การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18
18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัด-ขอนแก่น

หุ่นยนต์ไฮบริดจ์เคลื่อนที่ด้วยขาและล้อ

A Leg-Wheel Hybrid Mobile Robot

คาวี สุวรรณสิทธิ์ และ สถาพร ลักษณะเจริญ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพ 10800
โทร 02-913-2500ต่อ8303 โทรสาร 02-586-9541 E-mail: STL@kmitnb.ac.th

Kawee Suwannasit and Sathaporn Laksanacharoen
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut Institute of Technology North Bangkok Bangsue, Bangkok 10800, Thailand
Tel: 02-913-2500x8303 Fax: 02-586-9541 E-mail: STL@kmitnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างหุ่นยนต์ที่มีความสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งบนพื้นที่ขรุขระและพื้นเรียบ หุ่นยนต์ไฮบริดจ์นี้มีการเคลื่อนที่ผสมผสานกันระหว่างการเคลื่อนที่ของขา และ ล้อ โดยขาจะเป็นส่วนที่ช่วยในการเคลื่อนที่บนผิวขรุขระ และ ล้อเป็นการเคลื่อนที่บนผิวเรียบ การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไฮบริดจ์อันประกอบ ด้วยขาคู่หน้า 1ชุดและล้อ 1 คู่ ที่เคลื่อนที่ตามติดตั้งทางด้านหลัง การเคลื่อนที่โดยขาคู่หน้าเป็นตัวผลักดันให้ตัวหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือเลี้ยวซ้ายขวา แนวคิดของการสร้างหุ่นยนต์ไฮบริดจ์นี้มาจากการใช้ขาคู่หน้าเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของแมลง ส่วนล้อด้านหลัง เป็นล้อที่หมุนโดยอิสระไม่มีการต่อกับชุดขับใดๆ ขาคู่หน้าประกอบด้วย กลไกทางเครื่องจักรกลชุดก้านโยง 6 ก้าน และ ชุดก้านโยง 4 ก้าน โดยขาแต่ละข้างขับเคลื่อนด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดจิ๋ว 2 ตัว รวมทั้งหมดใช้มอเตอร์ 4 ตัว การควบคุมการเคลื่อนที่ใช้ ชุดกล่อง Stampbox ค่ามุมการเคลื่อนที่ของขาถูกวัดโดยตัวต้านทานปรับค่า (potentiometer) ส่วนในการสัมผัสพื้นของขาใช้ สวิทช์เปิดปิด เป็นตัวบ่งบอกสถานะของขาว่าอยู่ในช่วงจังหวะสัมผัสพื้น หรือ ช่วงจังหวะก้าว หุ่นยนต์ไฮบริดจ์นี้มีขนาด ความยาวประมาณ 14 เซนติเมตร ความกว้าง 7 เซนติเมตร (ไม่รวมล้อสองข้าง ที่ยื่นออก ข้างละ 4 เซนติเมตร) และ สูง 9 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเพียง 280 กรัม ไม่รวมแบตเตอรี

Abstract

This goal of this work is to build a robot that is capable of traversing across terrains and smooth surface. The hybrid robot has the combination of movement between the legs and wheels where the legs travel on rough surface and wheels move on the smooth surface. The design of the hybrid robot is consisted of a pair of front legs and two wheels in the rear. The movement of the robot was propelled by the two front legs which can go forward or turning. The conceptual construction of this hybrid robot came from the two front legs of the insect movement. The two wheels on the rear are passive. The mechanism of the front leg is the six-bar and four-bar mechanism where each leg is driven by two micro motors. The Stampbox used to control the movement of the robot and the joint angle was measured by the potentiometer. The on/off switch was installed at the end of each leg to send the stance or swing phase. The dimension of this hybrid robot is 14 cm long, 7 cm wide (not included the wheel shaft 4 cm each side), and 9 cm high. The weight is only 280 g not included battery.

1. Introduction

ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนางานวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบต่างๆ เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้ในสภาวะแวดล้อมแตกต่างในธรรมชาติ ในการศึกษาเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ดีขึ้นด้วยหลักการของชีววิทยาและระบบกลไก

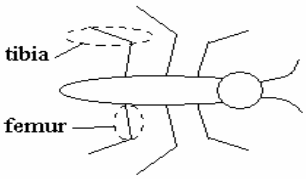
ที่ประเทศ สหรัฐอเมริกา Raibert และคณะ ประสบผลสำเร็จในการสร้างหุ่นยนต์ 1 ขา และ 4 ขา และหุ่นยนต์กระโดด โดยการรวมความรู้ด้านชีววิทยา และ พลศาสตร์ของกลไกหุ่นยนต์ [1] ที่ Case Western Reserve University ได้สร้างหุ่นยนต์แมลง 6 ขาคล้ายแมลงสาบ [2], [3] นักวิจัยที่ Ohio State University สร้าง ASV (Adaptive

Suspension Vehicle) ซึ่งเป็นยานพาหนะ 6 ขา ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่มีรูปร่างไม่แน่นอน [4], [5]

งานที่ได้กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่โดยใช้ขามีความคล่องตัวสูง ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางบนพื้นที่กว้างๆได้ดี อย่างไรก็ตามยานยนต์ที่ใช้ล้อเคลื่อนที่ก็สามารถเคลื่อนที่ไปได้เร็วบนพื้นผิวเรียบ นักวิจัยที่ Tohoku University ที่ญี่ปุ่น ใช้แนวความคิดของการรวมทั้งล้อและขาเข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาเป็น หุ่นยนต์ ขา-ล้อ เพื่องานสำรวจ [6], [7] ในรายงานนี้ได้ใช้หุ่นยนต์ล้อ-ขาเพื่อการแก้ไขปัญหา โดยหุ่นสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วโดยใช้ล้อและสามารถเดินบนผิวขรุขระโดยใช้ขา

2. Biological Observation

งานนี้ได้ใช้หลักชีววิทยารวมกับการเคลื่อนที่ของขาแมลง เพื่อใช้ในการออกแบบขาหุ่นยนต์ จุดเดินของแมลงก็คือมันเป็นหลายๆส่วนจุดหมุนแต่ละส่วน สามารถมี 1 องศาอิสระหรือมากกว่าได้ ทำให้การเดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพื้นฐานของแมลงจะมี 6 ขา คู่กันตรงข้ามลำตัว [8] แสดงในรูปที่ 1 แสดงแผนภาพของขาบนลำตัว เนื่องจากเบื้องต้นของการออกแบบกลไก 2 ส่วนของขาหลักคือ femur และ tibia ดังแสดงในรูป



รูปที่ 1 แสดงสรีระของแมลง

หุ่นยนต์ในงานนี้ใช้หลักการชีววิทยาเบื้องต้น คือใช้ 2 ขาหน้า ยกไปมาเพื่อการก้าวเดิน การเดินแบบนี้ เป็นแรงบันดาลใจในการสร้างออกแบบหุ่นยนต์ รูปที่ 2 แสดงการเคลื่อนที่ของ 2 ขาหน้าตามการเดินของแมลง

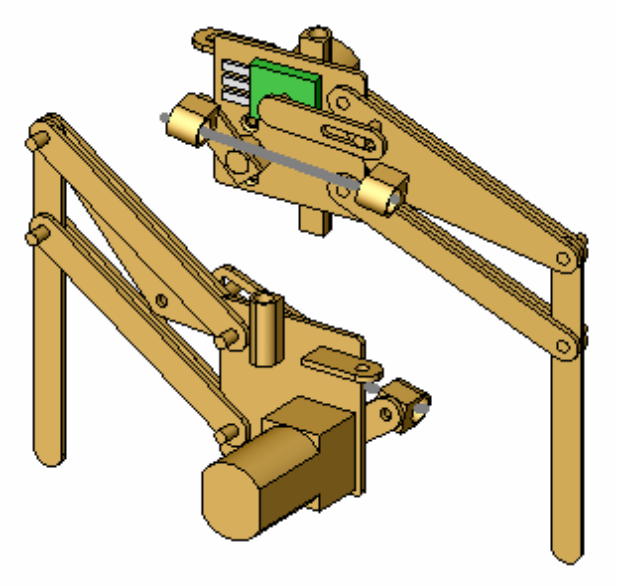
รูปที่ 2 แสดงรูปการก้าวขาของแมลง

3. Design

กลไกของหุ่นยนต์มีความสำคัญกับกลไกควบคุม การเคลื่อนที่เหมือนกับแมลงโดยที่ลำตัวถูกรองรับด้วยขา ออกแบบเป็นสององศาอิสระ(Degree of freedom; DOF) เพื่อง่ายแก่การควบคุม

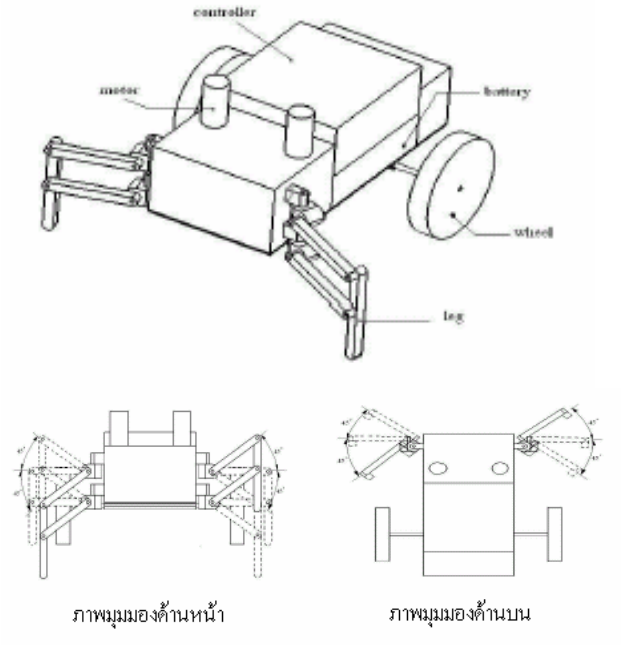
หุ่นยนต์มี 2 ขาหน้า มีฟังก์ชันการทำงานเหมือนกับขาแมลง ที่แสดงในรูปที่ 2 อย่างไรก็ตาม หุ่นยนต์ได้ถูกออกแบบมาให้มีการเคลื่อนที่แบบเบื้องต้น

ขาหน้าแต่ละข้างถูกออกแบบให้มี 2 องศาอิสระ การเดินด้วยขาจะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปบนพื้นขรุขระได้ หุ่นยนต์จะมีความสามารถ ที่จะเคลื่อนที่ผ่านสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ และเดินทางได้เร็วขึ้นและใช้พลังงานน้อยลง



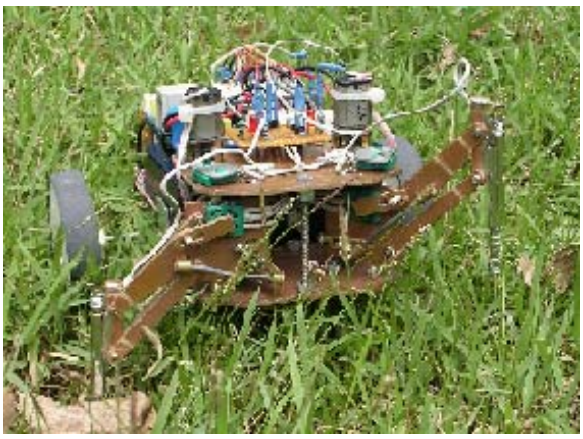
รูปที่ 3 แสดงภาพการออกแบบขาหุ่นยนต์

มุมมองจากด้านหน้าของขา มีรูปร่างเป็นแบบ Six-bar linkage ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งต่อกับมอเตอร์ทดเฟืองไปสั่งให้ชิ้น 3 เคลื่อนที่ขึ้นลง ลักษณะของกลไกแบบนี้เรียกว่า four-bar linkage ดังแสดงในรูปที่ 5 รูปที่ 6 แสดงการเคลื่อนที่ของ สองขาหน้า ขาสามารถขยับได้โดยรวม 90˚ จากมุมมองด้านบนและ 90˚ จากมุมมองด้านหน้า



รูปที่ 4 แสดงมุมมองของตัวหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ **hybrid** ขา-ล้อ แสดงในรูปที่ 8 มีขนาดยาว 14 ซม. กว้าง 7 ซม. (ไม่รวมฐานล้อแต่ละข้างไปอีกข้างละ 4 ซม.) สูง 9 ซม.

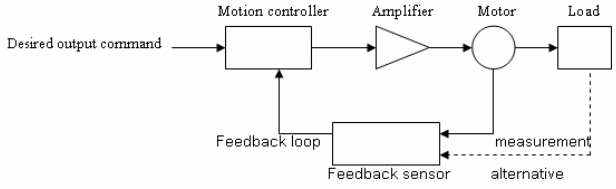


รูปที่ 5 แสดงภาพจริงของตัวหุ่นยนต์

4. Control

ตัวควบคุมถูกนำมาพัฒนาสำหรับควบคุมขาหน้าแบบ Simple feed-forward controller , เขียนคำสั่งบน basicstamp ของ Pallorax ส่งสัญญาณ 5 vdc ให้กับมอเตอร์เกียร์ 12GW ของ Teraware, Inc จากญี่ปุ่น เพื่อมาขับคันชัก ให้หมุนไปมาทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกา

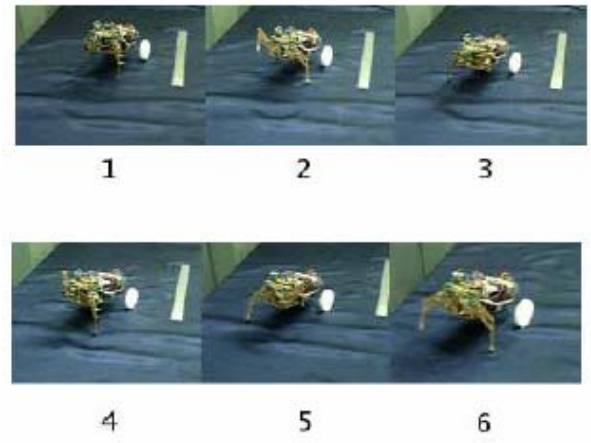
มีมอเตอร์รวม 4 ตัว โดยติดตั้งที่ขาข้างละสองตัว ล้อหมุนโดยแรงขับจากสองขาหน้า ตัวควบคุม รับสัญญาณ feed back โดยใช้ Potentiometer และใช้ foot sensor เป็นสวิชต์กดติดปล่อยดับ เพื่อตรวจสอบการสัมผัสพื้น



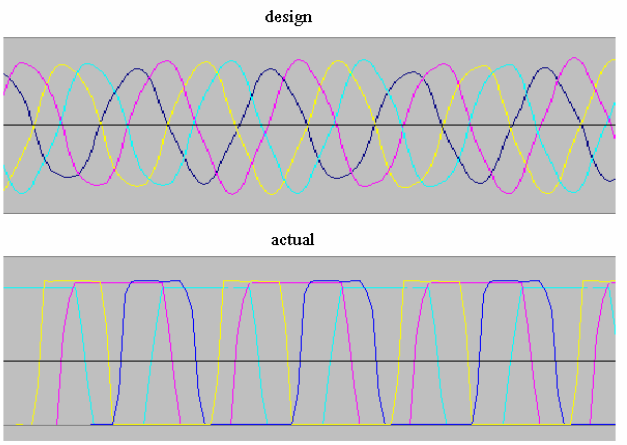
รูปที่ 7 แสดงแผนผังการควบคุมหุ่นยนต์

5. Experimental and Results

การทดลองที่ทำบนหุ่นมีสองแบบ อันดับแรกทดสอบ การเดินที่มีลักษณะเหมือนแมลง จากการทดสอบ ได้ความเร็วประมาณ 10 cm/s ตามรูปที่10 ความสำเร็จในการสร้างหุ่นยนต์ไฮบริดจ์ การทดสอบแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถเดินบนที่ไม่เรียบ



รูปที่ 8 แสดงการทดสอบการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์



รูปที่ 9 แสดงกราฟการเคลื่อนที่ของขาหุ่นยนต์

ซึ่งในการทดลองนี้ได้ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปบนผ้า หุ่นยนต์นี้สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็ว 10 cm/s ขาหุ่นยนต์เคลื่อนที่เหมือนกับขาหน้าของแมลง

เปรียบเทียบการเดินที่ออกแบบกับการทดลองจริง ตามรูปที่ 9 โดยเส้นกราฟแสดงมุมของจุดหมุนที่ขาเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา สังเกตลักษณะของกราฟการเดินออกแบบ(design) กับ การเดินจริง(actual) มีความแตกต่างกันเนื่องจากต้องมีขาใดขาหนึ่งที่รองรับน้ำหนักตัวของหุ่นยนต์อยู่ตลอดเวลา

งานต่อไปที่เรากำลังจะทำการทดสอบคือทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นเอียงหรือสิ่งกีดขวาง

6. Conclusion

ในการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ไฮบริดจ์นี้ถือว่าได้รับความสำเร็จในระดับหนึ่งตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ยังคงมีปัญหาในส่วนของเรื่องชิ้นส่วนบางชิ้นของหุ่นยนต์ ที่ยังไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ และเรื่องของน้ำหนักตัวของหุ่นยนต์เนื่องจากแบตเตอรี่ ในส่วนของการทดลองแสดงให้เห็นได้ว่าตัวหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามที่ต้องการ แต่ยังมีจุดด้อยอยู่บ้างอันเนื่องมาจากการออกแบบกลไก ในการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมตัวหุ่นยนต์จะสามารถเพิ่มขีดจำกัดในการทำงานของหุ่นยนต์ได้

7. References

[1] M. H. Railbert, Legged Robots That Balance. Cambridge,Massachusetts; The MIT Press, 1986.

[2] K. S. Espenschied,R. D. Quinn, R. D. Beer, and H. J. Chiel, “Biologically based distributed control and local reflexes improve rough terrain locomotion in a hexapod robot,” in Robotics and Autonomous System, vol.18, 1996, pp. 59-64.

[3] G. M. Nelson, R. D. Quinn, R. J. Bachmann. W. C. Flannigan, R. E. Ritzmann, and J. T. Watson, “Design and simulation of a cockroach-like hexapod robot,” in Proceedcings ICRA 1997 IEEE Interational Conference on Robotics aand Automation, Albuque, New Maxico, april 1997.

[4] S. M. Song and K. J. Waldron, Machines That Walk. The MIT Press, 1989.
[5] K. J. Waldron and R. B. McGhee, “The adaptive suspension vehicle,” IEEE Control System Magazine, pp. 7-22, 1986.
[6] N. Eiji and N.Sei, “Leg-Wheel robot: a futuristic mobile platform for forestry industry,” in IEEE/T sukuba International Workshop: Can Robots Contribute to Preventing Environmental Deterioration?, November 8-9 1993, pp. 109-112.
[7] Y.-J. Dai, E. Nakano, T. Takahashi, and H. Ookubo, “Motion control of leg-wheel robot for an unexplored outdoor environment,” in Proceedings of the 1996 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, vol. 2, November 4-8 1996, pp. 402-409.
[8] S. Laksanacharoen, A. Pollack, G. Nelson, R. Quinm, and R. Ritzmann, “Biomechanics and simulation of cricket for microrobot design,” in Proceedings ICRA 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 2, April 24-28 2000, pp. 1088-1094