

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาพิเศษซีลोजิกสำหรับการวัดอุณหภูมิและความชื้น



โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา พ.ศ. 2550 มอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The study of Fuzzy logic for temperature and humidity measurement



Mr.Suksan Chamchuen

MissJaruwan Kongkaew

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **Academic Year 2007** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The study of Fuzzy logic for temperature and humidity measurement



Mr.Suksan Chamchuen

MissJaruan Kongkaew

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science


King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน Academic Year 2007 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การศึกษาพืชที่ออกดอกสำหรับการวัดอุณหภูมิและความชื้น
นักศึกษา นายสุขสันต์ แซ่มชื่น
 นางสาวจรรุวรรณ กองแก้ว
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา 2550
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.เบญจพล คันธุ์

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	อ.ทศยาภรณ์ ทิววงศ์	
กรรมการ	ดร.ปิติพร ถนอมงาม	
กรรมการ	อ.วิฑูรย์ ยินดีสุข	
กรรมการที่ปรึกษา	อ.เบญจพล คันธุ์	



 (รองศาสตราจารย์ วิชาญ เตชิตธีระ)
 หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การศึกษาพืชชี้ล่อจิกสำหรับการวัดอุณหภูมิและความชื้น	
นักศึกษา	นายสุขสันต์ แซ่มชื่น	
	นางสาวจารุวรรณ กองแก้ว	
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
	ฟิสิกส์ประยุกต์ - เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2550	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.เบญจพล ต้นสู	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการสร้างระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้เซนเซอร์SHT11 การทำงานของระบบจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89S52 ข้อมูลที่ได้จากระบบวัดจะถูกประมวลผลโดยกระบวนการพืชชี้ล่อจิกที่ถูกโปรแกรมไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหาค่าเอาต์พุตที่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิและความชื้น ผลที่ได้จากการวัดและประมวลจะถูกแสดงค่าออกทางคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title The study of Fuzzy logic for temperature and humidity measurement

Name Mr.suksan Chamchuen
MissJaruan Kongkaew

Department Applied Physics **Faculty of Science**

Program Applied Physics
Applied Physics - Science and Industry Instrument

Academic Year 2007

Special Project Advisor Mr.Benchapol Tunhoo

ABSTRACT

The purpose of this study is constructing temperatures and humidity measurement system with SHT11 sensors. A microcontrolle AT89S52 was applied to control this system and fuzzy logic algorithm was used to process data. This system connects to PC via serail post for system monitoring.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือของหลายฝ่าย คอยให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ ตลอดจนกำลังใจและคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นผลทำให้คณะผู้จัดทำมีความประทับใจ และอยากจะขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์เบญจพล ต้นธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเสียสละเวลาอันมีค่ากับโครงการพิเศษนี้ กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แจงข้อบกพร่อง ดูแลเอาใจใส่ ตรวจสอบแก้ไขจนโครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ภาคฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ ตลอดจนความช่วยเหลือทางด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกให้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ หนุนงานสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่และคอยเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดในยามเหน็ดเหนื่อยและท้อแท้ใจ

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงไว้ ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือให้โครงการนี้ไปถึงจุดหมายได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

สุขสันต์ แซ่มชื่น

จารุวรรณ กองแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	3
2.2 หน่วยความจำของ MCS-51	4
2.2.1 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)	4
2.2.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)	5
2.3 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51	5
2.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor)	6
2.4.1 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Humidity Sensor)	6
2.4.2 เซนเซอร์ความชื้นแบบรีซิสทีฟ (Resistive Humidity Sensor)	8
2.4.3 เซนเซอร์ความชื้นแบบ Thermal Conductivity	10
2.4.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบดิจิตอล	12
2.4.5 การคำนวณหาค่า Dew-point	13
2.5 ระบบควบคุมแบบพีซี	15
2.5.1 องค์ประกอบของระบบควบคุม	15
2.5.2 ตัวควบคุมแบบพีซี	16
2.5.3 วิธีคำนวณหาสัญญาณขับของตัวควบคุมแบบพีซี	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
3.1 การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware Designed)	24
3.3.1 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	24
3.1.2 การออกแบบการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับเซ็นเซอร์ SHT11	26
3.2 การออกแบบในส่วนซอฟต์แวร์ (Software Designed)	28
3.2.1 การออกแบบซอฟต์แวร์ในส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	28
3.2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ในส่วนของ Fuzzy Engine	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองวิจัยและแนวทางการพัฒนา	41
เอกสารอ้างอิง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางระบุกฎ 13 ข้อ

หน้า

23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของ MCS-51 เบอร์ 89C52	4
รูปที่ 2.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น Capacitive รูปทรงต่าง ๆ	6
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น และค่าความจุไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.4 แสดงเซนเซอร์แบบ Resistive Humidity	8
รูปที่ 2.5 แสดงกราฟการตอบสนองของเซนเซอร์ชนิด Resistive	9
รูปที่ 2.6 แสดงเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity	10
รูปที่ 2.7 วงจรในตัวเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity	11
รูปที่ 2.8 แสดงหน้าตาของเซนเซอร์ SH11	12
รูปที่ 2.9 กราฟที่ได้จากการคำนวณจากสูตรของ Magnus	13
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของคัปเปอร์ของระบบควบคุม	14
รูปที่ 2.11 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณขับ ณ คาบการสุ่มที่ n ด้วยค่า Δu_n	15
รูปที่ 2.12 แสดงกระบวนการแปลงค่า	16
รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	24
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	25
รูปที่ 3.3 แสดงวงจร SHT 11 ต่อเข้ากับ MCS-51	26
รูปที่ 3.4 กล่องที่นำเซ็นเซอร์ไปวาง	27
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการจัดวางเซ็นเซอร์	27
รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนของ Microcontroller	28
รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนของ Fuzzy Engine	29
รูปที่ 4.1 การแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT 11	30
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	34
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความชื้น	34
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	35
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความชื้น	35
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	36
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความชื้น	36
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	37
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความชื้น	37
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	38

	หน้า
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าความชื้น	38
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าที่คำนวณได้จากกระบวนการทาง Fuzzy	39
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ	39
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าความชื้น	40
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าที่คำนวณได้จากกระบวนการทาง Fuzzy	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบันมนุษย์ต้องการความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิตมากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติออกมาในหลายรูปแบบ บ้านอัจฉริยะก็เป็นระบบอัตโนมัติอีกระบบหนึ่งซึ่งอำนวยความสะดวกสบายให้กับมนุษย์ โดยระบบบ้านอัจฉริยะนี้จะรวมหลักการทำงานต่างๆของระบบอัตโนมัติไว้ เพื่อให้เป็นบ้านที่มีความปลอดภัย ประหยัดพลังงาน ประหยัดเวลา สามารถตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัย

ในโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นการสร้างต้นแบบของบ้านอัจฉริยะ โดยใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัด ตัวรับ - ตัวส่ง เพื่อบันทึกและแสดงผลไปยังคอมพิวเตอร์แล้วไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในบ้าน รวมถึงไปถึงสนามบริเวณบ้าน ซึ่งโครงการชิ้นนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้อาศัยเป็นอย่างมาก คือ สามารถช่วยประหยัดเวลา ประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยควบคุมระบบไฟฟ้าอัตโนมัติ และมีระบบรักษาความปลอดภัย ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นการตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัยในยุคปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบอัตโนมัติที่นำไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ
2. เพื่อสร้างชุดทดลองที่สามารถควบคุมระบบต่างๆภายในบ้านไปยังชุดอุปกรณ์รับ - ส่งข้อมูลที่ติดตั้งอยู่กับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการบันทึกข้อมูลและแสดงข้อมูลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์
3. เพื่อศึกษาและออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมและติดต่อระหว่างชุดอุปกรณ์ควบคุมระบบภายในบ้าน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ในโครงการพิเศษฉบับนี้จะเป็นการสร้างระบบประมวลผลโดยใช้วิธีการ Fuzzy logic โดยมีค่าความขึ้นและค่าอุณหภูมิเป็นอินพุตเข้าไปใน Fuzzy logic โดยใช้เซนเซอร์และชุดอุปกรณ์รับส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยทั้งหมดนี้จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
2. ศึกษาหลักการการทำงานของเซนเซอร์ชนิดต่างๆ
3. สร้างชุดทดลองที่นำไปควบคุมระบบอัตโนมัติ
4. ศึกษาหลักการการทำงานของระบบ Fuzzy logic
5. สร้างแบบจำลองของบ้านที่จะนำมาทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเชื่อมต่อกับระบบเซนเซอร์ไปควบคุมระบบ
2. ได้ศึกษาถึงหลักการการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ได้ศึกษาหลักการการทำงานของระบบ Fuzzy logic
4. สามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้
5. ได้เรียนรู้หลักการการทำงานร่วมกันกับผู้อื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

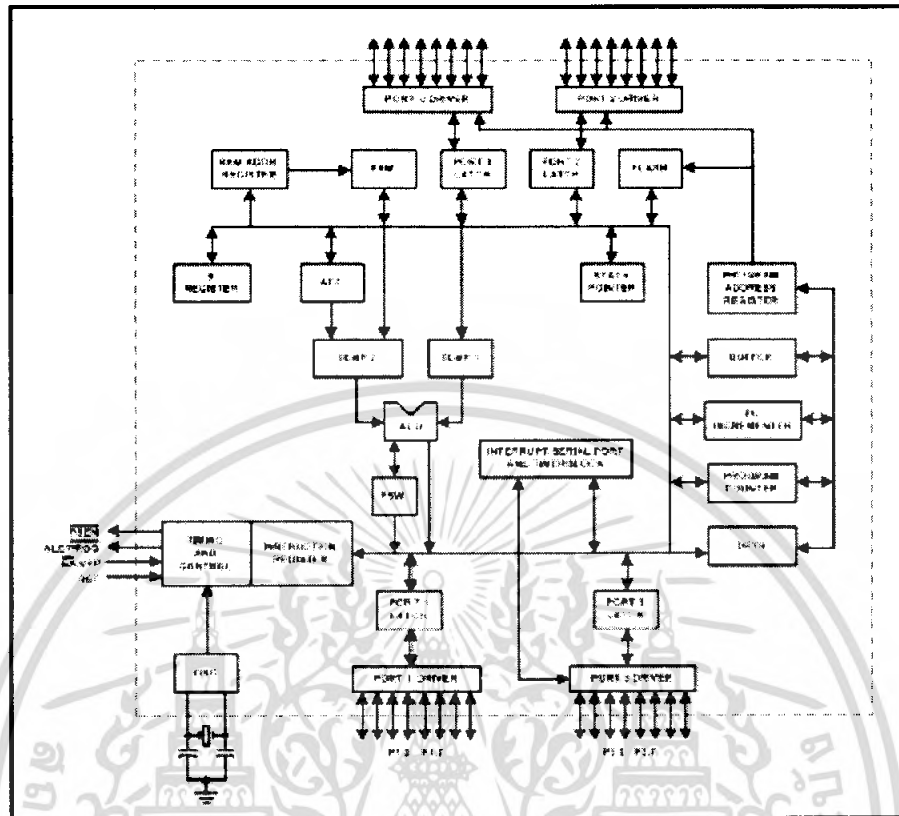
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ถือกำเนิดในปี 1980 โดยเบอร์ 8051 เป็นเบอร์แรกที่ยังออกมา หลังจากนั้นก็มีอีกหลายบริษัทได้นำไปพัฒนาต่อ เช่น เพิ่มหน่วยความจำ หรือเพิ่มความสามารถในการติดต่อกับอินพุต-เอาต์พุต แต่แก่นของซีพียู (CPU-Core) ดั้งเดิมมีลักษณะดังนี้

- ซีพียู 8 บิต
- สามารถประมวลผลแบบบิตได้
- อ่างหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- อ่างหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูลได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- อ่างหน่วยความจำ Flash ภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ (internal Program Memory)
- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูล 128 ไบต์ (internal Data Memory)
- อุปกรณ์ควบคุมการอินเทอร์รัพท์ (Interrupt Control Unit)
- ตัวตั้งเวลาและตัวนับเวลารุ่น 16 บิต 2 ชุด (Timer/Counter 0 and Timer/counter 1)
- พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งสามารถรับ-ส่งข้อมูลพร้อมกันได้
- พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต
- วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน (On-chip Clock Oscillator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของ MCS-51 เบอร์ 89C52

2.2 หน่วยความจำของ MCS-51

หน่วยความจำ (Memory) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำทำหน้าที่เก็บโปรแกรมและข้อมูล หรือพูดง่าย ๆ ก็คือ สามารถนำโปรแกรมและข้อมูลเอาไปเก็บไว้ระหว่างรอให้ซีพียูประมวลผล หรือเก็บผลลัพธ์ที่ได้หลังจากซีพียูประมวลผลเรียบร้อยแล้ว ประเภทของหน่วยความจำแบ่งออกเป็นสองชนิด ได้แก่ หน่วยความจำข้อมูลหรือแรม (RAM ชื่อเต็มว่า Random Access Memory) และหน่วยความจำโปรแกรมหรือรอม (ROM ชื่อเต็มว่า Read Only Memory)

2.2.1 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรมสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (READ OR WRITE MEMORY) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปร ที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ
 นั้น ตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกชิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับ การนำไอซีอีพรอมมาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง

2.2.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหายโครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำ ประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (READ ONLY MEMORY) หรือ อีพรอม (ERASABLE PROGRAMABLE READ ONLY MEMORY) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (INTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นหน่วยความจำรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซีของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (EXTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ

2.3 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกตัวจะแยกพื้นที่หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลออกจากกัน โดยหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ทั้ง 8 บิต และ 16 บิต ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมใช้อ่านได้อย่างเดียว จะเขียนด้วยวีปกติไม่ได้ ต้องใช้เครื่องสำหรับการโปรแกรมโดยเฉพาะ และสามารถอ้างหน่วยความจำได้ทั้งหมด 64 กิโลไบต์ (รวมทั้งภายในและภายนอกชิป)

เมื่อ MCS-51 เริ่มทำงาน ซีพียูจะเริ่มค้นทำงานที่หน่วยความจำโปรแกรมตำแหน่งที่ศูนย์ (0000H) หน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ภายในชิปจะเรียกว่า Internal Program Memory ปกติจะสร้างมาจาก EPROM หรือ Flash Memory ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมภายในจะขึ้นอยู่กับชนิดของซีพียูแต่ละตัว

ขณะที่หน่วยความจำโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายนอกชิปจะเรียกว่า External Program Memory ใช้ในการเก็บโปรแกรม ถ้าโปรแกรมนี้นขนาดเล็กอาจเก็บไว้ในชิปเลยก็ได้ หรือถ้าโปรแกรมนี้นขนาดใหญ่ อาจเก็บทั้งหมดของโปรแกรมไว้ที่หน่วยความจำนอกชิปเลยก็ได้

การอ้างแอดเดรสหรือตำแหน่งที่อยู่ในหน่วยความจำจะใช้เลขฐานสิบหกในการอ้างอิง ดังนั้น เวลาเขียนแอดเดรสจึงมักมีตัวอักษร H ต่อท้าย เพื่อเป็นการแสดงให้รู้ว่า เป็นตำแหน่งในเลขฐานสิบหก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor)

เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor) ที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ Capacitive, Thermal Conductivity และ Resistive เมื่อเราจะเลือกนำไปใช้งานต่าง ๆ กัน การมาเริ่มทำความรู้จักถึงข้อดี และข้อด้อยของเซ็นเซอร์แต่ละชนิดจึงน่าจะมีประโยชน์ต่อข้อมูลการวัดที่จะได้รับมากที่สุด การเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความชื้น มีหลักการดังนี้

1. ความแม่นยำ (Accuracy)
2. ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability)
3. เสถียรภาพในช่วงเวลายาว ๆ (Stability)
4. ความสามารถในการชดเชย (Condensation)
5. ความทนทานต่อสารเคมี
6. ขนาด และรูปตัวถังของเซนเซอร์ (Size & Package)
7. ความคุ้มค่า (Cost)

2.4.1 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Humidity Sensor)

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบนี้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีรูปร่างหน้าตา ดังแสดงในรูปที่ 2.2 มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม เชิงพาณิชย์ งานวิจัยหรือทดลองทางฟิสิกส์



รูปที่ 2.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น Capacitive รูปทรงต่าง ๆ

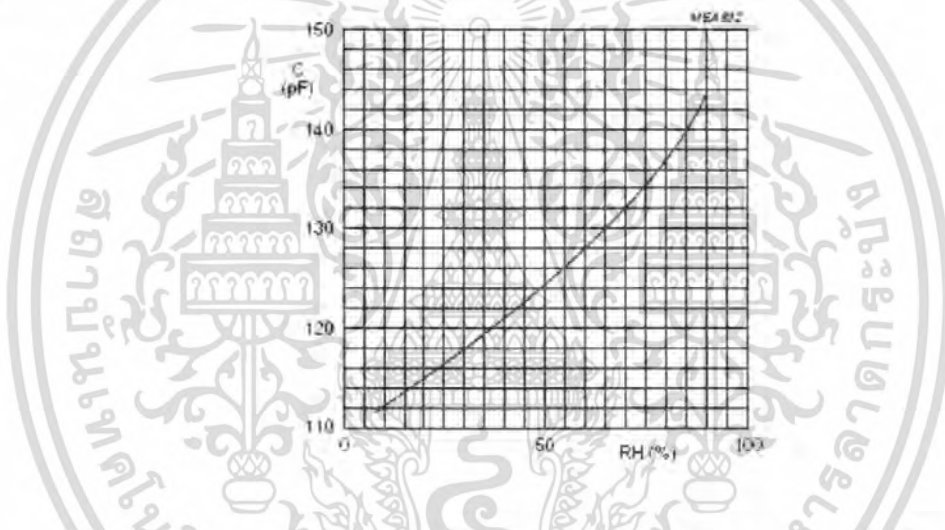
เซนเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำจากโพสิเมอร์ หรือ เมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางดังกล่าวถูกเคลือบด้วยอิเล็กโทรดโลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด

เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟสามารถตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมได้เกือบจะเป็นเชิงเส้น หรือมีการตอบสนองได้อย่างเป็นสัดส่วนที่ตนเอง โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1

เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) ก็จะเปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF เอน지니어สามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณได้ทันทีโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่น ๆ อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟถูกกำหนดให้มีคุณลักษณะเฉพาะคือค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำจึงทำให้ทำงานได้ดี แม้อุณหภูมิสูงถึง 200 °C การกลับสู่สภาวะเดิมจากสภาวะการควบแน่น และยังทนต่อไอระเหยของสารเคมีอีกด้วย ในขณะที่ช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์คือ 30 ถึง 60 วินาที สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วง 63 เปอร์เซ็นต์

หลายปีที่ผ่านมาได้มีการออกแบบพัฒนาให้เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟที่มีช่วงของการครีฟต์ (Drift) และฮิสเทอรีซิส (Hysteresis) น้อยที่สุด ทั้งนี้โดยอาศัยเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำแบบใหม่มาประยุกต์ใช้ เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟที่ใช้แผ่นฟิล์มบางนี้ บางรุ่นมีการติดตั้งวงจรแปลงสัญญาณเข้าไว้ด้วย เพื่อช่วยสร้างเอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกือบเป็นเชิงเส้นตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้น ดังในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น และค่าความจุไฟฟ้า

เมื่อพูดถึงถึงข้อดีของเซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟกันมาพอสมควรแล้วตอนนี้มาพูดถึงข้อด้อย ซึ่งเริ่มจากความผิดพลาดเท่ากับ (2%RH ในช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น 5% ถึง 95%RH นอกจากนี้เซนเซอร์ยังถูกจำกัดความสามารถด้วยระยะระหว่างชั้นส่วนตรวจจับความชื้นกับวงจรแปลงสัญญาณ เพราะหากใกล้กันมากจะทำให้เกิดผลกระทบของค่าความจุไฟฟ้า และในทางปฏิบัติจะต้องน้อยกว่า 10 ฟุต

คุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่งของเซนเซอร์แบบค่าความจุก็คือ Dew Point เนื่องจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสอดคล้องกับค่าความชื้นที่เปลี่ยนไป แม้จะเปลี่ยนแปลงไปน้อย ๆ ก็ตาม และค่า Drift ต่ำ ซึ่งถือว่าเป็นข้อดี แต่ถ้าค่าความชื้นที่เปลี่ยนไปต่ำกว่าในระดับที่กำหนดแล้ว เซนเซอร์ก็เริ่มที่จะทำงานไม่เป็นเชิงเส้น

คุณลักษณะดังกล่าวนี้นำไปสู่การพัฒนาระบบวัด Dew Point ติดตั้งร่วมกับเซนเซอร์และอานมิระบบไมโครโพรเซสเซอร์ช่วยเก็บข้อมูลการปรับเทียบค่าเอาไว้ในหน่วยความจำ เพื่อการชดเชยค่าได้อย่างแม่นยำขึ้นด้วย อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 เซนเซอร์ความชื้นแบบปริชีสตีฟ (Resistive Humidity Sensor)

เซนเซอร์ความชื้นแบบความต้านทานนี้จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น (Hygroscopic Medium) อย่างเช่น โพลีเมอร์ เกลือหรือสารสังเคราะห์ทั้งนี้อิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงแปรผันกับค่าความชื้นในลักษณะของกราฟเอกซ์โปเนนเชียลกลับด้าน



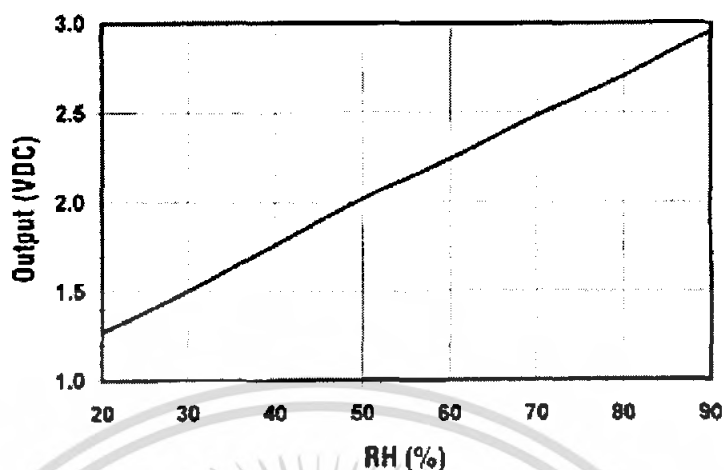
รูปที่ 2.4 แสดงเซนเซอร์แบบ Resistive Humidity

โครงสร้างของเซนเซอร์ Resistive ประกอบด้วยอิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วนวางอยู่บนฐานด้วยเทคนิคการวางแบบโฟโตริซิส (Photo resist) อิเล็กโตรดอาจมีขดลวดพันรอบ Wire-wound Electrodes ใช้แกนเป็นพลาสติกหรือแท่งแก้วทรงกระบอกในส่วนของฐานนั้นถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือโพลีเมอร์ (Conductive Polymer) การทำงานของเซนเซอร์ก็คือดูดซับไอน้ำและไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาทีสำหรับการเปลี่ยนแปลงในช่วง 63% โดยย่านของอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงของเซนเซอร์แปรเปลี่ยน 1 kW ถึง 100 mW

เซนเซอร์แบบ Resistive จะใช้วงจรวัดแบบสมมาตร (Symmetrical) ซึ่งใช้แปลงกำเนิดกระแสกลับกระดุนอย่างเช่นวงจรวัด (Bridge) และสาเหตุที่ทำให้ใช้กระแสตรงก็เพื่อป้องกันการเกิดขั้วศักย์ไฟฟ้าขึ้นนั่นเอง

เมื่อความต้านทานเปลี่ยนตามการเปลี่ยนของความชื้นเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรวัด กระแสไฟฟ้านี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันกระแสตรงเพื่อการส่งผ่านไปยังวงจรรขยายย่านวัดวงจรรขยายแรงดัน วงจรปรับเชิงเส้นและวงจรมแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลต่อไป ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วจะทำให้เซนเซอร์และ Resistive มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิได้ดีมาก ดังแสดงความสัมพันธ์ในกราฟที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงกราฟการตอบสนองของเซนเซอร์ชนิด Resistive

ข้อดีของเซนเซอร์แบบ Resistive ก็คือการสับเปลี่ยนได้ (Interchangeability) หมายถึงหากตัวใดเสียก็สามารถนำอีกตัวหนึ่งมาแทนได้ โดยผ่านการสอบเทียบด้วยการปรับค่าความต้านทาน ซึ่งก็ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน $\pm 2\%RH$ อย่างไรก็ตามหากต้องการสอบเทียบเซนเซอร์ Resistive ได้อย่างแม่นยำ ก็สามารถทำได้โดยใช้ RH Calibration Chamber หรือสอบเทียบด้วยระบบ DA ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ร่วมด้วย ข้อควรจำอย่างหนึ่งของการใช้เซนเซอร์แบบ Resistive คืออ่านอุณหภูมิใช้งาน อยู่ในช่วง $-40^{\circ}C$ ถึง $100^{\circ}C$

แม้ว่าอายุการใช้งานของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 5 ปี แต่การใช้งานในสภาพแวดล้อมของไอรระเหยของสารเคมีหรือน้ำมันก็อาจทำให้อายุการใช้งานของเซนเซอร์สั้นลงกว่านี้ ข้อบกพร่องหรือข้อด้อยอีกอย่างของเซนเซอร์ความต้านทานก็คือ การเกิดค่าเบี่ยงเบนเมื่อเกิดสภาวะควบแน่นหากใช้สารเคลือบที่ละลายน้ำได้

เซนเซอร์แบบ Resistive จะทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการผันแปรของอุณหภูมิไม่เกิน 100F หากเกินนี้ อุณหภูมิก็จะเริ่มส่งผลให้อ่านค่าความชื้นได้เพี้ยนไป อย่างไรก็ตามด้วยสาเหตุนี้เองจึงมีการเพิ่มระบบชดเชยอุณหภูมิเข้าไปด้วยเพื่อให้ความแม่นยำสูงขึ้น จากที่กล่าวมานี้คุณลักษณะที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก สามารถสับเปลี่ยนกันได้ และเสถียรภาพในช่วงเวลานาน จึงทำให้เหมาะใช้ในงานควบคุมอุปกรณ์แสดงผลในอุตสาหกรรม และใช้ในเครื่องใช้ต่าง ๆ ตามบ้าน

เซนเซอร์ความชื้นแบบ Resistive แบบหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับกันเป็นอย่างดีคือ "Dunmore" สร้างขึ้นครั้งแรกในปีคริสต์ศักราช 1940 และใช้กันเรื่อยมาจนทุกวันนี้

Dunmore Type โครงสร้างประกอบไปด้วยขดลวด Palladium ที่พันอยู่รอบแกนพลาสติก และถูกเคลือบด้วยสารผสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Binder) และลิเทียมโบรไมด์ (Lithium Bromide) หรือลิเทียม คลอไรด์ (Lithium Chloride) การปรับระดับความเข้มข้นลิเทียมโบรไมด์หรือลิเทียมคลอไรด์จะส่งผลให้ค่าความแยกแยะ (Resolution) ของเซนเซอร์สูงขึ้นและครอบคลุมย่านการวัดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20% - 40% RH หรืออาจจะสร้างใช้ในงานที่ต้องการฟังก์ชันการควบคุมความชื้นต่ำ ๆ ระดับ 1% - 2% RH ได้ด้วย ความแม่นยำของเซนเซอร์ Dunmore ระดับ 0.1%

การใช้งานของเซนเซอร์ Dunmore จะใช้กันในงานควบคุมระบบปรับอากาศที่ต้องการความแม่นยำสูง และใช้ควบคุมความชื้นในระบบสายส่งไฟฟ้ากำลังและระบบโทรคมนาคม

การพัฒนาล่าสุดของเซนเซอร์ความชื้นแบบ Resistive คือ การใช้เซรามิกเคลือบผิว เพื่อลดข้อจำกัดในกรณีเกิดการควบแน่นของสภาพแวดล้อมเซนเซอร์แบบนี้ประกอบไปด้วยส่วนฐานที่ทำจากเซรามิก และมีอิเล็กโทรดโลหะวางห่างกันโดยใช้กระบวนการไฟโตรซิส ส่วนฐานของเซรามิกจะถูกเคลือบด้วยสารผสมระหว่างโพลีเมอร์และเซรามิก ส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องจะถูกประกอบใช้ในตัวยังพลาสติกเพื่อป้องกันฝุ่นละออง

2.4.3 เซนเซอร์ความชื้นแบบ Thermal Conductivity

เซนเซอร์แบบนี้เป็นชนิดเดียวที่วัดค่าความชื้นสมบูรณ์ โดยอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้ง (Thermal Conductivity) กับการนำความร้อนของอากาศที่มีไอน้ำอยู่ โดยเมื่ออากาศหรือก๊าซแห้ง มันจะมีความสามารถที่จะรับความจุความร้อนสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น สภาพอากาศในทะเลทราย ซึ่งจะร้อนจัดในเวลากลางวัน แต่พอตกกลางคืนอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากสภาวะบรรยากาศแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว อากาศที่มีความชื้นจะไม่เย็นลงอย่างรวดเร็วในตอนกลางคืนเพราะความร้อนยังแฝงอยู่ในไอน้ำของชั้นบรรยากาศ

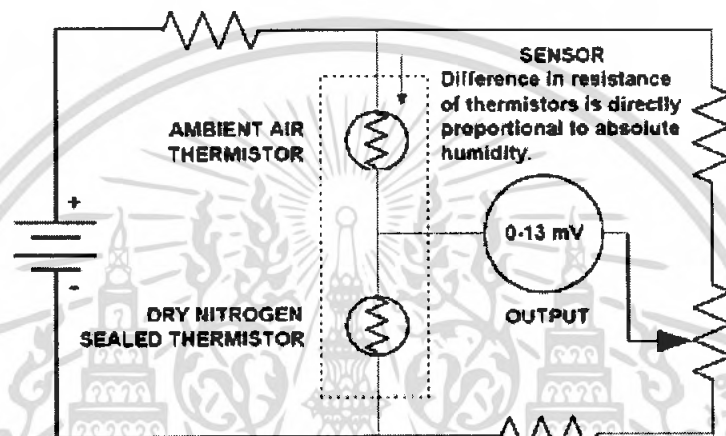
เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity หรือเราอาจจะเรียกเซนเซอร์ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity Sensor) ประกอบด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจน และเทอร์มิสเตอร์อีกตัวหนึ่งถูกวางอยู่ในบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 2.7 กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านเทอร์มิสเตอร์ทั้งสอง ส่งผลให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์มากกว่า 200°C และความร้อนที่กระจายออกจากเทอร์มิสเตอร์ในแคปซูลจะมากกว่า เทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองนี้ เป็นความต่างของการนำความร้อนของไอน้ำเทียบเก็บในโครเจนแห้ง ความแตกต่างของค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชื้นสัมบูรณ์ดังในรูปที่ 6



รูปที่ 2.7 วงจรในตัวเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity

รูปที่ 2.7 ในตัวเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity จะมีเทอร์มิสเตอร์ที่เหมือนกัน 2 ตัวต่ออยู่ในวงจรบริดจ์ เซนเซอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในก๊าซไนโตรเจนแห้ง และอีกตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในอากาศ แรงดันในวงจรบริดจ์จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชื้นสัมบูรณ์

นอกจากจะใช้วงจรบริดจ์แล้วยังมีการใช้เครือข่ายความต้านทานเพื่อสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้เท่ากับย่านความชื้น $0-130 \text{ G/m}^3$ ที่อุณหภูมิ 60°C

การสอบเทียบเซนเซอร์แบบนี้จะใช้การวางเซนเซอร์ในอากาศหรือไนโตรเจนที่ไม่มีความชื้น จากนั้นจะทำการปรับให้เอาต์พุตเป็นศูนย์

เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity มีความทนทานสูงและทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 300°C และยังทนต่อไอระเหยสารเคมีได้เป็นอย่างดีจากคุณสมบัติที่ดีของวัสดุโครงสร้างที่ไม่มีปฏิกิริยาทางสารเคมี เช่น แก้ว สารกึ่งตัวนำ ที่ใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์พลาสติกทนอุณหภูมิสูง หรืออะลูมิเนียม

โดยทั่วไปแล้วจะมีการใช้เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity ในงานอุตสาหกรรมอบผ้าทั้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ หรือแบบที่ใช้ไอน้ำ รวมทั้งอุตสาหกรรมอบไม้ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งาน เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ การผลิตสารเคมีต่าง ๆ ทั้งนี้เซนเซอร์แบบนี้มีความแยกแยะที่ดีกว่าเซนเซอร์แบบอื่น ที่ระดับอุณหภูมิไม่วาร์ณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่า 200°F นอกจากนี้ก็อาจมีการใช้ในงานที่ต้องการความแม่นยำระดับ +3g/m3 ซึ่งเมื่อแปลงไปเป็นค่าความชื้นจะได้เท่ากับ $\pm 5\%RH$ ที่ 40°C และ $\pm 0.5\% RH$ ที่ 100°C

2.4.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบดิจิทัล

เซนเซอร์รุ่น SHT11 ของ SENSIRION เป็นเซนเซอร์ขนาดเล็กจิ๋วเมื่อเทียบกับขนาดหัวไม้ขีดไฟ และเป็นเซนเซอร์ตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์แบบดิจิทัลที่วัดค่าอุณหภูมิได้ด้วย โดยมีจุดเด่นต่าง ๆ ดังนี้

- เอาท์พุทแบบดิจิทัล
- เสถียรภาพสูงมาก
- ไม่ต้องมีวงจรใดมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมอีก
- ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำมาก
- มีตัวถังให้เลือกเป็นแบบ Surface Mount หรือแบบ 4 ขาสัญญานขนาดเล็ก
- มีระบบปิดเครื่องอัตโนมัติ
- สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้



รูปที่ 2.8 แสดงหน้าตาของเซนเซอร์ SHT11

เซนเซอร์ SHT11 เหมาะสมกับงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การสร้างเครื่องมือวัดความชื้น/อุณหภูมิ, คาต้าลอกเกอร์ (Data Logger), เครื่องปรับอากาศ, ระบบวัดความชื้นในรถยนต์ และในงานทางการแพทย์ และงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การคำนวณหาค่า Dew-point

Dew-point temperature เป็นอุณหภูมิที่น้ำในอากาศอิ่มตัวและเริ่มกลั่นตัวเป็นไอน้ำ เมื่ออุณหภูมิเย็นลงไปจนถึง dew point (dew point คือจุดที่จะเริ่มมีการเกาะตัวเป็นหยดน้ำ) และค่าความชื้นสัมพัทธ์จะกลายเป็น 100%

การคำนวณหา dew point สามารถคำนวณได้จากความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ

สูตรการคำนวณของ Magnus จะสัมพันธ์กับค่าความดันไอน้ำอิ่มตัวกับ dew point ที่อุณหภูมิ T (มีหน่วยเป็น °C) จะมีค่าความดันไอน้ำ EW (มีหน่วยเป็น hPa) คือ

$$EW = \alpha \cdot e^{\left(\frac{\beta \cdot T}{\lambda + T}\right)} \quad (1)$$

ที่ค่าระหว่างที่ -45°C ถึง 60°C จากสมการที่ (1) ตัวแปรของ Magnus จะมีค่า คือ $\alpha = 6.112$ hPa, $\beta = 17.62$ และ $\lambda = 243.12$ °C และค่า dew-point temperature DP (°C) สามารถหาได้จากค่าความดันไอน้ำ E

$$Dp = \frac{\lambda \cdot \ln\left(\frac{E}{\alpha}\right)}{\beta - \ln\left(\frac{E}{\alpha}\right)} \quad (2)$$

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%) จาก $E = RH \cdot EW / 100$ เมื่อนำสมการที่ (1) ไปแทนในสมการที่ (2) จะได้ค่าของ dew point DP ที่อุณหภูมิ T และค่าความชื้นสัมพัทธ์ RH

$$Dp(T, RH) = \frac{\lambda \cdot \left(\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{\beta \cdot T}{\lambda + T} \right)}{\beta - \left(\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{\beta \cdot T}{\lambda + T} \right)} \quad (3)$$

ต่อมาเป็นตัวอย่างโปรแกรมที่แสดงการคำนวณหาค่า dew point DP จากค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิ T ที่ได้มาจากสมการที่ (3) ที่ค่าอุณหภูมิมิหน่วยเป็น Celsius

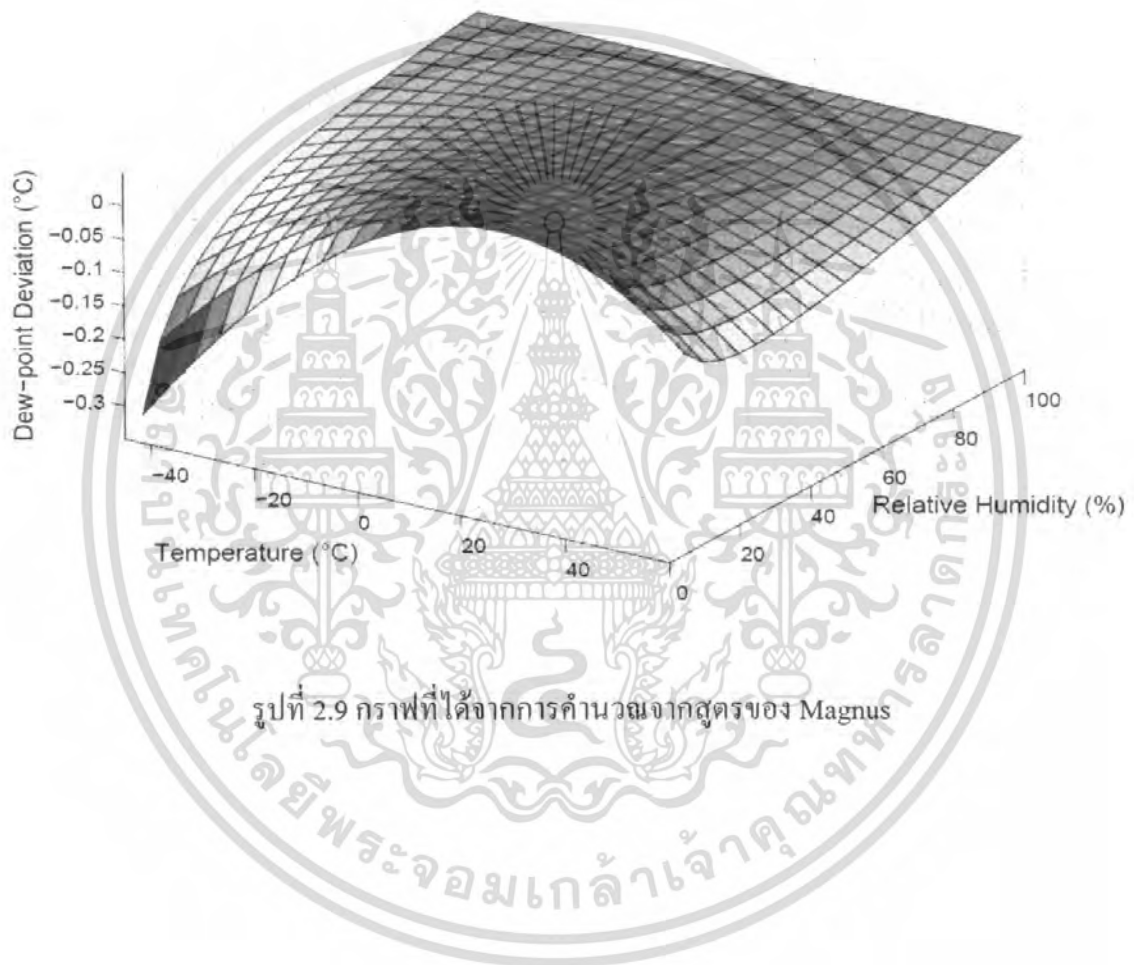
$$H = (\log_{10}(RH) - 2) / 0.4343 + (17.62 \cdot T) / (243.12 + T);$$

$$Dp = 243.12 \cdot H / (17.62 - H);$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง $RH = 10\%, T = 25^\circ\text{C} \rightarrow \text{Dew point} = -8.77^\circ\text{C}$
 $RH = 90\%, T = 50^\circ\text{C} \rightarrow \text{Dew point} = 47.90^\circ\text{C}$

สูตรนี้เป็นการใช้ค่าประมาณ จากรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นถึงค่าที่ได้จากการคำนวณของสูตรนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

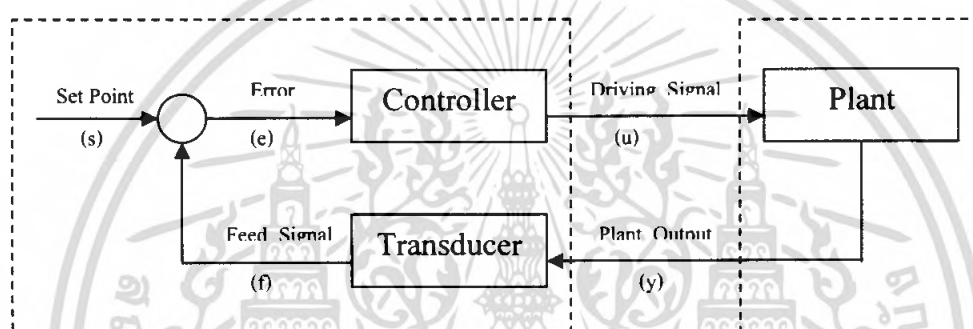
2.6 ระบบควบคุมแบบพีซี

2.6.1. องค์ประกอบของระบบควบคุม

เมื่อพูดถึงระบบควบคุมจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ

- (1) ตัวควบคุม (Controller)
- (2) ระบบที่ต้องการควบคุม (Plant)
- (3) อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Transducer)

โดยมีการทำงานที่เชื่อมโยงกัน ดังแสดงในรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานขององค์ประกอบของระบบควบคุม

การทำงานของแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้ Transducer จะทำหน้าที่วัดและตรวจจับสัญญาณตอบสนองของระบบที่ต้องการควบคุม (Plant Output : y) และสร้างสัญญาณออกมา (Feedback Signal : f) เพื่อนำไปป้อนกลับ โดยการเปรียบเทียบกับจุดหรือสถานะที่เราต้องการรักษาไว้ (Set Point : s) ผลต่างของสัญญาณทั้งสอง คือ ค่าผิดพลาด (Error : e) และถูกจ่ายเข้า Controller เพื่อไปสร้างสัญญาณขับที่เหมาะสมให้กับ Plant ต่อไป

