บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

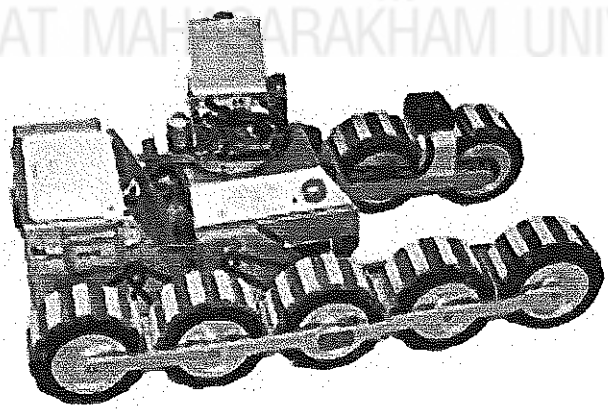
ในการวิจัยเชิงทดลองนี้ ผู้ที่ศึกษาได้ทดลองนำรถแบบหุ่นยนต์กู้ภัยนี้ใช้ในการทดลองเพื่อนำไปใช้ในงานจริง จึงจำเป็นต้องทำให้คุ้มค่ากับการลงทุนและจำเป็นต้องพัฒนาให้มีศักยภาพที่สูงขึ้นสำหรับประโยชน์ในงานค้นหาวัตถุที่มีขนาดเล็กและวัตถุที่อันตรายต่อประชาชน สำหรับการใช้รถแบบหุ่นยนต์กู้ภัยนี้ ซึ่งจะมีประโยชน์หลาย ๆ ด้าน เช่นการกู้วัตถุที่อันตรายและมีขนาดเล็ก โดยการควบคุมเป็นแบบระบบชุดวิทยุควบคุมที่มีการควบคุมจากระยะไกล

2.2 หุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตราย

การทำหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายนี้ เพื่อให้หุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายเข้าไปมีส่วนช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ของหน่วยกู้ภัยต่างๆ ในการเข้าไปปฏิบัติงานแทนในส่วนของการเก็บวัตถุที่มีอันตรายและลดความเสี่ยงต่อชีวิตของเจ้าหน้าที่ โดยทำการทดลองและคิดค้น เพื่อให้เกิดประโยชน์และคุณภาพต่อสภาวะการในปัจจุบัน ซึ่งทีมผู้ศึกษาได้กระทำการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

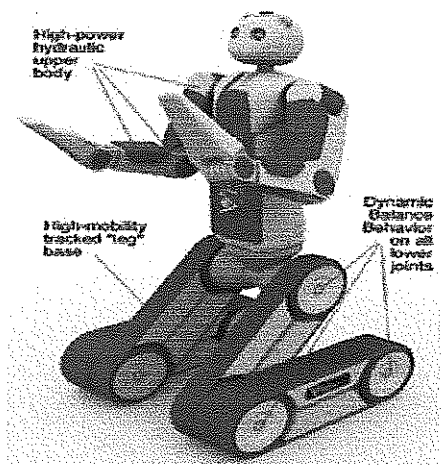


ภาพที่ 2.1 หุ่นยนต์กู้ภัยของมหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

นักศึกษา ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าภาคสมทบ ปี1 ร่วมกันเพื่อนคิดค้นหุ่นยนต์และส่งแข่งขัน ภายในชื่อทีม BIT-KOOF II ผ่านสนามจริงประลองฝีมือมาแล้วในงาน Thailand Rescue Robot Championship 2005 ที่ ม.มหิดล ศาลายา เมื่อเดือน พฤศจิกายน 48 ที่ผ่านมาซึ่งเป็นงานแข่งขันการประดิษฐ์หุ่นยนต์กู้ภัยในสถานการณ์จำลองอุบัติเหตุต่างเช่น อาทิ อัคคีภัย อุทกภัย ภัยจากแผ่นดินไหว หรือภัยอื่นๆ โดยหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมีความสามารถในการค้นหาผู้รอดชีวิตหรือผู้เสียชีวิต ที่ตกค้างอยู่ในซากปรักหักพังต่างๆ ซึ่งเป็นการแข่งขันที่ท้ายทายและมีประโยชน์ต่อสังคม และทีมชนะเลิศจะได้เป็นตัวแทนประเทศไทย เข้าร่วมการแข่งขัน World Robocop Rescue 2006 ที่ ประเทศเยอรมนี ประโยชน์ต่อสังคม

บริษัท เว็กนา ได้สร้างต้นแบบ มีชื่อรุ่นว่า "แบร์ โรบอท" ย่อมาจาก "Battlefield Extraction And Retrieval Robot : BEAR ROBOT" โดย บริษัท เว็กนา ซึ่งได้รับเงินสนับสนุนจากหน่วยงานวิจัยเทคโนโลยีชั้นสูงของกองทัพสหรัฐอเมริกากลไกของ "แบร์ โรบอท" แยกเป็น 3 ส่วน ส่วนลำตัวด้านบน ส่วนฐาน (ล้อ) และระบบรักษาความสมดุลขณะเคลื่อนที่ กองทัพสหรัฐตั้งเป้านำไปใช้เป็นหุ่นยนต์กู้ภัย ช่วยแบก-นำตัวทหารที่ได้รับบาดเจ็บออกจากสมรภูมินอกจากนั้น ยังใช้ทำหน้าที่ขนส่งเสบียง-ยุทโธปกรณ์หนักๆ เข้าสู่พื้นที่เสี่ยงเช่นกันส่วนในยามภาวะปกติ หุ่นยนต์รุ่นนี้ก็จะถูกควบคุมให้ออกไปปฏิบัติภารกิจเสี่ยงภัยต่างๆ แทนเจ้าหน้าที่เช่น สำรวจความเรียบร้อยของเตาปฏิกรณ์ปรมาณู กู้ภัยช่วยเหลือเหยื่อแผ่นดินไหวที่ติดอยู่ในซากปรักหักพัง และเข้าไปทำภารกิจในจุดที่มีสารพิษรั่วไหล เป็นต้นผลการทดสอบล่าสุด พบว่า "แบร์ โรบอท " สามารถอุ้มหุ่นจำลองของทหารและพาเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้นานต่อเนื่อง 50 นาทีเป็นความสำเร็จก้าวแรกที่กองทัพสหรัฐรู้สึกพอใจ และพร้อมให้เงินสนับสนุนจากวิจัยต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.2 แสดงหุ่นยนต์ แบร์ โรบอท โดย บริษัท เว็กนา

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตราย

สมจิตร ประไพศรี (2537:90-92) ได้กล่าวว่าการทำรถแบบหุ่นยนต์กู้ภัยมีการทำแบบใช้วิทยุควบคุมและสามารถทำงานได้สะดวก

รถแบบหุ่นยนต์กู้ภัยที่เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถใช้ในการเก็บวัตถุที่มีอันตราย โดยการนำพลังของมอเตอร์ในเครื่องจักร แทนกำลังคนในการเก็บกู้วัตถุที่มีอันตรายหรือการแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังกล วิธีการที่ทำนี้ไม่ต้องมีการเสี่ยงต่ออันตรายของเจ้าหน้าที่ในการเก็บกู้วัตถุต่างๆ

อนันท์ คัมภิรานนท์. (2540) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และได้กล่าวถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง คือ ทรานซิสเตอร์ ซึ่งเมื่อทรานซิสเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นอันมีจุดประสงค์เกี่ยวกับการควบคุมกำลังงานต่ำ และทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ซึ่งแต่ก่อนจะใช้หลอดจุดสุญญากาศที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่นเก่าที่มีอุปกรณ์ขนาดใหญ่ และ ใช้กำลังสูงมาก แต่ในปัจจุบันมีการมีการใช้งานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความต้องการอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและกำลังงานต่ำลง ดังนั้นจึงได้มีการประดิษฐ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่ประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน และอื่นๆ เป็นจำนวนหลายร้อยหลายพันตัว บรรจุลงแผ่นชิป (Chip) ที่เป็นชิ้นสารกึ่งตัวนำขนาดเล็กมาก ๆ เราเรียกอุปกรณ์ชนิดนี้ว่า วงจรรวม หรือ ไอ. ซี. (I.C.) ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กลงอย่างไม่น่าเชื่อ

ภายใน ไอ. ซี. อาจจะบรรจุทรานซิสเตอร์บางชนิด เช่น ซีมอส (CMOS) เฟต (FET) หรือ บีเจที (BJT) และ ไดโอดบางตัวลงไปในวงจรกระทำเดี่ยว (Single Circuit Active) ถ้า ไอ. ซี. มีอุปกรณ์ไวงานน้อยกว่า 100,000 หน่วยจะเรียกว่าไอ.ซี. มาตราส่วนมาก (Large - Scale I.C.) หรือ LST และ ถ้าอุปกรณ์ ไอ. ซี. มีอุปกรณ์ไวมากกว่า 100,000 หน่วย จะเรียกว่า ไอ. ซี. มาตราส่วนมากที่สุด (Very Large - Scale I.C) หรือ VLSI ไอ. ซี. โดยมากจะมีขาต่อใช้งานตั้งแต่ 4 ขา ถึง 40 ขา หรือมากกว่า

ไอ. ซี. จะมีขาต่อใช้งานที่เป็นเต้าเสียบเพื่อใช้ในการบัดกรีเข้ากับวงจรพิมพ์ (Printed Circuit) โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. แบบยึดติดกับผิวหน้าวงจรพิมพ์ หรือที่เรียกว่า เซอร์เฟซเมาส์ (Surface Mount or Smtechnology : SMT) ซึ่งขาแบบ SMT มีระยะห่างของวงจรพิมพ์ที่ถูกแยกเพียง 0.05 นิ้ว

2. แบบขาตีนตะขาบ หรือที่เรียกว่า ดิบ (Dual In-Line-Pin : DIP)

และการใช้งานของ ไอ. ซี. บางครั้งอาจจะต้องมีการต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ เช่น ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและหม้อแปลง โดยตัวอย่างวงจรใช้งานต่างๆ ของ ไอ. ซี. เช่น วงจรขยายสัญญาณเสียง เครื่องรับวิทยุ เครื่องวัดอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องคำนวณ หรืออื่นๆ ซึ่งจะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กลงอย่างมากเมื่อเทียบกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่นเก่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ชนิดของ ไอ. ซี. ที่ถูกใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ไอ. ซี. แอนะลอก (Analog I.C.)

2. ไอ. ซี. ดิจิตอล (Digital I.C.)

อดิศักดิ์ ชิณวงศ์. (2544) ได้ศึกษาเกี่ยวกับหน่วยความโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล และรีจิสเตอร์ เฉพาะจากการทดลองเขียนซอร์สโปรแกรมการส่งข้อมูลแบบใหม่ และแบบ Look up Table ได้กล่าวถึงเกี่ยวกับ การจัดหน่วยความจำของ MCS-51 ว่าในการจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะจัดแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือ Code หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะเป็นตัวที่เก็บชุดคำสั่งต่างๆ และข้อมูลที่โปรแกรมจะต้องใช้งาน หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT 89C 1051, AT 89C 2051, AT 89C 4051 มีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 1, 2, 3 kb ตามลำดับ

2. หน่วยความจำเก็บข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำข้อมูลจะทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ ในขณะที่โปรแกรมทำงานและทำหน้าที่บางส่วน หน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT 89C 1051 มีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 64 ไบต์ ส่วน AT 89C 2051 และ AT 89C 4051 มีหน่วยความจำที่เก็บข้อได้จำนวน 128 ไบต์ และหน่วยความจำ 128 ไบต์แรกเป็นหน่วยความจำที่ใช้ทั่วไปอยู่ที่ตำแหน่ง OOH-7FH หน่วยความจำในตำแหน่ง 8OH-7FH จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ

3. รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Regis for หรือ SFR) ได้แก่ ACC (Accumulatsor), DTPT (Data pointer), (Po-Ps (Port – Ports) และ PSW (Program Status Word)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลือชัย โพธิ์วิชัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง กล่าวถึงการหมุนกลับทิศทางของมอเตอร์สามเฟสไว้ว่า วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์โดยตรง (Direct reversing) วิธีการกลับทางหมุนมอเตอร์สามเฟสทำได้โดยการสลับสายเมนคู่ใดคู่หนึ่งที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไว้เหมือนเดิม ลักษณะการกลับทางหมุนแบบกลับทางหมุนโดยตรง หมายถึง วงจรสามารถทำการกลับทางหมุนมอเตอร์ได้ทันทีตลอดเวลาที่มอเตอร์ทำการหมุนอยู่ โดยการกดสวิตช์ S2 หรือ S3 และเมื่อต้องการหยุดมอเตอร์ก็สามารถทำได้โดยการกดสวิตช์ S1 (OFF)

ลักษณะการทำงานของวงจร

1) คอนแทกเตอร์ K1 ทำหน้าที่ต่อให้มอเตอร์หมุนขวา และคอนแทกเตอร์ K2 ทำหน้าที่ต่อให้มอเตอร์หมุนซ้าย

2) เริ่มเดินมอเตอร์ให้หมุนซ้ายหรือขวาก่อนก็ได้โดยการกดสวิตช์ S2 หรือ S3 และสามารถทำการกลับทางหมุนได้ตลอดเวลาโดยไม่จำเป็นต้องทำให้มอเตอร์หยุดหมุนก่อน

3) เมื่อต้องการหยุดมอเตอร์ให้ทำการกดปุ่มสวิตช์ S1

4) ถ้ากดสวิตช์ปุ่มกด S2 และ S3 พร้อมกันจะไม่มีคอนแทกเตอร์ตัวใดทำงาน และคอนแทกเตอร์ K1และ K2 ไม่สามารถทำงานพร้อมกันได้ เนื่องจากมี interlock contact K1 และ K2 ต่อไว้ก่อนเข้าคอล์ยแม่เหล็กของ K1 และ K2 เพื่อเป็นการป้องกันการลัดวงจร

5) เมื่อเกิดการโอเวอร์โหลดขึ้น โอเวอร์โหลดรีเลย์ F3 แบบมีรีเซ็ทด้วยมือ จะทำหน้าที่ตัดวงจรควบคุมออกไป

2.5 ทฤษฎีการควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตราย

อุปกรณ์สำหรับขับเคลื่อนตัวรถหุ่นยนต์นั้น นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมาก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่าการที่จะทำให้ตัวรถหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายขับเคลื่อนไปในทิศทางต่างๆ ได้นั้น จะต้องอาศัยขับเคลื่อนพาไป สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนตัวรถหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายนั้น จะอาศัยมอเตอร์ แบบ DCมอเตอร์ เป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งการที่รถจะสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ได้นั้น ก็จะขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของ DC มอเตอร์เป็นหลักด้วย

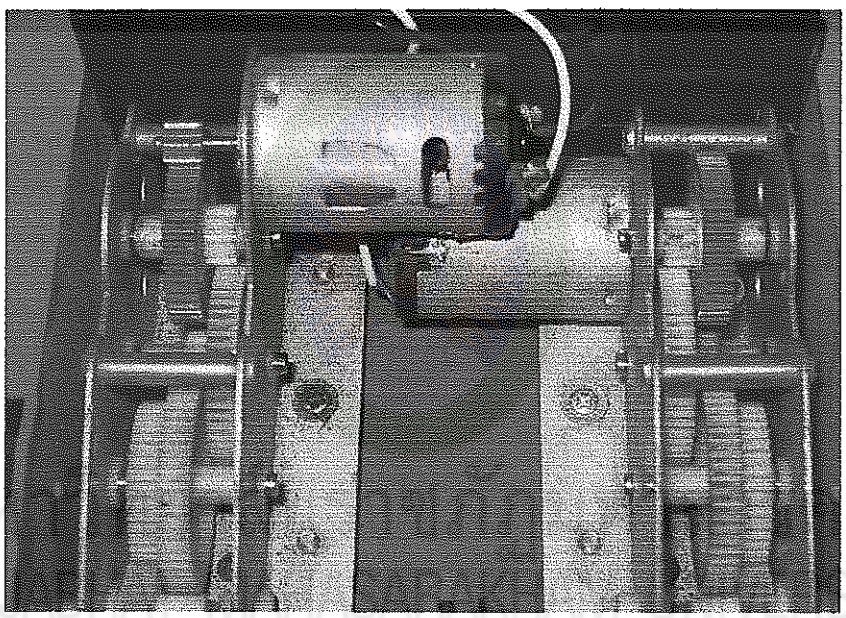
ภาพที่ 2.3 แสดง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

สำหรับ DC มอเตอร์ที่เรานำมาใช้ในการขับเคลื่อนล้อเพื่อนำพาตัวรถให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ ได้นั้น จะต้องทำการ ดัดแปลงหรือ modify ให้สมารถหมุนได้รอบตัวเอง 360 องศาเสียก่อน โดย DC มอเตอร์ที่ได้จัดให้ในชุด รถหุนยนต์นั้น ได้ผ่านการปรับแต่งการทำงานของ

มอเตอร์ให้สามารถหมุนเป็นวงรอบ (360) ได้เป็นที่เรียบร้อยแล้วโดยวิธีในการควบคุมให้มอเตอร์ซึ่งทำการ ดัดแปลงแล้วให้หมุนไปในทิศทางต่างๆ

2.6 การควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตราย

เราได้ศึกษาถึงวิธีการควบคุมการทำงานของ DC มอเตอร์ ในการบังคับล้อให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา หรือหยุดหมุน กันมาแล้ว ซึ่งลำดับต่อไปนี้เราจะมาทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวรถหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเดินหน้า ถอยหลังเลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา ส่วนภาพที่ 2.2 จะแสดงให้เห็นภาพ DC มอเตอร์ ติดตั้งร่วมกับชุดเฟืองทดกำลังของชุดขับเคลื่อน

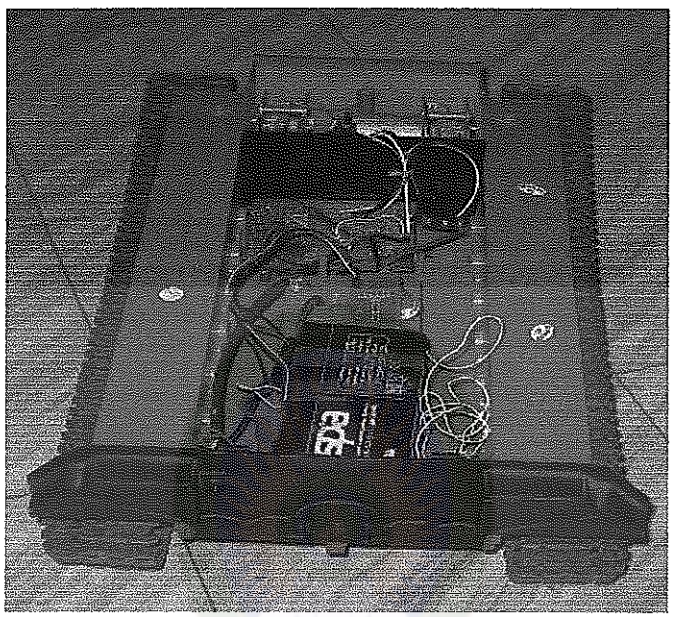


ภาพที่ 2.4 แสดงการติดตั้งมอเตอร์กระแสตรง
กับชุดเฟืองทดกำลังของชุดขับเคลื่อนล้อ

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่า ลักษณะการติดตั้ง DC มอเตอร์เข้ากับรถหุ่นยนต์นั้นจะ สังค์เกตเห็นได้ว่า ตัวมอเตอร์จะถูกจัดวางอยู่ในทิศทางที่ตรงกับข้าม ดังนั้นในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันนั้นตัวมอเตอร์ที่อยู่ทางด้านซ้ายและขวาจะต้องทำงานในทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน โดยมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ที่ทางด้านขวาจะใช้วิธีการควบคุมแบบปกติ ส่วนมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ด้านซ้ายจะใช้วิธีการควบคุมแบบกลับทางหรือตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่

2.6.1 การบังคับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า

สำหรับวิธีการควบคุมให้การบังคับให้รถหุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า สามารถจะกระทำได้โดยการบังคับให้ล้อทางด้านซ้ายและขวาหมุนไปในทิศทางข้างหน้า หรือหมุนตามเข็มนาฬิกาทั้งสองข้าง ซึ่งจะทำให้รถเกิดการเคลื่อนที่ข้างหน้า

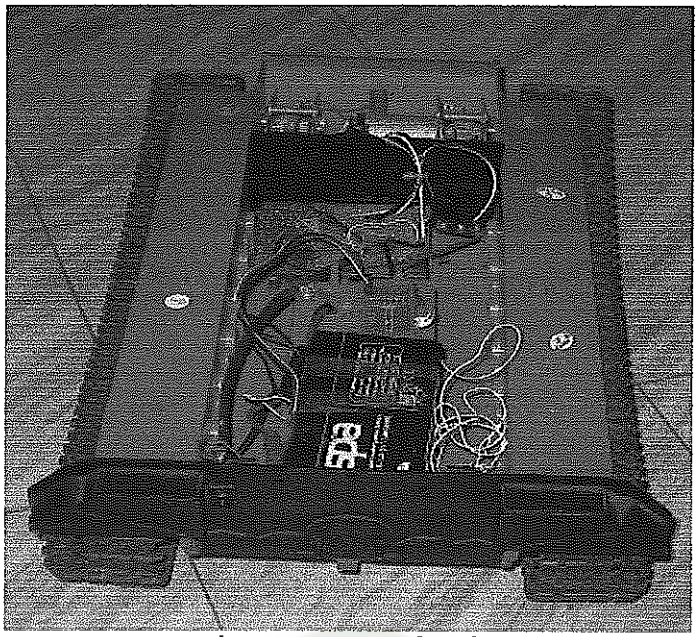


ภาพที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.6.2 การบังคับให้รถหุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลัง

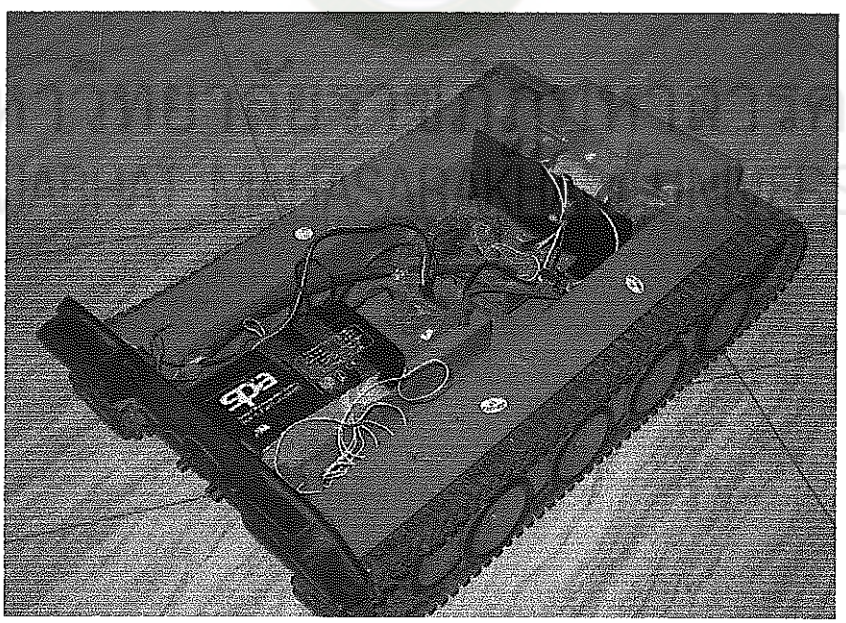
สำหรับวิธีการควบคุมให้การบังคับให้รถหุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังนั้นจะมีวิธีการตรงกันข้ามกับการเคลื่อนไปข้างหน้า ซึ่งก็คือการกลับทิศทางของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้การเคลื่อนที่ไปข้างหน้านั่นเอง ซึ่งสามารถทำได้โดยการบังคับให้มอเตอร์ที่ใช้ควบคุมมีการหมุนของล้อซ้ายหมุนแบบตามเข็มนาฬิกาหรือเดินหน้า (ส่งPulse ความกว้าง 2ms) ส่วนมอเตอร์ที่ใช้หมุนของล้อขวาก็ต้องบังคับให้หมุนแบบทวนเข็มนาฬิกาหรือถอยหลัง (ส่งpulse ความกว้าง 2ms)



ภาพที่ 2.6 แสดงการเคลื่อนที่ถอยหลัง

2.6.3 การบังคับให้รถหุ่นยนต์เลี้ยวขวา

สำหรับวิธีการบังคับเลี้ยวแบบนี้ สามารถจะกระทำได้โดยการบังคับให้ล้อทางด้านซ้ายและขวาหมุนไปในทิศทางที่ตรงกันข้าม กล่าวคือล้อทางด้านซ้ายจะถูกบังคับให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วนล้อทางด้านขวาจะถูกบังคับให้หมุนตามเข็มนาฬิกา



ภาพที่ 2.7 แสดงการเคลื่อนที่เลี้ยวขวา

2.6.4 การบังคับให้รถหุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

สำหรับวิธีการบังคับเลี้ยวแบบนี้ สามารถกระทำได้โดยการควบคุมให้ล้อทางด้านซ้ายและขวาหมุนไปในทิศทางที่ตรงกันข้าม กล่าวคือ ล้อทางด้านขวาจะถูกบังคับถอยหลัง ส่วนทางล้อด้านซ้ายจะถูกบังคับให้เดินไปด้านหน้า

ภาพที่ 2.8 แสดงการเคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย

2.7 ทฤษฎีการทำงานของชุดแขนกล

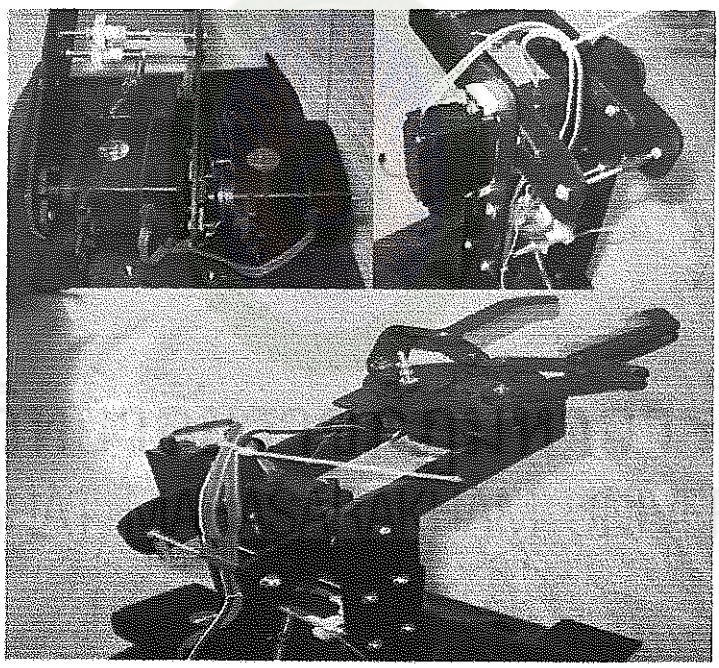
ในการทดลองการหมุนรอบตัวเองของชุดแขนกลของหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตราย โดยเริ่มต้น หุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตราย จะรอรับคำสั่งจากคันโยกของสวิตช์ที่ติดอยู่กับชุดเครื่องส่งสัญญาณ (ตัวคันโยกของสวิตช์ที่อยู่ด้านซ้ายมือของผู้บังคับเครื่องส่งสัญญาณ) โดยที่แผงวงจรของชุดรับสัญญาณจะรอรับคำสั่งจากชุดส่งสัญญาณอีกต่อหนึ่ง จากนั้นเมื่อคำสั่งมาถึงชุดรับสัญญาณในรูปของคลื่นความถี่ ชุดรับสัญญาณจะทำตามคำสั่งจากเครื่องส่งสัญญาณ หรือวิทยุควบคุม โดยจะป้อนแรงดันไฟฟ้าไปยังชุดเซอร์โวมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับชิ้นส่วนของชุดแขนกลทำให้ชุดแขนกลทำงานดังต่อไปนี้

ในการทดลองการหมุนรอบตัวไปทางด้านซ้ายจะกระทำได้ โดยโยกคันสวิตช์ไปด้านซ้ายจะทำให้ฐานของชุดแขนกลหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายและชุดแขนสามารถหมุนได้ 180 องศา ของแต่ละด้านที่ต้องหมุนนับจากด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์

ในการทดลองการหมุนรอบไปทางด้านขวาจะกระทำได้ โดยโยกคันสวิตช์ไปด้านขวาจะทำให้ฐานของชุดแขนกลหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางด้านขวาของตัวหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตราย และชุดแขนสามารถหมุนได้ 180 องศา เหมือนกับการหมุนไปทางซ้าย

ในการทดสอบการทำงานชุดแขนกล เมื่อหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายได้รับคำสั่งจากวิทยุควบคุมของชุดแขนกลจากผู้ควบคุม หุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายจะมีการตอบสนองต่อคำสั่งดังนี้ คือ เมื่อมีการโยกสวิตช์ที่อยู่ด้านขวามือ โดยโยกไปข้างหน้าและโยกถอยหลัง จะทำให้ชิ้นส่วนท่อนล่างของชุดแขนกลมีการเคลื่อนที่ในลักษณะ ขึ้น – ลง ในแนวดิ่ง และ เมื่อโยกสวิตช์ที่อยู่ด้านขวามือ โดยโยกไปด้านซ้ายและขวา จะทำให้ชิ้นส่วนท่อนบนของชุดแขนกลมีการเคลื่อนที่ในลักษณะ ขึ้น – ลง และพับขึ้น พับลง ในแนวดิ่ง

เมื่อมีการบังคับให้ชุดแขนกล ทำงานในลักษณะการยกชุดแขนขึ้น - ลง โดยการโยกคันสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง S1, S2, S3 และ S4 ตัวหุ่นยนต์เก็บกู้วัตถุอันตรายจะมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อคำสั่งในทันที โดยชุดแขนกลจะมีการขยับ หรือโยก ขึ้น - ลงไปมาในแนวดิ่ง ตามคำสั่งของผู้ควบคุม



ภาพที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของชุดแขนกล