

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจแบบชีวกลหกขา

Design and Development of a Biologically Inspired Hexapod Robotic Explorer

หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ¹, วรพจน์ โจรนสโรช¹, วันชัย นพฤทธิ์¹ และอิสระพงศ์ ลีอวัฒน์¹

¹ ศูนย์นวัตกรรมเมคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ (IMERs)

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล(กำแพงแสน) คณะวิศวกรรมศาสตร์(กำแพงแสน)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(กำแพงแสน) จ.นครปฐม 73140

*ผู้ติดต่อ: โทรศัพท์: 034 355 310, โทรสาร: 034 355 310 E-mail: fenghtw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่เป็นการผสมผสานระหว่างล้อและขาที่เลียนแบบจากแมลงแบบหกขา เพื่อใช้ในการสำรวจพื้นที่ทางการเกษตรที่มีสภาพไม่เรียบ โคลน เป็นต้น โดยหุ่นยนต์นี้อาศัยการหมุนของล้อเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของขา ทำให้สามารถลดจำนวนองศาอิสระ หรือจำนวนมอเตอร์เป็นอย่างมาก หุ่นยนต์ประกอบไปด้วย 6 ขา โดยแต่ละขาประกอบไปด้วยชุดมอเตอร์กระแสตรง 1 ตัวและไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม เพื่อให้มีการทำงานแยกอิสระต่อกัน นอกจากนี้ยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์อีก 1 ตัวเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆ วัดค่าอุปกรณ์ตรวจรู้ต่างๆ เช่น GPS และติดต่อกับคอมพิวเตอร์หลัก นอกจากการที่หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติแล้ว ยังสามารถควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สายและเวปเบราว์เซอร์อีกด้วย หุ่นยนต์นี้มีขนาด สูง 25 ซม. กว้าง 40 ซม. และยาว 60 ซม. น้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัม

จากการทดลองเบื้องต้นหุ่นยนต์สามารถเดินเป็นเส้นตรง เลี้ยว บนทางเรียบและพื้นที่ทั่วไปได้เป็นอย่างดี มีความเร็วในการเดิน โดยความเร็วเฉลี่ย 0.5 เมตรต่อวินาที และปฏิบัติงานได้ 30 - 60 นาที ในอนาคตยังต้องทำการทดลองในพื้นที่อื่นๆ เช่น พื้นที่ลาดชัน และความฉลาดของหุ่นยนต์

คำหลัก: ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ หุ่นยนต์ชีวกล หุ่นยนต์หกขา หุ่นยนต์เพื่อสำรวจในการเกษตร

Abstract

This project develops, construct and implement a biologically inspired six leg robot for navigator and explorer in agricultural outdoor field. The proposed designing robot need to reduce many degree of freedom of mechanism. the robot used rotating moment for any mobility of each legs. Our robot called "IMERs_RHEX1". The IMERs_RHEX1 have 6 legs. Our Robot have six actuators for six legs. And, the robot have six controllers, which are independently control for each leg. Moreover, main computer had included in the robot for measuring sensors, high level control and wireless communication.

IMERs_RHEX1 have high 25 cm, width 40 cm, long 60 cm and weight 20 kg. Form preliminary results, it moved easy to strength forward, backward and turning in flat, normally road and grass field area. Average linear Velocity was 0.5 m/s in any field. Battery, supplied electric motor and electric equipment, normally used within 30 - 60 min. Finally, our robot is the first prototype. It have several problem such as torque of driving motor, no robot arm, no intelligent gait and etc.

Keywords: Microcontroller, Bio-Robotic, Six Leg Robot, Agricultural Robot

1. บทนำ

หุ่นยนต์ หรือ ไรบอต (robot) คือเครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง มีลักษณะโครงสร้างและรูปร่างแตกต่างกัน หุ่นยนต์ในแต่ละประเภท มีหน้าที่การทำงานในด้านต่าง ๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ การควบคุมระบบต่าง ๆ ในการสั่งงานระหว่างหุ่นยนต์และมนุษย์ สามารถทำได้โดยทางอ้อมและอัตโนมัติ โดยทั่วไปหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อสำหรับงานที่มีความยากลำบากเช่น งานสำรวจในพื้นที่บริเวณแคบหรืองานสำรวจดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ที่ไม่มีสิ่งมีชีวิต หุ่นยนต์โดยทั่วไปมีสองชนิดใหญ่ๆคือ หุ่นยนต์ที่อยู่กับที่(Fixed Robot) และหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ (Mobile Robot) โดยในบทความวิจัยนี้เป็นเรื่องของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ที่เลียนแบบสิ่งมีชีวิต(Biologically Inspired Robots)

หุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ มีความสามารถเคลื่อนไหวร่างกายไปมาได้อย่างอิสระ หรือมีการเคลื่อนที่ไปมาในสถานที่ต่างๆ โดยหุ่นยนต์ประเภทนี้ถูกออกแบบลักษณะของโครงสร้างให้มีขนาดเล็กและมีระบบเคลื่อนที่ไปมา รวมทั้งมีแหล่งจ่ายพลังงานภายในร่างกายของตนเอง น้ำหนักไม่มาก เพื่อไม่ให้ เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานของหุ่นยนต์หรืออุปสรรคในการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ประเภทนี้มีทั้งแบบล้อ(Wheel) และแบบขา(Leg) แต่ละแบบมีข้อดีและเสียแตกต่างกันไป โดยหุ่นยนต์ที่เป็นแบบขาสามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระ และบันไดได้ดีกว่าหุ่นยนต์แบบล้อที่เหมาะสมกับทางเรียบ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการสำรวจพื้นที่ ในงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นที่หุ่นยนต์ที่ผสมผสานระหว่างขาและล้อ เพื่อใช้ในการเกษตร ในการสำรวจพื้นที่ที่ไม่ราบเรียบ โคลนและมีหวั่นๆรกร เพื่อ นำไปใช้ในการดูแลสวน ไร่นาที่เป็นอาชีพหลักของเกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศในอนาคต ดังรูปที่ 1 เป็นหุ่นยนต์ประเภทนี้ที่เคลื่อนที่ในพื้นที่โคลนและเฉอะแฉะ[9]

จากรูปที่ 1 หุ่นตัวนี้มีลักษณะเป็น 6 ขา มีชื่อเรียกกันว่าหุ่นประเภทเร็กซ์ (RHEX ย่อมาจาก Robot

HEXapod) โดยในการออกแบบแบบ เดิมทีนั้นเลียนแบบมาจากการเคลื่อนที่ของแมลง โดยสังเกตจากการที่แมลงทั้งหลาย สามารถทรงตัวอย่างมั่นคง ไม่หกล้มด้วย กลไกการปรับสภาพของขาโดยอัตโนมัติที่มีมาแต่ตั้งแต่นกเกิดแล้วโดยใช้เพียงขาไป



รูปที่ 1 หุ่นยนต์ขับเคลื่อนผสมระหว่างล้อกับขา [9]

โกสติก 6 ขา โดยหุ่นยนต์เร็กซ์นั้นในช่วงแรกนั้นไม่มีอุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลใดๆ ติดอยู่ ไม่มีกลไกการตอบสนอง ไม่มีชุดโปรแกรมช่วยนำทาง ไม่มีมือจับที่จะจับอะไรในโลกได้เลย มีแค่ขากระโดดได้หกขาเท่านั้น แต่มันก็ทำงานได้ต่อนานาประหลาดใจ มันสามารถเดินข้ามผ่านผิวทางที่ขรุขระได้โดยไม่มีสะดุดหกล้มหรือโซเซ สิ่งที่เหลือเชื่อที่สุดนั้นคือเมื่อออกแรงกระแทกเข้าที่ด้านข้าง หุ่นยนต์เร็กซ์ก็สามารถปรับตัวให้อยู่ในสภาพสมดุลได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ค้นพบว่า การปรับสภาพตัวเองให้เดินในสภาพที่มั่นคงนั้น ไม่ต้องการการเชื่อมโยงเส้นประสาท มัน เป็นความอิสระที่เป็นผลมาจากการกระโดด ดังเช่น Uluc พัฒนาหุ่นยนต์ 6 ขา ซึ่งขามีลักษณะเป็นก้านโค้ง และใช้การหมุนรอบจุดหมุนซึ่งเปรียบเสมือน สะโพกเพื่อการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและหมุนตัว[1] ส่วน Moore[2] และ Altendorfer และคณะ[3] ได้พัฒนากลไกขาให้แข็งแรงมากขึ้นทำให้สามารถที่จะปีนข้ามสิ่งกีดขวางและเคลื่อนที่ในพื้นที่ลาดชันได้[2-3] Pei-Chun Lin[4] และคณะได้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์ที่คล้าย นักวิจัยอีกหลายกลุ่มได้เน้นระบบควบคุมที่ซับซ้อนกว่าเพื่อให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ดี

ชั้นและหลายท่าทางมากขึ้น[5-7] นอกจากนี้ยังมีผู้นำระบบอัจฉริยะมาใช้ในการควบคุมท่าทางการเดินของหุ่นยนต์อีกดังเช่นงานของ Ziad ที่นำระบบฟัซซี่มาใช้ในการควบคุมท่าทางการเดิน[8]

สำหรับบทความวิจัยนี้ได้เริ่มออกแบบหุ่นยนต์ประเภทเร็กซ์(REX) ต้นแบบ เพื่อใช้ในการสำรวจพื้นที่และใช้ในการเกษตร โดยหุ่นยนต์มีหกขาและใช้มอเตอร์หกตัวแยกอิสระในการเคลื่อนไหว เพื่อให้สามารถเลือกรูปแบบการเดินได้หลากหลาย โดยต่อนี้ขอเรียกว่า IMERs_RHEX1 ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในภายหลัง

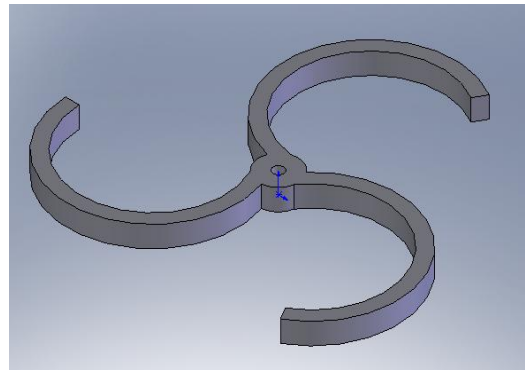
บทความวิจัยนี้ประกอบไปด้วยบทนำเพื่อแนะนำถึงหุ่นยนต์ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ส่วนในหัวข้อที่ 2 กล่าวถึงการออกแบบทางกล ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ของหุ่นยนต์เร็กซ์(IMERs_RHEX1) ที่พัฒนาขึ้น ส่วนในหัวข้อที่ 3 กล่าวถึงการทดลองต่างๆ ในเรื่องการทดสอบอุปกรณ์ตรวจรู้และหุ่นยนต์เร็กซ์ และในหัวข้อสุดท้ายกล่าวถึงข้อสรุปและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

2. การออกแบบหุ่นยนต์ IMERs_RHEX1

หุ่นยนต์ IMERs_RHEX1 เป็นหุ่นยนต์ประเภทหุ่นยนต์ประเภทเลียนแบบสิ่งมีชีวิตแบบหนึ่ง (Biologically Inspired Robots) ซึ่งหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเป็นหุ่นยนต์ในตระกูล RHEX ซึ่งมีลักษณะหกขาโดยแต่ละขาใช้การเคลื่อนที่แบบหมุนในการเคลื่อนไหว โดยขาแต่ละขานั้นที่โครงสร้างทางกลอย่างง่าย และใช้กลไกขับเคลื่อนหนึ่งชุดต่อหนึ่งขา โดยขาจะหมุนไปรอบตัวเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

หุ่นยนต์ IMERs_RHEX1 นั้นเน้นที่โครงสร้างง่ายตามแนวคิดของหุ่นยนต์ RHEX โดยแนวคิดการออกแบบมุ่งเน้นที่พื้นที่ขรุขระและพื้นที่การเกษตร ดังนั้นหุ่นยนต์จึงต้องมีขนาดไม่ใหญ่มาก น้ำหนักน้อย แต่สามารถบรรจุอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็น อันได้แก่ระบบขับเคลื่อน(มอเตอร์) ของแต่ละขา แหล่งพลังงาน คอมพิวเตอร์ กล้อง อุปกรณ์ตรวจรู้เพื่อใช้นำทางและ

