

ระบบปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า 1 โดยผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้

Actual Laboratory for Course : Electrical Engineering Laboratory 1 via Learning Management System (LMS) Network

นฤดล ตามพ์สุกรี	รังสรรค์ วงศ์สวรรค์	ทิพย์วรรณ พิงสุวรรณรักษ์
สาขาวิทยาการสารสนเทศ เทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 E-mail: narudol@sut.ac.th	สำนักวิชา สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนัก วิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 E-mail: rangsan@sut.ac.th	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 E-mail: thipwan@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอ (SCORM) เป็นระบบปฏิบัติการจริง ที่พัฒนาขึ้นโดยบูรณาการข้อเด่นของปฏิบัติการทดลองจริง ปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง และปฏิบัติการทดลองทางไกล ซึ่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองจริงนอกห้องปฏิบัติการปกติ และเชื่อมต่อการทดลองเข้ากับระบบเครือข่ายเพื่อเก็บผลการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ ตามมาตรฐานสกอ 2004 ได้ทุกระบบ บทความนี้ได้อธิบายถึงการสร้างสถาปัตยกรรมทั้งระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อเชื่อมต่อการทดลองรวมถึงซอฟต์แวร์ที่ทำให้การส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้เป็นไปตามมาตรฐานสกอ 2004 ซึ่งผลการทดลองระบบในขั้นต้น ก่อนนำไปใช้จริงมีความผิดพลาดต่ำในระดับที่สามารถนำไปใช้ทดแทนการปฏิบัติการในห้องทดลองจริงได้

Abstract

A learning-teaching operational system passing through a network of learning management system under SCORM standard is an actual laboratory that was developed by integration among a real laboratory, virtual laboratory and remote laboratory, and this integration allows learners to be able to operate actual laboratory by themselves when they are being outside the normal laboratory room. Additionally, this integration also facilitates learners connect an experiment with the network

system in order to keep experimental results to the learning management system as SCORM 2004 standard for every system.

This article explains a building of the architecture in system both hardware and software to connect the laboratory plus a software which makes sending information to the learning management system be in line with SCORM 2004 standard, and the experimental result at the first step before real using will have low mistakes which are the level that can be brought to replace the laboratory in the real experimental room.

คำสำคัญ

e-experiment, LMS, SCORM, remote lab, virtual lab

1. บทนำ

การปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่ผู้เรียนต้องมีความรู้ทางทฤษฎีและทักษะในการทดลองจริง ผู้เรียนจะเรียนรู้จากความสำเร็จและความผิดพลาดในการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนจึงต้องการประสบการณ์ที่ได้จากการฝึกฝนทั้งในช่วงการปฏิบัติการตามตารางเรียน และการทดลองนอกห้องปฏิบัติการนอกเวลา ตามความสะดวกของผู้เรียน แต่บางรายวิชานั้นมีผู้เรียนจำนวน

มาก สถานศึกษาจะต้องลงทุนในการจัดการเรียนการสอนสูง ทำให้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอ การแข่งขันทรัพยากรทางการเรียน ด้วยการทดลองทางไกลจึงเป็นหนทางแก้ปัญหาที่ดี [1] แต่จะต้องคำนึงถึงประสบการณ์จริงที่ผู้เรียนจะได้รับจากการทดลองด้วยตนเอง รวมทั้งในด้านระบบการจัดการสอนปฏิบัติการที่จะต้องเก็บข้อมูลการทดลองผ่านระบบเครือข่าย สามารถติดตามพฤติกรรมกรเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมาตรฐานที่นำมาใช้เพื่อให้สามารถแข่งขันทรัพยากรการเรียนได้ง่าย

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การปฏิบัติการทดลองในปัจจุบันแบ่งได้หลายประเภทตามลักษณะของการปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละประเภทจะมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกัน Tuttas J. และ Wagner B. [2] ได้แบ่งรูปแบบการปฏิบัติการทดลองไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) การทดลองในห้องทดลอง (Local Labs) ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติการทดลองในห้องทดลองของสถานศึกษา ใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องทดลองร่วมกับเพื่อนในกลุ่มโดยมีพนักงานห้องทดลองและอาจารย์ประจำวิชาเป็นผู้ดูแล 2) การปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual Labs) เป็นการใช้ซอฟต์แวร์จำลองเลียนแบบอุปกรณ์การทดลองจริง เช่น เครื่องมือวัดต่าง ๆ หรือจำลองสถานการณ์การทดลอง สร้างการเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Animation) จะสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนและผู้เรียนได้ดีในการเรียนด้วยตนเองที่บ้าน หรือสถานที่ที่ผู้เรียนต้องการ 3) การปฏิบัติการทดลองออนไลน์ (Online Labs) เป็นการนำเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย เช่น อินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต มาใช้ร่วมกับเครื่องมือปฏิบัติการทดลองจริง ผู้เรียนจะควบคุมเครื่องมือทดลองทางคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่าย การปฏิบัติการทดลองแบบนี้เป็นการผสมผสานระหว่างความรู้สึกในการปฏิบัติการทดลองจริงและความยืดหยุ่นเรื่องสถานที่เรียนของการปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

Ko, C. C., et al. [3] ได้สร้างห้องทดลองต้นแบบเสมือนจริงบนอินเทอร์เน็ต ชื่อ VLAB สำหรับใช้กับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ โดยจำลอง

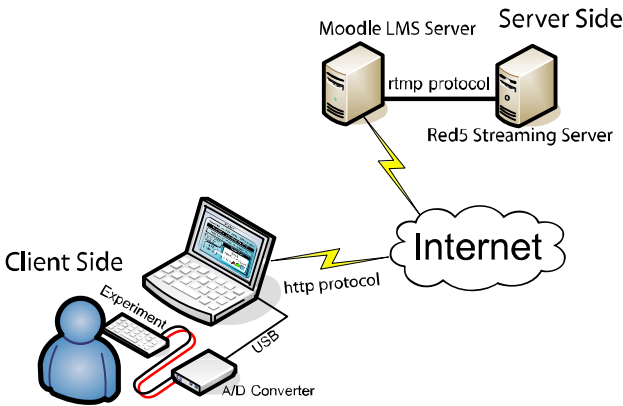
เครื่องวัด (Oscilloscope) เพื่อใช้แสดงผลการทดลอง ซึ่งได้รับผลตอบรับในทางบวกจากผู้ใช้ การวิจัยดังกล่าวเน้นให้ผู้เรียนเข้าทำการควบคุมเครื่องมือทดลองจากนอกห้องปฏิบัติการโดยเครื่องมือการทดลองติดตั้งในห้องปฏิบัติการ และชมผลการทดลองบนบราวเซอร์ (Browser) ผ่านอินเทอร์เน็ต ถือว่าเป็นการผสมผสานหลักการระหว่างการทดลองทางไกลกับการทดลองแบบเสมือนจริง แต่ผู้เรียนไม่ได้ทดลองกับอุปกรณ์ด้วยมือตนเอง

การวิจัยที่มีลักษณะอุปกรณ์ทดลองอยู่ที่ฝั่งผู้เรียนวิจัยโดย Gregory Tait และ Nathan Chao [4] ในปี 2003 โดยทำการวิจัยเพื่อค้นหาการเรียนปฏิบัติการทดลองทางไกลรูปแบบใหม่เป็นการเรียนการสอนแบบผสมผสานระหว่างการเรียนการสอนบนเว็บ (eLAB) กับการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวผู้เรียนเอง (Hands-on) สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปีแรก พบว่าการเรียนด้วยตนเองนอกห้องปฏิบัติการปกติเปรียบเทียบกับ การเรียนในห้องปฏิบัติการ 3 ชั่วโมงเรียนนั้น ผู้เรียนสามารถเรียนรู้อะไรและเข้าใจบทเรียน ผู้เรียนมีประสบการณ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น แต่ระบบดังกล่าวไม่มีการเก็บผลการทดลองผ่านระบบจัดการการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกอ

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการออกแบบระบบการทดลองแบบผสมผสาน จะมีผลดีกับผู้เรียนซึ่งสามารถเรียนได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์การทดลองจริง ได้ข้อมูลจริง มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอ จึงนำข้อเด่นเหล่านี้มาออกแบบระบบเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีความประหยัดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยนำหลักการปฏิบัติการทดลองด้วยตัวผู้เรียนเอง (Hands-on) การเรียนการสอนบนเว็บ การบรรยายด้วยสื่อมัลติมีเดียแทนผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ และการรายงานผลการปฏิบัติการผ่านเครือข่ายมาเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนปฏิบัติการ มีการรายงานผลไปยังผู้สอนผ่านระบบจัดการเรียนการสอนและเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันบทเรียนข้ามระบบด้วยมาตรฐานสกอ (SCORM : Sharable Content Object Reference Model)

3. การออกแบบและพัฒนาระบบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างระบบดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย 1) กล้องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) ที่มีส่วนของฮาร์ดแวร์รับสัญญาณทางไฟฟ้าจากชุดทดลอง (experiment kit) ส่วนของซอฟต์แวร์ประมวลผล 2) วัตถุประสงค์การเรียนรู้มาตรฐานสกอรัมที่สามารถรับสัญญาณจากกล้องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System – LMS) 3) ระบบจัดการการเรียนรู้ 4) ระบบเผยแพร่สื่อวีดิทัศน์ผ่านเครือข่าย (Streaming Server) ที่ทำงานร่วมกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

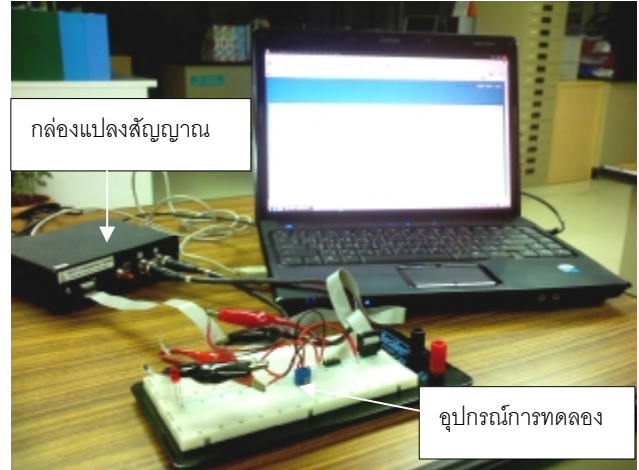


รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอรัม

3.1 กล้องแปลงสัญญาณแอนะล็อก (analog) เป็นดิจิทัล (digital)

ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่มีส่วนของฮาร์ดแวร์รับสัญญาณทางไฟฟ้า ส่วนของซอฟต์แวร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกจากสายวัด 2 สายโดยจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง 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 ผ่านวงจรแปลง

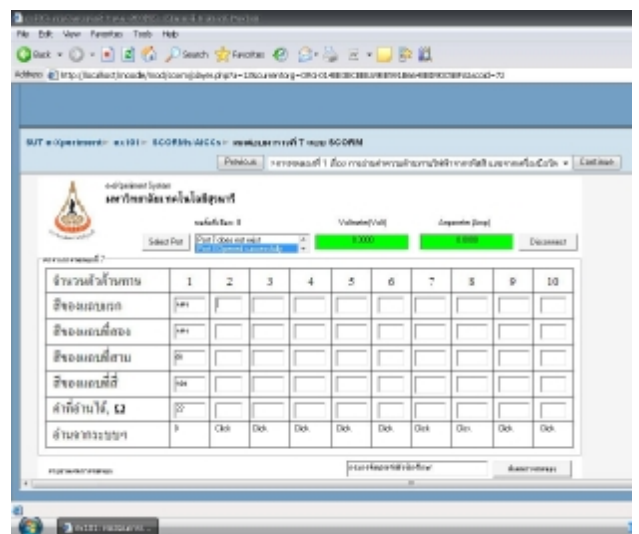
สัญญาณจาก RS232 เป็น USB โดยใช้บอร์ดสำเร็จรูป UCON-UART ของบริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด ไปแสดงผลยังซอฟต์แวร์ ActiveX บนเบราว์เซอร์ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้เรียน



รูปที่ 2 ระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอรัมฝั่งผู้เรียน

3.2 วัตถุประสงค์การเรียนรู้มาตรฐานสกอรัม (SCO:Shareable Content Object) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 สามารถรับสัญญาณ

จากกล้องแปลงสัญญาณ เพื่อแสดงข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ ผ่าน Hypertext Transfer Protocol (HTTP) ประกอบด้วยเนื้อหาการทดลองที่สร้างจาก Hypertext



