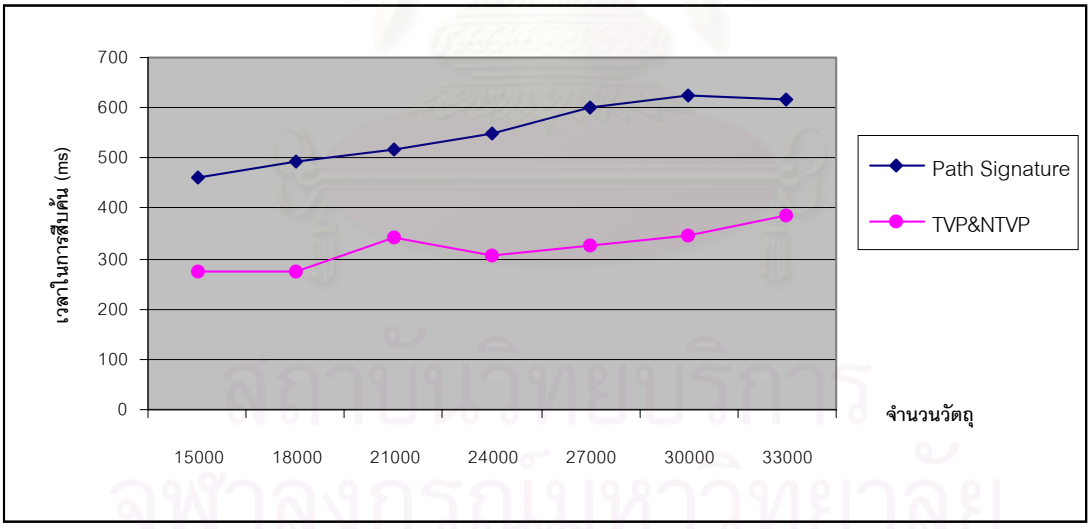
จากการสอบถามข้อมูล ด้วยเพรดิเคท Retrieve Owner.Name and Owner.Surname where Owner.Own.Location.State = “Albany” ในฐานข้อมูลทั้งสามแบบจากบทที่ 5 นำเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลทั้งหมด มาเขียนกราฟ กราฟรูปที่ 6.1 6.2 และ 6.3 แสดงเวลาในการสอบถามข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ



รูปที่ 6.1 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว



รูปที่ 6.2 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว

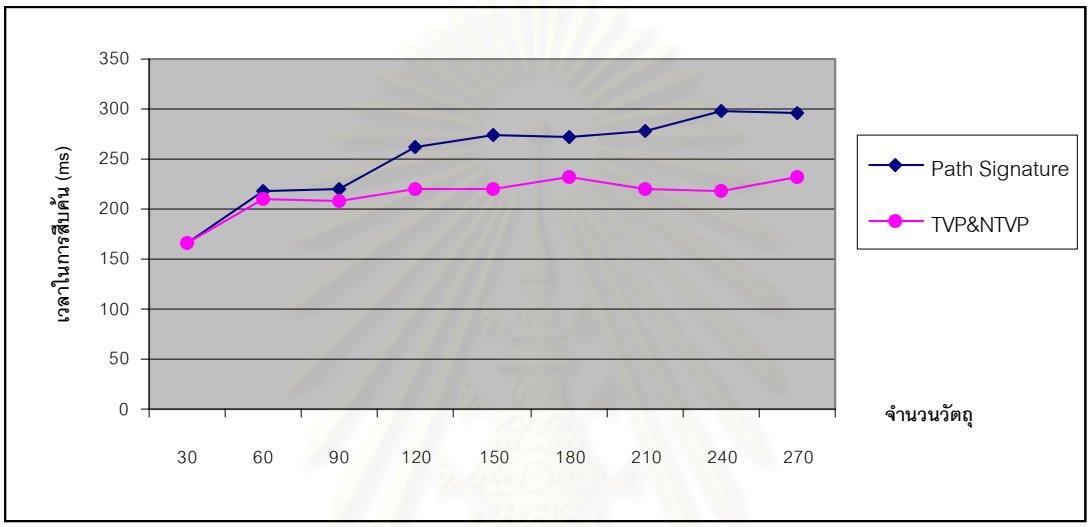


รูปที่ 6.3 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว

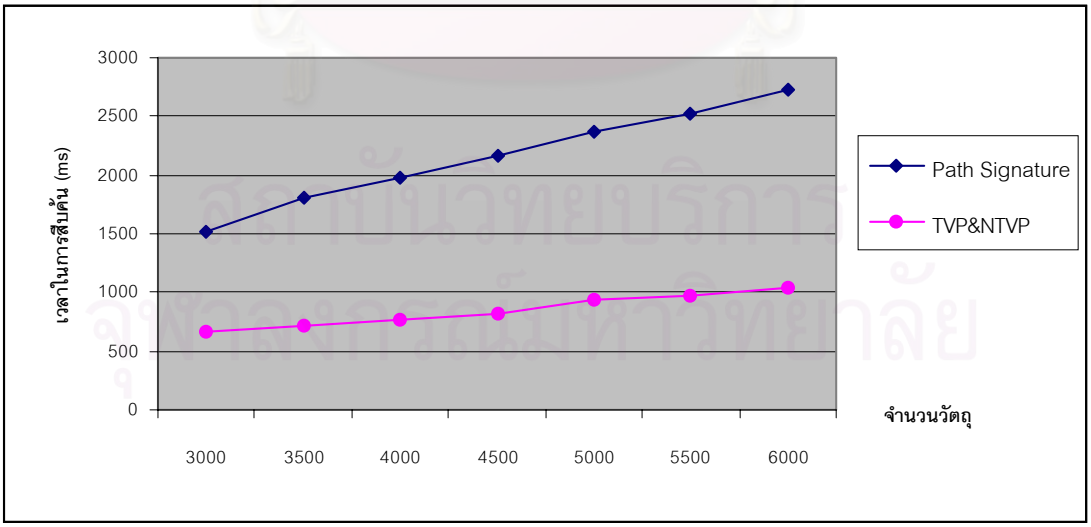
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1.2 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส

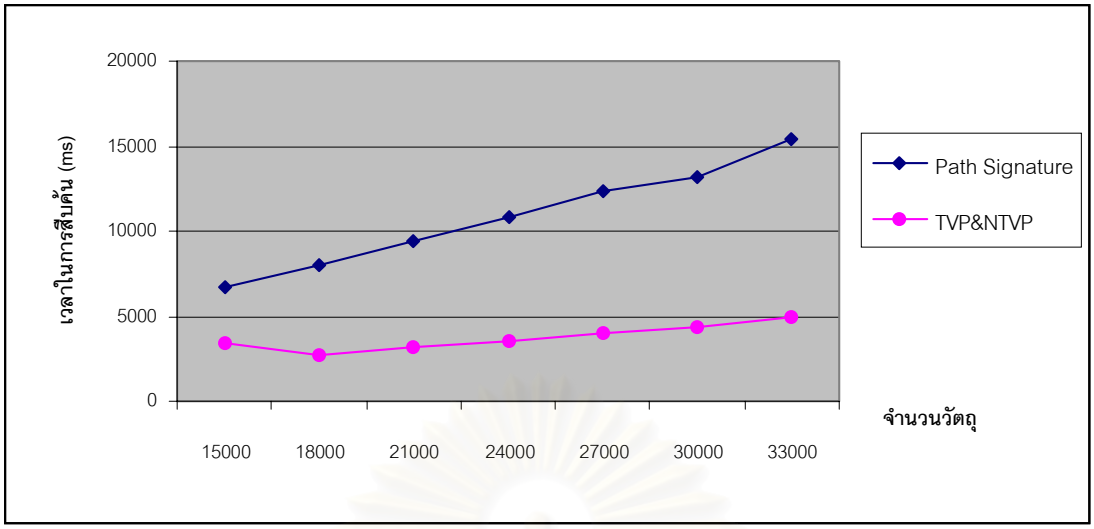
จากการสอบถามข้อมูล ด้วยเพรดิเคท Retrieve Owner.Own.Location where Owner.Name = “John” ในฐานข้อมูลทั้งสามแบบ นำเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลทั้งหมด มาเขียนกราฟ รูปที่ 6.4 6.5 และ 6.6 แสดงเวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยวิธีการสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ



รูปที่ 6.4 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว



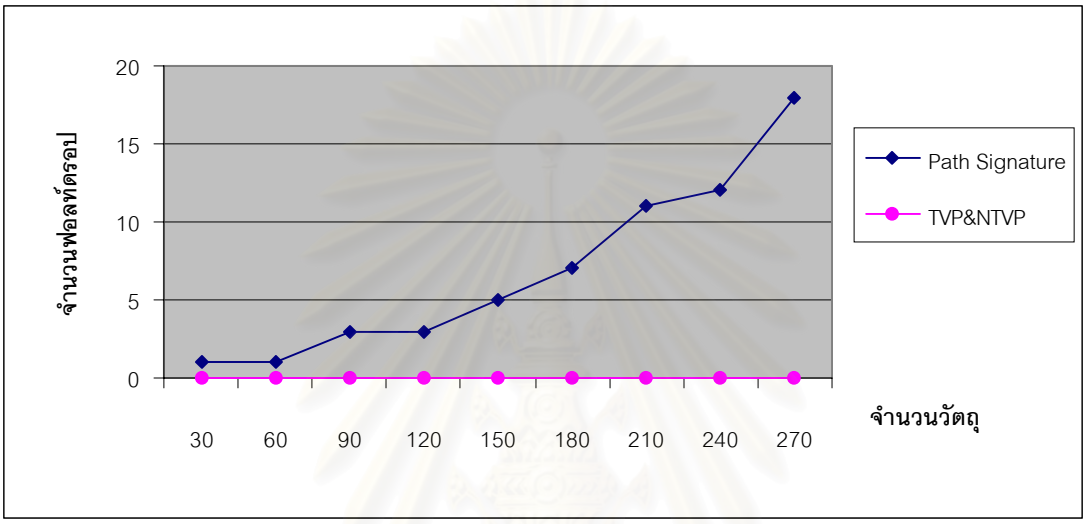
รูปที่ 6.5 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว



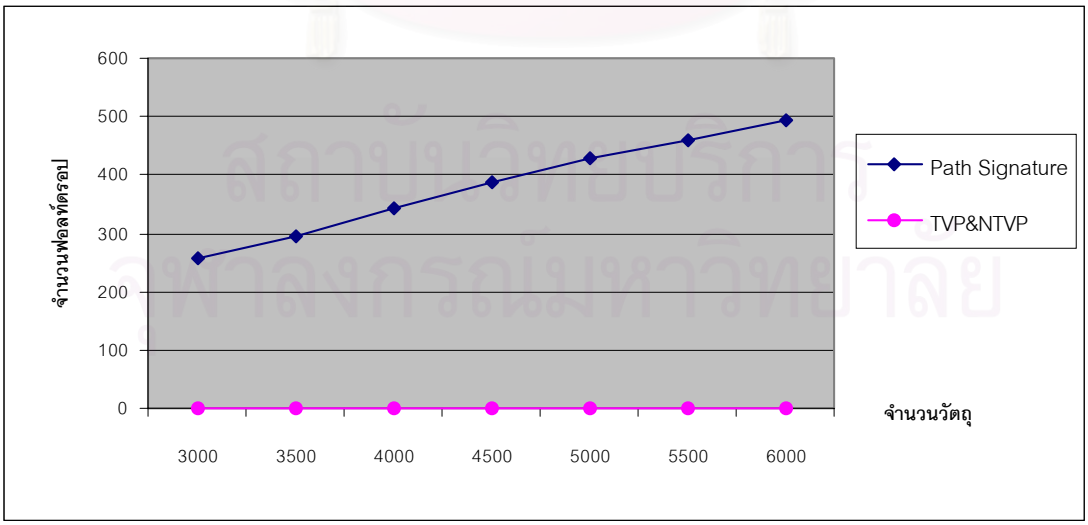
รูปที่ 6.6 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว

จากกราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นข้อมูลดังกล่าว พบว่า ในกรณีของลำดับชั้นแบบเส้นทางดียว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท สามารถใช้เวลาเฉลี่ยในการสืบค้นข้อมูลน้อยกว่าการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ทั้งสองกรณี คือ เมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส และ เพรดิเคทเกิดขึ้นที่คลาสราก และแนวโน้มของการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง จะมากขึ้นกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ทั้งในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การแบ่งโครงสร้างของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเป็นสองกลุ่มสามารถลดฟอลท์ดรอปที่เกิดขึ้นและสามารถลดเวลาในการสอบถามข้อมูลได้ ในกรณีของโครงสร้างข้อมูลแบบเส้นทางเดียวเพราะการเกิดฟอลท์ดรอปมาก จะส่งผลทำให้เวลาในการสอบถามมากขึ้นตามลำดับ รูปที่ 6.7 ถึง 6.9 แสดงการเกิดฟอลท์ดรอปของการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองวิธีในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ เมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในกรณีของลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว จะมีวัตถุที่เป็นเวอร์ชัวร์พาทแค่วัตถุเดียว ดังนั้น การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทจะเกิดฟอลท์ดรอปน้อยมาก และรูปที่ 6.10 ถึง 6.12 แสดงการเกิดฟอลท์ดรอปของการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองวิธี ในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ เมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส จะพบว่า เมื่อขนาดของฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่ขึ้น ประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองวิธีลดลง คือ จำนวนฟอลท์ดรอปเพิ่มขึ้น แต่จำนวนฟอลท์

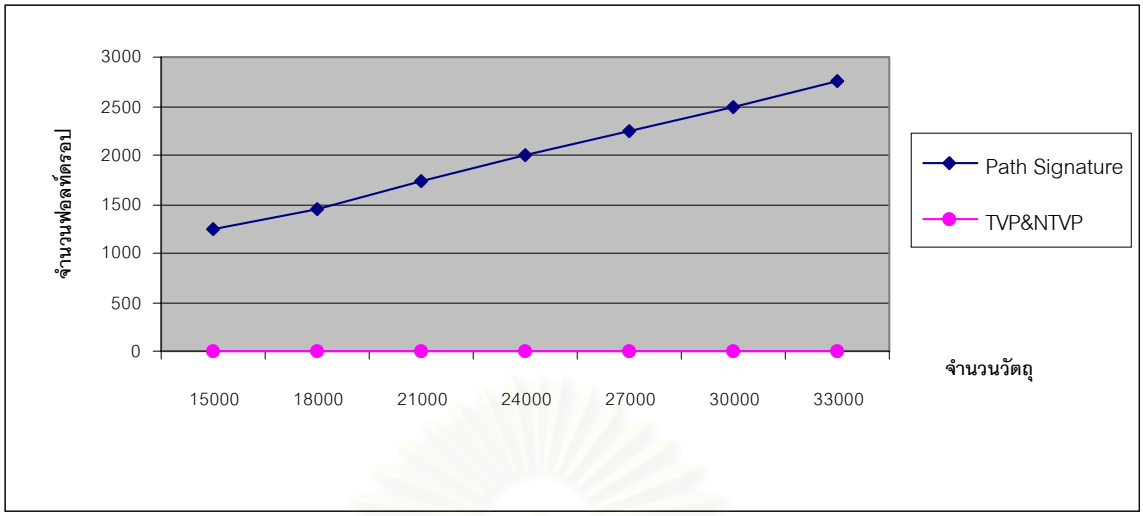
ดรอปของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท จะเกิดฟอลท์ดรอปน้อยกว่า ทำให้ใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลน้อยกว่าวิธีใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางด้วยเหตุผลที่ว่า การเกิดฟอลท์ดรอป ทำให้ต้องเสียเวลาเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่า วัตถุเหล่านั้น ถูกต้องตรงตามเงื่อนไขของเพรดิเคทหรือไม่ ดังนั้น ในกรณีของการสอบถามข้อมูลบนโครงสร้างแบบเส้นทางเดียวนั้น เมื่อเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส



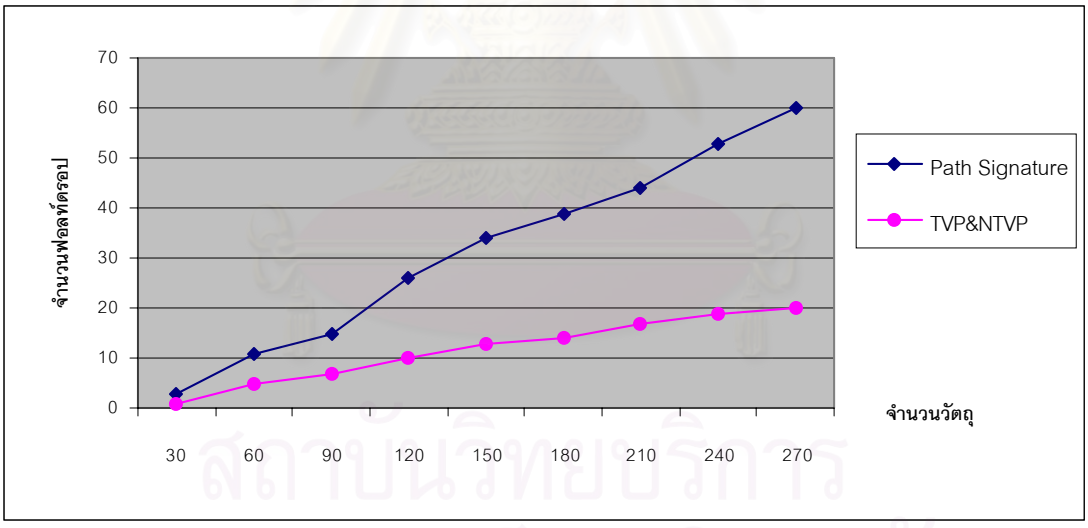
รูปที่ 6.7 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว



รูปที่ 6.8 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว

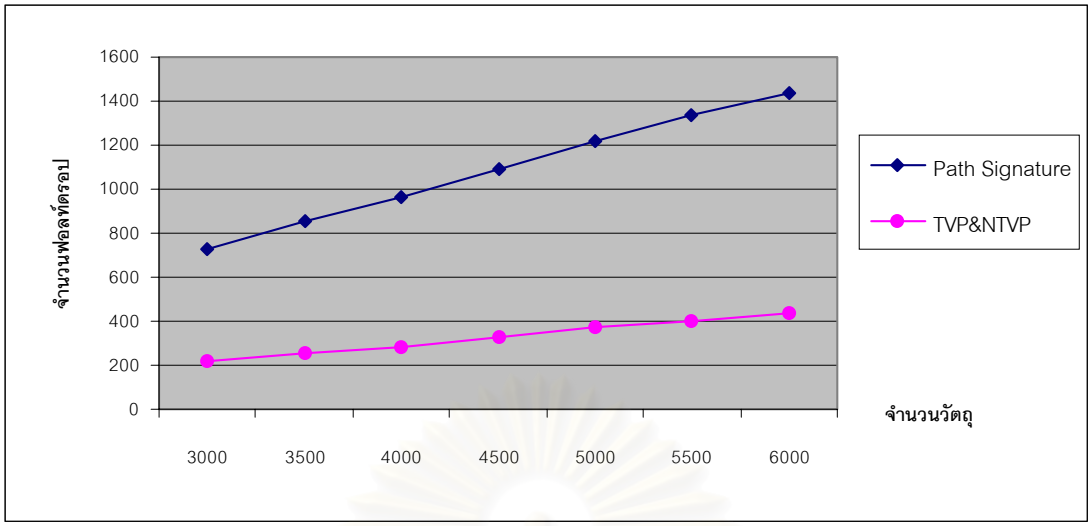


รูปที่ 6.9 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว

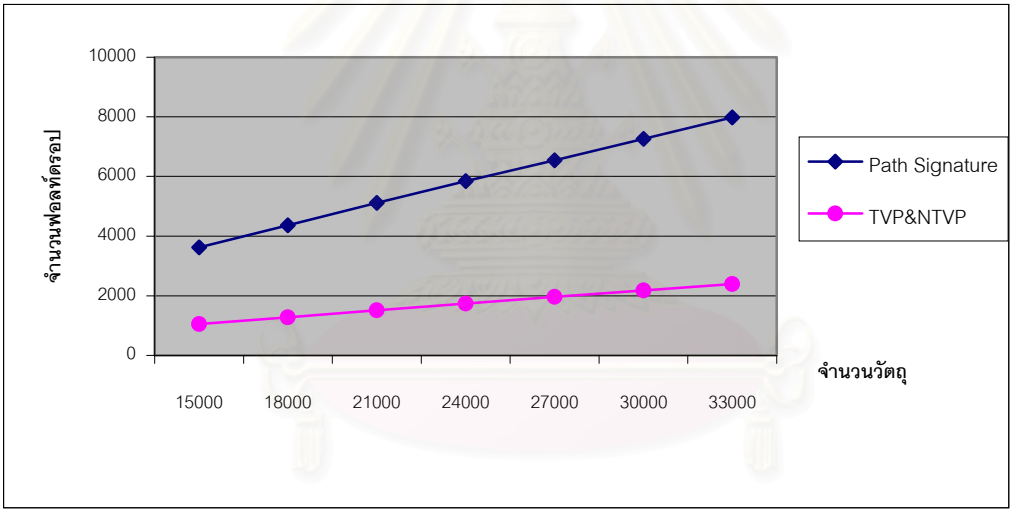


รูปที่ 6.10 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็กกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.11 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว



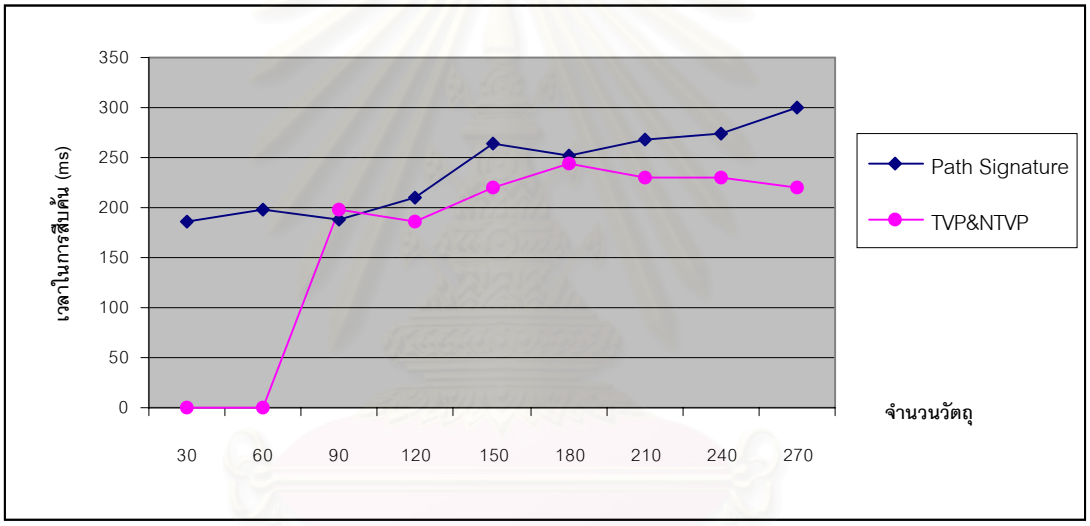
รูปที่ 6.12 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางเดียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง

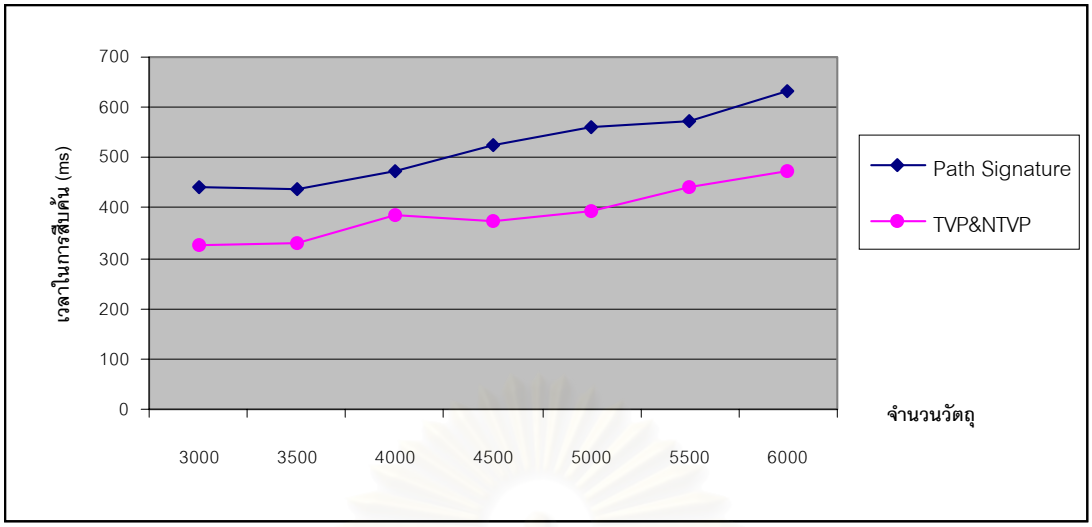
6.2.1กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส

จากการสอบถามข้อมูล ด้วยเพรดิเคท Retrieve License.Owner.age where License.Own.Vehicle.Location.State = “Albany” ในฐานข้อมูลทั้งสามแบบจากบทที่ 5 นำเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสอบถามข้อมูล มาเขียนกราฟรูปที่ 6.13 6.14 และ 6.15 ซึ่งแสดงเวลาที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ

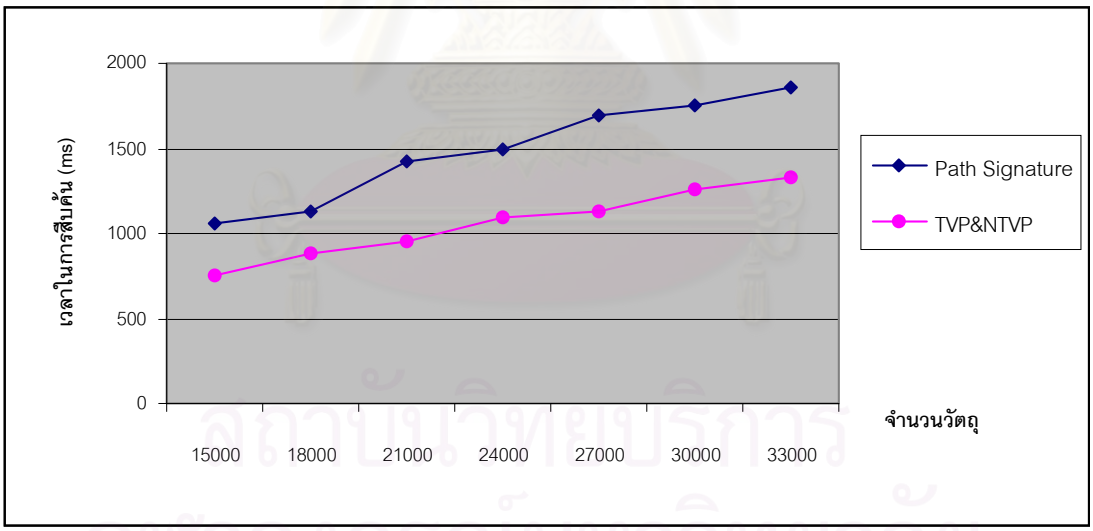


รูปที่ 6.13 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสองเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



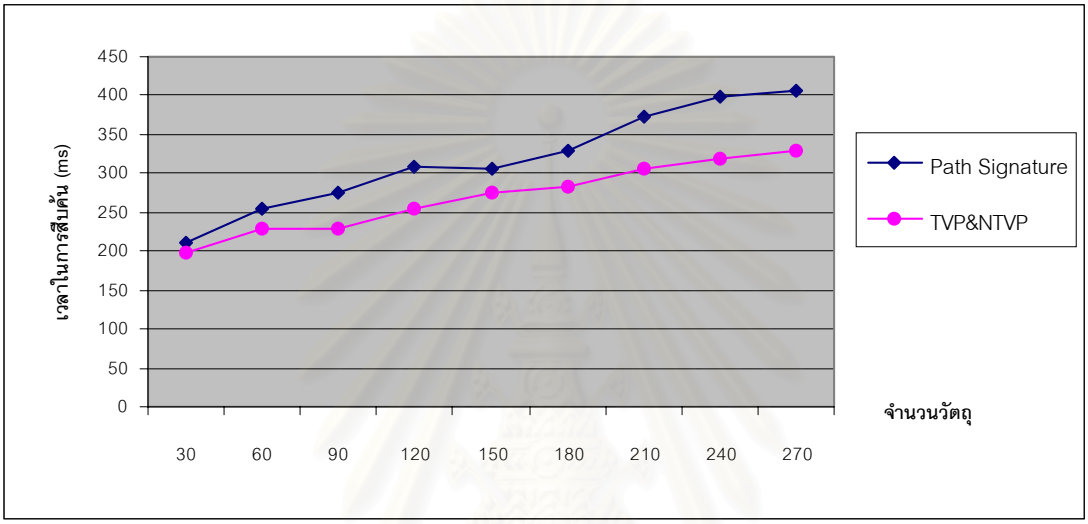
รูปที่ 6.14 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสองเส้นทาง



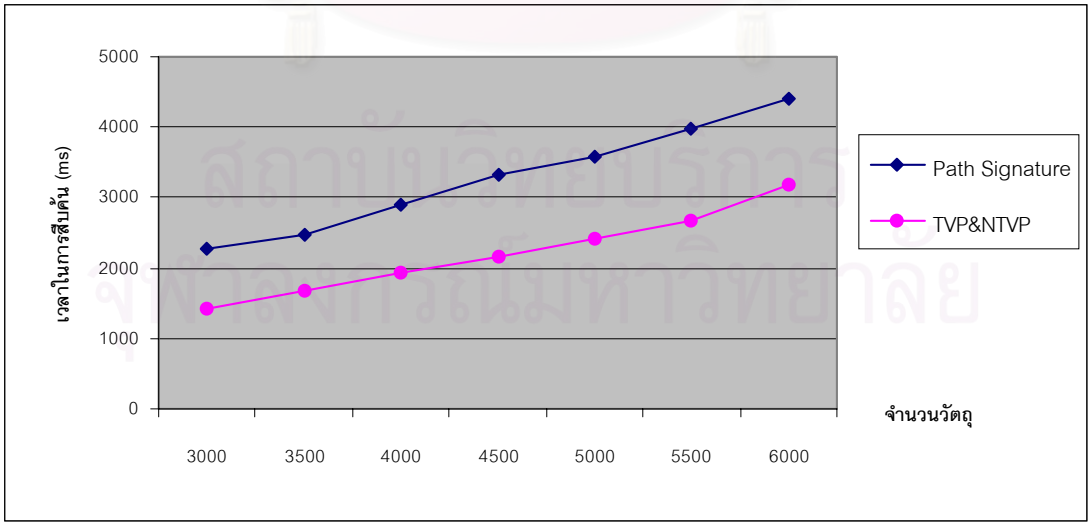
รูปที่ 6.15 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสองเส้นทาง

6.2.2 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาส

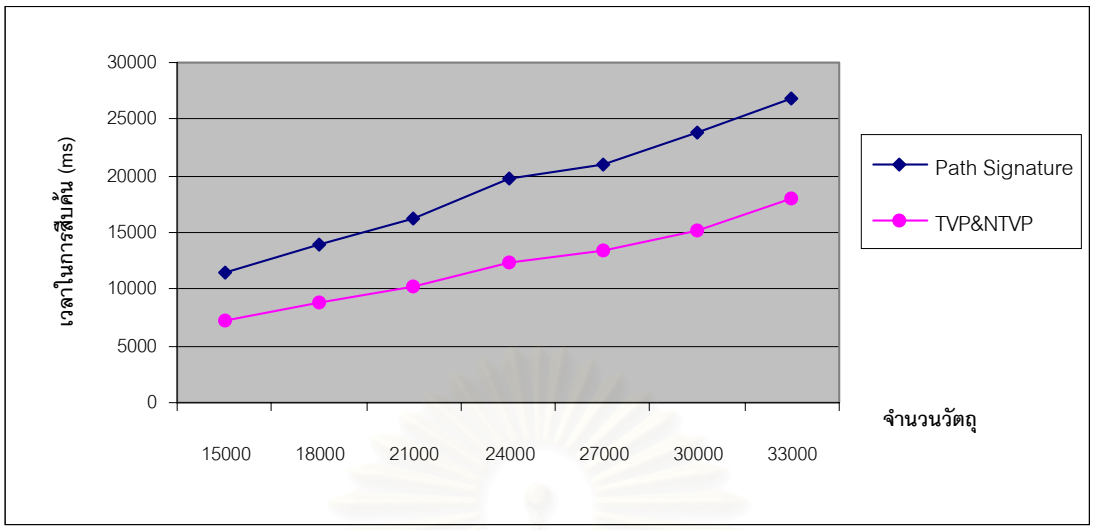
จากการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve License.Owner.Name.name and License.Owner.Name.surname where License.Own.color = “blue” ในฐานข้อมูลทั้งสามแบบจากบทที่ 5 นำเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลมาเขียนกราฟ ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 6.16 6.17 และ 6.18 ซึ่งแสดงเวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ ดังนี้



รูปที่ 6.16 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสองเส้นทาง



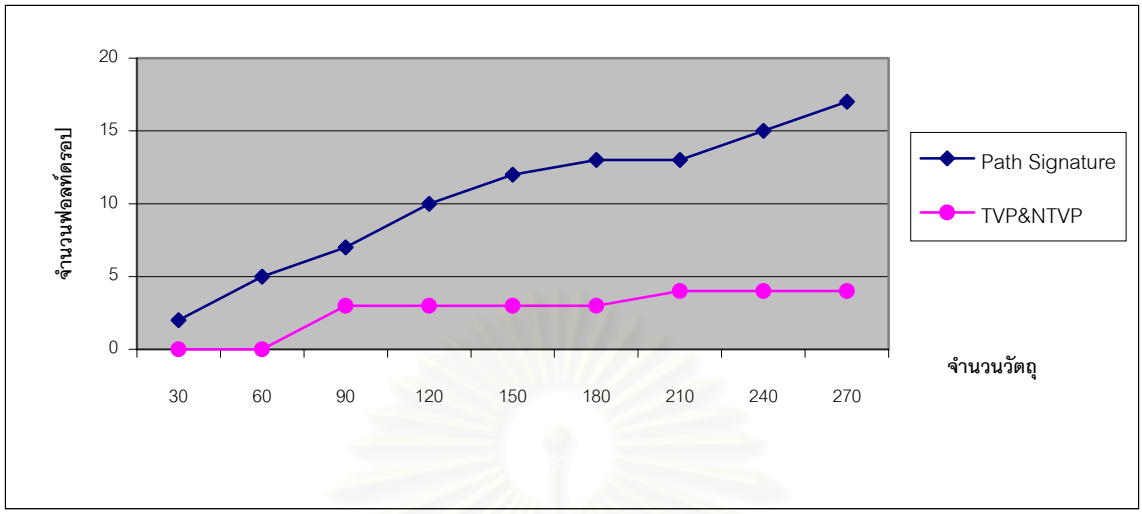
รูปที่ 6.17 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสองเส้นทาง



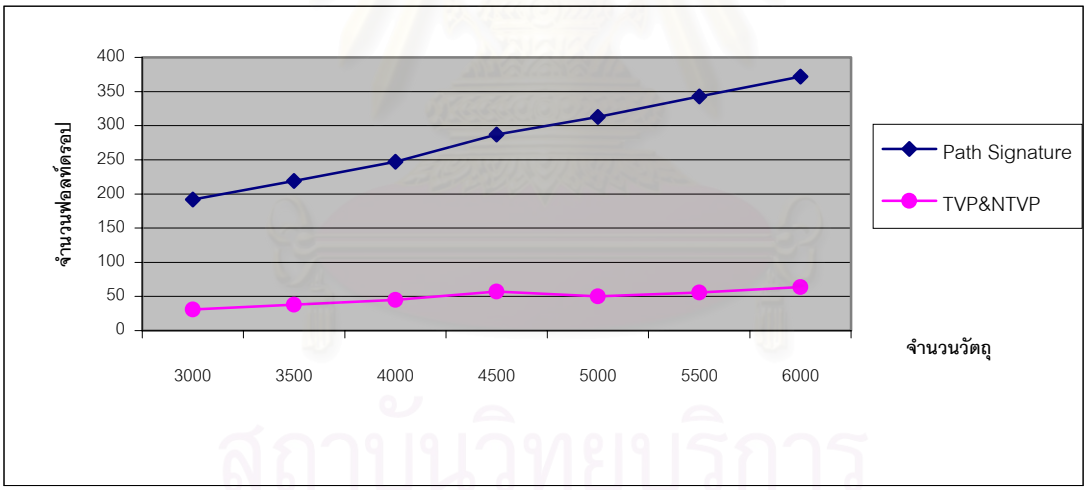
รูปที่ 6.18 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่

กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสองเส้นทาง

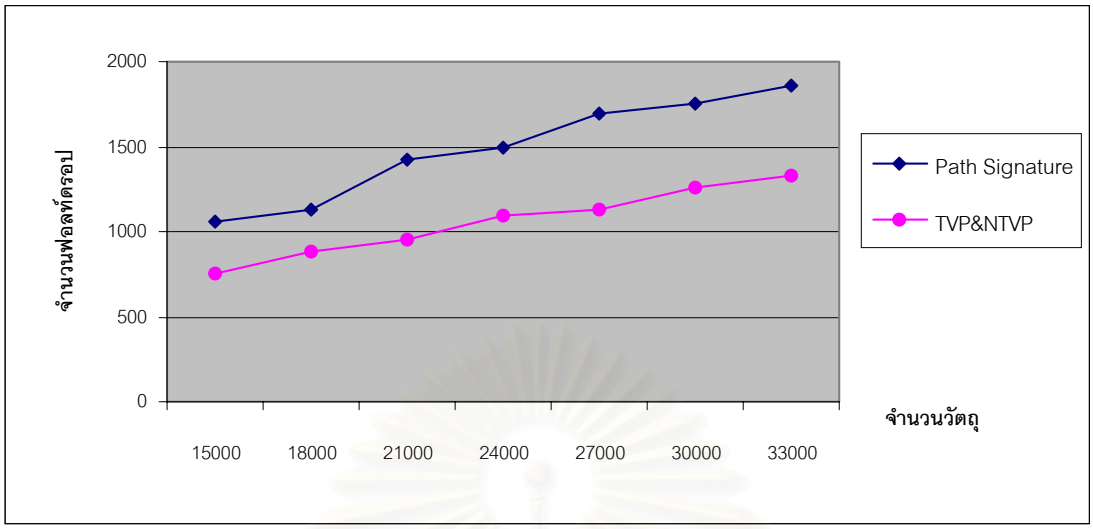
จากกราฟแสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสอบถามข้อมูลดังกล่าว พบว่า การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนมีแนวโน้มในการใช้เวลาเพิ่มขึ้น เมื่อฐานข้อมูลใหญ่ขึ้น แต่แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง อาจวิเคราะห์ได้ด้วยเหตุผล คือ เนื่องจากลักษณะของเพรดิเคทเป็นการสอบถามข้อมูลข้ามเส้นทาง ซึ่งสอบถามข้อมูลจากเส้นทางหนึ่ง แต่ต้องการผลลัพธ์จากอีกเส้นทางหนึ่ง ในกรณีเช่นนี้ การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางจะไม่สามารถเข้าถึงวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ได้โดยตรง โดยจะต้องท่องไปยังวัตถุที่เป็นผลลัพธ์จากคลาสราก ทำให้ใช้เวลามากขึ้นกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทซึ่งในโครงสร้าง ได้จัดเก็บค่าตัวระบุวัตถุของทุก ๆ วัตถุไว้ ทำให้สามารถเข้าถึงวัตถุที่เป็นผลลัพธ์ได้โดยตรง จึงใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลน้อยกว่า นอกจากนี้ จำนวนฟอลท์ดรอปยังส่งผลต่อการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูล ซึ่งการเกิดฟอลท์ดรอปมาก ยังคงทำให้เวลาในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม กราฟแสดงการเกิด ฟอลท์ดรอปในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ของลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทางกรณีเพรดิเคทเกิดที่ลีฟคลาสและนอนลีฟคลาส แสดงดังรูปที่ 6.19 ถึง 6.24 ตามลำดับ



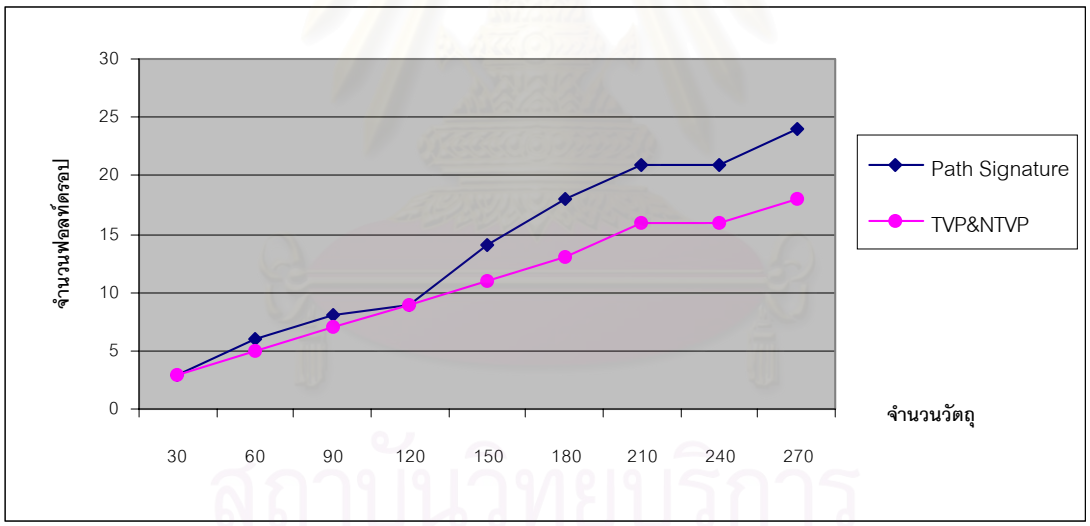
รูปที่ 6.19 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็กกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง



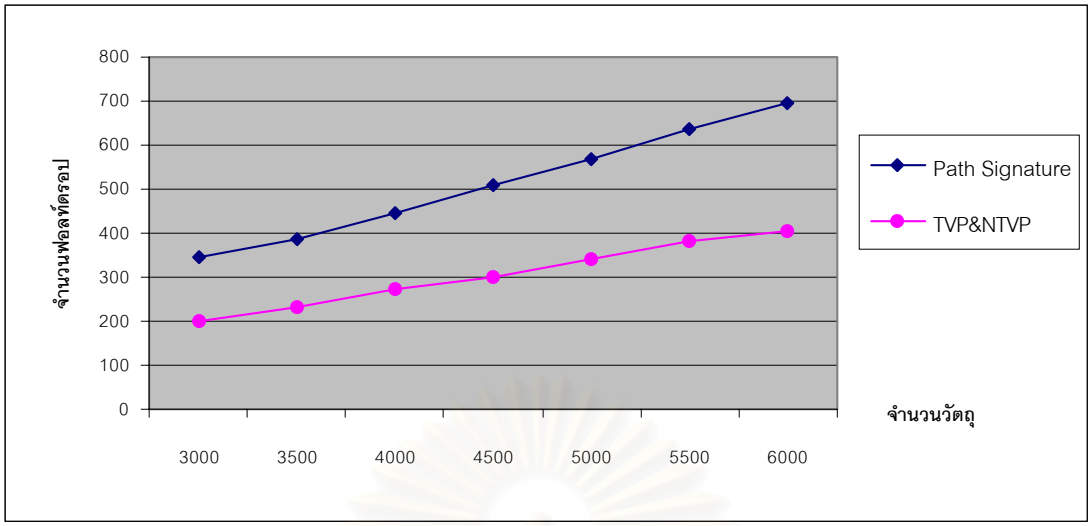
รูปที่ 6.20 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง



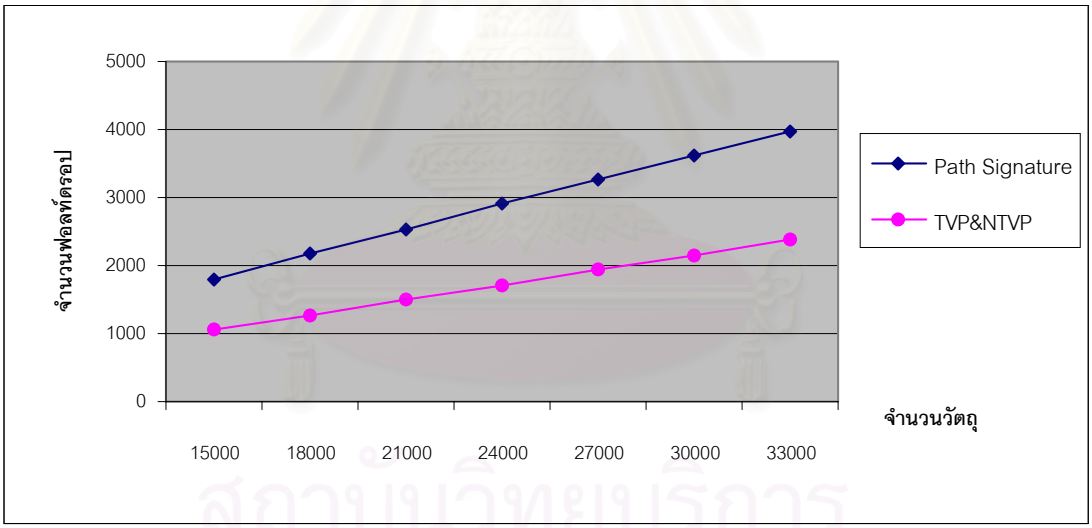
รูปที่ 6.21 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง



รูปที่ 6.22 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็กกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง



รูปที่ 6.23 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง



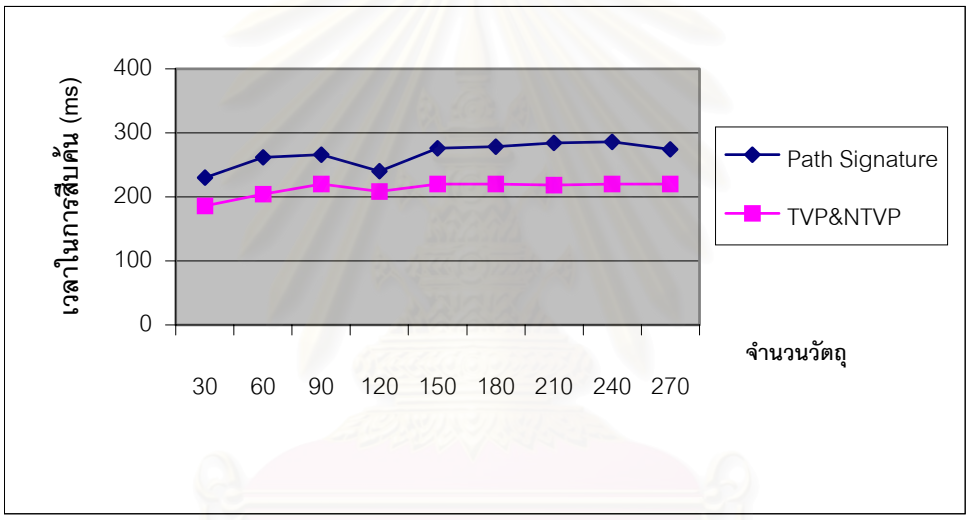
รูปที่ 6.24 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง

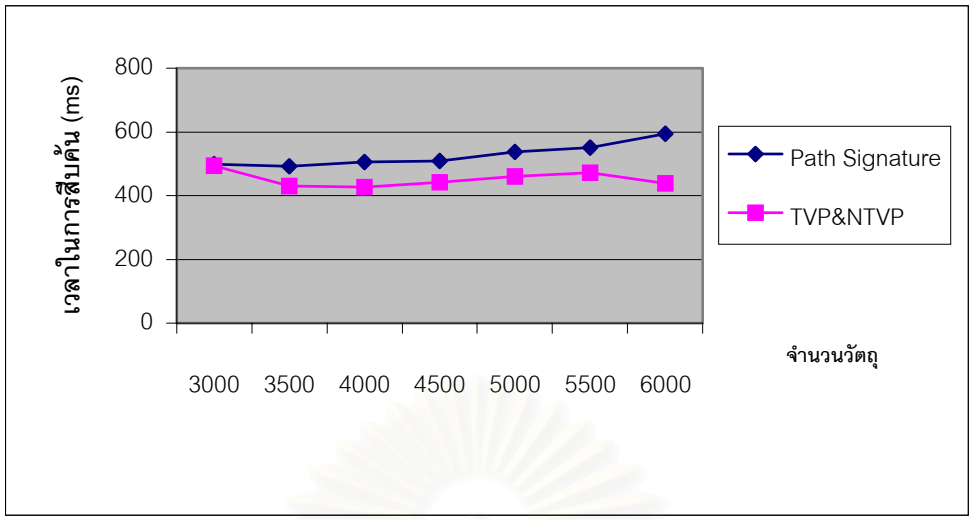
6.3.1 กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ ลีฟคลาส

ในกรณีของลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person .Name where Person.Own.ManuFact.Location = “Albany” ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 6.25 6.26 และ 6.27 ซึ่งแสดงผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ

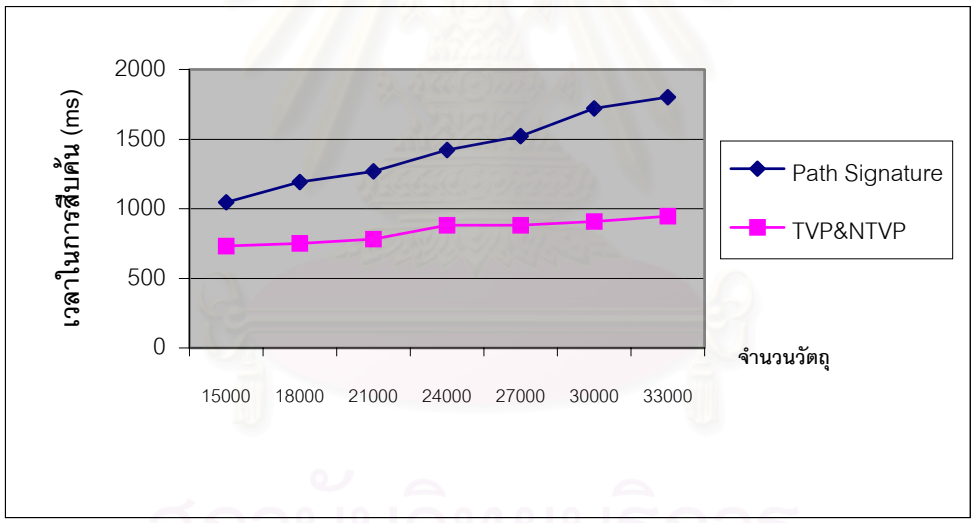


รูปที่ 6.25 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสามเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.26 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสามเส้นทาง

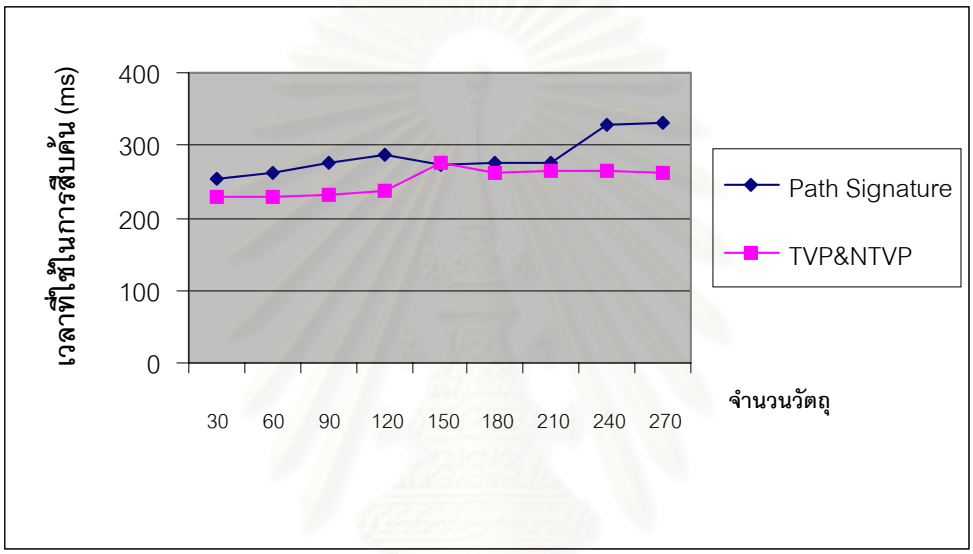


รูปที่ 6.27 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสามเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

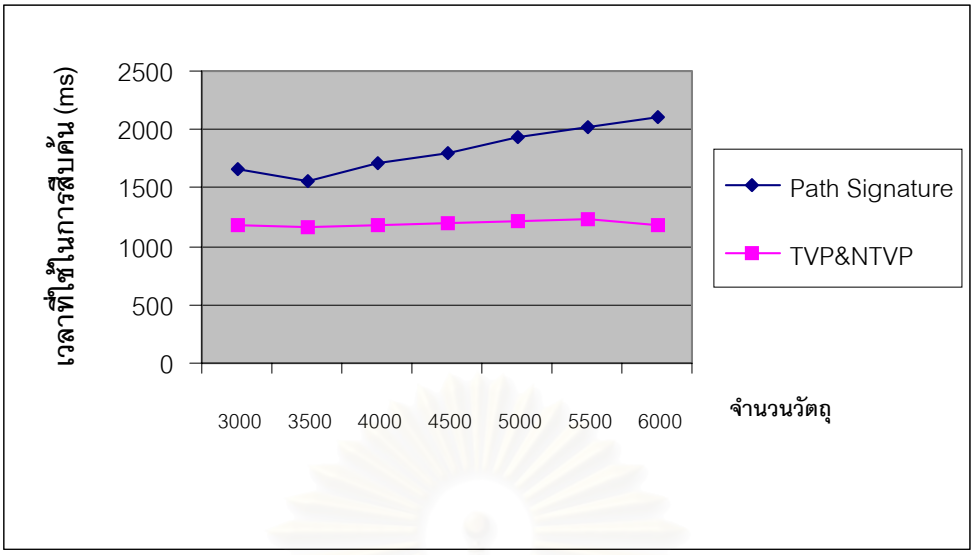
6.3.2 กรณีเพรดิเคทเกิดที่นอนลีฟคลาส

จากการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง ด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Name where Person.Own.Color = “Brown” ผู้วิจัยนำผลการสอบถามข้อมูลมาเขียนกราฟ แสดงดังรูปที่ 6.28 6.29 และ 6.30 ตามลำดับซึ่งแสดงการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ตามลำดับ

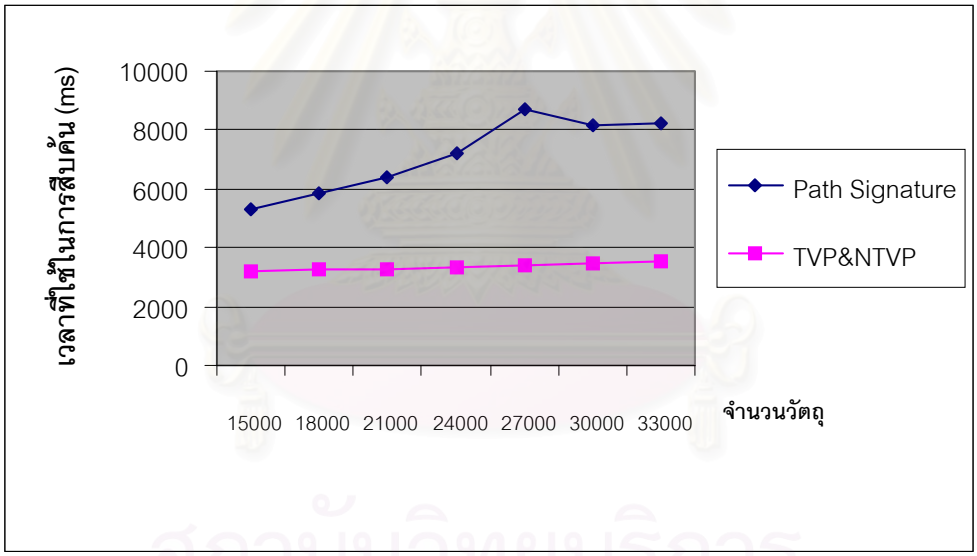


รูปที่ 6.28 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสามเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.29 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสามเส้นทาง

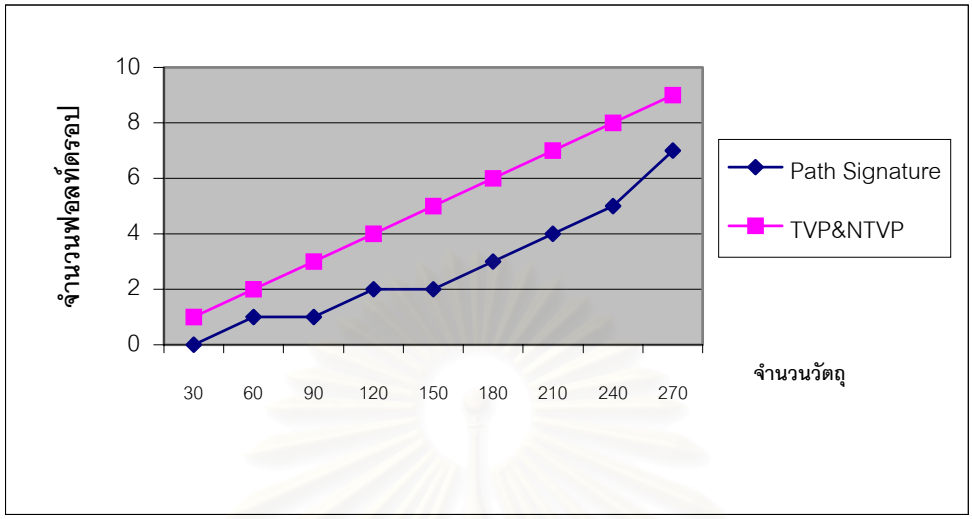


รูปที่ 6.30 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางสามเส้นทาง

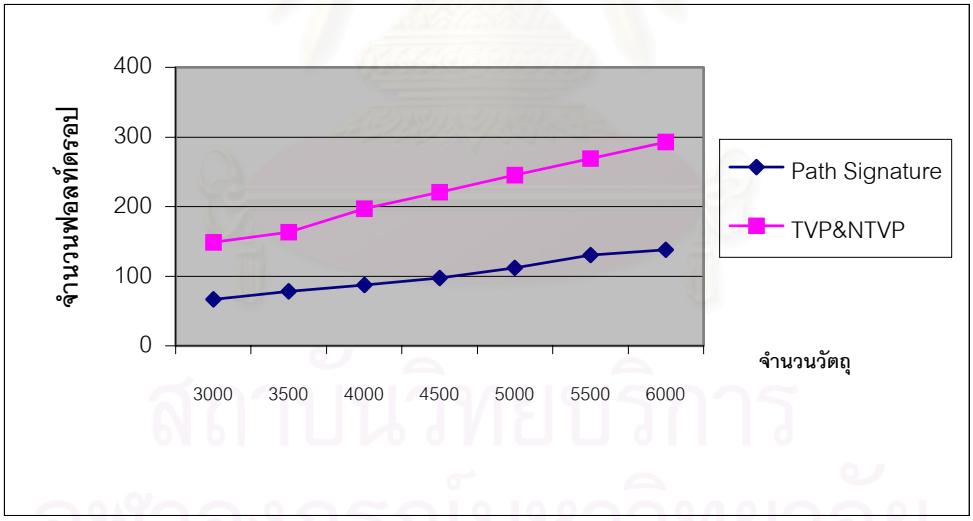
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง จะเห็นได้ว่า เมื่อเพรดิเคทและคำตอบของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นบนคนละเส้นทางในลำดับชั้น ทำให้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลน้อยกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ทั้งนี้เมื่อลำดับชั้นมีขนาดใหญ่ขึ้น การเข้าถึงวัตถุในลำดับชั้นโดยการเข้าถึงโดยตรงนั้น จะเสียเวลาในการเข้าถึงเป็นอย่างมาก ดังนั้น แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง จะเสียเวลาในการเข้าถึงข้อมูลมากกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และหากพิจารณากราฟแสดงฟอลท์ดรอปประกอบ โดยรูปที่ 6.31 6.32 และ 6.33 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ตามลำดับ ในกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟโหนด และรูปที่ 6.34 6.35 และ 6.36 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส จะเห็นได้ว่า ในกรณีที่เพรดิเคทเกิดที่ลีฟคลาสทำให้ฟอลท์ดรอปในแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวพาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทมากกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง แต่เวลาโดยรวมของการสอบถามข้อมูลของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวพาทและนอนเทอร์มินอลเวอ์ชัวร์พาท กลับน้อยกว่า ทั้งนี้ เนื่องจาก แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทางเดินต้องเสียเวลามากในการเข้าถึงข้อมูลซึ่งอยู่คนละเส้นทางนั่นเอง และจากจำนวนฟอลท์ดรอปในรูปที่ 6.34 6.35 และ 6.36 เมื่อเพรดิเคทอยู่ที่ นอนลีฟคลาส พบว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทมีฟอลท์ดรอปน้อยกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทางเดิน เป็นผลทำให้เวลาในการสอบถามข้อมูลแตกต่างกันมากขึ้น

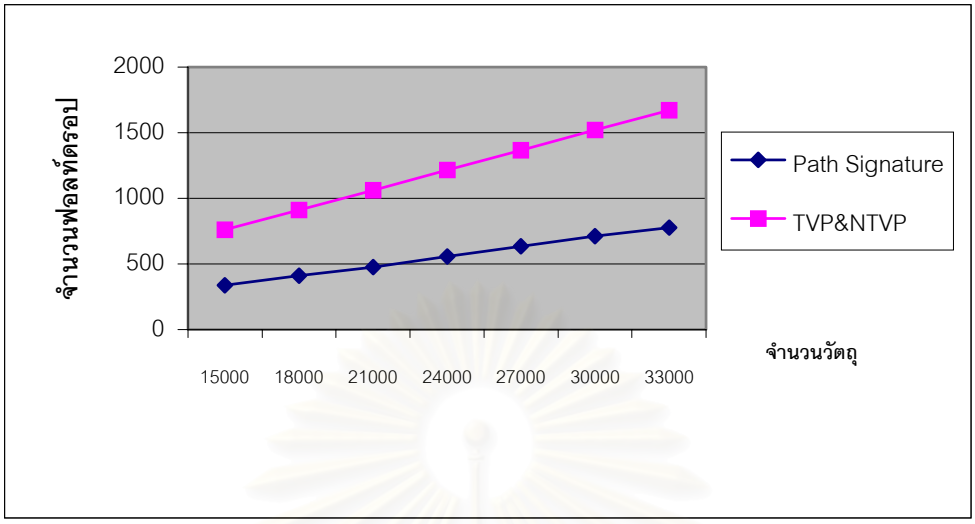
จากการทดสอบเปรียบเทียบในกรณีลำดับชั้นแบบสามเส้นทาง ทำให้ผู้วิจัยคาดว่า การเข้าถึงโดยตรงเป็นสาเหตุที่ทำให้การสอบถามข้อมูลใช้เวลามาก เนื่องจากต้องใช้เวลาไปในการเข้าถึงข้อมูลในลำดับชั้นต่อ ๆ กันไป แต่จะพบอีกว่า เวลาที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลนั้น มากกว่าเวลาในการขจัดฟอลท์ดรอปมาก ดังนั้น ควรลดการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลโดยตรงให้น้อยที่สุด และหากเพรดิเคทเกิดขึ้นบนคนละเส้นทาง แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ไม่สามารถตอบสนองกรณีนี้ได้ จึงเสียเวลามากในการเข้าถึงข้อมูลนั่นเอง



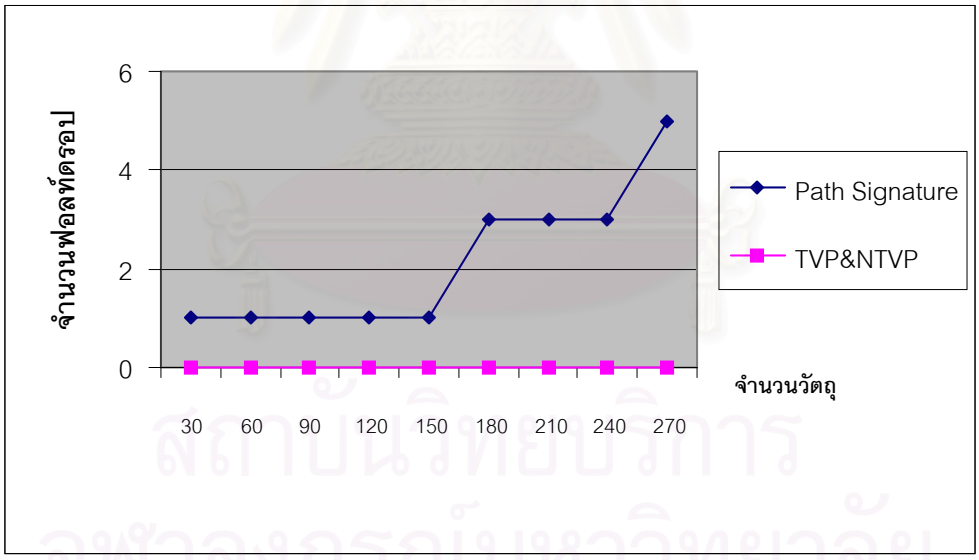
รูปที่ 6.31 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็กกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง



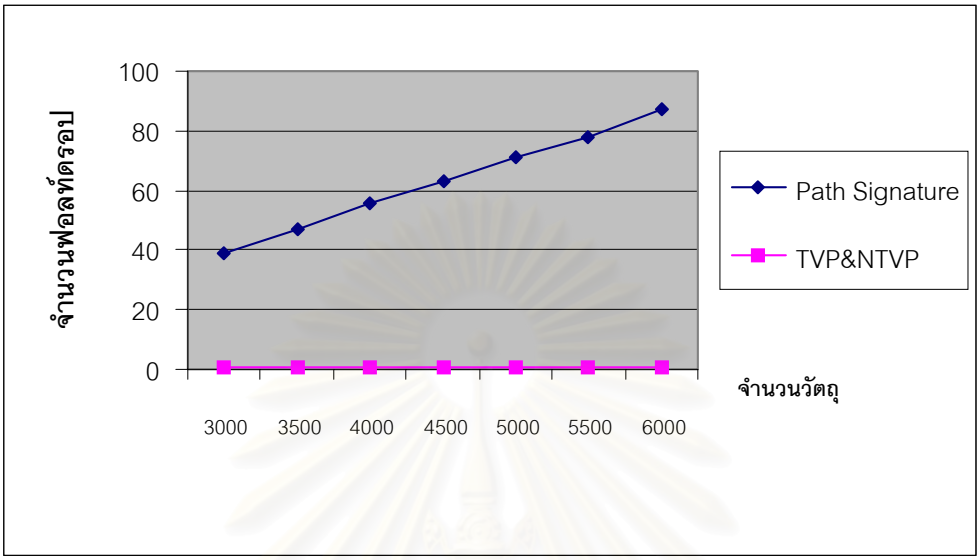
รูปที่ 6.32 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง



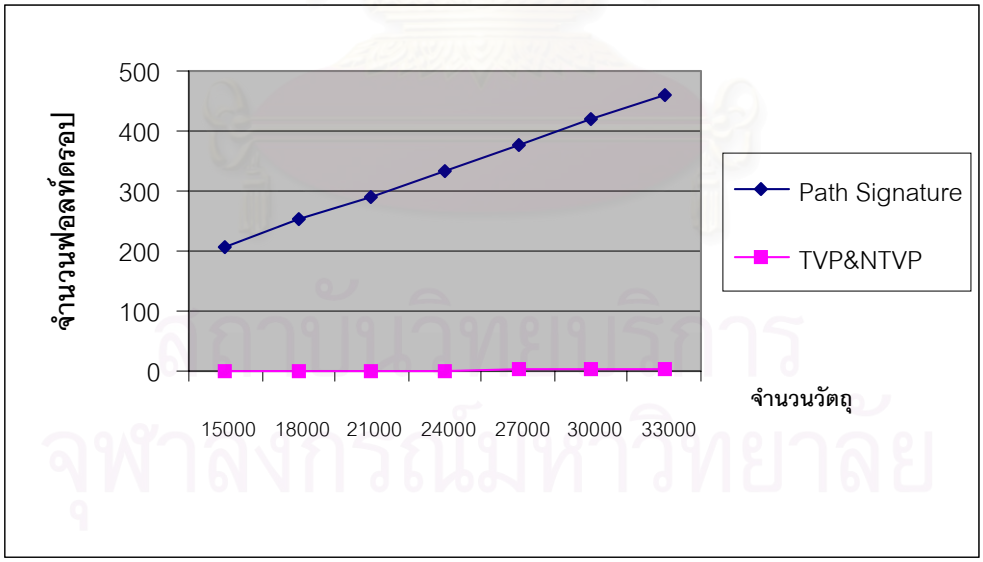
รูปที่ 6.33 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง



รูปที่ 6.34 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็กกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง



รูปที่ 6.35 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง

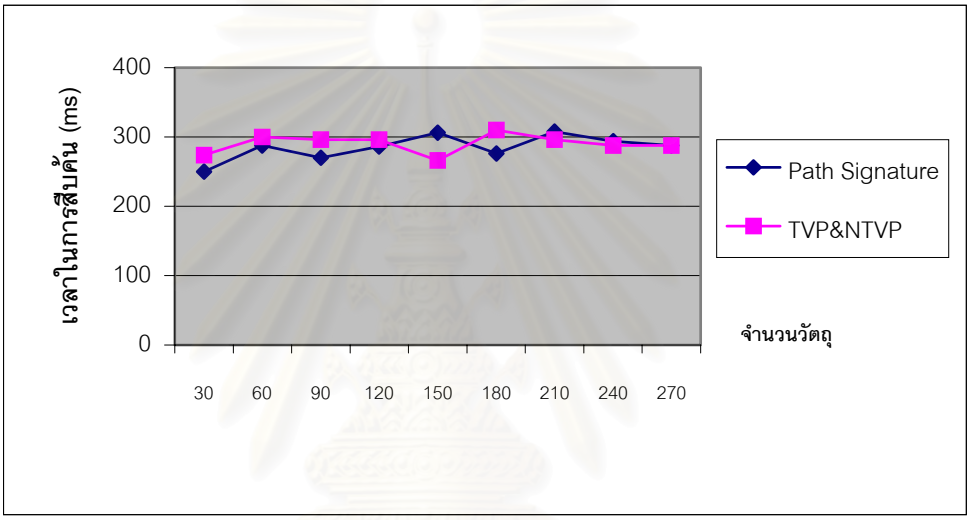


รูปที่ 6.36 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง

6.4 ผลการเปรียบเทียบแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนในลำดับชั้นรวมแบบห้าเส้นทาง

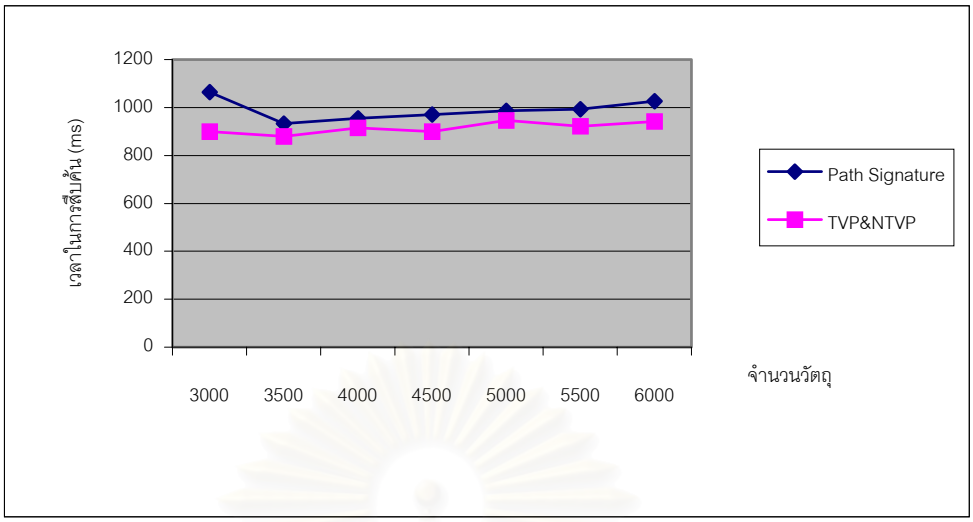
6.4.1 กรณเพรดิเคทเกิดที่นอนลีฟคลาส

จากการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทางจากบทที่ 5 ด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Own.ManuFact.Location.State where Person.Own.Color = "Yellow" แล้วนำเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลมาเขียนกราฟ ได้ดังรูปที่ 6.37 6.38 และ 6.39 ตามลำดับ ซึ่งแสดงเวลาในการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทางในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ตามลำดับ

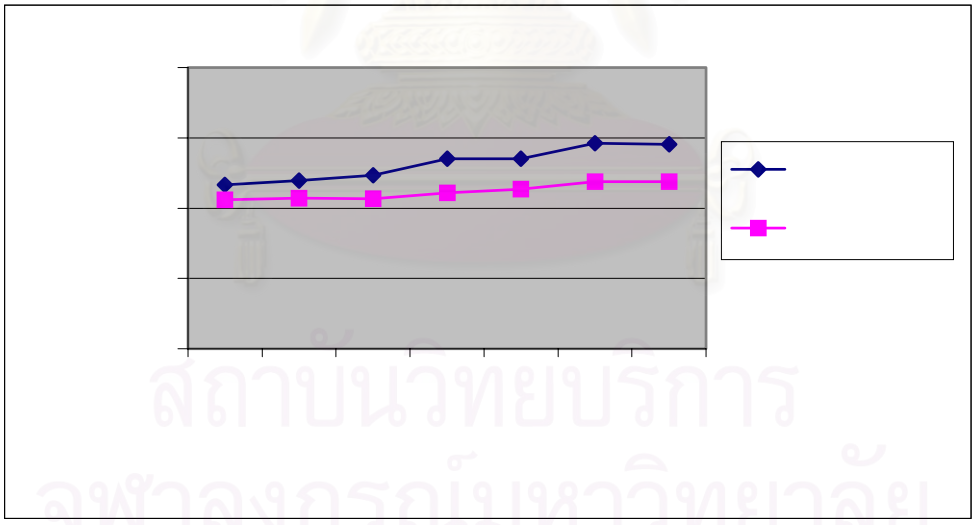


รูปที่ 6.37 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.38 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

