รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV
Heading Control System Of ROV

นายภูวนัตถ์ ศุภวัฒนสรณ์

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV

Heading Control System Of ROV

นายภูวนัตถ์ ศุภวัฒนสรณ์

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา ระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายภูวนัตถ์ ศุภวัฒนสรณ์

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร ทัตยา ปุคคละนันทน์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายไพศาล ปานดำ

สถานประกอบการ บริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้เป็นการนำเสนอระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV ที่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างการทำสหกิจศึกษาของนักศึกษาที่บริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด ซึ่งจุดประสงค์ของการจัดทำระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ดำน้ำ ROV นี้ขึ้นมา เพื่อเป็นการเพิ่มความสะดวกในการควบคุมให้ตัวหุ่นยนต์ให้หันทิศทางได้ง่าย และรักษาทิศทางของหุ่นยนต์ ROV นอกจากนี้ยังทำให้ตัวหุ่นยนต์มีจุดอ้างอิงทิศทางขณะอยู่ใต้ทะเลว่าอยู่ทิศทางไหนเมื่อเทียบกับทิศของแกนโลก

ซึ่งระบบการหันทิศทางของหุ่นยนต์ดำน้ำ ROV ในโครงงานนี้ ประกอบด้วยการเลือกใช้เซนเซอร์ วิธีการที่ทำให้หุ่นยนต์ดำน้ำ ROV รู้ถึงตำแหน่งทิศเมื่อเทียบกับทิศของแกนโลก และวิธีการควบคุมทิศทาง ซึ่งตัวควบคุม PID จะถูกนำมาใช้เพื่อรักษาทิศทางของตัวหุ่นยนต์โดยผลของการปรับค่าเกน PID จะถูกแสดงในผลการทดลอง

คำสำคัญ : ROV , PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title	Heading Control System Of ROV
Student intern name	Mr.Puwanut Supawatanasorn
Department	Instrumentation and Control Engineering
Faculty	Engineering
Advisor name	Asst.Prof.Dr.Tattaya Pukkalanun
Mentor name	Mr.Paisal Pandum
Company	Rayong Engineering and Plant Service Company Limited

ABSTRACT

This project is a presentation about heading control system of ROV that creates in cooperative education between King Mongkut's Institute Technology of Ladkrabang and Rayong Engineering & Plant Service Co., Ltd. The purpose of heading control system of ROV is to Added convenience to control heading of ROV and keep the heading of the ROV. It also gives the robot a reference point while under the sea where it is compared to the direction of the core

The heading control system of ROV in this project consists of a sensor selection method that enables the ROV to know its heading relative of the Earth's axis. And the method of heading control. The PID controller is used to maintain the heading of ROV. The result of the PID tuning is shown in the experiment.

Keywords ROV, PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์จาก บริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาโครงงานรวมทั้ง ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือในการศึกษาการทำโครงงาน และตลอดช่วงเวลาการปฏิบัติงาน ช่วยแก้ไขในข้อบกพร่องต่างๆ รวมไปถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน จนทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและคณะกรรมการหมวดศึกษาทางเลือก (สหกิจศึกษา) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับโอกาศในการเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้ รวมไปถึงคำปรึกษาและคำแนะนำตลอดการระยะเวลาของโครงการ จนทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณความอนุเคราะห์จากนายไพศาล ปานดำ ตำแหน่ง วิศวกรหุ่นยนต์ ผู้ดูแล ที่มอบความรู้ ความช่วยเหลือ ตลอดระยะเวลาของโครงการสหกิจศึกษา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำ

ภูวนัตถ์ ศุภวัฒนสรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 IMU (Inertial Measurement Unit)	3
2.1.1 Accelerometer	4
2.1.2 Gyroscope	4
2.1.3 Magnetometer	5
2.2 ภาษาคอมพิวเตอร์	5
2.2.1 ภาษา C	6
2.2.2 ภาษา C#	7
2.3 การสื่อสารของไมโครคอมโทรลเลอร์	8
2.3.1 การสื่อสารผ่าน SPI	8
2.3.2 การสื่อสารผ่าน I^2C	9
2.4 การสื่อสารแบบ TCP/IP	10
2.5 ตัวควบคุม PID	13
2.5.1 ตัวควบคุม P	14
2.5.2 ตัวควบคุม I	15
2.5.3 ตัวควบคุม D	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	18
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	18
3.2 การเลือกหัวข้อการทำโครงงาน	18
3.3 ศึกษารายละเอียดของหุ่นยนต์ ROV	19
3.4 เลือกชนิดของเซนเซอร์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของโครงการ	20
3.5 ทดลองเซนเซอร์กับหุ่นยนต์ ROV	21
3.6 การเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์ ROV	24
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	29
4.1 ผลการดำเนินงาน	29
4.2 การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม P	29
4.3 การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PD	31
4.4 การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID	33
บทที่ 5 สรุปโครงงานและข้อเสนอแนะ	35
5.1 บทวิจารณ์และสรุปผลการดำเนินงาน	35
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	35
5.3 ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	รูปร่างของแกนเคลื่อนที่	3
2.2	รูปร่างของหลักการสปริงวัดความเร่ง	4
2.3	รูปร่างของหลักการสปริงวัดสนามแม่เหล็ก	5
2.4	SPI	9
2.5	ชุด TCP/IP ของโปรโตคอล	10
2.6	การย้ายข้อมูลจากแอปพลิเคชันผู้ส่งไปยังโฮสต์ผู้รับ	11
2.7	การย้ายข้อมูลจากโฮสต์ไปยังแอปพลิเคชัน	11
2.8	การส่งและการรับข้อมูลโฮสต์	12
2.9	ตัวควบคุม PID	13
2.10	ตัวควบคุม P	14
2.11	สัญญาณควบคุม P	14
2.12	ตัวควบคุม I	15
2.13	สัญญาณควบคุม I	16
2.14	ตัวควบคุม D	16
2.15	สัญญาณควบคุม D	17
3.1	แผนภาพไดอะแกรม	20
3.2	โหมดการใช้งาน BNO055	22
3.3	อุปกรณ์การทดลอง	22
3.4	การทดลองเซนเซอร์ BNO055	23
3.5	บล็อกไดอะแกรม	24
3.6	ตัวควบคุม P	24
3.7	ตัวควบคุม I	25
3.8	ตัวควบคุม D	25
3.9	การหมุนของหุ่นยนต์ ROV	26
3.10	โปรแกรมแสดงผล ROV	27
3.11	หน้าต่างตั้งค่า	27
3.12	โฟลวชาร์ต	28
4.1	กราฟแสดง Kp = 0.4	29
4.2	กราฟแสดง Kp = 0.8	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3	กราฟแสดง Kp = 1.2	30
4.4	กราฟแสดง Kp = 2.0	30
4.5	กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 0.5	31
4.6	กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 1	31
4.7	กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 1.5	32
4.8	กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 2.0	32
4.9	กราฟแสดง Kp = 1.2 Kd = 1.5 และ Ki = 0.02	33
4.10	กราฟแสดง Kp = 1.2 Kd = 1.5 และ Ki = 0.05	34
4.11	กราฟแสดง Kp = 1.2 Kd = 1.5 และ Ki = 0.1	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตารางแผนการดำเนินงานสหกิจศึกษา	19
3.2	แสดงการเปรียบเทียบ IMU	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันในการตรวจสอบใต้ทะเลจะใช้นักประดาน้ำดำลงไปในน้ำทะเลเพื่อสำรวจสภาพแวดล้อม แต่การใช้นักประดาน้ำตรวจสอบใต้ทะลนั้น จะทำให้นักประดาน้ำตกอยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่อันตรายจากทะเล จึงจำเป็นจะต้องมีหุ่นยนต์ตรวจสอบใต้น้ำ ROV ซึ่งจะช่วยให้เราครอบคลุมสถานการณ์เหล่านี้โดยการตรวจสอบใต้น้ำเราสามารถควบคุมหุ่นยนต์ ROV เพื่อตรวจสอบโครงสร้างอุปกรณ์ หรือสำรวจสภาพแวดล้อมใต้ทะเล หุ่นยนต์ ROV สามารถตรวจสอบใต้น้ำได้เร็วกว่านักประดาน้ำถึง 10 เท่า ซึ่งจะช่วยลดการหยุดการทำงานของท่าเทียบเรือได้ ดังนั้นไม่จำเป็นต้องมีนักประดาน้ำมาเสี่ยงอันตรายอีกต่อไป

เมื่อหุ่นยนต์ ROV ดำลงไปในน้ำทะเลแล้วพบปัญหาคือ ยังไม่มีจุดอ้างอิงว่าตัวหุ่นยนต์ ROV อยู่ทิศไหน และในระหว่างการควบคุมหุ่นยนต์พบว่าทำได้ยากเนื่องจากน้ำทะเลมีคลื่นทำให้ตัวหุ่นส่ายไปส่ายมา ซึ่งถ้าหากเราสามารถควบคุมให้ตัวหุ่นสามารถรักษาทิศทางของหุ่นยนต์ ROV ให้อยู่นิ่งได้จะสามารถลดเวลาในการทำงานของคนควบคุม ซึ่งการขอท่าเทียบเรือใช้หุ่นยนต์ ROV ตรวจสอบใต้น้ำนั้น จะต้องได้รับการอนุญาตก่อนและยังต้องใช้เวลาให้เร็วที่สุดในการทำงาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำระบบควบคุมทิศทางให้หุ่นยนต์ ROV

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหุ่นยนต์ ROV ของบริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด

2. เพื่อหาเซนเซอร์มาทำระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV ของบริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด

3. เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุม PID ให้หุ่นยนต์ ROV ของบริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด

4. เพื่อดูผลตอบสนองจากตัวควบคุม PID ในตัวหุ่นยนต์ ROV ของบริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาการใช้งาน ภาษา C จำกัดส่วนเขียนโปรแกรม PID ให้หุ่นยนต์ ROV
2. ศึกษาการใช้งาน Microsoft Visual studio ด้วยภาษา C# จำกัดส่วนในการเขียนโปรแกรม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาหัวข้อการทำงานและความต้องการของแผนก
2. กำหนดหัวข้อการทำงาน
3. ศึกษาเซนเซอร์ที่ตรงกับความต้องการของแผนก
4. ทำการเขียนโปรแกรม PID เพื่อไปควบคุมหุ่นยนต์ ROV
5. ทำการเขียนโปรแกรม User Interface เพื่อผู้ใช้งาน
6. นำหุ่นยนต์ ROV ไปทดสอบ
7. สรุปผลการทำงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้และความเข้าใจวงจรภายในหุ่นยนต์ ROV
2. มีความรู้และเข้าใจ ในตัวควบคุม PID
3. มีความรู้และเข้าใจ ในการเขียนโปรแกรมด้วย ภาษา C และ ภาษา C#
4. ประสบการณ์ในการทำงานภายในองค์กร และการทำงานกับทีมวิศวกรที่เชี่ยวชาญเฉพาะทาง

1.6 รายละเอียดของโครงงาน

รายละเอียดของรายงานฉบับนี้ ประกอบด้วยกัน 5 บท ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงปัญหาและที่มาของโครงงาน วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงาน

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน กล่าวถึงวิธีในการดำเนินโครงงานของนักศึกษาตั้งแต่การเลือกหัวข้อโครงงานไปจนถึงขั้นตอนการเสร็จสิ้นการทำงาน

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน เป็นผลงานของนักศึกษาในการทำโครงงาน

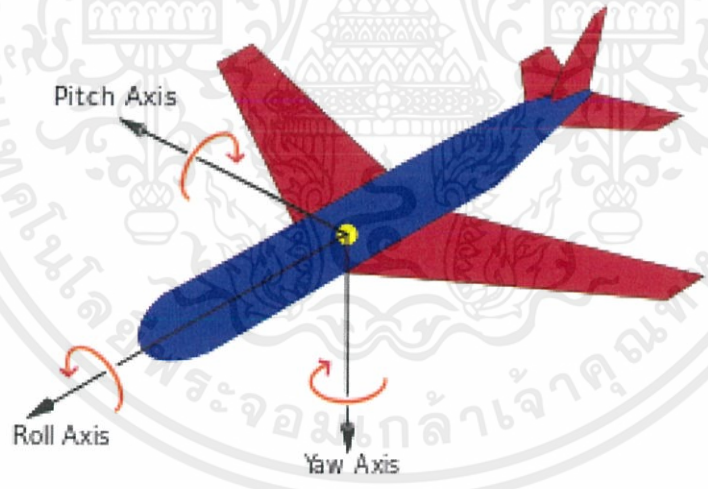
บทที่ 5 สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ กล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินงานโครงงานในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 IMU (Inertial Measurement Unit)

IMU ย่อมาจาก Inertial Measurement Unit หรือ หน่วยตรวจวัดความเคลื่อนไหวภายในมีหน้าที่รายงานตำแหน่งการขยับของวัตถุตามแนวการเคลื่อนไหวซึ่งปกติแล้ว วัตถุทุกชนิดจะมีแนวการเคลื่อนไหวในสามแกนดังรูปที่ 2.1 นั่นคือ Yaw Pitch และ Roll โดยการตรวจจับทั้งสามแกนนั้น จะเป็นการทำงานร่วมกันของเซ็นเซอร์ทั้งสามชนิด Accelerometer Gyroscope และ Magnetometer ทำงานร่วมกันเพื่อส่งข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่หน่วยประมวลผลส่วนกลางให้รู้ลักษณะของการเคลื่อนไหว IMU ถูกใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในอากาศยานประเภทต่าง ๆ รถยนต์ จักรยานยนต์ ซึ่งมันก็ยังคงมีหน้าที่หลักในการบอกลักษณะการเคลื่อนไหวของตัวเครื่องเพื่อส่งข้อมูลให้หน่วยประมวลผลกลางได้ทำการปรับตำแหน่งเครื่องให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 2.1 รูปร่างของแกนเคลื่อนที่

(https://en.wikipedia.org/wiki/Aircraft_principal_axes)

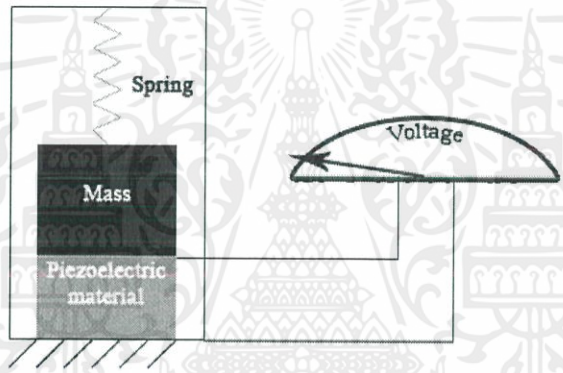
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 Accelerometer

Accelerometer คือเครื่องวัดความเร่งเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ของวัตถุ พบได้ในสมาร์ทโฟนทั่วไป ตัวอย่างการใช้งานเช่น การเขย่าเพื่อเปลี่ยนเพลง หรือการเขย่าตัวเครื่องเพื่อใช้ในการควบคุมการเล่นเกม ทั้งหมดเป็นคุณสมบัติของ accelerometer

โครงสร้างของ accelerometer จะประกอบด้วยสปริงและลูกตุ้มน้ำหนักตามรูป 2.2 เมื่อมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งลูกตุ้มน้ำหนักจะถูกกดไปอีกฝั่งตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ สปริงก็ทำหน้าที่ดึงกลับเข้าที่อีกครั้งเมื่อหยุดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่คือความเร่งเท่ากับศูนย์ ค่าที่วัดได้ก็จะไม่เปลี่ยนแปลง

ส่วนตัวเซ็นเซอร์ภายใน ที่จะใช้ในการตรวจวัดความเร่งของลูกตุ้มที่อยู่ในระบบนั้นมีหลายชนิด เช่น เพียโซอิเล็กทริค, สเตรนเกจ, ชนิดใช้แสงตรวจวัด และวัดแรงเฉือน เป็นต้น



รูปที่ 2.2 รูปร่างของหลักการสปริงวัดความเร่ง
(http://198210-accelerometer2015.blogspot.com/2015/09)

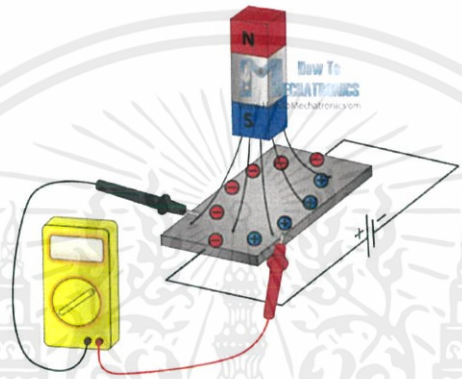
2.1.2 Gyroscope

ไจโรสโคป เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงเฉื่อยของล้อหมุน เพื่อช่วยรักษาระดับทิศทางของแกนหมุน ประกอบด้วยล้อหมุนเร็วบรรจุอยู่ในกรอบอีกทีหนึ่ง ทำให้เอียงในทิศทางต่างๆ ได้โดยอิสระ นั่นคือ หมุนในแกนใดๆ ก็ได้ โมเมนตัมเชิงมุมของล้อดังกล่าวทำให้มันคงรักษาตำแหน่งของมันไว้แม้กรอบล้อจะเอียง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถนำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ต่างๆ มากมาย เช่น เข็มทิศ และนักบินอัตโนมัติของเครื่องบิน เรือ กลไกบังคับหางเสือของตอร์ปิโด อุปกรณ์ป้องกันการกลิ้งบนเรือใหญ่ และระบบนำร่องเฉื่อย (inertial guidance) รวมถึงระบบในยานอวกาศ และสถานีอวกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 Magnetometer

เซ็นเซอร์ตัวนี้เป็นเซนเซอร์ในกลุ่ม MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) เช่นเดียวกัน โดยการทำงานของเซนเซอร์แม่เหล็กส่วนใหญ่ จะใช้หลักการของ Hall effect คือ จะสร้างแผ่นนำกระแสขึ้นมาแผ่นหนึ่ง โดยหากอยู่ในภาวะปกติ กระแสจะไหลจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งในแนวตรง แต่หากแผ่นนำกระแสนี้อยู่ภายใต้แรงแม่เหล็กแล้ว แรงแม่เหล็กจะเข้าไปรบกวนการเดินทางของอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนจะถูกแรงกระทำให้ทางเดินของอิเล็กตรอนเบ้ไปด้านหนึ่ง ตามรูป 2.3 ซึ่งสามารถจะวัดความต่างศักย์นี้ได้ ทำให้สามารถจะวัดแรงแม่เหล็กทางอ้อมได้นั่นเอง



รูปที่ 2.3 รูปร่างของหลักการสปริงวัดสนามแม่เหล็ก
(https://medium.com/@thanahongsuwan/micro-bit-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-arduino-ide-5-magnetometer-985b0ba75302)

2.2 ภาษาคอมพิวเตอร์

มนุษย์ใช้ภาษาในการสื่อสารมาตั้งแต่สมัยโบราณ การใช้ภาษาเป็นเรื่องที่มนุษย์พยายามถ่ายทอดความคิดและความรู้สึกต่าง ๆ เพื่อการโต้ตอบและสื่อความหมาย ภาษาที่มนุษย์ใช้ติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน เช่น ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ หรือภาษาจีน ต่างเรียกว่า “ภาษาธรรมชาติ” (Natural Language) เพราะมีการศึกษา ได้ยิน ได้ฟัง กันมาตั้งแต่เกิดการใช้งานคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ให้ทำงานตามที่ต้องการ จำเป็นต้องมีการกำหนดภาษา สำหรับใช้ติดต่อสั่งงานกับคอมพิวเตอร์ ภาษาคอมพิวเตอร์จะเป็น ”ภาษาประดิษฐ์” (Artificial Language) ที่มนุษย์คิดสร้างมาเองเป็นภาษาที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะ มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวและจำกัด คืออยู่ในกรอบให้ใช้คำและไวยากรณ์ที่กำหนดและมีการตีความหมายที่ชัดเจน จึงจัดภาษาคอมพิวเตอร์เป็นภาษาที่มีรูปแบบเป็นทางการ (Formal Language) ต่างกับภาษาธรรมชาติที่มีขอบเขตกว้างมาก ไม่มีรูปแบบตายตัวที่แน่นอน กฎเกณฑ์ของภาษาจะขึ้นกับหลักไวยากรณ์และการยอมรับของกลุ่มผู้ใช้นั้น ๆ ภาษา คอมพิวเตอร์อาจแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ภาษาเครื่อง (Machine Language) การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานในยุคแรก จะต้องเขียนด้วยภาษาซึ่งเป็นที่ยอมรับของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า “ภาษาเครื่อง” ภาษานี้ประกอบด้วย ตัวเลขล้วน ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้ทันที ผู้ที่จะเขียนโปรแกรมภาษาเครื่องได้ ต้องสามารถจำรหัสแทนคำสั่งต่าง ๆ ได้ และในการคำนวณต้องสามารถจำได้ว่าจำนวนต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณนั้นถูกเก็บไว้ที่ตำแหน่งใด ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมจึงมีมาก นอกจากนี้เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละระบบมีภาษาเครื่องที่แตกต่างกันออก ทำให้เกิดความไม่สะดวกเมื่อมีการเปลี่ยนเครื่องคอมพิวเตอร์เพราะจะต้องเขียน โปรแกรมใหม่ทั้งหมด

2. ภาษาระดับต่ำ (Low Level Language) เนื่องจากภาษาเครื่องเป็นภาษาที่มีความยุ่งยากในการเขียนดังได้กล่าวมาแล้ว จึงไม่มีผู้นิยมและมีการใช้น้อย ดังนั้นได้มีการพัฒนาภาษาคอมพิวเตอร์ขึ้นอีกระดับหนึ่ง โดยการใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษเป็นรหัสแทนการทำงาน การใช้และการตั้งชื่อตัวแปรแทนตำแหน่งที่ใช้เก็บจำนวนต่าง ๆ ซึ่งเป็นค่าของตัวแปรนั้น ๆ การใช้สัญลักษณ์ช่วยให้การเขียนโปรแกรมนี้เรียกว่า “ภาษาระดับต่ำ”ภาษาระดับต่าเป็นภาษาที่มีความหมายใกล้เคียงกับภาษาเครื่อง มากบางครั้งจึงเรียกภาษานี้ว่า “ภาษาอิงเครื่อง” (Machine – Oriented Language) ตัวอย่างของภาษาระดับต่ำ ได้แก่ ภาษาแอสเซมบลี เป็นภาษาที่ใช้คำในอักษรภาษาอังกฤษเป็นคำสั่งให้เครื่องทำงาน เช่น ADD หมายถึง บวก SUB หมายถึง ลบ เป็นต้น การใช้คำเหล่านี้ช่วยให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นกว่าการใช้ภาษาเครื่องซึ่งเป็นตัวเลขล้วน ดังตารางแสดงตัวอย่างของภาษาระดับต่ำและภาษาเครื่องที่สั่งให้มีการบวกจำนวน ที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ

3 ภาษาระดับสูง (High Level Language) ภาษาระดับสูงเป็นภาษาที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรม กล่าวคือลักษณะของคำสั่งจะประกอบด้วยคำต่าง ๆ ในภาษาอังกฤษ ซึ่งผู้อ่านสามารถเข้าใจความหมายได้ทันที ผู้เขียนโปรแกรมจึงเขียนโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงได้ง่ายกว่าเขียนด้วยภาษาแอสเซมบลีหรือภาษาเครื่อง ภาษาระดับสูงมีมากมายหลายภาษา อาทิเช่น ภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN) ภาษาโคบอล (COBOL) ภาษาปาสคาล (Pascal) ภาษาเบสิก (BASIC) ภาษาวิชวลเบสิก (Visual Basic) ภาษาซี (C) และภาษาจาวา (Java) เป็นต้น โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาระดับสูงแต่ละภาษาจะต้องมีโปรแกรมที่ทำหน้าที่แปล ภาษาระดับสูงให้เป็นภาษาเครื่อง

2.2.1 ภาษา C หรือ C++

ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป เป็นภาษาที่มีความจำเป็นมาก สามารถสนับสนุนการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้าง การกำหนดขอบเขตของตัวแปร และการเรียกใช้ตัวเอง (recusion) และมันเป็นภาษาที่อยู่ในระดับ low level นั่นคือ เป็นภาษาที่สามารถทำงานได้ดีในระดับของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮาร์ดแวร์ ภาษา C เป็นสามารถที่ออกแบบมาให้สามารถที่จะทำงานกับคำสั่งพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้นมันจึงถูกพบบ่อยในการใช้สร้างแอพพลิเคชันในสมัยก่อนที่เขียนโดยภาษาแอสเซมบลี รวมถึงระบบประฏิบัติการ เช่นเดียวกันกับซอฟต์แวร์ประยุกต์สำหรับคอมพิวเตอร์ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ และระบบฝังตัว

ภาษา C นั้นถูกพัฒนาครั้งแรกโดย Dennis Ritchie ในระหว่างปี 1969 และ 1973 ที่ Bell Labs และใช้สำหรับพัฒนาและปรับปรุงระบบปฏิการ Unix ใหม่ ตั้งแต่นั้นมันได้มาเป็นภาษาที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางมากที่สุดตลอดเวลา ที่มากับ C คอมไพเลอร์จากบริษัทพัฒนาต่างๆ สำหรับพัฒนาในสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมเป็นจำนวนมาก ภาษา C ได้ถูกกำหนดมาตฐานโดย American National Standards Institute (ANSI) ตั้งแต่ปี 1989 และ International Organization for Standardization (ISO) ในเวลาต่อมา

ภาษา C เป็นภาษาที่มีรูปแบบการเขียนโปรแกรมเป็นแบบลำดับ (imperative procedural) ให้ถูกออกแบบให้คอมไพล์อย่างตรงไปตรงมากับคอมไพเลอร์ที่มีความเกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถเข้าถึงการจัดการหน่วยความจำในระดับต่ำ และทำให้โครงสร้างของภาษาเชื่อมโยงกับคำสั่งการทำงานของคอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ภาษา C จึงมีประโยชน์กับการพัฒนาแอพพลิเคชันที่เคยเขียนโดยภาษา Assembly ยกตัวอย่าง เช่น โปรแกรมระบบ

ถึงแม้ว่าภาษา C มีความสามารถใน low-level แต่มันยังถูกออกแบบเพื่อช่วยให้สามารถเขียนโปรแกรมแบบ cross-platform โค้ดของโปรแกรมที่เขียนขึ้นจากมาตรฐานของภาษา C นั้นสามารถนำไปคอมไพล์ได้ในคอมพิวเตอร์ในแพลตฟอร์มและระบบปฏิบัติการที่หลากหลายโดยเพียงแค่เปลี่ยนแปลงโค้ดเพียงเล็กน้อย ภาษา C นั้นสามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางในแพลตฟอร์มขนาดต่างๆ ตั้งแต่ embedded microcontrollers ไปจนถึง supercomputer

2.2.2 ภาษา C#

C# เป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบ multi-paradigm โดยมีรูปแบบกฎเกณฑ์และข้อบังคับในการเขียนที่เข้มงวด ซึ่งมีคุณสมบัติในการเขียนแบบฟังก์ชัน การเขียนทั่วไป และการเขียนโปรแกรมแบบออบเจ็ค มันถูกพัฒนาโดย Microsoft ภายใต้ .NET Framework โดยในการพัฒนาภาษา C# นี้ มีความตั้งใจให้เขียนง่าย ทันสมัย เป็นโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปและเป็นแบบออบเจ็ค C# เป็นภาษาเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป การพัฒนานั้นนำทีมโดย Anders Hejlsberg และเวอร์ชันล่าสุดคือ C# 6.0 ซึ่งถูกเผยแพร่ในปี 2015 ในการพัฒนาของภาษา C# นั้นมีความตั้งใจว่าให้เป็นภาษาที่ง่าย ทันสมัย สนับสนุนการเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปและการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การพัฒนาของภาษานั้นมีการสนับสนนสำหรับหลักการของ Software Engineering เช่น การตรวจสอบประเภทข้อมูลที่เข้มงวด การตรวจสอบขอบเขตของอาเรย์ หรือการพยายามใช้ตัวแปรที่ไม่ได้กำหนดค่า หรือการกำจัด collection ขยะอัตโนมัติ ความแข็งแรง ความทนทาน และคุณภาพของโปรแกรม และนอกจากนี้ C# ยังเป็นที่เข้าใจง่ายกับโปรแกรมเมอร์ผู้ที่คุ้นเคยกับภาษา C และภาษา C++ ภาษา C# ยังถูกออกแบบมาให้เขียนโปรแกรมแบบ GUI (Graphical user interface) สำหรับทำงานบน Windows Form และนอกจากนี้คุณยังสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาเว็บแอพพลิเคชันและเว็บเซอร์วิสได้ ภายใต้ ASP.NET web framework ที่เป็น Open source จาก Microsoft

2.3 การสื่อสารของไมโครคอนโทรลเลอร์

การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบ คือการสื่อสารแบบขนาน คือการใช้สาย 1 เส้น แทนบิตข้อมูล 1 บิต โดยทั่วไปแล้วมักจะนิยมใช้งานแบบ 4 บิต 7 บิต และ 8 บิต โดยจะมีสาย 1 เส้น เป็นสายควบคุมที่บอกว่าจะให้รับข้อมูลเขาไปเมื่อใด ข้อดีของการสื่อสารรูปแบบนี้คือมีความเร็วที่สูงมาก และมีข้อเสียคือใช้สายจำนวนมากในการสื่อสาร การสื่อสารแบบขนานใช้ในอุปกรณ์อ่านจอ LCD ขนาดต่าง ๆ ซึ่งจะใช้งานได้ทั้งแบบ 4 บิต และ 8 บิต ใช้ขา EN ในการควบคุมการรับข้อมูล

การสื่อสารแบบอนุกรม คือการใช้สาย 1 เส้นรับ-ส่งข้อมูลแบบต่อเนื่อง โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ ในการสื่อสาร เช่นการใช้สัญญาณทริกเพื่อรับข้อมูลเข้า การใช้บิตเริ่มต้นกำหนดการรับข้อมูล โดยอาจจะอาศัยและไม่อาศัยเวลาในการทำงาน ทั้งนี้การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ

แบบซิงโคนัส (Synchronous) – เป็นการสื่อสารที่ใช้สายสัญญาณข้อมูลอย่างน้อย 1 เส้น และมีสายอีก 1 เส้นกำหนดจังหวะการรับข้อมูล ข้อดีของการสื่อสารแบบนี้คือการรับส่งข้อมูลมีความผิดพลาดน้อยหรือไม่มีความผิดพลาดเลย แต่ข้อเสียคือต้องใช้สายสัญญาณอย่างน้อย 2 เส้นในการสื่อสาร โดยโปรโตคอลที่ทำงานแบบซิงโคนัสได้แก่ I^2C และ SPI

แบบอะซิงโคนัส (Asynchronous) – เป็นการสื่อสารที่ใช้สายสัญญาณข้อมูลเพียงเส้นเดียวในการทำงาน โดยอาศัยสัญญาณจากบิตเริ่มต้น และบิตสิ้นสุดในการบอกจังหวะการรับส่งข้อมูล การสื่อสารแบบนี้จำเป็นต้องอาศัยเวลามาเป็นตัวกำหนดการรับสัญญาณเข้ามาซึ่งหากมีการตั้งค่าที่ผิดจะทำให้อ่านข้อมูลที่ส่งมาได้ผิดพลาด ข้อดีของการสื่อสารแบบนี้คือใช้สายสัญญาณเพียง 1 เส้นก็สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้แล้ว แต่ข้อเสียคือมีความผิดพลาดในการสื่อสารได้ง่าย โดยโปรโตคอลที่ทำงานแบบอะซิงโคนัสคือ UART ทั้งนี้การสื่อสารแบบอนุกรมจะช้ากว่าการสื่อสารแบบขนานมาก แต่มีข้อดีคือโปรโตคอลบางตัวสามารถต่อพ่วงอุปกรณ์ได้หลายตัวในขณะที่ใช้สายเท่าเดิม หรือใช้สายเพิ่มเพียงไม่กี่เส้น

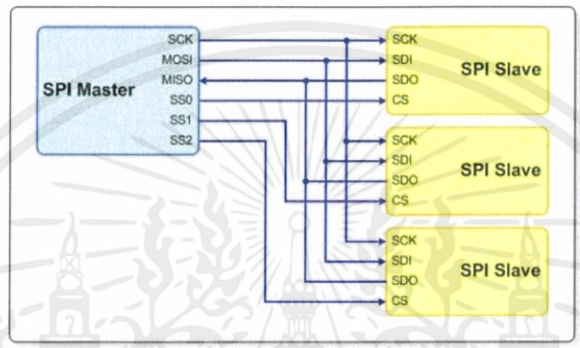
2.3.1 การสื่อสารผ่าน SPI

SPI ย่อมาจาก Serial Peripheral Interface ถือเป็นบัสสื่อสารยอดนิยมอีกตัวหนึ่ง มีความสามารถในการเชื่อมต่ออุปกรณ์หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันโดยใช้สายเส้นเดียวกัน การทำงานจะใช้สายสัญญาณ 2 เส้นในการรับ-ส่งข้อมูล และมีขาควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล การใช้งานจะแบ่งเป็นตัวแม่ (Master) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ และตัวลูก (Slave) คืออุปกรณ์ที่นำมาต่อเพื่อสื่อสารด้วยการสื่อสารผ่านบัส SPI มีสายสัญญาณจำนวน 4 เส้น คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MOSI (Master-Out Slave-In) – เป็นสายที่ใช้ส่งสัญญาณข้อมูลจากตัวแม่ออกไปยังตัวลูก
- MISO (Master-In Slave-Out) – เป็นสายที่ใช้รับสัญญาณจากตัวลูก
- SCK (Serial Clock) – เป็นสายควบคุมจังหวะการรับ – ส่งข้อมูล
- SS (Slave Select, Active-Low) หรือ CS – เป็นสายใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่ต้องการจะคุยด้วย

สำหรับขา MOSI MISO SCK แต่ละอุปกรณ์จะใช้งานสายทั้ง 3 นี้ร่วมกัน แต่สำหรับ /SS หรือ CS จะต้องใช้แยกกันในแต่ละอุปกรณ์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์ตัวใดจะต้องดึงสถานะขา SS หรือ CS เป็น LOW จึงจะเริ่มการสื่อสารได้



รูปที่ 2.4 SPI

(https://www.corelis.com/education/tutorials/spi-tutorial/)

2.3.2 การสื่อสารผ่าน I^2C

I^2C เป็นโปรโตคอลที่ใช้การสื่อสารแบบซิงโคนัส คิดค้นโดย NXP โดยอาจมีการใช้ชื่ออื่นในการเรียก เช่น 2-wire สำหรับในประเทศไทยมักใช้คำว่า ไอ-สแควร์-ซี (I-squared-C) ใช้สายจำนวน 2 เส้นในการสื่อสาร ดังนี้

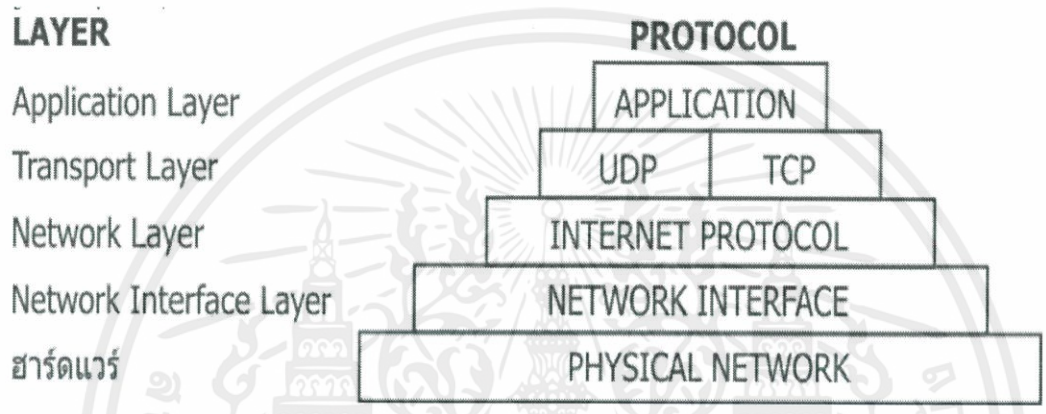
- Serial Data (SDA) – เป็นขาที่ใช้รับ-ส่งข้อมูล
- Serial Clock (SCL) – เป็นขาที่ใช้ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลของอุปกรณ์ปลายทาง

โดยปกติแล้วการใช้การเชื่อมต่อแบบ I^2C จะมีตัวต้านทานค่าประมาณ 4.7kΩ – 10kΩ ต่อแบบ Pull-up ที่ขาสัญญาณทั้ง 2 ด้วย แต่ในบางโมดูลจะมีตัวต้านทานต่ออยู่แล้วจึงไม่ต้องต่อเพิ่มโปรโตคอลแบบ I^2C รองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตัวลูก (ไมโครคอนโทรลเลอร์ถือเป็นตัวแม่) มากกว่า 1 ตัว โดยแต่ละตัวจะมีเลขประจำตัวที่เรียกว่า Address เป็นตัวกำหนด หากต้องการคุยกับอุปกรณ์ตัวลูกต้องมีการอ้างอิง Address ก่อนเสมอ โปรโตคอลแบบ I^2C ทำงานลักษณะของการ ถาม – ตอบ โดยหากจะมีการสื่อสารตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งข้อมูลไปถามก่อน จึงจะมีการส่งข้อมูลกลับมา ในบางครั้งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียวและไม่ต้องการข้อมูลตอบกลับมาก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสื่อสารแบบ TCP/IP

โปรโตคอลคือชุดของกฎสำหรับรูปแบบข้อความและโพรซีเดอร์ ที่อนุญาตให้เครื่องและแอ็พพลิเคชันโปรแกรมแลกเปลี่ยนข้อมูล กฎเหล่านี้ต้องเป็นไปตามเครื่องแต่ละเครื่องที่เกี่ยวข้องในการสื่อสาร เพื่อให้โฮสต์การรับสามารถเข้าใจข้อความนั้นๆ ชุด TCP/IP ของโปรโตคอลสามารถเข้าใจได้ในรูปของ เลเยอร์ (หรือระดับ) จากรูปที่ 2.5 แสดงเลเยอร์ของโปรโตคอล TCP/IP จากด้านบนสุด ประกอบด้วย Application Layer, Transport Layer, Network Layer, Network Interface Layer และ Hardware

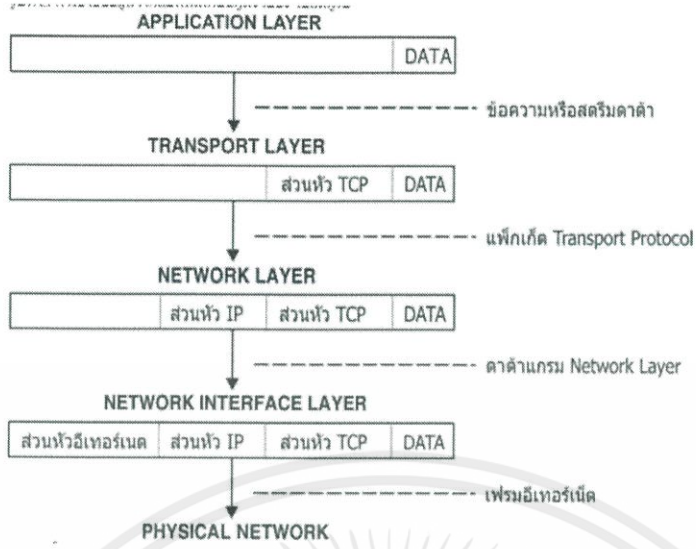


รูปที่ 2.5 ชุด TCP/IP ของโปรโตคอล

(https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/th/ssw_aix_71/com.ibm.aix.networkcomm/tcpip_protocols.htm)

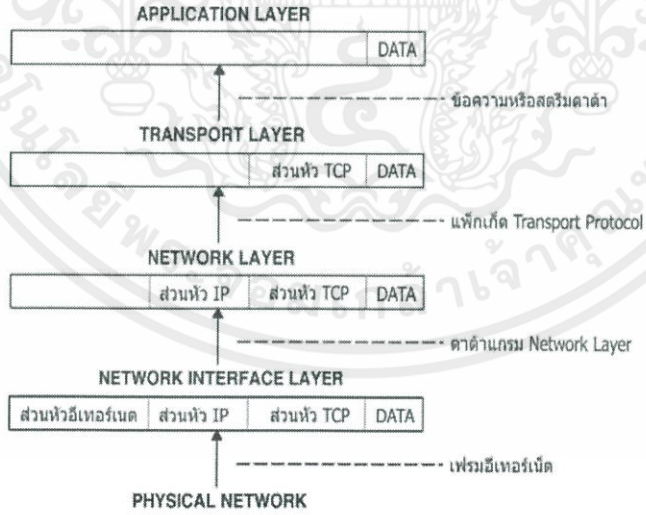
TCP/IP กำหนดวิธีการย้ายข้อมูลจากผู้ส่งไปยังผู้รับอย่างระมัดระวัง อันดับแรก แอปพลิเคชันโปรแกรมส่งข้อความ หรือสตรีม ข้อมูลของ Internet Transport Layer Protocols ซึ่งอาจเป็น User Datagram Protocol (UDP) หรือ Transmission Control Protocol (TCP) โปรโตคอลเหล่านี้จะได้รับข้อมูลจาก แอ็พพลิเคชัน จากนั้นแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ เรียกว่า แพ็กเก็ต เพิ่มแอดเดรสปลายทาง และจากนั้นส่งแพ็กเก็ตไปยัง เลเยอร์โปรโตคอลถัดไป คือเลเยอร์ Internet Network เลเยอร์ Internet Network layer รวมแพ็กเก็ตให้อยู่ใน Datagram Internet Protocol (IP) วางในส่วนหัวและส่วนท้ายของ Datagram ตัดสินใจว่าจะส่ง Datagram ไปที่ใด ไปยังปลายทางโดยตรง หรือไปยังเกตเวย์ และส่ง Datagram ต่อไปยัง เลเยอร์ Network Interface เลเยอร์ Network Interface ยอมรับ Datagram IP และส่ง เป็นแบบ เฟรม บนฮาร์ดแวร์เน็ตเวิร์กที่เจาะจง เช่นเน็ตเวิร์ก Ethernet หรือ Token-Ring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การย้ายข้อมูลจากแอปพลิเคชันผู้ส่งไปยังโฮสต์ผู้รับ (https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/th/ssw_aix_71/com.ibm.aix.networkcomm/tcpip_protocols.htm)

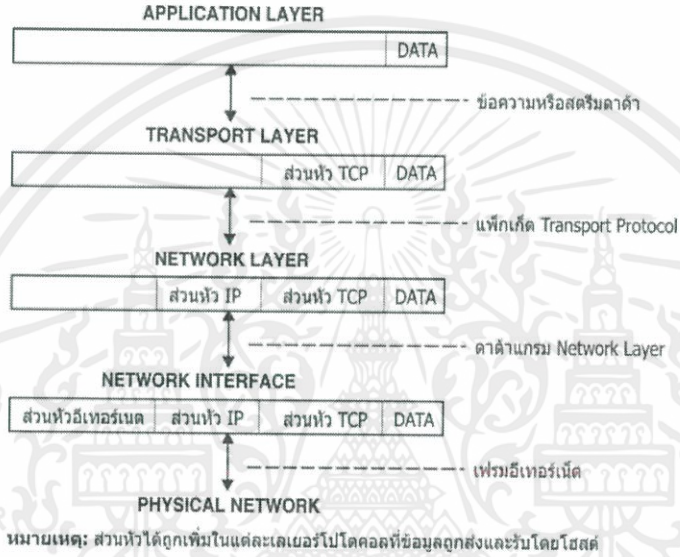
รูปที่ 2.6 นี้แสดงโฟลว์ของข้อมูลลงไปถึงเลเยอร์โปรโตคอล TCP/IP จากผู้ส่งไปยังโฮสต์เฟรมที่โฮสต์ได้รับจะส่งไปยังเลเยอร์โปรโตคอลในทางตรงกันข้าม แต่ละเลเยอร์จะถอดข้อมูลส่วนข้องที่เกี่ยวข้องออก จนกระทั่ง เหลือเฉพาะข้อมูลที่ส่งกลับไปยังเลเยอร์แอปพลิเคชัน



รูปที่ 2.7 การย้ายข้อมูลจากโฮสต์ไปยังแอปพลิเคชัน (https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/th/ssw_aix_71/com.ibm.aix.networkcomm/tcpip_protocols.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 แสดงโฟลว์ของข้อมูลขึ้นไปถึงเลเยอร์โปรโตคอล TCP/IP จากโฮสต์ไปยังผู้ส่ง เฟรมที่เลเยอร์ Network Interface ได้รับ (ในกรณีนี้ คืออะแด็ปเตอร์ Ethernet) เลเยอร์ Network Interface ถอดส่วนหัว Ethernet ออก และส่ง Datagram ขึ้นไปยังเลเยอร์ Network ในเลเยอร์ Network Internet Protocol ถอดส่วนหัว IP ออก และส่ง แพ็กเก็ตขึ้นไปยังเลเยอร์ Transport ในเลเยอร์ Transport นั้น TCP (ใน กรณีนี้) จะถอดส่วนหัว TCP ออก และส่งข้อมูลขึ้น ไปยังเลเยอร์ Application โฮสต์บนเน็ตเวิร์กจะส่งและรับข้อมูลพร้อมๆ กัน รูปที่ 2.8 แสดงโฮสต์ ได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้นขณะที่สื่อสาร

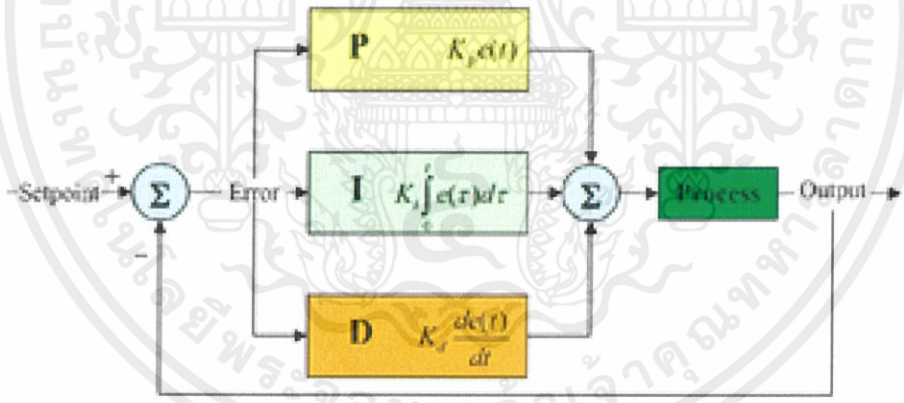


รูปที่ 2.8 การส่งและการรับข้อมูลโฮสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ตัวควบคุม PID

เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบวิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพึ่งผ่านพ้นไป, และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการโดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอนซึ่งตัวควบคุม PID มีหน้าตาดังรูปที่ 2.9



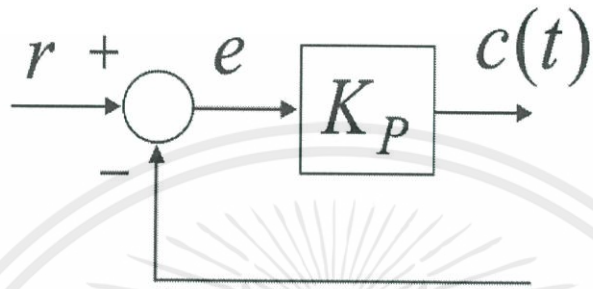
รูปที่ 2.9 ตัวควบคุม PID

(https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีไอดี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ตัวควบคุม P

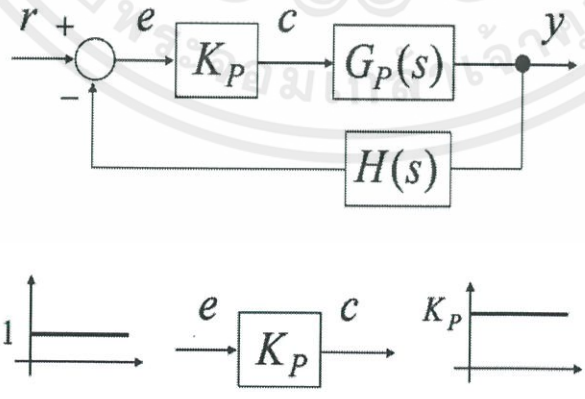
ตัวควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional Control) ลักษณะการทำงานก็คือการส่งสัญญาณเอาท์พุตออกมาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณค่าความผิดพลาด บล็อกไดอะแกรมและฟังก์ชั่นการทำงานเป็นดังรูปที่ 2.10



$$c(t) = K_P e(t)$$

รูปที่ 2.10 ตัวควบคุม P

ตัวควบคุมพีตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณค่าความผิดพลาดระหว่าง สัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้าง สัญญาณเอาท์พุตด้วยการขยายสัญญาณความผิดพลาดดังกล่าวดวยค่าเกนของตัวควบคุม บล็อก ไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.11



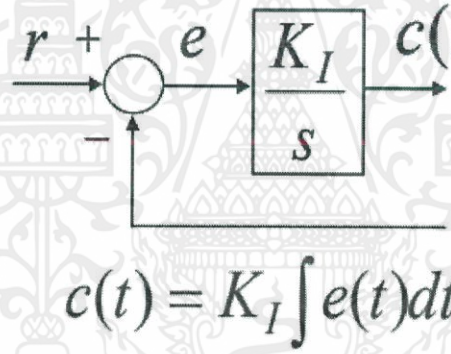
รูปที่ 2.11 สัญญาณตัวควบคุม P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ การปรับค่าเกนให้สูงขึ้นจะมีผลทำให้ ระบบมีผลตอบสนองที่เร็วขึ้น ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำไปใช้งานก็คือ ถ้านำไปใช้กับระบบชนิด 0 (System type 0) ตัวควบคุมนี้จะไม่สามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ แต่ก็สามารถทำให้ค่าความผิดพลาดดังกล่าวมีค่าน้อยลงได้ด้วยการปรับค่าเกนให้สูง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว การปรับค่าเกนให้สูงมากขนาดไหนเอาท์พุตที่ออกจริงๆจากตัวควบคุมมักมีค่าจำกัด และการปรับเกนให้มีค่าสูงสำหรับระบบที่มีอันดับสูง อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์ เช่น การปรับเกนให้สูงขึ้นสำหรับระบบอันดับสอง ผลที่ตามมาก็คือ ค่าพุ่งเกินก็จะสูงขึ้นตามด้วย ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อระบบ

2.5.2 ตัวควบคุม I

ลักษณะการทำงานก็คือ การส่งสัญญาณเอาท์พุตออกมาจากการอินทเกรตสัญญาณค่าความผิดพลาด บล็อกไดอะแกรมและฟังก์ชั่นการทำงานเป็นดังรูปที่ 2.12

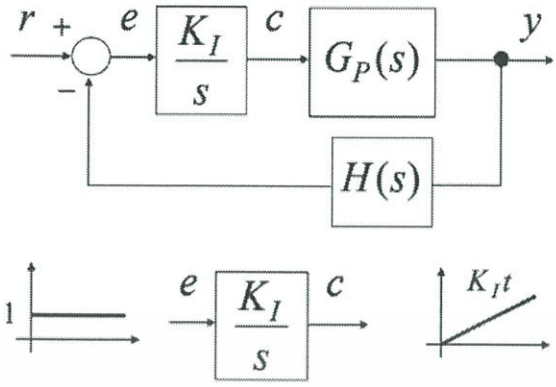


$$c(t) = K_I \int e(t)dt$$

รูปที่ 2.12 ตัวควบคุม I

ตัวควบคุมแบบไอ จะนำเอาสัญญาณความผิดพลาดระหว่าง สัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้าง สัญญาณเอาท์พุตด้วยการอินทิเกรตสัญญาณความผิดพลาดดังกล่าวแล้วคูณดวยค่าเกนของตัวควบคุม บล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

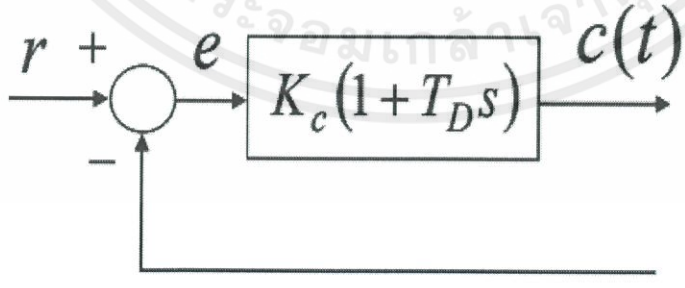


รูปที่ 2.13 สัญญาณตัวควบคุม I

จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ ถ้านำไปใช้กับระบบชนิด 0 (System type 0) ตัวควบคุมแบบนี้จะสามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ข้อด้อยที่อาจจะเกิดนี้ ในการนำไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้ไม่สามารถลดผลของการพุ่งเกินของผลตอบสนองได้และ การปรับเกนให้มีค่าสูงอาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึ่งประสงค์เช่นการปรับเกนให้สูงขึ้น อาจจะมีผลทำให้ผลตอบสนองของระบบเกิดการแกว่งตัวได้

2.5.3 ตัวควบคุม D

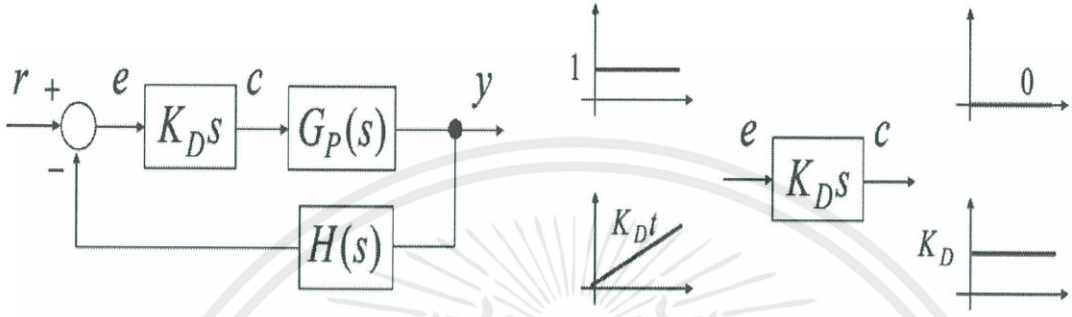
ลักษณะการทำงานก็คือการส่งสัญญาณเอาท์พุตออกมาจากการอนุพันธ์สัญญาณค่า ความผิดพลาด บล็อกไดอะแกรมและฟังกชั่นการทำงานเป็นดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ตัวควบคุม D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวควบคุมแบบดี ตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณความผิดพลาดระหว่าง สัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้าง สัญญาณเอาทพุตด้วยการอนุพันธ์สัญญาณความผิดพลาดดังกล่าว แล้วคูณด้วยค่าเกนของตัวควบคุม บล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 สัญญาณตัวควบคุม D

จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนเมื่อนำไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้ใช้สำหรับลดผลของการพุ่งเกินของผลตอบสนองได้ ลดผลตอบสนองที่มีการเปลี่ยนแปลงไปมาได้ แต่ต้องปรับค่าเกนให้เหมาะสมด้วย ไม่เช่นนั้น อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึ่งประสงค์ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำเอาตัวควบคุมนี้ไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้จะไม่สามารถขจัดค่าความผิดพลาด ในสภาวะคงตัวได้ และการใช้ตัวควบคุมนี้เอาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ช้าลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในส่วนของวิธีการดำเนินงานนั้น จะเริ่มจากศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหุ่นยนต์ ROV เพื่อให้เข้าใจภาพรวมทั้งหมด และได้ถามรายละเอียดจุดประสงค์ของโครงงานหลังจากได้ข้อมูลที่เพียงพอแล้ว เริ่มจากการหาเซนเซอร์ที่เหมาะสมต่อโครงงานหลังจากนั้นจะเริ่มทำการทดสอบเซนเซอร์เพื่อทดสอบว่าตัวเซนเซอร์ที่เราใช้สามารถใช้งานได้ เขียนโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์ ROV และสุดท้ายนำหุ่นยนต์ไปทดสอบ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในขั้นตอนการดำเนินงาน สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. ชี้แจงเกี่ยวกับรายละเอียดและการดำเนินงานเกี่ยวกับโครงการสหกิจศึกษา
2. ปรึกษาพนักงานที่ปรึกษาเพื่อหาหัวข้อโครงงานที่บริษัทมีความต้องการ และสอดคล้องกับจุดประสงค์ของโครงการสหกิจศึกษา
3. เลือกหัวข้อโครงงาน และ จัดทำแผนการดำเนินงานสำหรับโครงงาน
4. ศึกษารายละเอียดของหุ่นยนต์ ROV
5. เลือกชนิดของเซนเซอร์ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของโครงการ
6. ทดลองเซนเซอร์กับหุ่นยนต์ ROV
7. การเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์ ROV
8. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV

3.2 การเลือกหัวข้อการทำโครงงาน

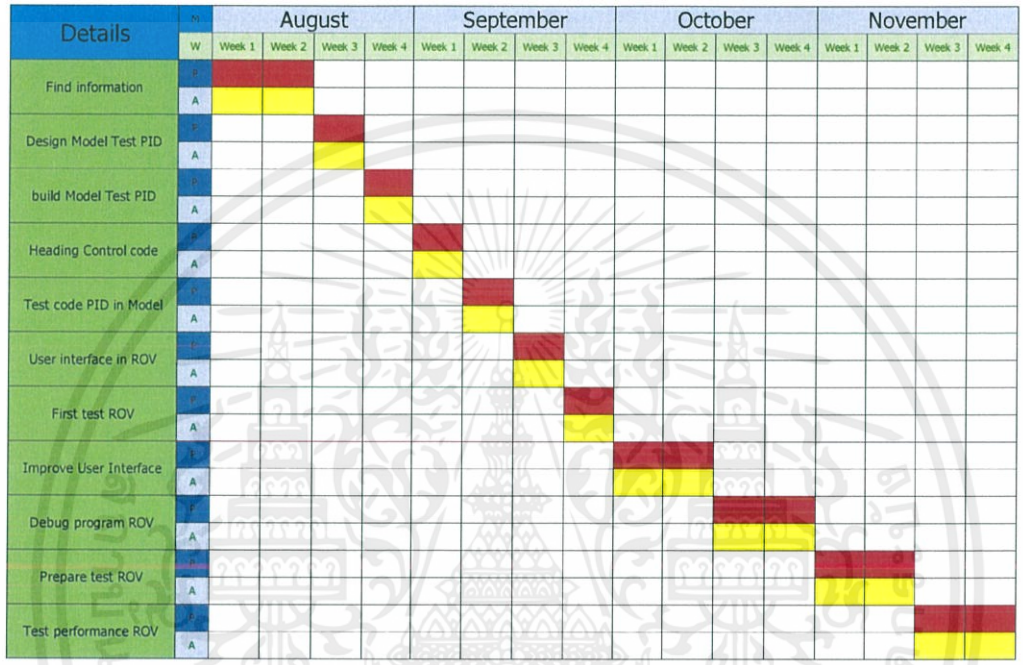
ในการเลือกหัวข้อการทำโครงงาน ได้ทำการปรึกษาพนักงานที่ปรึกษาเกี่ยวกับโครงการสหกิจศึกษา โดยเน้นขอบเขตว่า เป็นโครงงานที่บริษัทต้องการ แต่บริษัทไม่มีเวลาทำ และ สามารถทำสำเร็จได้ภายในระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งแผนกที่นักศึกษาทำสหกิจศึกษานั้นเป็นแผนกดังนั้นในการเลือกหัวข้อโครงงานจึงเป็นการทำระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV ซึ่งเหมาะสมต่อความรู้ในภาควิชา

เมื่อเลือกหัวข้อโครงงาน นักศึกษาได้ทำแผนการดำเนินโครงงาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงโดยในช่วงแรกจะเป็นการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของหุ่นยนต์ ROV รวมทั้งความจุดประสงค์ของระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทาง และสภาพแวดล้อมของตัวหุ่นยนต์ ในช่วงที่สองจะเป็นการทดลองเซนเซอร์ รวมถึงออกแบบตัวควบคุม PID เพื่อมาทำระบบควบคุมทิศทางให้หุ่นยนต์ ROV และเขียน User Interface เพื่อให้ผู้ใช้งานใช้สะดวก ในช่วงที่ 3 เป็นช่วงสุดท้ายจะเป็นนำหุ่นยนต์ ROV ไปทดสอบและใช้งานจริงซึ่งวางแผนเป็นไปตามดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแผนการดำเนินงานสหกิจศึกษา

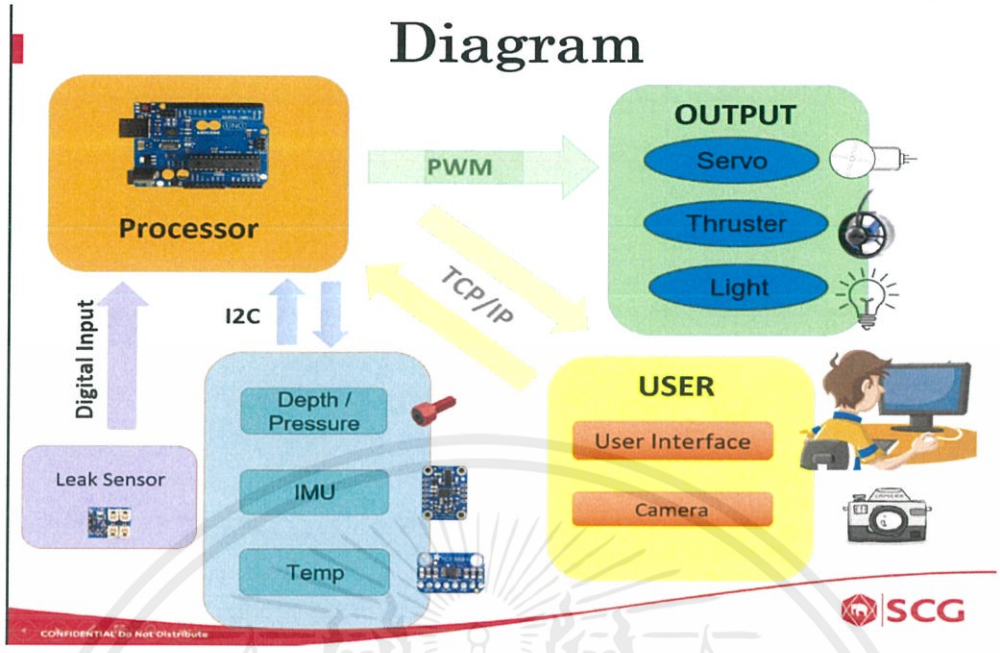


3.3 การศึกษารายละเอียดของหุ่นยนต์ ROV

ROV หรือ Remotely Operated Vehicle เป็นหุ่นยนต์ดำน้ำไร้คนขับที่ผู้บังคับหุ่นยนต์ ROV จะมองเห็นใต้น้ำผ่านกล้อง ซึ่ง ROV จำเป็นต้องมีสายสัญญาณเพื่อการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ROV และความปลอดภัยในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินเรายังสามารถดึง ROV ขึ้นมาจากน้ำได้ นอกจากนี้ ROV ยังมีความคล่องแคล่วสูงมากสามารถดำน้ำลึกได้ถึง 100 เมตร นอกจากนี้ยังทำงานได้ทั้งในสภาพน้ำจืดและน้ำเค็ม ROV สามารถดำน้ำได้นานถึง 3 ชั่วโมงเต็ม หรือเทียบให้เห็นภาพคืออึดกว่าคนทั่วไปถึง 10 เท่า

แผนภาพไดอะแกรมของ ROV ดังรูปที่ 3.1 เริ่มจากเมนบอร์ดหลักในการรับค่าจากเซนเซอร์หรือประมวลผล ส่วนฝั่งของเซนเซอร์จะมีกลุ่มที่มีการสื่อสารแบบ I^2C ได้แก่ เซนเซอร์วัดความดัน IMU เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และกลุ่มที่มีการสื่อสารแบบดิจิตัลอินพุท มีเซนเซอร์แสดงผลการรั่วซึมของน้ำ ส่วนการสื่อสารแบบ PWM เป็นการสั่งเอาท์พุท ให้กับ Servo Thruster และ Light และส่วนสุดท้ายคือการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์หรือกล้อง กับเมนบอร์ดจะใช้การสื่อสารแบบ TCP/IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนภาพไดอะแกรม

3.4 การศึกษาเซนเซอร์ที่สามารถนำมาใช้ทำระบบควบคุมทิศทาง

ในการศึกษารายละเอียดของเซนเซอร์ ได้ทำการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งเซนเซอร์ที่เหมาะ นำมาทำระบบควบคุมทิศทางมากที่สุดคือ IMU เนื่องจากเป็นเซนเซอร์ชนิดเดียวที่สามารถบอกตำแหน่งความเคลื่อนไหวตามแกนเคลื่อนที่ได้อย่างมีสเถียรภาพ นิยมนำมาใช้ในโดรนเพื่อรักษาสมดุล และยังสามารถบอกทิศของแกนโลกได้ โดยที่ IMU เป็นเซนเซอร์ที่มีขนาดเล็กเหมาะสมสำหรับหุ่นยนต์ ROV ด้วยเหตุนี้จึงเลือกใช้ IMU ในการทำระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV

โดยในการเลือก IMU ผู้ทำได้แบ่งการเลือกตามตารางโดยใช้เกณฑ์ดังตารางที่ 3.2

1. ประสิทธิภาพของ IMU ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhirong Lin et al. (2017)
2. ขนาดของ IMU
3. ราคาของ IMU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบ IMU

IMU		Performance	Size	Price
BNO055		Excellent	5.2 x 3.8 x 1.1 mm³	$34.95
MTi-300		BEST	57 x 42 x 23.5 mm³	~$2700
MPU-9150		Good	4 x 4 x 1 mm³	$10.58
X-NUCLEO IKS01A1		Good	200 x 180 x 100 mm³	$27.89

ซึ่งจากรูป 3.3 จะสรุปได้ว่า MTi-300 มีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมา BNO055 ในส่วนของขนาด MPU-9150 มีขนาดเล็กที่สุด ซึ่ง BNO055 รองลงมา และสุดท้ายราคา MTi-300 มีราคามากที่สุด เนื่องจากเป็นเซนเซอร์ในอุตสาหกรรม แต่สุดท้ายได้เลือก BNO055 เนื่องจากราคาไม่สูง ขนาดเหมาะสม และสุดท้าย BNO055 ยังเหมาะสำหรับการใช้งานใน microcontroller อีกด้วยเนื่องจาก output สามารถออกมาเป็นค่า orientation ได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องนำข้อมูลจาก raw data มาผ่าน Kalman filer ด้วยตนเอง

3.5 ทดลองเซนเซอร์ BNO055

จากการศึกษา BNO055 พบว่ามีโหมดที่สามารถใช้งานได้ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีโหมดที่น่าสนใจในอยู่ 2 โหมดคือโหมด NDOF และโหมด IMU

NDOF จะเป็นการรวมกันของเซนเซอร์ accelerometer gyroscope และ magnetometer โดยเริ่มต้นที่ค่าทุกอย่างเป็น 0 และจำเป็นต้องทำการ calibrate หรือหมุนเซนเซอร์เพื่อให้ magnetometer สามารถหาทิศทางของแกนโลกได้จึงจะแสดงค่าที่ทิศทางที่สัมพันธ์กับทิศของแกนโลกซึ่งเราเรียกค่านั้นว่า absolute orientation