รูปที่ 3 วัตถุประสงค์การเรียนรู้มาตรฐานสกอรัมส่วนของการรับข้อมูลจากอุปกรณ์แปลงสัญญาณ

Markup Language (HTML) ภาพเคลื่อนไหว (Flash Animation) สร้างจากซอฟต์แวร์ Macromedia Flash และไฟล์วีดิทัศน์ (Flash Video - FLV) เพื่อให้รายละเอียดของการทดลองแทนเอกสารคู่มือปฏิบัติการและผู้ช่วยสอนปฏิบัติการ ส่วนซอฟต์แวร์แสดงผลและเก็บผลการทดลองที่รับข้อมูลมาจากกล่องแปลงสัญญาณ เป็นซอฟต์แวร์แบบ ActiveX ที่ฝังตัวอยู่บนเบราว์เซอร์ สร้างโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ซึ่ง ActiveX จะรวบรวมผลการทดลองทั้งหมดส่งไปยัง LMS โดยเรียกใช้ฟังก์ชันสกอริ่ม Application Programming Interface (API) จากสกอริ่ม Wrapper ตามมาตรฐานของสกอริ่ม 2004 [5]

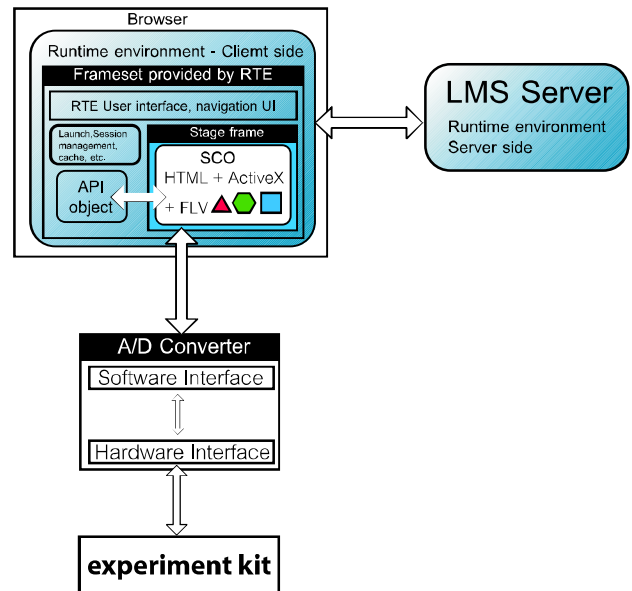
3.3 ระบบจัดการการเรียนรู้ (LMS: Learning Management System) Moodle เป็นระบบจัดการการเรียนรู้ประเภทรหัสเปิด (Opensource) ที่สามารถแสดงผลบทเรียนตามมาตรฐาน SCORM รวมทั้งการรับผลการทดลองในรูปแบบของตารางที่ถูกส่งมาจาก ActiveX และติดตามพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน

3.4 ระบบเผยแพร่สื่อวีดิทัศน์ผ่านเครือข่าย (Streaming Server) ที่ทำงานร่วมกับ SCO ประกอบด้วย Red5 ซึ่งเป็น Streaming Server แบบรหัสเปิด ทำงานร่วมกับ Apache Web Server ทำหน้าที่เผยแพร่ไฟล์วีดิทัศน์สอนปฏิบัติการชนิด FLV แทนผู้ช่วยสอนในการเรียนปฏิบัติการปกติ โดยใช้โปรโตคอล Realtime Messaging Protocol (rtmp) ซึ่งเป็นมาตรฐานของบริษัท Adobe Inc.

4. การทำงานของระบบ

ดังรูปที่ 4 ข้อมูลทางไฟฟ้าประกอบด้วยแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดทดลอง (Experiment Kit) จะถูกส่งผ่านส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของกล่องแปลงสัญญาณ ส่วนซอฟต์แวร์แสดงผลแบบ ActiveX ซึ่งฝังตัวในไฟล์ HTML และเป็นส่วนหนึ่งของ SCO จะถูกเรียกโดยผู้เรียนจาก LMS Server มายังเครื่องของผู้เรียนผ่านเว็บเบราว์เซอร์เพื่อรอรับข้อมูลจากกล่องแปลงสัญญาณ จากนั้นจะแสดงค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า ทำการคำนวณ เพื่อเก็บในตาราง เมื่อผู้เรียนส่งผลการทดลองไปเก็บที่ LMS Server ActiveX จะส่งค่าผ่าน JavaScript ที่ฝังตัวอยู่ในไฟล์ HTML ทำการเรียกใช้ฟังก์ชันการส่งค่าจาก SCORM API ตามมาตรฐานของ SCORM [6]

Runtime Environment (RTE) ที่จะทำการส่งข้อมูลระหว่างฝั่งผู้เรียนกับฝั่งเครื่องแม่ข่าย ข้อมูลการทดลอง รวมถึงข้อมูลการใช้ SCO ของผู้เรียน จะถูก LMS บันทึกแยกเป็นรายบุคคลตามการเข้าใช้ของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถเข้าตรวจรายงานผลการทดลองในฐานะผู้สร้างรายวิชา (Course Creator)



รูปที่ 4 การทำงานของระบบรับสัญญาณจากชุดทดลอง เพื่อแสดงผลและส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้

5. การทดสอบการใช้งาน (Evaluation)

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

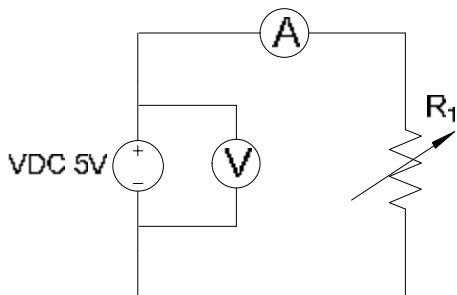
5.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพในการวัดของกล่องแปลงสัญญาณ โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่คำนวณตามทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง [7] โดยการต่อวงจรทดสอบดังรูปที่ 5 เพื่อทดสอบการวัดตัวต้านทานจากการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยการใช้มัลติมิเตอร์วัดหามีค่าความต้านทาน (R_1) ตามที่กำหนดจาก 22 โอห์มไปจนถึง 1 กิโลโอห์ม จากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 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)



รูปที่ 5 การต่อวงจรเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกล่องแปลงสัญญาณ

5.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software) การทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ActiveX ที่สร้างขึ้นสำหรับใช้แสดงผลการวัด จัดทำโดยการนำ ActiveX พร้อมด้วยไฟล์ HTML ซึ่งเป็นเนื้อหาการทดลอง ที่บรรจุฟังก์ชันการเรียกใช้งานสกอรัม API ทำการรวบรวมไฟล์ตามมาตรฐานสกอรัม ด้วยโปรแกรม RELOAD จาก University of Bolton จากนั้นนำไฟล์ที่รวบรวมได้ไปบรรจุลงในบทเรียนที่สร้างขึ้นบนระบบจัดการการเรียนรู้ Moodle จากนั้นเริ่มเข้าเรียนในฐานะผู้เรียน ทำการทดลองตามที่กำหนด พร้อมกับส่งตารางผลการทดลอง

5.2 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

5.2.1 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 เนื่องจากแรงดันที่ใช้ในวงจรมีขนาดคงที่ 5 โวลต์ ในขณะที่ตัวต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าของกระแสในวงจรที่วัดได้จะมีค่าน้อยลงตามกฎของโอห์ม แต่เนื่องจาก

ข้อจำกัดของไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวแปลงสัญญาณ A/D การวัดวงจรที่มีกระแสต่ำกว่า 10 มิลลิแอมป์ จะมีค่าความผิดพลาดเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถแสดงผลละเอียดในช่วงเลขทศนิยมหลักที่ 4 ได้อย่างถูกต้อง เช่น เมื่อวัดตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม กระแสที่วัดได้มีค่า 0.0045 แอมป์ กระแสที่วัดได้จะมีค่าผิดพลาดร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับทฤษฎี ทำให้ค่าตัวต้านทานที่วัดได้จะมีค่า 1.03 กิโลโอห์ม มีความผิดพลาดร้อยละ 3.22 เมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎี

ตารางที่ 1 ความคลาดเคลื่อนในการวัดกล่องแปลงสัญญาณ

ค่าความต้านทาน (Ω)	ค่าความต้านทานที่วัดได้ (Ω)	ค่าความผิดพลาด (%)
22	22.279	1.25
50	50.600	1.18
100	100.962	0.95
200	201.674	0.83
250	252.087	0.82
300	302.493	0.82
350	353.87	1.09
400	411.410	2.77
450	461.52	2.49
500	513.355	2.60
550	564.048	2.49
600	617.346	2.81
650	662.157	1.83
700	713.092	1.83
800	814.035	1.72
900	929	3.12
950	988.297	3.87
1000	1033.333	3.22

5.2.2 ซอฟต์แวร์ การแสดงผลของซอฟต์แวร์ ActiveX ที่ทำงานร่วมกับสกอรัม API บนระบบจัดการการเรียนรู้ สามารถส่งข้อมูลที่รับค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจร เพื่อคำนวณหาค่าความต้านทานโดยแสดงความละเอียดเป็นทศนิยม 4 หลัก มีความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณร้อยละ 0.7 ถึง

4.7 ตรงตามข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ และสามารถส่งรายงานผลการทดลองโดยใช้สกออร์ม API ไปเก็บยังระบบจัดการการเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์

6. บทสรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้สร้างระบบเชื่อมต่อระหว่างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามมาตรฐานสกออร์ม ที่สามารถติดต่อและรับข้อมูลผลการทดลองจากฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นกล่องแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล สามารถส่งผลการทดลองและข้อมูลผู้เรียนไปเก็บยังระบบจัดการการเรียนรู้ตามมาตรฐานสกออร์ม 2004 ได้ โดยใช้ฟังก์ชันการส่งข้อมูลจากสกออร์ม API การรับผลการทดลองสามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานการส่งข้อมูลของสกออร์ม 2004 (เวอร์ชัน 1.3)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระบบนี้มีส่วนของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ความผิดพลาดในการวัดค่าของฮาร์ดแวร์มาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความละเอียดในการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์ คุณภาพของสายสัญญาณที่ใช้วัดแรงดันและกระแส ความละเอียดในการแปลงสัญญาณของชิปแปลงสัญญาณ และตัวต้านทานที่ใช้ในวงจร เนื่องจากตัวต้านทานที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นเป็นตัวต้านทานที่มีจำหน่ายทั่วไป ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนภายในตัวต้านทานเองโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีค่าคลาดเคลื่อนอยู่ที่ $\pm 1\%$ และ $\pm 5\%$ จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้เกิดค่าคลาดเคลื่อนตามค่าดังกล่าวด้วย ค่าแรงดันอินพุตที่วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลสามารถรับได้สูงสุดเพียง 5 โวลต์ จึงทำให้ไม่สามารถทำงานที่ค่าแรงดันสูงมากได้

สำหรับขั้นตอนในการวัดประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ ทำโดยการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ผ่านการเรียนวิชาทฤษฎีไฟฟ้าเบื้องต้นมาแล้ว จะดำเนินการในต้นภาคเรียนที่ 3/2551 โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้แผนการทดลองแบบ Pretest Posttest Control Group Design ด้วยการสุ่มประชากร 150 คน แบบง่าย (Simple Random Sampling) แล้วแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (Experimental Group) คือผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบที่พัฒนาขึ้น จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม (Control Group) ที่เรียนด้วยวิธีปกติ จำนวน 30 คน

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Taboy, J.P. (2006). A community sharing hands-on centers in engineering's training. International Journal of Online Engineering Vol 2 (1): 30-35
- [2] Tuttas J., Wagner B. (2001) Distributed Online Laboratories. International Conference on Engineering Education. August 6 – 10, 2001 Oslo, Norway
- [3] 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
- [4] Tait, G., Chao, N. (2003). Hands-on Remote Laboratory for Freshman Engineering Education. Frontiers in Education, 2003. FIE 2003. 33rd Annual Vol.1:T3E-T37
- [5] Advance Distributed Learning (ADL). (2005). Shareable Content Object Reference Model (SCORM) 2004 Overview [online]: Available: <http://www.adlnet.org>
- [6] Advance Distributed Learning (ADL). (2005). SCORM Run-time Environment 1.3.1 [online]: Available: <http://www.adlnet.org>
- [7] สราวุฒิจู สุจิตจร และกิตติ อัครกิตติมงคล. (2547). วงจรไฟฟ้า Electric Circuit. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.