

บทที่ 4

การวัดประสิทธิภาพของระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน

ในบทนี้จะนำเสนอกระบวนการที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน โดยมีการมีการออกแบบระบบทดสอบ สมมติฐาน กระบวนการทดสอบ โปรแกรมทดสอบ ชุดข้อมูลทดสอบ และชุดคำสั่งสืบค้น โดยการออกแบบระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ได้คำนึงถึงความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล เสถียรภาพของระบบ สิทธิในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล และความถูกต้องของข้อมูล จากการใช้เวลาในการบูรณาการข้อมูลของโปรแกรมทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในระบบอ้างอิงกับระบบทดสอบ ซึ่งได้อธิบายการออกแบบและการทดสอบระบบ 4 หัวข้อ และการวิเคราะห์ผล 2 หัวข้อ ได้แก่ 1) การทดสอบระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน 2) การวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ 3) การวัดเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ 4) การวัดประสิทธิภาพและเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งาน 5) วิเคราะห์ผลการทดสอบ และ 6) อภิปรายผลการทดสอบ โดยแต่ละหัวข้อ มีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน

การทดสอบระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน ใช้ข้อมูลที่ได้รับคำแนะนำจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติหรือไบโอเทค (National Center for Genetic Engineering and Biotechnology: BIOTEC) จำนวน 4 ชุดข้อมูลที่ไม่มีดีเอ็นเอ และข้อมูลของยีสต์ จากกลุ่มของโครงการจีโนมเบราวเวอร์ (Stein, Mungall, Shu, Caudy & Mangone et al., 2002) จำนวน 2 ชุดข้อมูลที่มีดีเอ็นเอ ซึ่งชุดข้อมูลเหล่านี้มีความเป็นอิสระต่อกัน (รายละเอียดชุดข้อมูลทดสอบ ดูภาคผนวก ค) ให้บริการบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่แตกต่างกัน โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการทดสอบ 4 ประเด็น คือ ความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล เสถียรภาพของระบบ สิทธิในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล และความถูกต้องของข้อมูล จากการบูรณาการข้อมูลของระบบ เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้กับระบบทดสอบอ้างอิง

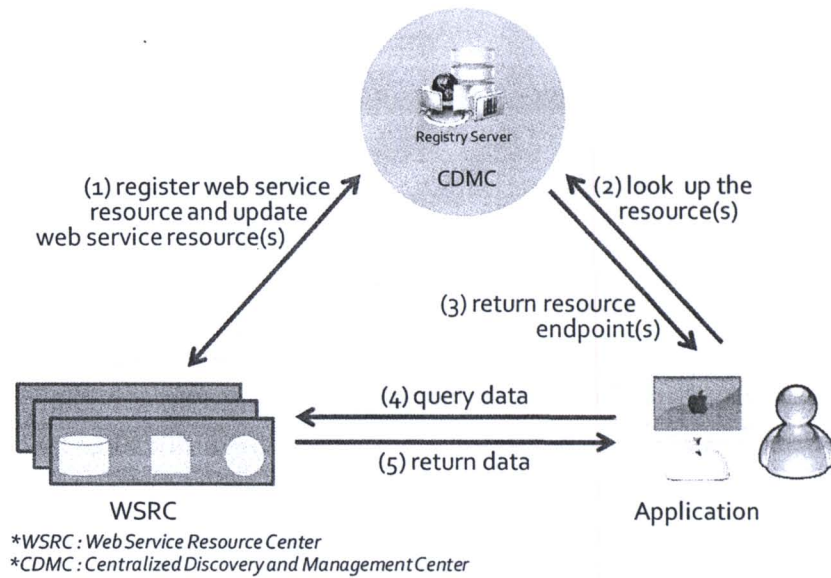
ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึง ส่วนประกอบของระบบทดสอบ และแนวทางที่ใช้ในการทดสอบระบบ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ส่วนประกอบของระบบทดสอบ

ระบบทดสอบประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ โปรแกรมทดสอบ ชุดข้อมูลทดสอบ ชุดคำสั่งสืบค้นเพื่อรวมข้อมูล และเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในการทดสอบระบบ โดยแต่ละส่วนต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

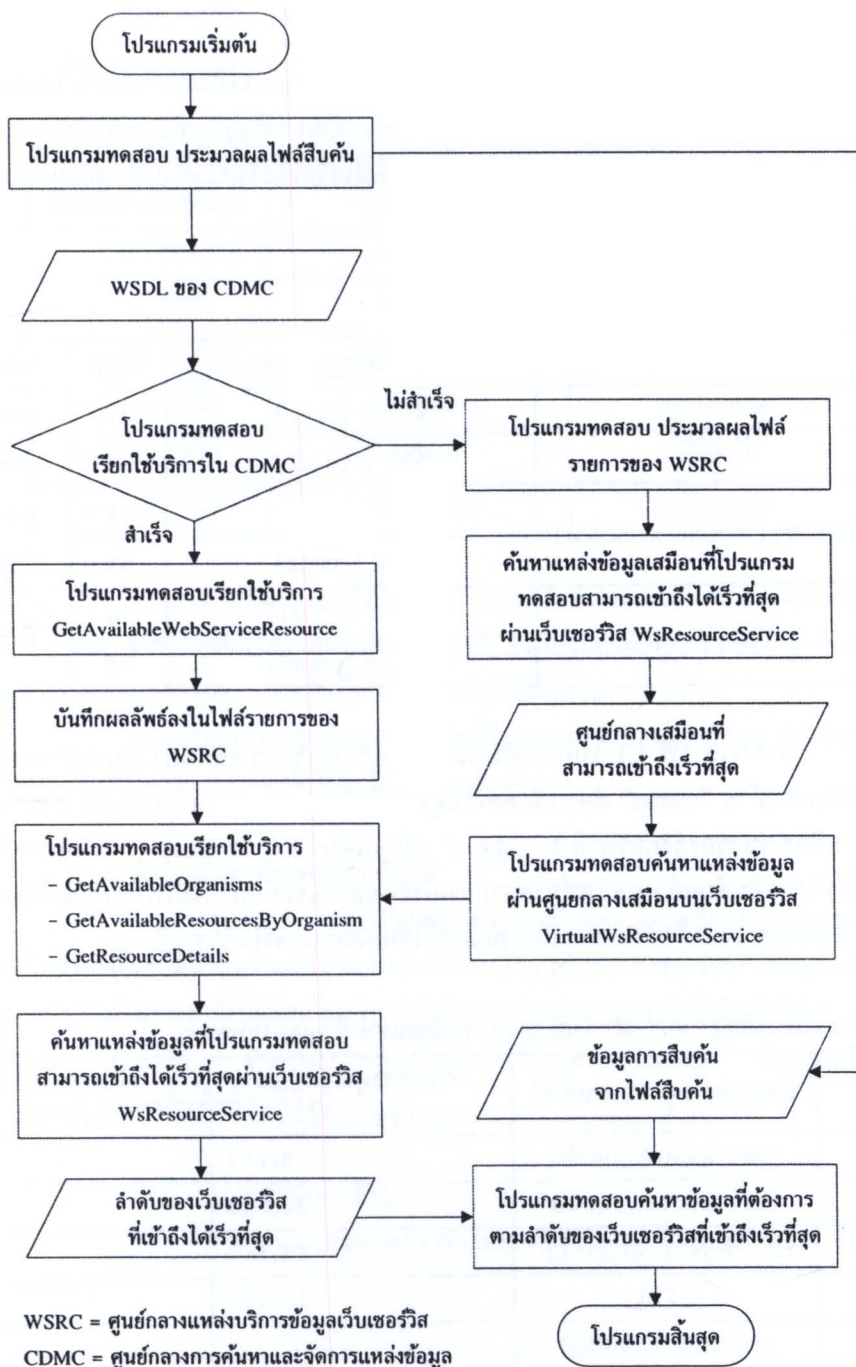
1.1.1 โปรแกรมทดสอบ

การใช้โปรแกรมประยุกต์ในการทดสอบระบบตามประเด็นของวิทยานิพนธ์ จำเป็นต้องออกแบบให้มีความเหมาะสม ครอบคลุม และสามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยภาพรวมของการทดสอบระบบด้วยโปรแกรมประยุกต์แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ภาพรวมของการทดสอบระบบโดยโปรแกรมประยุกต์

จากภาพที่ 4.1 มีเงื่อนไขว่า ก่อนเริ่มต้นทดสอบระบบด้วยโปรแกรมทดสอบ ระบบจะต้องมี (1) ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสจะต้องมีการประกาศและลงทะเบียนใน ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลก่อน และหลังจากที่มีการลงทะเบียนแล้ว (2) โปรแกรมทดสอบจึงจะสามารถค้นหาแหล่งข้อมูลตามที่ต้องการได้ ซึ่งศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล (3) จะส่งผลลัพธ์ที่โปรแกรมทดสอบต้องการ (ที่อยู่ของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส) เพื่อนำไปประมวลผลเตรียมสืบค้นข้อมูลตามเงื่อนไขการสืบค้นที่ระบุไว้ หลังจากที่ได้รับแหล่งข้อมูลที่ต้องการเข้าถึงแล้ว (4) โปรแกรมทดสอบจะส่งคำสั่งสืบค้นไปยังศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส และ (5) นำผลลัพธ์กลับมาแสดงการรวมข้อมูลให้โปรแกรมทดสอบต่อไป ซึ่งถือว่าเป็นการจบการทดสอบของโปรแกรม โดยมีแผนผังการทำงานดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรมทดสอบ

จากภาพที่ 4.2 ในการค้นหาศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่สามารถเข้าถึงได้เร็วที่สุด โปรแกรมทดสอบจะทำการเขียนโปรแกรมแบบเธรด (Thread) เพื่อไม่ให้เวลารวมของระบบนานเกินไป และเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานจริง โดยโปรแกรมทดสอบสามารถทดสอบใน 4 ประเด็น คือ ความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล เสถียรภาพของระบบ สิทธิในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล และความถูกต้องของข้อมูล

1.1.2 ชุดข้อมูลทดสอบ

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบมีทั้งหมด 6 ชุดข้อมูลที่มีความเป็นอิสระต่อกัน โดยมีรายชื่อของแต่ละชุดข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งถูกนำเข้าสู่ระบบโดยการพัฒนาตัวแปลงข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลทั้งหมดมีโครงสร้างเหมือนกัน และสามารถถูกสืบค้นได้ผ่านส่วนติดต่อที่เป็นเว็บเซอวิสแหล่งบริการข้อมูล ดังอธิบายในบทที่ 3

ตารางที่ 4.1 รายชื่อชุดข้อมูลทดสอบ

ชุดข้อมูล	ระบบสิ่งมีชีวิต (Organism)	ชื่อเรียกแหล่งข้อมูล (Resource)	ชื่อย่อ	ชนิดข้อมูล
1	ข้าว (Rice)	ข้าว-1 (rice1)	R1	ฐานข้อมูล เชิงสัมพันธ์
2		ข้าว-2 (rice2)	R2	
3	กิ้งกูดดำ (Penaeus monodon)	กิ้ง-1 (clone)	S1	ฐานข้อมูล เชิงสัมพันธ์
4		กิ้ง-2 (contig)	S2	
5	ยีสต์ (Yeast)	ยีสต์-1 (yeast1)	Y1	ไฟล์ข้อมูล
6		ยีสต์-2 (yeast2)	Y2	

จากตารางที่ 4.1 ในกรณีที่แหล่งข้อมูลที่ให้บริการ (ชื่อย่อ) มีการสำเนาข้อมูลไว้ที่เซิร์ฟเวอร์ จะเขียนแทนด้วย “[copy]” ต่อท้ายแหล่งข้อมูลที่ให้บริการ เช่น สำเนาของข้าวที่ 2 เขียนแทนด้วย “R2 [copy]” หรือสำเนาของกิ้งกูดดำที่ 1 (clone) เขียนแทนด้วย “S1 [copy]” เป็นต้น โดยแต่ละแหล่งข้อมูล เมื่อทำการสืบค้นแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากแหล่งข้อมูลอาจจะมีขนาดไม่เท่ากัน และใช้เวลาในการค้นหาไม่เท่ากัน ซึ่งขนาดของผลลัพธ์ในแต่ละแหล่งข้อมูลที่ใช้ทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขนาดผลลัพธ์จากการสืบค้นข้อมูลของแต่ละแหล่งข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

แหล่งข้อมูล	ตำแหน่งข้อมูลของผลลัพธ์	การแสดงคุณลักษณะ GetFeatures	การแสดงดีเอ็นเอ GetDna
ข้าว-1	Chr1:20000..40000	3,717	-
ข้าว-2	Chr1:20000..40000	23,036	-
กิ้ง-1	HC-N-N01-5091-LF	14,147	-
กิ้ง-2	CT11	16,010	-
ยีสต์-1	chrI:20000..40000 chrII:20000..40000	22,108	20,380
ยีสต์-2	chrI:20000..40000 chrII:20000..40000	20,264	20,380

ในบางครั้งการทดสอบในบางประเด็น มีความจำเป็นต้องทดสอบการเข้าถึงแหล่งข้อมูลโดยสิทธิ์ของผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงได้กำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานเพื่อใช้ทดสอบในกรณีที่ต้องการสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล

ชุดข้อมูล	ชื่อเรียกแหล่งข้อมูล	ชื่อบัญชีผู้ใช้	รหัสผ่าน
1	rice1 (R1)	anonymous	anonymous
2	rice2 (R2)	bootchai	bootchai
3	clone (S1)	anonymous	anonymous
4	contig (S2)	anonymous	anonymous
5	yeast1 (Y1)	chaiwat	chaiwat
6	yeast2 (Y2)	anonymous	anonymous

จากตารางที่ 4.3 แหล่งข้อมูลที่สามารถเข้าถึงโดยผู้ใช้ใดๆ จะถูกกำหนดเป็นบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous) ทั้งชื่อบัญชีและรหัสผ่านโดยอัตโนมัติ ดังนั้นในกรณีที่ต้องการทดสอบไม่เกี่ยวข้องกับสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล แหล่งข้อมูลทุกตัวจะสามารถเข้าถึงได้ด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป

จากการกำหนดชุดข้อมูล และสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลทดสอบ ทำให้สามารถออกแบบชุดคำสั่งสืบค้นสำหรับการรวมข้อมูลเพื่อใช้ในโปรแกรมทดสอบ

1.1.3 ชุดคำสั่งสืบค้นเพื่อรวมข้อมูล

จากตารางที่ 4.1 รายละเอียดของแต่ละชุดข้อมูลจะไม่เหมือนกัน (รายละเอียดการใช้งานและโครงสร้างชุดคำสั่งสืบค้นเพื่อรวมข้อมูลแสดงในภาคผนวก ค) และการบูรณาการข้อมูลหรือการรวมข้อมูลจะต้องรวมข้อมูลอยู่ในระบบสิ่งมีชีวิตเดียวกัน ทำให้สามารถออกแบบชุดคำสั่งสืบค้นได้ 3 ชุด คือ ชุดคำสั่งสืบค้นข้าว (rice.xml) ชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำ (shrimp.xml) และชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ (yeast.xml) ที่มีการสืบค้นข้อมูลดังนี้

(1) ชุดคำสั่งสืบค้นข้าว

การรวมข้อมูลของข้าวจะใช้ชุดคำสั่งสืบค้นในภาพที่ 4.3 เพื่อรวมข้อมูลในโปรแกรมทดสอบ

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <cogdb>
3   <account>
4     <username>anonymous</username>
5     <password>anonymous</password>
6   </account>
7   <queries>
8     vws="http://example.host/VWS/VirtualWsResourceService?WSDL"
9     mode="fix">
10    <query domain="complete" target="rice" command="features">
11      <segment start="20000" stop="40000">Chr1</segment>
12    </query>
13  </queries>
14 </cogdb>
```

ภาพที่ 4.3 ชุดคำสั่งสืบค้นข้าวที่ใช้ในโปรแกรมทดสอบ

จากภาพที่ 4.3 อธิบายความหมายของชุดคำสั่งได้ดังนี้

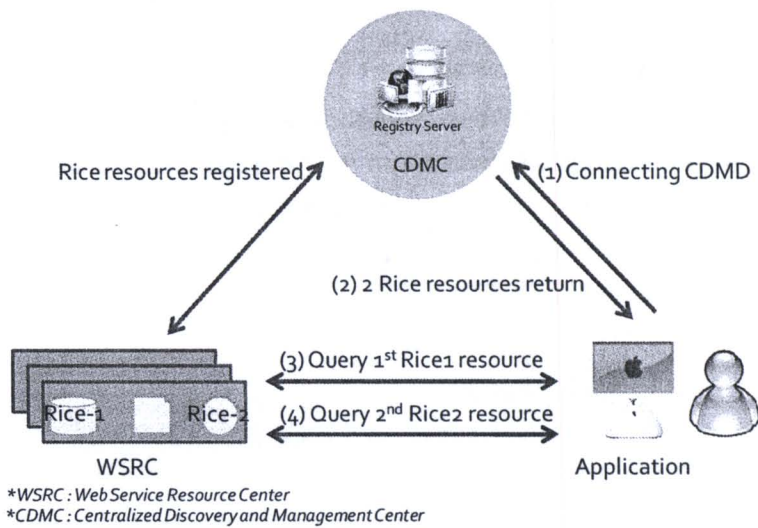
บรรทัดที่ 3 - 6 เป็นการระบุบัญชีผู้ใช้ในระบบ

บรรทัดที่ 8 ระบุเอกสารวิสเดิลของศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล เพื่อให้โปรแกรมทดสอบได้เข้าค้นหาแหล่งข้อมูลที่ต้องการจากกลุ่ม (domain) และเป้าหมาย (target) ในชุดสืบค้น (query)

บรรทัดที่ 9 ระบุการเข้าถึงศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล ในกรณีค่า mode="fix" โปรแกรมทดสอบจะใช้ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลที่ถูกระบุไว้ในบรรทัดที่ 8 แต่ถ้าในกรณีค่า mode="auto" โปรแกรมทดสอบจะค้นหาแหล่งบริการข้อมูลเสมือนเว็บเซอร์วิส (VirtualWs

ResourceService) ที่เข้าถึงได้เร็วที่สุดแทน ซึ่งในกรณีนี้จะถูกใช้เมื่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถเชื่อมต่อได้โดยอัตโนมัติเช่นกัน

บรรทัดที่ 10 - 12 เป็นชุดคำสั่งสืบค้น ซึ่งสามารถมีได้หลายคำสั่งสืบค้น แต่ละคำสั่งสืบค้นจะต้องระบุกลุ่ม (domain) เป้าหมาย (target) และคำสั่งแอส (command) ที่ต้องการสืบค้น เช่น ต้องการสืบค้นเพื่อรวมข้อมูลข้าว (target="rice") ทั้งหมด (domain="complete") ด้วยข้อมูลรายละเอียดคุณลักษณะ (command="features") บนโครโมโซมที่ 1 (Chr1) ระหว่างตำแหน่งที่ 20000 ถึง 40000 เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมทดสอบจะพบว่าในระบบมีข้อมูลข้าวอยู่ 2 ชุด คือ rice1 และ rice2 จากนั้นโปรแกรมทดสอบจะส่งคำสั่งสืบค้นข้อมูลทีละชุด ตามกระบวนการดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การสืบค้นข้อมูลของชุดคำสั่งสืบค้นข้าว

(2) ชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลาดำ

การรวมข้อมูลของกึ่งกลาดำจะใช้ชุดคำสั่งสืบค้นในภาพที่ 4.5 เพื่อรวมข้อมูลใน

โปรแกรมทดสอบ

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <cogdb>
3   <account>
4     <username>anonymous</username>
5     <password>anonymous</password>
6   </account>
7   <queries>
8     vws="http http://example.host/VWS/VirtualWsResourceService?WSDL"
9     mode="fix">
10    <query domain="est-contig" target="contig" command="features">
11      <segment>CT11</segment>
12    </query>
13    <query domain="est-clone" target="clone" command="features">
14      <segment>HC-N-N01-5091-LF</segment>
15    </query>
16  </queries>
17 </cogdb>

```

ภาพที่ 4.5 ชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลาดำที่ใช้ในโปรแกรมทดสอบ

จากภาพที่ 4.5 อธิบายความหมายของชุดคำสั่งได้ดังนี้

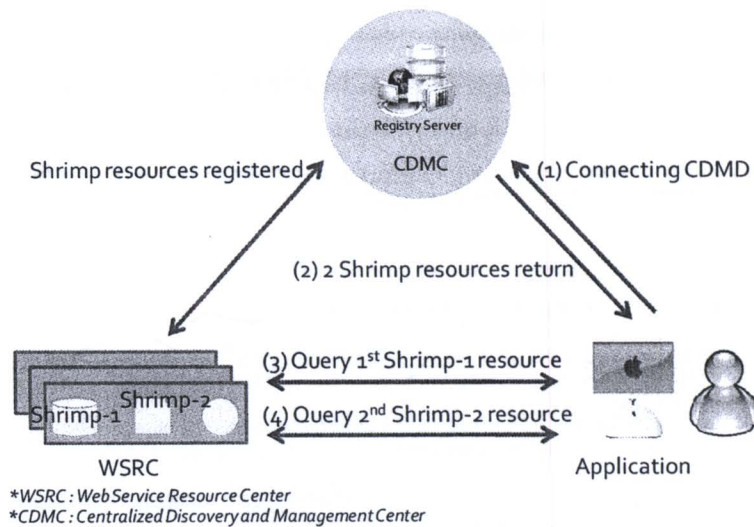
บรรทัดที่ 3 - 6 เป็นการระบุบัญชีผู้ใช้ในระบบ

บรรทัดที่ 8 ระบุเอกสารวิเสดของศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล เพื่อให้โปรแกรมทดสอบได้เข้าค้นหาแหล่งข้อมูลที่ต้องการจากกลุ่ม (domain) และเป้าหมาย (target) ในชุดสืบค้น (query)

บรรทัดที่ 9 ระบุการเข้าถึงศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล ในกรณีค่า mode="fix" โปรแกรมทดสอบจะใช้ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลที่ถูกระบุไว้ในบรรทัดที่ 8 แต่ถ้าในกรณีค่า mode="auto" โปรแกรมทดสอบจะค้นหาแหล่งบริการข้อมูลเสมือนเว็บเซอร์วิส (VirtualWs ResourceService) ที่เข้าถึงได้เร็วที่สุดแทน ซึ่งในกรณีนี้จะถูกใช้เมื่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถเชื่อมต่อได้โดยอัตโนมัติเช่นกัน

บรรทัดที่ 10 - 15 เป็นการระบุการสืบค้นข้อมูลในกลุ่มข้อมูลที่แตกต่างกันในทางชีววิทยาของกึ่งกลาดำ คือ "est-contig" ในบรรทัดที่ 10 บนกลุ่มข้อมูลชื่อ "CT11" ในบรรทัดที่ 11 และ "est-clone" ในบรรทัดที่ 13 บนกลุ่มข้อมูลชื่อ HC-N-N01-5091-LF โดยทั้งสองการสืบค้นไม่ได้ระบุตำแหน่ง ดังนั้นโปรแกรมจะสืบค้นผลลัพธ์ทั้งหมดบนกลุ่มข้อมูลนั้นๆ

จากชุดข้อมูลทดสอบ ในระบบมีกลุ่มข้อมูลของกึ่งกลาดำอยู่ 2 กลุ่ม คือ clone และ contig ที่เหมาะกับชุดคำสั่งสืบค้น ดังนั้นโปรแกรมทดสอบจะส่งคำสั่งสืบค้น 2 ชุดไปยังแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีชุดข้อมูลของกึ่งกลาดำที่มีอยู่ในระบบ ดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การสืบค้นข้อมูลของชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลาดำ

(3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์

การรวมข้อมูลของยีสต์จะใช้ชุดคำสั่งสืบค้นในภาพที่ 4.7 เพื่อรวมข้อมูลใน

โปรแกรมทดสอบ

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <cogdb>
3   <account>
4     <username>anonymous</username>
5     <password>anonymous</password>
6   </account>
7   <queries>
8     vws=" http http://example.host/VWS/VirtualWsResourceService?WSDL"
9     mode="fix">
10    <query domain="complete" target="yeast" command="features">
11      <segment start="20000" stop="40000">ChrI</segment>
12      <segment start="20000" stop="40000">ChrII</segment>
13    </query>
14    <query domain="complete" target="yeast" command="dna">
15      <segment start="20000" stop="40000">ChrI</segment>
16      <segment start="20000" stop="40000">ChrII</segment>
17    </query>
18  </queries>
19 </cogdb>

```

ภาพที่ 4.7 ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ที่ใช้ในโปรแกรมทดสอบ

จากภาพที่ 4.7 อธิบายความหมายของชุดคำสั่งได้ดังนี้

บรรทัดที่ 3 - 6 เป็นการระบุบัญชีผู้ใช้ในระบบ

บรรทัดที่ 8 ระบุเอกสารวิเสดของศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล เพื่อให้โปรแกรมทดสอบได้เข้าค้นหาแหล่งข้อมูลที่ต้องการจากกลุ่ม (domain) และเป้าหมาย (target) ในชุดสืบค้น (query)

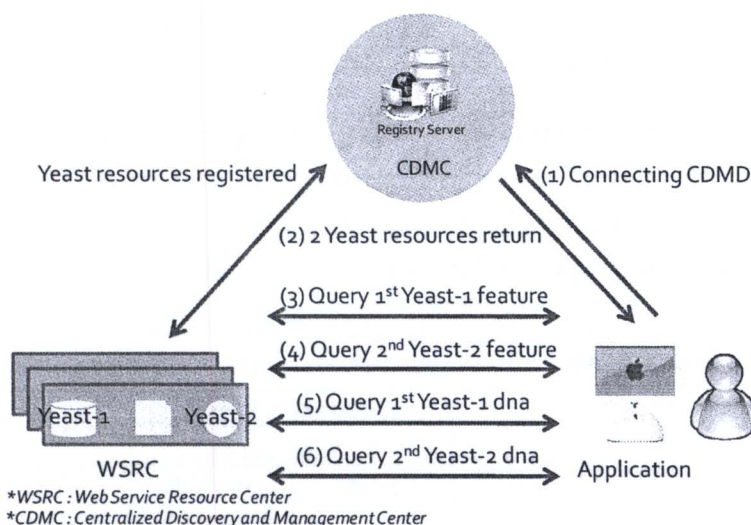
บรรทัดที่ 9 ระบุการเข้าถึงศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล ในกรณีค่า mode="fix" โปรแกรมทดสอบจะใช้ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลที่ถูกระบุไว้ในบรรทัดที่ 8 แต่ถ้าในกรณีค่า mode="auto" โปรแกรมทดสอบจะค้นหาแหล่งบริการข้อมูลเสมือนเว็บเซอร์วิส

(VirtualWsResourceService) ที่เข้าถึงได้เร็วที่สุดแทน ซึ่งในกรณีนี้จะถูกใช้เมื่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถเชื่อมต่อได้โดยอัตโนมัติเช่นกัน

บรรทัดที่ 10 – 13 เป็นการระบุการสืบค้นข้อมูลในระบบสิ่งมีชีวิตยีสต์ โดยให้แสดงรายละเอียดคุณลักษณะของกลุ่มข้อมูลโครโมโซมที่ 1 และ 2 (ChrI และ ChrII ในอิลิเมนต์ segment) ระหว่างช่วง 20000 ถึง 40000

บรรทัดที่ 14 – 17 เป็นการระบุการสืบค้นข้อมูลในระบบสิ่งมีชีวิตยีสต์ โดยให้แสดงดีเอ็นเอ (command="dna") ของกลุ่มข้อมูลโครโมโซมที่ 1 และ 2 ระหว่างช่วง 20000 ถึง 40000

จากชุดข้อมูลทดสอบ ในระบบมีกลุ่มข้อมูลของยีสต์อยู่ 2 กลุ่ม คือ yeast1 และ yeast2 และจากชุดคำสั่งสืบค้นในภาพที่ 4.7 มีการใช้คำสั่ง 2 คำสั่งคือ การเรียกดูคุณลักษณะ และการแสดงดีเอ็นเอ ดังนั้นโปรแกรมทดสอบจะส่งคำสั่งสืบค้น 2 ชุด ชุดละ 2 คำสั่ง ไปยังแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีชุดข้อมูลของยีสต์ที่มีอยู่ในระบบ ดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 การสืบค้นข้อมูลของชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์

1.1.4 เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบ

ระบบทดสอบใช้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ในการทดสอบทั้งหมด 5 เครื่อง แบ่งเป็น เซิร์ฟเวอร์สำหรับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล 1 เครื่อง และเซิร์ฟเวอร์สำหรับศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส 4 เครื่อง โดยที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ทั้งหมดถูกทดสอบอยู่บนระบบเครือข่ายท้องถิ่นของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ดังนั้นจึงได้จำลองการเข้าถึงข้อมูลในกรณีที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์อยู่ต่างเครือข่ายกันที่มีความช้าเร็วในการเข้าถึงแตกต่างกัน โดยใช้การหน่วงเวลาของทั้งศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล และศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส เพื่อให้เสมือนว่าโปรแกรมทดสอบมีการเข้าถึงข้อมูลได้ช้าเร็วแตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดการหน่วงเวลาของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบระบบแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การหน่วงเวลาของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบระบบ

ลำดับที่	ชื่อเซิร์ฟเวอร์	ชื่อย่อ	การหน่วงเวลา (มิลลิวินาที)
1	ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล (Center Resource)	CDMC	ไม่มี
2	ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ 1 (Web Service Resource Center)	WSRC-1	1,000
3	ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ 2 (Web Service Resource Center)	WSRC-2	2,000
4	ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ 3 (Web Service Resource Center)	WSRC-3	500
5	ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ 4 (Web Service Resource Center)	WSRC-4	ไม่มี

รายละเอียดของแหล่งข้อมูลที่อยู่ในเซิร์ฟเวอร์ และระบบอ้างอิงจะแตกต่างกันตามลักษณะของประเด็นการทดสอบ โดยจะทดสอบกับชุดคำสั่งสืบค้นทั้ง 3 ชุด ชุดละ 15 ครั้ง ซึ่งเวลาเฉลี่ยสำหรับการสืบค้นของชุดคำสั่งในแต่ละแหล่งข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ใช้เวลาสืบค้นในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสไม่มีการหน่วงเวลาแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ขนาดผลลัพธ์และเวลาในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลของแต่ละแหล่งข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

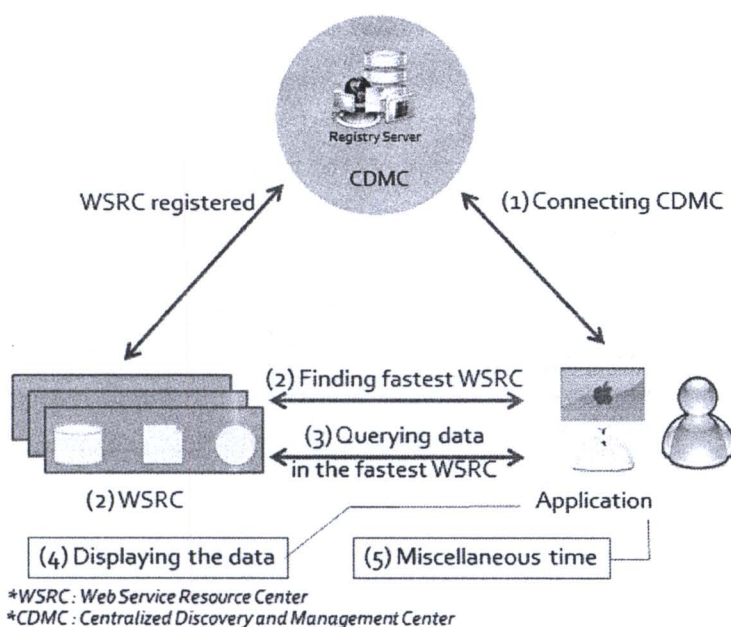
แหล่งข้อมูล	ตำแหน่งข้อมูลของผลลัพธ์	การแสดงผลคุณลักษณะ GetFeatures		การแสดงดีเอ็นเอ GetDna	
		ขนาด (ไบต์)	เวลาสืบค้น (มิลลิวินาที)	ขนาด (ไบต์)	เวลาสืบค้น (มิลลิวินาที)
ข้าว-1	Chr1:20000..40000	3,717	564.80	-	-
ข้าว-2	Chr1:20000..40000	23,036	636.80	-	-
กุ่ม-1	HC-N-N01-5091-LF	14,147	614.67	-	-
กุ่ม-2	CT11	16,010	614.13	-	-
ยีสต์-1	chrI:20000..40000 chrII:20000..40000	22,108	813.73	20,380	821.73
ยีสต์-2	chrI:20000..40000 chrII:20000..40000	20,264	1,235.87	20,380	1,232.87

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า แหล่งข้อมูลที่ใช้เวลาในการสืบค้นนานที่สุด คือ แหล่งข้อมูลยีสต์ เนื่องจากอาจมีชนิดข้อมูลเป็นไฟล์ และ ยีสต์-1 อาจมีการทำดัชนีในการค้นหาข้อมูลในเซิร์ฟเวอร์มากกว่า ยีสต์-2 จึงทำให้เวลาในการสืบค้นข้อมูล ยีสต์-1 เร็วกว่า ยีสต์-2 และในการสืบค้นข้อมูลข้าวเช่นกัน เวลาที่แตกต่างกัน อาจเกิดมาจากการทำดัชนีของข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น

ข้อมูลเวลาเฉลี่ยของการสืบค้นแต่ละแหล่งข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะนำไปใช้ในการประมาณเวลาเพื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนการทดสอบระบบต่อไป

1.2 แนวทางการทดสอบระบบ

การทดสอบระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือนใช้วิธีการวัดความเร็วในแต่ละส่วนของขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทดสอบ 5 ขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 4.9 โดยทำการทดสอบซ้ำกับชุดข้อมูลเดิมเป็นจำนวน 15 ครั้ง จากนั้นนำเวลาทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปวาดกราฟแท่งแบบชั้น (Stacked Graph) แสดงผลรวมเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ทั้งหมดเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบที่ใช้ทดสอบ



ภาพที่ 4.9 การทำงานของโปรแกรมทดสอบ

จากภาพที่ 4.9 เป็นขั้นตอนที่ใช้วัดเวลาในโปรแกรมทดสอบ คือ (1) การติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล (2) การหาศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่เร็วที่สุด (3) การสืบค้นข้อมูล (4) การแสดงผลการรวมข้อมูล และ (5) เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม โดยมีรายละเอียดการวัดเวลาดังนี้

1.2.1 การติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล

เป็นระยะเวลาที่โปรแกรมทดสอบใช้ในการค้นหาแหล่งข้อมูลจากศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล (Centralized Discovery and Management Center: CDMC) ซึ่งเป็นผลรวมของเวลาที่โปรแกรมทดสอบเรียกใช้บริการ บนชุดข้อมูล 3 ชุด 6 แหล่งข้อมูลทดสอบ ดังต่อไปนี้

- `GetAvailableOrganisms` เรียกดูรายการของระบบสิ่งมีชีวิตที่มีในศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล ด้วยการเรียกใช้บริการ 1 ครั้ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ 3 ระบบสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ข้าว กุ้งกุลาดำ และยีสต์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นพารามิเตอร์อินพุตของการเรียกใช้บริการ `GetAvailableResourcesByOrganism`

- `GetAvailableResourcesByOrganism` เรียกดูรายการของแหล่งข้อมูลจากระบบสิ่งมีชีวิต ด้วยการเรียกใช้บริการตามจำนวนระบบสิ่งมีชีวิตที่มี 3 ครั้ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ แหล่งข้อมูล

ทั้งหมด 6 แหล่งข้อมูล ได้แก่ ข้าว-1 ข้าว-2 กุ้ง-1 กุ้ง-2 ยีสต์-1 และยีสต์-2 โดยผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับสิทธิ์การเข้าถึงแหล่งข้อมูลด้วย และจะเป็นพารามิเตอร์อินพุตของการเรียกใช้บริการ GetResourceDetails

- GetResourceDetails เรียกดูรายการของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส ด้วยการเรียกใช้บริการตามจำนวนแหล่งข้อมูลตามจำนวนสิทธิ์ที่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ เช่น 6 ครั้ง ในกรณีที่แหล่งข้อมูลทดสอบสามารถเข้าถึงได้หมด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ รายการที่อยู่ของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสของแต่ละโหนด ตามการตั้งค่าของระบบ

ดังนั้นผลรวมของเวลาที่ใช้ติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล (การติดต่อ CDMC) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{การติดต่อ CDMC} &= \text{เวลาที่เรียกใช้บริการ GetAvailableOrganisms} \\ &+ (\text{จำนวนระบบสิ่งมีชีวิต} \times \text{เวลาที่เรียกใช้บริการ GetAvailable} \\ &\quad \text{ResourcesByOrganism}) \\ &+ (\text{จำนวนแหล่งข้อมูลที่มีสิทธิ์เข้าถึง} \times \text{เวลาที่เรียกใช้บริการ} \\ &\quad \text{GetResourceDetails}) \end{aligned}$$

บางครั้งการติดต่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลอาจจะมีการหน่วงเวลาของเซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นในแต่ละครั้งที่เรียกใช้บริการ จะต้องเพิ่มเวลาที่หน่วงไปด้วย โดยในการทดสอบระบบนี้ การติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล จะมีการเรียกใช้บริการอยู่ทั้งหมด 10 ครั้งเท่ากันทุกกรณี ในการทดสอบ ดังนั้นหากกำหนดให้เวลาที่เรียกใช้แต่ละบริการเท่ากับศูนย์ และกำหนดให้มีการหน่วงเวลาของเซิร์ฟเวอร์เป็น X มิลลิวินาที จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่เรียกใช้แต่ละบริการ} &= 0 + X \\ &= X \end{aligned}$$

ในชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ มีจำนวนระบบสิ่งมีชีวิตเท่ากับ 3 ระบบสิ่งมีชีวิต (ข้าว กุ้งกุลาดำ และยีสต์) และมีจำนวนแหล่งข้อมูลที่บัญชีผู้ใช้ทั่วไปมีสิทธิ์เข้าถึงเท่ากับ 6 (ข้าว-1 ข้าว-2 กุ้ง-1 กุ้ง-2 ยีสต์-1 และ ยีสต์-2) ดังนั้น จะได้เวลาการติดต่อ CDMC เป็น

$$\begin{aligned} \text{การติดต่อ CDMC} &= X + (3X) + (6X) \\ &= 10X \end{aligned}$$

ซึ่งสมการข้างต้นนี้ใช้ในการประมาณค่าของเวลาที่ใช้ในการติดต่อเว็บเซอร์วิสศูนย์กลางเสมือน ในกรณีที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

1.2.2 การหาศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่เร็วที่สุด

เป็นเวลาที่โปรแกรมทดสอบใช้ในการค้นหาศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส (Web Service Resources Center: WSRC) ที่มีในระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน ด้วยการทดลองเรียกใช้ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกตัวพร้อมๆ กัน จากนั้นนำเวลาที่ได้มาเปรียบเทียบ

และแนะนำศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสโหนดที่เร็วที่สุดสำหรับแหล่งข้อมูลที่ต้องการเข้าถึง ซึ่งเวลาที่ใช้ในการหาศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่เร็วที่สุดนี้ จะใช้โดยประมาณเท่ากับเวลาที่ใช้ติดต่อโหนดที่ช้าที่สุด โดยแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

การหา WSRC ที่เร็วที่สุด = เวลาที่ใช้ติดต่อโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ช้าที่สุด

ในกรณีที่ระบบทดสอบมีศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการหน่วงเวลา 1,000 มิลลิวินาที และ 2,000 มิลลิวินาที จะได้ว่าเวลาที่ใช้ในการหา WSRC ที่เร็วที่สุด คือ 2,000 มิลลิวินาที เป็นต้น

1.2.3 การสืบค้นข้อมูล

เป็นระยะเวลาที่โปรแกรมทดสอบใช้ในการสืบค้นข้อมูลหลังจากทราบที่อยู่ของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส (WSRC) ซึ่งจำนวนครั้งการสืบค้นจะไม่เหมือนกันในแต่ละชุดคำสั่งสืบค้น โดยแต่ละชุดคำสั่งมีจำนวนครั้งที่สืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข่าวมีจำนวนครั้งที่สืบค้นข้อมูลจาก WSRC 2 ครั้ง
- (2) ชุดคำสั่งกึ่งกลางดามีจำนวนครั้งที่สืบค้นข้อมูลจาก WSRC 2 ครั้ง
- (3) ชุดคำสั่งยีสต์มีจำนวนครั้งที่สืบค้นข้อมูลจาก WSRC 4 ครั้ง

ดังนั้นเวลารวมที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลสามารถเขียนแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

การสืบค้นข้อมูล = ผลรวมของเวลาที่โปรแกรมทดสอบรอผลลัพธ์จาก WSRC ในแต่ละครั้ง

บางครั้งการสืบค้นข้อมูลในศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสอาจจะมีการหน่วงเวลาของเซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นในแต่ละครั้งที่สืบค้นข้อมูล จะต้องเพิ่มเวลาที่หน่วงในแต่ละครั้งไปด้วย

สมมติให้เวลาในการสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสเท่ากับ X มิลลิวินาที และให้การหน่วงเวลาของเซิร์ฟเวอร์เท่ากับ Y มิลลิวินาที และมีจำนวนการติดต่อกับแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสเท่ากับ n ครั้ง ดังนั้นจะได้เวลาการสืบค้นข้อมูลเป็น

$$\text{การสืบค้นข้อมูล} = \sum_{i=1}^n (X_i + Y_i)$$

จากสมการการสืบค้นข้อมูล กำหนดให้เวลาในการสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสเท่ากับศูนย์ และการหน่วงเวลาของเซิร์ฟเวอร์เท่ากันหมด จะได้ว่า

$$\text{การสืบค้นข้อมูล} = nY$$

ซึ่งสามารถนำไปหาค่าประมาณการเวลาน้อยที่สุดที่ใช้เวลาสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสได้

1.2.4 การแสดงผลการรวมข้อมูล
เป็นระยะเวลาที่โปรแกรมทดสอบพิมพ์ผลออกทางจอภาพ

1.2.5 เวลาอื่น ๆ ในโปรแกรม
เป็นระยะเวลาที่ใช้ในโปรแกรมนอกเหนือจากที่กล่าวมาทั้งหมด

จากหัวข้อที่ 1.2.1 – 1.2.5 สามารถแสดงเป็นสมการเวลารวมของโปรแกรมที่ใช้ได้ดังนี้

เวลารวมของโปรแกรม = การติดต่อกับ CDMC + การหา WSRC ที่เร็วที่สุด + การสืบค้นข้อมูล
+ การแสดงผลการรวมข้อมูล + เวลาอื่น ๆ ในโปรแกรม

เวลาในแต่ละขั้นตอนทั้งหมดจะถูกนำมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละขั้นตอน เพื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบในแต่ละชุดคำสั่ง ในหัวข้อการวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ การวัดเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ และการวัดประสิทธิภาพและเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งาน

การทดสอบระบบในประเด็น ความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล เสถียรภาพของระบบ สิทธิ์ในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล และความถูกต้องของข้อมูล มีการออกแบบการทดสอบในหัวข้อต่อไปนี้ การวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ การวัดเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ และการวัดประสิทธิภาพและเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งาน ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2. การวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ

การวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ ได้แบ่งเป็น 2 การทดสอบ คือ การเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอรัวิส และการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอรัวิส โดยใช้ระบบอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ระบบอ้างอิงในการวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูล

ชื่อเซิร์ฟเวอร์ (ชื่อย่อ)	CDMC	WSRC-1	WSRC-2
แหล่งข้อมูลที่ให้บริการ (ชื่อย่อ)	ไม่มี	- S1 - S2 - Y1	- R1 - R2 - Y2
การหน่วงเวลา (มิลลิวินาที)	ไม่มี	1,000	2,000

จากตารางที่ 4.6 ทำการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบอ้างอิง ได้ผลลัพธ์ดังในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิงการวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูล

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่งอุตสาหกรรม	การสืบค้นอีสต์
การติดต่อกับ CDMC	68.87	67.53	68.40
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,413.33	2,437.73	2,296.27
การสืบค้นข้อมูล	5,235.00	3,282.87	9,923.73
การแสดงผลการรวมข้อมูล	280.13	256.00	330.67
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	299.93	321.00	525.47
เวลารวมของโปรแกรม	8,297.27	6,365.13	13,144.53

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่า เวลารวมของโปรแกรมในการสืบค้นอีสต์ใช้เวลามากที่สุด และเมื่อพิจารณาเวลาในแต่ละขั้นตอนพบว่า ในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลมีความแปรปรวนของข้อมูลมากที่สุด (ผลต่างกับการสืบค้นอื่นๆ มากกว่า 2,000 มิลลิวินาที) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า เวลาในการสืบค้นข้อมูลสูญเสียไปกับความเร็วของเครือข่าย (ในการทดสอบใช้การหน่วงเวลา) ระหว่างโปรแกรมประยุกต์กับศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส เช่น การสืบค้นอีสต์ มีการสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการเว็บเซอร์วิสจำนวน 4 ครั้ง แบ่งเป็นแหล่งข้อมูลอีสต์-1 2 ครั้ง และแหล่งข้อมูลอีสต์-2 2 ครั้ง ดังอธิบายในภาพที่ 4.8 และจากระบบในตารางที่ 4.6 แหล่งข้อมูลอีสต์-1 มีการหน่วงเวลา 1,000 มิลลิวินาที และแหล่งข้อมูลอีสต์-2 มีการหน่วงเวลา 2,000 มิลลิวินาที เมื่อนำไปหาค่าเวลาประมาณที่ใช้สืบค้นข้อมูลจากสมการในข้อที่ 1.2.3 โดยใช้เวลาในการสืบค้นของแหล่งข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะได้ว่า

การสืบค้นข้อมูลอีสต์ = (การสืบค้นอีสต์-1 สำหรับแสดงคุณลักษณะ + 1,000)
+ (การสืบค้นอีสต์-2 สำหรับแสดงคุณลักษณะ + 2,000)
+ (การสืบค้นอีสต์-1 สำหรับแสดงดีเอ็นเอ + 1,000)
+ (การสืบค้นอีสต์-2 สำหรับแสดงดีเอ็นเอ + 2,000)
= (813.73 + 1,000) + (1,235.87 + 2,000)
+ (821.73 + 1,000) + (1,232.87 + 2,000)
= 10,104.20

เมื่อนำเวลาการสืบค้นข้อมูลอีสต์จากตารางที่ 4.7 คือ 9,923.73 มิลลิวินาที เปรียบเทียบกับค่าประมาณการสืบค้นข้อมูลอีสต์ คือ 10,104.20 มิลลิวินาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้

การสืบค้นข่าว มีการสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการเว็บเซอร์วิสจำนวน 2 ครั้ง แบ่งเป็นแหล่งข้อมูลข่าว-1 1 ครั้ง และแหล่งข้อมูลข่าว-2 1 ครั้ง (ภาพที่ 4.8) และจากระบบในตารางที่ 4.6 แหล่งข้อมูลข่าว-1 และแหล่งข้อมูลข่าว-2 มีการหน่วงเวลา 2,000 มิลลิวินาที เมื่อนำไปหาค่าเวลาประมาณที่ใช้สืบค้นข้อมูลจากสมการในข้อที่ 1.2.3 โดยใช้เวลาในการสืบค้นของแหล่งข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะได้ว่า

การสืบค้นข้อมูลข่าว = (การสืบค้นข่าว-1 + 2,000) + (การสืบค้นข่าว-2 + 2,000)
= (564.80 + 2,000) + (636.80 + 2,000)
= 5,201.60

เมื่อนำเวลาการสืบค้นข้อมูลข่าวจากตารางที่ 4.7 คือ 5,235.00 มิลลิวินาที เปรียบเทียบกับค่าประมาณการสืบค้นข้อมูลข่าว คือ 5,201.60 มิลลิวินาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้

การสืบค้นกึ่งกลาดำ มีการสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการเว็บเซอร์วิสจำนวน 2 ครั้ง แบ่งเป็นแหล่งข้อมูลกึ่ง-1 1 ครั้ง และแหล่งข้อมูลกึ่ง-2 1 ครั้ง (ภาพที่ 4.8) และจากระบบในตารางที่ 4.6 แหล่งข้อมูลกึ่ง-1 และแหล่งข้อมูลกึ่ง-2 มีการหน่วงเวลาที่โปรแกรมทดสอบสามารถเข้าถึงเร็วที่สุด 1,000 มิลลิวินาที เมื่อนำไปหาค่าเวลาประมาณที่ใช้สืบค้นข้อมูลจากสมการในข้อที่ 1.2.3 โดยใช้เวลาในการสืบค้นของแหล่งข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะได้ว่า

การสืบค้นข้อมูลกึ่งกลาดำ

= (การสืบค้นกึ่ง-1 + 1,000) + (การสืบค้นกึ่ง-2 + 1,000)

= (614.67 + 1,000) + (614.13 + 1,000)

= 3,228.80

เมื่อนำเวลาการสืบค้นข้อมูลกึ่งกลาดำจากตารางที่ 4.7 คือ 3,282.87 มิลลิวินาที เปรียบเทียบกับค่าประมาณการสืบค้นข้อมูลกึ่งกลาดำ คือ 3,228.80 มิลลิวินาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้

ในลำดับต่อไป จะใช้เวลาที่ได้จากการทดสอบในตารางที่ 4.7 เป็นค่าอ้างอิงของการทดสอบทั้งหมดในหัวข้อที่ 2 นี้

2.1 การเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส

การเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส เป็นการทดสอบโดยมีสมมติฐานว่า “เวลาโดยรวมของระบบควรจะเร็วขึ้น เนื่องจากการรวมข้อมูลหรือการสืบค้นข้อมูลของโปรแกรมทดสอบจะเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้เร็วที่สุด” โดยมีการตั้งค่าระบบไว้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การตั้งค่าระบบเมื่อมีการเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส

ชื่อเซิร์ฟเวอร์ (ชื่อย่อ)	CDMC	WSRC-1	WSRC-2
แหล่งข้อมูลที่ให้บริการ (ชื่อย่อ)	ไม่มี	- S1 - S2 - Y1 - R1 [copy] - R2 [copy] - Y2 [copy]	- R1 - R2 - Y2 - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy]
การหน่วงเวลา (มิลลิวินาที)	ไม่มี	1,000	2,000

เมื่อทำการทดสอบ และหาค่าเวลาเฉลี่ยแต่ละขั้นตอนของระบบทดสอบในตารางที่ 4.8 ที่มีการเพิ่มชุดข้อมูลสำเนา แล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงจากตารางที่ 4.7 ที่ไม่มีการเพิ่มชุดข้อมูลสำเนา แสดงดังตารางที่ 4.9



ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบเมื่อมีการเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่ ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอวิส

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกลาง		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	68.87	68.13	67.53	66.73	68.40	69.53
การหา WSRC ที่ เร็วที่สุด	2,413.33	2,437.80	2,437.73	2,431.93	2,296.27	2,337.73
การสืบค้นข้อมูล	5,235.00	3,305.40	3,282.87	3,286.60	9,923.73	8,086.73
การแสดงผลการ รวมข้อมูล	280.13	292.53	256.00	286.20	330.67	340.27
เวลาอื่น ๆ ใน โปรแกรม	299.93	321.93	321.00	299.07	525.47	557.60
เวลารวมของ โปรแกรม	8,297.27	6,425.80	6,365.13	6,370.53	13,144.53	11,391.87

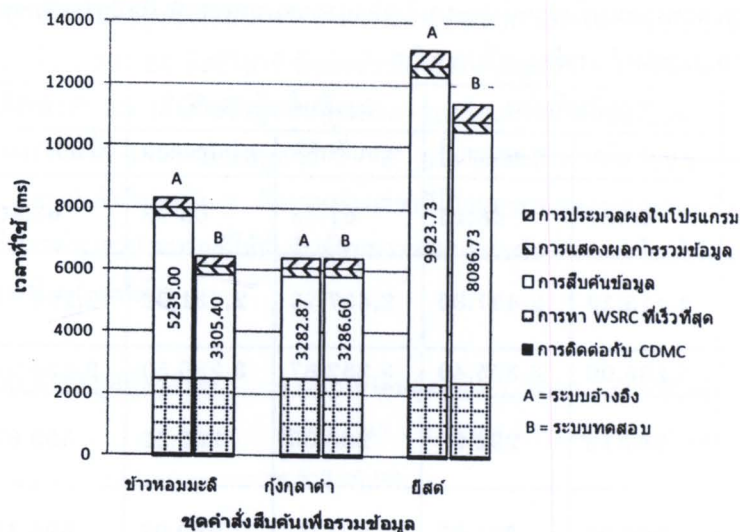
จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าแหล่งข้อมูลข่าว มีเวลารวมของโปรแกรมโดยเฉลี่ยลดลงมากที่สุด ประมาณ 2,000 มิลลิวินาที ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาจากเวลาเฉลี่ยของการสืบค้นข้อมูลที่ลดลงจาก 5,235 มิลลิวินาที เป็น 3,305 มิลลิวินาที พบว่า เวลาในการสืบค้นข้อมูลมีผลโดยตรงกับเวลารวมของโปรแกรม ซึ่งเวลาที่ลดลงนี้ สามารถประมาณได้จากระบบในตารางที่ 4.8 และจากสมการในข้อที่ 1.2.3 เมื่อการห้วงเวลาของแหล่งข้อมูล ข่าว-1 และข่าว-2 เป็น 1,000 มิลลิวินาที โดยใช้เวลาในการสืบค้นของแหล่งข้อมูลในตารางที่ 4.5 จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{การสืบค้นข้อมูลข่าว} &= (\text{การสืบค้นข่าว-1} + 1,000) + (\text{การสืบค้นข่าว-2} + 1,000) \\ &= (564.80 + 1,000) + (636.80 + 1,000) \\ &= 3,201.60\end{aligned}$$

เมื่อนำเวลาจากตารางที่ 4.9 คือ 3,305.40 มิลลิวินาที มาเปรียบเทียบกับค่าประมาณเวลาการสืบค้นข้อมูลข่าว คือ 3,201.60 มิลลิวินาที พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในทางเดียวกัน การสืบค้นข้อมูลยีสต์ สามารถหาค่าประมาณการสืบค้นข้อมูลได้จากวิธีเดียวกัน

การสืบค้นข้อมูลกึ่งกลาง มีเวลารวมของโปรแกรมในระบบทดสอบและระบบอ้างอิงมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะทั้งแหล่งข้อมูลกึ่ง-1 และแหล่งข้อมูลกึ่ง-2 ถึงแม้จะมีการแบ่งปันข้อมูลไปยังโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอวิสโหนดอื่น แต่การเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากโปรแกรมทดสอบที่เร็วที่สุด เป็นการเข้าถึงศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอวิสที่มีการห้วงเวลา 1,000 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นโหนดเดียวกันกับระบบทดสอบ ดังนั้น เวลาที่ได้จากการทดสอบจึงใกล้เคียง

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.9 แสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดสอบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบเมื่อมีการเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส

จากกราฟในภาพที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส เวลาในระบบจะเร็วขึ้น ยกเว้นชุดคำสั่งสืบค้นของข้อมูลคีย์บอร์ด เนื่องจากข้อมูลสำเนาของคีย์บอร์ดถูกเพิ่มขึ้นบนเซิร์ฟเวอร์ที่เข้าถึงช้ากว่าระบบทดสอบ ทำให้เวลาโดยรวมของโปรแกรมทดสอบให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง

2.2 การเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส

การห้วงเวลาที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส เป็นการห้วงเวลาในมุมมองของโปรแกรมทดสอบ โดยมีสมมติฐานว่า “หากจำนวนโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสมีมากขึ้น และโปรแกรมทดสอบสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่เข้าถึงได้เร็วที่สุดถูกต้อง ดังนั้นเวลารวมของระบบควรจะเร็วขึ้น” ซึ่งการทดสอบจะแบ่งออกเป็นสองกรณีคือ การเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการห้วงเวลา และการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ไม่มีการห้วงเวลา ทั้งนี้ในกรณีของการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการห้วงเวลา จะเป็นการเพิ่มโหนดที่มีการห้วงเวลาน้อยกว่าในระบบอ้างอิง เนื่องจากการให้เห็นตามสมมติฐานเรื่องการเลือกเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่เร็วที่สุดในระบบ ซึ่งทำให้ความเร็วโดยรวมของระบบที่เร็วขึ้น

2.2.1 การเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการห้วงเวลา

การทดสอบนี้ได้เพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสให้มีการห้วงเวลา 500 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นการห้วงเวลาที่เร็วกว่าระบบอ้างอิง และให้มีข้อมูลชุดเดียวกันกับการเพิ่มชุดข้อมูลสำเนาไว้ที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสของ WSRC-1 และ WSRC-2 โดยเป็นชุดข้อมูลสำเนาทั้งหมดดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การตั้งค่าระบบเมื่อมีการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการหน่วงเวลา 500 มิลลิวินาที

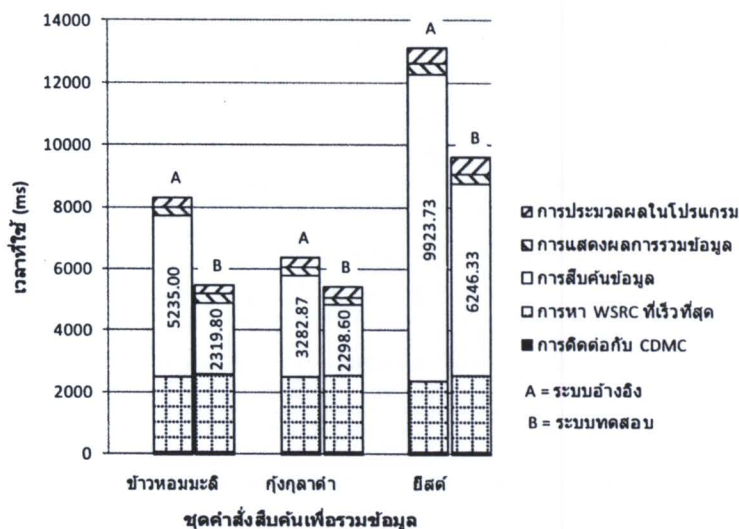
ชื่อเซิร์ฟเวอร์ (ชื่อย่อ)	CDMC	WSRC-1	WSRC-2	WSRC-3
แหล่งข้อมูลให้บริการ (ชื่อย่อ)	ไม่มี	- S1 - S2 - Y1 - R1 [copy] - R2 [copy] - Y2 [copy]	- R1 - R2 - Y2 - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy]	- R1 [copy] - R2 [copy] - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy] - Y2 [copy]
การหน่วงเวลา (มิลลิวินาที)	ไม่มี	1,000	2,000	500

เมื่อทำการทดสอบ และหาค่าเวลาเฉลี่ยแต่ละขั้นตอน ของระบบทดสอบในตารางที่ 4.10 แล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงจากตารางที่ 4.7 แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบเมื่อมีการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการหน่วงเวลา

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกุลาดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	68.87	68.40	67.53	70.93	68.40	68.33
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,413.33	2,511.53	2,437.73	2,485.73	2,296.27	2,454.80
การสืบค้นข้อมูล	5,235.00	2,319.80	3,282.87	2,298.60	9,923.73	6,246.33
การแสดงผลการรวมข้อมูล	280.13	291.07	256.00	227.53	330.67	300.93
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	299.93	278.73	321.00	325.93	525.47	528.13
เวลารวมของโปรแกรม	8,297.27	5,469.53	6,365.13	5,408.73	13,144.53	9,598.53

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.11 แสดงในภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดสอบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบเมื่อมีการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการหน่วงเวลา

จากตารางที่ 4.11 พบว่าเวลาการสืบค้นทุกแหล่งข้อมูลลดลงกว่าระบบอ้างอิงมาก ทำให้เวลารวมของโปรแกรมทุกแหล่งข้อมูลมีค่าเวลาเฉลี่ยลดลงไปด้วย ยกตัวอย่าง เวลารวมของโปรแกรมในการทดสอบการสืบค้นข้าว พบว่า เวลารวมของโปรแกรมลดลง 2,827.74 มิลลิวินาที และเวลาการสืบค้นข้อมูลลดลง 2,915.20 มิลลิวินาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือ เวลาการสืบค้นข้อมูลมีผลโดยตรงกับเวลารวมของโปรแกรม และเวลาการสืบค้นข้อมูล สามารถประมาณได้จากระบบในตารางที่ 4.10 และจากสมการในข้อที่ 1.2.3 เมื่อการหน่วงเวลาของแหล่งข้อมูลข้าว-1 และข้าว-2 ที่โปรแกรมสามารถเข้าถึงได้เร็วที่สุดเป็น 500 มิลลิวินาที โดยใช้เวลาในการสืบค้นของแหล่งข้อมูลในตารางที่ 4.5

$$\begin{aligned}
 \text{การสืบค้นข้อมูลข้าว} &= (\text{การสืบค้นข้าว-1} + 500) + (\text{การสืบค้นข้าว-2} + 500) \\
 &= (564.80 + 500) + (636.80 + 500) \\
 &= 2,201.60
 \end{aligned}$$

เมื่อนำเวลาการสืบค้นข้อมูลข้าวจากตารางที่ 4.11 คือ 2,319.80 มิลลิวินาที มาเปรียบเทียบกับค่าประมาณเวลาการสืบค้นข้อมูลข้าว คือ 2,201.60 มิลลิวินาที พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในทางเดียวกัน การสืบค้นข้อมูลปลาสด และการสืบค้นข้อมูลกุ้งกุลาดำ สามารถหาค่าประมาณการสืบค้นข้อมูลได้จากวิธีเดียวกัน

2.2.2 การเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสไม่มีการหน่วงเวลา

การทดสอบนี้ได้เพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสไม่มีการหน่วงเวลา และให้มีข้อมูลสำเนาบางชุด เพื่อแสดงให้เห็นว่า ระบบไม่จำเป็นจะต้องประกอบไปด้วยศูนย์กลางแหล่ง

บริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ให้บริการข้อมูลสำเนาเหมือนกันทุกโหนด ซึ่งมีรายละเอียดของระบบดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การตั้งค่าระบบเมื่อมีการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ไม่มีการ
หน่วยเวลา

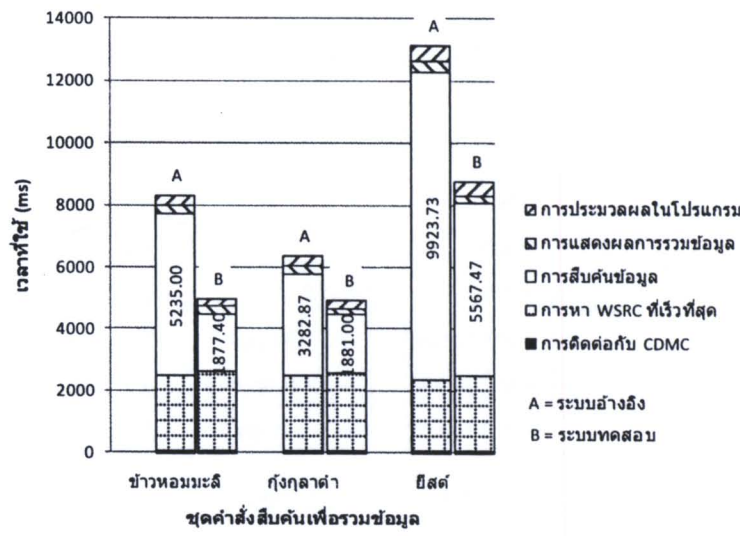
ชื่อเซิร์ฟเวอร์ (ชื่อย่อ)	CDMC	WSRC-1	WSRC-2	WSRC-3	WSRC-4
แหล่งข้อมูลให้บริการ (ชื่อย่อ)	ไม่มี	- S1 - S2 - Y1 - R1 [copy] - R2 [copy] - Y2 [copy]	- R1 - R2 - Y2 - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy]	- R1 [copy] - R2 [copy] - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy] - Y2 [copy]	- R2 [copy] - S2 [copy] - Y2 [copy]
การหน่วยเวลา (มิลลิวินาที)	ไม่มี	1,000	2,000	500	ไม่มี

เมื่อทำการทดสอบ และหาค่าเวลาเฉลี่ยแต่ละขั้นตอน ของระบบทดสอบในตารางที่ 4.12
แล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงจากตารางที่ 4.7 แสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบเมื่อมีการเพิ่มโหนดของ
ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ไม่มีการหน่วยเวลา

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกุลาดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	68.87	69.40	67.53	70.33	68.40	71.00
การหา WSRC ที่ เร็วที่สุด	2,413.33	2,552.87	2,437.73	2,507.93	2,296.27	2,421.53
การสืบค้นข้อมูล	5,235.00	1,877.40	3,282.87	1,881.00	9,923.73	5,567.47
การแสดงผลการ รวมข้อมูล	280.13	231.20	256.00	197.93	330.67	259.00
เวลาอื่น ๆ ใน โปรแกรม	299.93	256.73	321.00	265.87	525.47	439.40
เวลารวมของ โปรแกรม	8,297.27	4,987.60	6,365.13	4,923.07	13,144.53	8,758.40

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.13 แสดงในภาพที่ 4.12



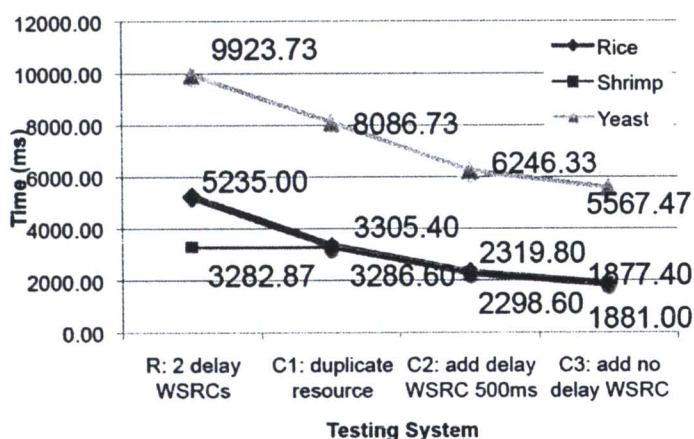
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงผลการทดสอบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบเมื่อมีการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ไม่มีการหน่วงเวลา

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเวลาการสืบค้นทุกแหล่งข้อมูลลดลงกว่าระบบอ้างอิงมากกว่า ตารางที่ 4.11 ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบทดสอบในตารางที่ 4.11 กับระบบทดสอบใน ตารางที่ 4.13

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข้าว		การสืบค้นกุ้งกุลาดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ตารางที่ 4.11	ตารางที่ 4.13	ตารางที่ 4.11	ตารางที่ 4.13	ตารางที่ 4.11	ตารางที่ 4.13
การติดต่อกับ CDMC	68.40	69.40	70.93	70.33	68.33	71.00
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,511.53	2,552.87	2,485.73	2,507.93	2,454.80	2,421.53
การสืบค้นข้อมูล	2,319.80	1,877.40	2,298.60	1,881.00	6,246.33	5,567.47
การแสดงผลการรวมข้อมูล	291.07	231.20	227.53	197.93	300.93	259.00
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	278.73	256.73	325.93	265.87	528.13	439.40
เวลารวมของโปรแกรม	5,469.53	4,987.60	5,408.73	4,923.07	9,598.53	8,758.40

จากตารางที่ 4.14 อธิบายได้ว่า เมื่อพิจารณาเฉพาะเวลาของขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลระบบอ้างอิง (R) ที่ไม่มีแหล่งข้อมูลสำเนาใด ๆ ในระบบ เปรียบเทียบในกรณีที่ระบบมีการสำเนาข้อมูลในระบบอ้างอิง (C1) และในกรณีที่ระบบมีการเพิ่มศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่มีการหน่วงเวลา 500 มิลลิวินาที (C2) และในกรณีที่ระบบมีการเพิ่มศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ไม่มีการหน่วงเวลา (C3) นำมาเขียนเป็นกราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบในแต่ละกรณีได้ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลของการวัดประสิทธิภาพความเร็วการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ

จากกราฟในภาพที่ 4.13 เมื่อเพิ่มสำเนาข้อมูล (C1) ในระบบอ้างอิง (R) เวลาในการสืบค้นข้อมูลของข้าวและยีสต์จะลดลง แต่การสืบค้นข้อมูลยังคงที่ ทั้งนี้เป็นเพราะแหล่งข้อมูลกึ่งจากระบบอ้างอิงเป็นแหล่งข้อมูลที่เข้าถึงได้เร็วที่สุดแล้ว การทดสอบใน C1 จึงแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่มีการเพิ่มโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส และมีการสำเนาข้อมูลไปยังศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสตามโหนดต่าง ๆ ซึ่งถ้าแหล่งข้อมูลที่เพิ่มเข้ามามีความเร็วกว่าแหล่งข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในระบบ จะทำให้เวลารวมของระบบเร็วขึ้น โดยแสดงเป็นแนวโน้มของกราฟที่ลดลงจากชุดกรณีทดสอบทั้งหมด

3. การวัดเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ

การวัดเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ มีสมมติฐานว่า “ในระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน ซึ่งประกอบไปด้วยโหนดของศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลหรือโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส หากในกรณีที่โหนดใดโหนดหนึ่งในระบบไม่สามารถให้บริการได้ โปรแกรมทดสอบจะต้องสามารถรวมข้อมูลที่เหลืออยู่ในระบบได้ตามที่ควรจะได้ และใช้เวลาเฉลี่ยรวมของโปรแกรมทดสอบทั้งหมดใกล้เคียงกับในกรณีที่โหนดต่าง ๆ ยังคงให้บริการได้ตามปกติ”

ในการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล ไม่สามารถให้บริการได้ และกรณีบางโหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสไม่สามารถให้บริการได้ โดยจะเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยรวมของระบบอ้างอิงกับระบบทดสอบ และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ ในแต่ละกรณี

3.1 กรณีศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

ในกรณีนี้จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กรณี คือ ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา

3.1.1 ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา

เนื่องจากการทดสอบที่ผ่านมา เป็นการทดสอบโดยมีเงื่อนไขของศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่มีการหน่วงเวลา เมื่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ จะเป็นหน้าที่ของโปรแกรมทดสอบในการหาศูนย์กลางเสมือนเพื่อค้นหาแหล่งข้อมูลที่ต้องการแทน ซึ่งในกรณีนี้ ศูนย์กลางเสมือนจะมีการหน่วงเวลา 500 มิลลิวินาที โดยระบบในตารางที่ 4.15 เป็นระบบทดสอบ

ตารางที่ 4.15 การตั้งค่าระบบที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลาและศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

ชื่อเซิร์ฟเวอร์ (ชื่อย่อ)	WSR-1	WSR-2	WSR-3
แหล่งข้อมูลให้บริการ (ชื่อย่อ)	- S1	- R1	- R1 [copy]
	- S2	- R2	- R2 [copy]
	- Y1	- Y2	- S1 [copy]
	- R1 [copy]	- S1 [copy]	- S2 [copy]
	- R2 [copy]	- S2 [copy]	- Y1 [copy]
	- Y2 [copy]	- Y1 [copy]	- Y2 [copy]
การหน่วงเวลา (มิลลิวินาที)	1,000	2,000	500

ในกรณีนี้จะใช้ระบบอ้างอิงในตารางที่ 4.10 เนื่องจากเป็นระบบที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลยังมีการให้บริการอยู่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิงในกรณีที่แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล ไม่สามารถให้บริการได้ แสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิงในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลาและศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

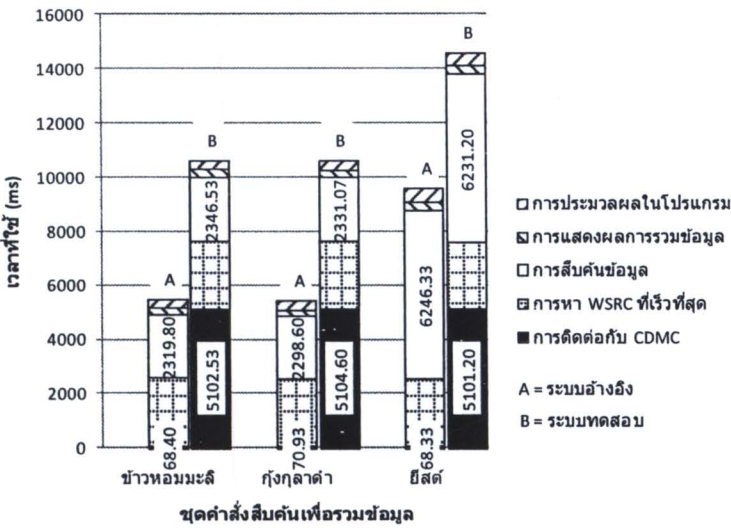
เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นซ้ำ	การสืบค้นกึ่งกลาดำ	การสืบค้นยีสต์
การติดต่อกับ CDMC	68.40	70.93	68.33
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,511.53	2,485.73	2,454.80
การสืบค้นข้อมูล	2,319.80	2,298.60	6,246.33
การแสดงผลการรวมข้อมูล	291.07	227.53	300.93
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	278.73	325.93	528.13
เวลารวมของโปรแกรม	5,469.53	5,408.73	9,598.53

เมื่อทำการทดสอบ และหาค่าเวลาเฉลี่ยแต่ละขั้นตอน ของระบบทดสอบในตารางที่ 4.15 แล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงจากตารางที่ 4.16 แสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกลาดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CR	68.40	5102.53	70.93	5104.60	68.33	5101.20
การหา WSR ที่เร็วที่สุด	2511.53	2542.07	2485.73	2551.87	2454.80	2473.80
การสืบค้นข้อมูล	2319.80	2346.53	2298.60	2331.07	6246.33	6231.20
การแสดงผลการรวมข้อมูล	291.07	309.27	227.53	295.60	300.93	290.80
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	278.73	300.00	325.93	326.00	528.13	463.53
เวลารวมของโปรแกรม	5469.53	10600.40	5408.73	10609.13	9598.53	14560.53

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.17 แสดงในภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

จากตารางที่ 4.15 หลังทำการทดสอบระบบแล้ว โปรแกรมทดสอบควรจะได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้น ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข่าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1 และ R2
 - (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลาดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
 - (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y1 และ Y2
- ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ เมื่อระบบที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่งกลาดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากตารางที่ 4.17 และกราฟในภาพที่ 4.14 เวลาที่ใช้ในการติดต่อกับศูนย์กลางในการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลสามารถอธิบายได้จากสมการในข้อ 1.2.1 โดยประมาณดังนี้

การติดต่อ CDMC = 10 × เวลาที่มีการหน่วง (500 มิลลิวินาที)

ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ของเวลาในการติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลประมาณ 5,000 มิลลิวินาที และเมื่อสมมติเวลารวมของการเรียกใช้บริการทั้งหมดของศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล เท่ากับ เวลารวมในระบบอ้างอิง ยกตัวอย่างชุดข้อมูลสืบค้นข่าว จะได้ว่า

การติดต่อ CDMC = (10 × เวลาที่มีการหน่วง 500 มิลลิวินาที)
+ การติดต่อ CDMC ในระบบอ้างอิง
= 5,000 + 68.40
= 5,068.40

ค่าที่ได้จากการประมาณ 5,068.40 มีค่าใกล้เคียงกับระบบทดสอบคือ 5,102.53 ซึ่งเวลาที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากการประมวลผลของเซิร์ฟเวอร์ที่ไม่ได้ใช้ฐานข้อมูลทะเบียนเป็นต้น

การทดสอบในกรณีนี้ โปรแกรมทดสอบยังสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้ถูกต้องทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.18

3.1.2 ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา

เนื่องจากระบบอ้างอิงในตารางที่ 4.6 ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่มีการหน่วงเวลา ดังนั้นการทดสอบนี้จึงทดสอบในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา เพื่อที่โปรแกรมทดสอบจะได้อาศัยศูนย์กลางเสมือนของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสโหนดที่ไม่มีการหน่วงเวลาในการค้นหาแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้ โดยจะใช้ระบบในตารางที่ 4.19 เป็นระบบทดสอบ

ตารางที่ 4.19 การตั้งค่าระบบที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

ชื่อเซิร์ฟเวอร์ (ชื่อย่อ)	WSR-1	WSR-2	WSR-3	WSR-4
แหล่งข้อมูลให้บริการ (ชื่อย่อ)	- S1 - S2 - Y1 - R1 [copy] - R2 [copy] - Y2 [copy]	- R1 - R2 - Y2 - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy]	- R1 [copy] - R2 [copy] - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy] - Y2 [copy]	- R2 [copy] - S2 [copy] - Y2 [copy]
การหน่วงเวลา (มิลลิวินาที)	1,000	2,000	500	ไม่มี

ในกรณีนี้จะใช้ระบบอ้างอิงในตารางที่ 4.12 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิงในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ แสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิงในกรณีที่แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลาและศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่งกุลาดำ	การสืบค้นยีสต์
การติดต่อกับ CDMC	69.40	70.33	71.00
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,507.93	2,421.53
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	1,881.00	5,567.47
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	197.93	259.00
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	265.87	439.40
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	4,923.07	8,758.40

จากตารางที่ 4.20 เวลาในการสืบค้นยีสต์ในระบบที่ใช้อ้างอิงจะมีค่ามากที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้จากระบบที่ใช้อ้างอิงในตารางที่ 4.12 และจากสมการในข้อที่ 1.2.3 เมื่อโปรแกรมทดสอบสามารถเข้าถึงศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่เร็วที่สุดของแหล่งข้อมูลยีสต์-1 คือ 500 มิลลิวินาที และแหล่งข้อมูลยีสต์-2 ไม่มีการหน่วงเวลา (0 มิลลิวินาที) โดยใช้เวลาในการสืบค้นของแหล่งข้อมูลในตารางที่ 4.5

การสืบค้นข้อมูลยีสต์ = (การสืบค้นยีสต์-1 สำหรับแสดงคุณลักษณะ + 500)
+ (การสืบค้นยีสต์-2 สำหรับแสดงคุณลักษณะ + 0)
+ (การสืบค้นยีสต์-1 สำหรับแสดงดีเอ็นเอ + 500)
+ (การสืบค้นยีสต์-2 สำหรับแสดงดีเอ็นเอ + 0)

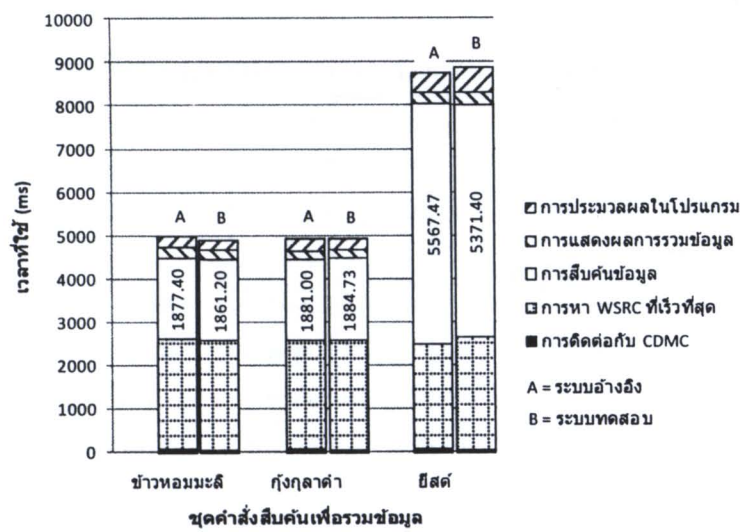
= (813.73 + 500) + (1,235.87 + 0)
+ (821.73 + 500) + (1,232.87 + 0)
= 5,104.20

เมื่อนำเวลาการสืบค้นข้อมูลยีสต์จากตารางที่ 4.20 คือ 5,567.47 มิลลิวินาที มาเปรียบเทียบกับค่าประมาณเวลาการสืบค้นข้อมูลยีสต์ คือ 5,104.20 มิลลิวินาที พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือเวลาที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลยีสต์ที่ได้จากระบบอ้างอิงสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับระบบทดสอบ และเมื่อทำการทดสอบ เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ยแต่ละขั้นตอน ของระบบทดสอบในตารางที่ 4.19 โดยนำผลไปเปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงจากตารางที่ 4.20 ได้แสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่ง गुलादा		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	69.40	60.27	70.33	57.53	71.00	56.93
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,524.80	2,507.93	2,532.73	2,421.53	2,589.07
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	1,861.20	1,881.00	1,884.73	5,567.47	5,371.40
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	232.47	197.93	208.87	259.00	306.67
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	219.40	265.87	263.93	439.40	557.87
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	4,898.13	4,923.07	4,947.80	8,758.40	8,881.93

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.21 แสดงในภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

จากตารางที่ 4.19 หลังทำการทดสอบระบบแล้ว โปรแกรมทดสอบควรจะได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้น ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข้าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1 และ R2
 - (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
 - (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y1 และ Y2
- ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ เมื่อระบบที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข้าว	การสืบค้นกุ้งกุลาดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากกราฟในภาพที่ 4.15 จะเห็นว่า เวลารวมของระบบใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง และโปรแกรมทดสอบยังสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้ถูกต้องทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.22

3.2 กรณีบางโหนดของแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสไม่สามารถให้บริการได้
การทดสอบกรณีนี้ ใช้ระบบในตารางที่ 4.23 เป็นระบบทดสอบ

ตารางที่ 4.23 การตั้งค่าระบบที่แหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการได้

ชื่อเซิร์ฟเวอร์ (ชื่อย่อ)	CDMC	WSRC-1	WSRC-2	WSRC-3
แหล่งข้อมูลให้บริการ (ชื่อย่อ)	ไม่มี	- S1 - S2 - Y1 - R1 [copy] - R2 [copy] - Y2 [copy]	- R1 - R2 - Y2 - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy]	- R1 [copy] - R2 [copy] - S1 [copy] - S2 [copy] - Y1 [copy] - Y2 [copy]
การหน่วงเวลา (มิลลิวินาที)	ไม่มี	1,000	2,000	500

ในกรณีนี้จะใช้ระบบอ้างอิงในตารางที่ 4.12 ซึ่งเป็นระบบที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลยังคงสามารถให้บริการได้ และมีโหนดในระบบมากที่สุดแสดงในตารางที่ 4.20 โดยมีเวลาเฉลี่ยแต่ละขั้นตอนของผลการทดสอบระบบอ้างอิงในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการได้ แสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิง ในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการได้

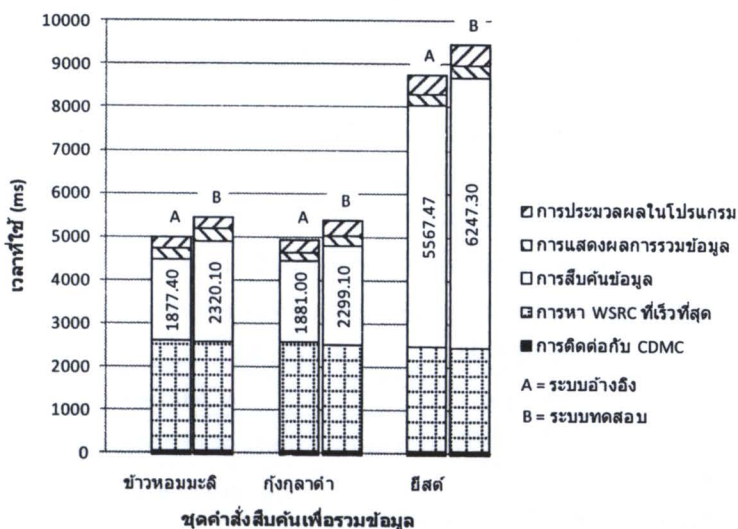
เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่งกลาง	การสืบค้นยีสต์
การติดต่อกับ CDMC	69.40	70.33	71.00
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,507.93	2,421.53
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	1,881.00	5,567.47
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	197.93	259.00
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	265.87	439.40
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	4,923.07	8,758.40

เมื่อทำการทดสอบ และหาค่าเวลาเฉลี่ยแต่ละขั้นตอน ของระบบทดสอบในตารางที่ 4.23 แล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับระบบอ้างอิงจากตารางที่ 4.24 แสดงดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการได้

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกลางดำ		การสืบค้นอีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	69.40	67.70	70.33	68.40	71.00	64.70
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,510.20	2,507.93	2,449.80	2,421.53	2,383.00
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	2,320.10	1,881.00	2,299.10	5,567.47	6,247.30
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	296.00	197.93	226.90	259.00	281.40
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	263.20	265.87	329.70	439.40	486.90
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	5,457.20	4,923.07	5,373.90	8,758.40	9,463.30

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.25 แสดงในภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการได้

จากตารางที่ 4.23 หลังทำการทดสอบระบบแล้ว โปรแกรมทดสอบควรจะได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้น ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข่าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1 และ R2
- (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลางดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
- (3) ชุดคำสั่งสืบค้นอีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y1 และ Y2

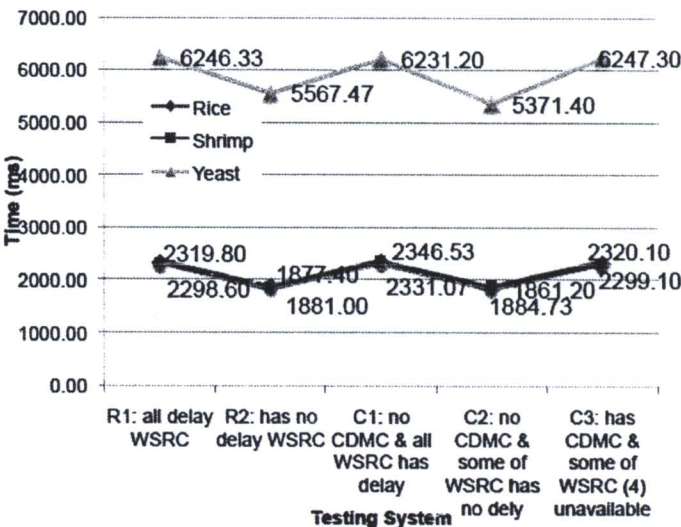
ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ ในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการได้

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข้าว	การสืบค้นกุ้งกุลาดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากกราฟในภาพที่ 4.16 จะเห็นว่า เวลารวมของระบบทดสอบมากกว่าระบบอ้างอิงเล็กน้อย และโปรแกรมทดสอบสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้ถูกต้องทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.26

เมื่อนำระบบอ้างอิงที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา (R1) และศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา (R2) มาเปรียบเทียบกับระบบทดสอบที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ ในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา (C1) และในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่มีการหน่วงเวลา (C2) รวมทั้งทดสอบเสถียรภาพในกรณีที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการข้อมูลให้บริการได้และศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการได้ (C3) ทั้งหมดนำมาวาดเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบเฉพาะเวลาในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลของการวัดเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบ

จากกราฟในภาพที่ 4.17 จะเห็นว่าระบบอ้างอิง R1 มีเวลาใกล้เคียงกับระบบทดสอบ C1 และ C2 ส่วนระบบอ้างอิง R2 มีเวลาใกล้เคียงกับระบบทดสอบ C2 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน แสดงให้เห็นว่า ระบบมีเสถียรภาพในการให้บริการข้อมูล แม้ในกรณีที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล หรือศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสบางโหนดไม่สามารถให้บริการ

4. การวัดประสิทธิภาพและเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งาน

การวัดประสิทธิภาพและเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานในระบบ จะทดสอบโดยการเพิ่มบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านไว้ที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลแห่งเดียว จากนั้นศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลจะแจ้งให้ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดปรับปรุงโหนดให้ทันสมัยผ่านเว็บเซอร์วิสปรับปรุงข้อมูลของแหล่งบริการเสมือน (VwsResourceSyncService) ซึ่งจะเป็นการนำข้อมูลโดยย่อ (Meta-data) ที่เป็นบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านจากศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลมาเก็บไว้ที่โหนดของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส

การทดสอบที่ผ่านมาเป็นการทดสอบในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งข้อมูลทุกโหนดสามารถเข้าถึงได้ด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous) แต่ในหัวข้อนี้นี้จะทำการทดสอบในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งข้อมูลบางตัวเข้าถึงได้ตามสิทธิ์การใช้งานดังในตารางที่ 4.3 ได้แก่ ชื่อบัญชีผู้ใช้ทั่วไป (anonymous) ชื่อบัญชีผู้ใช้นุตรไชย (bootchai) และชื่อบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ (chaiwat) ซึ่งจะถูกทดสอบในเรื่องของ การวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล และการวัดเสถียรภาพของระบบเมื่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ ดังนี้

4.1 การวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล

การวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งาน จะใช้ระบบทดสอบในตารางที่ 4.12 และใช้เวลาเฉลี่ยของระบบอ้างอิงในตารางที่ 4.27 ซึ่งเป็นเวลาเฉลี่ยในกรณีที่ทุกแหล่งข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในกรณีที่แหล่งข้อมูลมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึง โดยมีสมมติฐานว่า “ในระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือนที่มีสภาวะแวดล้อมเหมือนกัน หากผู้ใช้มีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลได้มากย่อมใช้เวลามาก และหากผู้ใช้มีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลได้น้อยย่อมใช้เวลาน้อย”

ตารางที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิงการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การเข้าถึงแหล่งข้อมูล

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่ง गुलादा	การสืบค้นยีสต์
การติดต่อกับ CDMC	69.40	70.33	71.00
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,507.93	2,421.53
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	1,881.00	5,567.47
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	197.93	259.00
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	265.87	439.40
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	4,923.07	8,758.40

เมื่อทำการทดสอบระบบแล้ว โปรแกรมทดสอบควรจะได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้น และสิทธิ์ของผู้ใช้ ดังนี้

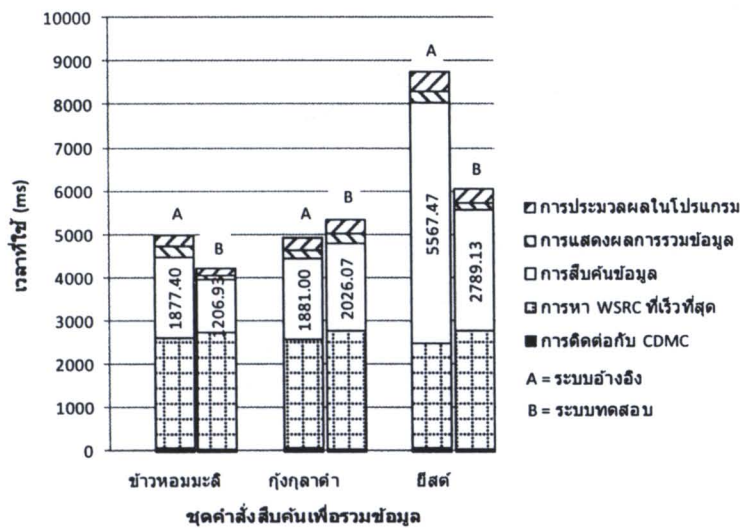
4.1.1 บัญชีผู้ใช้ทั่วไป

หลังจากทดสอบระบบโดยใช้ชื่อบัญชีผู้ใช้ทั่วไปแล้ว นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่ง गुलादा		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	69.40	63.00	70.33	63.13	71.00	62.67
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,693.13	2,507.93	2,704.07	2,421.53	2,715.00
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	1,206.93	1,881.00	2,026.07	5,567.47	2,789.13
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	111.40	197.93	241.27	259.00	157.60
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	169.00	265.87	321.07	439.40	332.53
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	4,243.47	4,923.07	5,355.60	8,758.40	6,056.93

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.28 แสดงในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิการใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป

ในการทดสอบ โปรแกรมทดสอบควรเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้นได้ ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข้าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1
- (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
- (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y2

ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิการใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข้าว	การสืบค้นกุ้งกุลาดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ไม่ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ไม่ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากกราฟในภาพที่ 4.18 พบว่า มีชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำที่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ 2 แหล่งข้อมูลเช่นเดิม มีเวลารวมเฉลี่ยใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง แต่ในชุดคำสั่งสืบค้นอื่นๆ เวลารวมเฉลี่ยลดลง เพราะบางแหล่งข้อมูลไม่สามารถเข้าถึงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ เนื่องจากจำนวนครั้งที่ต้องสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลลดลงจาก 4 ครั้ง เหลือเพียง 2 ครั้ง และแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอวิสที่มีข้อมูล

ยีสต์-2 ไม่มีการหน่วงเวลา ทำให้เวลาที่ใช้ลดลงไปครึ่งหนึ่ง ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมทดสอบสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้ถูกต้องทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.29

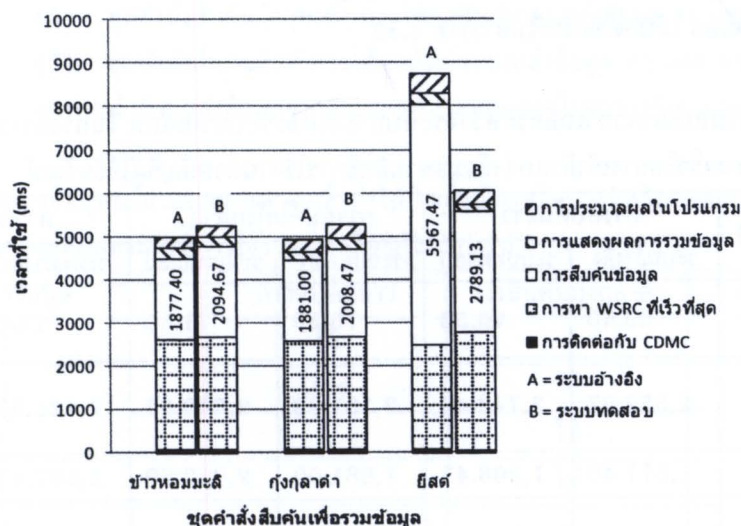
4.1.2 บัญชีผู้ใช้บูตโรไช

หลังจากทดสอบระบบโดยใช้ชื่อบัญชีผู้ใช้บูตโรไชแล้ว นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้บูตโรไช

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกุลาดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	69.40	71.87	70.33	72.40	71.00	71.87
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,600.60	2,507.93	2,626.73	2,421.53	2,765.53
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	2,094.67	1,881.00	2,008.47	5,567.47	2,881.33
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	237.27	197.93	248.27	259.00	150.93
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	252.73	265.87	324.13	439.40	343.93
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	5,257.13	4,923.07	5,280.00	8,758.40	6,213.60

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.30 แสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิการใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้คนไทย

ในการทดสอบ โปรแกรมทดสอบควรเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้นได้ ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข้าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1 และ R2
- (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
- (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y2

ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิการใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้คนไทย

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข้าว	การสืบค้นกุ้งกุลาดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ไม่ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากกราฟในภาพที่ 4.19 จะเห็นว่า มีชุดคำสั่งสืบค้นข้าว และชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำที่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ 2 แหล่งข้อมูล และมีเวลารวมเฉลี่ยใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง แต่ในชุดคำสั่งสืบยีสต์มีเวลารวมเฉลี่ยลดลง เพราะบางแหล่งข้อมูลไม่สามารถเข้าถึงได้ตามสิทธิที่กำหนด ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมทดสอบสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้ถูกต้องทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.31

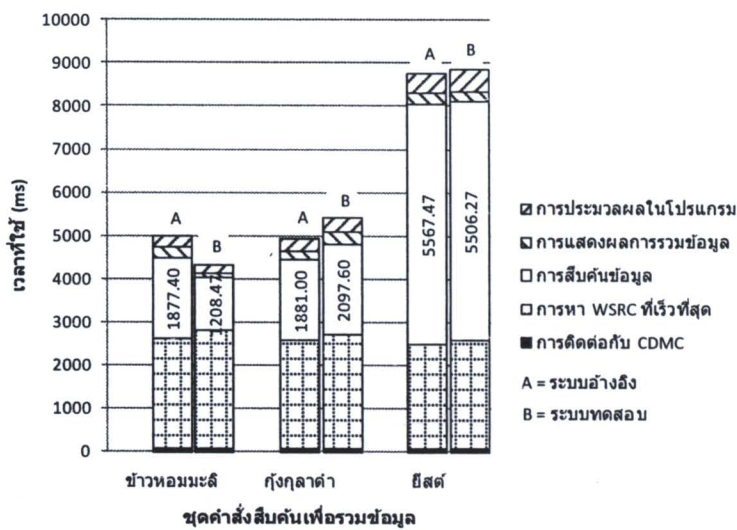
4.1.3 บัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

หลังจากทดสอบระบบโดยใช้ชื่อบัญชีผู้ใช้ชั่วคราวแล้ว นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างระบบ
อ้างอิงและระบบทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพ
ความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกุลาดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	69.40	70.53	70.33	71.80	71.00	71.47
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,552.87	2,742.40	2,507.93	2,648.93	2,421.53	2,530.87
การสืบค้นข้อมูล	1,877.40	1,208.47	1,881.00	2,097.60	5,567.47	5,506.27
การแสดงผลการรวมข้อมูล	231.20	118.00	197.93	263.47	259.00	247.07
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	256.73	174.20	265.87	322.87	439.40	507.73
เวลารวมของโปรแกรม	4,987.60	4,313.60	4,923.07	5,404.67	8,758.40	8,863.40

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.32 แสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วใน
การเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

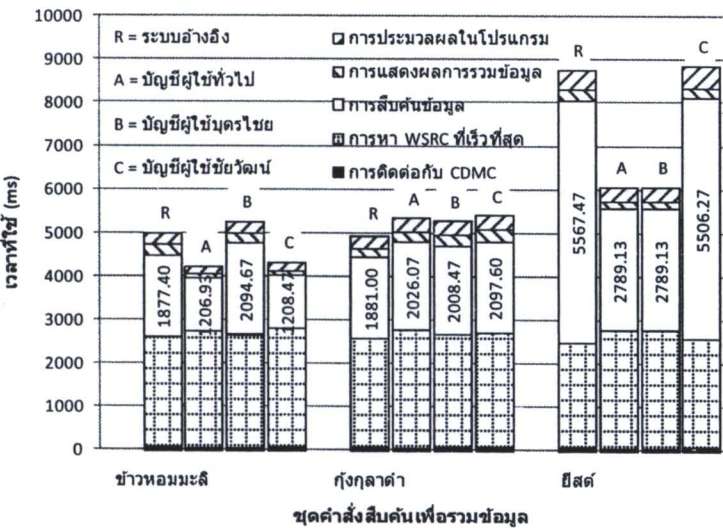
- ในการทดสอบ โปรแกรมทดสอบควรเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้นได้ ดังนี้
- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข้าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1
 - (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกุ่มกลาดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
 - (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y1 และ Y2
- ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิการใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข้าว	การสืบค้นกุ่มกลาดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ไม่ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากกราฟในภาพที่ 4.19 จะเห็นว่า มีชุดคำสั่งสืบค้นกุ่มกลาดำ และชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ที่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ 2 แหล่งข้อมูล และมีเวลารวมเฉลี่ยใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง แต่ในชุดคำสั่งสืบค้นข้าวมีเวลารวมเฉลี่ยลดลง เพราะบางแหล่งข้อมูลไม่สามารถเข้าถึงได้ตามสิทธิ์ที่กำหนด ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมทดสอบสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้ถูกต้องทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.33

จากการทดสอบวัดประสิทธิภาพความเร็ว ในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลของแต่ละบัญชีผู้ใช้ สามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยแต่ละบัญชีผู้ใช้ เพื่อวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมได้ในภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิการใช้งาน

จากกราฟในภาพที่ 4.21 ในชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลาดำ จะเห็นได้ว่าเวลารวมเฉลี่ยและเวลาในการสืบค้นข้อมูลในศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสมีค่าใกล้เคียงกันทุกการทดสอบ นั่นคือทุกบัญชีผู้ใช้สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลของกึ่งกลาดำได้ทั้งหมด แต่ในแหล่งข้อมูลของข่าวและยีสต์ จะมีการใช้เวลารวมเฉลี่ยและเวลาในการสืบค้นข้อมูลแตกต่างกัน โดยในบัญชีผู้ใช้ที่มีเวลารวมเฉลี่ยและเวลาในการสืบค้นข้อมูลของระบบทดสอบใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง แสดงให้เห็นว่าบัญชีผู้ใช้นั้น สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่า บัญชีผู้ใช้บุตรโฮย มีเวลารวมเฉลี่ยและเวลาในการสืบค้นข้อมูลในชุดคำสั่งสืบค้นข่าวใกล้เคียงกับระบบทดสอบ แสดงว่าผู้ใช้บุตรโฮยมีสิทธิ์ใช้งานแหล่งข้อมูลข่าวได้ทั้งหมด หรือบัญชีผู้ใช้ชัยวัฒน์ มีเวลารวมเฉลี่ยและเวลาในการสืบค้นข้อมูลในชุดคำสั่งสืบยีสต์ใกล้เคียงกับระบบทดสอบ แสดงว่าผู้ใช้ชัยวัฒน์มีสิทธิ์ใช้งานแหล่งข้อมูลยีสต์ได้ทั้งหมด เป็นต้น

4.2 การวัดเสถียรภาพของระบบเมื่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

การวัดเสถียรภาพของระบบเมื่อศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ จะใช้ระบบทดสอบในตารางที่ 4.19 ซึ่งเป็นระบบที่ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ และใช้เวลาเฉลี่ยของระบบอ้างอิงในตารางที่ 4.34 ซึ่งเป็นเวลาเฉลี่ยในกรณีที่ทุกแหล่งข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการเข้าถึงแหล่งข้อมูล โดยมีสมมติฐานว่า “หากศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ในระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือนแล้ว ผู้ใช้สามารถค้นหาแหล่งข้อมูลที่ต้องการได้จากศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสใด ๆ โดยที่เวลาที่ใช้ควรใกล้เคียงกับระบบที่มีศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล”

ตารางที่ 4.34 ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบระบบอ้างอิงการวัดเสถียรภาพของระบบ ในการเข้าถึงศูนย์กลางแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การเข้าถึงแหล่งข้อมูล

เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่งกลาดำ	การสืบค้นยีสต์
การติดต่อกับ CDMC	60.27	57.53	56.93
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,524.80	2,532.73	2,589.07
การสืบค้นข้อมูล	1,861.20	1,884.73	5,371.40
การแสดงผลการรวมข้อมูล	232.47	208.87	306.67
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	219.40	263.93	557.87
เวลารวมของโปรแกรม	4,898.13	4,947.80	8,881.93

เมื่อทำการทดสอบระบบแล้ว โปรแกรมทดสอบควรจะได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้น และสิทธิ์ของผู้ใช้ ดังนี้

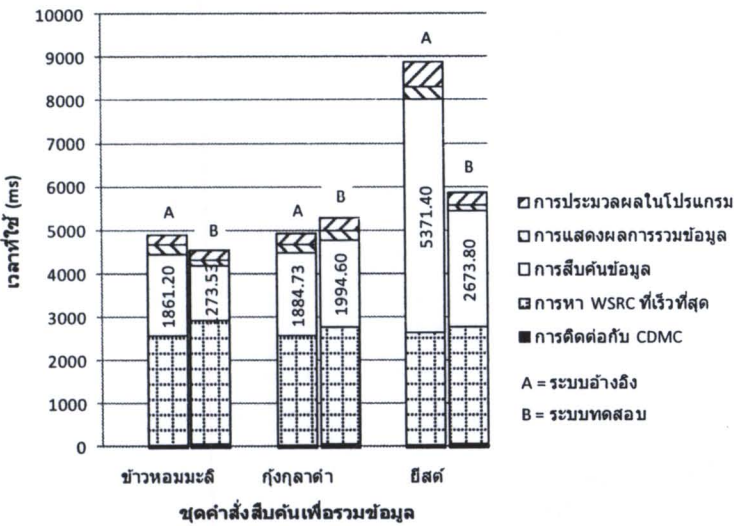
4.2.1 บัญชีผู้ใช้ทั่วไป

หลังจากทดสอบระบบโดยใช้ชื่อบัญชีผู้ใช้ทั่วไปแล้ว นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกลางดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	60.27	77.60	57.53	76.80	56.93	67.07
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,524.80	2,850.00	2,532.73	2,715.20	2,589.07	2,706.53
การสืบค้นข้อมูล	1,861.20	1,273.53	1,884.73	1,994.60	5,371.40	2,673.80
การแสดงผลการรวมข้อมูล	232.47	125.27	208.87	215.40	306.67	131.00
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	219.40	209.60	263.93	285.93	557.87	291.80
เวลารวมของโปรแกรม	4,898.13	4,536.00	4,947.80	5,287.93	8,881.93	5,870.20

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.35 แสดงในภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป

ในการทดสอบ โปรแกรมทดสอบควรเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้นได้ ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข่าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1
- (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลางดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
- (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y2

ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.36

ตารางที่ 4.36 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ทั่วไป

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่งกลางดำ	การสืบค้นอีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ไม่ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ไม่ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากกราฟในภาพที่ 4.22 พบว่า มีชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลางดำที่ใช้เวลาในการสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสใกล้เคียงกับระบบอ้างอิงเพียงชุดเดียว และชุดคำสั่งสืบค้นอื่นๆ ใช้เวลาสืบค้นข้อมูลจากระบบทดสอบน้อยกว่าระบบอ้างอิง นั้นแสดงให้เห็นว่า บัญชีผู้ใช้ใด ๆ มีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลของกึ่งกลางดำได้ทั้งหมด และมีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลของข่าวและอีสต์ได้บางแหล่งข้อมูล ดังผลการทดสอบของโปรแกรมทดสอบในตารางที่ 4.36

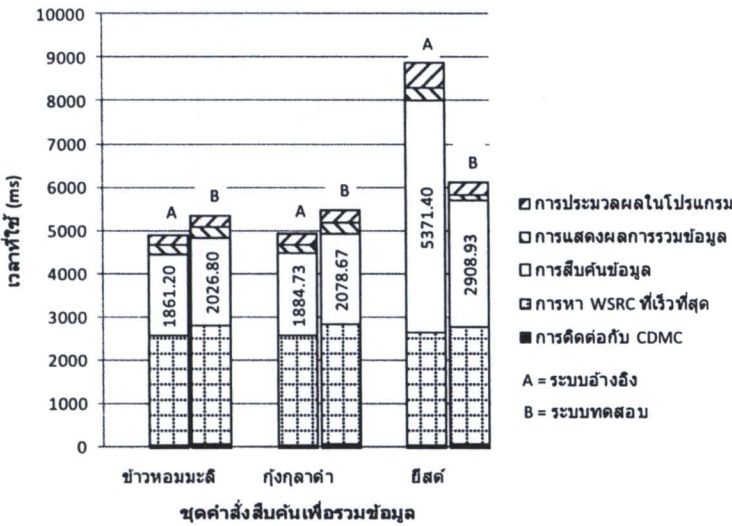
4.2.2 บัญชีผู้ใช้บุตรชาย

หลังจากทดสอบระบบโดยใช้ชื่อบัญชีผู้ใช้บุตรชายแล้ว นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.37 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้บุตรชาย

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกลางดำ		การสืบค้นอีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	60.27	77.07	57.53	77.93	56.93	77.00
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,524.80	2,739.60	2,532.73	2,774.60	2,589.07	2,718.93
การสืบค้นข้อมูล	1,861.20	2,026.80	1,884.73	2,078.67	5,371.40	2,908.93
การแสดงผลการรวมข้อมูล	232.47	248.33	208.87	255.00	306.67	140.47
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	219.40	270.47	263.93	289.73	557.87	293.53
เวลารวมของโปรแกรม	4,898.13	5,362.27	4,947.80	5,475.93	8,881.93	6,138.87

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.37 แสดงในภาพที่ 4.23



ภาพที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้คนไทย

ในการทดสอบ โปรแกรมทดสอบควรเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้นได้ ดังนี้

- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข้าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1 และ R2
- (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
- (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y2

ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.38

ตารางที่ 4.38 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้คนไทย

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข้าว	การสืบค้นกุ้งกุลาดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ไม่ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

จากกราฟในภาพที่ 4.23 พบว่า มีชุดคำสั่งสืบค้นข้าวและชุดคำสั่งสืบค้นกุ้งกุลาดำที่ใช้เวลาในการสืบค้นข้อมูลจากศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง แต่ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ใช้เวลาสืบค้นข้อมูลจากระบบทดสอบน้อยกว่าระบบอ้างอิง นั้นแสดงให้เห็นว่า บัญชีผู้ใช้คนไทยมีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลของข้าวและกุ้งกุลาดำได้ทั้งหมด แต่มีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลของยีสต์ได้บางแหล่งข้อมูล ดังผลการทดสอบของโปรแกรมทดสอบในตารางที่ 4.38

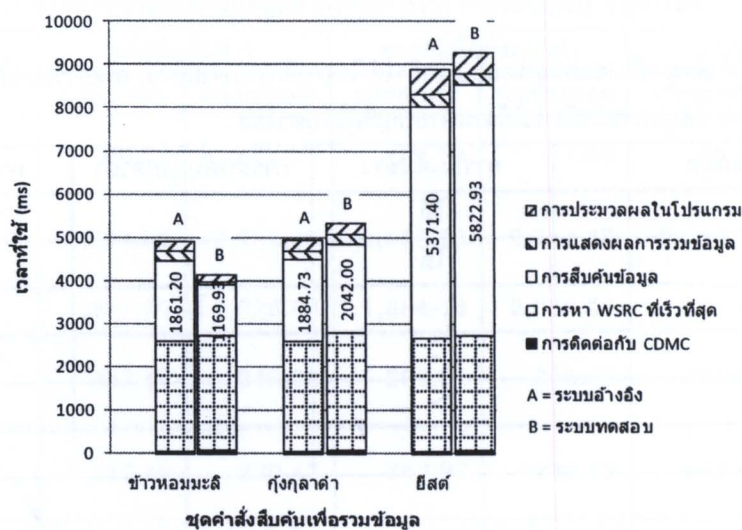
4.2.3 บัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

หลังจากทดสอบระบบโดยใช้ชื่อบัญชีผู้ใช้ชั่วคราวแล้ว นำผลมาเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.39 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

เวลา (มิลลิวินาที)	การสืบค้นข่าว		การสืบค้นกึ่งกุลาดำ		การสืบค้นยีสต์	
	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ	ระบบอ้างอิง	ระบบทดสอบ
การติดต่อกับ CDMC	60.27	77.13	57.53	79.47	56.93	77.93
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,524.80	2,650.20	2,532.73	2,710.93	2,589.07	2,648.47
การสืบค้นข้อมูล	1,861.20	1,169.93	1,884.73	2,042.00	5,371.40	5,822.93
การแสดงผลการรวมข้อมูล	232.47	87.40	208.87	221.80	306.67	242.80
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	219.40	156.67	263.93	266.33	557.87	489.60
เวลารวมของโปรแกรม	4,898.13	4,141.33	4,947.80	5,320.53	8,881.93	9,281.73

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ได้จากตารางที่ 4.39 แสดงในภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

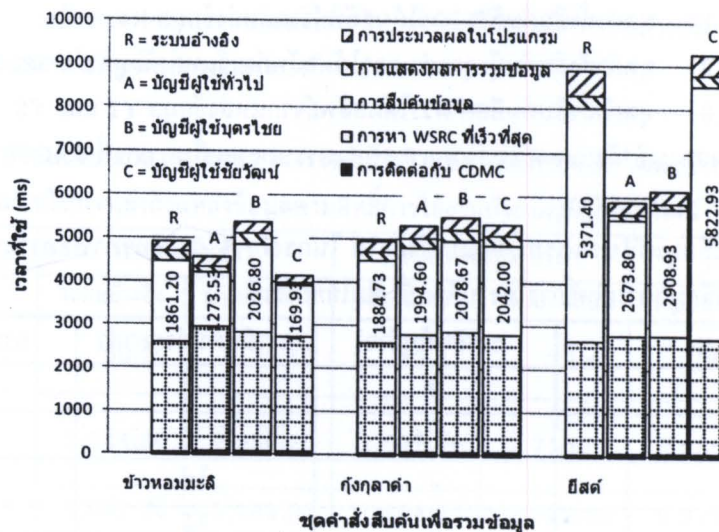
- ในการทดสอบ โปรแกรมทดสอบควรเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามชุดคำสั่งสืบค้นได้ ดังนี้
- (1) ชุดคำสั่งสืบค้นข่าว ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล R1
 - (2) ชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลางดำ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล S1 และ S2
 - (3) ชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ ควรได้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูล Y1 และ Y2
- ผลการเข้าถึงแหล่งข้อมูลจากการทดสอบระบบแสดงในตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40 แหล่งข้อมูลที่โปรแกรมทดสอบเข้าถึงได้ ในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิการใช้งานด้วยบัญชีผู้ใช้ชั่วคราว

แหล่งข้อมูล	การสืบค้นข่าว	การสืบค้นกึ่งกลางดำ	การสืบค้นยีสต์
R1 (R1 [copy])	ได้	-	-
R2 (R2 [copy])	ไม่ได้	-	-
S1 (S1 [copy])	-	ได้	-
S2 (S2 [copy])	-	ได้	-
Y1 (Y1 [copy])	-	-	ได้
Y2 (Y2 [copy])	-	-	ได้

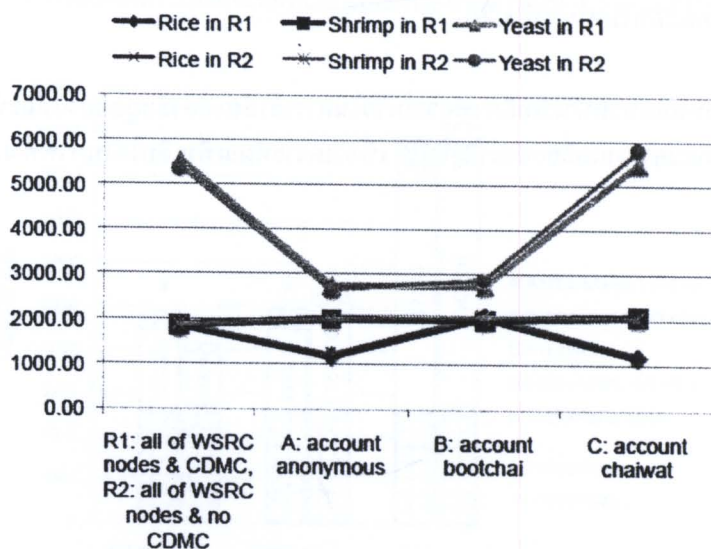
จากกราฟในภาพที่ 4.24 พบว่า มีชุดคำสั่งสืบค้นกึ่งกลางดำและชุดคำสั่งสืบค้นยีสต์ที่ใช้เวลาในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสใกล้เคียงกับระบบอ้างอิง แต่ชุดคำสั่งสืบค้นข่าว ใช้เวลาสืบค้นข้อมูลจากระบบทดสอบน้อยกว่าระบบอ้างอิง นั้นแสดงให้เห็นว่า บัญชีผู้ใช้ชั่วคราวมีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลของกึ่งกลางดำและยีสต์ได้ทั้งหมด แต่มีสิทธิ์เข้าถึงแหล่งข้อมูลของข่าวได้บางแหล่งข้อมูล ดังผลการทดสอบของโปรแกรมทดสอบในตารางที่ 4.40

จากการทดสอบวัดประสิทธิภาพความเร็วในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลของแต่ละบัญชีผู้ใช้ สามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยแต่ละบัญชีผู้ใช้ เพื่อวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมได้ในภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างระบบอ้างอิงและระบบทดสอบในกรณีการวัดเสถียรภาพของระบบในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งาน

เมื่อพิจารณาเฉพาะเวลาในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลจากกราฟในภาพที่ 4.21 และกราฟในภาพที่ 4.25 โดยแสดงประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลด้วย R1 และเสถียรภาพของระบบด้วย R2 แล้ววาดกราฟแสดงแนวโน้มของเวลาในการสืบค้นข้อมูลดังภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเวลาในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูลของการวัดประสิทธิภาพและเสถียรภาพการเข้าถึงแหล่งข้อมูลตามสิทธิ์การใช้งาน

จากกราฟในภาพที่ 4.26 จะเห็นว่า กราฟของทั้ง 2 กรณี คือ การวัดประสิทธิภาพความเร็ว (R1) และการวัดเสถียรภาพของระบบ (R2) มีแนวโน้มของเวลาในขั้นตอนการสืบค้นใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

ระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลด้วยเว็บเซอร์วิสและเพียร์-ทู-เพียร์ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลตามสิทธิได้อย่างถูกต้อง

5. วิเคราะห์การทดสอบ

จากการทดสอบระบบบูรณาการข้อมูลของแหล่งข้อมูลเสมือน ได้นำค่าที่ได้จากชุดคำสั่งสืบค้น 3 ชุด จำนวน 495 ข้อมูล ยกเว้นในกรณีศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ จำนวน 45 ข้อมูล (หัวข้อ 3.1.1) เพื่อหาเวลาเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละขั้นตอนในการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.41 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละขั้นตอนในการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบ	เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	% ของ SD ต่อ เวลาเฉลี่ย
การติดต่อกับ CDMC	69.97	13.71	19.59
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,590.23	319.94	12.35
การสืบค้นข้อมูล	3,219.35	2,073.65	64.41
การแสดงผลการรวมข้อมูล	226.79	103.45	45.61
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	326.15	178.37	54.69

เนื่องจากในกรณีศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ มีค่าเวลาเฉลี่ยในขั้นตอนการติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันชุดข้อมูลอื่น ๆ มากเกินไป จึงได้แยกผลการทดสอบออกมาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละขั้นตอนในการทดสอบ ในกรณีศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้

ขั้นตอนการทดสอบ	เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	% ของ SD ต่อ เวลาเฉลี่ย
การติดต่อกับ CDMC	5102.78	11.21	0.22
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2522.58	294.68	11.68
การสืบค้นข้อมูล	3636.27	1857.23	51.08
การแสดงผลการรวมข้อมูล	298.56	145.01	48.57
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	363.18	174.95	48.17

เมื่อเปรียบเทียบผลของเวลาเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากตารางที่ 4.41 และตารางที่ 4.42 โดยแสดงในตารางที่ 4.43 พบว่าในทุกๆ ขั้นตอนจะให้ค่าเวลาเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในขั้นตอนการติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล โดยเวลาเฉลี่ยของขั้นตอนการติดต่อกับศูนย์กลางการ

ค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลในกรณีที่ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทุกโหนดมีการหน่วงเวลา และศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลไม่สามารถให้บริการได้ จะมีค่าสูงกว่ากรณีอื่นๆ เป็นอย่างมาก

ตารางที่ 4.43 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทุกขั้นตอนระหว่างตารางที่ 4.41 กับตารางที่ 4.42

ขั้นตอนการทดสอบ	เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		
	ตารางที่ 4.41	ตารางที่ 4.42	ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์	ตารางที่ 4.41	ตารางที่ 4.42	ค่าความแตกต่างสัมบูรณ์
การติดต่อกับ CDMC	69.97	5,102.78	5,032.81	13.71	11.21	2.5
การหา WSRC ที่เร็วที่สุด	2,590.23	2,522.58	67.65	319.94	294.68	25.26
การสืบค้นข้อมูล	3,219.35	3,636.27	416.92	2,073.65	1,857.23	216.42
การแสดงผลการรวมข้อมูล	226.79	298.56	71.77	103.45	145.01	41.56
เวลาอื่นๆ ในโปรแกรม	326.15	363.18	37.03	178.37	174.95	3.42

สามารถอธิบายเวลาที่ใช้ในการติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลได้จากสมการข้อ 1.2.1 ดังนี้

$$\text{การติดต่อ CDMC} = 10 \times \text{เวลาที่มีการหน่วง (500 มิลลิวินาที)}$$

ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ของเวลาในการติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูลประมาณ 5,000 มิลลิวินาที และเมื่อสมมติเวลารวมของการเรียกใช้บริการทั้งหมดของศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล คือเวลาเฉลี่ย 69.97 จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 \text{การติดต่อ CDMC} &= (10 \times \text{เวลาที่มีการหน่วง 500 มิลลิวินาที}) \\
 &\quad + \text{การติดต่อ CDMC ในระบบอ้างอิง} \\
 &= 5,000 + 69.97 \\
 &= 5,069.97
 \end{aligned}$$

ค่าที่ได้จากการประมาณ 5,069.97 มีค่าใกล้เคียงกับระบบทดสอบคือ 5,102.78 ซึ่งเวลาที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากการประมวลผลของเซิร์ฟเวอร์ที่ไม่ได้ใช้ฐานข้อมูลเป็นต้น

ในขั้นตอนการทดสอบของโปรแกรมทดสอบ การติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล และศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส มี 3 ขั้นตอน คือ 1) การติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล 2) การหาศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่เร็วที่สุด และ 3) การสืบค้นข้อมูล ซึ่งเมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตารางที่ 4.41 และตารางที่ 4.42 พบว่า การติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล และการหาศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่เร็วที่สุด มีความแปรปรวนของข้อมูลต่ำที่สุด แต่ขั้นตอนการสืบค้นข้อมูล มีความแปรปรวนของข้อมูลสูงที่สุด ดังนั้น เวลาในการสืบค้นข้อมูลจึงน่าจะมีอิทธิพลต่อเวลารวมในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลในระบบมากที่สุด ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการวิเคราะห์

ค่าของเวลาการสืบค้นข้อมูลเป็นสำคัญ ส่วนในขั้นตอนของ การแสดงผลการรวมข้อมูล และเวลาอื่นๆ ในโปรแกรม ถือเป็นส่วนของการออกแบบโปรแกรม จึงไม่ได้เน้นการพิจารณา

6. อภิปรายผลการทดสอบ

ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบระบบ และเวลาคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น คือ ผลลัพธ์ของชุดคำสั่งสืบค้น การจราจรของข้อมูลในเครือข่ายท้องถิ่น เครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบ และการออกแบบโปรแกรมทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ผลลัพธ์ของชุดคำสั่งสืบค้น

ในแต่ละชุดคำสั่งสืบค้นจะให้ผลลัพธ์จากแหล่งข้อมูลต่างๆ มีขนาดไม่เท่ากัน ทำให้เวลาการประมวลผลในเซิร์ฟเวอร์แต่ละเครื่องแตกต่างกัน และทำให้เวลาในขั้นตอนการแสดงผลการรวมข้อมูลในโปรแกรมทดสอบมีความแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งเป็นผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละขั้นตอนมีค่าสูง (ประมาณ 100 ขึ้นไป) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในขั้นตอนการสืบค้นข้อมูล เมื่อผลลัพธ์มีขนาดแตกต่างกันดังตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์ขนาดใหญ่ก็จะใช้เวลาในการสืบค้นมาก ผลลัพธ์ขนาดเล็กก็จะใช้เวลาในการสืบค้นน้อย ทำให้ค่าเฉลี่ยของเวลามีความแปรปรวนสูง (มากกว่า 50% ต่อเวลาเฉลี่ย) ส่งผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในขั้นตอนนี้มีค่าสูงกว่าขั้นตอนอื่นๆ มาก นอกจากนี้ ผลจากการหน่วงเวลาของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสที่ติดต่อเอาข้อมูลก็ส่งผลให้ค่าเวลาในการสืบค้นข้อมูลแตกต่างกันด้วย

6.2 การจราจรของข้อมูลในเครือข่ายท้องถิ่น

ในการทดสอบระบบ จะทำการทดสอบผ่านเครือข่ายท้องถิ่นของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งการจราจรของข้อมูลในเครือข่ายท้องถิ่นในแต่ละช่วงเวลาจะมีความหนาแน่นไม่เหมือนกัน ทำให้เวลาที่ติดต่อกับศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล หรือศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ผลการทดสอบมีความแปรปรวน ส่งผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละขั้นตอนมีค่าสูง
ทั้งนี้ การทดสอบในแต่ละกรณี ได้ทำการทดสอบในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

6.3 เครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบ

การทดสอบระบบใช้เครื่องเซิร์ฟเวอร์จำลองภายในเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว ที่มีประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.44 โดยใช้เป็นศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล

ตารางที่ 4.44 รายละเอียดเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบ

รายการ	รายละเอียด
CPU	Intel Core 2 Duo P7550 2.26GHz
RAM	8.00 GB 1067MHz DDR3
Operating System	Mac OS X version 10.6.4
Hard Disk	160GB
LAN	10/100/1000

เซิร์ฟเวอร์ที่ถูกจำลองขึ้น 4 เครื่อง มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.45 โดยใช้เป็นศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิสทั้งหมด

ตารางที่ 4.45 รายละเอียดการจำลองเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ทดสอบ

รายการ	รายละเอียด
CPU	1 CPU
RAM	1 GB
Operating System	Ubuntu Server 10.4
Disk Space	4 GB
Network Type	Bridge Connection

ดังนั้น ในการประมวลผลชุดคำสั่งสืบค้นของศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส อาจจะมี ความล่าช้าเกิดขึ้น เพราะจะมีการใช้ซีพียูของโปรแกรมทดสอบ ศูนย์กลางการค้นหาและจัดการแหล่งข้อมูล และ ศูนย์กลางแหล่งบริการข้อมูลเว็บเซอร์วิส ทำงานพร้อมกันอยู่ ซึ่งส่งผลให้เวลาในการสืบค้นข้อมูลแต่ละครั้ง อาจจะแตกต่างกันเป็นช่วงข้อมูลกว้าง ซึ่งส่งผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูงมากตามไปด้วย

6.4 การออกแบบโปรแกรมทดสอบ

เนื่องจากโปรแกรมทดสอบ ออกแบบให้ใช้ในการทดสอบระบบในวิทยานิพนธ์นี้ตามผังการ ทำงานในภาพที่ 4.2 เพื่อให้ทำงานกับชุดคำสั่งสืบค้นแต่ละชุดเหมือนกันและวัดเวลาในการสืบค้นข้อมูล ซึ่งยัง ไม่ได้หาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เวลาสั้นที่สุดสำหรับการประมวลผลโปรแกรม และโปรแกรมทดสอบ ใช้วิธีการพิมพ์ผลลัพธ์ที่เป็นข้อความ (Text) ออกทางจอภาพ ทำให้เวลาที่แตกต่างกันอาจเกิดจาก การสำรวจ หน่วยความจำของระบบปฏิบัติการเพื่อแสดงผลลัพธ์จำนวนมาก

การแสดงผลลัพธ์ที่เป็นข้อความแทนการพิมพ์ขนาดของผลลัพธ์เพราะ ต้องการทำให้โปรแกรม ทดสอบจำลองการแสดงผลจริงให้ผู้ใช้โดยแทนที่การใช้รูปสัญลักษณ์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้หน่วยความจำ และ ซีพียูในการประมวลผล หากใช้การพิมพ์ขนาดของผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขแทน จะไม่สามารถจำลองการแสดงผล จริงให้ผู้ใช้ได้ ดังนั้นโปรแกรมทดสอบจึงได้เลือกการแสดงผลลัพธ์ที่เป็นข้อความ

การออกแบบโปรแกรมทดสอบนี้ เป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมประยุกต์ที่จะใช้กับระบบ บูรณาการของแหล่งข้อมูลเสมือนต่อไปในอนาคต