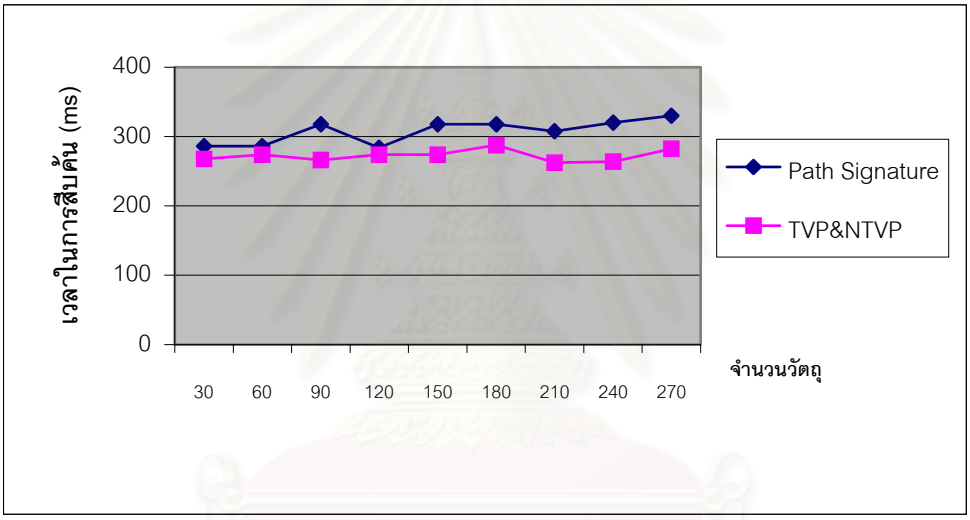


รูปที่ 6.39 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

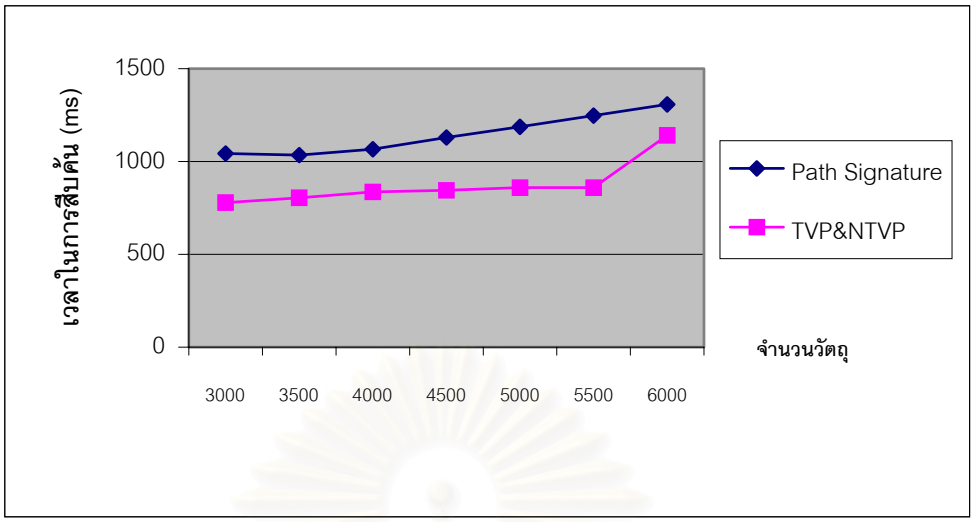
6.4.2 กรณีเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

1) จากการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทางจากบทที่ 5 ด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Liense.Age where Person.Own.Manufact.BankSupp .Name = “HSBC” แล้วนำเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลมาเขียนกราฟ ได้ดังรูปที่ 6.40 6.41 และ 6.42 ตามลำดับ ซึ่งแสดงเวลาในการสอบถามข้อมูลในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทางในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ตามลำดับ

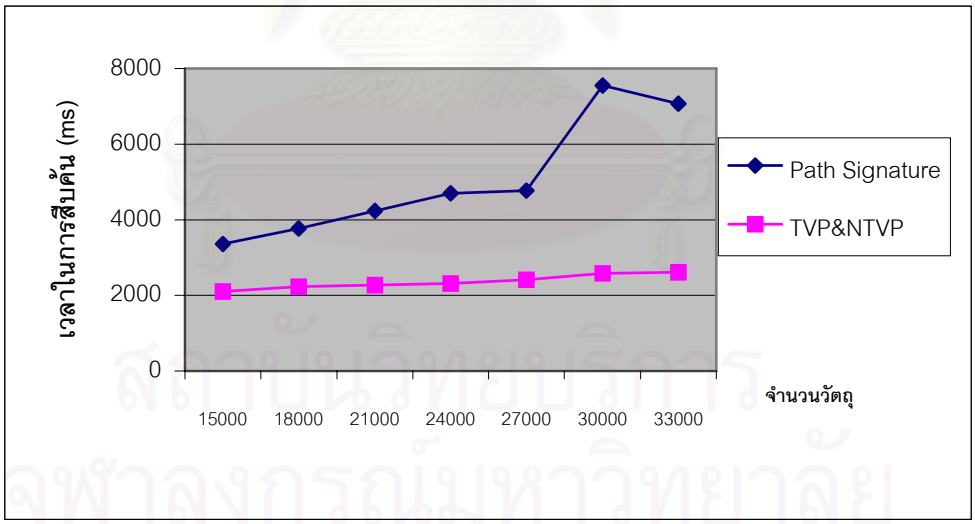


รูปที่ 6.40 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็ก กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.41 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลาง กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางห้าเส้นทาง



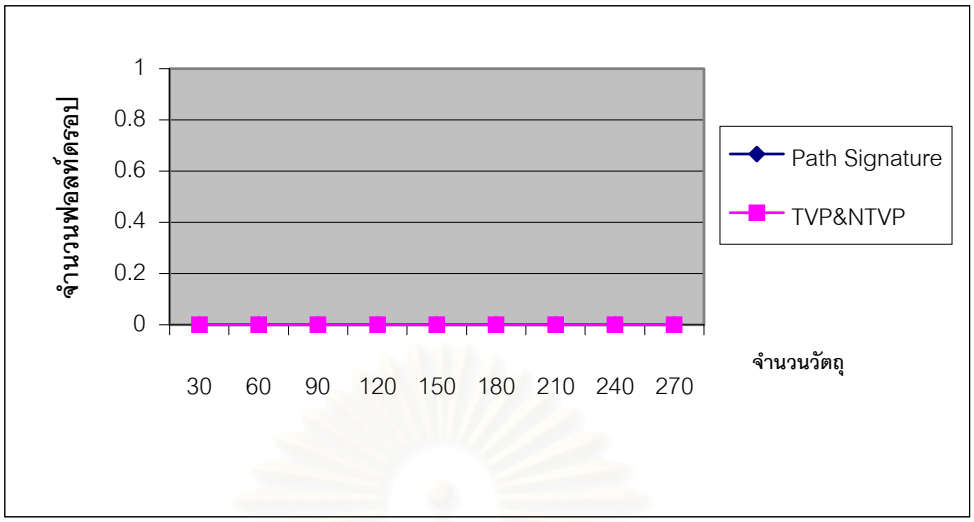
รูปที่ 6.42 แสดงเวลาเฉลี่ยในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

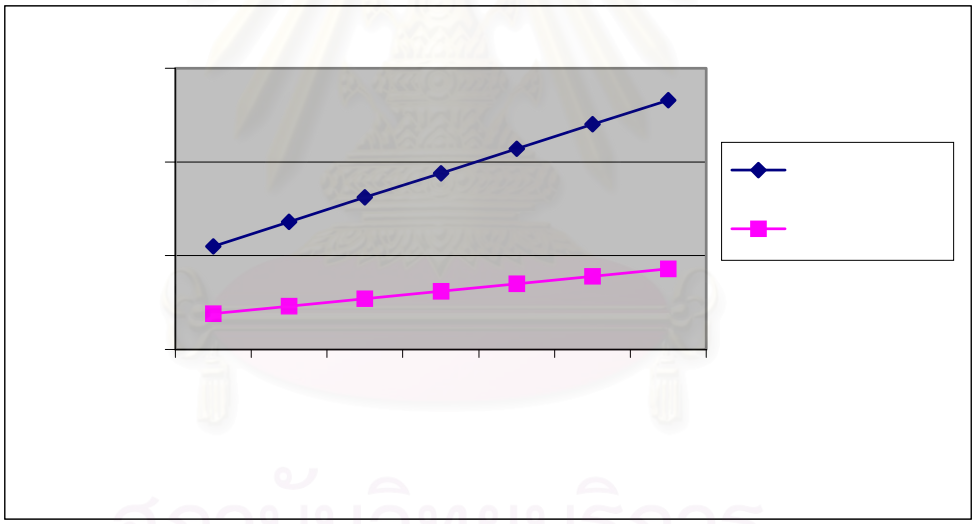
จากกราฟดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในกรณีของเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาสนั้น พบว่าเวลาของทั้งสองวิธีใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่า วัตถุของคลาสที่เป็นเพรดิเคทและวัตถุของคลาสที่เป็นคำตอบ อยู่บนเส้นทางเดียวกัน ทำให้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง สามารถเข้าถึงวัตถุได้โดยตรงเช่นเดียวกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท จึงส่งผลทำให้เวลาในการสอบถามข้อมูลใกล้เคียงกัน และจะเห็นได้ว่า เมื่อในกรณีของเพรดิเคทที่สอง คือ เพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส ซึ่งวัตถุของคลาสที่เป็นเพรดิเคทกับวัตถุของคลาสที่ เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นคนละเส้นทางกัน จะเห็นได้ว่า แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ใช้เวลามากกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท

หากพิจารณาจำนวนฟอลท์ดรอปที่เกิดขึ้นจากการสอบถามข้อมูล คือ รูปที่ 6.41 6.42 และ 6.43 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสอบถามข้อมูลบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทางในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ตามลำดับ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสและรูปที่ 6.44 6.45 และ 6.46 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสอบถามข้อมูลบนลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง ในฐานข้อมูลขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ตามลำดับ กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาส จะเห็นได้ว่า กรณีที่เพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสนั้น แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง มีฟอลท์ดรอปมากกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท แต่สามารถให้ผลในการสอบถามข้อมูลด้วยเวลาที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการที่แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง สามารถเข้าถึงวัตถุผลลัพธ์ได้โดยตรงนั่นเอง ส่วนกรณีที่เพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสนั้น แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทให้ฟอลท์ดรอปมากกว่า แต่สามารถเข้าถึงวัตถุได้โดยตรงในขณะที่แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทางเดินไม่สามารถเข้าถึงวัตถุได้โดยตรง จึงทำให้เสียเวลาในการเข้าถึงวัตถุ

จากการทดลองทั้งหมด ผู้วิจัยคาดว่า การเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูลโดยตรงนั้น จะทำให้เสียเวลาอย่างมากในการสอบถามข้อมูล ซึ่งหากลำดับชั้นมีความลึกมาก ๆ แล้ว การเข้าถึงก็จะยิ่งเสียเวลามากขึ้น ดังนั้น ในการสอบถามข้อมูลของระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุด้วยวิธีการทำดัชนีนั้น ควรลดการเข้าถึงวัตถุโดยตรง เพื่อให้เวลาในการสอบถามข้อมูลน้อยลง

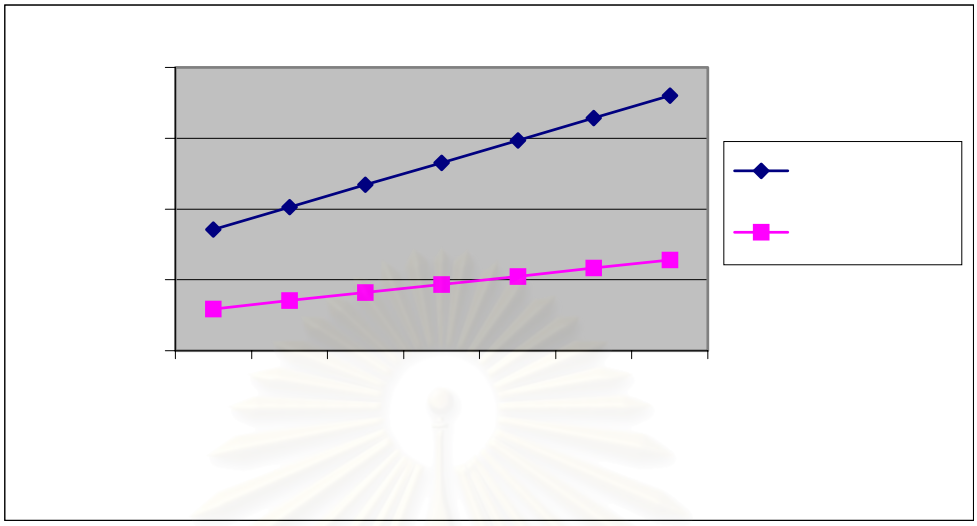


รูปที่ 6.41 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็กกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

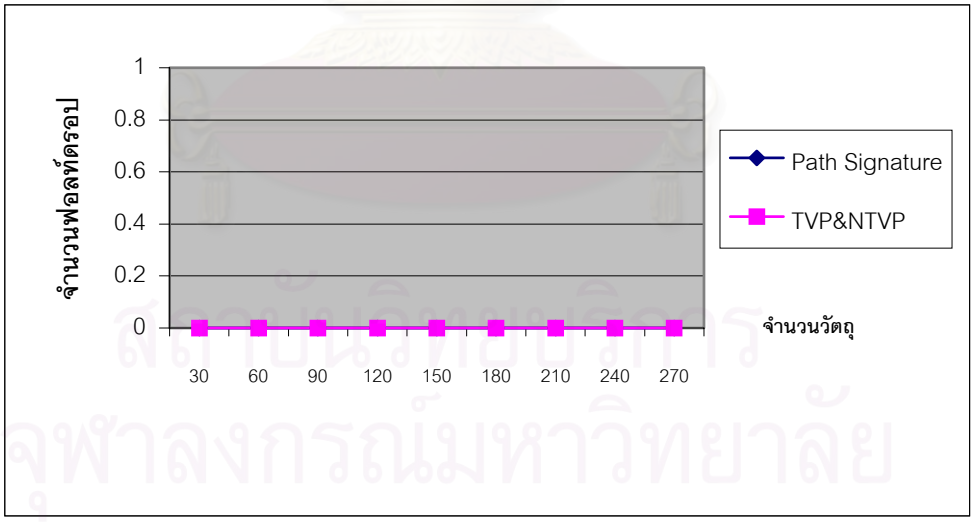


รูปที่ 6.42 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

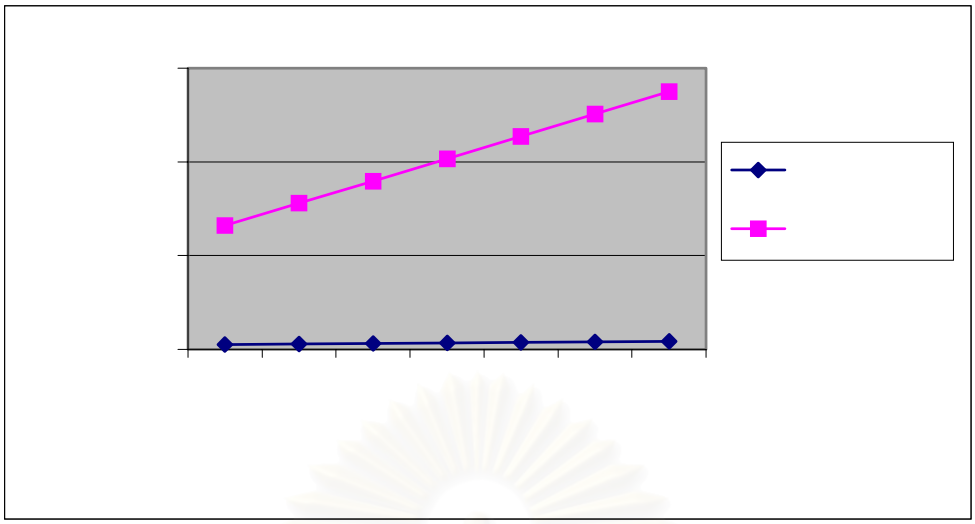


รูปที่ 6.43 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่นอนลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

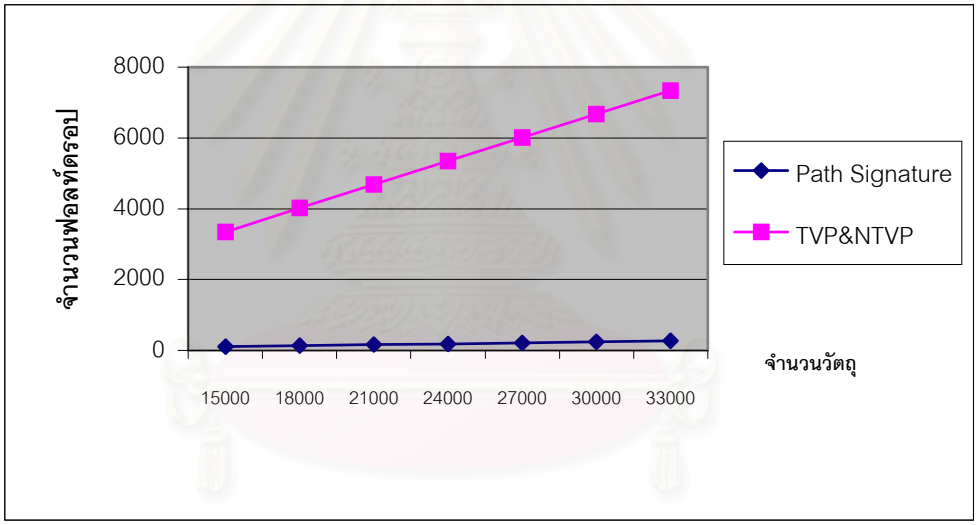


รูปที่ 6.44 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดเล็กกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.45 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดกลางกรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง



รูปที่ 6.46 แสดงจำนวนฟอลท์ดรอปในการสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนทั้งสองแบบในฐานข้อมูลขนาดใหญ่กรณีเพรดิเคทเกิดขึ้นที่ลีฟคลาสในลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการเปรียบเทียบการสอบถามข้อมูลในระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุด้วยการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้นผู้วิจัยสรุปผลการทดสอบเปรียบเทียบได้ดังนี้

1. แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางนั้น สามารถใช้งานได้ดีเมื่อ เพรดิเคทเกิดขึ้นบนเส้นทางใดเส้นทางหนึ่ง แต่เมื่อเพรดิเคทของการสอบถามข้อมูลและคำตอบของการสอบถามข้อมูลเกิดขึ้นบนเส้นทางต่างกันแล้ว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง จะต้องใช้เวลามากในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบของการสอบถามข้อมูล ซึ่งด้อยกว่าการใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ซึ่งสามารถเข้าถึงวัตถุในทุก ๆ วัตถุบนลำดับชั้นได้ ทำให้ไม่เสียเวลาในการสอบถามข้อมูลซึ่ง ผู้วิจัย เห็นว่า การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทสามารถตอบสนองการสอบถามข้อมูลได้ดีในลำดับชั้นที่มีเส้นทางหลายเส้นทาง

2. หากพิจารณาในเรื่องของเนื้อที่ที่ใช้เก็บสัญลักษณ์แสดงตนแล้ว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทจะใช้เนื้อที่เก็บสัญลักษณ์แสดงตนน้อยกว่าแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ทั้งนี้ เพราะแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง จะใช้เนื้อที่เก็บหลายครั้งบนเส้นทางเดียว ทำให้สิ้นเปลือง แต่แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท เก็บโครงสร้างเพียงครั้งเดียว จึงทำให้ประหยัดเนื้อที่มากกว่า

3. หากพิจารณาในเรื่องโครงสร้างการเก็บสัญลักษณ์แสดงตนแล้ว แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางจะมีความยุ่งยากในการใช้งาน เนื่องจากมีสัญลักษณ์แสดงตนหลายแฟ้ม ทำให้ต้องพิจารณาถึงแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนที่จะถูกเรียกใช้งานเมื่อมีการสอบถามข้อมูล เทียบกับแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทซึ่งเก็บเพียงโครงสร้างเดียว ทำให้ความยุ่งยากในการเลือกใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนลดน้อยลง เหลือเพียงการเลือกสอบถามบนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท หรือนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทเท่านั้น

7.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ เป็นเพียงขั้นต้นของการวางโครงสร้างแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทเท่านั้น ผู้วิจัยได้พิจารณาว่า หากนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทมีจำนวนวัตถุที่เป็นสมาชิกมาก จะส่งผลต่อจำนวนฟอลท์ดรอป ซึ่งทำให้มีฟอลท์ดรอปเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะไปลดประสิทธิภาพของแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนลง ดังนั้น การใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อจำนวนวัตถุในนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทมีมากจนทำให้ฟอลท์ดรอปเพิ่มสูงขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางในการวิจัยต่อว่า ควรมีการจัดโครงสร้างส่วนที่เป็นนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทให้ตอบรับกับจำนวนวัตถุที่มากขึ้นและลดจำนวนฟอลท์ดรอปลง ซึ่งอาจทำได้โดย ศึกษาถึงลักษณะของสัญลักษณ์แสดงตน ว่าขนาดของสัญลักษณ์แสดงตน และการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนด้วยแฮชฟังก์ชันต่าง ๆ กัน สามารถลดจำนวนฟอลท์ดรอปได้อย่างไร หรือการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนแบบหลายระดับ (Multi-Level) จะช่วยลดจำนวนฟอลท์ดรอปได้อย่างไร เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ สามารถนำมาใช้ในการจัดโครงสร้างของนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทและเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทได้ทั้งสิ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

Bertino Elisa., Lorenzo Martino. Object-oriented Database System concepts and Architecture, London:Addison-Wesley Publishers, 1994.

Dik Lun Lee., Chun-wu Leng. A Partitioned Signature File Structure for Multiattribute and Text Retrieval. Proceeding of The Sixth International Conference on Data Engineering, 1990, 389-397.

Dillon, Tharam S., Poh Lee Tan. Object-oriented conceptual modeling. Australia:Prentice Hall, 1993.

P. Leelahakarnjana., D. Wongsawang. Using Signature File for searching a Multi-Valued Attribute in Reletional Database. National Computer Science and Engineering Conference, 1998.

S. Y. Sung., Jeffery Fu. Access Methods on Aggregation of Object-oriented Database. Proceeding of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1996, 977-982.

Wang-chien Lee., Dik L. Lee. Signature File Methods for Indexing Object-oriented Database Systems. Proceeding of the 2nd International Computer Science Conference, Hong Kong. Dec. 1992, 217-222.

Yond Man Kim., Dik Lun Lee. An Optimal Multilevel Signature File for Large Databases. Proceeding of the Fouth International Conference on Computing and Information, 1992, 373-376.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การสร้างสัญลักษณ์แสดงตน

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอการสร้างสัญลักษณ์แสดงตน ที่ใช้ในงานวิจัย โดยผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์แสดงตน ที่มีขนาด 32 บิต และ มีบิตที่ถูกให้ค่าเป็น 1 จำนวน 4 บิต หลักการสร้างสัญลักษณีแสดงตนคือ

1. นำสายอักขระสตริงที่ต้องการสร้างสัญลักษณ์แสดงตนมาสร้างเป็นเลขจำนวนเต็ม
2. นำเลขจำนวนเต็มที่ได้ให้ค่าเริ่มต้นเป็น seed กับฟังก์ชัน Random
3. สุ่มเลขจากฟังก์ชัน Random ขึ้นมา 4 จำนวน ให้อยู่ระหว่าง 1-32
4. ให้ค่า 1 กับบิตที่สุ่มได้ในสัญลักษณ์แสดงตน

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการเขียนฟังก์ชันแฮช ซึ่งผู้วิจัยใช้ภาษาจาวาในการเขียนโปรแกรม

```
import java.lang.*;
import java.util.*;

public class Hashing
 {
static  int hash(String V)
        {
           int ran,i,len,buff;
           int bit,seed,sig;

           len = V.length();
           seed = 0;
           for(i=0;i<len;i++)
            {
                    seed+= (int)V.charAt(i);
                    seed<<=3;
           {
           //System.out.println(seed);
           Random x = new  Random(seed);
           ran = Math.abs(x.nextInt());
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
            sig = 0;
            for(i=1;i<5;i++)
            {
              ran = Math.abs(x.nextInt())%30+1;
              bit = 1;
              bit<<=ran;
              sig |=bit;
            }
            sig>>=1;
           //System.out.println(Integer.toBinaryString(sig));
            return sig;
}

     int hash(int V)
        {
          return  hash(Integer.toString(V));
        }
    int hash(float V)
        {
          return  hash(Float.toString(V));
        }
   static public void main(String args[])
     {
          hash("Marut");
     }
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
ตารางแสดงผลการทดลอง

ผู้วิจัยบันทึกผลการสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตน นำเสนอในหัวข้อนี้ในรูปตารางดังนี้

การทดลองกับลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางเดียว

ในการทดลองสืบค้นข้อมูลด้วยสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัยทำการทดลอง 5 ครั้ง ในแต่ละวิธีเพื่อหาเวลาในการสืบค้นเฉลี่ย โดยผลการสอบถามข้อมูลของแต่ละวิธี แสดงดังตารางต่อไปนี้

1. ผลการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Owner.Name and Owner.Surname where Owner.Own.Location.State = “Albany” โดยสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.1 ถึง ข.5 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.6

2. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Owner.Name and Owner.Surname where Owner.Own.Location.State = “Albany” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.7 ถึง ข.11 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.12

3. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Owner.Own.Location.State where Owner.Name = “John” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.13 ถึง ข.17 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.18

4. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Owner.Own.Location.State where Owner.Name = “John” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.19 ถึง ข.23 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.24

การทดลองกับลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสองเส้นทาง

ในการทดลองสืบค้นข้อมูลด้วยสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัยทำการทดลอง 5 ครั้ง ในแต่ละวิธีเพื่อหาเวลาในการสืบค้นเฉลี่ย โดยการทดลองของแต่ละวิธี แสดงดังตารางต่อไปนี้

1. ผลการใช้เวลาการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve License.Owner. Name.name and License.Owner.Name.surname where License.Own.color = “blue” โดยสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 ตามลำดับ แสดงในตาราง ข.25 ถึง ข.29 และ เวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.30

2. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve License.Owner .Name.name and License.Owner.Name.surname where License.Own.color = “blue” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.31 ถึง ข.35 ตามลำดับและเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.36

3. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วย เพรดิเคท Retrieve License.Owner.age where License.Own.Vehicle.Location = “Albany” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.37 ถึง ข.41 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.42

4. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve License.Owner.age where License.Own.Vehicle.Location = “Albany” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.43 ถึง ข.47 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.48

การทดลองกับลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางสามเส้นทาง

ในการทดลองสืบค้นข้อมูลด้วยสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัยทำการทดลอง 5 ครั้ง ในแต่ละวิธีเพื่อหาเวลาในการสืบค้นเฉลี่ย โดยผลการสอบถามข้อมูลของแต่ละวิธี แสดงดังตารางต่อไปนี้

1. ผลการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person .Name where Person.Own. ManuFact.Location = “Albany” โดยสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.49 ถึง ข.53 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.54

2. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person .Name where Person.Own. ManuFact.Location = “Albany” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.55 ถึง ข.59 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.60

3. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Name where Person.Own.Color = “Brown” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.61 ถึง ข.65 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.66

4. ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Name where Person.Own.Color = “Brown” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.67 ถึง ข.71 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.72

การทดลองกับลำดับชั้นรวมแบบเส้นทางห้าเส้นทาง

ในการทดลองสืบค้นข้อมูลด้วยสัญลักษณ์แสดงตน ผู้วิจัยทำการทดลอง 5 ครั้ง ในแต่ละวิธีเพื่อหาเวลาในการสืบค้นเฉลี่ย โดยผลการสอบถามข้อมูลของแต่ละวิธี แสดงดังตารางต่อไปนี้

1) ผลการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Own.ManuFact. Location.State where Person.Own.Color = “Yellow” โดยสืบค้นด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.73 ถึง ข.77 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.78

2) ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Own.ManuFact. Location.State where Person.Own.Color = “Yellow” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.79 ถึง ข.83 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.84

3) ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Lisence.Age where Person.Own.Manufact.BankSupp.Name = “HSBC” โดยสืบค้น ด้วยแฟ้ม

สัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.85 ถึง ข.89 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.90

4) ผลการใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Lisence.Age where Person.Own.Manufact.BankSupp.Name = “HSBC”โดยสืบค้น ด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท และ นอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาทครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 แสดงในตาราง ข.91 ถึง ข.95 ตามลำดับ และเวลาเฉลี่ยในการสอบถามข้อมูลแสดงในตาราง ข.96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	3	5	5	7	9	14	15	22	309	356	417	465	506	546	581	1468	1720	2041	2343	2635	2926	3232
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	160	170	170	220	220	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	170	170	170	170	160	220	220	220	270	280	330	330	330	330	390	390	390	380	380	380	430	380

ตาราง ข.1 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	3	5	5	7	9	14	15	22	309	356	417	465	506	546	581	1468	1720	2041	2343	2635	2926	3232
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	110	170	160	160	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	170	220	170	170	170	220	220	220	270	280	330	280	330	270	330	330	330	330	390	390	390	440

ตาราง ข.2 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	3	5	5	7	9	14	15	22	309	356	417	465	506	546	581	1468	1720	2041	2343	2635	2926	3232
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	110	160	170	160	160	220	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	170	170	170	170	220	220	220	220	280	280	330	330	330	330	270	330	330	330	390	440	380	380

ตาราง ข.3 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	3	5	5	7	9	14	15	22	309	356	417	465	506	546	581	1468	1720	2041	2343	2635	2926	3232
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	110	160	160	220	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	170	170	170	220	220	170	160	220	280	270	330	380	330	330	280	380	330	390	330	380	440	390

ตาราง ข.4 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	3	5	5	7	9	14	15	22	309	356	417	465	506	546	581	1468	1720	2041	2343	2635	2926	3232
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	50	50	110	110	160	160	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	170	170	160	170	220	220	280	330	330	280	330	280	330	330	280	330	330	330	380	380	380	390

ตาราง ข.5 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	3	5	5	7	9	14	15	22	309	356	417	465	506	546	581	1468	1720	2041	2343	2635	2926	3232
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนฟอลท์ดรอป	1	1	3	3	5	7	11	12	18	256	296	344	388	427	461	493	1251	1456	2329	1990	2241	2480	2745
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	10.6	12	14.6	27.4	15.8	27	61.6	131.4	172.8	192.4	210.6	242.8	265.2	220
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	134	136.2	146.6	134.6	147	167.4	168.2	178.4	201.6	283.2	281.2	332.8	331.6	349.4	344.2	330.6	524.2	555.2	741.8	696	766.2	814	869
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น (ms)	134	136.6	147	135	147.4	167.8	168.8	179	202.4	293.8	293.2	347.4	359	365.2	371.2	392.2	655.6	728	934.2	906.6	1009	1079	1089

ตาราง ข.6 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	60	60	110	110	110	100	110	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	170	170	120	170	160	170	170	160	170	160	220	220	170	220	170	220	160	220	220	220	220	220

ตาราง ข.7 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	60	0	50	110	170	110	160	160	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	160	160	160	160	170	160	170	160	160	160	220	170	160	160	210	220	220	220	160	170	170	220

ตาราง ข.8 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	110	50	110	110	170	160	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	160	170	170	160	170	160	160	170	220	220	220	220	220	220	160	160	220	220	160	160	220	220

ตาราง ข.9 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	60	60	110	110	110	160	170
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	170	170	170	170	160	170	170	170	170	170	220	220	170	220	170	220	170	220	220	220	220	220

ตาราง ข.10 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	60	50	60	110	110	110	110	160	170
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	170	170	170	160	220	160	170	160	160	220	160	220	160	160	170	220	170	220	220	220	160	220

ตาราง ข.11 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	2	2	2	2	3	3	4	53	60	73	77	79	85	88	217	264	312	353	394	446	487
จำนวนฟอลท์ดรอป	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	10.6	12	14.6	37.4	37.8	41	49.6	99.4	118.8	162.4	158.6	188.8	217.2	229.4
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	136	132	134	134	130	144	130	134	132	142	154	164	166	142	152	142	164	156	176	152	154	154	176
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น (ms)	136	132	134	134	130	144	131	135	133	153	166	179	203	180	193	192	263.4	274.8	338.4	310.6	342.8	371.2	405.4

ตาราง ข.12 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดย เพรดิเคทอยู่ที่ Leaf Object

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	18	22	33	41	46	51	60	67	738	862	969	1098	1227	1340	1444	3632	4365	5120	5852	6549	7271	7993
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	50	60	110	60	50	60	110	170	220	270	330	330	390
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	220	220	270	270	270	270	270	330	1430	1760	1920	2030	2300	2480	2620	6640	7850	9230	10390	13180	14610	17240

ตาราง ข.13 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ Non-Leaf Object

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	18	22	33	41	46	51	60	67	738	862	969	1098	1227	1340	1444	3632	4365	5120	5852	6549	7271	7993
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	50	110	60	50	60	170	160	220	270	280	390	380
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	220	220	270	270	270	280	280	270	1480	1760	1930	2090	2300	2530	2740	6040	7800	9280	10330	11640	10320	14620

ตาราง ข.14 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ Non-Leaf Object

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	18	22	33	41	46	51	60	67	738	862	969	1098	1227	1340	1444	3632	4365	5120	5852	6549	7271	7993
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	170	50	60	60	60	160	160	280	220	270	380	380
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	220	220	270	280	280	280	330	330	1480	1760	1870	2030	2310	2410	2690	6590	7910	9060	10660	11800	12850	14720

ตาราง ข.15 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	18	22	33	41	46	51	60	67	738	862	969	1098	1227	1340	1444	3632	4365	5120	5852	6549	7271	7993
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	110	50	60	50	160	160	220	270	270	330	380
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	210	220	220	280	270	280	330	270	1430	1750	1870	2090	2310	2470	2690	6650	7800	9120	10660	12030	13080	14830

ตาราง ข.16 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	18	22	33	41	46	51	60	67	738	862	969	1098	1227	1340	1444	3632	4365	5120	5852	6549	7271	7993
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	50	170	50	50	60	170	220	220	270	330	330	390
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	220	220	280	270	270	280	280	280	1490	1760	1920	2030	2310	2470	2630	6700	7850	9280	10660	11650	13290	14770

ตาราง ข.17 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	18	22	33	41	46	51	60	67	738	862	969	1098	1227	1340	1444	3632	4365	5120	5852	6549	7271	7993
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
จำนวนฟอลท์ดรอป	3	11	15	26	34	39	44	53	60	731	855	962	1091	1220	1333	1437	3625	4358	5113	5845	6542	7264	7986
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	56	78	110	56	54	58	154	174	232	260	296	352	220
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	166	218	220	262	274	272	278	298	296	1462	1758	1902	2054	2306	2472	2674	6524	7842	9194	10540	12060	12830	15236
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น (ms)	166	218	220	262	274	272	278	298	296	1518	1814	1980	2164	2362	2526	2732	6678	8016	9426	10800	12356	13182	15456

ตาราง ข.18 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	6	12	14	17	20	21	24	26	27	226	259	289	334	378	411	439	1061	1290	1518	1750	1971	2190	2407
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	50	60	60	50	0	110	110	110	110	160	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	170	220	220	220	280	220	210	220	610	660	720	770	880	940	1050	2140	2580	2970	3350	3900	4180	4780

ตาราง ข.19 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	6	12	14	17	20	21	24	26	27	226	259	289	334	378	411	439	1061	1290	1518	1750	1971	2190	2407
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	50	50	50	0	50	110	160	170	170	220	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	220	160	220	220	220	220	220	220	610	660	720	770	880	940	990	8150	2530	2960	3400	3790	4170	4730

ตาราง ข.20 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	6	12	14	17	20	21	24	26	27	226	259	289	334	378	411	439	1061	1290	1518	1750	1971	2190	2407
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	60	50	60	50	50	50	110	170	170	160	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	220	220	220	220	220	220	220	220	660	660	710	770	870	930	990	2090	2530	2970	3460	3850	4280	4720

ตาราง ข.21 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	6	12	14	17	20	21	24	26	27	226	259	289	334	378	411	439	1061	1290	1518	1750	1971	2190	2407
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	50	0	60	60	110	110	170	170	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	220	220	220	220	220	220	220	220	600	720	720	830	880	990	990	2090	2580	3080	3400	3890	4120	4670

ตาราง ข.22 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	6	12	14	17	20	21	24	26	27	226	259	289	334	378	411	439	1061	1290	1518	1750	1971	2190	2407
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	50	60	0	50	0	60	110	11	110	170	160	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	220	220	220	220	220	220	220	280	600	660	710	830	880	990	990	2140	2630	3030	3410	3790	4290	4770

ตาราง ข.23 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	6	12	14	17	20	21	24	26	27	226	259	289	334	378	411	439	1061	1290	1518	1750	1971	2190	2407
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
จำนวนฟอลท์ดรอป	1	5	7	10	13	14	17	19	20	219	252	282	327	371	404	432	1054	1283	1511	1743	1964	2183	2400
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	44	44	32	54	20	44	88	100.2	134	158	174	176	220
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	166	210	208	220	220	232	220	218	232	616	672	716	794	878	958	1002	3322	2570	3002	3404	3844	4208	4734
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น (ms)	166	210	208	220	220	232	220	218	232	670	716	760	826	932	978	1046	3410	2670.2	3136	3562	4018	4384	4954

ตาราง ข.24 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางเดียวโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	5	7	10	14	16	17	20	22	222	253	289	330	374	415	453	1105	1332	1576	1819	2053	2277	5505
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	60	60	110	110	170	160	220	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	220	220	220	220	210	220	220	220	280	270	280	280	330	270	330	330	380	430	390	390	390	380
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	50	60	60	60	60	160	110	160	220	220	280	270	610	770	880	1040	1150	1260	1320

ตาราง ข.25 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	5	7	10	14	16	17	20	22	222	253	289	330	374	415	453	1105	1332	1576	1819	2053	2277	5505
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	60	0	50	0	60	170	160	170	220	220	160	170
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	160	170	170	220	170	170	220	220	280	270	270	330	280	280	270	330	330	380	330	380	330	380
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	50	50	50	50	110	110	160	170	170	220	270	270	600	170	880	990	1100	1210	1270

ตาราง ข.26 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	5	7	10	14	16	17	20	22	222	253	289	330	374	415	453	1105	1332	1576	1819	2053	2277	5505
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	110	170	110	170	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	220	170	220	220	160	220	220	170	280	280	270	330	280	330	330	330	330	380	330	330	330	330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	50	60	60	60	110	160	160	170	160	270	280	280	600	770	880	930	1100	1210	1320

ตาราง ข.27 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	5	7	10	14	16	17	20	22	222	253	289	330	374	415	453	1105	1332	1576	1819	2053	2277	5505
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	110	160	110	220	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	220	220	220	220	220	220	220	160	220	280	270	280	270	280	270	330	330	330	390	330	330	330	380
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	60	50	60	110	110	160	170	160	270	220	280	270	600	770	880	900	1160	1210	1270

ตาราง ข.28แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	5	7	10	14	16	17	20	22	222	253	289	330	374	415	453	1105	1332	1576	1819	2053	2277	5505
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	60	50	0	50	110	110	170	160	220	170	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	220	170	160	220	170	220	170	220	220	270	270	330	270	280	330	280	320	330	330	330	330	380	380
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	60	60	110	50	60	170	110	160	220	220	220	270	610	770	930	990	1100	1210	1270

ตาราง ข.29แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	5	7	10	14	16	17	20	22	222	253	289	330	374	415	453	1105	1332	1576	1819	2053	2277	5505
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
จำนวนฟอลท์ดรอป	2	5	7	10	12	13	13	15	17	192	219	247	287	313	343	372	898	1071	1272	1468	1658	1847	5040
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	24	22	22	40	12	54	122	142	146	186	220	186	198
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	186	198	188	210	210	196	200	208	210	278	272	286	296	290	296	308	328	340	382	342	352	352	370
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	54	56	68	66	90	152	142	164	208	230	266	272	604	650	890	970	1122	1220	1290
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น (ms)	186	198	188	210	264	252	268	274	300	440	438	472	526	560	574	634	1054	1132	1418	1498	1694	1758	1858

ตาราง ข.30 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	0	0	3	3	5	6	8	9	9	61	72	87	100	111	128	145	367	458	531	605	648	745	812
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	0	0	60	60	50	50	110	60	170	110	170	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	0	0	170	170	170	220	160	170	220	170	220	220	220	220	270	220	220	270	280	270	270	280	280
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	50	0	60	50	0	160	50	170	110	160	170	220	440	550	600	720	710	820	930

ตาราง ข.31 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	0	0	3	3	5	6	8	9	9	61	72	87	100	111	128	145	367	458	531	605	648	745	812
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	50	0	0	60	110	110	110	110	160	220	170
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	0	0	220	220	220	160	170	160	160	220	220	280	220	220	220	270	280	270	270	280	280	270	330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	0	60	50	60	60	110	60	110	110	160	170	170	380	500	550	710	710	770	820

ตาราง ข.32 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	0	0	3	3	5	6	8	9	9	61	72	87	100	111	128	145	367	458	531	605	648	745	812
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	0	60	0	110	110	110	110	170	180	170
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	0	0	160	160	220	220	220	220	160	220	220	220	220	270	210	270	220	280	280	270	270	280	330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	0	60	0	50	60	60	110	110	110	110	170	170	440	490	550	660	720	760	820

ตาราง ข.33 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	0	0	3	3	5	6	8	9	9	61	72	87	100	111	128	145	367	458	531	605	648	745	812
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	0	0	110	50	110	160	110	170	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	0	0	220	220	160	220	160	160	220	210	220	220	220	220	270	280	280	270	280	280	270	330	330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	60	0	60	60	0	60	110	110	110	160	170	160	380	500	600	660	720	760	820

ตาราง ข.34 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	0	0	3	3	5	6	8	9	9	61	72	87	100	111	128	145	367	458	531	605	648	745	812
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	60	60	0	60	60	110	110	110	160	160	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	0	0	220	160	170	220	220	160	170	220	220	220	210	220	280	220	220	270	330	280	280	330	280
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	50	60	50	60	50	110	60	110	110	110	160	220	440	500	550	710	710	770	880

ตาราง ข.35 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	0	0	3	3	5	6	8	9	9	61	72	87	100	111	128	145	367	458	531	605	648	745	812
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	0	0	0	2	3	4	5	5	30	34	42	43	61	72	81	207	261	304	351	395	430	465
จำนวนฟอลท์ดรอป	0	0	3	3	3	3	4	4	4	31	38	45	57	50	56	64	160	197	227	254	253	315	347
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	32	32	44	24	24	34	88	98	100	132	142	180	164
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	0	0	198	186	188	208	186	174	186	208	220	232	218	230	250	252	244	272	288	276	274	298	310
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	32	36	44	56	34	100	78	122	110	140	168	188	416	508	570	692	714	776	854
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น (ms)	0	0	198	186	220	244	230	230	220	328	330	386	372	394	442	474	748	878	958	1100	1130	1254	1328

ตาราง ข.36 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดย เพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	7	12	17	23	29	37	42	46	597	691	792	907	1013	1125	1241	3138	3798	4438	5066	5728	6377	7004
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	50	50	50	50	160	220	220	280	270	270	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	220	220	220	270	280	270	270	220	280	1380	1370	1640	1810	2040	2200	2370	5830	7690	8350	9830	10660	11980	15160
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	50	50	60	50	60	110	160	110	880	1100	1320	1430	1590	1760	1970	5210	7580	7690	9780	10100	11530	13180

ตาราง ข.37 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	7	12	17	23	29	37	42	46	597	691	792	907	1013	1125	1241	3138	3798	4438	5066	5728	6377	7004
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	50	50	0	50	60	170	160	220	270	270	270	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	220	220	220	220	220	220	220	280	1320	1320	1590	1760	1520	2150	2360	5930	6430	7690	9940	10430	11420	12850
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	60	110	110	110	110	170	110	930	1100	1320	1480	1590	1750	2030	5330	6430	7690	9940	10430	11420	12850

ตาราง ข.38 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	7	12	17	23	29	37	42	46	597	691	792	907	1013	1125	1241	3138	3798	4438	5066	5728	6377	7004
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	60	50	60	50	170	160	210	270	260	270	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	220	220	220	220	220	220	270	270	270	1320	1380	1590	1810	1980	2140	2310	5930	7150	8520	9390	10430	11860	13400
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	60	50	50	110	110	110	170	110	930	1090	1210	1430	1700	1760	2030	5270	6480	7740	9840	10050	11480	13350

ตาราง ข.39 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	7	12	17	23	29	37	42	46	597	691	792	907	1013	1125	1241	3138	3798	4438	5066	5728	6377	7004
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	60	50	50	160	160	170	280	270	280	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	220	220	220	220	210	280	280	220	330	1320	1430	1600	1760	1970	2200	2370	6050	7150	8400	9390	10660	12140	13180
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	60	60	110	50	50	110	170	110	930	1090	1260	1430	1600	1710	1970	5380	6480	7800	9940	10330	11750	12850

ตาราง ข.40 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	7	12	17	23	29	37	42	46	597	691	792	907	1013	1125	1241	3138	3798	4438	5066	5728	6377	7004
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	50	60	50	220	220	220	270	270	280	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	220	170	220	220	220	220	270	280	270	1320	1380	1590	1750	2030	2140	2370	5930	7300	8410	9500	10600	12030	13290
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	50	50	60	60	110	110	110	110	930	1100	1210	1790	1600	1760	1970	5280	6430	7690	9670	10380	11700	12860

ตาราง ข.41 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	7	12	17	23	29	37	42	46	597	691	792	907	1013	1125	1241	3138	3798	4438	5066	5728	6377	7004
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
จำนวนฟอลท์ดรอป	3	6	8	9	14	18	21	21	24	344	388	446	511	568	637	697	1788	2185	2543	2903	3251	3611	3957
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	44	42	42	54	52	176	184	208	274	268	274	278
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	210	210	220	230	230	242	262	242	286	1332	1376	1602	1778	1908	2166	2356	5934	7144	8274	9610	10556	11886	13576
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	44	54	78	76	88	110	156	110	920	1096	1264	1512	1616	1748	1994	5294	6680	7722	9834	10258	11576	13018
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	210	254	274	308	306	330	372	398	406	2262	2482	2910	3332	3566	3968	4402	11404	14008	16204	19718	21082	23736	26872

ตาราง ข.42 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	6	11	17	20	24	32	37	40	451	536	617	698	787	868	949	2400	2892	3406	3861	4415	4927	5419
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	60	60	60	50	60	110	110	170	210	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	270	270	220	280	220	980	1160	1260	1430	1590	1730	1870	4560	5380	6480	6190	8190	9170	10280
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	50	50	60	60	60	50	50	110	500	490	600	710	820	820	980	2580	3080	3790	4300	5160	5820	6370

ตาราง ข.43 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	6	11	17	20	24	32	37	40	451	536	617	698	787	868	949	2400	2892	3406	3861	4415	4927	5419
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	0	50	50	170	110	160	220	220	220	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	210	220	270	280	280	990	1100	1270	1480	1540	1760	1870	4550	5490	6590	8130	8190	9280	10270
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	0	0	60	50	60	50	50	440	550	600	660	770	880	930	2530	2970	2570	4090	4720	5220	5820

ตาราง ข.44 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	6	11	17	20	24	32	37	40	451	536	617	698	787	868	949	2400	2892	3406	3861	4415	4927	5419
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	50	60	60	160	110	170	220	220	220	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	220	220	220	220	220	270	270	270	270	990	1150	1260	1420	1600	1760	1870	4500	5490	6480	8240	8240	9330	10330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	60	60	0	0	0	60	440	500	610	720	760	820	930	2530	3020	3520	4060	4780	5280	5880

ตาราง ข.45 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	6	11	17	20	24	32	37	40	451	536	617	698	787	868	949	2400	2892	3406	3861	4415	4927	5419
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	0	60	60	0	160	160	170	160	220	220	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	160	220	220	220	220	280	270	270	270	990	1100	1310	1480	1590	1760	1830	4560	5500	6590	8130	8130	9340	10110
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	0	50	0	60	60	60	440	550	610	660	770	870	930	2470	3020	4070	4610	5380	5820	12850

ตาราง ข.46 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	6	11	17	20	24	32	37	40	451	536	617	698	787	868	949	2400	2892	3406	3861	4415	4927	5419
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	50	60	60	160	170	220	220	220	270	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	170	220	220	220	220	220	280	280	280	900	1150	1260	1480	1600	1750	1920	4560	5430	6310	8010	8180	9290	10110
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ (ms)	0	0	0	50	0	50	50	50	0	440	550	610	660	770	830	990	2470	3030	3460	3900	4610	5270	5820

ตาราง ข.47 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	6	11	17	20	24	32	37	40	451	536	617	698	787	868	949	2400	2892	3406	3861	4415	4927	5419
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	0	1	4	8	9	11	16	21	22	253	303	346	396	445	488	544	1350	1613	1895	2163	2477	2766	3047
จำนวนฟอลท์ดรอป	3	5	7	9	11	13	16	16	18	198	233	271	302	342	380	405	1050	1279	1511	1698	1938	2161	2372
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน (ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	20	58	12	44	56	46	152	132	178	206	220	230	262
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป (ms)	198	220	220	220	228	252	262	276	264	970	1132	1272	1458	1584	1752	1872	4546	5458	6490	7740	8186	9282	10220
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	10	10	34	46	32	44	42	56	452	528	606	682	778	876	1272	2616	3166	3584	4364	5062	5592	7592.5
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น (ms)	198	230	230	254	274	284	306	318	330	1432	1680	1936	2152	2406	2684	3190	7314	8756	10252	12310	13468	15104	18074.5

ตาราง ข.48 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสองเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP และ NTVP โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	3	4	6	7	9	11	13	16	121	138	153	169	190	214	228	559	683	796	928	1058	1183	1300
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	60	0	50	110	110	110	160	160	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	170	170	220	170	160	220	220	280	270	220	270	270	270	280	330	330	330	380	380	390	410
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	50	110	50	60	110	110	50	60	160	220	220	220	220	280	270	610	720	820	970	1020	1470	1350

ตาราง ข.49 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 1 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	3	4	6	7	9	11	13	16	121	138	153	169	190	214	228	559	683	796	928	1058	1183	1300
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	50	0	0	110	0	0	0	0	0	60	110	110	160	110	170	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	170	220	160	160	220	170	170	220	220	210	270	280	280	220	270	270	330	330	330	380	320	380	330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	50	60	60	60	110	110	50	50	220	220	220	220	270	220	280	600	770	770	940	1050	1100	1210

ตาราง ข.50 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 2 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	3	4	6	7	9	11	13	16	121	138	153	169	180	214	228	559	683	796	928	1058	1183	1300
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	50	0	0	60	0	0	50	0	0	0	50	60	60	110	110	110	110	110	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	160	220	220	170	220	160	160	220	220	220	270	270	270	280	270	270	330	330	320	390	330	380	380
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	60	60	50	50	110	110	60	50	220	220	220	280	220	280	280	610	770	820	870	990	1100	1210

ตาราง ข.51 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 3 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	3	4	6	7	9	11	13	16	121	138	153	169	190	214	228	559	683	796	928	1058	1183	1300
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	50	0	0	110	110	170	110	160	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	160	160	220	160	220	220	220	220	220	220	270	220	280	280	280	280	330	330	330	380	390	390	330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	60	50	60	50	60	50	110	50	220	220	280	220	220	270	270	610	770	820	940	990	1090	1210

ตาราง ข.52 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 4 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	3	4	6	7	9	11	13	16	121	138	153	169	190	214	228	559	683	796	928	1058	1183	1300
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	50	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50	0	50	110	110	110	110	160	160	160
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	170	220	220	170	220	220	220	220	220	220	280	280	280	280	270	280	330	330	380	380	330	390	330
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	50	60	50	60	60	50	60	60	210	220	220	220	220	280	270	600	720	770	880	1050	1100	1200

ตาราง ข.53 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 5 โดย เพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	1	3	4	6	7	9	11	13	16	121	138	153	169	190	214	228	559	683	796	928	1058	1183	1300
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
จำนวนฟอลท์ดรอป	0	1	1	2	2	3	4	5	7	67	78	87	97	112	130	138	337	411	474	556	636	711	778
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	20	0	0	22	0	0	62	0	20	0	42	12	44	110	110	132	120	152	164	208
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	176	208	198	166	220	188	188	220	220	230	272	254	276	266	272	276	330	330	338	382	350	386	356
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	54	54	68	54	56	90	74	66	54	206	220	232	232	230	266	274	606	750	800	920	1020	1172	1236
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	230	262	266	240	276	278	284	286	274	498	492	506	508	538	550	594	1046	1190	1270	1422	1522	1722	1800

ตาราง ข.54 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	3	10	12	14	16	18	203	223	263	293	323	353	383	981	1183	1385	1587	1789	1991	2193
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	60	60	60	60	0	110	110	110	220	170	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	160	220	220	220	220	160	220	220	220	330	330	270	330	270	330	330	380	390	390	380	440	440	440
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	0	0	0	0	60	0	0	0	110	110	110	110	110	110	110	280	330	330	330	330	380	380

ตาราง ข.55 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP &NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	203	223	263	293	323	353	383	981	1183	1385	1587	1789	1991	2193
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	0	0	50	0	0	60	160	110	220	170	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	160	210	170	170	220	170	220	220	220	270	270	270	330	330	330	320	330	330	380	330	440	380	390
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	50	50	0	50	0	0	0	110	110	110	110	110	110	110	270	280	280	330	270	280	270

ตาราง ข.56 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP &NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	203	223	263	293	323	353	383	981	1183	1385	1587	1789	1991	2193
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	60	0	0	0	0	0	110	0	50	0	50	50	50	100	170	170	220	160	310	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	170	160	220	160	220	220	220	220	220	270	330	280	280	280	330	330	390	330	330	380	390	390	390
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	110	110	110	110	110	110	270	270	270	280	330	330	330

ตาราง ข.57 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP &NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	203	223	263	293	323	353	383	981	1183	1385	1587	1789	1991	2193
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	60	0	0	0	0	0	170	0	50	0	60	50	60	110	110	110	170	220	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	160	210	170	160	220	220	160	220	220	270	280	270	330	330	330	330	380	330	380	380	380	380	440
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	50	0	0	0	50	0	0	110	110	110	110	110	110	50	270	280	280	280	280	280	270

ตาราง ข.58 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP &NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	203	223	263	293	323	353	383	981	1183	1385	1587	1789	1991	2193
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	50	0	0	50	0	50	110	110	220	170	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	160	220	220	160	220	220	170	220	220	280	330	280	330	320	330	280	390	290	380	390	380	440	390
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	0	0	0	0	0	50	0	0	60	110	110	110	110	60	110	270	270	280	270	280	270	330

ตาราง ข.59 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP &NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	203	223	263	293	323	353	383	981	1183	1385	1587	1789	1991	2193
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	54	60	66	72	78	84	90	222	272	322	372	422	472	522
จำนวนฟอลท์ดรอป	1	2	3	4	5	6	7	8	9	149	163	197	221	245	269	293	759	911	1063	1215	1367	1519	1671
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	24	0	0	0	0	0	110	12	42	12	44	42	22	86	132	122	210	178	194	220
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	162	204	200	174	220	198	198	220	220	284	308	274	320	306	330	318	374	334	372	372	406	406	410
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	24	0	20	10	0	22	20	0	0	100	110	110	110	110	100	98	272	286	288	298	298	308	316
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	186	204	220	208	220	220	218	220	220	494	430	426	442	460	472	438	732	752	782	880	882	908	946

ตาราง ข.60 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP &NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	5	7	9	11	15	17	19	23	301	359	418	475	533	590	649	1536	1849	2155	2468	2782	3092	3401
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50	60	50	110	110	160	220	220	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	280	220	220	220	220	220	220	220	280	880	770	830	830	770	820	830	2080	2140	2150	2470	2530	2530	2800
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	50	60	60	60	60	60	110	50	770	770	880	980	1100	1150	1200	3130	3620	4110	5220	6140	6200	7140

ตาราง ข.61 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	5	7	9	11	15	17	19	23	301	359	418	475	533	590	649	1536	1849	2155	2468	2782	3092	3401
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	50	0	60	50	50	110	160	220	220	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	270	220	880	820	770	820	820	830	830	2080	2150	2140	2250	2310	2300	2310
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	50	50	50	50	50	60	110	710	770	940	990	1100	1150	1260	3180	3620	4060	4720	6150	5550	5930

ตาราง ข.62 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	5	7	9	11	15	17	19	23	301	359	418	475	533	590	649	1536	1849	2155	2468	2782	3092	3401
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	80	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	60	0	60	60	110	110	160	160	220	160	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	280	280	880	770	770	770	820	820	820	2090	2140	2150	2200	2310	2310	2360
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	60	60	50	50	60	60	50	50	720	820	880	990	1100	1150	1210	3180	3620	4060	4500	6090	5440	5930

ตาราง ข.63 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	5	7	9	11	15	17	19	23	301	359	418	475	533	590	649	1536	1849	2155	2468	2782	3092	3401
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	60	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50	60	60	160	110	160	220	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	270	270	880	770	770	820	830	820	820	1980	2140	2150	2190	2250	2190	2300
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	50	50	50	60	50	50	60	710	770	930	990	1040	1150	1210	3130	3620	4060	4560	6040	5440	2880

ตาราง ข.64 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	5	7	9	11	15	17	19	23	301	359	418	475	533	590	649	1536	1849	2155	2468	2782	3092	3401
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50	0	60	160	170	160	220	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	270	220	220	280	220	220	280	280	880	770	820	820	820	820	820	1980	2080	2150	2200	2310	2310	2420
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	50	60	60	0	50	60	50	60	710	760	880	940	1050	1150	1260	3130	3570	4160	4610	6210	5490	6100

ตาราง ข.65 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทางครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	3	5	7	9	11	15	17	19	23	301	359	418	475	533	590	649	1536	1849	2155	2468	2782	3092	3401
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
จำนวนฟอลท์ดรอป	1	1	1	1	1	3	3	3	5	39	47	56	63	71	78	87	208	252	289	333	378	419	459
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	12	0	0	0	0	0	52	0	20	12	42	46	56	130	132	172	208	220	198	220
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	232	230	220	220	232	220	220	264	266	880	780	792	812	812	822	824	2042	2130	2148	2262	2342	2328	2438
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	22	32	56	54	42	56	56	64	66	724	778	902	978	1078	1150	1228	3150	3610	4090	4722	6126	5624	5596
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	254	262	276	286	274	276	276	328	332	1656	1558	1714	1802	1932	2018	2108	5322	5872	6410	7192	8688	8150	8254

ตาราง ข.66 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	263	313	363	413	463	513	563	1329	1598	1867	2136	2406	2675	2944
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	50	0	0	50	60	0	110	170	110	220	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	280	220	650	660	710	710	720	710	770	1750	1750	1700	1750	1760	1820	1810
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	0	50	60	50	0	0	0	380	500	440	440	440	440	440	1380	1380	1430	1430	1480	1480	1490

ตาราง ข.67 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP&NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	263	313	363	413	463	513	563	1329	1598	1867	2136	2406	2675	2944
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	0	0	0	50	0	110	110	170	170	170	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	280	220	660	720	710	770	710	720	710	1760	1760	1700	1760	1760	1820	1750
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	60	0	0	60	0	0	0	60	440	430	500	430	500	490	440	1380	1370	1430	1370	1420	1420	1430

ตาราง ข.68 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP&NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	263	313	363	413	463	513	563	1329	1598	1867	2136	2406	2675	2944
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	60	0	60	60	50	0	110	160	170	160	170	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	220	270	710	660	660	710	710	720	720	1700	1710	1700	1760	1760	1760	1860
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	0	0	50	60	0	0	0	330	440	490	440	440	490	440	1380	1370	1430	1430	1440	1430	1490

ตาราง ข.69 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP&NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	263	313	363	413	463	513	563	1329	1598	1867	2136	2406	2675	2944
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	60	0	0	110	0	60	60	60	60	50	110	170	110	170	170	170	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	210	220	220	220	280	270	720	710	710	710	710	710	720	1760	1700	1810	1750	1760	1810	1810
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	0	0	50	50	60	0	0	370	440	440	440	440	440	490	1370	1430	1380	1430	1450	1430	1430

ตาราง ข.70 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP&NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	263	313	363	413	463	513	563	1329	1598	1867	2136	2406	2675	2944
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	50	0	110	0	60	60	60	50	0	100	110	110	220	160	170	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	210	220	220	280	220	220	220	220	720	720	650	710	710	720	710	1700	1760	1760	1760	1760	1800	1820
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	60	50	0	50	60	0	50	380	430	440	440	440	490	440	1380	1380	1430	1370	1430	1480	1480

ตาราง ข.71 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP&NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	263	313	363	413	463	513	563	1329	1598	1867	2136	2406	2675	2944
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	262	312	362	412	462	512	562	1328	1597	1866	2135	2404	2673	2942
จำนวนฟอลท์ดรอป	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	12	10	0	110	22	24	36	46	54	10	108	144	134	188	178	200	230
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	218	220	218	232	220	220	256	240	692	694	688	722	712	716	726	1734	1736	1734	1756	1760	1802	1810
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	10	12	12	20	44	42	34	0	22	380	448	462	438	452	470	450	1378	1386	1420	1406	1444	1448	1464
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	230	230	232	238	276	262	266	266	262	1182	1164	1174	1196	1210	1240	1186	3220	3266	3288	3350	3382	3450	3504

ตาราง ข.72 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางสามเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบTVP&NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	352	410	468	526	584	642	700	1690	2036	2382	2728	3074	3420	3766
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	50	0	50	60	60	110	170	160	220	160	270	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	280	220	270	280	270	280	270	270	270	880	820	880	830	880	820	820	2140	2190	2190	2690	2960	3410	3470
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	60	0	0	0	0	0	0	0	160	50	60	110	50	110	110	160	170	170	220	220	220	210

ตาราง ข.73 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	352	410	468	526	584	642	700	1690	2036	2382	2728	3074	3420	3766
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	50	0	0	50	0	0	160	60	60	0	50	50	60	110	110	170	120	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	210	270	270	220	280	280	220	280	280	820	820	820	880	830	880	830	2090	2140	2080	2690	2200	2360	2260
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	0	0	60	50	0	60	50	0	60	110	110	60	110	110	110	110	110	170	110	110	170	160

ตาราง ข.74 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	352	410	468	526	584	642	700	1690	2036	2382	2728	3074	3420	3766
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	60	50	50	60	110	160	170	160	220	270	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	270	280	270	270	270	280	270	270	280	820	820	880	880	830	820	880	2090	2090	2140	2200	2200	2260	2190
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	50	110	50	110	110	110	110	100	110	160	170

ตาราง ข.75 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	352	410	468	526	584	642	700	1690	2036	2382	2728	3074	3420	3766
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	0	60	50	50	60	110	160	170	160	220	220	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	270	270	280	270	270	270	280	830	880	880	870	820	880	880	2090	2090	2140	2200	2200	2310	2310
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	60	0	0	50	0	60	60	0	50	60	50	60	110	50	110	110	160	170	160	160	110	160

ตาราง ข.76 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	352	410	468	526	584	642	700	1690	2036	2382	2728	3074	3420	3766
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	50	0	60	60	60	50	110	110	170	170	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	270	270	280	280	270	280	220	280	830	820	880	820	880	870	880	2090	2090	2140	2200	2200	2250	2260
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	60	0	0	50	0	50	50	50	110	110	50	110	50	110	110	110	110	170	110	110	170	160

ตาราง ข.77 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	352	410	468	526	584	642	700	1690	2036	2382	2728	3074	3420	3766
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
จำนวนฟอลท์ดรอป	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	68	81	94	107	120	133	342	405	468	531	594	657	720
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	10	0	0	10	0	0	140	22	22	36	52	54	58	110	142	168	166	208	240	240
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	240	252	270	264	276	276	264	262	278	836	832	868	856	848	854	858	2100	2120	2138	2396	2352	2518	2498
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	10	36	0	12	30	0	34	32	10	88	78	66	78	86	86	110	120	132	158	140	142	166	172
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	250	288	270	286	306	276	308	294	288	1064	932	956	970	986	994	1026	2330	2394	2464	2702	2702	2924	2910

ตาราง ข.78 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	316	365	414	463	512	561	610	1466	1772	2078	2384	2690	2996	3302
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	50	60	0	50	50	110	160	110	160	170	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	270	270	270	270	220	220	270	270	280	760	820	770	760	830	830	830	1870	1870	1870	1930	1920	1980	1970
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	60	0	0	0	50	60	0	0	110	60	110	110	110	50	50	160	110	110	160	160	160	170

ตาราง ข.79 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	316	365	414	463	512	561	610	1466	1772	2078	2384	2690	2996	3302
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	50	50	50	160	110	170	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	280	270	280	280	220	280	280	770	770	830	770	820	770	770	1920	1870	1930	1870	1920	1970	1980
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	50	50	60	0	0	60	0	0	100	110	50	110	110	110	110	110	110	110	160	160	170	170

ตาราง ข.80 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	316	365	414	463	512	561	610	1466	1772	2078	2384	2690	2996	3302
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	60	60	0	50	0	50	110	160	110	170	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	270	220	280	270	280	280	270	280	280	770	760	770	770	770	770	770	1870	1870	1870	1920	1980	2030	1970
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	60	0	0	0	0	0	50	0	110	60	110	60	110	110	110	160	160	160	110	110	160	160

ตาราง ข.81 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	316	365	414	463	512	561	610	1466	1772	2079	2384	2690	2996	3302
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	110	110	110	170	160	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	270	220	270	280	270	280	280	280	270	830	770	770	770	770	820	820	1870	1870	1870	1920	1980	1970	2030
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	60	0	50	0	0	50	0	0	50	110	50	110	110	60	60	110	110	160	110	110	170	160

ตาราง ข.82 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	316	365	414	463	512	561	610	1466	1772	2079	2384	2690	2996	3302
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	60	0	0	0	60	0	0	0	60	0	60	0	60	50	50	110	110	110	170	170	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	280	220	270	280	280	280	280	280	280	770	770	820	820	820	830	820	1920	1920	1920	1920	1970	1980	1980
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	60	60	0	0	50	50	0	50	110	110	60	50	50	50	110	110	110	110	160	110	170	170

ตาราง ข.83 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	4	8	12	16	20	24	28	32	36	316	365	414	463	512	561	610	1466	1772	2078	2384	2690	2996	3302
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	4	8	12	16	20	24	28	32	36	297	342	387	432	477	522	567	1348	1631	1914	2197	2480	2763	3046
จำนวนฟอลท์ดรอป	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	23	27	31	35	39	43	118	141	164	187	210	233	256
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	12	0	0	0	22	0	0	0	24	12	46	34	46	42	52	98	140	110	168	188	220	220
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	262	230	274	274	266	268	264	278	278	780	778	792	778	802	804	802	1890	1880	1892	1912	1954	1986	1986
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	12	58	22	22	0	20	32	10	10	96	90	76	88	98	76	88	130	120	130	140	130	166	166
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	274	300	296	296	266	310	296	288	288	900	880	914	900	946	922	942	2118	2140	2132	2220	2272	2372	2372

ตาราง ข.84 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่นอนลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	253	285	317	349	381	413	445	1289	1549	1809	2069	2329	2589	2849
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	50	0	50	0	50	0	110	110	160	160	160	220	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	220	220	390	280	270	270	270	280	270	280	330	330	330	380	720	440
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	110	110	110	50	110	110	50	110	110	660	710	830	830	880	930	990	3020	3290	3680	4230	2760	14170	10000

ตาราง ข.85 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	253	285	317	349	381	413	445	1289	1549	1809	2069	2329	2589	2849
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	110	110	170	220	220	220	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	220	220	390	280	280	270	270	270	270	280	330	370	330	330	440	380
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	60	110	60	110	50	110	110	110	660	770	770	830	880	930	990	2910	3400	3730	4230	4610	4940	5440

ตาราง ข.86 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	253	285	317	349	381	413	445	1289	1549	1809	2069	2329	2589	2849
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	0	60	60	110	170	170	220	220	220	270
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	220	220	380	220	280	280	270	270	270	330	270	270	330	330	390	390
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	60	110	110	110	110	110	110	110	660	770	770	770	880	930	990	2910	3350	3740	4120	4560	5100	5490

ตาราง ข.87 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	253	285	317	349	381	413	445	1289	1549	1809	2069	2329	2589	2849
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	0	60	60	110	110	160	220	220	220	220
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	220	220	380	220	270	280	280	270	270	270	330	270	330	330	380	440
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	50	50	50	50	50	110	60	110	110	660	770	770	820	930	930	990	2970	3300	3740	4120	4660	5000	5500

ตาราง ข.88 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	253	285	317	349	381	413	445	1289	1549	1809	2069	2329	2589	2849
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	60	50	0	60	110	160	160	170	220	220	280
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	220	220	320	270	280	270	280	270	270	280	280	330	330	330	380	380
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	50	110	50	110	110	110	60	110	720	720	760	820	880	930	990	2960	3290	3850	4170	4500	5110	5550

ตาราง ข.89 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	2	4	6	8	10	12	14	16	18	253	285	317	349	381	413	445	1289	1549	1809	2069	2329	2589	2849
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
จำนวนฟอลท์ดรอป	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	28	31	34	37	40	43	109	135	161	187	213	239	265
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	10	42	22	46	48	110	132	164	198	208	220	262
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	220	220	220	372	254	276	274	274	272	270	288	308	314	330	340	462	406
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	66	66	98	64	98	98	88	100	110	672	748	780	814	890	930	990	2954	3326	3748	4174	4218	6864	6396
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	286	286	318	284	318	318	308	320	330	1044	1034	1066	1130	1186	1248	1308	3352	3766	4226	4702	4766	7546	7064

ตาราง ข.90 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเส้นทาง โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	16	24	32	40	48	56	64	72	888	1036	1184	1332	1480	1628	1776	4532	5430	6328	7226	8124	9022	9920
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	60	60	60	110	110	170	220	270	270	330	440	380
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	280	220	220	220	280	220	220	330	330	330	380	380	380	660	490	490	500	550	650	710	660
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	50	0	50	50	50	0	60	50	440	440	440	390	390	390	380	1430	1490	1480	1490	1540	1710	1700

ตาราง ข.91 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 1 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	16	24	32	40	48	56	64	72	888	1036	1184	1332	1480	1628	1776	4532	5430	6328	7226	8124	9022	9920
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	60	50	110	110	50	50	160	280	280	280	330	380	380
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	220	220	220	270	280	220	330	330	390	330	330	390	660	490	490	490	550	610	610	660
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	0	50	50	60	60	0	0	50	440	440	440	440	440	440	440	1430	1480	1480	1480	1430	1540	1540

ตาราง ข.92 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 2 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	16	24	32	40	48	56	64	72	888	1036	1184	1332	1480	1628	1776	4532	5430	6328	7226	8124	9022	9920
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	110	50	110	170	270	220	280	330	380	390
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	280	280	220	220	220	220	220	390	330	390	330	330	330	660	490	500	550	540	600	660	660
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	50	0	0	50	0	0	50	50	380	440	440	440	440	390	380	1480	1480	1490	1490	1430	1490	1530

ตาราง ข.93 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 3 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	16	24	32	40	48	56	64	72	888	1036	1184	1332	1480	1628	1776	4532	5430	6328	7226	8124	9022	9920
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	50	60	110	50	110	50	170	220	270	270	330	380	380
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	280	220	220	220	280	220	220	380	330	380	330	390	330	660	490	550	500	610	610	660	660
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	60	60	0	60	60	50	0	0	50	380	440	380	440	440	440	390	1430	1430	1540	1420	1480	1480	1540

ตาราง ข.94 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 4 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	16	24	32	40	48	56	64	72	888	1036	1184	1332	1480	1628	1776	4532	5430	6328	7226	8124	9022	9920
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
เวลาในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	60	50	60	0	50	60	110	110	170	220	270	220	330	330	380
เวลาในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	220	270	220	220	270	270	220	330	330	380	380	380	390	660	490	550	500	600	600	660	660
เวลาในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	0	50	0	0	50	60	0	0	50	440	440	440	390	390	380	390	1430	1480	1530	1490	1480	1480	1540

ตาราง ข.95 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP ครั้งที่ 5 โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

จำนวนวัตถุที่ Root Node	30	60	90	120	150	180	210	240	270	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000
จำนวนวัตถุที่สอดคล้องกับสัญลักษณ์แสดงตน	8	16	24	32	40	48	56	64	72	888	1036	1184	1332	1480	1628	1776	4532	5430	6328	7226	8124	9022	9920
จำนวนวัตถุที่เป็นคำตอบ	2	4	6	8	10	12	14	16	18	228	257	286	315	344	373	402	1180	1414	1648	1882	2116	2350	2584
จำนวนฟอลท์ดรอป	6	12	18	24	30	36	42	48	54	660	779	898	1017	1136	1255	1374	3352	4016	4680	5344	6008	6672	7336
เวลาเฉลี่ยในการค้นหาสัญลักษณ์แสดงตน(ms)	0	12	0	0	0	24	0	0	12	10	34	34	76	78	86	86	168	242	262	264	330	382	382
เวลาเฉลี่ยในการขจัดฟอลท์ดรอป(ms)	220	220	256	242	220	220	252	242	220	352	330	374	350	362	364	660	490	516	508	570	614	660	660
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเข้าถึงวัตถุที่เป็นคำตอบ(ms)	48	42	10	32	54	44	10	22	50	416	440	428	420	420	408	396	1440	1472	1504	1474	1472	1540	1570
เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสืบค้น(ms)	268	274	266	274	274	288	262	264	282	778	804	836	846	860	858	1142	2098	2230	2274	2308	2416	2582	2612

ตาราง ข.96 แสดงผลการทดลองแบบเส้นทางห้าเส้นทางโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบ TVP&NTVP โดยเพรดิเคทอยู่ที่ลีฟคลาส

ภาคผนวก ค

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างผลการสอบถามข้อมูล โดยตัวอย่างข้างล่างนี้ เป็นผลจากการสอบถามข้อมูลโดยใช้สคิมากราฟแบบเส้นทางสามเส้นทาง โดยผู้วิจัยทดลองสร้างวัตถุ 500 วัตถุ แล้วทำการสอบถามข้อมูลด้วยเพรดิเคท Retrieve Person.Name where Person.Own.ManuFact.Location.State = Albany ผลการสอบถามข้อมูลโดยใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทาง ได้ผลดังนี้

C:\thesis\demo\query\Schema3>jview Check POET://LOCAL/MY_BASE Albany

Query By Old Method Signature [Schema 3]

Predicate Attribute is State = Albany

The signature of Albany is 00000000000010100000100000000010

Found 20 objects matched with signature

Time to search signature is 0 milliseconds

Retrieving object to resolve false drop

6 objects matched!

Time to resolve false drop is 170 milliseconds

The Answer of Query are

John Woo

Jennings Terry

Teera Dalodom

Eak Rittirong

Weerasit Boontengchan

Siriwong Wongthongserm

Time to Lookup Database is 110 milliseconds

C:\thesis\demo\query\Schema3>

จากผลการสอบถามข้อมูลพบว่า มีวัตถุสอดคล้องกับการสืบค้นในตารางสัญลักษณ์แสดงตนจำนวน 20 วัตถุจาก 500 วัตถุ หลังจากขจัดฟอลท์ดรอปแล้ว มีวัตถุที่สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูล 6 วัตถุ ทำการเข้าถึงวัตถุในฐานข้อมูลแล้วนำออกมาแสดงผลลัพธ์ ใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลรวม 280 มิลลิวินาที

เมื่อสอบถามข้อมูลด้วยแฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนเส้นทางแล้ว ต่อไปนี้ผู้วิจัยจะทดลองสอบถามข้อมูลโดยใช้เพรดิเคทเดียวกัน แต่ใช้แฟ้มสัญลักษณ์แสดงตนแบบเทอร์มินอลและนอนเทอร์มินอลเวอร์ชัวร์พาท ได้ผลดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C:\thesis\demo\query\Schema3>jview CheckNew POET://LOCAL/MY_BASE Albany

Query By New Method Signature [Schema 3]

Predicate Attribute is state = Albany

The signature of Albany is 00000000000010100000100000000010

Found 30 objects matched with signature

Time to search signature is 0 milliseconds

Retrieving object to resolve false drop

6 objects matched!

Time to resolve false drop is 220 milliseconds

The Answer of Query are

John Woo

Jennings Terry

Teera Dalodom

Eak Rittirong

Weerasit Boontengchan

Siriwong Wongthongserm

Time to Lookup Database is 60 milliseconds

C:\thesis\demo\query\Schema3>

จากผลการทดสอบพบว่า มีวัตถุ 30 วัตถุสอดคล้องกับการสืบค้นด้วยสัญลักษณ์แสดงตน และมี 6 วัตถุ เป็นวัตถุผลลัพธ์หลังจากการขจัดฟอลท์ดรอป นำผลการสอบถามข้อมูลออกแสดง ใช้เวลาในการสอบถามข้อมูลทั้งสิ้น 280 มิลลิวินาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายมารุต ศิลปสุนทร เกิดเมื่อวันที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2519 ที่ อำเภอ หัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นบุตรคนโตของ นายนิยมรัตน์ ชัยมงคล และ นางขจีรัตน์ แก้วทานัง จบการศึกษาระดับมัธยมต้นที่ โรงเรียน หัวหินวิทยาลัย ระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนทวีธาภิเศก เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรีที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ในปีการศึกษา 2536 และจบการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 ในสาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย