บทที่ 4

การทดสอบและประเมินผล

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ของระบบสกาดาต้นแบบ โดยในหัวข้อแรกจะกล่าวถึงระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ที่ได้จากการออกแบบในบทที่ 3 มีคุณสมบัติและฟังก์ชันการทำงานเป็นอย่างไรต่อจากนั้นจะเป็นการทดสอบทีละขั้นตอนโดยที่ต้องมีการกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดสอบก่อนและในหัวข้อสุดท้ายจะเป็นการสรุปผลจากการทดสอบ

4.1 คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ต้นแบบ

หัวข้อที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นการอธิบายรายละเอียดของคุณสมบัติและฟังก์ชันการทำงานของซอฟต์แวร์สกาดาต้นแบบที่สร้างขึ้นในบทที่ 3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 คุณสมบัติของซอฟต์แวร์ของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ต้นแบบ ในส่วนนี้แสดงถึงสมมติฐานของข้อกำหนดขอบเขตและความสามารถในการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ได้ออกแบบไว้มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ดังต่อไปนี้

- สถานีหลักสามารถติดต่อกับ RTU ด้วยโพรโตคอลสื่อสารแบบมอดบัสแอสกีบนมาตรฐาน RS-485 ได้ 10 สถานี โดยที่แต่สถานีรับสัญญาณแอนะล็อกได้ 8 ช่องสัญญาณ สัญญาณดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุตอย่างละ 4 ช่องสัญญาณ
- เวลาต่ำสุดที่สถานีหลักอ่านข้อมูลจากสถานี RTU ต่อ 1 RTU เท่ากับ 1 วินาที
- สามารถตรวจความผิดปกติจากการสื่อสารระหว่างสถานีหลักกับ RTU ระหว่างการทำงานได้ เช่นกรณีที่สายส่งสัญญาณหลุด
- สนับสนุนการควบคุมระยะไกลจากเครื่องไคลเอนท์
- การใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลต่อการโพลลิ่ง 1 ครั้งต่อหนึ่งสถานีมีค่าเท่ากับ 85 ไบต์ซึ่งหมายความว่าถ้าต้องการเก็บข้อมูล 1,000,000 ครั้งของการโพลลิ่งต้องใช้จานบันทึกแบบแข็ง (Hard Disk) 85 เมกกะไบต์ (MB)

- การแสดงผลสื่อความหมายได้อย่างชัดเจนในรูปแบบทั่วไปและรูปแบบกราฟ
- สามารถแจ้งเตือนความผิดปกติในรูปแบบความเปลี่ยนแปลงของสีที่หน้าจอและอุปกรณ์ภายนอกเช่นหลอดไฟหรือสัญญาณเตือนโดยใช้พอร์ตดิจิตอลเอาต์พุตของ RTU
- ใช้ความเร็วในการสื่อสารแบบมอดบัสแอสกีบนมาตรฐาน RS-485 เท่ากับ 19200 บิตต่อวินาที และสามารถเพิ่มได้ถึง 57600 บิตต่อวินาที
- สามารถตรวจสอบการทำงาน (Monitoring) ในรูปแบบของไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ ได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (RedHat 7.2) และไมโครซอฟต์วินโดว์ (Win2000)
- สามารถบันทึกข้อมูลในรูปไฟล์เอกสารหรือรูปภาพเพื่อที่จะนำไปใช้ในการทำรายงานต่อได้

4.1.2 ฟังก์ชันการทำงานของซอฟต์แวร์ของสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ต้นแบบแบ่งได้เป็น 2 ส่วนการทำงานคือ การประยุกต์ใช้งานของส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนเซิร์ฟเวอร์และการประยุกต์ใช้งานของส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนไคลเอนท์ มีรายละดังต่อไปนี้

การประยุกต์ใช้งานของส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนเซิร์ฟเวอร์

การประยุกต์ใช้งานของส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนเซิร์ฟเวอร์คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลจาก RTU ขึ้นมาบันทึกไว้ในฐานข้อมูลเพื่อช่วยในการแสดงผลและเก็บข้อมูลประวัติโดยมีฟังก์ชันที่ช่วยกันทำงานในส่วนนี้อยู่ 5 ฟังก์ชันคือ

1 **ฟังก์ชันตรวจสอบสถานะการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีหลักกับ RTU**

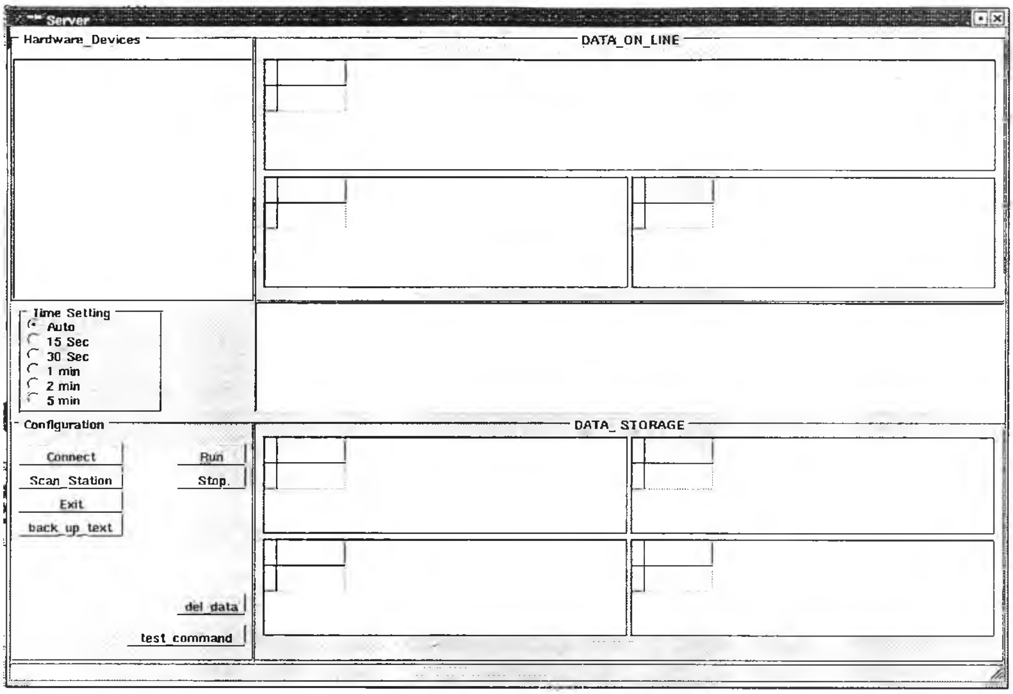
2 **ฟังก์ชันตรวจสอบประเภทของช่องสัญญาณของแต่ละ RTU**

3 **ฟังก์ชันอ่านข้อมูลและกำหนดหน้าที่การทำงานให้กับ RTU**

4 **ฟังก์ชันกำหนดช่วงเวลาในการอ่านข้อมูลแต่ละรอบการทำงาน**

5 **ฟังก์ชันตรวจสอบการทำงานกับฐานข้อมูลและแสดงผล**

โดยหน้าต่างการใช้งานของการประยุกต์ใช้งานของเซิร์ฟเวอร์แสดงได้ดังรูปที่ 4.1 ส่วนในรายละเอียดการใช้งานจะขอกล่าวไว้ในคู่มือการใช้งานของภาคผนวก ค



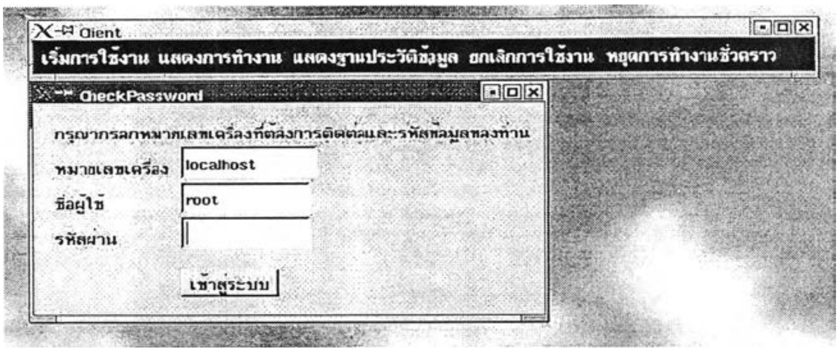
รูปที่ 4.1 หน้าต่างแสดงการทำงานของการประยุกต์ใช้งานของเซิร์ฟเวอร์

การประยุกต์ใช้งานของส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนไคลเอนท์

เป็นส่วนการประยุกต์การทำงานในรูปของระบบไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ ที่ส่วนการประยุกต์ใช้งานของส่วนติดต่อประสานงานกับผู้ใช้บนไคลเอนท์มีหน้าที่หลักในการทำงานคืออ่านข้อมูลจาฐานข้อมูลของเซิร์ฟเวอร์มาแสดงผลในรูปแบบขณะเวลาจริงในลักษณะข้อมูลทั่วไปหรือกราฟและในรูปแบบเทียบกับเวลาจริงของฐานข้อมูลประวัติรวมทั้งสามารถในการควบคุมระยะไกลได้อีกด้วย โดยในส่วนนี้มีฟังก์ชันช่วยในการทำงานอยู่ 7 ฟังก์ชันคือ

1 ฟังก์ชันตรวจรหัสผ่านของผู้ใช้ มีหน้าที่ในการตรวจสอบสิทธิการใช้ของผู้ใช้ โดยการตรวจสอบรหัสผ่านแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3

รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงการทำงานของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

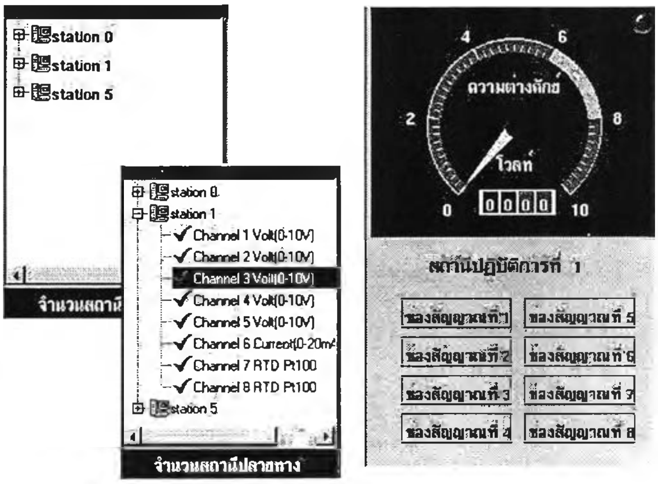


รูปที่ 4.3 หน้าต่างฟังก์ชันการตรวจสอบรหัสผู้ใช้ของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

2 ฟังก์ชันตรวจสอบการติดต่อกับฐานข้อมูล มีหน้าที่ในการตรวจสอบความพร้อมก่อนการทำงานของฐานข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 4.4

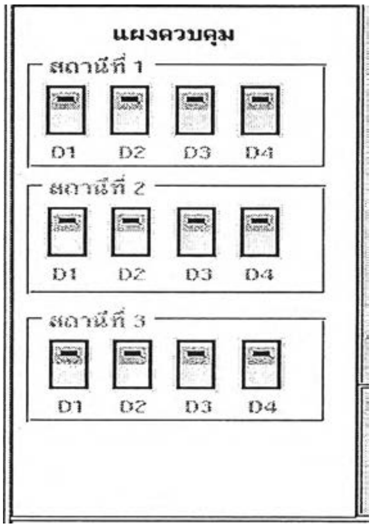
รูปที่ 4.4 หน้าต่างฟังก์ชันการตรวจสอบการติดต่อกับฐานข้อมูลของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

3 ฟังก์ชันตรวจสอบการติดตั้งของ RTU ทำหน้าที่ในการตรวจสอบการติดตั้ง RTU และแยกประเภทของช่องสัญญาณในแต่ละ RTU แสดงดังรูปที่ 4.5



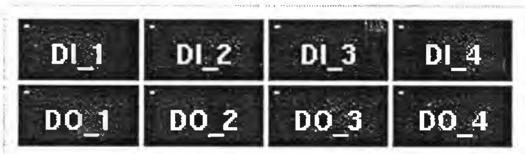
รูปที่ 4.5 หน้าต่างฟังก์ชันตรวจสอบการติดตั้ง RTU ของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

4 ฟังก์ชันควบคุม RTU ทำหน้าที่ในการเปิด/ปิดเอาต์พุตดิจิตอลของ RTU จากส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์



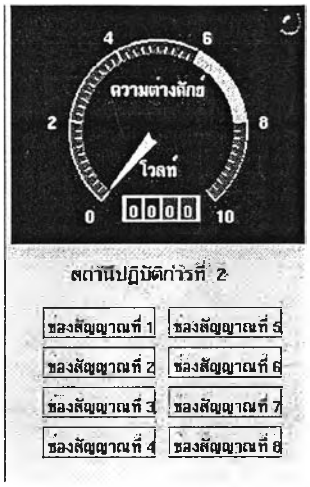
รูปที่ 4.6 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับการควบคุม RTU ของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

5 ฟังก์ชันควบคุมการแสดงผลในรูปแบบทั่วไป ทำหน้าที่ในการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ เช่นดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต รูปแบบตัวอักษร รูแบบของมาตรวัด ตลอดจนลักษณะการเตือนบนหน้าจอ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 – 4.11

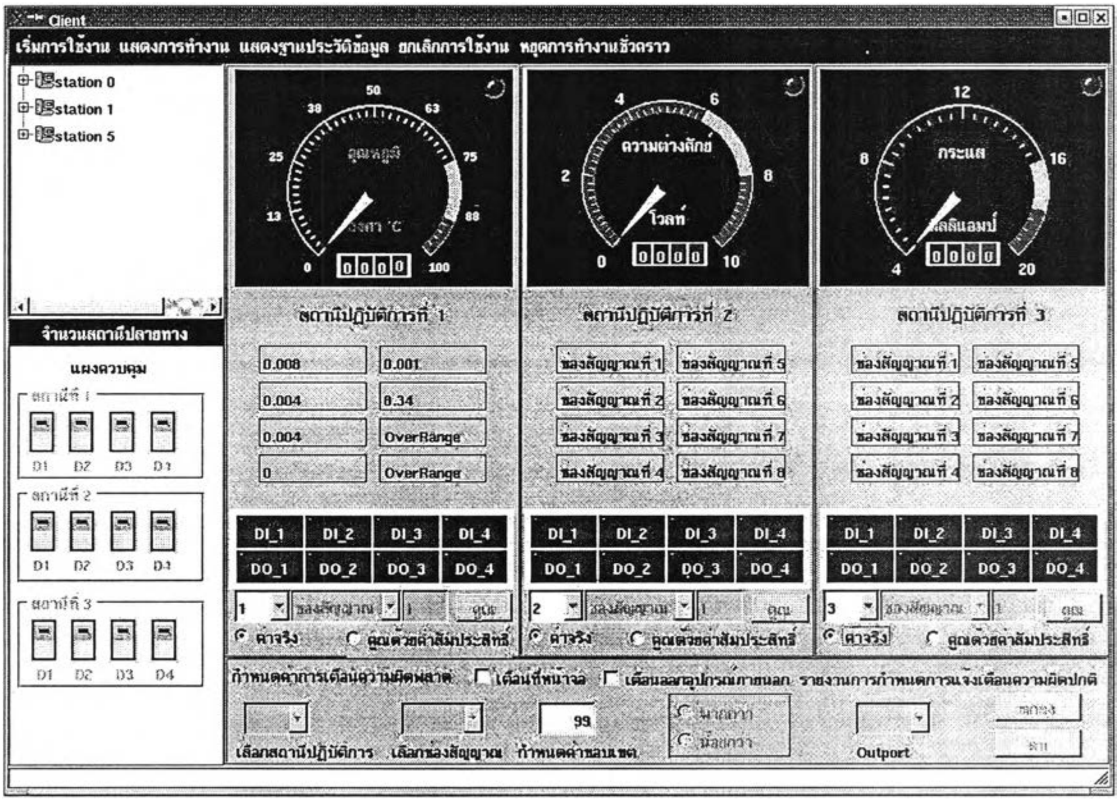


รูปที่ 4.7 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับแสดงสถานะของอินพุต / เอาต์พุต ดิจิตอล RTU ของการส่วนประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

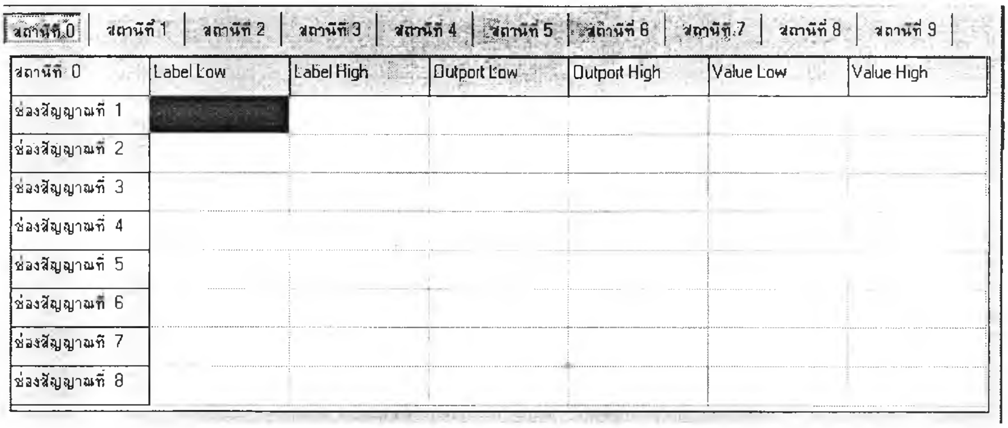
รูปที่ 4.8 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับการกำหนดการแจ้งความผิดพลาดของ RTU ของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์



รูปที่ 4.9 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับแสดงสถานะของอินพุตแอนะล็อกของ RTU ของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

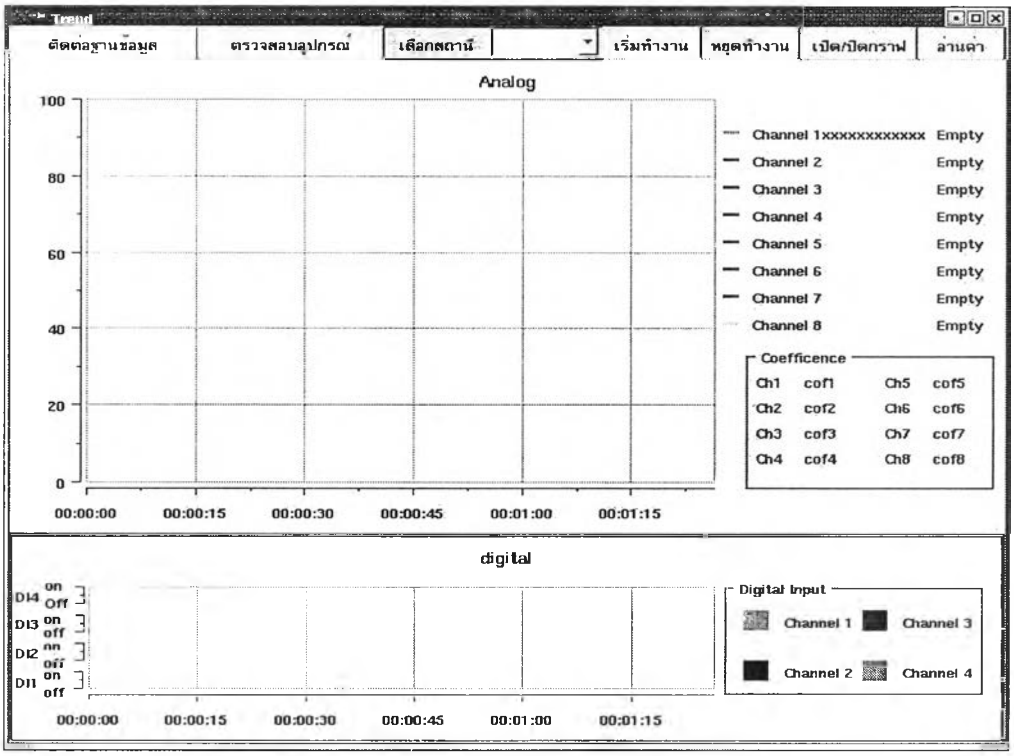


รูปที่ 4.10 หน้าต่างแสดงผลในรูปแบบทั่วไปของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์ [19]



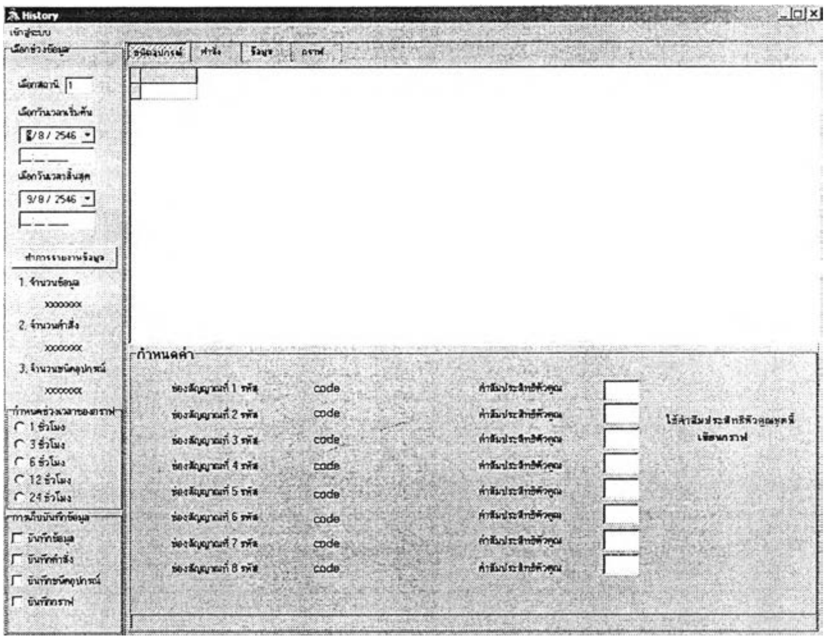
รูปที่ 4.11 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับแสดงสถานะของการกำหนดการแจ้งจากการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์ไปยัง RTU

6 ฟังก์ชันควบคุมการแสดงผลในรูปแบบของกราฟ มีหน้าที่ในการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลแบบ Online มาแสดงผลในรูปแบบกราฟเทียบกับเวลาจริง โดยจะมีการแสดงในรูปของสัญญาณดิจิตอลและแอนะล็อกพร้อมๆกัน

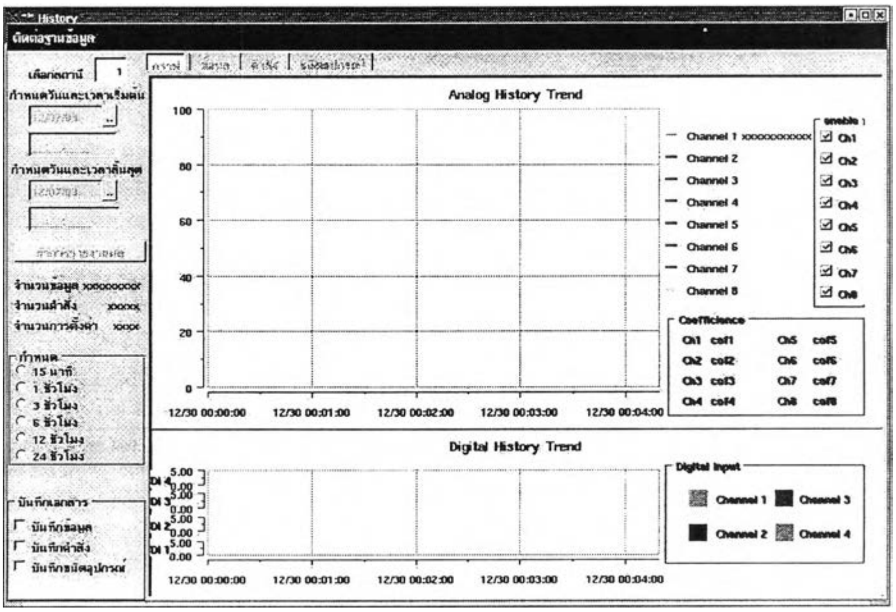


รูปที่ 4.12 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับแสดงสถานะของอินพุตแอนะล็อกและอินพุตดิจิตอลในรูปแบบของกราฟของสถานี RTU ของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

7 ฟังก์ชันควบคุมการแสดงผลจากฐานข้อมูลประวัติ มีหน้าที่ในการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลประวัติมาแสดงผลในรูปของจำนวนข้อมูล, คำสั่ง, ชนิดอุปกรณ์ตลอดจนการเขียนกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.14



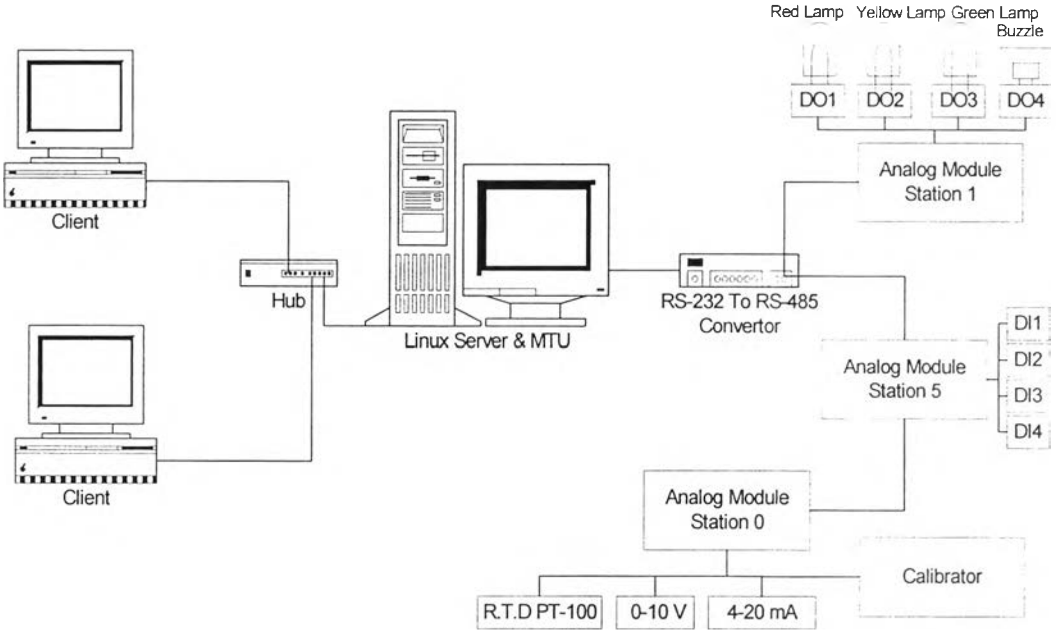
รูปที่ 4.13 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับแสดงข้อมูลประวัติของสถานะของอินพุตแอนะล็อกของ RTU จากส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์



รูปที่ 4.14 หน้าต่างฟังก์ชันสำหรับแสดงข้อมูลประวัติของสถานะอินพุตแอนะล็อกและอินพุตดิจิตอลในรูปแบบของกราฟของส่วนการประยุกต์การใช้งานบนไคลเอนท์

4.2 ข้อกำหนดของระบบและอุปกรณ์ในการทดสอบซอฟต์แวร์ของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

เป็นส่วนของการกำหนดต่างๆที่ใช้ในการทดสอบซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.15 โครงสร้างการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

4.2.1 โครงสร้างการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ในระบบที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบจะประกอบไปด้วย

- สถานีหลักทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์
- ส่วนการแสดงผลและควบคุมบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์
- ส่วนการแสดงผลและควบคุมบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์
- RTU ที่มีรายการวัดและควบคุมดังต่อไปนี้
    - แรงดัน จากตัวจ่ายสัญญาณมาตรฐาน (Calibrator)
    - กระแส จากตัวแปลงสัญญาณหัววัดอุณหภูมิอาร์ทีดี พีที-100 (R.T.D PT-100) เป็นกระแสในช่วง 4-20 มิลิแอมป์
    - อุณหภูมิ จากหัววัดอุณหภูมิอาร์ทีดี พีที-100 (R.T.D PT-100)

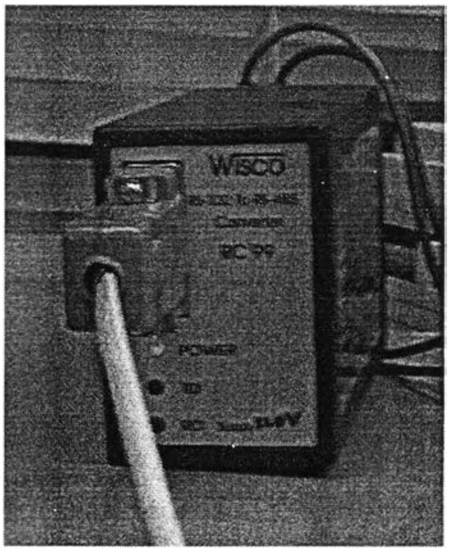
- ดิจิตอลอินพุต จากปุ่มกด
- ดิจิตอลเอาต์พุต ควบคุมหลอดไฟ 220 โวลต์และเครื่องกำเนิดสัญญาณเตือน

4.2.2 ข้อกำหนดทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของสถานีหลัก (MTU)

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) AMD 1.7+ กิกกะเฮิรตซ์ (GHz)
- แรม (Ram) 640 เมกกะไบต์ (MB)
- จานบันทึกแบบแข็ง (Hard Disk) 40 กิกกะไบต์(GB)
- การ์ดแสดงผล (Monitor Card) TNT2 16 เมกกะไบต์ (MB)
- ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ของบริษัทเรดแฮ็ท (Red Hat) รุ่น 7.2
- ระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98 และ 2000 (Win98, Win2000)

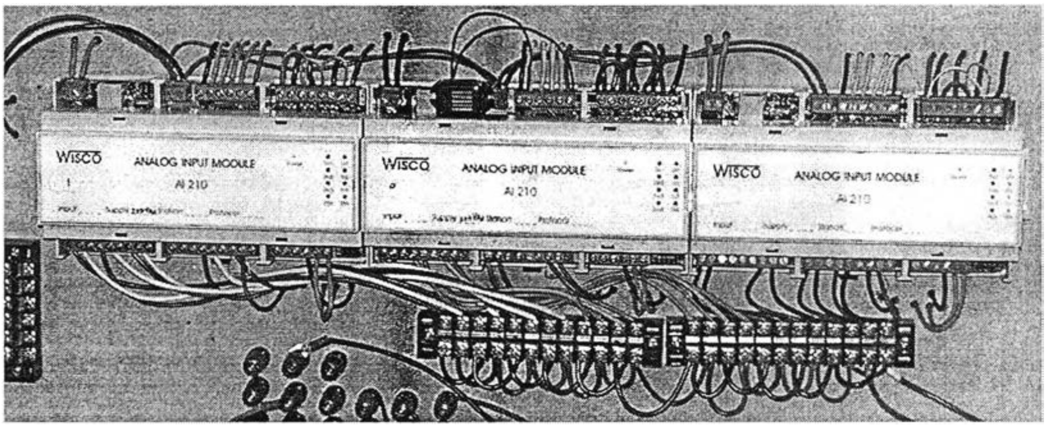
4.2.3 ข้อกำหนดทางฮาร์ดแวร์ของ RTU

- ตัวแปลงสัญญาณมาตรฐาน RS-232 เป็น RS-485



รูปที่ 4.16 ตัวแปลงสัญญาณมาตรฐาน RS-232 เป็น RS-485

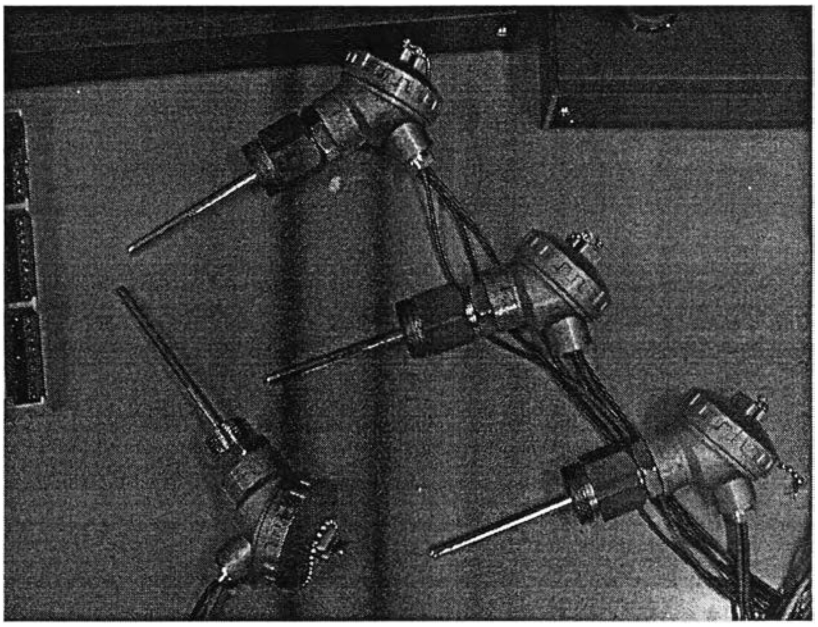
● ตัวรับสัญญาณแอนะล็อก(Analog Input Module AI 210)



รูปที่ 4.17 ตัวรับสัญญาณแอนะล็อก(Analog Input Module AI 210) [22]

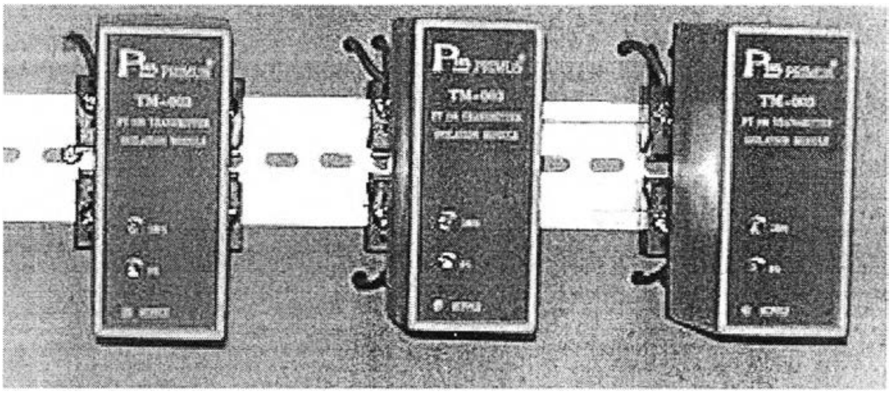
4.2.4 ข้อกำหนดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

● หัววัดอุณหภูมิอาร์ทีดี พีที-100 (R.T.D PT-100)



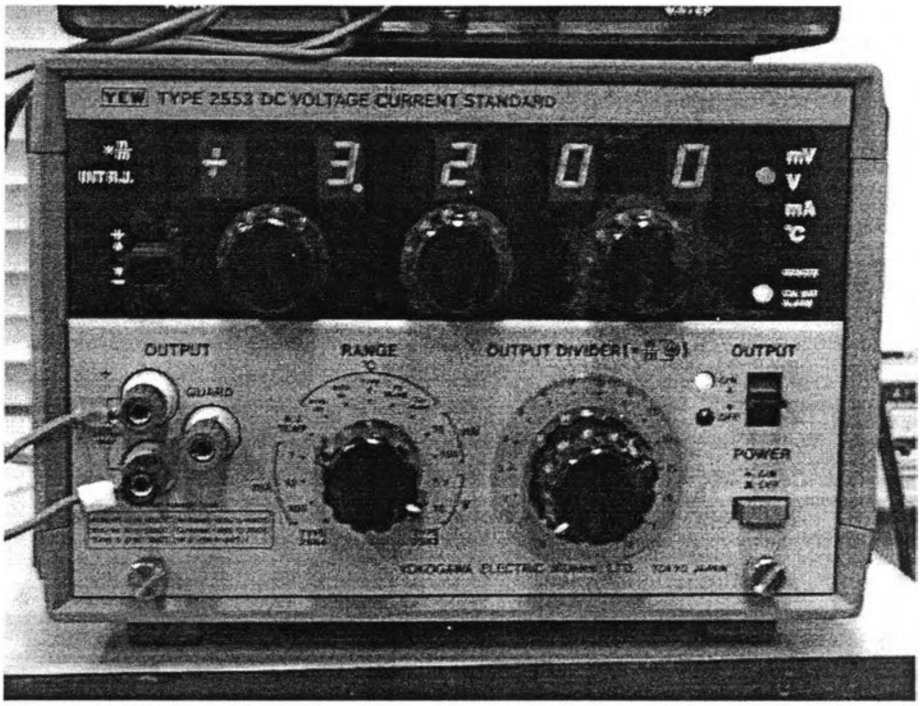
รูปที่ 4.18 หัววัดอุณหภูมิอาร์ทีดี พีที-100 (R.T.D PT-100)

- ตัวแปลงสัญญาณหัววัดอุณหภูมิอาร์ทีดี พีที-100 (R.T.D PT-100) เป็นกระแสในช่วง 4-20 มิลิแอมป์ 100 องศาเซลเซียส



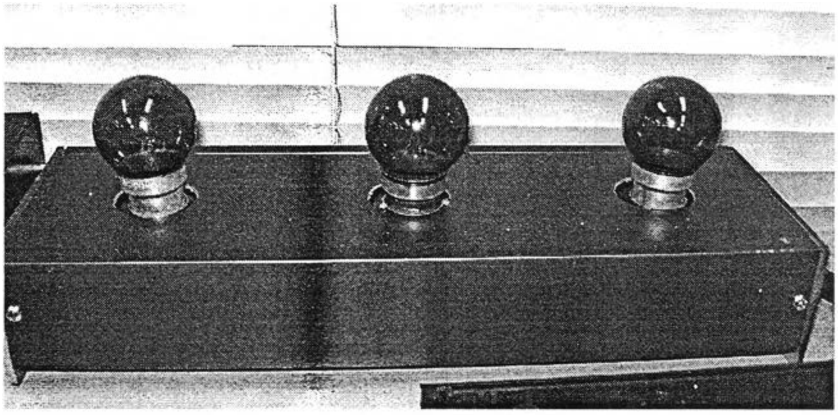
รูปที่ 4.19 ตัวแปลงสัญญาณหัววัดอุณหภูมิอาร์ทีดี พีที-100 (R.T.D PT-100) เป็นกระแสในช่วง 4-20 มิลิแอมป์ 100 องศาเซลเซียส

- ตัวจ่ายสัญญาณมาตรฐาน (Calibrator)

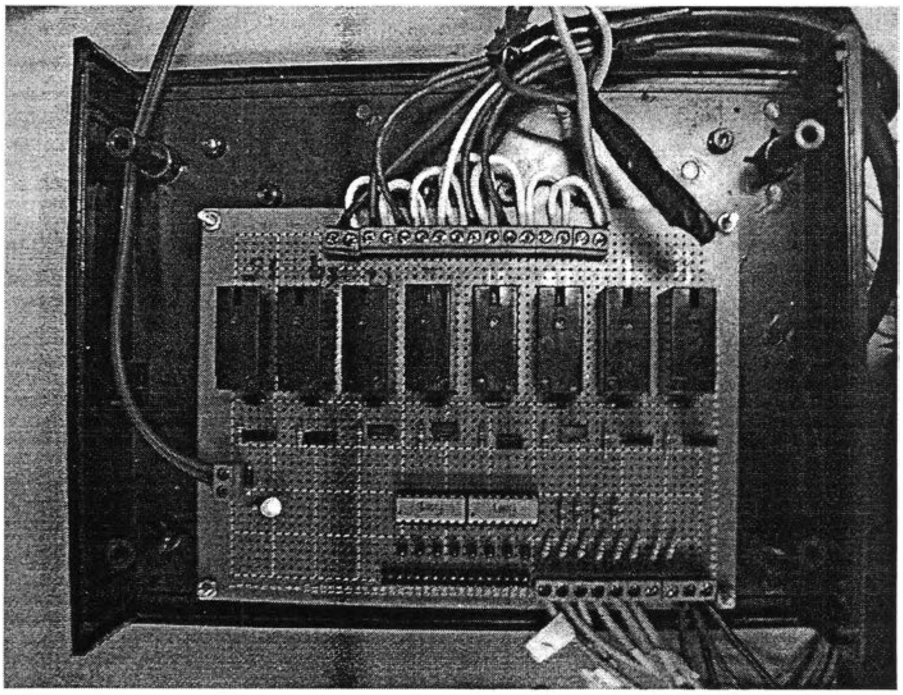


รูปที่ 4.20 ตัวจ่ายสัญญาณมาตรฐาน (Calibrator)

- ชุดขับรีเลย์และหลอดไฟ 220 โวลต์



รูปที่ 4.21 ชุดหลอดไฟ 220 โวลต์



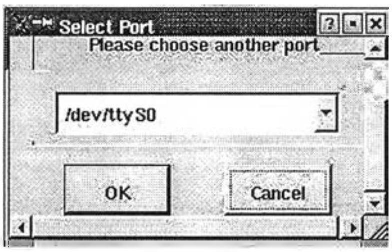
รูปที่ 4.22 ชุดขับรีเลย์ขับหลอดไฟ 220 โวลต์

4.3 การทดสอบซอฟต์แวร์ของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

4.3.1 ทดสอบตามคุณสมบัติของโปรแกรม (Functional) เป็นการทดสอบคุณสมบัติการทำงานของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ต้นแบบทั้งระบบ โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

4.3.1.1 การทดสอบการติดต่อสื่อสารกับ RTU ตามมาตรฐาน RS-485 มีการแบ่งการทดสอบเป็น 2 ขั้นตอนคือ การทดสอบความสามารถการทำงานตามข้อกำหนดการสื่อสารแบบมอดบัสของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ และการทดสอบการใช้งานโพรโตคอลมอดบัสในระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การทดสอบความสามารถการทำงานตามข้อกำหนดการสื่อสารแบบมอดบัสของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ โดยตามข้อกำหนดการสื่อสารของโพรโตคอลมอดบัสแอสกี ต้องกำหนดให้พอร์ตสื่อสารอนุกรมให้มีคุณสมบัติการสื่อสารดังนี้คือ ใช้1 บิตสำหรับบิตเริ่ม (Start bit) 7 บิตสำหรับบิตข้อมูล (Data bit) 1 บิตสำหรับบิตแสดงสภาวะคู่หรือคี่ (Parity bit) และอีก 1 บิตสำหรับบิตหยุด (Stop bit) แต่อาจเป็น 2 บิตถ้าไม่มีการใช้บิตแสดงสภาวะคู่หรือคี่ ดังแสดงตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.23 การเลือกพอร์ตสื่อสารอนุกรมบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

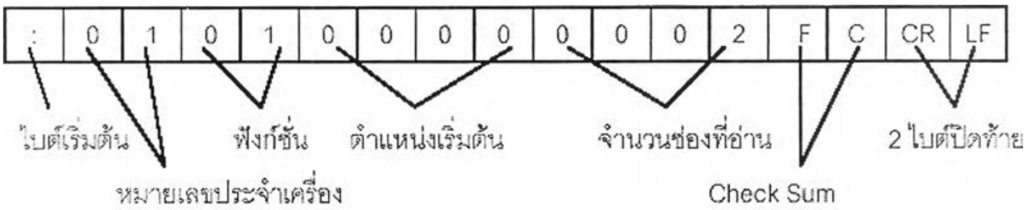
ตารางที่ 4.1 การกำหนดบิตในการรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม

Data Bit	Number
Start bit	1
Data bit	7
Parity bit	1 or None
Stop bit	1 or 2

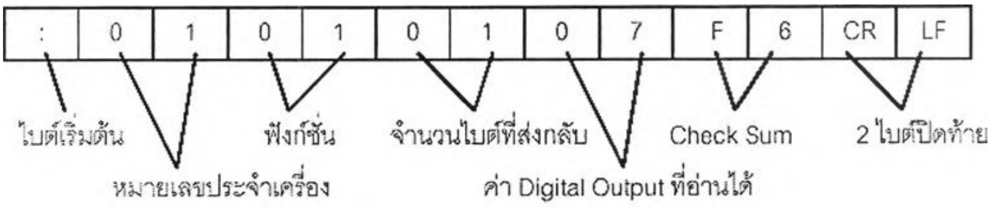
ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดชุดคำสั่งที่จะนำมาทดสอบซึ่งมีโครงสร้างการรับส่งข้อมูลดังแสดงได้ตามรูปที่ 4.26 และ 4.27 โดยที่การกำหนดชุดคำสั่งในการทดสอบถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 4.2 และผลจากการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 การกำหนดชุดคำสั่งที่ใช้ทดสอบการทำงานกับพอร์ตอนุกรม

Station	Command	Code Modbus
1	Read Digital Output Channel 1 - 2	:010100000002FC
0	Read Analog Input Channel 1 - 8	:000400000008F4
5	Read Digital Input Channel 1 - 4	:050200000004F5



รูปที่ 4.24 ตัวอย่างการส่งชุดคำสั่งไปยังสถานีปฏิบัติการ



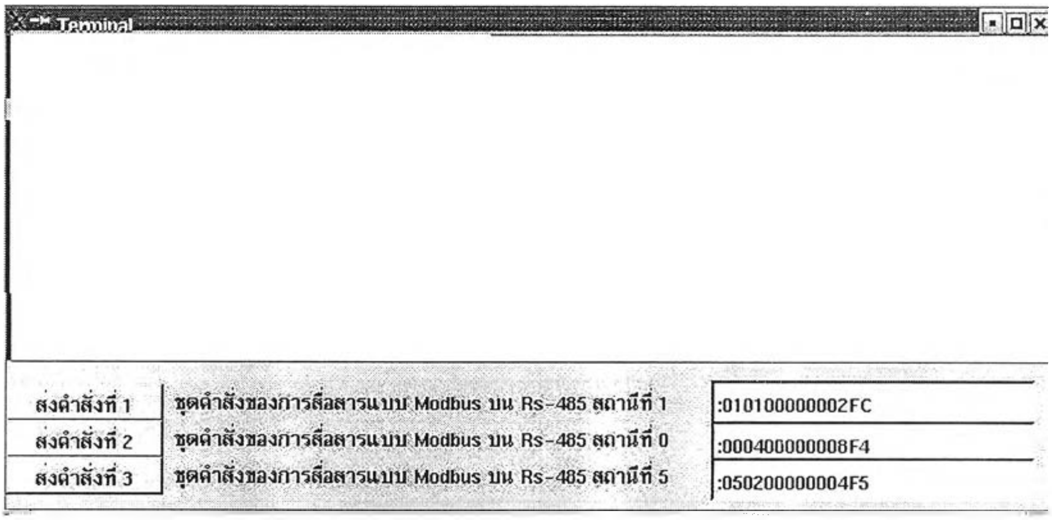
รูปที่ 4.25 ตัวอย่างการตอบกลับจากสถานีปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.3 การตอบสนองของ RTU จากสถานีต่างๆ

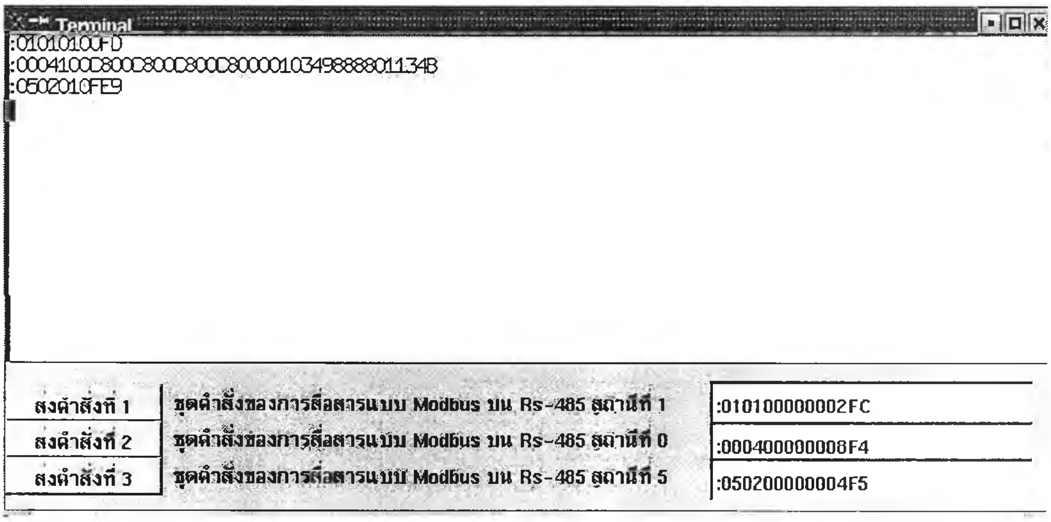
Station	Code Modbus
1	:01010100FD
0	:0004100C800C800C800C80000103498888011348
5	:0502010FE9

ตารางที่ 4.4 การตอบสนองของ RTU จากสถานีต่างๆเมื่อแปลความหมายแล้ว

Station	Meanings
1	Digital Output Ch1 = Off , Ch 2 = Off
0	Analog Ch 1 - 4 = 3.2 V , Ch 5 = 0.01 V , Ch6 = 8.41 mA , Ch7 = Overrange , Ch8 = 27.5 'C
5	Digital Input Ch1 = On , Ch2 = On , Ch3 =On , Ch4= On



รูปที่ 4.26 หน้าต่างที่ใช้ทดสอบการทำงานของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

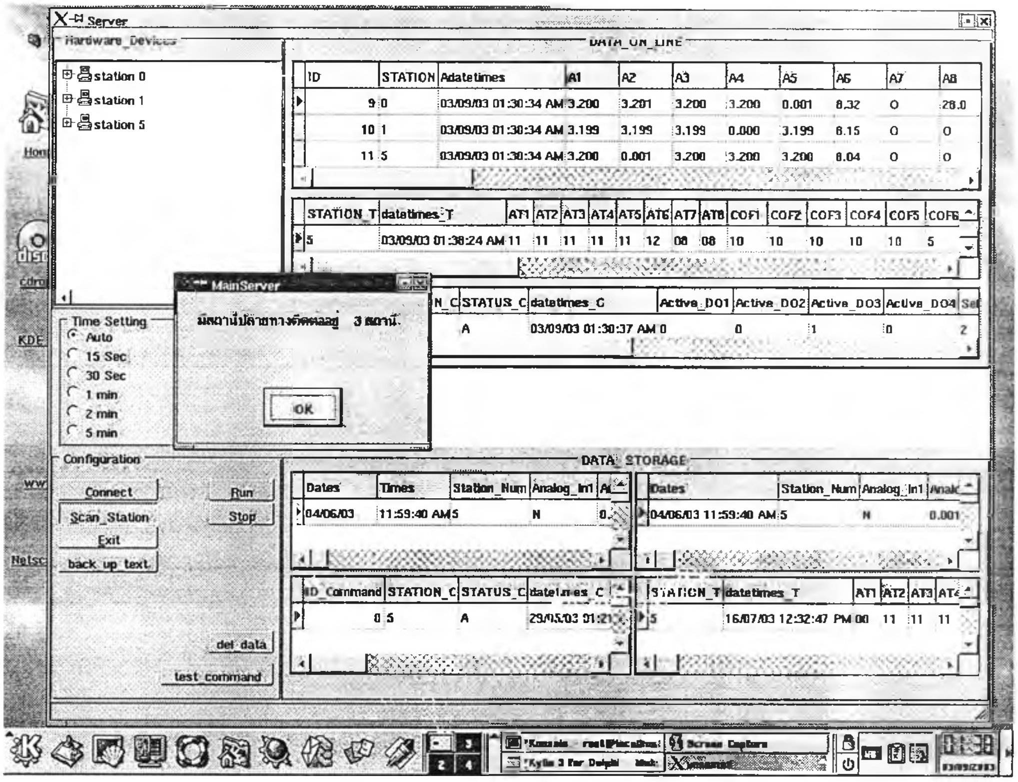


รูปที่ 4.27 ผลการทดสอบการทำงานของพอร์ตอนุกรมบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการทดสอบการส่งคำสั่งจำนวนหลายครั้งในหลายคำสั่งและหลายช่วงความเร็วในการส่งข้อมูลตั้งแต่ 9600 บิตต่อวินาที จนถึง 57600 บิตต่อวินาที จนมั่นใจว่าระบบปฏิบัติการลีนุกซ์สามารถสื่อสารกันด้วยโพรโตคอลได้อย่างดีเยี่ยม

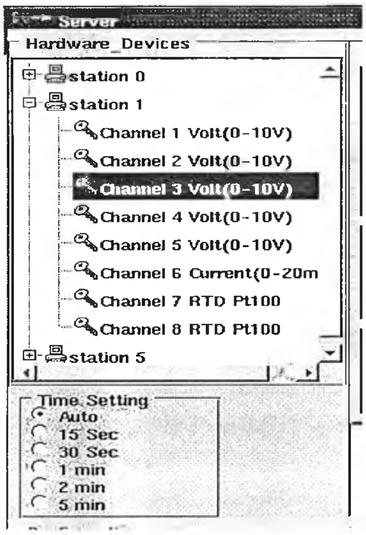
- การทดสอบการใช้งานโพรโตคอลมอดบัสในระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ เป็นการทดสอบการทำงานของระบบสกาดาในส่วนของระบบเซิร์ฟเวอร์ คือใช้ความสามารถในการติดต่อสื่อสารทำงานดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบการติดตั้ง RTU ในระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ต้นแบบนี้ได้ออกแบบไว้ให้สามารถติดต่อกับ RTU ได้ 10 RTU การทดสอบคือการนำ RTU จำนวน 3 RTU มาติดตั้งดังรูปที่ 4.15 และทำการตรวจสอบการทำงานได้ผลดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 ผลการทดสอบตรวจสอบการติดตั้ง RTU

- แยกประเภทของช่องสัญญาณของแต่ละ RTU



รูปที่ 4.29 ผลการทดสอบการแยกประเภทช่องสัญญาณของ RTU

- อ่านข้อมูลและกำหนดหน้าที่การทำงานให้กับ RTU

DATA_ON_LINE

STATION	Adatetimes	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	DI1	DI2	D
0	03/09/03 01:41:56 AM	3.201	3.201	3.201	3.201	0.001	8.30	0	27.9	0	0	0
1	03/09/03 01:41:56 AM	3.199	3.199	3.199	0.000	3.199	8.19	0	0	0	0	0
5	03/09/03 01:41:57 AM	3.199	0.001	3.199	3.199	3.199	8.04	0	0	0	0	0

STATION_T	datetimes_T	AT1	AT2	AT3	AT4	AT5	AT6	AT7	AT8	COF1	COF2	COF3	COF4	COF5	COF6
0	03/09/03 01:40:57 AM	11	11	11	11	11	12	08	08	10	10	10	10	10	5

STATION_C	STATUS_C	datetimes_C	Active_DO1	Active_DO2	Active_DO3	Active_DO4	Select_Ch
5	A	03/09/03 01:42:52 AM	0	0	1	0	2

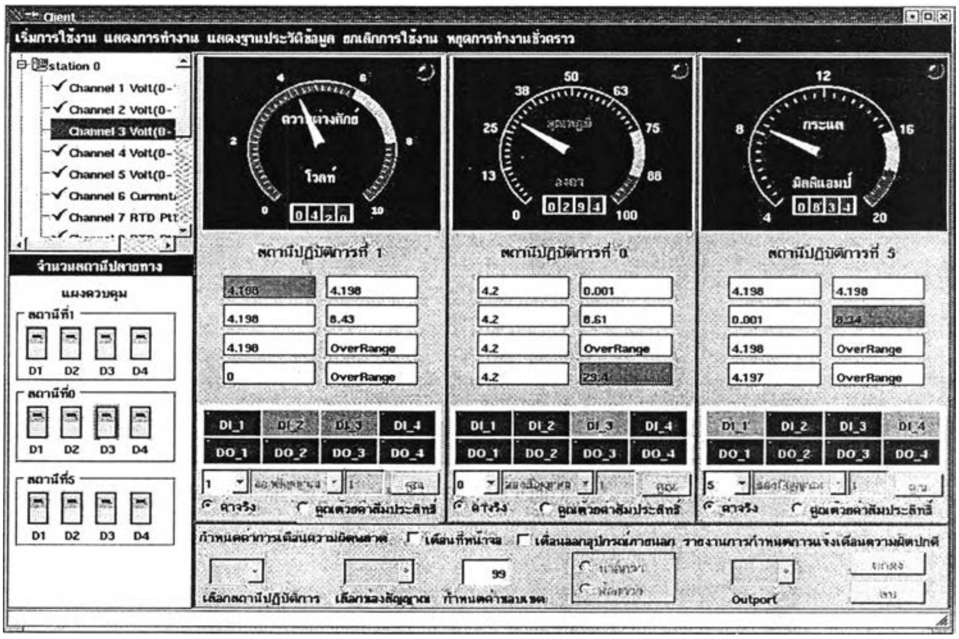
รูปที่ 4.30 ผลการทดสอบการอ่านข้อมูลจาก RTU

ผลจากการทดสอบความสามารถในการใช้โพรโตคอลมอดบัสในการสื่อสารบนระบบสกาดาในส่วนของเซิร์ฟเวอร์ สามารถสรุปได้ว่าระบบที่จำลองขึ้นสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดในการออกแบบระบบไว้คือ

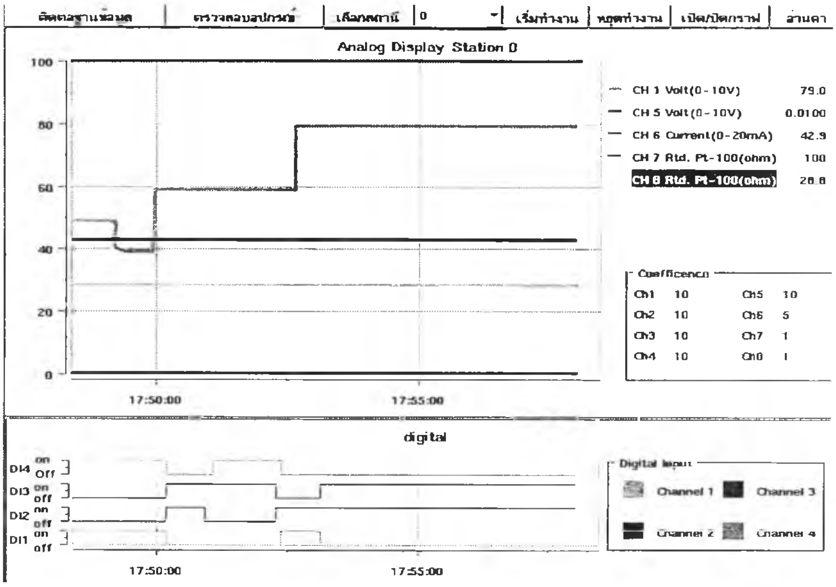
- ระบบสามารถตรวจสอบการติดตั้ง RTU ได้
- ระบบสามารถแยกประเภทของช่องสัญญาณของแต่ละ RTU ได้
- ระบบสามารถกำหนดเวลาในการอ่านข้อมูลขึ้นมาแสดงได้โดยเวลาต่ำที่สุดที่ไม่ทำเกิดการสูญเสียในการอ่านข้อมูลต่อ 1 RTU คือ 2 วินาที

4.3.1.2 การทดสอบการแสดงผลเทียบกับเวลาจริง จากโครงสร้างการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ในรูปที่ 4.15 จะแบ่งการทดสอบได้เป็นสองส่วนคือ

- การแสดงผลบนเครื่องไคลเอนท์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ซึ่งเป็นการทดสอบการแสดงผลโดยการป้อนสัญญาณอินพุตในรูปแบบต่างๆให้กับสถานีหลักแล้วสังเกตความสอดคล้องกันของการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในส่วนประสานงานกับผู้ใช้ของสถานีหลักกับส่วนการประสานงานกับผู้ใช้ของเครื่องไคลเอนท์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.31 และ 4.32

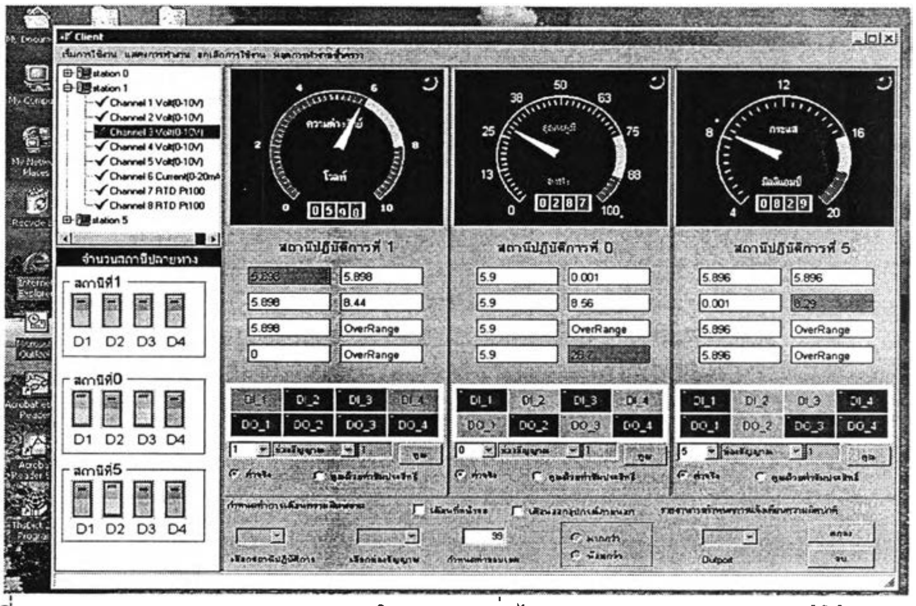


รูปที่ 4.31 ผลการทดสอบการแสดงผลในรูปทั่วไปของส่วนประสานงานกับผู้ใช้บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์



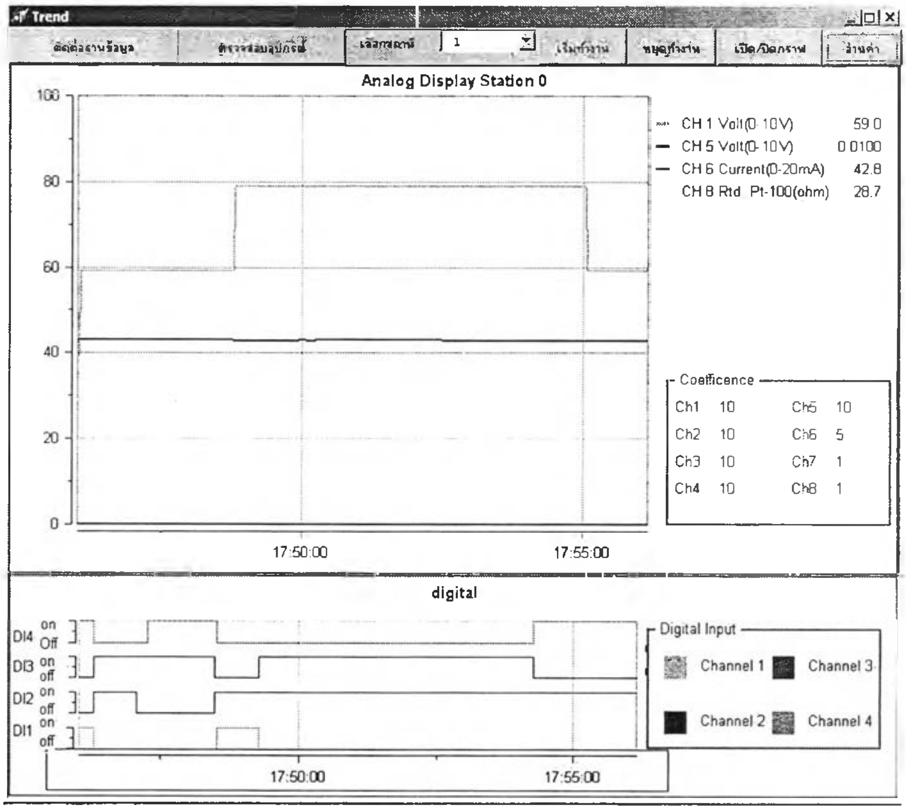
รูปที่ 4.32 ผลการทดสอบการแสดงผลในรูปแบบของกราฟของส่วนประสานงานกับผู้ใช้บน
ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

- การแสดงผลบนเครื่องไคลเอนท์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ เป็นการทดสอบการแสดงผลผ่านระบบเครือข่ายโดยเป็นการอ่านค่าจากหน่วยบริการฐานข้อมูลจากเครื่องสถานีหลักเช่นเดียวกับการแสดงผลบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.33 - 4.34



รูปที่ 4.33 ผลการทดสอบการแสดงผลในรูปแบบทั่วไปของส่วนประสานงานกับผู้ใช้บนระบบ
ปฏิบัติการวินโดว์ 2000

จากผลการทดสอบส่วนการแสดงผลเทียบเวลาจริงทั้งบนระบบปฏิบัติการวินโดว์และระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ผลที่ได้คือสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องกับเมื่อเทียบกับความเปลี่ยนแปลงขณะเวลาจริงของเครื่องสถานีหลัก



รูปที่ 4.34 ผลการทดสอบการแสดงผลในรูปแบบของกราฟของส่วนประสานงานกับผู้ใช้บนระบบปฏิบัติการวินโดว์ 2000

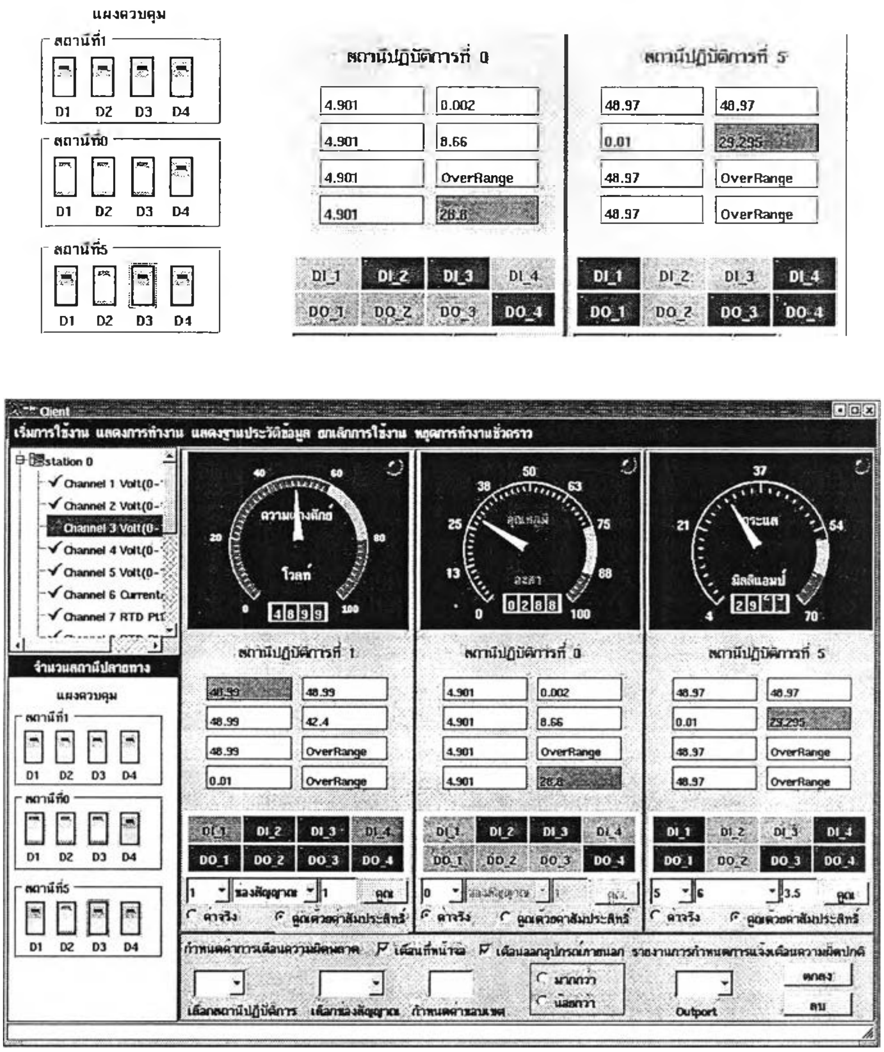
4.3.1.3 การทดสอบการควบคุมระยะไกลเทียบกับเวลาจริง จากโครงสร้างการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ในรูปที่ 4.15 การทดสอบในหัวข้อนี้จะเป็นการทดสอบคำสั่งในการควบคุม RTU จากส่วนการประสานงานกับผู้ใช้ (User Interface) ของฝั่งไคลเอนท์ซึ่งทำงานบนโพรโตคอล TCP/IP ในรูปแบบไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งถือว่าเป็นการทำงานในระยะได้รูปแบบหนึ่งโดยจะแบ่งการทดสอบได้เป็นสองส่วนคือ

- การทดสอบควบคุมโดยตรง คือการใช้คำสั่งโดยตรงจากส่วนการประสานงานของไคลเอนท์ส่งไปยังสถานีหลักเพื่อประมวลผลและปฏิบัติตามคำสั่งที่ส่งมา อย่างเช่น

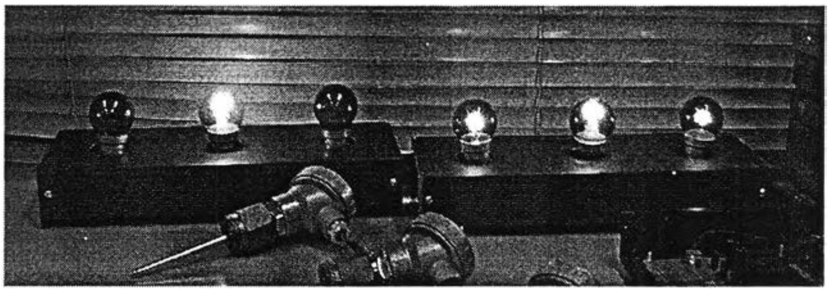
สถานีปฏิบัติการระยะไกลที่ 0 : สั่งเปิดไฟดวงที่ 1,2,3

สถานีปฏิบัติการระยะไกลที่ 5 : สั่งเปิดไฟดวงที่ 2 ปิด ดวงที่ 1,3

ผลที่ได้จากการควบคุมแสดงได้ดัง รูปที่ 4.35 และ 4.36



รูปที่ 4.35 ผลการทดสอบการควบคุมและรายงานผลจากเครื่องไคลเอนท์ไปยัง RTU



รูปที่ 4.36 ผลการทดสอบการควบคุมจากเครื่องไคลเอนท์ไปยัง RTU

- การทดสอบการควบคุมโดยผ่านการกำหนดค่าการแจ้งเตือนความผิดปกติจากส่วนการประสานงานของไคลเอนท์ทดสอบโดยการกำหนดค่าการแจ้งเตือนความผิดปกติดังต่อไปนี้

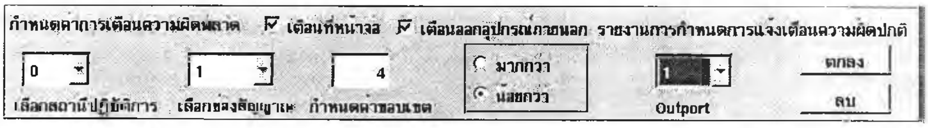
สถานีที่ 0 :

: ถ้าค่าของสัญญาณแอนะล็อกที่อ่านเข้ามามีค่าน้อยกว่า 4 โวลต์ ให้แสดงผลเตือนที่หน้าจอเป็นสีเหลือง และหลอดไฟสีน้ำเงิน เปิด

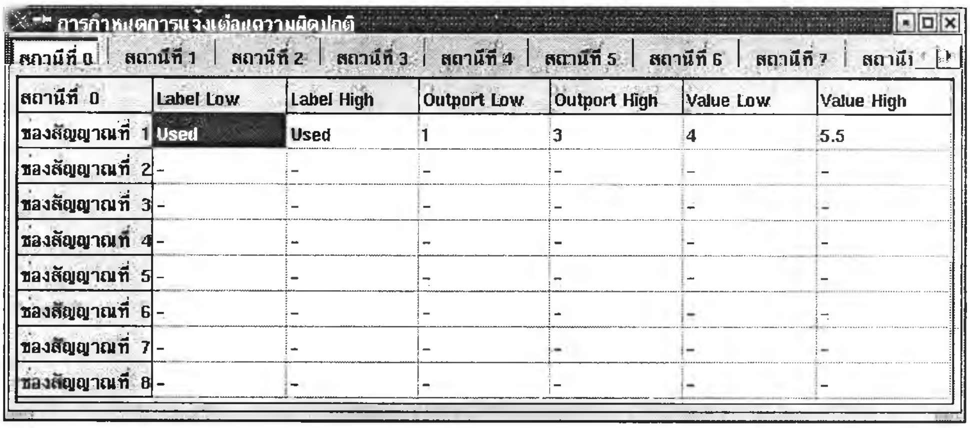
: ถ้าค่าของสัญญาณแอนะล็อกที่อ่านเข้ามามีค่ามากกว่า 5.5 โวลต์ ให้แสดงผลเตือนที่หน้าจอเป็นสีเหลือง และหลอดไฟสีแดง เปิด

: ถ้าค่าของสัญญาณแอนะล็อกที่อ่านเข้ามามีค่าอยู่ระหว่าง 4 - 5.5 โวลต์ ให้แสดงผลเตือนที่หน้าจอเป็นสีขาว และหลอดไฟปิดทุกสี

ผลจากการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.37 - 4.42

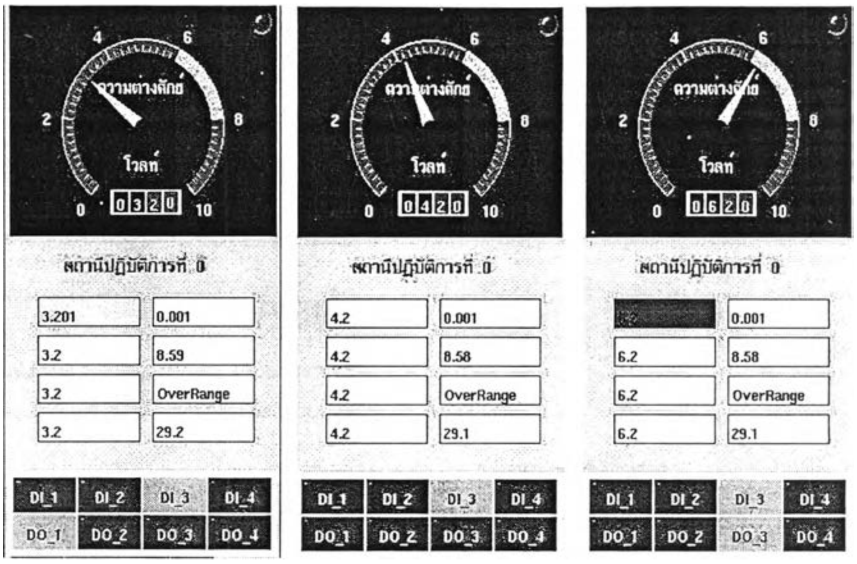


รูปที่ 4.37 การกำหนดค่าการแจ้งเตือนความผิดปกติ

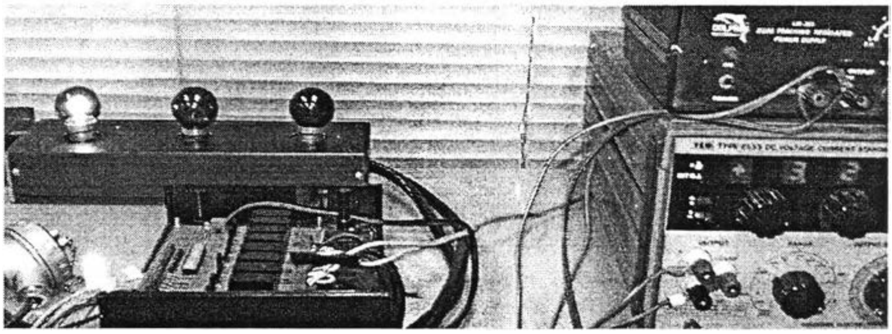


สถานีที่ 0	Label Low	Label High	Outport Low	Outport High	Value Low	Value High
ช่องสัญญาณที่ 1	Used	Used	1	3	4	5.5
ช่องสัญญาณที่ 2	-	-	-	-	-	-
ช่องสัญญาณที่ 3	-	-	-	-	-	-
ช่องสัญญาณที่ 4	-	-	-	-	-	-
ช่องสัญญาณที่ 5	-	-	-	-	-	-
ช่องสัญญาณที่ 6	-	-	-	-	-	-
ช่องสัญญาณที่ 7	-	-	-	-	-	-
ช่องสัญญาณที่ 8	-	-	-	-	-	-

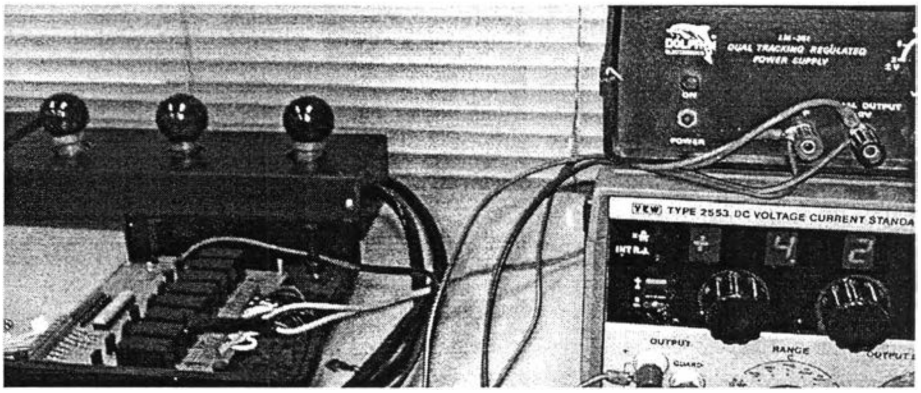
รูปที่ 4.38 การกำหนดค่าการแจ้งเตือนความผิดปกติ (ต่อ)



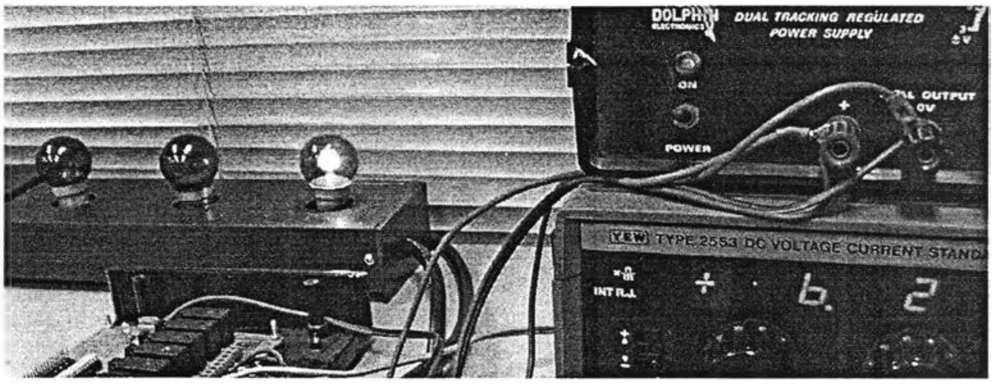
รูปที่ 4.39 การเตือนความผิดปกติผ่านส่วนประสานงานกับผู้ใช้ของไคลเอนท์



รูปที่ 4.40 การเตือนความผิดปกติผ่านทาง RTU ในกรณีที่สัญญาณ
แอนะล็อกที่อ่านเข้ามามีค่าน้อยกว่า 4 โวลต์



รูปที่ 4.41 การเตือนความผิดปกติผ่านทาง RTU ในกรณีที่สัญญาณ
แอนะล็อกที่อ่านเข้ามามีค่าอยู่ระหว่าง 4 - 5.5 โวลต์

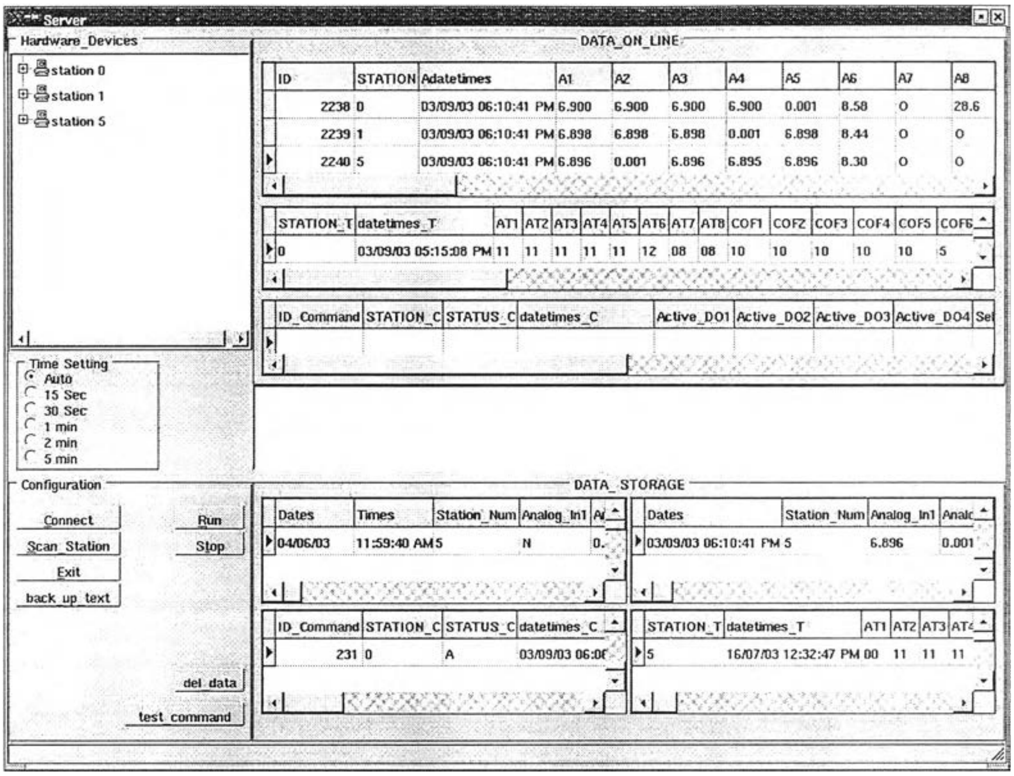


รูปที่ 4.42 การเตือนความผิดปกติผ่านทาง RTU ในกรณีที่สัญญาณ แอนะล็อกที่อ่านเข้ามามีค่ามากกว่า 5.5 โวลต์

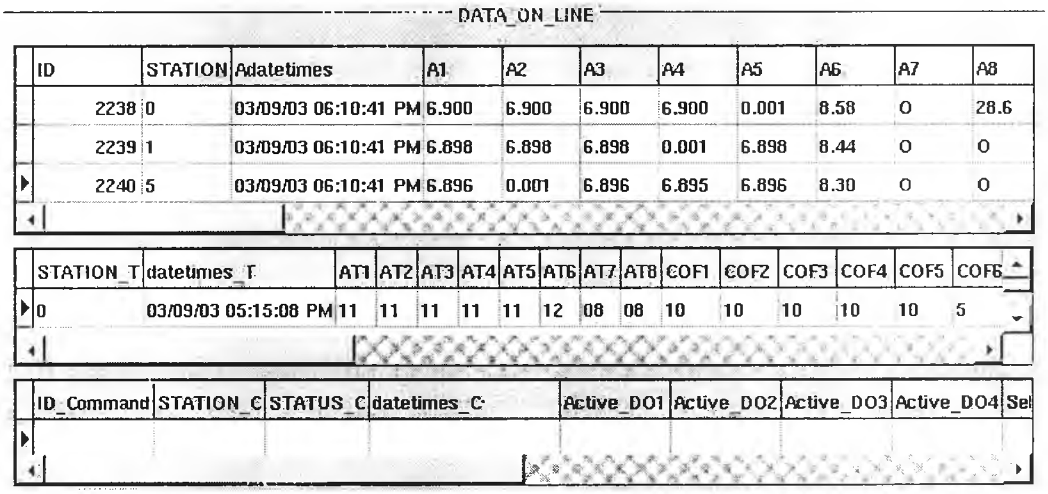
ผลจากการทดสอบคำสั่งในการควบคุม RTU จากส่วนการประสานงานกับผู้ใช้ (User Interface) ของฝั่งไคลเอนท์ซึ่งทำงานบนโพรโตคอล TCP/IP สามารถสรุปได้ว่าสามารถตอบสนองคำสั่งการทำงานจากเครื่องไคลเอนท์ได้จริงโดยที่ช่วงระยะเวลาในการปฏิบัติตามคำสั่ง 1 ชุดคำสั่งจะเท่ากับช่วงเวลาที่กำหนดให้มีการอ่านข้อมูลจาก RTU ของสถานีหลัก

4.3.1.4 การทดสอบการบันทึกข้อมูลเทียบกับเวลาจริง ในหัวข้อนี้จะแบ่งการทดสอบได้เป็นสองส่วนคือ

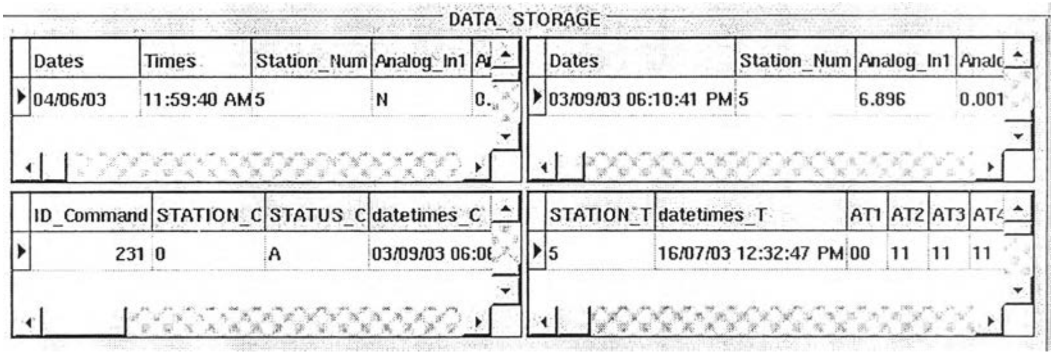
- การบันทึกข้อมูลเทียบกับเวลาจริงของระบบเซิร์ฟเวอร์ สามารถตรวจสอบได้โดยการดึงค่าจากฐานข้อมูลมาแสดงผลในส่วนประสานงานผู้ใช้ของเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นการอ่านค่าจากฐานข้อมูล 2 ประเภทคือ Data Onlines เป็นฐานข้อมูลประเภทชั่วคราวที่ใช้สำหรับแสดงผลขณะเวลาจริง และฐานข้อมูลประเภท Data Storage ที่เป็นฐานข้อมูลประวัติ แสดงได้ดังรูปที่ 4.43 - 4.45



รูปที่ 4.43 การอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลของส่วนประสานงานผู้ใช้ของระบบเซิร์ฟเวอร์

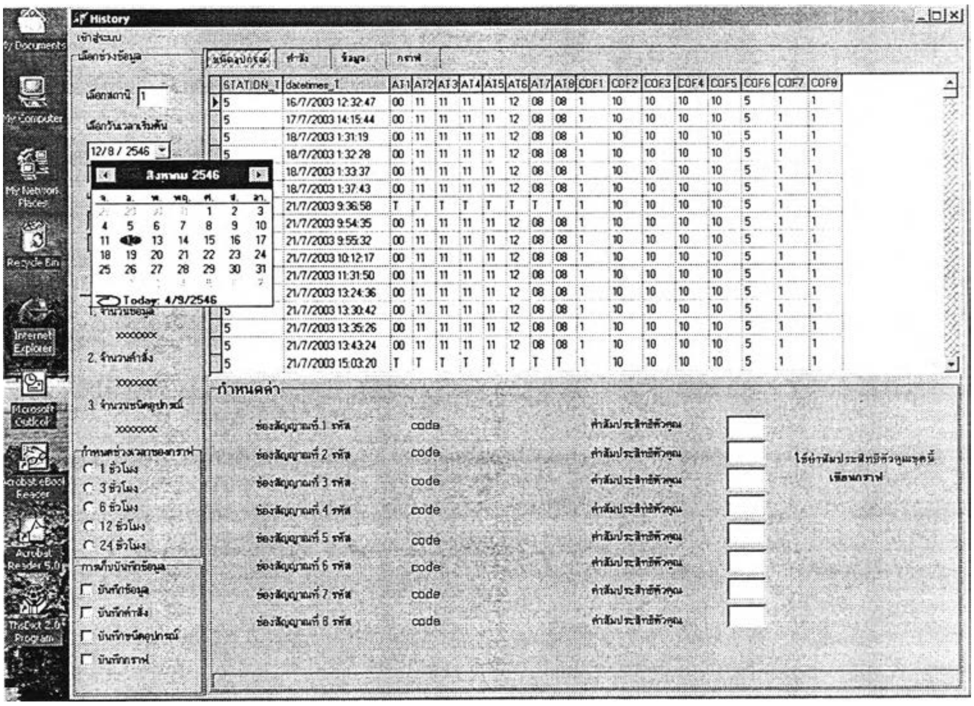


รูปที่ 4.44 การอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลประเภทชั่วคราวที่ใช้สำหรับแสดงผลขณะเวลาจริง



รูปที่ 4.45 การอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลประวัติขณะบันทึกที่เวลาจริง

- การอ่านข้อมูลประวัติ เป็นการทดสอบที่ส่วนประสานงานผู้ใช้ของไคลเอนท์โดยเป็นการอ่านข้อมูลผ่านทางระบบเซิร์ฟเวอร์ จุดประสงค์เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปของรายงานหรือดึงออกมาเป็นแฟ้มเอกสาร แสดงได้ดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 การอ่านข้อมูลประเภทชนิดอุปกรณ์จากฐานข้อมูลประวัติ

ชนิดอุปกรณ์ | คำสั่ง | ข้อมูล | กราฟ

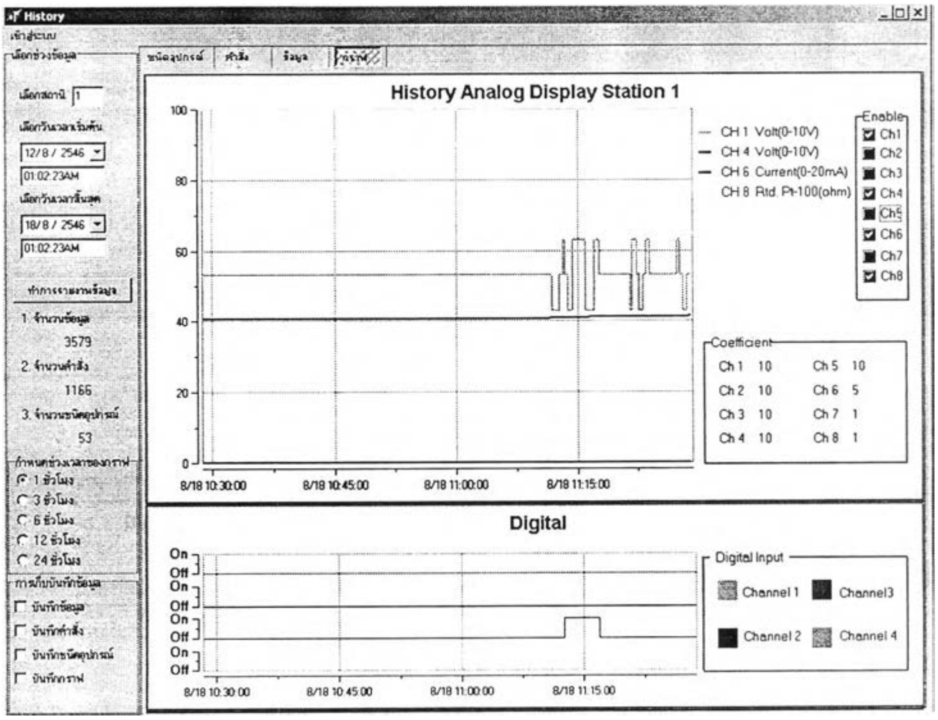
	ID_Command	STATION_C	STATUS_C	datetimes_C	Active_DO1	Active_DO2	Active_DO3	Active_DO4
▶	2	1	A	12/8/2003 22:25:09	0	0	1	0
	2	1	A	12/8/2003 22:25:14	0	0	0	0
	2	1	A	12/8/2003 22:26:03	0	1	0	0
	2	1	A	12/8/2003 22:26:09	0	0	0	0
	2	1	A	13/8/2003 0:30:41	0	0	1	0
	2	1	A	13/8/2003 0:30:42	0	1	1	0
	2	1	A	13/8/2003 0:31:05	0	0	1	0
	2	1	A	13/8/2003 0:31:12	0	1	1	0
	1	1	A	13/8/2003 0:32:39	1	0	0	0

รูปที่ 4.46 (ต่อ) แสดงการอ่านข้อมูลประเภทคำสั่งจากฐานข้อมูลประวัติ

ชนิดอุปกรณ์ | คำสั่ง | ข้อมูล | กราฟ

	Dates	Station_Num	Analog_In1	Analog_In2	Analog_In3	Analog_In4	Analog_In5	Analog_In6	Analog_In7	Analog_In8	Digital_In1	Digital_In2
▶	12/8/2003 22:24:17	1	6.000	5.999	5.999	0.000	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:24:23	1	5.999	5.999	5.999	0.000	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:24:28	1	5.999	5.999	5.999	-0.000	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:24:34	1	5.999	5.999	5.999	0.001	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:24:39	1	5.999	5.999	5.999	0.000	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:24:45	1	6.000	6.000	6.000	0.000	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:24:50	1	5.999	5.999	5.999	0.000	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:24:56	1	5.999	5.999	5.999	0.000	5.999	8.13	0	0	0	0
	12/8/2003 22:25:01	1	5.999	5.999	5.999	0.000	5.999	8.14	0	0	0	0
	12/8/2003 22:25:07	1	5.999	5.999	5.999	0.000	5.999	8.14	0	0	0	0

รูปที่ 4.46 (ต่อ) แสดงการอ่านข้อมูลประเภทข้อมูลแอนะล็อกและดิจิตอลจากฐานข้อมูลประวัติ



รูปที่ 4.46 (ต่อ) แสดงการอ่านข้อมูลประเภทข้อมูลแอนะล็อกและดิจิตอลจากฐานข้อมูลประวัติในรูปแบบของกราฟ

4.3.1.5 การทดสอบระบบไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ เป็นการทดสอบการทำงานของส่วนการประสานงานกับผู้ใช้ในฝั่งไคลเอนท์ถึงความสามารถในการทำงานได้ในระบบหลายผู้ใช้ (Multi - User) โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการทดสอบการทำงาน 4 เครื่อง ปรากฏว่าส่วนประสานงานผู้ใช้ของไคลเอนท์สามารถทำงานได้เป็นปกติและโดยสมมติฐานของระบบหลายผู้ใช้น่าจะใช้งานในส่วนประสานงานผู้ใช้ของไคลเอนท์ได้มากกว่าจำนวน 4 เครื่องที่นำมาทดสอบ

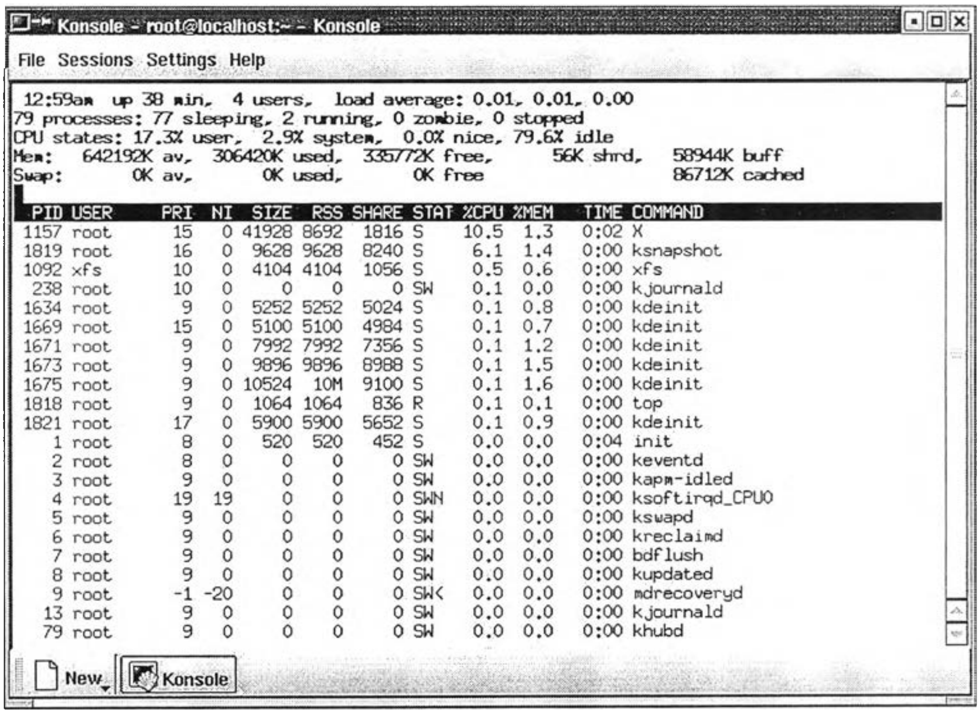
ตารางที่ 4.5 รหัสและความหมายของการรายงานการใช้ทรัพยากรบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

CODE	CODE DESCRIPTIONS
uptime	This line displays the time the system has been up, and the three load averages for the system
processes	The total number of processes running at the time of the last update . This is also broken down into
	the number of tasks which are running, sleeping, stopped, or undead
CPU states	Shows the percentage of CPU time in user mode, system mode, niced tasks, and idle
Mem	Statistics on memory usage, including total available memory, free memory, used memory,
	shared memory, and memory used for buffers .
Swap	Statistics on swap space, including total swap space, available swap space, and used swap space
PID	The process ID of each task .
USER	The user name of the task's owner .
PRI	The priority of the task .
NI	The nice value of the task . Negative nice values are higher priority .
SIZE	The size of the task's code plus data plus stack space, in kilobytes, is shown here
RSS	The total amount of physical memory used by the task, in kilobytes, is shown here
SHARE	The amount of shared memory used by the task is shown in this column
STAT	The state of the task is shown here . The state is either S for sleeping, D for uninterruptible sleep
	, R for running, Z for zombies, or T for stopped or traced ., N for a process with positive nice value
	, W for a swapped out process .(this does not work correctly for kernel processes)
%CPU	The task's share of the CPU time since the last screen update, expressed as a percentage of total
	CPU time per processor
%MEM	The task's share of the physical memory
TIME	Total CPU time the task has used since it started .
COMMAND	The task's command name,which will be truncated if it is too long to be displayed on one line
	Tasks in memory will have a full command line, but swapped -out tasks will only have the name of
	the program in parentheses .

4.3.2 ตรวจสอบการใช้ทรัพยากรของซอฟต์แวร์สกาดา ในส่วนนี้เป็นการรายงานการใช้ทรัพยากรของซอฟต์แวร์สกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ในส่วนระบบการประสานงานกับผู้ใช้

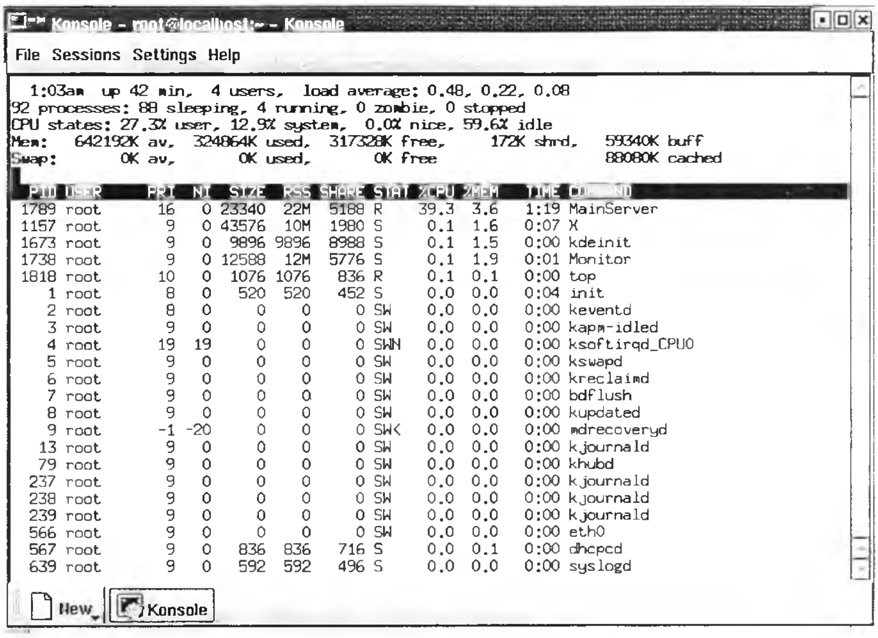
ของระบบไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ และระบบไคลเอนท์ค่าที่อ่านได้เป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถของระบบปฏิบัติการ ลีนุกซ์ในการบริหารและจัดการ การใช้ทรัพยากรสำหรับส่วนการประยุกต์ใช้งานที่เพิ่มเข้ามาในระบบการทำงาน และเพื่อความเข้าใจในความหมายของค่าต่างๆที่จำเป็นของรายงานจึงต้องทราบความหมายโดยสังเขปของรหัสของการรายงานการใช้ทรัพยากรบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ แสดงดังตารางที่ 4.5 และรายละเอียดของรายงานแสดงเป็นลำดับดังนี้

1. รายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดายังไม่เริ่มทำงาน เป็นรายงานบอกการใช้ทรัพยากรเบื้องต้นก่อนที่ระบบสกาดาจะทำงาน มีรายละเอียดทั่วไปแสดงดังรูปที่ 4.47



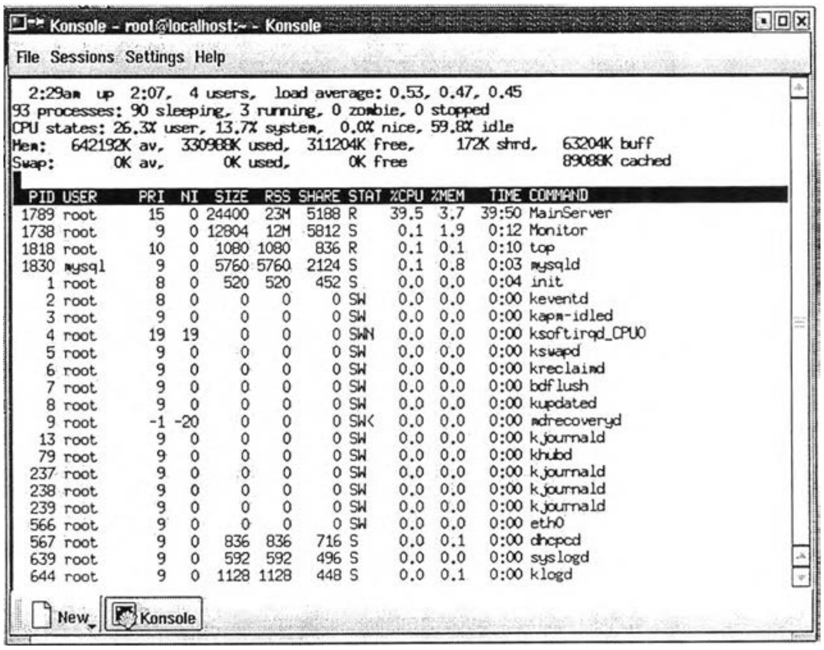
รูปที่ 4.47 การรายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดายังไม่เริ่มทำงาน

2. รายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดาเริ่มทำงานทั้งระบบคือในส่วนระบบการประสานงานกับผู้ใช้ของตัวเซิร์ฟเวอร์และตัวไคลเอนท์มีรายละเอียดทั่วไปแสดงดังรูปที่ 4.48



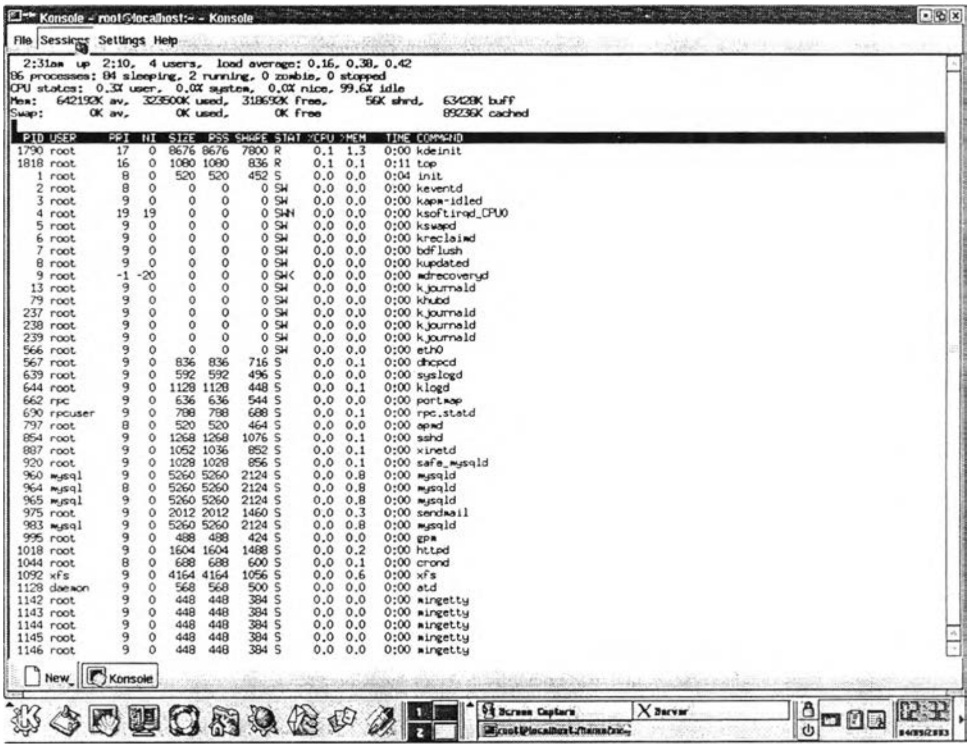
รูปที่ 4.48 การรายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดาเริ่มทำงานทั้งระบบ

3. รายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดาทำงานทั้งระบบและมีการอ่านข้อมูลจาก RTU 3 สถานี จำนวน 3,000 ครั้ง มีรายละเอียดทั่วไปแสดงดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 การรายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดามีการอ่านข้อมูลจาก RTU 3 สถานี จำนวน 3,000 ครั้ง

4. รายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดายุติการทำงาน เป็นการแสดงถึงการคืนทรัพยากรทันทีหลังจากซอฟต์แวร์สกาดายุติการทำงาน มีรายละเอียดทั่วไปแสดงดังรูปที่ 4.50



รูปที่ 4.50 การรายงานการบริหารการใช้ทรัพยากรขณะซอฟต์แวร์สกาดายุติการทำงาน

จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดยจะใช้เพียงบางค่าเท่านั้นผลที่สังเกตได้คือ ขณะที่เริ่มและยุติการใช้งานซอฟต์แวร์สกาดาในขั้นตอนที่ 2 และ 4 มีค่าการใช้หน่วยความจำ (MEM) ต่างกันน้อยมากทั้งที่ขั้นตอนที่ 3 หรือขณะซอฟต์แวร์สกาดาทำงานอยู่มีค่าการใช้หน่วยความจำต่างกันอย่างชัดเจนรวมถึงการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง (%CPU) ของซอฟต์แวร์สกาดาก็จะหยุดทันทีเมื่อหยุดทำงานนอกจากนั้นยังมีค่าอื่นอีกหลายค่าที่บ่งบอกความสามารถของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ในการจัดสรรการใช้ทรัพยากรของระบบอย่างมีประสิทธิภาพ แสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ความมีประสิทธิภาพในการบริหารการใช้ทรัพยากรของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ที่มีต่อการใช้งานซอฟต์แวร์สกาดา ส่งผลให้แนวโน้มการพัฒนาระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ง่ายขึ้นด้วยเพราะนักพัฒนาไม่ต้องกังวลมากถึงเรื่องการจัดการทรัพยากรของระบบโดยปล่อยให้เป็นหน้าที่ของระบบปฏิบัติการคอยจัดการให้แทน

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบการใช้ทรัพยากรของระบบขณะใช้งานและยุติการใช้งาน

ขั้นตอนการทำงาน	MEM	COMMAND	PID	PRI	SIZE	RSS	SHARE	STAT	%CPU	%MEM	TIME
ซอฟต์แวร์สกาดายังไม่เริ่มทำงาน	306420K	MainServer No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
		Monitor No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
ซอฟต์แวร์สกาดาเริ่มทำงานทั้งระบบ	324864K	MainServer Yes	1789	16	23340	22M	5188	R	39.3	3.6	1:19
		Monitor Yes	1738	9	12588	12M	5776	S	0.1	1.9	0:01
มีการอ่านข้อมูลจากสถานีปลายทาง	330988K	MainServer Yes	1789	15	24400	23M	5188	R	39.5	3.7	39.:50
ระยะไกล 3 สถานี จำนวน 3,000 ครั้ง		Monitor Yes	1738	9	12804	12M	5812	S	0.1	1.9	0:12
ซอฟต์แวร์สกาดายุติการทำงาน	323500K	MainServer No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
		Monitor No	No	No	No	No	No	No	No	No	No

4.3.3 การคำนวณหน่วยความจำที่ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูล ในซอฟต์แวร์สกาดาที่ได้ออกแบบไว้มีการเก็บข้อมูลในรูปแบบตารางของฐานข้อมูลอยู่ 3 ประเภท และมีการเก็บข้อมูลต่อ 1 รอบ ที่เรียกใช้งานมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.6 – 4.7

ตารางที่ 4.7 การคำนวณพื้นที่ในการเก็บข้อมูลสำหรับอินพุตแอนะล็อกและดิจิตอล

Data Name	Name Field	Data Type	Maximum Memory
Data Index	ID	Unsigned Integer	4 byte
Name Station	Station_Num	Unsigned Tiny Integer	1 byte
Datetime	Datetime	Datetime	8 byte
Analog Input 1	A1	VARCHAR	8 byte
Analog Input 2	A2	VARCHAR	8 byte
Analog Input 3	A3	VARCHAR	8 byte
Analog Input 4	A4	VARCHAR	8 byte
Analog Input 5	A5	VARCHAR	8 byte
Analog Input 6	A6	VARCHAR	8 byte
Analog Input 7	A7	VARCHAR	8 byte
Analog Input 8	A8	VARCHAR	8 byte
Digital Input 1	DI1	Character	1 byte
Digital Input 2	DI2	Character	1 byte
Digital Input 3	DI3	Character	1 byte
Digital Input 4	DI4	Character	1 byte
Digital Output 1	DO1	Character	1 byte
Digital Output 2	DO2	Character	1 byte
Digital Output 3	DO3	Character	1 byte
Digital Output 4	DO4	Character	1 byte
		Total	85 byte

ตารางที่ 4.8 การคำนวณพื้นที่ในการเก็บข้อมูลสำหรับชุดคำสั่ง

Data Name	Name Field	Data Type	Maximum Memory
Command Index	Id_Command	Unsigned Integer	4 byte
Name Station	Station_Command	Unsigned Tiny Integer	1 byte
Command Status	Status_C	Character	1 byte
Dateime	Datetime	Datetime	8 byte
Select Channel Active	Sel	Character	1 byte
Active Digital Output Ch 1	Active_Do 1	Character	1 byte
Active Digital Output Ch 2	Active_Do 2	Character	1 byte
Active Digital Output Ch 3	Active_Do 3	Character	1 byte
Active Digital Output Ch 4	Active_Do 4	Character	1 byte
		Total	19 byte

ตารางที่ 4.9 การคำนวณพื้นที่ในการเก็บข้อมูลสำหรับชนิดของอุปกรณ์

Data Name	Name Field	Data Type	Maximum Memory
Name Station	Station_Type	Unsigned Tiny Integer	1 byte
Datetime	Datetime	Datetime	8 byte
Analog Type 1	AT1	Character	2 byte
Analog Type 2	AT2	Character	2 byte
Analog Type 3	AT3	Character	2 byte
Analog Type 4	AT4	Character	2 byte
Analog Type 5	AT5	Character	2 byte
Analog Type 6	AT6	Character	2 byte
Analog Type 7	AT 7	Character	2 byte
Analog Type 8	AT 8	Character	2 byte
Coefficient Of AT1	COF 1	Character	3 byte
Coefficient Of AT2	COF 2	Character	3 byte
Coefficient Of AT3	COF 3	Character	3 byte
Coefficient Of AT4	COF 4	Character	3 byte
Coefficient Of AT5	COF 5	Character	3 byte
Coefficient Of AT6	COF 6	Character	3 byte
Coefficient Of AT7	COF 7	Character	3 byte
Coefficient Of AT8	COF 8	Character	3 byte
		Total	49 byte

สรุปท้ายบท

ผลจากการทดสอบระบบสกาดาบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ต้นแบบตามคุณสมบัติโดยสมมุติฐานได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติสมมติฐานกับผลการทดสอบจริง

	คุณสมบัติตามสมมติฐาน	ผลการทดสอบ
1	สถานีหลักสามารถติดต่อกับ RTU ด้วยโพรโตคอลสื่อสารแบบมอดบัสแอสกีบนมาตรฐาน RS-485 ได้ 10 สถานี โดยที่แต่สถานีรับสัญญาณแอนะล็อกได้ 8 ช่องสัญญาณ สัญญาณดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุตอย่างละ 4 ช่องสัญญาณ	สามารใช้งานได้จริงและน่าจะเพิ่มได้ถึง 32 RTU
2	เวลาต่ำสุดที่สถานีหลักอ่านข้อมูลจากสถานี RTU ต่อ 1 RTU เท่ากับ 1 วินาที (เวลาที่ใช้ 1 วินาทีมาจาก เวลาของ RTU ในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 0.3 วินาที รวมกับเวลาที่ใช้ในโปรแกรมประมาณ 0.7 วินาที)	ได้เวลาต่ำสุดที่ข้อมูลไม่เสียหายเท่ากับ 2 วินาที (1 วินาทีที่ถูกเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบซ้ำในกรณีที่ข้อมูลที่ถูกส่งกลับมาจาก RTU เกิดข้อผิดพลาด)
3	สามารถตรวจความผิดปกติจากการสื่อสารระหว่างสถานีหลักกับ RTU ระหว่างการทำงานได้ เช่นกรณีที่สายส่งสัญญาณหลุด	ทำงานได้ตามสมมติฐาน
4	สนับสนุนการควบคุมระยะไกลจากเครื่องไคลเอนท์	ทำงานได้ตามสมมติฐาน
5	การแสดงผลสื่อความหมายได้อย่างชัดเจนในรูปแบบทั่วไปและรูปแบบกราฟ	ทำงานได้ตามสมมติฐาน
6	สามารถแจ้งเตือนความผิดปกติในรูปแบบความเปลี่ยนแปลงของสีที่หน้าจอและอุปกรณ์ภายนอกเช่นหลอดไฟหรือสัญญาณเตือนโดยใช้พอร์ตดิจิตอลเอาต์พุตของ RTU	ทำงานได้ตามสมมติฐาน
7	ใช้ความเร็วในการสื่อสารแบบมอดบัสแอสกีบนมาตรฐาน RS-485 เท่ากับ 19200 บิตต่อวินาที และสามารถเพิ่มได้ถึง 57600 บิตต่อวินาที	ทำงานได้ตามสมมติฐาน
8	สามารถตรวจสอบการทำงาน (Monitoring) ในรูปแบบของไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ ได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (RedHat 7.2) และไมโครซอฟต์วินโดว์ (Win2000)	ทำงานได้ตามสมมติฐาน
9	สามารถบันทึกข้อมูลในรูปไฟล์เอกสารหรือรูปภาพเพื่อที่จะนำไปใช้ในการทำรายงานต่อได้	ทำงานได้ตามสมมติฐาน

นอกจากนั้นจากการตรวจสอบการบริหารทรัพยากรของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ยังพบว่ามีการจัดการบริหารที่ดีมีการควบคุมการคืนทรัพยากรหลังจากใช้เสร็จตลอดเวลาส่งผลให้การใช้งานซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมีเสถียรภาพมากขึ้นตามไปด้วย