

เซิร์ฟเวอร์สอบออนไลน์บนเครื่องโน้ตบุ๊กรองรับผู้เข้าสอบ 500,000 คน Online test server on a notebook handles 500,000 testers

สมพันธ์ ชาญศิลป์¹, คชา ชาญศิลป์²

บทคัดย่อ

ระบบสอบออนไลน์ ถูกออกแบบและพัฒนาโดยทีมงานวิจัยโอเพนซอร์สของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 ต่อมาในปี พ.ศ. 2557 มีการปรับปรุงพัฒนาต่อยอดและออกแบบครั้งสำคัญเพื่อให้สามารถรองรับการสอบเมื่อมีผู้เข้าสอบในปริมาณมากเป็นจำนวนหลักแสนคน แต่ในปัจจุบันยังขาดการทดลองในเชิงวิจัยที่ทดสอบระบบสอบดังกล่าวว่าสามารถรองรับจำนวนผู้เข้าสอบได้เท่าไร งานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นการศึกษาและปรับแต่งระบบสอบที่จะถูกติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ให้สามารถรองรับการสอบของผู้เข้าสอบจำนวน 500,000 คน จากการจำลองการสอบพบว่าระบบสอบที่ได้ทำการศึกษาและปรับแต่งในครั้งนี้ สามารถรองรับการสอบของผู้เข้าสอบจำนวน 500,000 คนได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ : ระบบสอบออนไลน์, การสอบด้วยคอมพิวเตอร์, การสอบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เข้าสอบจำนวนมาก

Abstract

The online test system has been designed and developed by Open Source Research Team at Suranaree University of Technology since 2005. Until 2014, there was a big leap in modification, development and design to make it to be able to handle a lot of testers, i.e. one hundred thousand of testers. Nevertheless, there was no experiment nor any research report on how many testers were exactly this system could handle. Therefore, the objective of this research is to do experimentation and modify such system to be certain that it can handle 500,000 testers while the system is installed on a notebook. Simulation was conducted and found that the system that was updated and modified could process 500,000 testers correctly.

Keywords: Online test server, Testing by using computer, Online test server for a lot of testers

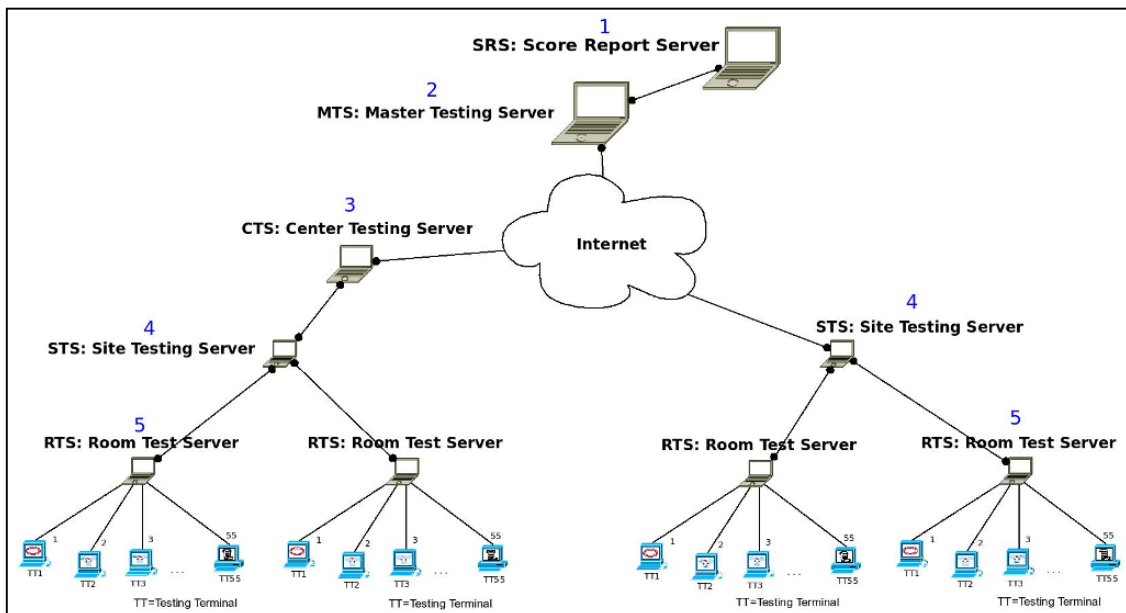
¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์/สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี sompan@sut.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์/สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์/มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี kacha@sut.ac.th

บทนำ

ระบบสอบออนไลน์ ได้รับการพัฒนาโดยทีมงานวิจัยและพัฒนาโอเพนซอร์สของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ระบบบริหารจัดการการสอบออนไลน์ 6008, 2561) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ระบบปฏิบัติการซึ่งใช้ลินุกซ์อูบุนตุ (Ubuntu, 2018 และ Richard Blum, 2008) เป็นพื้นฐาน และโปรแกรมจัดการการสอบที่ได้ถูกพัฒนาเพิ่มเติมขึ้นใหม่ด้วยการใช้ภาษาสั้งงานพีเอชพี (V. Vaswani, 2009) และใช้ดาต้าเบส (Database) มายเอสคิวเอล (MySQL) (Paul DuBois, 2009 และ A. Ahmad, N. Khan & A. Abbas, 2013) ก่อนหน้านี้นี้มีการนำเสนอบทความเรื่องระบบสอบออนไลน์ที่สมบูรณ์แบบสำหรับโรงเรียนไทย (Chansilp, S., Chansilp, K., Pongpanich, P. & Chaimongkol, S., 2011) และในปี พ.ศ. 2559 ได้ทำการปรับแต่งระบบให้สามารถทำการติดตั้งลงบนโซลิดสเตตไดร์ฟแบบยูเอสบี (USB SSD) สำหรับใช้บูตระบบและทำเป็นเซิร์ฟเวอร์สอบ (สมพันธ์ุ ขาญศิลป์ และ คชชา ขาญศิลป์, 2559) จากนั้นในปี 2560 ได้พัฒนาปรับแต่งจนสามารถเพิ่มความเร็วในการประมวลผลได้เร็วเพิ่มขึ้น 7 เท่า (Chansilp, S. & Chansilp, K., 2017) ระบบนี้ได้ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 และได้ทำการปรับปรุงพัฒนาต่อยอดมาจนถึงปัจจุบันคือต้นปี พ.ศ. 2561 รวมทั้งหมด 29 ครั้ง ซึ่งรุ่นปัจจุบันมีชื่อว่า ระบบบริหารจัดการการสอบออนไลน์ 6008 (SOTS: Stand-alone Online Test System 6008)

ในปี พ.ศ. 2557 ทีมงานได้รับทุนสนับสนุนให้พัฒนาระบบสอบเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทศ. เพื่อจะนำไปใช้งานสำหรับการสอบของนักเรียนจำนวนมากและเป็นการสอบแบบกระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ทางทีมงานจึงได้ออกแบบระบบเพิ่มเติม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1: การสอบแบบกระจาย

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าเครื่องเซิร์ฟเวอร์สอบมีอยู่ด้วยกัน 5 ระดับคือ เครื่องเซิร์ฟเวอร์รายงานผลสอบ (SRS: Score Report Server) อยู่ระดับที่ 1 บนสุด สำหรับรับตัวข้อสอบ รายชื่อผู้เข้าสอบและรายงานผลสอบเมื่อสอบเสร็จ ข้อมูลสำหรับการสอบจะถูกส่งต่อไปยัง เครื่องเซิร์ฟเวอร์ในลำดับที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ เครื่องในระดับต่ำสุดเป็นเครื่องในระดับที่ 5 คือเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประจำห้องสอบ (RTS: Room Test Server) จะเป็นเครื่องที่ผู้เข้าสอบใน

ห้องสอบนั้นๆ ทำการล็อกอินเข้าระบบสอบและทำการสอบ เมื่อสอบเสร็จ ผลการทำสอบจะถูกรวมเข้าด้วยกันแล้วส่งต่อขึ้นไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ระดับที่สูงกว่า และท้ายสุดผลการสอบจะถูกส่งต่อไปจนถึงเครื่องระดับที่ 1 ที่อยู่บนสุด เครื่องเซิร์ฟเวอร์ในแต่ละระดับมีการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ มีการกำหนดชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านสำหรับการเชื่อมต่อ แต่ละลิงก์ของการเชื่อมต่อจะถูกเข้ารหัสถึงสองชั้น

การทำงานตามรูปที่ 1 เครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องรับโหลดการสอบแบบตามเวลาจริง (Realtime) คือเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประจำห้องสอบซึ่งอยู่ในระดับที่ 5 และโหลดการทำงานจะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้เข้าสอบในห้องนั้นๆ ซึ่งโดยทั่วไปไม่เกิน 100 คน แต่ระบบสอบได้ถูกออกแบบเตรียมไว้สำหรับรองรับ 200 คนไว้แล้ว ทีมงานได้ออกแบบให้สอดคล้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 โดยกำหนดให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กสำหรับการติดตั้งระบบสอบเพื่อทำเป็นเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งข้อดีของการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กคือ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่แล้วโดยทั่วไปและราคาไม่สูง ประกอบกับเป็นเครื่องที่ใช้แบตเตอรี่อยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องสำรองไฟ (UPS: Uninterrupted Power Supply) ในระหว่างการสอบ การติดตั้งเซิร์ฟเวอร์ทุกตัวในทุกระดับสามารถติดตั้งโดยใช้ซอฟต์แวร์ตัวเดียวกัน และซอฟต์แวร์ทั้งหมด (ระบบปฏิบัติการและโปรแกรมบริหารจัดการการสอบ) ที่ถูกรวมกันเป็นระบบนั้น เป็นโอเพนซอร์สที่ผู้สนใจสามารถดาวน์โหลดไปใช้งาน รวมทั้งพัฒนาต่อยอดโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

เมื่อพิจารณาระบบสอบนี้ อาจเกิดคำถามว่า ระบบสอบนี้สามารถรองรับการสอบสำหรับผู้เข้าสอบพร้อมกันได้จำนวนเท่าไร ผู้พัฒนามั่นใจมาโดยตลอดว่า ระบบนี้สามารถรองรับการสอบได้เท่ากับจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี แต่เมื่อมาพิจารณาดูให้ละเอียดแล้วจึงมีคำถามว่า ถ้าการสอบครั้งหนึ่งมีผู้เข้าสอบจำนวน 500,000 คน ระบบสอบยังจะทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ จากรูปที่ 1 การทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในระดับที่ 2 ถึงระดับที่ 5 ไม่มีปัญหา เพราะไม่ว่าจะเป็นการสอบที่มีผู้เข้าสอบจำนวนมากหรือน้อย โหลดของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ไม่ต่างกันมาก นั่นคือเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในระดับที่ 5 อาจจะถูกใช้สอบหลายรอบ ส่วนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในระดับที่ 2 ถึงระดับที่ 4 เป็นเพียงแค่การเพิ่มจำนวนครั้งของการส่งต่อข้อมูลผ่านลิงก์ขึ้นไปเท่านั้น สิ่งที่เหลือที่น่าจะพิจารณาเพียงที่เดียวคือเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ระดับที่ 1 บนสุดซึ่งเป็นเครื่องปลายทางว่าจะสามารถรองรับข้อมูลการสอบจำนวนมากนั้นได้หรือไม่ และจะยังคงสามารถประมวลผลการสอบได้อย่างถูกต้องหรือไม่ คำถามเหล่านี้ต้องการคำตอบและจึงเป็นที่มาของงานวิจัยครั้งนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เขียนโปรแกรมเพื่อจำลองการทำสอบจำนวนมากที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์รายงานผลสอบที่อยู่ในระดับที่ 1
2. ทดสอบระบบสอบเดิมว่าสามารถรองรับการสอบได้ถึง 500,000 คน หรือไม่
3. ถ้าพบว่าไม่สามารถรองรับการสอบจำนวน 500,000 คน จะทำการแก้ไขปรับปรุง
4. ทดสอบความถูกต้องของระบบสอบด้วยการจำลองการทำสอบและประเมินผลสอบเมื่อมีผู้เข้าสอบ 500,000 คน

สมมติฐานของการวิจัย

เมื่อการสอบดำเนินการตามรูปที่ 1 โดยลิงก์ต่างๆ ของการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในแต่ละระดับสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง หลังสอบเสร็จข้อมูลการทำสอบทั้งหมดจะถูกส่งจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ระดับที่ 5 ไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ระดับที่ 1 ด้านบนสุดได้อย่างถูกต้อง

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการพัฒนาระบบสอบแบบกระจาย (รูปที่ 1) เนื่องจากมีเพียงจุดเดียวคือการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในระดับที่ 1 ที่ต้องพิจารณาทดลอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการจำลองการทดสอบเฉพาะที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ในระดับที่ 1 เท่านั้น โดยจะดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ ด้วยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เป็น Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz 4 cores มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 8 GB ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เขียนโปรแกรมเพื่อจำลองการทดสอบ

เพื่อให้การทดสอบคล้ายการสอบจริงมากที่สุด จึงกำหนดให้คำถามมีทั้งหมด 120 ข้อ เป็นคำถามแบบปรนัยที่มี 5 ตัวเลือก คำตอบที่ถูกมีเพียงตัวเลือกเดียว เมื่อตอบถูกหมดจะได้คะแนนเต็ม 120 คะแนน จากการศึกษาการทำงานของระบบสอบพบว่า ผู้เข้าสอบแต่ละคนเมื่อสอบเสร็จจะมีไฟล์ข้อมูลการทำสอบจำนวน 5 ไฟล์ คือ ไฟล์ B580nnnn_map.php, B580nnnn.php, B580nnnn_progress.php, B580nnnn_score.php และ B580nnnn_timing.php นอกจากไฟล์ข้อมูลแล้ว ยังมีการเก็บล็อก (Log) การทำสอบของแต่ละคนไว้ในเทเบิล (Table) ต่างๆ ของดาต้าเบสประกอบด้วย tb_log, tb_score และ tb_user หลังสอบเสร็จในแต่ละรอบเครื่องเซิร์ฟเวอร์ประจำห้องสอบ (RTS) จะทำการรวมไฟล์ข้อมูลการทำสอบของทุกคนและเทเบิลต่างๆ ของดาต้าเบสเข้าด้วยกันแล้วทำการบีบอัด (Zip) แล้วส่งต่อขึ้นไปจนถึงเครื่องเซิร์ฟเวอร์รายงานผลสอบด้านบนสุด ข้อมูลนั้นจึงจะถูกแตกออกไปรวมเข้าด้วยกัน ดังนั้นโปรแกรมจำลองการทดสอบ จึงต้องทำการสร้างไฟล์ข้อมูลทำสอบของผู้เข้าสอบพร้อมกับสร้างล็อกการทำสอบของแต่ละคนขึ้นมา และเนื่องจากโปรแกรมจำลองการทดสอบใช้ภาษาพีเอชพีประกอบด้วยคำสั่งประมาณ 500 บรรทัด ไม่เหมาะที่จะนำมาแสดงทั้งหมด จึงแสดงเฉพาะส่วนหัวของโปรแกรม

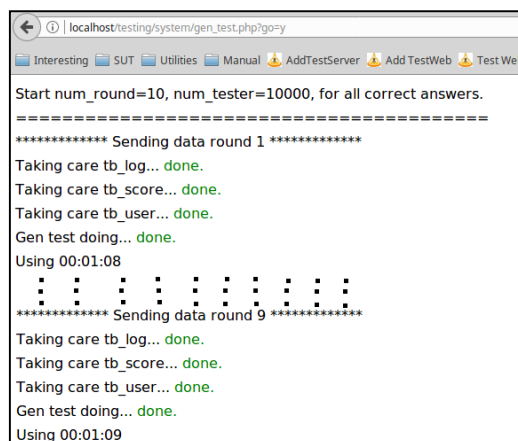
การจำลองการสอบสามารถกำหนดได้ด้วยการกำหนดค่าของตัวแปรดังนี้

```
$ans_type='all'; // all=all correct, some=some correct, none=no correct
```

```
$num_round=10; // ทำได้หลายรอบ เช่น 50 สำหรับการสอบห้าแสนคน
```

```
$num_tester=10000; // ไม่ควรเกิน 10,000 เพราะแค่ 10,000 นี้ไฟล์ดาต้าเบสจะโตถึง 1.5 GB
```

จากการกำหนดค่าตามตัวอย่าง จะเป็นการกำหนดการจำลองการสอบของผู้เข้าสอบ 100,000 คน (10 รอบๆ ละ 10,000 คน) ให้เป็นการสอบแบบทำตอบถูกทุกข้อ เมื่อรันโปรแกรมแล้วจะได้ผลแสดงที่หน้าจอตั้งแสดงในรูปที่ 2 และต่อเนื่องในรูปที่ 3



```
localhost/testing/system/gen_test.php?go=y
Interesting SUT Utilities Manual AddTestServer Add TestWeb Test Web
Start num_round=10, num_tester=10000, for all correct answers.
=====
***** Sending data round 1 *****
Taking care tb_log... done.
Taking care tb_score... done.
Taking care tb_user... done.
Gen test doing... done.
Using 00:01:08
: : : : : : : : : :
***** Sending data round 9 *****
Taking care tb_log... done.
Taking care tb_score... done.
Taking care tb_user... done.
Gen test doing... done.
Using 00:01:09
```

รูปที่ 2: การจำลองการทดสอบสำหรับผู้เข้าสอบ 100,000 คน

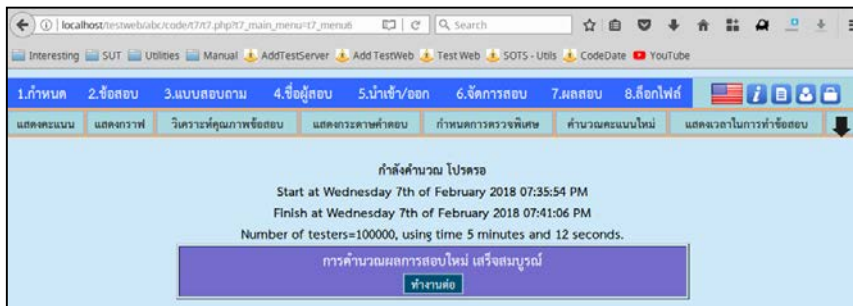
```
***** Sending data round 10 *****
Taking care tb_log... done.
Taking care tb_score... done.
Taking care tb_user... done.
Gen test doing... done.
Using 00:01:10

All done.
Total time using 00:12:06

-----
ans_type=all,num_tester=10000,num_round=10
```

รูปที่ 3: การจำลองการทดสอบสำหรับผู้เข้าสอบ 100,000 คน(ต่อ)

เมื่อจำลองการสอบสำหรับผู้เข้าสอบจำนวน 100,000 คนเสร็จแล้ว ต้องล็อกอินเข้าไปยังวิชาที่กำลังสอบแล้ว ทำการประมวลผลสอบ จะได้ผลที่หน้าจอดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงจำนวนผู้ทำสอบ 100,000 คน และใช้เวลาในการคำนวณผลสอบ 5 นาที 12 วินาที

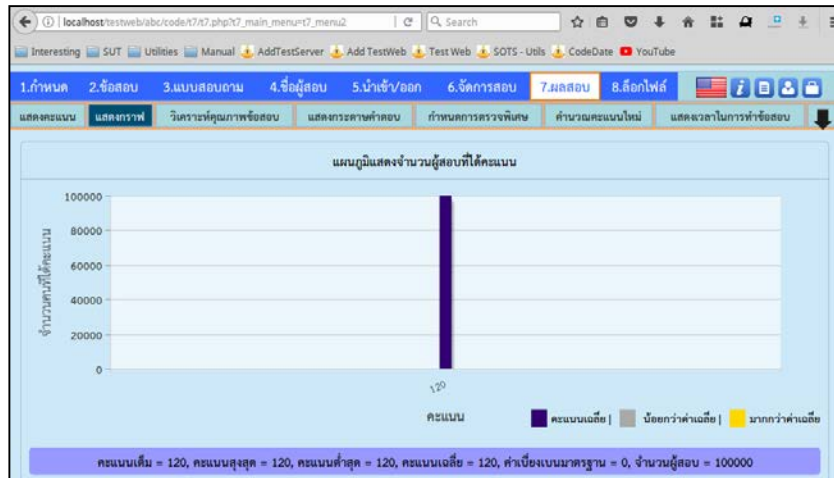


รูปที่ 4: จำนวนผลสอบ

เมื่อแสดงผลสอบด้วยการแสดงคะแนนเป็นรายคนและแสดงกราฟคะแนน จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การจำลองการสอบครั้งนี้เป็นแบบการกำหนดให้ตอบถูกทุกข้อจำนวน 120 คำถามสำหรับผู้เข้าสอบทั้งหมด 100,000 คน

แถวที่	ห้องสอบ	ชื่อล็อกอิน	ชื่อ-นามสกุล	จากสถานที่	วันและเวลาที่เริ่มสอบ	MU	คะแนนรวมที่ได้
สรุปผลการสอบวิชา abc correctness test lexam Isection 9type เมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2561 เวลา 13.00 ด้วยเวลาสอบ 1 ชม. 30 นาที นำออกผลในรูปแบบไฟล์ Excel							
คะแนนเต็ม=120, คะแนนสูงสุด=120, คะแนนต่ำสุด=120, คะแนนเฉลี่ย=120, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน=0, จำนวนผู้ที่ได้สอบไปแล้ว=100000							
1	LabCom1	u005031s5001	u005031s5001	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
2	LabCom1	u005031s5002	u005031s5002	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
3	LabCom1	u005031s5003	u005031s5003	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
4	LabCom1	u005031s5004	u005031s5004	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
5	LabCom1	u005031s5005	u005031s5005	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
6	LabCom1	u005031s5006	u005031s5006	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
7	LabCom1	u005031s5007	u005031s5007	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
8	LabCom1	u005031s5008	u005031s5008	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)
9	LabCom1	u005031s5009	u005031s5009	localhost	07Feb2018, 19:03:51 (Wed)	120/120	120 (00:00:20)

รูปที่ 5: แสดงคะแนนเป็นรายคน



รูปที่ 6: แสดงกราฟคะแนน

2. ทดสอบระบบสอบเดิมว่าสามารถรองรับการสอบได้ถึง 500,000 คน หรือไม่

เมื่อตรวจสอบระบบสอบแล้ว ได้พบข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อ N_testers คือจำนวนผู้เข้าสอบ, System_size คือผลรวมข้อมูลการทำสอบและดาต้าเบสเข้าด้วยกันแล้วทำการบีบอัดแล้ว, Data_size คือข้อมูลการทำสอบ, Db_size คือขนาดของข้อมูลในดาต้าเบส และ N_files คือ จำนวนของไฟล์ข้อมูลการสอบ โปรดสังเกตว่าระบบสอบจะเก็บข้อมูลการสอบไว้ในไฟล์ ไม่ได้เก็บไว้ในดาต้าเบส จึงทำให้เกิดไฟล์ข้อมูลจำนวนมาก

ตารางที่ 1: ขนาดของข้อมูลการทำสอบ

N_testers	System_size	Data_size	DB_size	N_files
100,000	289M	1.3G	2.1G	500,000
200,000	580M	2.7G	4.1G	1,000,000
300,000	870M	4.0G	6.2G	1,500,000
400,000	1.2G	5.4G	8.3G	2,000,000
500,000	1.5G	6.7G	10.4G	2,500,000

ระบบสอบเดิมรุ่น 5910 ตามปกติจะถูกติดตั้งลงบนฮาร์ดดิสก์ขนาด 20 GB และเมื่อใช้คำสั่ง df ใน terminal จะได้ผลดังนี้

```
a@sots:~$ df
Filesystem      1K-blocks    Used Available Use% Mounted on
udev            4009796         0   4009796    0% /dev
tmpfs           805988    12868    793120    2% /run
/dev/sdb1       20027260 7246124 11740752   39% /
tmpfs           4029940         180   4029760    1% /dev/shm
tmpfs           5120          4        5116    1% /run/lock
tmpfs           4029940         0   4029940    0% /sys/fs/cgroup
tmpfs           805988         40    805948    1% /run/user/1000
```

เมื่อดูที่บรรทัด /dev/sdb1 จะพบว่าระบบสอบมีเนื้อที่ฮาร์ดดิสก์ทั้งหมด 20.02 GB เหลือเนื้อที่ว่างอยู่ 11.74 GB (ตัวเลขที่แสดงมีหน่วยเป็น K) ตัวเลขนี้บอกถึงขนาดของพื้นที่บนระบบสอบที่สามารถใช้เก็บข้อมูลได้มีหน่วยเป็นไบต์ เห็นได้ชัดว่า ขนาดของฮาร์ดดิสก์ 20 GB ที่ใช้ติดตั้งระบบสอบ ไม่สามารถรองรับการสอบถึง 500,000 คนได้ เพราะไม่สามารถรองรับขนาดของไฟล์ข้อมูลการทำสอบที่เก็บในไฟล์และดาต้าเบสได้

3. ทำการแก้ไขปรับปรุงระบบเพื่อให้รองรับตามจำนวนที่กำหนด

เมื่อพบว่าระบบเดิมไม่สามารถรองรับการสอบได้เท่าจำนวนตามกำหนด เพื่อให้รองรับการสอบได้ในจำนวนที่มากขึ้น จำเป็นต้องขยายเนื้อที่ของฮาร์ดดิสก์ที่ใช้ติดตั้งระบบสอบ จากการทดลองพบว่า ต้องติดตั้งระบบสอบลงบนฮาร์ดดิสก์ขนาด 50 GB เมื่อระบบสอบถูกติดตั้งลงบนฮาร์ดดิสก์ขนาด 50 GB แล้ว และใช้คำสั่ง df ใน terminal จะได้ผลดังนี้

```
a@sots:~$ df
Filesystem      1K-blocks      Used Available Use% Mounted on
udev            4009796         0    4009796   0% /dev
tmpfs           805988        12876    793112   2% /run
/dev/sdb1       50264772 7254328  40434060  16% /
tmpfs           4029940         124    4029816   1% /dev/shm
tmpfs           5120           4         5116   1% /run/lock
tmpfs           4029940         0    4029940   0% /sys/fs/cgroup
tmpfs           805988         40     805948   1% /run/user/1000
```

เมื่อดูที่บรรทัด /dev/sdb1 จะพบว่าระบบมีเนื้อที่ฮาร์ดดิสก์ทั้งหมด 50.26 GB เหลือเนื้อที่ว่างอยู่ 40.43 GB ตัวเลขนี้บอกถึงขนาดของพื้นที่บนระบบสอบที่สามารถใช้เก็บข้อมูลได้มีหน่วยเป็นไบต์ และเมื่อระบบนี้ต้องรองรับการสร้างไฟล์จำนวนมาก จึงใช้คำสั่ง df -i ใน terminal จะได้ผลดังนี้

```
a@sots:~$ df -i
Filesystem      Inodes    IUsed   IFree  IUse% Mounted on
udev            1002449    565  1001884    1% /dev
tmpfs           1007485   1525  1005960    1% /run
/dev/sdb1       3203072 249441 2953631    8% /
tmpfs           1007485     9  1007476    1% /dev/shm
tmpfs           1007485     8  1007477    1% /run/lock
tmpfs           1007485    16  1007469    1% /sys/fs/cgroup
tmpfs           1007485    24  1007461    1% /run/user/1000
```

เมื่อดูที่บรรทัด /dev/sdb1 จะพบว่ายังมีจำนวน inode ทั้งหมด 3.20 M ตำแหน่ง ยังเหลือ inode ว่างอยู่ 2.95 M ตำแหน่ง ตัวเลขนี้บอกจำนวนตำแหน่งที่ใช้เก็บโครงสร้างของไฟล์และไดเรกทอรี จึงสามารถกล่าวได้ว่า ตัวเลขนี้บ่งบอกถึงจำนวนของไฟล์และไดเรกทอรีที่สามารถสร้างขึ้นได้ในระบบสอบ (Wikipedia : inode, 2018) จำนวน 2.95 M ตำแหน่งที่สามารถสร้างไฟล์ขึ้นมาได้ แต่จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า ในตอนฟอร์แมต (Format) ฮาร์ดดิสก์ ถ้าใช้คำสั่ง mkfs.ext4 -T news /dev/sdb1 ส่วนออฟชั่น -T news จะทำให้ได้จำนวน inode เพิ่มมากขึ้นซึ่งเมื่อฟอร์แมตตามนั้นแล้ว และใช้คำสั่ง df -i ใน terminal จะได้ผลดังนี้

```
a@sots:~$ df -i
Filesystem      Inodes    IUsed   IFree  IUse% Mounted on
udev            1002449    565  1001884    1% /dev
tmpfs           1007485   1525  1005960    1% /run
/dev/sdb1       12806032 249444 12556588    2% /
tmpfs           1007485    20  1007465    1% /dev/shm
tmpfs           1007485     8  1007477    1% /run/lock
tmpfs           1007485    16  1007469    1% /sys/fs/cgroup
tmpfs           1007485    24  1007461    1% /run/user/1000
```

เมื่อดูที่บรรทัด /dev/sdb1 จะพบว่ายังมีตำแหน่งว่างสำหรับสร้างไฟล์และไดเรกทอรีได้ถึง 12.55 M ตำแหน่ง สิ่งที่ปรับแต่งโดยสรุปคือการเพิ่มขนาดของฮาร์ดดิสก์ที่ใช้ให้มีขนาดไม่ต่ำกว่า 50 GB ฟอร์แมตฮาร์ดดิสก์ด้วยออฟชั่น -T news นอกจากนั้นยังต้องทำการปรับแต่งโปรแกรมอีกหลายส่วนเพื่อให้สามารถรองรับขนาดของไฟล์ข้อมูลที่โตขึ้น เปลี่ยนโปรแกรมบางส่วนสำหรับการคำนวณเวลาประมวลผลสอบ และปรับโปรแกรมเพื่อให้รองรับข้อมูลการทำสอบ และข้อมูลดาต้าเบสที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้การบริหารจัดการการสอบเป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์

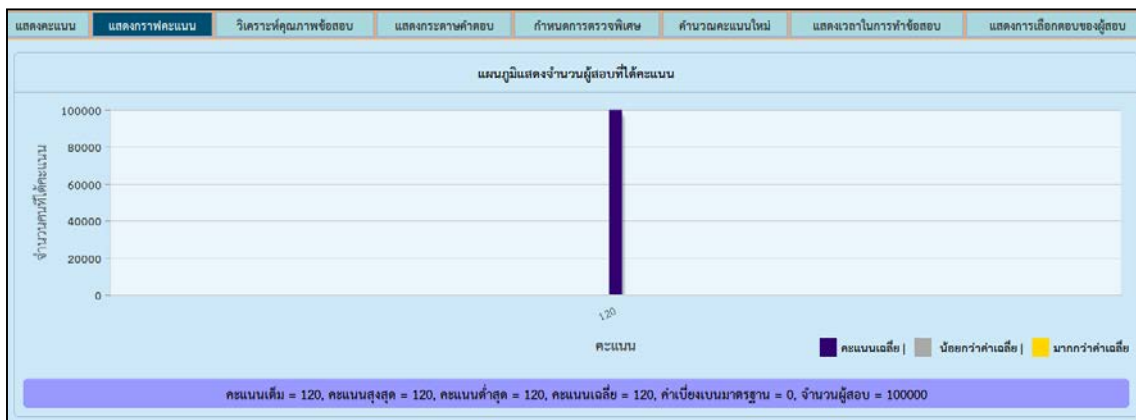
4. ทดสอบความถูกต้องของระบบสอบด้วยการจำลองการทำสอบและประเมินผลสอบ

หลังจากได้ทำการปรับแต่งระบบสอบตามขั้นตอนที่ 3 แล้ว จึงดำเนินการจำลองการสอบสำหรับผู้เข้าสอบทั้งหมด 5 ชั้นคือ ชั้น 100,000 คน, ชั้น 200,000 คน, ชั้น 300,000 คน, ชั้น 400,000 คนและชั้น 500,000 คน โดย

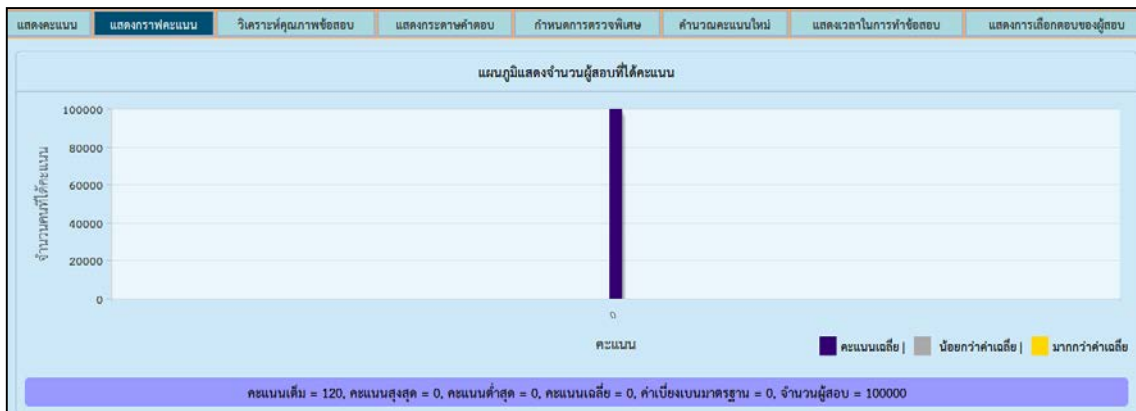
ในแต่ละชั้นจะทำการจำลองทำการสอบ 3 รูปแบบคือ ทุกคนทำสอบถูกหมดทุกข้อ ทุกคนทำสอบผิดหมดทุกข้อ และทุกคนทำสอบแบบสุ่ม (บางข้อตอบถูกบางข้อตอบผิด)

ผลการวิจัย

หลังจากการปรับแต่งระบบสอบแล้ว ผลการทดลองเมื่อทำการจำลองการทำการสอบสำหรับจำนวนผู้เข้าสอบตั้งแต่ 100,000 คนไปจนถึง 500,000 คน พบว่าการสอบแบบตอบถูกทุกข้อ การสอบแบบตอบผิดทุกข้อ และการตอบแบบสุ่มของทุกการทดลอง ระบบสอบทำการประมวลผลได้อย่างถูกต้อง เพื่อลดเนื้อที่ของการนำเสนอข้อมูล จึงนำผลการประมวลผลสอบในขั้นแรกสำหรับผู้เข้าสอบจำนวน 100,000 คน ดังแสดงในรูปที่ 6, 7 และ 8 และในขั้นสุดท้ายสำหรับผู้เข้าสอบจำนวน 500,000 คน ดังแสดงในรูปที่ 9, 10 และ 11 ตามลำดับ



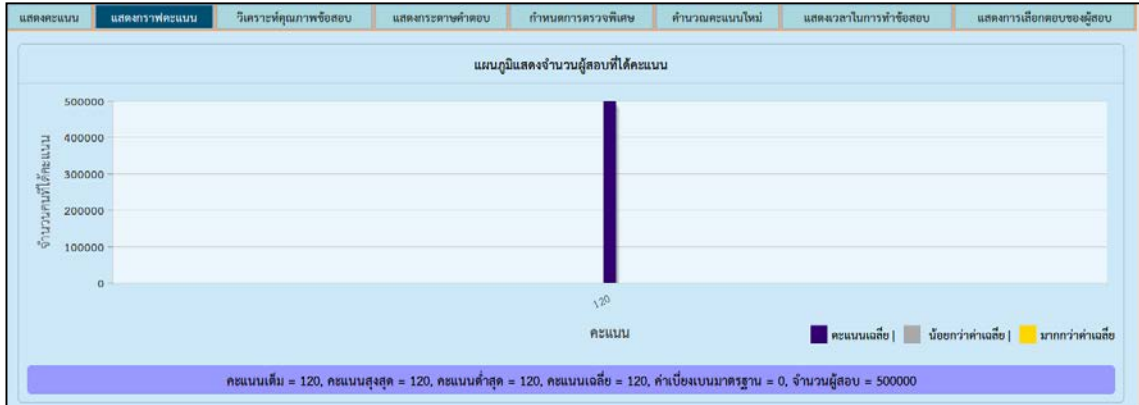
รูปที่ 6: กราฟคะแนนสำหรับการสอบ 100,000 คนเมื่อตอบถูกทั้งหมด



รูปที่ 7: กราฟคะแนนสำหรับการสอบ 100,000 คนเมื่อตอบผิดทั้งหมด



รูปที่ 8: กราฟคะแนนสำหรับการสอบ 100,000 คนเมื่อมีการสุ่มทำถูกและทำผิด



รูปที่ 9: กราฟคะแนนสำหรับการสอบ 500,000 คนเมื่อตอบถูกทั้งหมด



รูปที่ 10: กราฟคะแนนสำหรับการสอบ 500,000 คนเมื่อตอบผิดทั้งหมด



รูปที่ 11: กราฟคะแนนสำหรับการสอบ 500,000 คนเมื่อมีการสุ่มทำถูกและทำผิด

อภิปรายผล

เมื่อทำการปรับแต่งระบบสอบตามขั้นตอนที่ 3 และได้ทำการจำลองการทำสอบ ตามขั้นตอนที่ 4 แล้ว ผลจากการทดลองทำให้เกิดความมั่นใจว่า การสอบด้วยการใช้ระบบบริหารจัดการการสอบออนไลน์ 6008 ตามรูปแบบการสอบดังแสดงในรูปที่ 1 เมื่อเครื่องเซิร์ฟเวอร์สำหรับประมวลผลสอบใช้เครื่องโน้ตบุ๊กสำหรับติดตั้งระบบสอบด้วยการฟอร์แมตฮาร์ดดิสก์พร้อมออฟชั่น -T news โดยใช้เนื้อที่ฮาร์ดดิสก์ไม่น้อยกว่า 50 GB และหน่วยความจำ (RAM) ไม่น้อยกว่า 8 GB ซึ่งสามารถรองรับการสอบเมื่อมีผู้เข้าสอบจำนวน 500,000 คนได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

หลังจากที่ได้อ่านบทความนี้แล้ว อาจมีคำถามขึ้นมาว่า ในเมื่อสามารถปรับระบบสอบให้สามารถรองรับการสอบได้จำนวนมากถึง 500,000 คนแล้ว ทำไมไม่ทดสอบหรือปรับปรุงและพัฒนาต่อ เพื่อให้สามารถรองรับการสอบสำหรับผู้เข้าสอบจำนวน 1,000,000 คน ผู้วิจัยมีความเห็นว่าเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กมีราคาไม่สูง สามารถใช้ติดตั้งระบบสอบและรองรับจำนวนผู้เข้าสอบได้ถึง 500,000 คน ซึ่งเป็นจำนวนที่มากพอสมควร ถ้าจะมีการสอบที่มีจำนวนผู้เข้าสอบมากกว่านี้ ควรแบ่งไหลลดการสอบโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กมากกว่าหนึ่งเครื่อง

เอกสารอ้างอิง

- ระบบบริหารจัดการการสอบออนไลน์ 6008 (2561). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <http://linux.sit.ac.th> [2561, 10 ก.พ.] สมพันธ์ ชาญศิลป์ และ คชชา ชาญศิลป์. & Chansilp, K. (2559). *เครื่องเซิร์ฟเวอร์สอบออนไลน์รันบนโซลซิดิสเตดไตร์ฟแบบยูเอสบี*, การประชุมวิชาการระดับชาติ สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปี 2559 (APHEIT Conference 2016), ขอนแก่น, 26 พฤษภาคม 2559, หน้า 136
- A. Ahmad, N. U. Khan & A. W. Abbas. (2013). *PHP+MySQL based Online Examination System with Power Failure Handling and Dropbox Capability*, Seventh International Conference on Software, Security and Reliability Companion.
- Chansilp, S. & Chansilp, K. (2017). *Speed Up Computation For An Online Test Server*. การประชุมวิชาการปัญญาวิวัฒน์ระดับชาติ ครั้งที่ 7 ณ สถาบันการจัดการปัญญาวิวัฒน์ นนทบุรี วันที่ 2 มิถุนายน 2560. (G-วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี หน้าที่ G38 – G47)
- Chansilp, S., Chansilp, K., Pongpanich, P. & Chaimongkol, S. (2011). *A Complete Online Test System for Thai Schools*, Paper presented at the 2011 Eight International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), May 11-13, Faculty of ICT, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand. (pp. 283-287).
- Paul DuBois. (2009). “*MySQL @Fourth Edition*”, Pearson Education, Inc.
- Richard Blum. (2008). “*Linux @ Command Line and Shell Scripting Bible*”, Wiley Publishing, Inc.
- Ubuntu* (2018). [Online]. Available : <https://www.ubuntu.com/> [2018, 25 January]
- V. Vaswani. (2009). “*PHP A Beginner’s Guide*”, The McGraw-Hill Companies.
- Wikipedia : inode (2018), [Online]. Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/Inode>. [2018, 7 February]