ระบบเก็บข้อมูลย่อยของระบบเฝ้าตรวจอากาศระยะไกล

นาย โอภาส ศิริครรชิตถาวร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-784-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DATA ACQUISITION SUBSYSTEM FOR THE REMOTE AIR MONITORING SYSTEM

Mr. Opas Siricunchittavon

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974-636-784-6

I 17151090

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบเก็บข้อมูลย่อยของระบบเฝ้าตรวจอากาศระยะไกล
โดย	นายโอภาส ศิริครรชิตถาวร
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

โอภาส ศิริครรชิตถาวร : ระบบเก็บข้อมูลย่อยของระบบเฝ้าตรวจอากาศระยะไกล
(A DATA ACQUISITION SUBSYSTEM FOR THE REMOTE AIR MONITORING SYSTEM)
อ. ปรึกษา : อ. สุวิทย์ นาคพีระยุทธ , อ. ที่ปรึกษาร่วม ผศ. ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์
78 หน้า. ISBN 974-636-784-6

การวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบเก็บข้อมูลย่อยของระบบเฝ้าตรวจอากาศระยะไกลที่มี remote module ขนาดเล็กที่ทำงานได้ด้วยตนเองและสามารถประมวลผลสัญญาณก่อนที่จะส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ผ่านโมเดม เพื่อลดจำนวนข้อมูลที่ส่งหรือจัดเก็บรวมทั้งลดภาระการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ เครื่องคอมพิวเตอร์แม่สามารถต่อกับ remote module ได้หลายตัวพร้อมกัน โดยควบคุมการทำงานด้วยโพรโทคอลตัวอักษรรหัส ASCII โปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่พัฒนาด้วย Visual Basic ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 3.1 เพื่อให้สามารถทำงานได้พร้อมกันหลายโปรแกรม ส่วนโปรแกรมบน remote module พัฒนาขึ้นด้วยภาษาแอสเซมบลีของ DSP ชิป TMS320C50 เพื่อให้มีขนาดเล็กและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

remote module สามารถต่อกับก๊าซเซนเซอร์ได้ถึง 5 ตัว มีดิจิตอลเอาต์พุตพอร์ตขนาด 8 บิต 1 พอร์ต สำหรับควบคุมการทำงานของโซเลนอยด์วาล์ว มีโหมดการทำงาน 2 โหมดคือ โหมดส่งข้อมูลพื้นฐานที่จะส่งค่าแรงดันที่วัดได้จากก๊าซเซนเซอร์และโหมดส่งข้อมูลพิเศษที่จะส่งค่าผลคูณภายในระหว่างเวกเตอร์ข้อมูลของแต่ละก๊าซเซนเซอร์และเวกเตอร์อ้างอิง ซึ่งมีขนาดเวกเตอร์ละ 256 ค่า สามารถดาวน์โหลดเวกเตอร์อ้างอิงได้เซนเซอร์ละ 4 ตัว เมื่อใช้เมตริกซ์ปรับเทียบเป็นเวกเตอร์อ้างอิงจะสามารถคำนวณค่าความเข้มข้นของก๊าซต่างๆ ได้

การทดสอบระบบได้วัดไอของสารละลาย แอมโมเนียและเมทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.01%, 0.05%, 0.1% และ น้ำบริสุทธิ์ ได้คำนวณค่าเมตริกซ์ปรับเทียบด้วยวิธี principal component regression (PCR) พบว่ามีค่า rms ของความผิดพลาดในข้อมูลทดสอบไม่เกิน 2.6077% เมื่อใช้ principal component จำนวน 7 ตัว และได้ทดสอบการทำงานกับ remote module สองชุดพร้อมกันในแบบออนไลน์ผ่านโมเดมเพื่อวัดและคำนวณค่าความเข้มข้น ซึ่งระบบสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า **ลายมือชื่อนิสิต** โอภาส ศิริครรชิตถาวร
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** [illegible]
ปีการศึกษา 2539 **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** [illegible]

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C715612 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: GAS SENSOR / DATA ACQUISITION

OPAS SIRICUNCHITTAVON : A DATA ACQUISITION SUBSYSTEM FOR THE REMOTE AIR MONITORING SYSTEM. THESIS ADVISOR : SUVIT NAKPEERAYUTH, THESIS COADVISOR : ASSIST. PROF. MANA SRIYUDTHSAK, Ph.D. 78 pp. ISBN 974-636-784-6

This research has developed a data acquisition subsystem for the remote air monitoring system. The small, stand alone remote module can preprocess the signal before sending to the host computer via modem to reduce the amount of transmitted or stored data and host computer burden. Host computer can connect to several remote modules using ASCII protocol to control the operations. The host computer's program was developed with Visual Basic under Microsoft Windows 3.1 to use the multitasking capability. The remote module's program was developed with assembly language on TMS320C50 DSP chip for small and fast program.

The remote module can connect up to 5 gas sensors with one 8 bits digital output port to control solenoid valves. It has 2 operation modes: basic mode, sending voltage from gas sensors and advance mode, sending inner products between data vectors of each sensors and reference vectors of 256 points. Up to 4 reference vectors can be downloaded for each sensors. Using the calibration matrix as reference vectors, the gas concentrations can be computed.

The system has been tested with the vapor from ammonia and methyl alcohol solutions at 0.01%, 0.05%, 0.1% v/v and pure water. The calibration matrix using principal component regression (PCR) gives the rms error on test data less than 2.6077% when using 7 principal components. The on-line testing via modem with 2 remote module to measure and calculate gas concentrations work as desired.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต โอภาส ศิริจรัญจิตต์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มานะ ศรียุทธศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอบพระคุณคณะกรรมการสอบหัวข้อวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำต่างๆในการทำวิจัย ขอบคุณ คุณขวัญชัย อโณทัยนาท และเจ้าหน้าที่ประจำห้องวิจัยสารกึ่งตัวนำที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลอง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณพี่ๆ และญาติทุกคนซึ่งสนับสนุนทางการเรียนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1
วัตถุประสงค์ 2
ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 4
ความนำ 4
2.1 ก๊าซเซนเซอร์และวงจรที่ใช้ตรวจวัด 4
2.2 ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลและชุด DSK 6
2.3 เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น 7
2.3.1 เมตริกซ์ผกผันเสมือน (pseudo inverse matrix) 7
2.3.2 การหาเมตริกซ์ปรับเทียบโดยใช้เมตริกซ์ Q (Q-matrix calibration) 8
2.3.3 การหาเมตริกซ์ปรับเทียบโดยใช้ Inverse Least Square (P-matrix) 8
2.3.4 การหาเมตริกซ์ปรับเทียบโดยใช้ Principal Component Regression 8
บทที่ 3 ระบบเก็บข้อมูลย่อย 10
ความนำ 10
3.1 คุณสมบัติของระบบโดยคร่าวๆ 10
3.2 โพรโทคอลที่ใช้ในการทำงานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่และ remote module 11
3.2.1 รูปแบบของข้อมูลที่รับส่ง 11
3.2.1 คำสั่งควบคุมการทำงานของ remote module 11
3.2.3 รูปแบบไฟล์ของเวกเตอร์อ้างอิง 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ส่วนของฮาร์ดแวร์ 14
3.3.1 การดัดแปลงวงจรของชุด DSK 17
3.4 ส่วนของซอฟต์แวร์ที่ remote module 17
3.4.1 การกำหนดพื้นที่หน่วยความจำของ remote module 18
3.4.2 การทำงานหลักของ remote module 19
3.4.3 โปรแกรมส่วนอ่านข้อมูลจากก๊าซเซนเซอร์ 19
3.4.4 ส่วนของ Interrupt service routine 21
3.4.5 การกำหนดคาบเวลาสำหรับอินเตอร์รัพต์จากวงจรแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล.. 21
3.4.6 การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม 21
3.4.7 การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 24
3.5 ส่วนของซอฟต์แวร์ที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ 24
3.5.1 การติดต่อกับพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ 25
3.5.2 รูปแบบไฟล์ที่ของตัวแปลภาษาแอสเซมบลีของชุด DSK 25
3.5.3 ขั้นตอนการโหลดโปรแกรมไปยังชุด DSK 25
3.5.4 รูปแบบไฟล์ข้อมูลก๊าซเซนเซอร์ 26
3.6 ขั้นตอนการหาเมตริกซ์ปรับเทียบ (calibration matrix) 28
บทที่ 4 ลักษณะสมบัติของระบบเก็บข้อมูลย่อย 29
ความนำ 29
4.1 ระบบที่ใช้ในการทดสอบ 29
4.2 สัญญาณที่ได้จากการวัดสารตัวอย่าง 30
4.3 การวิเคราะห์สัญญาณที่วัดได้จากก๊าซเซนเซอร์และการหาเมตริกซ์ปรับเทียบ 34
4.3.1 การเปลี่ยนข้อมูลที่ได้จากระบบเก็บข้อมูลย่อยฯ
เป็นเมตริกซ์ข้อมูลของ Matlab 34
4.3.2 การจัดเตรียมเมตริกซ์ดูดกลืนที่ได้จากก๊าซเซนเซอร์ 35
4.3.3 การจัดเตรียมเมตริกซ์ความเข้มข้น 35
4.3.4 การหาเมตริกซ์ปรับเทียบ 36
4.3.5 การเปลี่ยนเมตริกซ์ปรับเทียบเป็นเวกเตอร์อ้างอิงสำหรับ remote module 37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.6 การหาจุดเหมาะสมในการประมวลผล 37

4.4 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของสารละลายโดยใช้เมตริกซ์ปรับเทียบ 39

4.5 ผลการทดสอบโดยสั่งให้ remote module คำนวณค่าความเข้มข้นส่งมายังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ 40

4.6 การทดสอบการทำงานของ remote module สองชุดพร้อมกัน 41

4.7 ปัจจัยที่มีผลทำให้ทำให้การทดสอบระบบผิดพลาด 41

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 42

5.1 สรุปผลการวิจัย 42

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 43

รายการอ้างอิง 44

ภาคผนวก 45

ภาคผนวก ก รายละเอียดของก๊าซพาห์ โซเลนอยด์วาล์วและก๊าซเซนเซอร์ 46

ภาคผนวก ข วงจรของชุด TMS320C5x DSP STARTER KIT 48

ภาคผนวก ค ตัวอย่างหน้าจอแสดงการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ 52

ภาคผนวก ง โปรแกรมของ Matlab (M file) ที่ใช้ในการหาเมตริกซ์ปรับเทียบ 55

ภาคผนวก จ โปรแกรมในส่วนของ remote module 60

ประวัติผู้เขียน 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

4.1 เงื่อนไขของระบบสำหรับการทดลองตรวจวัดก๊าซ 30
4.2 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของสารละลายโดยใช้ Q matrix และ PCR 7 factor 39
ก.1 ข้อมูลของก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนที่ใช้เป็นก๊าซพาห์ 46
ก.2 ข้อมูลของโซเลนอยด์วาล์ว 46
ก.3 ข้อมูลของหัวตรวจวัดก๊าซทั้งสาม 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ระบบเฝ้าตรวจอากาศระยะไกล 1
2.1 ก๊าซเซนเซอร์ที่ใช้ 5
2.2 โครงสร้างของกำแพงพลังงานศักย์ของอิเล็กตรอน 5
2.3 วงจรไฟฟ้าที่ใช้กับก๊าซเซนเซอร์ 6
3.1 รายละเอียดของ remote module 14
3.2 วงจรภาคถอดรหัสตำแหน่งที่อยู่และดิจิตอลไอโอพอร์ต 15
3.3 วงจรแอนะลอกมัลติเพลกซ์ 16
3.4 การดัดแปลงวงจรของ DSK เพื่อนำสัญญาณ RI จากโมเดมมารีเซ็ต DSK 17
3.5 การจัดแบ่งพื้นที่หน่วยความจำของ remote module 18
3.6 ขั้นตอนการทำงานหลักของ remote module 19
3.7 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมย่อยอ่านข้อมูลจากก๊าซเซนเซอร์ 20
3.8 ขั้นตอนการทำงานของ interrupt service routine 22
3.9 อินเตอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรมและอินเตอร์รัพต์จากตัวแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล 23
4.1 ระบบที่ใช้ในการทดสอบวัดสารตัวอย่าง 29
4.2 สัญญาณที่ได้จากการวัดน้ำบริสุทธิ์ 31
4.3 สัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 0.01% v/v 31
4.4 สัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 0.05% v/v 32
4.5 สัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายแอมโมเนีย ความเข้มข้น 0.1% v/v 32
4.6 สัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายเมทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.01% v/v 33
4.7 สัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายเมทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.05% v/v 33
4.8 สัญญาณที่ได้จากการวัดสารละลายเมทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.1% v/v 34
4.9 ค่าผลรวมความผิดพลาดยกกำลังสองของผลลัพธ์ที่ได้จาก fcal ค่า factor ต่างๆ เมื่อกำหนดให้ 10^{-3},10^{-5},10^{-7},10^{-9} ประมาณเท่ากับศูนย์ 38
4.10 ค่าผลรวมความผิดพลาดยกกำลังสองของผลลัพธ์ที่ได้จาก fcal ค่า factor ต่างๆ เมื่อกำหนดให้ $10^{-2.3}$,$10^{-2.5}$,$10^{-2.7}$,$10^{-2.9}$ ประมาณเท่ากับศูนย์ 38
4.11 ผลการวัดค่าโดยให้ remote module คำนวณค่าความเข้มข้นแล้วส่งมาให้ 40
4.12 หน้าจอแสดงการทำงานของ remote module สองชุดพร้อมกัน 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

ค.1 หน้าจอแสดงการทำงานกำหนดเลือกพอร์ตอนุกรมที่ใช้ 52
ค.2 หน้าจอแสดงการทำงานเลือกโหลดเวกเตอร์อ้างอิง 52
ค.3 หน้าจอแสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์การทำงานของ remote module 52
ค.4 หน้าจอแสดงการทำงานของ remote module ในโหมดส่งข้อมูลพื้นฐาน 53
ค.5 หน้าจอแสดงการทำงานของ remote module ในโหมดส่งข้อมูลพิเศษ 54
ค.6 หน้าจอแสดงการทำงานสองโปรแกรมพร้อมกัน 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY