McDonald, P., Brown, K., and Bradley, L. (2005). Explanations for the provision-utilization gap in work-life policy. **Women in Management Review,** 20(1), 37-55.

Parasuraman, S. & Greenhaus, J.H. (1997). **Integrating Work and Family: Challenges and Choices for a Changing World.** Westport: Quorum Books.

Roper, I., Cunningham, I., & James, P. (2003). Promoting family-friendly policies: Is the basis of the Government's ethical standpoint viable? **Personnel Review,** 32(2), 211-230.

Rothwell, W.J. (2005). **Beyond Training and Development: The Groundbreaking Classic on Human Performance Enhancement.** New York: AMACOM

Smithson, J. & Lewis, S. (2003). **Psychological Contract, A Sloan Work and Family Encyclopedia Entry.** Retrieved March 16, 2007, [Online]. Available: http://wfnetwork.bc.edu/encyclopedia_entry.php?id=250&area=academics

Soon,A., Quazi, H.A., Tay, C., & Kelly, K. (2005). **Studies on the Impact of Work-Life Initiatives on Employee and Firm Performance.** Retrieved March 16, 2007, [Online]. Available: http://www.mom.gov.sg/publish/etc/medialib/mom_library/Workplace_Standards /files3.Par.92710.File.tmp/Studies%20on%20the%20impact%20of%20Work- Life%20initiatives%20on%20employee%20and%20firm%20performance-Public%20Release.pdf

William, J. (2007). **Job Satisfaction and Organizational Commitment, A Sloan Work and Family Encyclopedia Entry** Retrieved March 14, 2007, [Online]. Available: http://wfnetwork.bc.edu/encyclopedia_template.php?id=244

Wise, S. & Bond, S. (2003). Work-life policy: does it do exactly what it says on the tin? **Women in Management Review,** 18(1/2), 20-31.

Suranaree J. Soc. Sci. Vol. 3 No. 1; June 2009 (67-83)

ผลสัมฤทธิ์ของการศึกษาทางปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

Achievement of Actual Laboratory Learning for Course: Electrical Engineering Laboratory 1 via Learning Management System Network

นฤดล ดามพ์สุกรี [1]*, สถิตย์โชค โพธิ์สอาด[1], ทิพย์วรรณ ฟังสุวรรณรักษ์ [2] และรังสรรค์ วงศ์สรรค์ [3]

Narudol Darmsugree[1*], Satidchoke Phosaard[1], Thipwan Fangsuwannarak[2], and Rangsan Wongsan[3]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
[3]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The Experimental Learning System with SCORM Standard for Learning Management System Network is an actual laboratory that was developed by the integration of a real laboratory, a virtual laboratory and a remote laboratory. This integration, which is an innovation, can be operated with different SCORM standard systems and allows learners to be able to operate in actual laboratory conditions by themselves outside a real laboratory. Additionally, it also allows learners to connect with an experiment on the network system in order to keep experimental results for the learning management system as a SCORM 2004 standard for every system.

This article explains the architecture of the system, both in terms of hardware and software, and how it can be connected with learning objective using software. Experimental results show that errors are low and this system can be used like a real laboratory. Significantly, it was found that, from comparative studies between an experimental group and a control group, the achievement of the experimental group's learning was higher than that of the control group at a level of .05.

Keywords: e-experiment; LMS; SCORM; remote lab; virtual lab

* *ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ โทร. +66 4422 4993*
E-mail address: narudol@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม (SCORM) เป็นระบบปฏิบัติการจริง ที่พัฒนาขึ้นโดยบูรณาการข้อเด่นของปฏิบัติการทดลองจริง ปฏิบัติการทดลองเสมือน และปฏิบัติการทดลองทางไกล ซึ่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองจริงนอกห้องปฏิบัติการปกติ และเชื่อมต่อการทดลองเข้ากับระบบเครือข่ายเพื่อเก็บผลการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ ตามมาตรฐานสกอร์ม 2004 ได้ทุกระบบ ทำให้สามารถนำเนื้อหาการทดลองไปใช้กับระบบใหม่ได้โดยไม่ต้องสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการทางไกลแบบใหม่ ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา ตามอัธยาศัยของผู้เรียน โดยมีการเก็บข้อมูลจากผู้เรียนอย่างเป็นระบบตามมาตรฐานสากล บทความนี้ได้อธิบายถึงการสร้างสถาปัตยกรรมทั้งระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อเชื่อมต่อการทดลอง รวมถึงซอฟต์แวร์ที่ส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดลองระบบมีความผิดพลาดต่ำในระดับที่สามารถนำไปใช้ทดแทนการปฏิบัติการในห้องทดลองจริงได้ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยระบบและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติในห้องปฏิบัติการ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยระบบสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทนำ

การปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่ผู้เรียนต้องมีความรู้ทางทฤษฎีและทักษะในการทดลองจริง ผู้เรียนจะเรียนรู้จากความสำเร็จและความผิดพลาดในการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนจึงต้องการประสบการณ์ที่ได้จากการฝึกฝนทั้งในช่วงการปฏิบัติการตามตารางเรียน และการทดลองนอกห้องปฏิบัติการนอกเวลา ตามความสะดวกของผู้เรียน แต่บางรายวิชานั้นมีผู้เรียนจำนวนมาก สถานศึกษาจะต้องลงทุนในการจัดการเรียนการสอนสูงทำให้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอ การแบ่งปันทรัพยากรทางการเรียน ด้วยการทดลองทางไกลจึงเป็นหนทางแก้ปัญหาที่ดี (Taboy, 2006: 30-35) แต่ระบบดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงประสบการณ์จริงที่ผู้เรียนจะได้รับจากการทดลองด้วยตนเอง รวมทั้งในด้านระบบการจัดการสอนปฏิบัติการที่จะต้องเก็บข้อมูลการทดลองผ่านระบบเครือข่าย สามารถติดตามพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมาตรฐานที่นำมาใช้เพื่อให้สามารถแบ่งปันทรัพยากรการเรียนได้ง่าย

การปฏิบัติการทดลองในปัจจุบันแบ่งได้หลายประเภทตามลักษณะของการปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละประเภทจะมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน Tuttas and Wagner (2001)

ได้แบ่งรูปแบบการปฏิบัติการทดลองไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การทดลองในห้องทดลอง (Local Labs) ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติการทดลองในห้องทดลองของสถานศึกษา ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องทดลองร่วมกับเพื่อนในกลุ่มโดยมีพนักงานห้องทดลองและอาจารย์ประจำวิชาเป็นผู้ดูแล 2) การปฏิบัติการทดลองเสมือน (Virtual Labs) เป็นการใช้ซอฟต์แวร์จำลองเลียนแบบอุปกรณ์การทดลองจริง เช่น เครื่องมือวัดต่าง ๆ หรือจำลองสถานการณ์การทดลอง สร้างการเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Animation) จะสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนและผู้เรียนได้ดีในการเรียนด้วยตนเองที่บ้าน หรือสถานที่ที่ผู้เรียนต้องการ 3) การปฏิบัติการทดลองออนไลน์ (Online Labs) เป็นการนำเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย เช่น อินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต มาใช้ร่วมกับเครื่องมือปฏิบัติการทดลองจริง ผู้เรียนจะควบคุมเครื่องมือทดลองทางคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่าย การปฏิบัติการทดลองแบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างความรู้สึกในการปฏิบัติการทดลองจริงและความยืดหยุ่นเรื่องสถานที่เรียนของการปฏิบัติการทดลองเสมือน

Ko, C. C., et al. (2000) ได้สร้างห้องทดลองต้นแบบเสมือนบนอินเทอร์เน็ต ชื่อ VLAB สำหรับใช้กับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ โดยจำลองเครื่องวัด (Oscilloscope) เพื่อใช้แสดงผลการทดลอง ซึ่งได้รับผลตอบรับในทางบวกจากผู้ใช้ การวิจัยดังกล่าวเน้นให้ผู้เรียนเข้าทำการควบคุมเครื่องมือทดลองจากนอกห้องปฏิบัติการ โดยเครื่องมือการทดลองติดตั้งในห้องปฏิบัติการ และชมผลการทดลองผ่านบราวเซอร์ (Browser) บนอินเทอร์เน็ต ถือว่าเป็นการผสมผสานหลักการระหว่างการทดลองทางไกลกับการทดลองแบบเสมือน แต่ผู้เรียนยังไม่ได้ทดลองกับอุปกรณ์ด้วยมือตนเอง

การวิจัยที่มีลักษณะอุปกรณ์ทดลองอยู่ที่ฝั่งผู้เรียนวิจัยโดย Tait and Chao (2003) ในปี 2003 ทำการวิจัยเพื่อค้นหาการเรียนปฏิบัติการทดลองทางไกลรูปแบบใหม่ เป็นการเรียนการสอนแบบผสมผสานระหว่างการเรียนการสอนบนเว็บ (eLAB) กับการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวผู้เรียนเอง (Hands-on) สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีแรก พบว่าการเรียนด้วยตนเองนอกห้องปฏิบัติการปกติเปรียบเทียบกับการเรียนในห้องปฏิบัติการ 3 ชั่วโมงเรียนนั้น ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจบทเรียน ผู้เรียนมีประสบการณ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น แต่ระบบดังกล่าวเป็นระบบพิเศษที่ต้องผลิตเนื้อหาการทดลองใช้ร่วมกับอุปกรณ์เป็นการเฉพาะ ทำการเก็บข้อมูลยังสถานที่ทำการทดลอง ซึ่งเป็นข้อจำกัดหากจะนำระบบดังกล่าวมาใช้กับการเรียนการสอนนอกห้องปฏิบัติการตามอัธยาศัยของผู้เรียน

