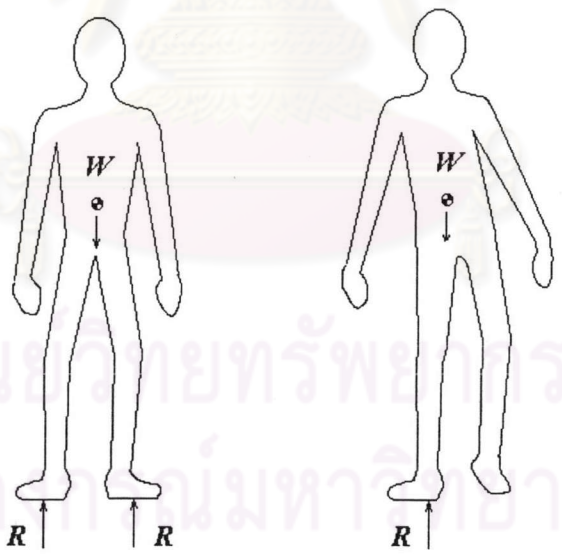
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รูปแบบทั่วไปของหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้โดยใช้ขา

ลักษณะหุ่นยนต์ที่ใช้ขาในการเดิน อาจมีตั้งแต่ หนึ่งขา ไปจนถึง แปดขา โดยทั่วไปมักเป็น สี่ และ หกขา เนื่องจากสามารถรักษาสมดุลไว้ได้ตลอดเวลา โดยใช้ 3 ขาวางบนพื้นในขณะที่ขาที่เหลือทำหน้าที่ก้าวเดิน ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่ใช้ขาที่ได้มีการค้นคว้าวิจัยมาแล้วได้แก่ ASIMO, Hannibal[1] , TITAN VI[2] , HEXAX-I[3] และ TUM[4] ข้อดีของหุ่นยนต์ที่ใช้ขาเดินคือสามารถเคลื่อนที่ไปในภูมิประเทศที่ไม่ราบเรียบ

2.1.1 หุ่นยนต์สองขา

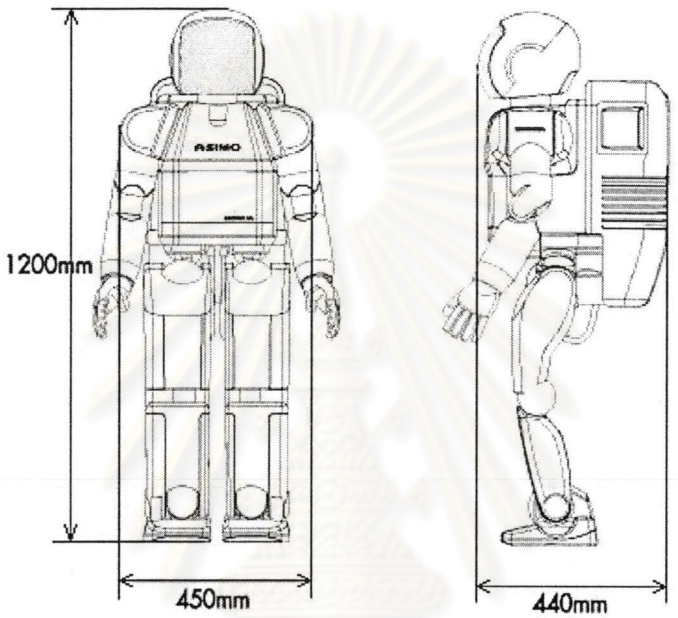
หุ่นยนต์สองขา มักมุ่งเน้นไปทางด้าน การพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับมนุษย์ โดยอาศัยวิธีการควบคุมชั้นสูง เนื่องจาก การเดินจะเป็นลักษณะกึ่งเสถียรภาพ กล่าวคือ ในขณะก้าวเดินจะมีเพียงขาเดียวที่ตั้งอยู่บนพื้น ในกรณีของหุ่นยนต์สองขา ซึ่งจะต้องมีการรักษาสมดุลเช่นเดียวกับการเดินของมนุษย์



รูปที่ 2.1 การเดินที่มีการรักษาสมดุลของมนุษย์

งานวิจัยที่ผ่านมาได้แก่

ASIMO ดังรูปที่ 2.2 เป็นหุ่นยนต์สองขาที่สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบมนุษย์ พัฒนาโดยบริษัทฮอนด้า(Honda Motor Co.,Ltd.) หุ่นยนต์มีความสูง 120 เซนติเมตร ความกว้าง 44 เซนติเมตร น้ำหนัก 43 กิโลกรัม และมีความเร็วสูงสุดในการเดิน 1.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ASIMO เป็นหุ่นยนต์ที่เดินได้เหมือนมนุษย์มากที่สุดในปัจจุบัน มีองศาความอิสระเท่ากับ 24 ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์ ASIMO

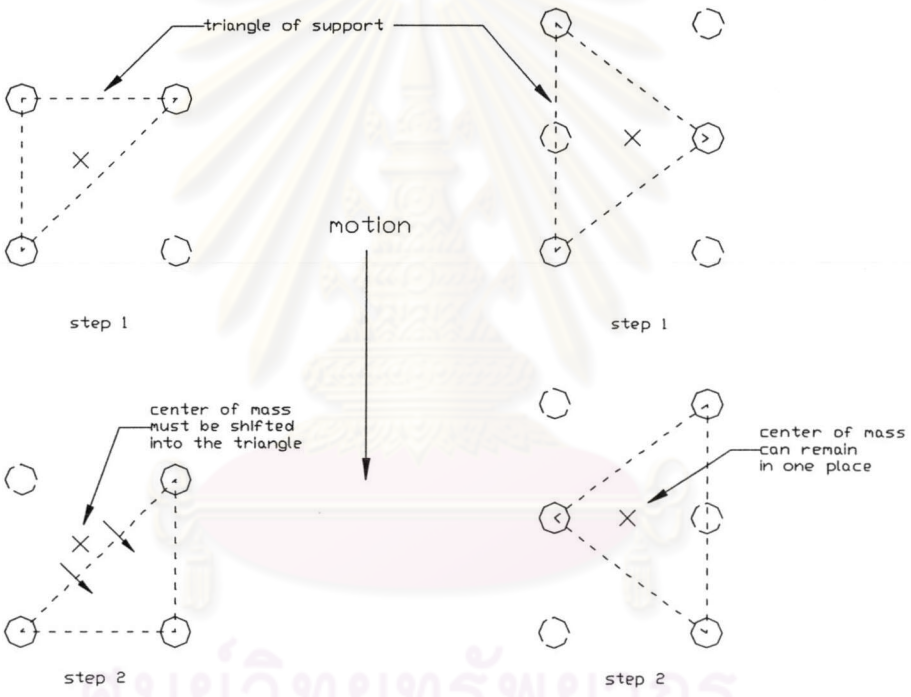
Head	Neck Joint (U/D,RT)*1	2 DOF
Arm	Shoulder Joint (F/B,U/D,RT)	3 DOF
	Elbow joint (F/B)	1 DOF
	Wrist joint (RT)	1 DOF
		5 DOF x 2 arms = 10 DOF
Hand	5 fingers (Grasping)	1 DOF
		1 DOF x 2 hands = 2 DOF
Leg	Hip joint (F/B,L/R,RT)	3 DOF
	Knee joint: (F/B)	1 DOF
	Ankle joint: (F/B,L/R)	2 DOF
		6 DOF x 2 legs = 12 DOF

*1
F/B : Forward/Backward
U/D : Up/Down
L/R : Left/Right
RT : Rotation
DOF : Degrees of Freedom

รูปที่ 2.3 องศาความอิสระของแต่ละส่วนของหุ่นยนต์ ASIMO

2.1.2 หุ่นยนต์สี่ขา

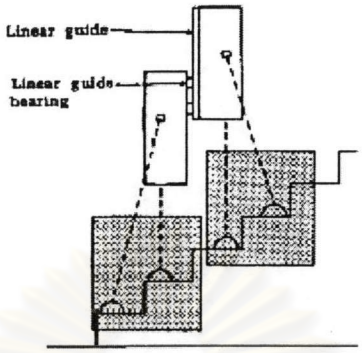
หุ่นยนต์ที่มีสี่ขาจะสามารถเดินในลักษณะสมดุลได้ โดย หนึ่งขาจะมีอิสระในการก้าวเดิน ในขณะที่อีกสามขาจะอยู่บนพื้น ดูจากรูปที่ 2.4 การรักษาสมดุล ต้องอาศัยการย้ายจุดศูนย์กลางมวล ให้อยู่ภายในพื้นที่สามเหลี่ยม ที่เกิดจากการวางตำแหน่งของขาทั้งสาม (Triangle of support) ตลอดเวลา แต่ละขาจะมีลักษณะคล้ายแมลง ทำให้สามารถปรับท่าเดิน (Gait) ให้เหมาะสมกับพื้นผิวง่าย งานวิจัยที่ผ่านมาได้แก่



รูปที่ 2.4 จุดศูนย์กลางมวลของการเดินแบบสี่ขาและหกขา

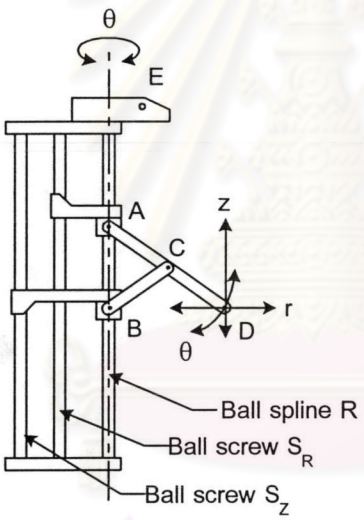
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

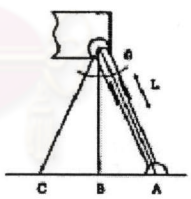
TITAN VI[2] มีลักษณะพิเศษคือ ลำตัวแบ่งเป็นสองส่วน ทำให้มีประสิทธิภาพในการปรับระดับสูง และสามารถขึ้นบันไดได้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5[2] ลำตัวที่แบ่งเป็นสองส่วนของ TITAN VI

กลไกขามีลักษณะเป็นพิกัดทรงกลม ร่วมกับ Evan mechanism ดังรูป





รูปที่ 2.6[2] กลไกขาของ TITAN VI *รูปที่ 2.7[2] ลักษณะของขาแบบพิกัดทรงกลม*

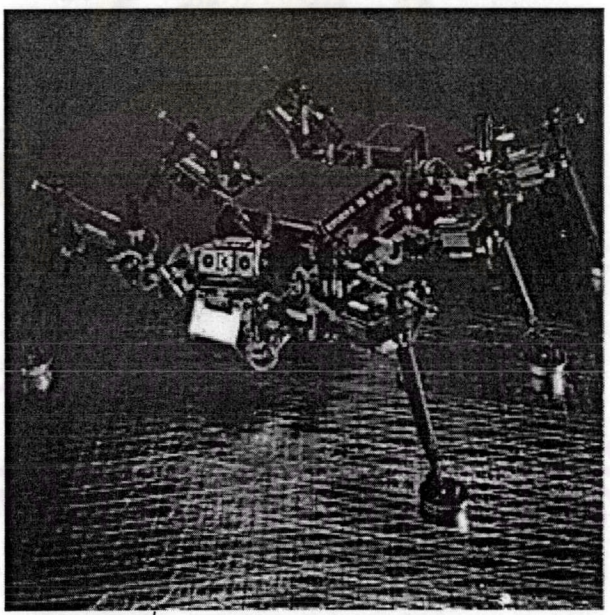
กำหนดให้ Link AD มีความยาวเป็นสองเท่าของ Link BC หากเคลื่อนจุด A โดยเคลื่อน Screw S_R และ S_Z ด้วยความเร็วเท่ากัน จะทำให้จุด D เคลื่อนในแนวดิ่ง (แกน Z) หากให้จุด B คงที่ และเคลื่อนจุด A จะทำให้จุด D เคลื่อนที่ไปในแนวราบ (แกน R) และหากหมุน Ball spline R ไปเป็นมุม θ จะทำให้จุด D หมุนไปเป็นมุม θ เมื่อรวมการเคลื่อนที่ทั้งสามแกน จะทำให้จุดเคลื่อนที่เป็นพิกัดทรงกลม

ในการควบคุมการเดินในแนวราบจะควบคุมให้จุด D เคลื่อนที่เป็นแนวราบ แต่ในพิกัดทรงกลม หากไม่ควบคุมความยาวของขา L (ดังรูปที่ 2.7) จะทำให้มวลของหุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ขึ้นลง ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงาน

2.1.3 หุ่นยนต์หกขา

หุ่นยนต์ที่มีหกขาจะสามารถเดินในลักษณะสมดุลได้ โดย จะมีขาที่มีอิสระในการก้าวเดินสามขา ในขณะที่อีกสามขาจะอยู่บนพื้น ซึ่งเห็นได้ว่า จุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ภายใน Triangle of Support เสมอ ดังเปรียบเทียบระหว่างหุ่นยนต์ สี่และหกขาในรูปที่ 2.4 งานวิจัยที่ผ่านมาได้แก่

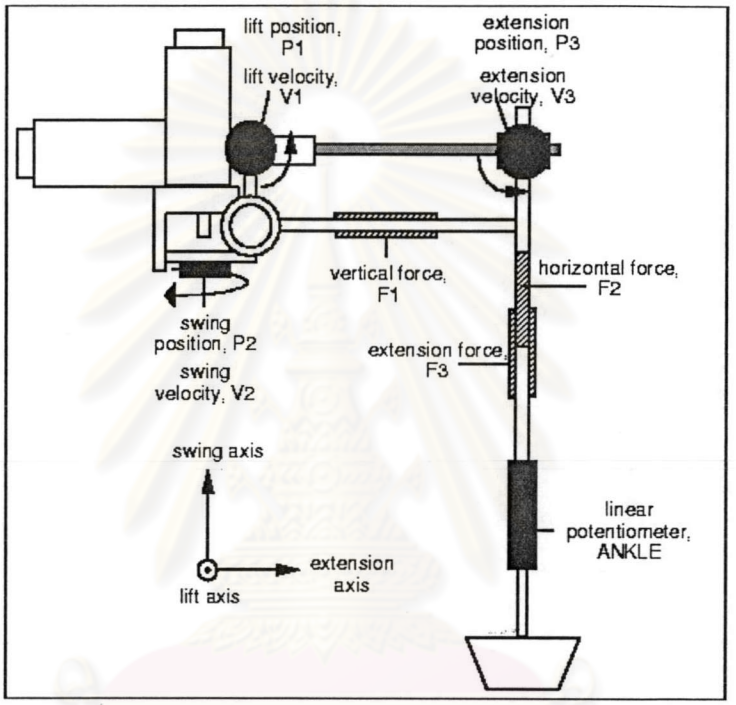
Hannibal[1] ดังรูปที่ 2.8 เป็นหุ่นยนต์อัตโนมัติขนาดเล็กที่เคลื่อนที่โดยใช้ขา ออกแบบและสร้างโดย ห้องวิจัยปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence Lab) ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) ภายใต้การดูแลของ ศาสตราจารย์ร็อดนี่ บรู๊คส์ (Professor Rodney Brooks)



รูปที่ 2.8 [1] หุ่นยนต์ Hannibal

หุ่นยนต์มีความยาว 35 เซนติเมตร ความสูงขณะยืน 15 เซนติเมตร และมีน้ำหนักโดยรวม 2.8 กิโลกรัม แต่ละขาของหุ่นยนต์มีองศาความอิสระเท่ากับสาม (3 DOF)

หุ่นยนต์ใช้อุปกรณ์ขับดัน (Actuators) ทั้งหมด 19 ตัว มีอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensors) ทั้งหมด 5 ชนิด ติดตั้งอยู่มากกว่า 60 ชุด และอุปกรณ์ทั้งหมดนี้ถูกควบคุมโดยตัวประมวลผล 8 ตัว ซึ่งทำงานแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiprocessor)



รูปที่ 2.9[1] กลไลขาของ Hannibal

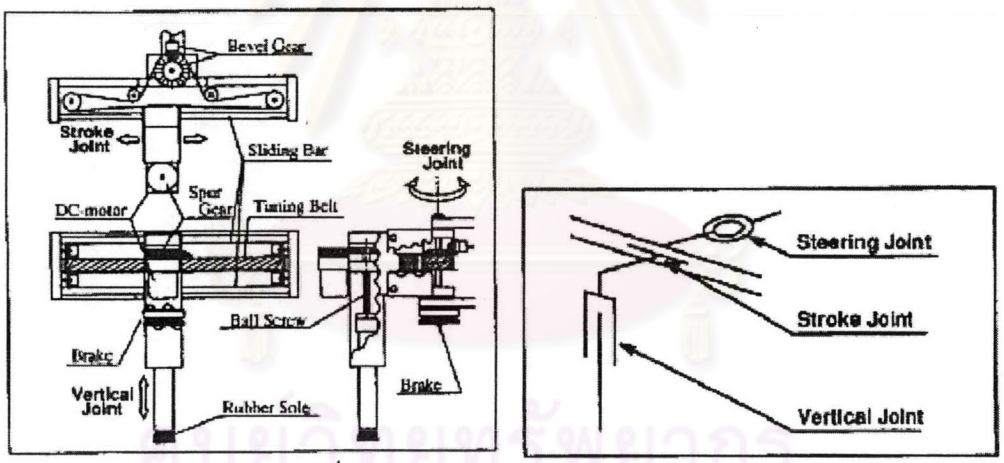
มีองศาความอิสระเท่ากับสาม องศาความอิสระแรกใช้ในการแกว่งขาของหุ่นยนต์ในการก้าวไปข้างหน้าหรือถอยหลัง โดยองศาความอิสระนี้คือการหมุนรอบจุด P2 องศาความอิสระที่สองใช้ในการยกขาของหุ่นยนต์ขึ้นและลง โดยองศาความอิสระนี้คือการหมุนรอบจุด P1 องศาความอิสระที่สามใช้ในการยกขาของหุ่นยนต์ โดยการยืดและหดสกรูที่จุด P3

อุปกรณ์ตรวจวัดทั้ง 5 ชนิดที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์มีดังนี้

- อุปกรณ์ตรวจวัดแรงที่ขาหุ่นยนต์ ใช้สเตรนเกจ (Strain gauge) ในการวัดแรงที่กระทำบนขาของหุ่นยนต์ และใช้ในการตรวจสอบการชนกันของชิ้นส่วนของขาหุ่นยนต์ อุปกรณ์ตรวจวัดแรงจะถูกติดตั้งอยู่ทุกองศาความอิสระของขาหุ่นยนต์
- อุปกรณ์ตรวจวัดมุมที่ข้อต่อของขาหุ่นยนต์ ใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ในการวัดมุมที่ข้อต่อของขาหุ่นยนต์ อุปกรณ์ตรวจวัดมุมจะถูกติดตั้งอยู่ทุกองศาความอิสระของขาหุ่นยนต์

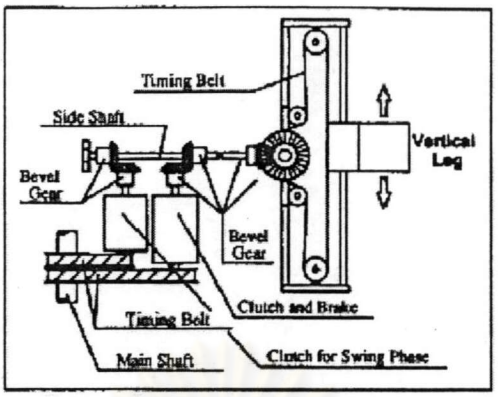
- อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วที่ข้อต่อของขาหุ่นยนต์ การตรวจวัดความเร็วที่ข้อต่อของขาหุ่นยนต์ โดยการหาอนุพันธ์อันดันหนึ่งของมุมที่วัดโดยอุปกรณ์ตรวจวัดมุมจะได้ผลลัพธ์เป็นความเร็วที่ข้อต่อ
- อุปกรณ์ตรวจวัดการสัมผัสพื้นของปลายขาหุ่นยนต์ ใช้โพเทนชิโอมิเตอร์เชิงเส้น (Linear potentiometer) ติดตั้งที่ข้อเท้าของหุ่นยนต์ เพื่อตรวจสอบปลายขาของหุ่นยนต์ในการสัมผัสพื้น
- อุปกรณ์ตรวจวัดความเอียงของตัวหุ่นยนต์ ใช้มาตรความเอียง (Inclinometer) วัดความเอียงของตัวหุ่นยนต์

HEXAX-I[3] เป็นหุ่นยนต์หกขาที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน เนื่องจากมีข้อดีคืออัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนักดีกว่ามอเตอร์กระแสตรง มีลักษณะกลไกดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10[3] กลไกขาของ HEXAX-1

ในการส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังขา ใช้ระบบ สายพาน คลัทช์ และ เบรก ดังรูปที่ 2.11

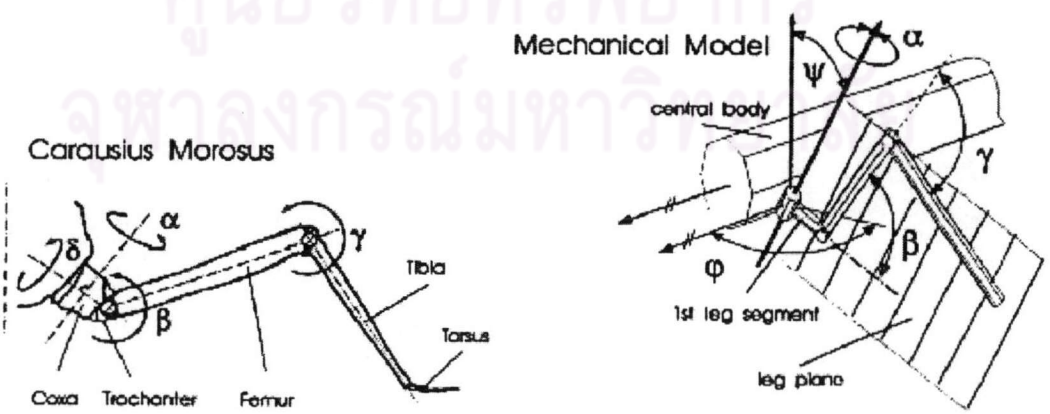


รูปที่ 2.11[3] ระบบสายพาน คลัทช์ และ เบรก ของ HEXAX-1

สายพานจะส่งกำลังไปยังคลัทช์ เพื่อควบคุม Stroke joint ในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และ Steering joint ในการหมุน ในการบังคับ Stroke joint และ Steering joint จะใช้ระบบเบรก กล่าวคือ หากใช้เบรกยึด Steering joint กำลังที่ส่งไปจะไปหมุน Bevel gear และขับสายพานของ Stroke joint และหากคลายเบรก Steering joint จะหมุนแทน ส่วน Vertical leg มีมอเตอร์กระแสตรงและ ball screw เป็นตัวควบคุม

ขาที่มีสามองศาอิสระ จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและเส้นโค้งได้ หากไม่มี Steering joint หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงได้อย่างเดียว

TUM[4] เป็นหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นโดยอาศัยการวิเคราะห์การเดินจากแมลง Walking Stick (Carausius Morosus) ลักษณะพิเศษคือขาหุ่นยนต์ซึ่งได้รับการออกแบบให้รับน้ำหนักได้มาก และมีองศาอิสระมากกว่าสาม



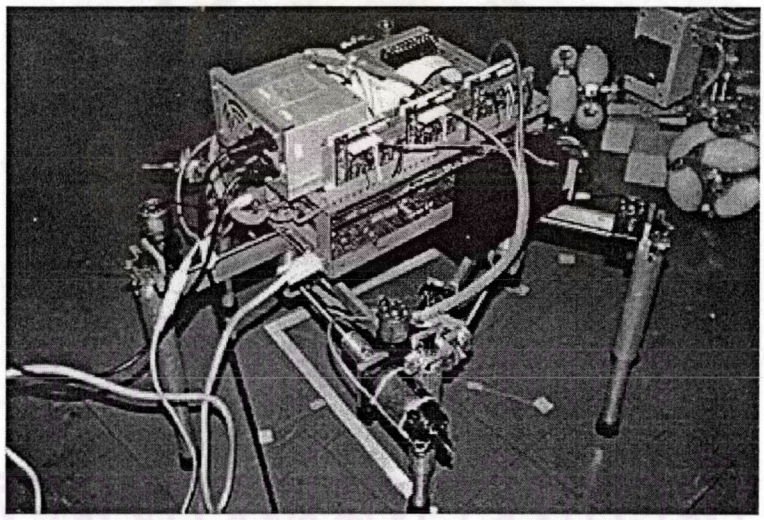
รูปที่ 2.12[4] การสร้างแบบจำลองขาของ TUM จากแมลง Walking Stick

แมลงสามารถปรับรูปแบบการเดินให้เหมาะกับสภาพพื้นผิวได้โดย การหมุนขารอบแกน δ ซึ่งก็คือการปรับค่า ψ และ φ ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาการเดิน โดยปรับค่า ψ และ φ ต่างๆ

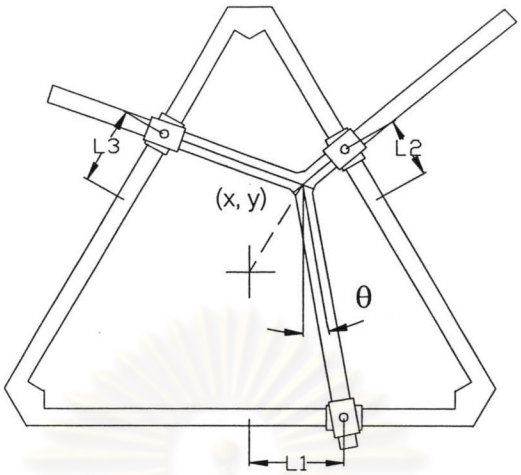
ในการควบคุม แต่ละขาใช้ตัวควบคุม SIEMENS 80C166 ต่อเชื่อมกันแบบอนุกรม วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier) เพื่อควบคุมมอเตอร์สามตัว นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ตรวจรู้ต่างๆ เช่น โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) เพื่อวัดมุมของขา, เครื่องวัดรอบ (Tachometer), สเตรนเกจ (Strain gauge) เพื่อวัดแรงที่ขากดพื้น และสวิตช์สัมผัส

2.2 งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้โดยใช้ขาในห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุมและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ภาควิชาเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้แก่งานวิจัยของ นาย ณัฐดนัย ตัณฑวิรุฬห์[5] เรื่อง การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์บนระนาบแบบขนาน (Development of a Parallel Planar Walking Robot)



รูปที่ 2.13[5] หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์บนระนาบแบบขนาน



รูปที่ 2.14[5] กลไกแบบขนานที่ใช้ในงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์บนระนาบแบบขนาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ได้โดยใช้ขา หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นกรอบสองกรอบที่เชื่อมต่อกันโดยใช้กลไกแบบขนาน (Parallel link mechanism) และหุ่นยนต์สามารถเดินได้โดยควบคุมการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของแต่ละกรอบสลับกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย