

หุ่นยนต์ทำงานในอวกาศ Space working robot

กิตติพงษ์ หิริโอตปุปะ¹ สโรจ ไพรเมฆ²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

Kittipong HIRIOTUPPA¹ and Saroj SAIMEK²

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University Bangkok 10330

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,

King Mongkut's University of Technology Thonburi.91 Pracha-u-tit Rd. Bangmod Tungkru Bangkok 10140

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นกรออกแบบและจัดสร้างหุ่นยนต์ที่ใช้ทำงานในอวกาศแทนมนุษย์ โดยการออกแบบออกเป็นสามส่วนได้แก่ การออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบ การออกแบบมือยึดจับ และการสร้างระบบการทำงานเพื่อให้สามารถทำงานได้แบบกึ่งอัตโนมัติ จุดเด่นของหุ่นยนต์ต้นแบบนี้คือความสามารถในการยึดจับขณะทำงานโดยไม่ต้องอาศัยพลังงานแต่เป็นการออกแบบให้มือยึดจับสามารถล็อคตัวเองได้ในขณะยึดจับ อีกส่วนหนึ่งคือการทำงานได้อย่างกึ่งอัตโนมัติภายใต้คำสั่งที่ได้มีการโปรแกรมล่วงหน้าให้เหมาะสมกับการทำงาน โดยภาพรวมหุ่นยนต์ต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพพอสมควรซึ่งแสดงผลการทดลอง

คำหลัก หุ่นยนต์ที่ใช้ทำงานในอวกาศ, กึ่งอัตโนมัติ

Abstract

This paper is about design and construction of a space working robot. Our objective is to develop a robot that can work in hazardous working place, particular in space, instead of human. The design can be divided into three parts, design of a robot, gripper and semi-automatic operating system. Our main contribution is to design a gripper which is self-locking while holding under power-less requirement. Another contribution is appropriate semi-automatic motions under pre-programming. We found from experimental results that our robot works quite well.

Keywords : Space working robot, semi-automatic

1. บทนำ

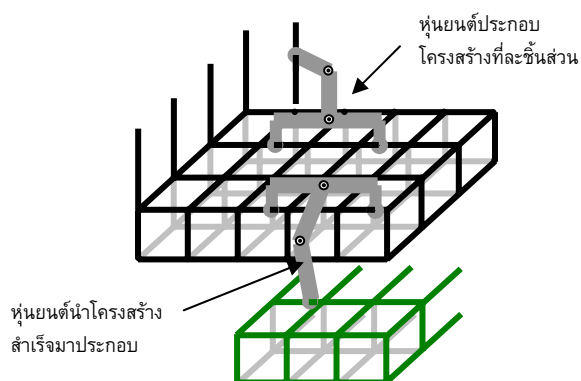
โครงการนี้เป็นแนวคิดในการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อใช้สร้างห้องปฏิบัติหรือสถานีวิจัยในอวกาศซึ่งมีความเป็นอันตรายอย่างสูงต่อมนุษย์ รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กและเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและปริญญาตรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบหุ่นยนต์ปฏิบัติงานแทนมนุษย์โดยอัตโนมัติหรือภายใต้การบังคับของมนุษย์ภายในอวกาศภายใต้วงโคจรของโลก ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีคุณสมบัติดังนี้ 1) หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในแนวตรง เลี้ยว และหันกลับด้วยขาเพียงสองข้าง 2) ออกแบบมือยึดจับ (Gripper) ให้เหมาะสมในการเคลื่อนที่ไปในโครงสร้างที่เป็นท่อกลม 3) จำกัดจำนวนข้อต่อและอุปกรณ์การวัดต่างๆให้เหมาะสม 4) พัฒนาระบบสั่งการแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้การออกแบบเป็นไปตามคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น จึงมีขั้นตอนในการดำเนินการออกแบบดังนี้ 1) ศึกษารายละเอียดและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการยึดจับวัตถุรูปทรงต่างๆของแขนกลหุ่นยนต์ การทำงานและการสร้างโครงสร้างในอวกาศ 2) ออกแบบลักษณะการทำงานและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในการสร้างและประกอบโครงสร้างหลักให้มีความคล่องตัวและมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด 3) ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบโดยควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Basic stamp 2sx) 4) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบ และทดสอบการเดินหรือการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต้นแบบบนโครงสร้างต่าง ๆ ที่กำหนด เนื่องจากโครงการนี้เป็นกรเสนอแนวความคิดในการพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีรูปแบบที่สามารถทำงานเฉพาะ ดังนั้นโครงการนี้จึงเน้นการออกแบบ และสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบให้สามารถทำงานได้ตามความต้องการที่กล่าวมาแล้ว รายงานจะ

ประกอบด้วย การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ โปรแกรมการเคลื่อนที่ผล การทดสอบการทำงาน และสรุปและข้อเสนอแนะ

2. การออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์

หลังจากที่ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับศึกษาการยึดจับวัตถุ รูปทรงต่างๆ ของแขนกลหุ่นยนต์หุ่นยนต์ ลักษณะการทำงานและการสร้างโครงสร้างในอวกาศซึ่งโดยปกติมีลักษณะคล้ายท่อกลมต่อขึ้นเป็นโครงสร้างทำให้แนวความคิดในการออกแบบหุ่นยนต์เป็นดังรูปที่ 1 ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงานออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ดังนี้

เริ่มจากออกแบบลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์ที่มีการต่อโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นท่อกลมโลหะซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์ในการสร้างโครงสร้างหลัก โดยหุ่นยนต์จะนำโครงจากคลังเก็บชิ้นส่วนประกอบที่กำหนดไว้ เคลื่อนที่ไปบนโครงสร้างที่ได้ต่อไว้ก่อนหน้าแล้วแล้วนำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเข้ากับโครงสร้างเดิม และทำเช่นนี้ซ้ำไปเรื่อยๆ จนได้โครงสร้างหลักตามที่ต้องการ



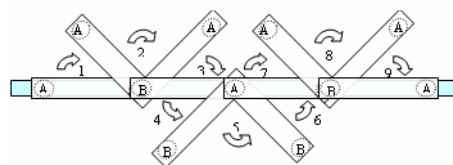
รูปที่ 1 แสดงภาพจำลองของหุ่นยนต์และภาพจำลองการทำงาน

ภายใต้เงื่อนไขข้างต้นเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปบนโครงสร้างดังกล่าว หุ่นยนต์จะต้องสามารถเคลื่อนที่ไปบนโครงสร้างหลักท่อกลมได้โดยอิสระและสามารถนำชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ ไปประกอบเข้ากับโครงสร้างหลัก จากความต้องการดังกล่าวทำให้หุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบให้มีขาอย่างน้อยสองข้างเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ไปบนโครงสร้างได้อย่างคล่องตัว นอกจากนี้เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติเราได้มีการกำหนดให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่สามแบบ คือ การเคลื่อนที่แบบ A หุ่นยนต์จะเดินด้านเดียวซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้ง่ายไม่ซับซ้อนเนื่องจากใช้การบังคับมอเตอร์ 4 ตัวและไม่มีการยกขา แต่ข้อเสียคือไม่สามารถเคลื่อนที่หรือก้าวข้ามท่อที่ต่อไขว้กันอยู่ได้



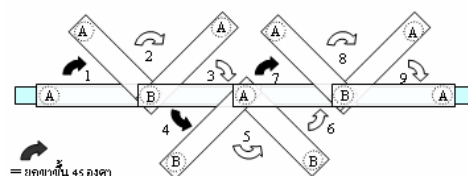
รูปที่ 2 ภาพการเคลื่อนที่แบบ A เมื่อมองจากด้านบน

การเคลื่อนที่แบบ B หุ่นยนต์จะเดินแบบไขว้สลับซ้ายขวา การควบคุมหุ่นยนต์จะไม่ซับซ้อน แต่ไม่สามารถเดินหรือก้าวข้ามท่อที่ต่อไขว้กันได้แต่มีความเร็วในการเดินมากกว่าแบบ C ใช้เพื่อเดินไปยังคลังเก็บอุปกรณ์



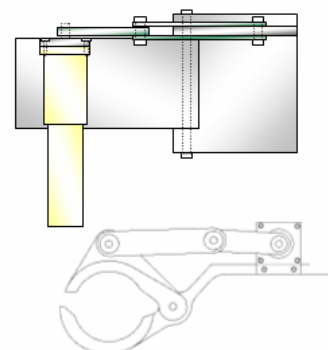
รูปที่ 3 การเคลื่อนที่แบบ B เมื่อมองจากด้านบน

การเคลื่อนที่แบบ C หุ่นยนต์จะเดินแบบไขว้สลับซ้ายขวา เช่นเดียวกับ B ประกอบกับการยกขาพร้อมด้วย ซึ่งได้ออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาการเคลื่อนที่ผ่านท่อที่ต่อไขว้กันอยู่ซึ่งจะใช้เป็นรูปแบบการเดินหลักสำหรับหุ่นยนต์ แต่ข้อเสียคือการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากใช้การบังคับมอเตอร์ 6-8 ตัว



รูปที่ 3 การเคลื่อนที่แบบ C เมื่อมองจากด้านบน

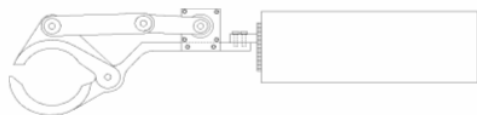
หุ่นยนต์ที่ออกแบบใช้งานบนโครงสร้างที่เป็นท่อกลม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องออกแบบมือยึดจับที่สามารถทำหน้าที่ได้ทั้งการเป็นแขนและขา ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องสามารถจับท่อกลมได้อย่างรวดเร็วมั่นคงและมีความยืดหยุ่นในการจับท่อ เมื่อท่อกลมอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมต่อการจับได้ มือยึดจับที่นำเสนอจึงมีลักษณะการทำงานเหมือนคีมล็อค ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายๆ ด้าน เช่น กลไกจะสามารถล็อคได้โดยไม่ต้องใช้เบรคที่มอเตอร์ เป็นต้น



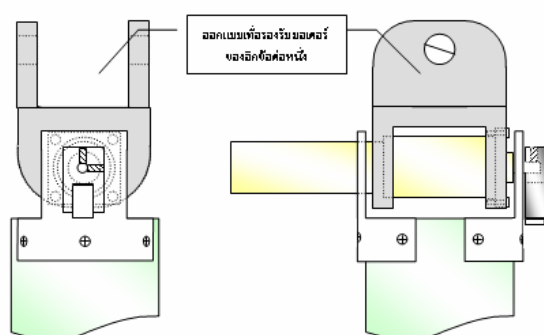
รูปที่ 4 แสดงรูปด้านหน้าและบนของมือยึดจับ

แม้ว่าจุดประสงค์ของการทำงานของหุ่นยนต์จะใช้ในอวกาศซึ่งอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก แต่การออกแบบ สร้าง และทดสอบทำกันบนผิวโลก

ดังนั้นจึงยังจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึง แรงและโมเมนต์ที่ต้องการในการทำงานของหุ่นยนต์ การออกแบบขาทั้งสองของหุ่นยนต์จึงต้องคำนวณแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ที่ทำให้จริงจาก 24Vdc มอเตอร์ทดเกียร์ 1:300 ที่มีการระบุค่าแรงบิดสูงสุดไว้ 20 kg-m เพื่อจะได้ออกแบบข้อต่อ A ให้เหมาะสมสำหรับการยกขาของหุ่นยนต์ขึ้นได้ (ข้อต่อ B)

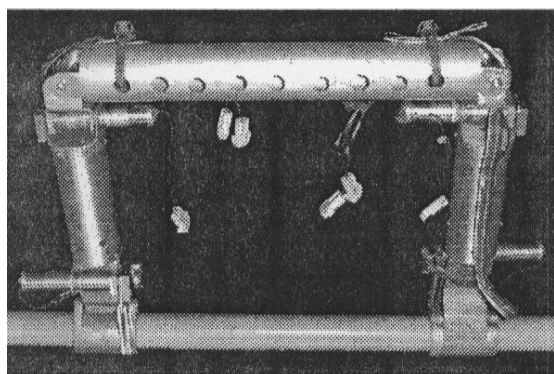


รูปที่ 5 ภาพการออกแบบขาซึ่งประกอบด้วยแขนยึดจับ และ ข้อต่อ A



รูปที่ 6 ข้อต่อ B

ภายใต้แบบที่กำหนด นำชิ้นส่วนทั้งสามได้แก่ มือยึดจับ ข้อต่อ A และ B ประกอบเข้าด้วยกันได้ขาของหุ่นยนต์ทั้งสองข้าง แล้วต่อขาทั้งสองข้างเข้าด้วยกันเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบด้วยคานที่ทำจากท่อโลหะอะลูมิเนียมกลมยาว 50 cm ติดโพเทนชิโอมิเตอร์เพื่อวัดองศาที่หมุนไปของแขนและข้อต่อต่างๆ

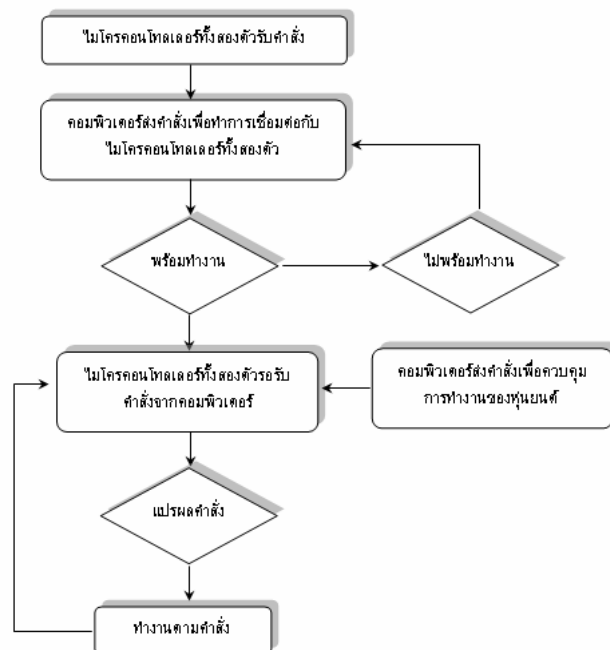


รูปที่ 7 หุ่นยนต์ต้นแบบหลังจากทำการประกอบแล้ว

3. โปรแกรมการเคลื่อนที่

ความต้องการเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้ในลักษณะกึ่งอัตโนมัติ หรืออัตโนมัติทำให้การเขียนโปรแกรมควบคุมเป็นหัวใจของโครงงานนี้ โดยเรา

จะแบ่งการทำงานของโปรแกรมเป็นสองส่วนได้แก่ การสร้างขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่แบบต่างๆ และโครงสร้างการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งส่วนที่สองแสดงในลักษณะของโฟลชาร์ตดังรูปที่ 8

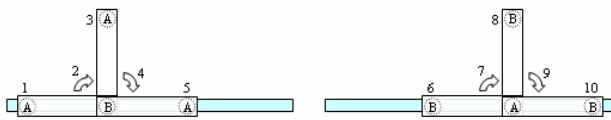


รูปที่ 8 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

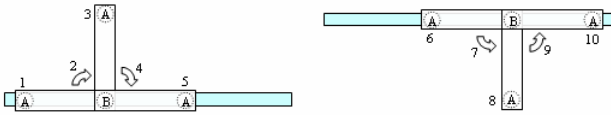
การทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้แบบกึ่งอัตโนมัติส่วนหนึ่งมาจากการสร้างการทำงานบางลักษณะขึ้นมาก่อนโดยการเขียนโปรแกรมในลักษณะที่เมื่อหุ่นยนต์พบคำสั่งที่มีการเขียนโปรแกรมล่วงหน้า หุ่นยนต์ก็จะทำตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ในโครงงานฉบับนี้เราจะได้แสดงให้เห็นการทำงานบางอย่างดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่1 ตารางแสดงวิธีการบังคับการเคลื่อนที่แบบ A และ B ที่ละขั้นตอนอย่างง่ายของหนึ่งรอบการเคลื่อนที่

	Foot A	Foot B
1	เปิด Gripper เพื่อปล่อยการจับถือ	-
2	-	หมุนเบี่ยง Joint A ไป 90 องศา เพื่อเบี่ยงตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ ในขณะนั้นตัวหุ่นยนต์ดึงจากกับเท้า
3	หมุนเบี่ยง Joint A ไป 180 องศา เพื่อให้ Gripper เตรียมจับกับเท้า	-
4	-	หมุนเบี่ยง Joint A ไป 90 องศา เพื่อเบี่ยงตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ในขณะนั้นหุ่นยนต์เคลื่อนที่จากจุดเดิมให้ขาตัว
5	ปิด Gripper เพื่อจับถือ	-
6	-	เปิด Gripper เพื่อปล่อยการจับถือ
7	หมุนเบี่ยง Joint A ไป 90 องศา เพื่อเบี่ยงตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ ในขณะนั้นตัวหุ่นยนต์ดึงจากกับเท้า	-
8	-	หมุนเบี่ยง Joint A ไป 180 องศา เพื่อให้ Gripper เตรียมจับกับเท้า
9	หมุนเบี่ยง Joint A ไป 90 องศา เพื่อเบี่ยงตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ในขณะนั้นหุ่นยนต์เคลื่อนที่จากจุดเดิมให้ขาตัว	-
10	-	ปิด Gripper เพื่อจับถือ



รูปที่ 9 แสดงการบังคับที่ละขั้นของการเคลื่อนที่แบบ A



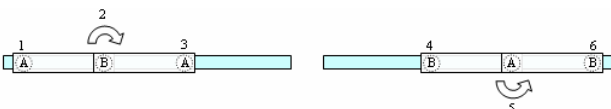
รูปที่ 10 แสดงการบังคับที่ละขั้นของการเคลื่อนที่แบบ B

ตารางที่ 2 แสดงวิธีการบังคับการเคลื่อนที่แบบ A และ B แบบสั้นไหลของหนึ่งรอบการเคลื่อนที่

	Foot A	Foot B
1	เปิด Gripper เพื่อปล่อยการจับถือ	-
2	หมุนบังคับ Joint A ไป 180 องศา เพื่อให้ Gripper เตรียมจับกับท่อ	หมุนบังคับ Joint A ไป 180 องศา เพื่อบังคับตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่จากจุดเดิมหนึ่งช่วงตัว
3	ปิด Gripper เพื่อจับท่อ	-
4	-	เปิด Gripper เพื่อปล่อยการจับถือ
5	หมุนบังคับ Joint A ไป 180 องศา เพื่อให้ Gripper เตรียมจับกับท่อ	หมุนบังคับ Joint A ไป 180 องศา เพื่อบังคับตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่จากจุดเดิมหนึ่งช่วงตัว
6	-	ปิด Gripper เพื่อจับท่อ



รูปที่ 11 การบังคับแบบสั้นไหลของการเคลื่อนที่แบบ A



รูปที่ 12 การบังคับแบบสั้นไหลของการเคลื่อนที่แบบ B

ในการควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แบบการบังคับแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยมนุษย์ของการเคลื่อนที่ทั้งแบบ A และ B สามารถบังคับได้ค่อนข้างง่ายเนื่องจากสามารถบังคับมอเตอร์ไปที่ละตัวตามลำดับได้เลย ส่วนการบังคับแบบอัตโนมัติก็มีลักษณะคล้ายกับการบังคับแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยมนุษย์แต่ใช้การสั่งการแต่ละขั้นตอนที่ได้โปรแกรมไว้ล่วงหน้าด้วยคอมพิวเตอร์แทนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์โดยบรรจุคำสั่งพื้นฐานที่จะบังคับหุ่นยนต์ไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อรอรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ ได้แก่

1. หุ่นมอเตอร์ตาม-ทวนเข็มนาฬิกาเพื่อเปิด/ปิดมียึดจับ และหยุดหุ่นมอเตอร์
2. หุ่นมอเตอร์ข้อต่อ A เพื่อบังคับมียึดจับไปทางซ้าย-ขวา และหยุดหุ่นมอเตอร์

3. หุ่นมอเตอร์ข้อต่อ B เพื่อยกขา และหุ่นมอเตอร์แบบ PWM เพื่อยกขาข้างไว้ อ่านค่า เซ็นเซอร์ ต่าง ๆ และส่งกลับมากหาคอมพิวเตอร์แล้วเขียนโปรแกรมหลักบังคับหุ่นยนต์ไว้บนคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานอีกทีหนึ่ง ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS-232) โดยใช้อักขระภาษาอังกฤษตัวเดียว ในการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ และ คอมพิวเตอร์

ตัวอย่างขั้นตอนการทำงาน (ตัวอย่างการเคลื่อนที่) เป็นเพียงวิธีการหนึ่งในการควบคุมให้หุ่นยนต์เดินตามเส้นทางที่เราเป็นผู้กำหนดเท่านั้น การอาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถสร้างเส้นทางการทำงานได้เอง ภายใต้เงื่อนไขของเวลา หรือการใช้พลังงานอาจจะนำมาประยุกต์ได้ในอนาคต

4. ผลการทดสอบ

หุ่นยนต์ต้นแบบได้ถูกสร้างขึ้นภายใต้การออกแบบข้างต้น เพื่อทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบเป็นไปตามที่กำหนดจึงได้กำหนดแบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนได้แก่

1. หุ่นยนต์ต้นแบบสามารถเดิน(ตรง, เลี้ยว 90 องศา, หันกลับ) บนท่อกลม ไปถึงจุดหมายที่ต้องการได้ โดยการบังคับจากคอมพิวเตอร์ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์แบบกึ่งอัตโนมัติ

2. หุ่นยนต์ต้นแบบสามารถเดินบนท่อกลมที่มีโครงสร้างแบบไขว่กันไปมา ไปถึงจุดหมายที่กำหนด โดยการบังคับจากคอมพิวเตอร์ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลการทดลองบังคับการเคลื่อนที่ โดยการบังคับแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเลือกใช้ท่อ PVC ที่มีขนาดเดียวกันกับท่อกลมโลหะแทน

ตารางที่ 3 บันทึกผลการทดลองจากการเดิน 10 ก้าวของขาแต่ละข้างของหุ่นยนต์ หรือ 20 ก้าวของการเดินทั้งหมด

	จำนวนก้าวที่ติดขัด					
	การเคลื่อนที่แบบ A			การเคลื่อนที่แบบ B		
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3
Foot A (Gripper A)	2	3	1	4	2	3
Foot B (Gripper B)	1	2	2	2	2	3

ตารางที่ 4 บันทึกผลการทดลองในห้องทดลองควบคุมความเข้มแสงจากการเดิน 10 ก้าวของขาแต่ละข้างของหุ่นยนต์หรือ 20 ก้าวของการเดินทั้งหมดหลังจากทำการแก้ไขและติด IR Sensor ที่ gripper

	จำนวนก้าวที่ติดขัด					
	การเคลื่อนที่แบบ A			การเคลื่อนที่แบบ B		
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3
Foot A (Gripper A)	0	1	0	0	1	1
Foot B (Gripper B)	0	0	0	0	0	0

ผลการทดลองจากการทดสอบการเคลื่อนที่ไปกลับแบบ A และ B ของ Prototype robot โดยการบังคับแบบกึ่งอัตโนมัติ ระยะทาง 3 เมตร หรือระยะ 20 ก้าว ของหุ่นยนต์จำนวน 3 รอบหลังจากทำการแก้ไข Mechanisms และติดตั้ง IR Sensor ที่ gripper

- การเดินหรือการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ค่อนข้างราบรื่นมากทั้งการเดินแบบ A และ B มีน้อยครั้งขณะที่แขนยึดจับยึดจับก่อให้เกิดอาการค้างจับกับท่อได้ไม่สนิท
- หุ่นยนต์ยังคงมีอาการสะบัดเล็กน้อยเมื่อมอเตอร์ของข้อต่อ A เริ่มทำงาน

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองเราพบว่าการออกแบบแขนกลและกลไกในการยึดจับในลักษณะที่นำเสนอทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างคล่องตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แขนยึดจับในลักษณะที่ล็อกเมื่อปิดทำให้ไม่ต้องใช้พลังงานในการยึดในตำแหน่งที่ต้องการ นอกจากนี้ยังพบข้อจำกัดในการเขียนโปรแกรมแบบขนานหรืออนุกรมต่อความเร็วในการปฏิบัติงานด้วย อย่างไรก็ตามรายงานฉบับนี้เป็นเพียงการออกแบบและทดสอบของความเป็นไปได้ในการสร้างต้นแบบของหุ่นยนต์ที่ใช้ในการสร้างโครงสร้างทางอวกาศหรือหุ่นยนต์ที่อาจจะใช้ทำงานแทนการทำงานของมนุษย์ในสภาวะที่อันตราย เนื่องจากเรายังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและใช้การป้องกันในการควบคุมมอเตอร์ทำให้เราไม่สามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปตามมุมที่ต้องการทำให้ยังมีความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ไปตามท่อที่กำหนดให้ นอกจากนี้ยังต้องการการออกแบบมือจับและการผลิตมือจับที่มีความถูกต้องสูงเพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างราบเรียบไม่ติดขัด ปัญหาที่เหลืออยู่ส่วนหนึ่งมาจากการขาดการคำนวณในเรื่องของแรง โมเมนต์ และกำลังที่ถูกต้องในการออกแบบซึ่งจำเป็นต้องศึกษาต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติพงษ์ หิริโอตัมปะ “รายงานโครงงาน Space Working Robot” โครงงานพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กและเยาวชนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและปริญญาตรี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- [2] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล “สนุกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ฉบับ เบสิกแสดมปี 2SX” กรุงเทพฯ บริษัท อินโนเวทีฟ เอกเพอร์ซิเมนต์ จำกัด 2545
- [3] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล “คุณสมบัติทางด้านฮาร์ดแวร์และชุดคำสั่งของเบสิกแสดมปี 2SX” กรุงเทพฯ บริษัท อินโนเวทีฟ เอกเพอร์ซิเมนต์ จำกัด 2545