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการออกแบบระบบการทดลองแบบผสมผสาน จะมีผลดีกับผู้เรียนซึ่งสามารถเรียนได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ มีปฏิสัมพันธ์กับ

อุปกรณ์การทดลองจริง ได้ข้อมูลจริง มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม จึงนำข้อเด่นเหล่านี้มาออกแบบระบบเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีความประหยัดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยนำหลักการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวผู้เรียนเอง (Hands-on) การเรียนการสอนบนเว็บ การบรรยายด้วยสื่อมัลติมีเดียแทนผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ และการรายงานผลการปฏิบัติการผ่านเครือข่ายมาเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนปฏิบัติการ มีการรายงานผลไปยังผู้สอนผ่านระบบจัดการเรียนการสอนและเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งปันบทเรียนข้ามระบบด้วยมาตรฐานสกอร์ม (SCORM : Sharable Content Object Reference Model) ทำให้ไม่ต้องปรับวิธีการส่งข้อมูลเมื่อเปลี่ยนไปใช้ระบบจัดการการเรียนรู้ใหม่ นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กับการทดลองหลายรูปแบบตามเนื้อหาวิชาที่ต่างกัน โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์แปลงสัญญาณใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม (SCORM) สำหรับเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม (SCORM) สำหรับเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้เปรียบเทียบกับการเรียนโดยวิธีปกติ

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยพัฒนาเพื่อสร้างระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม (SCORM) จำนวน 5 การทดลองตามเนื้อหาวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้แก่ 1) การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสีและจากเครื่องมือวัด 2) การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 3) การวัดกระแสในวงจรความต้านทานกระแสตรง 4) กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 5) กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ โดยติดตามผลการทดลองผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle และประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยระบบที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยวิธีปกติในห้องปฏิบัติการทดลอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2551 ที่ผ่านการเรียนวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 (429296 ELECTRICAL ENGINEERING I) และลงทะเบียนเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1(429298 ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY) ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 150 คน หลักเกณฑ์การคัดเลือกประชากรเป้าหมายพิจารณาจากนักศึกษาที่ผ่านการเรียนวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ซึ่งเป็นการเรียนทฤษฎีภาคบังคับก่อนที่นักศึกษาจะเรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยนักศึกษาจะได้เรียนพื้นฐานการคำนวณตามทฤษฎีไฟฟ้ารูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำความรู้มาใช้ปฏิบัติการจริงในห้องทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง ได้จากการกำหนดขนาดโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Yamane, 1967: 398) ซึ่งเป็นวิธีหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างแทนกลุ่มที่ต้องการศึกษาทั้งหมด โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10 พบว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่าง คือ 60 คน จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) (ระพินทร์ โพธิ์ศรี, 2549: 42) ด้วยซอฟแวร์คอมพิวเตอร์แล้วแบ่งกลุ่มโดยวิธีจับหมายเลข 1 และ 2 เพื่อแบ่งกลุ่มเท่า ๆ กัน ได้แก่ กลุ่มทดลอง (Experimental Group) เป็นผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นจำนวน 30 คน กลุ่มควบคุม (Control Group) เป็นผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ จำนวน 30 คน แต่เนื่องจากนักศึกษากลุ่มควบคุมถอนรายวิชาในขณะทดลองจำนวน 2 คน จึงทดลองกับกลุ่มควบคุมจำนวน 28 คน

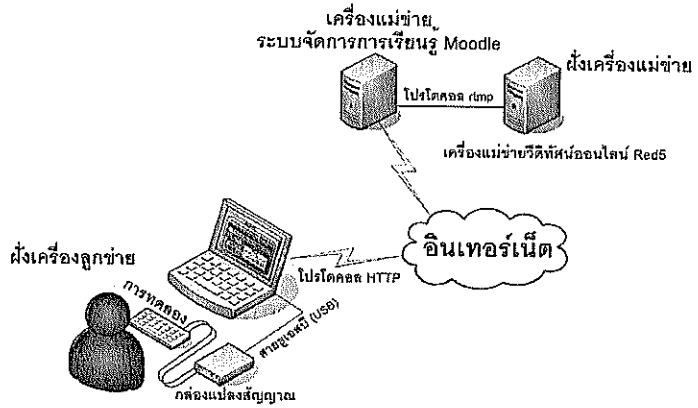
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการมาตรฐานสกอร์ม (SCORM) สำหรับเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้ มีขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การออกแบบระบบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างระบบดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย 1) กล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) ที่มีส่วนของฮาร์ดแวร์รับสัญญาณทางไฟฟ้าจากชุดทดลอง (experiment kit) ส่วนของซอฟต์แวร์ประมวลผล 2) วัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม ที่สามารถรับสัญญาณจากกล่องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System - LMS) 3) ระบบจัดการการ

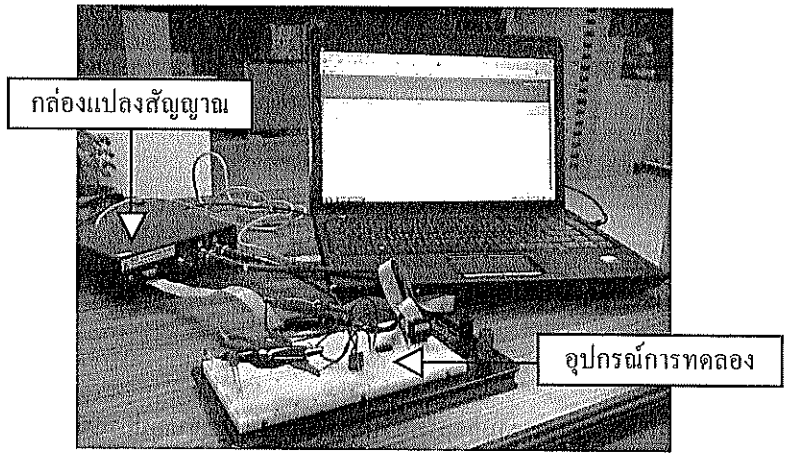
เรียนรู้ 4) ระบบเผยแพร่สื่อวีดิทัศน์ผ่านเครือข่าย (Streaming Server) ที่ทำงานร่วมกับวัตถุการเรียนรู้



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม

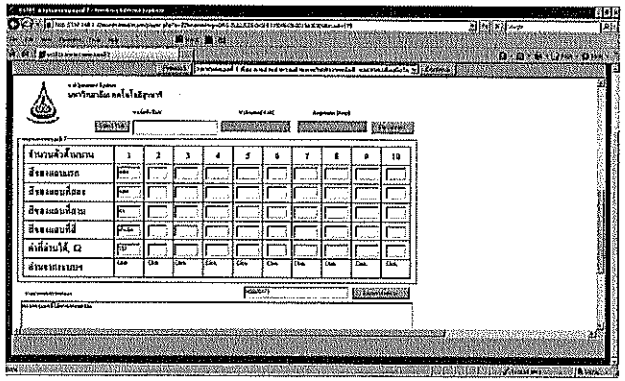
2. การออกแบบกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อก (analog) เป็นดิจิทัล(digital)

ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่มีส่วนของฮาร์ดแวร์รับสัญญาณทางไฟฟ้า ส่วนของซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกจากสายวัด 2 สาย โดยจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง สัญญาณจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ IC แปลงสัญญาณ A/D เบอร์ MCP3208 ความละเอียด 12 bit ขนาด 8 ช่องสัญญาณ ของบริษัท Microchip Inc. ส่วนการประมวลผลข้อมูลได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ PIC เบอร์ PIC16F877 ของบริษัทเดียวกัน ทำหน้าที่ควบคุมการอ่านข้อมูลจากสายวัดสัญญาณผ่าน A/D แล้วนำข้อมูลส่งผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้โมดูล USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) ที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านวงจรแปลงสัญญาณจาก RS232 เป็น USB โดยใช้บอร์ดสำเร็จรูป UCON-UART ของบริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด ไปแสดงผลยังซอฟต์แวร์ ActiveX บนบราวเซอร์ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน



ภาพที่ 2 ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มฝั่งผู้เรียน

3. การออกแบบวัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม (SCO: Shareable Content Object) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 สามารถรับสัญญาณจากกล่องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ ผ่าน Hypertext Transfer Protocol (HTTP) ประกอบด้วยเนื้อหาการทดลอง 5 การทดลองจากคู่มือวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมฟ้า 1 ของสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีเนื้อหาดังนี้ 1) การอ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าจากรหัสสีและจากเครื่องมือวัด 2) การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 3) การวัดกระแสในวงจรความต้านทานกระแสตรง 4) กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 5) กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ โดยสร้างจาก Hypertext Markup Language (HTML) ภาพเคลื่อนไหว (Flash Animation) สร้างจากซอฟต์แวร์ Macromedia Flash และไฟล์วีดิทัศน์ (Flash Video - FLV) เพื่อให้รายละเอียดของการทดลองแทนเอกสารคู่มือปฏิบัติการและผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ ส่วนซอฟต์แวร์แสดงผลและเก็บผลการทดลองที่รับข้อมูลมาจากกล่องแปลงสัญญาณ เป็นซอฟต์แวร์แบบ ActiveX ที่ฝังตัวอยู่บนบราวเซอร์ สร้างโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ซึ่ง ActiveX จะรวบรวมผลการทดลองทั้งหมดส่งไปยัง LMS โดยเรียกใช้ฟังก์ชันสกอร์ม Application Programming Interface (API) จากสกอร์ม Wrapper ตามมาตรฐานของสกอร์ม 2004 (Advance Distributed Learning, 2005)



ภาพที่ 3 วัตถุการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มส่วนของการรับข้อมูลจากอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

