

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกับจมูกอิเล็กทรอนิกส์

AN APPLICATION OF PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS TO
ELECTRONIC NOSE



T117863



ทวี ป็อกฝ้าย

TAWEE POGFAY

พ.ท.
ท185ก
2554

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

117863

22 ส.ค. 2554

b.....
i.....

12350412

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2554

KMITL 2011-EN-M-040-056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AN APPLICATION OF PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS TO
ELECTRONIC NOSE**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
2011
KMITL 2011-EN-M-040-056



COPYRIGHT 2011

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักกับจุมุกอิเล็กทรอนิกส์
นักศึกษา	นายทวี ป็อกฝ้าย
รหัสนักศึกษา	51060404
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.มนัส สัจจวรศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.อดิสร เตือนตรานนท์

บทคัดย่อ

การแบ่งกลุ่มของกลิ่นหรือจดจำกลิ่นของจุมุกอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีหลักการคณิตศาสตร์ทางสถิติที่นำมาจำแนกได้หลายหลักการ Principal Component Analysis (PCA) เป็นหลักการหนึ่งที่ถูกเลือกให้ใช้ในการจำแนกกลุ่ม แต่บทความวิจัยที่ผ่านมาได้ทดลองใช้กับจุมุกอิเล็กทรอนิกส์แค่ 1 เครื่องเท่านั้น หากจะนำข้อมูลของเครื่องที่ 2 หรือเครื่องอื่นๆ มาวิเคราะห์รวมกันจะต้องหาผลต่างของระหว่างกลิ่นอ้างอิงและกลิ่นที่ต้องวัดในแต่ละเครื่องซึ่งมีขั้นตอนค่อนข้างซับซ้อน ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้วิจัย วิธีการประมวลผลการใช้ PCA มาสร้างแผนภูมิเพื่อเปรียบเทียบการจำแนกกลุ่มของกลิ่นของจุมุกอิเล็กทรอนิกส์หลายๆ เครื่องมาสร้างแผนภูมিরวมกันเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลได้โดยไม่ต้องหาความต่างของข้อมูล โดยพัฒนาจุมุกอิเล็กทรอนิกส์วัดสภาพอากาศในหลายๆ จุด ณ อาคารสวางคนิเวศ ศูนย์ฟื้นฟูคนชรา สวางคนิเวศ สภาอากาศิไทยเพื่อเปรียบเทียบกลิ่นจากแหล่งต่างๆ ของพื้นที่สงสัย 5 จุด ได้แก่ โรงงานกระดุก กองขยะ โรงงานฟอกหนัง ที่ตากหนัง และ โรงงานขนไก่ แล้วส่งข้อมูลของจุมุกอิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวส่งผ่านไวเลสเน็ตเวิร์คตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 หรือ ซิกบี (Zigbee) เพื่อนเก็บข้อมูลที่เครื่อง Coordinator เพื่อประมวลผลและใช้เก็บเป็นฐานข้อมูล จากการวัดกลิ่นสงสัยนั้นโดยการใช้ PCA ทดสอบ โรงงานฟอกหนังมีกลิ่นที่แยกออกไปจาก จุดอื่นๆ และไม่มีผลสภาพแวดล้อมต่ออาคาร สวางคนิเวศ ส่วนอีก 4 จุดที่เหลือมีกลิ่นข้อมูลที่รวมกันและมีผลต่อตัวอาคารสวางคิเวศในช่วงเวลา 18.00 น – 20.00 น.

Thesis Title	An application of principal component analysis to electronic nose
Student	Mr. Tawee Pogfay
Student ID.	51060404
Degree	Master of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Manas Sangworasil
Thesis co-Advisor	Dr. Adisorn Tuantranont

ABSTRACT

Classification and recognition of odor via electronic nose can be done by various statistical analysis. Principal component analysis (PCA) is one of the most important techniques that are widely used in odor pattern classification. In our previous research, only one electronic nose device was used for odor detection. However, odor analysis from other interested locations, additional electronic nose devices have to be installed in each location. In order to analyze the odor from many electronic nose devices, the data differences between the collected sample and reference odor from each devices have to be taken into account. In this work, we develop an evaluation method to plot the data directly from PCA analysis, from many electronic nose devices, without considering the difference of data and reference value. The experiment was done at Sawangkaniwatt, Thai Red Cross Society, Samut Prakan Province in order to investigate the pollution source. The electronic nose devices were installed in Sawangkaniwatt building and the suspected odor sources including the midden, animal bone plant, tanning factory, leather dryer yard, and shuttlecock factory. Odor data measured by wireless odor sensors are delivered via ZigBee network to a database station where displayed real-time data, data storage and odor classification by PCA implementation. The results show that the signal from tanning factory is isolated from other data and not affected to the pollution in Sawangkaniwatt, while other 4 sources cause pollution at Sawangkaniwatt during 6-8 p.m.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ วิธีการศึกษาค้นคว้าวิจัย และคำปรึกษาจาก รศ.ดร.มนัส สัจจวิเศษ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และดร.อดิสร เตือนตรานนท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสองท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการงานวิจัยนาโนอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ ตลอดจนข้อมูล และหนังสือต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในหน่วยปฏิบัติการงานวิจัยนาโนอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ทวี ป็อกฝ้าย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ผลงานของจุมกือเล็กทรอนิกส์ที่มีมาแล้ว.....	6
บทที่ 3 จุมกือเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจคลื่นในอากาศ.....	9
3.1 คุณสมบัติของเครื่องตรวจวัดก๊าซ.....	9
3.2 เซนเซอร์และการออกแบบวงจรใช้งาน.....	10
3.3.1 KE-25 ออกซิเจนเซนเซอร์.....	10
3.3.2 TGS826 แอม โมเนียเซนเซอร์.....	13
3.3.3 TGS825 ไฮโดรเจนซัลไฟด์เซนเซอร์.....	15
3.3.4 TGS2600 เซนเซอร์วัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ.....	18
3.3.5 TGS2602 เซนเซอร์วัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ.....	20
3.3.6 TGS2610 แอลพีเซนเซอร์.....	22
3.3.7 TGS2611 มีเทนเซนเซอร์.....	24
3.3.8 TGS2620 ตรวจสอบไอตัวทำละลาย.....	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การควบคุมระบบและการทำงานของระบบ.....	29
4.1 Microcontroller.....	29
4.2 การอ่านค่าจากไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล.....	32
4.3 การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น (SHT15).....	36
4.4 การอ่านและเขียนข้อมูลจาก RTC เพื่อกำหนดเวลาในการวัด.....	41
บทที่ 5 ระบบควบคุมทิศทางลม.....	46
5.1 ระบบดูดอากาศ.....	47
5.2 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve).....	48
5.3 ระบบกรองอากาศ (Air Filter).....	48
5.4 Chamber.....	49
บทที่ 6 Zigbee Wireless network.....	51
บทที่ 7 PCA (Principal Component Analysis).....	56
บทที่ 8 PCA และการจำแนกข้อมูล.....	63
บทที่ 9 การวัดและทดสอบ.....	68
9.1 การดำเนินการ.....	69
9.2 ผลการทดสอบวิธีการวิเคราะห์ผล.....	70
9.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	92
บทที่ 10 สรุปและวิเคราะห์.....	93
บรรณานุกรม.....	95
ภาคผนวก.....	97
ภาคผนวก ก. Chamberสำหรับจุ่มกอลีเอทรอนิกส์อัจฉริยะ.....	98
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	101
ประวัติผู้เขียน.....	108

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 คำสั่งสำหรับการปรับค่า TLC3548.....	35
4.2 การกำหนดรีจิสเตอร์ของ TLC3548.....	36
4.3 รายละเอียดคำสั่งและข้อมูลคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของ SHT15.....	38
4.4 เวลาที่โมดูล SHT15 ใช้ในการประมวลผลข้อมูล.....	39
4.5 การทำงานของรีจิสเตอร์สถานะ.....	39
4.6 ค่าคงที่ของการคำนวณค่าอุณหภูมิ.....	40
4.7 ค่าคงที่ของการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์.....	41
4.8 การควบคุมความถี่ของซีลเลเตอร์ด้วยการเซตบิต RS1, RS0.....	45
7.1 ตัวอย่างผลการทดลอง.....	57
7.2 ผลต่างระหว่างผลการทดลองและค่าเฉลี่ย.....	58
7.3 การหาค่า Covariant Matrix.....	59

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงานของเครื่องตรวจวัดก๊าซ	9
3.2 KE-25 Oxygen sensor	10
3.3 วงจรขยายสำหรับ KE-25 Oxygen sensor	11
3.4 TGS826 Ammonia sensor	13
3.5 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS826	14
3.6 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS826	14
3.7 TGS825 Hydrogen sulfide sensor	15
3.8 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS825	16
3.9 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS825	17
3.10 TGS2600 Air contaminants sensor	18
3.11 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2600	19
3.12 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2600	19
3.13 TGS2602 Air Contaminant sensor	20
3.14 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2602	21
3.15 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2602	21
3.16 TGS82610 LP gas sensor	19
3.17 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2610	23
3.18 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2610	23
3.19 TGS82611 Methane gas sensor	24
3.20 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2611	25
3.21 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2611	25
3.22 TGS2620 Solvent vapor gas sensor	26
3.23 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2620	27
3.24 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2620	27
4.1 โครงสร้างภายใน PIC18F458	30
4.2 ลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์	31
4.3 วงจรใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์	31
4.4 โครงสร้างภายใน TLC3548	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ลักษณะภายนอก TLC3548.....	32
4.6 การเชื่อมต่อ TLC3548 และ PIC 18F458.....	33
4.7 Write cycle Timing diagram TLC3548.....	34
4.8 Read cycle Timing diagram TLC3548.....	34
4.9 การเชื่อมต่อ SHT15.....	36
4.10 การเชื่อมต่อการใช้งาน SHT15.....	37
4.11 การส่งคำสั่งการเชื่อมต่อ SHT15.....	37
4.12 การส่งสัญญาณ Transmission start.....	37
4.13 การสร้างสัญญาณรีเซตสำหรับ SHT15.....	38
4.14 DS1307.....	42
4.15 การต่อใช้งาน DS1307.....	43
4.16 การต่อใช้งาน DA1307.....	43
4.17 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I ² C.....	43
4.18 การเขียนข้อมูลอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I ² C.....	44
4.19 การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I ² C.....	44
4.20 รีจิสเตอร์ภายในไอซีฐานเวลา DS1307.....	45
5.1 การควบคุมทิศทางการไหลของลม.....	46
5.2 ระบบดูดอากาศที่ต้องกรวด.....	47
5.3 การใช้งานจริงของระบบดูดอากาศ.....	47
5.4 โซลินอยด์วาล์ว (MAC model.35A-AAA-DDAA-1BA).....	48
5.5 รูปถ่ายกันมันต์ที่ถ่ายด้วยกล้องอิเล็กตรอนไมโครสโคป (Electron microscope).....	48
5.6 ท่อใส่กันมันต์สำหรับกรองอากาศ.....	49
5.7 ส่วนประกอบของท่อกรองอากาศ.....	49
5.8 Chamber ที่ถูกออกแบบด้วยโปรแกรม Solid work.....	49
5.9 Chamber ที่ใช้งานอยู่จริงของเครื่องตรวจวัดอากาศ.....	50
5.10 ส่วนประกอบภายในทั้งหมดของจุ่มอิเล็กตรอนิกส์.....	50
6.1 การกำหนดย่านความถี่ของ Zigbee.....	51
6.2 สถาปัตยกรรม Zigbee.....	52
6.3 Star.....	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.4 Cluster Tree	53
6.5 Mesh	54
6.6 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Zigbee	55
7.1 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 วิธี	58
7.2 ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ Eigen vector ที่ 1	61
7.3 แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ Eigen vector ที่ 2	62
7.4 ผลการทรานฟอร์มข้อมูล	62
8.1 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ 1	63
8.2 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ 2	63
8.3 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ 3	64
8.4 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ 4	64
8.5 โปรแกรมการวิเคราะห์โดยใช้ PCA (Principal Component Analysis) ของแต่ละกลุ่ม	64
8.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติความสัมพันธ์ของข้อมูล	65
8.7 การกำหนดค่าของ Eigen vector ของข้อมูลกลั่นอ้างอิงสำหรับข้อมูลในแต่ละชุดให้มีค่าคงที่	66
8.8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละชุด	67
9.1 การติดตั้งและการเก็บข้อมูล ณ อาคารสว่างคนิเวช	68
9.2 การวัด ณ จุดที่สงสัยในแต่ละจุด	70
9.3 อากาศที่ได้จากการวัด ณ อาคารสว่างคนิเวช	71
9.4 อากาศที่ได้จากการวัด ณ จุดที่สงสัย 5 จุด	72
9.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1-PC2	73
9.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1-PC3	73
9.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1-PC4	74
9.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1-PC5	74
9.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1 PC2 และ PC3	75
9.10 PC1-PC2 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.	75
9.11 PC1-PC3 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.	76
9.12 PC1-PC4 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.	76
9.13 PC1-PC5 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
9.14 PC1-PC2 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.....	77
9.15 PC1-PC3 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.....	78
9.16 PC1-PC4 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.....	78
9.17 PC1-PC5 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.....	79
9.18 PC1-PC2 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.....	79
9.19 PC1-PC3 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.....	80
9.20 PC1-PC4 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.....	80
9.21 PC1-PC5 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.....	81
9.22 PC1-PC2 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.....	81
9.23 PC1-PC3 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.....	82
9.24 PC1-PC4 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.....	82
9.25 PC1-PC5 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.....	83
9.26 PC1-PC2 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.....	83
9.27 PC1-PC3 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.....	84
9.28 PC1-PC4 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.....	84
9.29 PC1-PC5 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.....	85
9.30 PC1-PC2 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.....	85
9.31 PC1-PC3 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.....	86
9.32 PC1-PC4 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.....	86
9.33 PC1-PC5 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.....	87
9.34 แผนผังตำแหน่งสำหรับเก็บตัวอย่างข้อมูลอากาศที่สงสัย.....	90
9.35 แผนผังตำแหน่งสำหรับเก็บตัวอย่างข้อมูลอากาศที่สงสัย.....	91

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากความสามารถในการจำแนกชนิดของกลิ่นในมนุษย์นั้นไม่คงที่และมีข้อจำกัดจากปัจจัยกระตุ้นภายนอก ทั้งความอ่อนล้า อารมณ์ สภาพร่างกาย สภาพอากาศหรืออุณหภูมิ เช่น เซอร์ อัจฉริยะอาศัยหลักการเกี่ยวกับการรับรู้กลิ่นของมนุษย์ เรียกว่า “จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose)” หรือ “ระบบตรวจวัดกลิ่นด้วยเซนเซอร์อาร์เรย์” จะช่วยลดข้อจำกัดของจำแนกกลิ่นของผู้เชี่ยวชาญที่อาศัยประสาทสัมผัส โดยใช้การส่งสัญญาณที่แตกต่างกันของเซนเซอร์แต่ละชนิด เพื่อใช้จดจำและจำแนกสารเคมีต่างๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง โดยกลิ่นเป็นสารเคมีระเหย (Volatile chemical) ที่มีขนาดโมเลกุลไม่เกิน 300 ดาลตัน (Daltons) ซึ่งมนุษย์และสัตว์จะมีตัวตรวจจับสารเคมีของกลิ่น (olfactory) ที่ส่งสัญญาณไปยังสมองเพื่อประมวลผลว่าเป็นสัญญาณของกลิ่นใด จมูกอิเล็กทรอนิกส์ก็อาศัยหลักการคล้ายๆ กัน โดยจะใช้สัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนไปของแต่ละเซนเซอร์เมื่อตรวจจับสารเคมีระเหย (conductometric chemosensor) ซึ่งตัวอุปกรณ์ประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์จะมีเซนเซอร์ที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับเพียงสารเคมีตัวใดตัวหนึ่ง และเซนเซอร์แต่ละตัวก็มีความไวต่อสารเคมีระเหยไม่เท่ากัน ซึ่งซอฟต์แวร์ก็จะนำสัญญาณจากเซนเซอร์แต่ละตัวมาประมวลผลเพื่อจำแนกกลิ่นได้

สำหรับเซนเซอร์ทำจากโพลีเมอร์นำไฟฟ้าที่มีอนุภาคนำไฟฟ้าซึ่งอาจเป็น พอลิเมอร์นำไฟฟ้า คาร์บอน หรือผงโลหะ กระจายตัวอยู่ในเนื้อโพลีเมอร์ มีลักษณะเป็นโครงข่ายต่อเนื่องเพื่อเป็นเส้นทางให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกขั้วได้ เมื่อมีสารเคมีระเหยเข้ามาสัมผัสจะทำให้โครงข่ายของอนุภาคนำไฟฟ้าขยายตัวและเส้นทางเดินของอิเล็กตรอนบางตัวถูกตัดขาด ซึ่งจะทำให้ความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และโพลีเมอร์จะกลับเข้าสู่สภาพเดิมเมื่อสารเคมีระเหยถูกปล่อยออกไป

ระบบตรวจวัดกลิ่นด้วยอาร์เรย์เซนเซอร์ดังกล่าวจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพอาหารด้วยกลิ่นโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีมานานแล้ว แต่ส่วนใหญ่จำกัดกับผลผลิตที่มีราคาแพง เพราะผู้เชี่ยวชาญที่มีพรสวรรค์และผ่านการฝึกฝนมือจุ่มจำกัด ประกอบกับไม่สามารถทำงานให้มีความแม่นยำได้ต่อเนื่อง ซึ่งระบบดังกล่าวจะช่วยให้ขั้นตอนการตรวจสอบมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของจมูกอิเล็กทรอนิกส์คืออาจจะใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการจดจำและแยกแยะกลิ่นเพื่อทดแทนหรือเป็นส่วนเสริมการทำงานของมนุษย์หรือสัตว์ เช่นในขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของอาหารสดส่งออก ปัจจุบันยังต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ (Panelist) ในการดมเพื่อคัดแยกคุณภาพของกุ้งสด ถ้าเรามีจมูกอิเล็กทรอนิกส์ก็จะช่วยให้การวัดรวดเร็วมากขึ้นและทั่วถึงมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ข้อดีจากการมีอุปกรณ์มาตรฐานเพื่อจดจำและแยกแยะกลิ่นมีมากมาย ดังเช่นในอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังกระบวนการแปรรูป ยกตัวอย่างเช่น ความสดของผัก ผลไม้ หรือเนื้อสัตว์ หรือความสุกดิบของผลไม้ ก็จะมีกลิ่นต่างกัน ชนิด(สายพันธุ์) ของผัก ผลไม้ ก็มีกลิ่นต่างกัน เช่นข้าวหอมมะลิจะมีกลิ่นเฉพาะตัว การบ่มไวน์ซึ่งต้องการปัจจัยหลายประการการที่จะบ่งบอกว่าไวน์บ่มได้ที่หรือไม่ต้องอาศัยกลิ่นเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบ ซึ่งการตรวจสอบอาจทำโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ที่ถูกฝึกมาเป็นพิเศษ อุตสาหกรรมน้ำหอมซึ่งต้องอาศัยกลิ่นเป็นอย่างยิ่ง การปรุงแต่งกลิ่นน้ำหอมต้องการผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์เป็นสำคัญ ในการผสมน้ำหอมแต่ละกลิ่นในแต่ละครั้งของการผลิตเพื่อให้มีมาตรฐานเดียวกันโดยปราศจากอคติ จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์มาตรฐานในที่นี้คือจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสามารถพอ ในด้านการแพทย์ มีรายงานว่าโรคหลายชนิดที่ทำให้ร่างกายคนไข้ที่เกิดโรคนั้นสร้างกลิ่นเฉพาะตัวขึ้นมา เช่น ผู้ป่วยที่เป็นโรคไต (uremia) จะมีสารเคมีระเหย dimethylamine และ trimethylamine ปนมากับลมหายใจหรือปัสสาวะ ผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งปอด จะมี aniline และ o-toluidine อยู่ในลมจากปอด ในด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้ตรวจสอบกลิ่นน้ำ อากาศเสีย ในด้านการทหารหรือการรักษาความปลอดภัยเพื่อใช้ดมกลิ่นสารต้องห้ามหรือวัตถุระเบิด และนอกจากนี้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวัดสภาพอากาศเพื่อเปรียบเทียบอากาศ ณ ที่ต่างๆว่ามีสภาพแวดล้อมของกลิ่นที่เกิดขึ้นที่ บริเวณต่างๆนั้นมีความแตกต่างหรือเหมือนกันมากหรือไม่

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งหวังเพื่อพัฒนาจมูกอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์อาร์เรย์สำหรับแยกแยะหรือเปรียบเทียบ กลิ่นที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมของสภาวะแวดล้อมที่ต้องการวัด เพื่อระบุกลิ่นในสภาพแวดล้อม ณ เวลานั้นๆ โดยจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะส่ง สัญญาณข้อมูลต่างๆที่ได้จากเซนเซอร์ผ่านสัญญาณไวเลสเน็ตเวิร์ค Zigbee wireless network ส่งไปยังเครื่อง Coordinator เพื่อประมวลผลและเก็บข้อมูลในแต่ละจุดเพื่อเปรียบเทียบสภาวะสิ่งแวดล้อม

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

จากการศึกษาวิจัยภูมิอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถนำไปใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพอาหาร เครื่องดื่ม หรือควบคุมคุณภาพของเครื่องสำอางนั้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะต้องทำวิจัยในห้องปฏิบัติการเท่านั้นเนื่องจากจะต้องใช้ก๊าซมาตรฐานเพื่อใช้ในการอ้างอิงต่อการตรวจสอบ จากหลักการของภูมิอิเล็กทรอนิกส์จึงมีการประยุกต์ใช้ภูมิอิเล็กทรอนิกส์มาวัดคลื่นในอากาศเนื่องจากเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดนั้นเป็น ก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะเอาองค์ประกอบต่างๆ ในการวัดมาทำการวัดคลื่นในสภาวะแวดล้อม ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้เสนอการนำภูมิอิเล็กทรอนิกส์ ใช้สำหรับการวัดอากาศ ณ อาคารสว่างคณิเวช สว่างคณิवास จังหวัดสมุทรปราการ เนื่องจากพื้นที่นั้นเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมดังนั้นจึงมีกลิ่นต่างๆพัดเข้าไปในตัวอาคารทำให้เกิดมลภาวะต่อผู้อยู่อาศัย เพื่อทำการเปรียบเทียบกลิ่นในพื้นที่ต่างๆที่มีความน่าจะเป็นที่กลิ่นในสถานที่นั้นๆถูกพัดเข้าไปในอาคาร

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ระบบรับรู้กลิ่นของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมประกอบด้วย

- (1) ส่วนรับกลิ่นซึ่งรวมถึงตัวรับกลิ่นและระบบนำกลิ่นเข้ามา
- (2) ระบบนำสัญญาณประสาทซึ่งรวมถึงระบบส่งและขยายสัญญาณ
- (3) ระบบประมวลผลซึ่งจะสามารถแยกแยะและจดจำกลิ่นได้

ระบบตรวจวัดกลิ่นที่ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อาร์เรย์ก็จะมีลักษณะที่เลียนแบบระบบรับรู้กลิ่นในธรรมชาติดังนี้

(1) ส่วนรับกลิ่นประกอบไปด้วยตัวนำกลิ่นเข้ามาซึ่งอาจมีมอเตอร์ดูดอากาศ มีท่อรวบรวมกลิ่น (Concentrator) เพื่อให้กลิ่นมีความเข้มข้นสูงขึ้นและที่สำคัญที่สุดก็คือ เซ็นเซอร์รับกลิ่นจำนวนมาก ตั้งแต่ 4 ตัว ไปจนถึงนับพันตัว ซึ่งหากจะเปรียบเทียบกับธรรมชาติก็ถือว่าน้อยมาก เช่น สุนัขอาจมีเซลล์รับกลิ่นนับล้านเซลล์

(2) ส่วนรวบรวมสัญญาณ ซึ่งจะทำการแปรสัญญาณจากเซ็นเซอร์ (Transducing) และทำการจัดการสัญญาณ (Signal Conditioning) เช่น ลดสัญญาณรบกวน จากนั้นก็จะแปลงสัญญาณจากอนาล็อกให้เป็นดิจิทัล (A/D Converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ส่วนประมวลผลซึ่งจะนำสัญญาณที่ได้รับมาทำการเปรียบเทียบเชิงสถิติกับฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิม ซึ่งอาจจะใช้วิธีการระบบประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) เพื่อทำการแยกแยะกลิ่น

ระบบตรวจวัดกลิ่นที่ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อาร์เรย์จะพยายามเลียนแบบธรรมชาติในแทบทุกด้าน ยกตัวอย่างเช่น เวลาที่เราดมกลิ่นอะไรนานๆ จะเกิดความเคยชินและอาจไม่รู้สึกลึกลับกลิ่นนั้นๆ ในระยะเวลาหนึ่ง เช่น ถ้าเราเดินเข้าไปในห้องที่มีกลิ่นสีแล้วนั่งอยู่สักพัก เพื่อนที่เดินเข้ามามักจะถามว่า “นั่งอยู่ได้ยังไงไม่เหม็นสีหรือ?” ทั้งๆที่เราก็อาจไม่รู้สึกลึกลับกลิ่นเลย แต่ถ้าเราเดินออกมาสูดอากาศข้างนอกสักพักแล้วเดินกลับเข้าไปใหม่เราก็จะรับรู้ถึงกลิ่นสีได้อีก ระบบตรวจวัดกลิ่นที่ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อาร์เรย์ก็จะมีอาการเช่นเดียวกัน ถ้านำมาวิเคราะห์กลิ่นทุเรียนแล้วเอาไปดมกลิ่นไวน์ทันที มันก็จะอาจจะไม่สามารถรับรู้กลิ่นไวน์ได้ดี เนื่องจากโมเลกุลกลิ่นทุเรียนได้เข้าไปจับกับตัวเซ็นเซอร์ทำให้เซ็นเซอร์ไม่สามารถจับกับโมเลกุลกลิ่นอื่นๆที่เข้ามาใหม่ได้ จึงต้องมีวิธีการไล่กลิ่นเดิมออกไปด้วยการเป่าอากาศเข้าไปที่ตัวเซ็นเซอร์ นอกจากนี้ระบบตรวจวัดกลิ่นที่ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อาร์เรย์ก็เหมือนจุ่มกมมนุษย์ที่ต้องการการเรียนรู้ ตอนที่เราเกิดมานั้นเราแทบไม่มีข้อมูลของกลิ่นอยู่เลยในสมองของเรา เราต้องเรียนรู้ตั้งแต่เด็กว่าทุเรียนมีกลิ่นอย่างไร สตรอบอริมีกลิ่นอย่างไร ระบบตรวจวัดกลิ่นที่ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์อาร์เรย์ก็เช่นเดียวกันที่ต้องการการฝึกฝน เพื่อให้สามารถจดจำแยกแยะกลิ่นได้นักชิมไวน์ที่มีความเชี่ยวชาญในการจำแนกแยกแยะไวน์ชนิดต่างๆ ต้องอาศัยการฝึกฝนและสั่งสมประสบการณ์เป็นระยะเวลายาวนานนับสิบปี

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้พัฒนาจุ่มกมอิเล็กทรอนิกส์ ใช้สำหรับวัดกลิ่นสภาพแวดล้อม โดยใช้ก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ทั้ง 8 ตัว พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิและความชื้นจากนั้นนำข้อมูลที่ทำกรวัดส่งผ่าน Zigbee wireless network ไปยังเครื่อง Coordinator จากนั้นเครื่อง Coordinator จะทำการเก็บข้อมูลแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีทางสถิติ Principal Component Analysis (PCA) ใช้โปรแกรม MATLAB ในการประมวลผลและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงผลงานที่ได้มีการทำวิจัยมาแล้วที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ

บทที่ 3 การควบคุมระบบและการทำงานของระบบ โดยจะกล่าวรวมถึง ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ งาน การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆเช่น การเชื่อมต่อกับไอซีแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดความชื้นและอุณหภูมิ (SHT15) และการเชื่อมต่อกับไอซีเวลา (DS1307)

บทที่ 4 กล่าวถึงระบบที่ใช้ในจุมุกอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เซอร์ที่ใช้งานและกราฟแสดงคุณสมบัติของ เซนเซอร์แต่ละชนิดรวมถึงวงจรที่ใช้กับเซนเซอร์ ที่ต่อร่วมกับเซนเซอร์เพื่ออ่านค่าจากเซนเซอร์

บทที่ 5 กล่าวถึงระบบควบคุมทิศทางของลมสำหรับการควบคุมทิศทางกรไหลของอากาศ ระบบดูดอากาศเข้ายังระบบ การใช้โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ระบบกรองอากาศ (Filter) และ โถ สำหรับทดลอง (Chamber) ที่ใช้สำหรับวัดคลื่นเพื่อการกระจายตัวของอากาศ

บทที่ 6 กล่าวถึงเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายโดยใช้ Zigbee

บทที่ 7 กล่าวถึงกระบวนการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎี Principal Component Analysis (PCA) พร้อมทั้งขั้นตอนการคำนวณและตัวอย่างการคำนวณของ PCA แบบ 2 มิติ

บทที่ 8 กล่าวถึงเทคนิคการแบ่งกลุ่มของคลื่นจากข้อมูลของจุมุกอิเล็กทรอนิกส์ที่วัดได้ เนื่องจากสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความต่างกัน พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างการคำนวณแบบ 2 มิติ

บทที่ 9 กล่าวถึงการนำจุมุกอิเล็กทรอนิกส์มาวัดและทดลองใช้งานจริงในการวัดคลื่นในอากาศ

บทที่ 10 เป็นบทสำหรับสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากบทที่ 1 นั้นได้ทราบถึงความเป็นมาและความจำเป็นในการใช้งานของจมูกอิเล็กทรอนิกส์แล้ว นั้น การพัฒนาจมูกอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยใช้เทคโนโลยีก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์มีความหลากหลายและแตกต่างกันออกไป ในปี ค.ศ.1997 Corrado Di Natale จากภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์และวิทยาศาสตร์เคมี มหาวิทยาลัยโรม ประเทศอิตาลี ได้มีการพัฒนาจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจำแนกและวิเคราะห์คุณภาพของอาหารในมหาวิทยาลัย โดยใช้หลักการของ Quad Crystal Microbalance (QCM) ซึ่งมีเซนเซอร์ทั้งหมด 8 ตัวแต่ละตัวจะทำการเคลือบสารประกอบที่แตกต่างกันได้แก่ Ru-meso TetraPhenylPorphyrin, Rh-meso TetraPhenylPorphyrin, Mn-meso TetraPhenylPorphyrin, Co-meso TetraPhenylPorphyrin, Sn-meso TetraPhenylPorphyrin, Co-meso TetrapNo₂-PhenylPorphyrin, Co-meso Tetra-pOCH₃-PhenylPorphyrin และ Mn-mesoOctaMethylCorrole เพื่อให้ความไวของเซนเซอร์ต่อก๊าซที่อยู่ในกลิ่นแต่ละกลิ่นแตกต่างกันจากนั้นใช้ Principal Component Analysis (PCA) ทำการวิเคราะห์เพื่อจำแนกกลิ่นในแต่ละกลุ่ม ผลจากการวัดที่ได้คือ สามารถแยกกลุ่มของอาหารที่เตรียมไว้ในแต่ละเงื่อนไขได้ชัดเจน [9] จากนั้นในปี ค.ศ.2002 Metto Pado และ Giorgio Sberveglieri พัฒนาจมูกอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับวิเคราะห์กาแฟ 7 ชนิด โดยใช้เซนเซอร์แบบสารกึ่งตัวนำซิงค์ออกไซด์ทินฟิล์ม (SnO₂tin-film) โดยการทดลองจะทำการ ผสมกาแฟอิตาเลียนเอสเปรสโซเพื่อใช้อ้างอิงและเปรียบเทียบกาแฟที่ได้จากพื้นที่ต่างๆในแต่ละประเทศ จากนั้นมีการผสมกาแฟที่แตกต่างกันออกไป แล้วนำกลิ่นของกาแฟนั้นแพร่เข้าไปยังเซนเซอร์อาร์เรย์ที่อยู่ในหลอดลองที่มีเซนเซอร์อาร์เรย์อยู่ภายใน แล้วใช้ PCA วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้เพื่อให้เห็นการแบ่งกลุ่มของกลิ่นกาแฟแต่ละกลิ่น ได้อย่างชัดเจน [10] ปี ค.ศ.2003 Martin Kermit และ Oliver Tomic ทำการประยุกต์ใช้ Independent Component Analysis (iCA) มาประยุกต์ใช้กับก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ โดยกล่าวว่า “ในระบบก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ที่สัมผัสต่อกันมา PCA เป็นทางเลือกสำหรับลดมิติและการมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ได้มา การวิเคราะห์แบบ PCA นั้นเทียบเท่าเครื่องมือทางสถิติอันดับสองและแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดีในหลายเงื่อนไขแต่ยังขาดความสามารถในการแสดงให้เห็นในการตีความหมายของข้อมูลในรูปแบบของสิ่งรบกวนต่างๆภายนอก (non-Gaussian) กับคุณสมบัติของก๊าซเซนเซอร์ที่เจอบ่อยครั้ง” จึงได้ทำการเปรียบเทียบพฤติกรรม PCA และ ICA ข้อมูลที่ได้นั้นมากจากระบบ Hybrid gas-sensor array NST3320 ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ก๊าซอาร์เรย์ทั้งหมด 22 ชนิดและทดลองกับก๊าซตัวอย่าง [11] ปี ค.ศ.2006 Jesus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lozano ใช้เซนเซอร์ ชนิดดินออกไซด์แบบอาร์เรย์จำนวน 16 ชนิด โดยกำหนดความหนาแน่นระหว่าง 200 และ 800 นาโนเมตร บางเซนเซอร์ถูกกระตุ้นด้วย โครเมียมและอินเดียม บนพื้นผิวแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Linear Discriminant Analysis (LDA), Neural Network Analysis และ PCA มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลของไวน์ขาวและไวน์แดง อย่างละ 9 ชนิด [12] ต่อมา Jie Hu จากมหาวิทยาลัย Zhejiang ประยุกต์ใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ทำการตรวจวัดต้นข้าวที่ถูกรบกวนด้วย เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Brown Plant Hoppers) โดยใช้ระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์แบบ PEN2-type สร้างโดย Germany Winmuster ทดลองกับต้นข้าวที่ทำการใส่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 5-10 ตัวที่ถูกครอบด้วยพลาสติกแล้วนำกลิ้งนั้นมาเข้าสู่ระบบจมูกอิเล็กทรอนิกส์เป็นเวลา 5-10 ชั่วโมง และทำการเปรียบเทียบกับต้นข้าวที่ไม่มีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยจะทำการเปรียบเทียบตามระยะเวลาและจำนวนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่ปล่อยเข้าไปในต้นข้าวแล้วทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้ PCA [13] และในปีเดียวกัน Kieu An Ngo, Pascal Lauque และ Khalifa Aguir ได้มีการนำเซนเซอร์แบบ เมทัลออกไซด์ (Metal oxide) มาทำการทดสอบกับก๊าซที่ได้ทำการผสมในสัดส่วนต่างๆและทดสอบคุณสมบัติของเซนเซอร์ ซึ่งทดสอบที่อุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความไวของเซนเซอร์แต่ละชนิดและทดสอบโดยการใช้ความเข้มข้นของก๊าซที่ความเข้มข้นต่างๆ สำหรับเซนเซอร์ที่ใช้ได้แก่ TGS825, TGS826, TGS2611, MiCS2610, MiCS5131 และ MiCS5133 เพื่อระบุความเข้มข้นของก๊าซที่ความเข้มข้นต่างๆซึ่งก๊าซที่ใช้ในการผสมได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) ก๊าซอะเซทิลีน (Acetylene) และ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulphide) จากนั้นใช้ PCA ทำการวิเคราะห์ข้อมูล [14] ปี ค.ศ.2008 Nabarun Bhattacharyya มีการประยุกต์ใช้ก๊าซเซนเซอร์แบบ เมทัลออกไซด์ ได้แก่ TGS2610, TGS2620, TGS2611, TGS2600, TGS816, TGS831, TGS832 และ TGS823 มาทำการระบุชนิดของชา โดยเตรียมชาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การแบ่งตามสี การแบ่งกลุ่มตามรสชาติ และการแบ่งกลุ่มตามกลิ่น จากนั้นเอาข้อมูลที่ได้อมาทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นและรสชาติของชา โดยใช้ PCA, BP-MLP Model, RBF Network และ PNN [15] ต่อมาในปี ค.ศ.2008 Noureddine El Barbri ประยุกต์ใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ในการวิเคราะห์กลิ่นจากเนื้อวัว และ เนื้อแกะที่ถูกทิ้งเอาไว้เป็นเวลา 15 วัน โดยใช้เซนเซอร์แบบเมทัลออกไซด์ ได้แก่ TGS823, TGS825, TGS826, TGS831, TGS832 และ TGS882 จากนั้นนำกลิ้งนั้นมาวิเคราะห์โดยใช้ PCA, SVM Analysis เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจมูกอิเล็กทรอนิกส์กับการวิเคราะห์แบบคิเรียที่เกิดขึ้น [16] ในปี ค.ศ.2009 Bipan Tudu ใช้ก๊าซเซนเซอร์แบบ เมทัลออกไซด์ มาจำแนกคุณภาพของชาดำ แล้ววิเคราะห์แล้วใช้ Fuzzy Model มาทำการเรียนรู้เพื่อจำกลิ่นของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ [17] จากนั้นในปี ค.ศ.2009 เริ่มมีการนำจมูกอิเล็กทรอนิกส์ทำงานเป็นระบบเน็ตเวิร์กมากขึ้นโดย Leilei Pan และ Simon X Yang ได้พัฒนาจมูกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อวัดอากาศภายในฟาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัตว์เลี้ยงเพื่อเฟ้าระวังกลิ่นที่ทำให้สภาพแวดล้อมภายในฟาร์มผิดปกติซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยให้มีการส่งข้อมูลไร้สายไปยังเกตเวย์ (Gate way) สำหรับส่งข้อมูลเข้าเครื่องกลางเพื่อประมวลผลและเก็บข้อมูลต่อไป การส่งข้อมูลไร้สายนั้นได้เลือกใช้ MPR2400 ซึ่งประกอบไปด้วย แบตเตอรี่ AA โมดูลส่งสัญญาณวิทยุความถี่ 2.4 GHz industrial, scientific และ medical (ISM Band) ตามมาตรฐาน IEEE802.15.4/Zigbee protocol แล้วนำข้อมูลที่วัดค่าจากแต่ละจุดมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ Neural network [18-19] ในปี 2011 Saverio De Vito ใช้เซนเซอร์แบบเคมีได้แก่ Poly-(methymethacrylate), Poly-(2hydroxy ethymethacrylate), Poly styrene, Poly-(ethylenimine) ทำการวัดก๊าซแต่ละจุด แล้วทำการส่งข้อมูลแต่ละจุดโดยใช้ Zigbee และ TCP/IP เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ที่เครื่องกลางและเก็บข้อมูลต่อไป [20]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

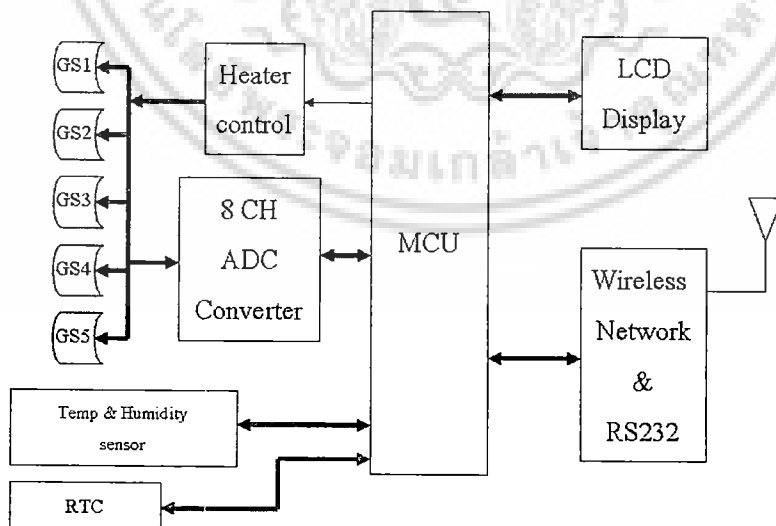
บทที่ 3

จุ่มกอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจวัดกลิ่นในอากาศ

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของเครื่องตรวจวัดกลิ่นในอากาศที่ประกอบไปด้วยก๊าซ เซนเซอร์อาร์เรย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์กลิ่น รวมไปถึงเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับวัดความชื้นและอุณหภูมิ พร้อมทั้งการออกแบบการใช้งานของวงจรที่ใช้กับเซนเซอร์ต่างๆ

3.1 คุณสมบัติของเครื่องตรวจวัดกลิ่นในอากาศ

1. มีเซ็นเซอร์วัดก๊าซ 8 ชนิดได้แก่
 1. Oxygen gas sensor (KE-25)
 2. Ammonia gas sensor (TGS826)
 3. Hydrogen Sulfide gas sensor (TGS825)
 4. Air Contaminants gas sensor (TGS2600)
 5. Air Contaminants gas sensor (TGS2602)
 6. LP gas sensor (TGS2610)
 7. Methane gas sensor (TGS2611)
 8. Solvent vapor sensor (TGS2620)
2. มีเซนเซอร์สำหรับวัดความชื้น และอุณหภูมิ
3. แสดงการทำงานโดยใช้ LCD Display
4. ติดต่อและแสดงข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS232
5. สามารถติดต่อสื่อสาร แต่ละจุดโดยผ่าน Wireless network



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงานของเครื่องตรวจวัดก๊าซ

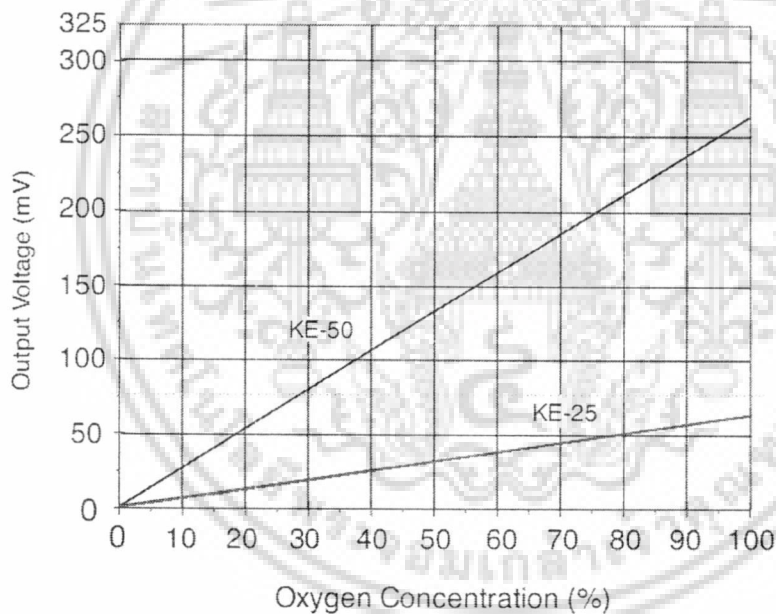
3.2 เซนเซอร์และการออกแบบวงจรใช้งาน

3.2.1 KE-25

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับวัดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในอากาศมีการใช้งานในระยะเวลาที่จำกัดประมาณ 5 ปี โดยอาศัยหลักการทำงานทางเคมีไฟฟ้า มีการตอบสนองช่วงการวัดก๊าซออกซิเจนที่ 0%-100% และให้สัญญาณเอาต์พุตที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นแรงดันไฟฟ้าดังกราฟแสดงความไวในการวัด (Sensitivity) ของเซนเซอร์ในกราฟที่ 3.1

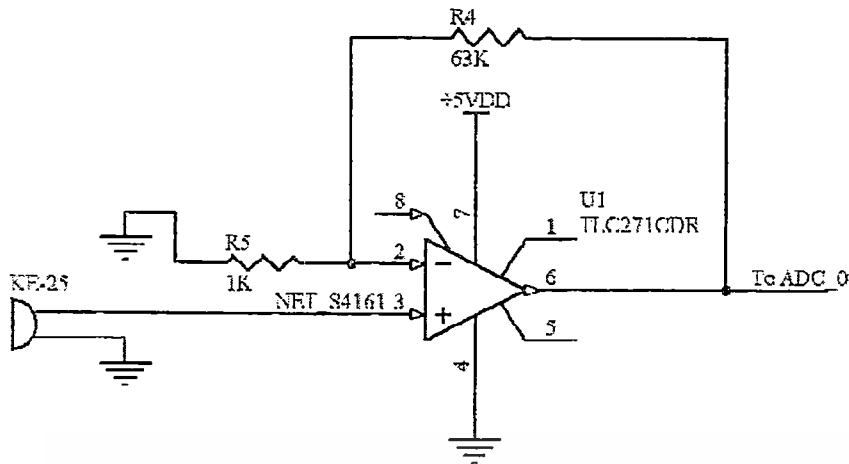


รูปที่ 3.2 KE-25 Oxygen sensor



กราฟที่ 3.1 KE-25 sensitivity Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรขยายสำหรับ KE-25 Oxygen sensor

การออกแบบวงจขยาย KE-25

กำหนดช่วงความเข้มข้นสูงสุดที่ต้องการจากข้อมูลทางคุณสมบัติของ KE-25 ที่ 100% มีแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ 62.5 mV ดังนั้นสามารถออกแบบวงจขยายได้ดังนี้

- วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 15 บิต
- วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 15 บิตหรือ

$$Resolution = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (3.1)$$

เมื่อ n คือจำนวนบิต และ V_{ref} คือแรงดันอ้างอิง

$$Resolution = \frac{4}{2^{15}} = 61.03515625 \mu V$$

ดังนั้นจะต้องทำการออกแบบวงจขยายให้อัตราการขยาย (Gain) ขยายสัญญาณอยู่ในช่วงการทำงานของออปแอมป์ (Op-Amp) คือ 0-4V

$$Gain = \frac{V_{operate_{max}}}{V_{sensor_{max}}} \quad (3.2)$$

$$Gain = \frac{4}{62.5 \times 10^{-3}} = 64$$

โดยที่ $V_{operate_{max}}$ คือ ช่วงแรงดันสูงสุดที่ต้องการใช้งาน

$V_{sensor_{max}}$ คือ แรงดันเอาต์พุตสูงสุดของก๊าซเซนเซอร์

สามารถออกแบบวงจขยายให้อัตราการขยาย 64 เท่า เลือกใช้อัตราการขยายที่ 64 เท่า

จะมีแรงดันเอาต์พุตสูงสุดของออปแอมป์เท่ากับ $V_{out} = 64 \times (62.5 \times 10^{-3}) = 4V$

ใช้วงจขยายสัญญาณ โดยใช้ออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส (Non-Inverting amp)

$$\text{Gain} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (3.3)$$

$$64 = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

ดังนั้น $R_f = 63R_i$ (3.4)

เลือก $R_i = 1K$ ฉะนั้น $R_f = 63K$

สามารถคำนวณหา V_{out_sensor} หรือ V_{in_opamp} ได้ดังนี้

$$V_{out_sensor} = V_{in} = \frac{(V_{out_opamp})}{64} \quad (3.5)$$

การหาความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน

เมื่อได้แรงดันอินพุตของออปแอมป์ V_{in} เราสามารถหาค่าความเข้มข้นได้ตามกราฟแสดงความไวของเซนเซอร์ KE-25 ดังนี้

กำหนดให้ y คือค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากค่าความเข้มข้นของเซนเซอร์

x คือค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น

ที่ความเข้มข้น 80% มีแรงดันเอาต์พุตที่ 50 mV

ที่ความเข้มข้น 0% มีแรงดันเอาต์พุตที่ 0 V

จากสมการ

$$y - y_0 = m(x - x_0) \quad (3.6)$$

แทนค่าหาความชัน(m)

$$m = \frac{(50 - 0)}{(80 - 0)} = 0.625$$

ดังนั้นสามารถหาแรงดันไฟฟ้า (V_{in}) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้ดังนี้

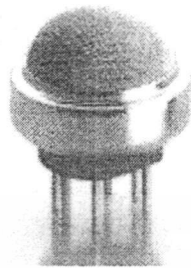
$$y = 0.625(x)$$

จากค่าที่ได้เนื่องจากสามารถวัดค่าแรงดัน (V_{in}) สามารถแก้สมการเพื่อเปลี่ยนเป็นความเข้มข้นดังนี้

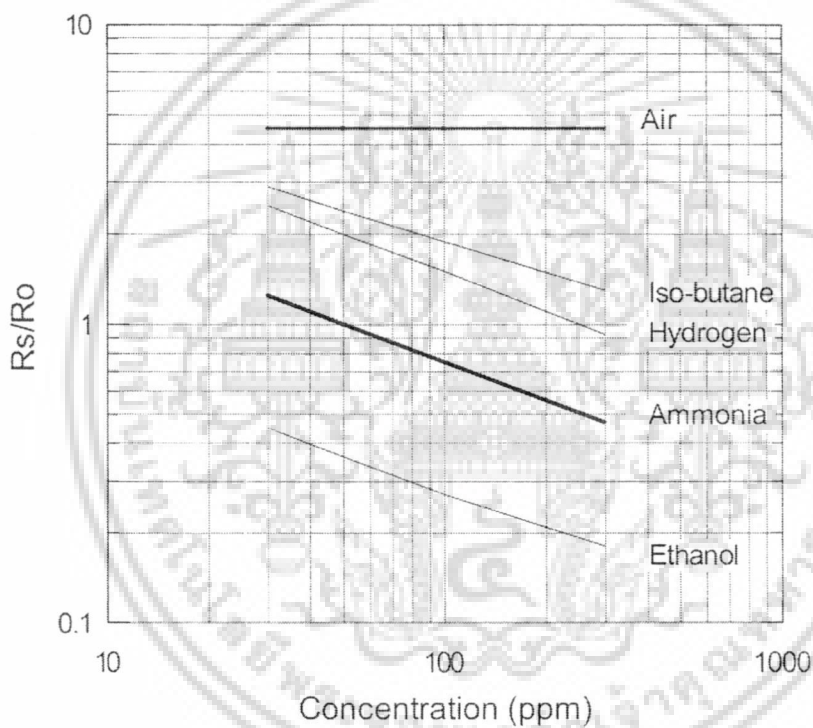
$$x = \frac{y}{0.625}$$

3.2.2 TGS826

เป็นเซนเซอร์ใช้สำหรับวัดความเข้มข้นของก๊าซแอมโมเนีย (Ammonia) สามารถวัดความเข้มข้นที่อยู่ระหว่าง 30-300 ppm การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของก๊าซอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.4 TGS826 Ammonia sensor



กราฟที่ 3.2 Ammonia sensitivity characteristics

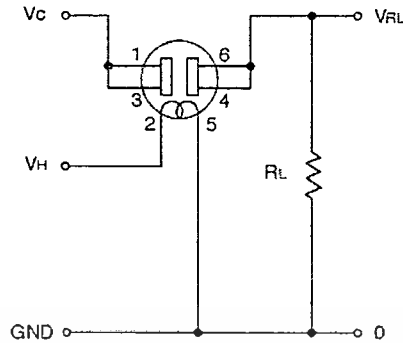
โดย

R_s คือค่าความต้านทานที่ค่าความเข้มข้นต่างๆของก๊าซแอมโมเนีย

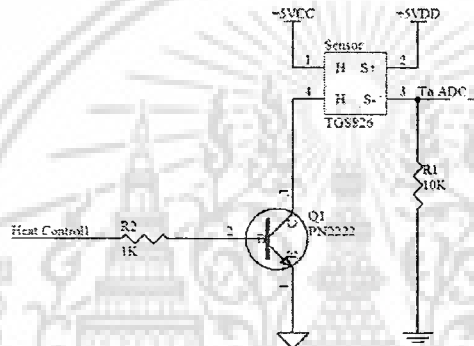
R_o คือค่าความต้านทานที่ความเข้มข้น 50 ppm ของก๊าซแอมโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการใช้งานสำหรับ TGS826



รูปที่ 3.5 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS826



รูปที่ 3.6 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS826

จากรูปที่ 3.6 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับตรวจวัดก๊าซแอมโมเนีย TGS826 มีหลักการทำงานดังนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความร้อนให้กับขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงาน เมื่อเซ็นเซอร์ทำงานแล้วสามารถวัดผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อม R1 เพื่อนำไปหาค่าความต้านทาน R_s ในสมการ

$$VDD = IR_s + V_{R1} \quad (3.7)$$

เมื่อสามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R1 ได้ ดังนั้น

$$I = \frac{V_{R1}}{R1} \quad (3.8)$$

ดังนั้น

$$R_s = \frac{(VDD - V_{R1}) \times R1}{V_{R1}} \quad (3.9)$$

เมื่อได้ค่า R_s สามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นโดยเปรียบเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังนี้ จากกราฟที่ 3.2 แสดงค่าความไวของ TGS826 สามารถหาค่าความชื้นได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\log y - \log y_0 = m(\log x - \log x_0) \quad (3.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ y คือค่า R_s/R_0

x คือค่าความเข้มข้น

จากกราฟที่ความเข้มข้น 115 ppm มีค่า R_s/R_0 เท่ากับ 0.5

ที่ความเข้มข้น 50 ppm มีค่า R_s/R_0 เท่ากับ 1

สามารถแก้สมการเพื่อหาความชันของกราฟได้ดังนี้

$$\log 0.5 - \log 1 = m(\log 115 - \log 50)$$

$$m = \frac{\log\left(\frac{0.5}{1}\right)}{\log\left(\frac{115}{50}\right)} = -0.83220025$$

แทนค่าโดยให้ $R_s/R_0=1$ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 50 ppm (*กำจัด y_0 เพื่อต้องการหาค่า y)

$$\log y - \log 1 = -0.83220025(\log x - \log 50)$$

$$\log y = -0.83220025 \times \log\left(\frac{x}{50}\right)$$

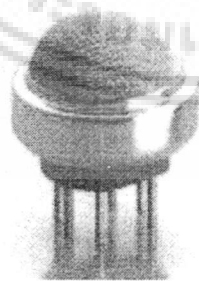
เมื่อ $\log y$ เป็นค่า R_s/R_0 ดังนั้นแก้สมการเพื่อหาค่าความเข้มข้นได้ดังต่อไปนี้

$$x = (50)10^{\frac{\log y}{-0.83220025}} \quad (3.11)$$

*แต่การใช้การก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จะไม่ได้สนใจค่าความเข้มข้นแต่จะสนใจแรงดันเอาต์พุตที่เปรียบเทียบกับอากาศอ้างอิง ซึ่งค่าความไวของเซนเซอร์ (Sensitivity) จะเปลี่ยนแปลงตามกราฟคุณสมบัติ

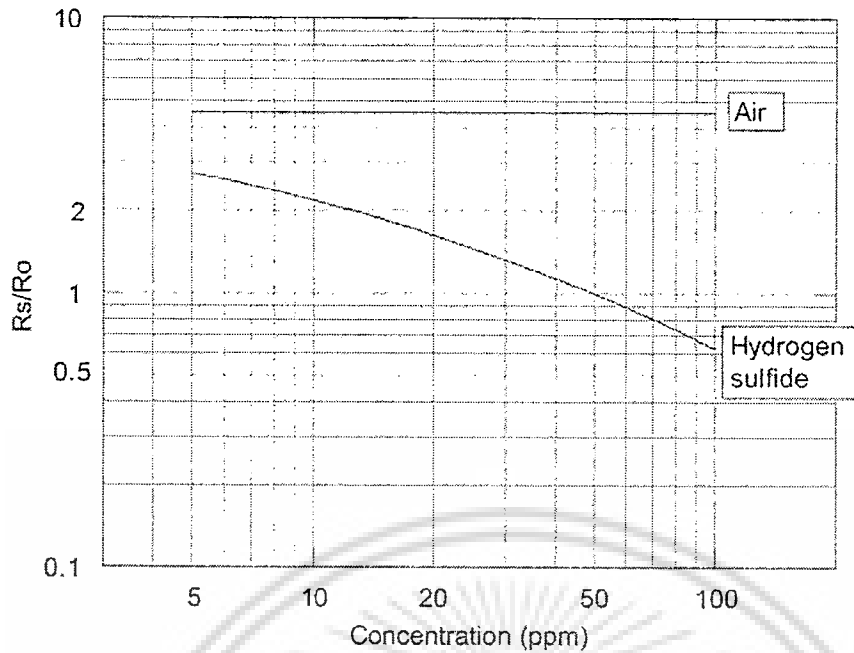
3.2.3 TGS825

เป็นเซนเซอร์ใช้สำหรับวัดความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide) สามารถวัดความเข้มข้นที่อยู่ระหว่าง 5-100 ppm การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของก๊าซอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.7 TGS825 Hydrogen sulfide sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



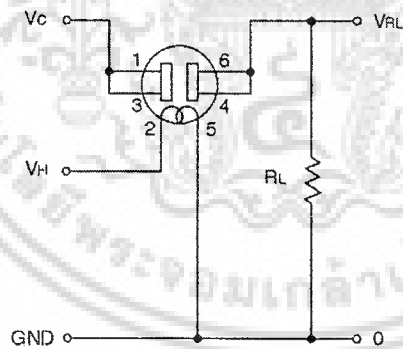
กราฟที่ 3.3 Hydrogen Sulfide sensitivity characteristics

โดย

R_s คือค่าความต้านทานที่ค่าความเข้มข้นต่างๆของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

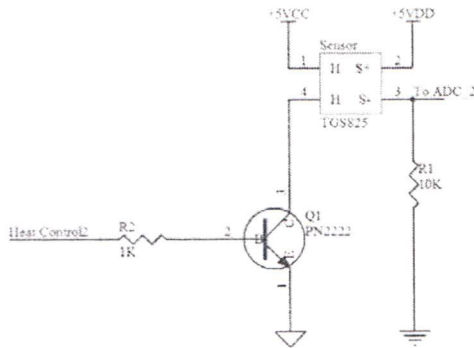
R_o คือค่าความต้านทานที่ความเข้มข้น 50 ppm ของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

วงจรการใช้งานสำหรับ TGS825



รูปที่ 3.8 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS825

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS825

จากรูปที่ 3.9 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับตรวจวัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (TGS825) มีหลักการทำงานดังนี้
 ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์ เพื่อใช้ในการควบคุมความร้อนให้กับขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงาน เมื่อเซ็นเซอร์ทำงานแล้วสามารถวัดผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อม R1 เพื่อนำไปหาค่าความต้านทาน RS ดังสมการที่ 3.9

$$R_s = \frac{(V_{DD} - V_{R1}) \times R_1}{V_{R1}}$$

เมื่อได้ค่า R_s สามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นโดยเปรียบเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังนี้
 จากกราฟที่ 3.3 แสดงค่าความไวของ TGS826 สามารถหาค่าความชื้นได้จากสมการ 3.10

$$\log y - \log y_0 = m(\log x - \log x_0)$$

เมื่อ y คือค่า R_s/R_0

x คือค่าความเข้มข้น

จากกราฟที่ความเข้มข้น 70 ppm มีค่า R_s/R_0 เท่ากับ 0.8

ที่ความเข้มข้น 50 ppm มีค่า R_s/R_0 เท่ากับ 1

สามารถแก้สมการเพื่อหาความชื้นของกราฟได้ดังนี้

$$\log 0.8 - \log 1 = m(\log 70 - \log 50)$$

$$m = \frac{\log\left(\frac{0.8}{1}\right)}{\log\left(\frac{70}{50}\right)} = -0.66318$$

แทนค่าโดยให้ $R_s/R_0=1$ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 50 ppm (*กำจัด y_0 เพื่อต้องการหาค่า y)

$$\log y - \log 1 = -0.66318(\log x - \log 50)$$

$$\log y = -0.66318 \times \log\left(\frac{x}{50}\right)$$

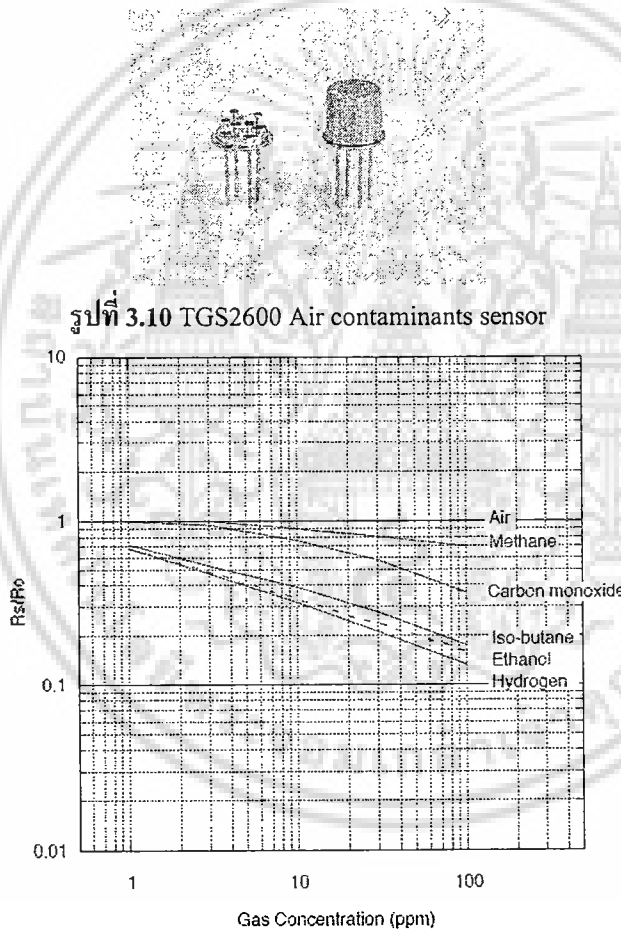
เมื่อ $\log y$ เป็นค่า R_s/R_o ดังนั้นแก้สมการเพื่อหาค่าความเข้มข้น ได้ดังต่อไปนี้

$$x = (50)10^{\frac{\log y}{-0.66318}} \quad (3.12)$$

*แต่การใช้การก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จะไม่ได้สนใจค่าความเข้มข้นแต่จะสนใจแรงดันเอาต์พุตที่เปรียบเทียบกับอากาศอ้างอิง ซึ่งค่าความไวของเซนเซอร์ (Sensitivity) จะเปลี่ยนแปลงตามกราฟคุณสมบัติ

3.2.4 TGS2600

เป็นเซนเซอร์ใช้สำหรับวัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ (Air Contaminants) สามารถวัดและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ปนเปื้อนก๊าซมีเทน คาร์บอนมอนอกไซด์ ไอโซบูเทน เอทานอน และก๊าซไฮโดรเจน กับอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของก๊าซอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้



กราฟที่ 3.4 Air contaminant sensitivity characteristics

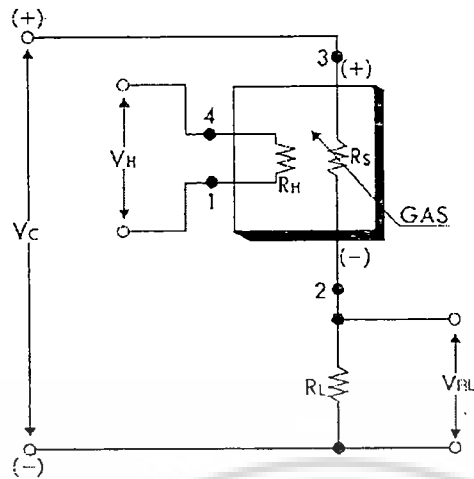
โดย

R_s คือค่าความต้านทานที่ค่าปนเปื้อนของอากาศต่างๆ

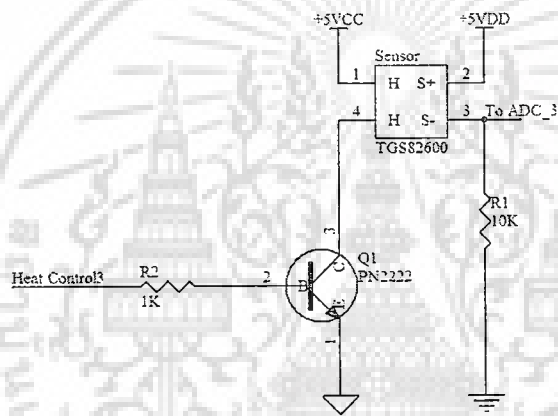
R_o คือค่าความต้านทานที่อากาศบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการใช้งานสำหรับ TGS2600



รูปที่ 3.11 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2600



รูปที่ 3.12 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2600

จากรูปที่ 3.12 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับตรวจวัดก๊าซพิษปนเปื้อนในอากาศ (TGS2600) มีหลักการทำงานดังนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์ เพื่อใช้ในการควบคุมความร้อนให้กับขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงาน เมื่อเซ็นเซอร์ทำงานแล้วสามารถวัดผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อม \$R_1\$ เพื่อนำไปหาค่าความต้านทาน \$R_S\$ ดังสมการที่ 3.9

$$R_S = \frac{(V_{DD} - V_{R1}) \times R_1}{V_{R1}}$$

เมื่อได้ค่า \$R_S\$ สามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นโดยเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังนี้

จากกราฟ 3.4 แสดงค่าความไวของ TGS2600 สามารถหาค่าความชันได้จากสมการ 3.10

$$\log y - \log y_0 = m(\log x - \log x_0)$$

เมื่อ \$y\$ คือค่า \$R_S/R_0\$

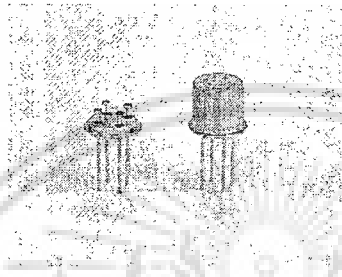
\$x\$ คือค่าความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

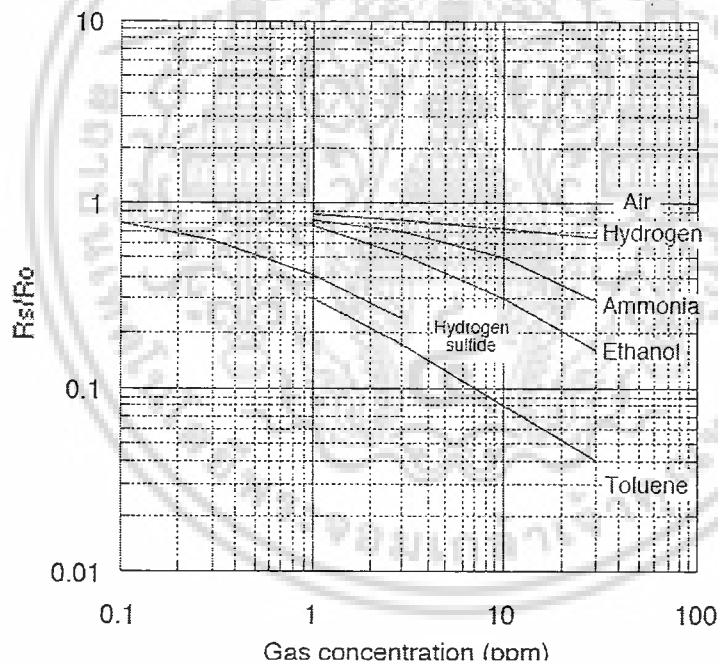
*แต่การใช้การก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จะไม่ได้สนใจค่าความเข้มข้นแต่จะสนใจแรงดันเอาต์พุตที่เปรียบเทียบกับอากาศอ้างอิง ซึ่งค่าความไวของเซนเซอร์ (Sensitivity) จะเปลี่ยนแปลงตามกราฟคุณสมบัติ

3.2.5 TGS2602

เป็นเซนเซอร์ใช้สำหรับวัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ (Air Contaminants) สามารถวัดและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ปนเปื้อนก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซแอมโมเนีย เอทานอน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และโทลูอีน กับอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของก๊าซอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.13 TGS2602 Air Contaminant sensor



กราฟที่ 3.5 Air Contaminant sensitivity characteristics

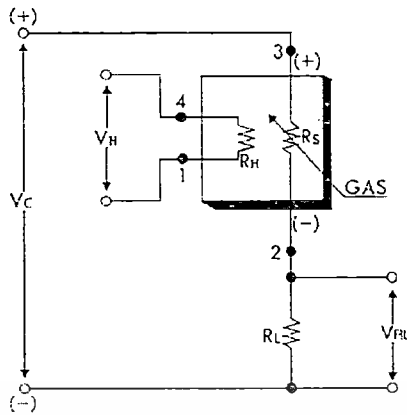
โดย

R_s คือค่าความต้านทานที่ค่าปนเปื้อนของอากาศต่างๆ

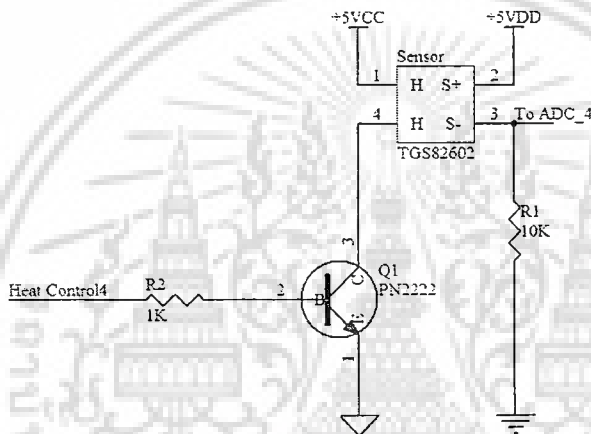
R_o คือค่าความต้านทานที่อากาศบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการใช้งานสำหรับ TGS2602



รูปที่ 3.14 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2602



รูปที่ 3.15 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2602

จากรูปที่ 3.15 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับตรวจวัดก๊าซที่ปนเปื้อนในอากาศ (TGS2602) มีหลักการทำงานเหมือนกับ TGS2600 ดังนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความร้อนให้กับขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงาน เมื่อเซ็นเซอร์ทำงานแล้วสามารถวัดผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อม R1 เพื่อนำไปหาค่าความต้านทาน RS ดังสมการ 3.9

$$R_s = \frac{(V_{DD} - V_{R1}) \times R_1}{V_{R1}}$$

เมื่อได้ค่า R_s สามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นโดยเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังนี้ จากกราฟที่ 3.5 แสดงค่าความไวของ TGS2602 สามารถหาค่าความชื้นได้จากสมการ 3.10

$$\log y - \log y_0 = m(\log x - \log x_0)$$

เมื่อ y คือค่า R_s/R_0

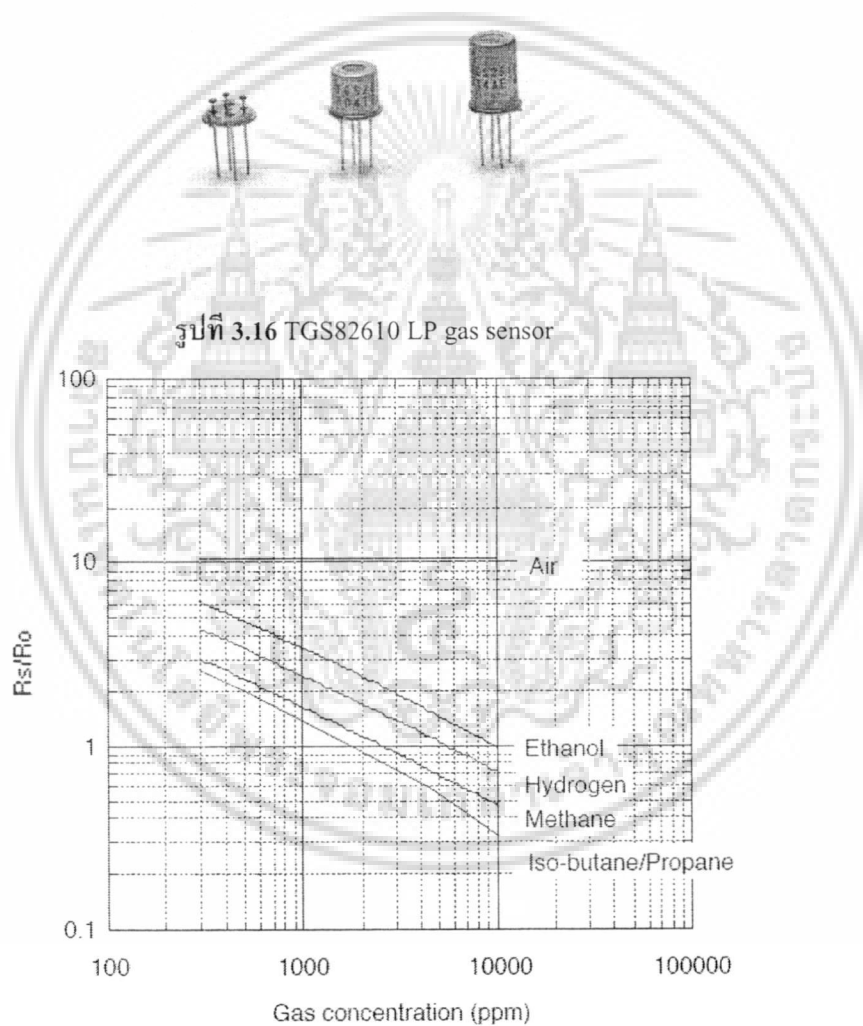
x คือค่าความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*แต่การใช้การก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จะไม่ได้สนใจค่าความเข้มข้นแต่จะสนใจแรงดันเอาต์พุตที่เปรียบเทียบกับอากาศอ้างอิง ซึ่งค่าความไวของเซนเซอร์ (Sensitivity) จะเปลี่ยนแปลงตามกราฟคุณสมบัติ

3.2.6 TGS2610

เป็นเซนเซอร์ใช้สำหรับวัดแอลพีก๊าซ (LP GAS) สามารถวัดและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ปนเปื้อนก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซแอมโมเนีย เอทานอน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และโทลูอิน กับอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของก๊าซอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้



กราฟที่ 3.6 LP gas sensor sensitivity characteristics

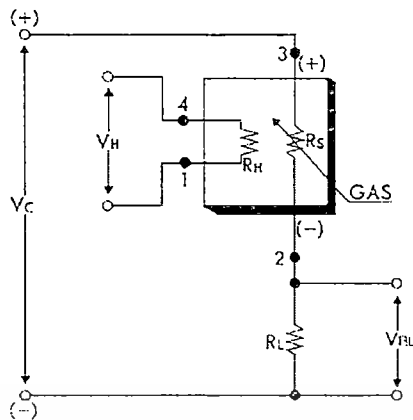
โดย

R_s คือค่าความต้านทานที่ค่าความเข้มข้นต่างๆของแอลพีก๊าซ

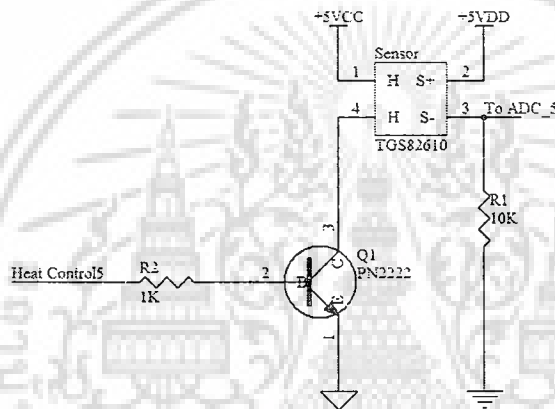
R_o คือค่าความต้านทานที่ความเข้มข้น 1800 ppm ของ ไอโซบูเทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการใช้งานสำหรับ TGS2610



รูปที่ 3.17 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2610



รูปที่ 3.18 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2610

จากรูปที่ 3.18 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับตรวจวัดก๊าซที่ปนเปื้อนในอากาศ (TGS2610) มีหลักการทำงานเหมือนกับ TGS2600 ดังนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความร้อนให้กับฮีตเตอร์ (Heater) เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงาน เมื่อเซ็นเซอร์ทำงานแล้วสามารถวัดผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อม \$R_1\$ เพื่อนำไปหาค่าความต้านทาน \$R_S\$ ดังสมการ 3.9

$$R_S = \frac{(V_{DD} - V_{R1}) \times R_1}{V_{R1}}$$

เมื่อได้ค่า \$R_S\$ สามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นโดยเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังนี้

จากกราฟ 6 แสดงค่าความไวของ TGS2602 สามารถหาค่าความชื้นได้จากสมการ 3.10

$$\log y - \log y_0 = m(\log x - \log x_0)$$

เมื่อ \$y\$ คือค่า \$R_S/R_0\$

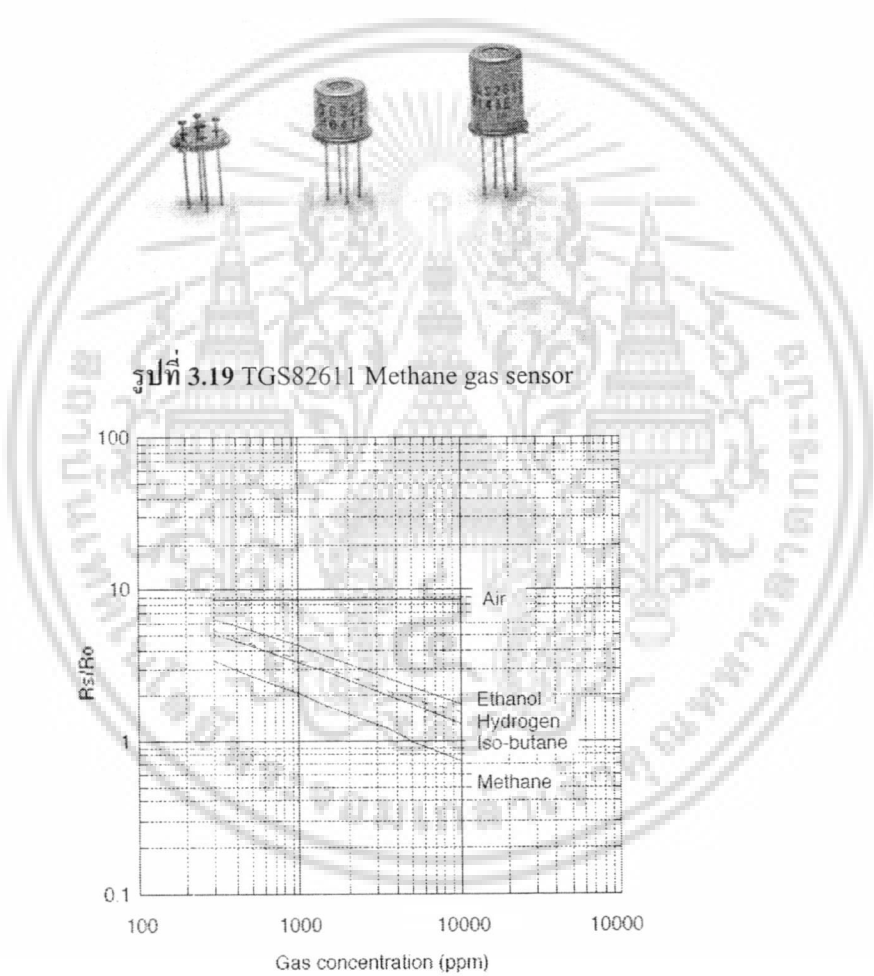
\$x\$ คือค่าความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*แต่การใช้การก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จะไม่ได้สนใจค่าความเข้มข้นแต่จะสนใจแรงดันเอาต์พุตที่เปรียบเทียบกับอากาศอ้างอิง ซึ่งค่าความไวของเซนเซอร์ (Sensitivity) จะเปลี่ยนแปลงตามกราฟคุณสมบัติ

3.2.7 TGS2611

เป็นเซนเซอร์ใช้สำหรับวัดก๊าซมีเทน (Methane GAS) สามารถวัดและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ปนเปื้อนก๊าซเอทานอน ก๊าซไฮโดรเจน ไอโซบูเทน และก๊าซมีเทน กับอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของก๊าซอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้



กราฟที่ 3.7 Methane gas sensor sensitivity characteristics

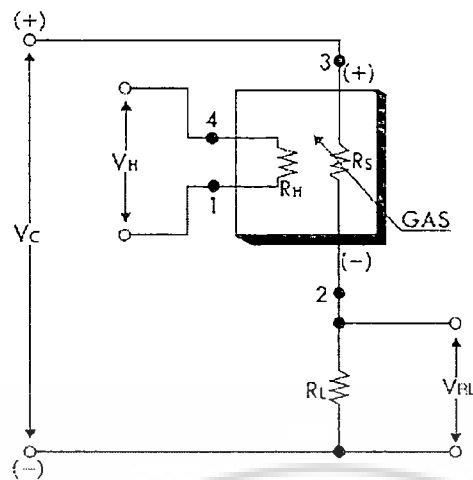
โดย

Rs คือค่าความต้านทานที่ค่าความเข้มข้นต่างๆของก๊าซมีเทน

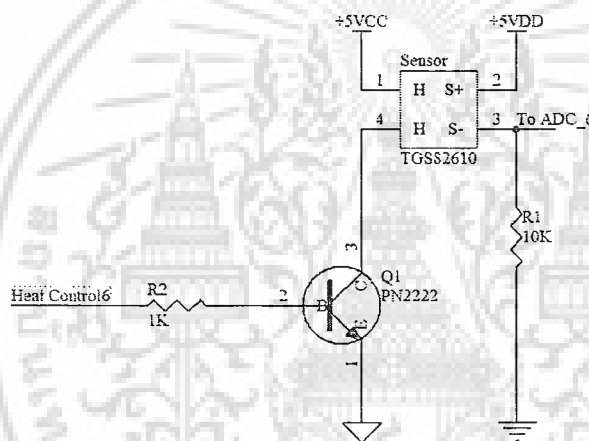
Ro คือค่าความต้านทานที่ความเข้มข้น 5000 ppm ของ ก๊าซมีเทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการใช้งานสำหรับ TGS2611



รูปที่ 3.20 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2611



รูปที่ 3.21 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2611

จากรูปที่ 3.21 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับตรวจวัดก๊าซที่ปนเปื้อนในอากาศ (TGS2611) มีหลักการทำงานเหมือนกับ TGS2600 ดังนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์ เพื่อใช้ในการควบคุมความร้อนให้กับขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงาน เมื่อเซ็นเซอร์ทำงานแล้วสามารถวัดผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อม R1 เพื่อนำไปหาค่าความต้านทาน RS ดังสมการ 3.9

$$R_S = \frac{(V_{DD} - V_{R1}) \times R_1}{V_{R1}}$$

เมื่อได้ค่า R_S สามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นโดยเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังนี้

จากกราฟที่ 3.7 แสดงค่าความไวของ TGS2602 สามารถหาค่าความชื้นได้จากสมการ 3.10

$$\log y - \log y_0 = m(\log x - \log x_0)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

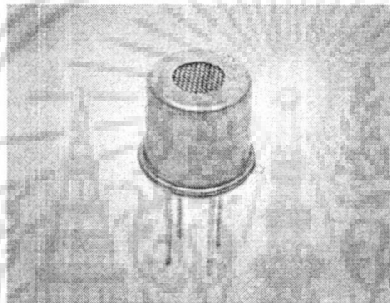
เมื่อ y คือค่า R_s/R_o

x คือค่าความเข้มข้น

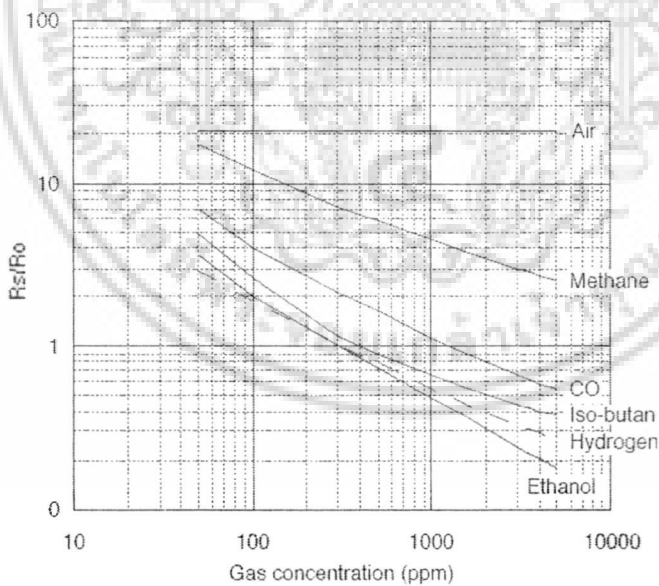
*แต่การใช้การก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จะไม่ได้สนใจค่าความเข้มข้นแต่จะสนใจแรงดันเอาต์พุตที่เปรียบเทียบกับอากาศอ้างอิง ซึ่งค่าความไวของเซนเซอร์ (Sensitivity) จะเปลี่ยนแปลงตามกราฟคุณสมบัติ

3.2.8 TGS2620

เป็นเซนเซอร์ใช้สำหรับวัดตรวจสอบไอตัวทำละลายในอากาศ (Solvent Vapors) สามารถวัดและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ปนเปื้อนก๊าซที่เป็นตัวทำละลาย ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไอโซบูเทน ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซเอทานอล กับอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของก๊าซอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.22 TGS2620 Solvent vapor gas sensor



กราฟที่ 3.8 Solvent vapor sensitivity characteristics

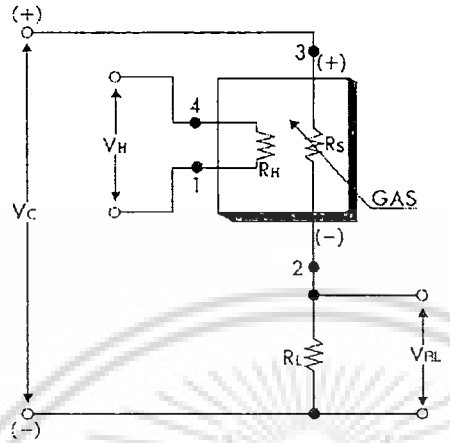
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

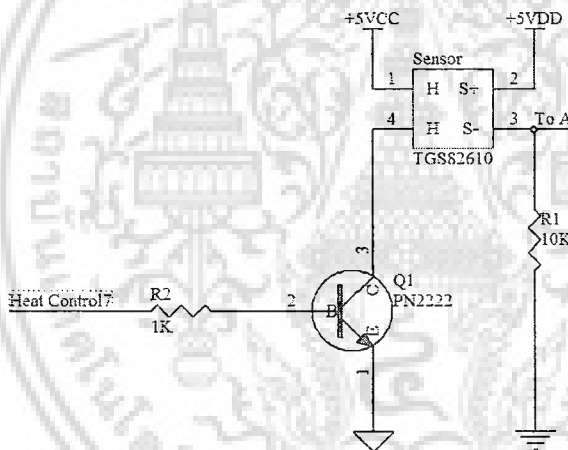
RS คือค่าความต้านทานที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ

RO คือค่าความต้านทานที่ความเข้มข้น 300 ppm ของ ก๊าซเอทานอล

วงจรการใช้งานสำหรับ TGS2620



รูปที่ 3.23 วงจรใช้งานพื้นฐานสำหรับ TGS2620



รูปที่ 3.24 วงจรที่ใช้สำหรับ TGS2620

จากรูปที่ 3.24 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับตรวจวัดก๊าซที่ปนเปื้อนในอากาศ (TGS2620) มีหลักการทำงานเหมือนกับ TGS2600 ดังนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์สวิตช์ เพื่อใช้ในการควบคุมความร้อนให้กับขดลวดความร้อน (Heater) เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงาน เมื่อเซ็นเซอร์ทำงานแล้วสามารถวัดผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อม \$R_1\$ เพื่อนำไปหาค่าความต้านทาน \$R_S\$ ดังสมการ 3.9

$$R_s = \frac{(V_{DD} - V_{R1}) \times R_1}{V_{R1}}$$

เมื่อได้ค่า \$R_s\$ สามารถนำมาหาค่าความเข้มข้นโดยเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของกราฟได้ดังนี้

จากกราฟที่ 3.8 แสดงค่าความไวของ TGS2602 สามารถหาค่าความชื้นได้จากสมการ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\log y - \log y_0 = m(\log x - \log x_0)$$

เมื่อ y คือค่า R_s/R_o

x คือค่าความเข้มข้น

*แต่การใช้การก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ จะไม่ได้สนใจค่าความเข้มข้นแต่จะสนใจแรงดันเอาต์พุตที่เปรียบเทียบกับอากาศอ้างอิง ซึ่งค่าความไวของเซนเซอร์ (Sensitivity) จะเปลี่ยนแปลงตามกราฟคุณสมบัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การควบคุมระบบและการทำงานของระบบ

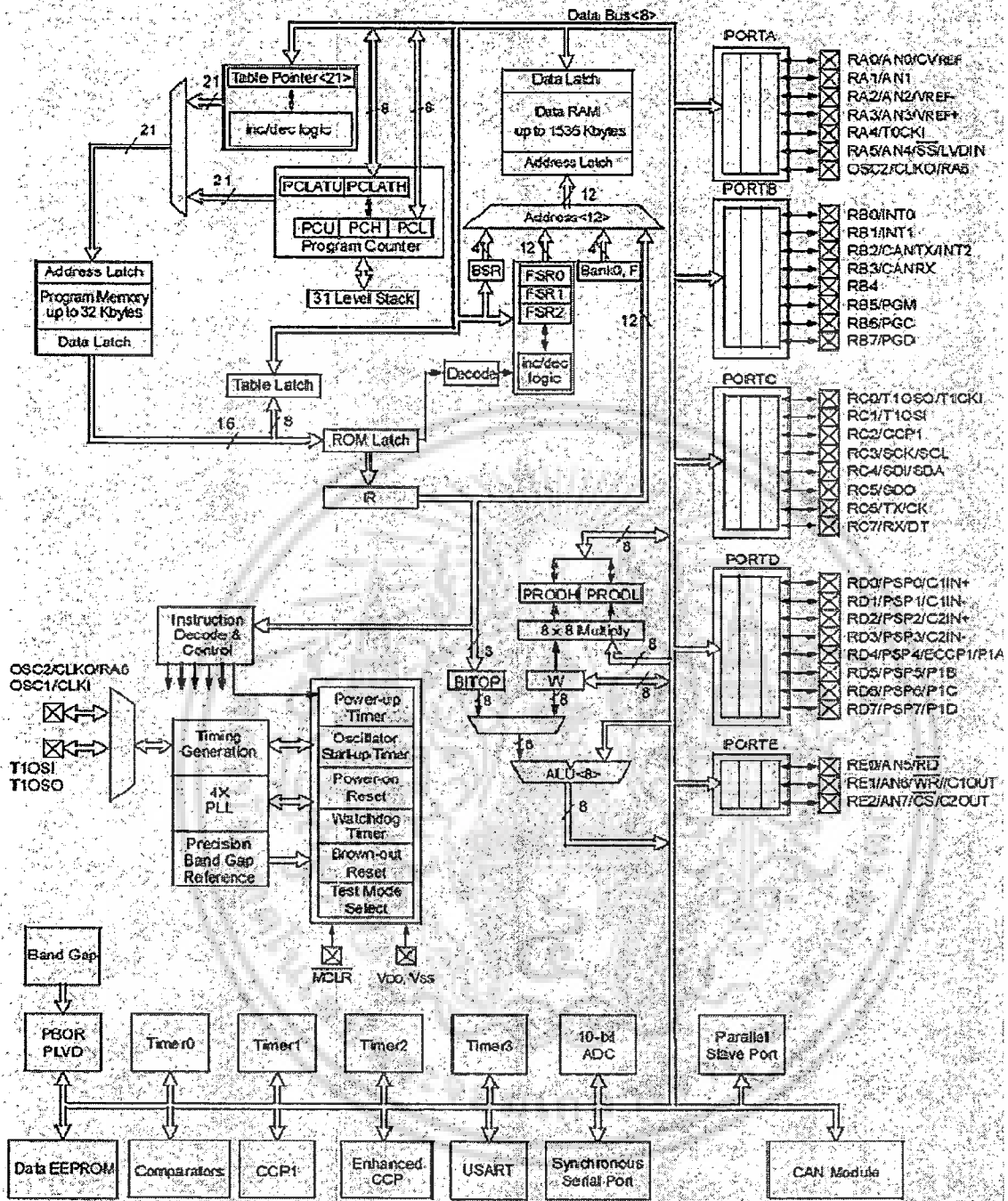
สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงระบบควบคุมการทำงานของจุมุกอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการวัดสภาพแวดล้อมจากรูปที่ 4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่สำหรับความคุมการทำงานทั้งหมดของระบบการวัดใช้สำหรับอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ซึ่งได้แก่ การอ่านค่าจากไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (ADC) ที่ได้จากก๊าซเซนเซอร์แต่ละชนิด การอ่านข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้น การอ่านข้อมูลฐานเวลาเวลาจากไอซี (RTC) การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมทิศทางลม การแสดงผล (LCD Display) รวมไปถึงการส่งข้อมูลที่วัดค่าได้จากอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆผ่าน RS232 หรือส่งข้อมูลไปยังระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Network)

4.1 Microcontroller

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้สำหรับการควบคุมและการวัดสัญญาณต่างๆจะเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F458 ถูกพัฒนาและจัดจำหน่ายโดยบริษัทไมโครชิพเทคโนโลยี (Microchip Technology Inc.) มีคุณสมบัติดังนี้

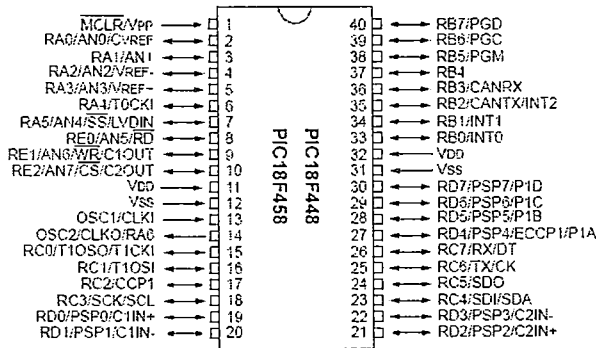
- ตัวประมวลผล (CPU) มีขนาด 8 บิต
- มีหน่วยความจำภายใน 1536 ไบต์ (RAM)
- สามารถประมวลผลข้อมูลในลักษณะบิตได้
- มีตัวจับเวลา/ตัวนับ (Timer/Counter) ขนาด 16 บิต อยู่ภายใน 2 วงจร
- มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต 5 พอร์ต หรือ 32 บิต
- มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต สามารถทำงานได้ทั้งแบบประสานเวลา (Synchronous) และแบบ ไม่ประสานเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



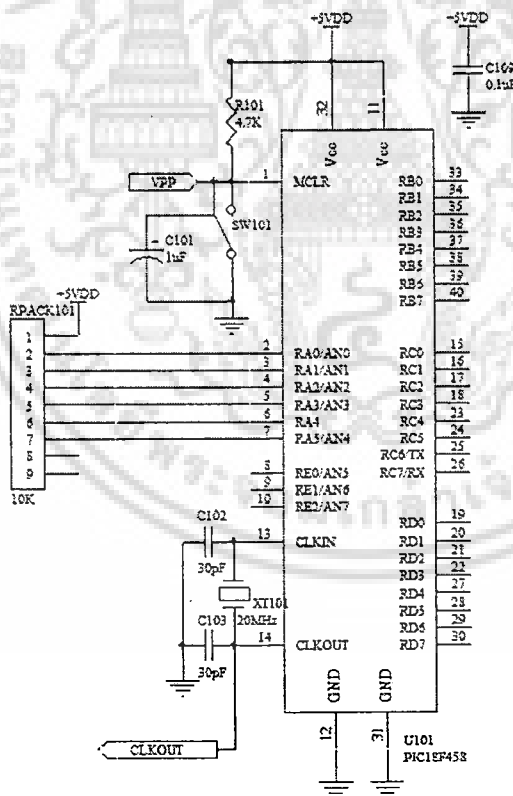
รูปที่ 4.1 โครงสร้างภายใน PIC18F458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับวงจรที่ใช้สำหรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 จะต้องต่อไฟเลี้ยง 5V ที่ขา VDD และ GND ที่ขา VSS จะต้องมีการรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์โดยป้อน “0” ที่ขา MCLR เป็นเวลาอย่างน้อย 2 mS และเลือกใช้คริสตัลเลเตอร์ที่ 20 MHz ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานและเนื่องจากพอร์ต A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่มี R พูลอัพ (Pull up) ภายในดังนั้นเลือกใช้ R-Pack ที่มีค่าความต้านทาน 10K มาต่อพูลอัพดังรูป 4.3

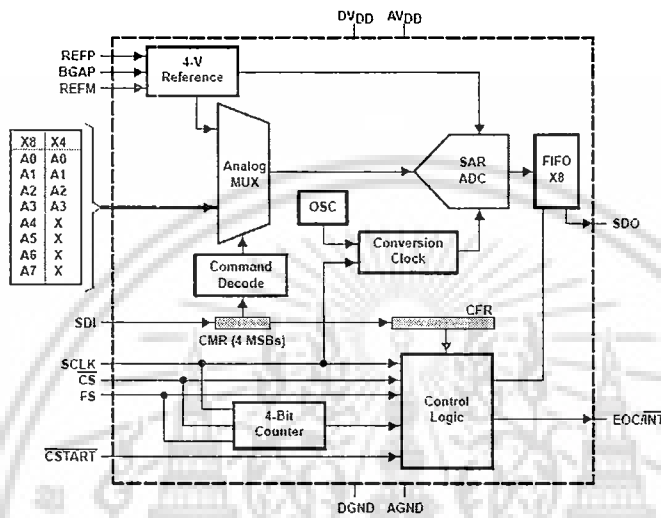


รูปที่ 4.3 วงจรใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

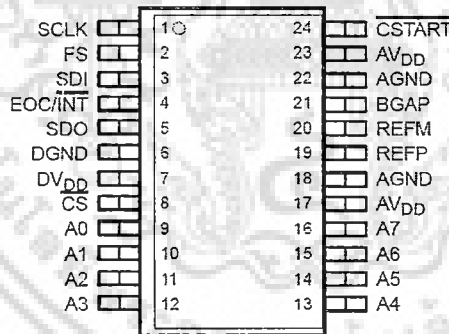
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การอ่านค่าจากไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

TLC3548 เป็นไอซีอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล จากบริษัท Texas instrument มีความละเอียดในการวัด 14 บิต ความเร็วการสุ่ม 200 KSPS อ่านค่าอินพุตตั้งแต่ 0 โวลต์ จนถึงแรงดันอ้างอิง (4V) มีจุดรับสัญญาณอินพุต 8 ช่อง ใช้การเชื่อมต่อแบบ SPI มีแรงดันอ้างอิงภายใน 4V



รูปที่ 4.4 โครงสร้างภายในTLC3548



รูปที่ 4.5 ลักษณะภายนอก TLC3548

การใช้งานของขาต่างๆของไอซี TLC3548 มีดังนี้

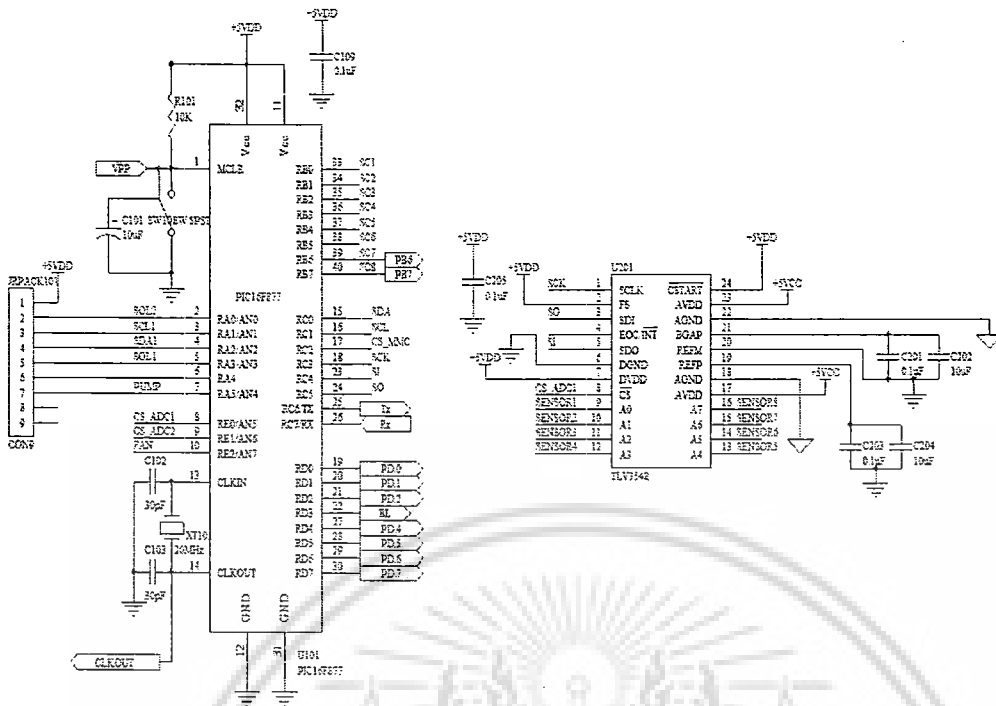
- A0-A11 เป็นขาสัญญาณเข้าอนาล็อกอินพุต
- AGND เป็นขากราวด์อนาล็อกของไอซี
- AVDD เป็นขาไฟเลี้ยงแบบอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BGAP	เป็นขาชดเชยแบนด์แกป (Internal Bandgap compensation) สำหรับขานี้จะต่อ C 0.1 uF และ C 10 uF ขนานกันกับขา AGND
CS	เป็นขา Chip select ซึ่งจะทำงานร่วมกับการเชื่อมต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)
CSTART	เป็นขาสำหรับการจุดชนวน (Trigger) ภายนอกใช้สำหรับการกำหนดการทำงานเบื้องต้น ในขณะที่อุปกรณ์ทำงานในลักษณะการขยายหรือเพิ่มอัตราการสุ่ม (Sampling) ต่อเข้ากับ DVDD ถ้าไม่มีการใช้งาน
DVDD	เป็นขาไฟเลี้ยงสำหรับวงจรดิจิทัล
DGND	เป็นขากราวด์สำหรับวงจรดิจิทัล
EOC	เป็นขาสำหรับแสดงการจบการแปลงสัญญาณอนาล็อกหรือใช้ในการแทรกการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Interrupt)
FS	เป็นขาสำหรับการกำหนดสัญญาณที่สัมพันธ์จาก DSP
REFM	เป็นขาอ้างอิงของอินสัญญาณอินพุตระดับต่ำจากสัญญาณภายนอกจะต่อ REF M กับ AGND
SCLK	เป็นขา Serial clock input ใช้ทำงานร่วมกับการเชื่อมต่อแบบ SPI
SDI	เป็นขา Serial data input ใช้ทำงานร่วมกับการเชื่อมต่อแบบ SPI
SDO	เป็นขา Serial data output ใช้ทำงานร่วมกับการเชื่อมต่อแบบ SPI

วงจรการต่อใช้งานระหว่าง TLC3548 และ PIC18F458

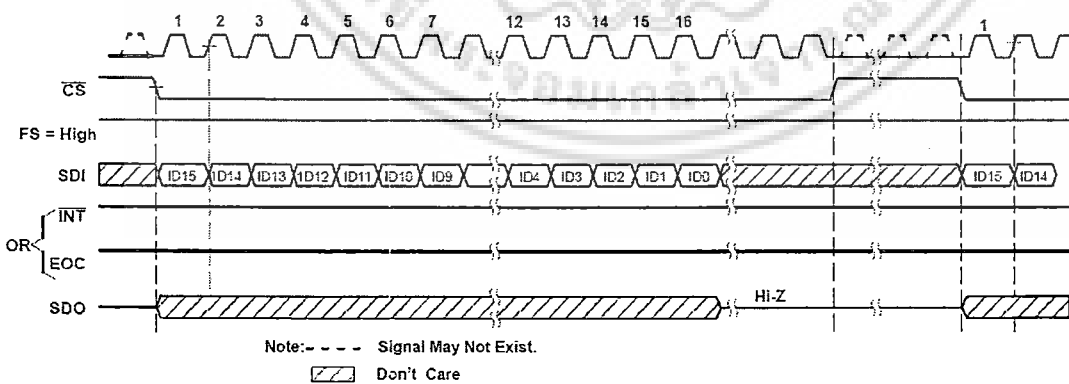
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่อ TLC3548 และ PIC 18F458

จากการเชื่อมต่อของ TLC3548 และ PIC18F458 มีการเชื่อมต่อแบบ SPI (Serial Peripheral interface)

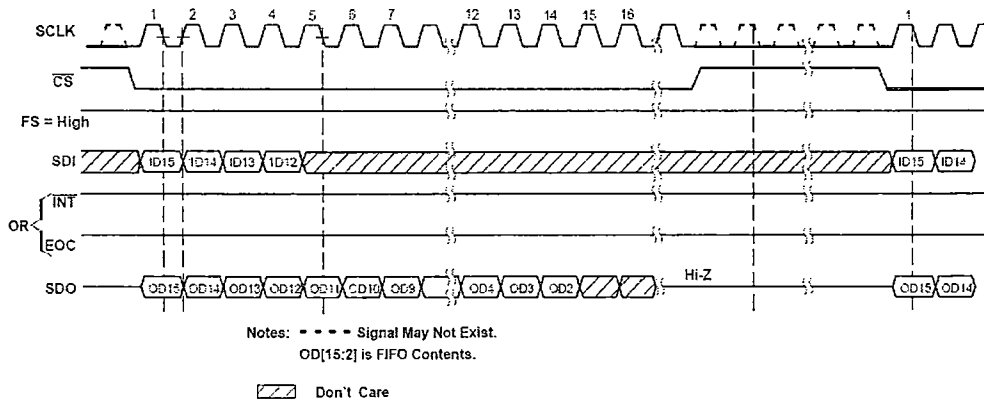
- ขา SCLK ของ TLC3548 ต่อกับ พอร์ต C3 ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ขา SDO ของ TLC3548 ต่อกับ พอร์ต C4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ขา SI ของ TLC3548 ต่อกับ พอร์ต C5 ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ขา CS ของ TLC3548 ต่อกับ พอร์ต E0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์



Note: - - - Signal May Not Exist.
 ▨ Don't Care

รูปที่ 4.7 Write cycle Timing diagram TLC3548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 Read cycle Timing diagram TLC3548

การอ่านข้อมูลจาก TLC3548 จะต้องมีการส่งค่าพารามิเตอร์ต่างให้เพื่อกำหนดการทำงานตามที่ต้องการ โดยเริ่มแรกจะต้องส่งคำสั่งเพื่อจะเขียนตามตาราง เมื่อกำหนดค่าต่างๆแล้วสามารถอ่านข้อมูลจากการแปลงสัญญาณได้โดยการป้อนคำสั่ง Read โดยข้อมูลที่อ่านได้จะเป็นแบบ First In First Out (FIFO) และสามารถเลือกช่องสัญญาณได้ตาม Address บิตที่ 15 จนถึงบิตที่ 12 ตามลำดับใน Timing diagram

SDI Bit D[15:12]		TLC3548 COMMAND	TLC3544 COMMAND
BINARY	HEX		
0000b	0h	SELECT analog input channel 0	SELECT analog input channel 0
0001b	1h	SELECT analog input channel 1	SELECT analog input channel 1
0010b	2h	SELECT analog input channel 2	SELECT analog input channel 2
0011b	3h	SELECT analog input channel 3	SELECT analog input channel 3
0100b	4h	SELECT analog input channel 4	SELECT analog input channel 0
0101b	5h	SELECT analog input channel 5	SELECT analog input channel 1
0110b	6h	SELECT analog input channel 6	SELECT analog input channel 2
0111b	7h	SELECT analog input channel 7	SELECT analog input channel 3
1000b	8h	SW POWER DOWN	
1001b	9h	Reserved (test)	
1010b	Ah	WRITE CFR, the last 12 bits of SDI are written into CFR. This command resets FIFO.	
1011b	Bh	SELECT TEST, voltage = (REFF+REFM)/2	
1100b	Ch	SELECT TEST, voltage = REFM	
1101b	Dh	SELECT TEST, voltage = REFF	
1110b	Eh	FIFO READ, FIFO contents is shown on SDO: OD[15:2] = result, OD[1:0] = xx	
1111b	Fh	Hardware default mode. CFR is loaded with 800h	

ตาราง 4. 1 คำสั่งสำหรับการปรับค่า TLC3548

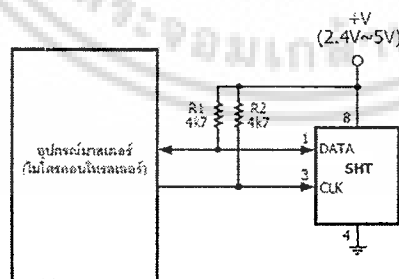
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOL BIT	DEFINITION						
D11	Reference select: 0: Internal (4 V)		1: External				
D10	Conversion output code format select: 0: USB (unipolar straight binary)		1: Binary 2s complement				
D9	Sample period select for normal sampling 0: Long sampling (4X) 44 SCLKs		Don't care in extended sampling. 1: Short sampling (1X) 12 SCLKs				
D8	Conversion clock source select: 0: Conversion clock = Internal OSC		1: Conversion clock = SCLK/4				
D7	Input mode select: 0: Single-ended						
	1: Pseudodifferential. Pin configuration shown below:						
		Pin Configuration of TLC3548		Pin Configuration of TLC3544			
Pin No.	Single-ended	Pseudodifferential polarity	Pair	Pin No.	Single-ended	Pseudodifferential polarity	Pair
9	A0	PLUS	Pair A	9	A0	PLUS	Pair A
10	A1	MINUS		10	A1	MINUS	
11	A2	PLUS	Pair B	11	A2	PLUS	Pair B
12	A3	MINUS		12	A3	MINUS	
13	A4	PLUS	Pair C				
14	A5	MINUS					
15	A6	PLUS	Pair D				
16	A7	MINUS					
D[6:5]	Conversion mode select: 00: One shot mode 01: Repeat mode 10: Sweep mode 11: Repeat sweep mode						
D[4:3]	Sweep auto sequence select (Note: These bits only take effect in conversion mode 10 and 11.)						
	TLC3548			TLC3544			
	Single ended (by ch)		Pseudodifferential (by pair)	Single ended (by ch)		Pseudodifferential (by pair)	
	00: 0-1-2-3-4-5-6-7 01: 0-2-4-6-0-2-4-6 10: 0-0-2-2-4-4-6-6 11: 0-2-0-2-0-2-0-2		00: N/A 01: A-B-C-D-A-B-C-D 10: A-A-B-B-C-C-D-D 11: A-B-A-B-A-B-A-B	00: 0-1-2-3-0-1-2-3 01: 0-2-0-2-0-2-0-2 10: 0-0-1-1-2-2-3-3 11: 0-0-0-0-2-2-2-2		00: N/A 01: A-B-A-B-A-B-A-B 10: N/A 11: A-A-A-A-B-B-B-B	
D2	EOC/INT pin function select: 0: Pin used as INT						
D[1:0]	FIFO trigger level (sweep sequence length). Don't care in one shot mode. 00: Full (INT generated after FIFO level 7 filled) 01: 3/4 (INT generated after FIFO level 5 filled) 10: 1/2 (INT generated after FIFO level 3 filled) 11: 1/4 (INT generated after FIFO level 1 filled)						

ตาราง 4.2 การกำหนดรีจิสเตอร์ของ TLC3548

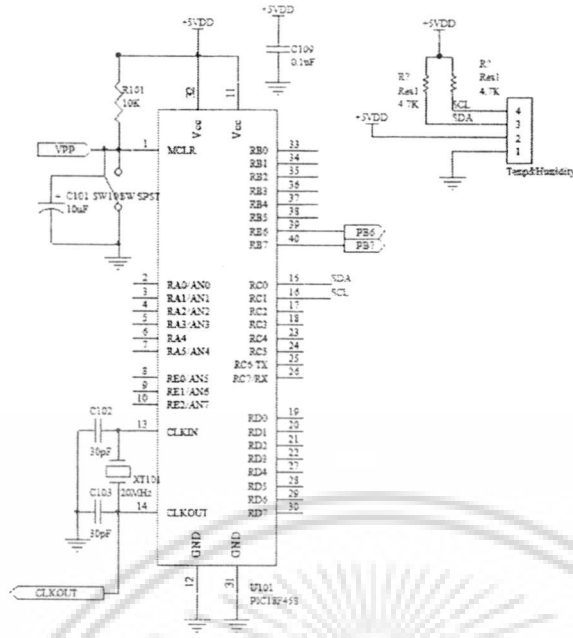
4.3 การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น (SHT15)

SHT15 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสำหรับการใช้งานและโปรโตคอลในการควบคุมและการอ่านค่ามีดังนี้



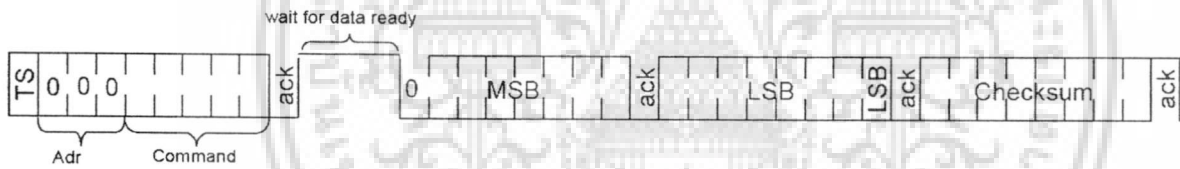
รูปที่ 4.9 การเชื่อมต่อ SHT15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



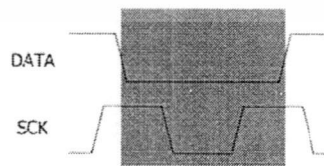
รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อการใช้งาน SHT15

การใช้งาน SHT 15 จากรูปใช้พอร์ต C0 และ C1 เป็นขา SDA และ SCL ตามลำดับสำหรับการควบคุมการทำงานให้ SHT15 วัดอุณหภูมิและความชื้นจะมีการสื่อสารข้อมูลดังนี้



รูปที่ 4.11 การส่งคำสั่งการเชื่อมต่อ SHT15

ในสถานะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังSHT15จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้รอกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission startหรือสถานะเริ่มส่งสัญญาณ นั่นคือขา DATA ต้องทำให้ถูกทำให้เป็นลอจิก "0" นานอย่างน้อย 1 คาบเวลา (1 Cycle) หลังจากนั้นSHT15จะทราบทันทีได้ว่าข้อมูลต่อจากนี้คือคำสั่ง



รูปที่ 4.12 การส่งสัญญาณ Transmission start

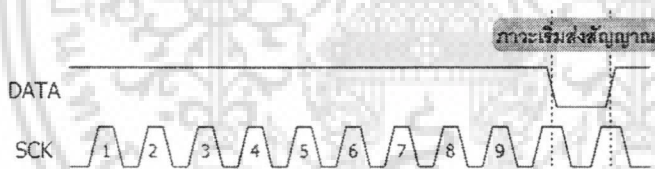
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการส่งสัญญาณ Transmission start แล้วสามารถส่งคำสั่งไปยัง SHT15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันทีที่แสดงตามตารางที่ 4.3

คำสั่ง	ข้อมูลคำสั่ง
สแกนไว้	0000x
อ่านค่าอุณหภูมิ	00011
อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์	00101
อ่านค่ารีจิสเตอร์กำหนดสถานะ	00111
สแกนไว้	0101 – 1110
รีเซตการทำงาน (Soft reset) ทำให้รีจิสเตอร์กำหนดสถานะกลับไปสู่ค่าปกติ (Default) ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 11 มิลลิวินาทีจึงจะสามารถรับคำสั่งถัดไปได้	11110

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดคำสั่งและข้อมูลคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของ SHT15

เมื่อต้องการการเริ่มต้นการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และ SHT15 จะต้องสร้างสัญญาณรีเซตขึ้นก่อน โดยทำให้ขา DATA มีมีสถานะลอจิก “1” นานเท่ากับช่วงที่ป้อนสัญญาณนาฬิกาที่ขา SCK 9 ช่วงติดต่อกันแล้วตามด้วยสภาวะการเริ่มส่งสัญญาณ



รูปที่ 4.13 การสร้างสัญญาณรีเซตสำหรับ SHT15

สำหรับการอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้ภายหลังจากการสร้างสภาวะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission start แล้วตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT15 ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการจะใช้เวลา มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังแสดงในตารางที่

จากไคอะแกรมเวลาการอ่านข้อมูลจากโมดูล SHT 15 โดยข้อมูลที่ส่งออกมาจากโมดูล SHT15 ประกอบด้วยข้อมูล 2 ไบต์และไบต์สำหรับการตรวจสอบข้อผิดพลาดอีก 1 ไบต์หรือ CRC Check โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อรับข้อมูล 1 ไบต์จะต้องส่งสัญญาณรับร้อออกมา 1 ลูก (กำหนดให้ขา DATA มีลอจิก “0”) บิตนัยสำคัญสูงสุดของข้อมูลจะถูกส่งออกมาก่อนกรณีอ่านค่า 8 บิต ไบต์แรกจะไม่ถูกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความละเอียดของข้อมูลที่ประมวลผล	เวลาที่โมดูล SHT15 ใช้ประมวลผล ($\pm 15\%$)
14 บิต	210 มิลลิวินาที
12 บิต	55 มิลลิวินาที
8 บิต	11 มิลลิวินาที

ตารางที่ 4.4 เวลาที่โมดูล SHT15 ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

รีจิสเตอร์แสดงสถานะ (Status register)

บิต	การติดต่อ	รายละเอียด	ค่าเริ่มต้น
7	อ่านเท่านั้น	สแกนไวใช้งาน	0
6	อ่านเท่านั้น	ตรวจสอบไฟเลี้ยง “0” ถ้าแรงดันไฟเลี้ยงมากกว่า 2.47 V “1” ถ้าแรงดันไฟเลี้ยงน้อยกว่า 2.47V	ไม่มีค่าเริ่มต้นขึ้นอยู่กับการวัด
5	อ่านเท่านั้น	สแกนไวใช้งาน	0
4	อ่านเท่านั้น	สแกนไวใช้งาน	0
3	อ่านเท่านั้น	ไม่ใช่เพราะเป็นบิตตรวจสอบชิปของผู้ผลิต	0
2	อ่าน/เขียน	เปิดปิดตัวทำความร้อน “0” ปิดตัวทำความร้อนภายในโมดูล “1” เปิดตัวทำความร้อนภายในโมดูล	0
1	อ่าน/เขียน	การอ่านค่าการปรับแต่งความแม่นยำจากหน่วยความจำ	0
0	อ่าน/เขียน	“0” = วัดค่าความชื้น 12 บิต, วัดอุณหภูมิ 14 บิต “1” = วัดค่าความชื้น 8 บิต, วัดอุณหภูมิ 12 บิต	0

ตารางที่ 4.5 การทำงานของรีจิสเตอร์สถานะ

ข้อควรระวัง การเปิดโมดูลทำความร้อน SHT15 จะอ่านค่าความชื้นได้สูงกว่าปกติและอ่านความชื้นได้ต่ำกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าอุณหภูมิ

ในการอ่านค่าอุณหภูมิจากโมดูล SHT15 ผู้พัฒนาสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 14 บิต หรือ 12 บิต โดยที่ความละเอียด 14 บิตเป็นค่าตั้งต้น โดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT15 เข้ามาก่อนจากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ ค่าอุณหภูมิออกมาโดยคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT15 ดังนี้

$$Temperature = d1 + (d2 \times SO_T) \quad (4.1)$$

เมื่อ $d1$ คือค่าคงที่ขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ป้อนให้ขา V_{DD} ของ SHT15 ดูรายละเอียดในตารางที่ 4.6

$d2$ คือค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของอุณหภูมิที่ต้องการจาก SHT15 ดูรายละเอียดในตารางที่ 4.6

SO_T คือข้อมูลดิบของอุณหภูมิที่ได้จาก SHT15

ไฟเลี้ยง	ค่าคงที่อุณหภูมิ ($d1$)		ความละเอียด	ค่าคงที่อุณหภูมิ(2)	
	°C	°F		°C	°F
+5V	-40.00	-40.00	14	0.01	0.018
+4V	-39.75	-39.50	12	0.04	0.072
+3.5	-39.66	-39.35			
+3V	-39.60	-39.28			
+2.5V	-39.55	-39.23			

ตารางที่ 4.6 ค่าคงที่ของการคำนวณค่าอุณหภูมิ

การคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูล SHT15 สามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 12 บิต หรือ 8 บิต โดยที่ความละเอียด 12 บิตเป็นค่าตั้งต้นหลัก โดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ความชื้นสัมพัทธ์ออกมา โดยคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$RH_{true} = (T - 25) \times [t_1 + (t_2 \times SO_{RH})] + RH_{linear} \quad (4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RH_{linear} = c_1 + (c_2 \times SO_{RH}) + [c_3 \times (SO_{RH})^2] \quad (4.3)$$

เมื่อ

RH_{true} คือ ความชื้นสัมพัทธ์จริง

T คือ อุณหภูมิที่วัดได้จากสมการ (4.1)

t1 และ t2 คือค่าคงที่โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูล SHT15 ดังตารางที่ 4.7

c1, c2 และ c3 คือค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจาก SHT15 ดังตารางที่ 4.7

SO_{RH} คือ ข้อมูลที่วัดได้ข้อมูลดิบของความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จาก SHT15

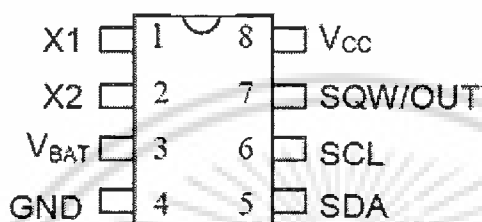
ความละเอียด	ค่าคงที่		ความละเอียด	ค่าคงที่		
	t1	t2		c1	c2	c3
12 บิต	0.01	0.00008	12 บิต	-4	0.0405	-2.8×10^{-6}
8 บิต	0.01	0.00128	8 บิต	-4	0.648	-7.2×10^{-4}

ตาราง 4.7 ค่าคงที่ของการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์

4.4 การอ่านและเขียนข้อมูลจาก RTC เพื่อกำหนดเวลาในการวัด

ระบบฐานเวลา เป็นสิ่งสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลาย เช่น ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์มีไทมเมอร์เพื่อใช้ในการจับเวลา หรือนำไปใช้เป็นฐานเวลาจริง แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ต่อเมื่อมีไฟเลี้ยงเท่านั้น ดังนั้นการใช้ไทมเมอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างฐานเวลาจริงจึงไม่เหมาะสมในบางแอปพลิเคชัน

DS1307 เป็น IC ฐานเวลาของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) มีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I²C ซึ่งเป็นแบบ 2 wire สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (bi-direction bus) ฐานเวลาของ DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูล วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี ได้ ระบบเวลาสามารถทำงานโหมดรูปแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง AM/PM ก็ได้ ภายมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไป DS1307 สามารถสวิตช์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่ และทำงานต่อไป โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ โครงสร้างมีขาทั้งหมด 8 ขาดังแสดงในรูปที่ 1 และมีรายละเอียดการทำงานของขาต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 4.14 DS1307

VCC ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

GND ใช้ต่อกราวด์

VBAT ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการทำงาน ในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงจ่าย

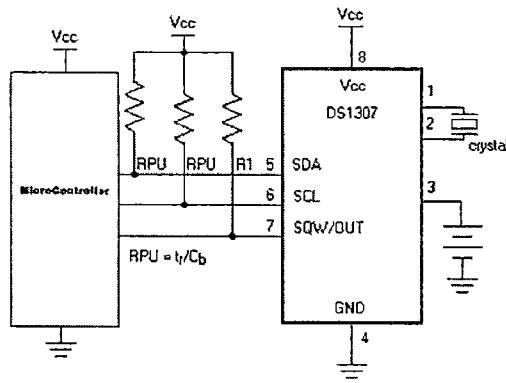
SDA ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I²C

SCL ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I²C

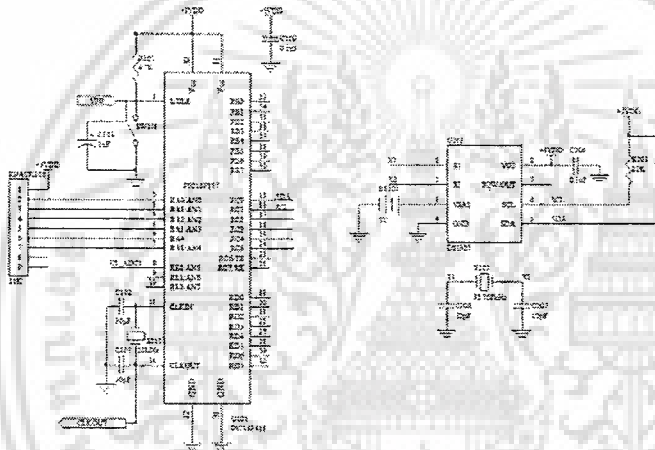
SQW/OUT ขาเอาต์พุตสัญญาณ Square Wave สามารถเลือกความถี่ได้

X1, X2 ใช้ต่อกับคริสตัลความถี่มาตรฐาน 32.768 kHz เพื่อสร้างฐานเวลาจริงให้กับ IC

การต่อใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัส I²C นั้นสามารถทำได้โดยต่อตัวต้านทาน Pull up ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ในกรณีที่ต้องการต่อร่วมกับอุปกรณ์ Slave หลายตัว ก็สามารถทำได้โดยต่ออุปกรณ์ Slave ขนานกันไป การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ Master กับ Slave แต่ละตัวนั้น จะถูกแยกโดย Address ของอุปกรณ์ Slave ซึ่งจะถูส่งจากอุปกรณ์ Master ไปยังอุปกรณ์ Slave ก่อนเริ่มการรับส่งข้อมูล

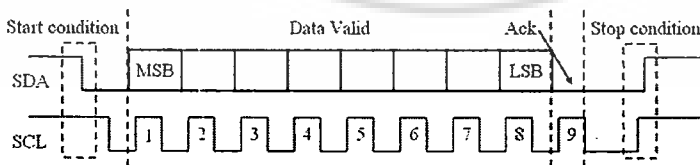


รูปที่ 4.15 การต่อใช้งาน DS1307



รูปที่ 4.16 การต่อใช้งาน DS1307

ในการรับส่งข้อมูลผ่านบัส I²C อุปกรณ์ Master จะเป็นผู้สร้างสัญญาณ Clock บน SDA และเป็นตัวควบคุมสถานะ Start และ Stop เพื่อควบคุมการรับส่งข้อมูลทั้งหมด

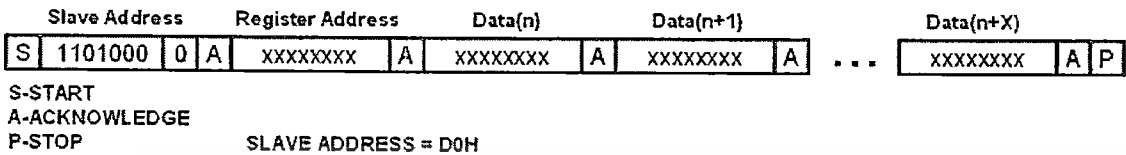


รูปที่ 4.17 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I²C

การส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ DS1307 ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสร้างสถานะ Start ก่อน จากนั้นต้องส่ง Address ของ DS1307 ขนาด 7 บิตซึ่งมีค่าเป็น 1101000 และตามด้วยบิตระบุ

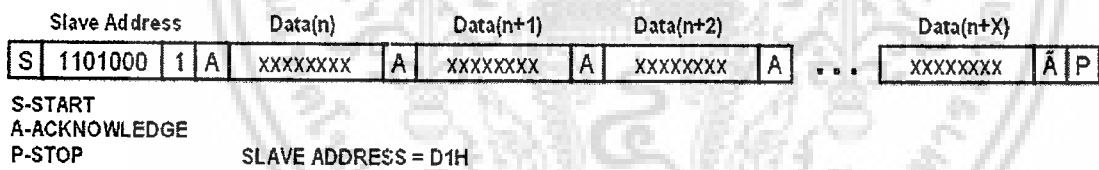
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางของข้อมูล ในกรณีที่เป็นการเขียนข้อมูลลง DS1307 จะต้องเป็น “0” จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งตำแหน่ง Address ภายในรีจิสเตอร์ของ DS1307 ที่ต้องการเขียนข้อมูลลง แล้วจึงค่อยเขียนข้อมูลลง โดยในการส่งข้อมูลแต่ละไบต์จะต้องรอบิต Ack จาก DS1307 ทุกไบต์ เมื่อส่งจนครบแล้ว ถึงจะสร้างสถานะ Stop เพื่อกลับสู่สถานะว่าง



รูปที่ 4.18 การเขียนข้อมูลอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I²C

การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ดังแสดงในรูปที่ 4.16 เริ่มแรกไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสร้างสถานะ Start ก่อน จากนั้นต้องส่ง Address ของ DS1307 ขนาด 7 บิตซึ่งมีค่าเป็น 1101000 และตามด้วยบิตระบุทิศทางของข้อมูล ในกรณีที่เป็นการอ่านข้อมูลจาก DS1307 จะต้องเป็น “1” จากนั้นจึงค่อยรับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ทีละไบต์ โดยตำแหน่งที่อ่านเข้ามาจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งรีจิสเตอร์พอยท์เตอร์ ซึ่งจะเป็นตำแหน่งท้ายสุดที่ได้ทำการเขียนข้อมูลไว้ เมื่ออ่านข้อมูลครบแต่ละไบต์อุปกรณ์ Master ต้องส่ง Acknowledge บิตกลับไปให้อุปกรณ์ Slave ด้วย ในกรณีที่ เป็นไบต์สุดท้าย อุปกรณ์ Master ต้องส่ง “not acknowledge” กลับไป



รูปที่ 4.19 การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I²C

ภายใน DS1307 มีรีจิสเตอร์ภายในใช้เก็บข้อมูลเวลาขนาด 7 ไบต์ 00H-06H ดังแสดงในรูปที่ 4.20 ข้อมูลค่าเวลา และวันที่จะถูกเก็บอยู่ในรูปของเลขฐาน 10 สามารถเลือกได้ว่าให้ทำงานแบบ 12 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง โดยกำหนดที่บิตที่ 6 ที่แอดเดรส 02H โดยถ้าเป็น “1” จะเป็นการทำงานในโหมด 12 ชั่วโมง และเมื่อเลือกแบบ 12 ชั่วโมง ที่บิต 5 ในแอดเดรส 02H นั้นจะใช้แสดงค่า AM/PM โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็น PM ในกรณีที่แสดงแบบ 24 ชั่วโมง บิตนี้จะใช้ในการแสดงค่าของหลักสิบในของหน่วยชั่วโมงด้วย

	BIT7							BIT0
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS			00-59
	0	10 MINUTES			MINUTES			00-59
	0	12 24	10 HR A/P	10 HR	HOURS			01-12 00-23
	0	0	0	0	0	DAY		1-7
	0	0	10 DATE		DATE			
	0	0	0	10 MONTH	MONTH			01-12
		10 YEAR			YEAR			00-99
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

รูปที่ 4.20 รีจิสเตอร์ภายในไอซีฐานเวลา DS1307

ที่แอดเดรส 07H เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของ SQW/OUT โดยมีรายละเอียดดังนี้

OUT (Out control): ใช้ควบคุมเอาต์พุต

SQWE (Square Wave Enable): ใช้ควบคุมออสซิลเลเตอร์ภายใน DS1307 โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็นการเปิดออสซิลเลเตอร์

RS (Rate Select): ใช้ควบคุมความถี่ของ Square Wave เมื่อเปิดการทำงานของออสซิลเลเตอร์ โดยสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ได้ 4 ความถี่ด้วยกันดังแสดงในตารางที่ 4.8

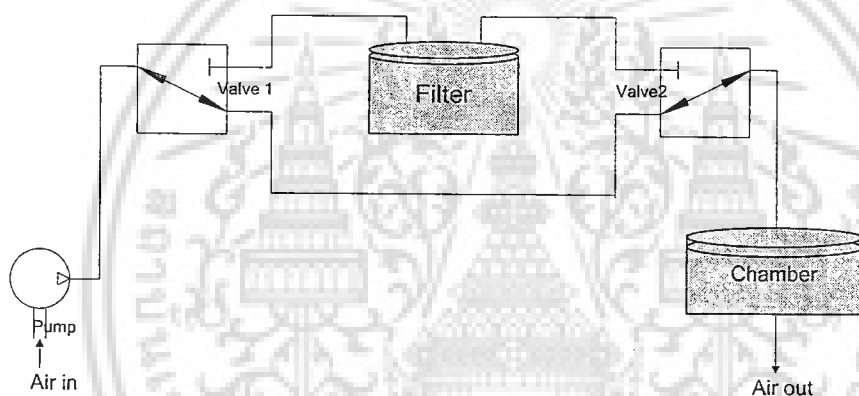
RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1 Hz
0	1	4.096 kHz
1	0	8.192 kHz
1	1	32.768 kHz

ตารางที่ 4.8 การควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ด้วยการเซตบิต RS1, RS0

บทที่ 5

ระบบควบคุมทิศทางการไหลของลม

จากหลักการของจุมูกอิเล็คทรอนิกส์นั้นจำเป็นต้องมีกลิ่นสำหรับการอ้างอิงเช่นอากาศบริสุทธิ์ปกติใช้ (Air zero) หรือ เอทานอน (Ethanol) เป็นต้น เพื่อใช้เปรียบเทียบหรือเป็นค่าที่ใช้อ้างอิง (Base line reference) ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมทิศทางการไหลของกลิ่นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและระบุกลิ่นต่างๆ โดยระบบการควบคุมทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับในห้องปฏิบัติการงานวิจัยนั้นกลิ่นอ้างอิงสามารถหาได้ง่ายแต่ระบบที่ใช้ในการวัดอากาศนั้นจะต้องนำตัวเครื่องออกไปวัดสภาพอากาศภายนอกห้องวิจัยจึงยากที่จะหากลิ่นที่เป็นอากาศอ้างอิงดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างตัวกรองอากาศเพื่อนำอากาศนั้นมาเป็นอากาศอ้างอิง

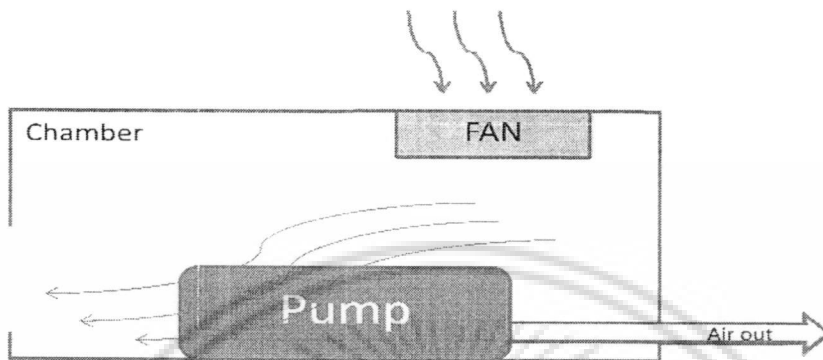


รูปที่ 5.1 การควบคุมทิศทางการไหลของลม

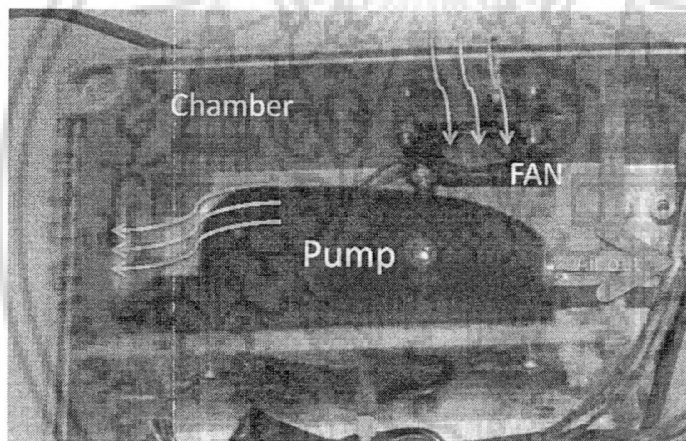
จากรูปที่ 5.1 ปั๊มลม(Pump) จะทำหน้าที่ดูดอากาศเข้าสู่ระบบจากนั้นอากาศจะถูกควบคุมทิศทางการไหลเวียนโดยโซลินอยด์วาล์ว (Solenoids valve) เพื่อไปยังเซนเซอร์ซึ่งมีทิศทางการไหลดังนี้ ในสภาวะปกติโซลินอยด์วาล์วทั้ง 2 ตัวจะอยู่ในสถานะเปิดให้อากาศที่ดูดเข้ามาไม่ให้อากาศผ่านตัวกรองอากาศ เมื่อปั๊มดูดอากาศเข้ามา วาล์ว 1 (Valve1) และวาล์ว 2 (Valve2) จะเลือกให้ระบบลมผ่านตัวกรองอากาศ (Air Filter) ใช้เวลา 300 วินาที เพื่อสร้างอากาศอ้างอิงให้กับเซนเซอร์จากนั้นวาล์วทั้งสองจะสลับเพื่อให้อากาศที่ต้องการวัดเข้าเซนเซอร์โดยตรง เป็นเวลา 300 วินาทีเพื่อวัดอากาศ ณ เวลานั้นการทำงานจะเป็นเช่นนี้ไปตลอดจนได้จำนวนข้อมูลที่ต้องการ

5.1 ระบบดูดอากาศ

เนื่องจากระบบมีการวัดและเปรียบเทียบอากาศภายในห้องกับอากาศที่ถูกรองและอากาศที่ต้องการวัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ปั๊มลม (Pump) และพัดลมสำหรับดูดอากาศจากภายนอกเข้ามายังระบบดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ระบบดูดอากาศที่ต้องการวัด

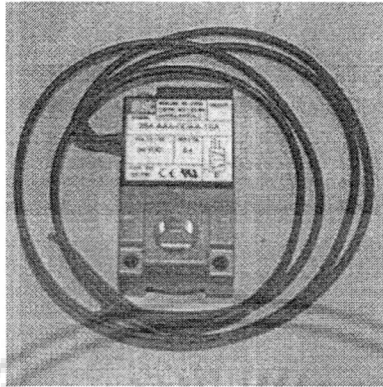


รูปที่ 5.3 การใช้งานจริงของระบบดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoids valve)

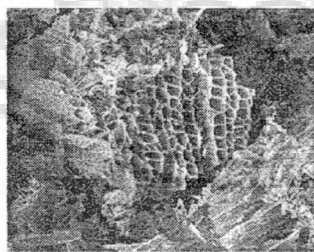
โซลินอยด์วาล์วจะทำหน้าที่บังคับทิศทางของอากาศของการวัดอากาศในระบบนี้จะให้โซลินอยด์วาล์ว สองทิศทางสำหรับควบคุมทิศทางลม (MAC model.35A-AAA-DDAA-1BA)



รูปที่ 5.4 โซลินอยด์วาล์ว(MAC model.35A-AAA-DDAA-1BA)

5.3 ระบบกรองอากาศ (Air Filter)

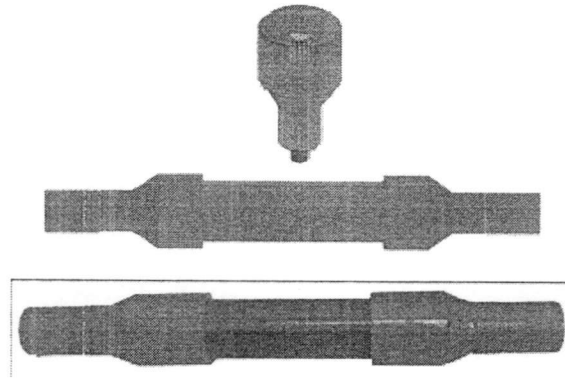
สำหรับระบบกรองอากาศนั้นจะอาศัยคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุพิเศษที่มีความพรุนและพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ในหนึ่งกรัมของถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่า 500 ตารางเมตร และสามารถทำได้ถึง 1500 ตารางเมตรขณะที่ราคาจะสูงตามพื้นที่ผิวที่ต้องการ ซึ่งได้จากวัตถุดิบทางธรรมชาติหรือ อินทรีย์วัตถุซึ่งมีองค์ประกอบของคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก มีราคาไม่แพง และใช้เทคโนโลยีในการเตรียมที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถเตรียมได้จากวัตถุดิบทุกชนิดที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ถ่านหิน ไม้ กะลา แกลบ และวัสดุชีวมวลประเภทต่างๆ เป็นต้น



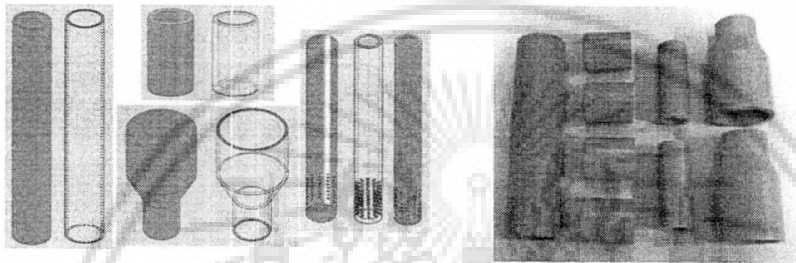
รูปที่ 5.5 รูปถ่านกัมมันต์ที่ถ่ายด้วยกล้องอิเล็กตรอนไมโครสโคป (Electron microscope)

การประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์นั้นมีหลายแบบแต่สำหรับในรายงานนี้จะประยุกต์ใช้โดยนำมากรองอากาศเพราะมีคุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 ท่อใส่ถ่านกัมมันต์สำหรับกรองอากาศ

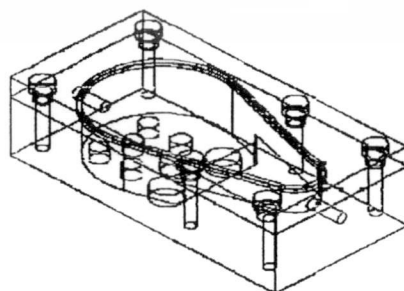


รูปที่ 5.7 ส่วนประกอบของท่อกรองอากาศ

จากรูป 5.7 เป็นส่วนประกอบของระบบกรองอากาศซึ่งภายในท่อจะมีถ่านกัมมันต์
สำหรับการดูดซับกลิ่นสำหรับสร้างอากาศอังก้องให้กับก๊าซเซเนเซอร์

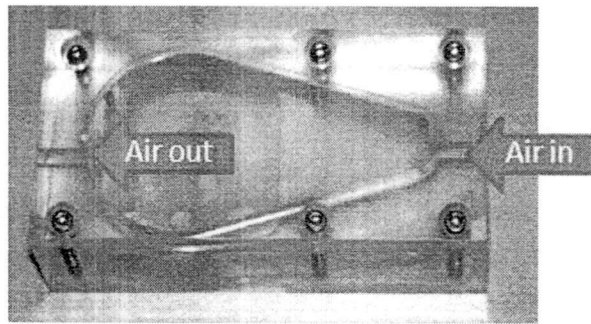
5.4 Chamber

Chamber มีหน้าที่สำหรับนำอากาศที่ถูกกรองเพื่อสร้างอากาศอังก้อง และ อากาศที่ต้องการวัด
มา ทำการกระจายให้เท่ากันมากที่สุดก๊าซเพื่อให้ เซนเซอร์ทั้งหมดได้รับก๊าซในปริมาณที่เท่าๆกัน
ทั้งหมด ภายใน Chamber จะมีก๊าซเซเนเซอร์ทั้งหมด 8 หัวที่ใช้สำหรับวัดอากาศ

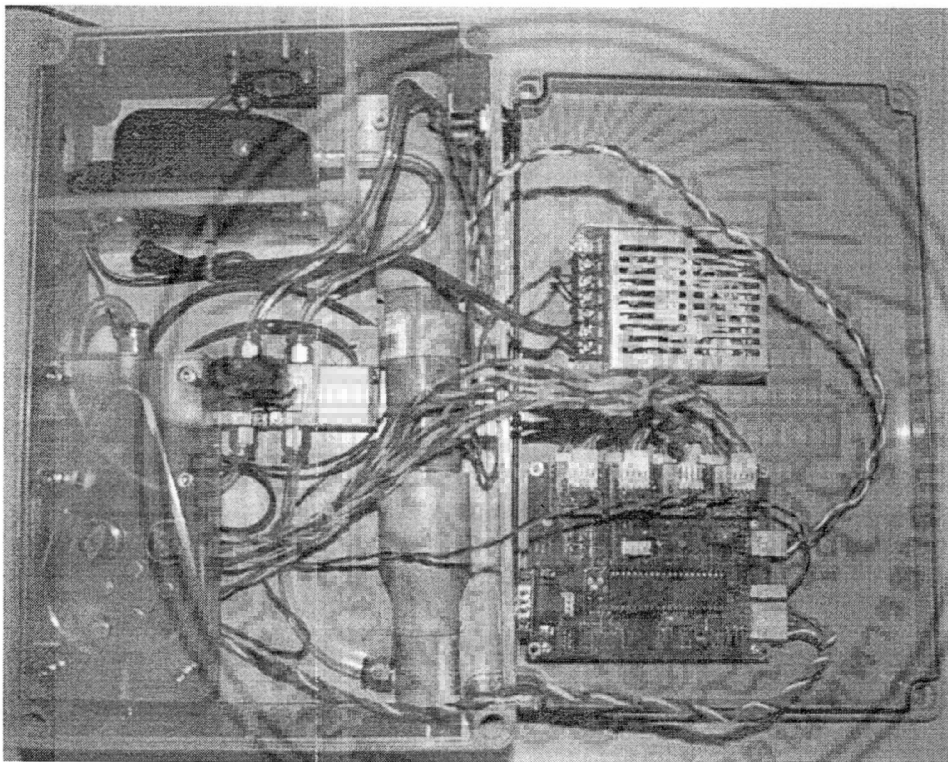


รูปที่ 5.8 Chamber ที่ถูกออกแบบด้วยโปรแกรมSolid work

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 Chamber ที่ใช้งานอยู่จริงของเครื่องตรวจวัดอากาศ



รูปที่ 5.10 ส่วนประกอบภายในทั้งหมดของจูนิกซ์อิเล็กทรอนิกส์

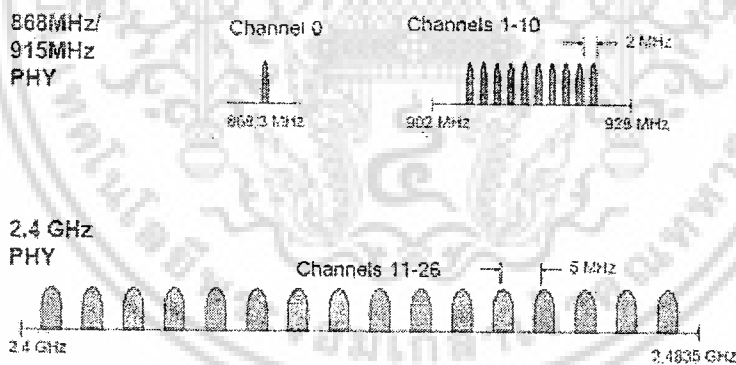
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

Zigbee Wireless network

ระบบการสื่อสารไร้สายมีมากมายหลายรูปแบบในสมัยนี้เช่น Wireless Lan, GSM, Wifi หรือ Wimax เป็นต้น สำหรับการสื่อสารทางดิจิทัลจะติดต่อสื่อสารเพื่อให้ใช้งานกับอุปกรณ์อื่นๆผ่านการเชื่อมต่อ (Interface) ต่างๆเช่น RS232(UART), SPI , I2C, CAN, RS485, Ethernet, LAN, TCP/IP, USB ฯลฯ ซึ่งผู้ที่เชื่อมต่อหรือเขียนโปรแกรมจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับรูปแบบการสื่อสาร(Protocol)ในแบบต่างๆ ZigBee มาตรฐานสากล กำหนดโดย ZigBee Alliance เป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก จุดประสงค์ก็เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า Wireless Sensor Network ได้ ซึ่งระบบนี้จะสามารถทำงานได้ทั้งระบบในร่ม และกลางแจ้ง เพราะทนกับสภาพแวดล้อมต่างๆเหมาะสมใช้งานกับการแสดงค่าต่างๆ การกำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานของ Zigbee นั้นกำหนดไว้ 3 ย่านความถี่คือ

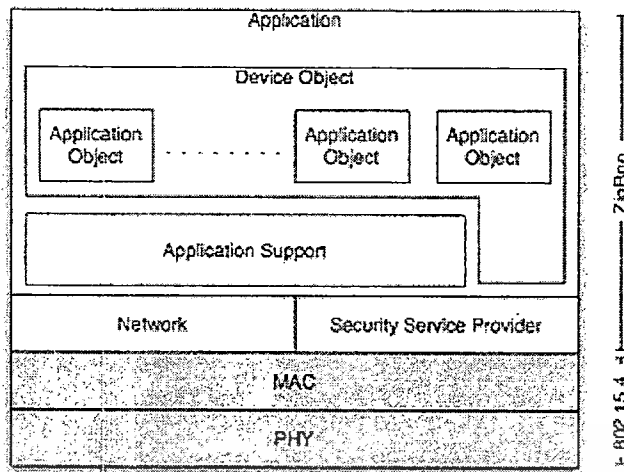
1. ย่านความถี่ 2.4 GHz มี 16 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps
2. ย่านความถี่ 915 MHz มี 10 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 40 Kbps
3. ย่านความถี่ 868 MHz มี 1 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 20 Kbps



รูปที่ 6.1การกำหนดย่านความถี่ของ Zigbee

ZigBee นำ Physical Layer และ MAC Layer ของ IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นมาตรฐานการกำหนดการสื่อสารไร้สายแบบ WPAN (Wireless Personal Area Network) มาทำงานใน Layer ที่ต่ำกว่า เช่น เรื่องของ ระดับกำลังสัญญาณ Link Quality, Access control, Security ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 สถาปัตยกรรม Zigbee

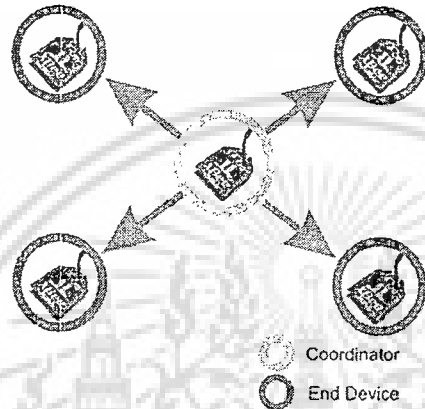
Zigbee เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน ทำหน้าที่เป็น อุปกรณ์รับ-ส่ง สัญญาณ แบบ แบบ Half Duplex ย่านความถี่ 2.4 Ghz มีการจัดการ โดยใช้พลังงานต่ำ มีการเชื่อมต่อที่ใช้ รับและส่งข้อมูลกับ Zigbee เป็น UART (TTL) ซึ่งสำหรับทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ จะนำพาที่ใช้ ติดต่อสื่อสาร UART ของ Zigbee ต่อเข้ากับ UART ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Zigbee ทางผู้ผลิตได้ จัดทำ firmware ที่จะโหลดเข้าไปในตัว Zigbee จึงสามารถป้อนค่าที่จำเป็นต่าง (set parameter) ผ่าน โปรแกรม X-CTU หรือ ผ่านทาง At command โดยใช้ Hyper terminal หรือ ผ่านทางการรับส่งข้อมูล ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้อย่างง่ายดาย โดยเมื่อ set Zigbee ให้ทำงานเป็นอุปกรณ์ในเครือข่าย Zigbee แล้ว จะเรียก Xbee แต่ละตัวว่าเป็น Node และสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงาน 3 แบบ คือ

1. Coordinator มีหน้าที่สร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงเครือข่าย ระหว่าง End Device กับ Router หรือ Coordinator กับ Coordinator ด้วยกัน หรือ Coordinator กับ Router กำหนด address ให้กับ device ที่อยู่ในวงเครือข่าย ไม่ให้ซ้ำกัน ดูแลจัดการเรื่องการ routing เส้นทาง
2. End Device เป็นอุปกรณ์ปลายทางสุด ซึ่งจะรับสัญญาณจาก Sensor ที่ปลายทาง โดยที่ใช้ พลังงานต่ำในการทำงาน บางกรณี ขึ้นอยู่กับ sensor ที่ใช้
3. Router มีหน้าที่ รับส่งข้อมูล ในเส้นทางต่าง ๆ ของเครือข่าย

ZigBee Topology

ในการสร้างโครงข่ายไร้สายของ ZigBee นั้น จะต้องประกอบด้วย Node อย่างน้อยที่สุด 2 ชนิด คือ Coordinator node และ Node ลูกข่าย ชนิดใดชนิดหนึ่ง (Router/End device) จึงจะสามารถสื่อสารและทำงานในรูปแบบของ PAN (Personal area network) ได้ โดย ZigBee สามารถแบ่งรูปแบบโครงข่ายได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

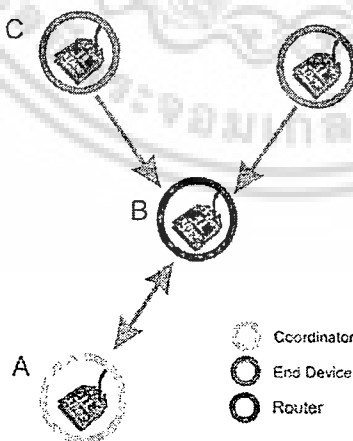
1) Star (Broadcast)



รูปที่ 6.3 Star

การเชื่อมต่อ แบบ Star หรือ แบบ Broadcast เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ ไม่เฉพาะเจาะจง จุดหมายปลายทาง หรือ ZigBee ทุกตัวที่อยู่ในระบบโครงข่ายเดียวกันสามารถ รับข้อมูลทุกข้อมูล ได้ทุกตัว

2) Cluster Tree (Tree)

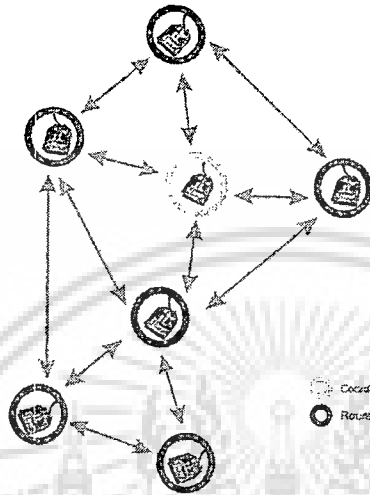


รูปที่ 6.4 Cluster Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการรับส่งข้อมูลแบบส่งผ่าน เช่น A ต้องการติดต่อกับ C แต่ C อยู่ไกลจาก A จน A ไม่สามารถติดต่อกับ C ได้ แต่พอดีมี B ที่อยู่ระหว่าง A กับ C ดังนั้น Cluster Tree จะใช้ B เป็นเหมือนตัวกลางเชื่อมการติดต่อ (Repeater) ระหว่าง A กับ C

3.Mesh

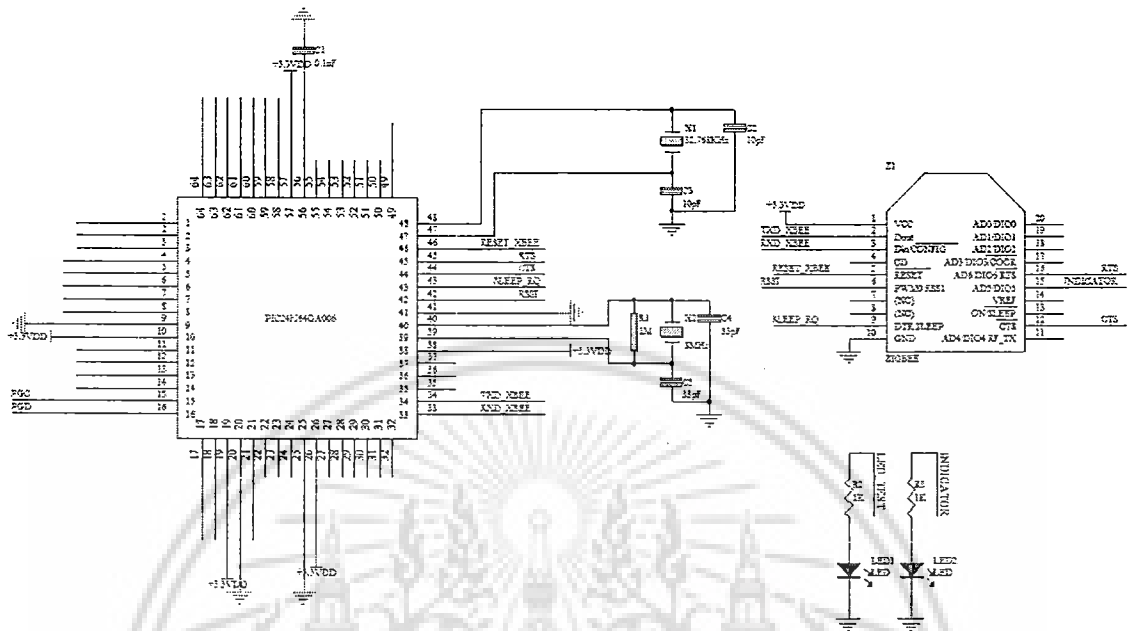


รูปที่ 6.5 Mesh

การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Mesh เป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจาก ข้อมูลสามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ ระบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้ แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตาม (ขึ้นอยู่กับ การออกแบบระบบของผู้ใช้ด้วย) ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์และ Zigbee สำหรับการส่งข้อมูลไปยัง Coordinator



รูปที่ 6.6 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์กับ Zigbee สำหรับการส่งข้อมูลไปยัง Coordinator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

PCA (Principal Component Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) เป็นวิธีการทางสถิติใช้สร้างเมตริกซ์ของความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) จากข้อมูลภาพ ถูกนำไปใช้ในการบีบอัดข้อมูลและการสร้างภาพใบหน้าไอเกน (Eigen Faces) เรานำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักมาใช้ลดขนาดข้อมูล ข้อมูลของนั้นอยู่ในรูปของเวกเตอร์ 1 มิติอยู่แล้ว นำเวกเตอร์ของทุกชุดข้อมูลมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ โดยเวกเตอร์ของชุดข้อมูลที่ 1 จะเป็นแถวที่ 1 ของเมตริกซ์ เวกเตอร์ของชุดข้อมูลที่ 2 จะเป็นแถวที่ 2 ของเมตริกซ์ จนถึง เวกเตอร์ของชุดข้อมูลที่ n จะเป็นแถวที่ n ของเมตริกซ์ ดังนั้นจะได้เมตริก A มีมิติเป็น I และ j โดยที่ I หมายถึงข้อมูลชุดที่ และ j หมายถึงมิติ สมการ 7.1 เมตริกซ์ A ที่ใช้ในการคำนวณสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบ

$$\begin{pmatrix} A_{11} & \dots & A_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} \quad m=w*h; \quad n=\text{number of vector} \quad (7.1)$$

หลังจากเตรียมข้อมูลเรียบร้อยแล้วสามารถคำนวณได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละหลัก

$$M_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{ij} \quad 1 \leq j \leq m \quad (7.2)$$

2. คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$C_{ij} = A_{ij} - M_j \quad 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m \quad (7.3)$$

3. สร้าง Covariance Matrix

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i C_i^T \quad (7.4)$$

4. หาค่า Eigen value

$$\lambda = SS^T \quad (7.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.คำนวณ Eigen Vector

$$e = \frac{CS}{\lambda} \quad \text{เมื่อ } C = [C_{ij}] \quad (7.6)$$

ตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ 2 มิติ (2D Principal Component Analysis)

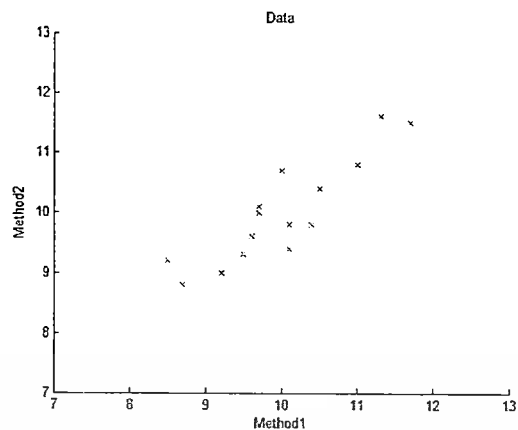
- เก็บข้อมูลที่ต้องการที่มีการเปลี่ยนแปลงตามสถิติในการทดลองแต่ละครั้ง เช่น ผลการทดลองจากการทดลอง 2 วิธี ได้ผลการทดลองในการทำแต่ละครั้งจากทั้งหมด 15 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ทดลอง	วิธีที่1	วิธีที่2
1	10	10.7
2	10.4	9.8
3	9.7	10
4	9.7	10.1
5	11.7	11.5
6	11	10.8
7	8.7	8.8
8	9.5	9.3
9	10.1	9.4
10	9.6	9.6
11	10.5	10.4
12	9.2	9
13	11.3	11.6
14	10.1	9.8
15	8.5	9.2

ตารางที่ 7.1 ตัวอย่างผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาพล็อตกราฟได้ดังนี้ เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของกลุ่มข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 7.1 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 วิธี

2. นำผลการทดลองที่ได้ มาลบด้วยค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีตามสมการหาค่าเฉลี่ย ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\bar{X} = \text{ค่าเฉลี่ยของวิธีที่ 1} = 10.0$$

$$\bar{Y} = \text{ค่าเฉลี่ยของวิธีที่ 2} = 10.0$$

ครั้งที่ทดลอง	$(X - \bar{X})$	$(Y - \bar{Y})$
1	0	0.7
2	0.4	-0.2
3	-0.3	0
4	-0.3	0.1
5	1.7	1.5
6	1	0.8
7	-1.3	-1.2
8	-0.5	-0.7
9	0.1	-0.6
10	-0.4	-0.4
11	0.5	0.4
12	-0.8	-1
13	1.3	1.6
14	0.1	-0.2
15	-1.5	-0.8

ตารางที่ 7.2 ผลต่างระหว่างผลการทดลองและค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.หาค่า Covarian Matrix

