

ประสิทธิภาพการกระจายภาระงานสำหรับปรับปรุงให้บริการบทเรียนออนไลน์

Efficient Scheme of Load Balancing for E-learning to Improvement Services

ปรีชา สมหวัง¹, เทวีล สกุลบุญยงค์¹, เกษม พรหมรินทร์¹, เอกบดี เมืองกลาง¹, อนันท์ เกตุสเนิน² และ ชัยวัฒน์ แดงจันทิก³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²วิทยาลัยเทคโนโลยีและบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: preecha.so@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวางระบบผู้สอนและกระบวนการจัดการเรียนการสอนตามมาตรฐานการศึกษา ต้องคำนึงถึงความรู้ที่ทันสมัยในรายวิชา สำหรับการเรียนการสอนยุคศตวรรษที่ 21 เป็นการใช้สื่อเทคโนโลยีและให้นักศึกษาเรียนรู้ได้ตลอดเวลาในสถานที่ใดก็ได้ ดังนั้นการสร้างบทเรียนออนไลน์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำสื่อการเรียนการสอนมาพัฒนาให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดการกระบวนการเรียนการสอนได้ตลอดเวลา แต่ปัญหาเมื่อมีบทเรียนออนไลน์จำนวนมากส่งผลจนทำให้มีผู้เรียนเข้าใช้บทเรียนออนไลน์จำนวนมากเกินขีดความสามารถที่เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จะให้บริการได้เพียงเครื่องเดียว เป็นสาเหตุจนทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์หยุดให้บริการ จึงจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ให้เพียงพอต่อการให้บริการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกระจายภาระงานให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ด้วยโปรแกรม (High Availability: HA) เพื่อการแบ่งภาระงานการประมวลผลเมื่อเปิดให้บริการเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์หลายเครื่องพร้อมกันโดย โปรแกรม HA proxy เมื่อได้รับภาระงานจากการร้องขอการใช้ทรัพยากรสารสนเทศจากผู้เข้าใช้บทเรียนออนไลน์จำนวนมากพร้อมกัน HA proxy จะวิเคราะห์ภาระงานที่ได้รับและกระจายภาระงานไปยังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ เพื่อร่วมกันประมวลผลภาระงานให้เพียงพอต่อการประมวลผลข้อมูลในแต่ละครั้ง ผลจากการทดลองทำให้เห็นถึงประสิทธิภาพเมื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์หลายเครื่องทำงานร่วมกันช่วยลดปัญหาการหยุดให้บริการของเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ สามารถเพิ่มจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สำหรับการให้บริการมากขึ้นตามจำนวนภาระงานที่ได้รับ ทำให้ผู้ใช้งานเข้าถึงระบบสารสนเทศได้อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: บทเรียนออนไลน์, กระจายภาระงาน, เซิร์ฟเวอร์

Abstract

Teaching and learning process of education standards are modern knowledge in the subject. However, teaching course on the 21st century is innovation that the use of media technologies which students learn at any time and any place. The creation online course is an alternative media that taught to develop the students and instructors to manage the teaching process at any time. The problems of online tutorials are inability of computer to serve on a single offer. It is one cause of computer server that service interruption which memory resource too busy. Therefore, online course need to increase the number of computer servers to further services offer. This paper aim to a load balancing control for processing serve by High Availability (HA) proxy program. HA proxy is receiving requests from the workload resource usage information from many simultaneous accesses to online tutorials. It is

analyzing workload receiving and distributing the workload to the computer server to share the processing workload. The results from the trial shown that the performances on multiple servers are working together can improve downtime of the computer server. For providing a greater amount of workload they receive that overall user to get access to the system continuously.

Key word: E- learning, Load balance, Server

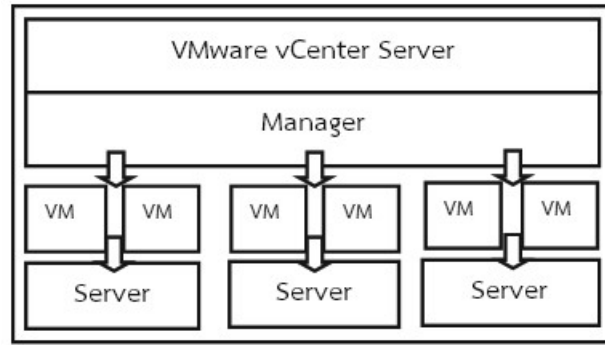
คำนำ

ปัจจุบันการจัดการกระบวนการเรียนการสอนเริ่มมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหาวิชา เพิ่มความสะดวกสบายแก่ผู้เรียนให้สามารถเข้าถึงทรัพยากรสารสนเทศเพื่อการเรียนได้ตลอดเวลา โดยกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์จำเป็นต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สำหรับให้บริการระบบบริการการเรียนการสอน (ประพนธ์ ภัคติกุล, 2548) ปกติแล้วเป็นการบริหารจัดการด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เพียงเครื่องเดียว ซึ่งสามารถบริหารจัดการได้ง่ายสะดวกรวดเร็วด้วยโปรแกรมบริหารจัดการเรียนการสอนภายในเครื่องเดียว แต่เมื่อมีจำนวนผู้ใช้งานจำนวนมากขึ้นเกินกว่า สมรรถนะและประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อการให้บริการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลานักศึกษาทำข้อสอบพร้อมกันเป็นจำนวนมาก การเพิ่มจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการ เป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ (ชาญวิทย์ แก้วกสิ, 2548) และในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการสร้างเซิร์ฟเวอร์เสมือน (Virtual server) โดยใช้โปรแกรมเสมือนจริง (Virtual Machine ware: VMware) ในการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งโปรแกรมเสมือนจริง (VMware) หรือ ESXi สามารถบริหารจัดการทรัพยากรฮาร์ดแวร์ให้สามารถแชร์ทรัพยากรให้กับเครื่องเสมือนจริง แต่ละเครื่องตามการร้องขอหรือการทำงานจริงได้มากกว่าหนึ่งเครื่องตามทรัพยากรของฮาร์ดแวร์ที่มี (คชา สมทา, 2555) โครงสร้างการทำงานแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างการทำงานโปรแกรม VMware (คชา สมทา, 2555)

หากมีการติดตั้งโปรแกรม VMware ESX หรือ ESXi บนฮาร์ดแวร์หลายเครื่องปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นคือการบริหารจัดการ VMware ESXi แต่ละเครื่องทำได้ยาก ดังนั้น จึงมีโปรแกรม VMware vCenter server ทำหน้าที่ในการควบคุมโฮสต์ VMware ESXi หลายตัวไว้ด้วยกัน VMware vCenter server (ศรัณย์ เลิศรัตน์, 2555) ดังแสดงภาพที่ 2



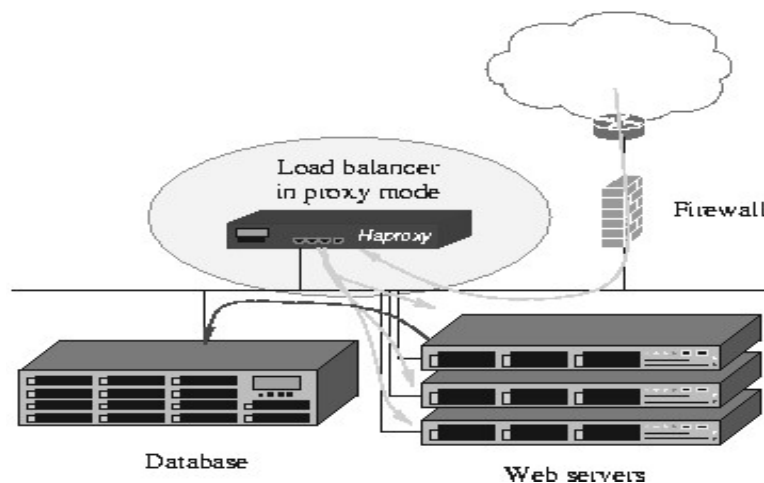
ภาพที่ 2 การทำงานของโปรแกรม VMware vCenter server (ศรีธัญย์ เลิศรัตน์, 2555)

นอกจากนี้ vCenter server ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการความสามารถชั้นสูง High Availability (HA) คือความสามารถในการให้ระบบคงอยู่และพร้อมใช้งานตลอดเวลา ลดเวลา Downtime ให้เหลือน้อยที่สุด ส่วน VMware vMotion สามารถย้าย Virtual server จาก ESXi Server เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้ โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำมาใช้งานเป็นอย่างมาก

งานวิจัยนี้ได้นำเสนออุปกรณ์และวิธีการ ผลการวิจัย อภิปรายและสรุปผลการวิจัย ดังมีรายละเอียดในหัวข้อดังต่อไปนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

หากฮาร์ดแวร์ของคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์มีทรัพยากรหรือประสิทธิภาพของเครื่องมาก สามารถนำมาสร้างเซิร์ฟเวอร์เสมือน และใช้เทคนิคการกระจายภาระงาน (Load balance) เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการได้ โปรแกรม HA proxy เป็นโปรแกรมที่นำมาใช้สำหรับสร้างระบบกระจายภาระงานเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ด้วยการแบ่งภาระงานการประมวลผลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่ได้ลงทะเบียนไว้เรียกว่ากลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งมีความยืดหยุ่นสามารถเพิ่มจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ภายหลังได้หากพบว่ามีจำนวนผู้ใช้งานเพิ่มมากขึ้น เพื่อต้องการรองรับจำนวนผู้ใช้เพิ่มมากขึ้น และลดความผิดพลาดในการเข้าใช้บริการน้อยที่สุด ส่วนความสามารถของการรองรับผู้ใช้งานเป็นจำนวนมากนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่เปิดให้บริการ (Jun et al., 2016) แสดงดังในภาพที่ 3

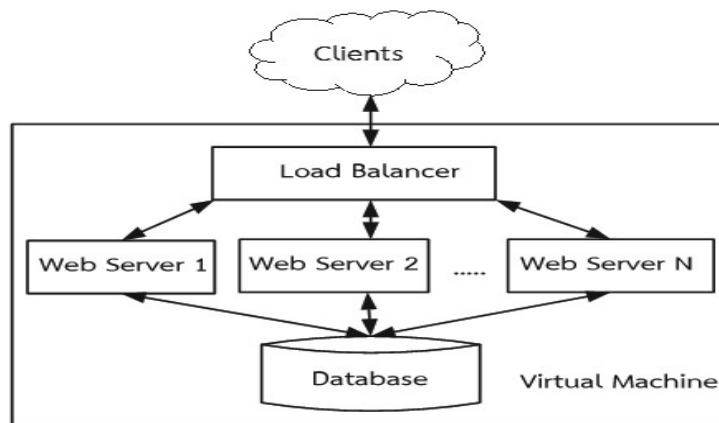


ภาพที่ 3 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม HA proxy (Jun et al., 2016)

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดกลุ่มคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยกระจายภาระงานการประมวลผลและแบ่งปันทรัพยากรที่มีอยู่ เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณจำนวนผู้ใช้ที่เข้ามาใช้งานระบบได้มากเพียงพอ แม้ในกรณีเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ตัวใดตัวหนึ่งภายในกลุ่มมีปัญหาจนถึงขั้นหยุดให้บริการ เครื่องโหนดบาลานซ์ที่เป็นตัวกระจายภาระงานให้กลุ่มคอมพิวเตอร์ ต้องส่งภาระงานไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เครื่องอื่นๆ จนกว่าเครื่องที่หยุดให้บริการจะกลับมาให้บริการเป็นปกติเหมือนเดิม โดยหลักการทำงานของโหนดบาลานซ์เริ่มต้นเมื่อผู้ใช้ติดต่อไปยังเครื่องบริการโหนดบาลานซ์ จากนั้นเครื่องบริการโหนดบาลานซ์ทำการเลือกเครื่องบริการให้กับผู้ใช้ หลังจากนั้นผู้ใช้และเครื่องบริการจะติดต่อกันโดยตรง ซึ่งการกระจายภาระงานมี 3 ลักษณะ คือ สติคกี้ (Sticky) เลือกจากเครื่องบริการที่ผู้ใช้เคยเข้าใช้งาน ราวด์-โรบิน (Round-robin) เลือกเครื่องบริการวนไปตามลำดับ และเวิร์คโหนด (Workload) เลือกเครื่องบริการที่มีภาระงานน้อยที่สุด งานวิจัยนี้เลือกใช้การทำงานโหนดบาลานซ์แบบราวด์-โรบิน ข้อดีคือสามารถส่งข้อมูลให้เครื่องบริการได้อย่างเท่าเทียมกัน ใช้เวลาในการคำนวณหาเครื่องให้บริการที่ต้องส่งข้อมูลไปไม่มาก เป็นการส่งข้อมูลไปเรื่อยๆ ตั้งแต่เครื่องให้บริการเครื่องแรกไปจนถึงเครื่องให้บริการเครื่องสุดท้าย จากนั้นก็วนกลับไปส่งข้อมูลให้เครื่องบริการเครื่องแรกอีกครั้ง วนซ้ำไปจนกว่าภาระงานจะสิ้นสุด (จารยา ไกรเพ็ชร, 2553) การกระจายภาระงานต้องคำนึงถึงการร้องขอจากไคลเอนต์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ โดยพิจารณาจากเนื้อหาของการร้องขอ โดยเนื้อหาที่เหมือนกันต้องส่งไปประมวลผลเครื่องเดียวกัน สามารถพิจารณาได้จากแคช (Cache) ช่วยลดจำนวนข้อมูลที่แลกเปลี่ยนระหว่างการให้บริการ สามารถตรวจสอบได้ว่าเครื่องเซิร์ฟเวอร์ตัวใดมีสภาพภาระงานมากหรือสภาพภาระงานน้อย ต้องมีข้อมูลแจ้งให้เครื่องบริการอื่นรู้ (นุจรี ศรีเพชรตานนท์, 2545)

ผลการวิจัย

จากคุณลักษณะเด่นที่สามารถกระจายภาระงานของโปรแกรม HA proxy จึงได้นำมาออกแบบและประยุกต์ใช้กับบริการระบบสอบออนไลน์โดยออกแบบให้สามารถเพิ่มลดจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ตามปริมาณจำนวนผู้ใช้งาน การกำหนดโครงสร้างเริ่มจากการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เพื่อใช้สำหรับรองรับระบบสอบออนไลน์ มีโครงสร้างและการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สำหรับรับภาระงานและกระจายงาน (Load balancer) เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สำหรับบริการเว็บไซต์ (Web server) และเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สำหรับจัดเก็บเว็บไซต์และฐานข้อมูล (Database server) ซึ่งโครงสร้างการทำงานดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างการให้บริการระบบสอบออนไลน์

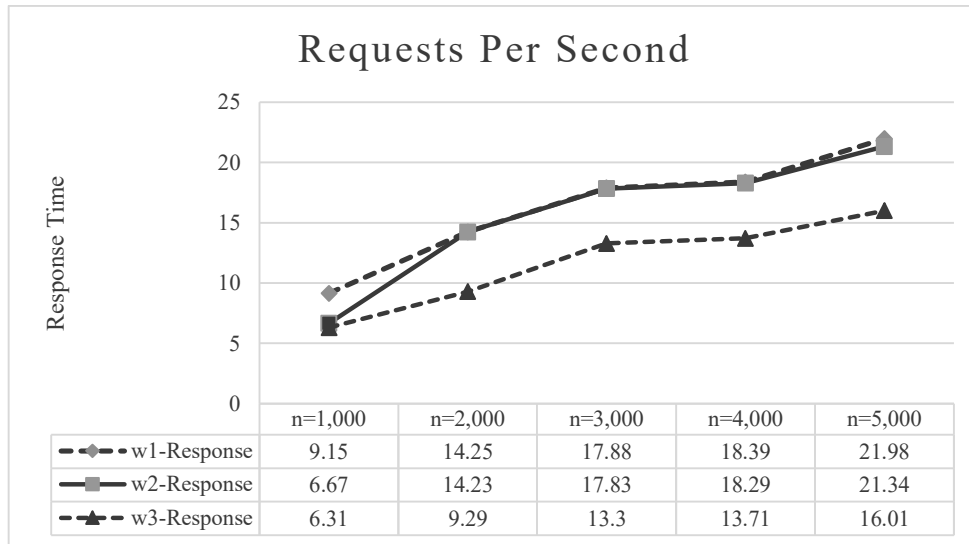
ขั้นตอนการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือนจากโปรแกรม VMware ESXi ต้องใช้โปรแกรม VMware vSphere client เพื่อใช้เข้าสู่หน้าต่างการสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือนทำการติดตั้งโปรแกรม VMware vSphere client สำหรับเข้าสู่หน้าบริหารจัดการ VMware ESXi หน้าต่างล็อกอินซึ่งต้องใส่ข้อมูล 3 ส่วนคือ ชื่อโดเมน เนมหรือหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ต้องการเชื่อมต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ESXi ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน หลังจากเข้าสู่หน้าต่างบริหารจัดการเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ VMware ESXi แล้วต้องสร้าง Resource pool สำหรับจัดกลุ่ม Cluster servers หลังจากนั้นก็สามารถสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือนตามจำนวนที่ต้องการให้บริการ เมื่อสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือนทั้งหมดครบแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เสมือน (Qasim et al., 2015)

งานวิจัยนี้ใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งานแบบฟรี ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้โครงการเดเบียน (Debian) ระบบปฏิบัติการนี้ประกอบด้วยชุดโปรแกรมพื้นฐานในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานด้านเอกสาร อินเทอร์เน็ต และความบันเทิง (Maelick et al., 2015) นอกจากโปรแกรมพื้นฐานเหล่านี้ระบบปฏิบัติการ Debian ยังสามารถนำไปใช้เป็นระบบปฏิบัติการเซิร์ฟเวอร์ ให้บริการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศได้ หลังจากติดตั้งระบบปฏิบัติการเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนการล็อกอินเข้าสู่ระบบปฏิบัติการต้องใช้ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดผู้ใช้และรหัสผ่าน หลังจากนั้นเป็นการกำหนดค่าเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ให้บริการเว็บไซต์ด้วยระบบปฏิบัติการ Debian มีโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้ติดตั้งได้เช่น Xampp, Apache2, Nginx, Lighttpd สำหรับการติดตั้งโปรแกรม Apache2 ได้มีการติดตั้งเข้ามาในระบบปฏิบัติการแล้วเพียงเลือกแพ็คเกจ Web server สำหรับติดตั้ง โดยไม่ต้องมีการติดตั้งเพิ่มเติม แต่ต้องมีการอัปเดตนอกจากโปรแกรม Apache2 แล้วโปรแกรมที่ต้องติดตั้งเพิ่มเติมสำหรับผู้พัฒนาเว็บไซต์คือโปรแกรม PHP5 จากนั้นระบบจะดาวน์โหลดโปรแกรม PHP5 พร้อมกับแพ็คเกจสำหรับติดต่อฐานข้อมูล (Lightweight Directory Access Protocol: LDAP) และ MySQL ใช้สำหรับบริการฐานข้อมูลการกระจายภาระงาน หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วให้กำหนดการตั้งค่าไอพีแอดเดรสเพื่ออนุญาตให้เข้าใช้ฐานข้อมูลจากภายนอก ตรวจสอบการติดตั้งโปรแกรม PHP ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบการให้บริการเว็บเซิร์ฟเวอร์ทดลองโดยเปิดเบราว์เซอร์แล้วเรียก URL เป็นหมายเลขไอพีแอดเดรส (Vincent et al., 2015)

ติดตั้งโปรแกรม MySQL server ใช้สำหรับบริการฐานข้อมูลของเว็บไซต์ที่ติดตั้งบนระบบกระจายภาระงานสามารถเชื่อมต่อฐานข้อมูลจากโปรแกรมลูกข่าย โปรแกรม mySQL benchmark หรือโปรแกรม SQLyog ส่วนการเข้าใช้พื้นที่เว็บไซต์กำหนดให้เข้าใช้ผ่านโปรแกรม Samba ซึ่งง่ายต่อการสร้าง แก้ไข หรือปรับปรุงเว็บไซต์หลังจากกำหนดพื้นที่จัดเก็บไฟล์และกำหนดคุณสมบัติของหน่วยงานแล้ว ทำการกำหนดคุณสมบัติหลักของโปรแกรม Samba โดยไฟล์คอนฟิกหลัก (smb.conf) ใช้กำหนดคุณสมบัติที่จำเป็นคือ ด้านวิธีการยืนยันตัวบุคคลจากฐานข้อมูล LDAP ด้านการกำหนดกลุ่มเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าใช้พื้นที่บริการเว็บไซต์ และด้านการกำหนดสิทธิ์ในการสร้างไฟล์เดอร์

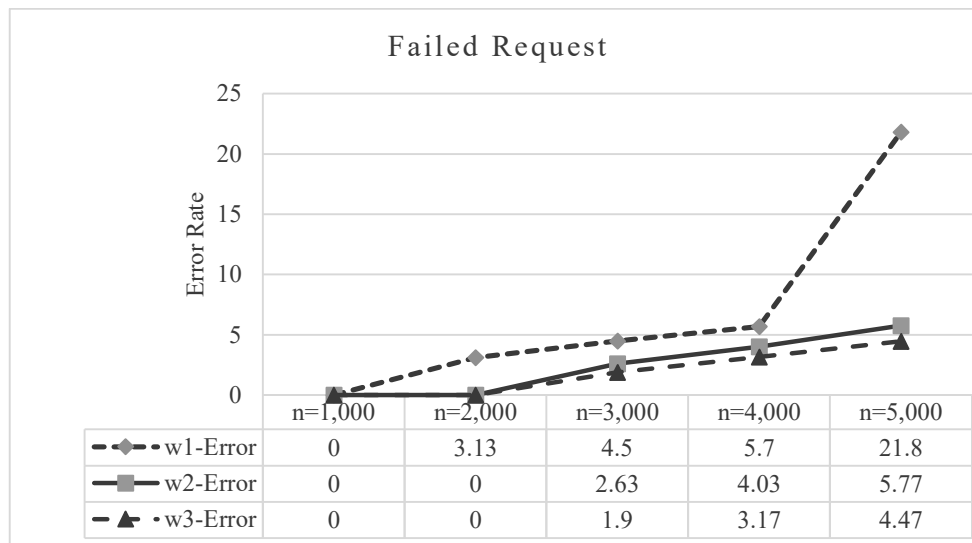
อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การทดสอบใช้วิธีการวัดค่าความเร็วในการการตอบสนอง (Requests per second) และค่าความผิดพลาดการร้องขอ (Failed request) ใช้โปรแกรม Apache benchmark สำหรับทดสอบหาค่าการร้องขอ โดยเทียบหาจำนวนการร้องขอเว็บไซต์ต่อวินาที ซึ่งจำลองผู้เข้าใช้บริการจำนวน 100 คน เปรียบเทียบปริมาณการร้องขอตั้งแต่ 1,000 จนถึง 5,000 การร้องขอ จำนวน 30 ครั้งต่อการทดสอบ นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อวัดประสิทธิภาพของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการ เปรียบเทียบการเพิ่มจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์จำลองจำนวน 1 เครื่อง (w1), 2 เครื่อง (w2) และ 3 เครื่อง (w3) ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อัตราการตอบสนองของการร้องขอใช้บริการ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อจำนวนการร้องขอบริการเว็บไซต์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เครื่องให้บริการเพียงเครื่องเดียวใช้เวลาในการตอบสนองมากขึ้น การเพิ่มจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการมีแนวโน้มใช้เวลาในการตอบสนองลดลง นอกจากนี้การให้บริการด้วยเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงเครื่องเดียวเมื่อมีจำนวนการร้องขอเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการตอบสนองการร้องขอมากขึ้นด้วย การเพิ่มจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการสามารถทำให้แนวโน้มของความผิดพลาดลดลง ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 อัตราความผิดพลาดการตอบสนอง

เห็นได้ว่าการเพิ่มจำนวนเครื่องให้บริการส่งผลดีต่อการร้องขอเว็บไซต์ ทำให้การแสดงผลข้อมูลเว็บไซต์ตอบสนองความต้องการได้รวดเร็ว สามารถแก้ไขปัญหาการหยุดให้บริการในกรณีผู้เข้าใช้บริการจำนวนมากได้

การให้บริการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ด้วยเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการเพียงเครื่องเดียว ไม่สามารถรองรับปริมาณผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้ การกระจายภาระงานในการประมวลผลข้อมูลแบบกลุ่มด้วยโปรแกรม HA

proxy สำหรับการให้บริการระบบจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เมื่อเพิ่มปริมาณจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์สำหรับการให้บริการมากขึ้น การประมวลผลข้อมูลสามารถสำเร็จลุล่วงได้เร็วขึ้น และลดความผิดพลาดในการประมวลผลตามจำนวนการเพิ่มเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการตามไปด้วย นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ให้บริการแต่ละครั้งไม่ส่งผลกระทบต่อการให้บริการหรือการประมวลผลข้อมูลแต่อย่างใดทำให้การจัดการเรียนการสอนได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

- คชา สมทา. (2555). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทบทวน เรื่อง การติดตั้งและใช้งานวีเอ็มแวร์*. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การศึกษาศาสตร์) การศึกษาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จรรยา ไกรเพ็ชร์. (2553). *การพัฒนาระบบโหนดบาลานซ์สำหรับเครื่องบริการเว็บโดยไม่ใช้เครื่องบริการโหนดบาลานซ์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ชาญวิทย์ แก้วกลี. (2548). *การออกแบบระบบคลัสเตอร์สำหรับกลุ่มเครื่องแม่ข่ายโปรแกรมประยุกต์*. รายงานการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- นุจริย์ ศรีเพชรดานนท์. (2545). *การออกแบบเว็บเซิร์ฟเวอร์แบบกระจายโดยการใช้การสมดุลภาระแบบพลวัตและการกระจายการร้องขอโดยพิจารณาจากเนื้อหา*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประพันธ์ ภักดีกุล. (2548). *การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตรายวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- ศรัณย์ เลิศรัตน์. (2555). ระบบโครงสร้างพื้นฐาน Cloud ของ VMware. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์*, หน้า 174-181.
- Jun Chen, Qing-Guo Wang and Shanan Zhu. (2016). An improvement on load-balancing on Linux Virtual Server for Internet-based laboratory. *IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA)*. Pages: 685 – 689.
- Maelick Claes, Tom Mens, Roberto Di Cosmo and Jérôme Vouillon. (2015). A Historical Analysis of Debian Package Incompatibilities. *12th Working Conference on Mining Software Repositories*. Pages: 212 – 223.
- Qasim Ali, HaoqiangZheng, Tim Mann and Raghunathan Srinivasan. (2015). Power Aware NUMA Scheduler in VMware's ESXi Hypervisor. *IEEE International Symposium on Workload Characterization*. Pages: 193 – 202.
- Vincent Boisselle and Bram Adams. (2015). The impact of cross-distribution bug duplicates, empirical study on Debian and Ubuntu. *IEEE 15th International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation*. Pages: 131 – 140.