ส่วนในโหมด IMU จะเป็นการรวมกันของเซนเซอร์ accelerometer และ gyroscope จึงทำให้ไม่มีจุดอ้างอิงและเมื่อเริ่มทำงานเซนเซอร์จะคิดว่าทิศทางนั้นคือจุดเริ่มต้นซึ่งเราเรียกค่านั้นว่า relative orientation ส่วนในโหมดอื่นที่ไม่ได้สนใจเพราะว่าความเร็วในการตอบสนองของเซนเซอร์ หรือความสะดวกในการใช้งานไม่เพียงพอต่อความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Mode		Available sensor signals			Fusion Data	
		Accel	Mag	Gyro	Relative orientation	Absolute orientation
	CONFIGMODE	-	-	-	-	-
Non-fusionmodes	ACCONLY	X	-	-	-	-
	MAGONLY	-	X	-	-	-
	GYROONLY	-	-	X	-	-
	ACCMAG	X	X	-	-	-
	ACCGYRO	X	-	X	-	-
	MAGGYRO	-	X	X	-	-
	AMG	X	X	X	-	-
Fusion modes	IMU	X	-	X	X	-
	COMPASS	X	X	-	-	X
	M4G	X	X		X	-
	NDOF_FMC_OFF	X	X	X	-	X
	NDOF	X	X	X	-	X

รูปที่ 3.2 โหมดการใช้งาน BNO055

(https://www.robot-electronics.co.uk/files/BNO055.pdf)

เนื่องจากหุ่นยนต์ ROV วัสดุส่วนใหญ่เป็นอลูมิเนียม สิ่งที่ตัวหุ่นยนต์ลงไปสำรวจยังเป็นวัสดุชนิดเหล็ก นอกจากนี้ยังมี blushless dc motor ซึ่งสามารถรบกวน magnetometer ใน BNO055 ได้จึงต้องมีการทดสอบก่อนว่า BNO055 สามารถทนกับสภาพไหนได้บ้าง โดยในการทดลองมีอุปกรณ์ดังนี้

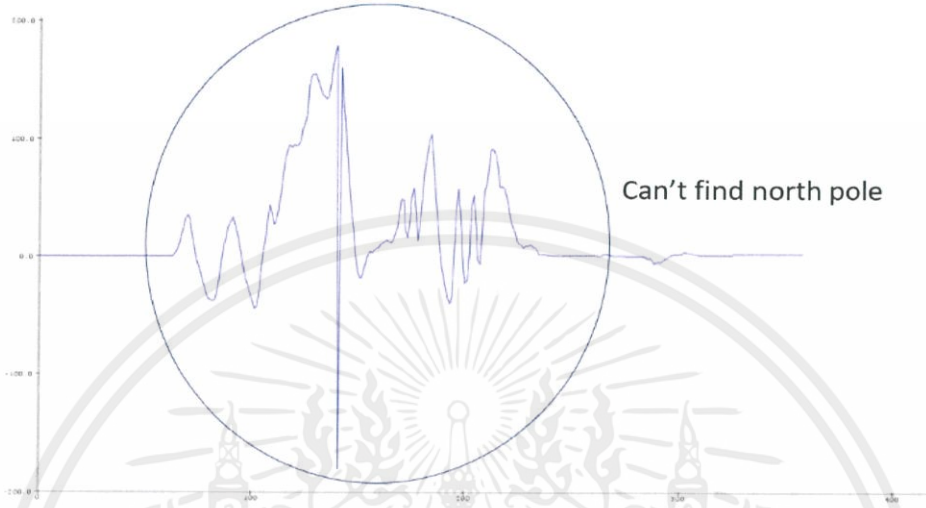
(a) (b) (c)

รูปที่ 3.3 อุปกรณ์การทดลอง (a) กล่องอลูมิเนียม, (b) ฟุตเหล็ก, (c) แม่เหล็ก

ในการทดลองได้นำตัวเซนเซอร์ BNO055 มาใช้โหมด NDOF ซึ่งโหมดนี้จะประกอบไปด้วย 3 เซนเซอร์คือ accelerometer gyroscope และ magnetometer ในโหมดนี้จะทำงานโดยเริ่มต้นจะต้องการทำหมุนหาทิศทางก่อนว่าทิศเหนือของแกนโลกอยู่ที่ไหน ซึ่งในการทดลองได้นำเซนเซอร์ BNO055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาอยู่ใกล้กับอุปกรณ์ต่างๆหลังจากนั้นทำการอ่านค่าจากตัวเซนเซอร์ซึ่งพบว่ากรณีของแม่เหล็กดังรูป c ทำให้ค่า output จาก BNO055 มีค่าผิดไปจากค่าที่ควรจะเป็นหรือเซนเซอร์ BNO055 ไม่สามารถหาทิศเหนือของแกนโลกได้ดังรูป 3.4



รูปที่ 3.4 การทดลองเซนเซอร์ BNO055

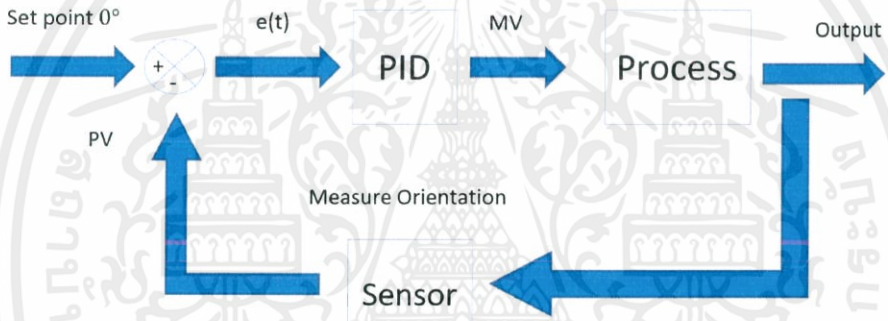
ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปิดการทำงานของ magnetometer ซึ่งจะเหลือเพียง accelerometer และ gyroscope ที่ยังใช้งานอยู่ ซึ่งโหมดที่จะใช้งานในหุ่นยนต์ ROV คือโหมด IMU ซึ่งทิศทางของหุ่นยนต์จะเริ่มต้นที่ 0 เมื่อหุ่นยนต์เริ่มทำงาน และหากต้องการให้หุ่นยนต์ ROV เริ่มทำงานที่ทิศเหนือของแกนโลกในเริ่มต้นจำเป็นต้องหันทิศทางของหุ่นยนต์ ROV ไปทิศเหนือก่อนที่จะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์ ROV

ในการเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์ ROV จะแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นการเขียนโปรแกรมของหุ่นยนต์ ROV ซึ่งใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลรับค่าจากเซนเซอร์ และนอกจากนี้การเขียนตัวควบคุม PID ยังในส่วนนี้อีกด้วย ส่วนที่สอง จะเป็นการเขียนโปรแกรมฝั่งแสดงผลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual studio C# ซึ่งใช้ภาษา C# ในการเขียนโปรแกรม

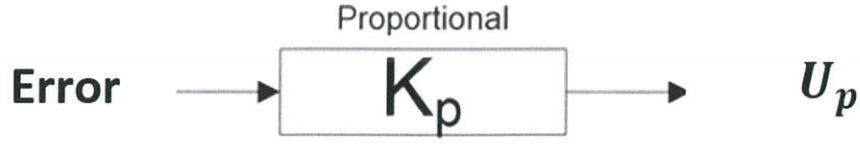
ในส่วนแรกการเขียนโปรแกรมตัวควบคุม PID จะเริ่มจากการอ่านค่าทิศทางจาก BNO055 (orientation) มาเปรียบเทียบกับ ค่ามุมที่เราต้องการ (setpoint) เพื่อให้ได้ค่าความผิดพลาดมาคำนวณในตัวควบคุม PID และนำสัญญาณจากตัวควบคุม PID ไปขับ process ดังรูป 3.5 ซึ่งการขับ process ก็คือการสั่ง thruster ให้หมุนตามความต้องการ



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรม

โดยในตัวควบคุม PID มีสมการดังนี้

1. ตัวควบคุม P



รูปที่ 3.6 ตัวควบคุม P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

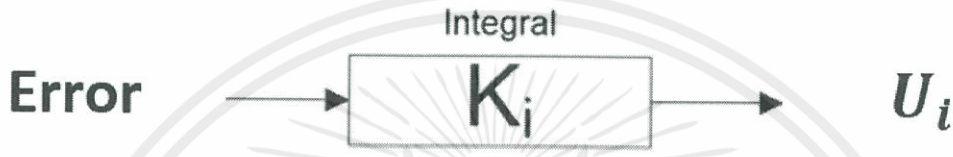
โดยจะใช้สมการที่ 2.1

$$U_p = \text{ค่าความผิดพลาด} \times K_p \quad (2.1)$$

U_p คือ สัญญาณตัวควบคุม P

K_p คือ ค่าเกนของตัวควบคุม P

2. ตัวควบคุม I



รูปที่ 3.7 ตัวควบคุม I

โดยจะใช้สมการที่ 2.2

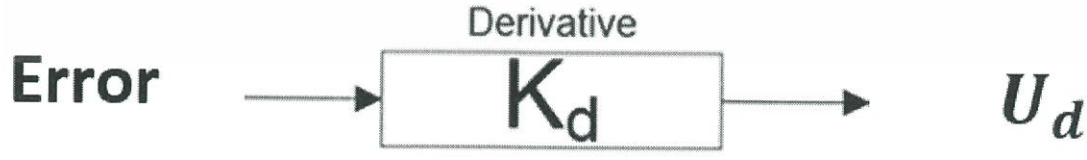
$$U_i = U_i + \frac{1}{2}(\text{ค่าความผิดพลาดก่อนหน้า} + \text{ค่าความผิดพลาด}) \times \Delta T \times K_i \quad (2.2)$$

U_i คือ สัญญาณตัวควบคุม I

K_i คือ ค่าเกนของตัวควบคุม I

ΔT คือ Sampling Time

3. ตัวควบคุม D



รูปที่ 3.8 ตัวควบคุม D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะใช้สมการที่ 2.3

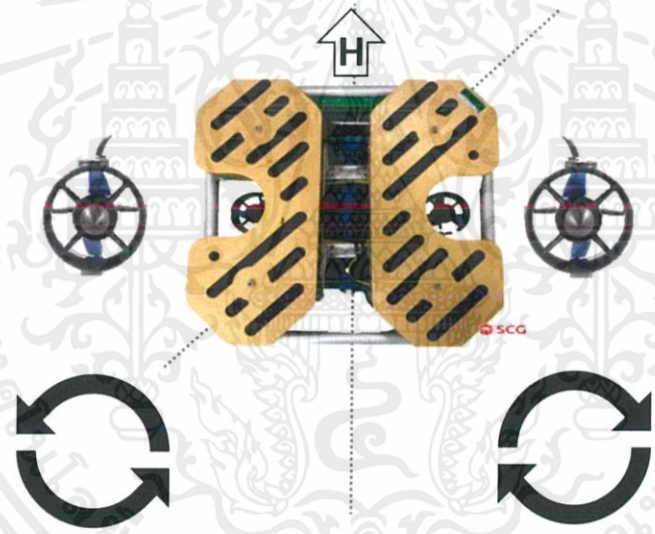
$$U_d = \frac{\text{ค่าความผิดพลาด} - \text{ค่าความผิดพลาดก่อนหน้า}}{\Delta T} \times K_d \quad (2.3)$$

U_d คือ สัญญาณตัวควบคุม D

K_d คือ ค่าเกนของตัวควบคุม D

ΔT คือ Sampling Time

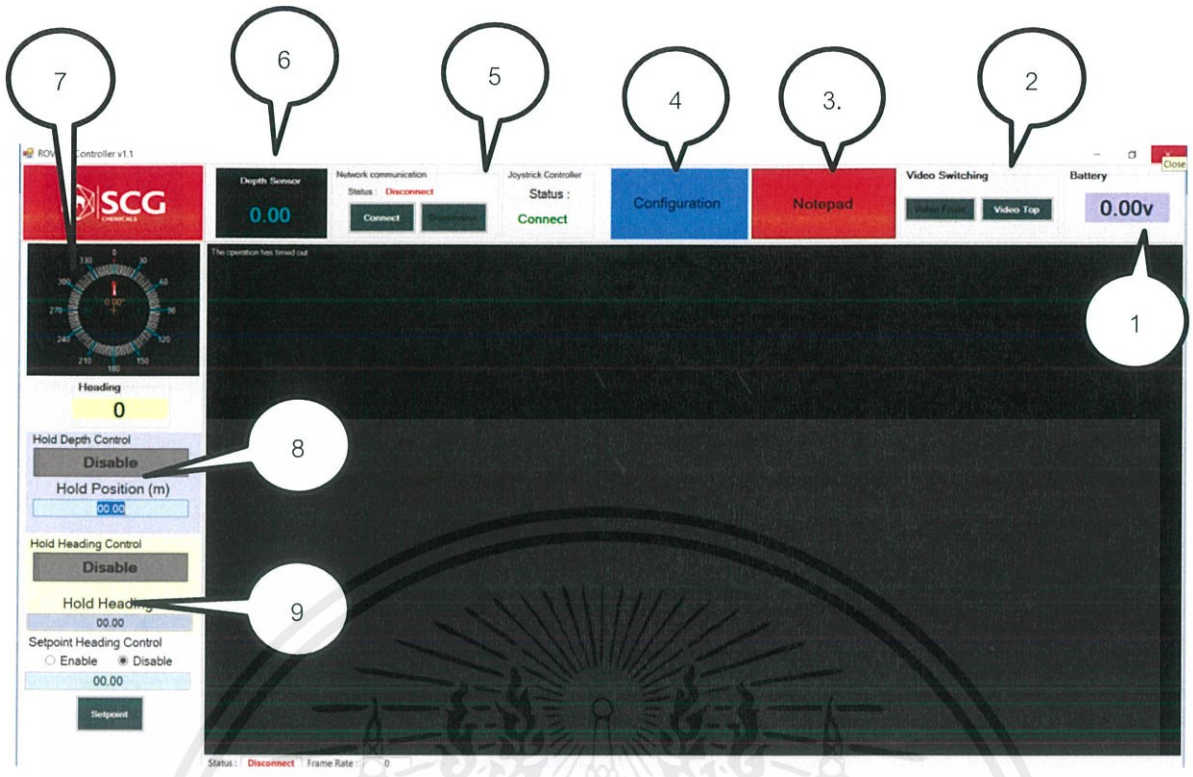
โดยหลักการในการสั่ง process ให้ทำงานนั้นตัวควบคุมต้องการให้หุ่นยนต์ ROV หมุนไปทางขวา จะสั่ง thruster ฝั่งขวาให้หมุนตามเข็มนาฬิกาและให้ thruster ฝั่งซ้ายหมุนตามเข็มนาฬิกาดังรูปที่ 3.9 ซึ่งในขณะเดียวกันหากต้องการให้หุ่นยนต์ ROV หมุนทางซ้ายก็ทำเหมือนกันแต่หมุนตรงกันข้าม



รูปที่ 3.9 การหมุนของหุ่นยนต์ ROV

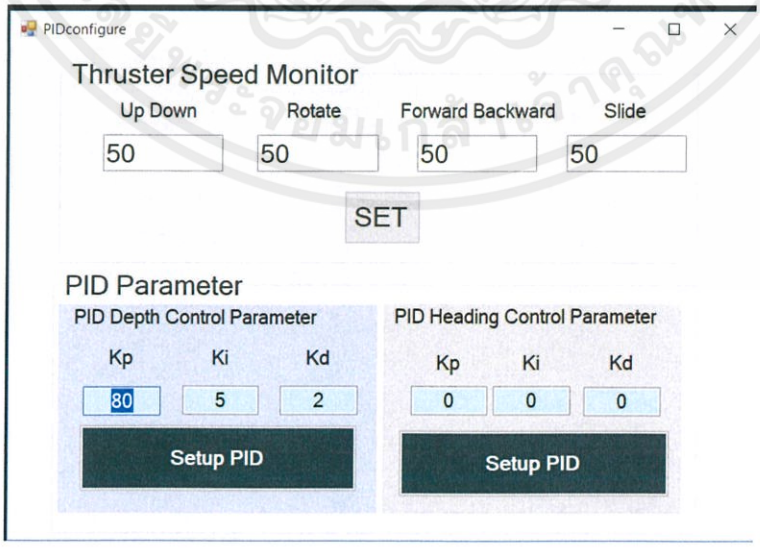
ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของแสดงผลซึ่งเราสามารถบังคับหุ่นยนต์ผ่านหน้าจอแสดงผลนี้โดยสามารถดูสถานะต่างๆของตัวหุ่นยนต์ ROV ทิศทาง ความลึก กล้อง นอกจากนี้ยังสามารถปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ได้อีกด้วยซึ่งมีหน้าตาดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โปรแกรมแสดงผล ROV

1. แสดงผลแรงดันของแบตเตอรี่
2. ปรับให้หน้าจอแสดงผลเปลี่ยนเป็นกล้องบนหรือกล้องล่าง
3. บันทึกค่า raw data จากเซนเซอร์ต่างๆ
4. ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของ PID และปรับค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ROV มีหน้าต่างตั้งค่าดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 หน้าต่างตั้งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แสดงผลการเชื่อมต่อระหว่างหุ่นยนต์ ROV กับ คอมพิวเตอร์

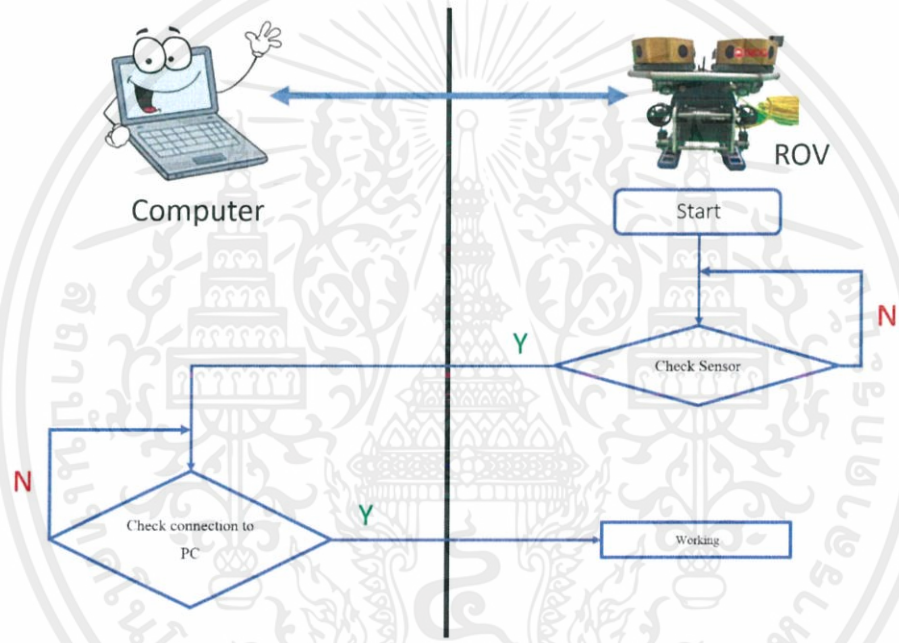
6. แสดงผลความลึกของหุ่นยนต์ ROV

7. แสดงผลทิศทางของหุ่นยนต์ ROV

8. ฟังก์ชั่นรักษาระดับความลึกของหุ่นยนต์ ROV

9. ฟังก์ชั่นรักษาทิศทางของหุ่นยนต์ ROV

ซึ่งนอกจากจะมีหน้าที่แสดงผลของค่าพารามิเตอร์ต่างๆแล้ว ยังมีหน้าที่ส่งค่าไปให้หุ่นยนต์ ROV เพื่อไปคำนวณต่ออีกด้วยตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ส่งค่าจาก Joy Stick ไปยังหุ่นยนต์ ROV เพื่อให้หุ่นยนต์ ROV ขยับโดยการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ROV มีโฟลวชาร์ตดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 โฟลวชาร์ต

โดยจากโฟลวชาร์ตเริ่มจากตัวประมวลผลทำการตรวจสอบการเชื่อมต่อของเซนเซอร์ทั้งหมด เมื่อตรวจเช็คดีแล้วจะมาเข้าสู่การตรวจสอบระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ROV ซึ่งในส่วนนี้จะใช้การเชื่อมต่อแบบ TCP/IP หลังจากที่ตัวประมวลผลตรวจสอบได้แล้วว่าเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แล้ว หุ่นยนต์ ROV จะเริ่มทำงานโดยส่งค่าไปยังหน้าจอแสดงผล และรับค่าจากคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะคำนวณให้หุ่นยนต์ ROV ทำงานตามโปรแกรมเช่น PID เคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง และ ดำน้ำ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

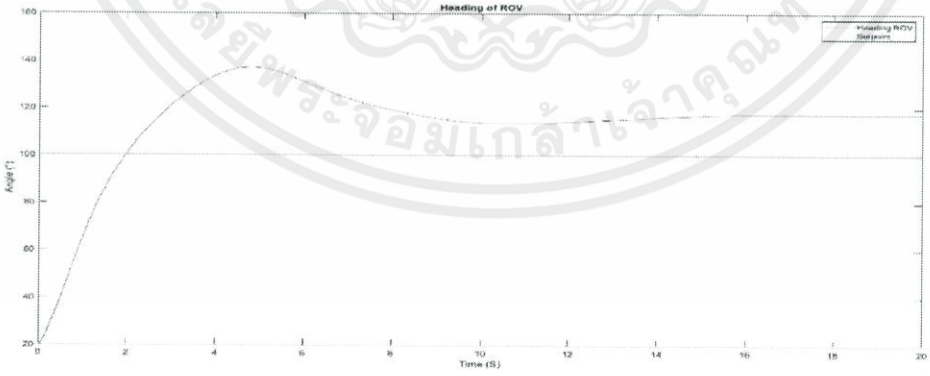
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงาน

ในการทำสหกิจศึกษากับบริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด นักศึกษาได้ทำระบบควบคุมทิศทางสำหรับหุ่นยนต์ ROV ซึ่งผลการดำเนินการหุ่นยนต์ ROV สามารถทำงานตามโปรแกรมที่ได้เขียนไว้อย่างครบโดยการเริ่มปรับจูนค่าพารามิเตอร์ของ PID นั้นนักศึกษาได้เริ่มจากปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม P เพื่อหาค่าเวลาตอบสนองที่เหมาะสมต่อหุ่นยนต์ ROV หลังจากนั้นจะเริ่มทำการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม D เพื่อลดค่าพุ่งเกินสูงสุดของระบบ และสุดท้ายปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม I เพื่อให้ระบบเข้าสู่ค่า Setpoint ซึ่งผลการทดลองค่า Kp =1.2 Kd =1.5 และ Ki =0.1 เป็นค่าที่ทำให้ระบบมีเสถียรภาพและสมรรถภาพตามความต้องการ

4.2 การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม P

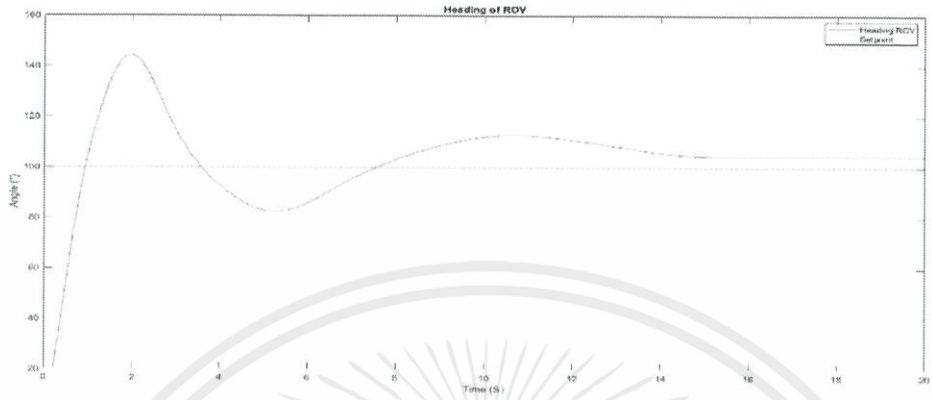
ในการปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม P เพื่อหาค่าเวลาตอบสนองที่เหมาะสมต่อหุ่นยนต์ ROV นักศึกษาได้นำเสนอการปรับค่าพารามิเตอร์ Kp เพื่อให้ได้เห็นเวลาตอบสนองที่ต่างกันโดยแสดงผลเป็นกราฟระหว่างค่ามุมของหุ่นยนต์ ROV หน่วย (^{0}) และเวลาหน่วย (s) เริ่มจากค่า Kp = 0.4 0.8 1.2 1.6 และ 2.0 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดง Kp = 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการปรับค่า Kp = 0.4 ทำให้ระบบมีผลตอบสนองที่ช้าเกินไปนอกจากนี้ระบบยังมีค่าความผิดพลาดมากโดยมีเวลาพุ่งเกินสูงสุดประมาณ 5 วินาที



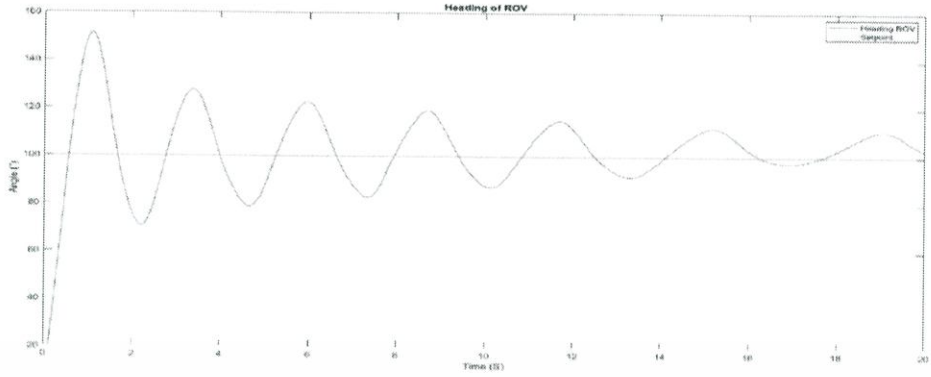
รูปที่ 4.2 กราฟแสดง Kp = 0.8

การปรับค่า Kp = 0.8 ทำให้ระบบมีผลตอบสนองที่เร็วมากขึ้นและมีค่าความผิดพลาดที่น้อยโดยมีเวลาพุ่งเกินสูงสุด 2 วินาที

รูปที่ 4.3 กราฟแสดง Kp = 1.2

การปรับค่า Kp = 1.2 จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าระบบมีผลสนองที่เร็วโดยมีเวลาพุ่งเกินสูงสุดน้อยกว่า 2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

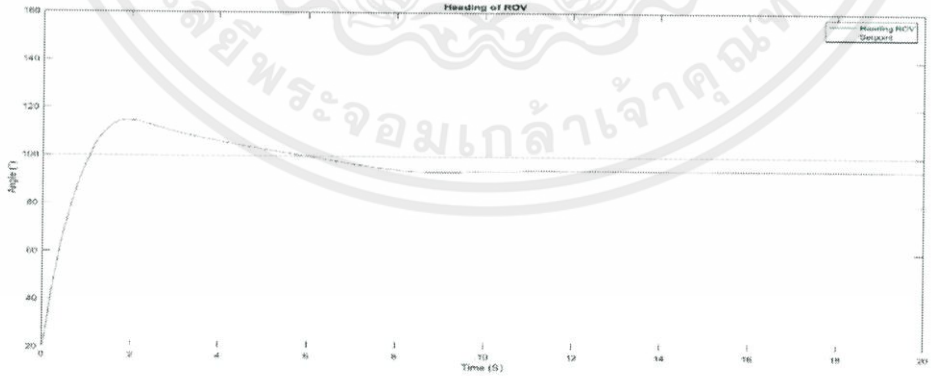


รูปที่ 4.4 กราฟแสดง Kp = 2.0

การปรับค่า Kp = 2.0 จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าระบบไม่มีเสถียรภาพเนื่องจากปรับค่าเกนมากเกินไป ซึ่งจากกราฟนักศึกษาได้เลือกค่าใช้เกน Kp = 1.2 เนื่องจากระบบมีผลตอบสนองที่เร็วและเพียงพอต่อการความต้องการของระบบทิศทางหุ่นยนต์ ROV

4.3 การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PD

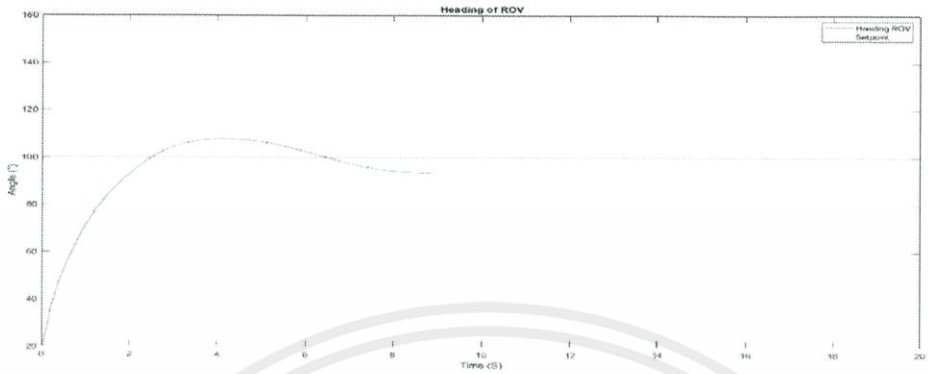
ในการปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PD จะใช้ค่า Kp =1.2 เนื่องจากเป็นค่าที่ได้ผลตอบสนองที่ต้องการแล้วทำการปรับค่าพารามิเตอร์ Kd เพื่อให้ได้เห็นค่าพุ่งเกินของระบบที่ต่างกันโดยแสดงผลเป็นกราฟระหว่างค่ามุมของหุ่นยนต์ ROV หน่วย (^{0}) และเวลาหน่วย (s) เริ่มจากค่า Kd = 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 0.5

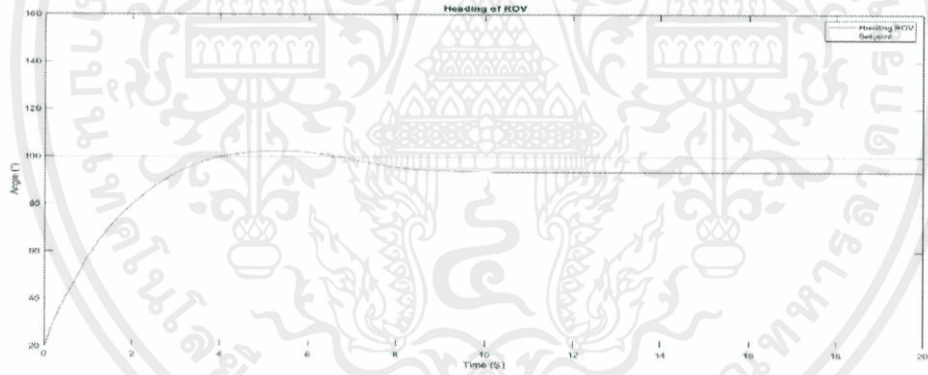
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าเมื่อใช้ Kd = 0.5 ทำให้ค่าพุ่งเกินลดลงอย่างมากซึ่งจากรูปค่าพุ่งเกินอยู่ที่ประมาณ 118 ซึ่งคิดเป็น 18%



รูปที่ 4.6 กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 1.0

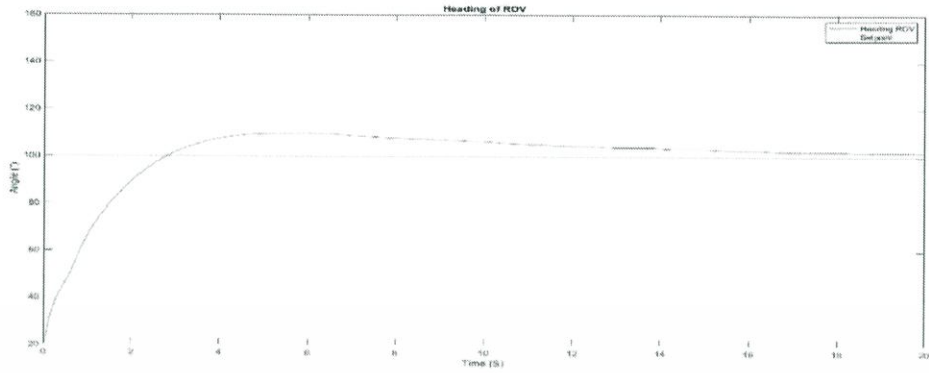
จะเห็นว่าเมื่อใช้ Kd = 1.0 ทำให้ค่าพุ่งเกินลดลงอย่างมากซึ่งจากรูปค่าพุ่งเกินอยู่ที่ประมาณ 108 ซึ่งคิดเป็น 8%



รูปที่ 4.7 กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 1.5

จะเห็นว่าเมื่อใช้ Kd = 1.5 ทำให้ค่าพุ่งเกินลดลงอย่างมากซึ่งจากรูปค่าพุ่งเกินอยู่ที่ประมาณ 2 ซึ่งคิดเป็น 2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

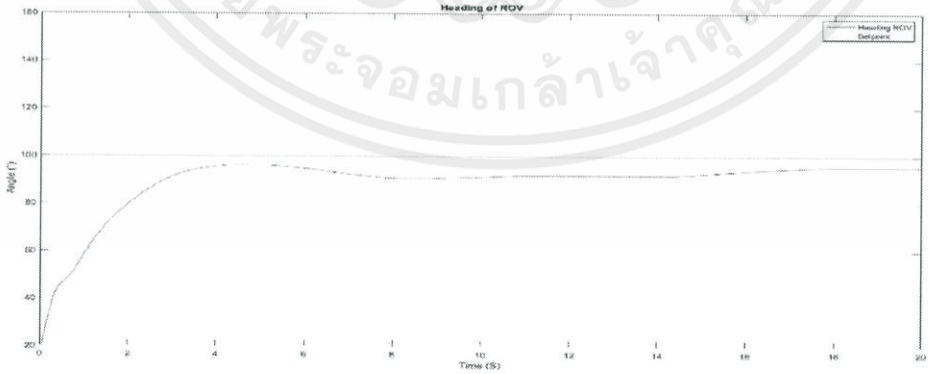


รูปที่ 4.8 กราฟแสดง Kp = 1.2 และ Kd = 2.0

จะเห็นว่าเมื่อใช้ Kd = 2.0 ทำให้ค่าพุ่งเกินเพิ่มขึ้นมากกว่าใช้ Kd = 1.5 ซึ่งจากรูปค่าพุ่งเกินอยู่ที่ประมาณ 10 ซึ่งคิดเป็น 10% ซึ่งจากกราฟทั้งหมดนักศึกษาได้เลือกใช้ Kd = 1.5 เนื่องจากมีค่าพุ่งเกินที่น้อยที่สุด

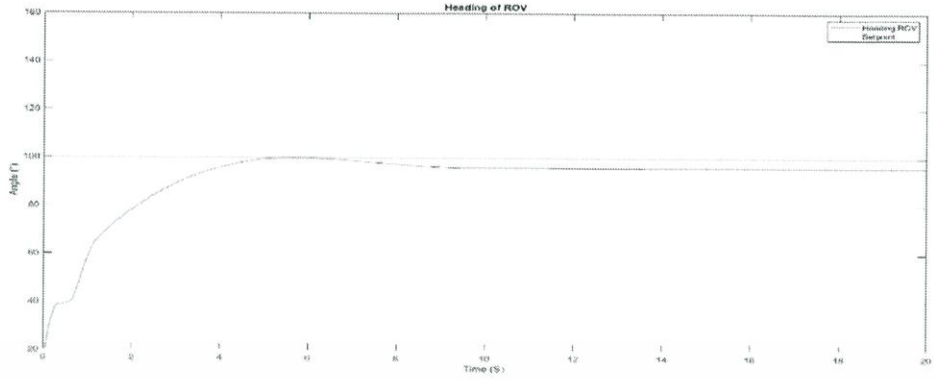
4.4 การปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID

ในการปรับพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID จะใช้ค่า Kp =1.2 และ Kd เนื่องจากเป็นค่าที่ได้ผลตอบสนองที่ต้องการแล้วทำการปรับค่าพารามิเตอร์ KI เพื่อให้ระบบเข้าสู่ Setpoint ได้โดยแสดงผลเป็นกราฟระหว่างค่ามุมของหุ่นยนต์ ROV หน่วย (^{0}) และเวลาหน่วย (s) เริ่มจากค่า Ki = 0.02 0.05 0.1 และ 0.15 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 กราฟแสดง Kp = 1.2 Kd = 1.5 และ Ki = 0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟแสดง Kp = 1.2 Kd = 1.5 และ Ki = 0.05

รูปที่ 4.11 กราฟแสดง Kp = 1.2 Kd = 1.5 และ Ki = 0.1

จากกราฟ 4.12 จะเห็นว่าการใช้ Kp = 1.2 Kd = 1.5 และ Ki = 0.1 จะได้สมรรถภาพของระบบที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 บทวิจารณ์และสรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานโครงการสหกิจศึกษาร่วมกับบริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุงจำกัด ที่นักศึกษาได้จัดทำระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV ซึ่งผลการดำเนินงานและการศึกษาได้ออกมาเป็นที่น่าพึงพอใจต่อนักศึกษาและบริษัทเป็นอย่างมาก ซึ่งในการดำเนินงานทำให้นักศึกษาได้รับความรู้ และพัฒนาความสามารถในหลายๆส่วน และในส่วนของบริษัท ทำให้บริษัทได้โปรแกรมของหุ่นยนต์ ROV ที่พัฒนาแล้วและสามารถต่อยอดไปถึงการใช้งานจริงได้

ผลการดำเนินงาน พบว่าการทำโปรแกรมหุ่นยนต์ ROV เสร็จสิ้นทั้งหมด ซึ่งหุ่นยนต์ ROV สามารถล๊อคทิศทาง และระดับความลึกได้นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานโปรแกรมได้ตามปกติแต่ความแม่นยำของทิศทางยังไม่มากนักเนื่องจากตัวเซนเซอร์ BNO055 เกิดปรากฏการณ์ที่ชื่อว่า Gyro driff เนื่องจากหุ่นยนต์ ROV เคลื่อนที่เร็วเกินไปจึงบอกค่ามุมทิศทางได้ไม่ตรงนัก

ซึ่งในการดำเนินงานนักศึกษาอยากให้บริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด ทำการทดลองเปลี่ยนเซนเซอร์ IMU ในระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV และดูสมรรถภาพของระบบควบคุมหุ่นยนต์ ROV ที่เคยทำไว้ว่าจะได้ผลที่ดีกว่าของเดิมหรือไม่

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. การปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่นในการทำงาน
2. วัฒนธรรมขององค์กร จำเป็นต้องเรียนรู้และปฏิบัติตาม
3. การติดต่อสื่อสารกับบุคคลภายนอก กรณีไม่ได้อยู่ในสถานที่จริง จึงเป็นอุปสรรคในการให้ความช่วยเหลือ ทำให้นักศึกษาต้องทำข้อตกลงกันในการสื่อสารให้เข้าใจกันก่อน
4. เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาและทำการทดลองมีราคาค่อนข้างสูง จึงต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้งาน
5. การทำงานเป็นทีม ต้องมีการประชุมงานเพื่อวางแผน ให้เข้าใจตรงกัน และแบ่งงานกันทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานในโครงการความร่วมมือระหว่าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กับ บริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด ทำให้ บริษัท ระยองวิศวกรรมและซ่อมบำรุง จำกัด ได้นำข้อมูลที่นักศึกษาได้จัดทำไปใช้ประโยชน์ทั้งในเรื่องของการนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้งานจริง หรือการทดลองเซนเซอร์ ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์เป็นอย่างมากต่อทั้งบริษัท และ ตัวนักศึกษา ซึ่งถ้าในอนาคต มีการพัฒนาระบบควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์ ROV จะสามารถนำไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] “IMU” เข้าถึงได้จาก :

http://djigogadgets.com/index.php?route=journal2/blog (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[2] “Accelerometer” เข้าถึงได้จาก :

http://198210-accelerometer2015.blogspot.com/2015/09 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[3] “Gyroscope” เข้าถึงได้จาก :

https://th.wikipedia.org/wiki/ไจโรสโคป (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[4] “Magnetometer” เข้าถึงได้จาก :

https://medium.com/@thanahongsuwan (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[5] “ภาษา C” เข้าถึงได้จาก :

http://marcuscode.com/lang/c (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[6] “ภาษา C#” เข้าถึงได้จาก :

http://marcuscode.com/lang/csharp (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[7] “การสื่อสารของ microcontroller” เข้าถึงได้จาก :

https://www.ioxhop.com/article/68 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[8] “การสื่อสารของ microcontroller” เข้าถึงได้จาก :

https://www.ioxhop.com/article/68 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

[9] สุชาติ จันทร์จรมานิตย์. “ระบบควบคุม” เข้าถึงได้จาก: Control.pdf (วันที่ค้นข้อมูล:30 ตุลาคม 2559)

[10] “TCP/IP” เข้าถึงได้จาก :

https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/th (วันที่สืบค้นข้อมูล : 22 ตุลาคม 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้