หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้วิธีการปรับปริมาตร

The Submarine Robot using the Volume Adjustment for Moving Up and Down

พลชาติ โชติการ

Ponlachart Chotikarn

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Physics

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้วิธีการปรับปริมาตร

The Submarine Robot using the Volume Adjustment for Moving Up and Down

พลชาติ โชติการ

Ponlachart Chotikarn

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Physics

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้วิธีการปรับปริมาตร
ผู้เขียน นายพลชาติ โชติการ
สาขาวิชา ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……..
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทร อัยรักษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

…….
(รองศาสตราจารย์บุญเหลือ พงศ์ดารา)

คณะกรรมการสอบ

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์)

…….....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทร อัยรักษ์)

…….....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์บุญเหลือ พงศ์ดารา)

…….....กรรมการ
(ดร.ประจักษ์ แซ่อึ่ง)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

……..……
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้วิธีการปรับปริมาตร

ผู้เขียน นายพลชาติ โชติการ

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เรือดำกึ่งอัตโนมัติที่มีราคาประหยัดและความสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงใต้น้ำได้ โดย อาศัยแนวคิดใหม่ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์โดยการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์ ซึ่งส่งผลให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นลงใต้น้ำได้ การสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำเริ่มจากการเลือกวัสดุจำเป็นจะต้องสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำให้มีความเหมาะสม ซึ่งได้แก่ท่อพีวีซี (PVC) ที่มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงคงทน ไม่นำไฟฟ้า ราคาไม่แพง หาได้ตามท้องตลาด จากนั้นได้นำท่อพีวีซีมาดัดแปลงและประกอบเป็นหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายตอร์ปิโด โดยใช้ซีลไฮดรอลิกและยางโอริงเพื่อป้องกันการซึมเข้าของน้ำ หุ่นยนต์เรือดำน้ำถูกควบคุมผ่านการสื่อสารแบบมีสาย

Thesis Title	The Submarine Robot using the Volume Adjustment for Moving Up and Down
Author	Mr. Ponlachart Chotikarn
Major Program	Physics
Academic Year	2009

ABSTRACT

This project aims to develop a low cost, semi-autonomous submarine robot which is able to travel underwater. The robot's structure was designed and patented using the novel idea of the diving system employing a volume adjustment mechanism to vary the robot's density. The light weight, flexibility and small structure provided by PVC can be used to construct the torpedo-liked shape robot. Hydraulic seal and o-ring rubbers are used to prevent water leaking. This robot is controlled by a wired communication system.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทร อัยรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์บุญเหลือ พงศ์ดารา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .จอมภพ แววศักดิ์ ประธ านกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร .ประจักษ์ แซ่อึ่ง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาชี้แนะ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ Dr.Helmut J. Durrast ที่ให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ และขอขอบคุณนางสาวสุธินี สินุธก สำหรับแรงบันดาลใจและความช่วยเหลือที่มีให้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับทุนสนับสนุนการทำวิจัย

สุดท้ายผู้ทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้องชาย และน้องสาว ที่ให้ความสนับสนุน และเป็นกำลังใจมาให้โดยตลอด

พลชาติ โชติการ

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		(6)
รายการภาพประกอบ		(8)
บทที่ 1	บทนำ	1
	บทนำต้นเรื่อง	1
	การตรวจเอกสาร	8
	วัตถุประสงค์	12
	ขอบเขตของงานวิจัย	12
บทที่ 2	วิธีการวิจัย	13
	วิธีดำเนินการ	13
	การออกแบบเพื่อสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	13
	การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	13
	การออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	22
	การออกแบบซอฟแวร์ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	23
	การสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	24
	การทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	24
	วัสดุและอุปกรณ์	25
	อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	25
	อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบวงจรควบคุม	26
บทที่ 3	ผลการทดลอง	27
	การเลือกใช้วัสดุในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	27
	การสร้างโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	30
	การสร้างกลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	37
	การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	45
	การทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	49
บทที่ 4	บทวิจารณ์	57

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษา	60
บรรณานุกรม		62
ภาคผนวก		65
	ก ผลงานตีพิมพ์	66
	ข รายละเอียดเอกสารที่ยื่นขออนุสิทธิบัตร	73
	ค ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์	74
ประวัติผู้เขียน		75

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคาร	2
1.2 หุ่นยนต์เภสัชกร	3
1.3 หุ่นยนต์กู้ระเบิด (A JCPD Bomb Squad Robot)	4
1.4 หุ่นยนต์สำรวจปล่องภูเขาไฟ	5
1.5 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ	7
1.6 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำชาลาวัน	8
1.7 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ Keller G. และคณะ	9
1.8 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ McDuff D. และคณะ	9
1.9 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ Bokser V. และคณะ	10
1.10 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ Yoshida H. และคณะ	11
1.11 หุ่นยนต์ตรวจสอบสายเคเบิลของ Asakawa และคณะ	11
2.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีความยาวสูงสุด 116 cm	16
2.2 กลไกปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	17
2.3 การออกแบบการวางอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	18
2.4 การออกแบบเพื่อวางอุปกรณ์บริเวณส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	19
2.5 การออกแบบเพื่อวางอุปกรณ์บริเวณส่วนท้ายของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	20
2.6 การออกแบบเพื่อวางอุปกรณ์ในส่วนของกลไกที่ใช้ในการปรับปริมาตร	21
2.7 โครงสร้างการทำงานของฮาร์ดแวร์	23
2.8 โครงสร้างการทำงานของซอฟแวร์	24
3.1 ข้อต่อตรง (TS Socket)	28
3.2 ฝาครอบ (TS Cap)	29
3.3 ท่อพีวีซีแข็งแบบปลายท่อธรรมดา	29
3.4 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกขนาด 2.5 เซนติเมตร ทั้งสองด้าน	30
3.5 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวในขนาด 2.5 เซนติเมตร ทั้งสองด้าน	30
3.6 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอก ขนาด 2.5 เซนติเมตร ด้านหนึ่ง	31
3.7 ยางโอริงเพื่อป้องกันน้ำเข้า	31

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.8 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกสองด้าน โดยใส่ยางโอริงเรียบร้อยแล้ว	32
3.9 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้าน โดยใส่ยางโอริงเรียบร้อยแล้ว	32
3.10 ฝาครอบท่อ	33
3.11 ท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดาขนาด 10 เซนติเมตร	33
3.12 ฝาครอบท่อยึดกับด้านหนึ่งท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา	34
3.13 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้านยึดกับด้านหนึ่งท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา	34
3.14 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้านยึดกับด้านหนึ่งท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา ส่วนอีกด้านหนึ่งยึดกับฝาครอบท่อ	35
3.15 อุปกรณ์สำหรับโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	35
3.16 โครงสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีความยาว 81 เซนติเมตร	36
3.17 โครงสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีความยาว 116 เซนติเมตร	36
3.18 มอเตอร์	37
3.19 แผ่นซุปเปอร์ลีน	38
3.20 ชุดบอลสกรู	38
3.21 แกนเลื่อน	39
3.22 แท่นยึดมอเตอร์และชุดบอลสกรู	39
3.23 มอเตอร์และชุดบอลสกรูบนแท่นยึดมอเตอร์และชุดบอลสกรู	40
3.24 แผ่นซุปเปอร์ลีนยึดอยู่กับแกนเลื่อน	40
3.25 แผ่นซุปเปอร์ลีนยึดอยู่กับส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	41
3.26 ส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่ถูกเจาะรู	41
3.27 แกนเลื่อนถูกยึดติดกับบอลสกรู	42
3.28 ซีลไฮโดรลิกบนท่อพีวีซีแข็งปลายธรรมดา	42
3.29 เจาะรูบริเวณหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเพื่อประคองส่วนหัว	43
3.30 เจาะรูบริเวณท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้าน	43
3.31 แผ่นยางโอริงเพื่อป้องกันน้ำเข้าบริเวณรูที่ถูกเจาะ	44

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.32 กลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	44
3.33 บอร์ดวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458	45
3.34 ชุดขับมอเตอร์	45
3.35 ไมโครสวิตช์	46
3.36 แบตเตอรี่ตะกั่วแบบแห้งขนาด 12V 2.3 mAh	46
3.37 แบตเตอรี่แบบ NiCd ขนาด 12V 1000 mAh	47
3.38 การวางอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	47
3.39 หลักการทำงานของวงจร	48
3.40 การเชื่อมต่ออุปกรณ์	49
3.41 วงจรภาคส่งสัญญาณคลื่น VHF	50
3.42 การทดสอบการรับส่งสัญญาณใต้น้ำโดยใช้สัญญาณคลื่น VHF	51
3.43 หุ่นยนต์เรือดำน้ำเมื่ออยู่บนผิวน้ำ	52
3.44 หุ่นยนต์เรือดำน้ำเมื่ออยู่ใต้ผิวน้ำ	52
3.45 หุ่นยนต์เรือดำน้ำในแอ่งน้ำขนาดใหญ่	53
3.46 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและระยะทางที่ใช้ในการเพิ่มปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	54
3.47 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและระยะทางที่ใช้ในการลดปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	54
3.48 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความลึกที่ใช้ในการดำลงใต้น้ำของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	55
3.49 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความลึกที่ใช้ในการลอยขึ้นสู่ผิวน้ำของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

หุ่นยนต์ หรือ โรบอต (Robot) ตามความหมายในพจนานุกรม หมายถึง เครื่องจักรที่สามารถทำงานได้เองอย่างอัตโนมัติ มีรู ปร่างคล้ายคน หรือ เครื่องจักรอัตโนมัติที่สามารถทำงานหรือปฏิบัติการตามจุดมุ่งหมายได้เอง หรือ คนที่ถูกควบคุมและบังคับโด ยคน คนที่ไม่มีความคิดเป็นของตัวเองคอยแต่เชื่อฟังคำสั่งของคนอื่น ซึ่งจากความหมายเหล่านี้ หุ่นยนต์ อาจหมายถึงเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีรูปร่างหน้าตาเหมือนคน (อรรณพ, 2548) อย่างไรก็ตามคำว่าหุ่นยนต์ในปัจจุบันนั้นอาจนิยามได้หลายความหมาย โดยสถาบันหุ่นยนต์อเมริกา (The Robotics Institute of America) ได้ให้ความหมายของคำว่าหุ่นยนต์ หมายถึง เครื่องจักรใช้งานแทนมนุษย์ ที่ออกแบบให้สามารถตั้งลำดับการทำงาน การใช้งานได้หลากหลายหน้าที่ ใช้เคลื่อนย้ายวัสดุอุปกรณ์ ส่วนประกอบต่างๆ เครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ ตลอดจนการเคลื่อนที่ ได้หลากหลาย ตามที่ตั้งลำดับการทำงาน เพื่อสำหรับใช้ในงานหลากหลาย (สมาร์ทเลินนิ่ง, 2547) นิยามดังกล่าว อีกนัยหนึ่งก็คือ เครื่องจักรกลทุกชนิดที่สามารถปฏิบัติงานแทนมนุษย์ได้ทุกประเภท ทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งในงานที่เสี่ยงอันตรายโดยที่มนุษย์ไม่สามารถปฏิบัติงานได้ ตลอดจนการทำงานที่เป็นอัตโนมัติโดยตนเองหรือถูกควบคุมโดยมนุษย์ และสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานได้หลากหลาย อย่างไรก็ตาม "หุ่นยนต์คืออะไร" ยังคงเป็นคำถามที่ไม่มีคำตอบแบบแน่นอนตายตัว นักวิชาการหุ่นยนต์แต่ละคนอาจมีนิยามของหุ่นยนต์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ศาสตราจารย์ George A. Bekey แห่งมหาวิทยาลัยเซาเทิร์นแคลิฟอร์เนีย ได้ให้นิยามหุ่นยนต์ว่าเป็น "เครื่องจักรที่สามารถ รับรู้ คิด และกระทำ " (Bekey, 2005) ซึ่งหุ่นยนต์ในความหมายนี้เป็นหุ่นยนต์ที่เรียกว่าหุ่นยนต์อัตโนมัติ (Autonomous robot)

หุ่นยนต์ในแต่ละประเภทจะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่างๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ การควบคุมระบบต่างๆ ในการสั่งงานระหว่างหุ่นยนต์และมนุษย์ สามารถทำได้โดยทางอ้อมและอัตโนมัติ โดยทั่วไปหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อสำหรับงานที่มีความยากลำบาก เช่น งานสำรวจในพื้นที่บริเวณแคบหรืองานสำรวจดวงจันทร์ดาวเคราะห์ที่ไม่มีสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตของมนุษย์ในด้าน

ต่างๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมการผลิต แตกต่างจากเมื่อก่อนที่หุ่นยนต์มักถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันมีการนำหุ่น ยนต์มาใช้งานมากขึ้น เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะที่คล้ายมนุษย์ เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ให้ได้ในชีวิตประจำวัน

หุ่นยนต์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน คือ 1.หุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Robot) เป็นหุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตัวเอง มีลักษณะเป็นแขนกล สามารถขยับและเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อ ภา ยในตัวเองเท่านั้น มักนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ และ 2.หุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้จะแตกต่างจากหุ่นยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ เพราะสามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง โดยการใช้ล้อหรือการใช้ขา ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้ปัจจุบันยังเป็นงานวิจัยที่ทำการศึกษาอยู่ภายในห้องทดลอง เพื่อพัฒนาออกมาใช้งานในรูปแบบต่างๆ เช่น หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคาร ขององค์การนาซ่า (วิชาญ, 2544)

ภาพประกอบ 1.1 หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคาร
ที่มา : NASA/JPL-Caltech, 2003

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันวิวัฒนาการด้านหุ่นยนต์ของโลกได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก หุ่นยนต์ได้ถูกสร้างขึ้นให้มีความสามารถในระดับที่ทำงานร่วมกันกับมนุษย์ หรืออาจจะทำงาน

ทดแทนมนุษย์ได้ในบางกรณี เช่น ในงานด้านการแพทย์ เริ่มนำเอาหุ่นยนต์แขนกลเข้ามามีส่วนร่วมในการช่วยทำการผ่าตัดคนไข้ เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นสามารถทำงานในด้านที่มีความละเอียดสูงที่เกินกว่ามนุษย์จะทำได้ เช่น การนำเอาหุ่นยนต์มาใช้งานด้านการผ่าตัดสมอง ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องการความละเอียดในการผ่าตัด หุ่นยนต์แขนกลจึงกลายเป็นส่วนหนึ่งของการผ่าตัดในด้านการแพทย์ การทำงานของหุ่นยนต์แขนกลในการผ่าตัดจะเป็นลักษณะการทำงานของการควบคุมการผ่าตัดโดยผ่านทางแพทย์ผู้ทำการผ่าตัดอีกครั้ง ซึ่งการผ่าตัดโดยมีหุ่นยนต์แขนกลเข้ามามีส่วนร่วมนั้นจะเน้นเรื่องความปลอดภัยเป็นอย่างสูง รวมทั้งความสามารถในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ รวมถึงงานเภสัชกรรมที่มีโรงพยาบาลบางแห่งนำหุ่นยนต์มาใช้ในการจ่ายยา (กานต์ดา, 2551)

ภาพประกอบ 1.2 หุ่นยนต์เภสัชกร
ที่มา : กานต์ดา, 2551

นอกจากนี้ หุ่นยนต์เริ่มมีบทบาททางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในขณะที่งานด้านอุตสาหกรรม มีความต้องการด้านแรงงานเป็นอย่างมาก การจ้างแรงงานจำนวนมากเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม ทำให้ต้นทุนการผลิตของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรม เพิ่มจำนวนสูงขึ้น และงานอุตสาหกรรมบางงานไม่สามารถที่จะใช้แรงงานเข้าไปทำได้ ซึ่งบางงานนั้นอันตรายและมีความเสี่ยงเป็นอย่างมาก หรือเป็นงานที่ต้องการความรวดเร็วและแม่นยำในการผลิตรวมทั้งเป็นการประหยัด ระยะเวลา ทำให้หุ่นยนต์กลายเป็นทางออกของงานด้านอุตสาหกรรม

อีกด้านหนึ่งหุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทในด้านของความมั่นคง ทั้งในด้านของการสำรวจพื้นที่เสี่ยงภัย รวมทั้งพื้นที่ที่มนุษย์เข้าถึงได้ยากและมีอันตรายสูง เช่น บริเวณที่เกิดการก่อ

การร้าย การวางวัตถุระเบิด เป็นต้น ซึ่งในกรณีของการวางวัตถุระเบิดของผู้ก่อการร้ายนั้น การที่จะเข้าไปเก็บกู้วัตถุระเบิดเป็นการเสี่ยงอันตรายร้ายแรง เนื่องจากระเบิดนั้นอาจมีอันตรายถึงแก่ชีวิต จึงได้มีการออกแบบหุ่นยนต์เพื่อช่วยในการเก็บกู้หรือทำลายวัตถุระเบิด ซึ่งจะช่วยในการลดการสูญเสียชีวิต และทรัพย์สินได้เป็นอย่างดี

ภาพประกอบ 1.3 หุ่นยนต์กู้ระเบิด (A JCPD Bomb Squad Robot)
ที่มา : Sibayan, 2007

ในด้านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ หุ่นยนต์สามารถทำการสำรวจงานวิจัยร่วมกับมนุษย์ เช่น การสำรวจบริเวณปากปล่องภูเขาไฟ หรือการสำรวจท้องทะเลหรือมหาสมุทรที่มีความลึกเป็นอย่างมากเพื่อเก็บบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ซึ่งเป็นงานเสี่ยงอันตรายที่เกินขอบเขตความสามารถของมนุษย์ที่ไม่สามารถปฏิบัติงานสำรวจเช่นนี้ได้ ทำให้ปัจจุบันมีการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อใช้ในงานวิจัยและสำรวจเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมและสามารถทำการควบคุมหุ่นยนต์ได้ในระยะไกลด้วยระบบคอนโทรล โดยมีเซนเซอร์ติดตั้งที่ตัวหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการวัดระยะทางและเก็บข้อมูลในส่วนต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์

ภาพประกอบ 1.4 หุ่นยนต์สำรวจปล่องภูเขาไฟ
ที่มา : Carnegie Mellon University, 2008

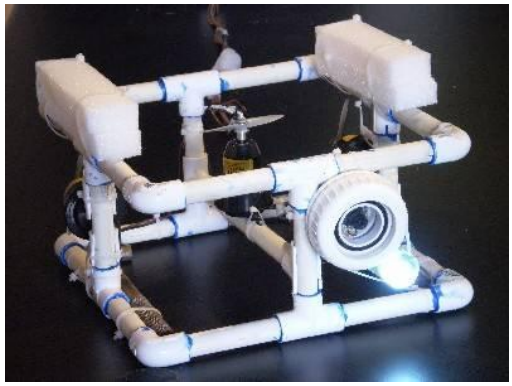
โดยเฉพาะในปัจจุบันได้มีความสนใจในการสร้างหุ่นยนต์เพื่อสำรวจใต้น้ำมากขึ้น โดยได้มีการสร้างหุ่นยนต์เพื่อทำงานใต้ทะเลบางอย่างแทนมนุษย์ เช่น การสร้างหุ่นยนต์เพื่อสำรวจพื้นที่ใต้ทะเล การสร้างหุ่นยนต์เพื่อสำรวจและซ่อมแซมสายเคเบิลใต้น้ำ การสร้างหุ่นยนต์เพื่อช่วยในการสำรวจทรัพยากรทางทะเล เป็นต้น โดยเฉพาะในประเทศไทยหลังจากเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดจากคลื่นยักษ์สึนามิ ทำให้สิ่งแวดล้อมรวมทั้งระบบนิเวศวิทยาทางทะเลได้รับผลกระทบจากคลื่นยักษ์เป็นจำนวนมาก จึงได้มีการค้นคว้าวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมทางทะเลมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจสิ่งมีชีวิตในทะเลทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ รวมทั้งผลกระทบที่เกิดขึ้นตามแนวปะการังซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลที่สำคัญของประเทศไทย อย่างไรก็ตามการสำรวจทรัพยากรทางธรรมชาติต่างๆ เหล่านี้ยังมีอุปสรรคอีกมาก เนื่องจากในบริเวณใต้น้ำบางบริเวณนั้นเป็นบริเวณที่มีอันตรายยากต่อการเข้าถึง หรือแม้กระทั่งมีระดับความลึกมากจนมนุษย์ไม่สามารถที่จะเข้าไปสำรวจได้เนื่องจากปกติแล้วถ้าหากนักดำน้ำต้องการดำน้ำไปสำรวจบริเวณใต้ทะเลจะไม่สามารถดำน้ำในระดับความลึกมากๆ ได้ ซึ่งโดยปกติแล้วหากจะต้องดำน้ำลึก 30 เมตรนั้น นักดำน้ำจะสามารถทำงานที่บริเวณเหล่านั้นได้ไม่เกิน 10 นาที เพราะถ้านานกว่านั้นอากาศในถังออกซิเจนจะหมดทำให้นักดำน้ำได้รับอันตรายได้ ดังนั้นหุ่นยนต์ที่สามารถสำรวจใต้ทะเลได้จึงเข้ามามีบทบาทในการช่วยสำรวจทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง ซึ่งนอกจากจะใช้หุ่นยนต์ในการสำรวจแล้ว อาจจะใช้หุ่นยนต์ในการค้นหา หรือแม้กระทั่งทำแผนที่ใต้ทะเลบริเวณนั้นได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้มนุษย์มีความสะดวกสบายและปลอดภัยในการทำงานใต้ทะเลมากยิ่งขึ้น

ในการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำเพื่อใช้ในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติใต้ทะเลแทนการสำรวจโดยใช้มนุษย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1.การสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้วิธีการปรับปริมาตรภายนอก 2.การระบุตำแหน่งของหุ่นยนต์เรือดำน้ำภายในน้ำ และ 3.การติดต่อสื่อสารใต้น้ำระหว่างหุ่นยนต์เรือดำน้ำหลายๆ ตัวและผู้ควบคุม โดยเฉพาะข้อมูลทางกายภาพต่างๆ ที่ต้องการศึกษาเพื่อจะนำมาใช้ในการวิจัยทางระบบนิเวศวิทยาทางทะเล โดยหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้จะถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ด้วยตนเองไม่ต้องมีมนุษย์มาควบคุม (Autonomous Robot) ซึ่งอาจจะต้องมีระบบนำร่อง (Navigation System) เช่นเดียวกับที่ใช้ในเรือดำน้ำปกติ หรือสามารถให้มนุษย์เข้ามาควบคุมการสำรวจได้โดยผ่านทางการสื่อสารแบบมีสาย (Wired Communication) หรือการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless communication) โดยข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม

ซึ่งเมื่อรวมส่วนต่างๆ ของกลุ่มงานวิจัยทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้ว ก็จะได้หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีราคาไม่สูงซึ่งสามารถทำงานโดยอัตโนมัติที่ไม่จำเป็นต้องมีมนุษย์มาควบคุม โดยสามารถทำงานร่วมกันเป็นทีม สามารถบอกตำแหน่งของตัวเองรวมถึงตำแหน่งของวัตถุภายในน้ำ รวมถึงสามารถติดต่อสื่อสารกันระหว่างหุ่นยนต์เรือดำน้ำหรือแม้กระทั่งติดต่อสื่อสารกับผู้ควบคุมผ่านการสื่อสารแบบไร้สาย อีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความเค็ม ระดับความลึก ภาพและเสียงใต้น้ำ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้การสำรวจสิ่งแวดล้อมรวมถึงทรัพยากรทางทะเลเป็นไปได้โดยสะดวกยิ่งขึ้น และลดอัตราการเสี่ยงต่ออันตรายของมนุษย์

สำหรับในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะมีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เรือดำน้ำไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงซึ่งจะทำโดยการควบคุมความดันภายในเรือดำน้ำให้เหมาะสมตามระดับความลึกต่างๆ ของน้ำ รวมทั้ง อาจสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้านหลัง รวมทั้งการเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งสำหรับการควบคุมทิศทางในการเคลื่อนที่ในกรณีที่เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานได้ด้วยตนเองนี้อาจจะต้องใช้ใช้การควบคุมแบบฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) ข่ายงานประสาท (Neural Network) และ/หรือเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ควบคุมระบบอัตโนมัติที่มักจะมีความซับซ้อนยุ่งยากต่อการควบคุม เนื่องจากการควบคุมแต่ ละแบบนั้นมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกัน โดยฟัซซีลอจิกเป็นรูปแบบหนึ่งของตรรกศาสตร์ที่นำมาใช้นิยามเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน โดยตรรกศาสตร์ชนิดนี้จะเป็นเซตของจำนวนจริงที่มีค่าอยู่ในช่วงจากศูนย์ถึงหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) สำหรับนิวรอนเน็ตเวิร์คจะเป็นการเรียนรู้ซึ่งเปรียบได้กับการเรียนรู้

ของมนุษย์ในช่วงชีวิตหนึ่ง เช่น เด็กทารกเรียนรู้ที่จะเดิน เป็นต้น ซึ่งการเรียนรู้นี้จะมีการเก็บเกี่ยวประสบการณ์เพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ ส่วนเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ ในการค้นหาและแก้ปัญหาเพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุด โดยพัฒนาและจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรม สำหรับหลักการของวิธีการนี้คือ สิ่งมีชีวิตทั้งหลายมีทั้งส่วนดีและส่วนไม่ดี ซึ่งลักษณะที่ดีจะได้รับการสนับสนุนให้มีการถ่ายทอดพันธุกรรมจากบรรพบุรุษสู่รุ่นลูกหลาน โดยวิธีนี้ข้อมูลจะถูกพิจารณาในรูปแบบของโครโมโซม ซึ่งจะมีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากบรรพบุรุษสู่รุนลูกหลาน โดยใช้ค่าฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) ที่สอดคล้องกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) ในการพิจารณาหาคำตอบ โดยจะมีการพิจารณ ว่าโครโมโซมใดควรจะมีการนำมาสืบสายพันธุ์หรือโครโมโซมใดไม่ควรจะมีการนำมาสืบสายพันธุ์ จากลักษณะขั้นตอนเหล่านี้จะทำให้สามารถหาคำตอบที่มีค่าสูงสุดสมบูรณ์ได้ และจากการหาคำตอบโดยใช้โครโมโซมแต่ละรุ่น ซึ่งมีการสุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา ดังนั้นจึงอาจใช้การควบคุมแบบใดแบบหนึ่งหรือแบบผสมซึ่งจะต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสม อีกทั้งหน่วยประมวลผลกลางยังทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูลต่างๆ ระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์เรือดำน้ำอีกด้วย



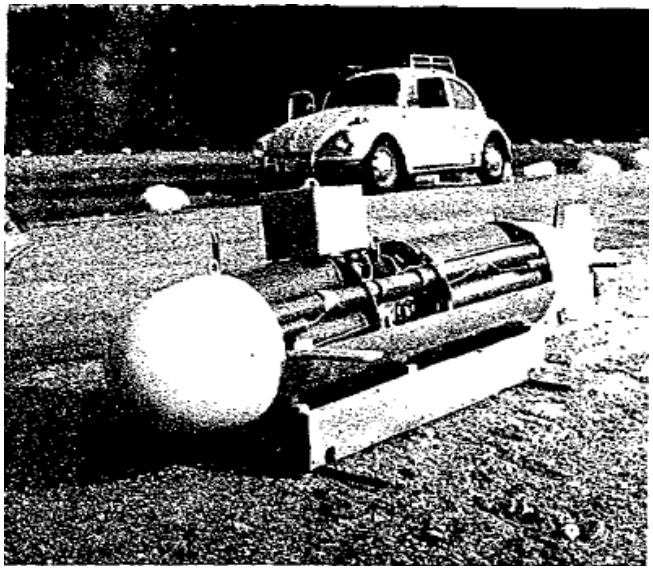
ภาพประกอบ 1.5 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ
ที่มา : Fallon, 2007

1.2 การตรวจเอกสาร

Chatchanayuenyong *et al.* (2004) ได้นำเสนอการสร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำ “ชาลาวัน” ที่ทำหน้าที่ในการสำรวจพื้นที่ใต้ทะเล รวมทั้งการสำรวจสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ยากต่อการเข้าถึงของมนุษย์ โดยหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นจากท่ออลูมิเนียมได้มีการนำเอาไจโรสโคปมาใช้ในการบอกตำแหน่ง ใช้อุป กรณ์วัดสนามแม่เหล็กโลกเป็นระบบนำร่อง มีเซนเซอร์วัดความดันเพื่อหาระดับความลึกของหุ่นยนต์ และมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหน่วยประมวลผล โดยมีหลักการทำงานในการเคลื่อนที่ขึ้นลง คือ ใช้ใบพัดในการช่วยในการเคลื่อนที่

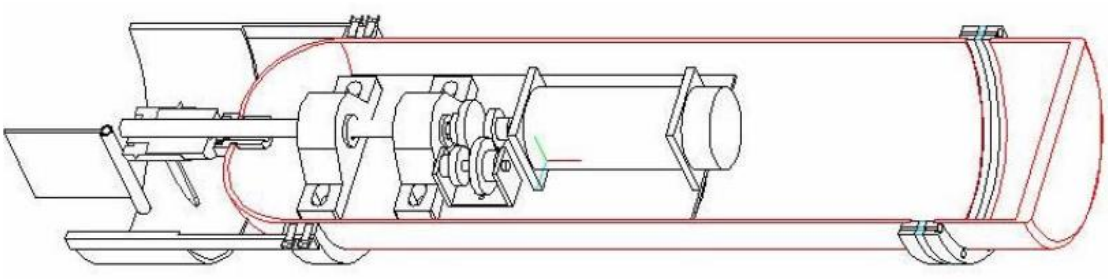
ภาพประกอบ 1.6 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำชาลาวัน
ที่มา : Chatchanayuenyong, 2004

Keller *et al.* (1976) ได้นำเสนอการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีลักษณะคล้ายกับเรือดำน้ำ โดย มีความยาว 2.13 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.37 เมตร มีน้ำหนักประมาณ 110 กิโลกรัม โดยสามารถดำน้ำได้ลึกสูงสุด 61 เมตร อีกทั้งยังสามารถวัด เก็บ และแ สดงผลข้อมูลทางด้านสมุทรศาสตร์ได้อีกด้วย ซึ่งสามารถทำงานได้หลายชั่วโมงภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ โดยในการเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในน้ำ ใช้หลักการสูบปล่อยน้ำออกและน้ำเข้าในถังอับเฉาของตัวหุ่นยนต์ตามลำดับ



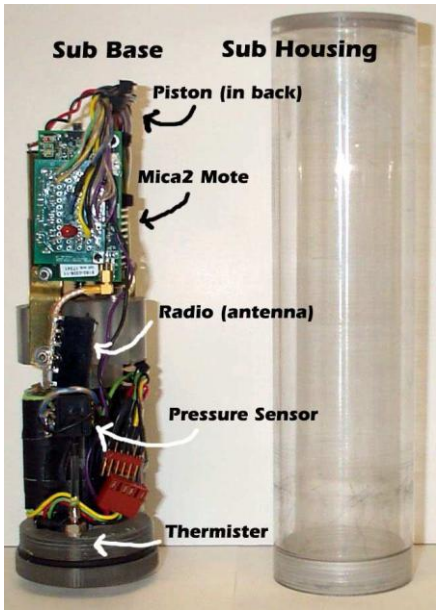
ภาพประกอบ 1.7 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ Keller G. และคณะ
ที่มา : Keller *et al.*, 1976

McDuff *et al.* (2000) ได้นำเสนอการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำราคาประหยัด โดยมีหลักการในการควบคุมเรือดำน้ำโดยใช้ PIC16F877 เป็นหน่วยประมวลผล โดยมีเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์อัลตราโซนิคเพื่อช่วยในการวัดตำแหน่ง เซ็นต์เซอร์วัด แสง เซ็นเซอร์วัดความดัน โดยหุ่นยน ต์เรือดำน้ำชนิดนี้สามารถควบคุมการขึ้นและลงในแนวดิ่งได้โดยการควบคุมความดันโดยอาศัยการลดหรือเพิ่มของปริมาณของอากาศในบริเวณอับเฉาของหุ่นยนต์ โดยอากาศที่เพิ่มขึ้นนั้นจะถูกนำมาจากกระป๋องที่อัดอากาศไว้ภายใน



ภาพประกอบ 1.8 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ McDuff D. และคณะ
ที่มา : McDuff *et al.*, 2000

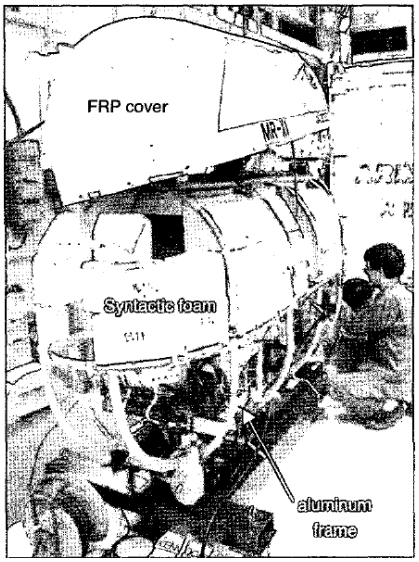
Bokser *et al.* (2003) ได้นำเสนอการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยมีหลักการควบคุมการขึ้นลงในแนวดิ่งของเรือดำน้ำโดยใช้การปรับความดันภายอับเฉาของตัวหุ่น โดยหลักการของการปรับความดัน คือ การเปิดน้ำเข้า ออกภายในอับเฉา โดยใช้หลักการทำงานของกระบอกสูบ เพื่อที่จะทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวดิ่ง อีกทั้งยังมีการทดลองหาความสามารถในการทำงานร่วมกันของเซ็นเซอร์ต่างๆ ของหุ่นยนต์ โดยมีการสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์โดยใช้คลื่นวิทยุ



ภาพประกอบ 1.9 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ Bokser V. และคณะ
ที่มา : Bokser *et al.*, 2003

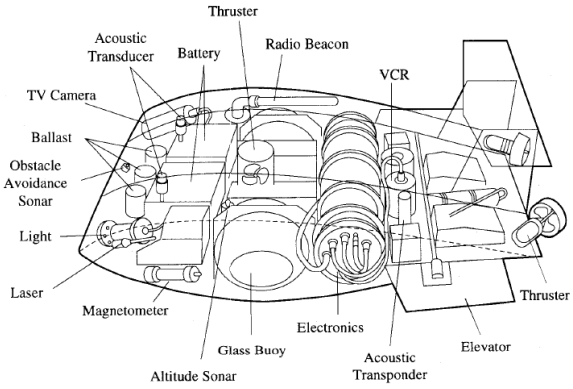
Hernando และ Gambao (2003) ได้นำเสนอสถาปัตยกรรมในการสื่อสารระยะไกลของหุ่นยนต์ เพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจากการสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์ โดยได้ใช้การสื่อสารแบบหน่วงเวลา เพื่อแก้ปัญหาในข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดคิด

Yoshida *et al.* (2003) ได้นำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเองให้สามารถทำงานให้ฉลาดยิ่งขึ้นในการสำรวจท้องทะเลและการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยในการสำรวจบริเวณพื้นของมหาสมุทรโดยใช้หุ่นยนต์ โดยในการทำงานสามารถทำ งานได้สามระบบด้วยกัน คือ ระบบอัตโนมัติ ระบบกึ่งอัตโนมัติ และระบบที่ควบคุมด้วยมนุษย์ซึ่งจะควบคุมผ่านการสื่อสารไร้สายโดยใช้คลื่นเสียงและคลื่นวิทยุ



ภาพประกอบ 1.10 หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำของ Yoshida H. และคณะ
ที่มา : Yoshida *et al.*, 2003

Asakawa *et al.* (1996) ได้นำเสนอการใช้หุ่นยนต์ในการตรวจสอบสายเคเบิลที่อยู่ใต้ทะเล โดยได้มีการนำกล้อ งบันทึกเทปเพื่อใช้ในการตรวจสอบสายเคเบิลอีกด้วย อีกทั้งยังมีการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อช่วยในการตรวจสอบสายเคเบิลบนหุ่นยนต์เพื่อที่จะสามารถทำการตรวจสอบสายเคเบิลใต้น้ำได้ตลอดเวลา โดยหุ่นยนต์นี้สามารถบอกตำแหน่งและสื่อสารโดยใช้คลื่นเสียงและคลื่นวิทยุ



ภาพประกอบ 1.11 หุ่นยนต์ตรวจสอบสายเคเบิลของ Asakawa และคณะ
ที่มา : Asakawa *et al.*, 2003

Roznowski *et al.* (2001) ได้นำเสนอการควบคุมหุ่นยนต์เพื่อทำความสะอาด ซ่อมบำรุง โดยจะทำการซ่อมบำรุงใต้ น้ำ ซึ่งทำงานได้โดยหุ่นยนต์จะรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ผ่านสายสัญญาณเพื่อที่จะทำความสะอาดหรือซ่อมแซมในส่วนที่ต้องการ

Yuh (1995) ได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาหุ่นยนต์ที่ใช้ใต้น้ำในอนาคต โดยได้กล่าวถึงลักษณะโครงสร้าง ระบบปัญญาประดิษฐ์ เซ็นเซอร์และการควบคุมต่างๆ เพื่ อกำหนดทิศทางในการพัฒนาหุ่นยนต์ใต้น้ำในอนาคต

Akkizidis และ Roberts (1998) ได้นำเสนอการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใต้น้ำที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเองโดยใช้แบบจำลองฟัซซีและการเคลื่อนที่แบบฟัซซีนิวรอน โดยการควบคุมการเคลื่อนที่โดยวิธีนี้สามารถทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง โดยสามารถคิดคำนวณทิศทางการเคลื่อนที่ที่ดีที่สุดได้

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

1.3.2 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการในการควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

1.3.3 เพื่อสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในน้ำได้โดยใช้กลไกการปรับความหนาแน่นโดยการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

1.3.4 เพื่อควบคุมและสื่อสารกับหุ่นยนต์เรือดำน้ำผ่านการสื่อสารแบบใช้สายหรือไร้สาย

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำราคาประหยัดที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในน้ำได้โดยใช้กลไกการปรับความหนาแน่นโดยการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

1.4.2 ควบคุมและสื่อสารกับหุ่นยนต์เรือดำน้ำผ่านการสื่อสารแบบใช้สายหรือไร้สาย

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยที่จะกล่าวในบทนี้ เกี่ยวข้องกับการดำเนินการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่ใช้กลไกในการเคลื่อนที่ขึ้นลง โดยการใช้หลักการในการปรับความหนาแน่นด้วยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ การออกแบบซอฟแวร์ วงจรควบคุม การดำเนินการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ รวมถึงอุปกรณ์ที่จำเป็นที่จะต้องใช้ในงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 วิธีการดำเนินการ

ในส่วนของวิธีการดำเนินการ ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การออกแบบเพื่อสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ การสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ และการทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การออกแบบเพื่อสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ในการออกแบบเพื่อสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น ได้แบ่งการออกแบบออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ การออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ และการออกแบบซอฟแวร์ที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

2.1.1.1 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ให้มีลักษณะคล้ายกับตอร์ปิโด (Torpedo) เนื่องจากเป็นรูปทรงพื้นฐานที่นักวิจัยส่วนใหญ่นำมาสร้างเป็นหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยรูปทรงแบบนี้จะมีคุณลักษณะพิเศษ คือ สามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายเมื่ออยู่ใต้น้ำ เนื่องจากเป็นรูปทรงที่ก่อให้เกิดแรงต้านน้อย โดยในการออกแบบนั้น จะต้องคำนึงถึงกลไกการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ เนื่องจากวิธีการปรับความหนาแน่ นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำได้เลือกใช้วิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์ โดยในการออกแบบจะต้องทำให้หุ่นยนต์สามารถยึด

เข้าออกได้ เพื่อปรับปริมาตรของตัวหุ่นยต์ โดยมีหลักกการ คือ เมื่อหุ่นยนต์หดตัวปริมาตรของหุ่นยนต์จะลดลง ซึ่งจะทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์นั้นเพิ่มมากขึ้ นซึ่งการที่หุ่นยนต์มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นนี้เอง ก็จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ลงไปในน้ำได้ ในทางกลับกัน หากเพิ่มปริมาตรให้กับตัวหุ่นยนต์ หุ่นยนต์ก็จะมีความหนาแน่นลดลง ดังนั้นหุ่นยนต์ก็จะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาสู่ผิวน้ำได้ ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{2.1}$$

โดยที่

ρ คือ ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ (kg/m^3)

m คือ มวลของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ (kg)

V คือ ปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ (m^3)

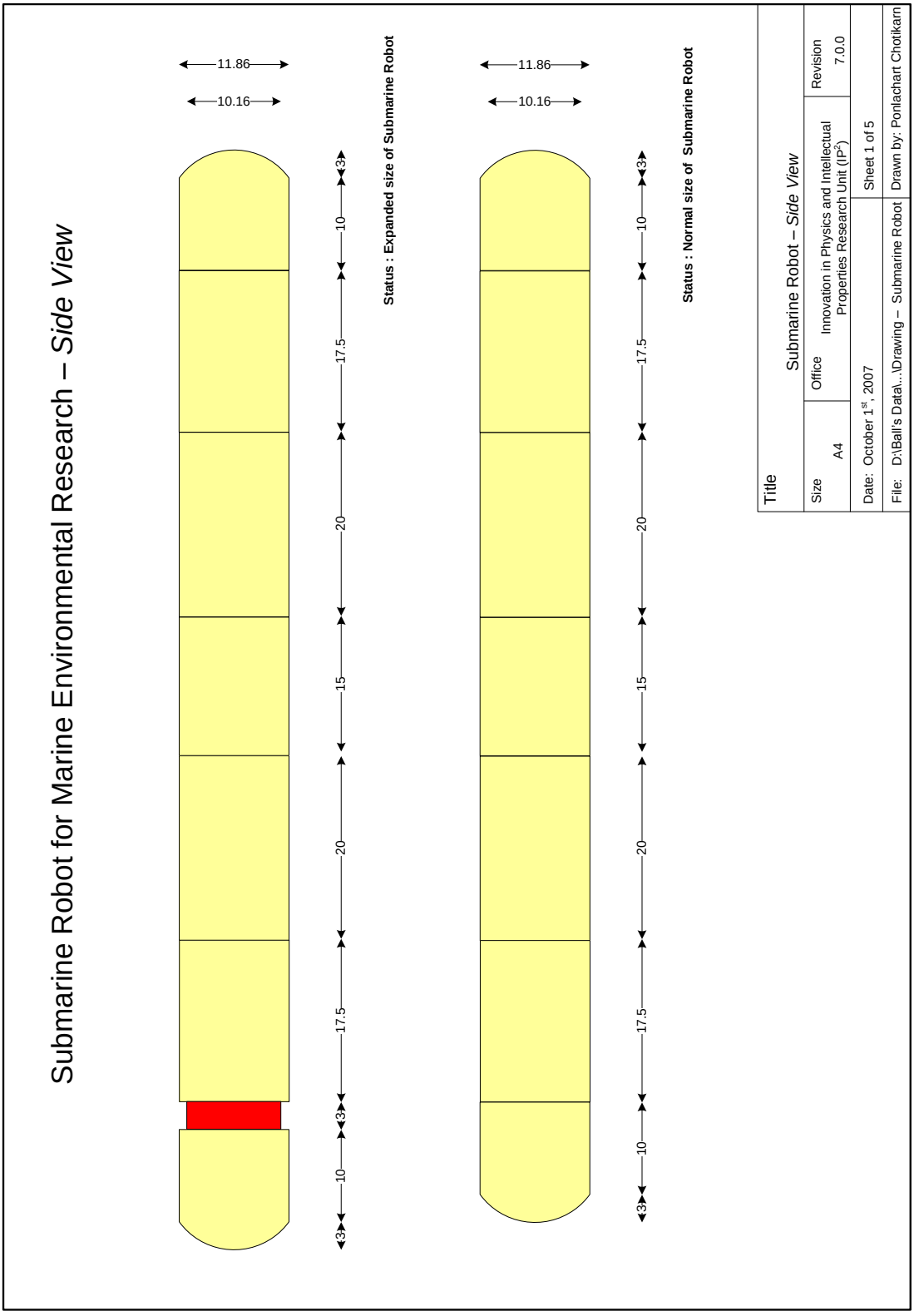
ซึ่งจากสมการ 2.1 จะเห็นได้ว่า ถ้ากำหนดให้มวลของหุ่นยนต์เรือดำน้ำคงที่แล้ว ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะแปรผกผันกับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

สำหรับในการออกแบบหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น ได้ออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถสร้างได้ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้ คือ

1. ต้องมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักไม่เกิน 30 กิโลกรัม
2. สามารถใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่น มาทำเป็นหุ่นยนต์เรือดำน้ำได้
3. ขนย้ายสะดวก
4. ซ่อมบำรุงง่าย
5. ดูแลรักษาง่าย

ซึ่งจากเงื่อนไขต่างๆ ดังกล่าวนี้เอง จึงได้ดำเนินการออกแบบโดยอ้างอิงจากแบบของหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีโครงสร้างคล้ายกับตอร์ปีโด โดยหุ่นยนต์ที่ทำการออกแบบนั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

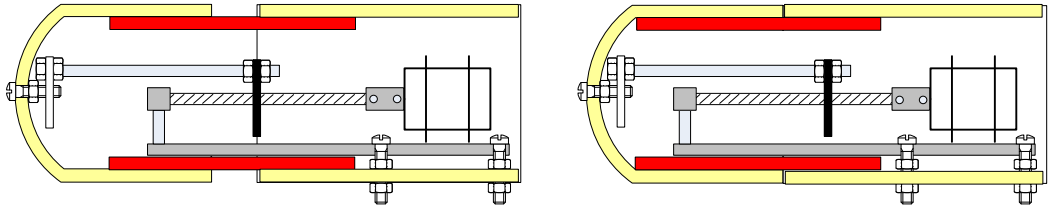
1. มีโครงสร้างเป็นรูปตอร์ปีโด ด้านในกลวง
2. มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว)
3. มีความยาวประมาณ 81 เซนติเมตร (สำหรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดรวมตัวหุ่นยนต์ ไม่เกิน 6.3 กิโลกรัม)
4. สามารถเพิ่มความยาวเป็น 116 เซนติเมตร (สำหรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดรวมตัวหุ่น ไม่เกิน 9.1 กิโลกรัม)



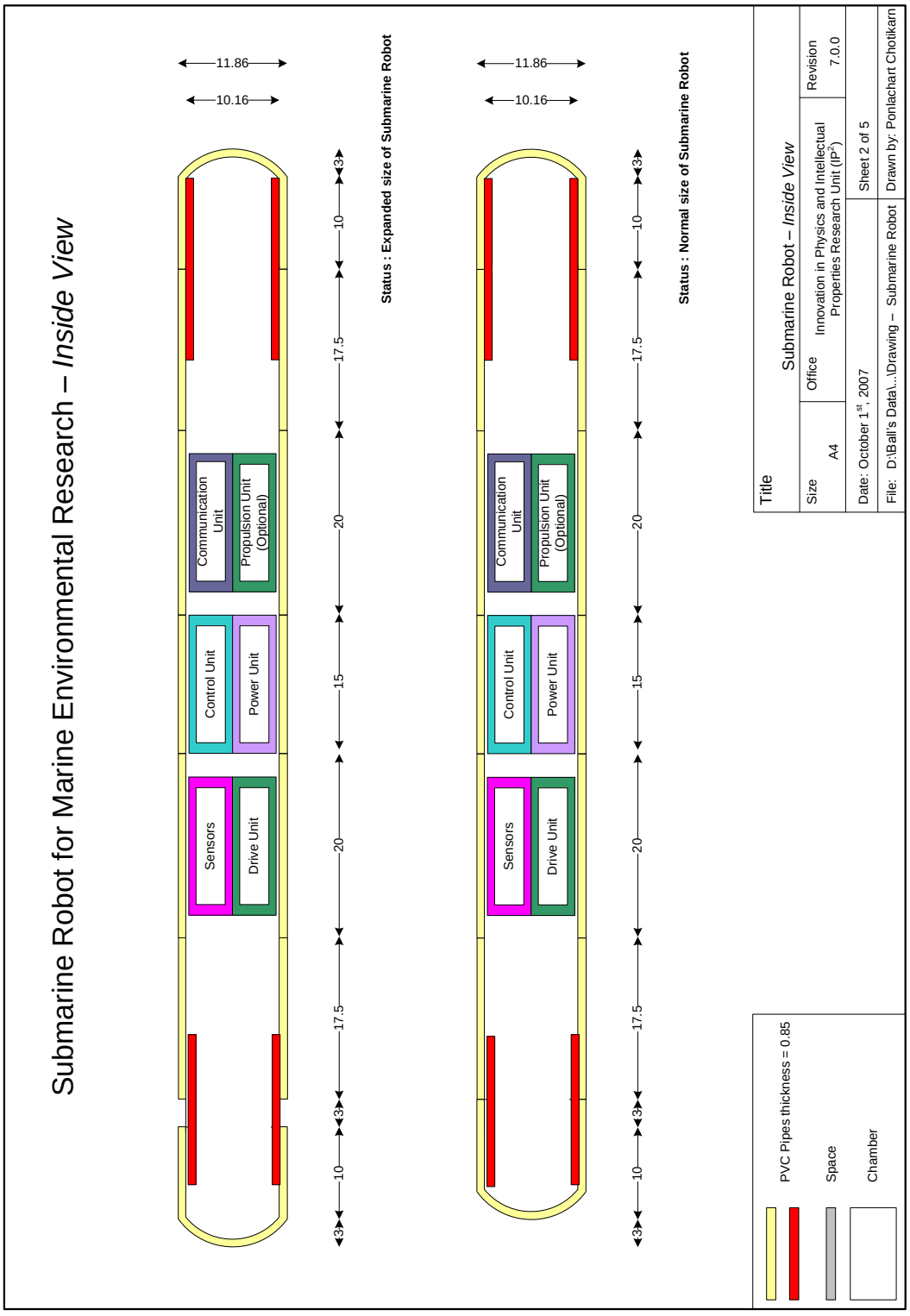
ภาพประกอบ 2.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีความยาวสูงสุด 116 cm

จากภาพประกอบ 2.1 จะเห็นถึงลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งจากการออกแบบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ จะประกอบด้วยส่วนของห้อง (Module) จำนวน 5 ห้อง โดยไม่นับส่วนหัวและส่วนท้ายของหุนยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้มีความยาวสูงสุดประมาณ 116 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10.86 เซนติเมตร ซึ่งแต่ละห้องนั้นสามารถที่จะแยกออกกันได้ง่าย เพื่อง่ายต่อการซ่อมบำรุง และดูแลรักษา โดยระหว่างแต่ละห้องจะมียางโอริง (O-Ring) ติดอยู่ เพื่อทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้น้ำจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในตัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ นอกจากนี้ภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะประกอบด้วยตำแหน่งที่ใช้ในการวางอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ดังภาพประกอบ 2.3 ไม่ว่าจะเป็นเซนเซอร์ (Sensors) อุปกรณ์ที่ใช้ในการขับกลไกที่ใช้ในการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ (Drive Unit) เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่ง อุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวหุ่นยนต์ (Power Unit) อุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ตามแนวระดับ (Propulsion Unit) ส่วนที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์เรือดำน้ำและผู้ควบคุม (Communication Unit) และส่วนที่สำคัญมากที่สุด คือ หน่วยควบคุม (Control Unit) โดยหน่วยควบคุมนี้จะทำหน้าที่ส่งคำสั่งถึงหน่วยอื่นๆ และทำหน้าที่รับคำสั่งจากส่วนที่ใช้ในการสื่อสาร

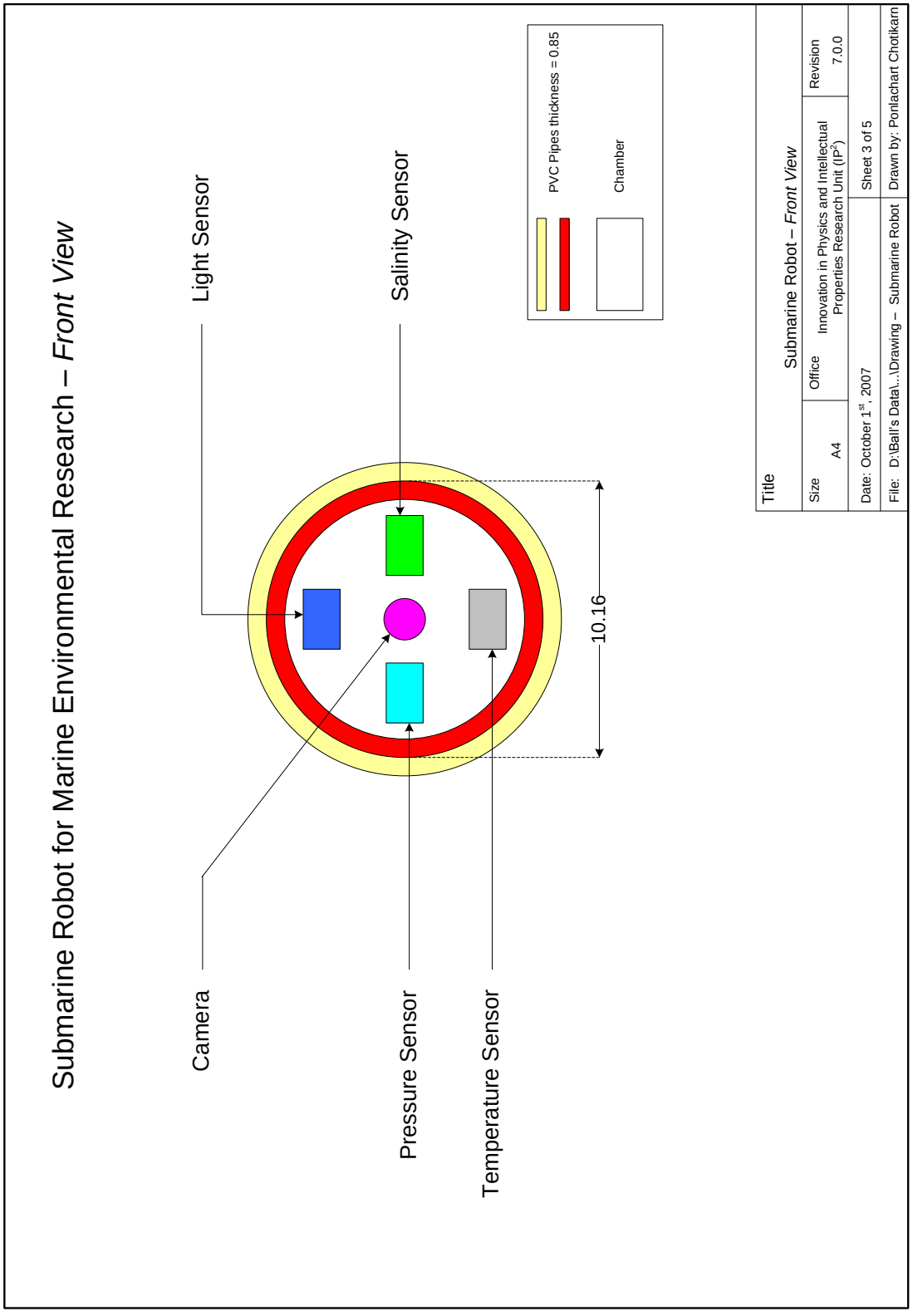
นอกจากนี้ได้ทำการออกแบบการวางตำแหน่งเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ในบริเวณส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ดังภาพประกอบ 2.4 และในส่วนท้ายของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งจะประกอบด้วยใบพัด (Propulsion) และหางเสือ (Rudder) ดังภาพประกอบ 2.5 และได้ทำการออกแบบวางตำแหน่งระบบกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำด้วยวิธี การปรับปริมาตร ดังภาพประกอบ 2.6 โดยอุปกรณ์ที่ใช้จะประกอบด้วยมอเตอร์ และชุดบอลสกรู (Ball Screw) เพลทที่ใช้ยึดกับส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำและชุดฐานมอเตอร์ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะทำหน้าที่ช่วยให้ส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่เข้าออกได้ ดังภาพประกอ บ 2.2 ซึ่งการที่ส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่เข้าออกได้นี่เอง จึงทำให้ปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเปลี่ยนไปซึ่งจะทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้เปลี่ยนแปลงไปด้วย



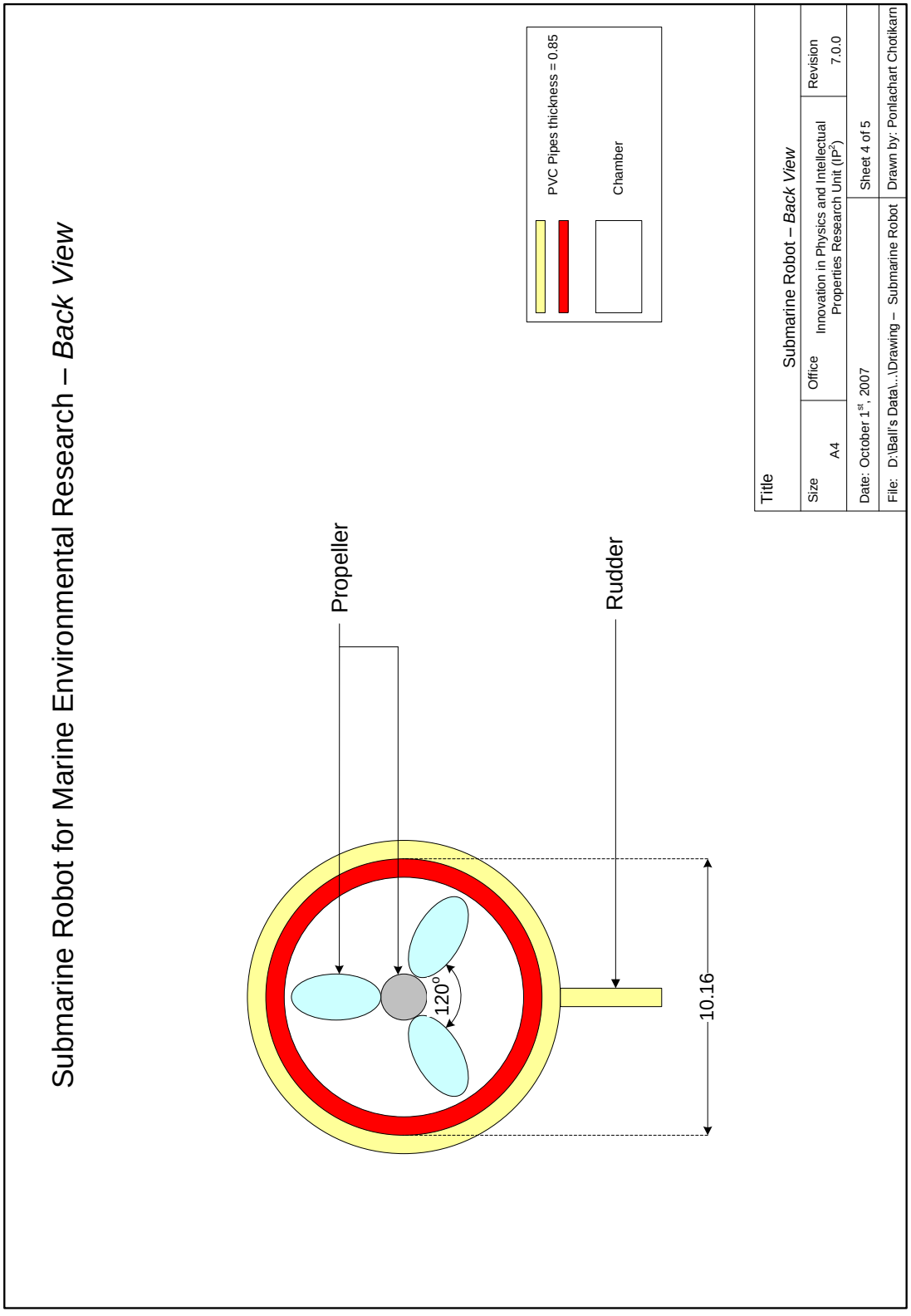
ภาพประกอบ 2.2 กลไกปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ



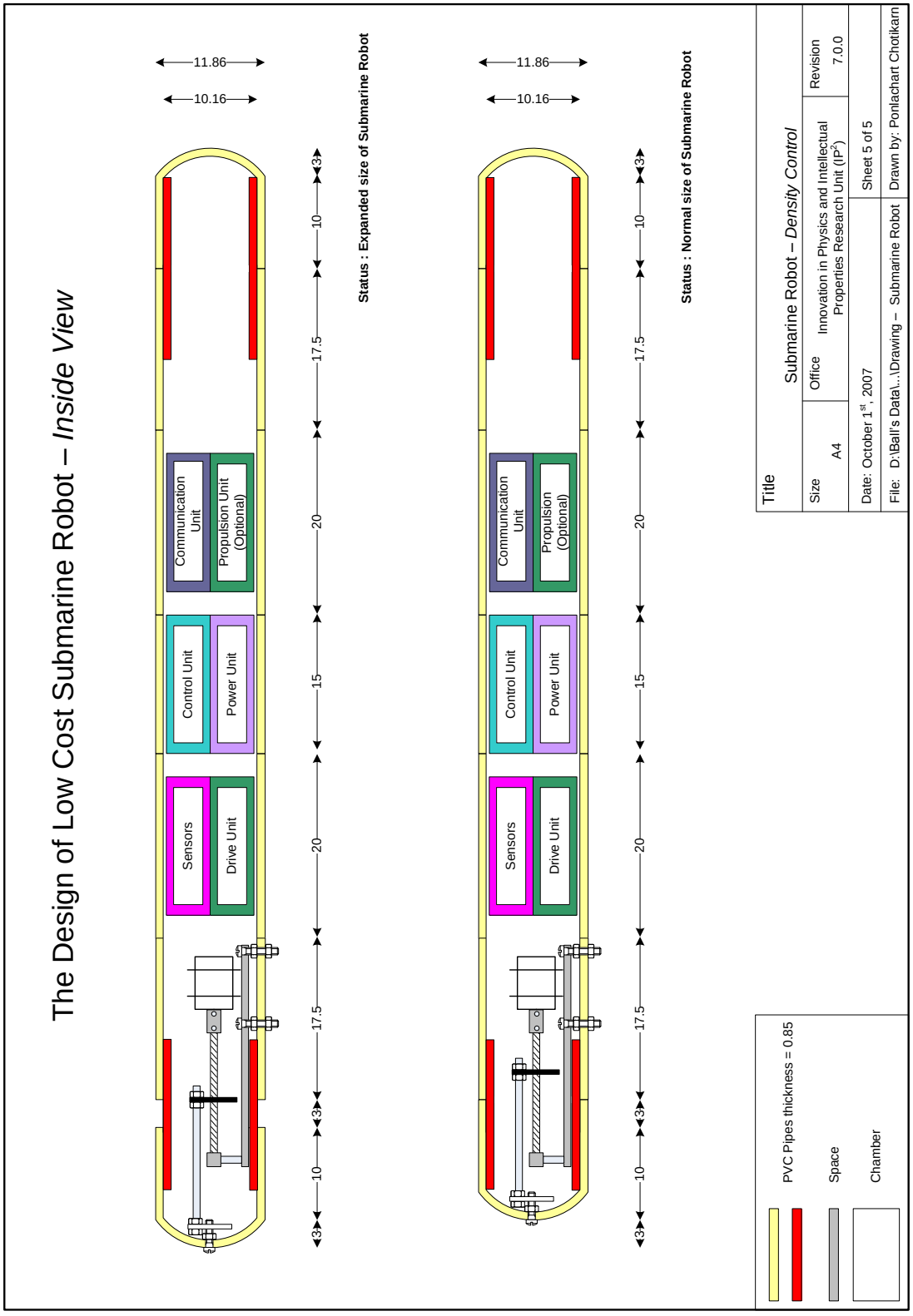
ภาพประกอบ 2.3 การออกแบบการวางอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ



ภาพประกอบ 2.4 การออกแบบเพื่อวางอุปกรณ์บริเวณส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ



ภาพประกอบ 2.5 การออกแบบเพื่อวางอุปกรณ์บริเวณส่วนท้ายของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ



ภาพประกอบ 2.6 การออกแบบเพื่อวางอุปกรณ์ในส่วนของกลไกที่ใช้ในการปรับปริมาตร

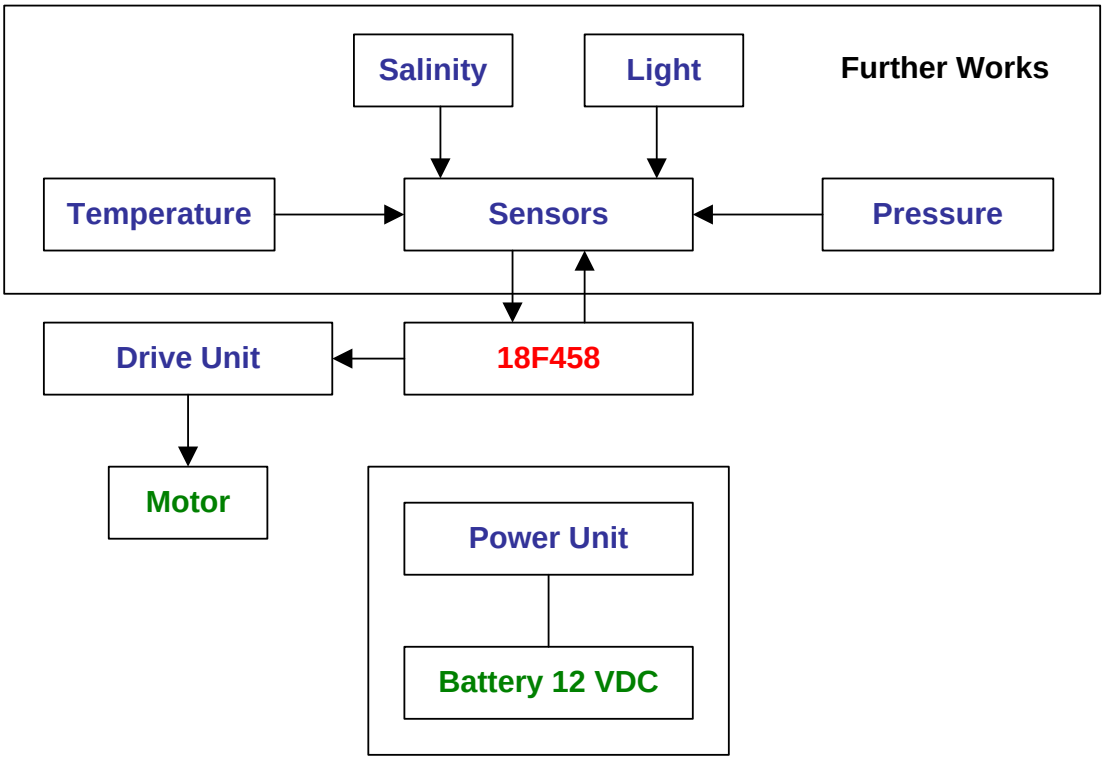
2.1.1.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทไมโครชิพ (Microchip Technology Inc.) เบอร์ 18F458 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 8 บิต ที่มีราคาถูกและยืดหยุ่นในการการทำงานในหลายๆ ด้าน เช่น มีช่องทางการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) มีวงจรแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Conversion) สามารถโปรแกรมบนชิพได้หลายครั้งและมีความจุที่จะใช้ในการเก็บโปรแกรมจำนวน 16 Kwords อีกทั้งยังสามารถสื่อสารกับเซนเซอร์ชนิดต่างๆ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ผ่านระบบบัส 2 สาย (I^2C Bus)

สำหรับในส่วนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าของตัวหุ่นยนต์ ได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบแห้ง (Pb) ที่มีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าขนาด 12 V / 2.3 Ah ซึ่งมีขนาดเล็ก โดยกระแสไฟฟ้าส่วนนี้จะถูกจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

สำหรับในส่วนของระบบกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ (Motor Driver) เพื่อให้มอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ในทิศทางตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาได้ โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทลเลอร์โดยวิธีแบบ PWM (Pulse Width Modulator) ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้นี้จะทำหน้าที่ในการควบคุมและปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ในส่วนของเซนเซอร์ก็จะประกอบด้วยเซนเซอร์ที่ทำหน้าที่ในการวัดอุณหภูมิ วัดความเค็ม วัดความเข้มแสง และวัดความดัน โดยในส่วนของเซ็นเซอร์นี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ โดยระบบฮาร์ดแวร์ทั้งหมดจะมีโครงสร้างดังภาพประกอบ 2.7



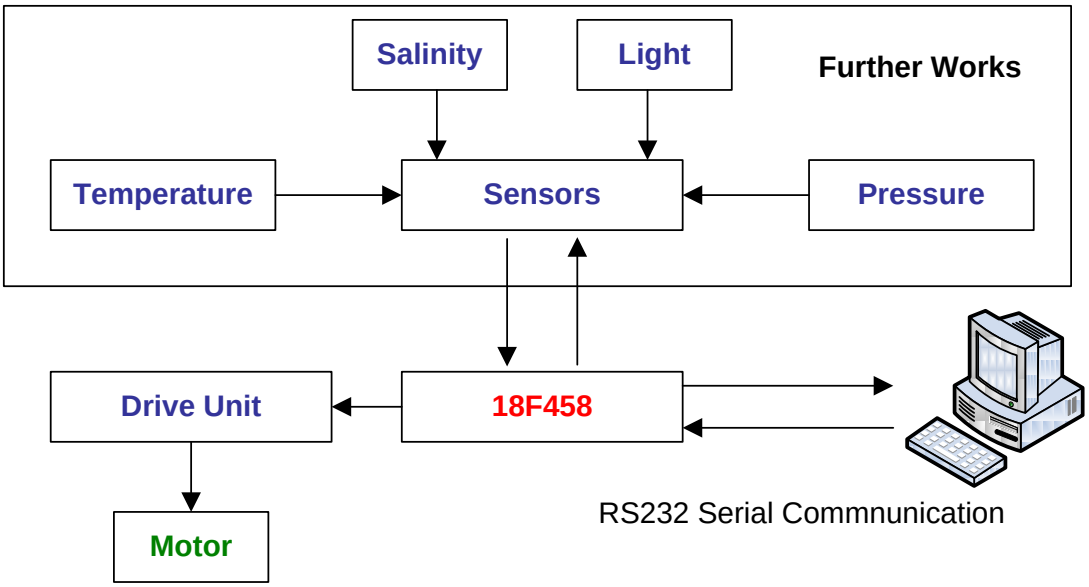
ภาพประกอบ 2.7 โครงสร้างการทำงานของฮาร์ดแวร์

2.1.1.3 การออกแบบซอฟแวร์ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ในการออกแบบซอฟแวร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะแบ่งซอฟแวร์ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของซอฟแวร์ที่พัฒนาบนตัวหุ่นยนต์เรือดำน้ำและซอฟแวร์ที่พัฒนาบนคอมพิวเตอร์ โดยในส่วนของซอฟแวร์บนหุ่นยนต์เรือ ดำน้ำ ได้พัฒนาซอฟแวร์บนไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทไมโครชิพ (Microchip Technology Inc.) เบอร์ 18F458

โดยในการทำงานของซอฟแวร์บนตัวหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากเซนเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดแสง เซนเซอร์วัดความดัน เ ซนเซอร์วัดความเค็ม เป็นต้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม (RS-232 Serial Communication) นอกจากนั้นซอฟแวร์บนตัวหุ่นยนต์ยังทำหน้าที่ในการสั่งงานให้กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์ทำงานเพื่อที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งได้ ดังภาพ 2.8 โดยในส่วนของการทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ นั้น เป็นส่วนที่จะนำไปพัฒนาต่อไปในภายหลัง

ส่วนซอฟแวร์ที่พัฒนาบนคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลอุณหภูมิ ความดัน หรือข้อมูลด้า นอื่นๆ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำหน้าที่ส่งคำสั่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเป็นต้น



ภาพประกอบ 2.8 โครงสร้างการทำงานของซอฟแวร์

2.1.2 การสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ดำเนินการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีกลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์ ตามแบบโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้

2.1.3 การทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยเฉพาะการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งโดยใช้กลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์

2.2 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบวงจรควบคุม

2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

2.2.1.1 ข้อต่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.86 เซนติเมตร

2.2.1.2 ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.16 เซนติเมตร

2.2.1.3 ยางโอริง (O-Ring)

2.2.1.4 เหล็กแบน หนา 1/4 นิ้ว

2.2.1.5 เหล็กแบบ หนา 1/2 นิ้ว

2.2.1.6 น็อตขนาดต่างๆ

2.2.1.7 นัทขนาดต่างๆ

2.2.1.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12V 20 RPM 1 ตัว

2.2.1.9 บอลสกรู (Ball Screw)

2.2.1.10 ซุปเปอร์ลีน (Superlene Nylon)

2.2.1.11 อีพ๊อกซี่ (Epoxy)

2.2.1.12 อลูมิเนียมตันกลึงเกลียวนอก

2.2.1.13 ไขควงขนาดต่างๆ

2.2.1.14 บล๊อกหกเหลี่ยมขนาดต่างๆ

2.2.1.15 เครื่องกลึงโลหะ

2.2.1.16 เครื่องเจาะโลหะ

2.2.1.17 เครื่องกัดโลหะ

2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบวงจรควบคุม

2.2.2.1 ตะกั่วสำหรับเชื่อมและบัดกรี

2.2.2.2 ท่อหด

2.2.2.3 สายไฟ

2.2.2.4 หางปลา

2.2.2.5 ตัวต้านทาน

2.2.2.6 สายชีลด์

2.2.2.7 บอร์ดทดลอง

2.2.2.8 DS1820 ไอซีวัดอุณหภูมิ

2.2.2.9 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V3 EXP

2.2.2.10 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE PIC

2.2.2.11 Regulator ขนาด 5 VDC

2.2.2.12 ชุดขับมอเตอร์

2.2.2.13 ซอกเก็ตชนิดต่างๆ

ในบทต่อไปจะกล่าวถึงผลการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย การสร้าง การประกอบหุ่นยนต์และการทดสอบการใช้งาน

บทที่ 3

ผลการทดลอง

ในส่วนนี้จะนำเสนอในส่วนของการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำจากแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว ซึ่งในส่วนแรกจะแสดงถึงเหตุผลในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ลักษณะโครงสร้างภายนอกของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ รวมถึงการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ การสร้างกลไกในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดย วิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ และในตอนท้ายจะนำเสนอในส่วนที่เป็นผลของการทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

3.1 การเลือกใช้วัสดุในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ก่อนที่จะนำหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่ได้รับการออกแบบไปใช้งานได้จริงนั้น จำเป็นจะต้องสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำให้มีความเหมาะสม โดยหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะสร้างจากวัสดุพีวีซี (PVC) เนื่องจากวัสดุพีวิซีมีคุณสมบัติพิเศษ ดังต่อไปนี้ (บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย จำกัด , 2551)

3.1.1 ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเป็นพิเศษ (High Corrosion Resistance) ซึ่งท่อพีวีซีจะทนทานต่อสารเคมีได้เกือบทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นกรด ด่าง หรือเกลือ และไม่เป็นสนิม หรือเกิดการผุกร่อน

3.1.2 ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ (Outstanding Durability) ทนทานต่อสถาพแวดล้อมภายนอกได้ดี

3.1.3 น้ำหนักเบา (Light weight) มีน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ เช่น มีน้ำหนักเป็น $\frac{1}{6}$ เท่าของเหล็ก หรือมีน้ำหนักเป็น $\frac{1}{5}$ เท่าของเหล็กหล่อ เป็นต้น

3.1.4 มีความแข็งแกร่งทางกลสูง (Excellent Mechanical Strength) โดยจะทนทานต่อแรงกระทบ แรงกระแทก และแรงบีบตัวจากภายนอก และมีรูปร่างแข็งแกรงทนต่อความดันที่เกิดขึ้นภายในท่อ

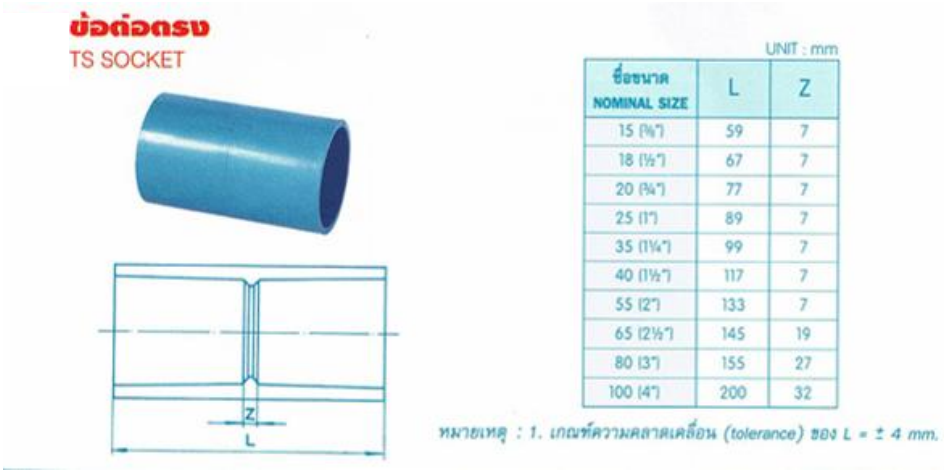
3.1.5 ไม่ติดไฟ (Nonflammable) เนื่องจากพีวีซีเป็นสารที่ไม่ติดไฟ ตัวพีวีซีไม่เป็นเชื้อเพลิง จึงไม่ก่อให้เกิดการลุกไหม้

3.1.6 เป็นฉนวนไฟฟ้า (High Electric Insulation) พีวีซีมีค่าความนำไฟฟ้าต่ำ มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ทนทานต่อแรงดันไฟฟ้าสูง

3.1.7 เป็นตัวนำความร้อนที่เลว (Low Heat Conductivity) พีวีซีเป็นฉนวนความร้อน จะทำหน้าที่ในการรักษาอุณหภูมิภายในไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอุณหภูมิภายนอก

3.1.8 สะดวกในการติดตั้ง และง่ายต่อการซ่อมบำรุง (Easy Installation and Maintenance) การนำมาใช้สามารถทำได้สะดวก และเป็นอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดทำให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง

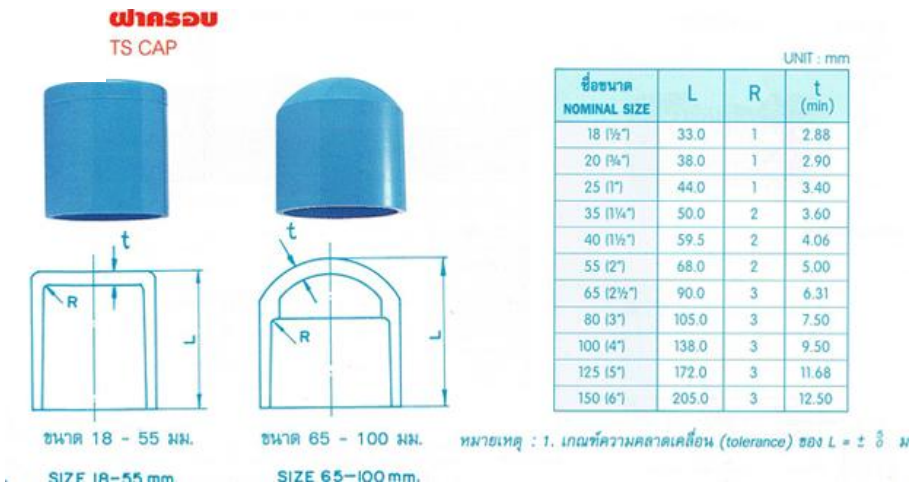
จากเหตุผลข้างต้น จึงได้เลือกเอาท่อพีวีซีเป็นวัสดุหลักในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยท่อพีวีซีจะทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่สร้างสามารถบำรุงรักษาได้ง่ายและราคาประหยัด โดยท่อพีวีซีที่เลือกใช้จะประกอบด้วย ข้อต่อตรงขนาด 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว) ซึ่งมีความยาว 20 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางขอบใน 10.16 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 ข้อต่อตรง (TS Socket)
ที่มา : บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย จำกัด, 2551

ซึ่งนอกจากข้อต่อตรงแล้ว ยังได้ใช้ฝาครอบท่อขนาด 10.16 เซนติเมตร (4 นิ้ว) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 10.16 เซนติเมตร และมีความยาว 20.5 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 3.2

และได้มีการใช้ท่อพีซีซีแข็งขนาด 10.16 เซนติเมตร ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางขอบนอก 114 เซนติเมตร และมีความหนา 8.1 เซนติเมตร (PVC 13.5) ดังภาพประกอบ 3.3



ภาพประกอบ 3.2 ฝาครอบ (TS Cap)
ที่มา : บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย จำกัด, 2551

ภาพประกอบ 3.3 ท่อพีวีซีแข็งแบบปลายท่อธรรมดา
ที่มา : บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย จำกัด, 2551

โดยท่อพีวีซีทั้งสามรูปแบบนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเพื่อที่จะทำให้โครงสร้างของหุ่นยนต์มีลักษณะตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งในการดัดแปลงท่อพีวีซีให้กลายเป็นโรงสร้างหลักของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะได้กล่าวต่อในขั้นตอนการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำต่อไป

3.2 การสร้างโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

หลังจากเลือกท่อพีวีซีที่นำมาสร้างโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำแล้ว จากนั้นจึงทำการดัดแปลงท่อพีวีซีเพื่อที่จะนำมาประกอบเป็นหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยใช้ท่อพีวีซีเป็นเป็นข้อต่อตรง จำนวน 5 ชิ้น ฝาครอบท่อพีวีซี จำนวน 2 ชิ้น ท่อพีวีซีแข็งแบบปลายท่อธรรมดา ยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ซึ่งท่อพีวีซีที่เป็นข้อต่อ ตรงนั้นจะนำมาทำการดัดแปลงเป็น 3 รูปแบบด้วยกัน คือ ทำการกลึงเกลียวนอกบนท่อพีวีซีทั้งสองด้าน จำนวน 1 ชิ้น โดยเกลียวจะมีความยาว 2.5 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 3.4

ภาพประกอบ 3.4 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกขนาด 2.5 เซนติเมตร ทั้งสองด้าน

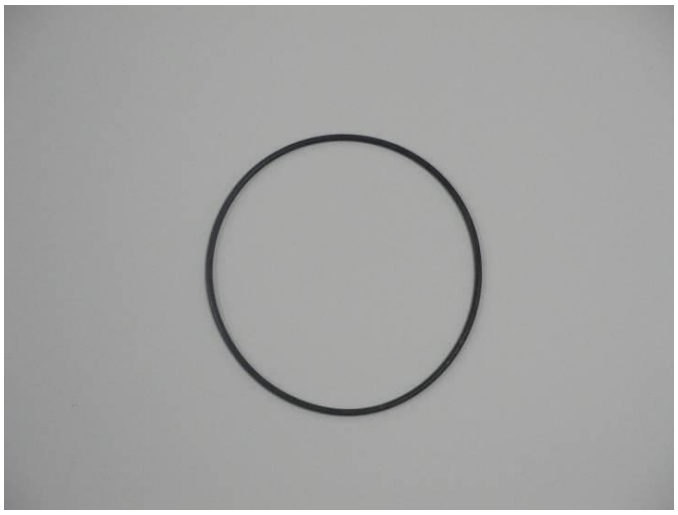
จากนั้นทำการกลึงเกลียวในทั้งสองด้านของท่อพีวีซีข้อต่อตรงจำนวน 2 ชิ้น โดยมีความยาวเกลียวในเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 3.5

ภาพประกอบ 3.5 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวในขนาด 2.5 เซนติเมตร ทั้งสองด้าน

ทำการกลึงเกลียวนอกด้านหนึ่งขนาดความยาวของเกลียว 2.5 เซนติเมตร ให้กับท่อพีวีซีข้อต่อตรงจำนวน 2 ชิ้น ดังภาพประกอบ 3.6

ภาพประกอบ 3.6 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอก ขนาด 2.5 เซนติเมตร ด้านหนึ่ง

นำยางโอริงดังภาพประกอบ 3.7 มาใส่บริเวณเกลียวนอกของข้อต่อตรง ทั้งข้อต่อตรงที่มีเกียวนอกสองด้าน และข้อต่ อตรงที่มีเกลียวนอกเพียงด้านเดียว ดังภาพประกอบ 3.8 และภาพประกอบ 3.9 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3.7 ยางโอริงเพื่อป้องกันน้ำเข้า

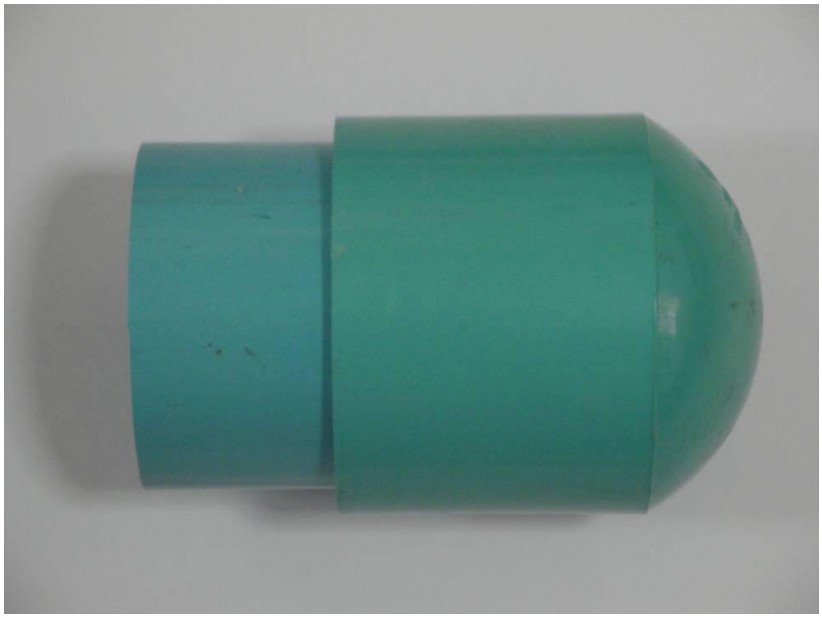
ภาพประกอบ 3.8 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกสองด้าน โดยใส่ยางโอริงเรียบร้อยแล้ว

ภาพประกอบ 3.9 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้าน โดยใส่ยางโอริงเรียบร้อยแล้ว

ส่วนฝาครอบท่อ ดังภาพประกอบ 3.10 และท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา ซึ่งได้ถูกตัดให้มีขนาดความยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ดังภาพประกอบ 3.11 นั้น ฝาครอบท่อจะยึดกับด้านหนึ่งของท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา โด ยอีกด้านหนึ่งของท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดาจะถูกยึดกับท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้าน ดังภาพประกอบ 3.12 ภาพประกอบ 3.13 และภาพประกอบ 3.14 ตามลำดับ

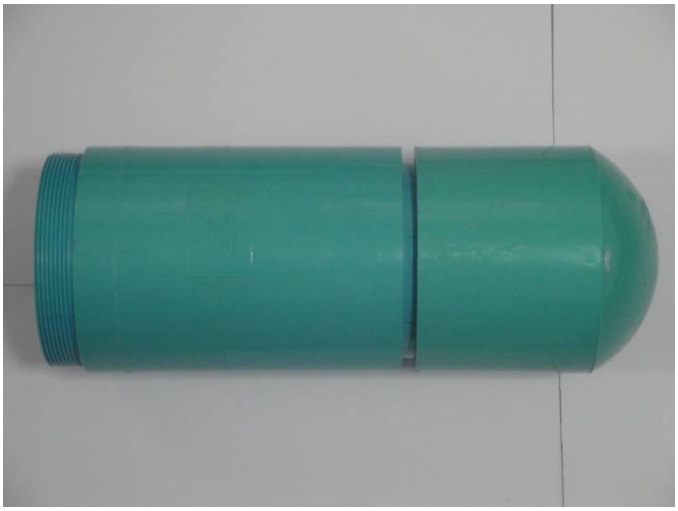
ภาพประกอบ 3.10 ฝาครอบท่อ

ภาพประกอบ 3.11 ท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดาขนาด 10 เซนติเมตร



ภาพประกอบ 3.12 ฝาครอบท่อยึดกับด้านหนึ่งท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา

ภาพประกอบ 3.13 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้านยึดกับด้านหนึ่งท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา



ภาพประกอบ 3.14 ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้านยึดกับด้านหนึ่งท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา ส่วนอีกด้านหนึ่งยึดกับฝาครอบท่อ

ซึ่งจากอุปกรณ์เหล่านี้เอง ดังภาพประกอบ 3.15 เมื่อนำมาเรียงต่อกันจะทำให้ได้ลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ และหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้สามารถเปลี่ยนแปลงความยาวของหุ่นยนต์ได้สองแบบด้วยกัน คือ หุ่ นยนต์เรือดำน้ำที่มีความยาว 81 เซนติเมตร ซึ่งจะประกอบด้วยท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกสองด้าน 1 ชิ้น ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้าน 2 ชิ้น ฝาครอบท่อ 2 ชิ้น และท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา 2 ชิ้น ดังภาพประกอบ 3.16

ภาพประกอบ 3.15 อุปกรณ์สำหรับโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ภาพประกอบ 3.16 โครงสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีความยาว 81 เซนติเมตร

ส่วนหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ดังภาพประกอบ 3.17 ซึ่งประกอบด้วยท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกสองด้าน 2 ชิ้น ท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้าน 2 ชิ้น ฝาครอบท่อ 2 ชิ้น ท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดา 2 ชิ้น และท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกสองด้าน 1 ชิ้น จะมีความยาว 116 เซนติเมตร

ภาพประกอบ 3.17 โครงสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีความยาว 116 เซนติเมตร

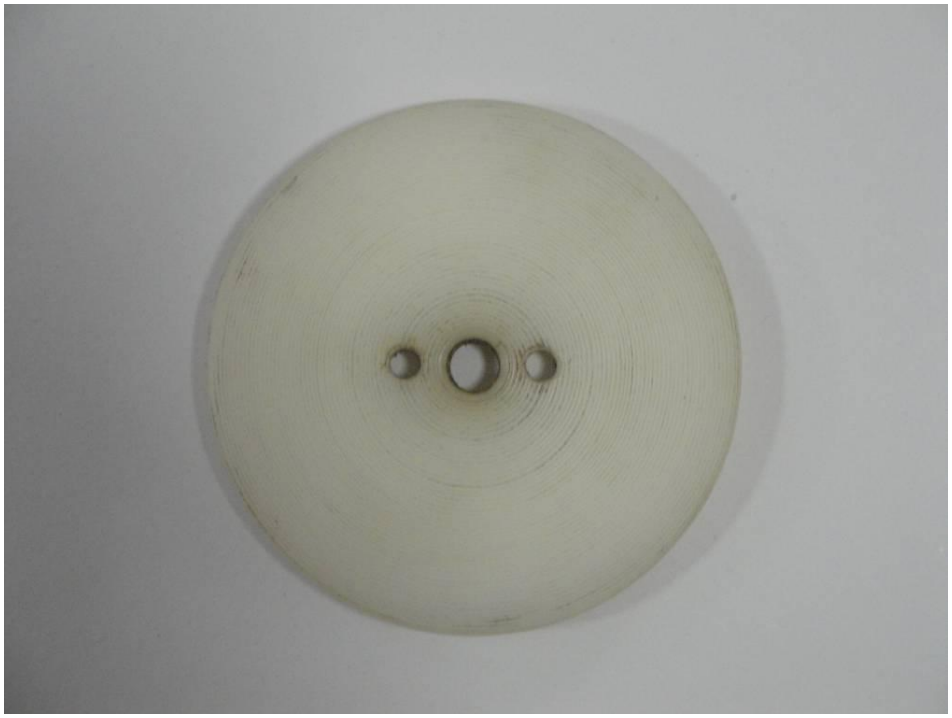
ซึ่งจากส่วนต่างๆ ของหุ่ นยนต์เรือดำน้ำ เมื่อนำมาประกอบเข้าด้วยกันก็จะทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับตอร์ปิโด

3.3 การสร้างกลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

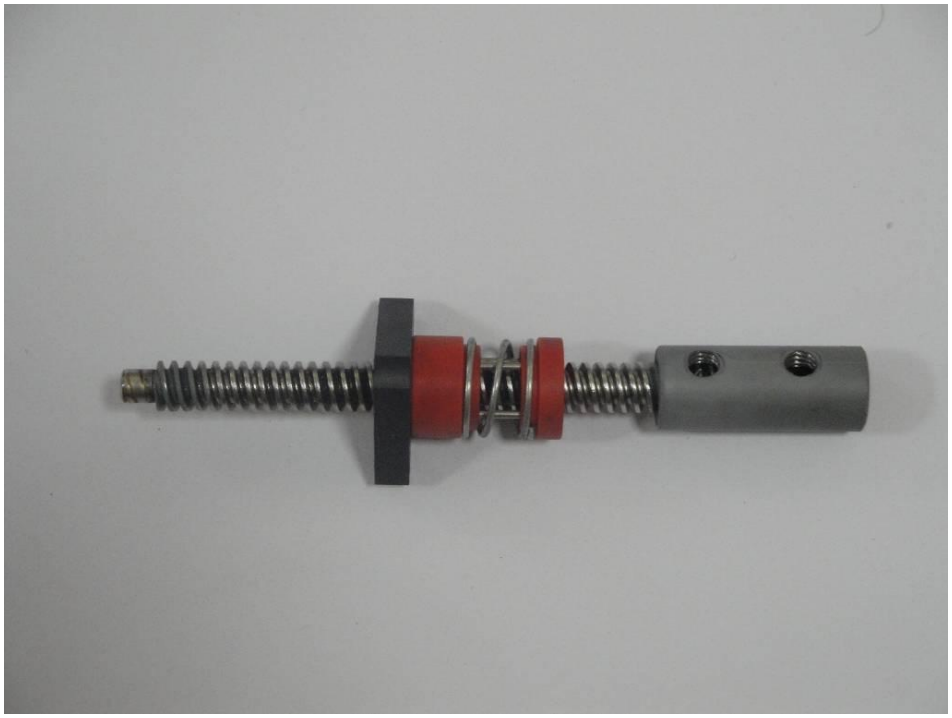
ในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้ ส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ส่วนที่ ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งการที่หุ่นยนต์เรือดำน้ำมีความหนาแน่นเปลี่ยนไป ก็จะทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในน้ำได้ โดยกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้เป็นกลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งเมื่อปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเปลี่ยนไปก็จะทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน

โดยกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญหลักๆ คือ ส่วนของมอเตอร์ ชุดบอลสกรู แผ่นซุปเปอร์ลีน (Superlene Nylon) แกนเลื่อน แท่นยึดมอเตอร์และชุดบอลสกรู ดังภาพประกอบ 3.18 – 3.21

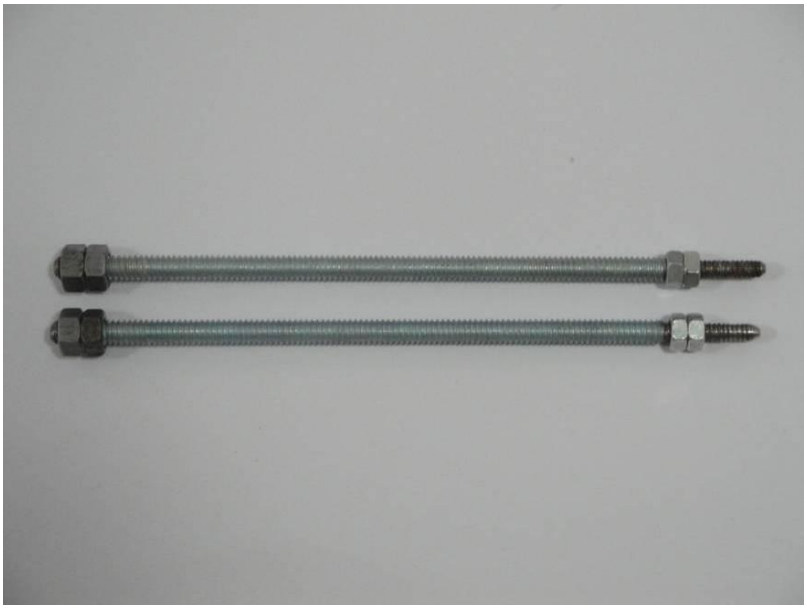
ภาพประกอบ 3.18 มอเตอร์



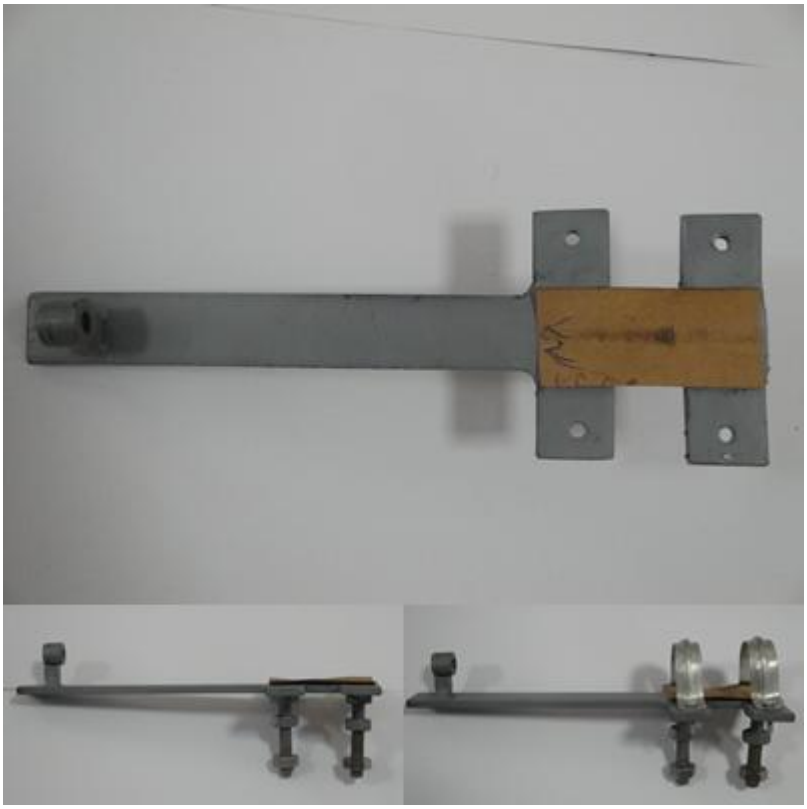
ภาพประกอบ 3.19 แผ่นซุปเปอร์ลีน



ภาพประกอบ 3.20 ชุดบอลสกรู



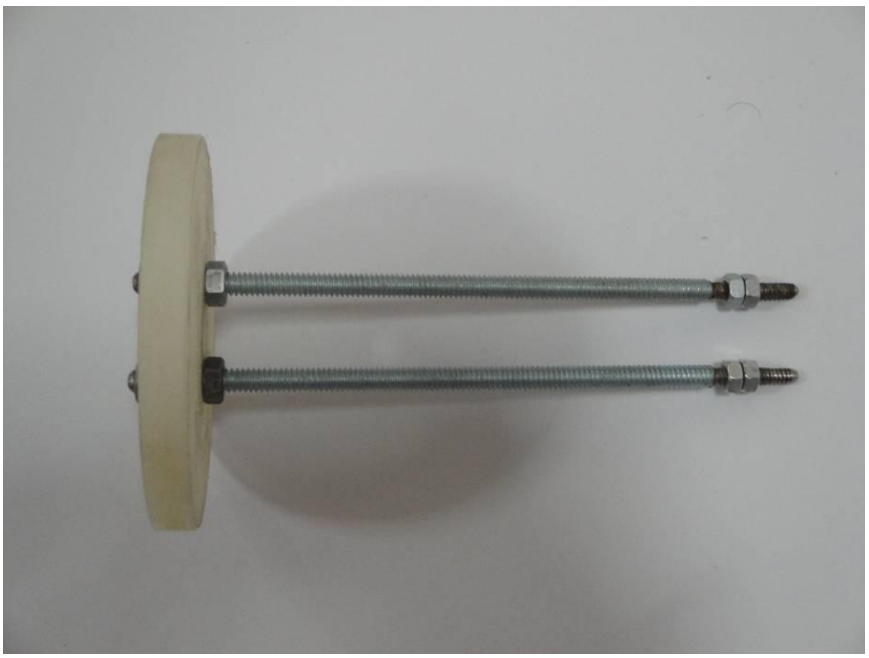
ภาพประกอบ 3.21 แกนเลื่อน



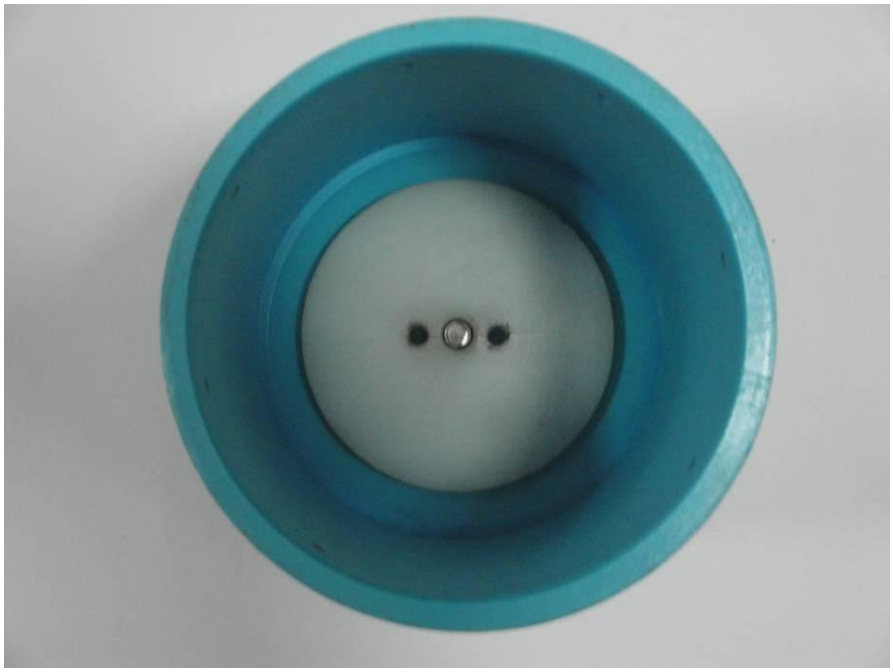
ภาพประกอบ 3.22 แท่นยึดมอเตอร์และชุดบอลสกรู

โดยมอเตอร์และชุดบอลสกรูจะถูกยึดเข้ากับแท่นยึดมอเตอร์และชุดบอล สกรู ดังภาพประกอบ 3.23 ส่วนแผ่นซุปเปอร์ลีนจะถูกยึดกับแกนเลื่อนด้านหนึ่ง ดังภาพประกอบ 3.24 อีกด้านหนึ่งจะถูกยึดเข้ากับส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำซึ่งถูกเจาะรู ดังภาพประกอบ 3.25 และ 3.26 ซึ่งแกนเลื่อนจะถูกยึดติดกับบอลสกรู ดังภาพประกอบ 3.27

ภาพประกอบ 3.23 มอเตอร์และชุดบอลสกรูบนแท่นยึดมอเตอร์และชุดบอลสกรู



ภาพประกอบ 3.24 แผ่นซุปเปอร์ลีนยึดอยู่กับแกนเลื่อน



ภาพประกอบ 3.25 แผ่นซุปเปอร์ลีนยึดอยู่กับส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ภาพประกอบ 3.26 ส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่ถูกเจาะรู

ภาพประกอบ 3.27 แกนเลื่อนถูกยึดติดกับบอลสกรู

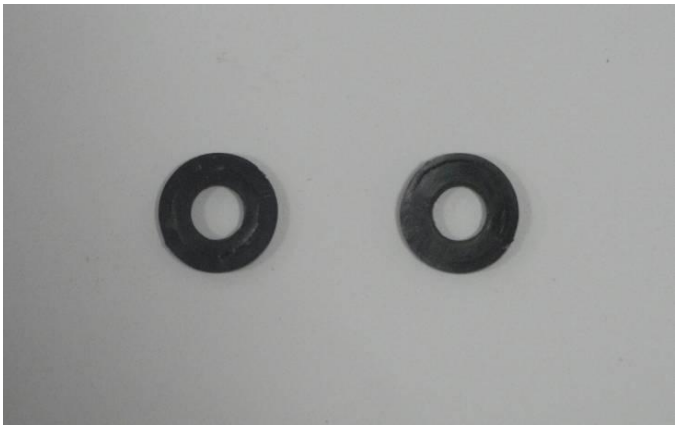
เมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะทำให้แกนเลื่อนนี้เคลื่อนที่ จึงทำให้ส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเลื่อนเข้าเลื่อนออกได้ โด ยส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะเคลื่อนที่ในลักษณะของปลอกสูบ (Cylinder liner) อยู่บนท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดาซึ่งได้ทำการดัดแปลงให้มีซีลไฮโดรลิก (Hydraulic Seal) ดังภาพประกอบ 3.28 ซึ่งจะทำให้ท่อพีวีซีแข็งนี้มีลักษณะการทำงานเป็นแบบลูกสูบ (Piston) โดยมีซีลไฮโดรลิกทำหน้าที่เป็นแหวน (Piston Ring) ของลูกสูบ เพื่อที่จะไม่ให้น้ำจากภายนอกเข้าไปสู่ภายในได้

ภาพประกอบ 3.28 ซีลไฮโดรลิกบนท่อพีวีซีแข็งปลายธรรมดา

นอกจากนั้นบริเวณหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำก็จะทำการเจาะรูโดยรอบ ดังภาพประกอบ 3.29 เพื่อที่จะทำให้ส่วนหัวเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันไม่เอียง ส่วนบริเวณท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้านนั้นจะทำการเจาะรู ดังภาพประกอบ 3.30 พื่อยึดแท่นยึดมอเตอร์และชุดบอลสกรูให้เข้ากับโครงสร้างของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยบริเวณรูจะมีแผ่นยางโอริงเพื่อป้องกันน้ำเข้าอีกชั้นหนึ่งดังภาพประกอบ 3.31

ภาพประกอบ 3.29 เจาะรูบริเวณหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเพื่อประคองส่วนหัว

ภาพประกอบ 3.30 เจาะรูบริเวณท่อพีวีซีข้อต่อตรงที่ทำการกลึงเกลียวนอกหนึ่งด้าน



ภาพประกอบ 3.31 แผ่นยางโอริงเพื่อป้องกันน้ำเข้าบริเวณรูที่ถูกเจาะ

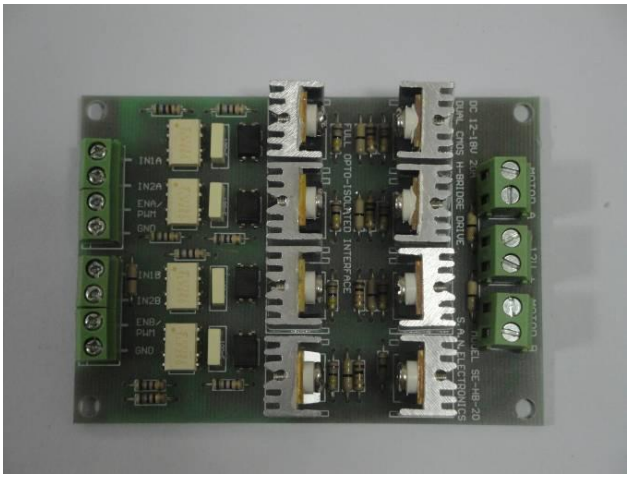
ซึ่งจากโครงสร้างดังกล่าว จึงทำให้ได้ กลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ดังภาพประกอบ 3.32

ภาพประกอบ 3.32 กลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

3.4 การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

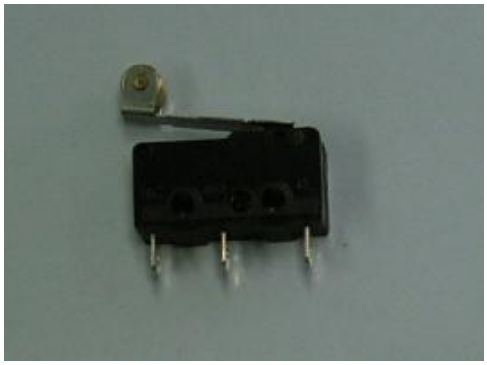
ในการจะจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น นอกจาก กลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำแล้วยังมีส่วนประกอบหลักคือ บอร์ดวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F458 ดังภาพประกอบ 3.33 และชุดขับมอเตอร์ (Motor Diver) ดังภาพประกอบ 3.34 ซึ่งทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F458 ในการสั่งให้มอเตอร์ทำงานเพื่อให้กลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถทำงานได้

ภาพประกอบ 3.33 บอร์ดวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458



ภาพประกอบ 3.34 ชุดขับมอเตอร์

นอกจากนั้นยังมีไมโครสวิตช์ (Micro Switch) จำนวนสองตัว ดังภาพประกอบ 3.35 โดยไมโครสวิตช์นี้จะทำหน้าที่ในการกำหนดขอบเขตในการเคลื่อนที่ของกลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเพื่อที่ไม่ให้กลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเคลื่อนที่มากเกินไป



ภาพประกอบ 3.35 ไมโครสวิตช์

ส่วนที่สำคัญอีกส่วนคือส่วนของแบตเตอร์รี่ที่ทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์ ซึ่งได้เลือกใช้แบตเตอร์ 2 ชนิด คือ แบตเตอรี่ตะกั่วแบบแห้ง (Sealed Lead Acid Battery) ขนาด 12 V 2.3 mAh ดังภาพประกอบ 3.36 และแบตเตอรี่แบบ NiCd (Nickel Cadmium Battery) ขนาด 12 V 1000 mAh ดังภาพ ประกอบ 3.37 เหตุผลในการเลือกใช้แบตเตอรี่สองชนิดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกที่หุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถจะรับได้นั่นเอง โดยหากน้ำหนักบรรทุกน้อยก็จะสามารถใช้แบตเตอรี่ตะกั่วแบบแห้งได้ แต่หากน้ำหนักบรรทุกของหุ่นยนต์มีค่ามากก็สามารถเลือกใช้เป็นแบตเตอรี่แบบ NiCd ได้ หรือสามารถต่อใช้พลังงานจากภายนอกโดยผ่านทางสายไฟจากภายนอกได้

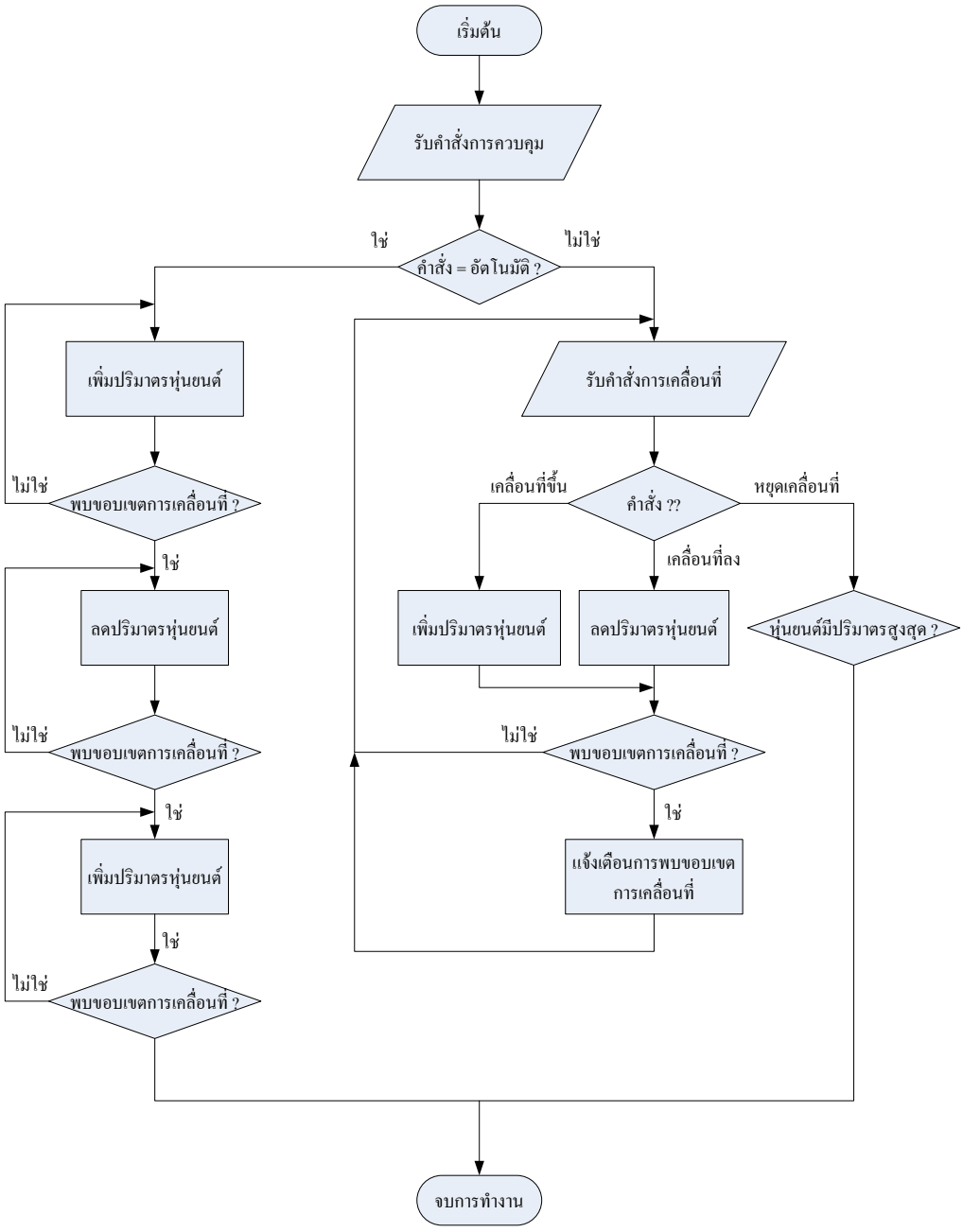
ภาพประกอบ 3.36 แบตเตอรี่ตะกั่วแบบแห้งขนาด 12V 2.3 mAh

ภาพประกอบ 3.37 แบตเตอรี่แบบ NiCd ขนาด 12V 1000 mAh

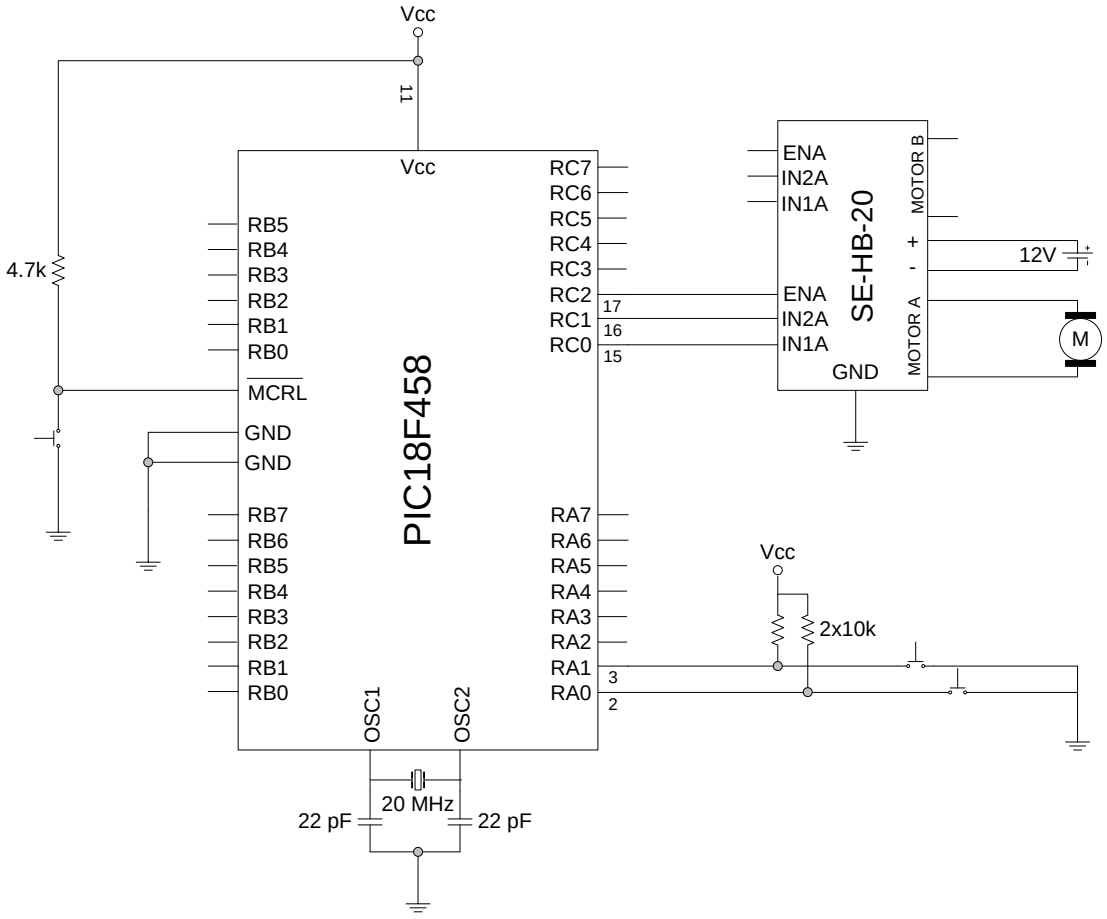
ในการวางอุปกรณ์จะวางภายในตัวหุ่นยนต์ เยื้องมาทางด้านหลัง อันเนื่องมาจากการที่ต้องรักษาสมดุลให้กับหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะอยู่ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งอุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์จะถูกหุ้มด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันน้ำเข้าด้วย โดยอุปกรณ์ที่วางในหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น จะมีลักษณะดังภาพประกอบ 3.38

ภาพประกอบ 3.38 การวางอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

สำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะมีหลักการทำงานดังภาพประกอบ 3.39 และมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังภาพ 3.40 โดยเมื่อติดตั้งโครงสร้างอุปกรณ์ทั้งหมดแล้วจะได้หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ



ภาพประกอบ 3.39 หลักการทำงานของวงจร



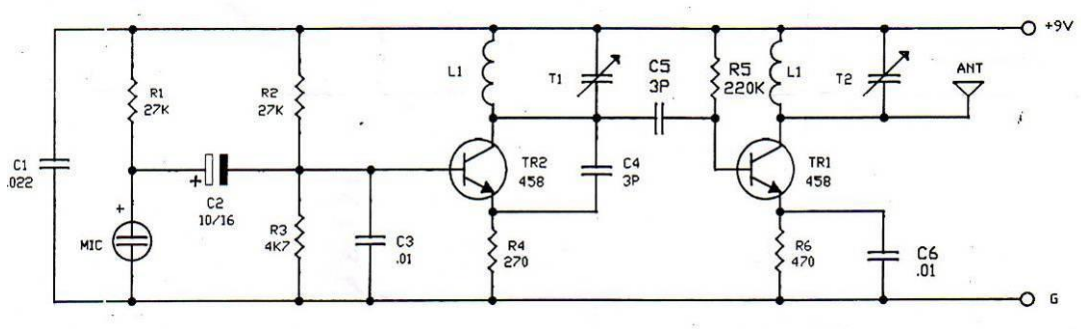
ภาพประกอบ 3.40 การเชื่อมต่ออุปกรณ์

3.5 การทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

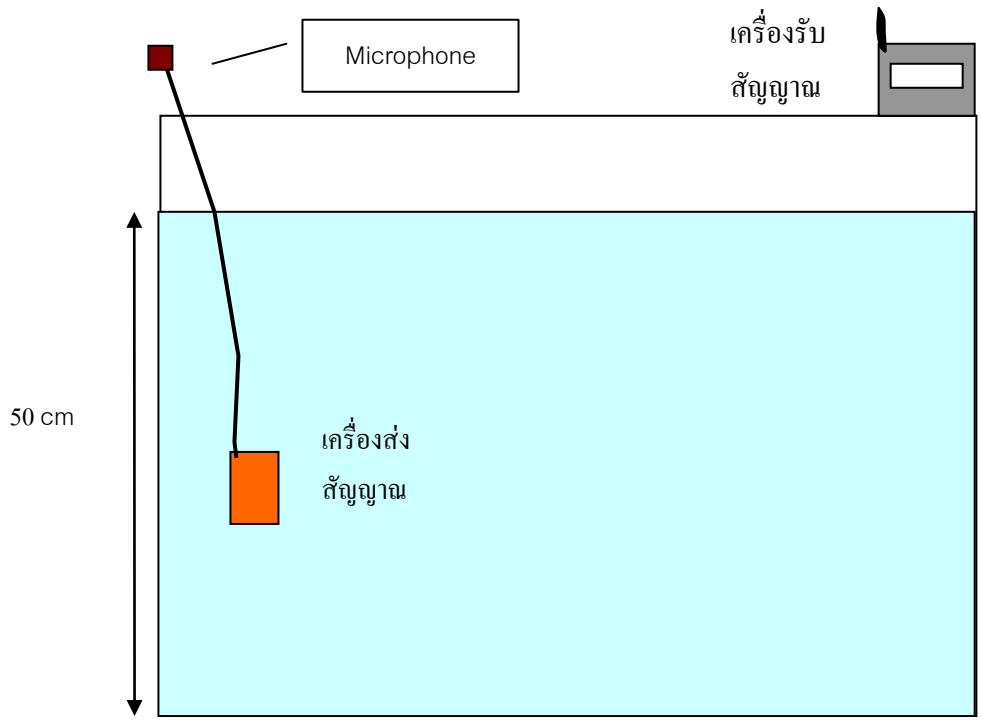
ในการทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น ในเบื้องต้นจะเป็นการทดสอบเพื่อเลือกระบบการสื่อสาร เนื่องจากปกติแล้วหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำโดยทั่วไปจะสื่อสารกับผู้ควบคุมโดยใช้การสื่อสารแบบมีสาย หรือในกรณีที่จะต้องใช้การสื่อสารแบบไร้สายนั้นก็จะทำโดยใช้การสื่อสารโดยใช้คลื่น VHF (Very High Frequency) เป็นหลัก โดยได้ทำการทดสอบระบบการสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้คลื่น UHF (Ultra High Frequency) และเสียง เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้การสื่อสารที่เหมาะสมให้กับหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยในการศึกษาได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองรับส่งสัญญาณใต้น้ำแบบไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุและคลื่นเสียง

3.1 การทดลองเรื่องการรับส่งสัญญาณใต้น้ำโดยใช้สัญญาณคลื่น UHF ซึ่งทำการทดลองโดยใช้โทรศัพท์มือถือ (DTAC) โดยทำการเพิ่มความลึกจากผิวน้ำครั้งละ 1 เซนติเมตร ปรากฏว่า เมื่อเพิ่มจากความลึกจาก 4 เซนติเมตรเป็น 5 เซนติเมตร จะไม่สามารถรับสัญญาณโทรศัพท์ได้ แสดงว่าคลื่น UHF สามารถส่งผ่านผิวน้ำลงไปได้ในระดับความลึกสูงสุดประมาณ 4 เซนติเมตร

3.2 การทดลองเรื่องการรับส่งสัญญาณใต้น้ำโดยใช้สัญญาณเสียงซึ่งทำการทดลองส่งคลื่น VHF ที่มีความถี่ในย่าน 88 MHz ตามวงจรดังภาพประกอบ 3.41 โดยเพิ่มความลึกครั้งละ 5 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 3.42 ปรากฏว่า ที่ความลึก 50 เซนติเมตร เครื่องรับสามารถรับสัญญาณ VHF จากเครื่องส่งได้ โดยสัญญาณที่ได้มีระดับความเข้มลดลง และถ้า หากลองทำการเพิ่มระยะเครื่องรับออกไป 1 เมตร เครื่องรับสัญญาณจะไม่สามารถรับสัญญาณจากเครื่องส่งได้



ภาพประกอบ 3.41 วงจรภาคส่งสัญญาณคลื่น VHF



ภาพประกอบ 3.42 การทดสอบการรับส่งสัญญาณใต้น้ำโดยใช้สัญญาณคลื่น VHF

จากการทดสอบการรับส่งสัญญาณใต้น้ำโดยใช้สัญญาณ UHF และ VHF สามารถสรุปได้ว่าในการส่งสัญญาณใต้น้ำนั้น การส่งสัญญาณด้วย VHF จะมีความสามารถในการสื่อสารมากกว่าการใช้สัญญาณ UHF อย่างไรก็ตามการส่งสัญญาณทั้งสองยังไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ในการสื่อสารใต้น้ำของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ เนื่องจากระยะการสื่อสารนั้นสามารถสื่อสารได้ในระดับความลึกที่น้อย จึงได้ตัดสินใจเลือกใช้การสื่อสารแบบมีสาย โดยเป็นการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) ผ่านทางพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 (Recommended Standard 232) ซึ่งมีระยะการส่งสัญญาณ 15 เมตร ซึ่งเหมาะสมกับการสื่อสารของหุ่นยนต์เรือดำน้ำมากกว่า

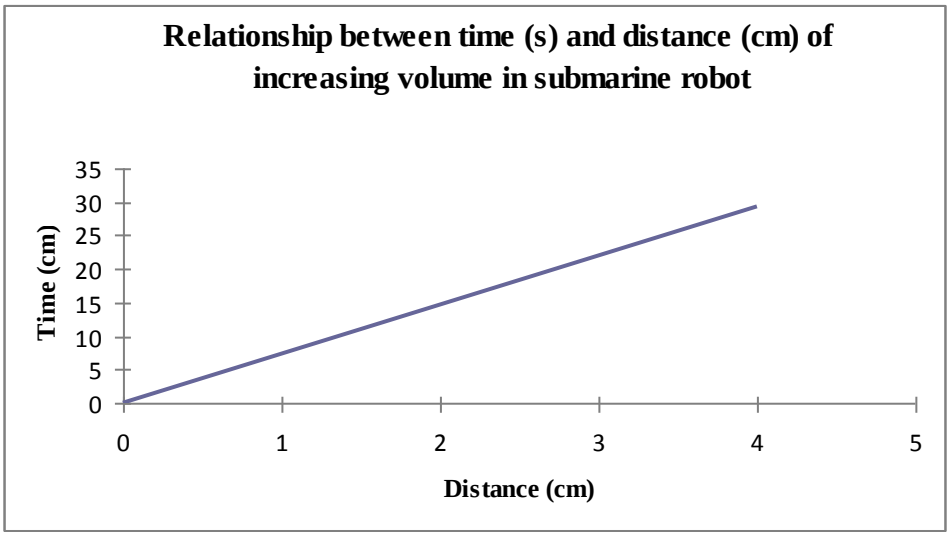
เมื่อทำการทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำ หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในน้ำได้ดังภาพประกอบ 3.43 และ 3.44 ซึ่งแสดงว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ และได้นำหุ่นยนต์เรือดำน้ำไปทดสอบในแอ่งน้ำขนาดใหญ่ ดังภาพประกอบ 3.45

ภาพประกอบ 3.43 หุ่นยนต์เรือดำน้ำเมื่ออยู่บนผิวน้ำ

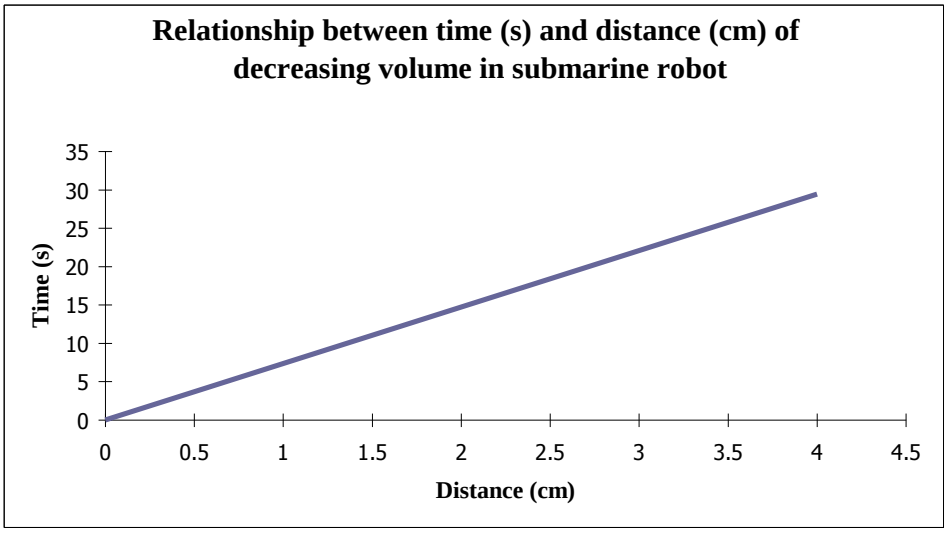
ภาพประกอบ 3.44 หุ่นยนต์เรือดำน้ำเมื่ออยู่ใต้ผิวน้ำ

ภาพประกอบ 3.45 หุ่นยนต์เรือดำน้ำในแอ่งน้ำขนาดใหญ่

จากการวัดค่าความเร็วในการทำงานของกลไกปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรพบว่าหุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเพิ่มปริมาตรได้ด้วยความเร็วเฉลี่ย 0.14 เซนติเมตรต่อวินาที (หุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อขยายตัวได้เป็นระยะทาง 4.00 เซนติเมตร โดยใช้เวลาใน การเคลื่อนที่ทั้งหมด 29.22 วินาที ซึ่งเป็นไปดังภาพประกอบ 3.46) และหุ่นยนต์ เรือดำน้ำนี้สามารถลดปริมาตรได้ด้วยความเร็ว 0.14 เซนติเมตรต่อวินาที (หุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อหดตัวได้เป็นระยะทาง 4.00 เซนติเมตร โดยใช้เวลาในการเคลื่อนที่ทั้งหมด 29.42 วินาที ซึ่งเป็นไปดังภาพประกอบ 3.47)

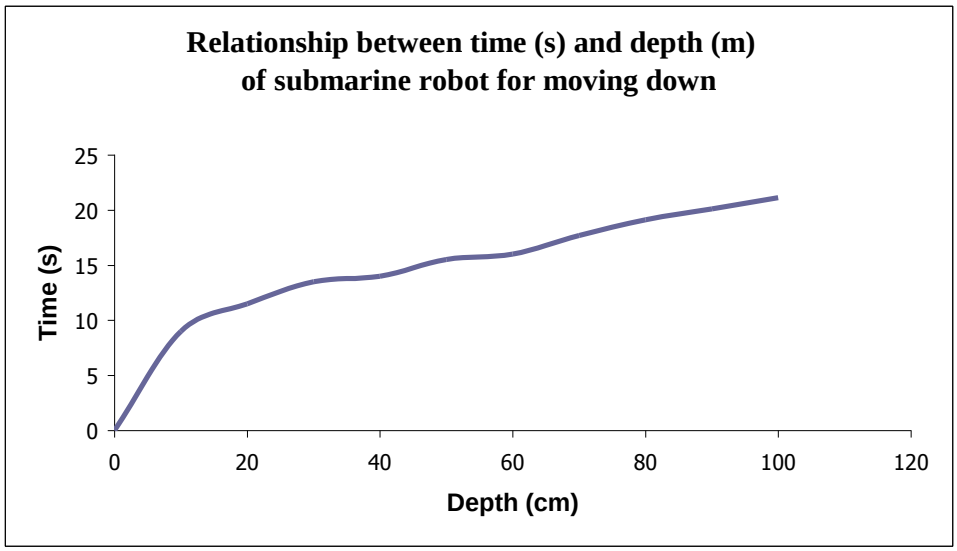


ภาพประกอบ 3.46 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและระยะทางที่ใช้ในการเพิ่มปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

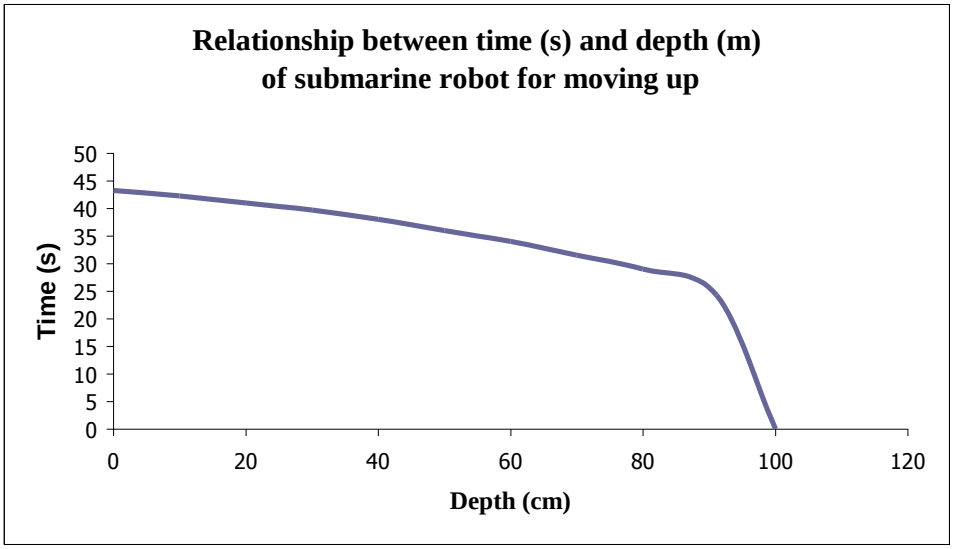


ภาพประกอบ 3.47 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและระยะทางที่ใช้ในการลดปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

สำหรับความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้นลงในน้ำโดยใช้วิธีการปรับปริมาตรนั้นพบว่าหุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่ลงสู่ใต้น้ำจากผิวน้ำ โดยที่ระดับความลึก 1 เมตร จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 21.12 วินาที (หุ่นยนต์เรือดำน้ำมีความเร็วเฉลี่ยในการดำลง 4.73 เซนติเมตรต่อวินาที) ดังภาพประกอบ 3.48 แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวน้ำจากระดับความลึก 1 เมตรนั้น หุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่ลอยสู่ผิวน้ำโดยใช้ระยะเวลา 43.28 วินาที (หุ่นยนต์เรือดำน้ำมีความเร็วเฉลี่ยในการลอยตัวสู่ผิวน้ำ 2.31 เซนติเมตรต่อวินาที) ดังภาพประกอบ 3.49 ซึ่งก่อนที่จะทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำดำลงสู่ผิวน้ำนั้น ได้ปรับความหนาแน่นให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำมีความหนาแน่นเท่ากับน้ำที่บริวณผิวน้ำพอดี ซึ่งเมื่อปรับปริมาตรหุ่นยนต์ให้ลดลง หุ่นยนต์ก็จะเริ่มต้นดำลงสู่ใต้น้ำทันที แต่ในทางตรงข้าม การที่ต้อ งการให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำลอยขึ้นสู่ผิวน้ำนั้นจะใช้เวลาในการลอยขึ้นสู่ผิวน้ำมากกว่า อันเนื่องมากจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ เพราะการลอยตัวนั้นจะต้องรอเวลาเพื่อใช้ลดความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำให้เท่ากับน้ำที่อยู่ในระดับความลึกที่น้อยกว่านั่นเอง



ภาพประกอบ 3.48 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความลึกที่ใช้ในการดำลงใต้น้ำของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ



ภาพประกอบ 3.49 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความลึกที่ใช้ในการลอยขึ้นสู่ผิวน้ำของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

แต่อย่างไรก็ตามปรากฏว่าหุ่นยนต์ได้ประสบปัญหาโดยที่น้ำได้เข้ามาสู่ตัวหุ่นยนต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะกล่าวถึงปัญหานี้ในบทถัดไป

บทที่ 4

บทวิจารณ์

เนื่องจากการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้เป็นการสร้างให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในน้ำโดยใช้วิธีการปรับปริมาตร โดยเป็นการทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้นมีความหนาแน่นเปลี่ยนไป ซึ่งการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นนี้จะทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในน้ำได้ จากการทดลองพบว่า ถ้าปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำลดลงจะทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งผลของการเคลื่อนที่ คือ หุ่นยนต์เรือดำน้ำจะเคลื่อนที่ลงสู่ใต้น้ำ ในทางกลับกัน หากทำการเพิ่มปริมาตรให้กับหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำลดลง ซึ่งก็จะทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำนั่นเอง อย่างไรก็ตามวิธีการปลี่ยนแปลงความหนาแน่นโดยการปรับปริมาตรนี้ มีความแตกต่างจากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของหุ่นยนต์ใต้น้ำและยานใต้น้ำโดยทั่วไป ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นใช้วิธีการเพิ่มมวลของหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำโดยสามารถทำได้โดยการนำน้ำที่อยู่ภายนอกหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำเข้าสู่ห้องอับเฉา ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บกักน้ำเอาไว้ในหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำ โดยเมื่อนำน้ำเข้ามาสู่ห้องอับเฉาแล้วก็จะทำให้มวลของหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้หุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำนั้นดำลงในน้ำได้ และ หากต้องการให้หุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำลอยสู่ผิวน้ำก็สามารถทำได้โดยการลดความหนาแน่นของหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำลง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้วิธีการปล่อยน้ำออกจากห้องอับเฉา โดยการปล่อยน้ำออกนั้นจะสามารถทำได้โดยใช้อากาศที่มีแรงดันสูงที่ถูกเก็บไว้หุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำช่วยในการ ดันน้ำออกจากห้องอับเฉา

การที่หุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำส่วนใหญ่เลือกใช้วิธีการปรับความหนาแน่นโดยการเพิ่มมวลนี้ เนื่องจากสามารถออกแบบการทำงานได้ง่าย และเป็นการป้องกันปัญหาในการรั่วของน้ำซึ่งสามารถทำให้ระบบการทำงานหลักเสียหายได้ แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริม าตรโดยใช้วิธีการนี้ก็มีปัญหาหลายประการซึ่งทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน เช่น ขนาดของหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำนั้นต้องมีขนาดที่ใหญ่เนื่องจากจะต้องมีส่วนของถังอับเฉาไว้เก็บน้ำจากภายนอก และต้องมีถังแรงดันสูงไว้เก็บอากาศเพื่อใช้ในการไล่น้ำออกจากห้องอับเฉาซึ่งการที่ใช้อากาศไล่น้ำนี้ก็ทำให้จะต้องทำการเติมอากาศเมื่อหุ่นยนต์หริอยานใต้น้ำอยู่บนผิวน้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยหากไม่เติมอากาศแล้ว ถ้าอากาศในถังเก็บหมด หุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำนั้นก็จะไม่สามารถลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้อีก เป็นต้น ซึ่งหากปรับเปลี่ยนความหนาแน่นของหุ่นยนต์โดยใช้วิธี การปรับปริมาตรแล้ว จะสามารถ

ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่มีขนาดเล็กสามารถพกพาได้สะดวก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีห้องอับเฉาและถังเก็บอากาศ ซึ่งการที่ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำจากภายนอกและอากาศจากถังเก็บนี่เอง จึงทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในน้ำได้เป็นระยะเวลานานและเคลื่อนที่ขึ้นลงได้หลายครั้งโดยที่ไม่ต้องลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำเพื่อดึงอากาศจากภายนอกเข้าไปเก็บในถังเก็บอากาศนั่นเองซึ่งทำให้การใช้งานหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่ใช้วิธีการปรับปริมาตรมีสะดวกและยืดหยุ่นในการทำงานใต้น้ำมากกว่าการใช้วิธีปรับมวลของหุ่นยนต์หรือยานใต้น้ำนั่นเอง

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่า ถึงแม้จะสามารถสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยวิธีการปรับปริมาตรภายใน แต่ยังเกิดปัญหาต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างหุ่นยนต์เรือดำ น้ำ ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นโครงสร้างที่สามารถทำได้ง่าย และหาวัสดุได้ตามท้องตลาดซึ่งทำให้เป็นหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีราคาประหยัด (Low Cost Submarine Robot) แต่ยังขาดถึงความยืดหยุ่นในการสร้าง เนื่องจากถูกจำกัดด้วยลักษณะและขนาดของวัสดุ ซึ่งวัสดุที่ควรจะนำมาสร้างหุ่น ยนต์เรือดำน้ำควรจะเป็นสแตนเลส (Stainless Steel) ขึ้นรูป เนื่องจากสามารถสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำได้ยืดหยุ่นกว่าและมีน้ำหนักเบา แต่อย่างไรก็ตามการสร้างด้วยวัสดุที่เป็นสแตนเลสขึ้นรูปนี้ก็จะมีราคาสูงและบำรุงรักษาได้ยากกว่าเช่นกัน

นอกจากปัญหาเรื่องวัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างแล้ว ปัญหาด้านระบบการสื่อสารก็เป็นอีกปัญหาหนึ่ง เนื่องจากถ้าต้องการพัฒนาระบบการสื่อสารให้สามารถสื่อสารด้วยระบบไร้สายซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่า จำเป็นต้องใช้ระบบการสื่อสารด้วยคลื่นเสียงและระบบระบุตำแหน่งด้วยสัญญาณจีพีเอส (GPS: Global Positioning System) ซึ่งในการสื่อสารกับหุ่นยนต์ใต้น้ำนั้น สัญญาณที่ใช้จะต้องมีความถี่ที่น้อยมาก (Sitmac, 1997) ซึ่งเป็นระดับเดียวกับที่ใช้ในเรือดำน้ำ คือ ELF (Extremely Low Frequency) ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 3 – 30 Hz หรือสัญญาณแบบ SLF (Super Low Frequency) ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 30 – 300 Hz หรือสัญญาณที่ใช้สื่อสารใต้น้ำทั่วไปที่เป็นสัญญาณแบบ VLF (Very Low Frequency) ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 3 – 30 KHz ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการทดลองได้ใช้คลื่น VHF (Very High Frequency) ที่มีความถี่ 88 MHz ซึ่งสามารถหาได้ง่ายแต่อย่างไรก็ตามความถี่นี้ไม่สามารถนำไปใช้กับการสื่อสารใต้น้ำได้อันเนื่องมาจากความถี่ที่ใช้ไม่เหมาะสม ซึ่งในการผลิตสัญญาณความถี่ต่ำนั้น ไม่สามารถทำได้เองโดยทั่วไป เพราะจะต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณความถี่ต่ำที่ถูกต้องซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง อีกทั้งยังต้องทำการเข้ารหัสและถอดรหัสในการผสมสัญญาณที่ต้องการเข้ากับ

คลื่นสัญญาณเสียงที่เหมาะสมอีกด้วย จึงเป็นการยากในการที่จะทำขึ้นมาเอง อีกทั้งยังต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะและใช้งบประมาณค่อนข้างสูง

อีกประการหนึ่ง คือ ในส่วนของกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่ นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในนั้น ถึงแม้ว่าจะมีข้อดีซึ่งทำให้หุ่นยนต์ที่ออกแบบมีขนาดเล็กและสามารถนำไปใช้งานได้สะดวกแต่ก็มีข้อเสียเช่นกัน กล่าวคือ การใช้กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในแบบนี้ เมื่ อหุ่นยนต์ลดปริมาตรตัวเองลงเพื่อดำลงใต้น้ำ อากาศภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะมีความหนาแน่นมากขึ้น ซึ่งในบางครั้งถ้าซีลไฮดรอลิกซึ่งอยู่บนท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดาเกิดการเอียงอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่อากาศที่อยู่ภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำก็จะออกสู่ภายนอกตัวหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งจะทำให้ในกรณีที่เมื่อหุ่นยนต์เรือดำน้ำต้องการลอยสู่พื้นผิวน้ำต้องลดความหนาแน่นโดยการเพิ่มปริมาตรของตัวหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น จะทำให้น้ำจากภายนอกสามารถเข้ามาสู่ตัวหุ่นยนต์เรือดำน้ำได้ จึงทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ภายใน และในกรณีที่ร้ายแร งที่สุด คือ หุ่นยนต์เรือดำน้ำไม่สามารถลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้อีก

ซึ่งอย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าระบบกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะมีปัญหาในเรื่องการที่อากาศภายในออกสู่ภายนอก และมีน้ำเข้ามาสู่ภายในตั วหุ่นยนต์เรือดำน้ำผ่านทางซีลไฮดรอลิกที่สร้างขึ้นก็ตาม แต่ระบบที่สร้างขึ้นในลักษณะการทำงานของกระบอกสูบและลูกสูบไฮโดรลิกนั้นสามารถนำไปใช้ในการพัฒนากลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในต่อไปได้ โดยอาจจะต้องทำการเปลี่ยนวั สดุโครงสร้างขึ้นมาใหม่เพื่อให้การทำงานของซีลไฮดรอลิกซึ่งอยู่บนท่อพีวีซีแข็งแบบปลายธรรมดาที่ทำหน้าที่เหมือนแหวนและลูกสูบตามลำดับเคลื่อนที่ได้พอดีกับส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นกระบอกสูบ ซึ่งหากได้รับการดำเนินการเช่นนี้แล้ว จึงจะสามารถสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้นลงโดยใช้กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำได้ต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

หุ่นยนต์เรือดำน้ำกึ่งอัตโนมัติเป็นหุ่นยนต์ราคาประหยัดที่ใช้ในงานวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมทางทะเล ได้ออกแบบให้มีความสามารถในการเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมทางทะเล เช่น อุณหภูมิของน้ำทะเล ความเค็มของน้ำทะเล ความเข้มแสง และความดัน อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติงานจริงนั้นยังไม่สามารถทำได้อันเนื่องจากปัญหาหลายประการ แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการจดสิทธิบัตรโครงสร้างของหุ่นยนต์ในเรื่องของระบบการเคลื่อนที่ขึ้นลงใต้น้ำ โดยใช้การปรับปริมาตรเพื่อที่จะปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์ การสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำเริ่มจากการเลือกวัสดุจำเป็นจะต้องสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำให้มีความเหมาะสม ซึ่งได้แก่วัสดุพีวีซี (PVC) ที่มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงคงทน ไม่นำไฟฟ้า ราคาไม่แพง หาได้ตามท้องตลาด จากนั้นได้นำมาดัดแปลงท่อพีวีซี และประกอบเป็นหุ่นยนต์เรือดำน้ำที่มีลักษณะคล้ายตอร์ปิโดโดยใช้โอริงซีลเพื่อป้องกันการซึมเข้าของน้ำ

ในการสร้างหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้ ส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุ ด คือ ส่วนที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ โดยใช้วัสดุ ได้แก่ มอเตอร์ ชุดบอลสกรู แผ่นซุปเปอร์ลีน (Superlene Nylon) แกนเลื่อน แท่นยึดมอเตอร์ ชุดบอลสกรู บอร์ดวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดขับมอเตอร์ (Motor Driver) และแบตเตอรี่ การที่หุ่นยนต์เรือดำน้ำมีความหนาแน่นเปลี่ยนไป ก็จะทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงภายในน้ำได้ โดยกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี้เป็นกลไกการปรับความหนาแน่นโดยวิธีการปรับปริมาตรภายในของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ ซึ่งเมื่อปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเปลี่ยนไปก็จะทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน

ในการทดสอบหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น ได้ทำการทดสอบเพื่อเลือกระบบการสื่อสาร โดยได้ทำการทดสอบระบบการสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้คลื่น UHF และ VHF จากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าในการส่งสัญญาณใต้น้ำนั้น การส่งสัญญาณด้วยคลื่น VHFจะมีความสามารถในการสื่อสารมากกว่าการใช้สัญญาณ UHF อย่างไรก็ตามการส่งสัญญาณทั้งสองยังไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ในการสื่อสารใต้น้ำของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ เนื่องจากระยะการสื่อสารนั้นสามารถสื่อสารได้ในระดับความลึกที่น้อย จึงได้ตัดสิ นใจเลือกใช้การสื่อสารแบบมีสาย โดยเป็นการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) ผ่านทางพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 (Recommended

Standard 232) ซึ่งมีระยะการส่งสัญญาณ 15 เมตร ซึ่งเหมาะสมกับการสื่อสารของหุ่นยนต์เรือดำน้ำมากกว่า อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการพัฒน าระบบการสื่อสารให้สามารถสื่อสารด้วยระบบไร้สายซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่า จำเป็นต้องใช้ระบบการสื่อสารด้วยคลื่นเสียง และระบบระบุตำแหน่งด้วยสัญญาณจีพีเอส

บรรณานุกรม

กานต์ดา บุญเถื่อน. 2551. รพ.บำรุงราษฎร์ใช้หุ่นยนต์เภสัชรายแรกในเอเชีย. (ออนไลน์). **สืบค้นได้จาก** http://www.bangkokbiznews.com/2008/03/11/WW54_5401_news.php?newsid237859. [11 มีนาคม 2551]

คิอิดะ, คัทสุฮิโตะ. 2548. เปิดโลกหุ่นยนต์....สำหรับนักประดิษฐ์รุ่นใหม่. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

โคทม อารียา. 2544. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

โคทม อารียา. 2544. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

ประจิน พลังสันติกุล. 2548. เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์ เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์ PIC. กรุงเพทฯ : บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

ประจิน พลังสันติกุล. 2550. PIC Works Example and C Source Code. กรุงเทพฯ : บริษัท แอพซอฟต์เทค จำกัด

วิชาญ คำแสน. 2544. **"หุ่นยนต์" คือ อะไร.** ชมรมไมโคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. (ออนไลน์). **สืบค้นได้ จาก** http://www.mut.ac.th/~c_micro/knowledge/principle/what_is_robot.html. [10 สิงหาคม 2548]

สถาพร ลักษณะเจริญ. 2548. วิศวกรรมหุ่นยนต์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

สมาร์ทเลินนิ่ง. 2547. **หุ่นยนต์.** (ออนไลน์). **สืบค้นได้ จาก** th.wikipedia.org/wiki/หุ่นยนต์. [3 กันยายน 2548]

อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย. 2548. **ผลิตภัณฑ์ท่อน้ำไทย.** (ออนไลน์). **สืบค้นได้ จาก** http://www.thaipipe.com/product/index.php. [17 มิถุนายน 2548]

Akkizidis, I.S. and Roberts, G.N. 1998. Fuzzy modelling and fuzzy-neuro motion control of an autonomousunderwater robot. *Advanced Motion Control*. 641-646.

Asakawa, K., Kojima, J., Ito, Y., Takagi, S., Shirasaki, Y., and Kato, N. 1996. Autonomous underwater vehicle AQUA EXPLORER 1000 for inspection of underwater cables**.** *Autonomous Underwater Vehicle Technology*. 10-17.

Bekey, George A. 2005. Autonomous Robots. Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology Press.

Bokser, V., Oberg, C., Sukhatme, S. and Requicha, A. 2003. A Small Submarine Robot for Experiments in Underwater Sensor Network. *IFAC.*

Carnegie Mellon University. 2008. Lunar Prospecting Robot To Be Field Tested on Hawaii's Mauna Kea. (Online). http://www.cmu.edu/news/archive/2008/October/ oct14_scarabhawaii.shtml. [14 October 2008]

Chatchanayuenyong, T. and Juntakhet, P. 2004. AIT Developed Autonomous Underwater Robot. *AIT Newsletter.* **12:** 3-4.

Cook, Nigel P. 2005. Introductory DC/AC Electronics 6th Edition. Ohio : Pearson Prentice Hall.

Fallon, Sean. 2007. **Build Your Own Underwater Robot.** (Online). http://www.gearfuse.com/ build-your-own-underwater-robot/. [5 September 2007]

Halliday, David., Resnick, Robert. and Walker., Jearl. 2001. Fundamental of Physics 6th Edition. New York : John Wiley & Sons.

Hayt, William H., Kemmerly, Jack E. and Durbin. 2002. Engineering Circuit Analysis 6th Edition. New York : McGraw-Hill.

Hernando, M. and Gambao, E. 2003. A robot teleprogramming architecture. *Advanced Intelligent Mechatronics.* **2:** 1113-1118.

Keller, G., Carmichael, A. and Jessup, S. 1976. A Small Robot Submarine for Oceanographic Applications. *OCEANS.* **8:** 501-506.

Kilian, Christopher T. 2004. Modern Control Technology 3rd Edition. New York : Thomson Delmar Learning.

McDuff, D., Paquet, D., Choquette, F., Hsies, M., Girard M., Ng-Adam, R., Larochelle, P. and Shirley, S. 2000. Low-cost autonomous robot submarine. *S.O.N.A.I.*. 1-9.

NASA/JPL-Caltech. 2003. **Mar Exploration Rover Mission.** (Online). http://marsrover.nasa.gov [23 August 2005]

Paynter, Robert T. 2000. Introductory Electronic Devices and Circuits: Conversional Flow Version 5th Edition. New Jersey : Prentice-Hall

Roznowski, G., Kowalczuk, Z. and Raczynski, P. 2001. Control and driving of a robot for underwater ship hull operation. *CAD Systems in Microelectronics.* 179-182.

Sibayan, Reena Rose. 2007. **A JCPD Bomb Squad Robot.** (Online). http://www.nj.com/hudson/index.ssf/2007/10/its_a_disaster_in_bayonne_but.html. [6 September 2005]

Yoshida, H., Aoki, T., Murashima, T., Tsukioka, S., Nakajoh, H., Hyakudome, T., Ishibashi, S. and Sasamoto, R. 2003. A deep sea AUV "MR-X1" for scientific work. *OCEANS Proceedings.* **2:** 1174-1179.

Yuh, J. 1995. Development in underwater robotics. *Robotics and Automation.* **2:** 1862-1867.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลงานตีพิมพ์

Chotikarn, P., Aiyarak, P., and Phongdara, B. The Design of Low Cost Submarine Robot. PSU Phuket Research Conference: Multidiscipline for Sustainable Development, 19th-21st November 2008, Phuket, Thailand.

The Design of Low Cost Submarine Robot

Ponlachart Chotikarn[1], Pattara Aiyarak[2,*] and Boonlua Phongdara[3]
[1]Innovation in Physics and Intellectual Properties Research Unit, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, cponlachart@gmail.com
[2]Innovation in Physics and Intellectual Properties Research Unit, Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, pattara.a@psu.ac.th
[3]Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, boonlua.p@psu.ac.th

Abstract

The semi-autonomous submarine robot is the low cost robot used for marine environmental research. The aim of this study is to design the low cost submarine robot which has the abilities in collecting the environmental factors data, for example, temperature, salinity, light intensity, and pressure. The robot structure was designed and patented using the novel idea on the diving system employing the volume adjustment for varying the robot density. The result suggests that this structure, light weighted and small in size, can be used in the marine environment. The autonomous robot using the wired or wireless communication for system control is being developed.

Keywords: submarine robot, underwater robot, design, low cost

1. Introduction

The robot has been developed for using in many fields, for example, industry, space, human rescue, and science. The submarine robot is widely used in submarine exploration and marine environmental research. The submarine robot can help the scientist in exploring the deep sea which is difficult to dive into.

Many scientists studied about the submarine robots. Yuh [1] proposed the idea in development of submarine robot, including structure, artificial intelligence, sensors and control system. In 2003, Yoshida [2] suggested the design of underwater robot for exploring the ocean using autonomous, semi-autonomous, and human-control system using the radio and sound wave. In general, the movement of submarine robot – moving up and down – used the density adjustment by ballast. Most submarine robots were communicated with the host by a wired communication. However, some small submarine robots used wireless communication [3] for controlling the robot. However, the signal in the wireless communication had many problems such as the power of the signal and the control's range. The other researcher, Keller [4], built a small size submarine robot with computer control has been designed, fabricated, and developed. The problem was raised when it was found that these submarine robots are too expensive [5] for the researchers in the developing countries. Furthermore, they are not portable and difficult to fix by the researchers themselves.

The aim of this study is to design the low cost small submarine robot structure for the marine environmental research. The robot can be easily used to collecting the marine environmental factors data, for example, temperature, salinity, light intensity, and pressure. The robot can be controlled using the wired communication. However, the autonomous system using navigation system and wireless communication are being developed. The collected data will be transferred to the computer.

2. Hardware Design

The physical system was depicted in Figure 1. The low cost submarine robot was a small size robot. The shape of robot has the resemblance of a torpedo. Figure 2 showed the diagram of robot's hardware

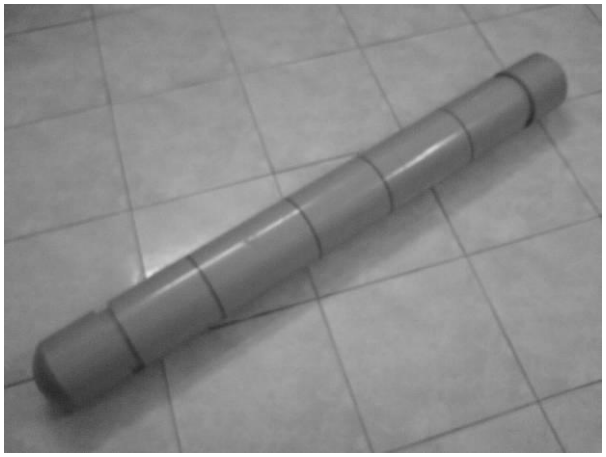


Figure 1: The physical system of the low cost submarine robot

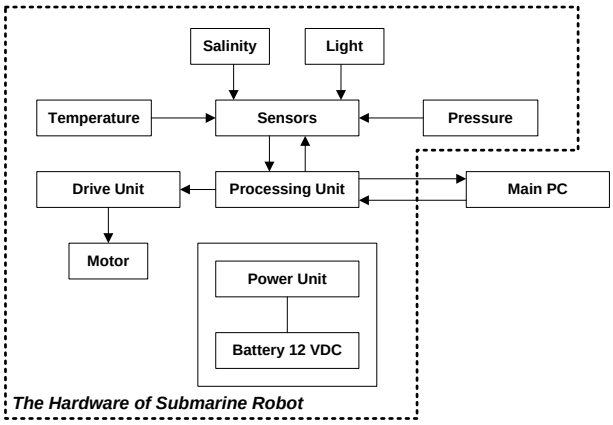


Figure 2: The Diagram of the submarine robot's hardware

2.1 Hull and Structure

The low cost submarine robot was first achieved by five straight PVC socket pipes called "modules" and two PVC cap pipes called "noses" as the hull. It was 116 cm. long and 10.86 cm. in diameter showed in Figure 3. The robot can be expanded for 4 cm. for density adjustment showed in Figure 4. The maximum weight of the robot was around 10 kg. Most electronics, the motor and the batteries are in the hull. It was thus obviously very important that the hull must be watertight. Figure 5 showed the inner of the submarine robot which was consisted of the system units, for example, processing unit, power unit, drive unit and etc. All of the internal parts of the submarine were accessible by removing the modules of the submarine and it is made to be watertight using O-ring rubber between the modules.

The submarine robot uses the volume adjustment of the hull to control density, as the hardware such as motor (1), motor grip (2), base plate (3), ball screw (4), spindle (5), and round plate (6) was shown in Figure 6. The density (ρ) of any substance is defined as its mass per unit volume:

$$\rho \equiv \frac{m}{V} \tag{1}$$

where: m is mass
V is volume

In this case, the density of seawater at the standard conditions (0°C and atmospheric pressure) is about 1.03 x 10^3 kg/m^3 [6].

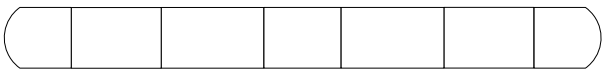


Figure 3: The submarine robot's at normal status

Figure 4: The submarine robot's at expanded status

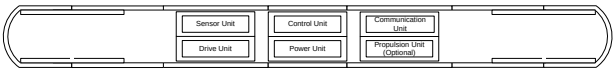


Figure 5: The inner of Submarine robot which was consisted of the system units.

The submarine robot was designed to use for 10 meters depth under sea level; however, it could reach at the maximum desirable depth of 30 meters from the sea level.

2.2 Processing Unit

The low cost submarine robot was built by a single PIC18F458 8-bit-Microcontroller Unit (MCU) from Microchip. It is relatively cheap and very flexible offering, for example, a serial communication port, built-in A/D conversions and enough In-Circuit Serially Programmable flash memory to accept most programs. Plus, every PIC Microcontroller can be networked through i^2c, a 2-wire serial protocol.

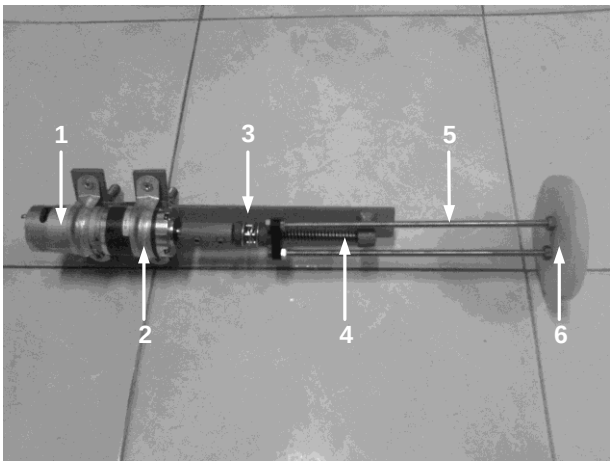


Figure 6: The hardware of density adjustment

2.3 Power Unit

Electrical power was provided by a 12 VDC / 7.4 Ah light-weighted battery for the system. The power from the battery was used for the system of the submarine robot such as MCU, sensors and motor etc.

2.4 Drive Unit

For drive unit, we used a standard electric motor at 12 VDC. The motor driver was used to control the direction of the motor, i.e. to move clockwise and

counterclockwise. The speed of the motor was controlled by PIC18F458 using pulse width modulator (PWM). We used the motor for controlling the density of the submarine robot.

2.5 Sensors

The robot contains several sensors which are:

2.5.1 Temperature

The DS1820 is the digital temperature sensor which was attached at the outer surface of the submarine robot for measuring the water temperature. It is able to measure temperature from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F). The accuracy is +0.5 C from -10°C to +85°C

2.5.2 Salinity

The salinity sensor was used to measure the seawater salinity. This sensor easily and accurately measures the total-dissolved salt content in water. Salinity is an important measurement in seawater or in estuaries where freshwater from rivers and streams mixes with salty ocean water.

2.5.3 Light

The light sensor was used to measure light intensity. The photodiode arranged in a half-circle configuration were connected and amplified with a pull-up resistance to generate signals between zero and five volts which are directly connected to the MCU.

2.5.4 Pressure

We used a pressure sensor for measuring the pressure in the seawater. Pressure is an expression of the force required to stop a fluid from expanding, and is usually stated in terms of force per unit area. The pressure sensor could be generating an electric signal related to the pressure imposed. Furthermore, the pressure could be indirectly converted to the depth of the robot.

The relationship between the depth and the pressure of the seawater is given by equation (2).

$$P = P_0 + \rho g h \tag{2}$$

where: P is absolute pressure

P_0 is atmospheric pressure

g is standard gravity

h is depth

All sensors must be waterproof in order to function properly.

2.6 Computer Unit (Main PC)

The unit was the main controller of the robot. It is used for transmitting commands and receiving the data to the MCU and some sensors. Furthermore, it was used for collecting and analyzing data from the sensors.

3. Software Design

The software was designed in order to incorporate the sensors and the control of the robot as embedded in the robot's microcontroller CPU.

According to the accuracy requirement of the marine environmental data, the software of the low cost submarine robot is very important part for controlling the underwater robot.

The software was composed of two parts: on the MCU and on the computer (Main PC). The software architecture was shown in Figure 7 below.

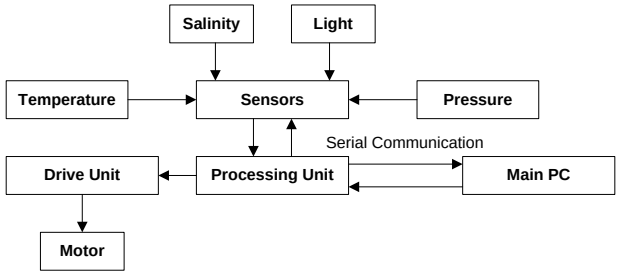


Figure 7: The schematic of software architecture.

3.1 Software on the MCU

The software in this part connected all units The MCU could get the commands from the main PC and sent to the other devices. The data from the MCU were transmitted to the main PC via RS-232 serial communication.

The microcontroller CPU could get the data from the sensors of the submarine robot such as pressure, salinity and light. Then, the MCU sent the data to the main PC via serial communication for further analysis.

The MCU also got the thermal data from DS1820, digital temperature sensors, and sent it to the Main PC for reporting the water temperature in the seawater around the low cost submarine robot.

On the movement of the robot, MCU commands the motor driver for moving up and down in the seawater.

3.2 Software on the Main PC (Computer)

The software in this part was connected to the MCU and retrieved the data from all the sensors devices of the robot. Then, it stored the data into the database and displayed in various forms such as graphs or tables.

4. Conclusions

We have finally designed and built the low cost submarine robot that shown in Figure 8 to answer our requirement. The novel method on the movement of the robot was patented [7]. The submarine robot could be used in marine environment for collecting data such as temperature, salinity, light intensity, and pressure. In addition, it is a small size, light weighted and easy-to-maintain submarine robot.

In the future, we could build the real autonomous submarine robot which can send the collecting data to the host pc via wireless communication and travel to the designated location automatically.

Figure 8: The low cost submarine robot

5. Acknowledgments

This study was financially supported by Prince of Songkla University, Thailand and Development and Promotion of Science and Technology Talents Project (DPST).

References

[1] Yuh, J. (1995, May). *Development in Underwater Robotics*. Paper presented at 1995 IEEE Conference on Robotics, Nagoya, Japan

[2] Yoshida, H., Aoki, T., Murashima, T., Tsukioka, S., Nakajoh, H., Hyakudome, T., Ishibashi, S., & Sasamoto, R. (2003, September). *A deep sea AUV "MR-X1" for scientific work*. Paper presented at OCEANS 2003, Japan

[3] Bokser, V., Oberg, C., Sukhatme, S., & Requicha, A. (2004). *A Small Submarine Robot for Experiments in Underwater Sensor Network.* Paper presented at the International Federation of Automatic Control Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles (IFAC)

[4] Keller, G., Carmichael, A., & Jessup, S. (1976). A Small Robot Submarine for Oceanographic Applications. *OCEANS*, *8*, 501-506.

[5] Withcomb, L. (2000, April). *Underwater Robotics: Out of the Research Laboratory and Into the Field.* Paper presented at the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation, California, USA

[6] Serway, R.A., & Jewett, J.W. (2004) *Physics for scientists and engineers*, Thomson.

[7] Chotikarn, P., & Aiyarak, P., Prince of Songkla University (2006). *The submarine robot using the external volume adjustment for moving up and down*. Thai Patent Pending, Application Number 0601003884

[8] Aiyarak, P., & Chotikarn. P. (2006, July). *The Autonomous Rescue Robot*. Paper presented at The 2nd Regional Conference on Artificial Life and Robotics, Songkhla, Thailand

ภาคผนวก ข

รายละเอียดเอกสารที่ยื่นขออนุสิทธิบัตร

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กลไกปรับปริมาตรภายนอกเพื่อป้องกันน้ำเข้าหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

ผู้ประดิษฐ์

นายพลชาติ โชติการ และนายภัทร อัยรักษ์

บทสรุปการประดิษฐ์

หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้น-ลงโดยอาศัยวิธีการปรับปริมาตรภายนอก โดยตัวโครงมีลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวงมีฝาปิดทรงครึ่งวงกลมปิดส่วนหัวและส่วนท้าย โดยโครงทำจากท่อ PVC โดยจะแบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนด้านหน้าเป็นส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ยืด –หดได้ ซึ่งจะมีข้อต่อที่ใช้ในการเคลื่อนที่เข้าออก ส่วนอีกสองส่วน คือ ส่วนกลางและส่วนหลังจะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ โดยกลไกในการควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น -ลงในแนวดิ่งของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้น ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าเป็นกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยอาศัยการปรับปริมาตรภายนอกจะอยู่ภายในส่วนของโครงและฝาปิดทรงครึ่งวงกลม ปิดหัว ของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยอาศัยการปรับปริมาตรภายนอกจะอยู่ภายในโครงในส่วนหน้า กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยอาศัยการปรับปริมาตรภายนอกของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะประกอบด้วยมอเตอร์ โดยมอเตอร์จะวางอยู่ในตอนปลายของส่วนหน้า โดยมอเตอร์จะถูกยึดติดอยู่กับที่กับแท่นอะลูมิเนียมที่ยึดติดกับภายในของโครง และที่ปลายส่งกำลังของมอเตอร์จะติดตั้งชุดเฟือง เพื่อทำหน้าที่ในการเพิ่มทอร์กให้กับมอเตอร์เพื่อถ่ายทอดกำลังไปยังเกลียวของสกรูขนาดใหญ่ ซึ่งมีขนาดของเกลียวจะมีขนาดเข้ากันได้กับชุดเฟืองที่ติดตั้งอยู่กับปลายส่งกำลังของมอเตอร์ ซึ่งจากการติดตั้งเช่นนี้จะทำให้ฝาปิดทรงครึ่งวงกลม ปิดหัวและส่วนหน้าที่เชื่อมกันด้วยข้อต่อซึ่งมีแหวนยางที่ช่วยในการกันน้ำ โดยข้อต่อนี้สามารถเคลื่อนที่เลื่อนเข้าออกเพื่ อปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำได้ ซึ่งการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี่เองที่ทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเปลี่ยนไปซึ่งทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้

ภาคผนวก ค

ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์

174

(19) กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ (11) เลขที่ประกาศโฆษณา 85847 (43) วันประกาศโฆษณา 10 ส.ค. 2550

(12) ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์

(21) เลขที่คำขอ 0601003884 (22) วันที่ยื่นคำขอ 11 สิงหาคม 2549

(51) สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ Int.Cl.[7] A63H 23/00

(71) ผู้ขอรับสิทธิบัตร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

(21)เลขที่คำขอที่ยื่นครั้งแรก
-

(72) ผู้ประดิษฐ์
นายพลชาติ โชติการ
นายภัทร อัยรักษ์

(32)วันยื่นคำขอครั้งแรก
-

(74) ตัวแทน
-

(33)ประเทศที่ยื่นคำขอครั้งแรก
-

(54) ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์
หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้น-ลงโดยอาศัยวิธีการปรับปริมาตรภายนอก

(57) บทสรุปการประดิษฐ์

หุ่นยนต์เรือดำน้ำที่เคลื่อนที่ขึ้น-ลงโดยอาศัยวิธีการปรับปริมาตรภายนอก โดยตัวโครงสร้างลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวงมีฝาปิดทรงครึ่งวงกลมปิดส่วนหัวและส่วนท้าย โดยโครงทำจากท่อ PVC โดยจะแบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนด้านหน้าเป็นส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ยืด-หดได้ ส่วนอีกสองส่วน คือ ส่วนกลางและส่วนหลังจะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ โดยกลไกในการควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวดิ่งของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนั้นซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าเป็นกลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยอาศัยการปรับปริมาตรภายนอกจะอยู่ภายในส่วนของโครงและส่วนหัวของหุ่นยนต์เรือดำน้ำ

กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยอาศัยการปรับปริมาตรภายนอกจะอยู่ภายในโครงในส่วนหน้า กลไกที่ใช้ในการปรับความหนาแน่นโดยอาศัยการปรับปริมาตรภายนอกของหุ่นยนต์เรือดำน้ำจะประกอบด้วยมอเตอร์ โดยมอเตอร์จะวางอยู่ในตอนปลายของส่วนหน้า โดยมอเตอร์จะถูกยึดติดอยู่กับที่กับแท่นอะลูมิเนียมที่ยึดติดกับภายในของโครง และที่ปลายส่งกำลังของมอเตอร์จะติดตั้งชุดเฟือง เพื่อทำหน้าที่ในการเพิ่มทอร์กให้กับมอเตอร์เพื่อถ่ายทอดกำลังไปยังเกลียวของสกรูขนาดใหญ่ ซึ่งมีขนาดของเกลียวจะมีขนาดเข้ากันได้กับชุดเฟืองที่ติดตั้งอยู่กับปลายส่งกำลังของมอเตอร์ ซึ่งจากการติดตั้งเช่นนี้จะทำให้ส่วนหัวและส่วนหน้าสามารถเคลื่อนที่เลื่อนเข้าออกเพื่อปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำได้ ซึ่งการปรับปริมาตรของหุ่นยนต์เรือดำน้ำนี่เองที่ทำให้ความหนาแน่นของหุ่นยนต์เรือดำน้ำเปลี่ยนไปซึ่งทำให้หุ่นยนต์เรือดำน้ำสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล พลชาติ โชติการ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4822050

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

ทุนการศึกษา

โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) จากรัฐบาลไทย

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

- Aiyarak, P. and Chotikarn, P. 2006. The Design of Autonomous Rescue Robot. The 2nd Regional Conference on Artificial Life and Robotics, 14th – 15th July 2006, Songkhla, Thailand.
- Chotikarn, P., Aiyarak, P., and Phongdara, B. The Design of Low Cost Submarine Robot. PSU Phuket Research Conference: Multidiscipline for Sustainable Development, 19th- 21st November 2008, Phuket, Thailand.

สิทธิบัตร / อนุสิทธิบัตรไทย

- The Submarine Robot Using the External Volume Adjustment for Moving Up and Down (Thai Patent Pending).
- The Waterproof Mechanism of Volume Adjustment for Submarine Robot (Thai Petty Patent Pending).