การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้ระบบแคชเดี่ยว
กับการใช้ระบบแคชเพื่อนบ้านในเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ

นาย บุรินทร์ ช้างน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-086-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARATIVE ANALYSIS ON PERFORMANCE OF SINGLE CACHE AND SIBLING CACHE SYSTEM IN WORLD WIDE WEB NETWORK

Mr. Burin Changnoi

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 974-346-086-1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้ระบบแคชเดี่ยวกับการใช้ระบบแคชเพื่อนบ้านในเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ
โดย	นายบุรินทร์ ช้างน้อย
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.ณัฐวุติ หนูไพโรจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ชัยศิริ ปัณฑิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ยรรยง เต็งอำนวย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บุรินทร์ ช้างน้อย : การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้ระบบแคชเดี่ยวกับการใช้ระบบแคชเพื่อนบ้านในเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ. (A COMPARATIVE ANALYSIS ON PERFORMANCE OF SINGLE CACHE AND SIBLING CACHE SYSTEM IN WORLD WIDE WEB NETWORK) อ. ที่ปรึกษา : ดร. ยรรยง เต็งอำนวย, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์, 47 หน้า. ISBN 974-346-086-1.

การที่มีผู้ใช้ระบบการให้บริการเวิลด์ไวด์เว็บของอินเตอร์เน็ตจำนวนมากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ช่องสัญญาณสื่อสารไม่เพียงพอต่อปริมาณข้อมูลที่เพิ่มขึ้น วิธีการหนึ่งในการลดปัญหาความคับคั่งของช่องสัญญาณ คือการทำแคชข้อมูล เพื่อลดการเรียกใช้ข้อมูลซ้ำจากแหล่งเดียวกัน ระบบแคชที่ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี ได้รับการออกแบบสำหรับติดตั้งใช้งานเป็นลักษณะสองลำดับชั้น โดยแคชลำดับชั้นที่หนึ่งตั้งอยู่ที่บริษัทบริการอินเตอร์เน็ตเพื่อเป็นเกตเวย์ ทำหน้าที่เป็นแคชแม่เพื่อรับการเรียกข้อมูลจากแคชลำดับชั้นที่สองอันเป็นหัวข้อสำคัญในการศึกษาวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งนี้ได้ทำการทดลองติดตั้งแคชระดับชั้นที่สองเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพอยู่ 2 แบบ ได้แก่ จะมีการเชื่อมต่อลักษณะแคชเดี่ยว สลับกับลักษณะแคชเพื่อนบ้าน ช่วงละ 1 เดือน รวมระยะเวลาการทดลอง 4 เดือน จากสถิติการทดลองที่เก็บในช่วงเดือน สิงหาคม 2542 จนถึงเดือน มกราคม 2543 พบว่าการใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์ที่ทำการทดลองติดตั้งลักษณะแคชเดี่ยวมีอรรถประโยชน์การใช้งานร้อยละ 18 และใช้เวลาในการสื่อสารโดยเฉลี่ย 5170 มิลลิวินาที และลักษณะแคชเพื่อนบ้านมีอรรถประโยชน์การใช้งานร้อยละ 20 และใช้เวลาในการสื่อสารโดยเฉลี่ย 4040 มิลลิวินาที โดยตัวแปรที่มีผลต่ออรรถประโยชน์คือจำนวนครั้งของการเรียกใช้ข้อมูลและปริมาณการรับส่งข้อมูล และขนาดของแคช ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบจากผลการทดลองแล้วจะเห็นได้ว่าแคชเซิร์ฟเวอร์ลำดับที่สองที่ติดตั้งลักษณะเดี่ยว จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับการตั้งติดลักษณะเพื่อนบ้านอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

4071443121 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD: PERFORMANCE / HIERARCHICAL CACHE / WWW / PROXY / CACHE

BURIN CHANGNOI : A COMPARATIVE ANALYSIS ON PERFORMMANCE OF SINGLE CACHE AND SIBLING CACHE SYSTEM IN WORLD WIDE WEB NETWORK. THESIS ADVISOR : YUNYONG TENG-AMNUAY,Ph.D, THESIS COADVISOR : NATAWUT NUPAIROJ,Ph.D., 47 pp. ISBN 974-346-086-1.

Due to the rapidly increase of the use of internet services of the World Wide Web (WWW), the communication channel is not big enough to cope with the increasing amount of data. One of the method to reduce the congestion of the communication channel is caching which reduces duplicated data requests from the same source. The cache system is designed into two-levels hierarchical structure. The first-level cache located at The Internet Service Provider serves as the gateway to support the second-level cache, the main topic in this thesis deals with the system locating at Mineral Resources Information Center of Department of Mineral Resources. It has been designed into two models for this experiment. The first model is single cache system and another one is sibling caches system. Those two models are installed alternately on monthly basis for a period of four months. According to the statistics accumulated from August 1999 until January 2000, the utilization of Single Cache system is 18 % and the average elapsed time is 5170 milliseconds. The utilization of Sibling Cache system is 20 % and average elapse time is 4040 milliseconds. In the experiment, the significant factors affecting the utilization of the cache system are the number of accesses, the volume of data transferred and configured size of the cache. The comparative performance of the single cache and the sibling cache is insignifigantly different.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2000 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ ดร.ยรรยง เต็งอำนวย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยด้วยดีตลอด เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จากศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี เพื่อใช้ทำการทดลองและทดสอบการใช้งานแคช จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ น้อง คุณพิภพ วสุวานิช คุณพิภพ อิศรางกูร ณ อยุธยา คุณอนุกูล วงศ์ใหญ่ และผู้บังคับบัญชาในกรมทรัพยากรธรณีทุกท่าน ซึ่งสนับสนุนในด้านการเรียนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย……..……ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……จ
กิตติกรรมประกาศ……..ฉ
สารบัญ ……..ช
สารบัญตาราง……..ฌ
สารบัญภาพ……..ญ
1. บทนำ……..……1
1.1 ปัญหาการใช้งานอินเตอร์เน็ต……..……1
1.2 วัตถุประสงค์……..……2
1.3 ขอบเขตการวิจัย……2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……..…3
2. การทำงานของโปรโตคอลและคุณสมบัติของแคชเซิร์ฟเวอร์ ……4
2.1 หลักการเบื้องต้นของแคช……..……4
2.2 การทำงานของโปรโตคอลเอชทีทีพี……..…5
2.3 ความทันสมัยของข้อมูลภายในแคช……..……7
2.4 ลำดับชั้นของแคช……..……8
2.5 คุณสมบัติที่ควรมีของแคชเซิร์ฟเวอร์……..……8
3. การสำรวจคุณสมบัติแบบลำดับชั้นของโปรแกรม Squid แคชเซิร์ฟเวอร์……12
3.1 การทำงานของโปรโตคอลอินเตอร์เน็ตแคช…… ……13
3.2 ขบวนการเลือกแคชเซิร์ฟเวอร์แต่ละลำดับขั้น ……..……....13
3.3 รูปแบบการจัดลำดับชั้นของแคชเซิร์ฟเวอร์……..……....14
3.4 วิเคราะห์โครงสร้างการเก็บข้อมูลในแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล……..15

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การออกแบบขั้นตอนเพื่อทำการทดลอง ติดตั้งใช้งานระบบแคชเซิร์ฟเวอร์.....17
4.1 การออกแบบการติดตั้งระบบแคชเซิร์ฟเวอร์.....17
4.2 กำหนดขั้นตอนการเก็บข้อมูล 19
4.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....20
4.4 วิธีเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ.....20
4.5 ผังความสัมพันธ์ขั้นตอน การเก็บรวบรวมและวิธีการเตรียมข้อมูล.....20
5. การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบแคชเซิร์ฟเวอร์.....22
5.1 กำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบแคชเซิร์ฟเวอร์.....23
5.2 การทดลองครั้งที่ 1 23
5.3 การทดลองครั้งที่ 2..... 26
5.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบแคชเซิร์ฟเวอร์.....29
6. ผลการวิจัย.....36
6.1 กำหนดสมมติฐาน.....37
6.2 การทดสอบสมมติฐาน.....37
6.3 ผลการทดสอบ.....39
6.4 สรุปผลจากการทดลอง.....40
6.5 พิจารณาเลือกตั้งติดใช้งานระบบแคชเซิร์ฟเวอร์.....44
7. สรุปและข้อเสนอแนะ.....45
7.1 สรุป.....45
7.2 ข้อเสนอแนะ.....45
รายการอ้างอิง.....46
ประวัติผู้วิจัย.....47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงผังความสัมพันธ์ขั้นตอนการเก็บรวบรวมและเตรียมสถิติความต้องการข้อมูล.....21
ตารางที่ 5.1 แสดงค่ามัธยฐาน (mediam) ของ เอ เอ ที จากการทดลองครั้งที่ 1.....24
ตารางที่ 5.2 แสดงค่ามัธยฐาน (mediam) ของ พี บี เอช อาร์ จากการทดลองครั้งที่ 1.....26
ตารางที่ 5.3 แสดงค่ามัธยฐาน (mediom) ของ เอ เอ ที จากการทดลองครั้งที่ 2.....27
ตารางที่ 5.4 แสดงค่ามัธยฐาน (mediom) ของ พี บี เอช อาร์ จากการทดลองครั้งที่ 2.....28
ตารางที่ 5.5 แสดงค่ามัธยฐาน (mediom) ของ เอ เอ ที จากการทดลองทั้งหมด 29
ตารางที่ 5.6 แสดงค่ามัธยฐาน (mediom) ของ พี บี เอช อาร์ จากการทดลองทั้งหมด.....30
ตารางที่ 5.7 แสดงค่ามัธยฐานของเอเอทีในทุก ๆ วันที่ทำการทดลอง.....35
ตารางที่ 6.1 แสดงจำนวนที่เปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานของการทดลองที่ 1.....37
ตารางที่ 6.2 แสดงจำนวนที่เปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานของการทดลองที่ 2.....37
ตารางที่ 6.3 แสดงวิธีการหาค่าไคส์แควร์ ของการทดลองที่ 1.....38
ตารางที่ 6.4 แสดงวิธีการหาค่าไคส์แควร์ ของการทดลองที่ 2.....39
ตารางที่ 7.1 สรุปค่าเปอร์เซนต์ไบท์ฮิตเรโซ ของการทดลองทั้งหมด.....40
ตารางที่ 7.2 สรุปค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์จากการทดลองทั้งหมด.....40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานโปรโตคอลเอชทีทีพี.....6
รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานโปรโตคอลเอชทีทีพีกรณีเรียกใช้งานผ่านพร็อกซี่/แคชเซิร์ฟเวอร์.....6
รูปที่ 4.1 ระบบแคชเดี่ยว.....18
รูปที่ 4.2 ระบบแคชเพื่อนบ้าน.....19
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอ เอ ที ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองครั้งที่ 1.....23
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พี บี เอช อาร์ ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองครั้งที่ 1.....25
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอ เอ ที ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองครั้งที่ 2.....27
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พี บี เอช อาร์ ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองครั้งที่ 2.....28
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอ เอ ที ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองทั้งหมด.....29
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พี บี เอช อาร์ ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองทั้งหมด.....30
รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ เอ เอ ที ในแต่ละวันครั้งที่ 1.....31
รูปที่ 5.8 แสดงความต้องการที่ใช้เวลานานกว่า 100000 มิลลิวินาที ในวันที่ 9 ตุลาคม 2542.....32
รูปที่ 5.9 แสดงความต้องการที่ใช้เวลานานกว่า 100000 มิลลิวินาที ในวันที่ 25 ตุลาคม 2542.....33
รูปที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ เอ เอ ที ในแต่ละวันครั้งที่ 2.....34

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันอินเตอร์เน็ตมีอัตราการขยายตัวแบบทวีคูณ แต่เดิมการใช้งานอินเตอร์เน็ตจะจำกัดเฉพาะหน่วยงานทางทหาร การวิจัย และตามมหาวิทยาลัยเท่านั้น เมื่อถึงวันนี้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ขยายตัวไปยังแทบทุกวงการไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานธุรกิจ หน่วยงานราชการ มหาวิทยาลัย สถานศึกษาต่าง ๆ ได้มีการเชื่อมต่อเข้าไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

การใช้งานเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในยุคแรกมีข้อมูลค่อนข้างน้อย เนื่องจากบริการต่าง ๆ ภายในอินเตอร์เน็ตส่วนมากอยู่ในรูปแบบของตัวอักษร (text mode) เป็นหลัก ในยุคปัจจุบันบริการอินเตอร์เน็ตได้พัฒนาขึ้นให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานโดยง่าย และบริการอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นคือ เวิลด์ไวด์เว็บ (World Wide Web หรือ WWW) ซึ่งนอกจากการแสดงผลในรูปแบบของตัวอักษรแล้วเวิลด์ไวด์เว็บยังสามารถแสดงรูปภาพ หรือปัจจุบันได้มีการพัฒนาขยายออกไปไม่ว่าจะเป็น เสียง หรือภาพยนต์ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นตัวผลักดันสำคัญของการขยายตัวของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้เกิดปัญหาที่ตามมา คือช่องสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลไม่เพียงพอในการรองรับการสื่อสารข้อมูลที่เพิ่มขึ้นอย่างมหาศาลได้

1.1 ปัญหาการใช้งานอินเตอร์เน็ต

การใช้งานอินเตอร์เน็ตในหน่วยงานประกอบด้วยกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นผู้บริหาร นักวิชาการ และบุคลากรทั่วไป โดยมีการใช้งานผ่านระบบเครือข่ายภายในหน่วยงานหรือการใช้งานจากภายนอกโดยผ่านระบบสื่อสารระยะไกล มีลักษณะการใช้งานเกือบตลอดเวลาและมีการใช้งานช่องสัญญาณสื่อสารในปริมาณมาก ทำให้เกิดปัญหาคือช่องสัญญาณสื่อสารที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่เพียงพอรองรับการใช้งานในจำนวนการใช้งานช่องสัญญาณสื่อสารเวิลด์ไวด์เว็บนับเป็นบริการที่มีสัดส่วนการใช้งานช่องสัญญาณสื่อสารมากที่สุด

จากปัญหาที่กล่าวมาในขั้นต้น จึงได้มีการพัฒนาเทคนิค วิธีการ เพื่อที่ใช้งานช่องสัญญาณ สื่อสารให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อช่วยลดปัญหาการเต็มของช่องสัญญาณสื่อสารในปัจจุบัน วิธีการหนึ่งที่นำมาใช้คือ เทคนิคการทำระบบแคช (Cache) ข้อมูล และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณสื่อสารที่มีราคาแพงให้เต็มความสามารถ

เนื่องจากสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ที่การจัดทำระบบเครือข่ายการสื่อสารข้อมูล ราคาแพงและมีโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบ ตลอดจนแหล่งของข้อมูลยังอยู่ในต่างประเทศ ลักษณะการนำระบบแคชมาใช้งานยังขาดการศึกษาและพิจารณาอย่างครบถ้วนให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ผู้วิจัยเห็นว่าจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษา วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบแคชเดี่ยว และระบบแคชเพื่อนบ้าน เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมต่อการที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

1.2 **วัตถุประสงค์**

วิเคราะห์เพื่อวัดประสิทธิภาพของการนำระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ มาใช้งานในระบบเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บระหว่างแคชเดี่ยวและลักษณะแคชเพื่อนบ้าน โดยการวิเคราะห์จากการเก็บสถิติความต้องการข้อมูลของระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ ทั้งสอง เพื่อประเมินในการติดตั้งระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ ในหน่วยงานได้เหมาะสม มีประสิทธิภาพ

