



รายงานการวิจัย

การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

A Robot Development for the Movement on Differs Area

สนธยา วันชัย

สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

A Robot Development for the Movement on Differs Area

สนธยา วันชัย สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งบประมาณแผ่นดิน โดยผ่านการพิจารณาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประเภททุน โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานของประเทศ

ประจำปีงบประมาณ 2562

(ก)

ชื่องานวิจัย การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ต่างระดับ
ผู้วิจัย สนธยา วันชัย
สาขาวิชา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2562

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ต่างระดับ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ต่างระดับและหาประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวที่ต่างระดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่หุ่นยนต์ที่ประกอบด้วย 1) ชุดโครงสร้างลักษณะคล้ายแมงมุม แต่ออกแบบขาไว้ที่ 6 ขา 2) ชุดแหล่งจ่ายพลังงาน 3) ชุดตรวจสอบ (Sensor) 4) ชุดขับเคลื่อน 5) ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และ 6) โปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เขียนด้วยภาษาซี ผู้วิจัยกำหนดลักษณะการควบคุม 2 แบบและลักษณะพื้นที่ 4 ลักษณะ

ผลการวิจัย ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้ง 4 ลักษณะพื้นที่ด้วยการควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยมือ แบ่งออกเป็น ลักษณะพื้นที่ราบ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 252 ซม. ลักษณะพื้นที่ขรุขระ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 183 ซม. ลักษณะพื้นที่ต่างระดับ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 105 ซม. ลักษณะพื้นที่ลาดชัน ค่าเฉลี่ยรวมได้ 34 ซม. ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้ง 4 ลักษณะพื้นที่ด้วยการควบคุมการเคลื่อนที่อัตโนมัติ แบ่งออกเป็น ลักษณะพื้นที่ราบ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 135 ซม. ลักษณะพื้นที่ขรุขระ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 85 ซม. ลักษณะพื้นที่ต่างระดับ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 83 ซม. ลักษณะพื้นที่ลาดชัน ค่าเฉลี่ยรวมได้ 35 ซม. โดยสามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ต่างระดับได้แต่อยู่ในระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก

คำสำคัญ : หุ่นยนต์, การเคลื่อนที่, การควบคุม, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ระบบอัตโนมัติ

Research Title A Robot Development for the Movement on Differs Area
Name Sontaya Wanchai
Program Computer Technology
Phetchabun Rajabhat University, **Year** 2019.

ABSTRACT

The research report about A robot development for the movement on differs area. There was objective to study for design and invention prototype robot, and search efficiency of robot. A tool that use in the research was prototype robot set are 1) Robot compose structure as spider 6 arms, 2) Power supply 3) Sensor ,4) Motor Drive Circuit 5) Microcontroller Arduino and 6) Program control. Researcher defined 2 experiments and 4 area to search efficiency of robot.

The results of this research, Measurement results of a moving robot with all 4 areas with hand motion control, distribute be character plain area characteristics has median total 252 cm, knobbed area characteristics has median total 183 cm , different areas characteristics has median total 105 cm and slope area characteristics has median 34 cm.

Measurement results to the movement of the robot, all 4 areas with automatic motion control , distribute be character plain area characteristics has median total 135 cm, knobbed area characteristics has median total 85 cm , different areas characteristics has median total 83 cm and slope area characteristics has median 35 cm, can move on the area can differ the level, but , stay in the distance that not far extremely away.

Keyword : Robot, Movement, Control Unit, Microcontroller, Automatic System

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่ายที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเจ้าหน้าที่ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยและขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

สนธยา วันชัย

1 สิงหาคม 2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญรูป	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 องค์ประกอบหุ่นยนต์	5
2.2 การเคลื่อนที่หุ่นยนต์	8
2.3 ขั้นตอนการออกแบบหุ่นยนต์	16
2.4 อุปกรณ์ตรวจจับและอุปกรณ์สัญญาณไร้สาย	19
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	28
2.6 ชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์	34
2.7 การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมหุ่นยนต์	39
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44

(จ)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	47
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	52
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	52
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	54
 บทที่ 4 ผลการวิจัย	 55
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	55
 บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	 59
5.1 สรุปผลการวิจัย	59
5.2 อภิปรายผล	60
5.3 ข้อเสนอแนะ	60
 บรรณานุกรม	 61
 ประวัติคณะผู้วิจัย	 64

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 แสดงตำแหน่งขาและหน้าที่ของเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โมดูล TCS3200	24
2-2 แสดงการเทียบสัญญาณจากขา S2 และ S3 ของเซนเซอร์โมดูล TCS3200	25
3-1 ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์	52
3-2 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์	53
3-3 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมด้วยมือ	53
3-4 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมอัตโนมัติ	53
4-1 ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์	55
4-2 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ที่ 1-4-5	56
4-3 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ที่ 2-3-6	56
4-3 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมด้วยมือ	57
4-5 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมอัตโนมัติ	58

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 หุ่นยนต์ติดตั้งอยู่กับที่	7
2-2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้	7
2-3 แขนกลอุตสาหกรรม (Industrial Robot Arms)	8
2-4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยขา	9
2-5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ	10
2-6 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อสายพาน	11
2-7 หุ่นยนต์ทำงานใต้น้ำ	11
2-8 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ทางอากาศ	12
2-9 หุ่นยนต์เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้	12
2-10 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งตัวแปรของ DH Parameters	13
2-11 แสดงตัวอย่างแบบจำลองของหุ่นยนต์ 2 แขน	14
2-12 การส่ง-รับสัญญาณของเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก	20
2-13 โครงสร้างเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor)	21
2-14 ตัวอย่างเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)	22
2-15 ตัวอย่างเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดการไหลของของเหลวและอากาศ	23
2-16 ตัวอย่างเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โมดูล TCS3200	23
2-17 การทำงานเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โมดูล TCS3200	24
2-18 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO	28
2-19 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับหลอด LED	29
2-20 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับบอร์ดเสริม XBee Shield	29
2-21 ตำแหน่ง Layout & Pin out Arduino Board	31
2-22 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์	31
2-23 การเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino ที่ต้องการ Upload หลังจากการเขียนโปรแกรม	32
2-24 การเลือกหมายเลขพอร์ตของบอร์ด Arduino ที่ใช้สำหรับการ Upload	32
2-25 เลือกตรวจสอบการตั้งค่า	33
2-26 มอเตอร์กระแสตรง	34
2-27 ความกว้างของพัลส์ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ดีวี่ใช้เคลือบแบบต่าง ๆ	35
2-28 การควบคุมการหมุนมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาและหมุนทวนเข็มนาฬิกา	35

($\mathfrak{Y}$)

2-29 ส่วนประกอบภายในสเตปป์มอเตอร์และตำแหน่งขา	36
2-30 แสดงตัวอย่างสเตปป์มอเตอร์และชุดควบคุม	37
2-31 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบต่างๆ ของสเตปป์มอเตอร์	37
2-32 วงจรควบคุมการหมุนสเตปป์มอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	39
2-33 นิพจน์เงื่อนไข	41
2-34 คำสั่ง if	41
2-35 การทำงานของฟังก์ชัน while	43
3-1 ไดอะแกรมการทำงานการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ	47
3-2 โครงสร้างหุ่นยนต์	48
3-3 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง	49
3-4 วงจรขับสเตปป์มอเตอร์	49
3-5 วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์	50
3-6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า 9 Vdc	50
3-6 แบตเตอรี่แหล่งจ่ายพลังงานแก่หุ่นยนต์ภาคสนาม	50
3-7 ชุดตรวจจับ (Sensor) รอบ ๆ หุ่นยนต์	51
3-8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO	51
3-9 ชุดหุ่นยนต์ต้นแบบเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยในยุคปัจจุบันมีการพัฒนาในหลายๆ ด้าน เช่น ด้านการสื่อสาร ด้านการแพทย์ ด้านการคมนาคม ด้านการทหาร ด้านการสำรวจ ด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม รวมไปถึงด้านการสร้างนวัตกรรมใหม่ที่เป็นองค์ความรู้ที่จะนำไปพัฒนาประเทศชาติต่อไป โดยตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 – 2564) การพัฒนาประเทศตามแนวทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่ผ่านมา ส่งผลให้ ประเทศไทยมีระดับการพัฒนาที่สูงขึ้นตามลำดับ ได้แก่ เศรษฐกิจไทยมีขนาดใหญ่ขึ้น มีฐานการผลิตและ บริการที่มีความเข้มแข็งและโดดเด่นในหลายสาขาและความร่วมมือกับมิตรประเทศ ทั้งในรูปทวิภาคีและพหุ ภาคี รวมถึงความร่วมมือกับประเทศในอนุภูมิภาคและอาเซียนมีความเข้มข้นและชัดเจนขึ้น ขยายโอกาสด้าน การค้าและการลงทุนของไทยเพิ่มขึ้น ในขณะที่โครงสร้างพื้นฐานมีการพัฒนาครอบคลุมมากขึ้น และการ บริการทางสังคมทุกด้านที่มีความครอบคลุมทั่วถึง ทำให้รายได้ประชาชนสูงขึ้นปัญหาความยากจนลดลง และคุณภาพชีวิตประชาชนดีขึ้น ((ร่าง) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560–2564), 2560) ในประเด็นการพัฒนาหลักที่สำคัญในช่วงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12 หัวข้อการส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม การนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ นวัตกรรมใหม่ที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาที่พบเจอ

สำหรับการพัฒนาด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ล้ำหน้า กระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร ได้ร่วมในการพัฒนาขึ้น จะมีผลนำไปสู่การสร้างสิ่งใหม่ๆ เพื่อนำเข้ามาช่วยให้การดำเนินชีวิตของผู้คนทั่วไปดีขึ้น การพัฒนาหุ่นยนต์ก็เป็นแนวคิดหนึ่งที่จะนำความสะดวกสบายมาให้แก่ผู้ที่ใช้ร่วมกันนวัตกรรมและเทคโนโลยีนั้น การพัฒนาหุ่นยนต์เข้ามาในชีวิตประจำวันเช่น การนำหุ่นยนต์เข้ามาช่วยในการทำอาหาร การผลิต การจัดเตรียมวัตถุดิบ การปรุงอาหาร การจัดเรียงสินค้าลง บรรจุภัณฑ์โรงงานต่างๆ รวมไปถึงนำอาหารไปส่งแก่ผู้ที่เข้ามาใช้บริการ (นัททิ นิภานันท์, 2011) แต่ในความเป็นจริงผู้ที่ใช้หุ่นยนต์จะอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่อาจเกิดอันตรายแก่พนักงานหรือคนงานในการผลิต หรือนำไปใช้สำหรับการสำรวจและรักษาความปลอดภัย (สยาม เจริญเสียง, 2558)

เทคโนโลยีที่ได้นำมาใช้เพื่อช่วยเหลือให้ผู้ปฏิบัติงานที่ไม่สามารถกำหนดพื้นที่ในการดำเนินการภารกิจได้ เช่น พื้นที่ต่างระดับ พื้นที่ๆ มีอุปสรรค พื้นที่เสี่ยงอันตรายต่อร่างกาย การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้สำหรับปฏิบัติงานดังกล่าวนิยมใช้เครื่องจักรหรือเรียกว่าหุ่นยนต์ ใช้สำหรับเข้าปฏิบัติงานแทน

โดยหากเป็นพื้นที่ปกติจะใช้ หุ่นยนต์ล้อ (Wheeled Robots) (จิต เหล่าวัฒนา, 2008) คุณสมบัติสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว สามารถหลบหลีกอุปสรรคที่อยู่บนพื้นผิวราบได้ ส่วนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยขา (Walking Robots) ได้ถูกศึกษาและพัฒนาตลอดระยะเวลา 15 ปีที่ผ่านมาเนื่องจากมีศักยภาพสูงในงานสำรวจที่ขรุขระมากๆ และไม่สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้าตลอดจนความเร็วไม่ได้เป็นความต้องการหลัก ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะเคลื่อนที่หุ่นยนต์ต้องรับข้อมูลและตัดสินใจในการเดินต่อเนื่อง หากเจอพื้นที่ต่างระดับหรือพื้นที่อ่อนไหว ที่ไม่พร้อมที่จะรับน้ำหนักมาก หุ่นยนต์ต้องตัดสินใจในการทำงานเองบางครั้งจะมีการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt) ได้จากผู้ควบคุม เพื่อให้การทำงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อย การควบคุมหุ่นยนต์ที่ใช้ในการสำรวจ ผู้ที่ควบคุมจะกำหนดให้หุ่นยนต์ทำหน้าที่ได้ทั้งแบบบังคับด้วยมือหรือแบบอัตโนมัติ โดยทั้งสองแบบมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ในบริเวณที่ผู้ที่ควบคุมสามารถเข้าไปมีส่วนร่วมในการตัดสินใจของหุ่นยนต์ นิยมควบคุมด้วยมือ แต่หากเป็นพื้นที่ที่อาจจะเกิดอันตราย แก่ผู้ที่เข้าไปควบคุมจะใช้วิธีการควบคุมแบบอัตโนมัติ การใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในการตัดสินใจจะสะดวกและมีความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงานได้

จากสภาพปัญหาการใช้งานหุ่นยนต์ร่วมในการสำรวจที่มีพื้นที่ต่างระดับ หรือพื้นที่ๆอาจเกิดอันตรายแก่ผู้ที่เข้าไปร่วมปฏิบัติงานและข้อดีของการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในการตัดสินใจควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการสร้างหุ่นยนต์ช่วยในการสำรวจในบริเวณพื้นที่อันตราย จึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ โดยอาศัยการควบคุมและการตัดสินใจจากไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ
- 1.2.2 เพื่อวัดประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้จะได้ทดลองสร้างและควบคุมหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่บนพื้นที่ ๆ มีระดับที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้แบ่งขอบเขตการวิจัยออกได้ดังนี้

- | | |
|----------------------------------|-------------|
| 1.3.1 ชุดโครงสร้างหุ่นยนต์ | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.2 ชุดขับเคลื่อน | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.3 ชุดแหล่งจ่ายไฟและแบตเตอรี่ | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.4 ชุดเซนเซอร์ตรวจจับ | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.5 ชุดแสดงผล | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.6 ชุดรับ-ส่งสัญญาณไร้สาย | จำนวน 1 ชุด |

- | | |
|---|-------------|
| 1.3.7 ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.8 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.9 โปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์ | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3.10 แบบบันทึกและประเมินประสิทธิภาพหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ | |

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนของการวิจัยออกได้ดังนี้

1.4.1 ออกแบบและสร้างส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ โดยผู้วิจัยได้เลือกออกแบบหุ่นยนต์รูปร่างลักษณะคล้ายแมงมุม 6 ขา ประกอบด้วย โครงสร้าง ชุดแหล่งจ่ายพลังงาน ชุดตรวจสอบ (Sensor) ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เขียนด้วยภาษาซี

1.4.2 ออกแบบและสร้างส่วนวงจรควบคุมขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง วงจรขับสเตปมอเตอร์ และวงจรตรวจสอบ

1.4.3 เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ด้วยโปรแกรม Arduino IDE

1.4.4 ทดสอบควบคุมหุ่นยนต์เพื่อหาประสิทธิภาพของหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

1.4.5 สรุปผลการควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์

ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยที่อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมหลังที่ 2 คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

หุ่นยนต์ หมายถึง เครื่องจักรกลที่ประกอบด้วยโครงสร้าง ชุดควบคุมการทำงาน ชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ชุดตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายนอกและสามารถทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ

การเคลื่อนที่หุ่นยนต์ หมายถึง การกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ๆ มีความแตกต่างกัน

การควบคุม หมายถึง การควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์แบบด้วยมือและแบบอัตโนมัติ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เปรียบเหมือนสมองกล

ระบบอัตโนมัติ หมายถึง ระบบการทำงานที่ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยตัวหุ่นยนต์เอง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.6.1 ได้หุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ
- 1.6.2 ได้ทราบค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ
- 1.6.3 ได้แนวทางการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ
- 1.6.4 ได้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับผู้สนใจการสร้างหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่าง

ระดับ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

2.1 องค์ประกอบหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ (Robot) ในปัจจุบันมีหลายประเภท แต่ที่ไม่แตกต่างของหุ่นก็คือมีการเคลื่อนไหวยากกายภาพทางโครงสร้างได้ บางชนิดเคลื่อนที่ได้ด้วยล้อ (Wheeled Robots) (จิต เหล่าวัฒนา, 2008) บางชนิดใช้กลไกของขา (Walking Robots) ในการเคลื่อนที่ วัสดุที่ใช้ทำหุ่นยนต์อาจเป็นโลหะหรือพลาสติกก็ได้ และระหว่างชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่ทำงานนั้นจะมีข้อต่อ (Joint) เพื่อมาเป็นจุดหมุนในการทำงาน สำหรับความหมายของหุ่นยนต์มีผู้ให้ความหมายไว้ดังเช่น

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automatics Machine) หรือกึ่งอัตโนมัติ (Semi Automatics Machine) และสามารถโปรแกรมให้ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างได้ อย่างไรก็ดี RIA (tha Robotics Industries Association) ได้ให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นที่ยอมรับกัน ในที่ประชุมระดับนานาชาติ ของบริษัทอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์ 11 แห่ง เมื่อปี ค.ศ.1981 (พ.ศ.2524) เอาไว้ว่า

An industrial robot is a reprogrammable, multifunction manipulator designed to move materials, part, tools or spacial devices through variable programmed motion for the performance of a variety of tasks.

หรือแปลเป็นภาษาไทยได้ว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรม คือ เครื่องจักรกลที่สามารถทำการโปรแกรมใหม่ได้หลายครั้ง สามารถทำงานได้หลาย ๆ หน้าที่ ซึ่งมันได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถหยิบ จับ เคลื่อนย้าย วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษต่างๆ โดยการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน ให้ทำงานได้ตามต้องการ

หุ่นยนต์ (Robot) คือ เครื่องจักรกลหรือหุ่นที่มีเครื่องกลไกอยู่ภายใน สามารถทำงานได้หลายอย่างร่วมกับมนุษย์ หรือทำงานแทนมนุษย์ และสามารถจัดลำดับแผนการทำงานก่อนหรือหลังได้

หุ่นยนต์ (Robot) โดยหลักทางวิชาการของสถาบันหุ่นยนต์อเมริกา (The Robot of America 1997) ได้ให้ความหมายของคำว่าหุ่นยนต์ไว้ว่า หุ่นยนต์คือ “เครื่องจักรใช้งานแทนมนุษย์ ที่ออกแบบให้สามารถตั้งลำดับการทำงาน การใช้งานได้หลากหลายหน้าที่ ใช้เคลื่อนย้ายวัสดุอุปกรณ์

ส่วนประกอบต่าง ๆ เครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ ตลอดจนการเคลื่อนที่ได้หลากหลาย ตามที่ตั้งลำดับการทำงาน เพื่อสำหรับใช้ในงานหลากหลายประเภท”

หุ่นยนต์หรือโรบอต (Robot) คือเครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง มีลักษณะ โครงสร้างและรูปร่างแตกต่างกัน หุ่นยนต์ในแต่ละประเภทจะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่าง ๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ การ ควบคุมระบบต่าง ๆ ในการสั่งงานระหว่างหุ่นยนต์และมนุษย์ สามารถทำได้โดยทางอ้อมและอัตโนมัติ โดยทั่วไปหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อสำหรับงานที่มีความยากลำบากเช่น งานสำรวจในพื้นที่ที่บริเวณแคบหรืองานสำรวจดวง จันทร์ดาวเคราะห์ที่ ไม่มีสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมการผลิต แตกต่างจากเมื่อก่อนที่หุ่นยนต์มักถูกนำไปใช้ ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์มาใช้งานมากขึ้น เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะที่คล้ายมนุษย์ เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ ให้ได้ในชีวิตประจำวัน

องค์ประกอบของหุ่นยนต์ ประกอบด้วย

1. ส่วนโครงสร้างหรือเมคคานิก เป็นภาคที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานกล ไปควบคุมระบบการทำงานของหุ่น เช่น การเดิน การจับ การยก เป็นต้น ภาคนี้จะไม่จำกัด แนวคิดในการสร้าง

2. ส่วนวงจรจับหรือส่วนไดรเวอร์ (Driver) เนื่องจากภาคคอนโทรลจะส่ง เอาท์พุต เพื่อไปควบคุมเมคคานิก ในระบบสัญญาณดิจิทัล ซึ่งมีแรงดันและกระแสน้อย ไม่เพียงพอที่จะจับเมคคานิกได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องผ่านไดรเวอร์เพื่อขยายสัญญาณในการจับ

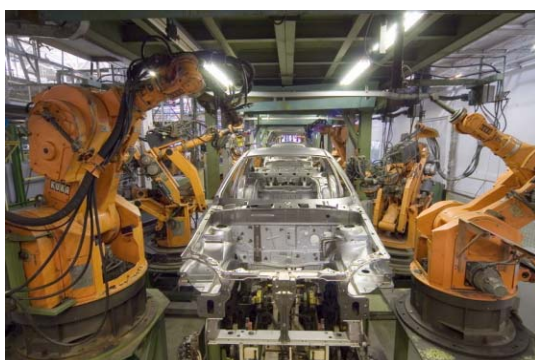
3. ส่วนแหล่งจ่ายไฟ โดยทั่วไปจะมีแหล่งจ่ายไฟอย่างน้อย 2 ชุด คือ ภาคจ่ายไฟให้กับภาคคอนโทรล และภาคจ่ายไฟให้กับภาคเมคคานิก

4. ส่วนการตรวจจับหรือส่วนเซนเซอร์ เป็นภาคที่สำคัญในการตรวจจับหาสถานะต่าง ๆ และตำแหน่งของตัวเอง โดยใช้วัสดุอื่นอ้างอิงในการตรวจจับ เช่น วัตถุต่าง ๆ เหล็ก พลาสติกหรือสีต่าง ๆ

5. ส่วนควบคุมหรือส่วนคอนโทรล ระบบสมองกล หรือหน่วยประมวลผลกลาง เป็นหัวใจหลักของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่วิเคราะห์ และประมวลผลที่ถูกส่งมาจากตัวเซนเซอร์ตามจุดต่าง ๆ เพื่อทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวประมวลผลและสั่งการ ให้หุ่นของเราสามารถคิดตัดสินใจ ควบคุม รักษาสภาพตัวเอง และทำงานต่าง ๆ ตามที่ออกแบบไว้ เองได้ โดยใช้การรับรู้จากภาคเซนเซอร์ (จตุรงค์ กมลเลิศ, 22 มีนาคม 2562)

หุ่นยนต์ต้องการแหล่งจ่ายพลังงานเพื่อที่จะใช้ขับเคลื่อนแอกติวเตอรืแหล่งจ่ายพลังงานที่สำคัญได้แก่ กระแสไฟฟ้าและแบตเตอรี่ที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ และโซลินอยด์ที่เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในอุปกรณ์แอกติวเตอรื ในทางไฟฟ้า จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า และโซลินอยด์เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนหลัก และกระแสไฟฟ้ามันสามารถที่จะเปิดปิดโซลินอยด์วาล์วของระบบไฮดรอลิกส์ และนิวแมติกส์ อาจรวมไปถึงนำไปขับเคลื่อนมอเตอร์ในระบบทั้งไฮดรอลิกส์ และนิวแมติกส์ด้วย

ลักษณะทางกายภาพของหุ่นยนต์ จะประกอบด้วยเครื่องจักรกลต่างๆ รวมทั้งข้อต่อ ที่ช่วยให้บางส่วนของหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวได้ ยึดหุ่นเพื่อรองรับความเหมาะสมของงานแต่ละประเภท ได้มากขึ้น ปัจจุบันหุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นมีหลายรูปแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ หุ่นยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ (Fixed Robot) และหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ (Mobile Robot)
(ณัฐพงษ์ วาริประเสริฐและณรงค์ คำดี, 2552)



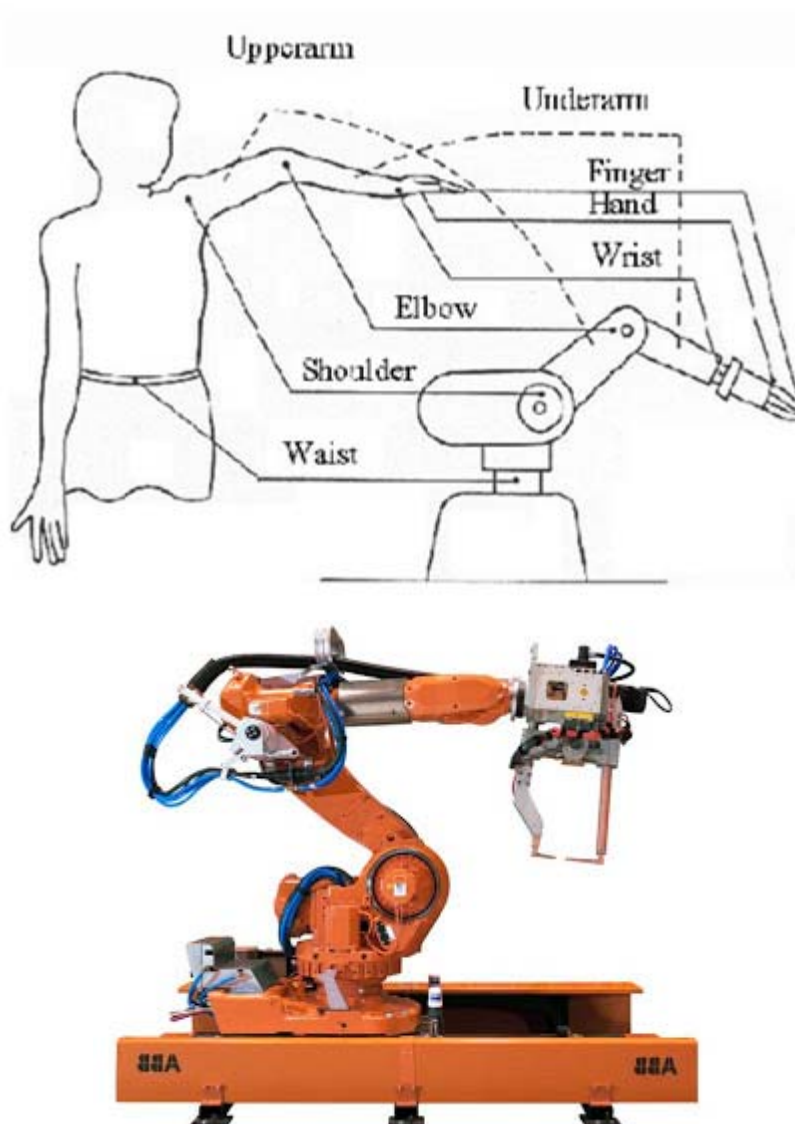
รูปที่ 2-1 หุ่นยนต์ติดตั้งอยู่กับที่



รูปที่ 2-2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้

2.2 การเคลื่อนที่หุ่นยนต์

ในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ และการหมุนข้อต่อ นั้น จะใช้อุปกรณ์ที่เป็นต้นกำลังที่เรียกว่า แอคทูเอเตอร์ (Actuators) (อนุรักษ์ จันทะฤทธิ์, 2011) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนชิ้นส่วนหุ่นยนต์ อุปกรณ์ แอคทูเอเตอร์มีหลายประเภท ได้แก่ อุปกรณ์ทางไฟฟ้า อุปกรณ์ทางระบบไฮดรอลิกส์และ อุปกรณ์ของระบบนิวแมติกส์ (ใช้ความดันลมหรือก๊าซ) ในหุ่นยนต์หนึ่งตัวก็อาจจะใช้อุปกรณ์ แอคทูเอเตอร์หลายแบบ



รูปที่ 2-3 แขนกลอุตสาหกรรม (Industrial Robot Arms)

ที่มา (ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม , 2011)

หุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง แบ่งได้ดังนี้

2.2.1 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยขา หุ่นยนต์ประเภทนี้ต้องมีโครงสร้างขาแข็งแรงพอที่จะรองรับน้ำหนักตัวของหุ่นยนต์เองและมีข้อต่อและกลไกที่ดีสำหรับการเดินหรือกระโดดได้ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขาสามารถแบ่งได้หลายชนิด เช่น หุ่นยนต์ที่มีเพียงขาเดียว หุ่นยนต์ที่มี 2 ขา



รูปที่ 2-4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยขา

2.2.2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ มีโครงสร้างที่ง่ายและสามารถเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวได้หลายรูปแบบ ส่วนใหญ่มักใช้สำรวจบนพื้นที่ที่เข้าไปสำรวจยาก ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์สำรวจบนดาวอังคาร



รูปที่ 2-5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ

2.2.3 หุ่นยนต์ใช้การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อสายพาน (Track-Drive Locomotion) คือหุ่นยนต์ที่ใช้ล้อสายพานในการเคลื่อนที่ เหมาะสำหรับหุ่นยนต์ที่ใช้งานในพื้นที่ขรุขระ หรือพื้นที่ที่มีความต่างระดับ การควบคุมสามารถทำได้ง่ายเหมือนหุ่นยนต์ล้อทั่วไป ส่วนข้อจำกัดคือหุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงได้ และอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นผิวบริเวณที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปเนื่องจากการตะกรุยของล้อสายพาน



รูปที่ 2-6 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อสายพาน

2.2.4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ในน้ำ ประกอบด้วย ตัวขับเคลื่อนที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในน้ำได้สะดวกและระบบโซนาร์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากสภาพแวดล้อมภายนอกหรือสามารถติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์ด้วยกันได้ มักจะนำมาใช้สำรวจพื้นที่ใต้น้ำที่อันตรายหรือพื้นที่ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้ ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์สำรวจใต้น้ำ



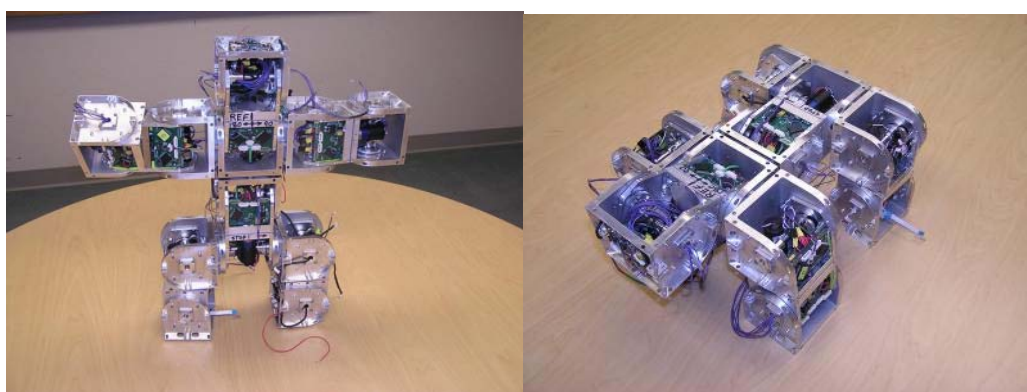
รูปที่ 2-7 หุ่นยนต์ทำงานใต้น้ำ

2.2.5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ทางอากาศ หุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ทางอากาศได้ จะจำลองมาจาก ยานพาหนะทางอากาศ เช่น เครื่องบินและเฮลิคอปเตอร์ จุดเด่นของหุ่นยนต์ชนิดนี้คือ สามารถนำไปใช้สำรวจพื้นที่ทางอากาศหรือนำมาใช้สำหรับปฏิบัติการช่วยเหลือกรณีพิเศษต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์เครื่องบิน หุ่นยนต์เฮลิคอปเตอร์



รูปที่ 2-8 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ทางอากาศ

2.2.6 การเคลื่อนที่ในรูปแบบอื่น (Other Locomotion) คือหุ่นยนต์ที่ไม่ใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่เช่น หุ่นยนต์งูจะใช้การรวมแรงลัพธ์ที่เกิดจากการบิดเคลื่อนที่ไปมาในแต่ละข้อ ขั้วดันให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ข้อดีของหุ่นยนต์ประเภทนี้คือ สามารถไปได้ในทุกสภาพพื้นผิว ขึ้นที่สูงได้ และยังสามารถเข้าที่แคบ จึงสามารถปฏิบัติงานได้อย่างหลากหลาย และข้อดีอีกอย่างของหุ่นยนต์ประเภทนี้คือในแต่ละข้อต่อของหุ่นยนต์ที่ประกอบ กันจะเหมือนกัน ดังนั้นถ้ามีบางข้อต่อที่เกิดความเสียหายขึ้น จะสามารถแทนด้วยข้อต่ออื่นได้ทันที



รูปที่ 2-9 หุ่นยนต์เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้

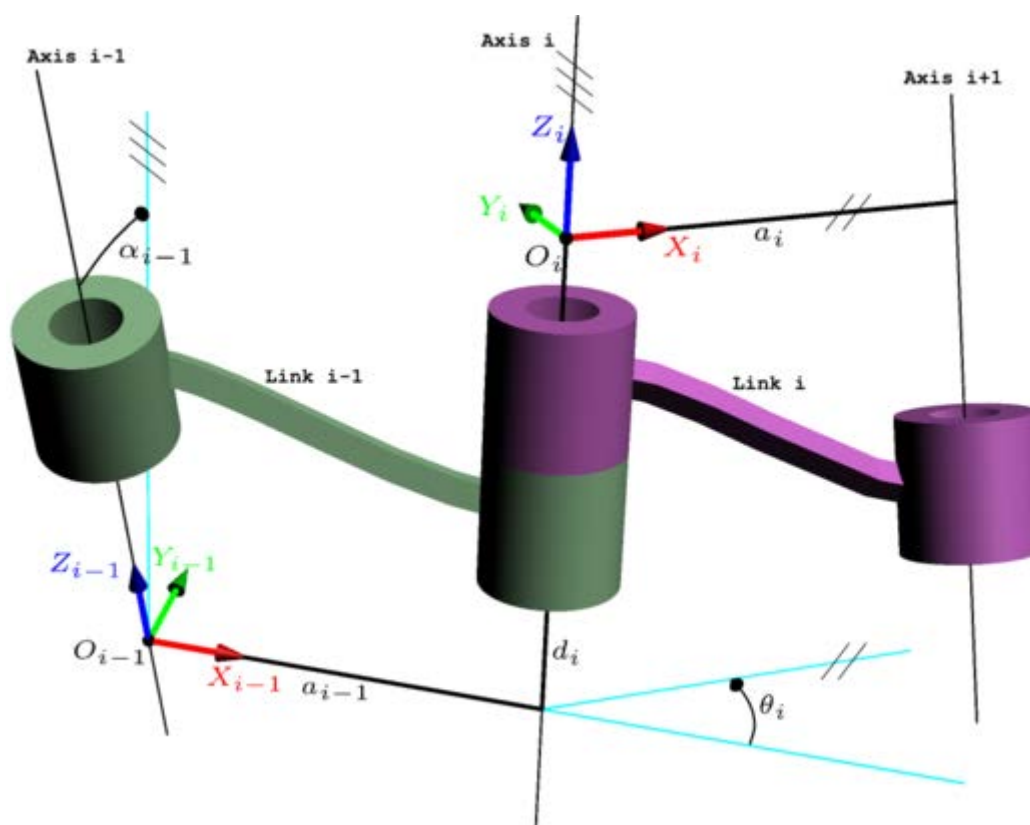
2.2.7 การหา DH Parameters ย่อมาจากคำว่า Denavit - Hartenberg Parameters เป็นการสร้างตัวแปรเพื่อนำมาใช้ในการหาสมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งมีตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวได้แก่

- 1.) Link Length (a_i) คือ ระยะทางของ X_i ที่ตั้งฉากระหว่างแกน Z_i ถึงแกน Z_{i+1}
- 2.) Link Twist (α_i) คือ มุมระหว่าง Z_{i-1} และ Z_i ที่มองจากหัวลูกศร X_{i-1} เข้าไป
- 3.) Link Offset (d_i) คือ ระยะทางระหว่างแกน A_{i-1} ที่ตัดบนแกน Z_i กับแกน A_i ที่ตัดบนแกน Z_i

บนแกน Z_i

- 4.) Joint Angel (θ_i) คือ มุมระหว่างแกน X_{i-1} กับแกน X_i โดยพิจารณาบนแกน Z_i
- จากคำอธิบายตัวแปรทั้ง 4 ตัวนั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2-10

(พันศักดิ์ เนระแก, 11 มีนาคม 2562)



รูปที่ 2-10 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งตัวแปรของ DH Parameters

2.2.9 การหาเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ หลังจากที่ได้ค่า DH Parameters แล้วต่อไปทำการหาค่าทรานฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (Transformation Matrix: T) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด 4x4 ซึ่งง่ายในเมตริกซ์ นี้ประกอบไปด้วยเมตริกซ์ การหมุนและเวกเตอร์การเคลื่อนที่ โดยการระบุค่าต่าง ๆ ของ DH Parameters ลงในสมการที่ 2.1 (พันศักดิ์ เนระแก, 11 มีนาคม 2562)

$$T_{i-1}^i = \begin{vmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.1)$$

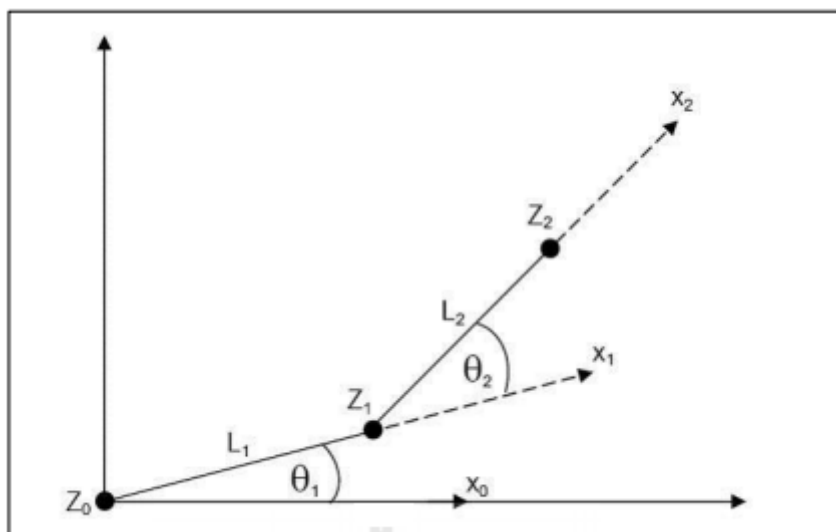
โดย T_{i-1}^i คือ ทรานฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (Transformation Matrix)
 i คือ จำนวนแขน (Link)
 a_i คือ Link Length
 θ_i คือ Link Twist
 d_i คือ Link Offset
 α_i คือ Link Angel

จากสมการที่ 2.1 จะได้เมตริกซ์การหมุนและเวกเตอร์การเคลื่อนที่ดังสมการที่ 2.2 และ 2.3

$$\text{สมการการหมุน} = \begin{vmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i \end{vmatrix} \quad (2.2)$$

$$\text{เวกเตอร์การเคลื่อนที่} = \begin{vmatrix} a_i \cos \theta_i \\ a_i \sin \theta_i \\ d_i \\ 1 \end{vmatrix} \quad (2.3)$$

ตามลำดับหากหุ่นยนต์ นั้นมี จำนวนแขน i แขน (Link) จะต้องนำค่าทรานฟอร์มเมชันเมตริกซ์ (T) มาคูณกันทางเมตริกซ์ เช่นหุ่นยนต์ มี แขน 2 แขน ดังรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-11 แสดงตัวอย่างแบบจำลองของหุ่นยนต์ 2 แขน

จากรูปที่ 2-11 สามารถหาค่า DH Parameters โดยพิจารณาที่ละแขนได้
แขน L_1 มี DH Parameters 4 ตัวดังนี้

a_i	คือ	L_1
θ_i	คือ	$\theta_{1(t)}$
d_i	คือ	0
α_i	คือ	0

แขน L_2 มี DH Parameters 4 ตัวดังนี้

a_i	คือ	L_2
θ_i	คือ	$\theta_{2(t)}$
d_i	คือ	0
α_i	คือ	0

หลังจากหาค่า DH Parameters เสร็จแล้ว ต่อไปเป็นการคำนวณหาทรานส์ฟอร์มเมชันเมทริกซ์ (Transformation Matrix) ได้ ดังนี้

$$T_0^i = \begin{vmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & L_1 \cos \theta_1 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & L_1 \sin \theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.4)$$

$$T_1^2 = \begin{vmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & L_2 \cos \theta_2 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & L_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.5)$$

$$T_0^2 = \begin{vmatrix} \cos(\theta_1 - \theta_2) & -\sin(\theta_1 - \theta_2) & 0 & L_2 \cos(\theta_1 - \theta_2) \\ \sin(\theta_1 - \theta_2) & \cos(\theta_1 - \theta_2) & 0 & L_2 \sin(\theta_1 - \theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.6 จะได้เวกเตอร์การเคลื่อนที่ (Translation vector) ของหุ่นยนต์ ตามแนว พิกัด xyz ได้ ดังนี้

1. แกน x มีเวกเตอร์การเคลื่อนที่คือ $L_1 \cos \theta + 1L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2)$
2. แกน y มีเวกเตอร์การเคลื่อนที่คือ $L_1 \sin \theta + 1L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2)$
3. แกน z มีเวกเตอร์การเคลื่อนที่คือ 0 (ไม่มีการเคลื่อนที่ ในแนวแกน z)

เท่านั้นจะได้เวกเตอร์การเคลื่อนที่ ของแกนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์

2.3 ขั้นตอนการออกแบบหุ่นยนต์

2.3.1 การกำหนดขั้นตอนการออกแบบหุ่นยนต์ มีขั้นตอนที่ผู้ออกแบบสามารถทำได้ ดังนี้

- 1.) เข้าใจการทำงานของหุ่นยนต์
- 2.) วางแผนและออกแบบ
- 3.) เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อม
- 4.) ลงมือสร้างและประกอบส่วนต่าง ๆ
- 5.) ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์
- 6.) ปรับแต่งและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

2.3.2 การออกแบบส่วนโครงสร้างหรือเมคคานิกของหุ่นยนต์

1.) ส่วนโครงสร้างหรือเมคคานิก เป็นภาคที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ไปควบคุม ระบบการทำงานของหุ่น เช่น การเดิน การจับ การยก เป็นต้น ภาคนี้จะไม่จำกัด แนวคิดในการสร้าง

2.) ชิ้นส่วนกลไกต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ เช่น โครงสร้าง เพลา เฟือง สกรูส่งกำลัง สายพาน โซ่ สปริง ข้อต่อสวมเพลลา คลัตช์ เบรก ข้อต่อ ก้านต่อโยก ตลับลูกปืนและปลอกสวม

2.1) โครงสร้าง (Frame) โครงสร้างเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของหุ่นยนต์

2.2) เพลา (Shaft) เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นก้านทรงกระบอกที่หมุนได้ ใช้ในการส่งถ่ายกำลังจากอุปกรณ์ขับเร้า

2.3) เฟือง (Gear) เฟืองทำหน้าที่ส่งกำลังจากเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่ง

2.4) สกรูส่งกำลัง (Power Screw) สกรูส่งกำลังมีหน้าที่ส่งกำลังโดยเปลี่ยนจากการหมุนเป็นการเลื่อน

2.5) สายพาน (Belt) สายพานมีหน้าที่ส่งกำลังจากเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่ง

2.6) โซ่ (Chain) โซ่มีหน้าที่ส่งกำลังจากเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่ง

2.7) ข้อต่อ (Joint) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่สัมผัสกันของหุ่นยนต์

2.8) สปริง (Spring) สปริงเป็นชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่น ทำหน้าที่ได้หลายประเภท

2.9) ข้อต่อสวมเพลลา (Coupling) ข้อต่อสวมเพลลาเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งถ่ายแรงบิดระหว่างเพลลาสองเพลลา

2.3.3 การออกแบบส่วนวงจรขับหรือส่วนไดรฟ์เวอร์ของหุ่นยนต์

1.) ส่วนวงจรขับหรือส่วนไดรฟ์เวอร์ เนื่องจากภาคคอนโทรลจะส่ง เอาท์พุท เพื่อไปควบคุม เมคคานิก ในระบบสัญญาณดิจิทัล ซึ่งมีแรงดันและกระแสต่ำ ไม่เพียงพอที่จะขับเมคคานิกได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องผ่านไดรฟ์เวอร์เพื่อขยายสัญญาณในการขับ

2.) อุปกรณ์ขับเร้า แอคทูเอเตอร์ (Actuator) คือ อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าให้กลายเป็นการกระจัด การเคลื่อนที่ หรือแรง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบนิวแมติกส์ และระบบไฮดรอลิกส์

2.1) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ทำหน้าที่เป็นตัวขับให้กลไกต่างๆของหุ่นยนต์เคลื่อนไหว

2.2) สเตปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) ใช้งานควบคุมทิศทางการหมุนตามตำแหน่งที่ต้องการได้

2.3) เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมให้ทำงานเฉพาะตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งได้

2.4) ชุดขับมอเตอร์ (Motor Driver) เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้มอเตอร์เกิดการหมุน

2.5) ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic) โดยใช้แรงดันของอากาศเป็นตัวขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นพลังงานกล

2.6) ระบบไฮดรอลิกส์ (Hydraulic) โดยใช้แรงดันของเหลวเป็นตัวขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นพลังงานกล

2.3.4 การออกแบบส่วนแหล่งจ่ายไฟของหุ่นยนต์

ส่วนแหล่งจ่ายไฟ โดยทั่วไปจะมีแหล่งจ่ายไฟอย่างน้อย 2 ชุด คือ ภาจ่ายไฟให้กับส่วนคอนโทรล และภาจ่ายไฟให้กับส่วนเมคคานิค

2.3.5 การออกแบบส่วนการตรวจจับหรือเซนเซอร์ของหุ่นยนต์

1.) ส่วนการตรวจจับหรือส่วนเซนเซอร์ เป็นส่วนที่สำคัญในการตรวจจับหาสถานะต่างๆ และตำแหน่งของตัวเอง โดยใช้วัสดุอื่นอ้างอิงในการตรวจจับ เช่น วัตถุต่าง ๆ เหล็ก พลาสติก หรือ สีต่าง ๆ

2.) อุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic) คือ อุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณทางระบบไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ตรวจจับ วงจรขับต่างๆ และอุปกรณ์แสดงผล

2.1) อุปกรณ์ตรวจจับ เซ็นเซอร์ (Sensor) ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของตัวแปรต่างๆ ใช้ในการรับค่า (Input) ปริมาณทางฟิสิกส์ (Physic)

2.2) เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) มีความสำคัญมากใช้ในการวัดมุมเพลลาของมอเตอร์

2.3) อุปกรณ์แสดงผล (Output Device) อุปกรณ์ที่ใช้แสดงค่า (Output) สถานะต่างๆ ของหุ่นยนต์ให้มนุษย์ทราบ

2.3.6 การออกแบบส่วนควบคุมหรือส่วนคอนโทรลของหุ่นยนต์

ส่วนควบคุมหรือส่วนคอนโทรล (Controller) คือสมองกลที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องควบคุมขนาดเล็ก คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

1.) สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

3.) คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป (SBC : Single Board Computer)

4.) คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC : Personal Computer)

5.) พีแอลซี (PLC : Programmable Logic Controller)

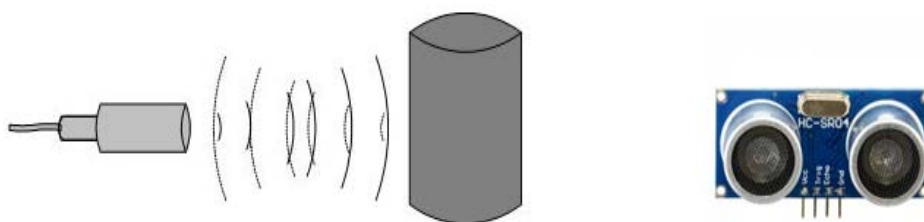
- 6.) การควบคุมหุ่นยนต์แบบใช้สายสัญญาณ
- 7.) การควบคุมหุ่นยนต์แบบไม่ใช้สายสัญญาณ : ไร้สาย (Wireless)
- 8.) การควบคุมหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ

2.4 อุปกรณ์ตรวจจับและอุปกรณ์สัญญาณไร้สาย

2.4.1 อุปกรณ์ตรวจจับหรืออุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ โดยอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซนเซอร์ สามารถกำเนิดสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสิ่งที่ต้องการตรวจจับได้ โดยการแปลงสัญญาณทางด้านอินพุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางด้านเอาต์พุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อป้อนให้กับระบบหรือกระบวนการ แล้วนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป อาจกล่าวได้ว่าเซนเซอร์ คือ ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในบางครั้งจึงมีการเรียกเซนเซอร์ว่าทรานสดิวเซอร์หรือเรียกทรานสดิวเซอร์ว่าเซนเซอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และลักษณะการประยุกต์ใช้งานที่ต้องการวัด (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนวกัทรรา หนูนาถ, 14 เมษายน 2562)

อุปกรณ์เซนเซอร์ได้พัฒนารูปแบบการตรวจจับได้หลายลักษณะ เช่น การวัดแสง การวัดอุณหภูมิ การวัดการไหลของน้ำหรือลม การวัดเสียงและการวัดการสัมผัส ตัวอย่างอุปกรณ์เซนเซอร์ดังนี้

1.) อุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic) เป็นเซนเซอร์ชนิดใช้คลื่นความถี่หรือเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) เป็นเซนเซอร์ ที่ทำงานโดยอาศัยคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรต์ (KHz) ซึ่งเป็นคลื่นในย่านที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียง เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิกทำงานโดยอาศัยการกระจายหรือการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงไปกระทบกับพื้นผิวของตัวกลาง ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลว บางส่วนของคลื่นเสียงจะแทรกผ่านเข้าไปในตัวกลางนั้นและส่วนใหญ่ของคลื่นความถี่สูงนี้จะสะท้อนกลับเรียกว่า echo โดยช่วงเวลาของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะห่างระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์ (รูปที่ 2-12)



(ก) การส่งสัญญาณของอุปกรณ์อัลตราโซนิก (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์เซนเซอร์อัลตราโซนิก

รูปที่ 2-12 การส่ง-รับสัญญาณของเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก

ทิมา (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนวกัทธา หนูนา, 14 เมษายน 2562)

2.) อุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Optical Sensor) หรือ โฟโต้เซนเซอร์ (Photo Sensor) โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุและการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสงลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสงส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สถานะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไปมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ

2.1) ตัวส่งแสง (Emitter) จะใช้ LED (Light Emitting Diode) ซึ่งเป็นไดโอดเปล่งแสงประเภทหนึ่งที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าสามารถแบ่งประเภทของ LED ตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนวกัทธา หนูนา, 14 เมษายน 2562)

2.1.1) LED แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้

2.1.2) LED แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงินและสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี

2.1.3) LED แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

2.2) ตัวรับแสง (Receiver) จะใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิด ถ้าได้รับแสงจากไดโอด (ส่วนสวิตช์จะปิด) ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและถ้าโฟโตทรานซิสเตอร์ไม่ได้รับแสงหรือถูกปิดแสงที่ส่งมายังขาเบส (ส่วนสวิตช์จะเปิด) ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน ตัวอย่างเซนเซอร์ชนิดใช้แสงดังรูปที่ 2-13



(ก) โครงสร้างภายในเซนเซอร์ชนิดใช้แสง (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดใช้แสง

รูปที่ 2-13 โครงสร้างเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor)

ที่มา (Spikenzielabs, 20 December 2018)

3.) เซนเซอร์ชนิดตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) หรือเรียกว่า เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ คือ เซนเซอร์เพื่อการรับรู้หรือตรวจจกระดับอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นเซนเซอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ ทั้งในงานอุตสาหกรรมเครื่องเย็น ด้านเกษตรกรรมด้านอาหารและและเครื่องดื่ม ด้านยารักษาโรคและอื่น ๆ อีกมากมาย ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดที่มีคุณสมบัติหลายอย่าง (MultiSensor) ทั้งนี้เพื่อตรวจวัดความสบาย (Comfort Sensor) โดยการนำเอาเซนเซอร์หลายชนิดรวมเข้าด้วยกัน เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้นและเซนเซอร์วัดการไหลเวียนของอากาศ (ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (Thai Microelectronics Center : TMEC), 1 พฤษภาคม 2562)

ประเภทของเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดอุณหภูมินั้นที่พบเห็นอยู่จะจัดอยู่เป็น 2 ลักษณะตามหลักการใช้งาน ดังนี้

3.1) Contact คือ เป็นแบบที่ใช้ในการสัมผัสของตัวเซนเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ เช่น เซนเซอร์ที่วัดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศเครื่องฟักไข่เตาอบหรือหม้อน้ำรถ

3.2) Non-contact คือ เป็นแบบที่ใช้หลักการของอินฟราเรด (Infrared) โดยไม่สัมผัสกับวัตถุที่จะวัดอุณหภูมิ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดแบบปืนที่ใช้วัดไข้และตัวร้อนของแพทย์ (รูปที่ 2-14)



รูปที่ 2-14 ตัวอย่างเซนเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor)
 ที่มา (บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด, 4 มีนาคม 2562)

4.) เซนเซอร์ชนิดตรวจวัดการไหลของน้ำหรือลม

เซนเซอร์ชนิดตรวจวัดการไหลของน้ำหรือลมเป็นเครื่องมือสำหรับการวัดการไหล (Flow) โดยเครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจวัดอัตราการไหลของของเหลวทุกชนิดที่สามารถไหลหรือเคลื่อนที่ได้ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำหรือของเหลวทุกชนิด (Liquid Flow) เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Air Flow) และเครื่องวัดอัตราการไหลของแก๊ส (Gas Flow)

ตัวตรวจวัดที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำโดยเฉพาะ ในตัวของมันประกอบด้วย โรเตอร์หรือแกนหมุนสำหรับรับน้ำที่มีแม่เหล็กชิ้นเล็ก ๆ ติดอยู่และตัวตรวจวัดฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall Effect) ซึ่งบรรจุอยู่ในตัวถังพลาสติกซึ่งผลิตจากไนลอนและไฟเบอร์ที่มีข้อต่อสำหรับทางน้ำเข้าและทางน้ำออก (รูปที่ 2-15 (ก)) เมื่อน้ำไหลเข้ามาในตัวตรวจวัด แกนหมุนที่อยู่ภายในจะหมุน ทำให้แม่เหล็กที่ติดอยู่กับใบพัดของแกนหมุนนั้นเกิดการเคลื่อนที่ผ่านตัวตรวจวัดฮอลล์เอฟเฟกต์ ทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ซึ่งจะมีอัตราตามความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลเข้ามาในตัวตรวจวัด

เครื่องมือวัดการไหล (Flow) มักถูกนำมาใช้กับงานอุตสาหกรรม ภายในขั้นตอนการผลิต เพื่อวัดหรือควบคุมอัตราการไหลให้เป็นไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการปฏิบัติงาน โดยในการเลือกเครื่องมือวัดการไหล (Flow) ต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการใช้งานเป็นหลัก



(ก) ชุดวัดการไหลของของเหลว

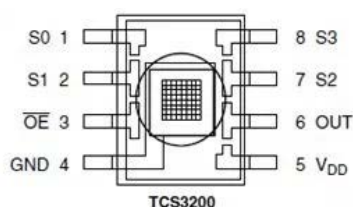


(ข) ชุดวัดอัตราการไหลของอากาศ

รูปที่ 2-15 ตัวอย่างเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดการไหลของของเหลวและอากาศ
ที่มา (บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด, 4 มีนาคม 2562)

5.) เซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี

เซนเซอร์ตรวจจับค่าสี (Colour Sensor) หมายถึง อุปกรณ์ที่ตรวจวัดค่าสีหรือแยกสี ใช้แยกค่าสีที่อยู่หน้าเซนเซอร์ ค่าเอาต์พุตที่อ่านได้ออกมาเป็นค่า R, G, B (RED : GREEN : BLUE) นิยมใช้สำหรับตรวจจับสีวัตถุในที่มีด การใช้งานสำหรับงานอุตสาหกรรมเพื่อตรวจสอบสินค้าที่ผลิต การคัดแยกตามกลุ่มสีตัวแยกความถี่ของแสง โดยใช้โฟโตไดโอด (Photodiodes) การแปลงแสงเป็นความถี่ที่อ่านได้จากค่าโฟโตไดโอดสามารถอ่านสี แดง เขียว ฟ้า แสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง ซึ่งค่าที่อ่านมาได้จะเป็นค่าความถี่ของแสง แดง เขียว ฟ้า โดยควบคุมจากขา S2 และ S3 และขาเอาต์พุตจะให้ออกมาเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมเป็นความถี่ที่อ่านได้จากเซนเซอร์แสงโดยตรง ตัวอย่างเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับการวัดค่าสีได้แก่ โมดูล TCS3200 Color Recognition Sensor Module ดังรูปที่ 2-16



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2-16 ตัวอย่างเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โมดูล TCS3200
ที่มา (RandomNerdTutorials, 7 June 2019)

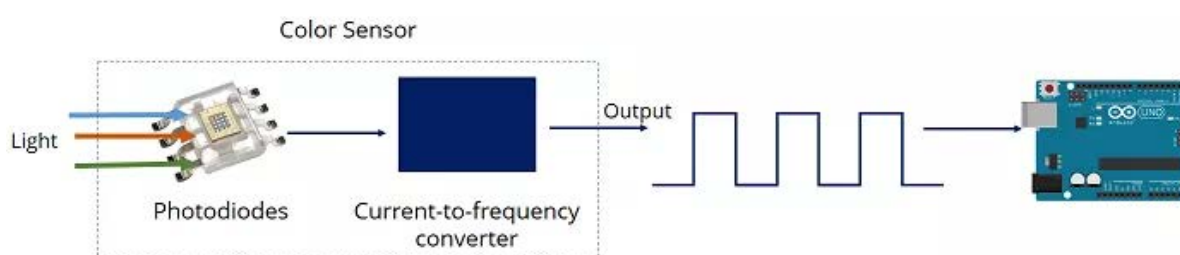
จากรูปที่ 2-16 (ก) แสดงตัวอย่างเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โดยมีโครงสร้างการตรวจวัดสีประกอบไปด้วย ตำแหน่งขา S0 และ ขา S1 ควบคุมการขยายความเข้มของค่าความถี่สำหรับการอ่านค่าสี 2% 20% และ 100% ตำแหน่งขา S2 และ S3 ควบคุมสถานะค่าอินพุตตัวเซนเซอร์วัดค่าสี ตำแหน่งขา OUT เป็นเอาต์พุตแสดงค่าความถี่สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

รูปที่ 2-16 (ข) แสดงรูปร่างโมดูล TCS3200 เมื่อนำไปประกอบกับอุปกรณ์อื่นเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ส่วนอื่นให้ครบได้แก่ แรงดันไฟฟ้า สายดินและขา (Enable for Output Frequency (Active Low)) ตำแหน่งขาและหน้าที่แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แสดงตำแหน่งขาและหน้าที่ของเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โมดูล TCS3200

Pin Name	I/O	Description
GND (4)		Power supply ground
OE (3)	I	Enable for output frequency (active low)
OUT (6)	O	Output frequency
S0, S1(1,2)	I	Output frequency scaling selection inputs
S2, S3(7,8)	I	Photodiode type selection inputs

ที่มา (RandomNerdTutorials, 7 June 2016)



รูปที่ 2-17 การทำงานเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โมดูล TCS3200

ที่มา (Random Nerd Tutorials, 7 June 2019)

จากรูปที่ 2-17 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์ชนิดตรวจวัดค่าสี โมดูล TCS3200 เข้ากับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้ใช้บอร์ดยูนี (Arduino) เป็นอุปกรณ์รับค่าด้านอินพุตจากเซนเซอร์ เมื่อมีสัญญาณที่ส่งจากชุดเซนเซอร์วัดค่าสี โมดูล TCS3200 เป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมเข้าไปยังบอร์ดยูนี โดยค่าของสัญญาณที่เข้าไปที่ตัวบอร์ดยูนีสามารถกำหนดได้ว่าสีที่รับค่าไปนั้นจะเป็นสีอะไร โดยกำหนดที่ขา S2 และ S3 ได้จากการเทียบค่าในตารางที่ 2-2 ดังนี้

ตารางที่ 2-2 แสดงการเทียบสัญญาณจากขา S2 และ S3 ของเซนเซอร์โมดูล TCS3200

Photodiode type	S2	S3
Red	LOW	LOW
Blue	LOW	HIGH
No filter (Clear)	HIGH	LOW
Green	HIGH	HIG

ที่มา (RandomNerdTutorials, 7 June 2019)

2.4.2 อุปกรณ์สัญญาณไร้สาย

การสื่อสารข้อมูลไร้สายเป็นองค์ประกอบสำคัญของการประมวลเคลื่อนที่ เทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้มีความหลากหลายแตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น ครอบคลุมและประสิทธิภาพ ในบางสถานการณ์ที่หลายๆผู้ใช้งานจะต้องสามารถที่จะเชื่อมต่อได้หลายประเภทและหลายเครือข่าย เพื่อทำให้ง่ายขึ้น ซอฟต์แวร์จัดการการเชื่อมต่อจะต้องถูกนำมาใช้ หรือ VPN เคลื่อนที่ เพื่อรับมือกับการเชื่อมต่อหลายประเภทเหมือนกับเป็นเครือข่ายเสมือนที่มีการรักษาความปลอดภัยอย่างดี

1.) เทคโนโลยีที่สนับสนุนการสื่อสารไร้สายได้แก่

1.1) Wi-Fi เป็นเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายที่ช่วยให้อุปกรณ์การคำนวณแบบพกพาสามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้อย่างง่ายดาย ในขณะที่มาตรฐาน IEEE 802.11 b, g, n, Wi-Fi ให้ความเร็วเท่ากับบางชนิดของสายอีเธอร์เน็ต Wi-Fi ได้กลายเป็นมาตรฐานสำหรับการเข้าถึงในบ้านส่วนตัว ภายในสำนักงานและที่ฮอตสปอตสาธารณะ บางธุรกิจลูกค้าเสียค่าใช้จ่ายค่าบริการรายเดือนเพื่อใช้บริการขณะที่บางธุรกิจได้เริ่มเสนอให้ฟรีในความพยายามที่จะขายสินค้าของพวกเขา

1.2) บริการข้อมูลมือถือที่จะใช้ได้ภายในระยะ 10-15 ไมล์จากเซลล์ไซต์ที่ใกล้ที่สุด ความเร็วได้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทคโนโลยีมีการพัฒนา จากเทคโนโลยีก่อนหน้านี้เช่น GSM, CDMA และ GPRS ไปเป็นเครือข่าย 3G เช่น W-CDMA, EDGE หรือ CDMA2000

1.3) การสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมอาจจำเป็นต้องใช้ในกรณีที่การเชื่อมต่อไร้สายอื่นๆ ไม่สามารถใช้ได้ เช่นในพื้นที่ชนบทส่วนใหญ่ หรือสถานที่ห่างไกล การสื่อสารผ่านดาวเทียมมีความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการขนส่ง การบิน การใช้งานเกี่ยวกับการเดินเรือและการทหาร

2.) เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายในปัจจุบัน

2.1) Bluetooth เป็นเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจาก Bluetooth Special Interest Group (www.bluetooth.com) ซึ่งก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 1998 โดยบริษัทชั้นนำอย่าง Intel Nokia และ Toshiba เทคโนโลยีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการส่งข้อมูลระยะทางสั้น ซึ่งมีรัศมีประมาณ 10 เมตรโดยที่อุปกรณ์ต่อพ่วงจะต้องมีตัวส่งสัญญาณ Bluetooth อยู่ข้างใน เพื่อใช้ส่งสัญญาณโดยจะใช้คลื่นวิทยุเป็น ตัวส่งสัญญาณ แต่หากระยะทางการส่งมีสิ่งกีดขวางก็จะไม่สามารถส่งสัญญาณไปหาตัวอุปกรณ์หลักได้ ดังนั้น เทคโนโลยีนี้จึงเหมาะจะใช้กับอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ใช้ทำงานร่วมกันในระยะทางใกล้

2.2) IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE 802.11 คือ มาตรฐานของการรับ – ส่งข้อมูล โดยอาศัยคลื่นความถี่เป็นเงินเนอเรนซ์ต่อไปของ Wi-Fi มาตรฐาน IEEE 802.11a เป็นมาตรฐานแรกที่ได้รับการประกาศออกมา โดยอาศัยการส่งข้อมูลในช่วงคลื่น 5 GHz ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ที่สูง ทำให้ความเร็วในการส่งข้อมูลสูงตามไปด้วยโดยมีความสามารถในการรับ – ส่งข้อมูลได้สูงสุดที่ 54 Mbps แต่ในช่วงแรกบางประเทศไม่อนุญาตให้ใช้งาน เนื่องจากคลื่นความถี่ 5 GHz นั้น ไม่ใช้ความถี่สาธารณะ จำเป็นต้องได้รับอนุญาตเสียก่อน

มาตรฐาน IEEE 802.11b เป็นมาตรฐานที่ออกมาพร้อมกับ 802.11a เพียงแต่ใช้คลื่นความถี่ที่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ที่ต่ำกว่า 802.11a จึงทำให้มีความเร็วในการรับ – ส่งข้อมูลที่ช้ากว่าโดยมีความสามารถในการรับ *ส่งสูงสุดที่ 11 Mbps เท่านั้น แต่เนื่องจากคลื่นความถี่ 2.4 GHz เป็นคลื่นความถี่สาธารณะ จึงสามารถนำไปใช้งานได้ในทุกๆ ประเทศ โดยไม่จำเป็นต้องขออนุมัติก่อนแต่เนื่องจากเป็นคลื่นความถี่สาธารณะ ดังนั้นอุปกรณ์ไร้สายอื่น ๆ จึงใช้คลื่นความถี่นี้เช่นเดียวกันเลยทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกันได้ง่ายมาก ทำให้ประสิทธิภาพของมาตรฐานนี้จึงถูกทดแทนด้วยปัจจัยจากสภาพแวดล้อม

มาตรฐาน IEEE 802.11g เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจาก 802.11b โดยยังคงใช้คลื่นความถี่ 2.4 GHz แต่มีความเร็วในการรับ – ส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นอยู่ที่ระดับ 54 Mbps หรือเท่ากับมาตรฐาน 802.11a เพียงแต่ว่าความถี่ 2.4 GHz ยังคงเป็นคลื่นความถี่สาธารณะอยู่เหมือนเดิม ดังนั้นจึงยังมีปัญหาเรื่องของการรบกวนจากอุปกรณ์ที่ใช้คลื่นความถี่เดียวกันอยู่ดี

2.3) Wireless Access Protocol(WAP)

WAP หรือ Wireless Application Protocol คือมาตรฐานกำหนดวิธีในการเข้าถึงข้อมูล และบริการอินเทอร์เน็ตของอุปกรณ์ไร้สายเช่น โทรศัพท์มือถือและเครื่อง PDA วิธีการเข้าถึงข้อมูลของ WAP มีลักษณะการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตของคอมพิวเตอร์ทั่วไป กล่าวคืออุปกรณ์พกพาจะมีซอฟต์แวร์เบราว์เซอร์ซึ่งจะเชื่อมต่อเข้ากับเกตเวย์ของ WAP (ซอฟต์แวร์ ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ฝั่งผู้ให้บริการ

ระบบเครือข่ายซึ่งจะมีการส่งผ่านข้อมูลในเครือข่ายไร้สาย) และร้องขอข้อมูลจากเว็บเซิร์ฟเวอร์บนอินเทอร์เน็ต ผ่านทาง URL ปรกติ โดยที่ข้อมูลสำหรับอุปกรณ์ไร้สายนี้สามารถเก็บไว้ในเว็บเซิร์ฟเวอร์เครื่องใดก็ได้บนอินเทอร์เน็ต

2.4) Global Positioning System(GPS)

GPS (Global Positioning System) เป็นระบบเดียวในปัจจุบัน ที่สามารถ แสดงตำแหน่งที่อยู่ ที่แน่นอนว่าอยู่ ณ. ตำแหน่งใด บนพื้นโลกได้ทุกเวลา ทุกสภาพอากาศ ระบบนี้มีดาวเทียม 24 ดวง หมุนอยู่รอบโลก อยู่สูงขึ้นไป 11,000 nautical miles หรือประมาณ 20,200 kms. จากพื้นโลก ดาวเทียมเหล่านี้จะคอยส่งสัญญาณให้กับเครื่องลูกข่าย เพื่อบอกพิกัด ตำแหน่ง บนผิวโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยในช่วงแรกการใช้งานนั้น GPS จะถูกจำกัดอยู่ในทางการทหาร แต่ต่อมาทางสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นผู้สร้างและดูแลเครือข่ายดาวเทียมเหล่านี้ได้มีการให้ใช้งานในวงกว้างขึ้น

2.5) เทคโนโลยี 3G

3G เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาต่อเนื่องจากยุคที่ 2 และ 2.5 ซึ่งเป็นยุคที่มีการให้บริการระบบเสียง และ การส่งข้อมูลในขั้นต้น ทั้งยังมีข้อจำกัดอยู่มาก การพัฒนาของ 3G ทำให้เกิดการให้บริการมัลติมีเดียและส่งผ่านข้อมูลในระบบไร้สายด้วยอัตราความเร็วที่สูงขึ้นมีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายของ 3G ตลอดเวลาที่เราเปิดเครื่องโทรศัพท์ (Always On) นั่นคือไม่จำเป็นต้องต่อโทรศัพท์เข้าเครือข่าย และ Log-In ทุกครั้งเพื่อใช้บริการรับส่งข้อมูล

2.6) เทคโนโลยี 4G

เทคโนโลยี 4G เป็นเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ หรือเป็นเส้นทางด่วนสำหรับข้อมูลที่ไม่ต้องอาศัยการลากสายเคเบิล โดยระบบเครือข่ายใหม่นี้ จะสามารถใช้งานได้แบบไร้สาย รวมถึงคุณสมบัติการเชื่อมต่อเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ (Three-Dimensional) ระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์ด้วยตนเอง นอกจากนั้น สถาบันฐาน ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง (บทที่ 9 การสื่อสารไร้สาย, 21 มีนาคม 2562)

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

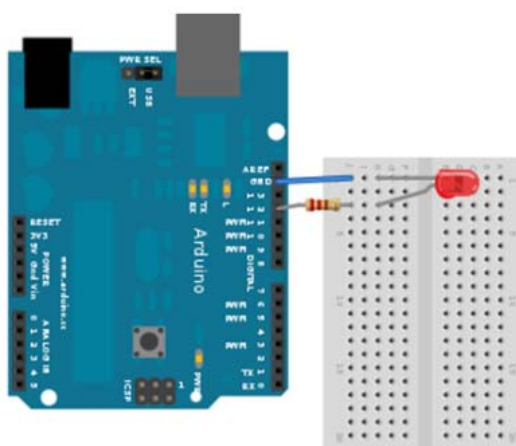
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

Arduino อ่านว่า อา-ดู-อิ-โน้ หรือ อาดูยโน้ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย (บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)

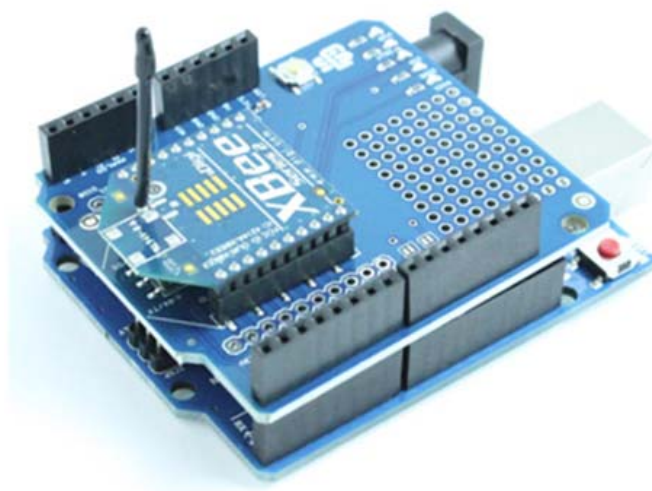


รูปที่ 2-18 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO
ที่มา (บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)

ความสะดวกของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด รูปที่ 2-30 หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ รูปที่ 2-31 เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



รูปที่ 2-19 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับหลอด LED
ที่มา (บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)



รูปที่ 2-20 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับบอร์ดเสริม XBee Shield
(ที่มา : บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยมมีดังนี้ (บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)

1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
3. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. ราคาไม่แพง
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

ตำแหน่ง Layout & Pin out Arduino Board (Model : Arduino UNO R3) มีดังนี้

1. USB Port : ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button : เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/O Port : Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin 0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port : Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

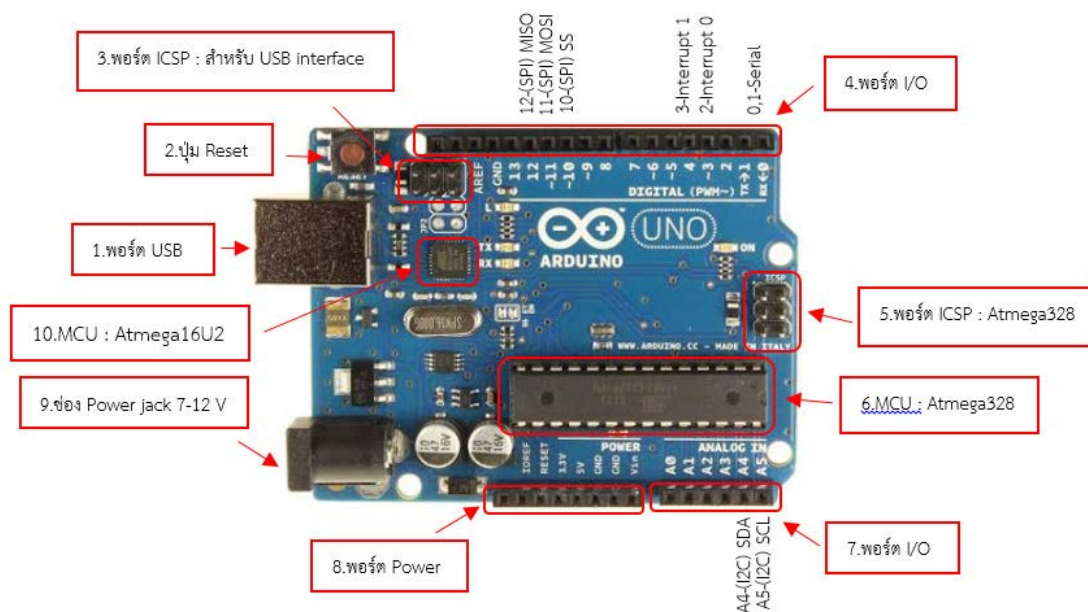
6. MCU : Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/O Port : นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port : ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3V, +5V, GND, V_{in}

9. Power Jack : รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

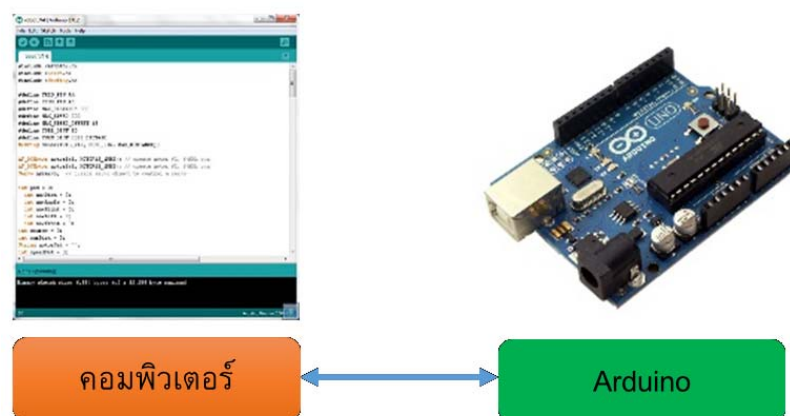
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2



รูปที่ 2-21 ตำแหน่ง Layout & Pin out Arduino Board
ที่มา (บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)

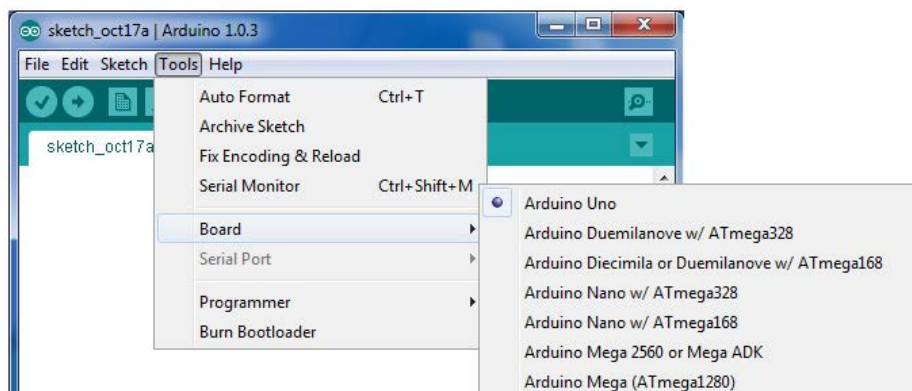
2.5.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ผู้เขียนต้องทำการเชื่อมต่อให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับบอร์ด Arduino และกำหนดพอร์ตเชื่อมต่อให้เรียบร้อยก่อนการเขียนโปรแกรม จะมีขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นดังนี้

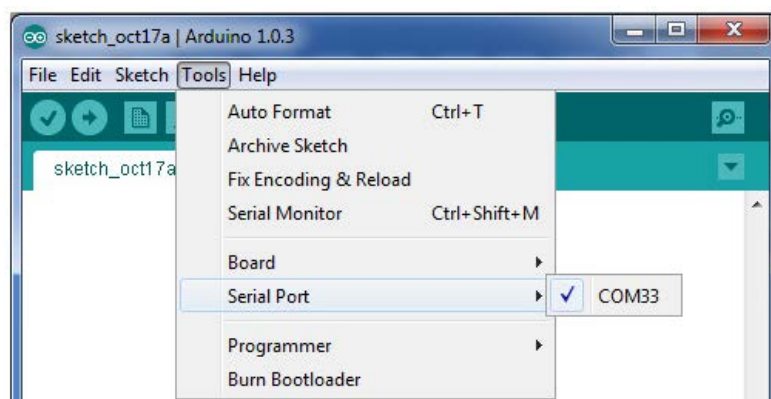


รูปที่ 2-22 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์
ที่มา (บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)

- 1.) เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
- 2.) หลังจากเขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port

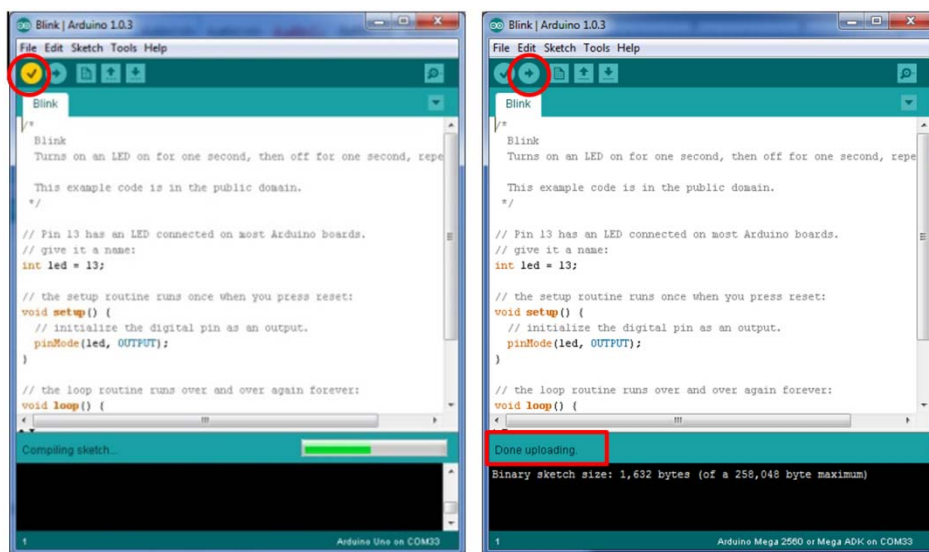


รูปที่ 2-23 การเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino ที่ต้องการ Upload หลังจากการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 2-24 การเลือกหมายเลขพอร์ตของบอร์ด Arduino ที่ใช้สำหรับการ Upload

- 3.) หลังจากเลือกเสร็จให้กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพอร์ตและหลังการเขียนโค้ดโปรแกรมเสร็จทำการ Compile จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



ก)

ข)

รูปที่ 2-25 เลือกตรวจสอบการตั้งค่า

ก) ตรวจสอบการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อบอร์ด Arduino

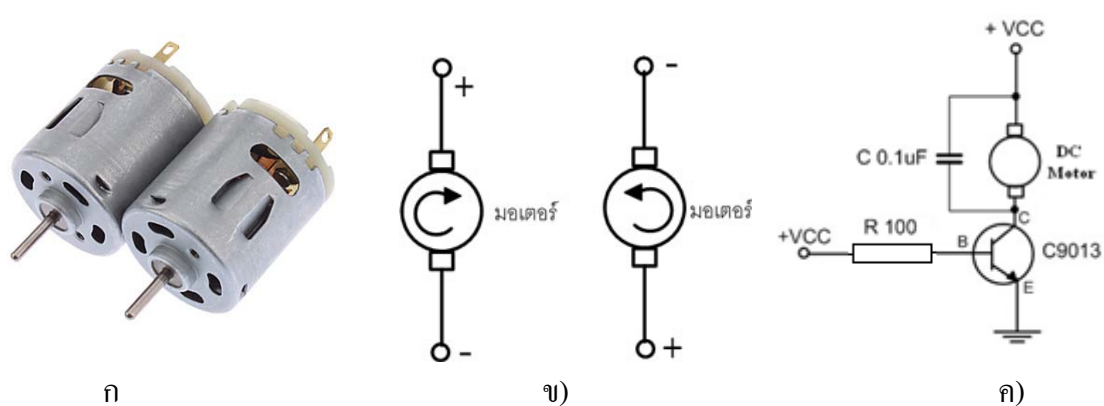
ข) การ Upload โค้ดโปรแกรม

ที่มา (บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, 1 มีนาคม 2562)

2.6 ชุดวงจรขับมอเตอร์

2.6.1 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงหรือ DC Motor ส่วนประกอบมอเตอร์กระแสตรงนั้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ โรเตอร์ (Rotor) คือส่วนที่หมุนได้แก่แม่เหล็กและสเตเตอร์ (Stator) คือส่วนที่เป็นขดลวดที่สร้างสนามแม่เหล็ก หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงคือเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวด เกิดสนามไฟฟ้าที่ขดลวดและมาตัดผ่านสนามแม่เหล็กก็มีแรงผลักทำให้เกิดการหมุนของแกนโรเตอร์ ตัวอย่างมอเตอร์กระแสตรงแสดงในรูปที่ 2-26



รูปที่ 2-26 มอเตอร์กระแสตรง

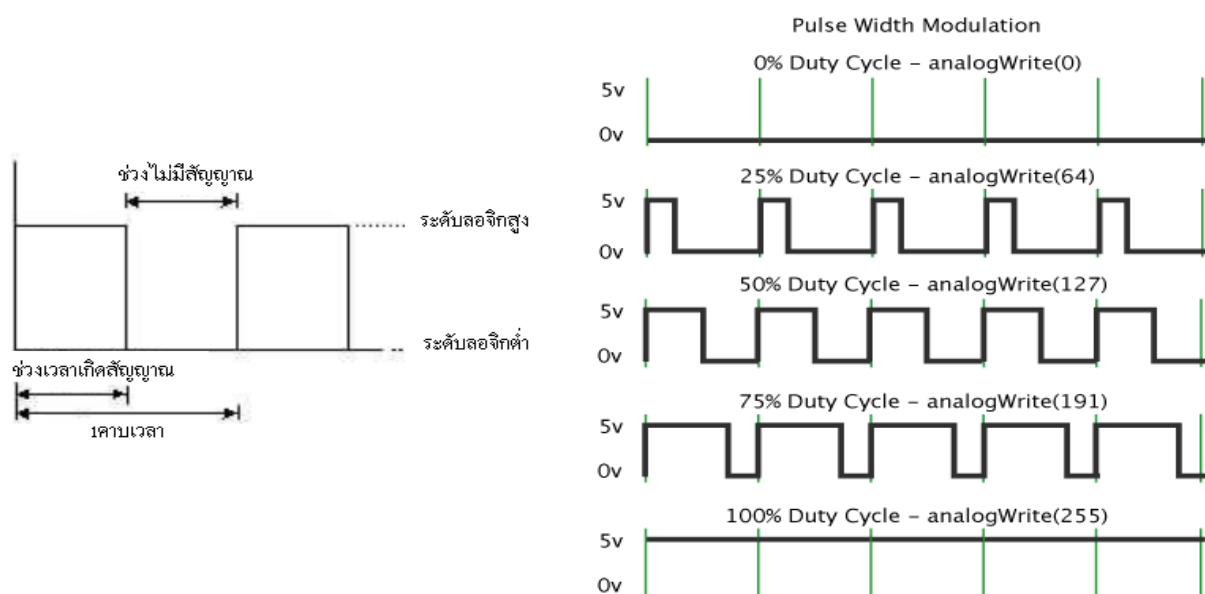
ก) ตัวอย่างมอเตอร์กระแสตรง

ข) การควบคุมการหมุนมอเตอร์

ค) วงจรขับมอเตอร์

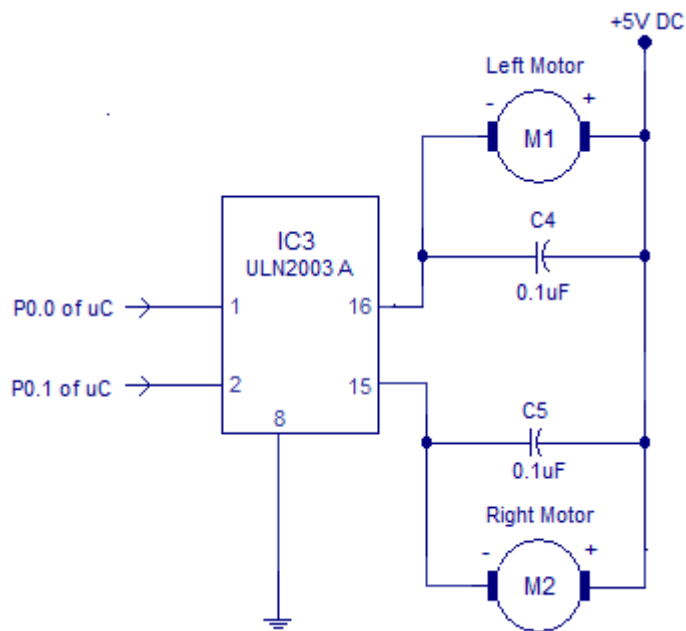
ที่มา (มอเตอร์กระแสตรง, 11 เมษายน 2556)

การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีพื้นฐานทั่วไปเช่น ปรับปริมาณกระแส แรงดัน ที่ป้อนให้กับมอเตอร์กระแสตรง (ขจร อนุดิษฐ์, 2550 : 201-203) แต่เมื่อความเร็วเปลี่ยนแปลงสูง-ต่ำ ก็จะส่งผลทำให้แรงบิดที่ได้เปลี่ยนแปลงสูง-ต่ำไปด้วย ดังนั้นจึงมีการควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงเพื่อให้แรงบิดคงที่ด้วยวิธีการ มอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) ค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วนความกว้างของสัญญาณพัลส์แทน หรือการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดีวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) ซึ่งค่าดีวตี้ไซเคิลก็คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิก “1” โดยคิดสัดส่วนเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 2-27



รูปที่ 2-27 ความกว้างของพัลส์ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ดีวตี้ไซเคิลแบบต่าง ๆ

ที่มา (PWM, 21 July 2019)



รูปที่ 2-28 การควบคุมการหมุนมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาและหมุนทวนเข็มนาฬิกา

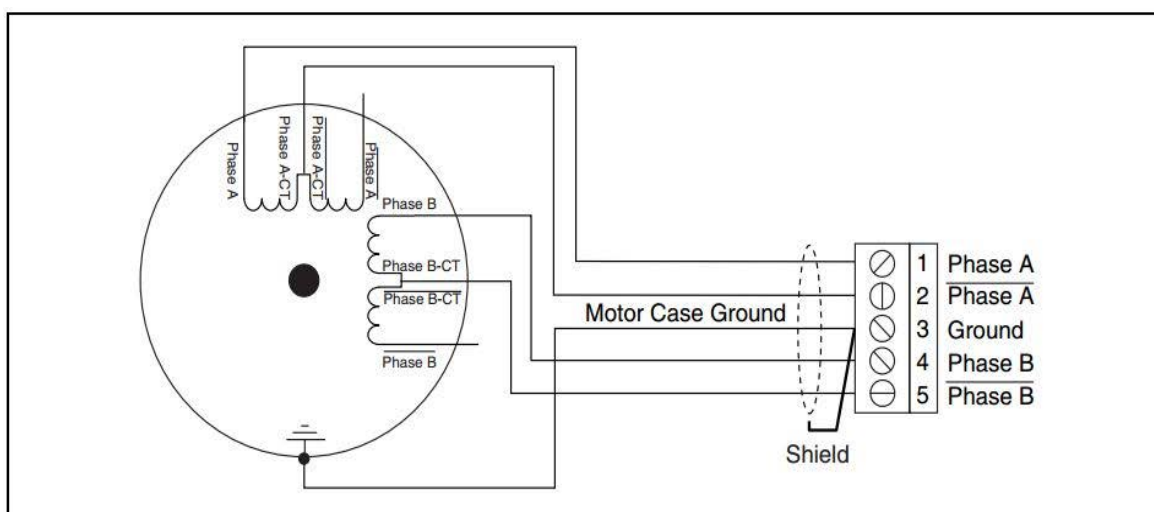
ที่มา (Interfacing DC motor to 8051, 4 June 2019)

2.6.2 การควบคุมสเตปปีงมอเตอร์

สเตปปีงมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถควบคุมการหมุนเป็นสเต็ป (ขั้นๆ) ได้โดยความละเอียดในการหมุนจะคิดเป็นองศาต่อ 1 สเต็ป (1 รอบคือ 360 องศา) ในการควบคุมจะใช้พัลส์เป็นตัวควบคุมการหมุน ภายในสเตปปีงมอเตอร์ประกอบด้วยโรเตอร์เป็นเหล็กอ่อนซึ่งมีคุณสมบัติที่จะพยายามปรับตัวเองให้อยู่ในแนวที่เส้นแรงแม่เหล็กผ่านมากที่สุดโดยการหมุนตัวเองทำให้เกิดมุมการหมุนขึ้นและมอเตอร์จะหยุดหมุนเมื่อถึงจุดที่เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านตัวมันมากที่สุด ตัวอย่างสเตปปีงมอเตอร์ แสดงรูปที่ 2-29 – 2-30

ข้อดีของสเต็ปเปอร์มอเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง

- 1.) สเตปปีงมอเตอร์สามารถใช้ควบคุมตำแหน่งในลักษณะวงจรควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control) ได้โดยไม่ต้องการสัญญาณป้อนกลับ (Feedback Signal) แต่อาศัยการนับจำนวนของพัลส์ที่ส่งไปควบคุมการหมุนแทน
- 2.) ไม่มีส่วนของแปรงถ่านที่จะสึกหรอและไม่เกิดการสปาร์ก (Spark) ที่แปรงถ่านซึ่งอาจก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน (อดิศักดิ์ ชิมะวงศ์, 2552)



รูปที่ 2-29 ส่วนประกอบภายในสเตปปีงมอเตอร์และตำแหน่งขา
ที่มา (National Instruments Corporation, 13 May 2019)



รูปที่ 2-30 แสดงตัวอย่างสเตปปีงมอเตอร์และชุดควบคุม
ที่มา (IMAGES SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 13 May 2019)

วิธีการขับสเตปปีงมอเตอร์ให้หมุนโดยการกระตุ้นเฟส มีวิธีการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเตปปีงมอเตอร์เป็นลำดับที่แน่นอน หากผู้ใช้ต้องการให้กระแสไหลในเฟสใด ๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้น ๆ เป็นสถานะลอจิก "1"

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

ก) แบบฟูสเต็ม 1 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

ข) แบบฟูสเต็ม 2 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

ค) แบบฮาลฟสเต็ป 2 เฟส

รูปที่ 2-31 ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบต่างๆ ของสเตปปีงมอเตอร์

ก) การกระตุ้นแบบฟูสเต็ม 1 เฟส

ข) การกระตุ้นแบบฟูสเต็ม 2 เฟส

ค) การกระตุ้นแบบฮาลฟสเต็ป 2 เฟส

ที่มา (อดิศักดิ์ ชินะวงศ์, 12 มิถุนายน 2562)

2.6.3 การกระตุ้นเฟสของสเตปป์มออยู๋ด้วยกัน 2 แบบ

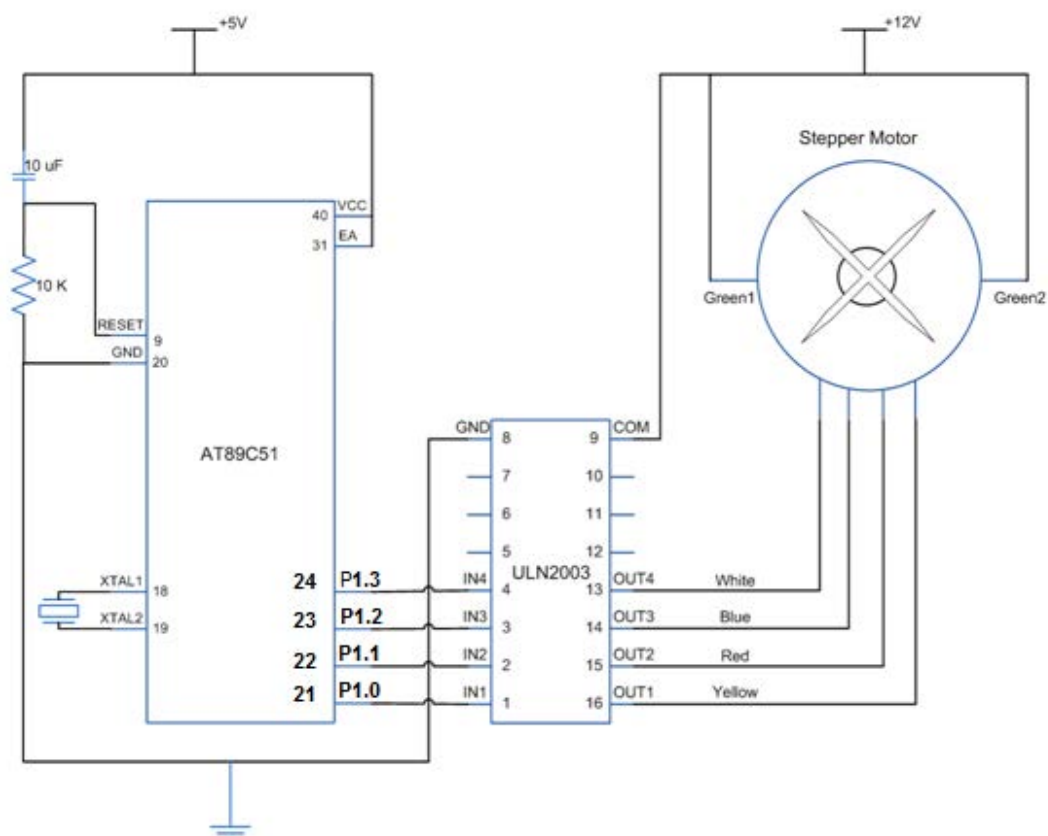
1.) การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเตปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

1.1) การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟแสดงดังรูปที่ 10.11 ก) จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเตปป์มอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแส ที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเตปป์มอเตอร์มีน้อย

1.2) การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 2 เฟส (Two-Phase Driver) แสดงดังรูปที่ 10.11 ข) เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเตปป์มอเตอร์พร้อมๆกันไปและจะกระตุ้นเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

2.) การกระตุ้นเฟส แบบฮาล์ฟสเตป (Half Step Motor) หรือ One-Two phase Driver คือการกระตุ้นเฟสแบบ ฟูลสเตป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แสดงดังรูปที่ 10.11 ค) แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเตปป์มีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ผู้ใช้งานจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของ สเตปป์เท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเตป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเตปป์ ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น(อดิศักดิ์ ชินะวงศ์, 12 มิถุนายน 2562)

การควบคุมสเตปป์มอเตอร์โดยการป้อนแรงดันตามเฟสในรูปที่ 2-31 อย่างมีลำดับต่อเนื่อง โดยกำหนดผ่านรีจิสเตอร์ P1.0-P1.3 ซึ่งอยู่ที่พอร์ต 1 ด้านล่าง ใช้สำหรับควบคุมวงจรชุดขับมอเตอร์จำนวน 4 เฟสตามจำนวนขดลวด การต่อวงจรทำได้ดังรูปที่ 2-32



รูปที่ 2-32 วงจรควบคุมการหมุนสเตปปีงมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่มา (Embedded Craft, 21 June 2019)

2.7 การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมหุ่นยนต์

การเขียนโปรแกรมภาษาซี ผู้เรียนต้องศึกษาโครงสร้างการเขียน รูปแบบการเขียน หน้าที่คำสั่งการทำงาน การใช้คำสั่งร่วม การแสดงค่า ได้แบ่งหัวข้อออกได้ดังนี้

คำสั่งพื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซี

2.7.1 คำสั่ง printf();

รูปแบบ int printf (“ข้อความ”,ข้อมูลตัวแปร);

Prototype in stdio.h

ตัวอย่างที่ 2.1 คำสั่ง printf();

```
#include<stdio.h>
```

```
void main()
```

```
{
```

```
    printf("Hello C");
```

```
}
```

ผลการรัน

Hello C

* เมื่อต้องการดูผลการ Run ให้กดปุ่ม Alt + F5

ตัวอย่างที่ 2.2 คำสั่ง printf();เพิ่มข้อความในช่องแสดงผล

```
#include<stdio.h>
```

```
void main()
```

```
{
```

```
    printf("Hello C ");
```

```
    printf("My Name is Sontaya Wanchai");
```

```
}
```

ผลการรัน

Hello C My Name is Sontaya Wanchai

การเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข

การเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไขเป็นลักษณะของการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อหาหนทางการทำงานที่ถูกต้องให้เป็นไปตามความต้องการของเงื่อนไขหรือของทิศทางการทำงานที่ต้องการ โดยผลของการ เปรียบเทียบข้อมูลหรือการทดสอบเงื่อนไขมีความเป็นไปได้ 2 ทิศทาง คือผลการเปรียบเทียบที่ให้ผล ค่าเป็นจริง (True) และผลการเปรียบเทียบที่ให้ผลค่าเป็นเท็จ (False) การเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไขจึงมีประโยชน์มากสำหรับคอมพิวเตอร์ในการตัดสินใจในทิศทางการทำงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ ตามทิศทางที่ต้องการได้ด้วยตัวเอง (คอนสัน ปงผาบ, 2553)

นิพจน์เงื่อนไข (Condition Expression) เป็นวิธีการหนึ่งในการกำหนดเงื่อนไขเปรียบเทียบข้อมูลอย่างง่ายในรูปแบบของประโยคคำสั่ง เพื่อหาทิศทางการทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วเก็บค่าที่ได้นั้นให้กับตัวแปร

```

ตัวแปร = (เงื่อนไขการเปรียบเทียบข้อมูล)
{
    ค่าที่ 1 ;
    ค่าที่ 2 ;
}

```

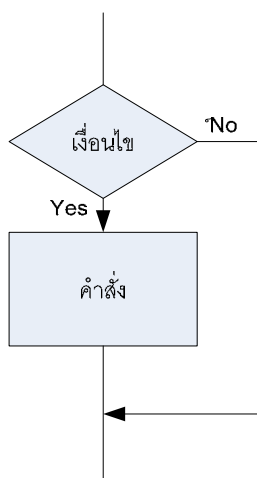
รูปที่ 2-33 นิพจน์เงื่อนไข
ทิมมา (ดอนสัน ปงผาบ, 2553)

โดยมีรายละเอียดดังนี้ ถ้าเงื่อนไขการเปรียบเทียบข้อมูลได้เป็นจริง ตัวแปรทางด้านซ้าย จะมีค่าเท่ากับค่าที่ 1 และถ้าเงื่อนไขการเปรียบเทียบข้อมูลได้เป็นเท็จ ตัวแปรทางด้านซ้ายจะมีค่าเท่ากับค่าที่ 2

2.7.2 การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชัน if

การเขียนโปรแกรมภาษาซีด้วยคำสั่งเงื่อนไข โดยคำสั่งแรกคือคำสั่ง if();

การทำงานทั่วไปของคำสั่ง if จะเป็นคำสั่งที่ใช้ในการตัดสินใจตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งขึ้น ในกรณีที่เงื่อนไขเป็นจริงจะกระทำตามคำสั่งในส่วนที่กำหนด ถ้าเงื่อนไขไม่เป็นจริงจะข้ามไปทำงานในส่วนคำสั่งถัดไปดังรูปที่ 2-34



รูปที่ 2-34 คำสั่ง if
ทิมมา (ดอนสัน ปงผาบ, 2553)

ตัวอย่างที่ 2.3 คำสั่ง if(); กรณีเงื่อนไขเป็นจริง

```
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
void main()
{
    int x; x=4;
    clrscr();
    printf("Program Condition : if ");
    if(x == 4)
    {
        printf("Data x = %d",x);
    }
    printf("\nEnd Program");
}
```

ผลการรัน

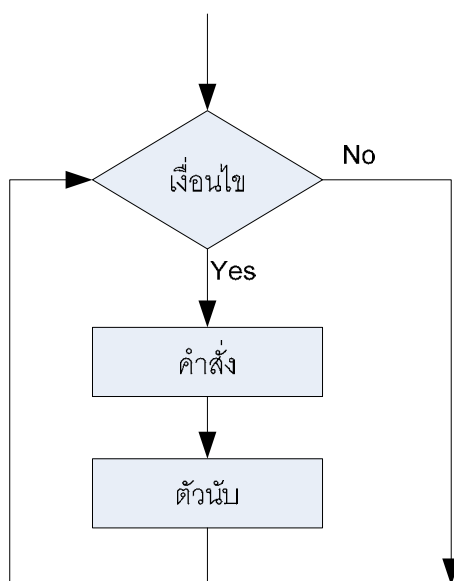
Program Condition : if

Data x=4

End Program

2.7.3 การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชัน while

การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชัน while(); การทำงานของคำสั่งจะตรวจสอบเงื่อนไขที่ตั้งไว้ก่อน เมื่อเงื่อนไขเป็นจริงจะให้ทำงานในส่วนของคำสั่งภายในและจะวนกลับมาตรวจสอบเงื่อนไขไปจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นเท็จ จึงจะผ่านไปทำคำสั่งอื่นในโปรแกรม ดังรูปที่ 2-35



รูปที่ 2-35 การทำงานของฟังก์ชัน while
 ที่มา (ดอนสัน ปงผาบ, 2553)

ตัวอย่างที่ 2.4 คำสั่ง while (ตัวแปร);

```

#include <stdio.h>
#include <conio.h>
void main()
{
    int x; x=5;
    clrscr();
    gotoxy(10,1); printf("Program Loop : While ");
    while(x)
    {
        gotoxy(10,5+x);printf("data x = %d",x);
        x --;
    }
    gotoxy(10,20); printf("End Program");
    getch(); }
  
```

ผลการรัน**Program Loop : While****data x = 1****data x = 2****data x = 3****data x = 4****data x = 5****End Program**

การตรวจสอบเงื่อนไขของคำสั่ง while ในกรณีตรวจสอบ ถ้าเงื่อนไขมีค่าเท่ากับ 0 (ศูนย์) ผลการตรวจสอบของ while จะมีค่าเป็นเท็จทันที

ค่าการนับ x-- ; หมายถึงการลบค่าของ x ที่ละ 1 ค่า $x = x - 1$;

การแสดงผลจะนำค่าของ x ไปร่วมในการกำหนดจุดการแสดงผล ที่ตำแหน่ง gotoxy (10,5+x); เมื่อค่าของ x มีการเปลี่ยนแปลง จุดการแสดงผลก็จะเปลี่ยนตามค่าของ x

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิต เหล่าวัฒนา และทศพร บุญแท้. (2545). หุ่นยนต์ช่วยรักษาความปลอดภัย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2545.

บทคัดย่อ : โครงการวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีของหุ่นยนต์ มาใช้กับงานรักษาความปลอดภัย โดยทำการพัฒนาหุ่นต้นแบบ ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบทุกทิศทาง (Omni-directional wheel 45°) มาเพิ่มความปลอดภัยให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ระเบิด เมื่อจำเป็นต้องเข้าไปสำรวจในบริเวณที่สงสัยว่ามีวัตถุระเบิดและหรือสารพิษต่าง ๆ

ในการปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ตำรวจควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้ก้านควบคุม (Joystick) ควบคุมบังคับทิศทางและความเร็วของหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นสามารถใช้เครื่องฉายรังสี x-ray ฉายรังสีออกไปเพื่อตรวจเช็ควัตถุที่ต้องสงสัย หากเป็นวัตถุระเบิดเจ้าหน้าที่ตำรวจจะปรับมุมของปืนยิงน้ำความดันสูงไปยังตำแหน่งของวงจรวัตถุระเบิดเพื่อทำลายระเบิด โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจอาศัยสัญญาณรูปที่ได้จากกล้องที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ในการช่วยในการตัดสินใจ ผู้เขียนอาศัยข้อมูลพื้นฐานด้านแบบจำลองคณิตศาสตร์กินแมตริกส์ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ นอกจากนั้น ได้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ปรากฏว่าผลการทดสอบด้านความเร็วมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 30.73 การทดสอบบริฟิโอะบิลิตี้มีความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 6.65

ประกาศิต ดันตือลงการโสภาส ศิริครษิตถาวรณพณั ศรีหะระและอานนท หมื่อสุวรรณ . (2014). บทคัตย่อเรื่อ การหาสมรรถนะหุ่นยนต์สำรวจควบคุมผ่าน CAN บัส (Performance of Surveying Robotics Controlled via CAN Bus)

บทคัตย่อ : งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนฮาร์ดแวร์เป็นการสร้างตัวหุ่นยนต์และชุดเซนกลซึ่งติดตั้งเซ็นเซอร์ต่างๆ ส่วนของซอฟต์แวร์เป็นการสร้างชุดวงจรควบคุมการรับส่งข้อมูลทั้งหมดการออกแบบวงจรใช้โปรแกรม Altium Designer โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F103RBT6 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบซึ่งมี 3 บอร์ดคือ

1). บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อิเทอร์เน็ตทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารข้อมูลต่างๆ ผ่าน Wireless Router

2). บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เซ็นเซอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ

3). บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์และอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อนซึ่งทั้ง 3 บอร์ดจะติดต่อกันผ่าน CAN บัส

จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของหุ่นยนต์สำรวจ พบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่มุมเอียงได้ไม่เกิน 40 องศา ปีนขึ้นมุมได้ไม่เกิน 19 องศา ขึ้นพื้นที่ต่างระดับได้ไม่เกิน 19 เซนติเมตรเซนกลสามารถหมุนกล้อง CCD แนวซ้าย-ขวาได้ 180 องศา มุมก้ม-เงยได้ 180 องศา เซนกลยัดสูงได้ ไม่เกิน 1.7 เมตร สามารถมองเห็นภาพจากกล้องได้ชัดเจนไม่เกิน 7 เมตรในเวลากลางวันและ 4 เมตรในเวลากลางคืน สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้เป็นระยะทาง 100 เมตรในที่โล่ง

กฤษดา ชันกสิกรรมและยศวฒน์ พิลาด้อย. (2559). บทความวิจัย การพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลตฟอร์ม.

บทความวิจัย : มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเสนอการประดิษฐ์และการควบคุมหุ่นยนต์สำรวจกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลตฟอร์ม ขั้นตอนการประดิษฐ์ หุ่นยนต์ นั้นดำเนินการบนโยโยแพลตฟอร์มซึ่งประกอบไปด้วยโยโยอาร์เอบีโยโยคิวและมินิทีบี 6612 ในส่วนของขั้นตอนการควบคุมหุ่นยนต์นั้นดำเนินการโดยพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กระบวนการดำเนินโครงการวิจัยมี 4 ขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นตอน การออกแบบส่วนอิเล็กทรอนิกส์ของหุ่นยนต์ ขั้นตอนการประดิษฐ์ส่วนเมคคานิกส์ของหุ่นยนต์สำรวจกึ่งอัตโนมัติ ขั้นตอนการพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชัน เพื่อควบคุมหุ่นยนต์และขั้นตอนการทดสอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของหุ่นยนต์ ในส่วนของขั้นตอนการทดสอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของหุ่นยนต์นั้นแบ่งเป็นสามขั้นตอนประกอบด้วย การทดสอบประสิทธิภาพฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์เชิงปริมาณซึ่งดำเนินการทดสอบบนอุปสรรคหลากหลายรูปแบบประกอบด้วย พื้นที่ราบ พื้นที่ต่างระดับ พื้นที่ขรุขระ และพื้นที่ลาดชันบนสภาพแวดล้อมแบบปิดและแบบเปิด การทดสอบประสิทธิภาพฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์เชิงคุณภาพ

ดำเนินการ ทดสอบโดยใช้แบบประเมินระดับความรู้สึกของอาสาสมัคร ผู้เข้าร่วมทดสอบการควบคุมหุ่นยนต์ ในหลายปัจจัย และการทดสอบประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ควบคุมหุ่นยนต์ นั้นดำเนินการทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไปผ่านวิธีการทดสอบ ซอฟต์แวร์ แบบกล่องดำผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สำรวจแบบกึ่งอัตโนมัติที่ สร้างขึ้นบนโอบีโอแพลตฟอร์มและซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์สำรวจแบบกึ่งอัตโนมัติ พัฒนาขึ้นในรูปแบบโมบายล์แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นั้นสามารถนำไปใช้งานได้เหมาะสม

หทัยเทพ วงศ์สุวรรณวรพจน์ โจรานสโรชวันชัย นพฤทธิ์และอิสระพงศ์ ลือวัฒนะ. (2553). บทคัดย่อ การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบชีวกลหกขา.

บทคัดย่อ: บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่เป็นการผสมผสานระหว่างล้อและขาที่เลียนแบบจากแมลงแบบหกขา เพื่อใช้ในการสำรวจพื้นที่ทางการเกษตรที่มีสภาพไม่เรียบโคลน เป็นต้น โดยหุ่นยนต์นี้ อาศัยการหมุนของล้อเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของขา ทำให้สามารถลดจำนวนองศาอิสระหรือจำนวนมอเตอร์เป็นอย่างมากหุ่นยนต์ประกอบไปด้วย 6 ขา โดยแต่ละขาประกอบไปด้วยชุดมอเตอร์กระแสตรง 1 ตัวและไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม เพื่อให้ มีการทำงานแยกอิสระต่อกัน นอกจากนี้ยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์ อีก 1 ตัวเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ๆ วัตถุประสงค์ตรวจรู้ต่างๆ เช่น GPS และติดต่อกับคอมพิวเตอร์หลัก นอกจากการที่หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ แล้วยังสามารถควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สายและเว็บเบราว์เซอร์อีกด้วยหุ่นยนต์นี้มีขนาดสูง 25 ซม. กว้าง 40 ซม. และยาว 60 ซม. น้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัม

จากการทดลองเบื้องต้น หุ่นยนต์สามารถเดินเป็นเส้นตรง เลี้ยว บนทางเรียบและพื้นที่ทั่วไปได้เป็นอย่างดีมีความเร็วในการเดิน โดยความเร็วเฉลี่ย 0.5 เมตรต่อวินาทีและปฏิบัติงานได้ 30 - 60 นาที ในอนาคตยังต้องทำการทดลองในพื้นที่ลาดชันและความฉลาดของหุ่นยนต์

บทที่ 3

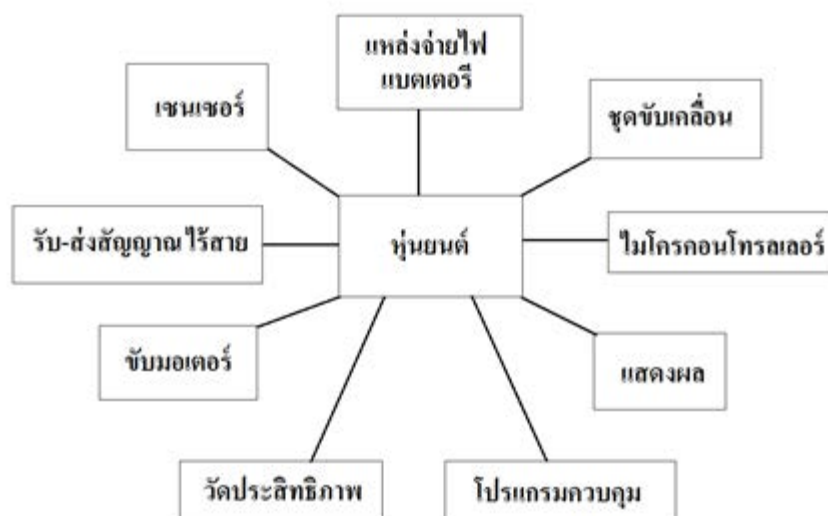
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ได้แก่การทดลองออกแบบหุ่นยนต์และควบคุมการทำงานด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานเลียนแบบการเคลื่อนที่ โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เขียนด้วยโปรแกรมภาษาซีให้มีลักษณะการเคลื่อนที่ดังกล่าวและพัฒนาหุ่นยนต์ให้ทำงานได้อย่างที่ได้ออกแบบและเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับได้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. วิธีดำเนินการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ผู้วิจัยได้กำหนดไคอะแกรมในการออกแบบและสร้างการพัฒนาหุ่นยนต์ โดยกำหนดให้กระบวนการออกแบบประกอบไปด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนการออกแบบส่วนโครงสร้าง ส่วนการออกแบบส่วนวงจรจับ ส่วนการออกแบบส่วนแหล่งจ่ายไฟของหุ่นยนต์ ส่วนการออกแบบส่วนการตรวจจับและส่วนการออกแบบส่วนควบคุมหรือสมองกล ดังไคอะแกรมการทำงานแสดงดังรูปที่ 3-1

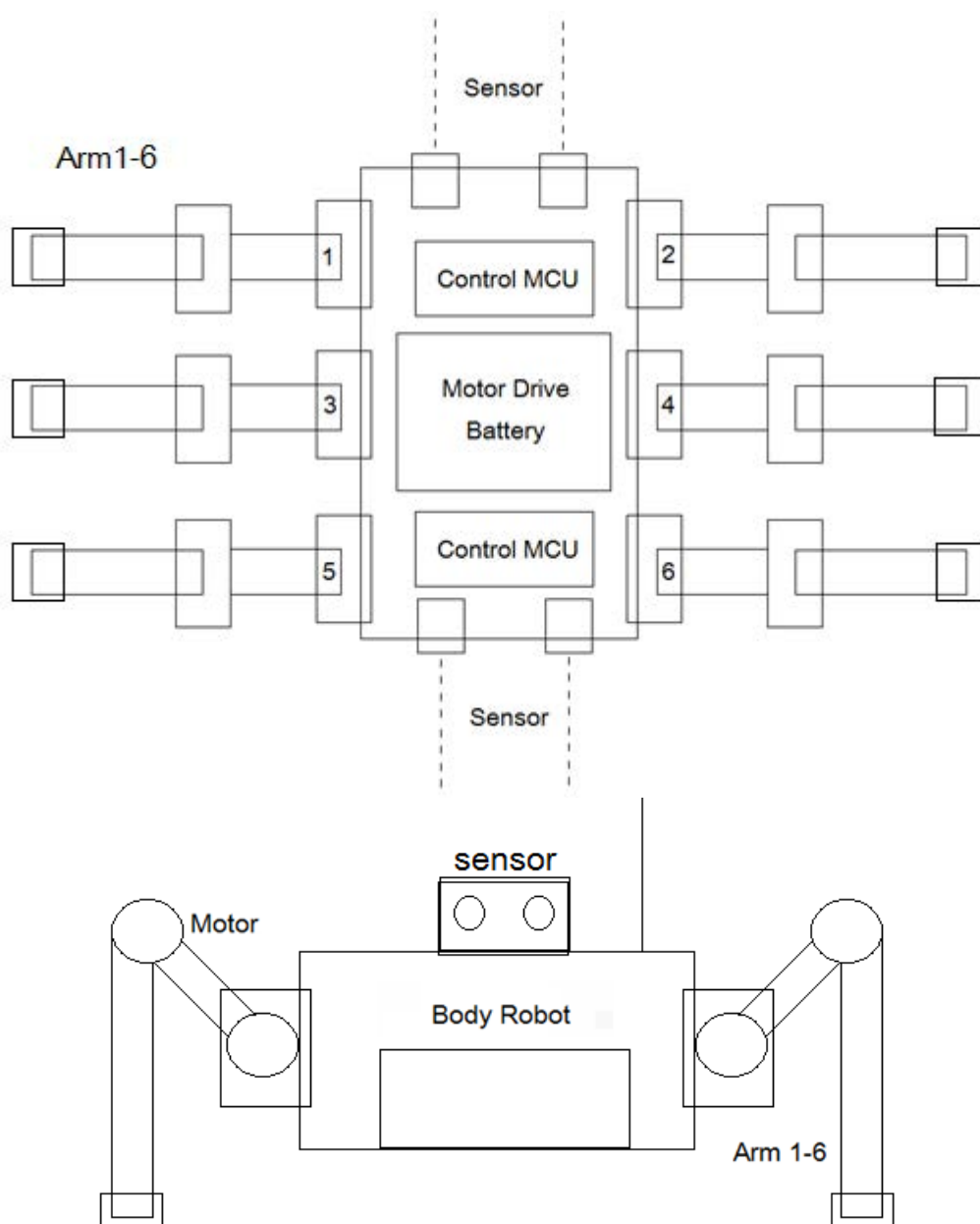


รูปที่ 3-1 ไคอะแกรมการทำงานการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

จากรูปที่ 3-1 ไดอะแกรมการทำงานการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ผู้วิจัยแบ่งส่วนประกอบชุดการพัฒนาหุ่นยนต์ออกได้ดังนี้

3.1.1 ส่วนการออกแบบส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์

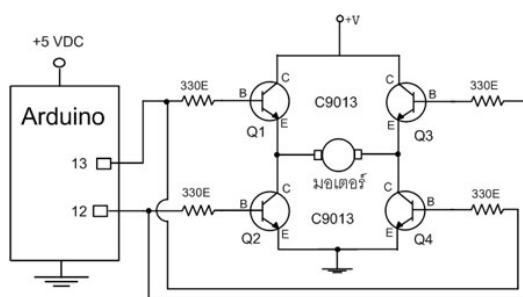
สำหรับส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ประกอบไปด้วยโครงสร้างสำหรับรองรับการติดตั้ง อุปกรณ์ส่วนอื่น ได้แก่ แหล่งจ่ายไฟฟ้า (แบตเตอรี่) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สเตปมอเตอร์ ชุดตรวจจับ รวมถึงกลไก เฟือง เพลา สกรู สายพาน โซ่ สปริง ข้อต่อ คลิปลูกปืน ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 โครงสร้างหุ่นยนต์

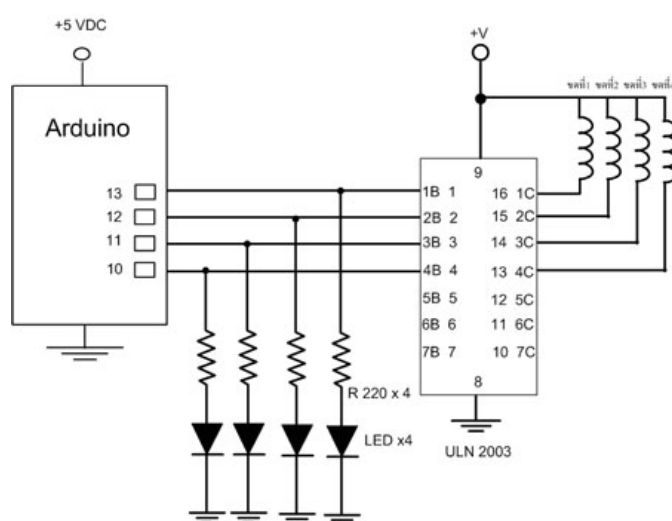
3.1.2 ส่วนการออกแบบส่วนวงจรขับ

วงจรขับแบ่งออกเป็นวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงและสเตปมอเตอร์ โดยวงจรขับดังกล่าวจะป้อนกระแสไฟฟ้าเพื่อไปเลี้ยงมอเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ได้ดังรูปที่ 3-3 และ 3-4



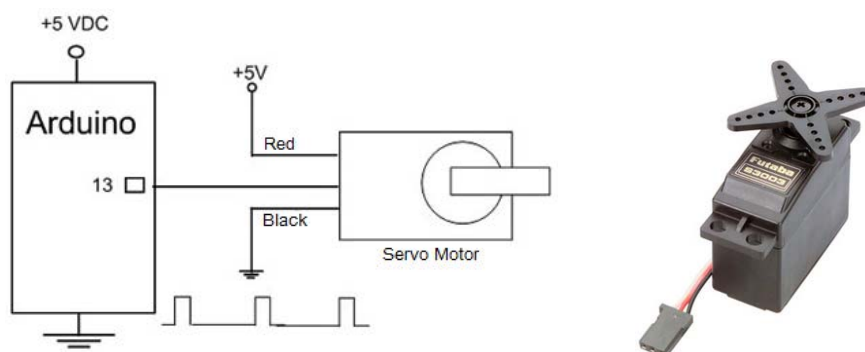
รูปที่ 3-3 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปที่ 3-3 ในวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ต่อแบบคาร์ลิงตัน 2 ชุดเพื่อใช้ขับมอเตอร์กระแสตรงและควบคุมทิศทางการหมุน ประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ Q1-Q4 โดยแบ่งหน้าที่การทำงานกันคือ Q1 และ Q4 ทำงาน ส่วน Q2 และ Q3 จะหยุดการทำงาน โดยรับสัญญาณมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตำแหน่งขา D13 หากต้องการกลับทิศทางการหมุนจะสลับการทำงานคือ Q1 และ Q4 หยุดทำงาน ส่วน Q2 และ Q3 จะทำงาน โดยรับสัญญาณมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตำแหน่งขา D12



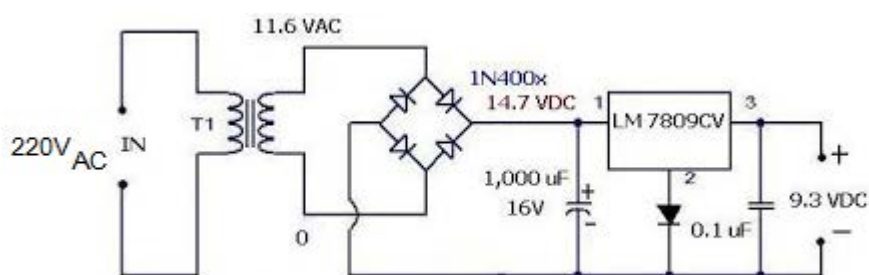
รูปที่ 3-4 วงจรขับสเตปมอเตอร์

จากรูปที่ 3-4 วงจรขับสเตปมอเตอร์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ร่วมกับ ULN 2003 รับสัญญาณจาก Arduino 4 ตำแหน่งได้แก่ขา D10-D13 ส่วนด้านเอาต์พุตต่อกับตำแหน่งขดลวดของสเตปมอเตอร์ทั้ง 4 ขา



รูปที่ 3-5 วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์

3.1.3 ส่วนการออกแบบส่วนแหล่งจ่ายไฟของหุ่นยนต์ ประกอบด้วยวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 Vdc และ 9 Vdc แสดงดังวงจรในรูปที่ 3-6 โดยแหล่งจ่ายไฟที่ประกอบไว้ขณะออกภาคสนาม ประกอบภายใน

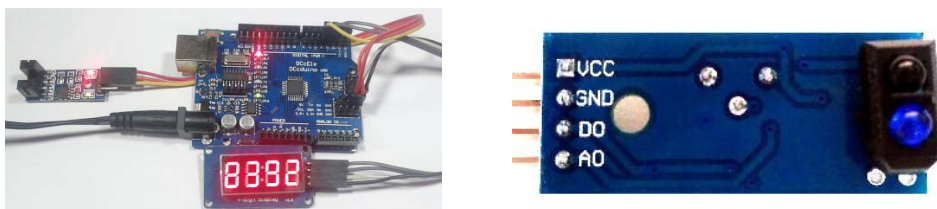


รูปที่ 3-6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า 9 Vdc



รูปที่ 3-6 แบตเตอรี่แหล่งจ่ายพลังงานแก่หุ่นยนต์ภาคสนาม

3.1.4 ส่วนการออกแบบส่วนการตรวจจับ ประกอบด้วยชุดตรวจจับการเคลื่อนที่อัลตราโซนิก ชุดเซนเซอร์วัดค่าสี ชุดเซนเซอร์ชนิดใช้แสง สำหรับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมรอบ ๆ หุ่นยนต์

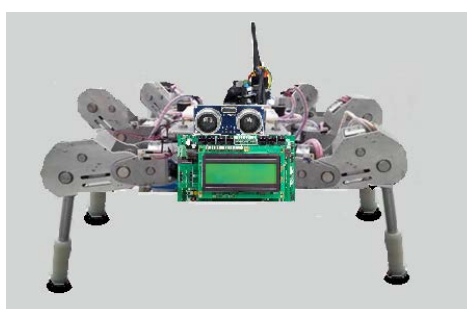


รูปที่ 3-7 ชุดตรวจจับ (Sensor) รอบ ๆ หุ่นยนต์

3.1.5 ส่วนการออกแบบส่วนควบคุมหรือสมองกล ชุดควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ สั่งการให้มอเตอร์กระแสตรง สเตปมอเตอร์และชุดตรวจจับภายนอกหุ่นยนต์ ที่ป้อนข้อมูลย้อนกลับเข้าไปยังหุ่นยนต์



รูปที่ 3-8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO



รูปที่ 3-9 ชุดหุ่นยนต์ต้นแบบเคลื่อนที่บนพื้นี่ต่างระดับ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยเรื่อง การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

3.2.1 ออกแบบและสร้างส่วนโครงสร้างหุ่นยนต์ โดยผู้วิจัยได้เลือกออกแบบหุ่นยนต์รูปร่างลักษณะคล้ายแมงมุม 6 ขา ประกอบด้วย โครงสร้าง ชุดแหล่งจ่ายพลังงาน ชุดตรวจสอบ (sensor) ชุดขับเคลื่อน ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์เขียนด้วยภาษาซี

3.2.2 ออกแบบและสร้างส่วนวงจรควบคุมขับเคลื่อนเครื่องจักรและวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์และวงจรตรวจสอบ

3.2.3 เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ด้วยโปรแกรม Arduino IDE

3.2.4 ทดสอบควบคุมหุ่นยนต์เพื่อหาประสิทธิภาพของหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

3.2.5 สรุปผลการควบคุมการเคลื่อนที่หุ่นยนต์

ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยที่อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมหลังที่ 2 คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลดังขั้นตอนดังนี้

3.3.1 เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือในการวิจัยได้แก่ หุ่นยนต์ที่ออกแบบให้มี 6 ขา สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ติดตั้งที่อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หลังที่ 2 และบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 3-1 ถึง 3-4

ตารางที่ 3-1 ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์

ตำแหน่งขา	การเคลื่อนที่			
	ซ้าย	ขวา	ขึ้น	ลง
1				
2				
3				
4				
5				
6				

ตารางที่ 3-2 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์

ครั้งที่	ตำแหน่งขา	การเคลื่อนที่			
		เดินหน้า	ถอยหลัง	ด้านซ้าย	ด้านขวา
1	1 – 4 – 5				
2	2 – 3 – 6				

ตารางที่ 3-3 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมด้วยมือ

ลักษณะพื้นที่	ระยะทางการเคลื่อนที่ / เวลา			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
พื้นราบ				
พื้นที่ขรุขระ				
พื้นที่ต่างระดับ				
พื้นที่ลาดชัน				

ตารางที่ 3-4 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมอัตโนมัติ

ลักษณะพื้นที่	ระยะทางการเคลื่อนที่ / เวลา			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
พื้นราบ				
พื้นที่ขรุขระ				
พื้นที่ต่างระดับ				
พื้นที่ลาดชัน				

3.3.2 นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ผล หาค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากการบันทึกค่าการวัดค่าลักษณะการเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ
วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

สูตรการหาค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

(บุญชม ศรีสะอาด. 2543)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยกำหนดการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกได้ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ถึง 4-4 ดังนี้

4.1.1 ผลการวัดค่าผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์ ตามลักษณะการเคลื่อนที่ปกติ ได้แก่ ด้านซ้าย ด้านขวา ยกขาขึ้นและยกขาลง แสดงดังตารางที่ 4-1 โดยการกำหนดการเคลื่อนที่ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4-1 ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์

ตำแหน่งขา	การเคลื่อนที่			
	ซ้าย	ขวา	ขึ้น	ลง
1	/	/	/	/
2	/	/	/	/
3	/	/	/	/
4	/	/	/	/
5	/	/	/	/
6	/	/	/	/

จากตารางที่ 4-1 ผลการวัดค่า การเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์ทั้ง 6 ขา โดยเรียงลำดับตั้งแต่ขาที่ 1- 6 โดยลำดับ ผลปรากฏว่าทุกขาสามารถเคลื่อนที่ทั้ง 4 ลักษณะได้เป็นปกติ

4.1.2 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ กำหนดให้เคลื่อนที่ครั้งละ 3 ขาเพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่กำหนด โดยทดลองกำหนดการเคลื่อนที่ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4-2 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ที่ 1-4-5

ครั้งที่	ตำแหน่งขา	การเคลื่อนที่			
		เดินหน้า	ถอยหลัง	ด้านซ้าย	ด้านขวา
1	1 – 4 – 5	/	x	/	/
2	1 – 4 – 5	/	x	/	/
3	1 – 4 – 5	/	x	/	/
4	1 – 4 – 5	/	/	/	/
5	1 – 4 – 5	/	/	/	/

จากตารางที่ 4-2 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ที่ 1-4-5 โดยการทดลองครั้งที่ 1-3 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์ทั้ง 3 ขา สามารถเคลื่อนที่ได้เพียง 3 ลักษณะการเคลื่อนที่ได้แก่ เดินหน้า ด้านซ้ายและด้านขวา ผู้วิจัยได้ปรับส่วนของโปรแกรมสำหรับการควบคุมให้มอเตอร์ทำงานและการทดลองครั้งที่ 4-5 สามารถแก้ไขและเคลื่อนที่ได้ทั้ง 4 ลักษณะ เดินหน้า ถอยหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา

ตารางที่ 4-3 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ที่ 2-3-6

ครั้งที่	ตำแหน่งขา	การเคลื่อนที่			
		เดินหน้า	ถอยหลัง	ด้านซ้าย	ด้านขวา
1	2 – 3 – 6	/	/	x	/
2	2 – 3 – 6	/	/	x	/
3	2 – 3 – 6	/	/	x	/
4	2 – 3 – 6	/	/	x	/
5	2 – 3 – 6	/	/	/	/

จากตารางที่ 4-3 ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ที่ 2-3-6 โดยการทดลองครั้งที่ 1-4 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์ทั้ง 3 ขา สามารถเคลื่อนที่ได้เพียง 3 ลักษณะการเคลื่อนที่ได้แก่ เดินหน้า ถอยหลัง และด้านขวา ผู้วิจัยได้ปรับส่วนของโปรแกรมสำหรับการควบคุมให้มอเตอร์ทำงานและการทดลองครั้งที่ 5 สามารถแก้ไขและเคลื่อนที่ได้ทั้ง 4 ลักษณะ เดินหน้า ถอยหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา

4.1.3 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมด้วยมือ โดยกำหนดเวลาในการเคลื่อนที่ครั้งละ 1 นาที จำนวน 4 ครั้ง ผลดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุมด้วยมือ

ลักษณะพื้นที่	ระยะทางการเคลื่อนที่ (ซม.) / เวลา				เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	
พื้นราบ	230	245	263	270	252
พื้นที่ขรุขระ	180	193	187	173	183
พื้นที่ต่างระดับ	97	105	112	108	105
พื้นที่ลาดชัน	25	33	38	42	34

จากตารางที่ 4-3 ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้ง 4 ลักษณะพื้นที่ด้วยการควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยมือ แบ่งออกเป็น ลักษณะพื้นที่ราบ ค่าสูงสุดคือ 270 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 230 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 252 ซม. ลักษณะพื้นที่ขรุขระ ค่าสูงสุดคือ 193 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 173 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 183 ซม. ลักษณะพื้นที่ต่างระดับ ค่าสูงสุดคือ 112 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 97 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 105 ซม. ลักษณะพื้นที่ลาดชัน ค่าสูงสุดคือ 42 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 25 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 34 ซม.

ตารางที่ 4-5 ผลการวัดค่าประสิทธิภาพหุ่นยนต์ต้นแบบสำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับควบคุม
อัตโนมัติ

ลักษณะพื้นที่	ระยะทางการเคลื่อนที่ (ซม.) / เวลา				เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	
พื้นราบ	133	137	134	136	135
พื้นที่ขรุขระ	87	92	84	79	85
พื้นที่ต่างระดับ	83	85	82	84	83
พื้นที่ลาดชัน	35	37	34	34	35

จากตารางที่ 4-5 ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้ง 4 ลักษณะพื้นที่ด้วยการควบคุมการเคลื่อนที่อัตโนมัติ แบ่งออกเป็น ลักษณะพื้นที่ราบ ค่าสูงสุดคือ 137 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 133 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 135 ซม. ลักษณะพื้นที่ขรุขระ ค่าสูงสุดคือ 92 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 79 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 85 ซม. ลักษณะพื้นที่ต่างระดับ ค่าสูงสุดคือ 85 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 82 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 83 ซม. ลักษณะพื้นที่ลาดชัน ค่าสูงสุดคือ 37 ซม. ค่าต่ำสุดคือ 34 ซม. ค่าเฉลี่ยรวมได้ 35 ซม.

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ ผู้วิจัยได้ออกแบบหุ่นยนต์ประกอบไปด้วย ชุดโครงสร้างลักษณะคล้ายแมงมุมแต่ออกแบบไว้ที่ 6 ขา ชุดแหล่งจ่ายพลังงาน ชุดตรวจสอบ (Sensor) ชุดขับเคลื่อน ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมควบคุมการทำงาน หุ่นยนต์เขียนด้วยภาษาซี

ผลการวัดประสิทธิภาพหุ่นยนต์ ผลการวัดค่า การเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์ทั้ง 6 ขา โดยเรียงลำดับตั้งแต่ขาที่ 1-6 โดยลำดับ ผลปรากฏว่าทุกขาสามารถเคลื่อนที่ทั้ง 4 ลักษณะได้เป็นปกติ ผลการวัดค่าความสัมพันธ์ของขาหุ่นยนต์ที่ 1-4-5 และขาหุ่นยนต์ที่ 2-3-6 โดยการทดลองครั้งที่ 5 สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้ง 4 ลักษณะ เดินหน้า ถอยหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา

ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้ง 4 ลักษณะพื้นที่ด้วยการควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยมือ แบ่งออกเป็น ลักษณะพื้นที่ราบ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 252 ซม. ลักษณะพื้นที่ขรุขระ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 183 ซม. ลักษณะพื้นที่ต่างระดับ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 105 ซม. ลักษณะพื้นที่ลาดชัน ค่าเฉลี่ยรวมได้ 34 ซม. ผลการวัดค่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้ง 4 ลักษณะพื้นที่ด้วยการควบคุมการเคลื่อนที่อัตโนมัติ แบ่งออกเป็น ลักษณะพื้นที่ราบ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 135 ซม. ลักษณะพื้นที่ขรุขระ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 85 ซม. ลักษณะพื้นที่ต่างระดับ ค่าเฉลี่ยรวมได้ 83 ซม. ลักษณะพื้นที่ลาดชัน ค่าเฉลี่ยรวมได้ 35 ซม. โดยสามารถเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับได้แต่อยู่ในระยะทางที่ไม่ไกลมากนัก

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4 จะพบว่าหลังจากให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ 4 ลักษณะ ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์จะมีความทำงานทั้ง 2 ลักษณะการควบคุมคือการควบคุมด้วยมือ และการควบคุมแบบอัตโนมัติ การควบคุมด้วยมือ หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ดีบนพื้นที่ราบ ระยะทาง 252 ซม. ส่วนการเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับจะมีค่าระยะทางการเคลื่อนที่เพียง 105 ซม. (ประกาศิต ดันตือลงการและคณะ, 2014) ส่วนการเคลื่อนที่บนพื้นที่ลาดชันได้ 34 ซม. ส่วนการควบคุมแบบอัตโนมัติ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะมีการเคลื่อนที่น้อยกว่าการเคลื่อนที่แบบควบคุมด้วยมือ บนพื้นที่ราบจะเคลื่อนที่ได้ดี มีระยะทาง 135 ซม. (กฤษดา ชันกสิกรรมและยศวัฒน์ พิลาด้อย , 2559) ส่วนการเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ มีระยะทางในการเคลื่อนที่ 83 ซม. (หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ และคณะ, 2553) จากระยะทางที่ได้ควบคุมทั้ง 2 ลักษณะการควบคุม จะเห็นว่าการควบคุมแบบอัตโนมัติจะมีระยะทางที่น้อยกว่าเนื่องจากว่า การควบคุมแบบอัตโนมัติ โปรแกรมที่รับค่าจากอุปกรณ์ตรวจสอบ (Sensor) มีการใช้เวลาในการตัดสินใจที่ใช้นานกว่าการตัดสินใจด้วยการควบคุมด้วยมือ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่ในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น พื้นที่ราบ พื้นที่ขรุขระ พื้นที่ต่างระดับและพื้นที่ลาดชัน โดยสามารถออกแบบให้เขามีส่วนผสมระหว่างขาที่เคลื่อนที่ต่างระดับได้และใส่อุปกรณ์ล้อให้เคลื่อนที่ได้ระยะทางที่ไกลมากขึ้น แนวทางการพัฒนาหุ่นยนต์ในอนาคตควรพัฒนาโปรแกรมระบบการตัดสินใจแบบอัตโนมัติให้ตัดสินใจได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและให้ได้ระยะทางมากขึ้น

บรรณานุกรม

- กฤษฎา ชันกลีกรรมและยศววัฒน์ พิลาด้อย. บทความวิจัย การพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบ
กึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลตฟอร์ม. 2559. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 8 มกราคม 2559-ธันวาคม 2559
- ขจร อนุดิษฐ์. (2550). การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C.
นนทบุรี. สำนักพิมพ์ Core Function.
- จตุรงค์ กมลเลิศ. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีหุ่นยนต์ การประดิษฐ์หุ่นยนต์ขั้นพื้นฐาน
องค์ประกอบและการทำงานของหุ่นยนต์. [Online]. 2014. แหล่งที่เข้าถึง :
<http://www.krusmart.com/robot-design-introduction/>. [22 มีนาคม 2562]
- จิต เหล่าวัฒนา. หุ่นยนต์สำรวจ. [Online]. 2008. สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (FIBO).
- จิต เหล่าวัฒนา และทศพร บุญแท้. หุ่นยนต์ช่วยรักษาความปลอดภัย. 2545. วารสารวิจัยและพัฒนา
มจร. ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2545.
- นัทธี นิภานันท์. โลกของหุ่นยนต์. [Online]. 2011. แหล่งที่เข้าถึง :
<http://www.vcharkarn.com/varticle/42239>. [6 เมษายน 2562].
- สยาม เจริญเสียง. สถานภาพของวิทยาการหุ่นยนต์ไทย. 2558. วารสารสถาบันวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีชั้นสูง ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มีนาคม 2558 หน้า 92-106.
- ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม. [Online]. 2011. แหล่งที่เข้าถึง :
<http://engineerknowledge.blogspot.com/2011/09/industrial-robot-arms.html>.
[12 เมษายน 2562].
- ณัฐพงษ์ วาริประเสริฐและณรงค์ ถ่าดี. ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence). 2552.
กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์เอนด์ คอนซัลท์.
- ดอนสัน ปงพาบ. ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน1. (2553). กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์
ส.ศ.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- บทที่ 9 การสื่อสารไร้สาย. [Online]. 2016. แหล่งที่เข้าถึง : <https://sites.google.com/site/projectbc101file/prawati-laea-phathnakar-khxng-xinthexrnet/kar-suxsar-ri-say>.
[21 มีนาคม 2562]
- บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด. สายวัดสำหรับมัลติเตอร์. [Online]. 2557. แหล่งที่เข้าถึง :
<https://www.sangchaimeter.com/images/product/7c64e599-17e7-2862-f5a1-539a6e285484.JPG>. [2562, 4 มีนาคม].

- บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. [Online]. บทความ Arduino คืออะไร? ตอนที่1 แนะนำเพื่อนใหม่ที่ชื่อ Arduino. 2012. แหล่งเข้าถึง : <http://www.thaieasyelec.com/75-1-micro-metal-gearmotor-hp-detail.html?tmpl=component&flexiblelayout=print>. [1 มีนาคม 2562].
- ประกาศิต ดันตือลงการ โอภาส ศิริครชิตถาวร นฤพนธ์ ศรีเหราและอานนท์ หม้อสุวรรณ.
การหาสมรรถนะหุ่นยนต์สำรวจควบคุมผ่าน CAN บัส. (2014). ภาควิชาเทคโนโลยี
วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร.
- พันศักดิ์ เนระแก. การออกแบบหุ่นยนต์หยิบและวางที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร.
[Online]. 2558. แหล่งที่เข้าถึง :
<http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/6065/2/Fulltext.pdf>.
[2562, 11 มีนาคม].
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนวกัฑรา หนูนา. Sensor / เซนเซอร์. [Online]. 2555. แหล่งที่เข้าถึง :
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4340/sensor%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C>.
[2562, 14 เมษายน].
- มอเตอร์กระแสตรง. [Online]. 2556. แหล่งที่เข้าถึง : http://www.miniinthebox.com/th/1s365-10500rpm-dc-motor-silver-dc-24v-2-pcs_p643074.html. [2562, 11 เมษายน].
- (ร่าง) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560–2564). [Online]. 2560.
แหล่งที่เข้าถึง : <http://www.nesdb.go.th/download/plan12/สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่12.pdf>
- รุ่งโรจน์ จินตเมธาสวัสดิ์. บทคัดย่อ ระบบหุ่นยนต์หลายตัวสำหรับการควบคุมวัตถุ. 2553.
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (Thai Microelectronics Center : TMEC).
เซ็นเซอร์อุณหภูมิ (TEMPERATURE SENSOR). [Online]. 2551. แหล่งที่เข้าถึง :
<http://tmec.nectec.or.th/products/detail/id/12abfcec28ab600c8947ee469e5bceb/lang/th>.
[2562, 1 พฤษภาคม].
- หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ วรพจน์ โจนสโรช วันชัย นพฤทธิ์และอิสระพงศ์ ลือวัฒนะ. บทคัดย่อการวิจัย
เรื่องการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจชีวกลหกลขา. 2553. การประชุมวิศวกรรม
เครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24, 20 - 22 ตุลาคม 2010, อ. เมือง อุบลราชธานี.
- อดิศักดิ์ ชินะวงศ์. สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (STEPPER MOTOR). [Online]. 2552. แหล่งที่เข้าถึง :
<http://www.adisak51.com/page22.html>. [2562, 12 มิถุนายน].

Embedded Craft. STEPPER MOTOR INTERFACING WITH MICROCONTROLLER 8051.

[Online]. 2014. Available : <http://www.embeddedcraft.org/steppermotorinterfacing.html>.
[2019, 21 June].

IMAGES SCIENTIFIC INSTRUMENTS. [Online]. 2007. Available:

<http://www.imagesco.com/stepper/index.html>. . [2019, 13 May].

Interfacing Seven segment display to 8051. [Online]. 2016. Available:

<http://www.circuitstoday.com/wp-content/uploads/2012/06/interfacing-7-segement-display-to-8051.png>. [2019, 4 June].

National Instruments Corporation. How Do I Use a 6-Wire Stepper Motor With

My Stepper Motor Drive?. [Online]. 2014. Available: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/C4A024DA9F197E6286257BC8005DC236>. [2019, 13 May].

PWM. [Online]. 2016. Available: <http://arduino.cc/en/Tutorial/PWM>. [2019, 21 July].

Random Nerd Tutorials. Guide for TCS230/TCS3200 Color Sensor with Arduino. [Online]. 2013.

Available : <https://randomnerdtutorials.com/arduino-color-sensor-tcs230-tcs3200/>.
[2019, 7 June].

Spikenzielabs. TCRT5000 Reflective IR Optical Sensor with Transistor Output. [Online]. 2016.

Available : https://www.spikenzielabs.com/Catalog/images/medium/ck/CK-7043-ir-tx-rx-sensor_MED.jpg. [2018, 20 December].

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายสนธยา วันชัย
Mr. Sontaya Wanchai
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3670300657853
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทร. 0-5671-7100 ต่อ 1488
E-mail : pansiriwat@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
ค.อ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ค.อ.บ. อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
ดิจิทัล, ไมโครโปรเซสเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์และพลังงานทดแทน
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
 - 8.1 การวิจัยเรื่อง การประเมินความคุ้มค่าของการใช้งานอินเทอร์เน็ตในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีที่ได้รับทุน 2550 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 - 8.2 การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับแผงวงจรสำหรับนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม
ปีที่ได้รับทุน 2551 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 - 8.3 การวิจัยเรื่อง ชุดฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมอุปกรณ์ภายนอก
ปีที่ได้รับทุน 2552 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.4 การวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมระบบฐานข้อมูลเพื่อการบริหาร การเรียนการสอน และการวิจัย

ปีที่ได้รับทุน 2553 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.5 การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน

ปีที่ได้รับทุน 2555 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.6 การวิจัยเรื่อง การใช้เทคนิคการฝึกปฏิบัติเพื่อการพัฒนาผู้เรียนเรื่องการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ปีที่ได้รับทุน 2557 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.7 การวิจัยเรื่อง การออกแบบวงจรซีเควนเชียลลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ

ปีที่ได้รับทุน 2558 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.8 การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดควบคุมการรับพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ปีที่ได้รับทุน 2559 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.9 การวิจัยเรื่อง การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

ปีที่ได้รับทุน 2560 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.10 การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ไผ่

ปีที่ได้รับทุน 2561 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

8.11 การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับเคลื่อนที่บนพื้นที่ต่างระดับ

ปีที่ได้รับทุน 2562 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์