4. ติดตั้งระบบจัดการการเรียนรู้ (LMS: Learning Management System) Moodle ซึ่งเป็นระบบจัดการการเรียนรู้ประเภทรหัสเปิด (Open source) ที่สามารถแสดงผลบทเรียนตามมาตรฐาน SCORM รวมทั้งการรับผลการทดลองในรูปของตารางที่ถูกส่งมาจาก ActiveX และติดตามพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน โดยจัดทำโครงสร้างหลักสูตรเพื่อรองรับวัตถุการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้นจำนวน 5 การทดลอง กำหนดชื่อ รหัสผ่านนักศึกษาที่จะเข้าใช้งาน

5. ติดตั้งระบบเผยแพร่สื่อวีดิทัศน์ผ่านเครือข่าย (Streaming Server) ที่ทำงานร่วมกับ SCO ประกอบด้วย Red5 ซึ่งเป็น Streaming Server แบบรหัสเปิด ทำงานร่วมกับ Apache Web Server ทำหน้าที่เผยแพร่ไฟล์วีดิทัศน์สอนปฏิบัติการ ชนิด FLV แทนผู้ช่วยสอนในการเรียนปฏิบัติการปกติ โดยใช้โพรโตคอล Realtime Messaging Protocol (rtmp) ซึ่งเป็นมาตรฐานของบริษัท Adobe Inc.

6. จัดทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและหลักสูตร จำนวน 3 คน พิจารณาความสอดคล้องของแบบทดสอบ (Index of Item-Objective Congruence- IOC) (สุมาลี, 2542: 162) จากนั้นนำมาทดสอบกับนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 มาแล้ว จำนวน 10 คน เพื่อการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Level of Difficulty) (พวงรัตน์, 2543: 129-130) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร KR-20 (พวงรัตน์, 2543: 123) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ Simple Items Analysis (SIA) ซึ่งเขียนโดย ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ (ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ, 2552) เพื่อให้ได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีค่าความเชื่อมั่นไม่เกิน 1 มีค่า IOC ระดับดี คือตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มีค่าระดับความยากง่าย (p) ระหว่าง .20 - .80 และระดับค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ก่อนนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนกับประชากรกลุ่มเป้าหมาย

ตารางที่ 1 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SIA

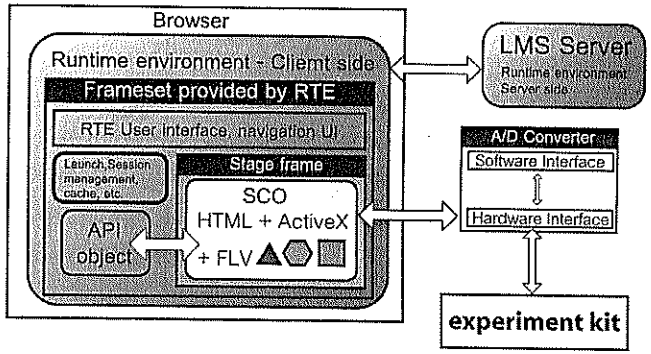
ข้อที่/วัตถุประสงค์	ค่า p(.20 - .80)	ค่า r (>.20)	ค่า IOC (>.50)	ข้อที่เลือก
เพื่อให้สามารถเข้าใจความหมายของสัญลักษณ์อุปกรณ์ทางไฟฟ้าได้	0.78	0.58	0.33	-
	0.78	0.48	1	(1)
	0.67	0.31	0.66	(2)
	0.78	0.58	0.66	(3)
	0.22	0.05	0	-
	0.44	-0.19	0	-
เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัดพื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	0.78	0.32	0.66	(4)
	0.44	-0.14	1	-
	0.33	0.25	1	(5)
	0.89	0.67	0.33	-
	0.11	0.17	0	-
	0.67	0.73	0.66	(6)
เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องมือวัดพื้นฐานทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง	0.67	0.63	0.66	(7)
	0.11	-0.18	.066	-
	0.89	-0.03	0	-
	0.44	0.47	0.66	-
	0.56	0.63	0.66	(8)
	0.22	0.78	0.66	(9)
เพื่อให้สามารถหาความสัมพันธ์ของผลรวมแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดต่าง ๆ และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้	0.22	0.36	0.33	-
	0.56	0.58	1	(10)
	0.22	0.78	0.33	-
สามารถพิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จากผลการทดลองได้	0.33	0.71	0.66	(11)
	0.44	0.56	0.33	-
	0.33	0.80	0.33	-

ข้อที่/วัตถุประสงค์	ค่า p(.20 - .80)	ค่า r (>.20)	ค่า IOC (>.50)	ข้อที่เลือก
สามารถหาความสัมพันธ์ของผลรวม	0.33	0.67	0.33	-
กระแสที่ไหลเข้าและไหลออกจาก	0.22	-0.06	0	-
โหนดต่างๆ ในวงจรไฟฟ้าได้สามารถ	0.56	0.63	0.66	(12)
พิสูจน์สูตรความสัมพันธ์ของกฎ	0.11	0.03	0.33	-
กระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จาก	0.67	0.17	0.66	-
ผลการทดลองได้	0.78	-0.05	0	-
ค่าความเชื่อมั่น KR-20		**0.805**		

จากตารางที่ 1 พบว่ามีข้อสอบที่นำไปใช้ได้จำนวน 12 ข้อ ซึ่งมีค่าระดับความยากง่าย (p) ระหว่าง .22 - .78 และระดับค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง .66 - 1 โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ 0.805

การทำงานของระบบ

ดังภาพที่ 4 ข้อมูลทางไฟฟ้าประกอบด้วยแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดทดลอง (Experiment Kit) จะถูกส่งผ่านส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ของกล่องแปลงสัญญาณ ส่วนซอฟแวร์แสดงผลแบบ ActiveX ซึ่งฝังตัวในไฟล์ HTML และเป็นส่วนหนึ่งของ SCO จะถูกเรียกโดยผู้เรียนจาก LMS Server มายังเครื่องของผู้เรียนผ่านเว็บบราวเซอร์เพื่อรอรับข้อมูลจากกล่องแปลงสัญญาณ จากนั้นจะแสดงค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า ทำการคำนวณเพื่อเก็บในตาราง เมื่อผู้เรียนส่งผลการทดลองไปเก็บที่ LMS Server ActiveX จะส่งค่าผ่าน JavaScript ที่ฝังตัวอยู่ในไฟล์ HTML ทำการเรียกใช้ฟังก์ชัน การส่งค่าจาก SCORM API ตามมาตรฐานของ SCORM Runtime Environment (RTE) (Advance Distributed Learning, 2005) ที่จะทำการส่งข้อมูลระหว่างฝั่งผู้เรียนกับฝั่งเครื่องแม่ข่าย ข้อมูลการทดลอง รวมถึงข้อมูลการใช้ SCO ของผู้เรียน จะถูก LMS บันทึกแยกเป็นรายบุคคลตามการเข้าใช้ของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถเข้าตรวจรายงานผลการทดลองในฐานะผู้สร้างรายวิชา (Course Creator)



ภาพที่ 4 การทำงานของระบบรับสัญญาณจากชุดทดลอง เพื่อแสดงผลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้

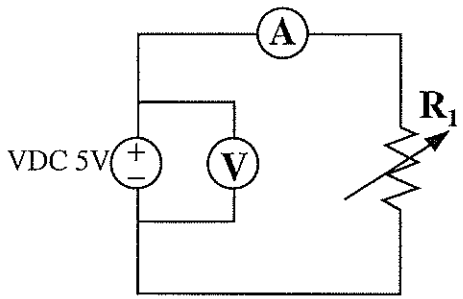
การทดสอบการใช้งาน (Evaluation)

1. สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพในการวัดของกล่องแปลงสัญญาณ โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่คำนวณตามทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (สราวุฒิ สุจิตจร และ กิตติ อัตถกิจมงคล, 2547). โดยการต่อวงจรทดสอบดังรูปที่ 5 เพื่อทดสอบการวัดตัวต้านทานจากการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยการใช้มัลติมิเตอร์วัดให้มีค่าความต้านทาน (RI) ตามที่กำหนดจาก 22 โอห์มไปจนถึง 1 กิโลโอห์ม ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เข้าสู่วงจร จากนั้นใช้สายสัญญาณวัดแรงดันและกระแสในวงจรเข้าสู่กล่องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงค่าแรงดันและกระแสในวงจรที่ซอฟต์แวร์แสดงผล ActiveX บนเครื่องผู้เรียน จากนั้นซอฟต์แวร์จะคำนวณค่าของตัวต้านทานที่วัดได้ ตามกฎของโอห์ม ดังนี้

$$R = \frac{E}{I}$$

I = กระแส มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
E = แรงดัน มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
R = ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)



ภาพที่ 5 การต่อวงจรเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ

1.2 ซอฟต์แวร์ (Software) การทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ActiveX ที่สร้างขึ้นสำหรับใช้แสดงผลการวัด จัดทำโดยการนำ ActiveX พร้อมด้วยไฟล์ HTML ซึ่งเป็นเนื้อหาการทดลองที่บรรจุฟังก์ชันการเรียกใช้งานสกอร์ม API ทำการรวบรวมไฟล์ตามมาตรฐานสกอร์ม ด้วยโปรแกรม RELOAD จาก University of Bolton นำไฟล์ที่รวบรวมได้ไปบรรจุลงในบทเรียนที่สร้างขึ้นบนระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle จากนั้นเริ่มเข้าเรียนในฐานะผู้เรียน ทำการทดลองตามที่กำหนด พร้อมกับส่งตารางผลการทดลอง

1.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอน โดยใช้แผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design (สิทธิ์ ธีรสรณ์, 2550). ด้วยการสุ่มประชากร 150 คน แบบง่าย (Simple Random Sampling) แล้วแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (Experimental Group) คือผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม (Control Group) ที่เรียนด้วยวิธีปกติ จำนวน 28 คน

การวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ด้วยข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน แบบไม่จำกัดเวลา เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองเพื่อหาค่าเฉลี่ย

การปฏิบัติการทดลอง ผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นจะทำการเรียนแบบ 1 คนต่อ 1 เครื่องโดยลงทะเบียนเข้าใช้ระบบจัดการการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากนั้นเริ่มเรียนทีละบทโดยชมวีดิทัศน์สอนการปฏิบัติการทดลอง และอ่านคู่มือปฏิบัติการทดลองแบบออนไลน์บนหน้าเว็บ (Webpage) จากนั้นเริ่มทำการทดลองโดยใช้วัสดุการทดลองที่กำหนดให้ และไม่มีการจำกัดเวลาการทดลอง เมื่อผู้เรียนทดลองเสร็จในแต่ละบทจะทำการส่งผลการทดลองพร้อมกับข้อมูลการเรียนไปยังระบบจัดการการเรียนรู้โดยอัตโนมัติ

สำหรับผู้เรียนด้วยวิธีปกติจะเข้าเรียนในห้องปฏิบัติการแบบ 2 คนต่อ 1 ชุดการทดลอง ฟังการบรรยายจากผู้ช่วยสอน และศึกษากระบวนการทดลองจากหนังสือคู่มือการทดลอง (Lab Sheet) จากนั้นลงมือทดลองโดยใช้อุปกรณ์ที่ทางห้องปฏิบัติการจัดเตรียมให้ นักศึกษาจะเขียนผลการทดลองลงในคู่มือการทดลองของตนเอง โดยจำกัดเวลาการทดลองตามตารางเรียน จำนวนรวมทั้งสิ้น 9 ชั่วโมง

หลังจากที่ทั้งสองกลุ่มปฏิบัติการทดลองครบ 5 การทดลอง ผู้วิจัยทำการแจกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ เพื่อทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองเพื่อหาค่าเฉลี่ย ด้วยข้อสอบชุดเดียวกับก่อนเรียน แต่สลับคำตอบ ไม่จำกัดเวลา

ตารางที่ 2 แบบแผนการวิจัยแบบ Pretest Posttest Control Group Design

กลุ่มที่ทำการทดลอง	ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)	การทดลอง (เรียนด้วยระบบที่พัฒนา)	ทดสอบหลังเรียน (Post-test)
E	T1	X	T2
C	T1		T2

เมื่อ E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experiment Group)
C หมายถึง กลุ่มควบคุม (Control Group)
T1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน
T2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน
X หมายถึง การเรียนโดยใช้ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม

2. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

2.1 ฮาร์ดแวร์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ พบว่าสามารถวัดกระแสในวงจรได้ในระหว่าง 15 มิลลิแอมป์ ถึง 1 แอมป์ โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับทฤษฎี ผู้วิจัยทำการทดสอบการวัดตัวต้านทานย่านการวัดระหว่าง 22 โอห์ม ถึง 1 กิโลโอห์ม พบว่ามีความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณร้อยละ 0.7 ถึง 4.7 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความผิดพลาดของตัวต้านทานปกติที่มีจำหน่าย โดยค่าความผิดพลาดดังกล่าว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้น (นฤดล, 2552)

2.2 ซอฟต์แวร์ การแสดงผลของซอฟต์แวร์ ActiveX ที่ทำงานร่วมกับสกอร์ม API บนระบบจัดการการเรียนรู้ สามารถส่งข้อมูลที่รับค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจร เพื่อคำนวณหาค่าความต้านทาน โดยแสดงความละเอียดเป็นทศนิยม 4 หลัก มีความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณร้อยละ 0.7 ถึง 4.7 ตรงตามข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ และสามารถส่งรายงานผลการทดลองโดยใช้สกอร์ม API ไปเก็บยังระบบจัดการการเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์ (นฤดล, 2552)

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. จากการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง ด้วยข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน แบบไม่จำกัดเวลา นำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบโดยใช้สูตร t-test for Independent Sample พบว่า กลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย ($\bar{X}$= 5.86, S.D. = 1.325) สูงกว่ากลุ่มทดลอง ($\bar{X}$ = 5.70, S.D. = 1.208)

2. ผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง ด้วยข้อสอบชุดเดียวกับก่อนเรียน แต่สลับคำตอบ ไม่จำกัดเวลา นำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบโดยใช้สูตร t-test for Independent Sample พบว่า กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ย($\bar{X}$= 9.53, S.D. = 1.167)สูงกว่ากลุ่มควบคุม($\bar{X}$= 8.79, S.D. = 1.729)

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม

กลุ่ม	คะแนน	จำนวนผู้เรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t
กลุ่มควบคุม	คะแนนก่อนเรียน (Pre-test)	28	5.86	1.325	
	คะแนนหลังเรียน (Post-test)	28	8.79	1.729	1.917*
กลุ่มทดลอง	คะแนนก่อนเรียน (Pre-test)	30	5.70	1.208	
	คะแนนหลังเรียน (Post-test)	30	9.53	1.167	

*ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในตารางที่ 3 พบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนด้วยระบบของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 5.70 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยระบบของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 9.53 สรุปได้ว่าหลังจากเรียนด้วยระบบ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนในห้องปฏิบัติการของกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 5.86 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนในห้องปฏิบัติการของกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 8.79 สรุปได้ว่าหลังจากเรียนด้วยระบบ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลอง ($\bar{X}$ = 9.53) เปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มควบคุม ($\bar{X}$ = 8.79) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 โดยมีค่า t เท่ากับ 1.917

สรุปได้ว่า ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์มช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนด้วยวิธีปกติในห้องปฏิบัติการ

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างระบบเชื่อมต่อระหว่างวัตถุการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอร์ม ที่สามารถติดต่อและรับข้อมูลผลการทดลองจากฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล สามารถส่งผลการทดลองและข้อมูลผู้เรียนไปเก็บยังระบบจัดการการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอร์ม 2004 ได้ โดยใช้ฟังก์ชันการส่งข้อมูลจากสกอร์ม API การรับผลการทดลองสามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานการส่งข้อมูลของสกอร์ม 2004 (เวอร์ชั่น 1.3) ระบบดังกล่าวมีความผิดพลาดต่ำในระดับที่สามารถนำไปใช้ทดแทนการปฏิบัติการในห้องทดลองจริงได้ สามารถนำไปปรับใช้ได้กับการทดลองหลายรูปแบบ เพียงปรับเปลี่ยนเนื้อหาและอุปกรณ์ประกอบการทดลอง โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

ผลการหาประสิทธิภาพของระบบด้านสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน โดยใช้แผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design กับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่า ผู้เรียนด้วยระบบดังกล่าวมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของผู้ที่เรียนด้วยระบบสูงกว่าผู้ที่เรียนในห้องปฏิบัติการปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัย

ปรากฏเช่นนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าการทดลองด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากการลองผิดลองถูกเช่นเดียวกับการทดลองในห้องปฏิบัติการปกติ ผู้เรียนจึงมีความรู้เพิ่มขึ้น การออกแบบการทดลองในลักษณะการสร้างวัตถุการเรียนรู้ ที่รวบรวมเนื้อหาบททดลอง ภาพประกอบ วีดิทัศน์ เสียงบรรยาย เข้าไว้ด้วยกันมีการอธิบายเป็นขั้นตอน และนำเสนออย่างชัดเจน เมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาจะสามารถชมย้อนหลังได้ตามความต้องการ ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น โดยไม่ถูกจำกัดด้วยเวลาเหมือนกับการทดลองในห้องปฏิบัติการปกติ

ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม (SCORM) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 ในลักษณะการปฏิบัติการทดลองทางไกลด้วยตนเองตามอัธยาศัยของผู้เรียน

เอกสารอ้างอิง

Advance Distributed Learning (ADL). (2005). **Shareable Content Object Reference Model (SCORM) 2004 Overview** [online]: Available: http://www.adlnet.org

Advance Distributed Learning (ADL). (2005). **SCORM Run-time Environment 1.3.1** [online]: Available: http://www.adlnet.org

Ko, C. C. ,et al. (2000). A large scale web-based virtual oscilloscope laboratory experiment. IEEE Engineering **Science and Education Journal,** 9(2):69-76

Taboy, J.P. (2006). A community sharing hands-on centers in engineering's training. **International Journal of Online Engineering** Vol. 2 (1): 30-35

Tuttas J., Wagner B. (2001) Distributed Online Laboratories. **International Conference on Engineering Education.** August 6 - 10, 2001 Oslo, Norway.

Tait, G., Chao, N. (2003). Hands-on Remote Laboratory for Freshman Engineering Education. **Frontiers in Education,** 2003. FIE 2003. 33rd Annual Vol.1:T3 E-T37

Yamane, T. (1967). **Elementary sampling theory.** Englewood Cliffs. Prentice-Hall, NJ.

ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ. (2552). **การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบ Simple Items Analysis (SIA).** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://netra.lpru.ac.th/~phaitoon/RESEARCH/EVALUATION/sia/SIA_Setup/Support/Help!.html

นฤดล ดามพ์สุกรี. (2552). ระบบปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้. **การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 1.** 4-6 พฤษภาคม 2552 กรุงเทพฯ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ระพินทร์ โพธิ์ศรี. (2549). **สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สราวุฒิ สุจิตจร และกิตติ อัตถกิจมงคล. (2547). **วงจรไฟฟ้า Electric Circuit.** กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

สุมาลี จันทร์ชลอ. (2542). **การวัดและประเมินผล.** กรุงเทพฯ : บริษัทพิมพ์ดีจำกัด.

สิทธิ์ ธีรสรณ์. (2550). **แนวคิดพื้นฐานทางการวิจัย.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.