

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

Virtual Network Laboratory for Learning Virtual LAN (VLAN)



REF
TK
5105.7
0 692 7
ค.1

สงหนุ.....
เลขทะเบียน... **115481**
น.เดือน.ปี... **15 ส.ค. 2554**

ภาควิชาวิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

b. 12301890
i.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือด้านงบประมาณ จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยบางส่วนสนับสนุนจาก ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในรายวิชาเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทั้งในระดับอาชีวศึกษา และอุดมศึกษา โดยมุ่งเน้นในผู้เรียนเกิดทักษะในการจัดการเครือข่าย จากอุปกรณ์จริงที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้สามารถใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	3
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	3
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ภาษาจาวา	5
2.2 คำจำกัดความของ Embedded	7
2.3 Simple Network Application Platform (SNAP)	8
2.4 ขั้นตอนวิธีการจัดกำหนดการ (Scheduling Algorithms)	9
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	18
3.1 สถาปัตยกรรมของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน	18
3.2 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน	21
3.3 การสร้างการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน	26
3.4 การหาประสิทธิภาพการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน	28
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	30
4.1 ผลการทดสอบเครื่องแม่ข่าย VLS	30
4.2 ผลการทดสอบ RLC	33
4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน	34
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย	37
5.1 สรุป	37
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย	37
5.3 แนวทางการแก้ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิทยานิพนธ์	37
เอกสารนี้เอกสารอ้างอิง	38

เอกสารนี้เอกสารอ้างอิงไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

การใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ราบรื่นหรือมีเสถียรภาพ จำเป็นต้องมีการจัดการเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ดี ซึ่งการจัดการเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ดีจะทำให้การใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในหน่วยงานต่างๆ ที่ดูแลงานด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการฝึกในเรื่องการจัดการเครือข่ายอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดทักษะที่ดีในการจัดการเครือข่าย แต่ในด้านการเรียนการสอนการจัดการเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ปัญหาเรื่องอุปกรณ์เครือข่ายที่มีอยู่อย่างจำกัด อันเนื่องมาจากการขาดงบประมาณในการจัดหา ทำให้ไม่พอเพียงกับปริมาณของนักศึกษา ข้อจำกัดในเรื่องสถานที่เฉพาะสำหรับการทดลอง ทำให้นักศึกษาไม่สามารถทดลองได้พร้อมๆ กัน และอาจต้องจัดเป็นกลุ่ม หนดเวลาในการปฏิบัติการทดลอง ดังนั้นในหลายสถานศึกษาจึงจัดการเรียนการสอนได้เพียงทฤษฎี นักศึกษาขาดทักษะการจัดการเครือข่ายที่แท้จริง

จากปัญหาดังกล่าว บางครั้งอาจใช้ซอฟต์แวร์จำลองการทำงานของอุปกรณ์เครือข่าย แต่ก็ยังมีข้อจำกัด เช่นซอฟต์แวร์จำลองการทำงานไม่สามารถให้ผลทุกฟังก์ชันของอุปกรณ์เครือข่ายทั้งหมด หรือสร้างเป็นการทดลองเสมือน (Virtual Laboratories) เช่น งานวิจัย [1] ซึ่งเป็นการทดลองที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ในการทดลองจริง แต่อาศัยซอฟต์แวร์ที่จำลองการทำงานผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดเช่นเดียวกับการใช้ซอฟต์แวร์จำลองการทำงาน และอีกวิธีที่นิยมคือ การสร้างห้องปฏิบัติการระยะไกล (Remote Laboratories) เช่น งานวิจัย [2,3,4,5] ในการทดลองจะใช้อุปกรณ์จริงในการทดลองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และใช้วิธีการจัดสรรทรัพยากรให้สามารถใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งข้อสรุปข้อดีข้อเสียของการแก้ปัญหาด้วยการใช้การทดลองเสมือน คือใช้งบประมาณน้อย แต่มีข้อจำกัดเรื่องไม่สามารถทำงานได้ทุกฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ ส่วนห้องปฏิบัติการระยะไกล มีข้อดีข้อเสียตรงข้ามกัน โดยสรุปจากผลงานวิจัย [6] ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำการทดลองระยะไกลมาใช้ในการจัดการเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหาค่าใช้จ่ายซอฟต์แวร์จำลองการทำงาน

จากงานวิจัยด้านการสร้างห้องปฏิบัติการระยะไกล ส่วนใหญ่จะเป็นการติดต่อกับอุปกรณ์ที่ทำงานตามคำสั่งโดยไม่เก็บสถานะก่อนหน้า เช่นอุปกรณ์การวัดต่างๆ ทางวิศวกรรม แต่เมื่อนำมาใช้ในการจัดการอุปกรณ์เครือข่าย ในการทำงานของอุปกรณ์แต่ละครั้งจะต้องมีการนำสถานะก่อนหน้าของผู้ใช้แต่ละคนส่งให้อุปกรณ์ทำงานก่อนเพื่อให้การทำงานของผู้ใช้แต่ละคนสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และโดยปกติห้องปฏิบัติการระยะไกลจะต้องใช้คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบฯ เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์จากเอกสารนี้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างน้อยหนึ่งเครื่องเพื่อควบคุมอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งมีความสิ้นเปลืองอย่างมาก จึงมีแนวคิดที่จะใช้อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กและราคาถูกลง [7,8] มาทดแทนคอมพิวเตอร์ ดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือนที่ออกแบบ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ผู้เรียนสามารถปฏิบัติการทดลองได้พร้อมๆ กัน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3.2 มีใบงานการทดลองใช้ในการเรียนกับการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอนเรื่องการจัดการเครือข่ายได้

1.4.2 ผู้เรียนที่เรียนจากระบบจะมีทักษะในการจัดการเครือข่ายมากขึ้น

1.4.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเรียนการสอนในเรื่องต่างๆ ได้ในอนาคต

1.4.4 สามารถช่วยในการเรียนการสอนการจัดการเครือข่ายแก่สถานศึกษาที่มีอุปกรณ์เครือข่ายจำนวนจำกัดได้

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและวิธีการของงานวิจัยที่มีอยู่ ในการพัฒนาบทเรียนการทดลองแบบต่างๆ และกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ภาษาจาวา

จาวาเป็นภาษาหนึ่งที่เกิดโดยบริษัทซัน Sun Microsystem[®] [9] เป็นภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับใช้สร้าง ซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software) ได้ทั้งแบบที่เป็นทำงานเครื่องเดียว และในรูปของการประยุกต์ด้านเครือข่าย (Network Application) อีกทั้งยังมีซอฟต์แวร์สำเร็จ (Software Packages) เสริมอีกมากมายอำนวยความสะดวกให้กับผู้พัฒนา โดยไม่ยึดติดกับระบบปฏิบัติการของระบบคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็น เครื่องแบบพีซี, ซัน, ยูนิกซ์ เครื่องระดับมินิคอมพิวเตอร์จนถึงระดับซูเปอร์คอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยมี จาวาคอมไพเลอร์ เป็นตัวแปรภาษารหัสต้นฉบับ (Source Code) ให้กลายเป็นภาษากลางที่เรียกว่า ไบต์โค้ด (Byte Code) ข้อดีของภาษาจาวา คือ โปรแกรมที่เขียนมีขนาดเล็กสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้พัฒนาการประยุกต์ใช้งานซึ่งต้องการอะไร ความโดดเด่นของจาวาจะใช้หลักการของหลักการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุเป็นรูปแบบการโปรแกรมภาษาที่มีความคล่องตัวต่อการใช้งาน ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมครั้งเดียวสามารถใช้ได้ทุกระบบปฏิบัติการ แมื่อนาคัดจะเป็นการเปลี่ยนระบบปฏิบัติการใหม่ก็ตาม และที่สำคัญคือ เป็นฟรีแวร์ ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

ในส่วนที่เป็นพื้นฐานของจาวานั้นจะถูกแบ่งระดับ สำหรับการพัฒนา หรือที่เรียกว่าแพลตฟอร์ม ไว้ 3 หัวข้อใหญ่ คือ

Java Standard Edition (Java SE) สำหรับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (Desktop Computer) โดยสามารถสร้างโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ และด้านเครือข่าย

Java Enterprise Edition (Java EE) สำหรับ คอมพิวเตอร์เครือข่ายที่ให้บริการเครื่องลูกข่ายจำนวนมาก และองค์กรขนาดใหญ่

Java Mobile Edition (Java ME) สำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ, PDA เป็นต้น

โปรแกรมภาษาจาวาเป็นโปรแกรมที่มีรูปแบบการทำงานหลากหลาย โดยเริ่มแรกการทำงานจะมีเพียง 2 รูปแบบคือ แอปเพล็ต (Applet) และโปรแกรมประยุกต์ (Application Program)

แอปเพล็ต เป็นโปรแกรมภาษาจาวาที่ถูกนำไปใช้งานในเว็บเบราว์เซอร์ หรือเว็บเพจต่างๆไป

โปรแกรมประยุกต์ ต่างจาก แอปเพล็ต คือ ไม่ได้ถูกนำไปใช้งานบนเว็บเบราว์เซอร์แต่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเองเหมือนโปรแกรมที่ถูกพัฒนาแบบอื่นๆ เช่น C, Visual Studio เป็นต้น

เนื่องจาก มีความต้องการใช้ซอฟต์แวร์เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานมากขึ้น ทำให้จาวามีการพัฒนาในรูปแบบเพื่อให้รองรับการทำงานให้มากขึ้น คือ เซิร์ฟเล็ต (Servlets) เป็นโปรแกรมที่ใช้ทำงานบนเครื่องแม่ข่าย ซึ่งจะเป็นแม่ข่ายของแต่ละเว็บไซต์ และ มิดเล็ต (Midlets) เป็นรูปแบบภาษาของจาวาที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์สื่อสารขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ, เครื่องมือสื่อสาร, และ อุปกรณ์ไร้สาย เป็นต้น โดยทั่วไปแล้ว โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากภาษา C, Pascal อื่นๆ เป็นต้น ใช้วิธีการคอมไพล์ หากอนาคตมีความเปลี่ยนแปลงในระบบปฏิบัติการ จะทำให้เกิดผลเสีย คือโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นมาจะไม่สามารถทำงานได้จากเครื่องที่มีระบบปฏิบัติการที่ต่างกันได้ โดยหากต้องการที่จะนำไปใช้งานได้จะต้องมีการแก้ไขรหัสต้นฉบับใหม่ ทำให้เกิดความเสียเวลาเป็นอย่างมาก และจากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้บริษัท Sun Microsystem[®] จึงคิดค้น ซอฟต์แวร์เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน โดยใช้ชื่อเรียกว่าจาวา เพื่อแก้ไขเรื่องซีดจำกัดเรื่องของระบบปฏิบัติการที่มีความแตกต่างกัน จึงได้มีการพัฒนาแนวความคิดของ Java Virtual Machine (JVM) ขึ้นมา สำหรับภาษาจาวาสามารถทำงานได้ตามลำพัง และมีโปรแกรมสนับสนุนการทำงานเพิ่มเติมมากมาย เช่น การทำงานของจาวาแบบแอปเพล็ต เพื่อให้สามารถรันบนเว็บเบราว์เซอร์ได้ สำหรับภาษาจาวาสามารถมีการจัดองค์ประกอบ เช่น package file ต่างๆ ซึ่งไฟล์เหล่านี้จะถูกติดตั้งพร้อมกับ J2SDK บางส่วน และทำการติดตั้งเพิ่มเติมภายหลังได้ ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาจาวา JRE (Java Runtime Environment) ถือเป็นหัวใจหลัก เพราะการที่จะนำเอาโปรแกรมประยุกต์มารัน เพื่อให้ทำงานบนระบบปฏิบัติการ เช่น UNIX, Windows, Macintosh เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมี JRE เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์ สามารถรันบนระบบปฏิบัติการต่างๆ ได้

JVM (Java Virtual Machine) เป็นกลไกเสมือนตัวแปลภาษา (Interpreter) ของจาวา โดยมีหลักการทำงานเริ่มแรก คือ การนำรหัสต้นฉบับที่อยู่ในแบบฟอร์มของจาวามาผ่านการคอมไพล์ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นไบต์โค้ด หลังจากนั้นทำการเรียกใช้งานโดยผ่านตัวแปลภาษา JRE เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงาน ซึ่งการนำไปใช้งานจะต้องนำโปรแกรม JRE ไปติดตั้งที่เครื่องที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการใช้งาน ซึ่งโปรแกรมนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับเครื่องที่ใช้งาน หรือแม้แต่ระบบปฏิบัติการ (OS) ดังนั้น ภาษาจาวาจึงทำงานได้ไม่ขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการ

เทคโนโลยีจาวามีจุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ "Write Once Run Anywhere" กล่าวคือ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาแล้วสามารถทำงานกับระบบต่างๆ ภายในแพลตฟอร์มเดียวกันได้ อาทิเช่นโปรแกรม Java SE สามารถทำงานกับระบบปฏิบัติการต่างๆ ได้ ทั้ง Solaris, Linux, และ Windows หรือโปรแกรม Java ME สามารถที่จะรันบนเครื่องมือถือ ที่เป็น Java Phone ยี่ห้อใดก็ได้ที่ซอฟต์แวร์ภายในสนับสนุนภาษาจาวาทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีจาวาเป็นมาตรฐานเปิดและที่ได้รับการยอมรับ จึงทำให้บริษัทผู้ผลิต (Vendor) ต่างๆ สามารถนำเทคโนโลยีจาวาไปใช้งานและพัฒนาพร้อมกับผลิตภัณฑ์ออกมามากมาย ดังเช่น บริษัทผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือต่างๆ ได้นำเทคโนโลยีจาวาพัฒนาใช้กับโทรศัพท์มือถือทั้งนี้เพราะจาวานั้น โปรแกรมประยุกต์มีขนาดเล็ก ใช้ทรัพยากรอื่น ๆ ค่อนข้างน้อย ง่ายต่อการพัฒนาจึงถูกนำมาใช้เป็น โปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์มือถือ

2.2 คำจำกัดความของ Embedded

ปัจจุบันในการต่อกับแฉงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับบอร์ดทดลองมีความสะดวกขึ้น ด้วยวิวัฒนาการสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นับวันยิ่งเล็กลงเรื่อยๆ และยังคงด้วยขีดความสามารถในแง่ต่างๆ ที่ถูกเพิ่มเติมไว้พร้อมใช้งาน โดยแค่พัฒนาโปรแกรมแล้ว Upload Firmware ก็สามารถทำงานได้เลย และไม่เป็นแค่เพียงซีพียูบอร์ดเพียงอย่างเดียว แต่จะเป็นการรวมเอาทุกอย่าง อย่างเช่น CPU, Flash, Memory รวมทั้ง I/O Interface อื่นๆ เช่น SPI, CAN, I2C, RS-232, TCP/IP หรืออาจจะถูกเรียกได้ว่ามีทุกสิ่งพร้อมที่จะสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมสั่งงานได้โดยไม่ต้องหาอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์อื่นๆ มาต่อเพิ่มเติม สิ่งต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นมันถูกวางลงบนแผ่น PCB แผ่นเดียวกันทั้งหมด เพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้งานกับผู้ใช้ และถูกเรียกเป็นชื่อที่จำง่าย ๆ ว่า "Embedded" (เอ็มเบ็ดเต็ด) [10] ในปัจจุบัน Embedded บอร์ดนั้นมีออกมามากมายด้วย ซีพียูหลายๆ ตระกูล ไม่ว่าจะเป็น ATMEGA, Microchip, FPGA (Field Programmable Gate Device) เป็นต้น ขีดความสามารถในแง่ต่างๆ ก็จะมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป แต่สำหรับบอร์ด Embedded ที่ผู้วิจัยจะขอเสนอจะเป็นบอร์ดอีกทางเลือกหนึ่งที่คิดว่ามีขีดความสามารถไม่น้อยหน้าไปกว่าบอร์ด Embedded แบบอื่นๆ ซึ่งใช้ชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า SNAP (Simple Network Application Platform)

ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นกับคำว่า Embedded นั้น คือ การรวมเอาสิ่งต่างๆ ให้อยู่บนบอร์ดเดียวกันเท่าที่จะทำได้ อาจจะเน้นให้มีขนาดเล็ก, มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักพัฒนาหลากหลาย เช่น CPU, I/O Interface, Communication และสิ่งที่เอื้ออำนวยต่างๆ เหล่านี้ ไม่ว่าจะ มีข้อดีอย่างไร แต่สิ่งที่สำคัญที่จำเป็น คือ OS (Operating System) ณ จุดตรงนี้นับว่าเป็นจุดที่สำคัญที่ไม่ควรมองข้าม จะให้บอร์ดนั้นทำงานอย่างไรไม่มีปัญหาในเรื่องของการรันซอฟต์แวร์ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถรันแบบหลายภารกิจ (Multi Tasking) ได้ สำหรับบอร์ด SNAP นั้นกับสิ่งต่างๆ ในด้านฮาร์ดแวร์ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นได้รวมเอาไว้ทั้งหมด แต่ในเรื่องของซอฟต์แวร์โปรแกรมประยุกต์นั้นบริษัทผู้ผลิตได้มีการพัฒนาโดยใช้ภาษาจาวา

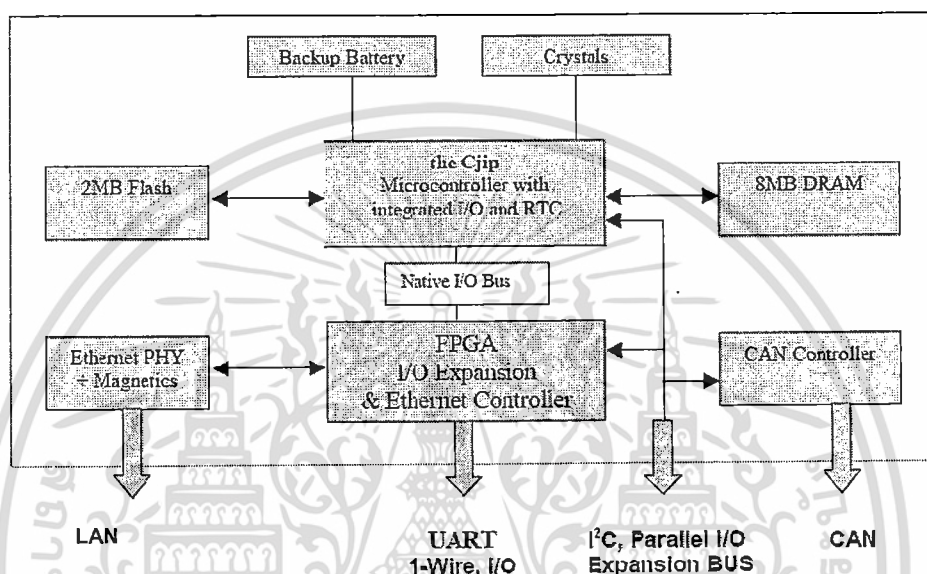
2.3 Simple Network Application Platform (SNAP)

สำหรับอุปกรณ์ SNAP มีรายละเอียดของส่วนประกอบและการเชื่อมต่อดังนี้

- 2.3.1 Build บน Socket Standard 72-pins SIMM form Factor
- 2.3.2 Plugs into TINI compatible socket boards
- 2.3.3 SUN certified J2ME-CLDC
- 2.3.4 SNAP runtime environment
- 2.3.5 Native Java execution
- 2.3.6 IEEE 454 floating point acceleration
- 2.3.7 Extensive I/O capabilities through Java APIs
- 2.3.8 TCP/IP stack
- 2.3.9 General-purpose digital I/O
- 2.3.10 10/100 Base-T Ethernet
- 2.3.11 Real time clock and Calendar
- 2.3.12 2 Mbytes flash memory
- 2.3.13 Three serial ports
- 2.3.14 Dual 1-Wire interfaces
- 2.3.15 CAN (Controller Area Network)
- 2.3.16 High-speed I²C bus and SPI
- 2.3.17 Single +5V Power supply
- 2.3.18 Connector for optional C/Java/Assembler debug SW
- 2.3.19 Wide operating temperature range, -20oC to +70oC

ภาพที่ 2-1 แสดงผังงานของ SNAP โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้ SNAP ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Cjip ของบริษัท Imsys Technologies เป็นตัวประมวลผลหลัก ตัวชิปและอุปกรณ์รอบข้างจะติดตั้งบน SIMM มาตรฐานขนาด 72 ขา SNAP เป็น Embedded ที่สามารถพัฒนาโปรแกรมได้ด้วย CLDC ซึ่งเป็นสับเซตของ J2ME โดยให้ API ที่สามารถใช้งานมาด้วย SNAP จะมีหน่วยความจำแบบแฟลชจำนวน 2MB สำหรับเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งาน และหน่วยความจำแบบไดนามิกแรมจำนวน 8 MB เป็นพื้นที่สำหรับให้โปรแกรมทำงาน ส่วนของเอกสารนี้ อุปกรณ์รอบข้างมี FPGA ของบริษัท Xilinx เป็นชิปที่เป็นตัวควบคุมพอร์ตแบบอินเทอร์เน็ทไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงสามารถพัฒนาโปรแกรมที่เชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตได้ นอกจากนี้ยังสนับสนุนการทำงานผ่านพอร์ต RS-232 ซึ่งใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายในงานวิจัยนี้ SNAP ยังมีตัวเชื่อมต่อกับอินพุต/เอาต์พุต เช่น CAN (Controller Area Network) High-speed I²C bus และ SPI



ภาพที่ 2-1 ผังงานของ SNAP [8]

สำหรับการทำงานของบอร์ด SNAP สิ่งที่อยู่บนบอร์ดจะถูกแบ่งออกเป็น สองส่วนคือ

ส่วนที่หนึ่ง จะเป็น Mainboard หรือ Baseboard หลักที่ประกอบด้วยภาคจ่ายไฟ จุดเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการสื่อสารเช่น RS232, (DTE และ DCE Terminal), TCP/IP, CAN bus, I²C, 1-Wire, SPI, Socket SIM Stick for External I/O เพิ่มเติม

ส่วนที่สอง บนบอร์ดจะถูกวางอยู่บน PIC ที่อยู่ในรูปแบบ SIMM-72 Socket ซึ่งอุปกรณ์บนบอร์ดจะประกอบด้วย ซีพียู หน่วยความจำประเภท Flash Memory เพื่อใช้เก็บ OS, และ โปรแกรมประยุกต์ที่ผู้เขียนพัฒนาขึ้น Ram เป็นหน่วยความจำสำรอง Real Time Clock, Chip Set สำหรับการสื่อสารแบบต่างๆ เช่น TCP/IP, RS-232, CAN เป็นต้น

2.4 ขั้นตอนวิธีการจัดกำหนดการ (Scheduling Algorithms)

ขั้นตอนวิธีสำหรับการจัดกำหนดการของกระบวนการ (Process) มีความสำคัญอยู่ที่การตัดสินใจว่าจะให้กระบวนการใดได้ครอบครองเวลาของตัวประมวลผลกลางก่อน ซึ่งมีอยู่หลายวิธีดังรายละเอียด [11] ดังนี้

2.4.1 การจัดกำหนดการแบบมาก่อนบริการก่อน (First-Come-First-Served Scheduling)

วิธีการจัดกำหนดการที่ง่ายที่สุดสำหรับการคัดเลือกกระบวนการให้ครอบครองเวลาของตัวประมวลผล คือ ขั้นตอนวิธีการที่ใช้แนวคิดของมาก่อนบริการก่อน (First-Come-First-Served : FCFS) ซึ่งมีหลักการง่ายๆ คือ กระบวนการใดที่ร้องขอใช้ตัวประมวลผลก่อนจะได้รับ การจัดสรรให้ครอบครองเวลาของตัวประมวลผลก่อน ซึ่งการสร้างขั้นตอนวิธีนี้ขึ้นมา ทำให้ไม่ยาก เพราะสามารถนำเอาหลักการของคิวมาก่อนได้ก่อน (FIFO queue) มาใช้ได้ทันที เมื่อกระบวนการใดเข้ามาอยู่ในคิวแบบนี้ PCB ของงานก็จะถูกเชื่อมไว้กับหางของคิว เมื่อตัวประมวลผลว่างลง กระบวนการใดที่มี PCB อยู่ที่หัวของคิวก็就会被นำออกมาจากคิวให้เข้าครอบครองเวลาของตัวประมวลผลทันที

ค่าเฉลี่ยของการคอยในคิวแบบมาก่อนบริการก่อนนี้ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นผลเสียของการใช้หลักการแบบนี้

2.4.2 การจัดกำหนดการแบบงานสั้นทำก่อน (Short-Job-First Scheduling : SJF)

จากการที่พบเห็นปัญหาในหลักการของขั้นตอนวิธีแบบมาก่อนบริการก่อน ทำให้มีการคิดค้นว่าทำอย่างไรจึงจะเกิดความพอดีระหว่างกระบวนการที่ต้องการเวลาของตัวประมวลผลในช่วงสั้นๆ กับกระบวนการที่ต้องการเวลาของตัวประมวลผลนานๆ ผลคือ มีแนวคิดที่จะทำให้กระบวนการที่ต้องการคาบเวลาตัวประมวลผลในเวลาถัดไปสั้นที่สุด จะได้รับเลือกให้เข้ามาครอบครองตัวประมวลผลก่อน และถ้ามีกระบวนการหลายตัวที่มีคาบเวลาของตัวประมวลผลของช่วงต่อไปเท่าๆ กัน ก็จะใช้หลักการขั้นตอนวิธีแบบมาก่อนบริการก่อนมาใช้ในการคัดเลือก

2.4.3 การจัดกำหนดการแบบลำดับความสำคัญ (Priority Scheduling)

ขั้นตอนวิธีแบบมาก่อนบริการก่อน สามารถมองได้อีกแง่ว่าเป็นการจัดกำหนดการตามลำดับความสำคัญชนิดหนึ่ง ลำดับความสำคัญของแต่ละกระบวนการจะถูกกำหนดไว้ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง เพื่อจะให้ตัวประมวลผลมีการใช้กระบวนการที่มีลำดับความสำคัญสูงที่สุดเท่านั้น แต่ถ้ามีงานที่มีลำดับความสำคัญเท่ากัน จะมีใช้ขั้นตอนวิธีแบบมาก่อนบริการก่อน

2.4.4 การจัดกำหนดการแบบวิธีวนรอบ (Round-Robin Scheduling : RR)

การจัดกำหนดการแบบวิธีวนรอบ เป็นวิธีการที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้กับระบบคอมพิวเตอร์แบบแบ่งเวลาโดยเฉพาะ ซึ่งมีลักษณะการทำงานแบบมาก่อนบริการก่อน (FCFS) แต่ให้มีกรรมวิธีของสิทธิ์ก่อนรวมอยู่ด้วย แต่ละโปรเซสที่เข้ามาในระบบจะถูกจำกัดเวลาการเข้าใช้ตัวประมวลผลเท่าๆ กัน ซึ่งช่วงเวลานี้จะเป็นช่วงเวลาสั้นๆ เรียกว่า เวลาควันตัม (Quantum Time) คิวที่ใช้จะเป็นแบบวงกลม (Circular Queue) ตัวจัดกำหนดการจะมีการให้ตัวประมวลผลกับกระบวนการที่อยู่ในคิวแบบวนไปรอบ ๆ ในแต่ละคาบเวลาที่ให้นั้น โดยจะมีความยาวนานของการได้รับการประมวลผลมากที่สุดคือ 1 ควันตัม ถ้ากระบวนการไม่สามารถทำให้เสร็จภายใน 1 ควันตัมนี้ กระบวนการจะต้องถูกนำกลับไปไว้ในคิวเช่นเดิม สถานภาพต่าง ๆ ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการที่ยังทำไม่เสร็จก็จะถูกบันทึกไว้ เมื่อถึงโอกาสได้ครอบครองตัวประมวลผลอีก ก็จะได้เริ่มต้นทำงานต่อจากครั้งที่แล้วโดยไม่ต้องเริ่มใหม่ทั้งหมด

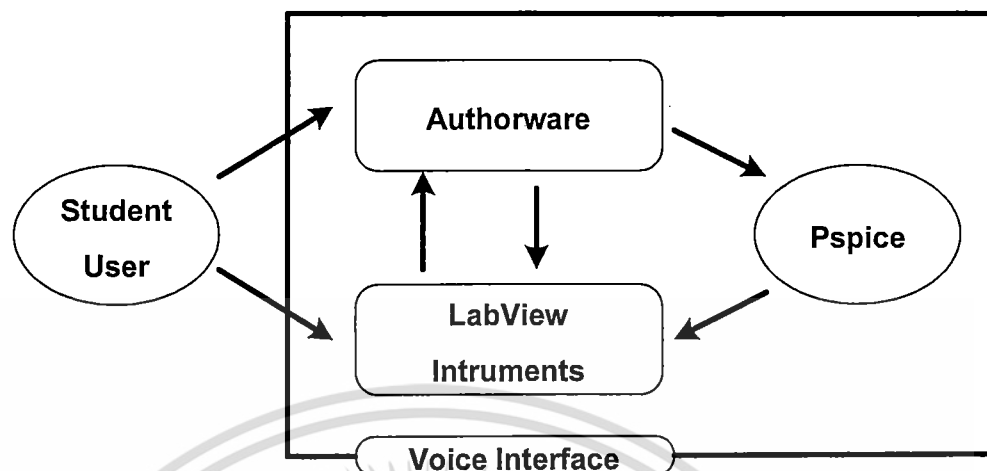
จากขั้นตอนวิธีการจัดกำหนดการที่กล่าวมา ลักษณะของการใช้งานของระบบที่ต้องการพัฒนาส่วนของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนส่งคำสั่งมายังระบบ ผู้เรียนจะต้องรอรับผลลัพธ์ก่อนจึงจะสามารถส่งคำสั่งใหม่ต่อไปได้ ดังนั้น การใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกำหนดการแบบวิธีวนรอบ จึงไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากคำสั่งแต่ละคำสั่งจะต้องทำงานเสร็จก่อน ซึ่งจะทำให้ช่วงเวลาวันถัดมาไม่เท่ากัน กรณีที่คำสั่งไม่เสร็จจะต้องบันทึกสถานะไว้เพื่อไปทำคิวถัดไปก่อน ซึ่งจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายอื่น (Overhead) ขึ้น ส่วนขั้นตอนการจัดกำหนดการแบบงานสั้นทำก่อนอาจไม่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้เนื่องจากคำสั่งที่ใช้ในการตั้งค่าอุปกรณ์เครือข่ายโดยค่าเฉลี่ยจะใช้เวลาเท่า ๆ กัน ดังนั้นจึงไม่สามารถช่วยในเรื่องของผลตอบสนองทางเวลามากนัก ส่วนขั้นตอนวิธีการจัดกำหนดการแบบลำดับความสำคัญนั้น ในงานวิจัยได้กำหนดสิทธิการใช้ของผู้เรียนอย่างเดียว ดังนั้น การเลือกคิวของผู้เรียนมีลำดับความสำคัญเท่า ๆ กันจึงไม่ช่วยเรื่องของผลตอบสนองทางเวลาเช่นกัน

งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกำหนดการแบบมาก่อนบริการก่อน เนื่องจากรูปแบบการนำเสนอของการทดลองที่พัฒนามีลักษณะดังที่กล่าวมา ผู้เรียนมีลำดับความสำคัญเท่า ๆ กัน และการส่งคำสั่งจากผู้เรียนใครส่งคำสั่งมาก่อนก็จะได้รับตอบสนองตามคำสั่งก่อน โดยภายในคิวของระบบจะมีคำสั่งของผู้เรียนแต่ละคนเพียงคำสั่งเดียว เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนจะต้องรอผลลัพธ์ของคำสั่งก่อน จึงจะสามารถส่งคำสั่งต่อไปได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากบทนำในการแก้ปัญหาการเรียนการสอนในด้านการจัดการเครือข่ายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะนั้นสามารถทำได้ด้วยการสร้างปฏิบัติการเสมือน และการสร้างปฏิบัติการระยะไกล โดยมีผู้วิจัยในวิธีการดังกล่าวมาแล้วดังนี้

งานวิจัย ของ M. Duarte [1] ได้นำเสนอการสร้างปฏิบัติการเสมือน โดยการทำงานของซอฟต์แวร์ร่วมกันดังแสดงในภาพที่ 2-4

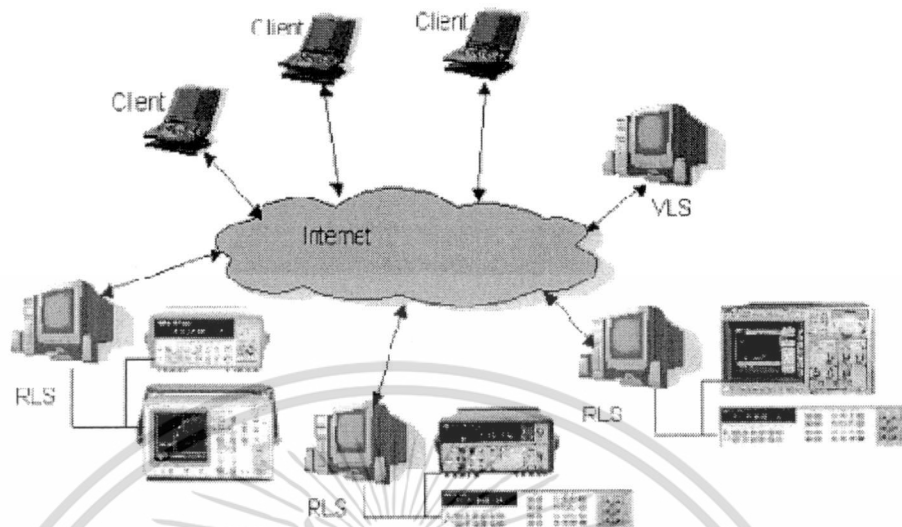


ภาพที่ 2-4 สถาปัตยกรรมปฏิบัติการเสมือนของ M. Duarte [1]

การทำงานของระบบผู้เรียนจะทำงานผ่านโปรแกรม Authorware ในการต่อวงจรต่างๆ สำหรับในการทดลอง และติดต่อผ่านโปรแกรม LabView เพื่อทำการวัดผลตอบสนองของการทดลอง ขั้นตอนในการประมวลผลวงจรที่ต่อภายใน Authorware จะถูกส่งผ่านไปประมวลผลด้วย โปรแกรม Pspice แล้วส่งค่าผลลัพธ์ไปแสดงผลที่โปรแกรม LabView โดยการเรียกใช้งานอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง จะกระทำผ่านโปรแกรม Authorware ซึ่งในการทดลองจะมีข้อจำกัดคือจำเป็นต้องปฏิบัติตามรายละเอียดการทดลองที่กำหนด ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถปฏิบัติในวิธีการที่คิดเองได้

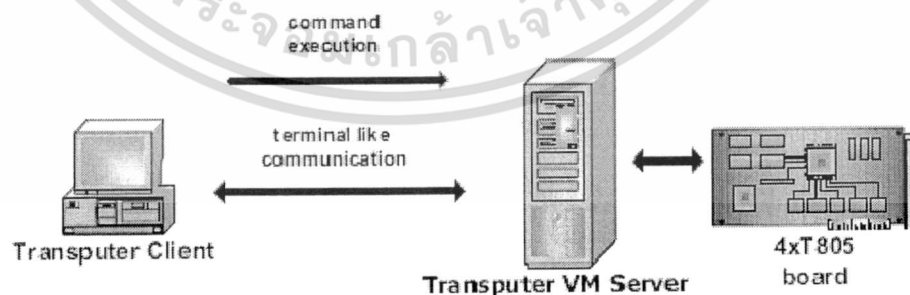
งานวิจัย ของ M. Chirico [2] ได้นำเสนอแบบจำลองแบบเปิดสำหรับปฏิบัติการระยะไกล โดยมีสถาปัตยกรรมของโมเดลดังภาพที่ 2-5

โดย M. Chirico ได้นำเสนอโมเดลแบบเปิดสำหรับปฏิบัติการระยะไกลสำหรับการทดลองทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งพัฒนาเป็น 2 ส่วน คือ Virtual Laboratory Server (VLS) และ Real Laboratory Server (RLS) ซึ่งในส่วนของ VLS ทำหน้าที่คอยตรวจสอบการเข้าสู่ระบบ บริการข้อมูลการทดลอง ข้อมูลช่วยเหลือสำหรับการทดลอง และส่งข้อมูลของ RLS กับไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนติดต่อได้โดยตรงกับอุปกรณ์การทดลองผ่านทาง RLS สำหรับการดำเนินงานของ RLS ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์การทดลองจริง เพื่อส่งผลการทดลองกลับไปยังผู้เรียน โดยสนับสนุนใช้อุปกรณ์การทดลองของผู้เรียนหลายคนพร้อมกัน



ภาพที่ 2-5 สถาปัตยกรรมโมเดลปฏิบัติการระยะไกลของ M. Chirico [2]

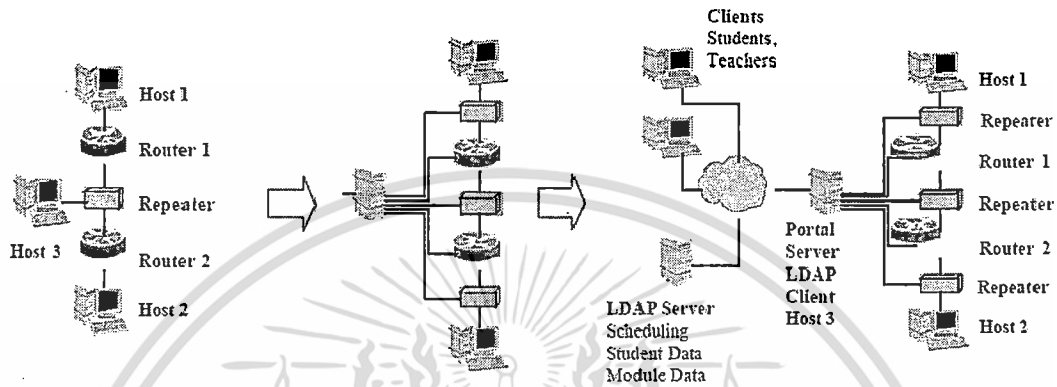
เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาได้เลือกใช้ LabView เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์การวัดเช่น ออสซิลอสโคป ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ โดยโปรแกรม LabView ติดต่อกันผ่านพอร์ต IEEE488 (GPIB) งานวิจัยของ R. Klempous [3] ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนการเขียนโปรแกรม Occam โดยมีใช้หลักการเขียนโปรแกรมแบบขนาน ซึ่งจำเป็นต้องใช้บอร์ดทรานสพิวเดอร์ ที่มีจำนวนตัวประมวลผล Inmos T805 จำนวน 4 ตัว ซึ่งมีราคาสูง ดังนั้นจึงใช้หลักการของปฏิบัติการระยะไกล โดยให้ผู้เรียนสามารถเรียนผ่านระบบอินเทอร์เน็ต และออกแบบระบบให้สามารถใช้งานฮาร์ดแวร์ดังกล่าวได้ แสดงดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 ปฏิบัติการระยะไกลที่พัฒนาโดย R. Klempous [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยของ M. Steinemann [4] เป็นงานวิจัยที่วิเคราะห์ปฏิบัติการระยะไกลของการทดลองด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยมีตัวอย่างการทำเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานบนปฏิบัติการระยะไกลได้ ดังแสดงดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 แสดงการแปลงจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้เป็นปฏิบัติการระยะไกล [4]

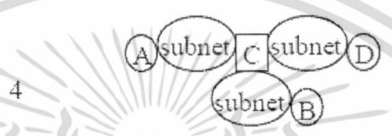
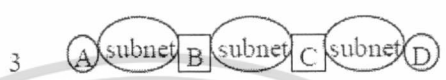
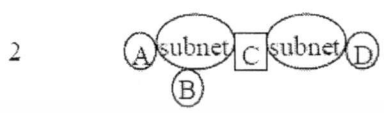
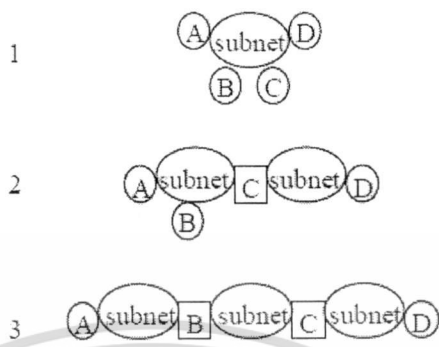
ซึ่ง M. Steinemann ได้สรุปว่า ในการพัฒนาระบบปฏิบัติการระยะไกลด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องคำนึงถึง ความปลอดภัย การจำกัดกำหนดการ การกักกันความผิดพลาด โดยผู้ร้องขอจะกระทำกับ Portal Server และจัดการตั้งค่าอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านเส้นทางเชื่อมต่อแบบอนุกรม Portal Server ที่เป็นต้นแบบในการสร้างนี้จะสนับสนุนการใช้งานกับนักศึกษาจำนวนหนึ่ง ด้วยการตรวจสอบผ่านโพรโทคอล LDAP โดยนักศึกษาที่ต้องการใช้ทรัพยากรเครือข่ายสามารถใช้งานได้เพียงหนึ่งคนเท่านั้น

งานวิจัยของ L Fàbrega [5] เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนาระบบปฏิบัติการระยะไกลเพื่อเรียนรู้ในเรื่องการกำหนดไอพีแอดเดรส IPv4/IPv6 โดยมีรูปแบบการต่อ (Topology) จำนวน 4 รูปแบบ ดังแสดงดังภาพที่ 2-8

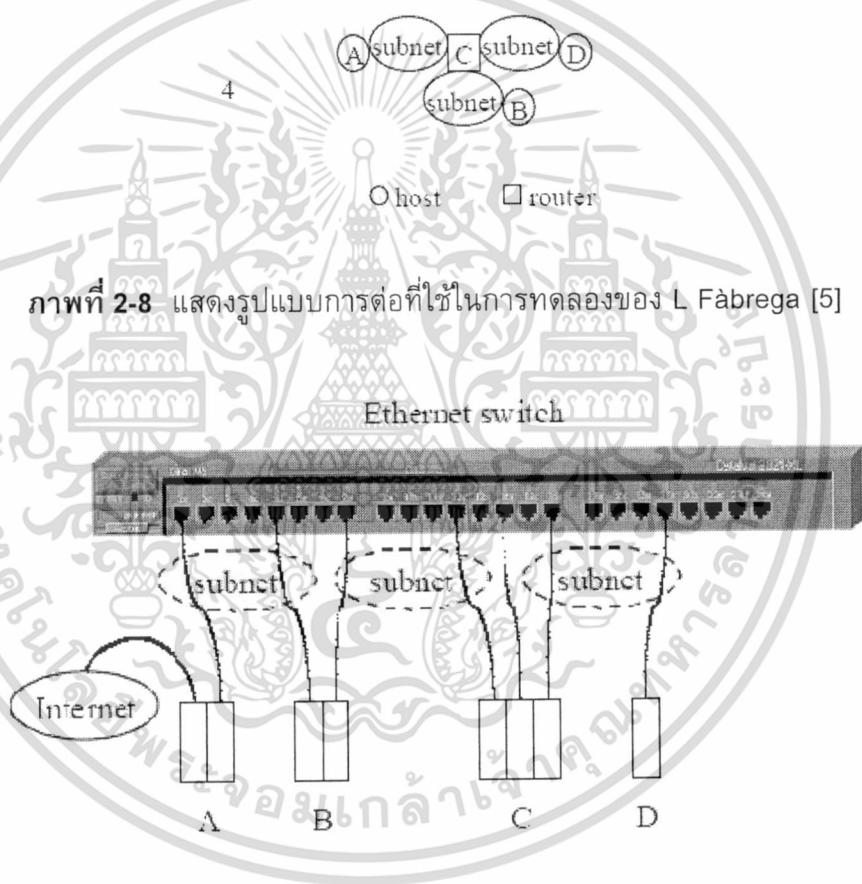
ในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการต่อของเครือข่ายนั้น ได้อาศัยหลักการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Switching Hub) โดยมีลักษณะการเชื่อมต่อดังภาพที่ 2-9

ที่จุด A ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ ทำเว็บเซิร์ฟเวอร์และเป็นเกตเวย์เราท์เตอร์ของระบบ การจัดการตั้งค่าตัวอุปกรณ์กระจายสัญญาณสามารถทำได้ด้วยการ Telnet เข้าไปยังอุปกรณ์กระจายสัญญาณโดยตรง เพื่อทำการแบ่งเครือข่ายย่อยตามลักษณะการต่อแบบต่างๆ ตามที่กำหนดในการทดลอง ส่วน B, C และ D เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกันใช้เป็นเครื่องลูกข่ายของระบบเพื่อใช้ในการตรวจสอบผลการทดลอง จากระบบที่นำเสนอนี้ผู้ใช้สามารถเข้าใช้ได้ทีละหนึ่งคนเท่านั้น ไม่สามารถเข้าใช้งานพร้อมๆ กันได้เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ M. Steinemann

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2-8 แสดงรูปแบบการต่อที่ใช้ในการทดลองของ L Fàbrega [5]



ภาพที่ 2-9 แสดงรูปแบบการต่อแบบต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองของ L Fàbrega [5]

งานวิจัยของ Z. Nedic [6] เป็นงานวิจัยเชิงเปรียบเทียบระหว่างปฏิบัติการทดลองแบบต่างๆ ได้สรุปดังนี้

ปฏิบัติการจริง (Real Laboratories) จะต้องมีการจัดเตรียมเวลาและเครื่องมือ ทั้งฝ่ายนักศึกษา และผู้สอน คือต้องมีการจัดตารางสอนอย่างชัดเจน ซึ่งถ้ามหาวิทยาลัยมีนโยบายที่ขยายกรอบทางการศึกษาจึงเป็นข้อจำกัด จึงจำเป็นต้องหาวิธีจัดการให้เหมาะสมในยุคสมัย

ปัจจุบัน โดยมี 3 วิธีที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิดีโอ เทป หรือ ซีดี ซึ่งบันทึกรายละเอียดการทดลอง
2. จำลองการทำงานของ การทดลองหรือปฏิบัติการเสมือน (Virtual Laboratories)
3. ปฏิบัติการระยะไกล

รายการแรกจะเป็นการเรียนแบบทางเดียวไม่มีการโต้ตอบกันจึงเป็นวิธีที่ไม่นิยมนัก ส่วนเหตุผลที่เลือกใช้ปฏิบัติการเสมือน มีดังนี้

1. สามารถใช้ในการอธิบายกรอบแนวคิดทฤษฎีได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. สามารถนำเข้าสู่การทดลองที่ละชั้น
3. เป็นสื่อที่มีการโต้ตอบได้
4. มีความยืดหยุ่น และสามารถใช้เครื่องมือได้ง่าย
5. เป็นทางเลือกที่ใช้งบประมาณต่ำ
6. ไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาและตัวอุปกรณ์

ปฏิบัติการระยะไกลเป็นการพัฒนาแนวคิดขึ้นใหม่โดยจำนวนของปฏิบัติการระยะไกลกำลังเพิ่มขึ้นแบบ Exponential ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันทำให้สามารถออกแบบให้สามารถทำงานได้ดีที่สุดเทียบเท่ากับปฏิบัติการจริงถ้าออกแบบอย่างเหมาะสม โดยสามารถสรุปข้อดีได้คือ

1. สามารถทำการทดลองระยะไกลได้
2. การทดลองจะกระทำกับอุปกรณ์จริง
3. ทำการทดลองร่วมกันได้เหมือนการทดลองจริง
4. แสดงผลได้อย่างถูกต้องเพราะเป็นผลจากการทดลองอุปกรณ์จริง
5. ยืดหยุ่นในเรื่องของเวลา และสถานที่ ที่ใช้ในการทดลอง

โดยสามารถสรุป ข้อดี ข้อเสีย ของปฏิบัติการแต่ละประเภทดังแสดงได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อดีข้อเสียของการทดลองแบบต่างๆ [6]

ชนิดของการทดลอง	ข้อดี	ข้อเสีย
ปฏิบัติการจริง (Real Laboratories)	-ข้อมูลได้จากการปฏิบัติการทดลองจริง -มีการโต้ตอบกับอุปกรณ์จริงโดยตรง -ทำงานร่วมกันได้ -การโต้ตอบกับผู้ควบคุมการทดลอง	-มีข้อจำกัดเรื่องเวลาและสถานที่ -ต้องการตารางเรียน -ต้นทุนสูง -ต้องการผู้ควบคุมการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ชนิดของการทดลอง	ข้อดี	ข้อเสีย
ปฏิบัติการเสมือน (Virtual Laboratories)	<ul style="list-style-type: none"> -ใช้ในการอธิบายแนวคิดรวบยอดดี -ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาและสถานที่ -เป็นสื่อแบบมีการโต้ตอบ -ต้นทุนต่ำ 	<ul style="list-style-type: none"> -ข้อมูลเป็นอุดมคติ -ต้องการการทำงานร่วมกัน -ไม่มีการติดต่อกับอุปกรณ์การทดลองจริง
ปฏิบัติการระยะไกล (Remote Laboratories)	<ul style="list-style-type: none"> -มีการติดต่อกับอุปกรณ์การทดลองจริง -สามารถปรับแต่งได้ -ข้อมูลได้จากการปฏิบัติการทดลองจริง -ไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลา และสถานที่ -ต้นทุนอยู่ในระดับปานกลาง 	<ul style="list-style-type: none"> -ผู้เรียนอาจมองเป็นปฏิบัติการเสมือน

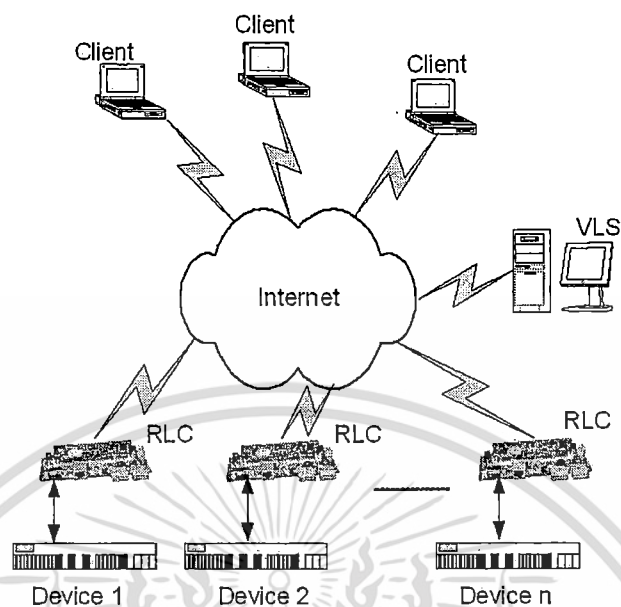
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน โดยได้แบ่งการออกแบบและการสร้างเป็นสามส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการออกแบบและการสร้างทางด้านสถาปัตยกรรมของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน ส่วนที่สองเป็นการออกแบบและการสร้างสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน และส่วนสุดท้ายเป็นการหาประสิทธิภาพของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

3.1 สถาปัตยกรรมของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

เพื่อออกแบบและพัฒนาการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน สนับสนุนให้ผู้เรียนเข้าไปปรับแต่งค่าของอุปกรณ์เครือข่ายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยให้ผลตอบสนองเช่นเดียวกับทำงานกับอุปกรณ์จริง และสามารถรองรับคำสั่งในการจัดการเครือข่ายอุปกรณ์ได้จากผู้เรียนหลายคนพร้อมกัน จากความต้องการนี้ ทำให้ระบบถูกออกแบบโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ Virtual Laboratory Server (VLS) และ Real Laboratory Controller (RLC) ดังแสดงในภาพที่ 3-1 ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดการทำงานดังนี้



ภาพที่ 3-1 สถาปัตยกรรมของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่าย
ท้องถิ่นแบบเสมือน

3.1.1 Virtual Laboratory Server (VLS)

ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่ายให้บริการทางด้านขั้นตอนการทดลองผ่านทางเว็บไซต์ และข้อมูลความช่วยเหลือในการทดลอง เช่น ข้อมูลของตัวอุปกรณ์เครือข่ายที่ใช้ในการทดลอง VLS จะทำหน้าที่ตรวจสอบสิทธิ์ (Authentication) การเข้าใช้ระบบ โดยผู้ที่ต้องการเรียนผ่านระบบจะต้องมีการลงทะเบียนกับระบบก่อน เมื่อผู้เรียนผ่านการตรวจสอบสิทธิ์แล้ว VLS จะส่งข้อมูลขั้นตอนการทดลองไปยังเครื่องลูกข่าย และเลือก RLC ที่กำหนดให้กับผู้เรียนเพื่อทำการเชื่อมต่อ ซึ่ง VLS จะจัดเก็บจำนวนของผู้เรียนที่เชื่อมต่อไปยัง RLC แต่ละตัวเพื่อนำมาใช้ในการประมาณภาระงานของ RLC แต่ละตัว

ในกรณีที่จำนวนผู้เรียนมากกว่าจำนวน RLC ที่มีอยู่ ตัวจัดกำหนดการบน VLS จะต้องเลือก RLC ให้ผู้เรียน เพื่อทำการเชื่อมต่อ โดยจะตรวจสอบภาระงานของ RLC แต่ละตัว เพื่อให้เกิดสมดุลของภาระงานใน RLC ซึ่ง VLS จะเลือก RLC ที่มีผู้เรียนจำนวนน้อยที่สุด ในกรณีที่จำนวนผู้เรียนของ RLC เท่ากัน จะเลือก RLC จากเวลาการเชื่อมต่อครั้งแรกของ RLC ถ้าตัวใดมีเวลาของการเชื่อมต่อครั้งแรกเร็วกว่า จะถูกเลือกสำหรับการเชื่อมต่อ ในกรณีที่ผู้เรียนขาดการติดต่อในระยะเวลาที่กำหนด หรือผู้เรียนยกเลิกการเชื่อมต่อ VLS จะปรับปรุงจำนวนการเชื่อมต่อของ RLC นั้นให้ถูกต้อง ด้วยหลักการดังกล่าว จะทำให้ RLC แต่ละตัวมีปริมาณการเชื่อมต่อเท่าเทียมกัน

ตัวจัดกำหนดการบน VLS ในกรณีที่มีคิวจากเครื่องลูกข่ายจำนวนมากว่าหนึ่งมายัง VLS ตัวจัดกำหนดการบน VLS จะคอยจัดลำดับการใช้งานของเครื่องลูกข่ายด้วยอัลกอริทึมเข้าก่อนออกก่อน (First-In-First-Out: FIFO) โดยถ้าเครื่องลูกข่ายได้มีการส่งคำสั่งเข้ามาในคิวก่อนก็
เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกเลือกไปทำงานก่อน ภายในคิวจะมีคิวของเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่องเพียงคิวเดียว เนื่องจากในส่วนของโปรแกรมในแอปพลิเคชันของเครื่องลูกข่ายจะไม่สามารถส่งคำสั่งต่อได้ถ้ายังไม่ได้รับผลตอบสนองของคำสั่งก่อนหน้ากลับมาจึงแอปพลิเคชัน ในการส่งข้อมูลคำสั่งของเครื่องลูกข่ายจาก VLS ไปยัง RLC นั้นนอกจากส่งข้อมูลคำสั่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายแล้ว VLS จะมีโปรโตคอลที่คุยกับ RLC เพื่อให้ RLC สามารถจดจำ และแยกแยะสถานะการใช้งานของอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละเครื่องลูกข่ายได้อย่างถูกต้อง

3.1.2 Real Laboratory Controller (RLC)

ใช้อุปกรณ์ SNAP ทำหน้าที่ควบคุมให้บริการผู้เรียนในการติดต่อกับอุปกรณ์เครือข่าย โดยเป็นตัวกลางในการส่งคำสั่งต่างๆของผู้เรียนไปยังอุปกรณ์เครือข่าย และส่งผลลัพธ์กลับไปยัง VLS เพื่อส่งต่อไปยังผู้เรียนได้อย่างถูกต้องต่อไป

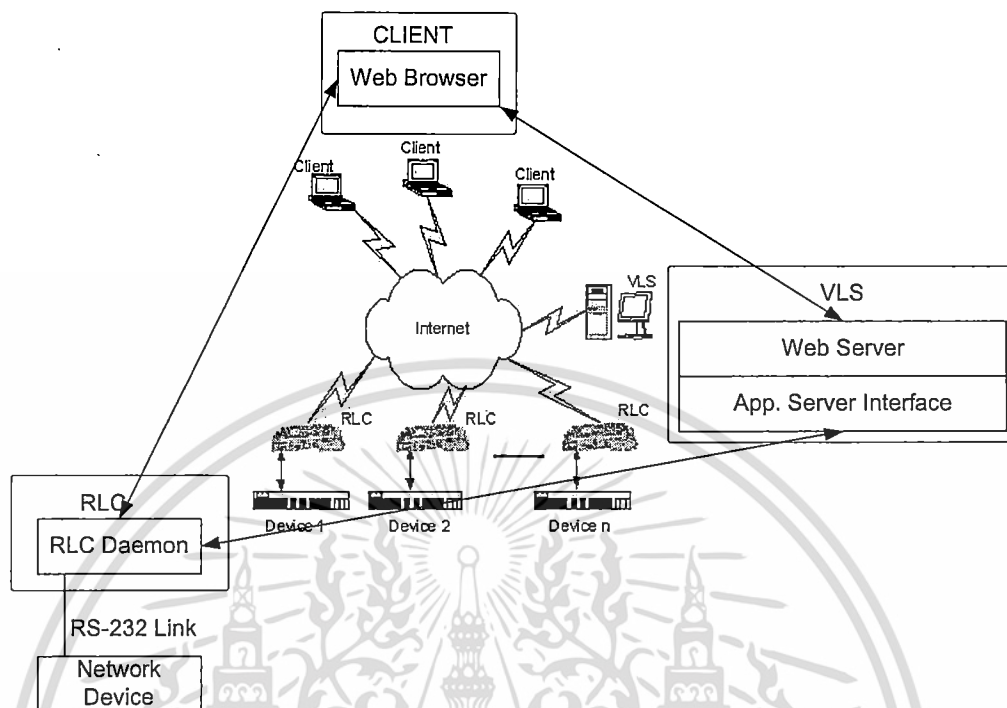
ระหว่างการส่งคำสั่งจาก RLC ไปยังอุปกรณ์เครือข่าย RLC จะทำหน้าที่อ่านและจดจำสถานะของอุปกรณ์สำหรับผู้เรียนก่อนการเปลี่ยนคิว สำหรับการส่งคำสั่งของผู้เรียนไปยังอุปกรณ์เครือข่ายในแต่ละคำสั่งนั้น RLC จะต้องตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์เครือข่ายก่อนหน้าของผู้เรียนแต่ละคนก่อน ถ้ามีจะต้องนำสถานะก่อนหน้าของผู้เรียนนั้นส่งไปยังอุปกรณ์เครือข่ายก่อน เพื่อให้อุปกรณ์เครือข่ายรองรับคำสั่งที่ผู้เรียนส่งไป และได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง กรณีที่ผู้เรียนไม่มีสถานะก่อนหน้า RLC จะสั่งให้อุปกรณ์เครือข่ายมีสถานะตามค่าเริ่มต้นของอุปกรณ์นั้นๆ

3.2 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

ซอฟต์แวร์ของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน (ภาพที่ 3-2) ประกอบด้วยส่วนติดต่อกับผู้เรียน ใช้เว็บเบราว์เซอร์ที่สนับสนุนการทำงานของแอปพลิเคชันเพียงอย่างเดียวเพื่อติดต่อผ่าน VLS ด้วย HTTP ซอฟต์แวร์บนเครื่องแม่ข่าย VLS ที่เป็นเครื่องบริการเว็บเลือกใช้ Apache Tomcat

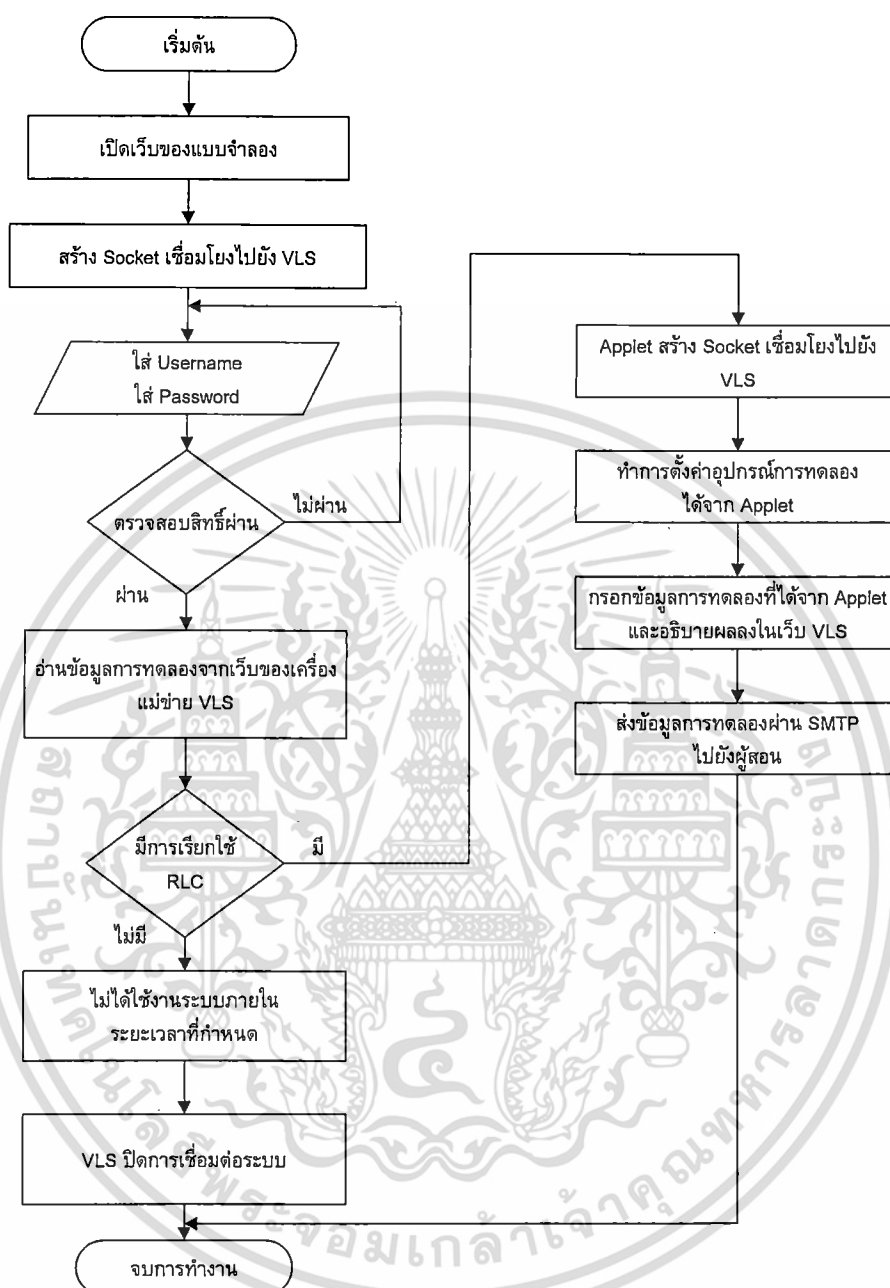
ส่วนของ Application Server Interface ทำหน้าที่ส่งข้อมูลคำสั่งและข้อมูลผู้เรียนใช้ให้กับ RLC เพื่อให้ RLC สามารถเก็บสถานะของผู้ร้องขอและอุปกรณ์เครือข่ายทำงานได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ในกรณีที่ผู้เรียนมีจำนวนมากกว่าจำนวนอุปกรณ์ที่มีอยู่ Application Server Interface จะเป็นตัวจัดกำหนดการเพื่อแบ่งปันภาระงานของอุปกรณ์ให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด

ในกรณีที่ผู้เรียนไม่มีการติดต่อภายในเวลาที่กำหนดหรือมีการออกจากระบบ (logout) RLC จะส่งข้อมูลการออกจากระบบไปที่ VLS เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคนใหม่เข้าใช้งานได้ต่อไป



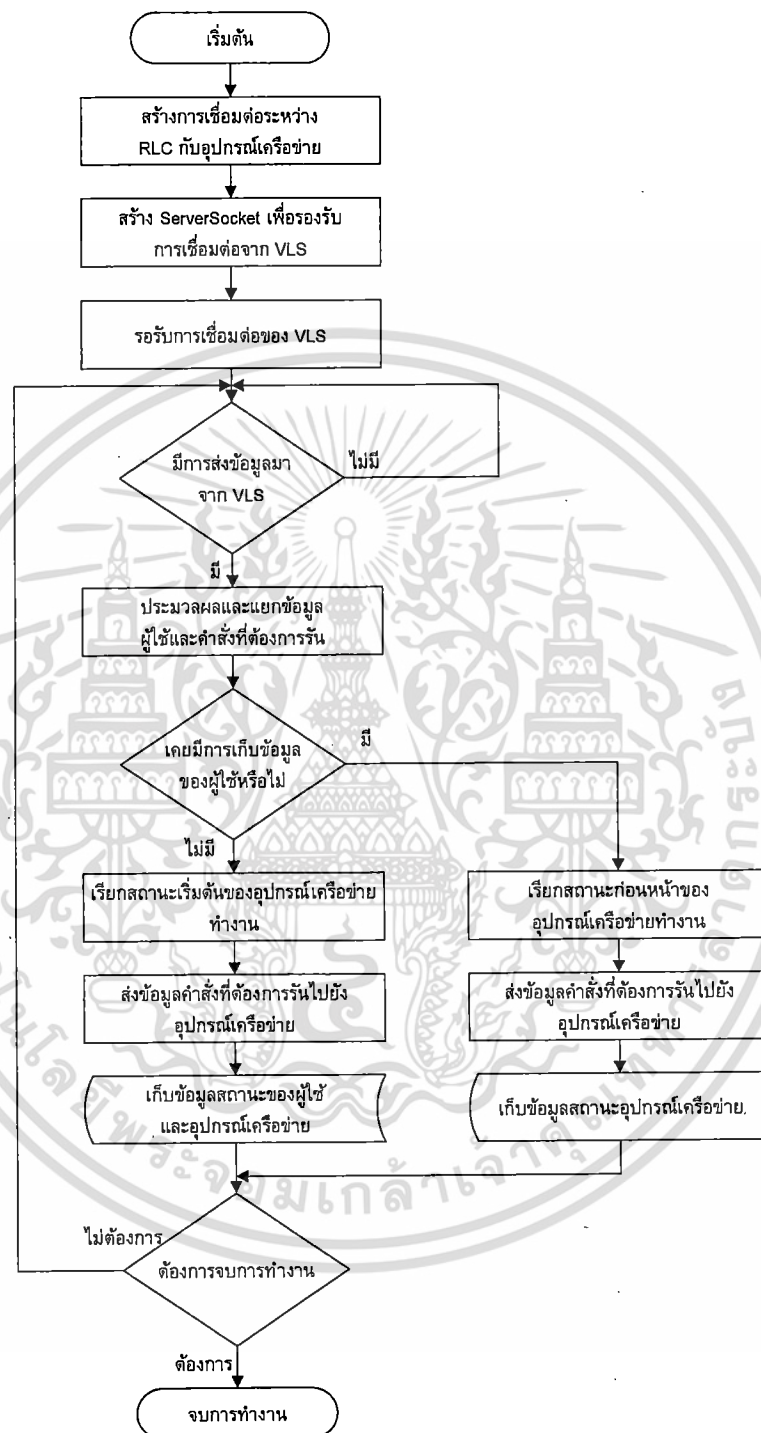
ภาพที่ 3-2 สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียน
เครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

ซอฟต์แวร์รับ RLC พัฒนาจาก J2ME-CLDP โดยจะเก็บสถานะของอุปกรณ์ ตลอดจนตั้ง
สถานะของช่วงการสื่อสาร ที่ถูกต้องส่งให้ตัวอุปกรณ์ทำงาน
ขั้นตอนการทำงานของเครื่องลูกในระบบสามารถอธิบายการทำงานได้ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องลูกข่ายภายในระบบ
ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแม่ข่าย VLS สามารถอธิบายการทำงานได้ดังภาพที่ 3-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการทำงานของ RLC

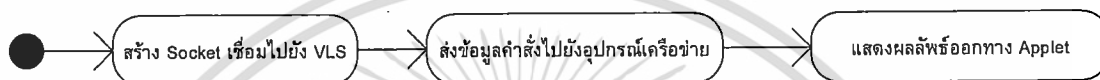
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

จากขั้นตอนการทำงานของ VLS และ RLC สามารถออกแบบคลาสของโปรแกรมได้ดังนี้

3.3.1 คลาส RemoteRouter

เป็นคลาสที่ทำงานเป็นแอปพลิเคชันบนเครื่องลูกข่ายทำงานผ่านเบราว์เซอร์ ทำหน้าที่คอยรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดของเครื่องลูกข่ายส่งข้อมูลผ่านไปยัง VLS และคอยแสดงผลของผลลัพธ์ที่ได้จากอุปกรณ์เครือข่าย



ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนการทำงานของคลาส RemoteRouter

3.3.2 คลาส AuthServlet

เป็นคลาสบน VLS ใช้สำหรับตรวจสอบตัวตน (Authentication) และเมื่อตรวจสอบบัญชีผู้ใช้งาน (Username) รหัสผ่าน (Password) ผ่านโปรแกรมจะเลือก RLC ที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมต่อโดยวิธีดูจากภาระงานของ RLC แต่ละตัว แล้วส่งหน้า HTML ไปแสดงผ่านที่เบราว์เซอร์เครื่องลูกข่าย แสดงดังภาพที่ 3-7

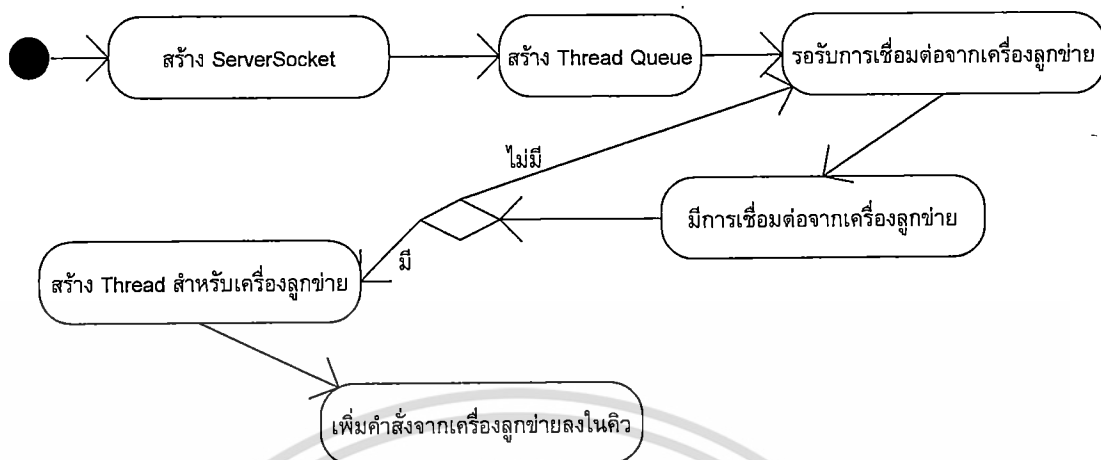


ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการทำงานของคลาส AuthServlet

3.3.3 คลาส MyVLS

เป็นคลาสหลักที่ทำงานบนเครื่อง VLS โดยจะทำหน้าที่สร้าง Socket เพื่อรองรับเครื่องลูกข่าย และสร้างคิวขึ้นมาเพื่อคอยลำดับการส่งคำสั่งไปยังตัวอุปกรณ์เครือข่ายเป็นไปตามลำดับก่อนหลัง ดังแสดงดังภาพที่ 3-8

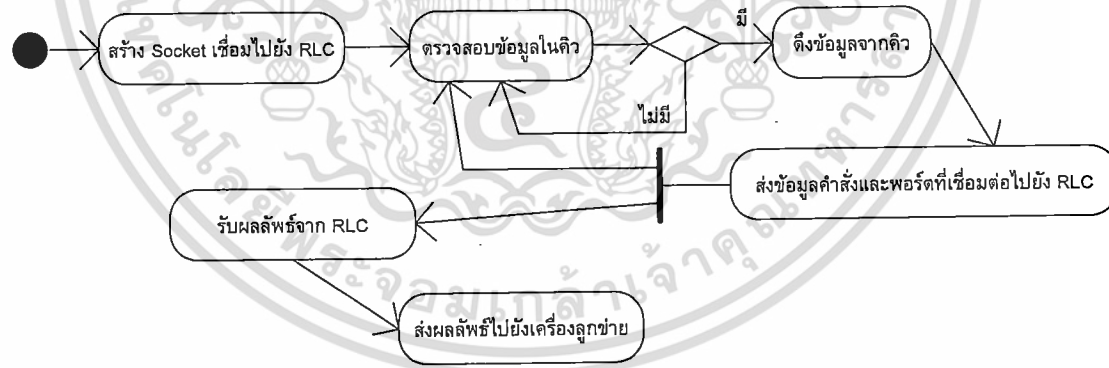
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-8 ขั้นตอนการทำงานของคลาส MyVLS

3.3.4 คลาส ControlQueue

คลาส ControlQueue มีหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง VLS กับ RLC โดยจะมีการตรวจสอบคิวอยู่ตลอดเวลาถ้ามีข้อมูลรออยู่จะดึงข้อมูลจากคิวและส่งข้อมูลไปยัง RLC เพื่อทำงานตามคำสั่ง ดังแสดงดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 ขั้นตอนการทำงานของคลาส ControlQueue

ในการเชื่อมต่อระหว่าง ControlQueue กับ RLC มีโปรโตคอลในการส่งแต่ละครั้งคือจะส่งคำสั่งที่ต้องการให้ RLC ทำงาน และพอร์ตของเครื่องลูกข่ายที่ทำการเชื่อมต่อ เพื่อให้ RLC เก็บสถานะของเครื่องลูกข่ายได้อย่างถูกต้อง พอร์ตจะมีขนาด 4 หลัก รูปแบบข้อมูลที่ ControlQueue ส่งไปยัง RLC แสดงดังภาพที่ 3-10

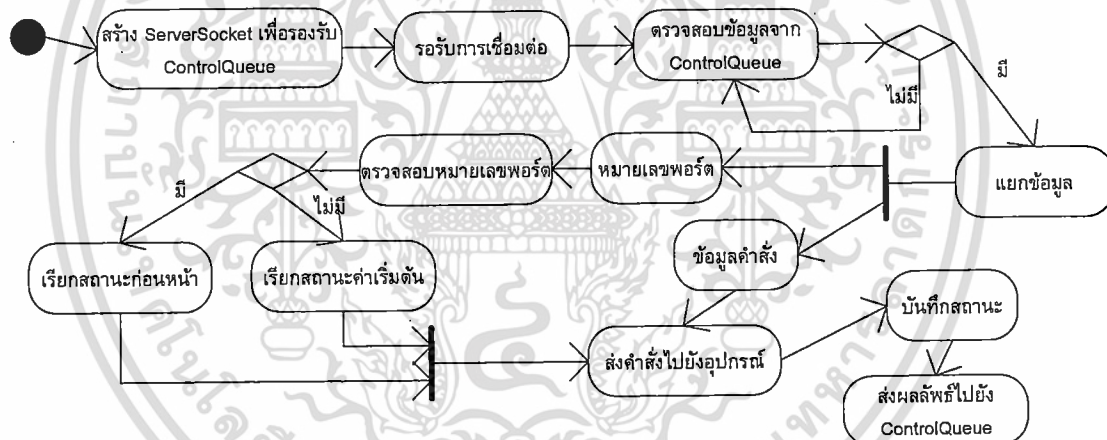
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command String	Number Port for Client
----------------	------------------------

ภาพที่ 3-10 รูปแบบข้อมูลที่ ControlQueue ส่งไปยัง RLC

3.3.5 คลาส SerialReadWrite

คลาส SerialReadWrite เป็นคลาสที่เป็น RLC Daemon โดยมีหน้าที่คือคอยรับการเชื่อมต่อจาก ControlQueue ของ VLS และรับคำสั่งส่งต่อไปยังตัวอุปกรณ์เครือข่าย อีกทั้งหมายเลขพอร์ตของเครื่องเครื่องลูกข่ายจะใช้สำหรับการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์เครือข่าย ทำให้เครื่องลูกข่ายหลายๆ เครื่องสามารถใช้งานอุปกรณ์เครือข่ายตัวเดียวกันได้ ดังแสดงขั้นตอนดังภาพที่ 3-11



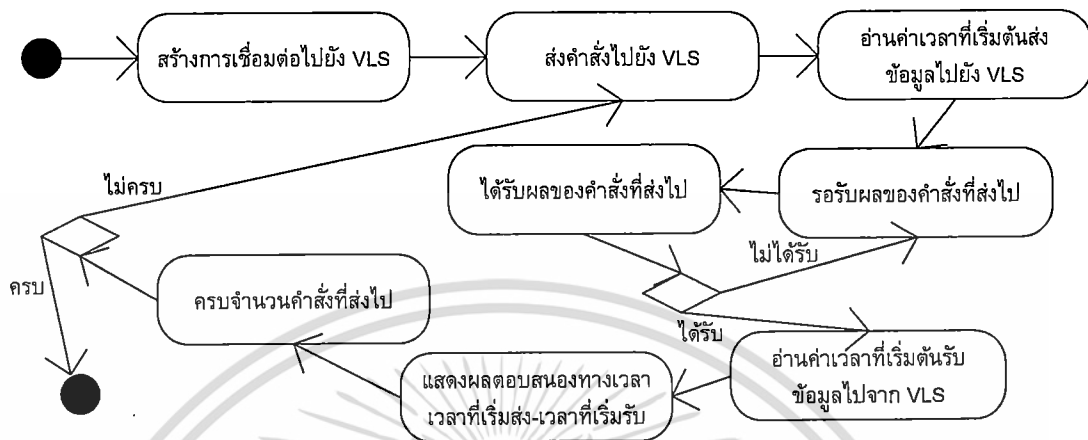
ภาพที่ 3-11 ขั้นตอนการทำงานของคลาส SerialReadWrite

3.4 การหาประสิทธิภาพการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

ภายใต้สิ่งแวดล้อมดังที่กล่าวมาแล้ว เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน ได้ด้วยปริมาณผู้ใช้งานที่รองรับได้ จึงออกแบบการทดสอบ โดยจะใช้จำนวนของกระบวนการแทนจำนวนผู้ใช้ ดังนี้ 1, 5, 10 และ 15 ตามลำดับ การสร้างกระบวนการ (Process) ของผู้ใช้ตามจำนวนที่กำหนดนี้จะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนเข้าสู่การทดลองที่พัฒนา ซึ่งขั้นตอนการทำงานของกระบวนการของผู้ใช้แต่ละกระบวนการเป็นดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการแทนผู้ใช้งาน

จากภาพที่ 3-12 จะเห็นว่ากระบวนการที่แทนผู้ใช้จะมีการส่งคำสั่งไปยัง VLS และจะรอจนกระทั่งได้ผลลัพธ์มาก่อน จึงจะสามารถส่งคำสั่งต่อไปได้

ในการหาผลตอบสนองทางเวลาของคำสั่งที่ส่งไปในแต่ละกระบวนการ (Process) สามารถแยกกลุ่มของคำสั่งที่ใช้ได้เป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มคำสั่งที่ไม่ทำให้สถานะของอุปกรณ์เครือข่ายเปลี่ยนแปลง และกลุ่มคำสั่งที่ทำให้สถานะของอุปกรณ์เครือข่ายเปลี่ยนแปลง ในการทดสอบในงานวิจัยได้เลือกคำสั่งต่างๆ ที่ใช้ทดสอบจากความถี่ที่ใช้งานของโปรแกรมทดลอง โดยกลุ่มคำสั่งที่ไม่ทำให้สถานะของอุปกรณ์เครือข่ายเปลี่ยนแปลงที่ใช้วัดประสิทธิภาพคือ show vlan กลุ่มคำสั่งที่ทำให้สถานะของอุปกรณ์เครือข่ายเปลี่ยนแปลงที่ใช้วัดประสิทธิภาพคือ add vlan ซึ่งแต่ละกระบวนการจะส่งคำสั่งดังกล่าวไปยัง VLS จำนวน 10 ครั้ง หลังจากได้ผลลัพธ์ของผลตอบสนองทางเวลาแต่ละครั้งมาแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยผลตอบสนองทางเวลาครั้งแรกของแต่ละกระบวนการจะไม่ถูกนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากเป็นสภาวะเริ่มต้นของตัวจัดกำหนดการ เมื่อได้ผลการทดสอบสามารถหาจำนวนเครื่องลูกข่ายที่สามารถรองรับได้สูงสุด โดยดูค่าเฉลี่ยผลตอบสนองทางเวลาไม่ควรเกิน 90 วินาที

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงาน จากวิธีการดำเนินงานวิจัยในบทที่ 3 โดยแยกส่วนผลการดำเนินงานเป็นสามส่วนคือ ส่วนของการทดสอบเครื่องแม่ข่าย VLS ส่วนของการทดสอบ RLC และส่วนของผลการหาประสิทธิภาพของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

4.1 ผลการทดสอบเครื่องแม่ข่าย VLS

ในการทดสอบผู้วิจัยได้ทดสอบโดยให้เครื่องแม่ข่าย VLS, RLC และเครื่องลูกข่ายต่อเข้าโดยตรงกับสวิตช์ 10/100 Mbps ทดสอบการเชื่อมต่อผ่าน เบราร์เซออร์จากเครื่องลูกข่ายไปยัง VLS

โดยเมื่อมีการเรียกไปที่ Web Server ของระบบฯ VLS จะทำการแมตช์กับพารของ XML ภายใน และทำการโหลดโปรแกรม Servlet โดยโปรแกรมแรกที่ทำงาน คือ AuthServlet ทำหน้าที่ตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้ ทำการตรวจสอบชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน เมื่อใส่รหัสผ่านถูกต้องจะสามารถเข้าสู่ระบบได้ แต่ถ้าไม่ถูกต้อง จะแจ้งเตือนไม่อนุญาตให้เข้าใช้งานได้ จากผลการทดสอบสามารถทำงานได้

เมื่อตรวจสอบสิทธิ์ผ่าน ผู้เรียนสามารถในเบราร์เซออร์สามารถแสดงขั้นตอนการทดลอง และแสดงรายละเอียดการทดลองที่ผู้เรียนต้องทำ โดยมีคำอธิบายถึง วัตถุประสงค์ของการทดลอง คำอธิบายการทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และขั้นตอนการทดลองดังภาพที่ 4-1

ในขณะที่อ่านขั้นตอนการทดลอง ผู้เรียนสามารถเข้าระบบปฏิบัติการระยะไกล ด้วยการคลิกที่ปุ่มเชื่อมโยงไปยังปฏิบัติการระยะไกล (ดังภาพที่ 4-2) และปรากฏหน้าเว็บเพิ่มขึ้นมาและรัน Applet เพื่อทำการเชื่อมโยงไปยังเครื่อง RLC โดยผู้เรียนสามารถทำการตั้งค่าอุปกรณ์ตามคำสั่งที่อธิบายตามขั้นตอนการทดลอง หรือมีแนวคิดที่จะใช้คำสั่งใดๆ ก็สามารถตั้งค่าได้โดยไม่จำกัด เช่น ซอฟต์แวร์เนื่องจากผลที่ได้เกิดจากการตั้งค่าในอุปกรณ์เครือข่ายจริง

การจัดการและตั้งค่าเครือข่ายแบบเสมือน - Microsoft Internet Explorer

Address <http://192.168.1.65:8084/vlan.htm>

ภาพทดลองที่ 1 การจัดการและตั้งค่าเครือข่ายทั้งห้าแบบเสมือน

Virtual LAN (VLAN) Management and Configuration.

วัตถุประสงค์

1. นักศึกษาสามารถแสดงวิธีการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้
2. นักศึกษาสามารถแสดงวิธีการตั้งค่าในตู้อุปกรณ์ Switch ให้เป็นไปตามที่กำหนดได้
3. นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการการทำงานของการทำงาน Virtual LAN ได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

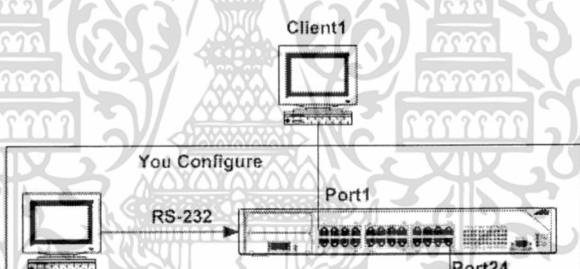
1. เครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง
2. Allied Telesyn Switch 2 ตัว
3. สาย Console 1 เส้น

อธิบายการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อให้นักศึกษาได้คุ้นเคยกับการตั้งค่าอุปกรณ์พื้นฐานภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยได้เลือกใช้ Switch ของบริษัท Allied Telesyn รุ่น AT-8724XL ภายในการทดลองจะมีการตั้งค่า VLAN ให้กับอุปกรณ์ Switch และมีการทดสอบการทำงานก่อนและหลังการตั้งค่า ซึ่งนักศึกษสามารถนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่เรียนมาได้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อเครือข่ายดังรูปที่ 1

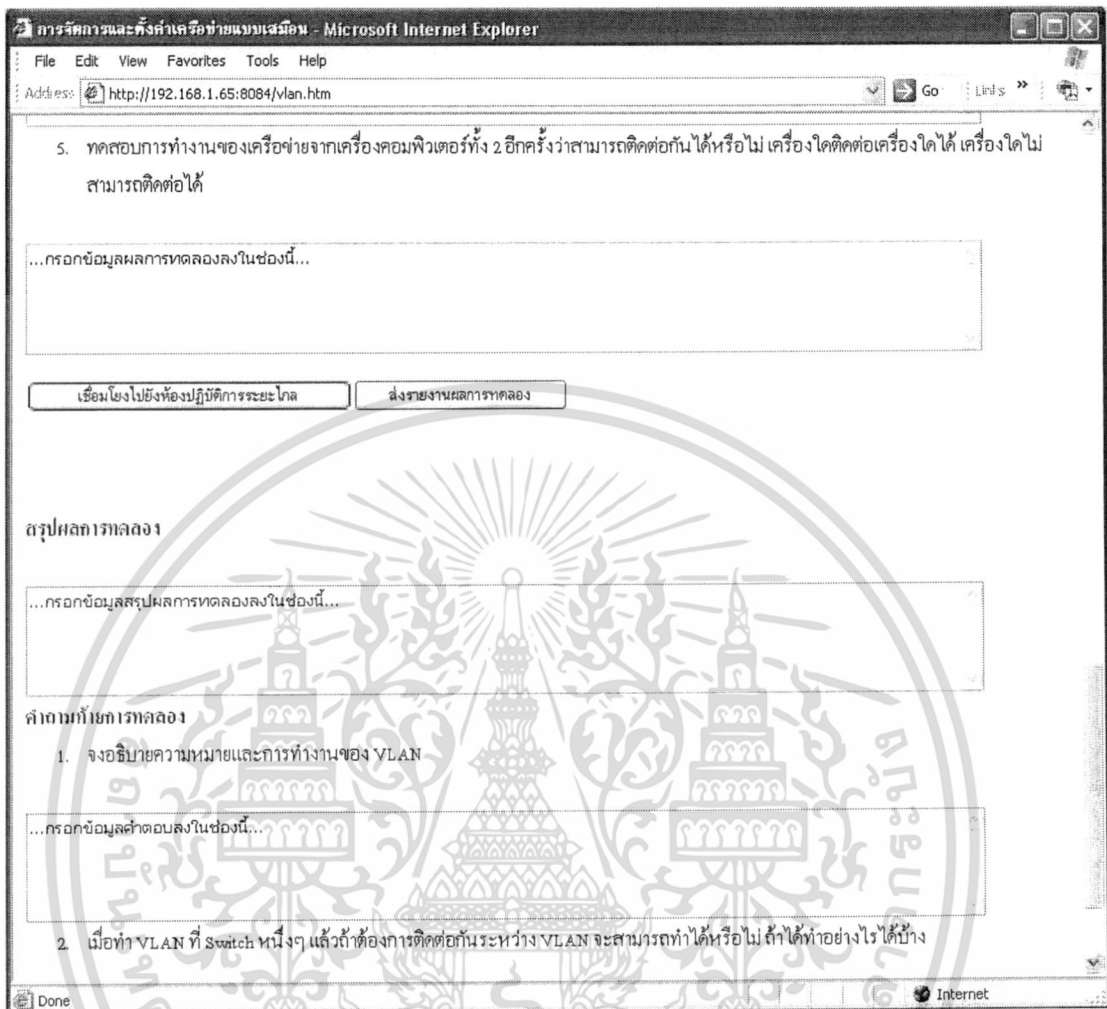


Done Internet

ภาพที่ 4-1 หน้าจอขั้นตอนการทำงานของการทำงานทดลอง

เมื่อผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนแต่ละขั้นตอนแล้ว ผลจากการทำในการปฏิบัติการระยะไกลสามารถรอกผลการทดลอง รวมถึงคำอธิบายของผลการทดลองที่ได้ ในช่องที่เตรียมไว้บนหน้าเว็บของการทดลองนั้นๆ เมื่อผู้เรียนพร้อมที่จะส่งรายงานผลการทดลอง ผู้เรียนสามารถคลิกที่ส่งรายงานผลการทดลอง ในภาพที่ 4-3 ผลที่ผู้เรียนกรอกทุกช่องจะถูกส่งไปยังผู้ควบคุมในการทดลองนั้นๆ โดยการใช้โปรโตคอล SMTP จากผลการทดสอบข้อมูลสามารถส่งไปยังผู้ควบคุมการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4-2 จุดที่เชื่อมโยงไปยัง RLC และส่งรายงานผลการทดลอง

ส่วนของรายละเอียดการทดลองที่ใช้ภายในปฏิบัติการระยะไกล มีจำนวน 2 การทดลอง ดังนี้

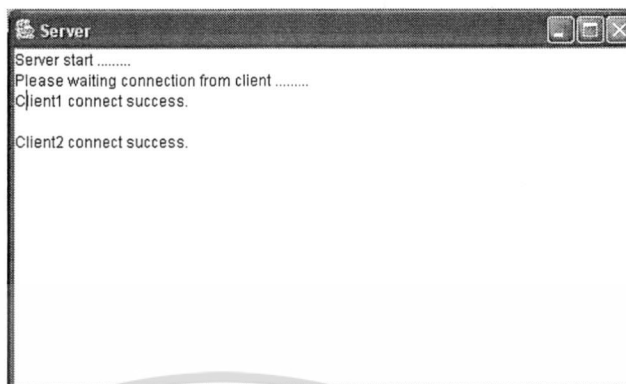
การทดลองที่ 1 การจัดการและตั้งค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย

การทดลองที่ 2 เครือข่ายท้องถิ่นเสมือน

ในส่วนของการทดลองที่ 2 ผู้ควบคุมการทดลองจะต้องมีการต่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายไว้ก่อน ส่วนของผู้เรียนจะทำการตั้งค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายเพียงตัวเดียว ดังแสดงในภาพที่ 4-1

ในกรณีที่ผู้เรียนคลิกที่เชื่อมโยงไปยังห้องปฏิบัติการเครือข่าย VLS สามารถแสดงผลการเชื่อมต่อ โดยสามารถตรวจสอบได้จากหน้าจอภาพว่ามีเครื่องลูกเชื่อมต่อมาจำนวนเท่าใดดังแสดงดังภาพที่ 4-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4-3 ผลของ VLS เมื่อเลือกการเชื่อมโยงไปยังห้องปฏิบัติการระยะไกล

และเมื่อผู้เรียนออกจากทำการออกจากระบบ VLS จะแสดงรายงานสถานะการออกจากระบบ ดังภาพที่ 4-4



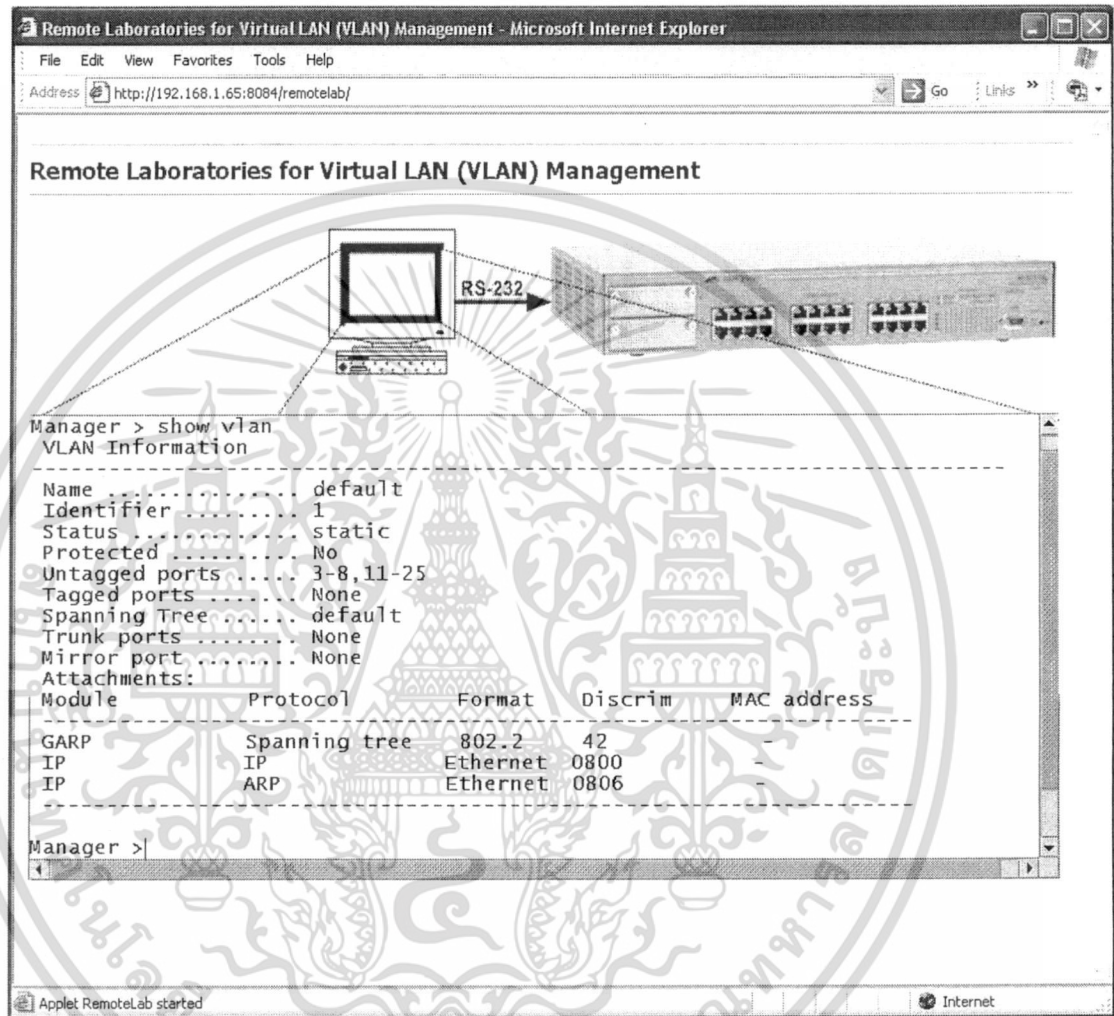
ภาพที่ 4-4 ผลเมื่อมีการออกจากระบบของ VLS

4.2 ผลการทดสอบ RLC

จากในกรณีการทดสอบในข้อ 4.1 เมื่อผู้เรียนคลิกที่เชื่อมโยงไปยังปฏิบัติการระยะไกล Applet ของเบราว์เซอร์จะทำการเชื่อมต่อไปยัง VLS เพื่อขอใช้อุปกรณ์เครือข่ายที่ต่ออยู่กับ RLC โดย VLS จะทำการเพิ่มคิวของผู้เรียนเข้าไปในระบบ ในกรณีที่มีจำนวนของผู้เรียนมากกว่าหนึ่งคน VLS สามารถจัดการคิวของแต่ละคนด้วยวิธีการมาก่อนออกก่อน เมื่อเลือกคิวที่ ให้สามารถทำงานได้แล้วจะส่งคำสั่งของคิวนั้นไปยัง RLC โดย RLC จะรับข้อมูลและส่งต่อไปยัง อุปกรณ์ผ่านพอร์ตอนุกรมด้วยความเร็ว 112500 bps RLC จะคอยรับผลรับจากอุปกรณ์ เครือข่าย เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วจะส่งผลลัพธ์กับไปยัง VLS เพื่อให้ VLS ส่งกลับไปยัง Applet ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียนต่อไป ผลการทดสอบสามารถรับส่งข้อมูลจาก Applet ของเบราว์เซอร์กับอุปกรณ์เครือข่ายได้ โดยแสดงผลดังภาพที่ 4-5

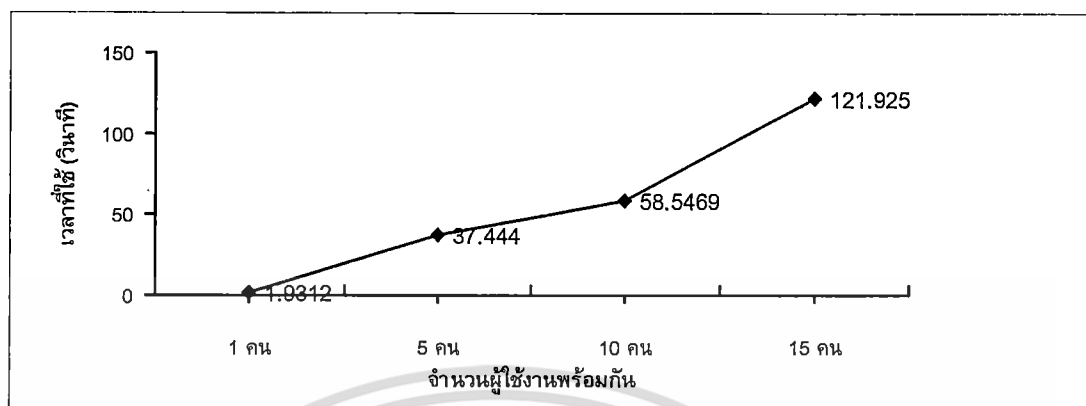


ภาพที่ 4-5 ผลการเชื่อมต่อไปยัง RLC และผลการส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์เครือข่าย

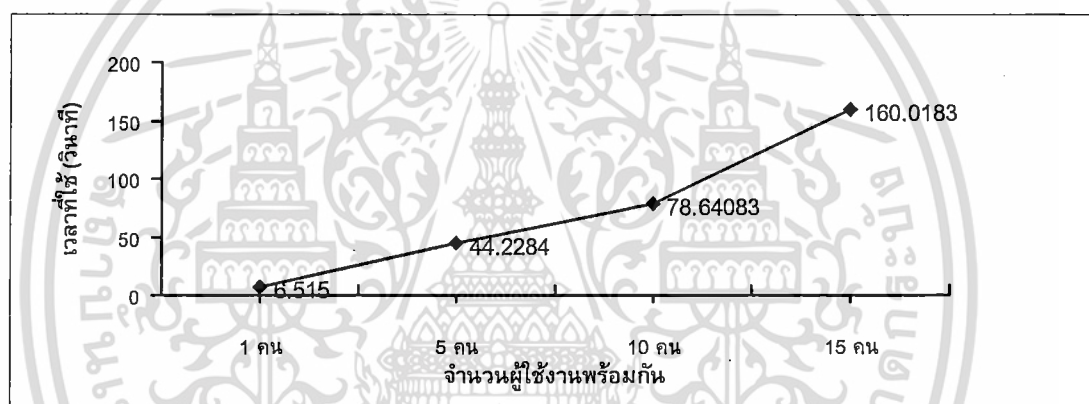
4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน

จากผลการทดสอบให้กระบวนการ (Process) ที่ออกแบบในหัวข้อที่ 3.4 ส่งคำสั่ง show vlan ไปยัง VLS โดยจำลองให้ผู้ใช้มีจำนวนเป็น 1, 5, 10 และ 15 คน ตามลำดับ ได้ผลตอบสนองทางเวลาดังกราฟภาพที่ 4-6 จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 5, 10 และ 15 ผลตอบสนองของเวลาในการใช้คำสั่ง show vlan จะใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 19, 30 และ 63 เท่าตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4-6 ผลตอบสนองทางเวลาของการใช้คำสั่ง show vlan



ภาพที่ 4-7 ผลตอบสนองทางเวลาของการใช้คำสั่ง add vlan

เมื่อให้กระบวนการส่งคำสั่ง add vlan ไปยัง VLS โดยจำลองให้เครื่องลูกข่ายมีจำนวนกระบวนการเป็น 1, 5, 10 และ 15 กระบวนการตามลำดับ ได้ผลตอบสนองทางเวลาดังกราฟภาพที่ 4-7 จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อจำนวนเครื่องลูกข่ายเพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 5, 10 และ 15 ผลตอบสนองของเวลาในการใช้คำสั่ง add vlan ใช้เวลาเพิ่มขึ้นเป็น 6 , 12 และ 24 เท่า

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าผลตอบสนองทางเวลาของคำสั่งต่างๆ กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้เพียงคนเดียวค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองทางเวลาจะไม่เกิน 7 วินาที กรณีผู้ใช้เพียงคนเดียวจะไม่มีการเรียกสถานะก่อนหน้า จึงทำให้การทำงานนั้นมีผลตอบสนองทางเวลาดี และเมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มมากขึ้นผลตอบสนองทางเวลาจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 6 เท่าของผลตอบสนองแต่ละคำสั่ง โดยจะขึ้นอยู่กับประมวลของแต่คำสั่ง เวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจาก ระบบจะต้องใช้เวลาในการบันทึกสถานะของการใช้คำสั่ง การเรียกสถานะก่อนหน้าเพื่อให้อุปกรณ์ทำงานก่อนทำให้ผลตอบสนองทางเวลามากขึ้นกว่าผู้ใช้เพียงคนเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสังเกตผลของ 2 คำสั่ง เมื่อผู้ใช้พร้อมกันจาก 10 คน เป็น 15 คน กราฟจะมีความชันที่มากกว่าในช่วงผู้ใช้พร้อมกันจาก 5 คน เป็น 10 คน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากเมื่อจำนวนผู้ใช้งานพร้อมกันมีจำนวนมาก จำนวนไฟล์ข้อมูลที่บันทึกภายในหน่วยความจำในอุปกรณ์จะมีจำนวนมากตามไปด้วย โดยในอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นหน่วยความจำแบบแฟลช ซึ่งทำให้การอ่าน และเขียนไฟล์สถานะทำงานได้ช้ากว่าหน่วยความจำแรม ส่งผลให้การค้นหาไฟล์สถานะของผู้ใช้แต่ละคนช้าตามไปด้วย และเมื่อจำนวนไฟล์ข้อมูลมีมากขึ้นจะทำให้การค้นหาไฟล์ทำได้ช้ากว่ากรณีที่มีจำนวนไฟล์น้อย จึงเป็นเหตุในลักษณะกราฟไม่เป็นเชิงเส้น

จากผลการทดสอบการหาผลตอบสนองของทางเวลาระหว่างกลุ่มคำสั่งที่ไม่ทำให้สถานะของอุปกรณ์เปลี่ยนแปลง กับกลุ่มคำสั่งที่ทำให้สถานะของอุปกรณ์เปลี่ยนแปลง ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการประมวลผลในแต่ละคำสั่งของเราเตอร์ทำงานได้เร็วกว่า การบันทึกและอ่านไฟล์ข้อมูลสถานะ โดยในการทำงานแต่ละคำสั่งในกรณีที่ผู้ใช้พร้อมกันหลายคน จะต้องมีการอ่านและเขียนไฟล์ที่อุปกรณ์ และต้องมีการรีเซ็ตาร์ทอุปกรณ์อย่างน้อย 1 ครั้ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ประมวลผลในแต่ละคำสั่งนั้นน้อยมาก จึงทำให้ผลตอบสนองของเวลาของทั้งสองกลุ่มจึงแตกต่างกันเล็กน้อย

จากสมมุติฐานที่ตั้งเป็นแนวทางการหาประสิทธิภาพในหัวข้อ 3.4 มาแล้วนั้นว่า โดยปกติในการใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผลตอบสนองของเวลาไม่ควรเกิน 90 วินาที ดังนั้นจากกราฟในภาพที่ 4-6 และภาพที่ 4-7 จะเห็นว่าเมื่อผู้ใช้พร้อมกัน 10 คน ผลตอบสนองของเวลาที่ใช้เป็น 59.54 วินาที และ 78.64 วินาที ตามลำดับ เมื่อผู้ใช้งานพร้อมกันที่ 15 คน เวลาผลตอบสนองของเวลาที่ใช้เป็น 121.92 วินาที และ 160.01 ตามลำดับ ซึ่งจำนวนผู้ใช้พร้อมกันที่ 15 คน ผลตอบสนองของเวลาเกินเวลาที่สามารภใช้งานได้ จากผลการทดสอบทำให้เสนอแนะให้ปริมาณผู้ใช้งานที่เหมาะสมจึงไม่ควรเกิน 10 ผู้ใช้ต่อ 1 RLC

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย

5.1 สรุป

จากการเรียนการสอนด้านการจัดการเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ผู้เรียนขาดทักษะในการจัดการเครือข่าย เนื่องจาก ปัญหาเรื่องอุปกรณ์เครือข่ายที่มีอยู่อย่างจำกัด อันเนื่องมาจากการขาดงบประมาณในการจัดหา ทำให้ไม่พอเพียงกับปริมาณของนักศึกษา ข้อจำกัดในเรื่องสถานที่เฉพาะสำหรับการทดลอง ทำให้นักศึกษาไม่สามารถทดลองได้พร้อมๆ กัน และอาจต้องจัดเป็นกลุ่ม หนดเวลาในการปฏิบัติการทดลอง ดังนั้น ในหลายสถานศึกษาจึงจัดการเรียนการสอนได้เพียงทฤษฎี นักศึกษาขาดทักษะการจัดการเครือข่ายที่แท้จริง

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือน โดยใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการเชื่อมต่อระหว่างผู้เรียนและอุปกรณ์จริง การทดลองที่นำเสนอแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ VLS และ RLC โดยมีตัวจำกัดกำหนดการในการจัดลำดับในการเข้าใช้อุปกรณ์ของผู้เรียนแต่ละคน และเนื่องจากการทดลองที่นำเสนอใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลาง ดังนั้น จึงสามารถติดตั้งอุปกรณ์เครือข่ายที่ใช้ในการทดลอง ณ ที่ใดก็ได้ภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ได้ภายในอนาคต และยังแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องสถานที่อีกด้วย นอกจากนี้เนื่องจาก RLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมราคาถูก จึงทำให้ต้นทุนของระบบไม่สูงจนเกินไป

ในการหาประสิทธิภาพของการทดลองแบบเสมือนผ่านเครือข่ายสำหรับการเรียนเครือข่ายท้องถิ่นแบบเสมือนนั้นได้ทดสอบหาปริมาณผู้ใช้งานพร้อมกันของ RLC แต่ละตัวที่สามารถรองรับได้ โดยผลที่ได้คือปริมาณผู้ใช้งาน RLC แต่ละตัวสามารถรองรับได้ไม่ควรเกิน 10 คน จากผลการทดสอบเมื่อผู้ใช้งานพร้อมกันจำนวน 10 คน ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองทางเวลาในแต่ละคำสั่งของผู้ใช้งานประมาณ 69 วินาที

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.2.1 อุปกรณ์ SNAP เมื่อเปิดใช้งานเป็นเวลานานๆ ความเสถียรจะน้อยลง

5.2.2 ขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์บน SNAP มีขั้นตอนมาก และไม่มีซอฟต์แวร์ช่วยในการ debug ทำให้ยากต่อการพัฒนา

5.3 แนวทางการแก้ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.3.1 พยายามหาสาเหตุของความไม่เสถียร เช่น แหล่งจ่ายไฟ สายสัญญาณ รวมถึงจุด

เอกสารนี้เป็นเชื่อมต่อต่างๆ และทำการ Update Firmware ของบอร์ด SNAP ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ต้องอาศัยเครื่องมือพัฒนาบน J2SE เช่น NetBean และเมื่อคอมไพล์ผ่าน ต้องนำมาทำตามขั้นตอนการคอมไพล์ของบอร์ด SNAP อีกครั้งหนึ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. M Duarte and B P Butz. "The Virtual Laboratory for the Disabled." in the 31th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. 10-13 (October 2001) : S1C-23-S1C-26.
2. M Chirico, A M Scapolla, and A Bagnasco. "A New and Open Model to Share Laboratories on the Internet." IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 54 (Jun. 2005) : 1111-1117.
3. R Klempous, J Nikodem, T Walkowiak and J Rozenblit. "Network Virtual Laboratory for External Devices Programming." IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS'04). (2004) : 293.
4. M Steinemann, S Zimmerli, T Jampen and T Braun. "Architectural Issues of a Remote Network Laboratory." Networked Learning 2002 (NL 2002). 1-4 (May 2002).
5. L Fàbrega, J Massaguer, T Jové and D Mérida. "A virtual network laboratory for learning IP networking." in the 7th annual conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE). 24–28 (January 2002) : 161–164.
6. Z Nedic, J Machotka and A Nafalski. "Remote laboratories versus virtual and real laboratories." in the 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. 5-8 (November 2003) : T3E-1–T3E-6.
7. "Imsys Developer 5.0 User's Guide." Document code IM026 V0.03, Imsys Technologies. : 1-114.
8. "SNAP Simple Network Application Platform." Imsys Technologies. : 1-11.
9. วีระศักดิ์ ชิงถาวร. Java Programming Volume I. กรุงเทพมหานคร. : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2546
10. ทีมงาน Embeddedj. "เทคโนโลยีบนจาวา กับความสามารถของบอร์ด SNAP." นิตยสาร เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์. ฉบับที่ 290 (กรกฎาคม 2549) : 213-217
11. ไพศาล โมลิสกุลมงคล และคนอื่น ๆ. ระบบปฏิบัติการ (Operating System). กรุงเทพฯ : หจก.ไทยเจริญการพิมพ์, 2545.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. "AR300 Series Router Quick Start Guide." Allied Telesyn International Corp 2001 [cited 2006 Sep 20]. Available from : URL : http://www.allied-telesyn.se/site/files/supportdocs/300qs_v2_3_1.pdf
13. "Helpful Configuration Scripts for the AR Router Series." Allied Telesyn International Corp 2001 [cited 2006 Sep 20]. Available from : URL : http://www.alliedtelesyn.co.nz/sales/configuration/docs/helpful_configs.pdf
14. ทีมงาน Embeddedj. มาเริ่มการใช้งาน SNAP board กันเถอะ. กรุงเทพมหานคร. : เอ็มเบ็ดเต็ต เจ จำกัด, 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้