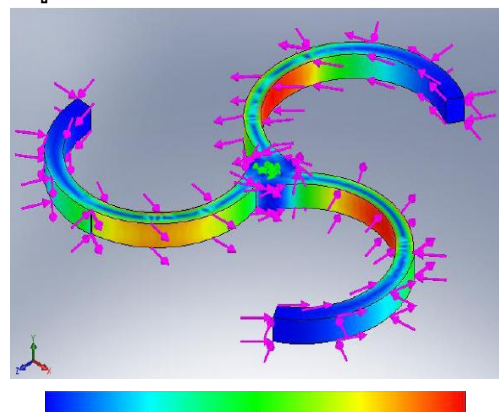
หลบหลีกสิ่งกีดขวางต่างๆ เป็นต้น โดยหุ่นยนต์ควรจะสามารถทำงานได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เป็นต้น



รูปที่ 2 ลักษณะขาของหุ่นยนต์ IMERs_RHEX1

2.1การออกแบบโครงสร้างทางกล

หุ่นยนต์ IMERs_RHEX1 นั้นเน้นที่โครงสร้างง่ายตามแนวคิดของหุ่นยนต์ RHEX ประกอบด้วย 6 ขา ซึ่งเบื้องต้นมีลักษณะเป็นแบบก้านโค้ง เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ในรูปแบบต่างๆ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2 โดยสามารถถอดเปลี่ยนจากแกนล้อได้เพื่อสะดวกในการซ่อมแซมและเปลี่ยนขนาดของขาเป็นรูปแบบอื่นในอนาคต

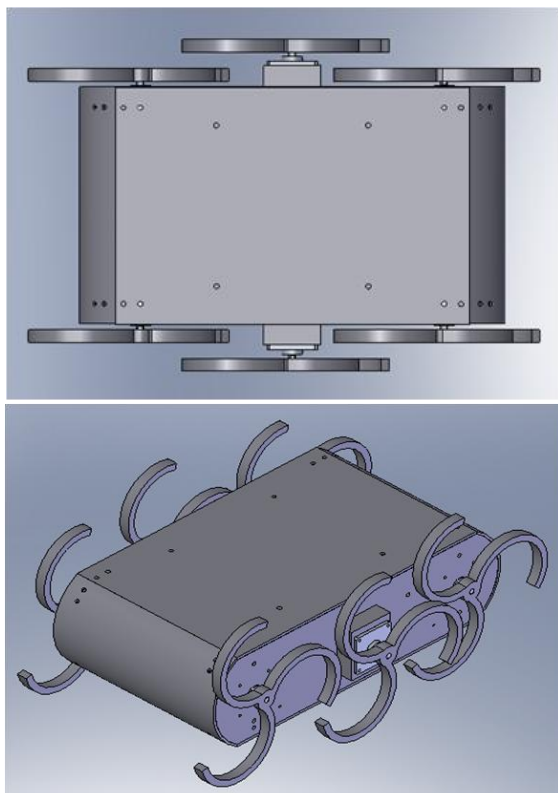


รูปที่ 3 แสดงค่าความเค้น ณ พื้นที่ต่างๆบนล้อขา

ตารางที่ 1 ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่ล้อแต่ละข้าง

ค่าแรงบิด (N-m)	ค่าแรงที่พื้นกระทำกับล้อ (N)	ค่าความเค้นสูงสุด (N/m ²)
0.3	20	0.351×10^7
0.3	40	0.803×10^7
0.3	60	1.268×10^7
0.3	80	1.734×10^7
0.3	100	2.199×10^7
0.3	120	2.664×10^7

จากรูปที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ความแข็งแรง ในกระบวนการนี้ทำการคำนวณความแข็งแรง ความแข็งแรงของชิ้นงานในส่วนล้อโดยอาศัยการคำนวณเชิงตัวเลข ที่เรียกว่า Finite Element Analysis (FEA) ได้รับการยอมรับมานานจากกลุ่มวิศวกรผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ซึ่งจากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความเค้น ณ จุดต่างๆบนล้อซึ่งทำจากอลูมิเนียมอัลลอยด์ โดยในส่วนของแรงบนพื้นที่นั้นไล่ระดับจากแถบสีทางขวามือ โดยสีน้ำเงินคือพื้นที่ที่มีค่าความเค้นน้อยสุด และสีแดงคือพื้นที่ที่มีค่าความเค้นมากที่สุด ลูกศรสีม่วงแสดงถึงทิศทางของแนวแรง และลูกศรสีเขียวแสดงถึงจุดจับยึดหรือแกนหมุน โดยจากรูปนั้นได้ทำการจำลองที่ค่าทอร์ก 0.3 N-m และแรงกระทำที่พื้นล้อ พบว่าโครงสร้างล้อภายใต้วัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ สามารถรับแรงได้มีค่าสูงสุด 120 N ดังผลในตารางที่ 1



รูปที่ 4 ลักษณะของหุ่นยนต์ IMERs_RHEX1

จากรูปที่ 4 ออกแบบโดยให้ตัวหุ่นมีลักษณะ 6 ล้อ โดยล้อกลางจะยื่นออกมาเพื่อลดพื้นที่ในแนวยาวของตัวหุ่นทำให้กลับตัวหรือเลี้ยวได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้น

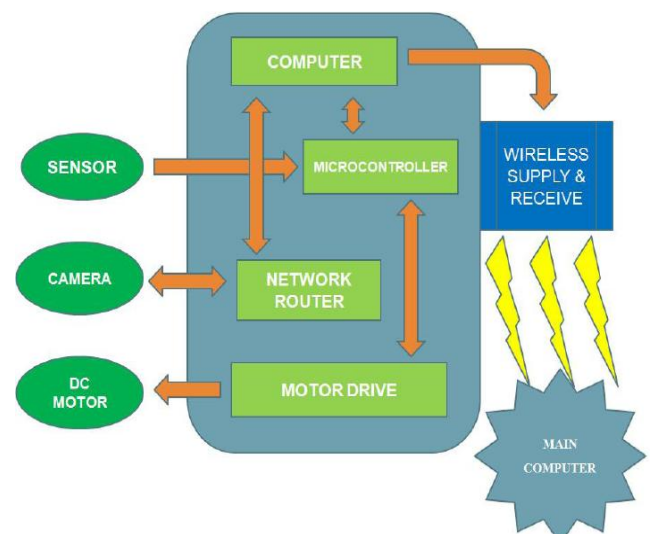
ตัวหุ่นยนต์ด้านบนและล่างมีความสมมาตรกัน เพื่อให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนไหวไม่ติดขัดเมื่อเกิดการกลิ้งหรือผลิกตัวไปด้านตรงข้าม โดยตัวหุ่นอยู่สูงจากพื้น 0.06 เมตร และมีขนาดตัวหุ่น 40 x 60 x 25 cm น้ำหนักรวมอุปกรณ์ต่างๆ ประมาณ 20 กิโลกรัม วัสดุที่ใช้ทำโครงภายนอกของหุ่นยนต์เป็นอลูมิเนียมอัลลอยด์เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีเปียกชื้นได้

2.2.การออกแบบระบบทางไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ระบบการทำงานของหุ่นยนต์ในทางไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์เป็นไปดังรูปที่ 5 ซึ่งประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของล้อแต่ละล้อ และไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับอ่านค่าอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ (sensors) และเป็นตัวกลางติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์หลักของ หุ่นยนต์ รวมมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 7 ตัว รวมทั้งหมด อุปกรณ์ตรวจวัดแสดงในตารางที่ 2 ลักษณะระบบไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์เป็นดังรูปที่ 5

ตารางที่ 2 อุปกรณ์ตรวจวัดของ IMERs_RHEX1

ชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด	จำนวน (ตัว)
1. วัดการเคลื่อนที่เชิงมุม Encoder	6
2. Ultrasonic Sensor	8
3. Gyro Sensor	1
4. Accelerometer sensor	1
5. GPS sensor	1
6. Digital Camera	1



รูปที่ 5 ระบบไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ของ หุ่นยนต์

โดยลำดับการทำงานของระบบเป็นดังนี้

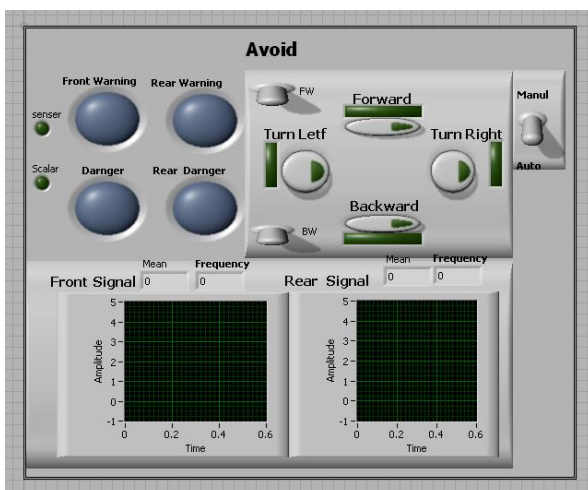
ก. อุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ (Sensors) อ่านได้แก่แสงสัญญาณที่ได้จากการวัดส่งผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ ภายในตัวหุ่น

ข. กล้อง (Camera) ทำหน้าที่ทั้งส่งและรับสัญญาณในตัว โดยส่งสัญญาณภาพและรับคำสั่งการเคลื่อนไหวขึ้นลง ซ้ายขวา ผ่านทาง Network Router และรับส่งต่อไปยัง Computer ภายในตัวหุ่น

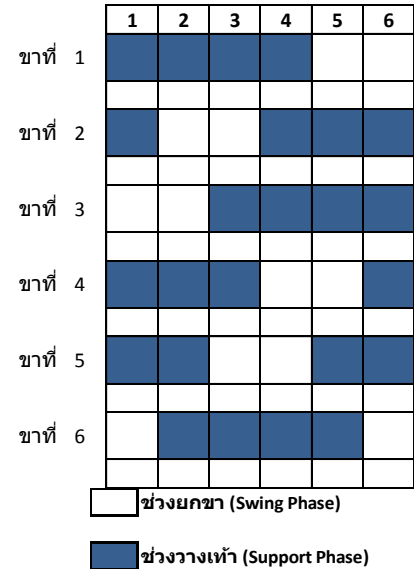
ค. DC Motor รับสัญญาณการคุมรอบความเร็วที่ส่งมาจาก Motor Drive โดยรับสัญญาณมาจาก Microcontroller อีกต่อหนึ่ง และรับส่งต่อไปยัง Computer ภายในตัวหุ่น

ง. จาก Computer ภายในตัวหุ่น ส่งผ่านสัญญาณไปยัง Main Computer โดยผ่านทาง Wireless Supply & Receive

จ. ส่วนควบคุมและผู้ใช้ (control - user) ส่วนนี้ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กอีกตัวที่ไม่ได้ติดอยู่บนตัวหุ่นยนต์ สามารถแสดงค่าต่างๆที่ตัวหุ่นยนต์ส่งมา ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าบนหุ่นยนต์ แสดงการเตือนจากเซนเซอร์ต่างๆ มีลักษณะดังรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงการควบคุมแบบมีผู้บังคับ และแบบอัตโนมัติ ซึ่งแบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้เอง



รูปที่ 6 ระบบโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

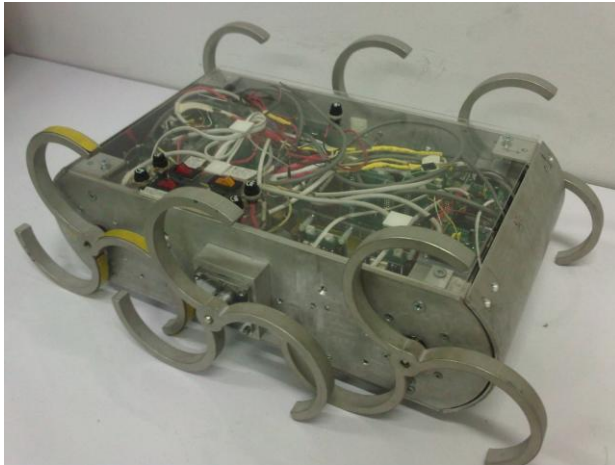


รูปที่ 7 ลักษณะการยกและวางเท้าแต่ละขาของหุ่นยนต์

ในการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์จำเป็นต้องกำหนดลักษณะการเคลื่อนที่ของแต่ละขาให้สอดคล้องกัน เพื่อให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ไปตามต้องการ ดังเช่นในรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างลักษณะการยกและวางเท้าแต่ละขาของหุ่นยนต์ โดยในรูปนี้เป็นลักษณะเพื่อให้เกิดหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยขาแต่ละขามีช่วงการยกเท้า (Swing Phase) และช่วงการวางเท้า (Support Phase) มี 6 ช่วงโดยการเคลื่อนที่เป็นการหมุนวน และเมื่อถึงช่วงวางเท้าจะถึงพื้นพร้อมกัน เช่น ช่วงที่ 1 ขาที่ 1 2 4 และ 5 จะถึงพื้นพร้อมกัน หรือในช่วงที่ 2 ขาที่ 1 4 5 และ 6 จะถึงพื้นพร้อมกัน เป็นต้น ส่วนรูปแบบการเคลื่อนที่แบบอื่นๆ สามารถเปลี่ยนแปลงโดยคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในตัวหุ่นยนต์เอง และจากคอมพิวเตอร์ที่อยู่ภายนอกเช่นกัน

3. ผลการทดลอง

เมื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว หุ่นยนต์มีลักษณะดังรูปที่ 8 ผลการทดลองหุ่นยนต์นี้ มีตั้งแต่การทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ และการทดสอบสมรรถนะเบื้องต้นของหุ่นยนต์



รูปที่ 8 หุ่นยนต์ IMERs_RHEX1 ที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว

3.1 การทดลองระยะทำการของโมดูลวัดระยะทางด้วยแสงอินฟราเรด

เพื่อทดสอบหาระยะทำการของโมดูลวัดระยะทางด้วยแสงอินฟราเรดว่ามีระยะทำการไกลเท่าไรโดยทำการชาร์ตแบตเตอรี่ให้เต็ม นำสิ่งกีดขวางมาวางบนเส้นทางที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่และบังคับให้เคลื่อนที่เข้าหาสิ่งกีดขวาง ผลเป็นดังตารางที่ 3 ระยะตรวจจับไกลสุด 70 เซนติเมตร ส่วนด้านหลังทำการทดลองแบบเดียวกัน ปรากฏว่าด้านหลังที่สามารถตรวจวัดได้ไกลสุด 40 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 ระยะทำการของโมดูลวัดระยะทางด้วยแสงอินฟราเรดด้านหน้า

ระยะทางจากโมดูลถึงสิ่งกีดขวาง(cm)	ลักษณะของสัญญาณ
10	จับสัญญาณได้ดี
20	จับสัญญาณได้ดี
30	จับสัญญาณได้ดี
40	จับสัญญาณได้ดี
50	จับสัญญาณได้ดี
60	จับสัญญาณได้ดี
70	จับสัญญาณได้ดี
80	จับสัญญาณไม่ได้

3.2 ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นลาดเอียง บนพื้นผิวราบเรียบและสนามหญ้า

เพื่อทดสอบการทำงานของระบบขับเคลื่อนว่ามี การเคลื่อนที่ดีหรือไม่ บนสภาพพื้นผิวต่างๆและเพื่อหาความเร็วสูงสุดของหุ่นยนต์ว่ามีความเร็วสูงสุด

เท่าไร โดยบังคับรถให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าตรงๆ ในระยะทาง 10 เมตร และจับเวลาการเคลื่อนที่ ที่ทำการทดลองเป็นจำนวน 20 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย พบว่าหุ่นยนต์มีความเร็วโดยเฉลี่ย 0.25 - 0.50 m/s

ตารางที่ 4 การเคลื่อนที่บนพื้นลาดเอียง บนพื้นผิวราบเรียบและสนามหญ้า

พื้นที่	มุมลาดเอียง (องศา)	ความเร็วโดยเฉลี่ย (v=s/t) (m/s)
พื้นผิวราบเรียบ	0	0.50
พื้นผิวราบแต่ลาดชัน	15	0.35
พื้นผิวราบแต่ลาดชัน	30	0.25
พื้นผิวนอน	0	0.50
พื้นผิวหญ้า	0	0.40

3.3 การทดลองระยะเวลาของแบตเตอรี่

เพื่อทดสอบว่าหุ่นยนต์สามารถใช้งานได้นานเท่าไรต่อการชาร์ตแบตเตอรี่ 1 ครั้ง โดยทำการชาร์ตแบตเตอรี่ให้เต็ม และบังคับหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง จับเวลาดังแต่เริ่มเคลื่อนที่จนถึงหยุดวิ่ง เนื่องจากแบตเตอรี่หมดเป็นจำนวน 20 ครั้งจากการทดสอบผลปรากฏว่าหุ่นยนต์สามารถทำงานติดต่อยาวอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 30 - 60 นาที

3.4 การทดลองระยะทำการของหุ่นยนต์

เพื่อหาระยะสูงสุดที่หุ่นยนต์ยังสามารถเคลื่อนที่ และสามารถควบคุมได้ โดยเป็นการทดสอบในสถานที่โล่งไม่มีกำแพงและสิ่งกีดขวางมาบดบังสัญญาณ โดย การบังคับหุ่นยนต์ไปข้างหน้าให้มีระยะห่างออกไป และทดสอบเป็นจำนวน 20 ครั้ง จากการทดลอง หุ่นยนต์สามารถทำการในรัศมี 200 เมตรในที่โล่ง และ 100 เมตรในอาคาร

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

หุ่นยนต์เคลื่อนที่หกขา IMERs_RHEX1 เป็นหุ่นยนต์ที่ผสมผสานระหว่างการเคลื่อนที่แบบล้อและแบบขา ซึ่งจากการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ดังกล่าว เมื่อทดสอบเบื้องต้น หุ่นยนต์สามารถทำการระยะสูงสุด 200 เมตร มีความเร็วสูงสุด 0.5 เมตรต่อวินาที สามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งพื้นผิวราบเรียบ สนามหญ้า

ถนน และทางลาดชัน สามารถทำงานได้นานที่สุด 1 ชั่วโมง มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาทำให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และสามารถรับหลักสิ่งกีดขวางได้อย่างอัตโนมัติ

เนื่องจากหุ่นยนต์นี้เป็นหุ่นยนต์ต้นแบบแรกจึงยังมีข้อผิดพลาดอยู่อาทิเช่น แรงบิดของมอเตอร์ที่น้อยเกินไปทำให้เคลื่อนที่ได้ช้า แบตเตอรี่ที่เก็บพลังงานได้จำกัด นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาหุ่นยนต์ในเรื่องของการเคลื่อนที่ ระบบอัจฉริยะในการตัดสินใจ ระบบสำรวจ ได้เนื่องจากมีคอมพิวเตอร์อยู่ในหุ่นยนต์ด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (กำแพงแสน) คณะวิศวกรรมศาสตร์(กำแพงแสน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์(กำแพงแสน) ที่ได้เอื้อเฟื้อทุนวิจัย และสถานที่อันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Saranli, U., Buehler, M. and Koditschek D. E. (2000). Design, Modeling and Preliminary Control of a Compliant Hexapod Robot, paper presented in *the IEEE International Conference on Robotics and Automation 2000, San Francisco, CA, USA*.
- [2] Altendorfer, R., Moore and etc. (2001). RHEX: A Biologically Inspired Hexapod Runner, *Autonomous Robots*, vol. 11, August 2001, pp. 207 – 213.
- [3] Moore, E.Z. and Buehler, M (2002). "Stable Stair. Climbing in a Simple Hexapod, paper presented in *the 4th International conference on. Climbing and Walking Robots 2002, Karlsruhe, Germany*.
- [4] Lin, P-C, Komsuoglu, H. and Koditschek, D. E. (2003). A leg configuration sensory system for dynamical body state estimates in a hexapod robot, paper presented in *the IEEE International Conference on Robotics and Automation 2003, Taipei, Taiwan*.
- [5] Skaff, S., Kantor, G., Maiwand, D. and Rizzi, A. R. (2003). Inertial Navigation and Visual Line Following for a Dynamical Hexapod Robot, paper

presented in *the IEEE International Conference on Intelligent Robotic and Systems 2003, Las Vegas, Nevada, USA*.

- [6] Emre, E., Aydan, M. A. and Erkmen, I (2004). Intelligent Gait Synthesizer for Hexapod Walking Rescue Robots, paper presented in *the IEEE International Conference on Robotics and Automation 2004, New Orleans, LA, USA*.

- [7] Neville, N., Buehler, M. and Sharf, I (2006). A Bipedal Running Robot with One Actuator per Leg, paper presented in *the IEEE International Conference on Robotics and Automation 2006, Florida, USA*.

- [8] Sakr, Z. and Petriu E. M (2007). Hexapod Robot Locomotion using a Fuzzy Controller, paper presented in *the IEEE International Workshop on Robotic and Sensors Environments 2007, Ottawa, Canada*.

- [9] http://www.bostondynamics.com/robot_rhex.html