เนื่องจากข้อมูลมี 2 มิติดังนั้นจะมี Covariance Matrix จึงมีขนาด 2x2

$$C = \begin{pmatrix} \text{cov}(x, x) & \text{cov}(x, y) \\ \text{cov}(y, x) & \text{cov}(y, y) \end{pmatrix} \quad (7.5)$$

$$\text{var}(X) = \text{cov}(X, X) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(X_i - \bar{X})}{(n-1)} \quad (7.6)$$

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)} \quad (7.7)$$

X	Y	$(X_i - \bar{X})$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$
10	10.7	0	0.7	0
10.4	9.8	0.4	-0.2	-0.08
9.7	10	-0.3	0	0
9.7	10.1	-0.3	0.1	-0.03
11.7	11.5	1.7	1.5	2.55
11	10.8	1	0.8	0.8
8.7	8.8	-1.3	-1.2	1.56
9.5	9.3	-0.5	-0.7	0.35
10.1	9.4	0.1	-0.6	-0.06
9.6	9.6	-0.4	-0.4	0.16
10.5	10.4	0.5	0.4	0.2
9.2	9	-0.8	-1	0.8
11.3	11.6	1.3	1.6	2.08
10.1	9.8	0.1	-0.2	-0.02
8.5	9.2	-1.5	-0.8	1.2
Total				9.51
Average				0.679286

ตารางที่ 7.3 แสดงการหาค่า Covariant Matrix ตามสมการที่ 7.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$\text{cov}(X, X) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(X_i - \bar{X})}{(n-1)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}$$

$$\text{cov}(X, X) = \frac{0^2 + 0.4^2 + (-0.3)^2 + (-0.3)^2 + 1.7^2 + 1^2 + \dots + 1.3^2 + 0.1^2 + (-1.5)^2}{15-1}$$

$$\text{cov}(X, X) = 0.7986$$

เช่นเดียวกันกับ $\text{cov}(Y, Y)$

$$\text{cov}(Y, Y) = \frac{0.7^2 + (-0.2)^2 + 0^2 + 0.1^2 + 1.5^2 + 0.8^2 + \dots + 1.6^2 + (-0.2)^2 + (-0.8)^2}{15-1}$$

$$\text{cov}(Y, Y) = 0.7343$$

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)}$$

จะเห็นได้ว่า $(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$ สามารถใช้คุณสมบัติของการคูณสลับที่ได้ดังนั้น

$$\text{cov}(X, Y) = \text{cov}(Y, X)$$

$$\text{จากตารางจะได้ } \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n-1} = \frac{9.51}{15-1} = 0.679286$$

$$\text{จาก } C = \begin{pmatrix} \text{cov}(x, x) & \text{cov}(x, y) \\ \text{cov}(y, x) & \text{cov}(y, y) \end{pmatrix}$$

แทนค่าที่หาได้ลงในโควาเรียนเมทริกซ์

$$\text{cov} = \begin{pmatrix} 0.7986 & 0.6793 \\ 0.6793 & 0.7343 \end{pmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.หาค่า Eigen vector และ Eigen value จาก covariant matrix

$$\text{Eigen value} = \begin{pmatrix} 1.4465 \\ 0.086383 \end{pmatrix}$$

$$\text{Eigen vector} = \begin{pmatrix} -0.72362 & 0.69019 \\ -0.69019 & -0.72362 \end{pmatrix}$$

จาก Eigen Vector ที่ได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลดังนี้

$$\text{Eigen vector} = \begin{pmatrix} \cos\theta_{11} & \cos\theta_{12} \\ \cos\theta_{21} & \cos\theta_{22} \end{pmatrix} \quad (7.7)$$

ดังนั้น

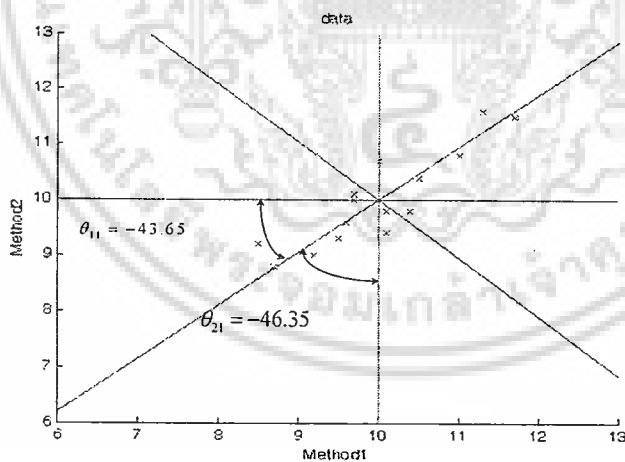
$$\cos\theta_{11} = -0.7236 \quad \cos\theta_{12} = 0.69019$$

$$\cos\theta_{21} = -0.69019 \quad \cos\theta_{22} = -0.72362$$

หามุม θ ที่ทำมุมกับแกนตั้งฉาก X และ Y ดังนี้

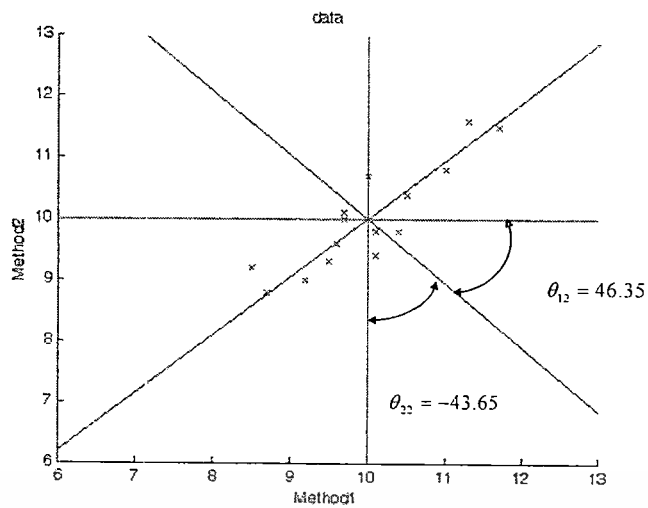
$$\theta_{11} = \cos^{-1} -0.72362 = -43.65^\circ \quad \theta_{12} = \cos^{-1} 0.69019 = 46.35^\circ$$

$$\theta_{21} = \cos^{-1} -0.69019 = -46.35^\circ \quad \theta_{22} = \cos^{-1} -0.72362 = -43.65^\circ$$



รูปที่ 7.2 ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ Eigen vector ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ Eigen vector ที่ 2

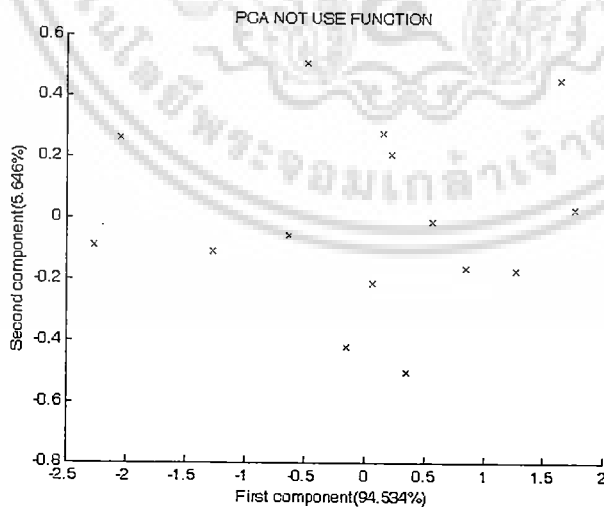
5. ทราบฟอร์มข้อมูลให้อยู่ในแกนส่วนประกอบของ Eigenvector ทั้งสองตามสมการซึ่งจะได้ดังนี้

$$Z_i = \left(\text{Eigen}' [\text{Mean}_{\text{method1}, \text{method2}}] \right)' \quad (7.8)$$

$$\text{Eigen vector} = \begin{pmatrix} -0.72362 & 0.69019 \\ -0.69019 & -0.72362 \end{pmatrix}$$

Transpose Eigen vector

$$\text{Eigen vector}' = \begin{pmatrix} -0.72362 & -0.69019 \\ 0.69019 & -0.72362 \end{pmatrix}$$



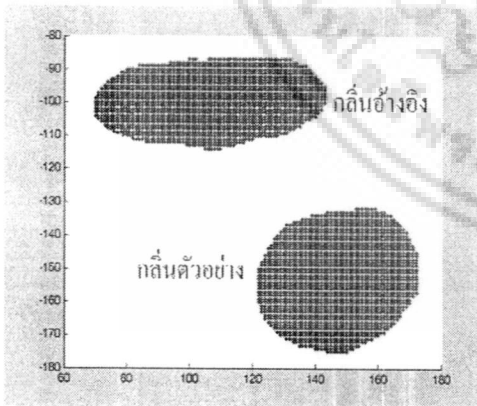
รูปที่ 7.4 ผลการทราบฟอร์มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

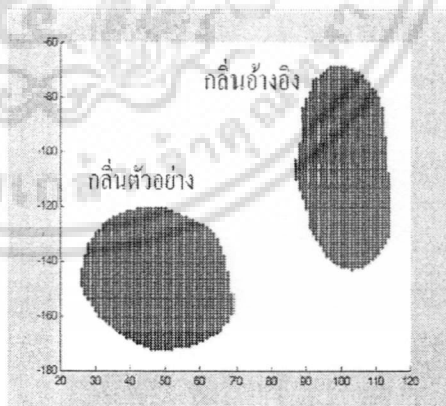
PCA และการจำแนกข้อมูล

โดยหลักการของจมูกอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ก๊าซเซนเซอร์อาร์เรย์ (Gas sensor array) แล้วจะต้องมีการเก็บข้อมูลของเซนเซอร์จากหัววัดก๊าซชนิดต่างๆแล้วนำมาเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในครั้งต่อไป สำหรับในระบบปิดนั้นก๊าซที่เข้าผ่านเซนเซอร์แต่ละชนิดสามารถกำหนดได้ว่าจะใช้ก๊าซตัวไหนตัวอ้างอิง ดังนั้นจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความใกล้เคียงหรือเหมือนกัน ทั้งนี้แล้วการที่จะให้การวัดกลิ่นหรือข้อมูลของแต่ละเครื่องให้ตรงกันนั้นจะต้องมีการปรับเทียบระหว่างก๊าซอ้างอิงและกลิ่นมาตรฐานเพื่อให้ได้คุณสมบัติของเครื่องที่ตรงกัน ในบทนี้จะศึกษาการนำข้อมูลของกลิ่นที่ปรับเทียบได้ในแต่ละเครื่องมาเปรียบเทียบข้อมูลกัน แต่เนื่องจากจมูกอิเล็กทรอนิกส์ใช้เซนเซอร์แบบเมทัลออกไซด์ (Metal oxide) อาจจะได้ค่าความไวในการวัดที่ใกล้เคียงกันหากต้องการให้ค่าที่วัดออกมาได้ในแต่ละเครื่องของจมูกอิเล็กทรอนิกส์มาทำการปรับเทียบและเก็บคุณสมบัติของการปรับเทียบนั้นเอาไว้ เพื่อนำข้อมูลนั้นมารวมในการวิเคราะห์ผลของกลิ่นที่เข้ามาวัด

สำหรับบทนี้จะนำเสนอการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆที่ได้มาจากแต่ละแหล่งข้อมูลที่เก็บคุณสมบัติของแต่ละชุดแล้วทำการพิสูจน์ความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม โดยจะทำการจำลองข้อมูล 2 มิติของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสัมพันธ์กัน จะเห็นได้ว่ากลุ่มของข้อมูลทั้งสี่ชุดนั้นมีค่าที่ต่างกันเพราะค่าที่ได้มานั้นมาจากชุดข้อมูลจากแต่ละจุด

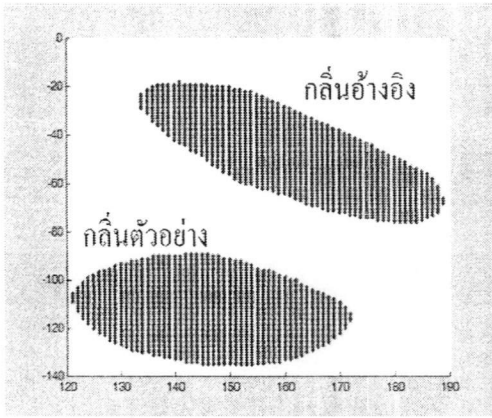


รูปที่ 8.1 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ 1

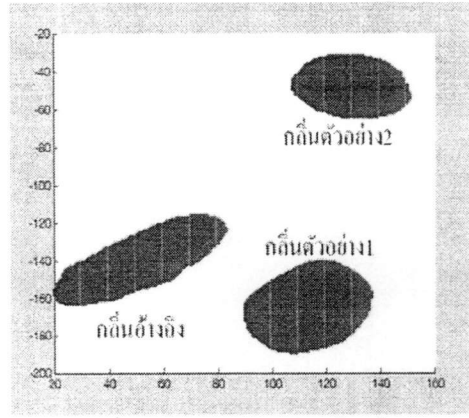


รูปที่ 8.2 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

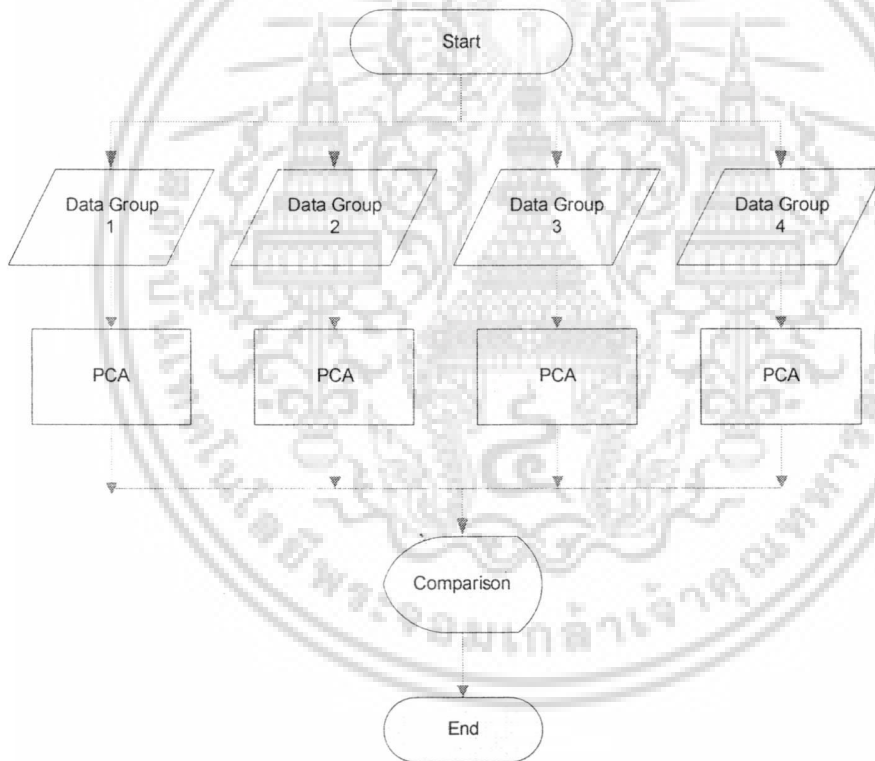


รูปที่ 8.3 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่มี



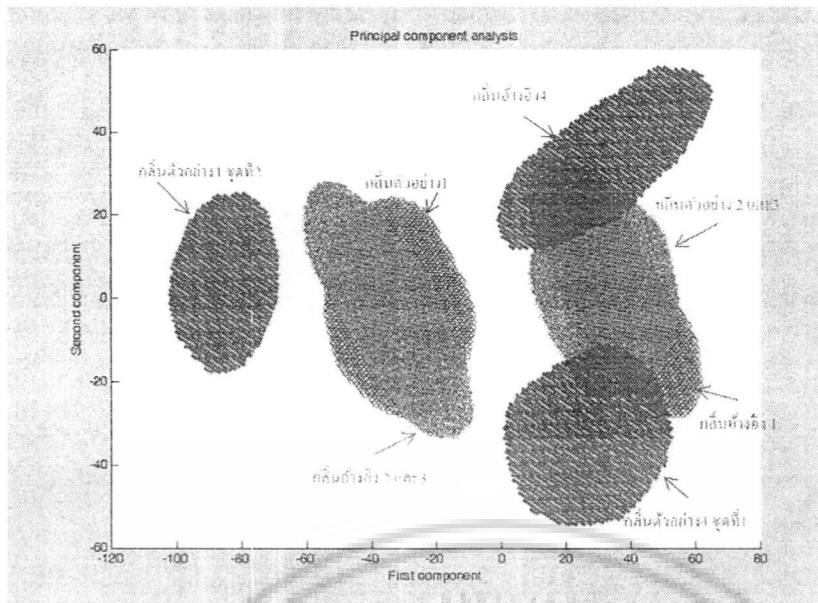
รูปที่ 8.4 กลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่มี

จากการนำข้อมูลแต่ละชุดมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ PCA (Principal Component Analysis) ของแต่ละกลุ่มแล้วนั้นจะไม่สามารถทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละกลุ่มได้ดังรูป 8.6



รูปที่ 8.5 ไตอะแกรมการวิเคราะห์โดยใช้ PCA (Principal Component Analysis) ของแต่ละกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

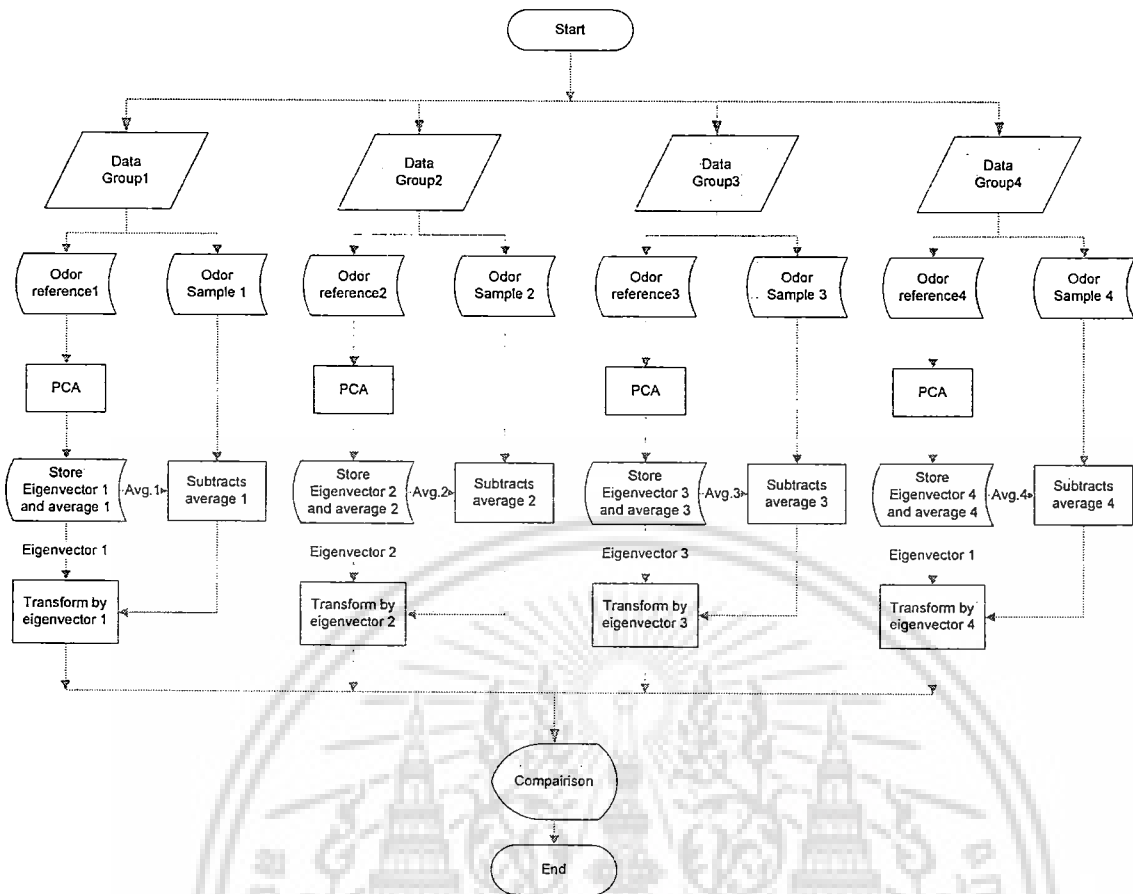


รูปที่ 8.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติความสัมพันธ์ของข้อมูล

จากการวิเคราะห์โดยใช้ PCA ในรูปที่ 8.6 จะเห็นการกระจายตัวของข้อมูลในแต่ละกลุ่มจะเห็นได้ว่าสามารถที่จะเปรียบเทียบข้อมูลได้สำหรับ กลุ่มข้อมูลที่ 2 และกลุ่มข้อมูลที่ 3 จะเห็นได้ว่า กลิ้งอ้างอิงที่ 2 และกลิ้งอ้างอิงที่ 3 นั้นมีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ซ้อนกันอยู่แล้วจึงทำให้สรุปได้ว่าทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เหมือนกัน สำหรับกลิ้งตัวอย่างที่ 1 และกลิ้งตัวอย่างที่ 4 นั้นจะไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้เนื่องจากกลิ้งอ้างอิงไม่ได้ซ้อนทับกันกลุ่มของข้อมูลอันกลุ่มอื่นๆเลย แต่สังเกตเห็นได้ว่าระยะห่างของข้อมูลจากกลิ้งอ้างอิงของ กลิ้งอ้างอิง 1 และกลิ้งตัวอย่าง 1 นั้น มีระยะห่างเท่ากับ กลิ้งอ้างอิง 2,3 และกลิ้งตัวอย่าง 2,3 เพียงแต่มีการสลับข้อมูลของกลุ่ม จึงอาจทำให้คาดคะเนได้ว่ากลิ้งอ้างอิง 4 และกลิ้งตัวอย่าง 4 ชุดที่ 1 นั้นอาจมีระยะห่างเท่ากับกลิ้งอ้างอิง 2,3 และกลิ้งตัวอย่าง 2,3 เช่นกัน แต่เนื่องจาก Eigenvector มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาถ้าจำนวนข้อมูลมีเพิ่มขึ้นดังนั้นจึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้

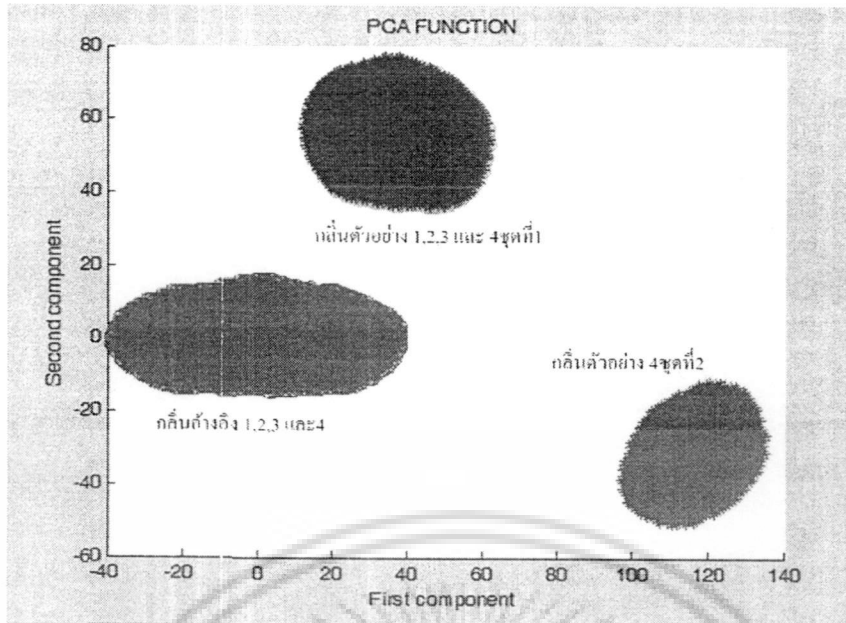
จากกลุ่มข้อมูลทั้ง 4 ชุด หากต้องการเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้อมูลทั้ง 4 ชุดว่ามีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่สอดคล้องกันหรือไม่นั้น จากรูปที่ 8.6 บอกได้ว่าถ้าทำการกำหนดค่าของ Eigenvector ของข้อมูลกลิ้งอ้างอิงสำหรับข้อมูลในแต่ละชุดให้มีค่าคงที่แล้วนั้น จะทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้นได้ทำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.7 การกำหนดค่าของ Eigenvector ของข้อมูลกลิ่นอ้างอิงสำหรับข้อมูลในแต่ละชุดให้มีค่าคงที่

จากรูปที่ 8.7 เป็นการนำข้อมูลในแต่ละกลุ่มมาทำการวิเคราะห์หาความสอดคล้องของข้อมูลในแต่ละกลุ่มของข้อมูลนั้นมีกระบวนการทำที่เหมือนกันคือ ขั้นตอนแรกจะนำข้อมูลมาทำการแยกแยะหว่างกลิ่นอ้างอิง และกลิ่นตัวอย่างออกจากกัน จากนั้นคำนวณหาความสัมพันธ์ของกลุ่มของข้อมูลของกลิ่นอ้างอิง แล้วทำการเก็บค่าเฉลี่ย (Average) และ ไอเกนเวคเตอร์ (Eigenvector) ของแต่ละกลุ่มเอาไว้แล้วนำข้อมูลของกลิ่นตัวอย่างที่ได้แยกเก็บไว้ในขั้นต้นมาทำการแปลงค่าโดยนำข้อมูลที่ได้ออกมาลบกับค่าเฉลี่ยแล้วนำมาแปลงค่าโดย Eigenvector ที่ได้มา ตามสมการของ Principal Component Analysis หลังจากทำการกระบวนการนี้แล้วจะทำให้ได้ค่าที่ถูกแปลง (Transform) และได้ข้อมูลที่อยู่ในแกนของไอเกนเวคเตอร์ที่ได้จากความสัมพันธ์ของกลิ่นอ้างอิงในแต่ละกลุ่มข้อมูล ซึ่งจะได้ทิศทางของข้อมูลที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ดังรูปที่ 8.8



รูปที่ 8.8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละชุด

จากรูปที่ 8.8 หากเราใช้ความสัมพันธ์ของ กลั่นอ้างอิงแล้วเราสามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ โดยความสัมพันธ์ของกลั่นอ้างอิงกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เป็นตัวกำหนดทิศทางของไอแกนเวกเตอร์ของกลุ่มของข้อมูลกลั่นตัวอย่างชุดที่ 1, 2, 3 และกลุ่มตัวอย่าง 4 ชุด 1 และกลุ่มตัวอย่าง 4 ชุด 2 จะเห็นได้ว่ากลั่นตัวอย่าง 1, 2, 3 และกลั่นตัวอย่าง 4 ชุด 1 มีความสัมพันธ์กัน

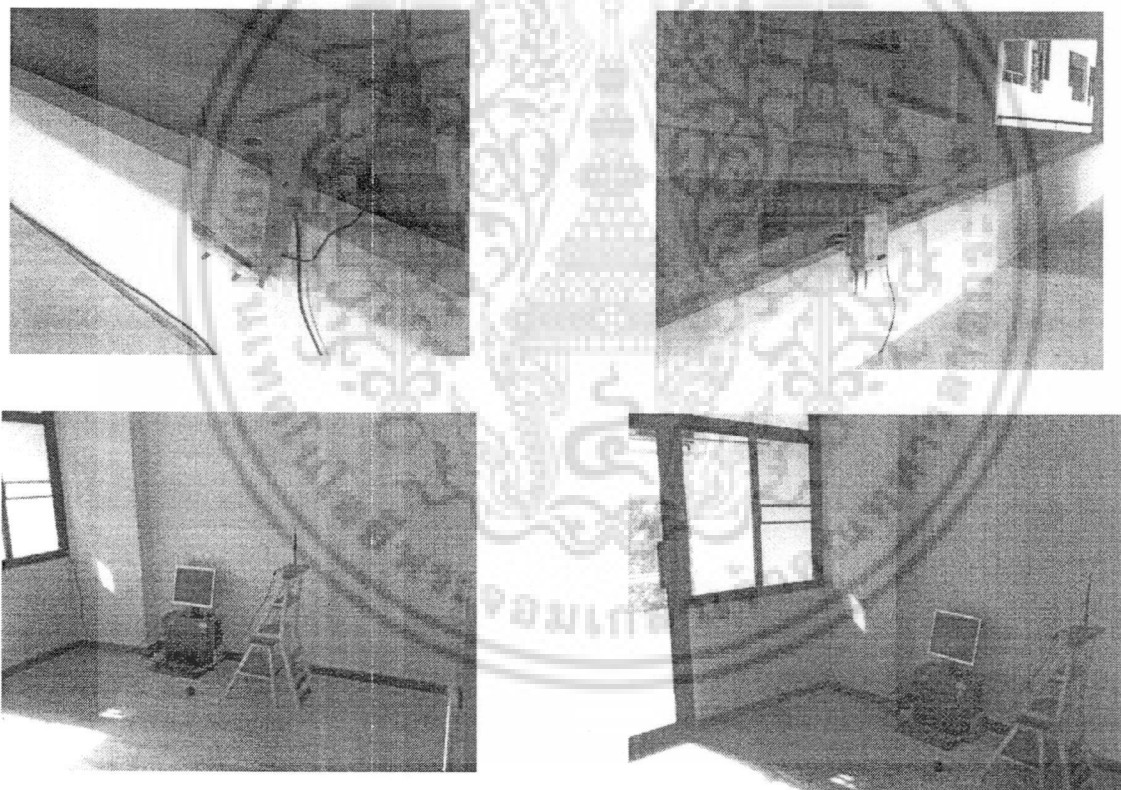
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

การวัดและทดสอบ

การวิเคราะห์อากาศ ณ อาคารสวางคนิเวศ

เนื่องจาก ศูนย์ฟื้นฟูคนชราสวางคนิเวศ ได้ทำการร้องเรียนเกี่ยวกับมลภาวะทางอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัย และได้ร้องเรียนมาที่ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยมีโรงงาน 5 โรงงานที่อาจจะเป็นต้นเหตุของมลภาวะทางอากาศ ดังนั้นจึงได้นำจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (E-Nose) ไปทำการทดสอบเก็บข้อมูลของอากาศที่สวางคนิเวศ และ โรงงานทั้ง 5 และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบและหาแหล่งกำเนิดกลิ่น โดยได้ไปวิเคราะห์อากาศ ณ อาคารสวางคนิเวศและ โรงงานทั้ง 5 โดยใช้ Wireless electronic nose ระหว่างวันที่ 13 – 31 กรกฎาคม 2553



รูปที่ 9.1 การติดตั้งและการเก็บข้อมูล ณ อาคารสวางคนิเวศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

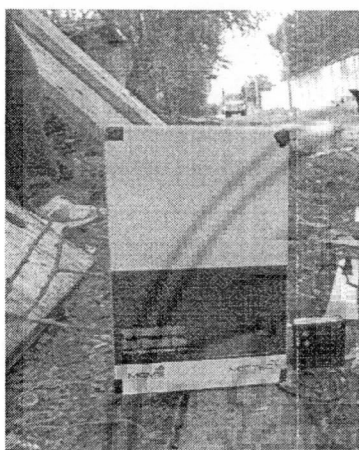
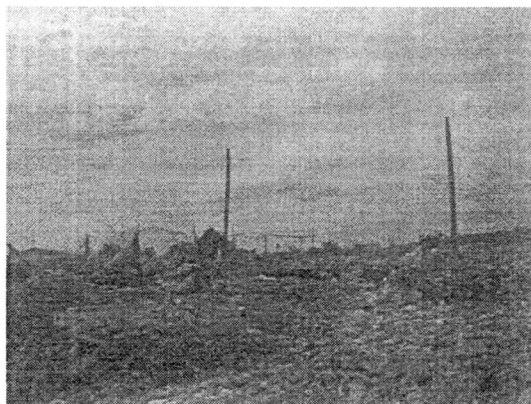
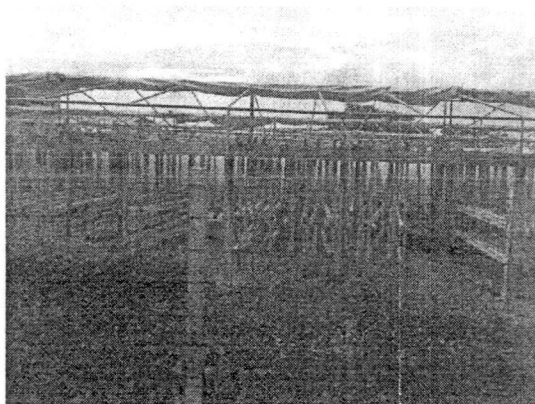
9.1 การดำเนินการ

สำหรับการวิเคราะห์อากาศนั้นจะใช้ จมูกอิเล็กทรอนิกส์ 2 ตัวโดยตัวที่ 1 ใช้ติดตั้งที่อาคารสวางคนิเวช แล้วส่งข้อมูลผ่านเน็ตเวิร์กไร้สาย (X-bee wires network sensor) เพื่อเก็บข้อมูลไว้ที่ Coordinator เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับตัวที่ 2 จะนำไปวัดในจุดที่สงสัยที่กลิ่นจะเข้ามาในตัวอาคาร

1. การเก็บข้อมูลที่ตัวอาคารสวางคนิเวช การเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งนั้นจะใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 30 นาที (1800 วินาที) จะได้ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ 3 จุดต่อการวัด 1 ครั้ง ดังนั้นเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ไร้สายจะทำการวัดทุกๆ 1 ชั่วโมง ในหนึ่งวันจะทำให้ได้ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ทั้งหมด 72 ค่า
2. การเก็บข้อมูล ณ จุดที่สงสัยได้แก่ บริเวณ โรงงานฟอกหนังระหว่างซอย 11 และซอย 12, พื้นที่ใช้สำหรับตากหนังสัตว์, บริเวณหน้าโรงงานกระดุกสัตว์, พื้นที่ทิ้งขยะเก่าและโรงงานขนไก่ CP และจุด โรงงานขนไก่และบ่อบำบัดน้ำเสีย ในการวัดมีการไปเก็บข้อมูล 3 ครั้ง (วันที่ 23 กรกฎาคม 2553 วันที่ 30 กรกฎาคม 2553 และวันที่ 25 สิงหาคม 2553) ในการวัดแต่ละจุดจะใช้เวลาในการวัดจุดละ 30 นาที (1800 วินาที) เพื่อนำข้อมูลที่วัดได้ในแต่ละจุดมาเปรียบเทียบกับข้อมูล ณ สวางคนิเวช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



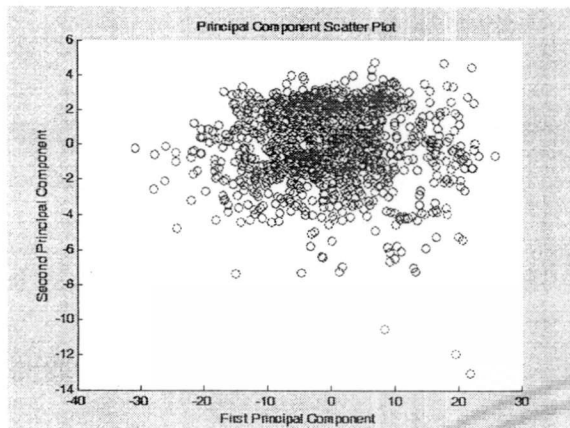
รูปที่ 9.2 การวัด ณ จุดที่สงสัยในแต่ละจุด

9.2 วิธีการวิเคราะห์ผลมีดังนี้

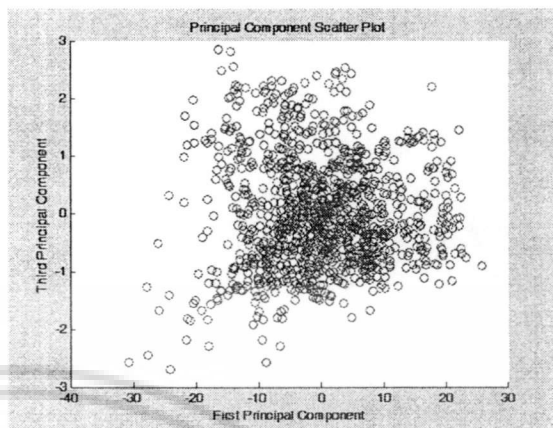
1. ในขั้นตอนการวิเคราะห์ดำเนินการจะเห็นได้ว่ามีการใช้เครื่องจุ่มกอลิเล็กทรอนิกส์ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 2 เครื่อง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแต่ง (calibration) เครื่องจุ่มกอลิเล็กทรอนิกส์ให้มีคุณสมบัติการวัดที่ตรงกัน โดยนำไปวัดและเปรียบเทียบกับอากาศบริสุทธิ์ (Air zero)
 2. ทำการวิเคราะห์กลุ่มอากาศที่ได้จากการวัด ณ อาคารสว่างคณิเวช โดยเปรียบเทียบกับอากาศบริสุทธิ์ (Air zero)
 3. ทำการวิเคราะห์กลุ่มของข้อมูลที่นำไปทำการวัดและเก็บตัวอย่างที่สงสัยที่กลั่นจะส่งไปถึงทั้ง 5 จุด
 4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอากาศที่ได้จากการวิเคราะห์ตามข้อ 2 และข้อ 3 โดยวิเคราะห์ตามช่วงเวลาตามระยะเวลาทั้งหมดที่ได้ไปเก็บข้อมูล ณ อาคารสว่างคณิเวช
1. ในขั้นตอนการวิเคราะห์ดำเนินการจะเห็นได้ว่ามีการใช้เครื่องจุ่มกอลิเล็กทรอนิกส์ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 2 เครื่อง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแต่ง (calibration) เครื่องจุ่มกอลิเล็กทรอนิกส์ให้มีคุณสมบัติการวัดที่ตรงกัน โดยนำไปวัดและเปรียบเทียบกับอากาศบริสุทธิ์ (Air zero)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

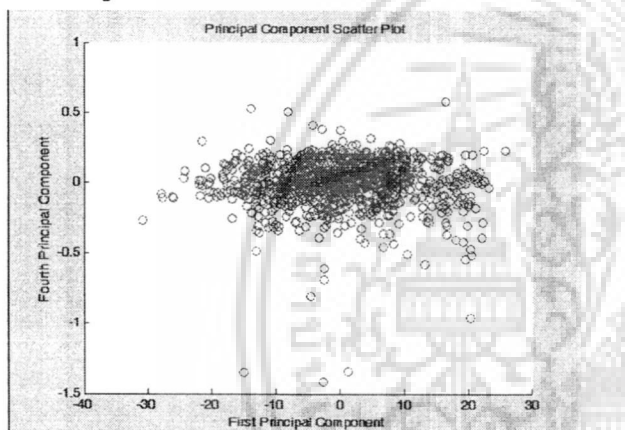
2. ทำการวิเคราะห์หลักกลุ่มอากาศที่ได้จากการวัด ณ อาคารสว่างคนิเวช โดยเปรียบเทียบกับอากาศบริสุทธิ์ (Air zero)



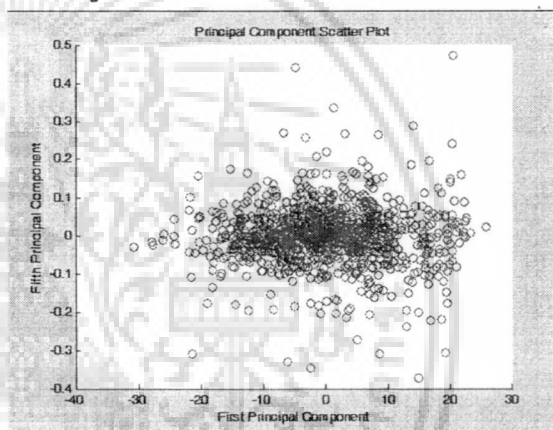
รูปที่ 9.3.1 PCA Plot PC1 and PC2



รูปที่ 9.3.2 PCA Plot PC1 and PC3



รูปที่ 9.3.3 PCA Plot PC1 and PC4

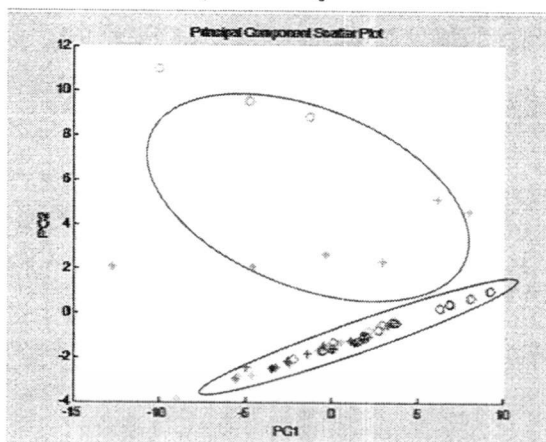


รูปที่ 9.3.4 PCA Plot PC1 and PC5

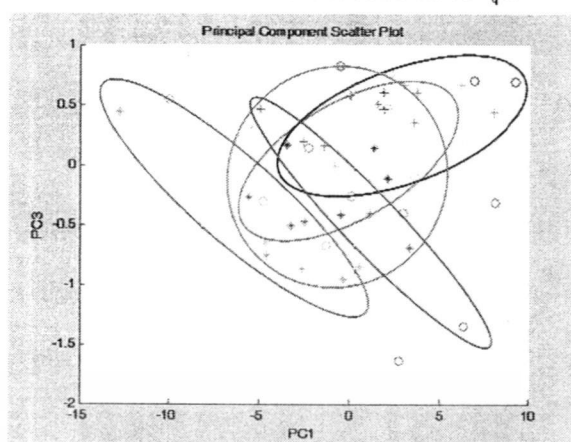
รูปที่ 9.3 อากาศที่ได้จากการวัด ณ อาคารสว่างคนิเวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

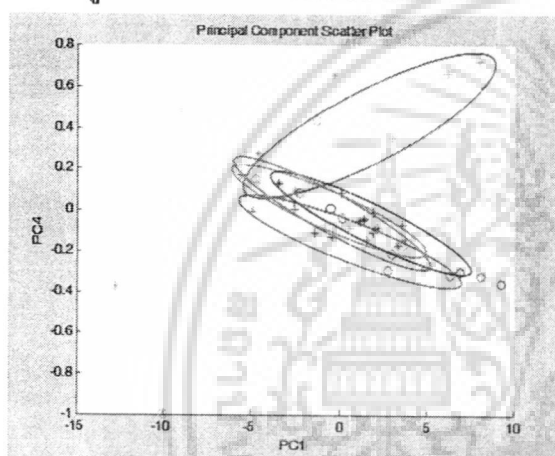
3. ทำการวิเคราะห์หากลุ่มของข้อมูลที่ได้ไปทำการวัดและเก็บตัวอย่างที่สงสัยที่กลั่นจะส่งไปถึงทั้ง 5 จุด



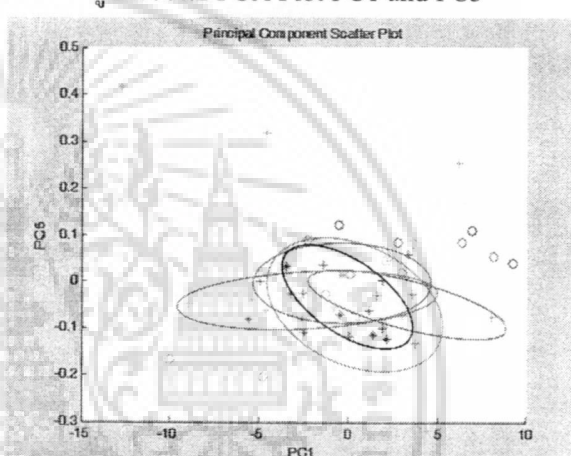
รูปที่ 9.4.1 PCA Plot PC1 and PC2



รูปที่ 9.4.2 PCA Plot PC1 and PC3



รูปที่ 9.4.3 PCA Plot PC1 and PC4



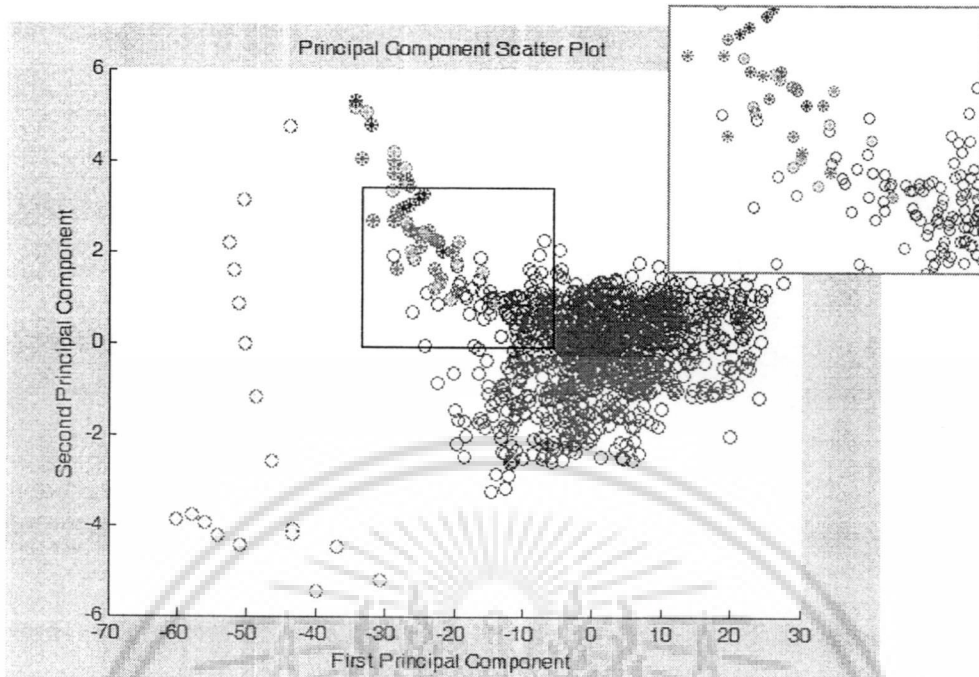
รูปที่ 9.4.4 PCA Plot PC1 and PC5

รูปที่ 9.4 อากาศที่ได้จากการวัด ณ จุดที่สงสัย 5 จุด

- | | | | |
|---|--|---|--|
| + | วันที่ 1 ระหว่าง ช.11-ช.12 | + | วันที่ 2 ช้างโรงงานกระดุก |
| * | วันที่ 1 ดากหน้ | + | วันที่ 2 ช้างโรงงานCPและบ่อขยะ |
| + | วันที่ 1 ช้างโรงงานกระดุก | + | วันที่ 2 ช้างโรงงานขนไก่และบ่อบำบัดน้ำ |
| * | วันที่ 1 ช้างโรงงานCPและบ่อขยะ | ○ | วันที่ 3 ระหว่าง ช.11-ช.12 |
| * | วันที่ 1 ช้างโรงงานขนไก่และบ่อบำบัดน้ำ | ○ | วันที่ 3 ดากหน้ |
| + | วันที่ 2 ระหว่าง ช.11-ช.12 | ○ | วันที่ 3 ช้างโรงงานกระดุก |
| + | วันที่ 2 ดากหน้ | ○ | วันที่ 3 ช้างโรงงานCPและบ่อขยะ |
| ○ | วันที่ 3 ช้างโรงงานขนไก่และบ่อบำบัดน้ำ | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

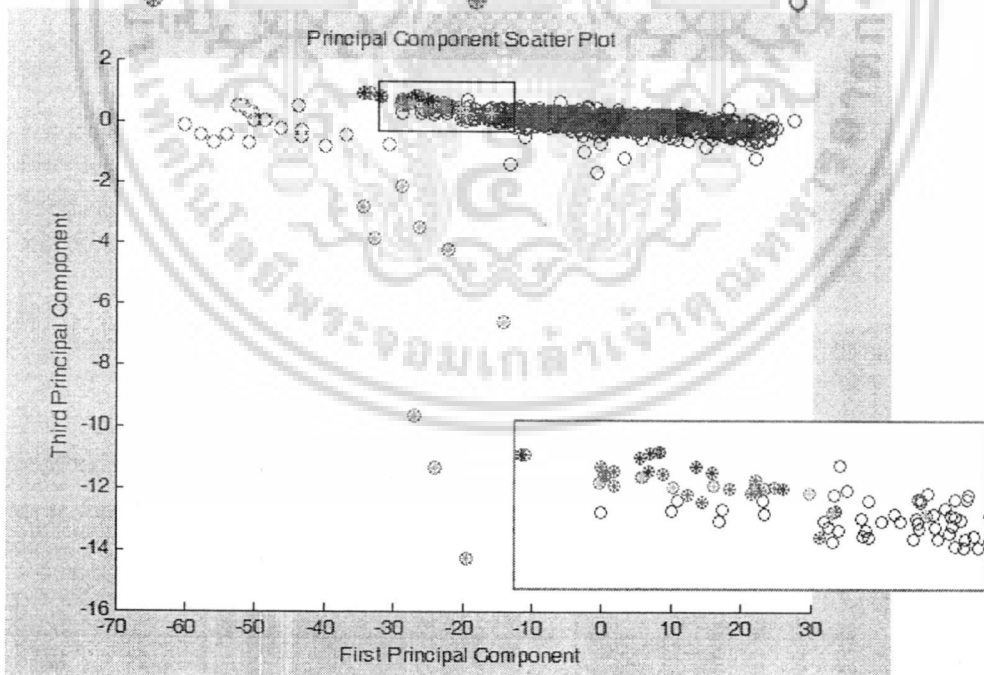
4. ผลการวิเคราะห์อากาศระหว่างอาคารสว่างคณิเวช และ อาคารตัวอย่างที่สงสัย 5 จุด



รูปที่ 9.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1-PC2

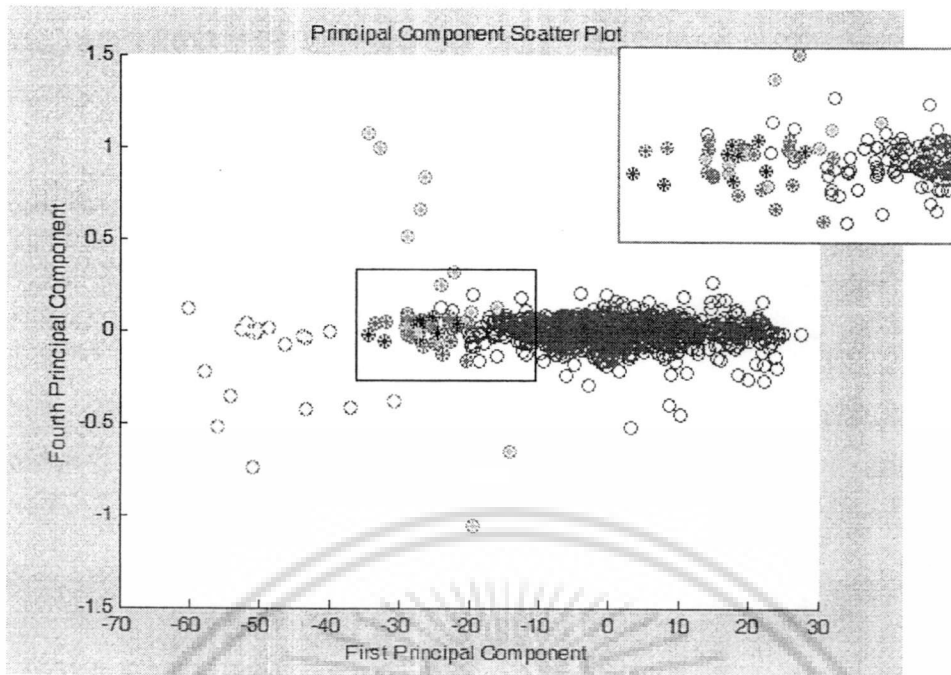
○ Air Zero

โรงเรียนพอกหนัง โรงเรียนกระตุก ขนไก่และบ่อบำบัด
ตากหนัง กองขยะและCP อาคาร สว่าง คณิเวช



รูปที่ 9.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1-PC3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PCI-PC4

○ Air Zero

● โรงงานฟอกหนัง

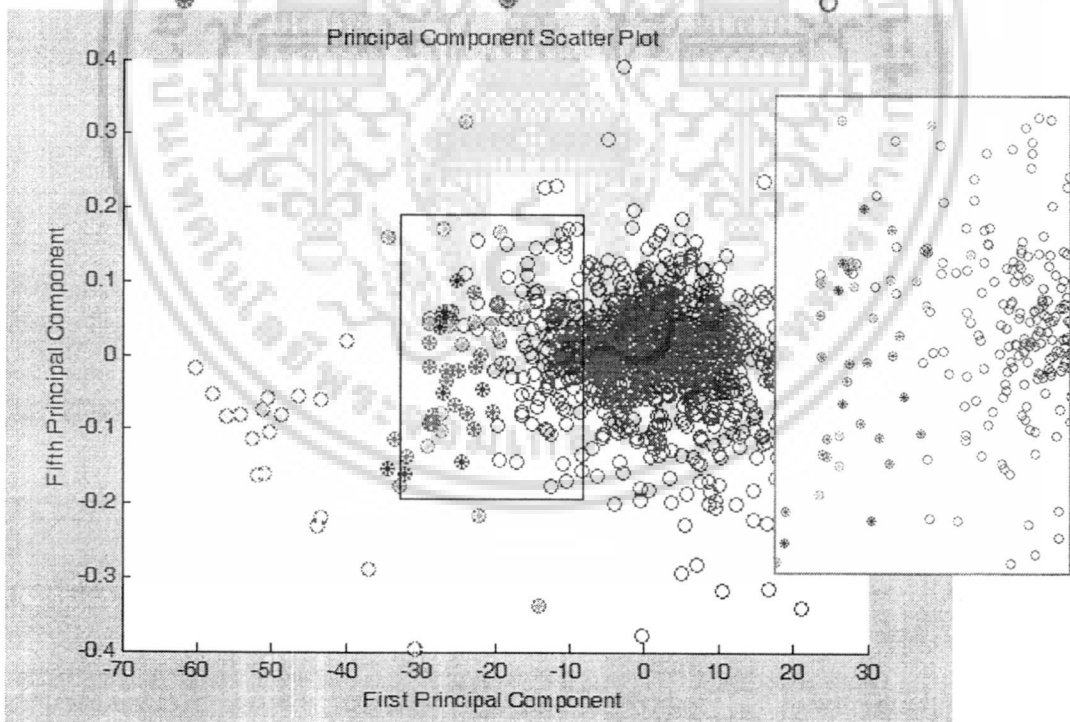
● โรงงานกระดาษ

● ขนไก่และบ่อบำบัด

● ตากหนัง

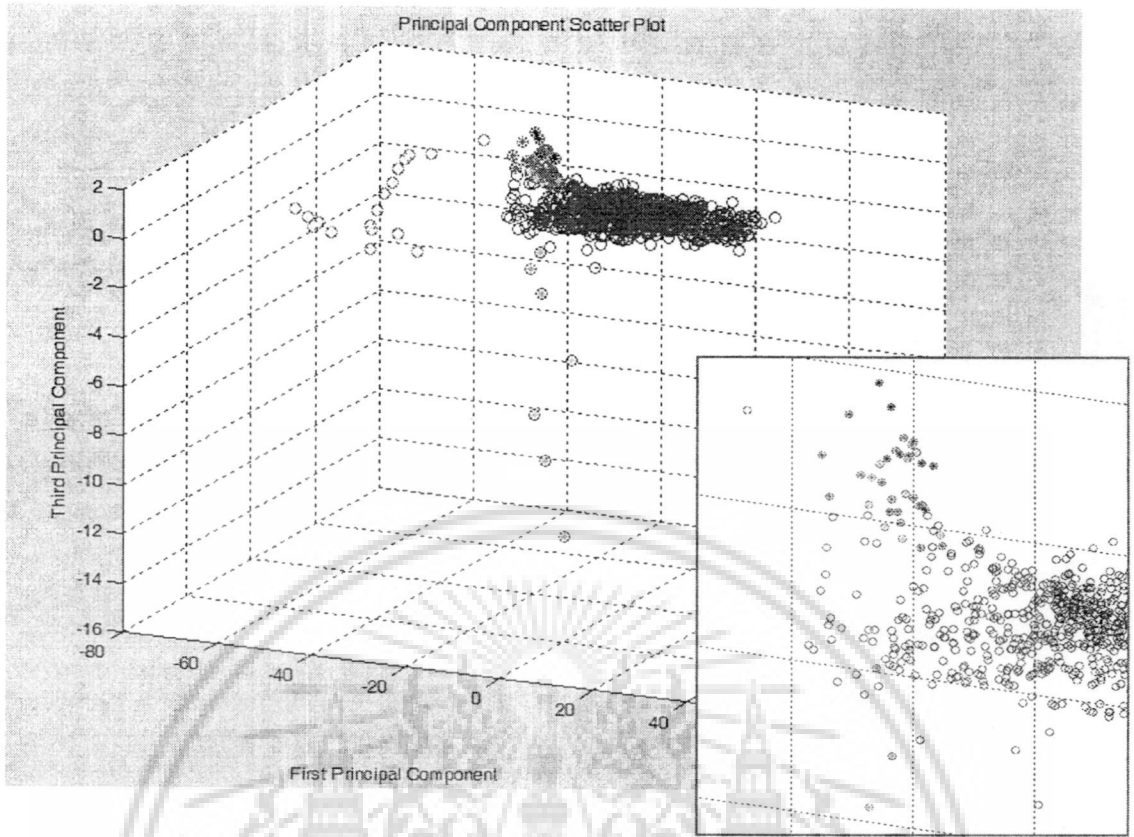
● กองขยะและCP

● อาคาร สว่าง คมិเวช



รูปที่ 9.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PCI-PC5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์อากาศ PC1 PC2 และ PC3

○ Air Zero

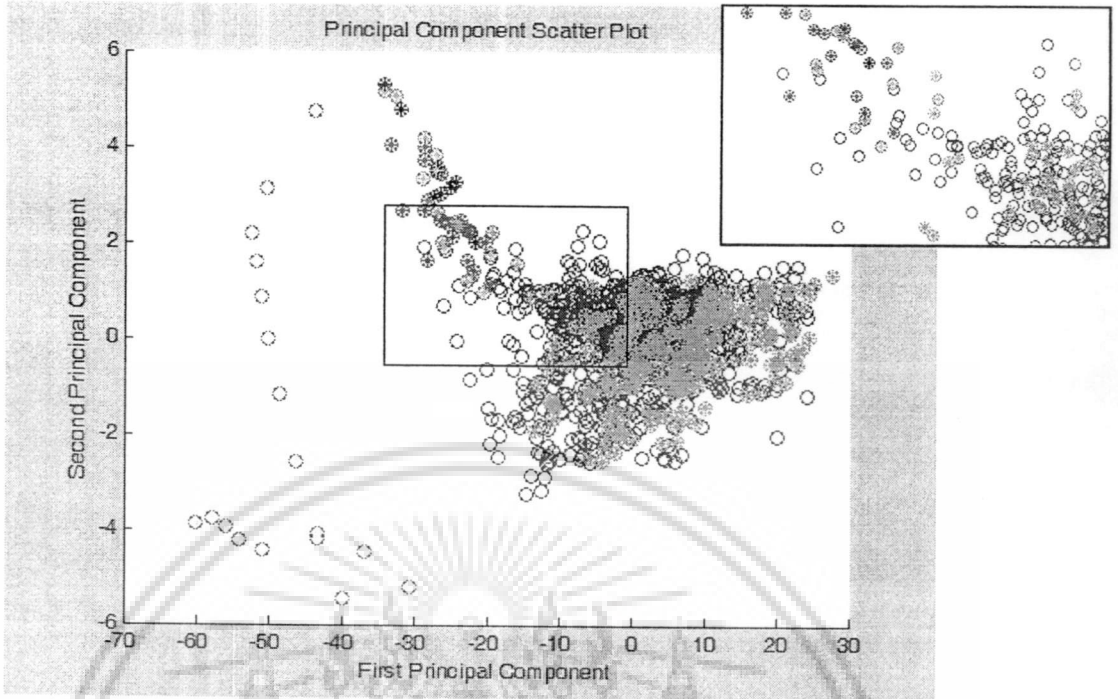
● โรงงานฟอกหนัง
ตากหนัง

● โรงงานกระดาษ
กองขยะและCP

* ชนไก่และบ่อน้ำบาด
อาคาร สว่าง คณิเวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิเคราะห์ตามช่วงเวลาตามระยะเวลาทั้งหมดที่ได้ไปเก็บข้อมูล ณ อาคารสว่างคณิเวช



รูปที่ 9.10 PC1-PC2 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.

○ Air Zero

● ข้อมูลตามช่วงเวลา

โรงงานฟอกหนัง

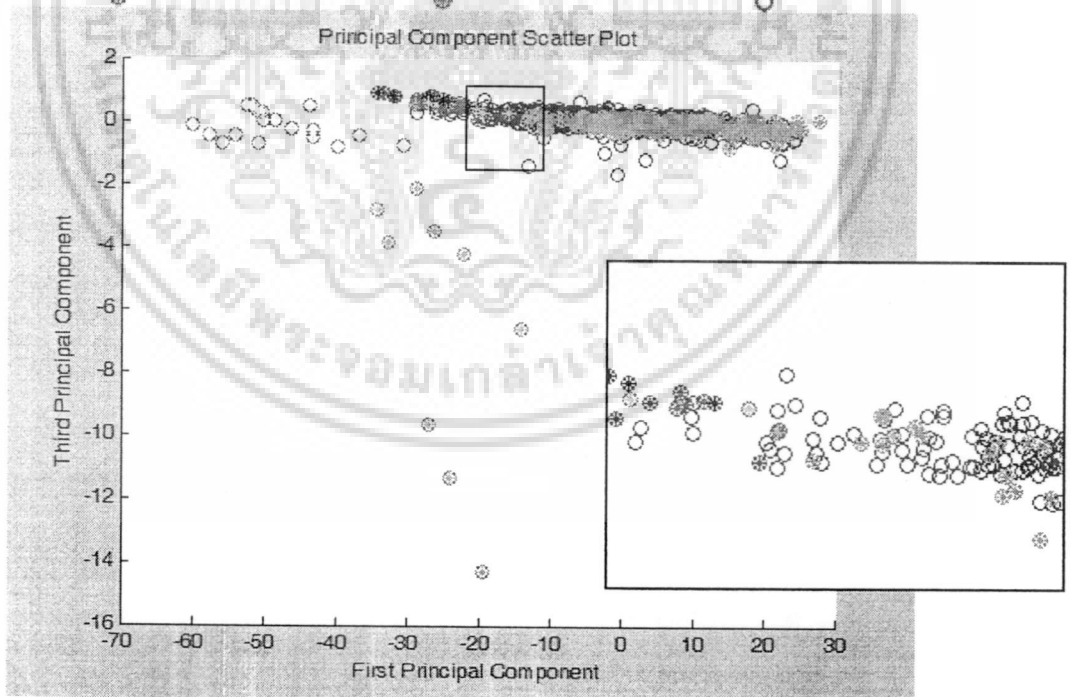
โรงงานกระดุก

ชนไก่และบ่อบำบัด

ตากหนัง

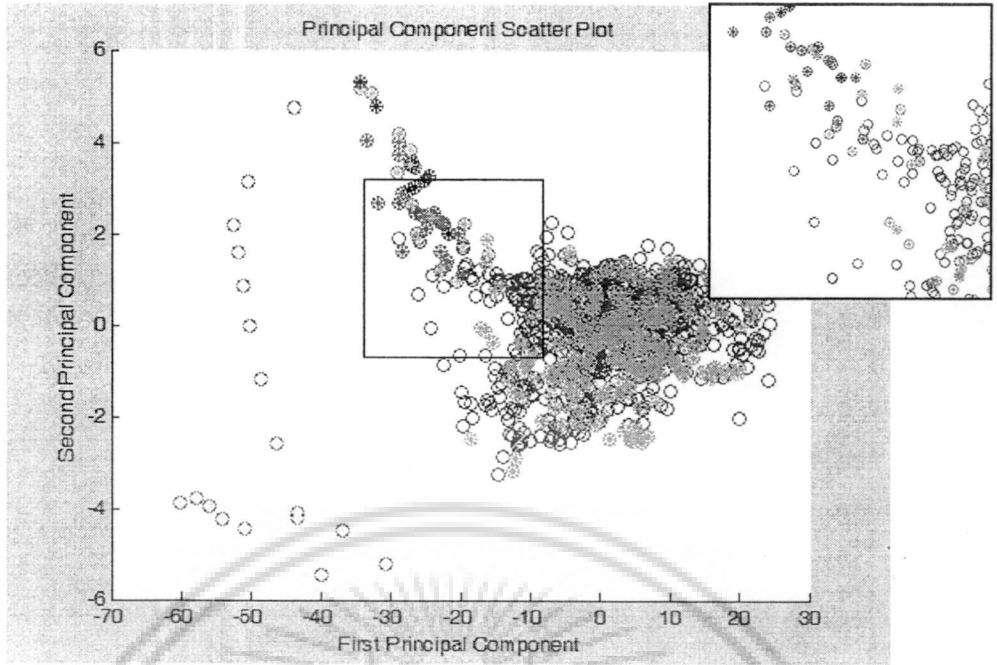
กองขยะและCP

อาคาร สว่าง คณิเวช



รูปที่ 9.11 PC1-PC3 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.14 PC1-PC2 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.

○ Air Zero

● ข้อมูลตามช่วงเวลา

โรงงานฟอกหนัง

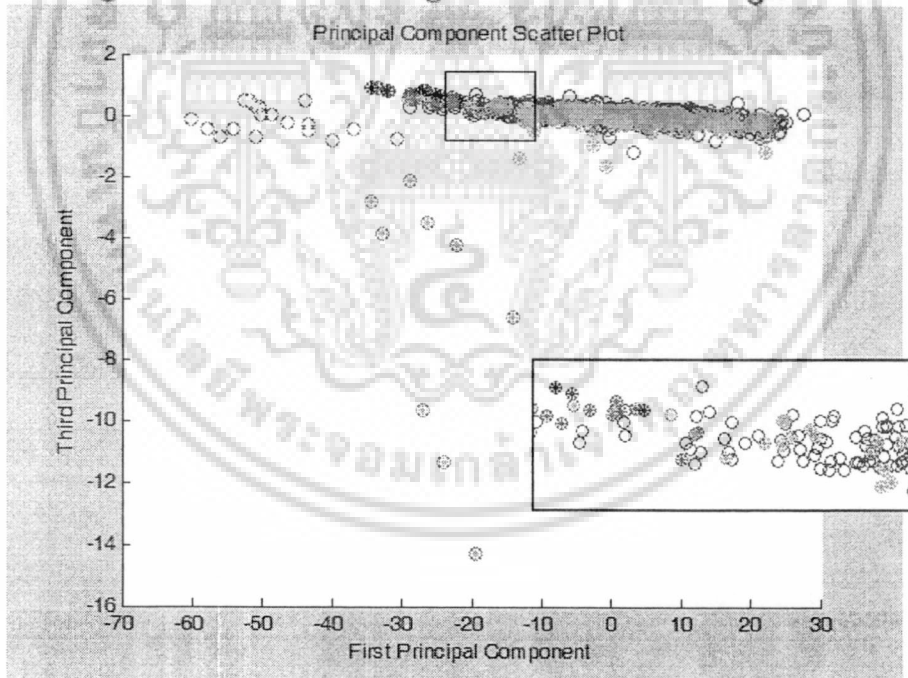
โรงงานกระดุก

ชนไก่และบ่อน้ำบาด

ตากหนัง

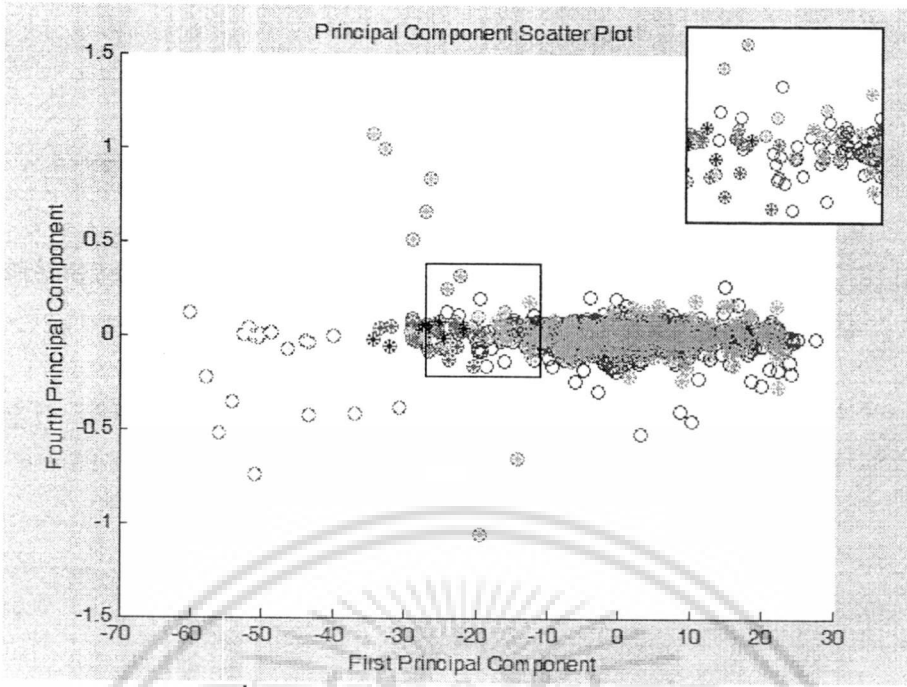
กองขยะและCP

อาคาร สว่าง คณิเวช



รูปที่ 9.15 PC1-PC3 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.16 PC1-PC4 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.

○ Air Zero

● ข้อมูลตามช่วงเวลา

โรงงานฟอกหนัง

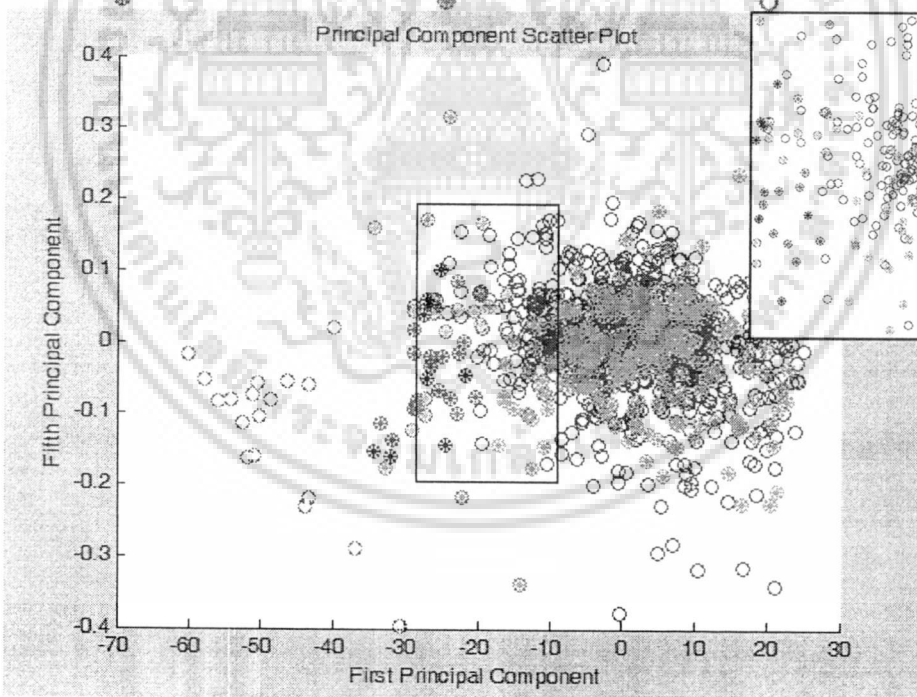
โรงงานกระดาษ

ชนไก่และบ่อบำบัด

ตากหนัง

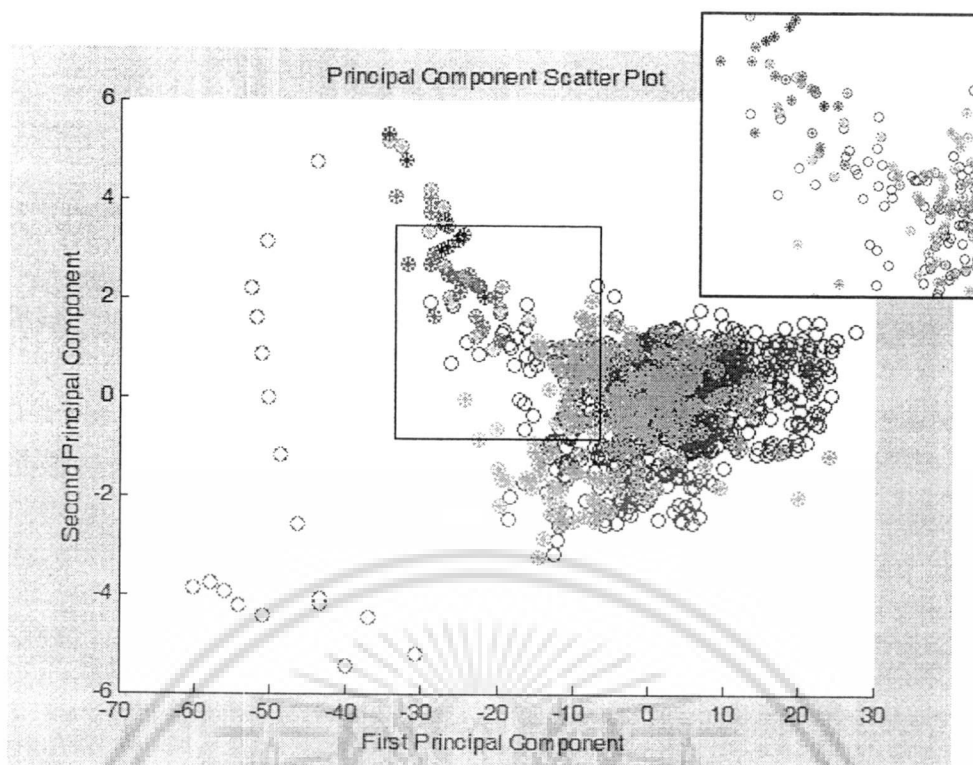
กองขยะและCP

อาคาร สว่าง คมิเวช



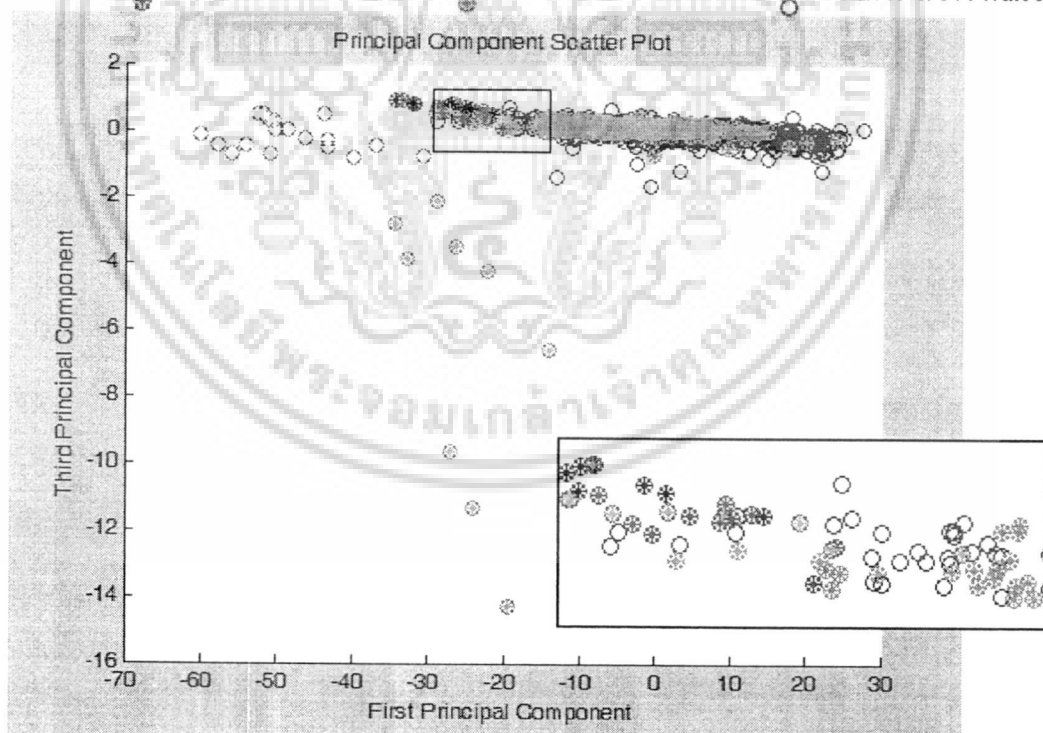
รูปที่ 9.17 PC1-PC5 ช่วงเวลา 6.00น.-12.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



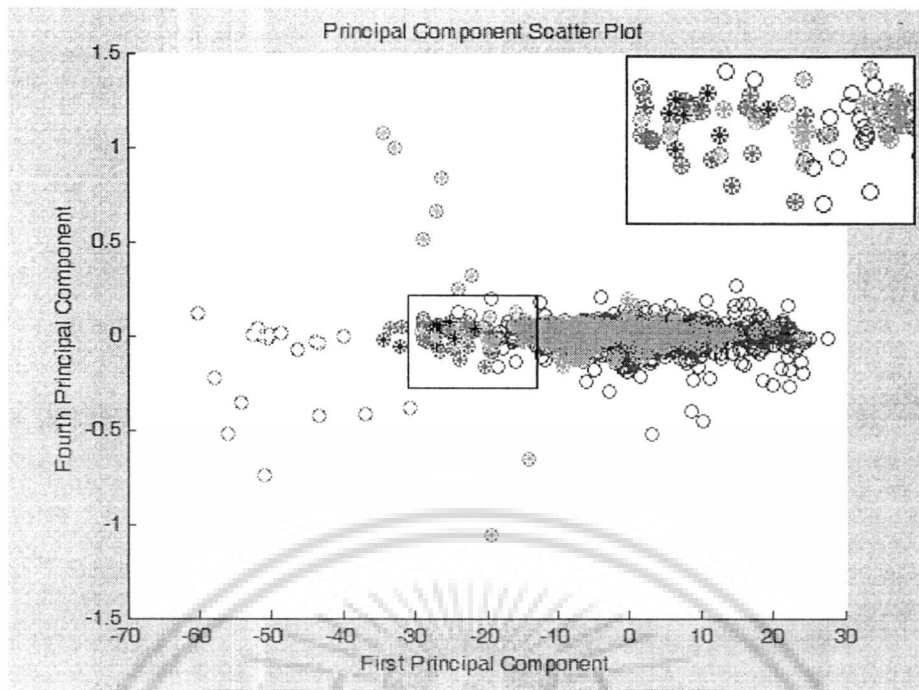
รูปที่ 9.18 PC1-PC2 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.

- Air Zero
 - ข้อมูลตามช่วงเวลา
- โรงงานฟอกหนัง โรงงานกระดาษ ขนไก่และบ่อบำบัด
 ดากหนัง กองขยะและCP อาคาร สว่าง คณิเวช



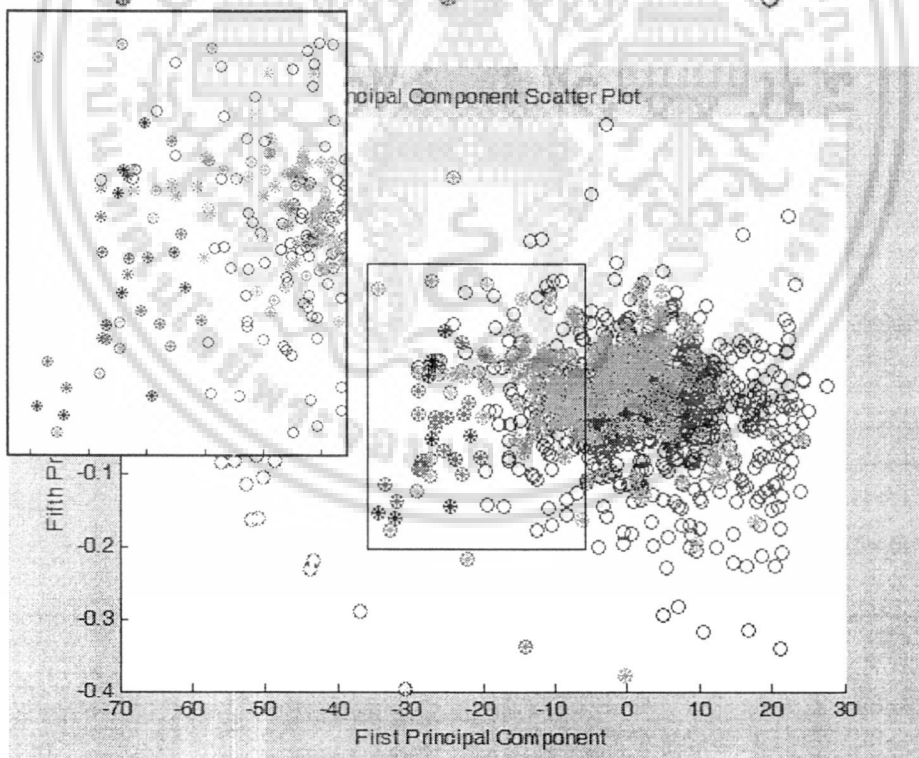
รูปที่ 9.19 PC1-PC3 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



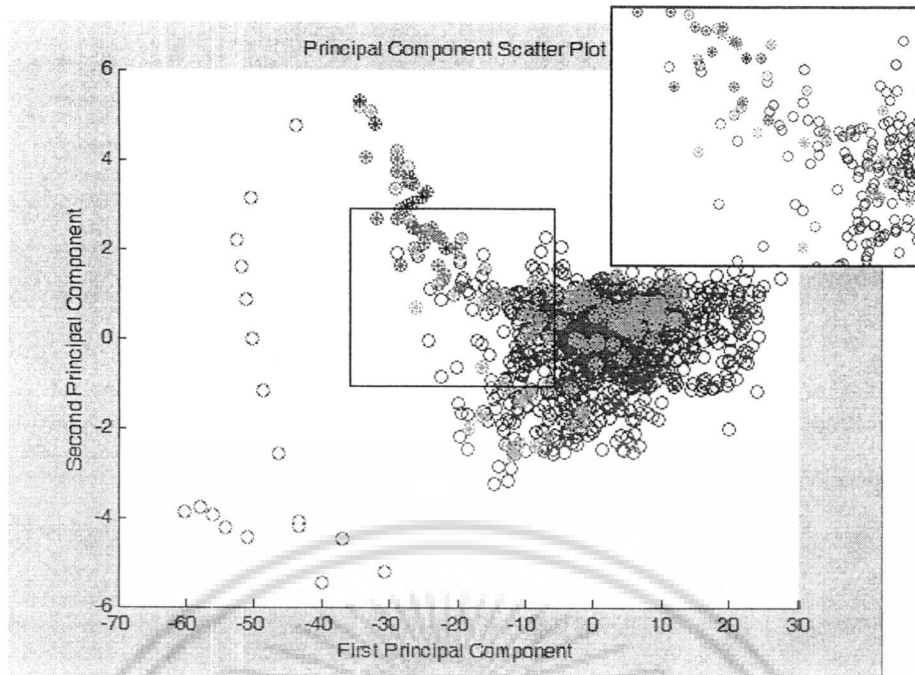
รูปที่ 9.20 PC1-PC4 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.

- Air Zero
- ข้อมูลตามช่วงเวลา
- โรงงานฟอกหนัง
- โรงงานกระดาษ
- โรงงานกระดุก
- โรงงานกระจก
- ขนไก่และบ่อน้ำบาดาล
- ตากหนัง
- กองขยะและCP
- อาคาร สว่าง คมวิเศษ



รูปที่ 9.21 PC1-PC5 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.22 PC1-PC2 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.

○ Air Zero

● ข้อมูลตามช่วงเวลา

○● โรงงานฟอกหนัง

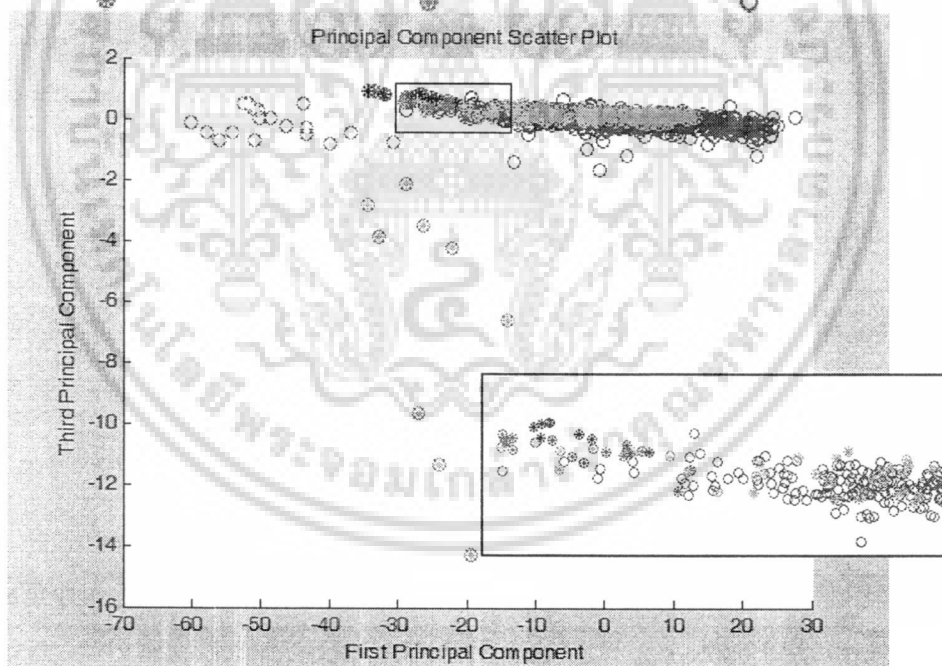
○● โรงงานกระดาษ

○● โรงงานไก่และบ่อบำบัด

○● ดากหนัง

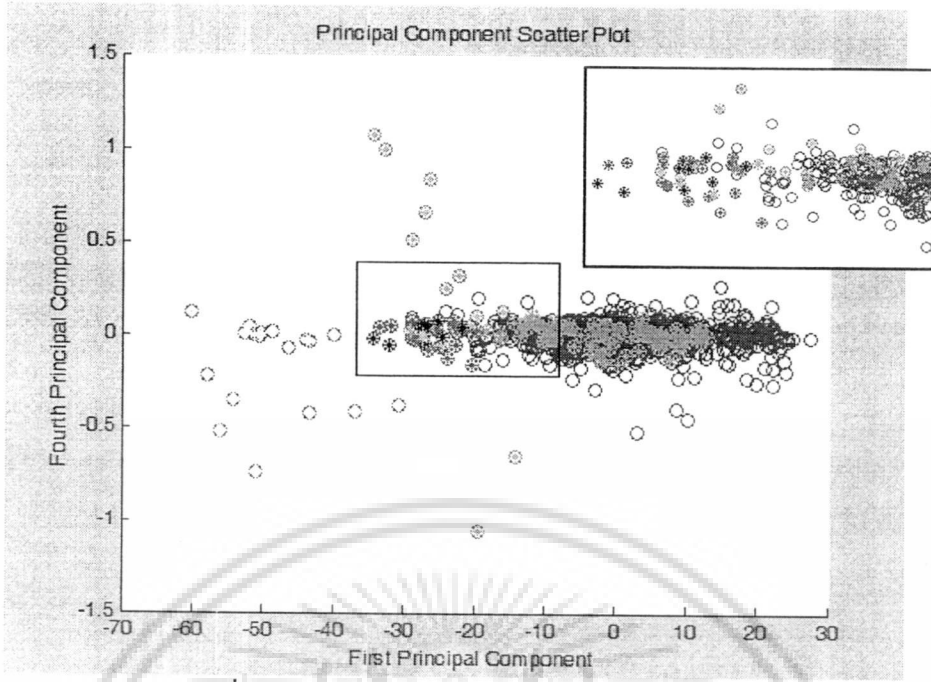
○● กองขยะและCP

○● อาคารสว่าง คณิเวช



รูปที่ 9.23 PC1-PC3 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.24 PC1-PC4 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.

○ Air Zero

● ข้อมูลตามช่วงเวลา

โรงงานฟอกหนัง

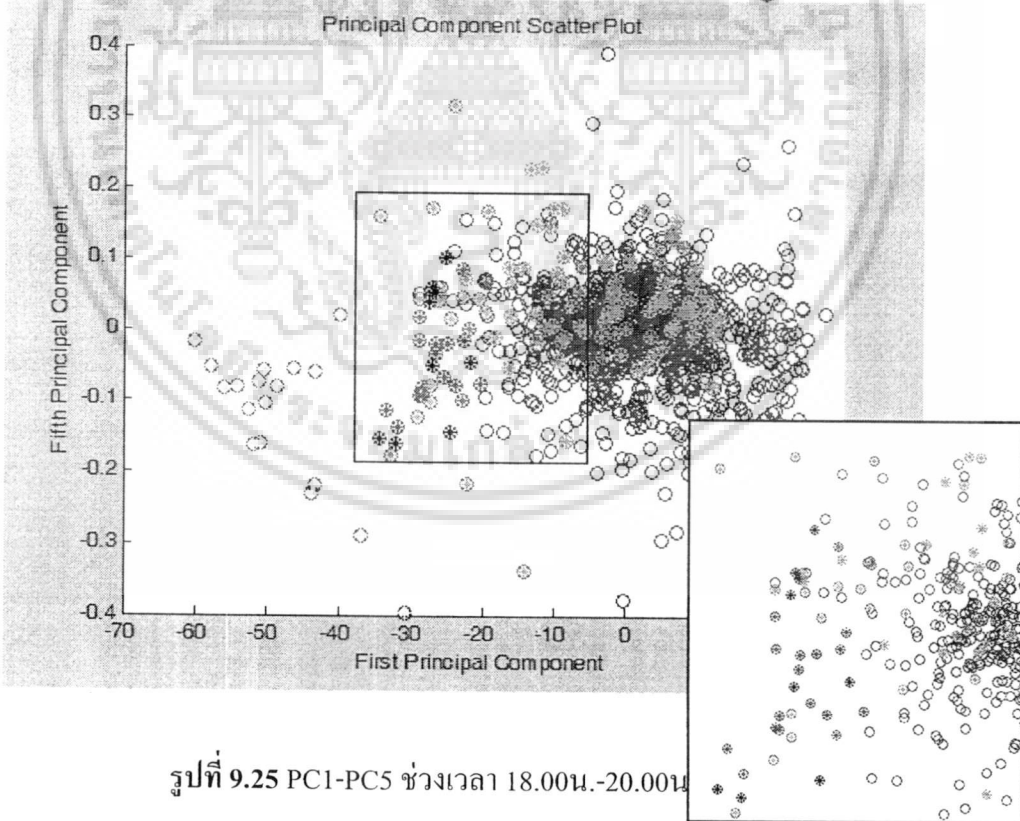
โรงงานกระดุก

ชนไก่และบ่อบำบัด

ตากหนัง

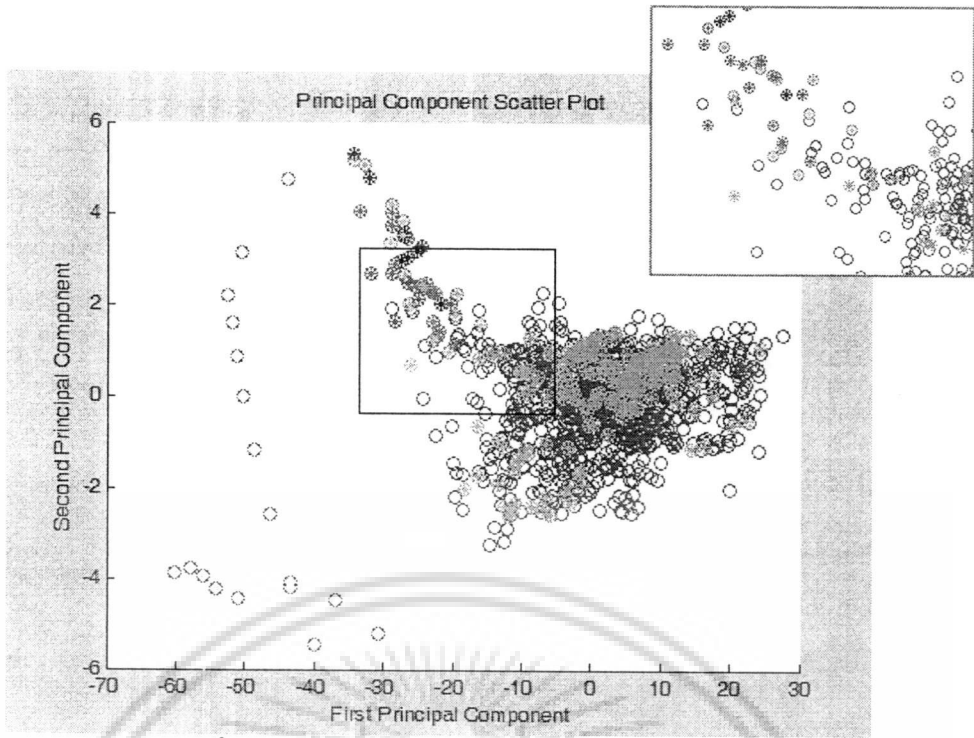
กองขยะและCP

อาคาร สว่าง คณิเวช



รูปที่ 9.25 PC1-PC5 ช่วงเวลา 18.00น.-20.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

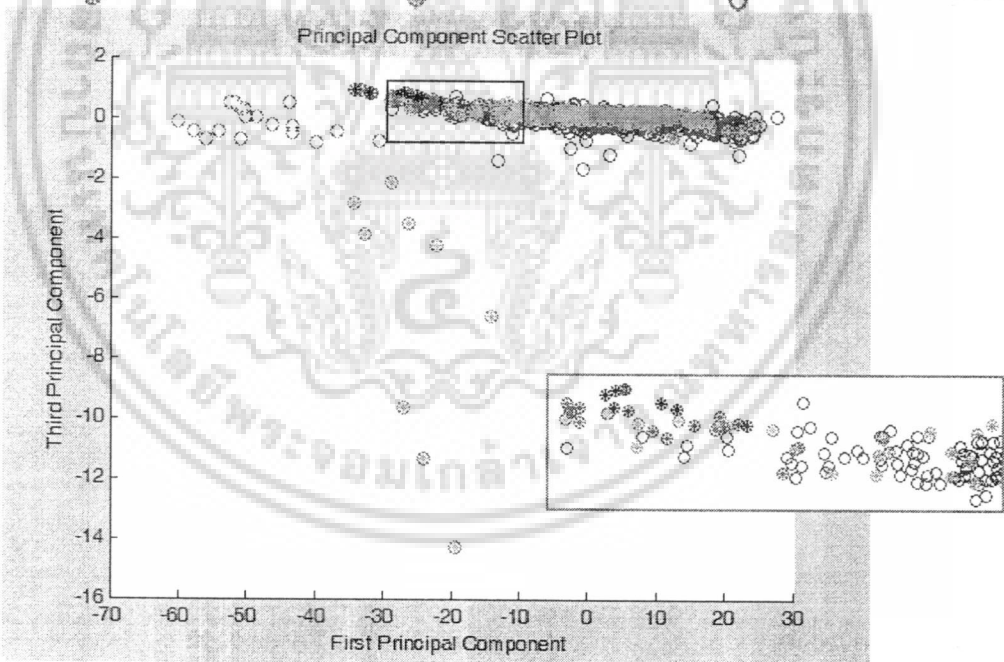


รูปที่ 9.26 PC1-PC2 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.

○ Air Zero

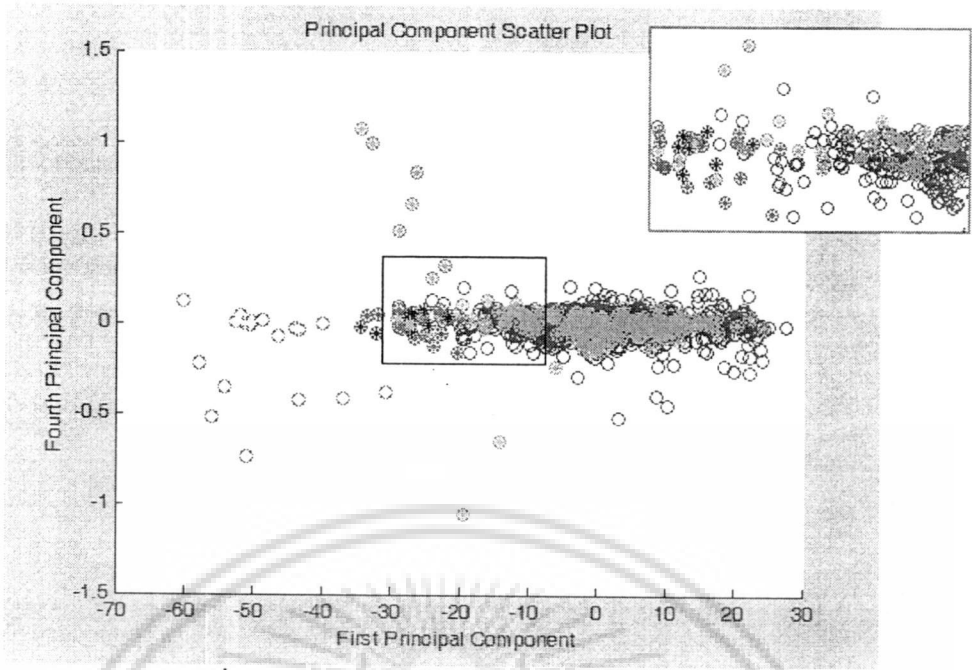
● ข้อมูลตามช่วงเวลา

โรงงานฟอกหนัง โรงงานกระดาษ ขนไก่และบ่อน้ำบาดาล
 ตากหนัง กองขยะและCP อาคาร สว่าง คมิเวช



รูปที่ 9.27 PC1-PC3 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.28 PC1-PC4 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.

○ Air Zero

● ข้อมูลตามช่วงเวลา

● โรงงานฟอกหนัง

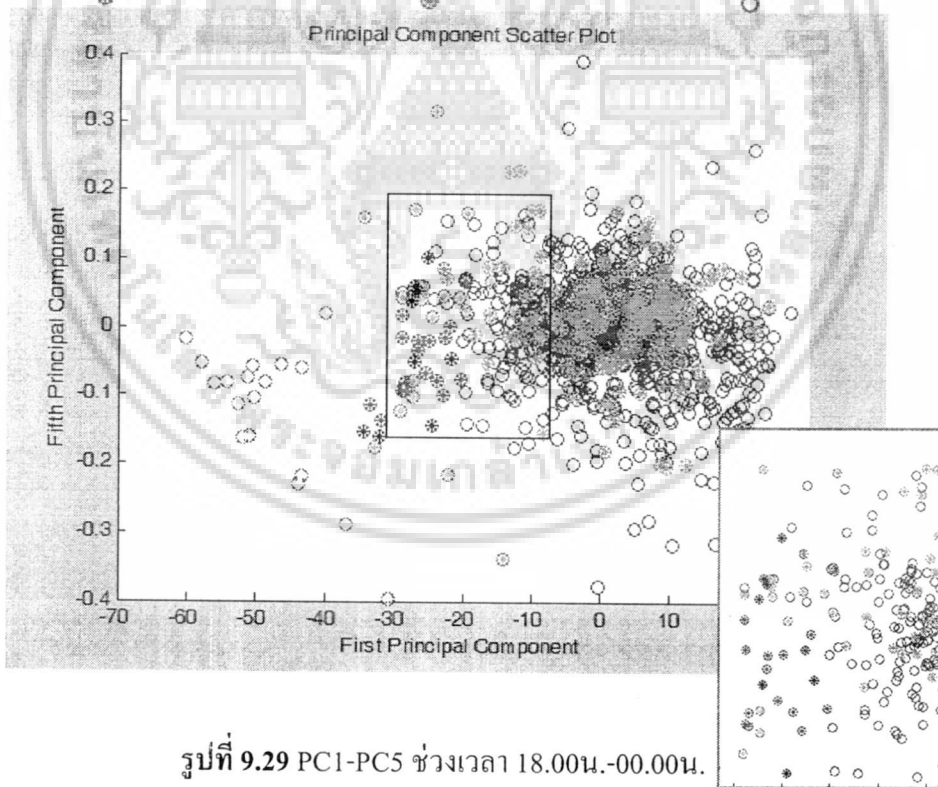
● โรงงานกระดาษ

● ขนไก่และบ่อบำบัด

● ดากหนัง

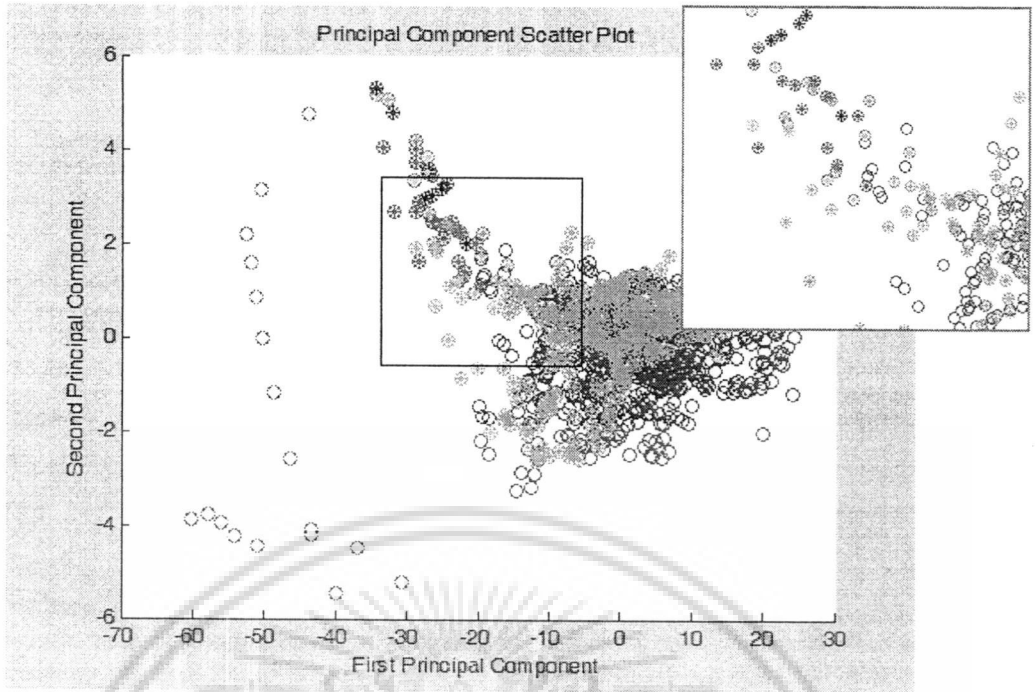
● กองขยะและCP

● อาคาร สว่าง คณิเวช



รูปที่ 9.29 PC1-PC5 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.30 PC1-PC2 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.

○ Air Zero

● ข้อมูลตามช่วงเวลา

โรงงานฟอกหนัง

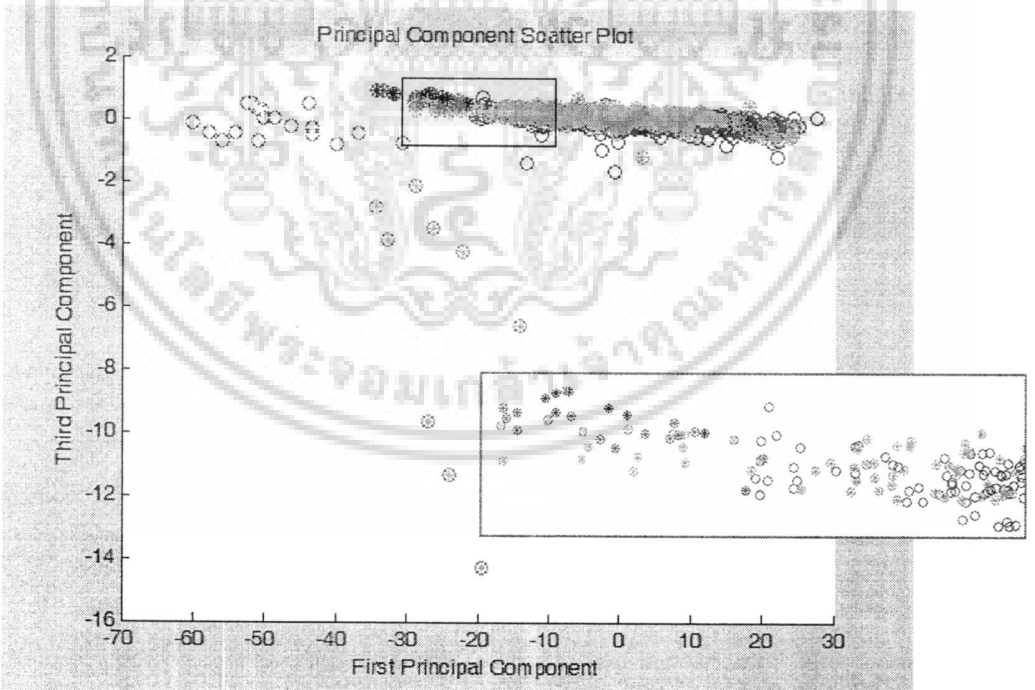
โรงงานกระดุก

ชนไก่และบ่อบำบัด

ตากหนัง

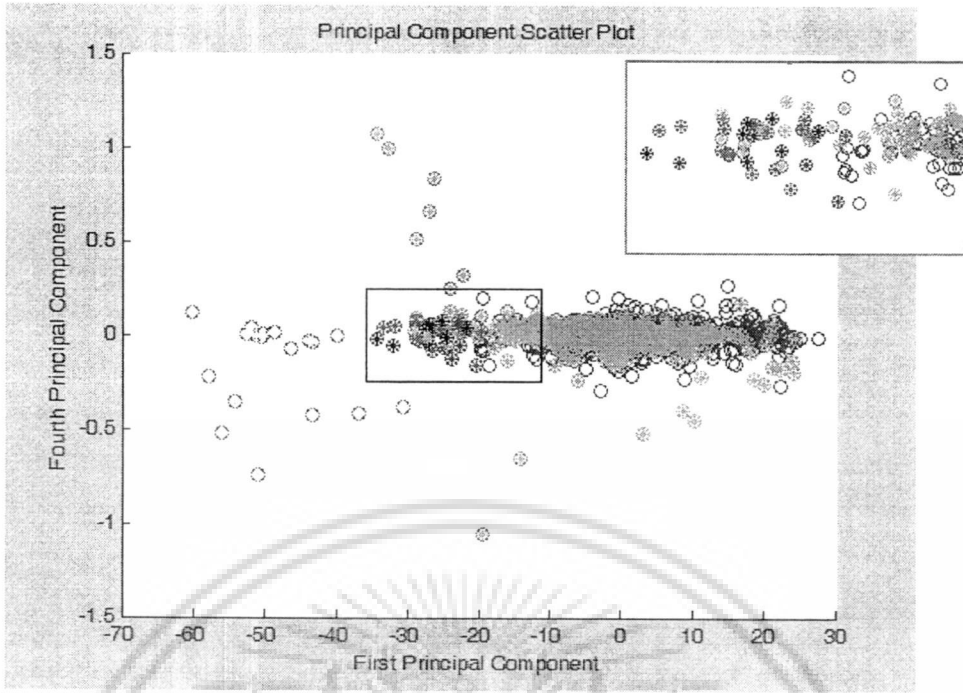
กองขยะและCP

อาคาร สว่าง คณิเวช



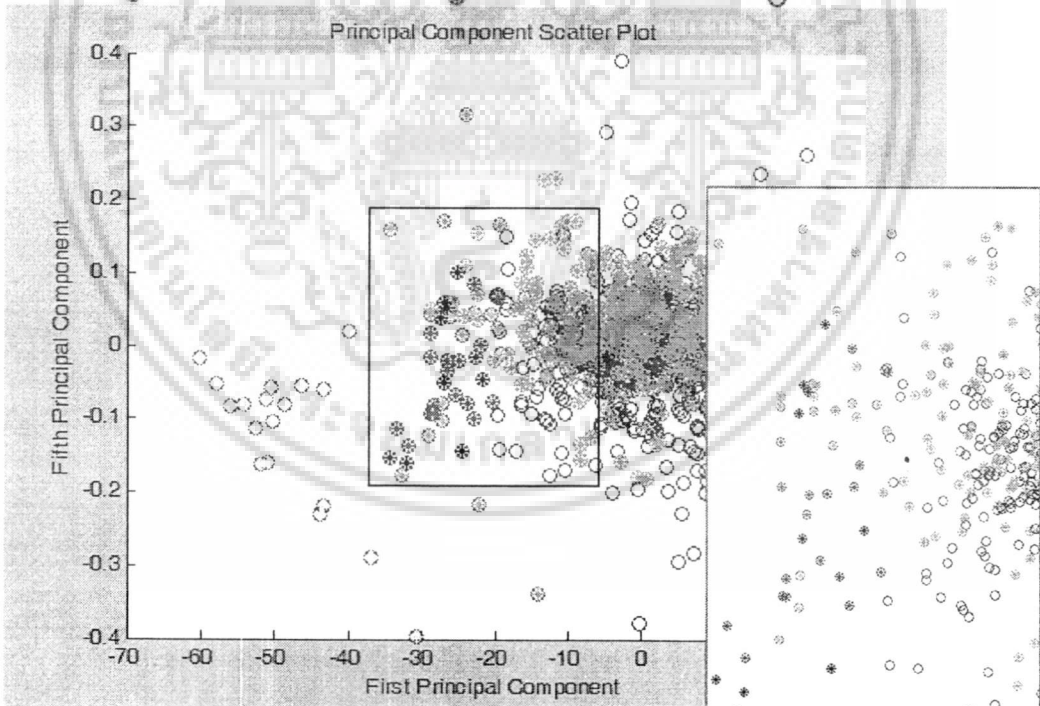
รูปที่ 9.31 PC1-PC3 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



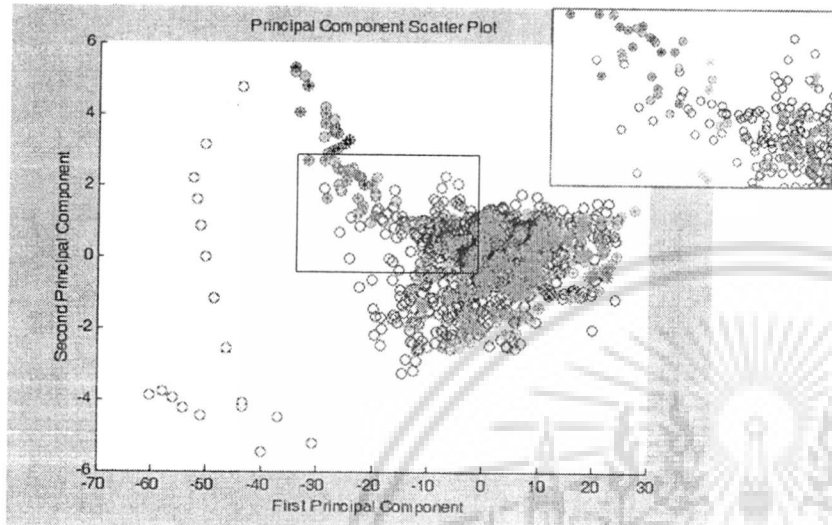
รูปที่ 9.32 PC1-PC4 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.

- Air Zero
- ข้อมูลตามช่วงเวลา
- โรงงานฟอกหนัง
- โรงงานกระดาษ
- โรงงานกระดุก
- กองขยะและCP
- ขนไก่และบ่อบำบัด
- อาคารสว่าง คณิเวช

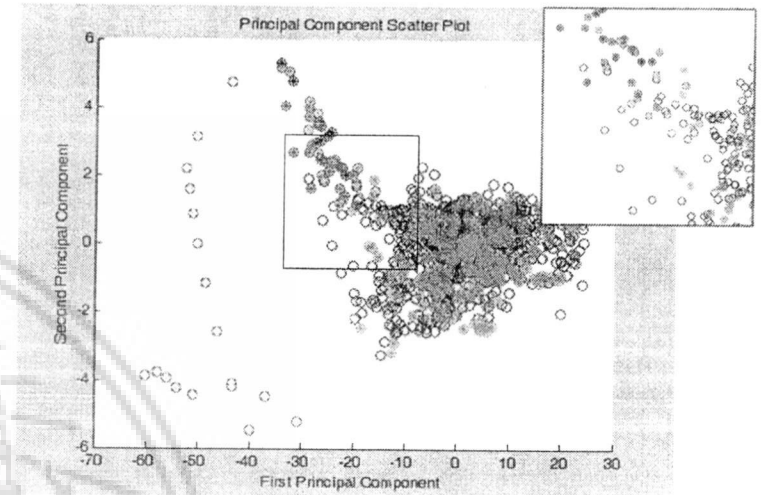


รูปที่ 9.33 PC1-PC5 ช่วงเวลา 16.00น.-22.00น.

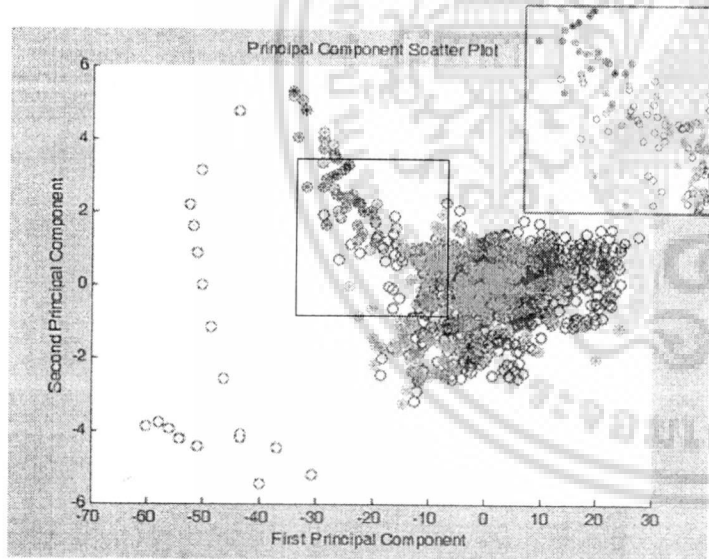
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



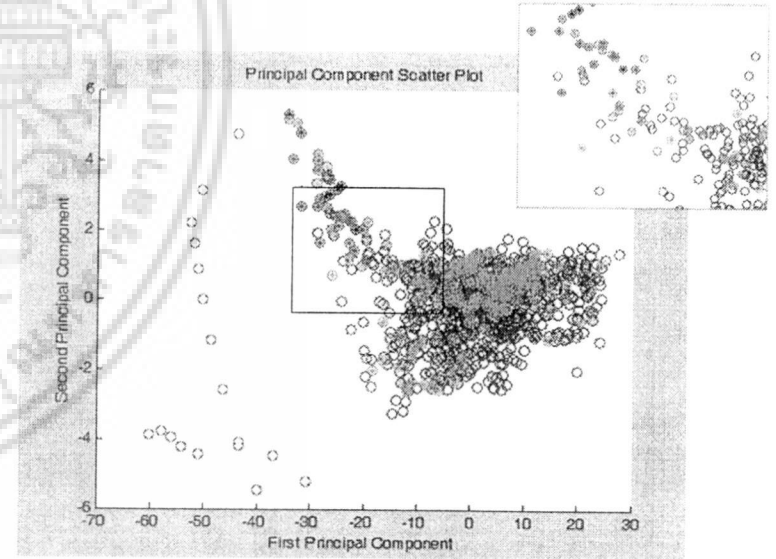
PC1-PC2 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.



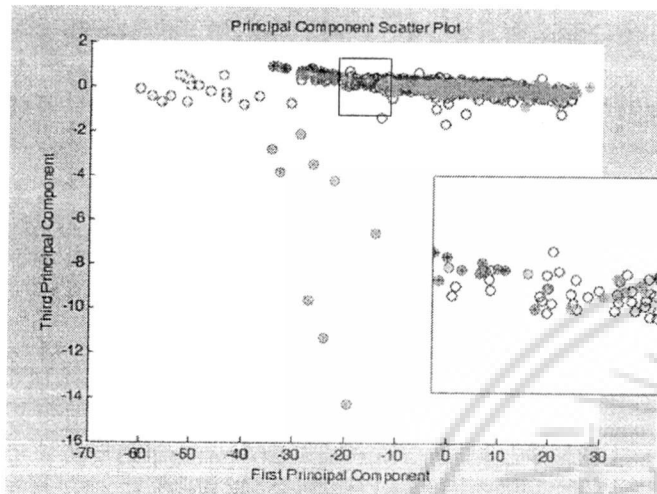
PC1-PC2 ช่วงเวลา 06.00น.-12.00น.



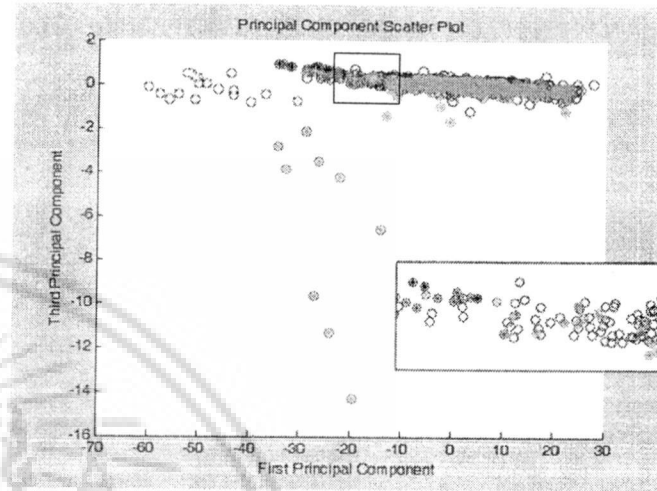
PC1-PC2 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.



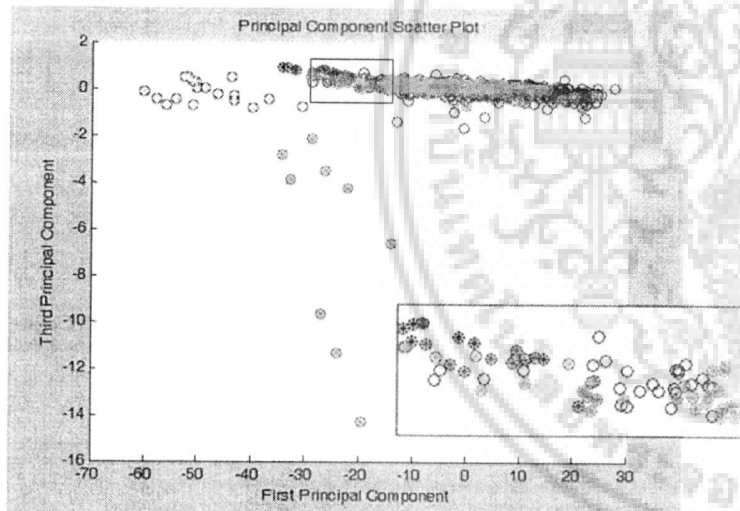
PC1-PC2 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.



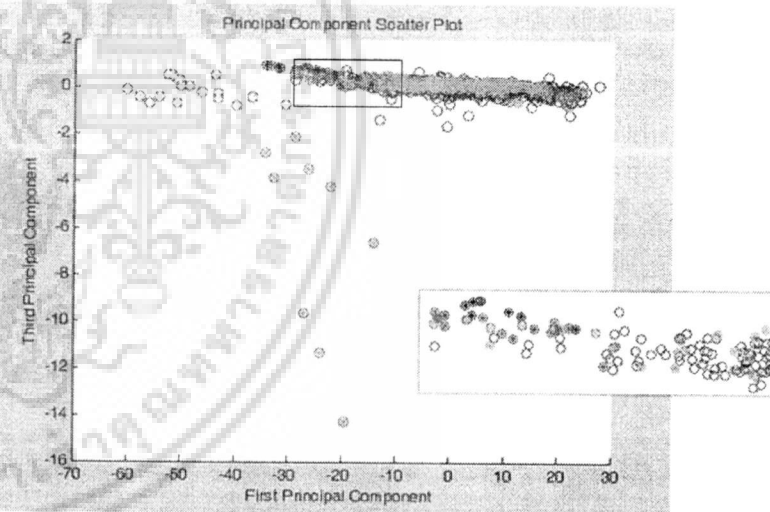
PC1-PC2 ช่วงเวลา 0.00น.-06.00น.



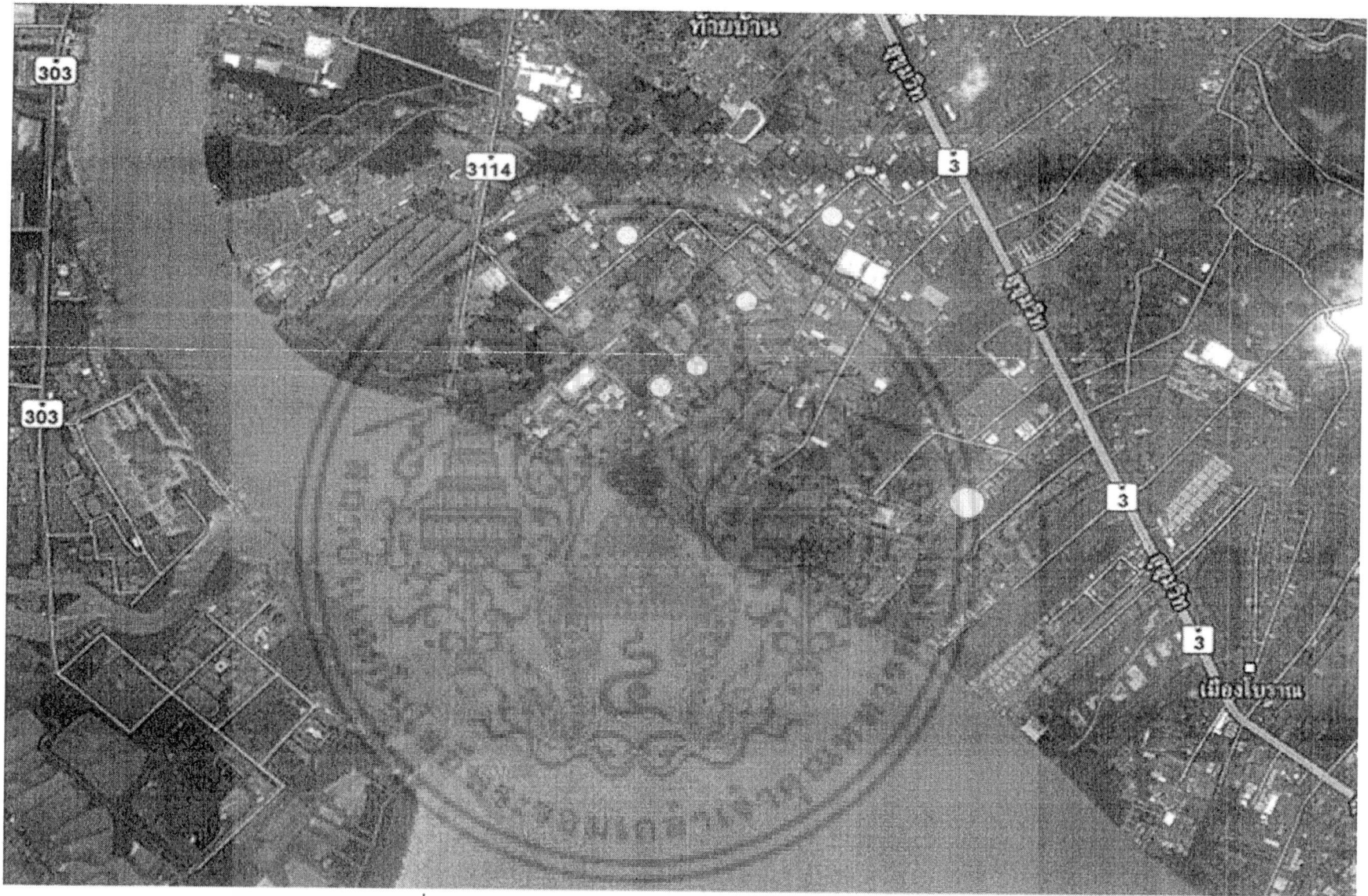
PC1-PC2 ช่วงเวลา 06.00น.-12.00น.



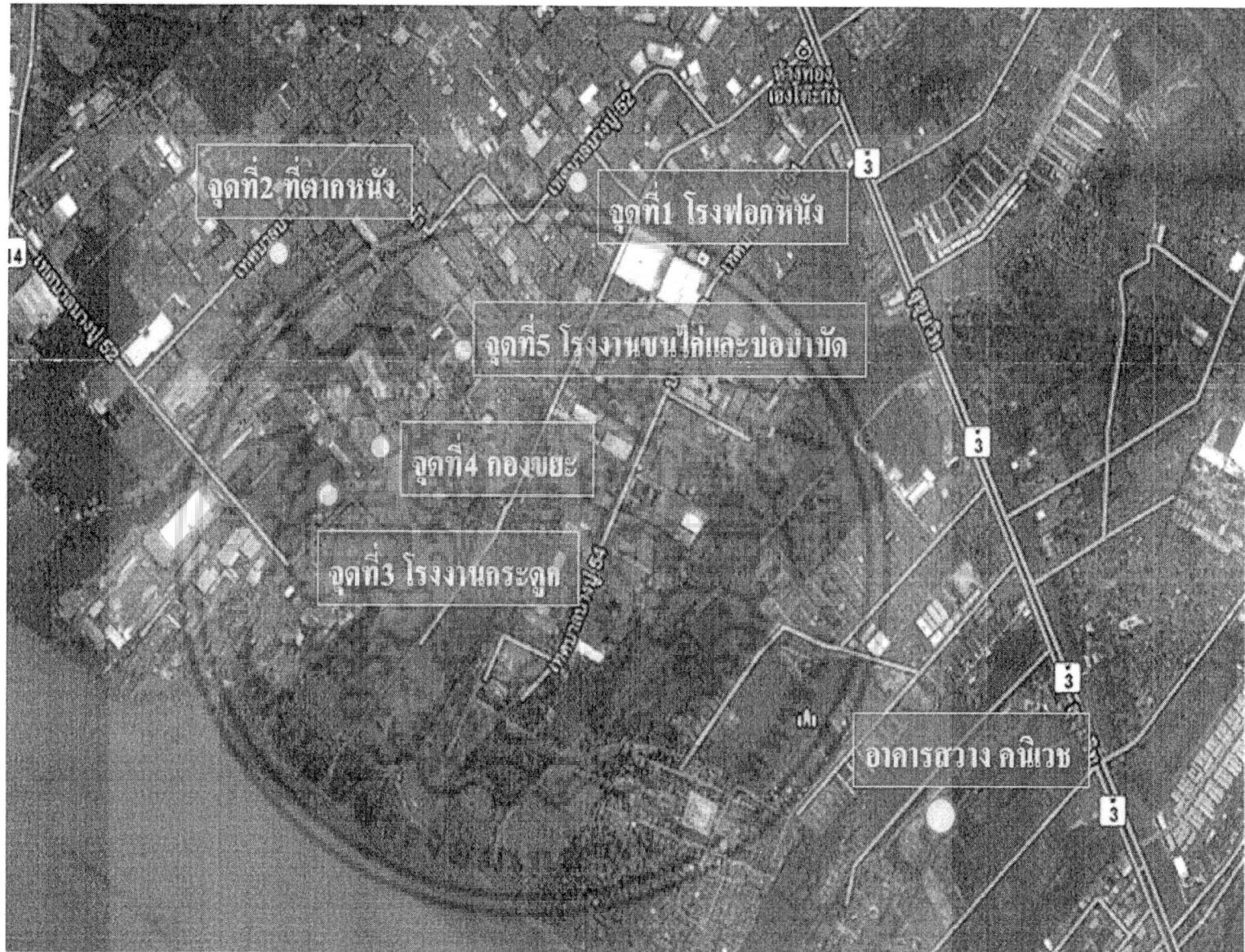
PC1-PC2 ช่วงเวลา 12.00น.-18.00น.



PC1-PC2 ช่วงเวลา 18.00น.-00.00น.



รูปที่ 9.34 แผนผังตำแหน่งสำหรับเก็บตัวอย่างข้อมูลอากาศที่สงสัย



รูปที่ 9.35 แผนผังตำแหน่งสำหรับเก็บตัวอย่างข้อมูลอากาศที่สงสัย

9.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม ณ อาคารสว่างนิเวศ ในรูปที่ 3 คือข้อมูลที่เก็บได้ ณ อาคารสว่างนิเวศ และในรูปที่ 9.4 เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บอากาศตัวอย่าง 5 จุด สำหรับในรูปที่ 9.4 นั้นมีการเก็บข้อมูลในช่วงกลางวันช่วงเวลา 10.00น.ถึง 14.30 น. จะเห็นกลุ่มของข้อมูลที่แยกตัวกันเป็น 2 กลุ่มใหญ่จะเห็นได้ว่าอากาศจากโรงงานฟอกหนังจะแยกตัวออกมาจากกลุ่มของอากาศทั้งหมดซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกลุ่มที่เหลือนั้นในอากาศมีกลิ่นที่คล้ายกันจึงไม่อาจจะแยกกลุ่มของอากาศนั้นๆ ได้อาจจะเกิดจากลมทะเลพัดขึ้นฝั่งทำให้มีกลิ่นจากโรงงานกระดุกไปปนกับกองขยะ โรงงานเผาขนไก่ และสถานที่สำหรับตากหนัง สำหรับโรงงานฟอกหนังนั้นมีกลิ่นที่ชัดเจนซึ่งอากาศทั้ง 4 จุดที่เหลือนั้นอาจจะมาปนเปื้อนอยู่ด้วยแต่กลิ่นนั้นอาจจะน้อยกว่ามากจึงทำให้มีลักษณะเด่นที่แยกกลุ่มออกมาได้ชัดเจน

เมื่อนำข้อมูลทั้งสองมารวมเข้าด้วยกัน โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จะเห็นได้ว่า มีอากาศที่ได้จากการเก็บอากาศตัวอย่างมาปนอยู่ในกลุ่มของข้อมูลสามารถอ้างอิงได้จากรูปองค์ประกอบของ PCA ในรูปที่ 9.5 ถึงรูปที่ 9.8 จะเห็นได้ว่าถ้าอ้างอิงจาก PC1และ PC2 กลิ่นที่เข้าไปรบกวนหลักคือกลิ่นที่มาจาก สถานที่ตากหนัง กองขยะ โรงงานกระดุก โรงงานขนไก่และบ่อบำบัด ส่วนกลิ่นที่มาจาก โรงงานฟอกหนังจะมีเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าพิจารณาองค์ประกอบ PC1-PC3, PC1-PC4และ PC1-PC5 กลิ่นที่เข้าไปรบกวนส่วนใหญ่จะเป็นกลิ่นที่มาจาก สถานที่ตากหนัง กองขยะ โรงงานกระดุก และบริเวณ โรงงานขนไก่ และอาจจะมีการปนเปื้อนจาก โรงงานฟอกหนังบ้างในบางครั้งซึ่งพบได้น้อยกว่ากลิ่นทั้ง 4 จุดจากนั้นเมื่อนำข้อมูลในแต่ละช่วงของแต่ละวันมาทำการพล็อตหาช่วงเวลาที่กลิ่นที่มารบกวน ณ อาคารสว่างนิเวศ สามารถสรุปได้ ดังนี้ ในช่วงเวลา 0.00น.ถึง 12.00น. ในช่วงเวลานี้จะมีกลิ่นไปปนเปื้อนอยู่บ้างแต่น้อยครั้งมากสำหรับกลิ่นที่จะเข้ามาถึงตัวอาคาร แต่ในช่วง12.00น. ถึง 18.00น. จะเห็นว่ากลิ่นนั้นเข้ามาที่ตัวอาคารบ่อยครั้งขึ้นและเป็นเช่นเดียวกับช่วง18.00น. ถึง0.00น. จะเห็นกลิ่นเข้ามาบ่อยครั้งจึงได้ทำการทดลองพล็อตกราฟในช่วงเวลา 18.00น. จนถึง 20.00น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ จะเห็นการปนเปื้อนของกลิ่นอยู่บ่อยครั้งสังเกตได้จากรูปที่ 9.21ถึงรูปที่ 9.24 จากนั้นได้ทำการขยายช่วงเวลาให้กว้างมากขึ้นอยู่ที่ช่วงเวลา 16.00น. ถึง22.00น. จะเห็นว่าในช่วงเวลานี้มีกลิ่นเข้ามาปนเปื้อนบ่อยครั้งมากที่สุด สังเกตได้จากรูป 9.29 จนถึงรูปที่ 9.31

บทที่ 10

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การทำงานของจุกอิเล็กทรอนิกส์นั้นเลียนแบบการดมกลิ่นของมนุษย์ และเนื่องจากกลิ่นคือโมเลกุลของก๊าซต่างๆรวมกันดังนั้นการแยกก๊าซออกจากกลิ่นจะต้องอาศัยเทคโนโลยีของเซนเซอร์อาร์เรย์ในระบบของการวัดอากาศในงานวิจัยนี้ใช้ก๊าซเซนเซอร์อยู่ 2 ชนิด คือแบบเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide gas sensor) ได้แก่ TGS2600, TGS2602, TGS2610, TGS2611, TGS2620, TGS825 และ TGS826 กับก๊าซเซนเซอร์แบบเคมีไฟฟ้า (Electrochemical gas Sensor) ได้แก่ KE-25 อุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการวัดของเซนเซอร์จึงต้องเพิ่มเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นเข้าไปในระบบ

สำหรับระบบการวัดนั้นจะใช้ปั๊มสำหรับดูดอากาศภายนอกเข้ามาโซลินอยด์วาล์ว (Solenoids valve) 2 ตัวมีหน้าที่ควบคุมทิศทางของอากาศโดย เริ่มแรกอากาศจะถูกกรองให้บริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) แล้วให้อากาศไหลผ่านเซนเซอร์อาร์เรย์เพื่อสร้างข้อมูลอ้างอิง หลังจากนั้นโซลินอยด์วาล์ว จะควบคุมทิศทางของอากาศที่ดูดเข้ามาวัดโดยไม่มีการกรองอากาศเพื่อทำการวัดอากาศ ระบบจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไปในระบบควบคุมทิศทางลมนั้นจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การวัดสัญญาณไฟฟ้าจากก๊าซเซนเซอร์จะถูกวัดโดยใช้ไอซีแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล มีความละเอียดของข้อมูล 14 บิต แรงดันอ้างอิง 4 โวลต์ และการอ่านค่ามีการสุ่มค่า (Sampling) ทุกๆ 1 วินาที

เมื่อได้ข้อมูลของจุกอิเล็กทรอนิกส์ที่วัดในแต่ละจุดแล้วจะมีการส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สาย (Wireless Network) ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 หรือ Zigbee ย่านความถี่ 2.4 GHz มี 16 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps และมีการส่งข้อมูลเป็นแบบข้อความ (Text mode) ที่บอร์ดเรท (Board rate) 9600 Bit/Sec ระบบเครือข่ายที่ใช้งานมี 3 รูปแบบคือ Star (Broadcast), Cluster Tree (Tree) และ Mesh จัดรูปแบบตามความเหมาะสมการใช้งานในแต่ละพื้นที่แล้วทำการส่งข้อมูลไปวิเคราะห์ที่เครื่อง Coordinator

การจำแนกกลิ่นในงานวิจัยนี้เลือกใช้ Principal Component Analysis (PCA) ในการจำแนกข้อมูลของจุกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อทำการเปรียบเทียบกลิ่นของจุกอิเล็กทรอนิกส์ 1 เครื่องนั้นจะไม่เป็นปัญหาในการจำแนกกลิ่นเนื่องจากจุกอิเล็กทรอนิกส์ใน 1 เครื่องนั้นจะอาศัยค่าเฉลี่ยและ ไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) เดียวกันดังนั้นการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อจำแนกกลิ่นจึงสามารถทำได้ แต่ในงานวิจัยนี้มีการใช้จุกอิเล็กทรอนิกส์อย่างน้อย 2 เครื่องดังนั้นค่าเฉลี่ยและไอเกนเวกเตอร์ของแต่ละเครื่องนั้นมีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไป หากนำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการเปรียบเทียบกันทั้งหมดนั้นจะไม่สามารถทำได้ จึงต้องมีการเก็บค่าเฉลี่ยและไอเกนเวกเตอร์ที่อากาศอ้างอิงที่เหมือนกันของแต่ละเครื่องเอาไว้จึงจะสามารถที่จะเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละจุดได้

จากการวิเคราะห์อากาศ ณ อาคารสว่างคนิเวช หากพิจารณาความสัมพันธ์แต่ละองค์ประกอบนั้น จะเห็นได้ชัดเจนว่ากลิ่นที่วัดได้จากโรงงานฟอกกหน้งนั้น แยกตัวออกจากกลุ่มของกลิ่นอีก 5 จุดชัดเจนจึงทำให้สามารถสรุปได้ว่ากลิ่นจาก โรงงานฟอกกหน้งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายในตัวอาคารสว่างคนิเวช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] W. Pimpao, T. Kerdcharoen, M. Sangworasil, A. Jomphoak and A. Tuantranont, “**Design and Development of Gas Sensor Array System for Portable Electronic Nose.**” *International Conference on Applied Science (2006)*, pp.515.
- [2] L. Pan and S. X. Yang, “**An Electronic Nose Network System for Online Monitoring of Livestock Farm Odors**” *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol.14, No. 3, June 2009, pp.371 -376.
- [3] N. Watthanawisuth, T. Kerdcharoen, A. Tuantranont, “**Microclimate real-time monitoring based on ZigBee sensor network,**” *2009 IEEE Sensors*, 25-28 October 2009, Christchurch, New Zealand, pp. 1814-1818.
- [4] J. Edward Jackson, “**A User’s Guide to Principal Components,**” John Wiley & SONS, INC, 1991.
- [5] FIGARO Gas Sensor, “**General Information For TGS Sensor,** Figaro USA Inc.
- [6] Sensirion, “**SHT1x / SHT7x Relative Humidity & Temperature Sensmitter;**” Sensirion The sensor company, 2002.
- [7] Digi International 1958. XBee™ ZNet 2.5/XBee-PRO™ ZNet 2.5 OEM RF Modules Manual. Digi International Co.,Ltd., Minnesota, USA: 22.
- [8] D. Grant and A. Al-Anbuky, “**WirelessMicroclimateSensor,**” *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information*, 2007. ISSNIP 2007.3rd International Conference on Volume, Issue, 3-6 Dec. 2007, pp. 1-19.
- [9] C. Di Natale, A. Macagnano, A. Mantini, F. Davide, A. D’Amico, R. Paolesse, T. Boschi, M. Faccio and G. Ferri, “**Advances in food analysis by electronic nose**”, *Industrial Electronics*, 1997. ISIE '97., Proceedings of the IEEE International Symposium, Issue, 7-11 Jul 1997, pp. 122.
- [10] M. Pardo and G. Sberveglieri, “**Coffee analysis with an electronic nose**”, *Instrumentation and Measurement*, IEEE Transactions, Issue 6, Dec 2002, pp. 1334.
- [11] M. Kermit and O. Tomic, “**Independent component analysis applied on gas sensor array measurement data**”, *Sensors Journal*, IEEE, Issue:2, April 2003, pp. 218.

- [12] J. Lozano, J.P. Santos, M. Aleixandre, I. Sayago, J. Gutierrez and M.C. Horrillo, **“Identification of typical wine aromas by means of an electronic nose”**, Sensors Journal, IEEE, Issue 1, Feb. 2006, pp.173.
- [13] J. Hu, **“Application of PCA Method on Pest Information Detection of Electronic Nose”**, Information Acquisition, 2006 IEEE International Conference, 20-23 Aug. 2006, pp. 1465.
- [14] K.A. Ngoa, P. Lauque and K. Aguirra, **“High performance of a gas identification system using sensor array and temperature modulation”**, Sensors and Actuators B: Chemical, Vol. 124, Issue 1, 10 June 2007, pp. 209-216.
- [15] N. Bhattacharyya, R. Bandyopadhyay, M. Bhuyan, B. Tudu, D. Ghosh, and A. Jana **“Electronic Nose for Black Tea Classification and Correlation of Measurements With “Tea Taster” Marks”** Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions, Issue 7, July 2008, pp. 1313.
- [16] N.E. Barbri, E. Llobe, N.E. Bari, X. Correig and B. Bouchikhi, **“Electronic Nose Based on Metal Oxide Semiconductor Sensors as an Alternative Technique for the Spoilage Classification of Red Meat”**, ISSN 1424-8220, Sensors, 2008, pp. 142-156.
- [17] B. Tudu, A. Metla, B. Das, N. Bhattacharyya, A. Jana, D. Ghosh and R. Bandyopadhyay, **“Towards Versatile Electronic Nose Pattern Classifier for Black Tea Quality Evaluation: An Incremental Fuzzy Approach”**, Issue 9, September 2009, pp. 3069.
- [18] L. Pan and S.X. Yang, **“An Electronic Nose Network System for Online Monitoring of Livestock Farm Odors”**, Mechatronics, IEEE/ASME Transactions, Issue 3, June 2009, pp. 371.
- [19] L. Pan and S.X. Yang, **“A New Electronic Nose for Downwind Livestock Farm Odour Measurement”**, Networking, Sensing and Control, 2006. ICNSC '06. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference, pp. 410.
- [20] S.D. Vito, P.D. Palma, C. Ambrosino, E. Massera, G. Burrasca, M.L. Miglietta and G.D. Francia, **“Wireless Sensor Networks for Distributed Chemical Sensing: Addressing Power Consumption Limits With On-Board Intelligence”**, Sensors Journal, IEEE, Issue 4, April 2011, pp. 947.

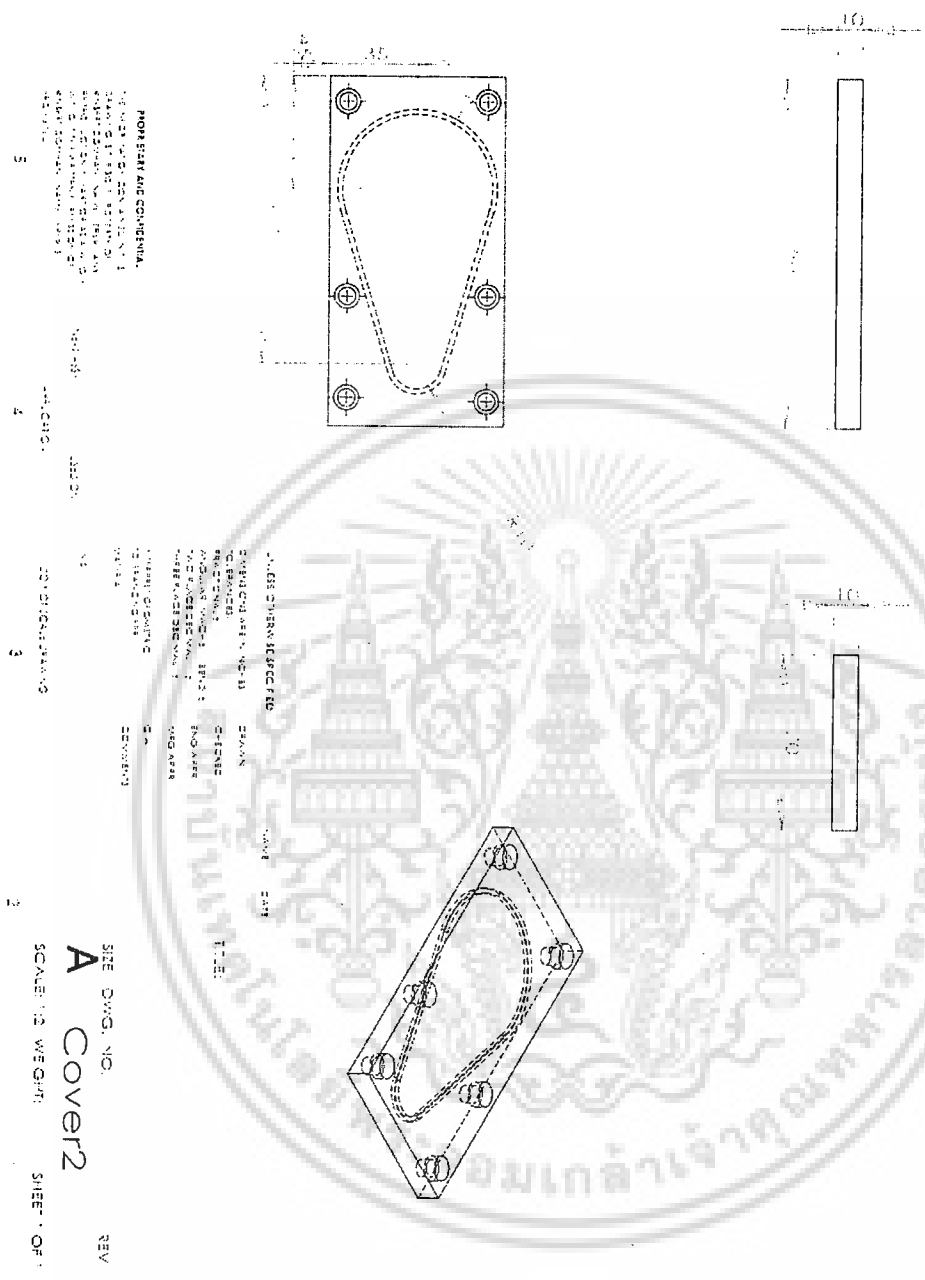


ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

T.Pogfay, N.Watthanawisuth, W.Pimpao, A.Wisitsoraat, S.Mongpraneet, T.Lomas, M.Sangworasil and A.Tuantranont, "Development of Wireless Electronic Nose for Environment Quality Classification," Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2010, pp. 540-543, Chiangmai, Thailand, May 19-21, 2010.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ECTI-CON 2010

The 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics,
Computer, Telecommunications and Information Technology

Empress Convention Centre
Chiang Mai, Thailand
19-21 May 2010

Copyright © 2010 ECTI. All rights reserved.

IEEE Catalog Number: CFP1006E-CDR

ISBN: 978-974-672-491-3

Organized by



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Wireless Electronic Nose for Environment Quality Classification

T.Pogfay^{1,2}, N.Watthanawisuth¹, W.Pimpao¹, A.Wisitsoraat¹, S.Mongpranee¹, T.Lomas¹, M.Sangworasil² and A.Tuantranont^{1*}

¹Nanoelectronics and MEMS Laboratory, National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) 112 Thailand Science Park, Pahol Yothin Rd., Pathumthani 12120 Thailand

²Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Rd., Bangkok, 10520, Thailand

*Corresponding Email: adisorn.tuantranont@nectec.or.th

Abstract. The ambient air quality in the live stock farm has an effect health of animal. Therefore, we have developed a device for monitoring air quality of environment. In this work, wireless electronic nose has developed by deploying commercial gas sensor arrays, microcontrollers and ZigBee wireless network. They system is applied for environment classification in various laboratories including biological, chemical and clean rooms. Air data measured by multi-sensor array are delivered via ZigBee network to a database station where PCA as linear explorative technique analysis is used to obtain odor dispersion and environment prediction. The air environment of various laboratories has been successfully classified by the developed system. Thus, the wireless electronic nose approach is potential for automatic environment monitoring with many industrial applications including livestock farm environmental control.

1. INTRODUCTION

Monitoring and classification of ambient air quality in various workplaces has been increasingly important due elevated environmental problems. Thus, atmospheric pollution from factory should be regularly monitored and controlled. For particular industries such as livestock production, ambient odor needs to be managed for quality and safety control. For special workplace such as chemical laboratory, there is safety concern for researchers and operators exposing to chemicals. However, efforts in ambient air quality control have been impeded by the lack of science-base approaches to identify and assess ambient air quality and odor.

Olfactory human panel has been used in most studies for measuring odor strength and offensive. This conventional method is expensive and suffers from individual bias and odor adaptation. Electronic nose (E-nose) has been developed to replace human olfactory and it has been proven useful for food freshness identification and environmental classification [1]. E-nose system should be implemented with wireless system so that signal from isolated locations can be expediently combined and processed at a database server. Leilie Pan and Simon X. Yang [2] developed environment monitoring from various workplaces based on 2.4-GHz wireless LAN. The wireless LAN utilized MPR2400 embedded module including a microprocessor, radio and battery. However, embedded module MPR2400 is expensive and requires two AA batteries, which are not necessary. Moreover, the reported electronic nose did not used gas

reference for odor measurement, resulting poor odor sensing capability.

In this research work, wireless electronic nose is developed based on IEEE 802.15.4, or the so-called ZigBee and tested for environment classification in various laboratories. The wireless electronic nose system can perform remote multipoint odor monitoring and integrated software suite providing data analysis capabilities that would assist user's decision making on environment control practice. Odor data measured by wireless e-nose are delivered via ZigBee wireless network to a database station where real-time data display, data storage, data analysis and odor dispersion model are implemented. Other reported wireless sensor networks operate using a short-range communication between 10 to 300 meters, were such platform must employ a lot of nodes in order to cover large area of farmland. We instead employed a ZigBee network using long-range point-to-point communication.

II. METHODOLOGY

In the experiment, wireless electronic noses were installed to monitor air from various kinds of laboratories under MEMS laboratory division at NECTEC building. These included Biological area, Chemical room 1, Chemical room 2 and Clean room. E-nose data wer sent to database station through ZigBee wireless network. A MySQL base was used for storing data. Figure 1 shows the implementation of ZigBee wireless electronic nose system in MEMS laboratory.

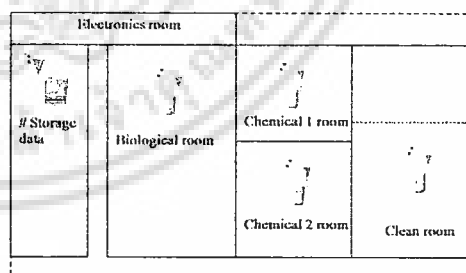


Figure 1. ZigBee node of wireless electronic nose network.

The design of wireless electronic nose system can be divided into 4 parts including electronic hardware, gas flow control, ZigBee network and data analysis.

A. Electronic Hardware

In this section, sensors selection and circuit system for electronic nose are described. The diagram of electronic system is shown in Fig. 2.

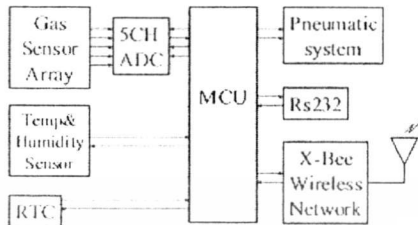


Figure 2. Block diagram of wireless electronic nose.

Microcontroller PIC18F458 was used to acquire gas sensor data through analog to digital converter (ADC) interface and send the data to ZigBee wireless network. Real time clock (RTC) in microcontroller was also implemented to stamp date and time of the transmitted data. In addition, microcontroller is utilized to control solenoid valve of pneumatic system that was used to manage air flow system. The photograph of actual wireless electronic nose is shown in Figure 3.

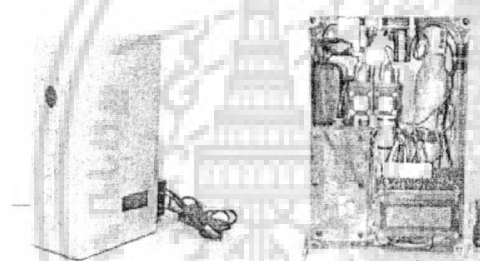


Figure 3. Photographs of wireless electronic nose system.

Five gas sensors were selected from commercially available gas sensors, which were designed to be particularly sensitive to different gases including carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen sulfide, ammonia and oxygen as listed in Table 1. In addition, temperature and humidity sensors were also included to identify environmental conditions.

TABLE I
SENSORS USED FOR THE DEVELOPED ELECTRONIC NOSE

Name of sensors	Compound to be detect
UGS1870	Carbon monoxide
UGS4161	Carbon dioxide
HGS825	Hydrogen sulfide
HGS826	Ammonia
KE-25	Oxygen
SH1115	Temperature sensor
SH1115	Humidity Sensor

B. Gas Flow System



Figure 4. Gas flow system.

Gas flow system as shown in Fig 4 contains two solenoid valves that control the flow of reference air and air sample. First, an air sample was drawn into the system by an electric pump. Next, the sample was split into two lines passing through two valves. In the first line, air passing through valve 1 was filtered by activated carbon to construct reference air and air in the other lines just passed through valve 2. In the odor testing process, valve 1 was first opened to reference air flows into the chamber to allow gas sensors become stabilized for five minutes. Valve 2 was then opened to expose the sensors to the air sample for three minutes. Valve 2 was then closed, and the gas sensors will soon return to its original steady state with reference air. The sensor signal in form of voltage and current were continuously monitored and processed by the microcontroller.

C. Principal Component Analysis (PCA)

Principal component analysis [3] is a statistical way to identify and express patterns in data. It can be described as a transformation of a given set of n -dimensional input vectors $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ into a vector \mathbf{y} according to that formula below.

$$\mathbf{y} = \mathbf{A}(\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}) \quad (1)$$

This formula enables us to form a simple formula (1), but it is necessary to keep in the mind that each row of the vector \mathbf{X} consists of n values belonging to one input. The vector $\bar{\mathbf{X}}$ in Eq. (2) is the vector of mean values of all input variables defined by relation.

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (2)$$

Matrix \mathbf{A} in Eq.(1) is determined by the covariance matrix \mathbf{C}_x . Rows in the \mathbf{A} matrix are formed from the eigenvectors of \mathbf{C}_x ordered according to corresponding eigenvalues in descending order. The evaluation of the \mathbf{C}_x matrix is possible according to relation.

$$\text{Var}(X) = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (3)$$

As the vector \mathbf{x} of input variables is n -dimensional, it is obvious that the size of \mathbf{C}_x is $n \times n$. The elements of \mathbf{C}_x lying in their main diagonal are the variances of \mathbf{x} .

$$C(X, X) = \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X})^2 \quad (4)$$

Other values $C(X, Y)$ determine the covariance between input variables x_i, y_i , as in the formula:

$$C(X, Y) = \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (5)$$

The kernel of PCA defined by Eq. (1) has several other interesting properties resulting from the matrix theory which can be used to classify the quality of environment.

The PCA process consists of five main steps. The first step is data acquisition. In this case, gas concentration data set is read from each sensor via ADC and the data is stored in 2-D array versus sampling time. Next, data for each sensor are subtracted by their mean values and covariance matrix of the subtracted data is computed. The eigenvectors and eigenvalues of the covariance matrix are then calculated. Finally, the principal components are chosen and featuring vectors are formed.

D. ZigBee Technology

ZigBee technology is based on the IEEE 802.15.4 standard, which also represents the personal area wireless network (PAN) [4]. ZigBee is famous for its low cost, low power consumption and miniaturization. The ZigBee stack architecture defines two layers, namely, the physical layer and the medium access control sub-layer. The ZigBee alliance provide the network layer and the framework in the application layer. The physical layer supports three public frequency bands: 2.4 GHz ISM band (worldwide), 915 MHz ISM band (America), and 868 MHz band (Europe). The ZigBee module, Xbee PRO series, from Maxstream was used in this work. This module provides an AT command set together with API functions for control [15]. From specifications, the line of sight distance of this module can extend up to 1 mile with power consumption of 50 mW. In addition, the Xbee module from Maxstream can provide various functions using UART pin configuration. The AT commands were used in this research to configure PAN ID, channel scan function, time to join the network, destination address, hopping parameters, data baud rate, sleep mode function etc. Moreover, this module has the external pins for special hardware control such as RTS (request to send), CTS (clear to send) and RSSI (receive signal strength indicator). This ZigBee module uses a frequency band at 2.4 GHz and 16 bits of PAN ID. We have employed a high gain external antenna. The photograph of ZigBee module is shown in Figure 5.

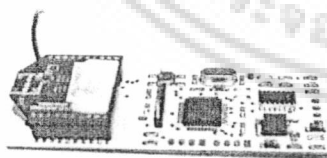


Figure 5. ZigBee module

E. ZigBee Topology

In general, a ZigBee network can be implemented using one of topologies, as depicted in Figure 6.

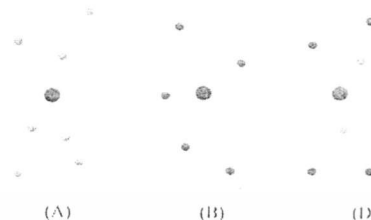


Figure 6. Topology of ZigBee wireless networks: (a) Mesh, (b) Star and (c) Tree

The mesh topology allows nodes to have as many paths as possible for communication. As a result, the mesh topology is very reliable and extension of the network size can be done with simplest reconfiguration. However, this network topology requires each node to be awake for most of the time, accordingly consuming more energy than other topologies. The star topology works under a point to multi-point communication scheme. Each device in this network model can communicate only via a PAN coordinator that allows most nodes to operate under energy-saving sleep mode. The tree, or cluster tree topology, combines the benefit of mesh and star topologies. This hierarchical structure assumes a high level of reliability and a long power life provided that only the router nodes are always awoken. The routing under this topology is a combination between the mesh and star topologies as displayed in Fig. 6.

In this work, we have adopted tree topology. Our reasons are as follows. First, we wanted to minimize the number of nodes employed in the field but a stable mesh network requires too many of them. Second, the laboratory area in this experiment is not symmetrical as often required by Star topology. Under tree topology, the ZigBee nodes can be classified into three classes, namely, end device (or node), router node and base (or coordinator) node. Tree topology helps to reduce cost on solar cells on the end nodes because this type of nodes operates under sleep mode most of the time. The end nodes acquire e-nose data and send them to the router nodes and finally the base node. The router node also has its own e-nose sensors. Therefore, it usually combines its own data with data from the end nodes and transmits the data to the base node using the same PAN. The base node is only the main receiver collecting data from all nodes in the network.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

III. THE RESULTS

In this study, five gas sensors were used to test air from various kinds of laboratories under MEMS laboratory division at NECTEC building. Typical dynamic response of gas sensing measurement is shown in the Figure 7. It should be noted that the first 1,300 seconds was the start-up period when power has recently been applied to the system. The sensor is heating up and not stable for operation. After the start up period, pulses of air sample are applied to the sensors. It can be seen that five gas sensors give considerably different gas sensing responses to an air sample. In particular, TG825 and TG826 gave high but opposite gas sensing behavior. The results indicate that this set of gas sensor should be suitable for air monitoring electronic nose applications because they have distinct responses to an air sample.

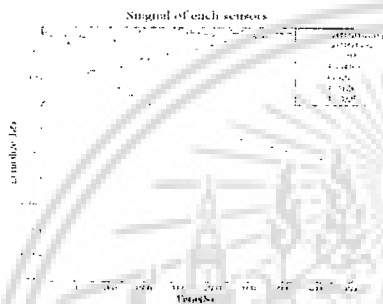


Figure 7. Normalized of data set from wireless electronic nose.

Data of electronic nose in the laboratory were sent through ZigBee wireless network to database server. The difference between gas-sensing data at each node of ZigBee could not directly be visualized from dynamic response because the sensing pattern was generally complex. To identify the difference, the data are analyzed by PCA technique. Figure 8 demonstrates PCA plot between the first and second principal component (PC1 and PC2). The results show that air in different rooms can be well distinguished by the PCA analysis. Figure 9 shows PCA plot between the first and third principal component (PC1 and PC3). Similarly, the data for air from different rooms can be separated in domain PC1-PC3 but the separation is not as clear as that in domain PC1-PC2. Figure 10 illustrates 3D PCA plot for PC1, PC2 and PC3. The 3D plot provides more comprehensive pictorial of data distribution in PCA space.

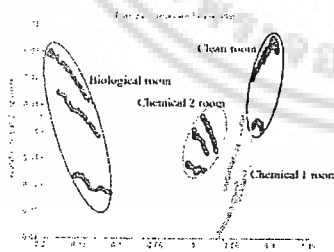


Figure 8. PCA plot between PC1 and PC2

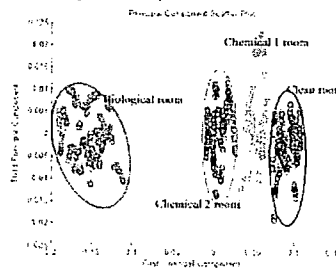


Figure 9. PCA plot between PC1 and PC3.

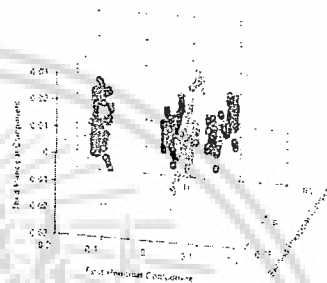


Figure 10. 3D PCA plot among PC1, PC2 and PC3.

IV. CONCLUSION

In conclusion, wireless electronic nose has developed and demonstrated for environment classification in various laboratories. The system combines commercial gas sensor arrays and microcontrollers with ZigBee wireless network. Odor data measured by multi sensor array are delivered via ZigBee network to a database station where PCA as linear explorative technique analysis is used to obtain odor dispersion and environment prediction. The air environment of various rooms in laboratory has been successfully classified. Therefore, the wireless electronic nose approach can automatically monitor environment of air and there is a potential for many industrial applications including livestock farm monitoring.

REFERENCES

- [1] W. Pimpao, T. Kerdelaroen, M. Sangworasil, A. Jomplak and A. Tuatranont, "Design and Development of Gas Sensor Array System for Portable Electronic Nose," *International Conference on Applied Science (2006)*, pp.545.
- [2] Ueilei Pan and Simon X. Yang, "An Electronic Nose Network System for Online Monitoring of Livestock Farm Odors," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol.14, No. 3, June 2009, pp. 371 - 376.
- [3] Lindsay J Smith, "A Tutorial on Principal Components Analysis", February, 2002, pp 1-76
- [4] ZigBee Alliance, www.ZigBee.org
- [5] N. Wathanasarith, T. Kerdelaroen, A. Tuatranont, "Microclimate real-time monitoring based on ZigBee sensor network," *2009 IEEE Sensors*, October 25-28, 2009, Christchurch, New Zealand, pp. 1814-1818.

ประวัติผู้เขียน

นายทวี ป็อกฝ้าย เกิดเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ.2526 ภูมิลำเนาอยู่จังหวัดลำพูน สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(หลักสูตรต่อเนื่อง) สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2551 โดยในปัจจุบันได้ทำงานอยู่ที่ หน่วยปฏิบัติการวิจัยนาโนอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องกลไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและคอมพิวเตอร์แห่งชาติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้