การสร้างสัญญาณขาออกของ Controller นี้ มีหลักการว่าจะต้องสร้างในลักษณะที่ลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดอย่างรวดเร็วที่สุด และท้ายสุดควรจะนำระบบให้เข้าสู่สถานะที่มีค่าผิดพลาดเป็นศูนย์ได้ กฎการสร้างสัญญาณขาออกของ Controller จากค่าผิดพลาด หรือ อัลกอริทึมในการควบคุม (Controller Algorithm) จึงนับเป็นหัวใจสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของการควบคุมต่างๆ เช่น การสั่นไหวของสัญญาณตอบสนองของ Plant ก่อนที่จะลู่เข้า (Overshoot) เวลาที่ใช้ในการลู่เข้า (settling Time) เป็นต้น

อัลกอริทึมในการควบคุมที่ใช้กันมานานและเป็นที่ยอมรับกันดี คือ แบบ PID โดย P หมายถึง ความเป็นสัดส่วน (Proportional) I หมายถึง การสะสม (Integration) และ D หมายถึง อัตราการเอกสเปลี่ยนแปลง (Derivative) ของสัญญาณขาเข้าของตัวควบคุม ซึ่งก็คือ ค่าผิดพลาดนั้นเองโดยตัวไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแบบ PID จะสร้างสัญญาณขาออกเพื่อไปขับระบบที่ต้องการควบคุมด้วยค่าที่เป็นสัดส่วนกับเทอมทั้งสามข้างต้น นอกจากนี้ ก็ยังมีอัลกอริทึมที่ใช้คณิตศาสตร์ชั้นสูงมาช่วยในการออกแบบแต่ก็พบว่า ไม่ค่อยถูกนำไปใช้ในทางปฏิบัติมากนัก เพราะมีความซับซ้อนและส่วนใหญ่จะต้องรู้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบที่ต้องการควบคุม ซึ่งในความเป็นจริงไม่ใช่เรื่องง่ายหรืออาจจะทำไม่ได้เสียด้วยซ้ำ ในการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ โดยเฉพาะระบบที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากๆ

2.6.2 ตัวควบคุมแบบฟัซซี่

ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Controller) เป็นตัวควบคุมที่มีอัลกอริทึมในการควบคุมในรูปแบบของกฎ หรือ เงื่อนไขในลักษณะของประโยคเชิงตรรกแบบ If – then อัลกอริทึมลักษณะนี้คงจะไม่ใช้ของใหม่ ถ้ามีลักษณะเป็นเพียง

If e is 0.1 then output u with 0.5 .

(ถ้าค่าผิดพลาดเท่ากับ 0.1 ให้จ่ายสัญญาณขับ u เท่ากับ 0.5)

หรืออยู่ในรูปของตารางจับคู่ที่ค่าต่างๆระหว่างสัญญาณขาเข้ากับขาสัญญาณขาออกของตัวควบคุม แต่อัลกอริทึมในตัวควบคุมแบบฟัซซี่จะประกอบด้วยกฎหรือเงื่อนไขที่มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์เชิงฟัซซี่ เช่น

If e is big then u is also big .

(ถ้าค่าผิดพลาดมาก ให้จ่ายสัญญาณขับ u ด้วยค่าที่มากด้วย)

เป็นต้น กฎหรือเงื่อนไขในตัวควบคุมแบบฟัซซี่หนึ่งๆอาจจะมีตั้งแต่ 2-3 กฎ ไปจนถึง 100 กฎ สำหรับระบบที่ใหญ่และซับซ้อน กฎต่างๆเหล่านี้ได้มาจากประสบการณ์ , สามัญสำนึก , การสังเกตที่ผู้ปฏิบัติการ (Operator) ได้สั่งสมมาเป็นเวลานานปี การสร้างสัญญาณขับในตัวควบคุมแบบฟัซซี่ก็จะทำได้โดยใช้การอนุมานเชิงฟัซซี่ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่แล้ว ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเรามีกฎดังเช่นเมื่อสักครู่นี้ คือ

กฎที่ 1 : If e is big then u is also big .

และพฤติกรรมขณะใดขณะหนึ่งของ e เป็น

พฤติกรรมของ e : e is very big

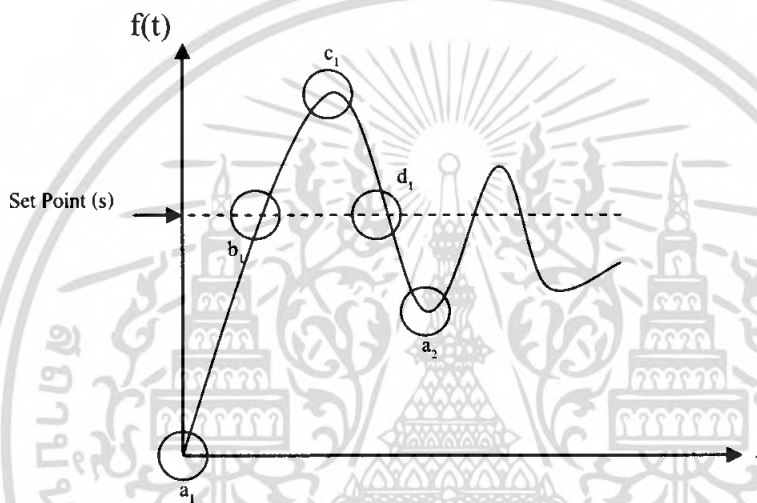
เราก็อาจจะอนุมาน โดยใช้ Composition Rule เพื่อหา u ที่เหมาะสมได้ ซึ่งในกรณีนี้ก็จะเป็น

ผลการอนุมานของ u ที่เหมาะสม : u is very big

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยนิยามของความ **very big** ของ u นั้น อาจหาได้ทางหนึ่งโดยการใช้วิธี Composition แบบ Max-Min ที่ได้อธิบายไว้ในตัวอย่างของหัวข้อที่แล้ว ก่อนที่จะแสดงวิธีอนุมานด้วยตัวอย่างในหัวข้อถัดไป มาลองดูตัวอย่างของการสร้างกฎแบบง่าย ๆ ต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 เราจะลองสร้างกฎในตัวควบคุมแบบพีชชี โดยพิจารณากรณีต่างๆของสัญญาณป้อนกลับ (f) ที่ได้มาจากการตอบสนอง (y) ของระบบที่ต้องการควบคุมดังต่อไปนี้



และนิยามสัญลักษณ์ของค่าผิดพลาด e ด้วย

$$e(t) = S - f(t)$$

หรือถ้าเป็นระบบที่เป็นแบบสุ่มสัญญาณ

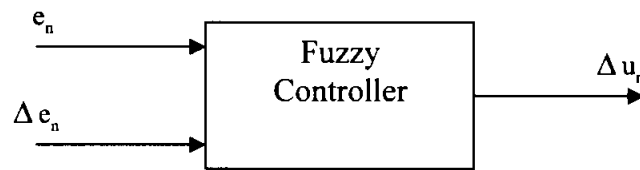
$$e_n = S - f_n$$

สำหรับคาบการสุ่มที่ n และให้การเปลี่ยนแปลงของค่าผิดพลาด Δe เป็น

$$\Delta e_n = e_n - e_{n-1}$$

โดยตัวควบคุมแบบพีชชีในกรณีนี้จะเปลี่ยนแปลงสัญญาณขับ ณ คาบการสุ่มที่ n ด้วยค่า Δu_n ตามเงื่อนไขของ e_n และ Δe_n ตามรูปข้างล่าง

81599



รูปที่ 2.11 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณขับ ณ คาบการสุ่มที่ n ด้วยค่า Δu_n

ดังนั้น กฎต่างๆที่จะสร้างต่อไปนี้จะจะเป็นเงื่อนไขที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาคอินพุต คือ e_n และ Δe_n กับภาคเอาต์พุต คือ Δu_n โดยมีแนวทางในการสร้างกฎว่า จะต้องเป็นทิศทางที่ทำให้คุณภาพของการควบคุมดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เช่น ลดการสั่นไหว, ให้ระบบเข้าสู่สถานะที่ต้องการให้เร็วที่สุด มาลองพิจารณากรณีต่างๆในรูปเมื่อครู่คุดังนี้

ที่บริเวณ a_1 : e_n ที่มีค่า**บวกที่มาก** และ Δe_n มีค่า**เกือบเป็นศูนย์**

ดังนั้นในกรณีนี้เราควรเพิ่มการขับให้มากด้วย Δu_n ที่มีค่า**บวกที่มาก**ด้วย

ที่บริเวณ b_1 : e_n ที่มีค่า**เกือบเป็นศูนย์** และ Δe_n มีค่า**ลบที่มาก**

ดังนั้นในกรณีนี้เราควรเพิ่มการขับให้มากด้วย Δu_n ที่มีค่า**ลบที่มาก**ด้วย

ที่บริเวณ c_1 : e_n ที่มีค่า**ลบที่มาก** และ Δe_n มีค่า**เกือบเป็นศูนย์**

ดังนั้นในกรณีนี้เราควรเพิ่มการขับให้มากด้วย Δu_n ที่มีค่า**ลบที่มาก**ด้วย

ที่บริเวณ d_1 : e_n ที่มีค่า**เกือบเป็นศูนย์** และ Δe_n มีค่า**บวกที่มาก**

ดังนั้นในกรณีนี้เราควรเพิ่มการขับให้มากด้วย Δu_n ที่มีค่า**บวกที่มาก**ด้วย

ที่บริเวณ a_2 : e_n ที่มีค่า**บวกปานกลาง** และ Δe_n มีค่า**เกือบเป็นศูนย์**

ดังนั้นในกรณีนี้เราควรเพิ่มการขับให้มากด้วย Δu_n ที่มีค่า**บวกปานกลาง**ด้วย

ด้วยวิธีเช่นนี้ เราสามารถเขียนเป็นชุดของกฎสำหรับการควบคุมได้ 13 กฎดังต่อไปนี้

กฎที่ 1 : If $e_n = \text{PB}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{PB}$

กฎที่ 2 : If $e_n = \text{ZO}$ and $\Delta e_n = \text{NB}$ then $\Delta u_n = \text{NB}$

กฎที่ 3 : If $e_n = \text{NB}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{NB}$

กฎที่ 4 : If $e_n = \text{ZO}$ and $\Delta e_n = \text{PB}$ then $\Delta u_n = \text{PB}$

กฎที่ 5 : If $e_n = \text{PM}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{PM}$

กฎที่ 13 : If $e_n = \text{ZO}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{ZO}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือใช้ตารางในการช่วยระบุกฎทั้งสิบสามข้อดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางระบุกฎ 13 ข้อ

$e_n \Delta e_n$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB				NB(3)			
NM				NM(7)			
NS				NS(11)			
ZO	NB(2)	NM(6)	NS(6)	ZO(13)	PS(12)	PM(8)	PB(4)
PS				PS(9)			
PM				PM(5)			
PB				PB(1)			

โดยแต่ละตำแหน่งในตาราง คือ เงื่อนไขของการเพิ่มสัญญาณขับ Δu_n สำหรับกรณีต่างๆของ e_n และ Δe_n สัญลักษณ์ต่างๆข้างบนมีความหมายดังนี้

PB : ค่าเป็นบวกที่มาก NB : ค่าเป็นลบที่มาก ZO : ค่าเกือบเป็นศูนย์

PM : ค่าเป็นบวกปานกลาง NM : ค่าเป็นลบปานกลาง

PS : ค่าเป็นบวกที่น้อย NS : ค่าเป็นลบที่น้อย

2.6.3 วิธีคำนวณหาสัญญาณขับของตัวควบคุมแบบฟัซซี่

เราได้สร้างกฎ 13 ข้อ สำหรับระบบควบคุมแบบฟัซซี่ในตัวอย่างที่แล้ว สมมติว่า ณ หนึ่งพฤติกรรมของภาคอินพุต e_n และ Δe_n เป็น

พฤติกรรมของ e_n และ Δe_n : e_n is PS and Δe_n is NS

แล้ว และอยากจะหาว่า Δu_n สำหรับกรณีนี้ควรเป็นอย่างไร

ถ้าเราพิจารณากฎแต่ละกฎในตัวอย่างของหัวข้อที่แล้วว่าเป็นเซตความสัมพันธ์เชิงฟัซซี่อันหนึ่งระหว่างเทอม 3 เทอม คือ e_n , Δe_n , Δu_n ที่ต่างก็อยู่ภายในจักรวาลที่สนใจซึ่งเป็นอิสระต่อกัน 3 อัน คือ U_1 , U_2 , U_3 แล้ว เราก็อาจจะอนุมานหา Δu_n ที่มีลักษณะที่เหมาะสม โดยการทำ Composition กับกฎแต่ละกฎ ผลของการอนุมานแต่ละครั้งจะได้ Δu_n สำหรับกฎแต่ละกฎออกมาในเชิงตรรก ถ้าเราพิจารณาว่า ชุดกฎทั้ง 13 ข้อ ถูกเชื่อมด้วยตรรก “หรือ” แล้ว การสรุปหาผลการอนุมานสุดท้ายทางหนึ่งก็คือ ทำ “max” ระหว่างผลการอนุมานที่ได้จากกฎทั้งสิบสามข้อ

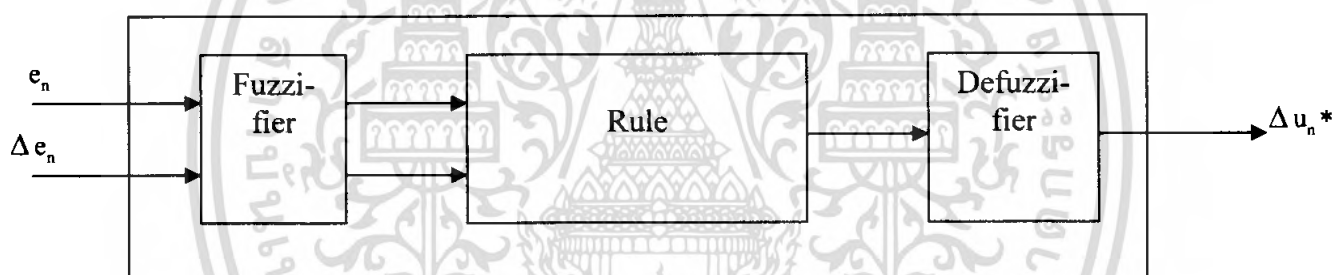
แต่การทำเช่นนี้ เราจะพบปัญหา 2 ประการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. พฤติกรรมของ e_n และ Δe_n (ภาคอินพุต) นั้นออกมาในรูปของฟัซซี่เซต แต่รู้ในรูปของค่าตัวเลขที่มีค่าเดียวตายตัว (Non-fuzzy Value)
2. ผลของการอนุมาน Δu_n (ภาคเอาต์พุต) นั้นออกมาในรูปฟัซซี่เซต ในขณะที่ในทางปฏิบัติเราต้องการใช้ Δu_n ที่มีค่าเป็นตัวเลขตายตัว (Non-fuzzy Value) เพื่อไปขับระบบที่ต้องการควบคุม

นั่นคือในโลกของความเป็นจริงที่อยู่ภายนอกตัวควบคุมแบบฟัซซี่ปริมาณทุกปริมาณ Non-fuzzy Value และในขณะที่ภายในตัวควบคุมแบบฟัซซี่ปริมาณทุกปริมาณถูกนิยามในเชิงฟัซซี่ในรูปของฟัซซี่เซตทั้งนั้น ดังนั้นเราจึงต้องการการแปลงเพื่อเชื่อมโยงโลกทั้งสองนี้เข้าด้วยกัน ดังแสดงในตัวอย่างภาพต่อไปนี้

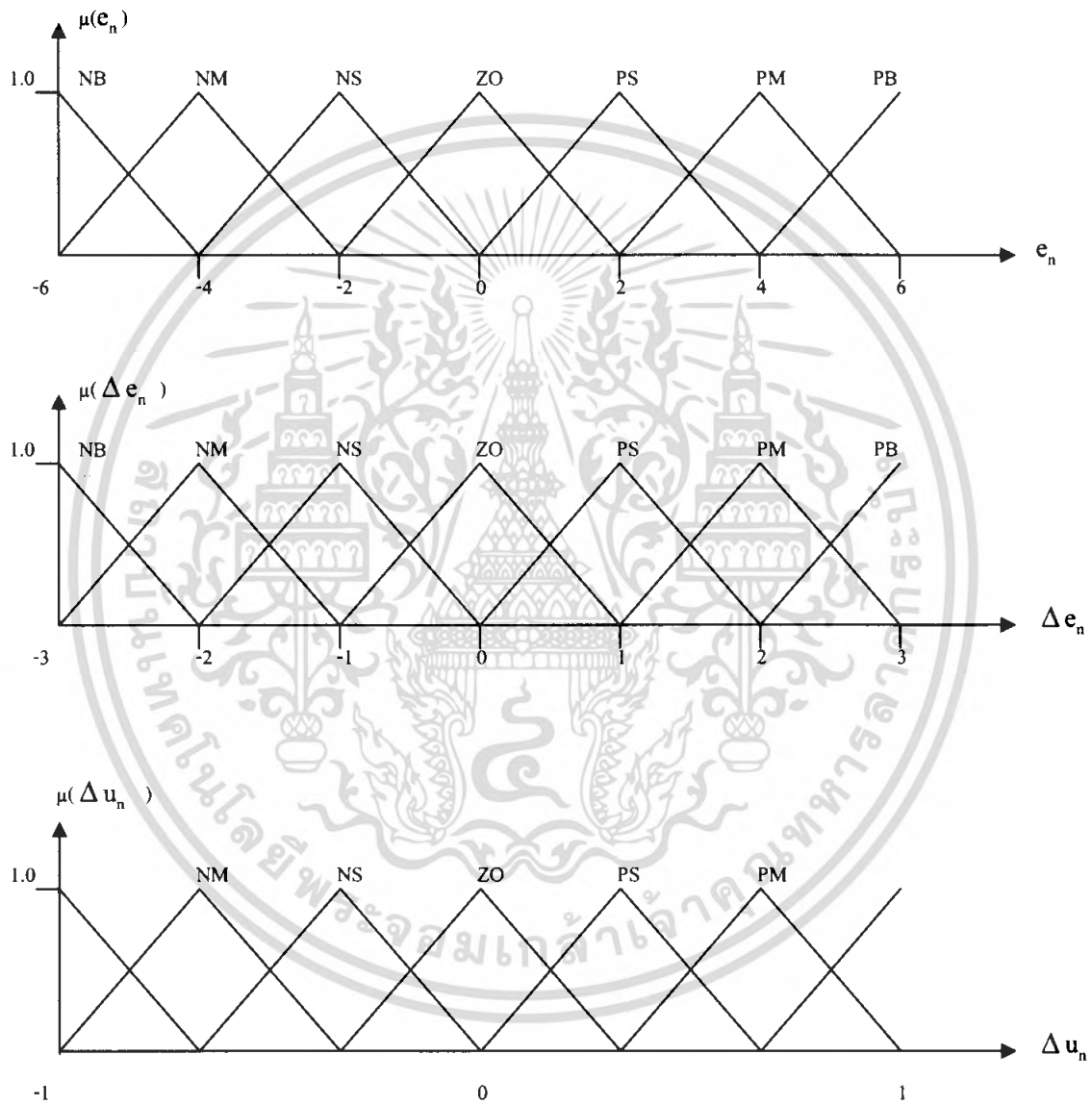
รูปที่ 2.12 แสดงกระบวนการแปลงค่า



ส่วนจะทำอย่างไรนั้น จะอธิบายโดยใช้ตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2 ให้ภายในจักรวาลที่สนใจ U_1, U_2, U_3 ของ $e_n, \Delta e_n, \Delta u_n$ ตามลำดับที่กล่าวถึงในตัวอย่างที่แล้ว มีนิยามของ Fuzzy Set ต่างๆ ได้แก่ PB, PM, Ps, ZO, NS, NM, NB ด้วยฟังก์ชันสมาชิกภาพต่างๆดังต่อไปนี้

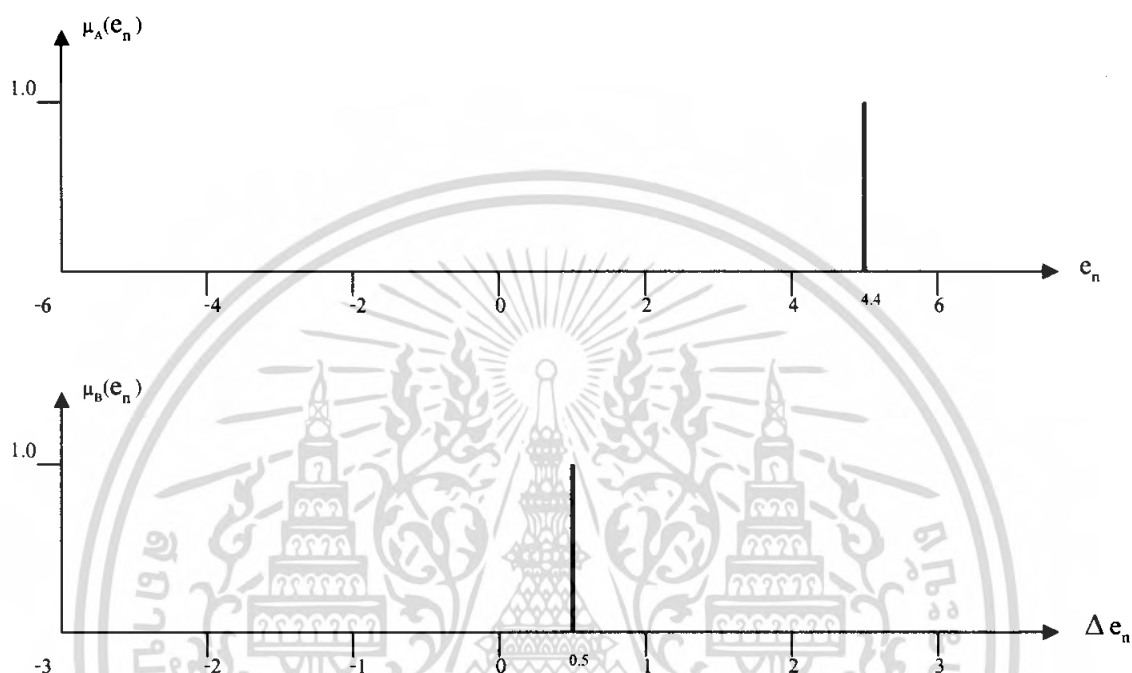


และสมมติว่า ณ ขณะหนึ่ง $e_n = 4.4$, $\Delta e_n = 0.5$ เราต้องการหา Δu_n^* ที่เหมาะสมว่าควรจะมีค่าเป็นเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 : การ Fuzzify

ก่อนอื่น เราจะเขียน ที่เข้ามาด้วยฟัซซี่เซต A และ B ที่มีฟังก์ชันสมาชิกภาพ ดังนี้



ขั้นตอนที่ 2 : การอนุมาน

เมื่อได้พฤติกรรมของ e_n และ Δe_n ในรูปของฟัซซี่เซตแล้วขั้นตอนต่อไปก็คือ การอนุมาน โดยในกรณีนี้ จะเห็นว่า e_n ที่เข้ามาอยู่ในขอบข่ายของฟัซซี่เซต 2 เซต คือ PM และ PB ส่วน Δe_n ที่เข้ามาอยู่ในขอบข่ายของฟัซซี่เซต 2 เซต เช่นเดียวกัน แต่เป็น ZO และ PS เมื่อตรวจสอบดูกฎทั้งสิบสามในตัวอย่างที่แล้วพบว่า มีกฎที่เกี่ยวข้องและเราต้องใช้ในการอนุมานอยู่ 2 กฎ คือ

กฎที่ 1 : If $e_n = \text{PB}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{PB}$

กฎที่ 5 : If $e_n = \text{PM}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{PM}$

แล้วพิจารณาการอนุมานจากกฎแต่ละกฎดังนี้

กฎที่ 1 : If $e_n = \text{PB}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{PB}$

พฤติกรรมของ e_n และ Δe_n : $e_n = \text{A}$ and $\Delta e_n = \text{B}$

ผลการอนุมาน : Δu_n ควรเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ออก (๑) หรือสิทธิที่สงวนไว้โดยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

กฎที่ 5 : If $e_n = \text{PM}$ and $\Delta e_n = \text{ZO}$ then $\Delta u_n = \text{PM}$

พฤติกรรมของ e_n และ Δe_n : $e_n = \text{A}$ and $\Delta e_n = \text{B}$

ผลการอนุมาน : Δu_n ⁽⁵⁾ ควรเป็นอย่างไร

เนื่องจากขณะนี้ ปริมาณถูกระบุในรูปของฟัซซีแล้ว เราก็สามารถอนุมานโดยใช้วิธี Composition แบบ Max - Min ที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่แล้วได้ แต่เนื่องจากกฎแต่ละกฎเป็นเซตความสัมพันธ์ระหว่างเทอมถึง 3 เทอม และแต่ละเทอมยังถูกนิยามอย่างต่อเนื่อง คือ เป็นสมาชิกของเซตไม่จำกัดอีกด้วย ทำให้มีความรู้สึกว่าการทำ Composition อาจะยากและซับซ้อนยิ่งขึ้น แต่ในความเป็นจริง เนื่องจากพฤติกรรมของ e_n และ Δe_n ที่เข้ามาถูกเขียนแสดงด้วย Fuzzy Set ที่มีลักษณะง่าย (มีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น) ทำให้เมื่อผ่านการทำ min ในการ Composition แล้ว จะสามารถหาผลออกมาได้โดยง่ายทีเดียว ในที่นี้จะขอแสดงวิธีที่ถัดขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลออกมา ส่วนการพิสูจน์ว่าได้ผลออกมาตรงกับการทำ Composition แบบ Max - Min ตามขั้นตอนที่กล่าวในหัวข้อที่แล้วนั้น ขอให้ทำการตรวจสอบโดยตนเอง

บทที่ 3

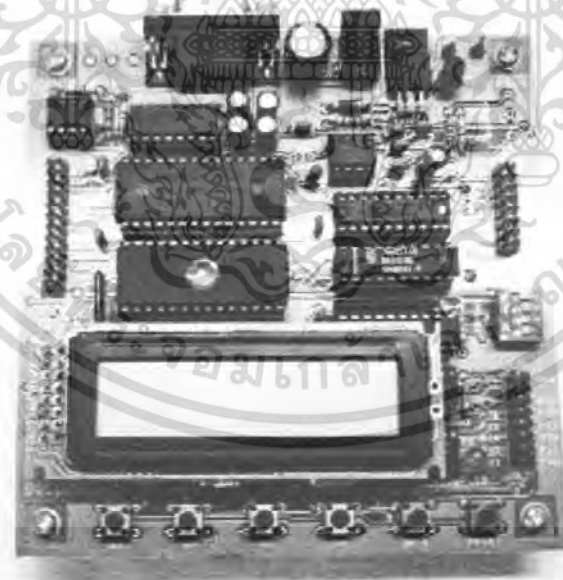
วิธีดำเนินการวิจัย

หลังจากที่ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการพิเศษเรียบร้อยแล้ว การทำงานขั้นต่อไปก็คือ การวางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งในบทที่ 3 นี้ จะอธิบายถึงรายละเอียดของส่วนต่างๆ ในขั้นตอนการดำเนินงานทั้งในส่วนของการออกแบบระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware) และการออกแบบระบบซอฟต์แวร์ (Software)

3.1 การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware Designed)

3.3.1 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในโครงการพิเศษนี้ได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อนำมาใช้ควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น (SHT11) และควบคุมการทำงานระบบต่างๆภายในบ้านที่ต้องการ โดยจะใช้พีซีที่ล่อจิกเป็นตัวที่นำมาควบคุมการทำงานต่างๆ

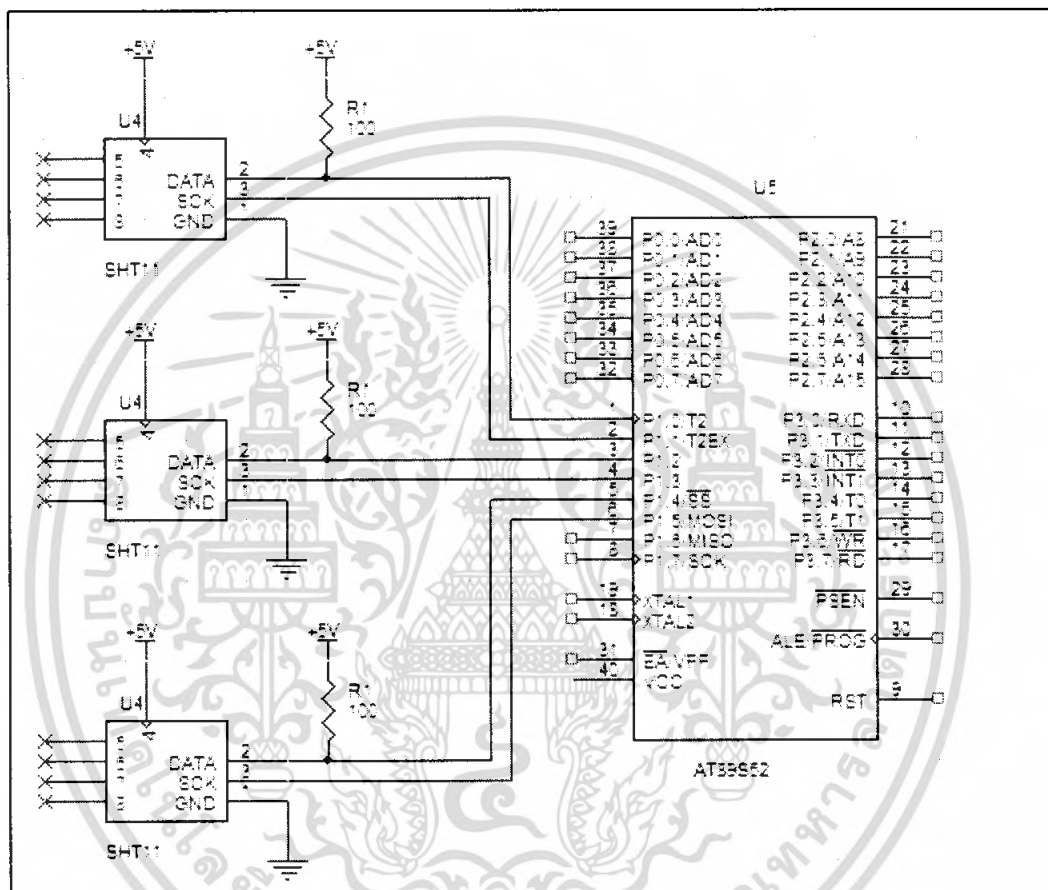


รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับเซ็นเซอร์ SHT 11

ในการควบคุมเซ็นเซอร์ SHT11 หรือเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น จะควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F2010 และจะนำเซ็นเซอร์ SHT11 ไปไว้ในห้องทุกห้องของบ้านเพื่อนำค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นที่วัดได้มาเป็นตัวกำหนดการทำงานของระบบภายในบ้าน

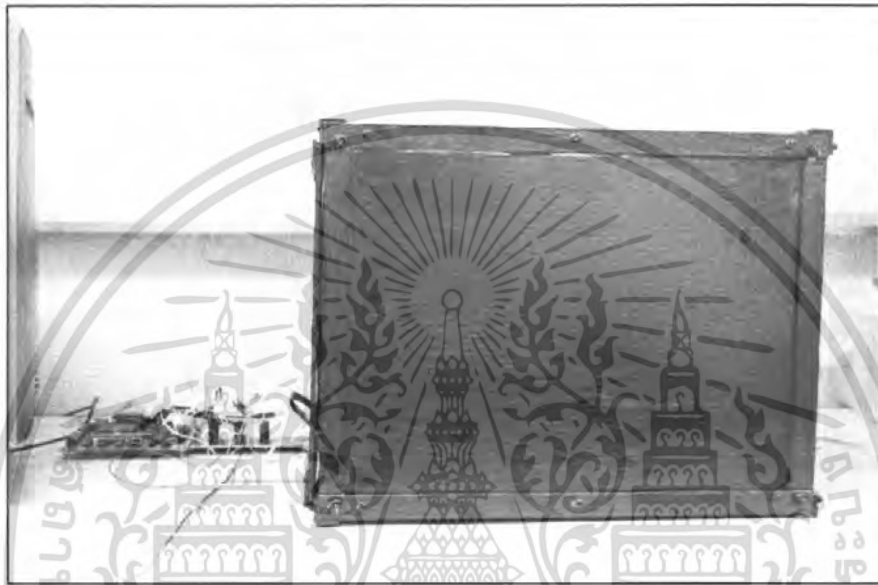


รูปที่ 3.3 แสดงวงจร SHT 11 ต่อเข้ากับ MCS-51

เซ็นเซอร์ SHT 11 เป็นเซ็นเซอร์ที่สามารถวัดอุณหภูมิและวัดค่าความชื้น รับส่งข้อมูลบนบัสแบบ I²C และให้เอาท์พุตเป็นแบบดิจิทัล SHT11 ปกติจะใช้การคำนวณแบบ 12 BIT สำหรับความชื้น และ 14 BIT สำหรับอุณหภูมิ

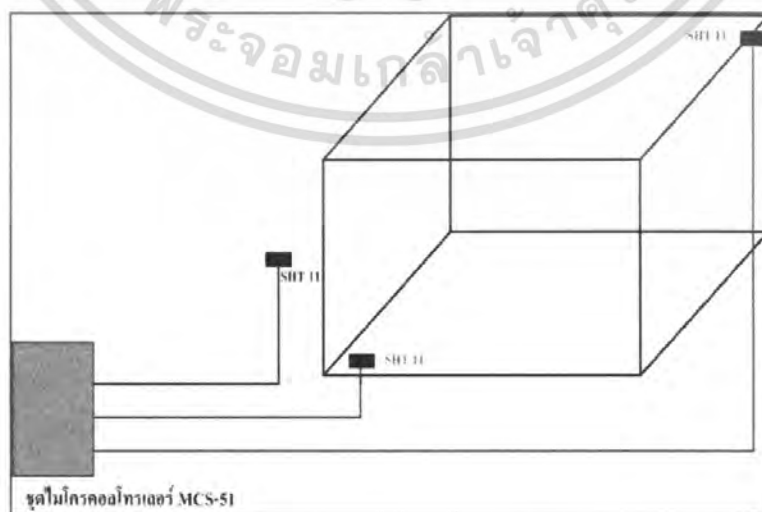
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น SHT11 ไปวางไว้ที่ส่วนต่างในที่ที่จำลองขึ้นมา คือ นำเซ็นเซอร์วางภายในกล่องและภายนอกกล่อง โดยได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นผ่านทาง การควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แล้วทำการแสดงข้อมูลที่วัดได้ออกมาทาง monitor โดยที่ นำเซ็นเซอร์ไปติดกับที่จำลองขึ้นมามีดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 กล้องที่นำเซ็นเซอร์ไปวาง

โดยการนำเซ็นเซอร์ไปวางนั้น จะทำการวางเซ็นเซอร์ 1 ตัวไว้ข้างนอกกล่อง และวางเซ็นเซอร์ 2 ตัวไว้ภายในกล่องและตำแหน่งที่วางภายในกล่องนั้นมีตำแหน่งที่แตกต่างกันคือ ตัวที่ 1 จะวางไว้ที่มุมบนขวา และตัวที่ 2 จะวางไว้ที่มุมล่างซ้าย ดังรูปที่ 3.5



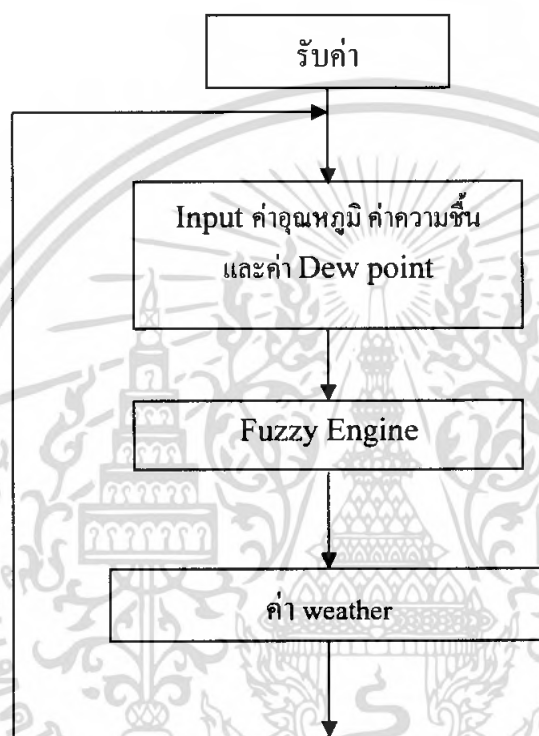
รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งการจัดวางเซ็นเซอร์ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบในส่วนซอฟต์แวร์ (Software Designed)

3.2.1 การออกแบบซอฟต์แวร์ในส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้งสองชนิดที่ส่งมาแล้วแสดงค่าที่ได้รับมาผ่านทาง monitor เพื่อนำข้อมูลที่รับมาจากเซ็นเซอร์ทั้งสองมาเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจ

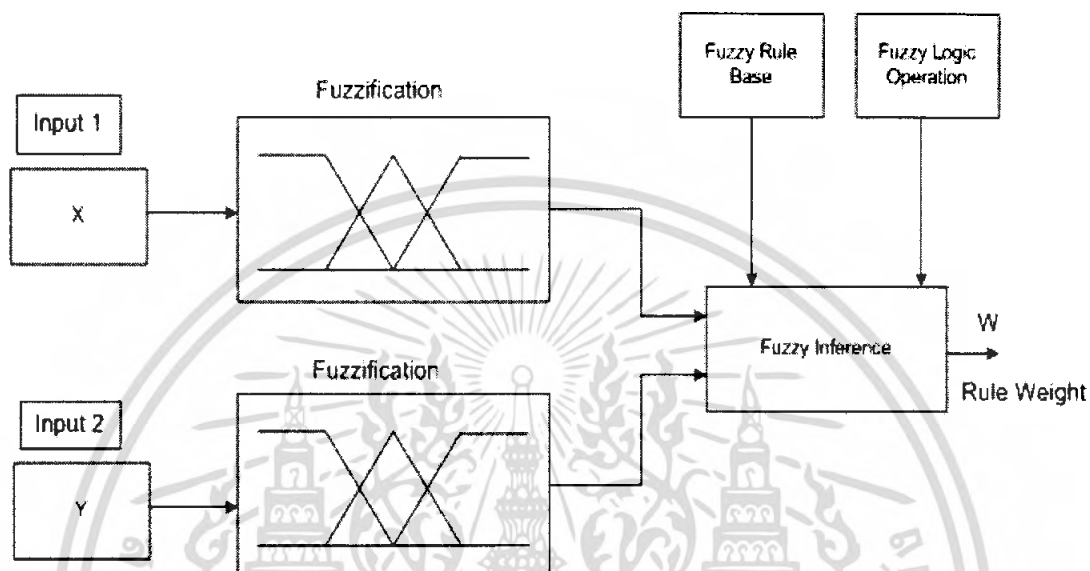


รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนของ Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ในส่วนของ Fuzzy Engine

ทำหน้าที่คำนวณค่าอนุภูมิและค่าความขึ้นที่วัดได้ ออกมาเป็นค่า weather ที่เราต้องการ



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมในส่วนของ Fuzzy Engine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในการทดลองวิจัยโครงการพิเศษนี้ได้นำเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น SHT11 ไปวางไว้ที่ส่วนต่างในในที่จำลองขึ้นมา คือ นำเซ็นเซอร์วางภายในกล่องและภายนอกกล่อง โดยได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นผ่านทางคอมพิวเตอร์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แล้วทำการแสดงข้อมูลที่วัดได้ออกมาทาง monitor เมื่อทำการจัดวางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการวัดและเก็บค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น โดยจะแสดงค่าที่ทำการวัดได้ผ่านทาง monitor ดังรูปที่ 4.1

Time	28.7	38.6	13.2	15.6	28.5	37.5	12.6	14.7	266
18:37:00	28.7	38.6	13.2	15.6	28.5	37.5	12.6	14.7	266
18:38:00	28.7	38.6	13.2	15.6	28.5	37.5	12.6	14.7	266
18:39:00	28.7	38.6	13.2	15.6	28.5	37.4	12.6	14.6	261
18:40:00	28.7	38.6	13.2	15.7	28.5	37.4	12.5	14.6	262
18:41:00	28.7	38.5	13.1	15.5	28.5	37.5	12.6	14.7	262
18:42:00	28.7	38.3	13.1	15.4	28.5	37.4	12.5	14.7	265
18:43:00	28.7	38.3	13.1	15.4	28.5	37.4	12.5	14.6	269
18:44:00	28.6	38.3	13.1	15.4	28.5	37.3	12.5	14.5	265
18:45:00	28.6	38.4	13.1	15.5	28.4	37.3	12.5	14.6	268
18:46:00	28.6	38.3	13.1	15.5	28.4	37.3	12.5	14.6	268
18:47:00	28.6	38.4	13.1	15.5	28.4	37.3	12.5	14.6	267
18:48:00	28.6	38.3	13.0	15.4	28.4	37.2	12.4	14.5	269
18:49:00	28.6	38.2	13.0	15.3	28.4	37.3	12.5	14.6	266
18:50:00	28.6	38.2	13.0	15.4	28.4	37.3	12.4	14.6	269
18:51:00	28.5	38.1	12.8	15.5	28.4	37.3	12.4	14.6	263
18:52:00	28.5	38.1	12.8	15.5	28.4	37.3	12.4	14.6	263
18:53:00	28.5	38.1	12.8	15.3	28.4	37.2	12.4	14.5	260
18:54:00	28.5	38.1	12.8	15.4	28.4	37.2	12.4	14.6	261
18:55:00	28.5	38.0	12.8	15.4	28.4	37.2	12.4	14.5	269
18:56:00	28.5	38.0	12.8	15.4	28.4	37.2	12.4	14.5	267
18:57:00	28.5	38.1	12.8	15.4	28.4	37.2	12.4	14.5	264
18:58:00	28.5	38.1	12.8	15.5	28.4	37.2	12.4	14.5	268
18:59:00	28.4	38.1	12.8	15.5	28.4	37.1	12.3	14.5	268
19:00:00	28.4	38.1	12.8	15.6	28.3	37.1	12.3	14.5	264

รูปที่ 4.1 การแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ SHT11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นแล้ว ก็นำค่าที่ได้ทั้งสองค่านี้นำมาคำนวณหาค่า dew point และค่า weather ได้จาก

การคำนวณหาค่า dew point

นำสมการที่ (3) มาใช้ คือ

$$Dp (T, RH) = \frac{\lambda \cdot \left(\ln \left(\frac{RH}{100} \right) + \frac{\beta \cdot T}{\lambda + T} \right)}{\beta - \left(\ln \left(\frac{RH}{100} \right) + \frac{\beta \cdot T}{\lambda + T} \right)} \quad (3)$$

และค่า $\alpha = 6.112 \text{ hPa}$, $\beta = 17.62$ และ $\lambda = 243.12^{\circ}\text{C}$

ที่ค่าความชื้น RH 44.4 % ค่าอุณหภูมิ T 31°C ค่า dew point จะมีค่าเท่ากับเท่าไร จาก $\alpha = 6.112 \text{ hPa}$, $\beta = 17.62$ และ $\lambda = 243.12^{\circ}\text{C}$

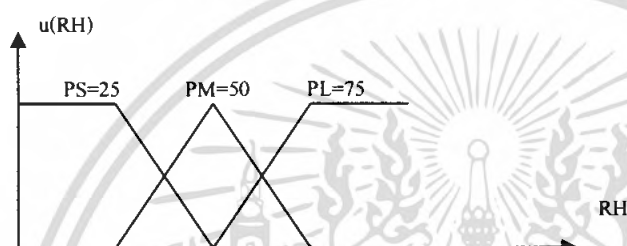
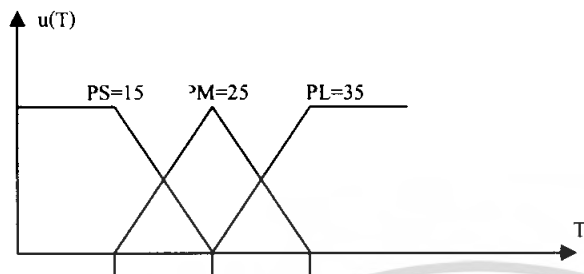
$$Dp (T, RH) = \frac{243.12 \cdot \left(\ln \left(\frac{44.4}{100} \right) + \frac{17.62 \cdot 31}{243.12 + 31} \right)}{17.62 - \left(\ln \left(\frac{44.4}{100} \right) + \frac{17.62 \cdot 31}{243.12 + 31} \right)}$$

$$Dp (T, RH) = \frac{287.0518}{16.439} = 17.461^{\circ}\text{C}$$

เพราะฉะนั้นจะได้ค่าของ dew point มีค่าเท่ากับ 17.461°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่า weather



ที่อุณหภูมิ 28 °C และ ค่าความชื้น 30 % ค่า weather จะมีค่าเท่ากับเท่าไร
จากสมการของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของรูปสามเหลี่ยมแสดงได้โดยสมการนี้

$$u_{A(x_i)} = \begin{cases} \frac{1}{b-a}(x_i - a); & a \leq x_i \leq b, a \neq b \\ \frac{1}{c-b}(c - x_i); & b \leq x_i \leq c, b \neq c \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases}$$

จากที่อุณหภูมิ 28 °C และ ค่าความชื้น 30 %

ทำการหาค่าสมาชิกของอุณหภูมิ จะได้เป็น

ค่าสมาชิกที่ $PS = 0$

$$\text{ค่าสมาชิกที่ } PM = \frac{35 - 28}{35 - 25} = 0.7$$

$$\text{ค่าสมาชิกที่ } PL = \frac{28 - 25}{35 - 25} = 0.3$$

ทำการหาค่าสมาชิกของความชื้น จะได้เป็น

$$\text{ค่าสมาชิกที่ } PS = \frac{50 - 30}{50 - 25} = 0.8$$

ค่าสมาชิกที่ $PM = \frac{30 - 25}{50 - 25} = 0.2$ งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสมาชิกที่ $PL = 0$

จากนั้นทำการหาข้อสรุปโดยการนำค่าความเป็นสมาชิกทั้งหมดของค่าอุณหภูมิและความชื้นมาเลือกค่าที่น้อยที่สุดออกมา คือ

$$w[0] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PL , ค่าความชื้นที่ PS}) = \min(0.3, 0.8) = 0.3$$

$$w[1] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PM , ค่าความชื้นที่ PS}) = \min(0.7, 0.8) = 0.7$$

$$w[2] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PS , ค่าความชื้นที่ PS}) = \min(0, 0.8) = 0$$

$$w[3] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PL , ค่าความชื้นที่ PM}) = \min(0.3, 0.2) = 0.2$$

$$w[4] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PM , ค่าความชื้นที่ PM}) = \min(0.7, 0.2) = 0.2$$

$$w[5] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PS , ค่าความชื้นที่ PM}) = \min(0, 0.2) = 0$$

$$w[6] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PL , ค่าความชื้นที่ PL}) = \min(0.3, 0) = 0$$

$$w[7] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PM , ค่าความชื้นที่ PL}) = \min(0.7, 0) = 0$$

$$w[8] = \min(\text{ค่าอุณหภูมิที่ PS , ค่าความชื้นที่ PL}) = \min(0, 0) = 0$$

จากนั้นนำมาเข้ากฎการควบคุมฟัซซี่ คือ

$$z[0] = \text{rule}(w[0], 0) = 0.3 * 0 = 0$$

$$z[1] = \text{rule}(w[1], 0) = 0.7 * 0 = 0$$

$$z[2] = \text{rule}(w[2], PM) = 0 * 0.5 = 0$$

$$z[3] = \text{rule}(w[3], 0) = 0.2 * 0 = 0$$

$$z[4] = \text{rule}(w[4], PM) = 0.2 * 0.5 = 0.1$$

$$z[5] = \text{rule}(w[5], PL) = 0 * 1 = 0$$

$$z[6] = \text{rule}(w[6], PM) = 0 * 0.5 = 0$$

$$z[7] = \text{rule}(w[7], PL) = 0 * 1 = 0$$

$$z[8] = \text{rule}(w[8], PL) = 0 * 1 = 0$$

$$\text{จากสูตร } FinalOutput\ t = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

$$\text{จะได้ } Final\ output = \frac{0.1}{1.4} = 0.071$$

ค่า weather ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ $0.071 * 100 = 7.1\%$

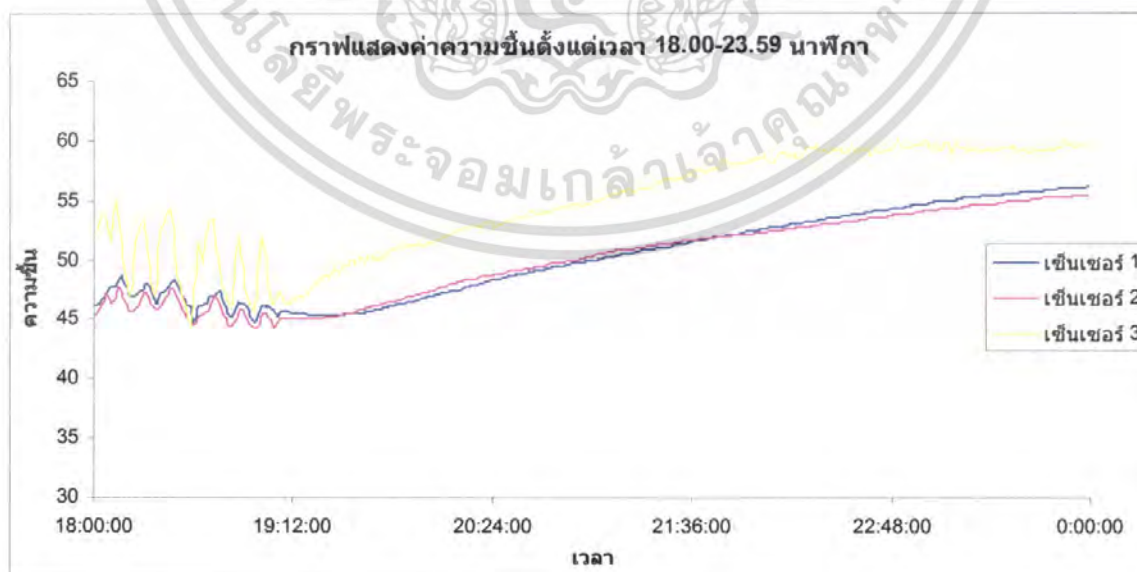
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการวัดค่าและบันทึกผลการทดลอง จากนั้นนำค่าที่ได้ คือ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น และค่าที่ได้จากการคำนวณทางกระบวนการ Fuzzy มาเขียนลงบนกราฟ

วันศุกร์ที่ 7 มีนาคม 2551 เวลา 18.00-23.59 นาฬิกา



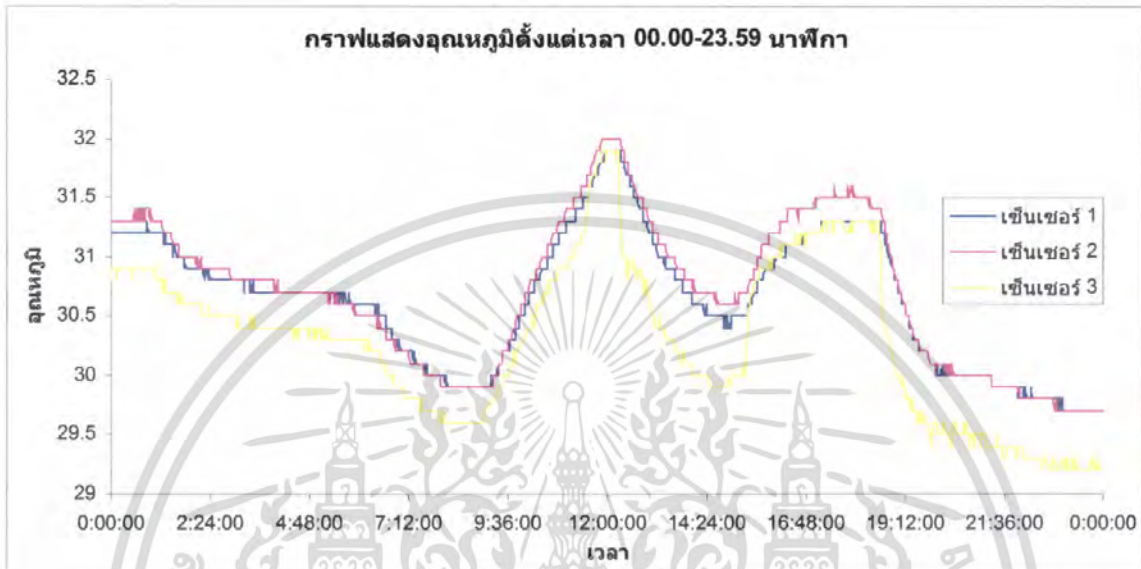
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ



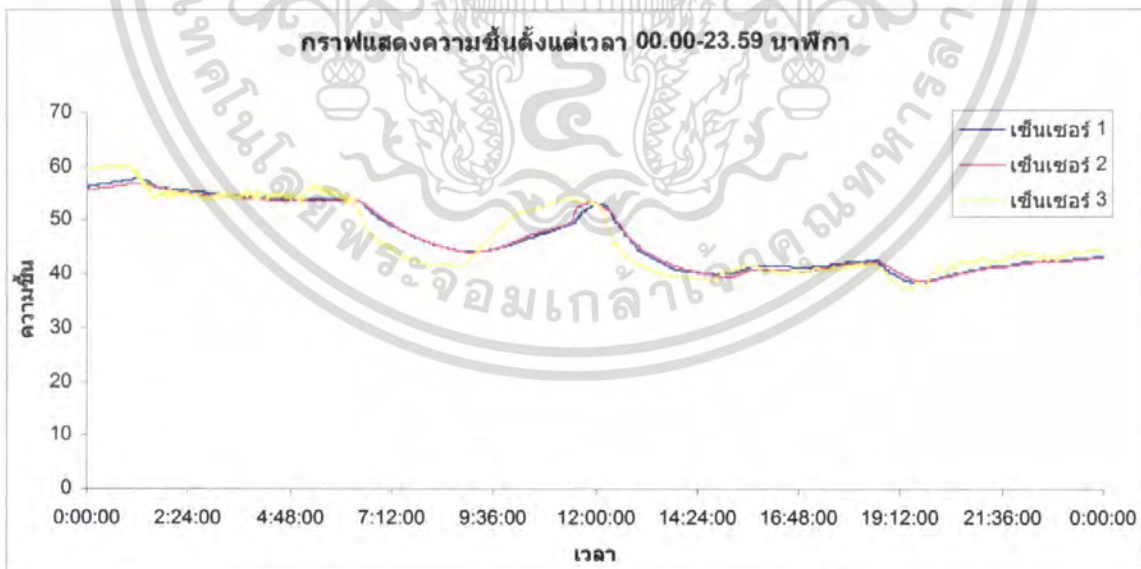
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเสาร์ที่ 8 มีนาคม 2551 เวลา 00.00-23.59 นาฬิกา



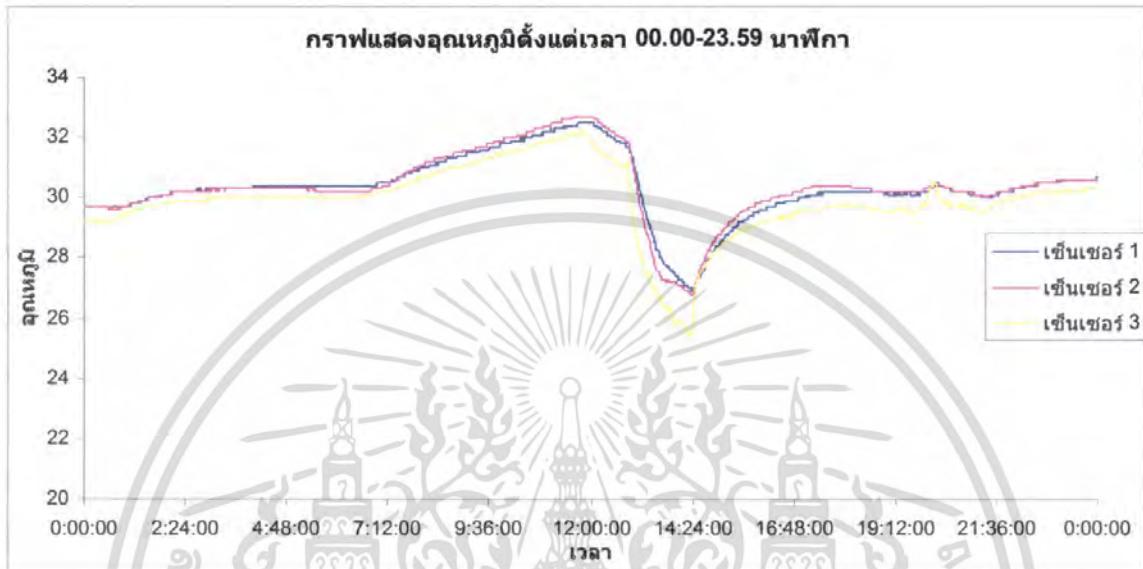
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ



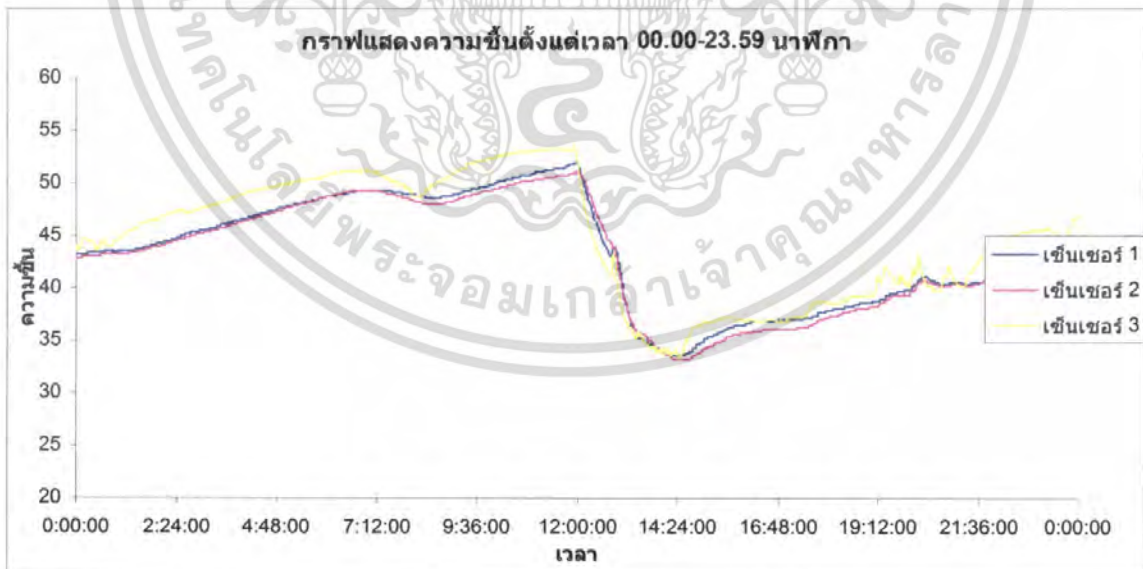
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันอาทิตย์ที่ 9 มีนาคม 2551 เวลา 00.00-23.59 นาฬิกา



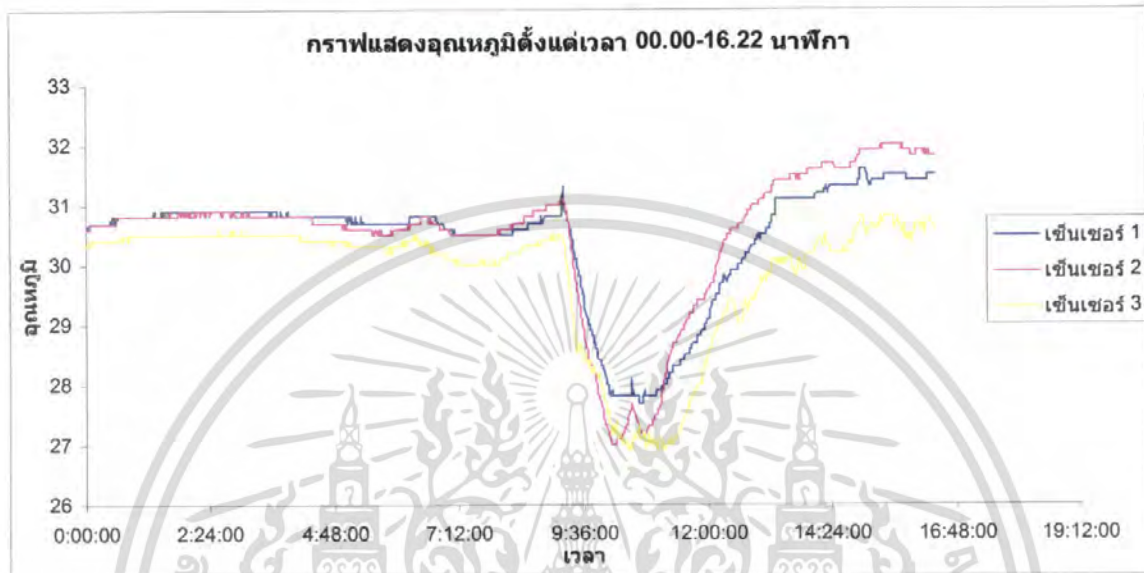
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันจันทร์ที่ 10 มีนาคม 2551 เวลา 00.00-16.22 นาฬิกา



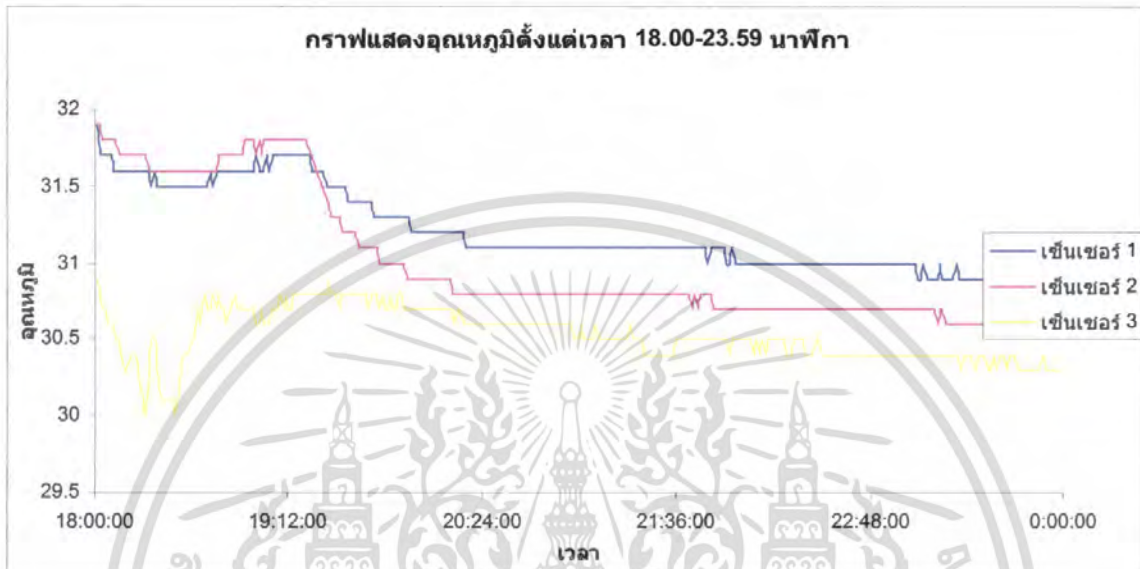
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ



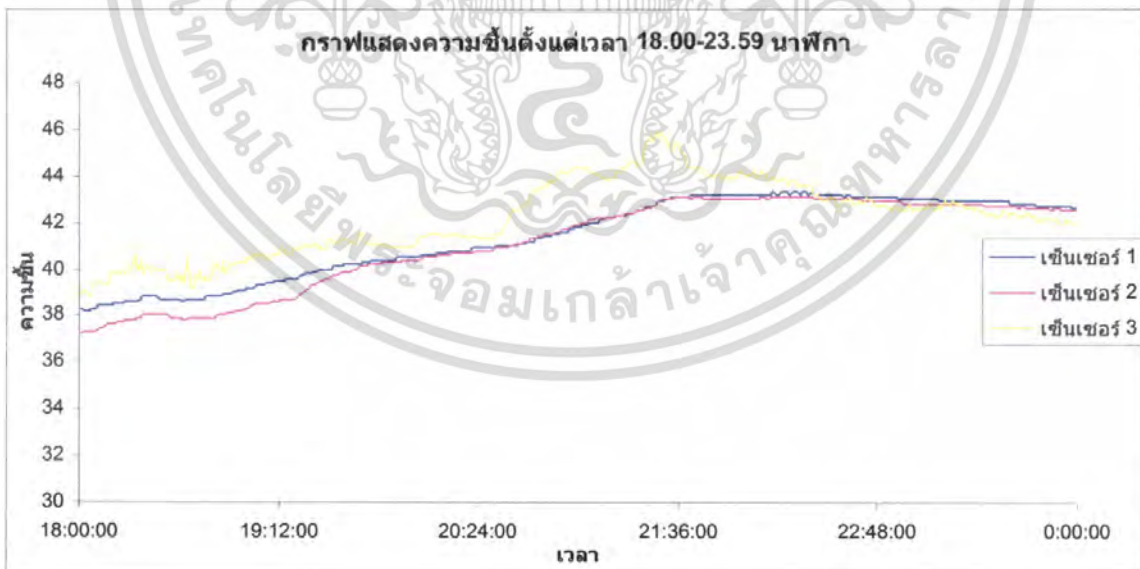
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันจันทร์ที่ 10 มีนาคม 2551 เวลา 18.00-23.59 นาฬิกา

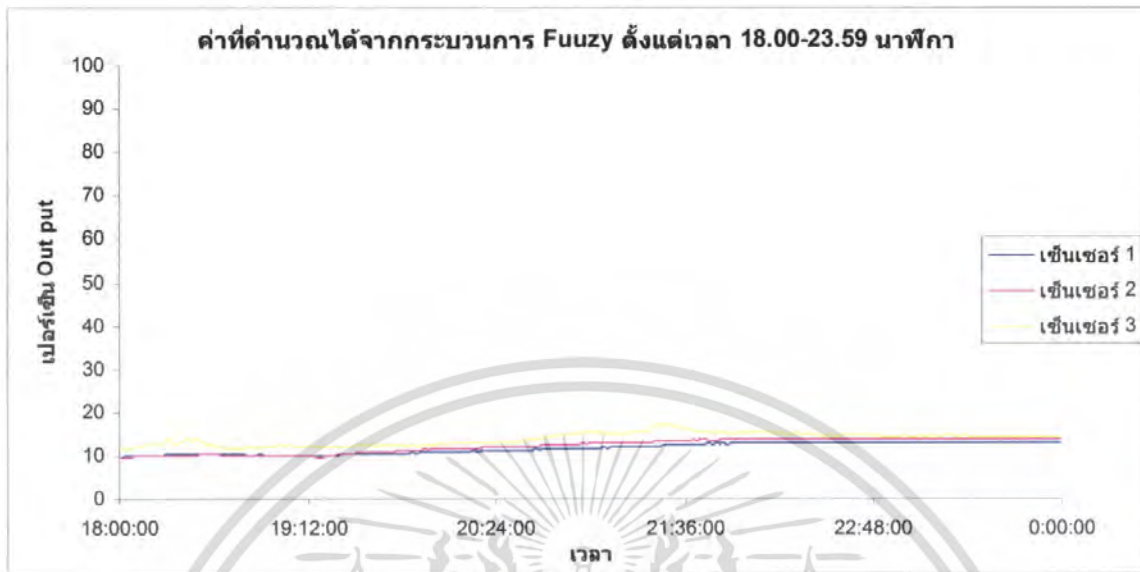


รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าที่คำนวณได้จากกระบวนการ Fuzzy

วันอังคารที่ 11 มีนาคม 2551 เวลา 00.00-23.59 นาฬิกา

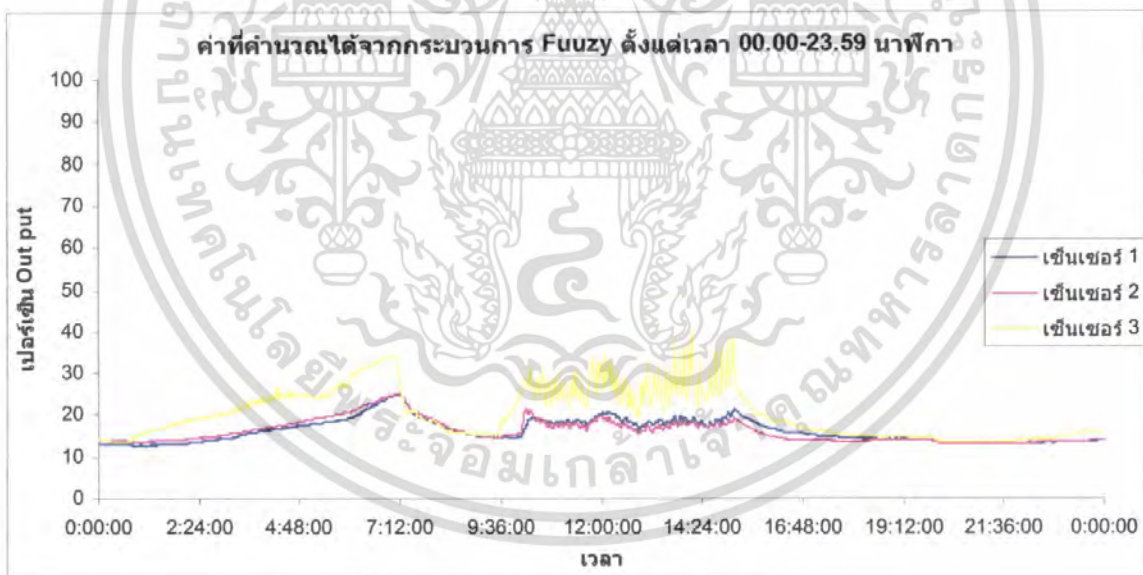


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าความชื้น



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าที่คำนวณได้จากกระบวนการ Fuzzy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการพิเศษนี้สามารถควบคุมระบบต่างๆภายในบ้านให้ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์เป็นตัววัดค่าต่างๆภายในบ้าน เช่น เซ็นเซอร์ที่ใช้วัด คือ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและวัดค่าความชื้น (SHT11) จะทำการควบคุมเซ็นเซอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งเซ็นเซอร์และระบบต่างๆภายในบ้านโดยที่มีระบบพีซีที่ล่อจิกเป็นตัวกำหนดการทำงานของระบบภายในบ้าน

ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. ระบบภายในบ้านสามารถควบคุมการทำงานอัตโนมัติ อาจจะสามารถพัฒนาโดยการติดต่อในการควบคุมเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตและสามารถสั่งการควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและควบคุมผ่านทางโทรศัพท์
2. ระบบพีซีที่ล่อจิก อาจจะสามารถพัฒนาโดยการนำไปควบคุมสิ่งที่มนุษย์ต้องการได้
3. ระบบมีการทำงานตลอดเวลา อาจจะพัฒนาให้ระบบสามารถติดต่อแสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ และสามารถส่งผลไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