1.3 **ขอบเขตการวิจัย**

1. ใช้โปรแกรม Squid ทำหน้าที่เป็น เอชทีทีพีแคชเซิร์ฟเวอร์เท่านั้น
2. ติดตั้งและทดสอบ เอชทีทีพีแคชเซิร์ฟเวอร์ในลักษณะระบบแคชเพื่อนบ้าน (Sibling Cache Server) และระบบแคชเดี่ยว (Single Cache) เท่านั้น
3. วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแคชเพื่อนบ้าน (Sibling Cache) และของแคชเดี่ยว (Single Cache) จากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ(logging file) ตามเกณฑ์การวัดด้วยค่าอัตราส่วนที่ได้ข้อมูลจากระบบแคชต่อการความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์เว็บ ทั้งหมด (Byte Hit Ratio) และการที่สามารถประหยัดช่องการสื่อสารในความต้องการผ่านอินเตอร์เน็ต (bandwidth saving) เป็นอย่างน้อย
4. ติดตั้งระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ ด้วยโปรแกรม Squid ที่หน่วยงานภายใน กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรมเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากการติดตั้งระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการทดลองจำเป็นจะต้องใช้สิทธิในการจัดการกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์หลักของหน่วยงาน ซึ่งผู้ดำเนินการวิจัยปฏิบัติหน้าที่เป็นเจ้าหน้าที่บริหารระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Network Administrator) ของหน่วยงานดังกล่าว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางการศึกษาการใช้งานและประเมินประสิทธิภาพ ระบบแคชในสภาพการใช้งานจริงภายใต้ระบบเวิลด์ไวด์เว็บ
2. สามารถใช้งานระบบแคชข้อมูล ที่เหมาะสมกับองค์กร สามารถให้บริการกับสมาชิกได้ในคุณภาพที่ดีขึ้นหรือขยายการให้บริการต่อจำนวนสมาชิกได้เพิ่มขึ้น
3. ทำให้เป็นแนวทางการวัดประสิทธิภาพของการใช้งานระบบแคชลำดับชั้นเดียว ในเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ
4. ทำให้สามารถให้บริการเวิลด์ไวด์เว็บที่ต้องการใช้ขนาดช่องสัญญาณมากได้ โดยใช้ทรัพยากรด้านเครือข่ายต่ำมีประโยชน์สูงสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การทำงานของโปรโตคอลและคุณสมบัติของแคชเซิร์ฟเวอร์

การใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานช่องสัญญาณสื่อสาร โดยปัจจุบันมีผู้ผลิตโปรแกรมแคชเซิร์ฟเวอร์ หรืออุปกรณ์ที่ทำงานเป็นแคชเซิร์ฟเวอร์โดยเฉพาะ ซึ่งมีคุณสมบัติรวมทั้งข้อจำกัดในการใช้งานแตกต่างกันไป ซึ่งจำเป็นที่ผู้ใช้ต้องศึกษาคุณสมบัติเพื่อสามารถเลือกโปรแกรมที่เหมาะสมมาใช้งาน

2.1 หลักการเบื้องต้นของแคช

ในการใช้ข้อมูลจากเวิลด์ไวด์เว็บ โปรแกรมเว็บไคลแอนต์ (web client) หรือเบราเซอร์ (browser) ทำการเรียกข้อมูลโดยระบุยูอาร์แอล (URL หรือ Uniform Resource Locator) ซึ่งประกอบด้วยชื่อเครื่องที่ต้องการติดต่อ ผู้ใช้แต่ละคนสามารถเรียกข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ได้โดยอิสระจากกัน ทำให้เกิดปัญหาการเรียกใช้ข้อมูลซ้ำกันหลายครั้งจากแหล่งข้อมูลเดียวกัน โดยเฉพาะแหล่งข้อมูลที่นิยมใช้กันมาก ก่อให้เกิดปัญหาความหนาแน่นของช่องสัญญาณสื่อสาร ในที่นี้เราสามารถลดปัญหาการเรียกใช้ข้อมูลที่ซ้ำซ้อนเนื่องจากผู้ใช้แต่ละคนได้โดยอาศัยหลักการทำงานของแคช หรืออาจเรียกว่าระบบพักข้อมูล

แคชคือโปรแกรมซึ่งพักข้อมูลที่มีการเรียกจากอินเตอร์เน็ต โดยเก็บไว้ในหน่วยความจำหรือฮาร์ดดิสก์ เมื่อมีการเรียกข้อมูลที่เคยเรียกมาแล้วสามารถนำข้อมูลที่มีในแคชมาใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องนำมาจากแหล่งซ้ำอีก และการทำงานของแคชมักทำงานควบคู่ไปกับระบบพร็อกซี่ (proxy) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เป็นตัวกลางรับส่งข้อมูลระหว่างเบราเซอร์กับแหล่งข้อมูล ระบบพร็อกซี่นี้อาจมีระบบรักษาความปลอดภัย สามารถกรองข้อมูลที่ผ่านเข้าออกเพื่อกันผู้บุกรุกต่างๆ ได้

การพัก (หรือแคช) ข้อมูลโดยปกติทำได้ที่สองจุดใหญ่ในเครือข่ายคือ

1. แคชภายในตัวโปรแกรมเบราเซอร์ ในปัจจุบันเบราเซอร์ส่วนใหญ่ทำงานในลักษณะนี้ได้ โดยแคชอาจใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำ หรือในฮาร์ดดิสก์เป็นตัวเก็บข้อมูล ซึ่งช่วยลดเวลาในการเรียกข้อมูลซ้ำเดิม แต่มีข้อเสียที่การเก็บข้อมูลเป็นของเบราเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องนั้น ซึ่งอาจซ้ำกับข้อมูลในแคชของไมโครคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้คนอื่นได้

2. แคชภายนอกโปรแกรมเบราเซอร์ หรือเรียกว่า แคชเซิร์ฟเวอร์ (cache server) ซึ่งอยู่ในเครื่องขนาดใหญ่ โดยส่วนมากอยู่ที่ตัวเกตเวย์ (gateway) หรือ ไฟร์วอลล์ (fire wall)ของหน่วยงานหรือบริษัทเพื่อให้เบราเซอร์ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ภายในเน็ตเวิร์กสามารถเรียกข้อมูลจากภายนอกร่วมกันได้ แคชในระดับนี้ช่วยลดการเรียกใช้ข้อมูลและการจัดเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกันของหน่วยงานหรือองค์การขนาดใหญ่เนื่องจากการเรียกใช้ของพนักงานซึ่งช่วยลดปริมาณข้อมูลที่ต้องเรียกผ่านช่องสัญญาณสื่อสารราคาแพงสู่ภายนอก

2.2 การทำงานของโปรโตคอลเอชทีทีพี (Hypertext Transfer Protocol หรือ HTTP)

โปรโตคอลเอชทีทีพี (Berners-Lee,1996) เป็นโปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web server) ซึ่งถือเป็นแหล่งข้อมูล กับ เว็บไคลเอนต์ (Web client) หรือโปรแกรมเบราเซอร์ การเรียกใช้งานโปรโตคอลเอชทีทีพีประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ

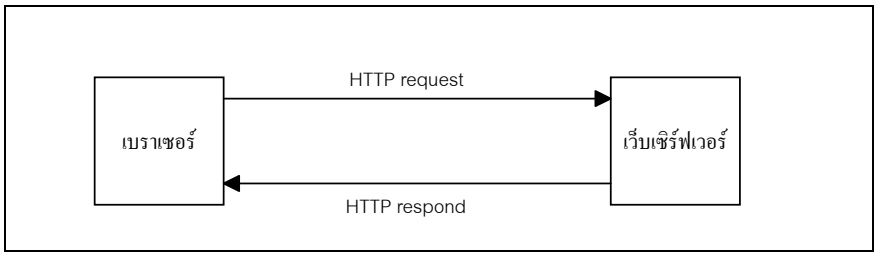
1. วิธีการเรียกข้อมูล (Request method)
2. ตำแหน่งข้อมูล (Uniform Resource Locator หรือ URL)
3. เฮดเดอร์เซตของวิธีการเรียกข้อมูล (Set of request header)

ข้อมูลที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ตอบกลับมาผ่านโปรโตคอลเอชทีทีพีตอบกลับมาประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. รหัสผลลัพธ์ (Numeric result code)
2. เซตคำตอบ (Set of reply header)
3. ตัวคำตอบเพิ่มเติม (Optional reply body)

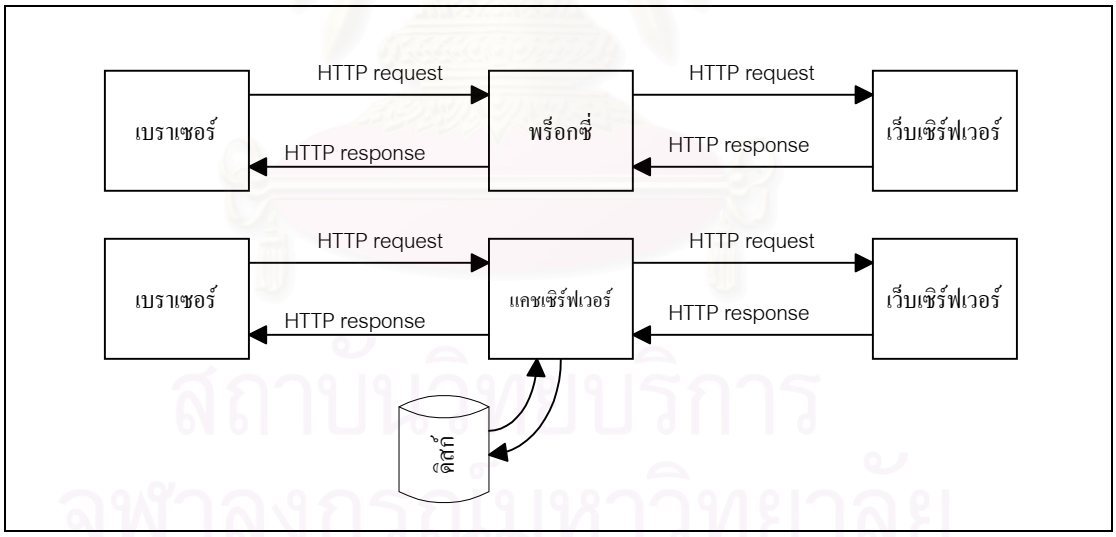
การทำงานโปรแกรมเบราเซอร์จะส่งวิธีการเรียกข้อมูลผ่านโปรโตคอลเอชทีทีพีไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ เมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้รับการเรียกข้อมูลก็จะส่งคำตอบกลับมายังโปรแกรมเบราเซอร์ผ่านโปรโตคอลเอชทีทีพีโดยมีการทำงานดังรูปที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานโปรโตคอลเอชทีทีพี

ในกรณีที่มีการเรียกข้อมูลผ่านพร็อกซี่หรือแคชเซิร์ฟเวอร์ โดยพร็อกซี่จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อ โดยเบราเซอร์จะติดต่อไปยังพร็อกซี่โดยระบุยูอาร์ไอ (Uniform Resource Identifier) ของข้อมูลปลายทาง เมื่อพร็อกซี่รับการติดต่อจากเบราเซอร์ก็จะส่งต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ การใช้งานในกรณีนี้ส่วนมากจะใช้เพื่อจุดประสงค์ในด้านความปลอดภัย โดยป้องกันการเรียกใช้งานจากผู้ใช้ไปยังแหล่งข้อมูลโดยตรง ส่วนการทำงานของแคชเซิร์ฟเวอร์จะคล้ายคลึงกับการทำงานของพร็อกซี่จะแตกต่างกันในแง่เมื่อมีข้อมูลผ่านแคชเซิร์ฟเวอร์จะมีการพักข้อมูลนั้นภายใน แคชเซิร์ฟเวอร์ การทำงานสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานโปรโตคอลเอชทีทีพีกรณีเรียกใช้งานผ่านพร็อกซี่/แคชเซิร์ฟเวอร์

2.3 ความทันสมัยของข้อมูลภายในแคช

เมื่อมีการเรียกใช้ข้อมูลจากแคชเซิร์ฟเวอร์ปัญหาที่ตามมาคือความทันสมัยของข้อมูลภายในแคช กล่าวคือเมื่อข้อมูลภายในเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นแหล่งข้อมูลจริงมีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้ข้อมูลภายในแคชไม่ตรงกับข้อมูลจริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการกับข้อมูลภายในแคช เพื่อให้ข้อมูลที่เรียกจากแคชมีความถูกต้อง ตรงกับข้อมูลที่มีอยู่จริงในเว็บเซิร์ฟเวอร์ปลายทาง โดยโปรแกรมแคชเซิร์ฟเวอร์มีวิธีการจัดการกับข้อมูลที่แตกต่างกันไปซึ่งสามารถระบุได้ดังนี้

- เมทธอดเฮด (method head) วิธีนี้แคชเซิร์ฟเวอร์จะตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลภายใน แคช โดยการส่งเมทธอดเฮดไปยังเว็บเซิรฟเวอร์ที่เป็นแหล่งข้อมูลโดยคำตอบที่ได้รับจากเว็บเซิร์ฟเวอร์จะเป็นข้อมูลสรุป หลังจากนั้นแคชเซิร์ฟเวอร์จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงจะส่งข้อมูลนั้นไปยังเบราเซอร์ถ้าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงก็ใช้เมทธอดเก็ต (method get) เพื่อดึงข้อมูลใหม่เข้ามาเก็บภายในแคชก่อนส่งต่อไปยังเบราเซอร์ วิธีการนี้ต้องส่งข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ถึงสองครั้งในกรณีที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง
- ไอเอ็มเอสเก็ต (If-Modified-Since (IMS) GET) วิธีการนี้เป็นการปรับปรุงการทำงานของ เก็ต เมทธอด โดยจะเพิ่มข้อมูลของเวลาในการเปลี่ยนแปลงครั้งสุดท้ายไว้ในส่วนหัวการเรียกข้อมูล (request header fields) ไปพร้อมกับเก็ตเมทธอดไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นแหล่งข้อมูล โดยก่อนที่จะทำการอ่านข้อมูลมาด้วย เก็ตเมทธอดจะมีการเปรียบเทียบก่อนถ้าข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงก็ส่งผลลัพธ์กลับมาว่าไม่เปลี่ยนแปลงทำให้สามารถเรียกข้อมูลจากแคชได้ทันที ถ้าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงจะทำการ อ่านข้อมูลนั้นกลับมา เห็นได้ว่าวิธีการนี้ทำการติดต่อระหว่างแคชเซิร์ฟเวอร์และเว็บเซิร์ฟเวอร์เพียงครั้งเดียวเท่านั้น
- ทีทีแอล (Time To Live (TTL)) วิธีการนี้เป็นการกำหนดระยะเวลาของข้อมูลที่ใช้เมื่ออยู่ภายในแคช โดยหลังจากข้อมูลเข้ามาเก็บในแคช เมื่อมีการเรียก ถ้าหากข้อมูลในแคชเก็บอยู่เกินระยะเวลากำหนด แคชเซิร์ฟเวอร์จะทำการเรียกข้อมูลใหม่จากแหล่งข้อมูลโดยตรง วิธีการนี้หากกำหนดค่าทีทีแอล ให้เหมาะสมกับชนิดของข้อมูลจะลดการติดต่อไปยังแหล่งข้อมูลลงได้สูง หากข้อมูลเปลี่ยนแปลงซ้ำตามกำหนดเวลาที่สม่ำเสมอ

นอกจากวิธีต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วปัจจุบันโปรโตคอลเอชทีทีพีเวอร์ชัน 1.1 (Berners-Lee et al., 1997) ซึ่งเป็นเวอร์ชันล่าสุดได้เพิ่มข้อมูลในส่วนหัวการเรียกข้อมูลซึ่งในโปรโตคอลเอชทีทีพีเวอร์ชัน 1.0 มีเฉพาะไอเอ็มเอสเท่านั้น โดยข้อมูลที่เพิ่มเข้ามาได้แก่

- If Match
- If None Match

- If Range
- If Unmodified Since
- Last Modified

2.4 ลำดับชั้นของแคช (hierarchical cache)

การทำงานในลักษณะลำดับชั้นของแคช (Anawat et al., 1996) เป็นการเชื่อมต่อแคชเซิร์ฟเวอร์เข้าด้วยกัน เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแคชเซิร์ฟเวอร์ ช่วยลดการใช้งานช่องสัญญาณออกไปภายนอกลงได้อีกชั้นหนึ่ง การทำงานเป็นดังนี้คือ เมื่อมีการเรียกข้อมูลที่ไม่มีอยู่ในแคชเซิร์ฟเวอร์เข้ามาแคชเซิร์ฟเวอร์จะสอบถามไปยังแคชเซิร์ฟเวอร์ตัวอื่นในหน่วยงานเดียวกันที่ประสานการทำงานในลักษณะลำดับชั้น เพื่อดูว่ามีข้อมูลนั้นหรือไม่ ก่อนติดต่อไปยังแหล่งข้อมูลภายนอก

การทำงานของแคชในลักษณะลำดับชั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดคือ

1. แคชแม่ (parent cache) การทำงานวิธีนี้หากมีการเรียกข้อมูลที่ไม่มีอยู่แคชเซิร์ฟเวอร์จะถามไปแคชแม่ซึ่งอยู่สูงขึ้นไปในลำดับชั้น เพื่อเรียกข้อมูลนั้น วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ แคชแม่ มีได้ตัวเดียวเท่านั้น ทำให้เป็นคอขวดของระบบได้ และเป็นจุดอ่อนของระบบหากแคชแม่ไม่สามารถทำงานจะทำให้ทั้งระบบไม่สามารถทำงานได้
2. แคชแม่/เพื่อนบ้าน (parent/sibling cache) การทำงานวิธีนี้ถ้าหากมีการเรียกข้อมูลที่ไม่มีอยู่ แคชเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลไปถามแคชเพื่อนบ้านในระดับเดียวกันก่อน ถ้าไม่มีจึงถามแคชแม่ วิธีการนี้ช่วยกระจายการทำงานของแคชเซิร์ฟเวอร์ และลดการทำงานของ แคชแม่

2.5 คุณสมบัติสำคัญที่ควรมีของแคชเซิร์ฟเวอร์

โปรแกรมที่ทำงานเป็นแคชเซิร์ฟเวอร์ในปัจจุบันมีหลายโปรแกรมโดยสามารถสรุปคุณสมบัติที่ควรมีในโปรแกรมได้ดังนี้

2.5.1 สามารถทำงานร่วมกับเบราเซอร์ในระดับแอพพลิเคชั่น

เนื่องจากงานต่าง ๆ ในอินเตอร์เน็ตไม่ว่าจะเป็น เอฟทีพี (File Transfer Program หรือ ftp) โกเฟอร์ (gopher) และ เวิลด์ไวด์เว็บ ต่างไม่ได้ออกแบบมาให้รองรับการทำงานของแคชภายในตัวโปรโตคอลสื่อสาร ดังนั้นแคชต้องสนับสนุนระบบงานเดิมเหล่านี้ได้ จึงต้องทำงานอยู่ในระดับของแอพพลิเคชั่นโดยไม่ดัดแปลงแก้ไขโปรโตคอลเดิม เพียงแต่เพิ่มคุณสมบัติการทำงานร่วมกับ แคชเซิร์ฟเวอร์ที่ตัวโปรแกรมเบราเซอร์เท่านั้น

2.5.2 สามารถใช้งานกับเน็ตเวิร์กที่ใช้เลขที่อยู่ไอพีส่วนตัว (private IP address)

ในบางหน่วยงานการใช้งานจะใช้เลขที่อยู่ไอพีส่วนตัว สำหรับติดต่อสื่อสารภายใน ส่วนการติดต่อกับภายนอกใช้เลขที่อยู่ไอพีสาธารณะ (public IP address) ในกรณีที่ใช้เวิลด์ไวด์เว็บผ่านแคชเซิร์ฟเวอร์ แคชเซิร์ฟเวอร์ต้องสามารถรับการติดต่อจากเบราเซอร์บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้เลขที่อยู่ไอพีส่วนตัวเพื่อออกไปข้างนอกสู่เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้เลขที่อยู่ไอพีสาธารณะ

2.5.3 สามารถบันทึกการใช้งานหรือทำการกรอง

แคชเซิร์ฟเวอร์ที่ดีควรบันทึกการใช้งานที่ผ่านแคชเซิร์ฟเวอร์ออกไป ซึ่งข้อมูลที่บันทึกได้จะอยู่ในระดับแอพพลิเคชั่น ตัวอย่างเช่น เลขที่อยู่ไอพีต้นทาง (source IP address) เลขที่อยู่ไอพีปลายทาง (destination IP address) วันที่ เวลา ยูอาร์แอล ปริมาณข้อมูล เป็นอย่างน้อย คุณสมบัติที่สำคัญของการกรองข้อมูลคือให้ข้อมูลผ่านเข้าออกได้บางส่วนโดยทำการกรองตามเลขที่อยู่ไอพีต้นทางหรือจากเลขที่อยู่ไอพีปลายทาง หรือสามารถทำการกรองในระดับชื่อโดเมนปลายทาง

2.5.4 การปรับปรุงข้อมูลภายในแคชให้ทันสมัย

โปรแกรมแคชเซิร์ฟเวอร์บางตัวสามารถคาดการณ์ล่วงหน้า (prefetch) โดยอาศัยสถิติในการทำนายว่าข้อมูลใดจะมีโอกาสถูกเรียกใช้อีก เพื่อทำการปรับปรุงข้อมูลในแคชให้ทันสมัย ก่อนมีการเรียกข้อมูลนั้นโดยเบราเซอร์ การทำงานในลักษณะดังกล่าวสามารถลดเวลาตอบสนอง (response time) ในการสืบค้นข้อมูลได้มาก

2.5.5 รองรับการทำงานอินเตอร์เน็ตแคชโปรโตคอล

อินเตอร์เน็ตแคชโปรโตคอล (internet cache protocol หรือ ICP) (Wessels, 1997) เป็นข้อกำหนดที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแคชเซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้แคชเซิร์ฟเวอร์ต่างชนิดกันสามารถสอบถามกันได้ นอกจากนั้นอินเตอร์เน็ตแคชโปรโตคอลได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในการหาสถิติการใช้งาน ปรับปรุงความสามารถด้านความมั่นคงปลอดภัย และการปรับแต่งข้อกำหนด ในการค้นหาข้อมูล

2.5.6 รองรับการทำงานแคชอาเรย์เราท์ติ้งโปรโตคอล

แคชอาเรย์เราท์ติ้งโปรโตคอล (cache array routing protocol หรือ CARP) (Microsoft, 1997) เป็นข้อกำหนดที่ใช้ในการเชื่อมต่อแคชเซิร์ฟเวอร์เข้าด้วยกันในลักษณะอาเรย์ โดยการทำงานจะมอง แคชเซิร์ฟเวอร์ทั้งหมดเป็นแคชเซิร์ฟเวอร์เพียงตัวเดียว เพื่อจุดประสงค์ในการขยายขีดความสามารถ กระจายการทำงานออกไปยังแคชเซิร์ฟเวอร์หลาย ๆ ตัว รวมทั้งทำงานแทนในกรณีแคชเซิร์ฟเวอร์ตัวใดตัวหนึ่งในระบบไม่ทำงาน

2.5.7 รองรับการทำงานของซีเคียวซ็อกเก็ตเลย์เยอร์

ซีเคียวซ็อกเก็ตเลย์เยอร์ (secure socket layer หรือ SSL) (Freier, 1996) รุ่นที่ใช้งานในปัจจุบันคือ 3.0 ซึ่งถือได้ว่าเป็นรุ่นที่เป็นมาตรฐานและได้รับการยอมรับในด้านความปลอดภัยในการใช้งานอินเตอร์เน็ต โดยแคชเซิร์ฟเวอร์ที่รองรับการทำงานสามารถติดต่อไปยังเซอร์ฟเวอร์ที่มีการเรียกใช้งานผ่านซีเคียวซ็อกเก็ตเลย์เยอร์ซึ่งจะสนับสนุนการรักษาความปลอดภัย

2.5.8 สนับสนุนการทำงานในลักษณะรีเวิร์สพร็อกซี่

การทำงานรีเวิร์สพร็อกซี่ (reverse proxy) คือ แคชเซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างโปรแกรมที่เรียกใช้งานเวิลด์ไวด์เว็บจากภายนอก และเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ภายในองค์กร เพื่อจุดประสงค์ทางด้านความปลอดภัย โดยไม่ให้ผู้ใช้จากภายนอกสามารถเรียกข้อมูลได้โดยตรงจากเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ภายในองค์กร

2.5.9 สามารถทำงานในลักษณะ transparent cache

การทำงานในลักษณะ transparent cache คือ การใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์เป็นเกตเวย์ (gateway) ของระบบ วิธีการนี้โปรแกรมเบราเซอร์ไม่จำเป็นต้องระบุตำแหน่งแคชเซิร์ฟเวอร์ โดยการเรียกใช้งานเวิลด์ไวด์เว็บทั้งหมดจะผ่านแคชเซิร์ฟเวอร์โดยอัตโนมัติ

2.5.10 **คุณสมบัติเฉพาะตัว**

นอกจากคุณสมบัติ ที่กล่าวมาแล้วนั้น แคชเซิร์ฟเวอร์บางชนิดยังมีคุณสมบัติเฉพาะตัวต่างกันออกไปอย่างเช่น สนับสนุนโปรโตคอลไอพีเอ็กซ์/เอสพีเอ็กซ์ (IPX/SPX) ซึ่งใช้ในระบบปฏิบัติการเน็ตเวิร์กเน็ตแวร์ (Netware) สนับสนุนการควบคุมระยะไกล สนับสนุนการควบคุมโดยผ่านโปรแกรมเบราเซอร์ สนับสนุนการทำงานของเอสเอ็นเอ็มพี (Simple Network Management Protocol หรือ SNMP) เพื่อใช้ในการบริหารเครือข่าย สามารถให้ค่าน้ำหนัก (weight) ในการเลือกใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์ตัวอื่น ในลำดับชั้นของแคช สามารถกำหนดการเก็บสถิติการใช้งานรวมทั้งมีโปรแกรมที่ช่วยในการวิเคราะห์หาสถิติ

คุณสมบัติต่าง ๆ ในแคชเซิร์ฟเวอร์ซึ่งมีแตกต่างกันออกไปตามชนิดของแคชเซิร์ฟเวอร์ ผู้ใช้จึงจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติภายในโปรแกรมต่าง ๆ เพื่อสามารถเลือกใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์ให้ตรงจุดประสงค์การใช้งาน ซึ่งปัจจุบันโปรแกรมแคชเซิร์ฟเวอร์มีทั้งชนิดที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปและทำงานบนอุปกรณ์ซึ่งออกแบบมาโดยเฉพาะ ทั้งนี้จะใคร่กล่าวถึงเฉพาะโปรแกรม Squid ในบทที่ 3 ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ที่จะติดตั้งใช้งานเพื่อทำการทดลองต่อไป ในการเลือกใช้โปรแกรม Squid ก็เพราะว่าเป็นโปรแกรมระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถหาข้อมูลในการศึกษาได้อย่างไม่มีค่าใช้จ่ายและเป็นที่ยอมรับในการติดตั้งใช้งานในสภาพการปฏิบัติงานจริงในปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การสำรวจคุณสมบัติแบบลำดับชั้นของโปรแกรม Squid แคชเซิร์ฟเวอร์

Squid (Wessels, 1998) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดย NLANR โดยทีมงานบางส่วนมาจากผู้พัฒนาโปรแกรม Harvest โดยได้ปรับปรุงและเพิ่มคุณสมบัติต่าง ๆ

สถานภาพ: ปัจจุบันพัฒนาถึงเวอร์ชัน 2.3 STABLE1

ระบบปฏิบัติการ: Unix

ราคา: ไม่เสียค่าใช้จ่าย

คุณสมบัติ

- ทำงานเป็นแคชเซิร์ฟเวอร์ โดยสามารถรองรับโปรโตคอล HTTP FTP และ Gopher
- สามารถเชื่อมต่อกับแคชเซิร์ฟเวอร์อื่นในลักษณะแคชแม่/เพื่อนบ้าน และสามารถให้ค่าน้ำหนักการเลือกใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์ที่เชื่อมต่อด้วย
- สนับสนุนการทำงานอินเตอร์เน็ตแคชโปรโตคอล
- สามารถกรองข้อมูลที่ผ่านเข้าหรือออกแคชเซิร์ฟเวอร์
- สามารถจำกัดการใช้งาน และได้มีการพัฒนารายการการใช้งาน (access list) เพิ่มขึ้นคือ client IP address , server IP address , protocol , domain of request , port , เวลา และรูปแบบ ซึ่งสามารถผสมเงื่อนไขแบบซับซ้อนได้
- สามารถบันทึกสถิติการใช้งาน รวมทั้งมีโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล
- สามารถปรับค่ากำหนดต่าง ๆ ของข้อมูลแต่ละชนิดที่อยู่ในแคช

ซึ่งจะขอกล่าวในรายละเอียดเพิ่มเติมเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 การทำงานของโปรโตคอลอินเตอร์เน็ตแคช (Internet Cache Protocol หรือ ICP)

โปรโตคอลอินเตอร์เน็ตแคชถูกพัฒนาขึ้นในโครงการฮารเวส์ท (Harvest) เป็นส่วนรองรับพื้นฐาน โดยมีกฎของไอซีพี คือทำให้เร็วและเพิ่มประสิทธิภาพในวิธีการสื่อสารระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ และให้กลไกล ในการติดตั้งระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ที่ซับซ้อนในลักษณะของระบบแคชลำดับขั้น มีขั้นตอนในการเลือก ระบบแคชที่อยู่ใกล้เคียง เพื่อทำให้ได้รับข้อมูล จากกลุ่มของระบบแคชในลักษณะจัดลำดับชั้นด้วยชื่อ ของข้อมูล

กรณีของ Harvest และ Squid ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบแคชเซิร์ฟเวอร์จะมีระบบการตรวจสอบว่า ระบบแคชในระบบการจัดลำดับชั้นขณะนั้น ๆ จะสามารถทำหน้าที่อยู่หรือเปล่า ถ้าไม่สามารถทำงานได้ ก็ให้ระบบที่ใกล้ที่สุดทำหน้าที่แทนจะให้ประสิทธิภาพของระบบแคชที่ดีขึ้น

การสื่อสารระบบแคชด้วยไอซีพีมีลักษณะเป็นแบบสื่อสารของยูดีพี(User Datagram Protocol หรือ ยูดีพี ประโยชน์ได้รับคือติดตั้งง่ายเพราะว่าแต่ละแพ็กเก็ท (packet) ของยูดีพีจะใช้ 1 ช่องข้อมูล (socket) แต่ข้อเสียจะเพิ่มปริมาณการสื่อสารต้องมีการสื่อสารระหว่างระบบแคชบ่อย ๆ จะทำให้การ เรียกใช้ข้อมูล บนเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บช้าลง จึงต้องพิจารณาทั้งส่วนที่ดีและส่วนบกพร่องของไอซีพี เนื่องจากไอซีพีไม่ได้เหมาะกับทุกสถานะการ

ขนาดของข้อความที่สื่อสารของไอซีพีประกอบด้วยเลขฐาน 8 ในส่วนหัวจะมีจำนวน 20 ตัว ตามด้วยชุดตัวอักษรของยูอาร์แอล ตรงกลางจะเป็นข้อความของไอซีพี ขนาด 66 ตัวอักษร ในกรณีที่เป็น แคชลำดับชั้นมักจะมีข้อความแบบไอซีพีมากกว่าข้อความแบบเอชทีทีพี ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของ ระบบแคช (Parent or Sibling) อัตราส่วนระหว่างไอซีพีกับเอชทีทีพี โดยประมาณจาก 2 ถึง 10 ส่วน ของข้อความทั้งระบบในการสื่อสารระหว่างระบบแคช

3.2 ขบวนการพื้นฐานในการเลือกสื่อสารกันระหว่างระบบแคชใกล้เคียง

เมื่อโปรแกรม Squid ไม่สามารถดูแลจัดการความต้องการจากโปรแกรม Squid จะตัดสินใจส่ง ความต้องการไปยังระบบใกล้เคียง ซึ่งมีทางเลือกอยู่ 3 ทาง คือ ระบบแคชระดับแม่ (a parent cache) ระบบแคชระดับเพื่อนบ้าน (a sibling cache) หรือ จุดกำเนิดของเครื่องที่ให้บริการเวิลด์ไวด์เว็บ (the origin server) โปรแกรม Squid จะใช้ไอซีพีเป็นข้อตกลงในการสื่อสารในการตัดสินใจซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. โปรแกรม Squid จะส่งความต้องการในลักษณะไอซีพีไปยังระบบใกล้เคียง (ทั้ง Parent และ Sibling) จะรวมยูอาร์แอล(Uniform Resource Locator) การสื่อสารในรูปแบบยูดีพี
2. เมื่อระบบแคชใกล้เคียงได้รับคำขอของไอซีพี จะค้นหาตามยูอาร์แอล ในระบบแคชของตัวเอง ถ้าพบก็จะตอบกับด้วยรหัส ICP_HIT หรือถ้าไม่พบก็จะตอบเป็นรหัส ICP_MISS
3. ระบบแคชที่ส่งไอซีพี ไปแล้วได้การตอบกลับเป็นรหัส ICP_HIT จากคู่เจรจาจะส่งความต้องการในลักษณะ เอชทีทีพี ไปยังคู่ที่ตอบกลับมา ถ้าระบบแคชไม่ได้รับ ICP_HIT คือจะได้รับ ICP_MISS แทน การเจรจาด้วยไอซีพีจะรอการตอบกลับภายในเวลา 2 วินาที ถ้าได้รับการตอบกลับจากแคชแม่ ด้วยรหัส ICP_MISS จะเรียกรหัสนี้ว่า FIRST_PARENT_MISS หรือถ้าไม่รับการตอบจากแคชแม่ โปรแกรม Squid จะส่งความต้องการไปยัง Origin Server

ซึ่งจะสามารถอธิบายในลักษณะขั้นตอนวิธีการ(Algorithm) เป็นกลไกล (Mechanisms) ได้ดังนี้

1. Send ICP queries to some neighbours and not to others.
2. Include the origin server in the ICP ``pinging'' so that if the origin server reply arrives before any ICP_HITs, the request is forwarded there directly.
3. Disallow or require the use of some peers for certain requests.

3.3 รูปแบบการจัดลำดับชั้นของแคชเซิร์ฟเวอร์

3.3.1 ระบบแคชแม่ (Parent Cache)

เมื่อต้องการให้แคชเซิร์ฟเวอร์เป็นระบบแคชระดับแม่ สิ่งที่ต้องคำนึง ชั้นแรกคือการควบคุมในการเข้าใช้งาน (access control) จากระบบแคชระดับลูก (child cache) ต้องการให้ระดับแม่ยอมให้ โดยการระบุเป็นชื่อเครื่องหรือเลขของที่อยู่ (Internet Protocol address) จะเป็นหลักประกันว่าเป็นแคชในระดับลูกในระบบของแต่ละหน่วยงานนั้นจริง จึงจะยอมให้สื่อสารมายังแคชระดับแม่ โดยทั่วไปมีข้อแนะนำให้แคชระดับแม่ไม่รองรับการร้องขอในลักษณะ CGI (Common Gateway Interface) และความต้องการแบบต้องการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทันทีที่ร้องของ (non-cachable requests)

กรณีที่แคชระดับลูกเลือกการสื่อสารในลักษณะไอซีพีต้องมีการควบคุมการเจรจาที่เข้ากันได้ทั้งไอซีพีและเอชทีทีพี ไม่เช่นนั้นการสื่อสารระหว่างแคชระดับแม่กับระดับลูกจะเกิดขึ้นไม่ได้สำหรับโปรแกรม Squid ต้อง Compiling ด้วยการเลือก USE_ICMP เพราะว่า ICMP (Internet Control Message Protocol) จะเป็นเครื่องวัดการเลือกติดต่อกับแคชระดับแม่สำหรับให้ Origin Server ที่เหมาะสม

3.3.2 ระบบแคชเพื่อนบ้าน (Sibling Cache)

มีความจำเป็นอย่างยิ่งให้การควบคุมการติดต่อสื่อสาร เช่นเดียวกับระบบแคช แม่ ทำได้โดยการเพิ่มพารามิเตอร์ให้กับการติดตั้งระบบแคชของโปรแกรม Squid ที่ชื่อว่า HTTP_access และ icp_access ต้องระมัดระวังและพิจารณาการใช้พารามิเตอร์ชื่อว่า miss_access แต่ถ้าต้องการให้แคชพี่น้องทำงานร่วมกันจะต้องใช้ติดตั้งพารามิเตอร์ดังกล่าวด้วย

3.4 วิเคราะห์โครงสร้างการเก็บข้อมูลในแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ

มีรูปแบบโครงสร้างของแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ซึ่งมีลักษณะการจัดเก็บเป็นข้อความ (Text file) ดังในรูปที่ 3.1

time	elapsed	remotehost	code/status	bytes	method	URL	rfc931	peerstatus

รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ

ซึ่งแต่ละคอลัมน์สามารถให้ความจำกัดความได้ดังนี้

time คือ เวลาในระบบปฏิบัติการ Unix ซึ่งเริ่มใช้งานเมื่อวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1970 มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (millisecond)

elapsed คือ เวลาที่ใช้ไปหน่วยเป็นมิลลิวินาที นับตั้งแต่สถานีงาน (client) เริ่มติดต่อด้วยความต้องการ กรณีที่เป็นเอชทีทีพีแล้วปลายทางอีกด้านตอบกับด้านฟังก์ชันยอมรับ (accept( )) จนกระทั่งใช้ฟังก์ชันปิดการสื่อสาร (close( )) ด้วยการติดต่อสื่อสารในลักษณะ TCP (Transmission Control Protocol) หรือถ้าเป็นไอซีพีเป็นเวลาที่อยู่ระหว่างกำหนดการจนถึงการส่งข้อความจริง ๆ

remotehost คือ IP address หรือชื่อของโฮสท์ที่เป็น Client

code คือ ฟิลด์ที่อธิบายผลการสื่อสารกับระบบแคช กรณีถ้าความต้องการพบข้อมูล ในระบบแคชจะเรียกว่า cache hit หรือถ้าไม่พบจะถือว่า cache miss

Status คือ รหัสสถานะของการใช้ เอชทีทีพี ในการสื่อสารตัวอย่าง เช่น
200 เป็นการปฏิบัติการที่สมบูรณ์
000 เป็นการสื่อสารในลักษณะ UDP
403 สำหรับบอกว่ามีการเปลี่ยนทิศทาง
500 สำหรับเมื่อติดต่อเครื่องให้บริการไม่ได้

bytes คือ ขนาดเป็นไบท์ (bytes) ของ ข้อมูล ที่ส่งไปให้ client

method คือ เป็นรูปแบบในการสื่อสารด้วย เอชทีทีพี เช่น GET,HEAD,POST ฯลฯ

URL คือ ที่อยู่ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ บนเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บเป็นคำย่อของ Uniform Resource Locator

RFC931 คือ รายละเอียดในกลุ่มผู้ใช้ใน RFC931

peerstatus คือ เป็นเครื่องที่จะติดต่อสื่อสารในขั้นต่อไป

จากคุณสมบัติของโปรแกรมดังกล่าวผู้วิจัยพิจารณาแล้วเหมาะสมที่จะนำมาติดตั้งใช้งานที่ ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้บริหารระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ในการทำทดลองติดตั้งใช้งานเป็นระบบแคชและดำเนินการวัดประสิทธิภาพ ซึ่งรายละเอียดในการทดลองจะขอกล่าวต่อไปในบทที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การออกแบบขั้นตอนเพื่อทำการทดลอง ติดตั้งใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์

การทดลองติดตั้งใช้งานระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ด้วยโปรแกรม Squid เพื่อเก็บข้อมูลด้วยการวิเคราะห์จาก คอลัมน์ต่าง ๆ ของแฟ้มชื่อว่า access.log ซึ่งเป็นแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล (request) ของการใช้งานผ่านโปรโตคอล เอชทีทีพี (Hypertext Transmission Protocol) ของการบริการเวิลด์ไวด์เว็บ

4.1 การออกแบบการติดตั้งระบบแคช

มีการติดตั้งระบบแคชอยู่ 2 แบบ คือ ระบบแคชเซิร์ฟเวอร์เดี่ยว (Single Cache) และ ระบบแคชเพื่อนบ้าน (Sibling Cache) ซึ่งจะมีองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วนคือระบบของเครื่องคอมพิวเตอร์ และส่วนที่สองเป็นการจัดพารามิเตอร์ให้กับโปรแกรม Squid แคชเซิร์ฟเวอร์

ส่วนที่เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยองค์ประกอบที่จำเป็นดังนี้

- Platform : Intel
- OS : Linux
- Type CPU : แบบ pentium
- Clock speed :ความเร็ว 166 Mhz
- Harddisk : ขนาด 1 GigaByte
- RAM : ขนาด 64 MB
- Network Interface Card : แบบ Ethernet ความเร็วในรับส่งข้อมูล 10 Mbps

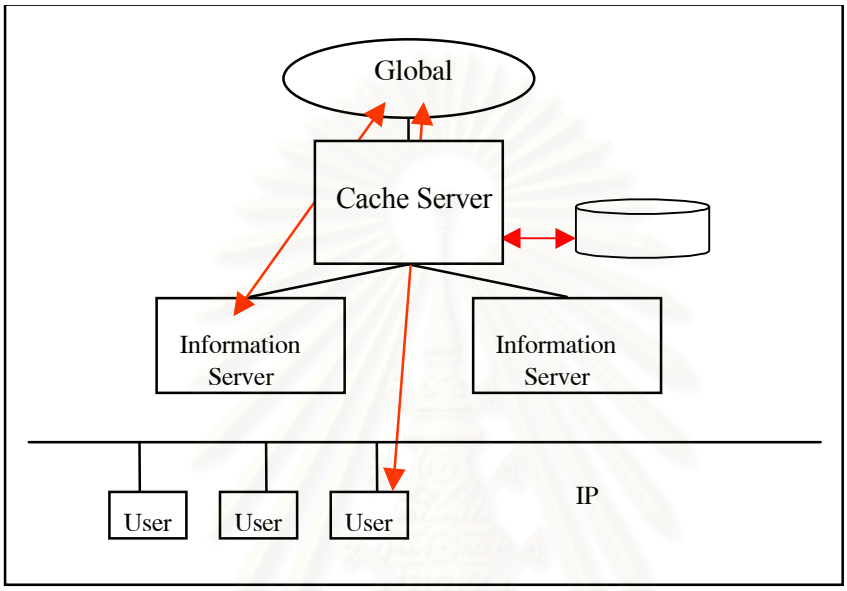
สำหรับระบบแคชเดี่ยวใช้จำนวน 1 ชุด ส่วนระบบแคชเพื่อนบ้านใช้จำนวน 2 ชุด

ส่วนที่จัดพารามิเตอร์ให้กับโปรแกรม Squid แคชเซิร์ฟเวอร์ประกอบด้วย

- กำหนดขนาดของพื้นที่ ในการนำมาใช้ทำระบบแคชข้อมูล ซึ่งระบบแคชเดี่ยวกำหนดให้มีขนาด 500 เม็กกะไบท์ จำนวน 1 ระบบ ส่วนระบบแคชเพื่อนบ้านกำหนดให้มีขนาด 250 เม็กกะไบท์ จำนวน 2 ระบบ

- กรณีที่เป็นระบบแคชเพื่อนบ้านจะต้องจัดความสัมพันธ์ด้วยโปรโตคอลไอซีพีในลักษณะ Sibling ระหว่างระบบแคชทั้งสอง

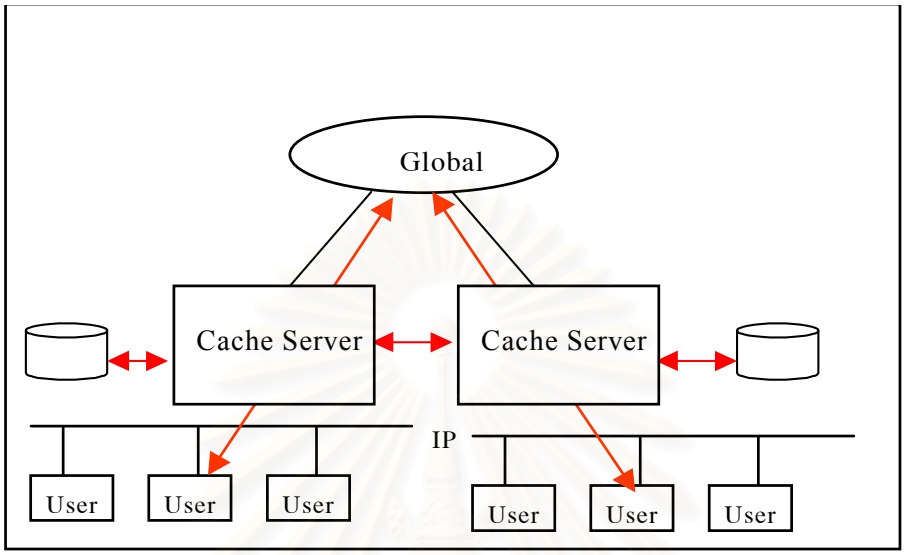
4.1.1 ระบบแคชเดี่ยว (Single Cache System) เป็นการติดตั้งแคชเซิร์ฟเวอร์ให้กับหน่วยงานเป็นศูนย์กลาง



รูปที่ 4.1 ระบบแคชเดี่ยว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 ระบบแคชเพื่อนบ้าน (Sibling Cache System) เป็นการติดตั้งระบบแคชกระจายไปยังหน่วยงานภายใน



รูปที่ 4.2 ระบบแคชเพื่อนบ้าน

4.2 กำหนดขั้นตอนการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ

4.2.1 เพื่อนำไปวิเคราะห์จำนวนเวลาต้องใช้สำหรับการได้มาซึ่งข้อมูล ผ่านระบบบริการเวิลด์ไวด์เว็บโดยเฉลี่ย (Average Access time หรือ เอเอที)

- เมื่อเก็บข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคชครั้งที่ 1 เสร็จใช้เวลาประมาณ 2 เดือน คือ เพื่อทำการวิเคราะห์จากเอเอที จากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคชเดี่ยว เวลาประมาณ 1 เดือนและระบบแคชเพื่อนบ้าน เวลาประมาณ 1 เดือน

- เมื่อเก็บข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคชครั้งที่ 2 เสร็จใช้เวลาประมาณ 2 เดือนเพื่อทำการวิเคราะห์จากเอเอที จากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคชเดี่ยว เวลาประมาณ 1 เดือนและระบบแคชเพื่อนบ้าน เวลาประมาณ 1 เดือน

4.2.2 เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนของ ขนาดของข้อมูล ที่ได้รับจากระบบแคชต่อขนาดของข้อมูล ทั้งหมดเมื่อเทียบกับหนึ่งร้อยส่วน(Percentage of Bytes Hit Rate หรือ พีบีเอชอาร์)

- เมื่อเก็บข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคช ครั้งที่ 1 เสร็จใช้เวลาประมาณ 2 เดือน คือ เพื่อทำการวิเคราะห์จากพีบีเอชอาร์ จากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคชเดี่ยว เวลาประมาณ 1 เดือนและระบบแคชเพื่อนบ้าน เวลาประมาณ 1 เดือน

- เมื่อเก็บข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคช ครั้งที่ 2 เสร็จใช้เวลาประมาณ 2 เดือนเพื่อทำการวิเคราะห์จากบีเอชอาร์ จากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ของระบบแคชเดี่ยว เวลาประมาณ 1 เดือนและระบบแคชเพื่อนบ้าน เวลาประมาณ 1 เดือน

4.3 **วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล**

จากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ การรวบรวมจัดทำด้วยการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Perl แปลงข้อมูลจากคอลัมน์ของแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ เป็นรูปแบบที่จะสะดวกในการวิเคราะห์อันได้แก่ คอลัมน์เวลา ได้เปลี่ยนให้อยู่ในลักษณะของวันที่ เวลา ส่วนคอลัมน์อื่นยังเก็บในรูปแบบเดิม จากนั้นนำข้อมูลเข้าไปเก็บในลักษณะ ตารางในโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลชื่อว่า InterBase ของบริษัท Borland ทุก ๆ ระเบียน (Record)

4.4 **วิธีการเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ**

วิธีการเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ การเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์จะใช้ภาษา Structural Query Language ที่เรียกกันว่า SQL จากนั้นก็จะนำผลที่ได้ไปสร้างเป็นกราฟ และวิเคราะห์ค่าทำสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในที่นี้ใช้ Microsoft Excel ที่มาในชุดเดียวกับ Microsoft Office version 97

4.4 **ผังความสัมพันธ์ขั้นตอน การเก็บรวบรวม และวิธีการเตรียมข้อมูล**

ผังความสัมพันธ์ขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านการบริการเวิลด์ไวด์เว็บของการทดลองซึ่งจะแบ่งการทดลองเป็น 2 ครั้งโดยใช้ขั้นตอนการปฏิบัติการเหมือนกัน ดังตารางที่ 4.1

ผังความสัมพันธ์ ขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากแฟ้มเก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านบริการเวิลด์ไวด์เว็บ

สัญลักษณ์ : เริ่มต้น/สิ้นสุด ดำเนินการ พิจารณา จุดเชื่อมโยง

หัวข้อ	กระบวนการ (Process)	โปรแกรม Squid	โปรแกรม Perlscript	โปรแกรมฐานข้อมูล SQL	ผู้วิจัย	เอกสาร
1	ติดตั้งใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์ลักษณะแคชเพื่อนบ้าน					แฟ้ม squid.conf
2	เก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ เป็นเวลา 1 เดือน					แฟ้ม Access.log
3	รวบรวมข้อมูลสถิติความต้องการเพื่อเตรียมจัดเก็บในโปรแกรมฐานข้อมูล					perl script และแฟ้มข้อมูลที่แปลงจาแฟ้ม Acces.log
4	วิเคราะห์ประสิทธิภาพจากตัวชี้วัดคือ ค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์และเปอร์เซนต์ของไบท์ฮิตเรโซ					SQL script และแฟ้มผลการวิเคราะห์
5	เปลี่ยนการติดตั้งใช้งานแคชเซิร์ฟเวอร์ลักษณะแคชเดี่ยว					แฟ้ม Squid.conf
6	เก็บสถิติความต้องการข้อมูลผ่านเวิลด์ไวด์เว็บเป็นเวลา 1 เดือน					แฟ้ม Acces.log
7	รวบรวมข้อมูลสถิติความต้องการเพื่อเตรียมจัดเก็บในโปรแกรมฐานข้อมูล					perl script และแฟ้มข้อมูลที่แปลงจากแฟ้ม Access.log
8	วิเคราะห์ประสิทธิภาพจากตัวชี้วัดคือ ค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์และเปอร์เซนต์ของไบท์ฮิตเรโซ					SQL script และแฟ้มผลการวิเคราะห์
9	รวบรวมผลการวิเคราะห์จากข้อ 4 และ 8					แฟ้มผลการวิเคราะห์

ตารางที่ 4.1 แสดงผังความสัมพันธ์ขั้นตอนการเก็บ รวบรวม และเตรียมสถิติการความต้องการข้อมูล

บทที่ 5

การวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบแคชเซิร์ฟเวอร์

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบแคช จากข้อมูลสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านการบริการเวิลด์ไวด์เว็บ (World Wide Web หรือ WWW) ซึ่งใช้การสื่อสารด้วยโปรโตคอล เอชทีทีพี มีดังนี้

5.1 กำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบแคชเซิร์ฟเวอร์

โดยกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร ได้แก่ ค่าของจำนวนเปอร์เซนต์ของไบท์ฮิตเรโซ (Percentage of Bytes Hit Ratio) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลรวมของขนาดข้อมูลที่ได้รับจากระบบแคช (Total fo Bytes Hit) ต่อผลรวมของขนาดข้อมูลทั้งหมดผ่านบริการเวิลด์ไวด์เว็บ (Total of Bytes) เมื่อเทียบกับหนึ่งร้อยส่วน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

Percentage of Bytes Hit Ratio = (Total fo Bytes Hit / Total of Bytes)* 100

กรณีที่คำนวณได้ค่าของเปอร์เซนต์ของไบท์ฮิตเรโซสูงกว่า จะเป็นตัวชี้ตัวหนึ่งที่จะพิจารณาว่าระบบแคช มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบแคชที่ค่าของเปอร์เซนต์ของไบท์ฮิตเรโซต่ำกว่า เนื่องจากการที่ได้รับข้อมูลจากระบบแคชเปอร์เซ็นต์สูง ก็จะทำให้ประหยัดการใช้ช่องการสื่อสาร (bandwidth saving) ที่เช่าราคาแพงได้มากแสดงว่าระบบแคชนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า

และค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์ (Average of Access time) คืออัตราส่วนระหว่างของเวลาที่ใช้ไปตั้งแต่เรียกหาข้อมูลจนได้รับข้อความตอบหรือได้รับข้อมูล (Total of elapsed time) ต่อจำนวนความต้องการข้อมูลทั้งหมด (Total number of accesses) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

Average of Access time = Total elapsed time / Total number of accesses

กรณีที่คำนวณได้ค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์ค่าต่ำกว่า จะเป็นตัวชี้ตัวหนึ่งที่จะพิจารณาว่าระบบแคชมีประสิทธิภาพดีกว่า ระบบแคชที่มีค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์ค่าสูงกว่า เนื่องจากการที่ผู้ใช้ (User) ใช้เว็บไคลแอนต์ (Web client) จะเสียเวลาโดยเฉลี่ยน้อยกว่าสำหรับการได้รับข้อมูลยอมแสดงว่าระบบแคชนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่า

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบแคช โดยจะใช้การคำนวณให้ได้ค่าของตัวชี้วัดประสิทธิ-ภาพทั้งสองตัวที่กล่าวมาแล้ว โดยจะแยกการเก็บและรวบรวมข้อมูลจากแฟ้มสถิติความต้องการขข้อมูลผ่านบริการเวิลด์ไวด์เว็บรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 ซึ่งจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 และ 2 ซึ่งการทดลองทั้งสองได้ทำการติดตั้งระบบแคชเดี่ยวเป็นเวลา 1 เดือน สลับกับติดตั้งระบบแคชเพื่อนบ้านเป็นเวลา 1 เดือนรวมระยะเวลา 4 เดือน แล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิ-ภาพ ประเมินความน่าเชื่อถือว่าเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้กลุ่มข้อมูลเดียวกันรายละเอียดจะขอกล่าวต่อไปในบทที่ 6 เนื่องจากการทดลองเป็นการสลับกันติดตั้งระบบแคชในหน่วยงานเดียวไม่สามารถติดตั้งระบบแคชทั้งสองในเวลาเดียวกันได้ อาจเป็นไปได้ว่ากลุ่มข้อมูลอาจคลาดเคลื่อนจากกลุ่มเดียวกัน

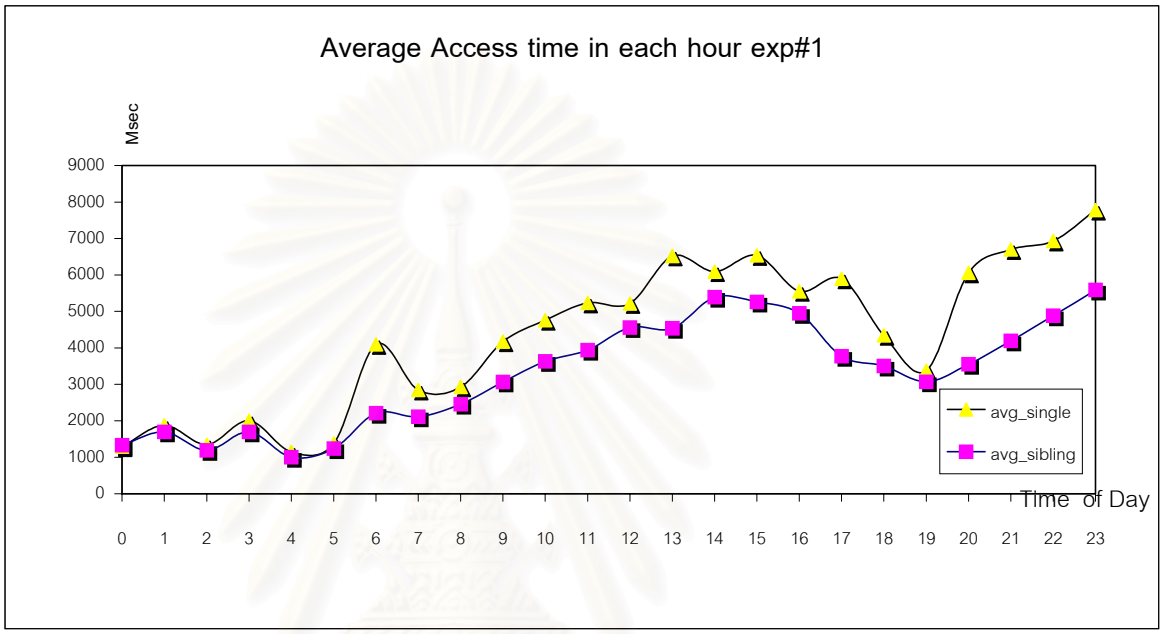
5.2 การทดลองครั้งที่ 1

ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2542 ถึงวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2542

5.1.1 วิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ไปตั้งแต่เรียกหาข้อมูลจนได้รับข้อความตอบหรือได้รับข้อมูล (Average Access time หรือ เอเอที) เฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง ของทุก ๆ วันที่ทำการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.1.1 จากรายงานเป็นรูปกราฟเส้นที่ให้แกน วาย เป็นเวลาที่ใช้ไปมีหน่วยเป็น มิลลิ-วินาที (Milli-second หรือ Msec) และแกน เอ็กซ์ เป็นค่าของรายชั่วโมงในหนึ่งวัน(Time of Day)



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอเอที ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองครั้งที่ 1

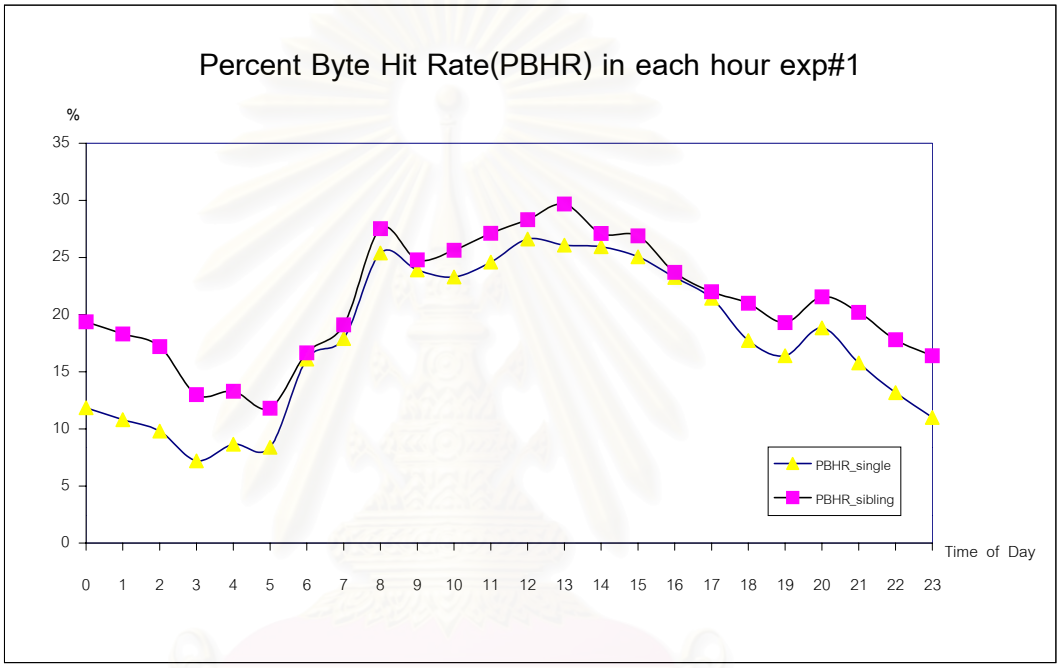
5.1.1.2 จากรายงานเป็นตารางค่ามัธยฐาน (median) ของค่าเอเอที ที่มีคอลัมน์ที่ 1 เป็นแบบการประเภทของแคช และคอลัมน์ที่ 2 เป็นค่ามัธยฐาน (median) ของเอเอที รายชั่วโมงจากข้อ 5.1.1.1

ประเภทของแคช	เอเอที(Msec)
Single	4552
Sibling	3527

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า มัธยฐาน (median) ของ เอเอที จากการทดลองครั้งที่ 1

5.1.2 วิเคราะห์จากอัตราส่วนของขนาดข้อมูล ที่ได้รับจากระบบแคชต่อขนาดของข้อมูลทั้งหมด เมื่อเทียบกับหนึ่งร้อยส่วน (Percentage of Bytes Hit Rate หรือ พีบีเอชอาร์) เป็นรายชั่วโมงของทุกวันที่ทำการทดลอง

5.1.2.1 จากรายงานเป็นรูปกราฟเส้นที่ให้แกน วาย เป็นพีบีเอชอาร์ และแกน เอ็กซ์ เป็นค่าของรายชั่วโมง



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีบีเอชอาร์ ในแต่ละชั่วโมงการทดลองครั้งที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2.2 จากรายงานเป็นตารางค่ามัธยฐาน (median) ของค่าพีบีเอชอาร์ ที่มีคอลัมน์ที่ 1 เป็นแบบการประเภทของแคช และคอลัมน์ที่ 2 เป็นค่ามัธยฐาน (median) ของพีบีเอชอาร์ รายชั่วโมงจากข้อ 5.1.2.1

ประเภทของแคช	พีบีเอชอาร์(%)
Single	17.8
Sibling	20.6

ตารางที่ 5.2 แสดงค่า มัธยฐาน (median) ของพีบีเอชอาร์ จากการทดลองครั้งที่ 1

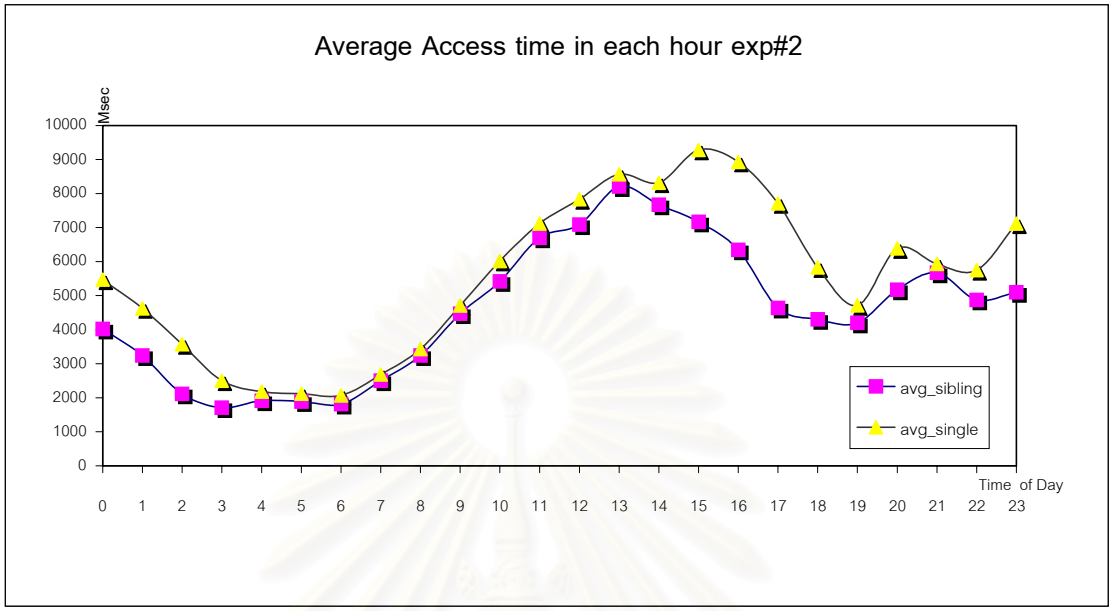
5.3 การทดลองครั้งที่ 2

ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542 ถึงวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2543

5.2.1 วิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ไปตั้งแต่เรียกหาข้อมูล จนได้รับข้อความตอบหรือได้รับข้อมูล โดยเฉลี่ย (Average Access time หรือ เอเอที) เฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง ของทุก ๆ วันที่ทำการทดลอง

5.2.1.1 จากรายงานเป็นรูปกราฟเส้นที่ให้แกน วาย เป็นเวลาที่ใช้ไปมีหน่วยเป็น มิลลิวินาที (Milli-second หรือ Msec) และแกน เอ็กซ์ เป็นค่าของรายชั่วโมงภายในหนึ่งวัน (time of day)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอเอที ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองครั้งที่ 2

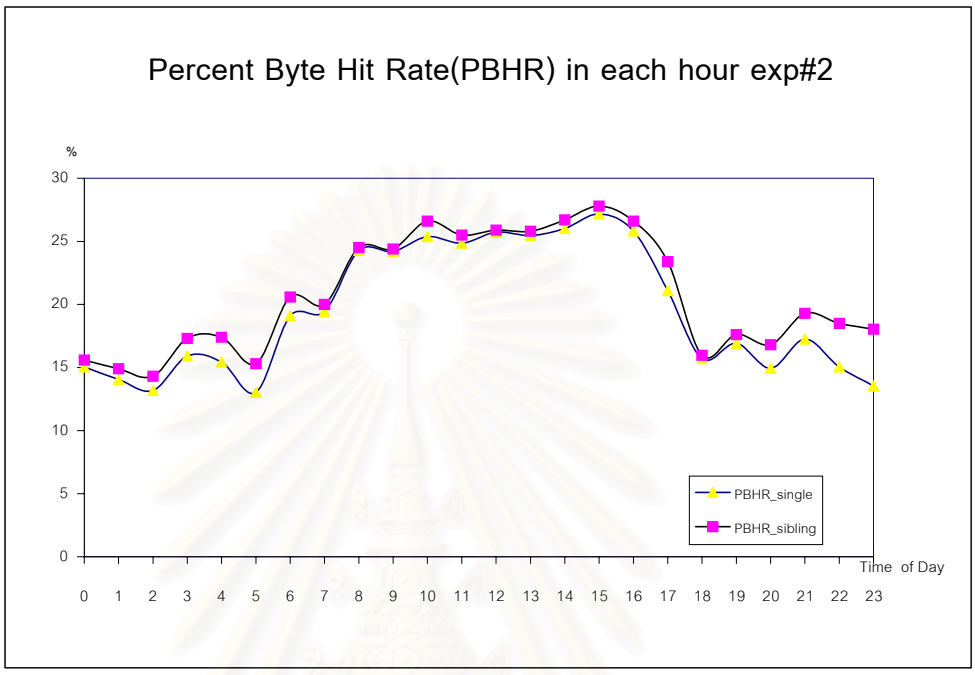
5.2.1.2 จากรายงานเป็นตารางค่ามัธยฐาน (median) ของค่าเอเอที ที่มีคอลัมน์ที่ 1 เป็นแบบการประเภทของแคช และคอลัมน์ที่ 2 เป็นค่ามัธยฐาน (median) ของเอเอที รายชั่วโมงจากข้อ 5.2.1.1

ประเภทของแคช	เอเอที(Msec)
Single	5788
Sibling	4554

ตารางที่ 5.3 แสดงค่า มัธยฐาน (median) ของ เอเอที จากการทดลองครั้งที่ 2

5.2.2 วิเคราะห์จากอัตราส่วนของขนาดข้อมูล ที่ได้รับจากระบบแคชต่อขนาดของข้อมูล ทั้งหมดเมื่อเทียบกับหนึ่งร้อยส่วน (Percentage of Bytes Hit Rate หรือ พีบีเอชอาร์) เป็นรายชั่วโมงของทุกวันที่ทำการทดลอง

5.2.2.1 จากรายงานเป็นรูปกราฟเส้นที่ให้แกน วาย เป็นพีบีเอชอาร์ และแกน เอ็กซ์ เป็นค่าของรายชั่วโมง



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีบีเอชอาร์ ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองครั้งที่ 2

5.2.2.2 จากรายงานเป็นตารางค่ามัธยฐาน (median) ของค่าพีบีเอชอาร์ ที่มีคอลัมน์ที่ 1 เป็นแบบการประเภทของแคชและคอลัมน์ที่ 2 เป็นค่ามัธยฐาน (median) ของพีบีเอชอาร์รายชั่วโมง

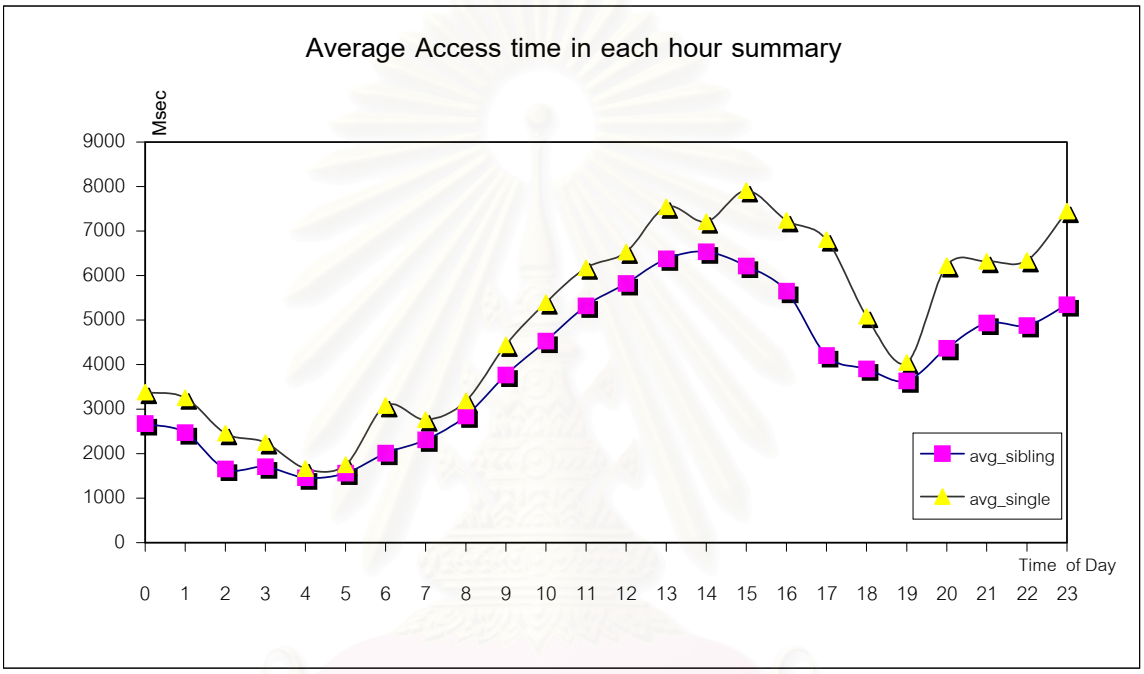
ประเภทของแคช	พีบีเอชอาร์(%)
Single	18.1
Sibling	19.6

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า มัธยฐาน (median) ของพีบีเอชอาร์ จากการทดลองครั้งที่ 2

5.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ

จากการติดตั้งใช้งานระบบแคชทั้งสองระบบมีผลการทดลองทั้งสองครั้งที่กล่าวมาแล้วตามข้อ 5.1 และ 5.2

5.3.1 จากรายงานเป็นรูปกราฟเส้นที่ให้แกน วาย เป็นเวลาที่ใช้ไปมีหน่วยเป็น มิลลิวินาที (Mill-second หรือ Msec) และแกน เอ็กซ์ เป็นค่าของรายชั่วโมงภายในหนึ่งวัน (time of day)



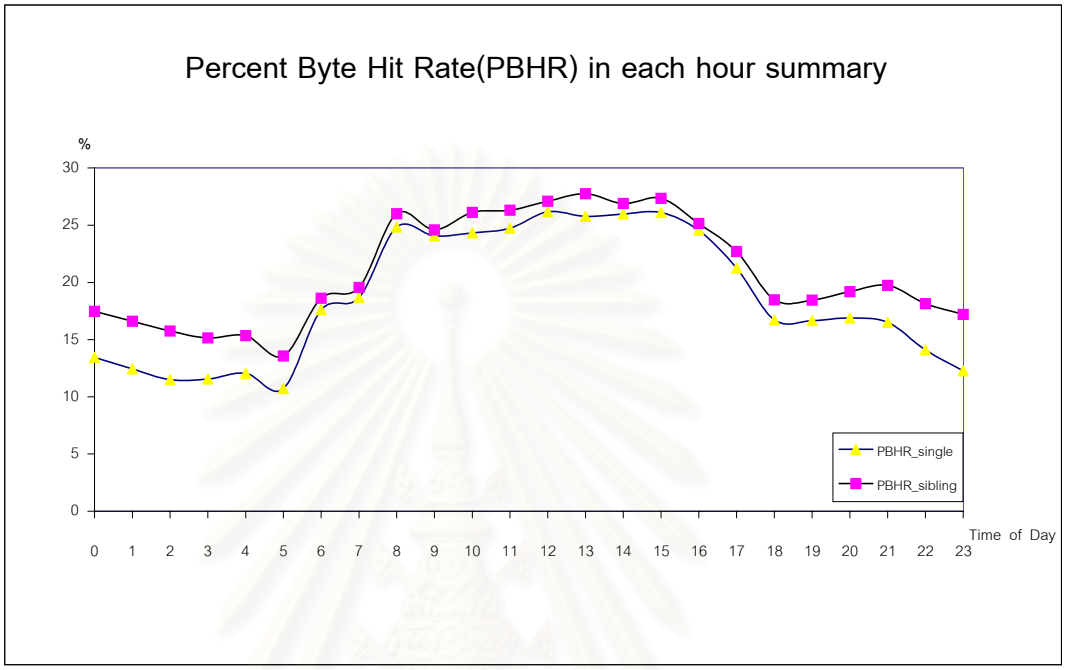
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอเอที ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองทั้งหมด

5.3.2 จากตารางเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (median) ของเอเอที รายชั่วโมงของทุก ๆ วันในแต่ละประเภทของระบบแคชที่ติดตั้งใช้งานจริง

ประเภทของแคช	เอเอที(Msec)
Single	5238
Sibling	4053

ตารางที่ 5.5 แสดงค่ามัธยฐาน (median) ของ เอเอที จากการทดลองทั้งหมด

5.3.3 จากรายงานเป็นรูปกราฟเส้นที่ให้แกน วาย เป็นพีบีเอชอาร์ และแกน เอ็กซ์ เป็นค่าของรายชั่วโมง



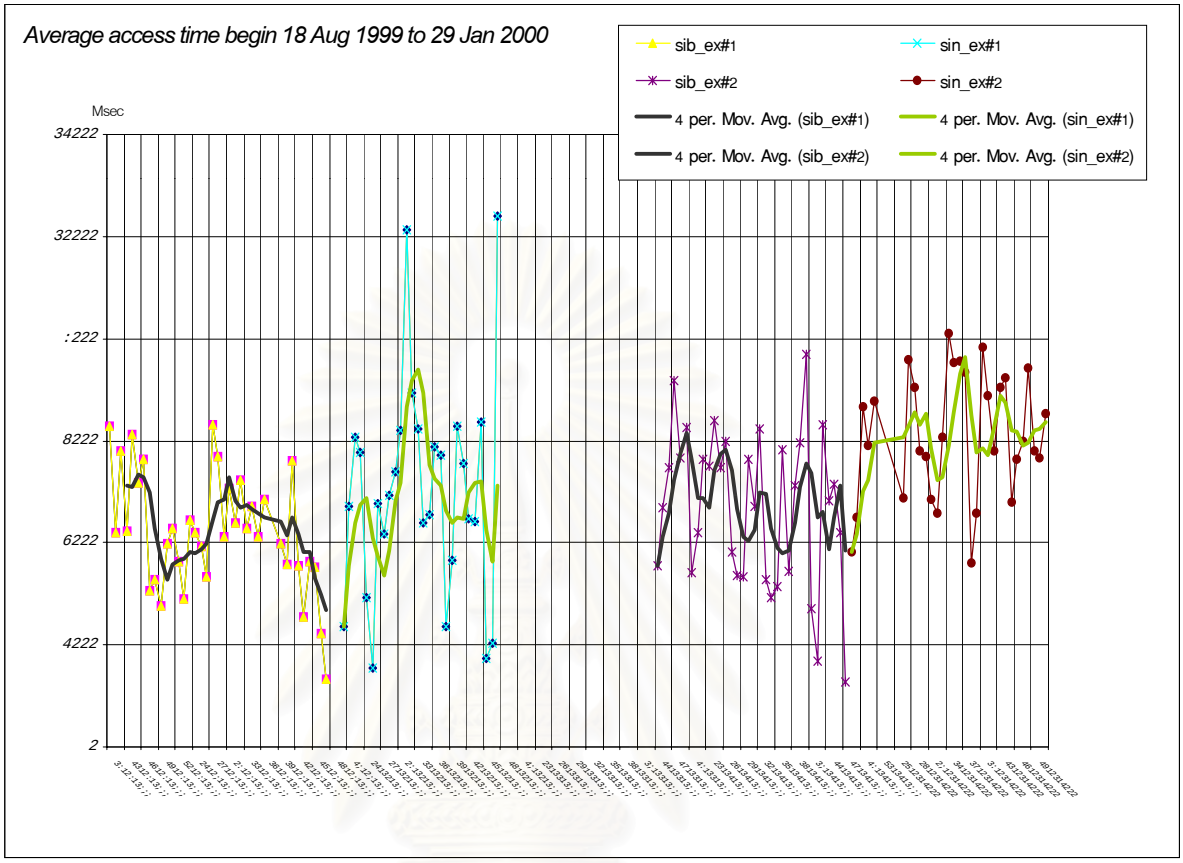
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีบีเอชอาร์ในแต่ละชั่วโมงจากการทดลองทั้งหมด

5.3.4 จากตารางเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน (median) ของพีบีเอชอาร์ รายชั่วโมงของทุก ๆ วันในแต่ละประเภทของระบบแคชที่ติดตั้งใช้งานจริง

ประเภทของแคช	พีบีเอชอาร์ (%)
Single	18.6
Sibling	19.3

ตารางที่ 5.6 แสดงค่า มัธยฐาน (median) ของพีบีเอชอาร์จากการทดลองทั้งหมด

5.4 จากกราฟเส้นที่แสดงเอเอที ของทุกวันที่ทำการทดลองทั้ง 2 ครั้ง



รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์เอเอที ในแต่ละวัน ครั้งที่ 1

จากกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอเอที ในแต่ละวันที่ทำการทดลองจะสังเกตเห็นสิ่งที่น่าสนใจอยู่สองวันได้แก่ในวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2542 และ วันที่ 25 ตุลาคม 2542 ซึ่งปรากฏว่า ค่าของเอเอที สูงกว่าค่ามัธยฐาน (median) ประมาณสองเท่า ซึ่งมากผิดปรกติ เนื่องจากการติดตั้งระบบแคชเกิดการผิดพลาด(System Configuration failure) ในการทำการทดลองครั้งที่ 1 ติดตั้งระบบแคชแบบเพื่อนบ้าน จึงทำให้การเก็บข้อมูลจากระบบแคชที่เกิดความคลาดเคลื่อนได้ จึงต้องตรวจสอบจากแฟ้มสถิติความต้องการข้อมูล ผ่านเวิลด์ไวด์เว็บ ได้ผลดังนี้

ในวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2542 มีการความต้องการข้อมูลที่ใช้เวลานานเกินกว่า 100,000 มิลลิวินาที ดังนี้

LAT	DATE_	HOUR	url	size
241368	09/10/1999	19	http://www.thaiicq.com/	11093
241204	09/10/1999	19	http://www.thaiicq.com/chat/	974
241112	09/10/1999	19	http://usa.nedstatbasic.net/cgi-bin/nedstat.gif?	1014
241109	09/10/1999	19	http://usa.nedstatbasic.net/cgi-bin/referstat.gif?	1018
241060	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat10/bottom1.pl	1010
241046	09/10/1999	19	http://cgibin.erols.com/cgi-bin/Count.cgi?	1002
240842	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/chatroom/chat2/index.html	1010
240707	09/10/1999	18	http://www.hunsa.com/chatroom/chat4/screen1.shtml	1016
240695	09/10/1999	19	http://cgibin.erols.com/cgi-bin/Count.cgi?	1002
240692	09/10/1999	19	http://usa.nedstatbasic.net/cgi-bin/nedstat.gif?	1014
240633	09/10/1999	19	http://cgibin.erols.com/cgi-bin/Count.cgi?	1002
240592	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/chatroom/chat5/	990
240542	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/chatroom/chat4/index.html	1010
240524	09/10/1999	19	http://hunsa.com/chatroom/chat1/	982
240488	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat8/chat1.pl	1004
240485	09/10/1999	19	http://image.click2net.com/?	974
240475	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/chatroom/chat1/screen1.shtml	1016
239370	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/chatroom/chat5/index.html	1010
239330	09/10/1999	18	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat9/bottom1.pl	1008
239248	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/chatroom/chat4/index.html	1010
239146	09/10/1999	18	http://cgibin.erols.com/cgi-bin/Count.cgi?	1002
239130	09/10/1999	19	http://www.hunsa.com/main.shtml	980
209928	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat3/chat1.pl	2902
202055	09/10/1999	15	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat11/bottom1.pl	1235
138514	09/10/1999	17	http://online.mirabilis.com/scripts/online.dll?	841
118449	09/10/1999	14	http://www.hbg.lth.se/~miolin/gnoss5.wav	705980
106989	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat9/chat1.pl	2317
106016	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat8/chat1.pl	2337
105966	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat6/bottom1.pl	1233
102597	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/chatroom/chat3/screen1.shtml	1609
101358	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat8/chat1.pl	2290
100205	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/imagechat/musica6.gif	192
100097	09/10/1999	13	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat1.pl	2599
99650	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat3/bottom1.pl	1233
60374	09/10/1999	13	http://www.hunsa.com/chatroom/chat1/screen1.shtml	2308
58835	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/cgi-bin/chat3/bottom1.pl	1233
58305	09/10/1999	14	http://www.hunsa.com/imagechat/smil.gif	192

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LAT คือ Latency, DATE_ คือ วันที่เกิดความต้อง, HOUR คือ ชั่วโมงที่เกิดความต้องการ, url คือ uniform resource locator, size คือ ขนาดของข้อมูลที่ได้รับ

รูปที่ 5.8 แสดงความต้องการที่ใช้เวลานานกว่า 100000 มิลลิวินาทีในวันที่ 9 ตุลาคม 2542

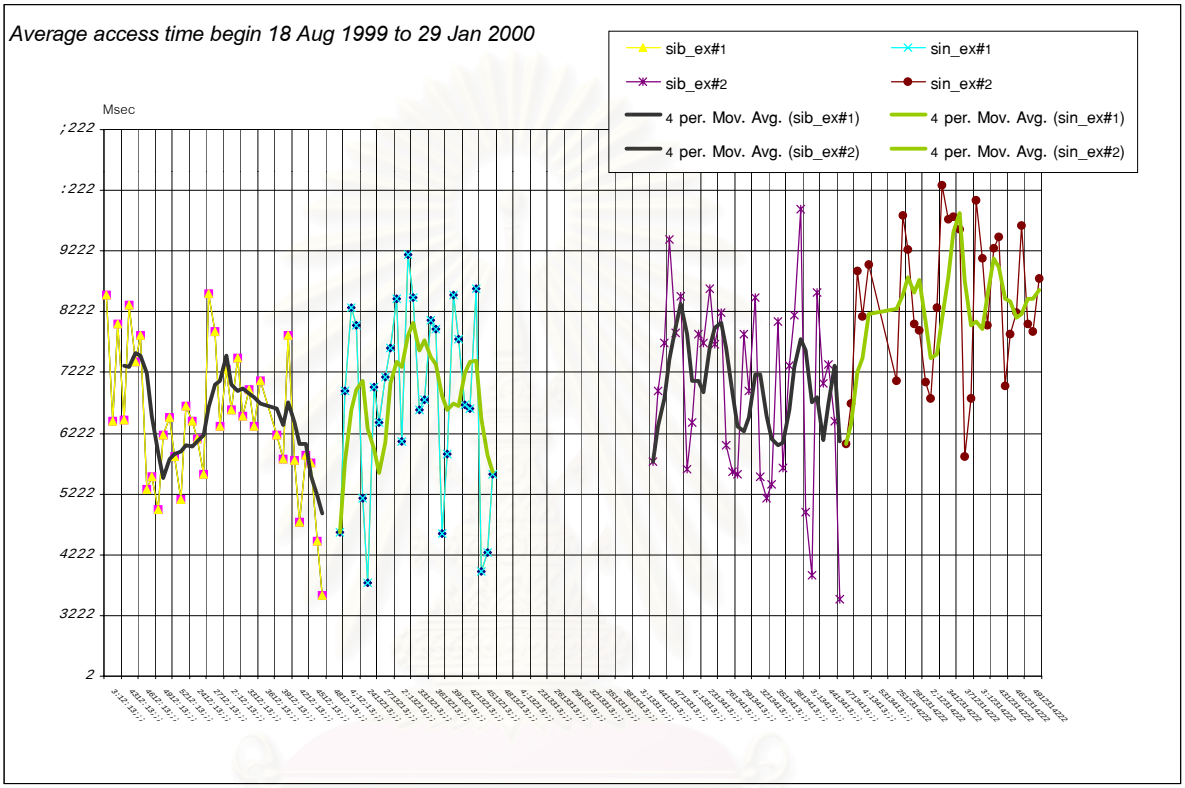
ในวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2542 มีการความต้องการข้อมูล ที่ใช้เวลานานเกินกว่า 100,000 มิลลิวินาที ดังนี้

LAT	DATE_	HOUR	url	size
994181	25/10/1999	11	http://ads2.mweb.co.th/adserver.exe/AREA=FORUM.CARS/SITE=SANOOK.COM/LOCATION=TOP/SIZE=IAB_FULL_BANNER	5903
886707	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	1731
742668	25/10/1999	13	http://ads2.mweb.co.th/adserver.exe/AREA=FORUM.CARS/SITE=SANOOK.COM/LOCATION=TOP/SIZE=IAB_FULL_BANNER	17791
622008	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	5564
603575	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	309
597044	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	309
569748	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	309
564723	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	309
546541	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	309
544578	25/10/1999	11	http://forum.sanook.com/cars/	201486
386951	25/10/1999	13	http://forum.sanook.com/cars/	382134
336237	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/c_carindex.html	24862
286788	25/10/1999	14	http://203.149.0.12/cgi-bin/Auction/carindex.pl?	16545
277472	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/c_carindex.html	26437
240524	25/10/1999	9	http://image.click2net.com/?	974
213135	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/carstat.html	309
195905	25/10/1999	14	http://203.149.0.12/cgi-bin/Auction/carindex.pl?	39930
193314	25/10/1999	14	http://203.149.0.12/cgi-bin/Auction/carindex.pl?	9814
130962	25/10/1999	11	http://www.nationmultimedia.com/home/image/sup_bl_poll.gif	726
115995	25/10/1999	11	http://www.hunsa.com/main.shtml	36679
107119	25/10/1999	13	http://www.hunsa.com/main.shtml	36692
102976	25/10/1999	11	http://www.hunsa.com/main.shtml	36707
100812	25/10/1999	11	http://www.nationmultimedia.com/bankok.gif	4289
82308	25/10/1999	13	http://www.auction.co.th/images/sc1-m01n.gif	30702
80167	25/10/1999	13	http://www.hunsa.com/main.shtml	36695
52193	25/10/1999	11	http://www.siamcar.com/new_price/choose.html	709

LAT คือ Latency, DATE_ คือ วันที่เกิดความต้อง, HOUR คือ ชั่วโมงที่เกิดความต้องการ, url คือ uniform resource locator, size คือ ขนาดของข้อมูลที่ได้รับ

รูปที่ 5.9 แสดงความต้องการที่ใช้เวลานานกว่า 100000 มิลลิวินาทีในวันที่ 25 ตุลาคม 2542

จึงพิจารณาไม่นำความต้องการข้อมูล ที่ใช้เวลานานมาก (Propagation delay) คือมากกว่า 100,000 มิลลิวินาที มาทำการวิเคราะห์ครั้งนี้ และได้สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอเอที ของแต่ละวันที่ทำการสร้างกราฟอีกครั้ง คือ



รูปที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์เอเอที ในแต่ละวัน ครั้งที่ 2

เมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 5.9 ที่ได้จะทำให้เห็นว่าการนำเอาข้อมูลการใช้งานผ่านโปรโตคอลเอชทีทีพี จาก องค์กรหรือหน่วยงานเดียวกันพฤติกรรมผู้ใช้กลุ่มเดียวจะไม่แตกต่างกันถึงแม้จะเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์วันเวลาที่แตกต่างกัน โดยจะขอแสดงเป็นตารางของเส้นค่ามัธยฐานของการทดลองทั้งสองครั้ง ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 (ทุกวัน)		การทดลองครั้งที่ 2 (ทุกวัน)	
ระบบแคชเดี่ยว	ระบบแคชเพื่อนบ้าน	ระบบแคชเดี่ยว	ระบบแคชเพื่อนบ้าน
4631	4188	6021	4972

ตารางที่ 5.7 แสดงค่ามัธยฐานของเอเอทีในทุก ๆ วันที่ทำการทดลอง

ถึงแม้ค่าของเส้นมัธยฐานที่ปรากฏในตารางที่ 5.7 จะแตกต่างกันในแต่ละการทดลอง และทุกระบบแคชแต่จะนำค่าของเส้นมัธยฐานดังกล่าวนี้ไปเป็นข้อมูลสำหรับการใช้หลักสถิติพิสูจน์ว่าเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแหล่งเดียวกันด้วยความน่าเชื่อถือเท่าไร สำหรับการวัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้งานระบบแคช ดังที่จะขอกล่าวในรายละเอียดต่อไปในบทที่ 6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการวิจัย

จากการเก็บสถิติการใช้ข้อมูลผ่านระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งแยกเป็นการทดลองสองครั้ง เพื่อนำผลการทดลองทั้งสองมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแคชเซิร์ฟเวอร์แบบแคชเดี่ยวกับแบบแคชเพื่อนบ้าน

เพื่อให้เป็นที่น่าเชื่อถือว่าเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพจากกลุ่มตัวอย่างข้อมูลกลุ่มเดียวกันเป็นไปอย่างมีนัยสำคัญ จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบประเมินความน่าเชื่อถือของผลการทดลองด้วยหลักสถิติ เนื่องการทดลองทั้งสองเป็นการเก็บสถิติการความต้องการข้อมูลผ่านบริการเวิลด์ไวด์เว็บ เป็นการสลับการติดตั้งระบบแคชแต่ละแบบในแต่ละการทดลองดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 4 แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบ แคชเซิร์ฟเวอร์ทั้ง 2 แบบด้วยค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 5 เพื่อให้การวิเคราะห์มีเหตุผลรองรับและเพิ่มความน่าเชื่อถือต่อผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงจะเลือกวิธีการทดสอบมัธยฐาน (เอกสารการสอนชุดวิชาขอบข่ายและการวิจัยทางรัฐ-ประศาสนศาสตร์,2531) ซึ่งเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มข้อมูล 2 ชุดที่มีการวัดแบบจัดอันดับและทั้งสองกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน กรณีที่ขนาดของกลุ่มตัวอย่างข้อมูลทั้งสองกลุ่มที่ได้จากการทดลองตามบทที่ 5 มีขนาดมากกว่า 15 ตัวอย่าง ให้ใช้การทดสอบไคส์แควร์

หลักการพิจารณาว่าตัวแปรระดับจัดอันดับสองกลุ่มสามารถทดสอบว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ทำได้โดยการเปรียบเทียบค่ากลางของตัวแปรทั้งสองว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ค่ากลางที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรระดับนี้ คือ มัธยฐาน การทดสอบความแตกต่างของตัวแปรระดับนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อตัวแปรทั้งคู่เป็นอิสระต่อกันที่เหมาะสม คือ การทดสอบมัธยฐาน ขั้นตอนในการทดสอบเริ่มด้วยการนำค่าของตัวแปรทั้งสองมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย หรือน้อยไปหามากก็ได้ จากนั้นหาค่ามัธยฐานของค่าตัวแปรที่นำมารวมกันนี้ เมื่อได้มัธยฐานรวมแล้ว จึงพิจารณาว่าค่าของตัวแปรที่อยู่เหนือมัธยฐานรวมมีกี่ตัว ที่น้อยกว่ามัธยฐานรวมมีกี่ตัว จากนั้นนำจำนวนนับได้ไปสร้างเป็นตาราง 2X2 แล้วทดสอบโดยใช้การทดสอบไคส์แควส์ ผลการทดสอบจะชี้ว่าตัวแปรคู่นี้มีค่ามีค่ามัธยฐานต่างกันหรือไม่

สำหรับการวิเคราะห์และทดสอบมัธยฐานของกลุ่มข้อมูลจากแต่ละการทดลอง จะดำเนินการดังต่อไปนี้

6.1 กำหนดสมมติฐาน

ไม่มีความแตกต่างมัธยฐานของกลุ่มข้อมูลทั้งสองที่เกิดจากการสลับระบบแคช ที่นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ

6.2 การทดสอบสมมติฐาน

6.2.1 กำหนดวิธีการทดสอบและค่าวิกฤต

ในกรณีที่จำนวนของประชากรกลุ่มที่ 1 (n_1) และกลุ่มที่ 2 (n_2) มีจำนวนมากกว่า 15 ดังเช่นตารางข้างล่าง การทดสอบให้ใช้การทดสอบไคสแควร์

รายการ	แคชแบบsibling	แคชแบบ single	รวม
จำนวนค่าที่มากกว่ามัธยฐาน	18	14	32
จำนวนค่าที่น้อยกว่ามัธยฐาน	19	13	32
รวม	37	27	64

ตารางที่ 6.1 แสดงจำนวนที่เปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานของการทดลองที่ 1

รายการ	แคชแบบ sibling	แคชแบบ single	รวม
จำนวนค่าที่มากกว่ามัธยฐาน	17	16	33
จำนวนค่าที่น้อยกว่ามัธยฐาน	17	16	33
รวม	34	32	66

ตารางที่ 6.2 แสดงจำนวนที่เปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานของการทดลองที่ 2

6.2.2 ค่าวิกฤตในที่นี้ คือ ค่าไคสแควร์ เมื่อองศาความเป็นอิสระ (v) เท่ากับ

$$(r-1)\,(c-1) = (2-1)\,(2-1) = 1$$

r คือ จำนวนของแถวของตารางที่ 6.1 และ 6.2

c คือ จำนวนของคอลัมน์ของตารางที่ 6.1 และ 6.2

ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 $X^2_{cv} = 3.841$ ซึ่งหาได้โดยการเปิดตาราง ไคสแควร์

6.2.3 การหาค่าทดสอบทำได้โดยการสร้างตารางต่อไปนี้

O	E	$(O-E)^2$	$(O-E)^2/E$
18	$\frac{(37)\,(32)}{64} = 18.5$	0.25	0.0135
19	$\frac{(37)\,(32)}{64} = 18.5$	0.25	0.0135
14	$\frac{(27)\,(32)}{64} = 13.5$	0.25	0.0185
13	$\frac{(33)\,(32)}{64} = 13.5$	0.25	0.0185
		X^2_{cv1}	0.064

X^2_{cv1} คือ ค่าไคส์สแควร์ที่ทำนวณได้ , O คือ จำนวนตัวอย่างเมื่อเทียบกับมัธยฐานจากตารางที่ 6.1 , E คือ ผลคูณของผลรวมตามแนวตั้งกับผลรวมตามแนวนอนหารจากตำแหน่งของ O หารด้วยผลรวมทั้งหมด

ตารางที่ 6.3 แสดงวิธีการหาค่าไคส์แควร์ของการทดลองที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

O	E	$(O-E)^2$	$(O-E)^2$ /E
17	$\frac{(34)(33)}{66}$ =17	0	0.014
17	$\frac{(34)(33)}{66}$ =17	0	0.014
16	$\frac{(33)(32)}{66}$ =16	0	0.015
16	$\frac{(33)(32)}{66}$ =16	0	0.015
		X^2_{cv2}	0.058

X^2_{cv2} คือ ค่าไคส์สแควร์ที่ทำนวณได้ , O คือ จำนวนตัวอย่างเมื่อเทียบกับมัธยฐานจากตารางที่ 6.2 , E คือ ผลคูณของผลรวมตามแนวตั้งกับผลรวมตามแนวนอนหารจากตำแหน่งของ O หารด้วยผลรวมทั้งหมด

ตารางที่ 6.4 แสดงวิธีการหาค่าไคส์แควร์ของการทดลองที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบค่าทดสอบไคส์แควร์การทดลองที่ 1 (X^2_{cv1}= 0.064)
และค่าทดสอบไคส์แควร์การทดลองที่ 2 (X^2_{cv2} = 0.058) จะพบว่าค่าทดสอบไม่อยู่ในบริเวณวิกฤต

6.3 ผลการทดสอบ

ดังนั้น ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้รับความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ ที่จะยืนยันว่าไม่มีความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลทั้งสองที่เกิดจากการสลับระบบแคช ที่นำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพเปรียบ-เทียบ ทั้งสองการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.4 สรุปผลการทดลองที่ได้จากการทำวิจัย

6.4.1 พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ของไบท์ฮิตเรโซ รายละเอียดสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

การติดตั้งแบบแคช	ค่ามัธยฐานของเปอร์เซนต์ไบท์ฮิตเรโซ (%)		
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
แบบแคชเดี่ยว	17.8	18.1	17.95
แบบแคชเพื่อนบ้าน	20.6	19.6	20.1

ตารางที่ 6.5 สรุปค่าเปอร์เซ็นต์ไบท์ฮิตเรโซของการทดลองทั้งหมด

6.4.2 พิจารณาว่าค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์เมื่อต้องการข้อมูลผ่านอินเตอร์เน็ต (Average Access time หรือ เอเอที) รายละเอียดสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

การติดตั้งแบบแคช	ค่ามัธยฐานของค่าแอ็กเสซซ์ไทม์ (มิลลิวินาที)		
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
แบบแคชเดี่ยว	4552	5788	5170
แบบแคชเพื่อนบ้าน	3527	4554	4040.5

ตารางที่ 6.6 สรุปค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์จากการทดลองทั้งหมด

จากตารางที่ 6.5 และ 6.6 แสดงค่ากลางของเปอร์เซ็นต์ไบท์ฮิตเรโซ และค่ากลางของค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์ จากการทดลองถึงแม้ว่าจะมีค่าที่แตกต่างกันโดยค่าเฉลี่ย แต่ยังไม่เพียงพอที่จะสรุปผลการทดลองติดตั้งและใช้งานระบบแคชแบบแคชทั้งสองแบบ นั้น ให้ประสิทธิภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จะได้ทำการพิสูน์ตามหลักทางสถิติในข้อ 6.4.3 ดังนี้

6.4.3 กำหนดสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ไม่มีความแตกต่างของผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระบบแคชทั้งสองด้วยตัวชี้วัดทั้งสอง

6.4.4 การทดสอบสมมติฐาน

6.4.4.1 กำหนดวิธีการทดสอบและค่าวิกฤต

ในกรณีที่จำนวนของประชากรกลุ่มที่ 1 (n_1) และกลุ่มที่ 2 (n_2) มีจำนวนมากกว่า 15 ดังเช่นตารางข้างล่าง การทดสอบให้ใช้การทดสอบไคสแควร์

รายการ	แคชแบบsibling	แคชแบบ single	รวม
จำนวนค่าที่มากกว่ามัธยฐาน	12	12	24
จำนวนค่าที่น้อยกว่ามัธยฐาน	12	12	24
รวม	24	24	48

ตารางที่ 6.7 แสดงจำนวนที่เปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานของค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์

รายการ	แคชแบบ sibling	แคชแบบ single	รวม
จำนวนค่าที่มากกว่ามัธยฐาน	12	11	23
จำนวนค่าที่น้อยกว่ามัธยฐาน	12	13	25
รวม	24	24	48

ตารางที่ 6.8 แสดงจำนวนที่เปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานของเปอร์เซ็นต์ไบท์ฮิตเรโช

6.4.4.2 ค่าวิกฤตในที่นี้ คือ ค่าไคสแควร์ เมื่อองศาความเป็นอิสระ (v) เท่ากับ

(r-1) (c-1) = (2-1) (2-1) =1

r คือ จำนวนของแถวของตารางที่ 6.7 และ 6.8

c คือ จำนวนของคอลัมน์ของตารางที่ 6.7 และ 6.8

ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 X^2_{cv} = 3.841 ซึ่งหาได้โดยการเปิดตารางไคสแควร์

6.4.4.3 การหาค่าทดสอบทำได้โดยการสร้างตารางต่อไปนี้

O	E	$(O-E)^2$	$(O-E)^2/E$
12	$\frac{(24)(24)}{48} = 12$	0	0
12	$\frac{(24)(24)}{48} = 12$	0	0
12	$\frac{(24)(24)}{48} = 12$	0	0
12	$\frac{(24)(24)}{48} = 12$	0	0
		X^2_{cv1}	0

X^2_{cv1} คือ ค่าไคส์สแควร์ที่ทำนวณได้ , O คือ จำนวนตัวอย่างเมื่อเทียบกับมัธยฐานจากตารางที่ 6.7 , E คือ ผลคูณของผลรวมตามแนวตั้งกับผลรวมตามแนวนอนหารจากตำแหน่งของ O หารด้วยผลรวมทั้งหมด

ตารางที่ 6.9 แสดงวิธีการหาค่าไคส์แควร์ของค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์

O	E	$(O-E)^2$	$(O-E)^2$ /E
12	$\frac{(23)(24)}{48}$ =11.5	0. 25	0.027
11	$\frac{(23)(24)}{48}$ =11.5	0. 25	0.027
12	$\frac{(25)(24)}{48}$ =12.5	0. 25	0.020
13	$\frac{(25)(24)}{48}$ =12.5	0. 25	0.020
		X^2_{cv2}	0.094

X^2_{cv2} คือ ค่าไคส์สแควร์ที่ทำนวณได้ , O คือ จำนวนตัวอย่างเมื่อเทียบกับมัธยฐานจากตารางที่ 6.8 , E คือ ผลคูณของผลรวมตามแนวตั้งกับผลรวมตามแนวนอนหารจากตำแหน่งของ O หารด้วยผลรวมทั้งหมด

ตารางที่ 6.10 แสดงวิธีการหาค่าไคส์แควร์ของเปอร์เซ็นต์ไบท์ฮิตเรโซ

เมื่อเปรียบเทียบค่าทดสอบไคส์แควร์ของค่าเอเอที (X^2_{cv1}= 0) และค่าทดสอบไคส์แควร์ของค่าพีบีฮิตเรโซ (X^2_{cv2} = 0.094) จะพบว่าค่าทดสอบไม่อยู่ในบริเวณวิกฤต

6.4.4.4 ผลการทดสอบ

ดังนั้น ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้รับความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ ที่จะยืนยันว่าประสิทธิภาพจากตัวชี้วัดทั้งสองของระบบแคชทั้งสองไม่แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5 พิจารณาเลือกติดตั้งใช้งานระบบแคชเซิร์ฟเวอร์

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง แล้วพบว่าระบบแคชเพื่อนบ้านให้ประสิทธิภาพต่อผู้ใช้บริการเวิลด์ไวด์เว็บในกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ไม่แตกต่างจากระบบแคชเดี่ยว ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรติดตั้งใช้งานระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ในลักษณะแคชเพื่อนบ้าน ที่ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม เพราะว่าราคาอุปกรณ์ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ระดับแม่ข่ายดังกล่าวมีราคาถูกและทำให้ง่ายต่อการบริหารจัดการและดูแลรักษาระบบเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บอย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุป

จากการทดลองติดตั้งระบบแคชเซิร์ฟเวอร์ทั้งแคชเดี่ยวและแคชเพื่อนบ้านใช้งานจริงโดยสลับการใช้งานเป็นเวลา 4 เดือน ในหน่วยงาน ได้แก่ ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ให้บริการระบบเวิลด์ไวด์เว็บของหน่วยงาน แล้วทำการวัดประสิทธิภาพของทั้งสองระบบ ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ของไบท์ฮิตเรโช และค่าเฉลี่ยของแอ็กเสซซ์ไทม์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบแคชทั้งสอง ปรากฏว่าระบบแคชเพื่อนบ้านมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับระบบแคชเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ

แต่เนื่องจากการทดลองเป็นการใช้งานจริงทำให้มีของจำกัด อาทิ การติดตั้งและปรับเปลี่ยนระบบแคชที่ทำงานทดลองจะทำได้จำกัด เพราะจะส่งผลกระทบต่อการใช้บริการเวิลด์ไวด์เว็บของหน่วยงาน ถ้าหากมีความผิดพลาดขณะติดตั้งและปรับเปลี่ยนระบบแคช และการใช้งานทั้งสองระบบแคชในหน่วยงานเดียวกันไม่สามารถติดตั้งในเวลาเดียวกันได้ ดังนั้นข้อมูลสถิติความต้องการข้อมูลผ่านบริการเวิลด์ไวด์เว็บอาจมีความคลาดเคลื่อนได้

8.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองของงานวิจัยครั้งนี้ปรากฏว่าการติดตั้งระบบแคชในลักษณะเพื่อนบ้านให้ประสิทธิภาพการใช้งานระบบแคชไม่แตกต่างเมื่อเทียบกับระบบแคชเดี่ยว ผู้วิจัยพิจารณาเห็นแนวโน้มจากผลการทดลองแล้ว ถ้าสามารถแบ่งภาระระหว่างระบบแคชทั้งสองให้ดีน่าจะให้ประสิทธิภาพต่อการใช้บริการเวิลด์ไวด์เว็บเพิ่มขึ้น และเพื่อเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือว่าระบบแคชให้ประสิทธิภาพจริง ผู้วิจัยขอเสนอให้ทำการทดลองติดตั้งใช้งานในหน่วยงานอื่น ๆ และเลือกหลักเกณฑ์ทางสถิติที่จะพิสูจน์ผลการทดลองที่เหมาะสมต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2531. เอกสารการสอนชุดวิชาขอบข่ายและวิธีการวิจัยทางรัฐ-ประศาสนศาสตร์. หน่วยที่ 9-15. ครั้งที่พิมพ์ 2. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ภาษาอังกฤษ

Anawat, Chankhunthod et al. “A Hierarchical Internet Object Cache.” <ftp://ftp.catarina.usc.edu> [path:pub/danzig/cache.ps]. April 1995.

Berners-Lee, T. “Hypertext Transfer Protocol RFC 1945.” <http://www.w3.org>. May 1996.

Bernets-Lee, T. et al. “Hypertext Transfer Protocol HTTP/1.1 RFC 2068.” <http://www.w3.org>. January 1997.

Bowman, Mic et al. “The Harvest Information Discovery and Access System.” <http://harvest.cs.colorado.edu>. September 1996.

Freier, Alan O. Karlton, Philip. and Kocher, Paul C. “The SSL Protocol Version 3.0.” <http://www.netscape.com/eng/ssl3/draft.txt>. November 1996.

Microsoft Corporation. “Cache Array Routing Protocol and Microsoft Proxy Server 2.0.” <http://www.microsoft.com/proxy/guide/CarpWP.asp>. November 1997.

National Laboratory for Applied Network Research. “A Distributed Testbed for National Information Provisioning.” <http://www.nlanr.net/Cache>. February 1998.

Neal, Donald. “The Harvest Object Cache in New Zealand.” <http://www.waikato.ac.nz/harvest/WWW5/Overview.html>. 1996.

Wessels, Duane. “Squid Internet Object Cache.” <http://squid.nlanr.net>. March 1998.

Wessels, Duane and Claffy, K. “ICP and the Squid Web Cache.” <http://www.nlanr.net/Cache/ICP>. August 1997.

World Wide Web Consortium. “World Wide Web Consortium.” <http://www.w3c.org>. February 1998.

ประวัติผู้วิจัย

นายบุรินทร์ ช้างน้อย เกิดวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2510 ที่อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนช่างการไฟฟ้าส่วนภูมภาค เมื่อปี พ.ศ.2529 ปริญญาตรีรัฐประศาสนศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช ในปีการศึกษา 2532 และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา เมื่อปี พ.ศ. 2536 และเข้าศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2540

ประวัติการทำงาน

เข้าปฏิบัติงานในหน่วยงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในตำแหน่งนายช่างเทคนิคชำนาญการพิเศษ ประจำกองวิศวกรรมและสื่อสาร และย้ายประจำที่ศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าเขต 1 ภาค 2 จังหวัดอุดรธานี จนถึงปี พ.ศ. 2535 ได้ลาออกจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและเข้าปฏิบัติในตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ ที่ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี จนถึงปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย