

**การออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบ SWU 6 ขา  
สำหรับสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์  
(Design and Control of the Prototype SWU Hex-Limbed  
Lunar Robot)**

**ธีรวัลย์ ปานกลาง<sup>\*\*</sup> จตุรงค์ สุคนธชาติ<sup>\*</sup>**

<sup>\*</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตย  
เหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

<sup>\*\*</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย  
ราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

**บทคัดย่อ**

แอทลิตทหกา ของนาซ่าคือหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ที่รู้จักกันดี มันมีหกขาที่ร่วมกันแต่ละขา มีล้อที่ใช้แทนกันได้เป็นขาหรือแขนสำหรับเลือกรูปแบบที่ซับซ้อน ซึ่งในที่นี้คณะผู้วิจัยหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ขนาดเล็กหกขาที่เรียกว่า SWU ซึ่งสามารถใช้แขนขาทั้งหกแบบเดียวกับหุ่นยนต์แอทลิตทของนาซ่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอทั้งสองด้านของการออกแบบสำหรับโครงสร้างของส่วนประกอบด้านโครงสร้างหุ่นยนต์ (เช่น โครงสร้างเครื่องจักรกล ระบบการควบคุม การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์) และพัฒนาโปรแกรมทั้งหมดสำหรับระบุตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์ของหุ่นยนต์ ใช้การพัฒนาโปรแกรมภาษา C คอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณกลศาสตร์ผกผันหรือกระบวนการอื่นๆ และเพื่อระบุตำแหน่งไปยังเซอร์โวมอเตอร์ของหุ่นยนต์และการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ การรักษาสมดุลของหุ่นยนต์จะอ่านค่าข้อมูลจาก accelerometer จากผลการทดสอบพบว่า หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ดีภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม ซึ่งนับได้ว่าเป็นการพัฒนาอีกขั้นหนึ่งของการสร้างหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ขนาดเล็กของประเทศไทย

**คำสำคัญ:** หุ่นยนต์ 6 ขา/ ระบบหุ่นยนต์/ หุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์

## Abstract

NASA's ATHLETE Hex-Limbed Lunar Robot is a well-known lunar robotic system. It has six limbs where each together with a wheel that is used interchangeably as a leg or as an arm for complex manipulations. Here, we would like to present a much smaller hex-limbed robotic system, called SWU's Hex-Limbed Lunar Robot, which can probably use all six limbs the same way as the NASA's. This paper is aimed to present both of the design for all structure of hardware components (i.e. mechanical structures, a controller board, a motor driver board, and servo motors) and the programming for a robot position. We use C-computer programming for computing the inverse kinematics or other processes and sending data to servo motors in order to command the robot's positions and the robot's movements. The principle of equilibrium of a robot is done by a static balance method using data inputting from an accelerometer. From the testing results, we found that the robot can work well under the controlled-environments. We conclude that this is the first tiny step for Thailand lunar robot.

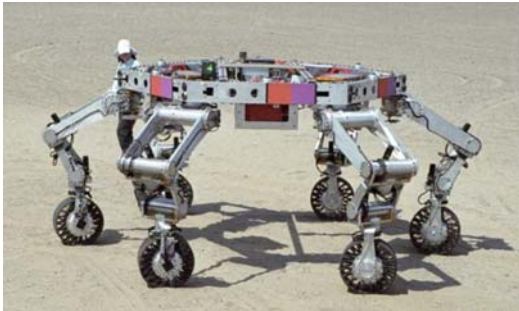
**Keywords:** Hex-Limbed Robot/ Robotic System/ Lunar Robot

## บทนำ

หลายโครงการของนาซามีจุดมุ่งหมายเพื่อสำรวจดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการนำหุ่นยนต์สำรวจที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้ในการไปสำรวจยังดาวเคราะห์ต่างๆ และสามารถปฏิบัติการกิจบนดาวเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพ ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2503 (ค.ศ.1960) มีการสร้างหุ่นยนต์สำรวจประสิทธิภาพสูงที่ขับเคลื่อนด้วยขา โดยใช้แนวคิดของหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ที่ได้รับการใช้งานในการปฏิบัติการกิจบนดวงจันทร์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ที่มีความสามารถสำรวจดาวเคราะห์ด้วยล้อบนพื้นผิวเรียบและใช้ขาในการเคลื่อนที่บนผิว

ขรุขระ ซึ่งปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์สำรวจที่ใช้ได้ทั้งล้อและขาในการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการสำรวจดวงจันทร์มีเป็นจำนวนมากทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ แต่ที่รู้จักกันดีคือหุ่นยนต์ ATHLETE ย่อมาจาก All Terrain Hex Limed Extra Terrestrial Explorer ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายกับแมงมุมมี 6 ขา และ 6 ล้อ (ภาพที่ 1) ซึ่งมีความสามารถในการเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้ที่เหมาะสม โดยสามารถใช้ขาหรือล้อสำหรับการเคลื่อนที่และการจัดรูปแบบการเคลื่อนที่มีความซับซ้อน ซึ่งจะเป็นตัวอย่างของการพัฒนาไปสู่แนวคิดการใช้ขาและล้อในการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นความต้องการที่มีความเป็นไปได้

ได้มากในสภาพภารกิจใด ๆ (Wilcox & et al., 2007: 421-434)



ภาพที่ 1 หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (NASA) เป็นหุ่นยนต์ที่มี 6 ขาและ 6 ล้อใช้ในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวต่างๆ

นาซามีความพยายามอย่างยิ่งยวดในการส่งมนุษย์สู่อวกาศเพื่อปฏิบัติภารกิจและสำรวจดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล โดยเริ่มต้นจากดวงจันทร์ตลอดจนดาวอังคารโดยนักบินอวกาศสามารถสร้างสถานีอวกาศทั้งแบบถาวรและสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวของดาวเคราะห์เพื่อให้ นักบินอวกาศสามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย การสร้างสถานีดังกล่าวต้องใช้หุ่นยนต์ในการปฏิบัติภารกิจดังกล่าวทั้งยังมีความจำเป็นในการขนส่งนักบินอวกาศไปปฏิบัติภารกิจซึ่งต้องใช้หุ่นยนต์ในการขนย้ายนักบินอวกาศและอุปกรณ์ในการปฏิบัติภารกิจ เพื่อไม่ให้มนุษย์ได้รับอันตรายจากรังสีและสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ซึ่งห้องปฏิบัติการเจ็ทโปรพิวชัน (Jet Propulsion) ของสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย กำลังพัฒนาและทำการทดสอบหุ่นยนต์ที่มีชื่อว่า แอทลิต

(ATHLETE) เป็นหุ่นยนต์ 6 ขา ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการสำรวจดวงจันทร์ของนาซาที่เรา รู้จักกันดีในวงการหุ่นยนต์ แอทลิต (ATHLETE) มีขา 6 ขา และใช้ล้อแทนขาในการจัดการการเคลื่อนที่ที่มีความซับซ้อนในการเคลื่อนที่ไปยังพื้นผิวต่างๆ (Chacin & Yoshida, 2005: 1-8)

ในปัจจุบันการพัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆ โดยหุ่นยนต์สามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ทั้ง การใช้ล้อ ใช้ตีนตะขาบ ใช้สายพาน เป็นต้นสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ดังนั้นการที่หุ่นยนต์สามารถใช้ขาเดินบนภูมิประเทศที่มีพื้นผิวขรุขระและสามารถใช้ล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่เรียบเพื่อเก็บรักษาพลังงานเพื่อนำไปใช้ในภารกิจอื่นๆ ซึ่งการใช้ขามีข้อดีหลายประการ ได้แก่ 1) สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่มีอันตรายบนพื้นผิว เช่นบริเวณที่มีความเสี่ยงและเป็นอันตราย ซึ่งการเดินจะใช้พื้นที่ปลายขาในการสัมผัสกับพื้นผิวเท่านั้น ต่างกับล้อหรือตีนตะขาบ ซึ่งจะเกิดรอยจากการเคลื่อนที่มากกว่า 2) สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่มีลักษณะพื้นผิวต่างระดับดังนั้นการพัฒนาการเคลื่อนที่ในรูปแบบการเดินจึงเป็นการนำความรู้เรื่องการออกแบบหุ่นยนต์มาใช้ในการออกแบบระบบข้อต่อ กลไกของขา และการควบคุมรวมทั้งใช้ความรู้ในการเขียนโปรแกรม โดยทำการสร้างหุ่นยนต์เดิน 6 ขาและสามารถเคลื่อนที่แบบล้อขนาดเล็กขึ้นมาเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการเดิน

ของหุ่นยนต์ดังกล่าว นอกจากเอกสารอ้างอิงที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว งานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจการพัฒนาการสร้าหุ่นยนต์ ซึ่งผลงานนี้ได้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบการส่งกำลังของแรงบิดที่ข้อต่อขาของหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์เดินได้แบบนุ่มนวลของขาหุ่นยนต์ซึ่งยากแก่การควบคุมหุ่นยนต์ นอกจากนี้แล้วหุ่นยนต์แบบ 6 ขายังถูกออกแบบให้นำไปใช้งานสำหรับเคลื่อนที่ไปยังพื้นที่ลาดชันได้อีกด้วย (สถาพร สักขณะ เจริญ, 2548: 31-55)

### ความสำคัญของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและวิจัยหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อสำรวจพื้นผิวของดวงจันทร์ ซึ่งมีสถานะแวดล้อมแตกต่างไปจากพื้นผิวของโลกมาก โดยหวังว่าผลจากการวิจัยอาจจะช่วยทำให้มีการพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ขนาดเล็ก และหุ่นยนต์นี้อาจจะถูกพัฒนาเป็นหุ่นยนต์ในการสำรวจในที่เสี่ยงภัยบนผิวโลก โดยไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์

### ขอบเขตของงานวิจัย

1. ออกแบบและประดิษฐ์หุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ที่มีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่โดยใช้ล้อและโดยใช้ขาทั้ง 6 ขา ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR และภาษาซี
2. ทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขาที่สร้างขึ้นในสถานะจำลองบนพื้นผิวเรียบ

พื้นผิวเอียง โดยไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์ได้

3. ทดสอบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ในสถานะจำลองพื้นผิวของดวงจันทร์ โดยไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์

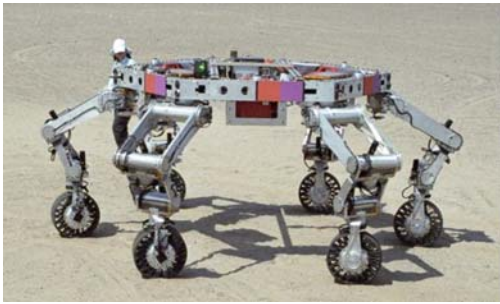
### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่ได้จากการออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบ 6 ขา ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่มีเสถียรภาพในการเคลื่อนที่สูง อีกทั้งยังสามารถรักษาภาพสมดุลของการเคลื่อนที่ทั้งบนพื้นผิวเรียบพื้นผิวเอียง และพื้นผิวขรุขระ สามารถใช้หุ่นยนต์เพื่อใช้ในการสำรวจผิวของดวงจันทร์และพื้นผิวของโลกได้ นอกจากนั้นการประดิษฐ์หุ่นยนต์ 6 ขานี้ยังเป็นจุดเริ่มต้นของการประดิษฐ์และพัฒนาหุ่นยนต์ 6 ขาในประเทศไทย

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot โดยใช้แนวคิดของหุ่นยนต์สำรวจดวงจันทร์ที่ได้ใช้ในการปฏิบัติการกิจบนดวงจันทร์ คือ หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (NASA) ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายกับแมงมุม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เมตร มีหกขาและหกล้อซึ่งมีความสามารถในการเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้เหมาะสมกับภารกิจต่างๆ หุ่นยนต์ดังกล่าวสามารถใช้ได้ทั้งล้อและขาในการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการสำรวจผิวดวงจันทร์

ในงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ได้ทั้งล้อและขา 6 ขา คล้ายคลึงกับหุ่นยนต์ของนาซา (18 องศาอิสระ) ของ 6 ขา แต่ย่อส่วนให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร (ภาพที่ 2)



(ก)



(ข)

**ภาพที่ 2** (ก) หุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา (ข) เปรียบเทียบกับหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot ซึ่งมีขนาด 30x30x15 เซนติเมตร หุ่นยนต์ทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันถึง 10 เท่า

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

### 1. ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์

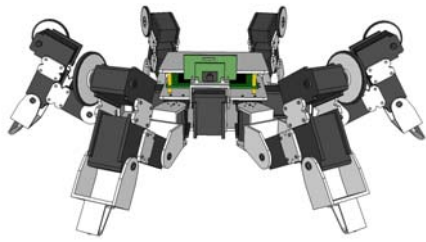
คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์โดยทำการย่อขนาดของหุ่นยนต์ ATHLETE ของนาซา ให้มีขนาดเล็กและสามารถปฏิบัติการกิจได้เช่นเดียวกับหุ่นยนต์

ของนาซา ซึ่งมีขนาดใหญ่และน้ำหนักค่อนข้างเยอะอีกทั้งยังใช้พลังงานมากเพื่อที่จะปฏิบัติการกิจบนดวงจันทร์ โดยหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot จะมีขนาดเพียง 30 เซนติเมตร แต่จะมีขาและล้อซึ่งเคลื่อนที่ได้ 18 องศาอิสระ (ของขาทั้ง 6 ขา) เช่นเดียวกันกับหุ่นยนต์ของนาซา ซึ่งเกณฑ์การออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบจะประกอบไปด้วย ขนาดของหุ่นยนต์ ขาของหุ่นยนต์ ตัวหุ่นยนต์ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

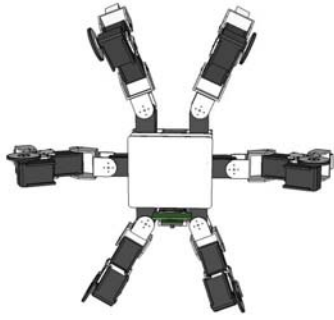
1.1 การออกแบบขนาดของหุ่นยนต์ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ ในการวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นการออกแบบเพื่อที่จะปฏิบัติงานในสถานที่เล็กที่หุ่นสำรวจอื่นๆ เข้าไปไม่ถึง ดังนั้นจึงออกแบบให้หุ่นยนต์มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร นอกจากนี้การที่หุ่นยนต์มีขนาดเล็กจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างหุ่นยนต์ และการเคลื่อนย้ายหุ่นยนต์สามารถทำได้สะดวก

1.2 ออกแบบวัสดุที่นำมาสร้างหุ่นยนต์โดยวัสดุที่ใช้ต้องแข็งแรงมีน้ำหนักเบาและมีราคาไม่สูงมากนัก

1.3 ออกแบบโครงสร้างส่วนลำตัว ส่วนขาของหุ่นยนต์ และส่วนเชื่อมต่อระหว่างลำตัวและขาทั้ง 6 ขาโดยใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก โดยกำหนดให้จุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์อยู่ ณ บริเวณตรงกลางของตัวหุ่นยนต์พอดี ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์มีเสถียรภาพเมื่อเคลื่อนที่มากที่สุด (ภาพที่ 3)



(ก)



(ข)

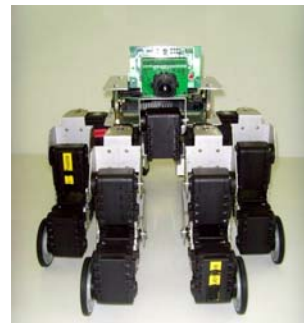
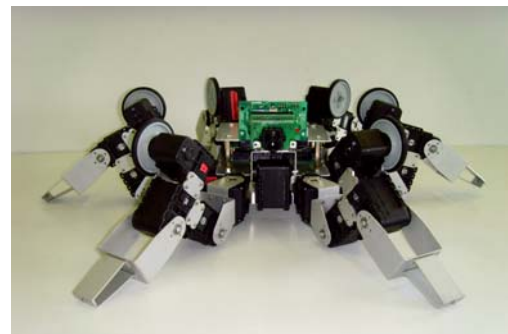
ภาพที่ 3 การออกแบบหุ่นยนต์ (ก) จากมุมมองด้านหน้าและ (ข) จากมุมมองด้านบน

1.4 ออกแบบและคัดเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในหุ่นยนต์ โดยที่อุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีน้ำหนักเบา มีประสิทธิภาพในการทำงาน ประหยัดพลังงาน และมีราคาถูก

1.5 เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ที่มีขนาดเล็ก มีความเสถียรภาพสูง และอัตราการใช้พลังงานต่ำ เลือกใช้อุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน (accelerometer) และกล้องถ่ายภาพ (camera) ที่เหมาะสมกับหุ่นยนต์ (ภาพที่ 4)

1.6 เลือกใช้แหล่งพลังงาน (แบตเตอรี่) ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ให้กระแสไฟฟ้าที่เพียงพอต่ออุปกรณ์ทั้งหมด และสามารถจ่ายไฟฟ้าได้เป็นเวลานาน

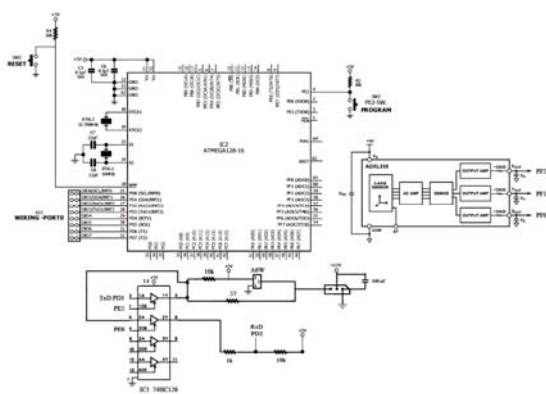
1.7 การออกแบบ การคัดเลือกอุปกรณ์ และการทดสอบหุ่นยนต์ทั้งหมดกระทำโดยผลที่ผลของความแตกต่างระหว่างแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และโลก (ซึ่งมีค่าประมาณ 1/6 เท่า) เนื่องจากผลการศึกษาในอดีตทำให้คณะผู้วิจัยทราบว่า การคำนึงถึงผลดังกล่าว จะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ในการประดิษฐ์และทดสอบสูงมาก



ภาพที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR 8 บิต กับเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 25 ตัว ภาคควบคุม ชุดขับเคลื่อน อุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน และกล้องถ่ายภาพของหุ่นยนต์ SWU Hex-Limbed Lunar Robot ภาพด้านซ้ายแสดงท่าเตรียมพร้อมของหุ่นยนต์สำหรับการเคลื่อนที่ด้วยขาคล้ายแมงมุม ภาพด้านขวาแสดงท่าเตรียมพร้อมสำหรับการเคลื่อนที่ด้วยล้อคล้ายรถยนต์

## 2. การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

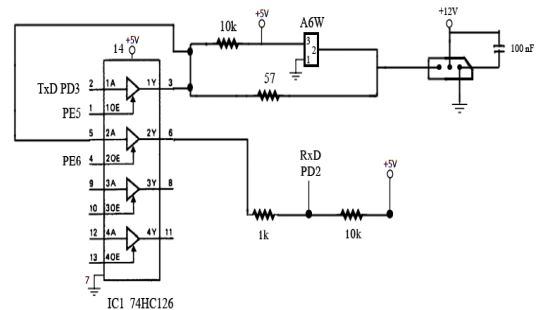
หัวใจสำคัญในการควบคุมคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ที่ใช้เป็นข้อต่อของหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในท่าต่างๆ โดยมีอินพุตและเอาต์พุตสำหรับรับและส่งข้อมูล 64 บิต มีความสามารถสูงและมีหน่วยความจำโปรแกรม 128 กิโลไบต์ แรม (RAM) 4 กิโลไบต์ และอีอีพีรอม (EEP ROM) 4 กิโลไบต์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลของหุ่นยนต์ได้เป็นจำนวนมากอีกทั้งยังสามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว และ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์รับรู้ (sensor) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ ADXL 335 เพื่อใช้ตรวจสอบความเอียงของหุ่นยนต์ในการรักษาสมดุลและสภาพปัจจุบันของหุ่นยนต์ อยู่ในสถานะใด (ภาพที่ 5-7)



ภาพที่ 5 วงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

### 2.1 การออกแบบวงจรควบคุม เซอร์โวมอเตอร์

โดยไอซี (IC) เบอร์ 74HC126 มีหน้าที่ขยายสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATmega128 อินพุต (RxD) หรือ PD2 และเอาต์พุต (TxD) PD3 เพื่อส่งและรับข้อมูลไปยังเซอร์โวมอเตอร์และอ่านค่าข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์กลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ (ภาพที่ 6)

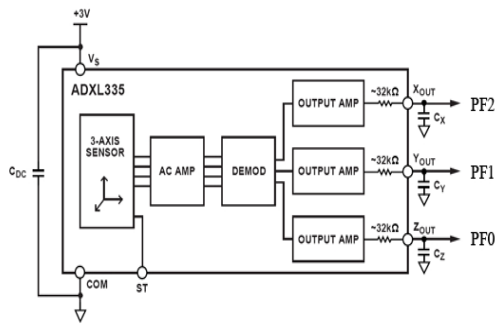


ภาพที่ 6 วงจรควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์

### 2.2 วงจรอุปกรณ์รับรู้ (Sensor)

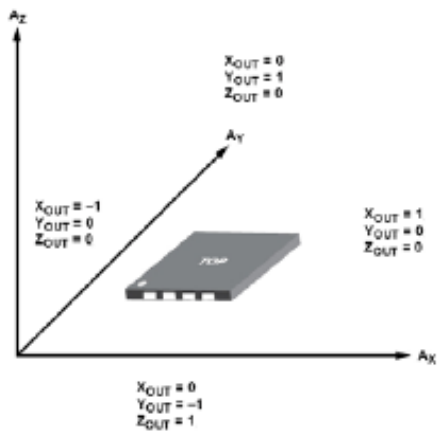
อุปกรณ์รับรู้แบบวัดความเร่ง 3 แกน (Accelerometer sensor) พื้นผิวแบบไมโครแมคชีน โพลีซิลิกอน (Micromachined polysilicon) ซึ่งประกอบด้วยโพลีซิลิกอน (Polysilicon) 3 ชั้น โพลีซิลิกอนชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 ถูกยึดติดอยู่กับที่ ส่วนชั้นที่ 2 จะเคลื่อนที่หรือสั่นอยู่ระหว่างชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความจุจะเกิดจากชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 2 กับชั้นที่ 3 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลง

ของประจุทั้ง 2 ค่า ค่าที่วัดได้ตามแกนของ  
โครงสร้างอยู่ในทิศทางเคลื่อนที่ของ  
พื้นผิว มีการประมวลสัญญาณจากวงจรและมี  
การกำหนดค่าเท่ากับ 0.35 mV/g (Ristic & et  
al., 1992: 118-121)

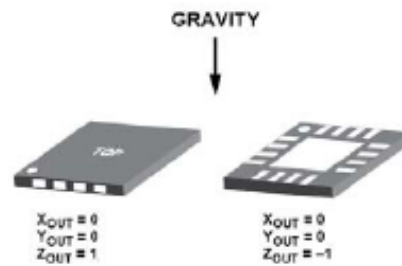


ภาพที่ 7 วงจรอุปกรณ์รับรู้ (Sensor)  
รุ่น ADXL 335

ภายในอุปกรณ์รับรู้ที่ใช้  
ADXL335 มีโพลีซิลิกอน (polysilicon) เรียง  
ซ้อนกันอยู่ 3 ชั้น เมื่อชั้นของโพลีซิลิกอนถูก



(ก)



(ข)

ภาพที่ 8 ผลของอุปกรณ์รับรู้ ADXL335 (ก) แสดงผลของแกน X และแกน Y (ข) แสดงผลของแกน Z

บีบตัวเข้าใกล้กันก็จะทำให้ระยะห่างของแผ่น  
โพลีซิลิกอนทั้ง 3 ชั้น มีการเปลี่ยนแปลง  
ระยะห่างระหว่างชั้น ดังแสดงในสมการ

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (1)$$

เมื่อระยะระหว่างแผ่นของโพลีซิลิกอนถูกบีบ  
เข้ามาใกล้กันก็จะทำให้ค่าความเก็บประจุ  
เพิ่มขึ้น

$$V = \frac{Q}{C} \quad (2)$$

จากนั้นสามารถหาความต่างศักย์ของแผ่นโพลี  
ซิลิกอน เมื่อ V เปลี่ยนไป 0.35 mV มีค่า  
เท่ากับ 1 g



### 3. โปรแกรมสำหรับทดสอบหุ่นยนต์ ในสถานะจำลองรูปแบบต่างๆ

3.1 เขียนโปรแกรมเพื่อจัดทำทางของหุ่นยนต์ SWU โดยพัฒนาโปรแกรมในการเลียนแบบท่าทางการเดินของแมงมุมในรูปแบบต่างๆ

3.2 เขียนโปรแกรมเพื่อให้หุ่นยนต์ SWU สามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ได้ทั้งการใช้ขาหรือล้อในการเคลื่อนที่หรือปฏิบัติภารกิจต่างๆ

3.3 เขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลจากอุปกรณ์รับรู้ตรวจวัดความเอียงและความเร่งเพื่อบอกสภาพการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ SWU ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจึงประมวลผลและออกคำสั่งเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรักษาสภาพสมดุลของตัวหุ่นยนต์

3.4 เขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ATmega128 ไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ทั้ง 25 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามท่าที่กำหนดขึ้น

#### ผลการวิจัย

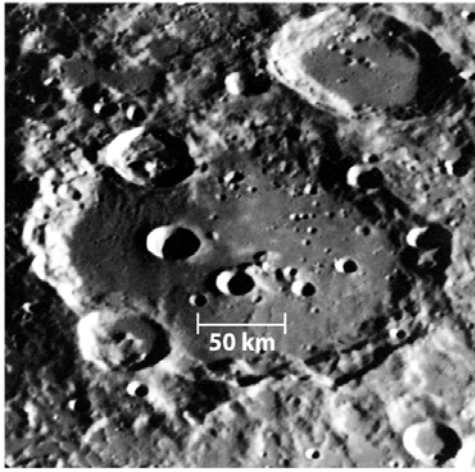
ในการทดสอบหุ่นยนต์ในสถานะปกติได้ดำเนินการบนพื้นเรียบและพื้นเอียง การทดสอบนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบการทำงานในระบบต่างๆ ของหุ่นยนต์ว่ามีการทำงานได้สมบูรณ์หรือไม่ โดยหุ่นยนต์ SWU สามารถเคลื่อนที่ที่คล้ายกับการเคลื่อนที่ของแมงมุมคือ

เดินหน้า ถอยหลัง เดินหน้าอย่างรวดเร็ว ถอยหลังอย่างรวดเร็ว เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้ายอย่างรวดเร็ว เลี้ยวขวาอย่างรวดเร็วเพื่อและเมื่ออยู่บนพื้นเรียบสามารถเปลี่ยนจากการใช้ขามาเป็นการใช้ล้อในการเคลื่อนที่เพื่อประหยัดพลังงานในการเคลื่อนที่อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนที่บนพื้นเอียงทำมุม 38.60 องศา (ภาพที่ 9)

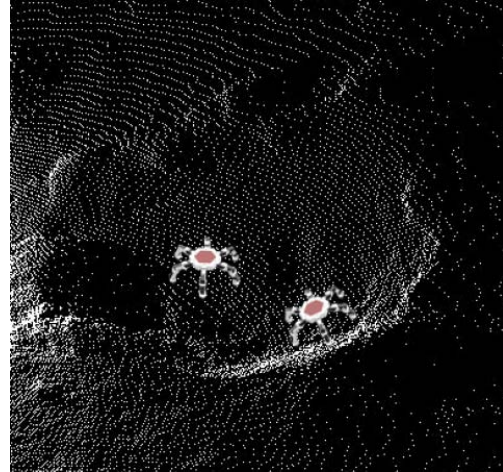


ภาพที่ 9 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ SWU โดยใช้ล้อในการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

การสร้างสถานการณ์จำลองโดยสร้างพื้นผิวและสถานการณ์จำลองให้มีความคล้ายคลึงกับพื้นผิวของดวงจันทร์ (โดยไม่ทดสอบผลจากแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์) เช่น จำลองสภาพความขรุขระจากหินบนดวงจันทร์ จำลองความลาดเอียงของพื้นผิวของดวงจันทร์ จำลองฝุ่นละเอียดที่ปกคลุมผิวของดวงจันทร์ โดยจะนำหุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบและทำการสร้างขึ้นมาทดสอบบนพื้นผิวดังกล่าว และทำการเปรียบเทียบผลของการแก้ปัญหา (ภาพที่ 10-12)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 10 พื้นผิวดวงจันทร์จริง (ก) แสดงแบบจำลองของผิวของดวงจันทร์ที่สร้างโดยคอมพิวเตอร์กราฟิกเพื่อใช้ในการทดลองหุ่นยนต์ (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 11 พื้นผิวขรุขระสำหรับการใช้การทดสอบหุ่นยนต์ (ก) แสดงพื้นที่จริงที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ขนาด 120 x 120 เซนติเมตร (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 12 หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยใช้ล้อในสภาวะจำลอง (ก) หุ่นยนต์ใช้ในการเคลื่อนที่ที่มีความลาดชัน (ข)

จากการทดลองดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหุ่นยนต์ในการปฏิบัติภารกิจในการเลือกรูปแบบในการแก้ปัญหาของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่ในสภาวะการณ์ต่างๆ หุ่นยนต์สามารถปฏิบัติภารกิจได้คณะผู้วิจัยจึงได้ทดสอบพื้นผิวให้มีความคล้ายคลึงกับพื้นผิวของดวงจันทร์ (โดยไม่ทดสอบผลจากแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์) ซึ่งได้

จำลองสภาพความขรุขระจากหินบนดวงจันทร์ จำลองความลาดเอียงของพื้นผิวของดวงจันทร์ จำลองฝุ่นละเอียดที่ปกคลุมผิวของดวงจันทร์ที่มีความหนาและมีความละเอียดสูงซึ่งฝุ่นเหล่านี้เองที่เป็นตัวรบกวนการปฏิบัติการกิจการสำรวจดวงจันทร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ภาพที่ 13-14)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 13 พื้นผิวที่มีความหนาของฝุ่นที่มีความละเอียดสูง (ก) พื้นผิวขรุขระ (ข)



(ก)



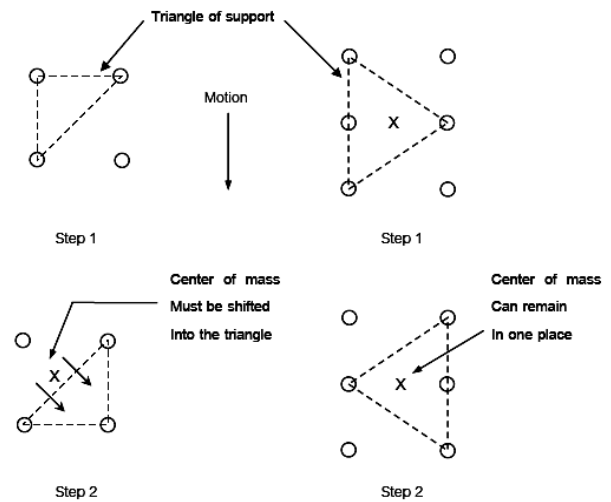
(ข)

ภาพที่ 14 หุ่นยนต์ปฏิบัติภารกิจบนพื้นผิวจำลองที่มีผงฝุ่นที่มีความละเอียดสูงและสามารถเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ในการปฏิบัติภารกิจต่างๆ ได้

## สรุปและอภิปรายผล

หุ่นยนต์ SWU สามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่โดยอุปกรณ์รับรู้ตรวจวัดความเอียงและความเร่ง (ADXL 335) อ่านค่าข้อมูลแล้วส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ (ATmega 128) เพื่อประมวลผลและออกคำสั่งเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรักษาสมดุลของตัวหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ตามคำสั่งได้อย่างถูกต้อง โดยจากการทดลองสามารถหุ่นยนต์ SWU สามารถเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ ดังนี้ เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ข้างหลัง ข้างหน้าอย่างรวดเร็ว ข้างหลังอย่างรวดเร็ว เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เลี้ยวซ้ายอย่างรวดเร็ว เลี้ยวขวาอย่างรวดเร็ว โดยกำหนดสถานการณ์จำลองในรูปแบบต่างๆ เช่น พื้นราบ พื้นเอียง พื้นผิวขรุขระ และพื้นผิวที่มีความคล้ายคลึงกับพื้นผิวของดวงจันทร์ (โดยไม่ทดสอบผลจากแรงโน้มถ่วงและอุณหภูมิของดวงจันทร์) แต่จะพบข้อผิดพลาดบางประการเมื่อหุ่นยนต์ SWU เคลื่อนที่บนพื้นเอียงเมื่อหุ่นยนต์จะปรับเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่หุ่นยนต์อาจลื่นไถลตกลงมาจากตำแหน่งที่หุ่นยนต์ความจะอยู่ที่ให้ต้องเสียเวลาในการที่หุ่นยนต์จะต้องมาประมวลผลของหุ่นยนต์ใหม่ตลอด แต่คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนที่ใหม่เพื่อให้หุ่นยนต์มีระยะเวลาในการเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่เนื่องจากการควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการเคลื่อนที่ผิดพลาดไปจาก

แนวการเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเซอร์โวมอเตอร์ แต่ถ้าหุ่นยนต์ถูกสั่งให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำความผิดพลาดก็จะมีน้อย นอกจากนี้แล้วหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบ 6 ขาสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ล้มในระหว่างก้าวขา ซึ่งการทรงตัวของหุ่นยนต์ในการก้าวขานั้นถูกออกแบบโดยใช้หลักการของการถ่วงมวลที่จุดศูนย์ถ่วงของขาทั้ง (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 การรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ SWU แบบ 6 ขา โดยใช้ทฤษฎีการสมดุลแบบสามเหลี่ยมสี่ในรูปของสามเหลี่ยม

จากภาพที่ 15 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะทางและทิศทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการก้าวเดินของแต่ละขาของหุ่นยนต์ถูกควบคุมการเคลื่อนที่ส่วนแนวทางในการพัฒนาหุ่นยนต์แบบนี้สามารถพัฒนาได้หลายแนวทางโดยการพัฒนาดังกล่าวนี้เป็นการพัฒนาโดยใช้

หลักการทางการออกแบบและวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์มาใช้ในการออกแบบระบบเพื่อควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ นอกจากนี้แนวทางการพัฒนาหุ่นยนต์แบบขาด้งที่ได้นำเสนอขึ้นยังสามารถพัฒนารูปแบบการเดินได้อีกหลายทาง โดยอาศัยหลักการเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของการทำงานของสมองในการจดจำและเรียนรู้ มาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยเป็นแนวทางในการพัฒนาหุ่นยนต์แบบใหม่

### เอกสารอ้างอิง

ณัฐดนัย ตันทวิรุพห์. (2542). การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์เดินบนระนาบแบบขนาน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถวิดา มณีวรรณ. (2546). หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแนวตั้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พิรณัฐ วิรุณหะ. (2551). การหาโมเดลทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์ผู้ระเบิดโดยวิธีการของ ดินาวิท ฮาร์ทเทนเบอร์ก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิต

วิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิศวกรรมศาสตร์. (2547). เอกภพ เพื่อความเข้าใจในธรรมชาติของจักรวาล. หน้า 77-165. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร และคณะ. (2540). กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคพลศาสตร์. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

สถาพร ลักษณะเจริญ. (2548). วิศวกรรมหุ่นยนต์. หน้า 31-55. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สมคิด สุทวิทรัพย์. (2548). การพัฒนาการเคลื่อนที่และการรวมตัวกันของหุ่นยนต์ล้อ-แขน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Campbell. D. & Buehler. M. **Preliminary bounding experiments in a dynamic hexapod.** pp. 612-621. Retrieved June 11, 2009. from <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA438807>

Chacin M. & Yoshida K. (2005). **Multi-Limbed Rover for Asteroid Surface Exploration Using Static Locomotion.** pp. 1-8. Retrieved September 12, 2009, from <http://robo>

tics.estec.esa.int/iSAIRAS

Dynamixel. (2006). **User's Manual Dynamixel AX-12**. Closer to Real Robotis. pp. 1-38. Retrieved April 17, 2008. From [http://www.robotis.com/xe/dynamixel\\_en](http://www.robotis.com/xe/dynamixel_en)

Ristic, Lj. & et al. (1992). **Solid-State Sensor and Actuator Workshop**. pp.118-121. Retrieved April 24, 2009, from [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=228311&abstractAccess=no&userType=inst](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=228311&abstractAccess=no&userType=inst)

Wilcox. B. H. & et al. (2007). **ATHLETE: A cargo handling and manipulation robot for the moon**. pp. 421-434. Retrieved April 24, 2009, from [http://www-robotics.jpl.nasa.gov/publications/Todd\\_Litwin/athlete-jfr-2007.pdf](http://www-robotics.jpl.nasa.gov/publications/Todd_Litwin/athlete-jfr-2007.pdf)