

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบระบบ VLab ซึ่งผลการทดสอบได้กล่าวไว้ในบทที่แล้วนั้น ในบทนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการทดสอบและได้นำเสนอถึงปัญหาของการทดลอง รวมไปถึงข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำระบบ VLab นี้ไปพัฒนาต่อไป

5.1 ปัญหา

- 5.1.1 ระบบ VLab ยังไม่ครอบคลุมทุกหัวข้อการทดลอง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาในการทำวิจัย
- 5.1.2 PRC Board และโปรแกรมต่าง ๆ ของระบบ VLab ยังมีข้อผิดพลาดอยู่ แต่ได้ดำเนินการแก้ไขให้ทำงานได้ถูกต้องเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
- 5.1.3 เซิร์ฟเวอร์ยังไม่มีอุปกรณ์สำรองไฟฟ้า ซึ่งหากเกิดไฟฟ้าดับแล้วจะทำให้ไม่สามารถใช้งานระบบ VLab ได้
- 5.1.4 อาสาสมัครยังขาดความเข้าใจในการใช้งานระบบ VLab ทำให้ใช้เวลาในการทำการทดลองมากเกินไป

5.2 ข้อสังเกต

- 5.2.1 ระบบ VLab เป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์การทดลองจริง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ Simulator แล้วสามารถตั้งข้อสังเกตได้ดังนี้
 - การใช้ Simulator เหมาะกับหัวข้อการทดลองที่ไม่ต้องการผลการตอบสนองแบบ Real-Time เช่น หัวข้อการทดลองเรื่อง Microprocessor Arithmetic เป็นต้น
 - การใช้ Simulator สามารถประหยัดงบประมาณด้านอุปกรณ์การทดลองได้
- 5.2.2 สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซีเพียง 1 เครื่องเพื่อทำงานเป็นทั้ง WWW Server, Lab Server และ Database Server ทั้งนี้เพื่อประหยัดงบประมาณ และหากต้องการเพิ่มชุดทดลองเข้ามา เพียงแต่เพิ่มเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีที่ทำหน้าที่เป็น Lab Server เท่านั้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ในหัวข้อที่ต้องมีอุปกรณ์ประกอบการทดลองจะต้องออกแบบระบบเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ประกอบการทดลองเหล่านั้นได้ ได้แก่
- 5.3.1.1 ในหัวข้อที่ต้องมีการใช้งานออสซิลโลสโคป อาจใช้ Web Camera ในการจับภาพหน้าจอของออสซิลโลสโคปแล้วนำมาแสดงในหน้าจอของโปรแกรมภาคโคลเอนท์หรือสำหรับออสซิลโลสโคปบางรุ่นที่สามารถส่งผ่านข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีโดยตรง อาจใช้วิธีตรวจจับสัญญาณนั้นโดย Lab Server แล้วนำมาแสดงในหน้าจอของโปรแกรมภาคโคลเอนท์
- 5.3.1.2 ในหัวข้อที่ต้องมีการงานใช้ลำโพง อาจใช้การตรวจจับสัญญาณเอาท์พุทของ $\mu\text{C-Lab}$ แล้วจึงส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมภาคโคลเอนท์ให้สร้างเสียงขึ้นที่คอมพิวเตอร์พีซีของผู้ใช้งาน
- 5.3.1.3 ในหัวข้อที่ต้องมีการใช้งาน LCD อาจใช้การจับภาพหน้าจอ LCD ด้วย Web Camera แล้วนำภาพที่ได้มาแสดงในหน้าจอของโปรแกรมภาคโคลเอนท์หรืออาจใช้วิธีตรวจจับสัญญาณที่พอร์ต LCD ของ $\mu\text{C-Lab}$ แล้วทำการส่งสัญญาณที่ได้ไปยังโปรแกรมภาคโคลเอนท์เพื่อแสดงผลในลักษณะของ LCD Emulator ต่อไป
- 5.3.1.4 ในหัวข้อที่ต้องใช้ Stepping Motor อาจใช้ Web Camera ในการจับภาพการหมุนของมอเตอร์ แล้วนำภาพที่ได้นั้นมาแสดงทางหน้าจอของโปรแกรมภาคโคลเอนท์หรืออาจใช้วิธีตรวจจับสัญญาณเอาท์พุทของพอร์ต I/O ของ $\mu\text{C-Lab}$ แล้วส่งสัญญาณที่ได้ไปยังโปรแกรมภาคโคลเอนท์เพื่อแสดงผลในลักษณะของ Stepping Motor Emulator ต่อไป
- 5.3.1.5 ในหัวข้อที่ต้องใช้ Keypad อาจเขียนโปรแกรม Keypad Emulator เพื่อรับค่าการกดคีย์จากผู้ใช้งานและส่งค่านั้นต่อให้แก่ VLab Server เพื่อสร้างสัญญาณการกดปุ่มป้อนแก่ $\mu\text{C-Lab}$ ต่อไป แต่ทั้งนี้การทำงานจะต้องสอดคล้องกันกับโปรแกรมสแกนปุ่มกดด้วย
- 5.3.2 สามารถใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 1 บอร์ดเพื่อใช้งานเป็นชุดทดลอง ทั้งนี้จะต้องรันโปรแกรม Paulmon2 และเฟิร์มแวร์ของ $\mu\text{C-Con}$ ด้วยชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวเดียวกัน โดยที่ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำงานแบบ Multitasking ได้ หรืออาจมีการออกแบบบอร์ด $\mu\text{C-Con}$ ขึ้นใหม่โดยให้มีส่วนของ PRC Board รวมอยู่บนบอร์ดเดียวกันแทนที่จะใช้บอร์ด

ไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานและเป็นการประหยัดงบประมาณ

- 5.3.3 อาจปรับปรุงโปรแกรม VLab Server เพื่อรองรับการใช้งานโปรแกรม Program Editor จากผู้ใช้หลายคนในคราวเดียวกันในลักษณะของ Compiler/Assembler Sharing
- 5.3.4 ต้องมีการสอนให้นักศึกษาได้เรียนรู้การทำการทดลองเรื่องไมโครโพรเซสเซอร์และการใช้งานระบบ VLab ก่อนที่จะให้นักศึกษาทำการทดลองเรื่องไมโครโพรเซสเซอร์ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้ระบบ VLab
- 5.3.5 ควรมีการจำกัดสิทธิในการจองเวลาทำการทดลองเฉพาะนักศึกษาที่มีทักษะทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านเกณฑ์ที่อาจารย์ผู้สอนกำหนดไว้เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อความ เป็นระเบียบเรียบร้อยในการจองเวลา
- 5.3.6 ควรมีระบบสำรองไฟฟ้าสำหรับเซิร์ฟเวอร์ เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีที่ใช้งานเป็นเซิร์ฟเวอร์ และเพื่อให้การให้บริการในระบบ VLab เป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน
- 5.3.7 เพื่อให้ระบบ VLab สามารถรองรับการใช้งานจากภายนอกมหาวิทยาลัยได้นั้น จะ ต้องทำการจด Domain Name
- 5.3.8 ควรมีการพบปะพูดคุยกันระหว่างนักศึกษา ผู้ดูแลการทดลอง และอาจารย์ผู้สอน หลังจากทำการทดลองในแต่ละหัวข้อ เพื่อเป็นการประเมินผลการใช้งานระบบและ ให้มีการเสนอแนะหรือติชมต่าง ๆ เกี่ยวกับระบบ VLab เพื่อใช้ในการปรับปรุงและ พัฒนาระบบ VLab ต่อไป
- 5.3.9 ระบบ VLab สามารถใช้งานกับการทดลองเรื่องอื่นนอกจากไมโครโพรเซสเซอร์ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองว่าสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ พีซีเพื่อควบคุมและตรวจจับผลการทดลองได้หรือไม่ และนอกจากนี้จะต้องมีการ ออกแบบซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ชิ้นใหม่ เพื่อให้เข้ากันได้กับการทดลองและ อุปกรณ์นั้น ๆ
- 5.3.10 ระบบ VLab สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบเฝ้าดูหรือระบบควบคุมต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรมได้ เช่น ระบบเฝ้าดูและควบคุมความร้อน ระบบเปิดปิดวาล์ว ระบายน้ำ เป็นต้น โดยสามารถให้ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าการควบคุมและเฝ้าดู สถานะของระบบทางหน้าจอของโปรแกรม Web Browser ผ่านทางระบบ อินเทอร์เน็ตได้

5.4 สรุปผลการทดสอบระบบ

- 5.4.1 ระบบ VLab เป็นระบบที่สามารถช่วยให้นักศึกษาสามารถทำการทดลองในวิชาไมโครโพรเซสเซอร์ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตได้
- 5.4.2 นักศึกษามีความพึงพอใจต่อความสะดวกสบายที่ได้รับจากการทำการทดลองผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้ระบบ VLab เนื่องจากเป็นระบบที่สามารถใช้งานจากที่ใดและเวลาใดก็ได้ที่อยู่ในช่วงเวลาที่อาจารย์ผู้สอนกำหนดไว้ ไม่จำเป็นต้องมาทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ
- 5.4.3 อุปกรณ์การทดลองมีโอกาสที่จะเกิดเสียหายน้อยลง เนื่องจากถูกติดตั้งและเชื่อมต่อกันโดยผู้ดูแลการทดลอง แทนที่จะให้นักศึกษาเป็นผู้เชื่อมต่ออุปกรณ์เอง จึงเป็นการยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์การทดลองได้ดีอีกทางหนึ่ง
- 5.4.4 จากการที่นักศึกษาไม่ต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์เอง ทำให้นักศึกษาขาดประสบการณ์ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์
- 5.4.5 ในปัจจุบันระบบ VLab ยังไม่สามารถรองรับการทดลองในวิชาไมโครโพรเซสเซอร์ได้ครบทุกหัวข้อ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย
- 5.4.6 ระบบ VLab ยังสามารถปรับปรุงส่วนประกอบบางอย่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ และเพื่อลดงบประมาณ เช่น การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซีเพียง 1 เครื่องเพื่อใช้งานเป็น WWW Server, Lab Server และ Database Server หรือการใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 1 บอร์ดสำหรับการทำการทดลอง เป็นต้น
- 5.4.7 ควรมีการบริหารจัดการระบบ VLab ที่รัดกุมมากกว่านี้ เพื่อให้การใช้งานระบบ VLab เป็นไปด้วยความเป็นระเบียบเรียบร้อย
- 5.4.8 ความเร็วในการตอบสนองของเซิร์ฟเวอร์ของระบบ VLab ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อัลกอริทึมที่เลือกใช้ในการเขียนโปรแกรม ประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีที่เลือกใช้เป็นเซิร์ฟเวอร์ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์การทดลอง ความเร็วของระบบอินเทอร์เน็ต และประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีของผู้ใช้งาน เป็นต้น โดยปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ ความเร็วของระบบอินเทอร์เน็ต
- 5.4.9 ก่อนที่นักศึกษาจะทำการทดลองผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้ระบบ VLab นั้น นักศึกษาควรมีความรู้ในการทำการทดลองในวิชาไมโครโพรเซสเซอร์ และมีความรู้ในการใช้งานระบบ VLab
- 5.4.10 ควรมีการจด Domain Name เพื่อให้สามารถใช้งานระบบ VLab จากภายนอกมหาวิทยาลัยฯได้

- 5.4.11 ควรมีระบบสำรองไฟฟ้า เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และสามารถให้บริการได้ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวันโดยไม่มีการติดขัด
- 5.4.12 หากมีนักศึกษาในแขนงวิชาอื่น ๆ หรือประชาชนทั่วไปที่สนใจในการทดลองเรื่องไมโครโพรเซสเซอร์ต้องการที่จะทำการทดลอง จะต้องขออนุญาตใช้งานต่อผู้ดูแลการทดลองก่อน เพื่อขอรหัสผ่านในการเข้าสู่ระบบ
- 5.4.13 ระบบ VLab สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหัวข้อการทดลองอื่น ๆ ได้ แต่ต้องมีการออกแบบระบบภาคเซิร์ฟเวอร์และพัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นใหม่บางส่วน เพื่อให้เข้ากันได้กับคุณลักษณะของหัวข้อการทดลองนั้น ๆ
- 5.4.14 ระบบ VLab สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอุตสาหกรรมได้

5.5 สรุปท้ายบท

ระบบ VLab สามารถช่วยให้นักศึกษาทำการทดลองระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ และนักศึกษาที่เป็นอาสาสมัครในการทดสอบมีความพึงพอใจต่อความเร็วในการตอบสนองในการใช้งานระบบ VLab เพื่อทำการทดลองเรื่องไมโครโพรเซสเซอร์ ถึงแม้ว่าความเร็วในการตอบสนองนั้นจะช้ากว่าระบบเดิมเล็กน้อย แต่ด้วยความสะดวกที่นักศึกษาได้รับในการที่ไม่ต้องเดินทางมาทำการทดลองด้วยตนเองที่ห้องทดลองจึงเป็นการประหยัดเวลาในการเดินทาง นอกจากนี้นักศึกษาสามารถทำการทดลองในเวลาใดก็ได้ที่อยู่ในช่วงเวลาที่อาจารย์ผู้สอนกำหนด

แต่ด้วยเวลาที่ใช้ในการทำวิจัยที่จำกัด จึงทำให้ระบบ VLab ไม่สามารถครอบคลุมหัวข้อการทดลองในวิชาไมโครโพรเซสเซอร์ได้ทุกหัวข้อ แต่ผู้วิจัยได้เสนอแนะแนวทางการพัฒนาเพื่อให้ระบบ VLab สามารถรองรับการทดลองในหัวข้อที่เหลือดังกล่าว

นอกจากนี้ระบบ VLab ยังสามารถใช้เป็นระบบต้นแบบในการพัฒนานำการทดลองในเรื่องอื่น ๆ มาสู่การทดลองผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต และยังเป็นระบบต้นแบบในการพัฒนาไปสู่การควบคุมเครื่องมือและเฝ้าดูสถานะของเครื่องมือทางด้านอุตสาหกรรมผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย