

การพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อเข้าแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์โลจิสติกส์
อุตสาหกรรม ปี 2556

นายอานนท์ ภักดีนันท์
นายนทีพัฒน์ อัครธนาอภินันท์
นายจรรยารัตน์ มาตย์ชรา
นางสาววันเพ็ญ หอมประสิทธิ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อเข้าแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์โลจิสติกส์อุตสาหกรรม 2556 เป็นงานวิจัยเชิงทดลองมีจุดมุ่งหมายเพื่อ พัฒนาชุดแขนจับหุ่นยนต์ และสร้างหุ่นยนต์อัตโนมัติ เพื่อเข้าแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์โลจิสติกส์อุตสาหกรรม มีการพัฒนาแบ่งออกมาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ จะถูกสั่งงานโดยผู้บังคับเพื่อให้ปฏิบัติการหยิบจับกล่องจำนวน 2 ใบ ไปวาง ณ ตำแหน่งเป้าหมาย หลังจากนั้น ส่วนที่ 2 หุ่นยนต์อัตโนมัติ จะทำการเคลื่อนที่ไปหยิบจับชิ้นงานรูปทรงกระบอกจำนวน 1 ชิ้นไปวาง ณ ตำแหน่งเป้าหมายเดิม เมื่อปฏิบัติการเสร็จสิ้นทั้งสองภารกิจถือว่าจบเกม จากการทดลองทำการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ส่วนเป็นจำนวน 10 ครั้ง ใช้เวลาครั้งละไม่เกิน 5 นาที ผลปรากฏว่า หุ่นยนต์บังคับด้วยมือ สามารถปฏิบัติการกิจได้สำเร็จ 100 % แต่หุ่นยนต์อัตโนมัติปฏิบัติการกิจได้เพียง 50 % เนื่องจากหยิบจับชิ้นงานได้ แต่ไม่สามารถนำไปวาง ณ ตำแหน่งเป้าหมาย

1. บทนำ

ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมต่างๆ มีการแข่งขันรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ กลยุทธ์หนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการแข่งขันได้ในตลาดโลก คือ อาศัยความสามารถเชิงเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมเพื่อสนับสนุน โดยเฉพาะด้านการออกแบบ และจัดสร้างระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ ซึ่งพบว่าความก้าวหน้าในการพัฒนาหุ่นยนต์นั้นได้เข้ามามีบทบาททั้งในชีวิตประจำวัน และงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน และนับว่ามีการเจริญเติบโตสูง หุ่นยนต์ได้ถูกนำมาทดแทนแรงงานคนทั้งในด้านของการเพิ่มผลผลิต และการลดอัตราการเสียชีวิตในงานที่มีอันตรายสูง

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงได้จัดทำวิจัยเรื่องการพัฒนาการทำงานของแขนกลและหุ่นยนต์โลจิสติกส์อุตสาหกรรมเพื่อเข้าร่วมแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์โลจิสติกส์อุตสาหกรรม

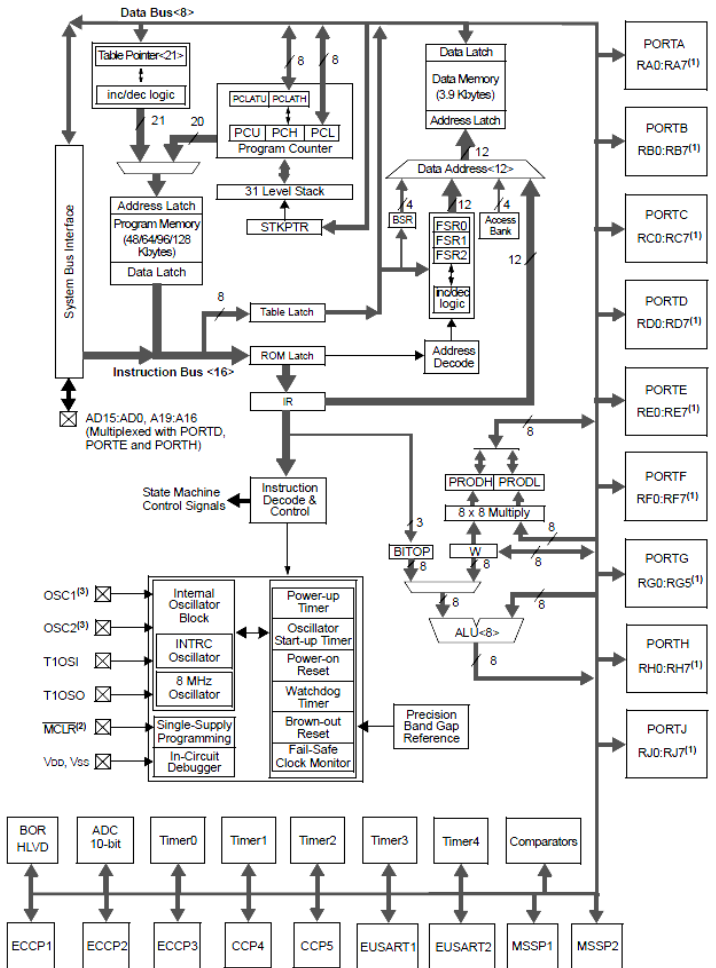
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การทำวิจัยเรื่องการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อเข้าแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์โลจิสติกส์อุตสาหกรรมผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎีและหลักการต่างๆจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 18F8722 กับคอมไพเลอร์ CCS C สำหรับแปลภาษาโดยใช้

ภาษาซี โดยได้มาจากการเรียนวิชาการประยุกต์ใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์และการใช้เครื่อง ET-PGM PIC USB V1.0 PLUS กับโปรแกรม PICKit 2 v2.10 ที่ช่วยในการลงโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของบอร์ด

ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 หลักการสื่อสารไร้สายผ่านเครือข่าย

ความหมายของการสื่อสารผ่านเครือข่ายไร้สาย อุปกรณ์ไร้สาย (Wireless) คืออุปกรณ์สื่อสารหรือเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการส่งภาพ เสียง และข้อมูลจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งโดยไม่ใช้สายไฟ แต่จะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ ในการส่งสัญญาณ คือใช้คลื่นวิทยุกับคลื่นแสงที่มีช่วงคลื่นต่ำกว่าสีแดงอินฟราเรด (Infrared) เป็นตัวกลางในการสื่อสาร คำว่า Wireless เป็นคำภาษาอังกฤษที่แปลว่า ไร้สาย ส่วน LAN มาจากคำว่า Local Area Network คือระบบเครือข่ายในระยะทางใกล้ ๆ ดังนั้น การสื่อสารผ่านเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) หมายถึง การติดต่อสื่อสารในระยะทางใกล้ ๆ โดยไม่ใช้สายหรือที่เรียกว่าระบบเครือข่ายไร้สาย

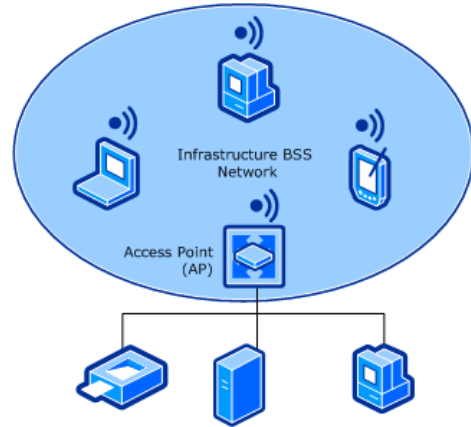
การเชื่อมต่อของเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) มี 2 ลักษณะ ดังนี้

- การเชื่อมโยงแบบ ad-Hoc Mode แสดงดังรูปที่ 2.3

- การเชื่อมโยงแบบ infrastructure Mode ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 แสดงการเชื่อมโยงระบบแบบ ad-Hoc Mode



รูปที่ 2.4 การเชื่อมโยงระบบแบบ infrastructure Mode

2.3 มอสเฟต



รูปที่ 2.5 มอสเฟต

มอสเฟต (MOSFET) metal – oxide – semiconductor field-effect transistor: เป็นทรานซิสเตอร์ที่ใช้อิทธิพลสนามไฟฟ้าในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้ออกไซด์ของโลหะในการทำส่วน GATE นิยมใช้ในวงจรดิจิทัล โดยนำไปสร้างลอจิกเกตต่างๆ เพราะมีขนาดเล็ก โครงสร้างของมอสเฟตประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

- GATE เป็นส่วนที่ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมระหว่างแผ่นสองแผ่นเพื่อควบคุมการเข้าออกของสัญญาณไฟฟ้า

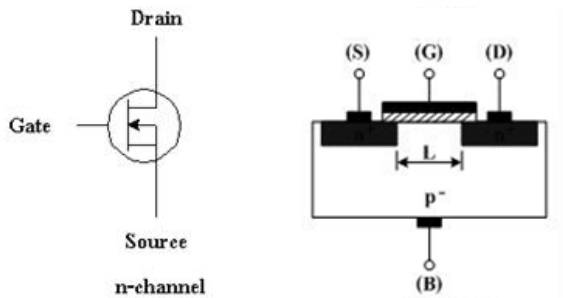
- SOURCE เป็นส่วนขาเข้าของสัญญาณ

- DRAIN เป็นส่วนขาออกของสัญญาณ

มอสเฟตแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

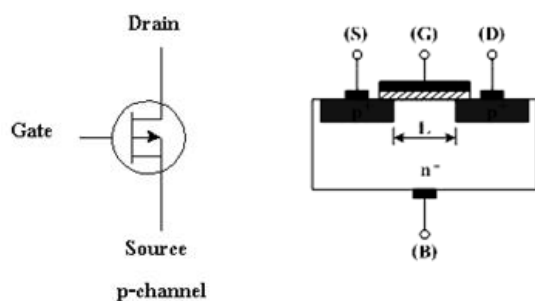
- ชนิด N-Channel

- ชนิด P-Channel



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะภายในมอสเฟตชนิด

N-Channel

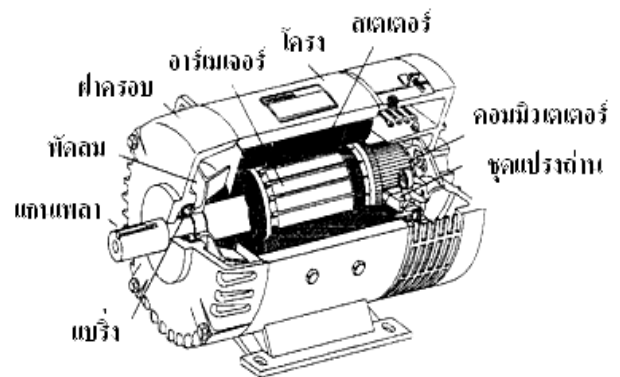


รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะภายในมอสเฟตชนิด

P-Channel

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

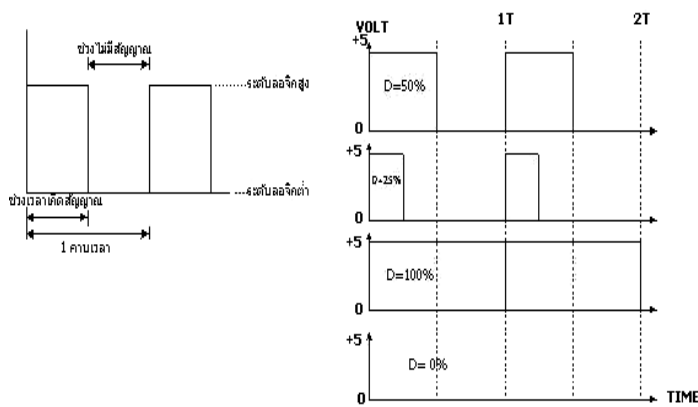
มอเตอร์ คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เท่านั้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะใช้งานในด้านการขับเคลื่อนในแบบต่าง ๆ ที่มีอัตราเร็วไม่สูงมากนัก เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีแรงบิดเริ่มต้นที่สูง (Starting torque) สามารถควบคุมความเร็วได้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนมากจึงจำไม่เหมาะที่จะใช้งานที่มีอัตราเร็วสูงมาก



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.5 ทฤษฎีการเปลี่ยนความกว้างของพัลส์

ในการควบคุมมอเตอร์ และความเร็ว โดยใช้ PWM ควบคุมจะทำให้เกิด Power loss ต่ำ ซึ่งเป็นผลดี โดยการสร้างสัญญาณพัลส์โดยใช้โมดูล PWM ช่วยประหยัดเวลาการประมวลผลมากกว่าการวนรอ เพราะทำให้หน่วยประมวลผลว่างและพร้อมจะทำงานอื่นได้ทันที และการโมดูเลชัน (Modulation) ที่ความกว้างของพัลส์จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ ในการสร้างสัญญาณ PWM นี้ อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ให้ อัตราส่วนของแรงดันกับความถี่มีค่าคงที่ ซึ่งจะนำมาใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยที่ความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนที่ค่า ดิวตี้ไซเคิล



(Duty cycle)

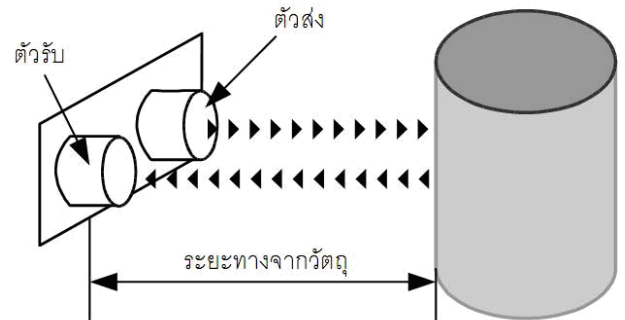
ดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด

รูปที่ 2.17 ดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) ของ สัญญาณ

2.6 อุลตราโซนิก (Ultrasonic)

คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่กรณีที่อายุไม่มาก อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอุลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

อุลตราโซนิกเช่นเซอร์หน้าที่และการทำงาน รูปแบบต่างๆ ของอุลตราโซนิกเช่นเซอร์ประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอุลตราโซนิก ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผล และชุดเอาต์พุต



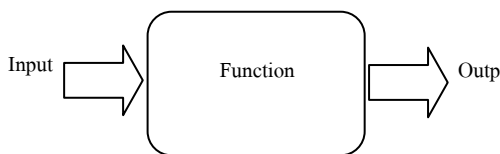
รูปที่ 2.22 หลักการทำงานของอุลตราโซนิก

2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา C

ลักษณะเด่นนี้ถือเป็นจุดเด่นของภาษา C เลยทีเดียว กล่าวคือ ภาษา C สามารถโปรแกรมหรือรันอยู่บนคอมพิวเตอร์ได้หลายระดับ ตั้งแต่เมนเฟรมคอมพิวเตอร์ จนถึงไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งเมื่อเทียบกับภาษาอื่นๆแล้วยากที่จะหาภาษาใดเปรียบเคียงได้เท่า ดังนั้น ซอร์สโค้ดภาษา C ที่เขียน

ในคอมพิวเตอร์ระดับหนึ่ง สามารถนำมาใช้งานบนคอมพิวเตอร์อีกระดับหนึ่งได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงชุดคำสั่งเลย หรืออาจต้องเปลี่ยนแปลงบางชุดคำสั่งเพียงเล็กน้อย อีกทั้งยังสามารถนำโปรแกรมภาษาCไปใช้งานบนระบบปฏิบัติการที่หลากหลายถึงแม้ว่าจะมีแพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน

ฟังก์ชัน (Function) คือชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นเพื่อนสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ที่อนุญาตให้สามารถรับข้อมูล (Input) ประมวลผล (Processes) และแสดงผลข้อมูล (Output) โดยฟังก์ชันที่ถูกเขียนขึ้นพร้อมใช้งาน และสามารถเรียกขึ้นมาใช้งานได้ทันที จะถูกจัดเก็บไว้ในไลบรารีมาตรฐาน (Standard Library) ในภาษา C จะมีฟังก์ชันพิเศษฟังก์ชันหนึ่งที่ต้องมีไว้ในโปรแกรมเสมอคือ ฟังก์ชัน main() ทั้งนี้ฟังก์ชันดังกล่าวจึงเป็นฟังก์ชันหลักที่นำมาเป็นจุดเริ่มต้นของโปรแกรมเพื่อสั่งให้ทำงาน โดยฟังก์ชันอื่นๆ จะถือเป็นรoutinesย่อย (Subroutines)



รูปที่ 2.28 ภาพแสดงการทำงานของฟังก์ชัน

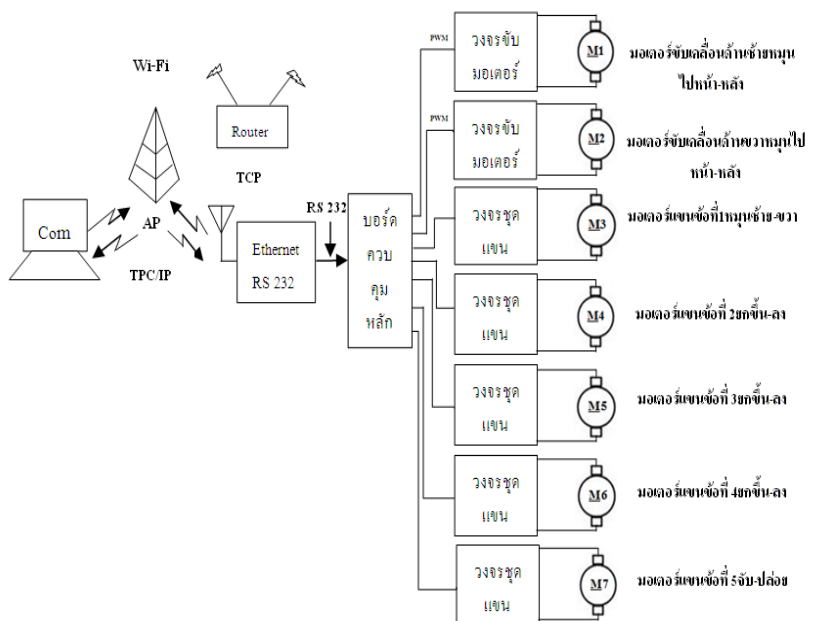
3. การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 ความต้องการของระบบ

โครงการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อเข้าแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์โลจิสติกส์อุตสาหกรรมนี้ เป็นโครงการที่สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาชุดขับของมอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และสามารถควบคุมความเร็วของหุ่นยนต์ได้ ควบคุมด้วยจอยสติค (Joystick) โดยผ่านคอมพิวเตอร์เป็นตัวส่งสัญญาณไร้สายไปยังตัวรับสัญญาณที่ตัวหุ่นยนต์ โดยสามารถควบคุมให้หุ่นยนต์เดินหน้าถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ได้ตามที่ต้องการและเป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่างๆหรือประยุกต์สร้างอุปกรณ์อื่นที่มีหลักการงานใกล้เคียงกันต่อไป

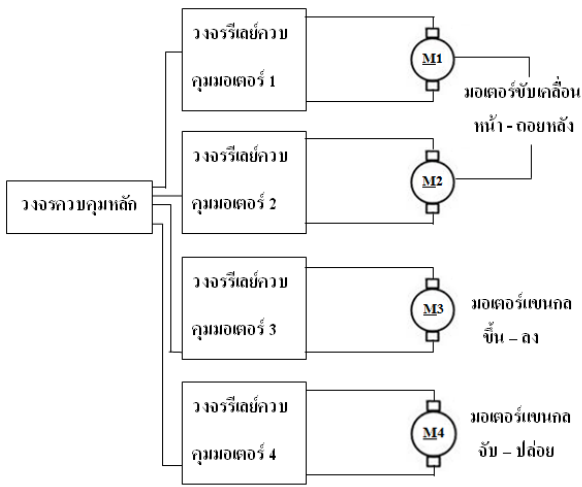
3.2 ส่วนประกอบของโครงการ

3.2.1 การออกแบบบล็อกไดอะแกรมสำหรับหุ่นควบคุมหลัก



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของหุ่นยนต์หลัก

3.2.2 การออกแบบบล็อกไดอะแกรม สำหรับหุ่นควบคุมอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ หุ่นยนต์อัตโนมัติ

3.3 การออกแบบส่วนวงจร

3.3.1 วงจรบอร์ดควบคุมมอเตอร์หุ่นยนต์หลัก

1) วงจรบอร์ดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน PWM

หลักการการทำงานโดยรวมบอร์ดควบคุมมอเตอร์คือ อร์รับค่าอินพุตจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการประมวลผล

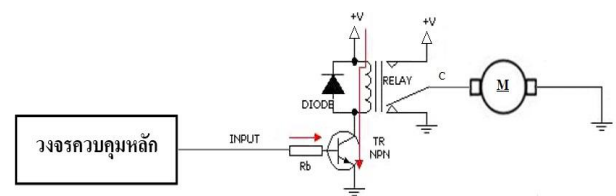


รูปที่ 3.3 บอร์ดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน PWM

2) วงจรบอร์ดควบคุมมอเตอร์ชุดแขนการทำงานของบอร์ดควบคุมมอเตอร์ชุดแขน จะสั่งการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา RG และ RD และใช้การบังคับทิศทางแขนของหุ่นยนต์ จะใช้ตามความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยเฉลี่ยจากน้ำหนักและระยะทาง จากนั้นส่งค่าเอาต์พุตไปยังมอเตอร์เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงาน

3.3.2 วงจรบอร์ดควบคุมมอเตอร์หุ่นยนต์อัตโนมัติ

1) วงจรควบคุมมอเตอร์หุ่นยนต์อัตโนมัติ



รูปที่ 3.6 วงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์

3.4 การออกแบบส่วนของโปรแกรมควบคุม

การออกแบบการทำงานส่วนของหุ่นยนต์หลัก

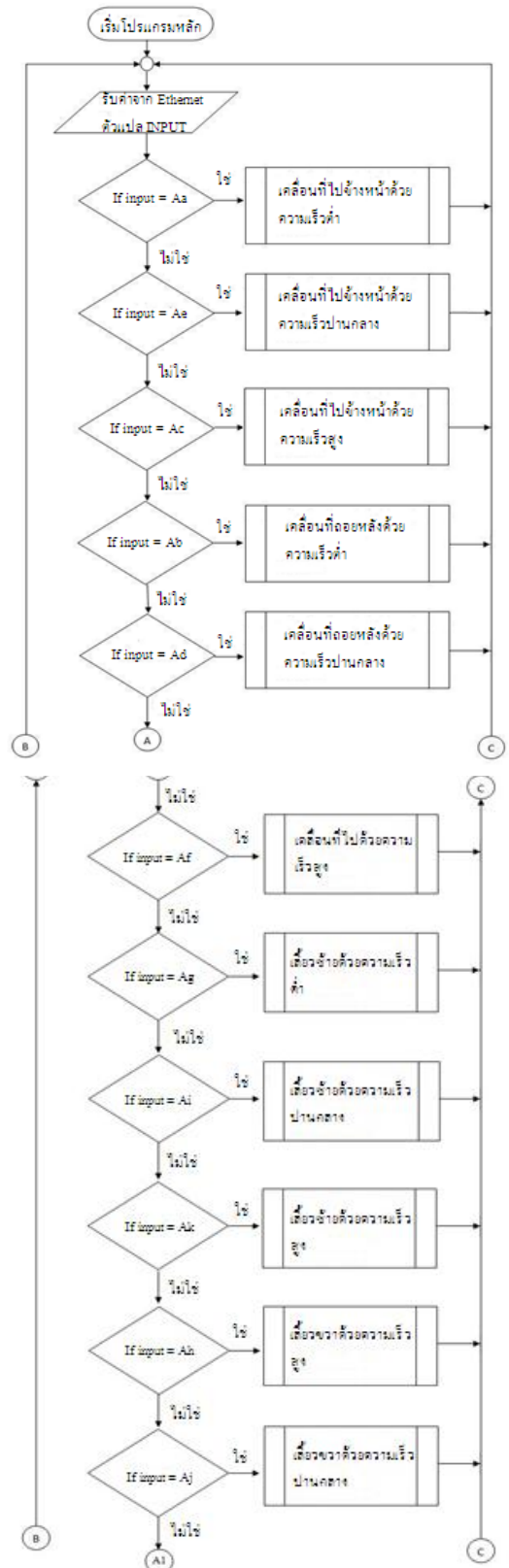
โปรแกรมที่จะนำมาใช้สร้างงานประกอบทั้งหมดที่ใช้ในการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ได้เลือกใช้โปรแกรม Visual C++ ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการรับ - ส่งสัญญาณควบคุมแบบไร้สายของหุ่นยนต์กู้ภัยและ

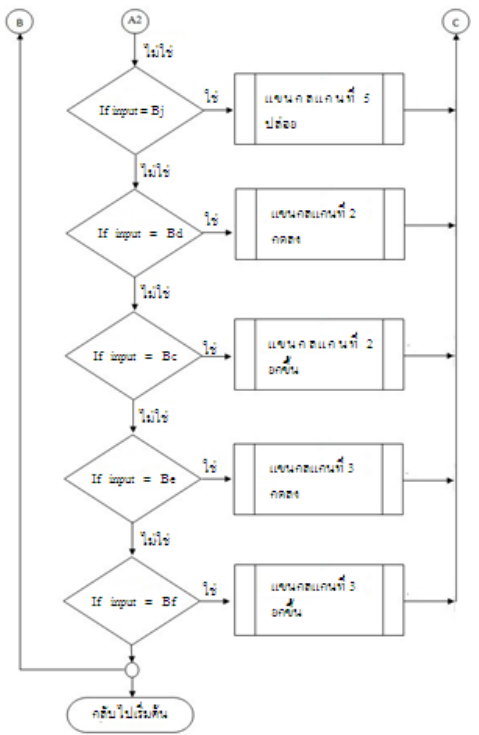
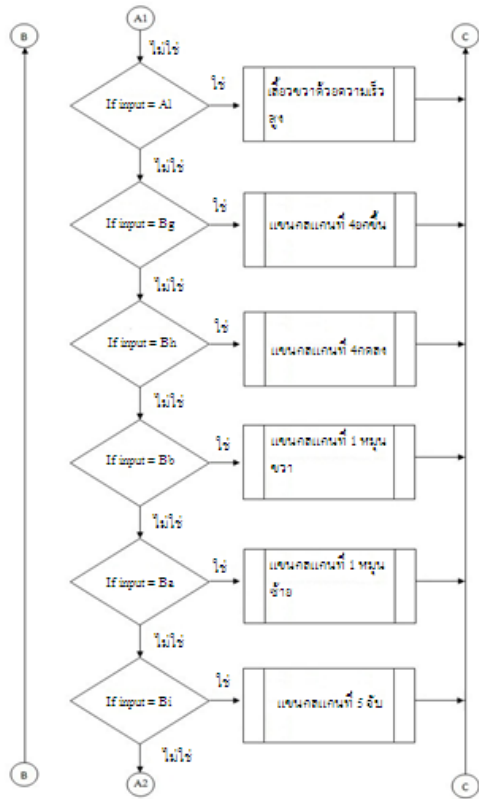
การแสดงผล โดยโปรแกรมนั้นเป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อรับรองการทำงานดังกล่าว สัญญาณข้อมูลที่รับมาจากหุ่นยนต์นั้น จะประกอบไปด้วย สัญญาณภาพ สัญญาณเหล่านี้จะถูกนำมาแสดงผลบนโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งการควบคุมการรับ – ส่งสัญญาณจะถูกควบคุมด้วยจอยสติค

ส่วนหลักการเกี่ยวกับการสื่อสารในการรับ – ส่งสัญญาณควบคุมไร้สายผ่านเครือข่าย Wireless LAN ที่ความถี่ 2.4 GHz โดยใช้เครื่องกระจายสัญญาณไวเลส (Access Point) สื่อสารผ่านโปรโตคอล TCP/IP ในการใช้ Visual C++ เขียนโปรแกรมควบคุมผ่าน Network โดยจะเขียนโปรแกรมบนระบบ Windows ให้สามารถสื่อสารบนเครือข่ายได้

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการรับ-ส่งสัญญาณควบคุมไร้สายของหุ่นยนต์ประกอบไปด้วย หน้าต่างควบคุมและแสดงผลหลัก (Control) ซึ่งแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยหน้าต่างนี้ใช้โปรแกรม Visual C++ ในการเขียนโปรแกรมสร้างหน้าต่าง โดยติดต่อสื่อสารกันด้วยเครื่องกระจายสัญญาณไร้สาย (Wireless Access Point) เครือข่ายไร้สาย

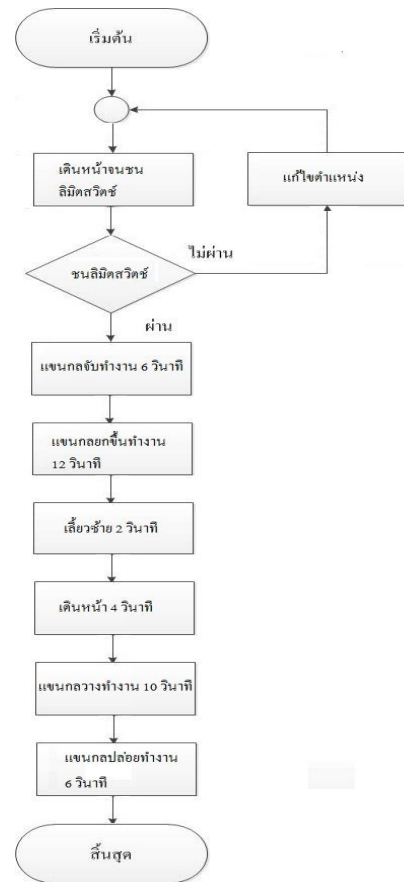
1) ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม หุ่นยนต์หลัก





รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

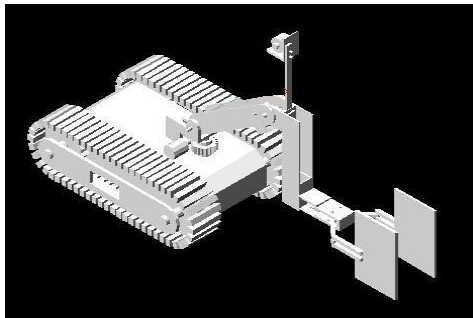
2) ฟังก์ชันการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติเป็นการทำงานแบบรอบเดี่ยวนอกจากจุดเริ่มต้นไปหยิบวัตถุออกจากแท่นวาง จากนั้นทำวัตถุไปวางไว้อีกแท่นวางให้เป็นผลสำเร็จ การแข่งขันในส่วนของหุ่นยนต์อัตโนมัติเป็นระยะทางที่สั้นกว่าหุ่นยนต์หลัก การออกแบบจึงมีเพียงการทำงานเพียงแค่ออบเดี่ยวนับไม่มีความซับซ้อนในการทำงานมากนัก ซึ่งถ้าเกิดการรีโทรัก็ก็สามารถเริ่มต้นการทำงานใหม่ได้อย่างไม่มีปัญหามากนัก แต่มีข้อเสียเรื่องการเชื่อมต่อจุดเริ่มต้นต้องทำการเชื่อมต่อเรื่องแขนหนีบจับ เพราะการทำงานของโปรแกรมไม่มีการเชื่อมต่อกลับไปค่าเริ่มต้น ฉะนั้นจึงเสียเวลาในการขอรืโทรัในส่วนของการเชื่อมต่อเริ่มต้นของหุ่นยนต์อัตโนมัติ



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมอัตโนมัติ

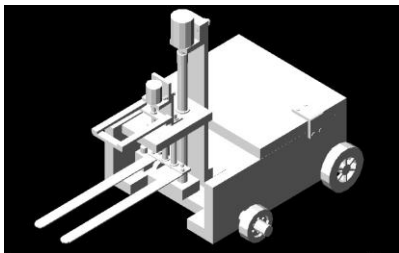
3.5 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์

3.5.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์หลัก



รูปที่ 3.19 โครงสร้างแบบจำลองของหุ่นยนต์หลัก

3.5.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์อัตโนมัติ



รูปที่ 3.21 โครงสร้างแบบจำลองของหุ่นยนต์อัตโนมัติ

4. สรุปผลการทดลอง

โครงการเรื่องการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อเข้าแข่งขันในโครงการประกวดแข่งขันหุ่นยนต์ โลกิสตีกส์อุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2556 มีการพัฒนาแบ่งออกมาเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง หุ่นยนต์บังคับด้วยมือและส่วนที่สอง หุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยหุ่นยนต์บังคับด้วยมือจะถูกสั่งงานโดยผู้บังคับการเพื่อไปทำตามภารกิจที่กำหนดไว้

ดังต่อไปนี้ คือ ทำการบังคับหุ่นยนต์ให้ไปหยิบกล่องจำนวน 2 กล่อง ไปวาง ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ เมื่อหุ่นยนต์บังคับด้วยมือทำภารกิจเสร็จแล้ว จากนั้นหุ่นยนต์อัตโนมัติจะทำการวิ่งไปหยิบของเพื่อนำไปวาง ณ ตำแหน่ง ที่หุ่นยนต์บังคับด้วยมือได้นำของมาวางไว้ก่อนหน้าแล้ว โดยไม่อาศัยผู้ควบคุมบังคับการ เมื่อทำการเสร็จสิ้นทั้งสองภารกิจถือว่าจบเกม

การทดลองในโครงการชิ้นนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของหุ่นยนต์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หุ่นยนต์บังคับด้วยมือและหุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยหุ่นยนต์บังคับด้วยมือจะทำการทดสอบ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย – เลี้ยวขวา จับ – ปล่อย และทดสอบการทำงานตามกติกา คือ เคลื่อนที่ตามเส้นทางและปฏิบัติภารกิจ โดยการเคลื่อนที่ไปหยิบกล่องจำนวน 2 ชิ้น ไปวาง ณ ตำแหน่งที่กำหนดจนเสร็จสิ้น แล้วบันทึกผล จากนั้นทำการทดสอบหุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยกำหนดค่าเริ่มต้นและทำงานต่อเนื่องจนเสร็จสิ้นภารกิจ ทั้งสองกรณีจะทำการทดสอบเป็นจำนวน 10 ครั้ง โดยในการทดสอบแต่ละครั้งจะกำหนดเวลาไม่เกิน 5 นาที และทำการบันทึกผล

จากการทดลอง พบว่า หุ่นยนต์บังคับด้วยมือสามารถทำภารกิจได้สำเร็จตามขั้นตอนต่างๆ ในจำนวน 10 ครั้ง ภายในเวลาที่กำหนด คือ ในแต่ละครั้งไม่เกิน 5 นาที โดยเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดสิ้นสุดภารกิจ จากการทดสอบไม่พบจุดบกพร่อง แต่ในระหว่างการแข่งขันจริงได้พบจุดบกพร่อง คือ มีปัญหาจากการเชื่อมต่อสัญญาณ

ไร้สาย ทำให้ไม่สามารถบังคับหุ่นยนต์ไปทำตามคำสั่งได้อย่างถูกต้องตามที่กำหนด ส่วนหุ่นยนต์อัตโนมัติ จากการกำหนดค่าเริ่มต้นและทำงานต่อเนื่องจนเสร็จสิ้นภารกิจ พบว่า หุ่นยนต์อัตโนมัติสามารถหีบของได้ แต่ไม่สามารถนำไปวาง ณ ตำแหน่งที่กำหนดได้ เพราะว่าเกิดจากการกำหนดค่าในโปรแกรมที่ไม่ถูกต้อง และอีกปัญหาที่พบคือ มอเตอร์ในส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนขึ้น-ลง ของแขนหีบไม่มีกำลังแรงพอและหมุนช้า จึงทำให้เสียเวลาในการทำภารกิจ

5. ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ทำระบบระบายความร้อนให้กับวงจรชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ เช่น ติดพัดลมเพื่อระบายความร้อน ใส่แผ่นระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่เกิดความร้อน

5.3.2 ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันโดยการตั้งรหัสล็อค เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

5.3.3 ควรเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราการหมุนต่อวินาทีได้ดี

5.3.4 ควรเลือกวัสดุที่ทนทานในการทำชุดแขนจับ

5.3.5 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรมบังคับทิศทางของหุ่นยนต์อัตโนมัติ ให้แม่นยำมากขึ้น

5.3.6 เขียนโปรแกรมในการวนเช็คเพื่อตรวจสอบสถานะของสัญญาณ กรณีที่สัญญาณขาดการเชื่อมต่อ แล้วทำการหยุดการทำงานเพื่อรอตรวจสอบสถานะใหม่

5.1 แนวทางในการพัฒนา

5.4.1 ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสิ่งวัตถุหรือสารอันตราย เช่น ก๊าซ วัตถุไวไฟ สารเคมี เป็นต้น

5.4.2 สร้างอุปกรณ์ในการเคลื่อนที่พิเศษไว้ที่ตัวหุ่นยนต์ เช่น อุปกรณ์ดับเพลิง หรือสร้างอุปกรณ์ป้องกันน้ำ เพื่อใช้ในการดำน้ำ