

## หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแนวตั้ง

## Vertical Moving Robot

ถวิดา มณีวรรณ, จตุพล เหลืองชัยศรี, วรานนท์ พักตรจันทร์, วิฑูร จูวราหะวงศ์  
ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-2470-9339 โทรสาร 0-2470-9111

Thavida MANEEWARN, Jatuphon LUANGCHAI SRI, Varanon PAKJAN, Witoon JUWAHAWONG  
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi

91 pracha-u-tit Rd, Bangmod Tungkru Bangkok 10140

Tel : 0-2470-9339 Fax: 0-2470-9111

## บทคัดย่อ

ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ดำเนินงานวิจัยเรื่องหุ่นยนต์เคลื่อนที่แนวตั้ง เพื่อศึกษาการออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ในระนาบแนวตั้งที่มีพื้นผิวเรียบ ระบบการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแนวตั้งประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกันคือ เกรน กับตัวหุ่นยนต์

ตัวหุ่นยนต์ถูกจำกัดให้เคลื่อนที่ได้เพียง 2 องศาอิสระคือ ในแนวระดับและในแนวตั้ง การเคลื่อนที่แนวระดับใช้การบังคับหุ่นยนต์ และเกรน ให้เคลื่อนที่พร้อมกัน การเคลื่อนที่แนวตั้งใช้การดึงของสลิงที่ติดตั้งบนเกรนเพื่อขับเคลื่อนชุดล้อที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ระหว่างการเคลื่อนที่ชุดพัดลมที่ติดตั้งบนตัวหุ่นยนต์จะทำหน้าที่สร้างแรงในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว ในส่วนของการทดลองเกรนได้ถูกติดตั้งบนดาดฟ้าของอาคาร FIBO เพื่อทำการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บริเวณด้านหลังของอาคาร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแรงกระทำในแนวตั้งฉากที่เกิดจากการทำงานของพัดลมนี้ทำให้ล้อของหุ่นยนต์สัมผัสพื้นผิวและการยึดเกาะผนังเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

## Abstract

Vertical Moving Robot is a mobile robot that had been designed and developed at the Center of Operation for Field Robotics Development (FIBO). This project aims to study mechanical designs and control systems of robot that can move in vertical smooth plane. The robot system consisted of two parts: crane and robot.

The robot is constrained to move in 2DOF:

horizontal and vertical .Crane and robot are operated manually. The horizontal motion was achieved by moving crane and robot together. The vertical motion was achieved by asserting sling tension from crane. Fan is integrated into robot body to create forces perpendicular to the wall during operation. During test, the crane was located on the top of FIBO building allowing the robot to move on the vertical plane at the back wall of the building. Test results show that the perpendicular force from the fan is sufficient in keep robot's wheel on the plane and effectively staying in place when needed

## สัญลักษณ์ที่ใช้

$C_T$	Thrush coefficient(m)
$F_C$	แรงขับเคลื่อนของเกรน
$F_f$	แรงที่เกิดจากพัดลม
$L$	ระยะห่าง(m)
$m_C$	มวลของเกรน
$m_r$	มวลของหุ่นยนต์
$M$	โมเมนต์
$N$	จำนวนหัวจับสัญญาณที่ใช้
$n$	ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อวินาที)
$T$	ค่าแฟคเตอร์เพื่อความปลอดภัย
$T_d$	แรงกดที่ได้ออกแบบไว้
$P$	ความดันสัญญาณที่เสถียร (kPa)
$X_C$	ระยะการเคลื่อนที่ของเกรน
$X_r$	ระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
$\ddot{x}$	ความเร่งในแนวแกน x
$\ddot{y}$	ความเร่งในแนวแกน y

$\zeta$	Posture coordinates
$\phi$	เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวจับสูญญากาศ (mm)
$\phi$	มุมการหมุนของล้อ
$\ddot{\phi}$	ความเร่งเชิงมุมของล้อ
$\theta$	มุมระหว่างเฟรมของหุ่นยนต์กับเฟรมอ้างอิง
$\alpha$	มุมระหว่างล้อกับเฟรมของหุ่นยนต์
$\beta$	มุมการบิดของล้อ
$\gamma$	มุมการเอียงระหว่างเฟรมกับหุ่นยนต์
$\delta_m$	degree of mobility
$\eta$	control input
$\mu$	ส.ป.ส ความเสียดทาน
$\tau_w$	ทอร์กขับของล้อ

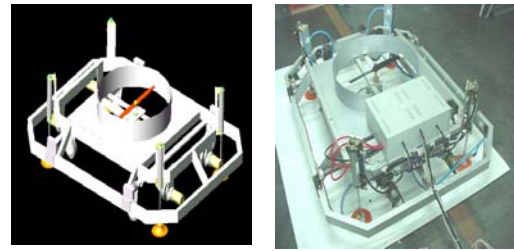
## 1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีอาคารสูงเป็นจำนวนมาก และโดยส่วนใหญ่จะมีพื้นผิวภายนอกตัวอาคารเป็นกระจก การทำความสะอาดกระจกภายนอกอาคารสูงนั้นมักใช้คนเป็นผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง การนำเครื่องจักรกลหรือหุ่นยนต์เข้ามาทำหน้าที่แทนคนในการปฏิบัติงานดังกล่าวจะสามารถเพิ่มความสะอาดสบายให้แก่ผู้ประกอบการและลด การเกิดอุบัติเหตุลงได้ ในต่างประเทศได้มีการสร้างหุ่นยนต์ประเภทนี้ขึ้นมาใช้เชิงพาณิชย์ ดังตัวอย่างในประเทศเยอรมัน บริษัท Fraunhofer Institute IFF และบริษัท Dornier Technology ได้ทำการสร้างหุ่น SIRIUSC[1] ขึ้นมาเพื่อใช้ทำความสะอาดกระจกบนอาคารสูงสำหรับธุรกิจการทำ ความสะอาดกระจกของอาคารสูง

ในประเทศไทยหุ่นยนต์ประเภทนี้ยังไม่ถูกนำมาใช้ปฏิบัติงานจริง สาเหตุหนึ่งคืองานวิจัยเกี่ยวกับหุ่นยนต์ลักษณะนี้ภายในประเทศยังมีน้อย อันเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านทุนการวิจัยที่จำกัด และเงินลงทุนในการสร้างที่ทำให้หุ่นยนต์มีราคาสูงกว่าการใช้แรงงานคน แม้ว่าการใช้หุ่นยนต์จะทำให้เกิดความปลอดภัยและทำให้เวลาในการทำงานสั้นลงก็ตาม ด้วยเหตุนี้การวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในแนวตั้งนั้นนอกจากจะทำให้การใช้หุ่นยนต์สำหรับทำความสะอาดกระจกบนอาคารสูงมีความเป็นไปได้สูงขึ้น แล้วยังเป็น การสนับสนุน การศึกษาและพัฒนาทางด้านวิศวกรรมในประเทศไทยอีกด้วย

## 2. การออกแบบ

โครงสร้างหลักของตัวหุ่นยนต์ออกแบบสร้างจากอลูมิเนียมเป็นหลักเพื่อให้มีน้ำหนักเบา ตัวหุ่นยนต์มีขนาดกว้าง 1000 mm. ยาว 1300 mm. สูง 400 mm. ระบบขับเคลื่อนประกอบด้วย ล้อ 2 ชุด โดยล้อชุดแรกเป็นล้อรองรับจำนวน 4 ล้อ ทำหน้าที่ประคองตัวหุ่นยนต์เมื่อมีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ล้อชุดที่สองเป็นล้อขับเคลื่อนทั้ง 4 ล้อ ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในแนวระดับบนระนาบอาคารได้ ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนแต่ละล้อมีค่าทอร์ก ( $\tau_w$ ) เท่ากับ 0.35 N\*m กำลังของมอเตอร์เท่ากับ 3.5 W ล้อทั้งสองชุดจะทำงานผลัดเปลี่ยนกันโดยอาศัยกลไกสลับเปลี่ยนซึ่งใช้กระบอกลิวแมติกส์เป็นตัวบังคับกลไก



รูปที่ 1 แสดงแบบที่ออกแบบและหุ่นที่สร้างจริง

ส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของหุ่นยนต์คือกลไกในการยึดจับกระจกซึ่งมีหน้าที่ยึดจับกระจกให้หุ่นยนต์หยุดนิ่งอย่างมั่นคงในตำแหน่งที่ต้องการขณะที่ทำการเช็ดกระจกโดยไม่เกิดการสั่นไหวเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำ เช่น แรงที่เกิดจากลม แรงที่เกิดจากการเช็ดกระจก ฯลฯ กลไกในการยึดจับกระจกของหุ่นยนต์นั้นอาศัยด้วยชุดสูญญากาศ (suction cup) 4 ชุด ซึ่งติดตั้งอยู่ที่มุมทั้ง 4 ของตัวหุ่นยนต์ เพื่อทำให้เกิดการยึดเกาะที่แข็งแรง suction cup ที่เลือกใช้ชนิด flat type (แบบเรียบ) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร suction cup ชนิดนี้เหมาะสมสำหรับการยึดจับวัตถุที่มีผิวเรียบและไม่โค้งงอ



รูปที่ 2 แสดงลักษณะของ suction cup ที่เลือกใช้

แรงดูดสูงสุดของจากสมการ suction cup สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 [3]

$$\phi = \sqrt{\left( \frac{4}{3.14} * \frac{1}{P} * \frac{W}{n} * T * 1000 \right)} \quad (1)$$

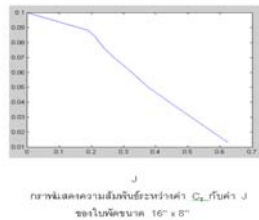
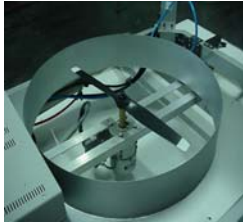
แรงดูดสูงสุดเมื่อใช้ค่าความดันสูญญากาศ 9.78 kPa มีค่าเท่ากับ 30 N

เนื่องจากในการยึดจับกระจกของหุ่นยนต์มักมีปัญหาจากการไม่มีแรงกระทำอย่างต่อเนื่องในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวซึ่งทำให้ส่วนของล้อและด้วยชุดไม่สามารถสัมผัสพื้นผิวได้อย่างสมบูรณ์เป็นผลให้การเคลื่อนที่และการยึดเกาะไม่มีประสิทธิภาพ โครงการวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวความคิดของการเพิ่มชุดใบพัดบนตัวหุ่นยนต์ เพื่อสร้างแรงกระทำในแนวตั้งฉากอย่างต่อเนื่องซึ่งทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของการยึดจับกระจกขณะหยุดนิ่งและการสร้างแรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นผิวกระจกขณะเคลื่อนที่ทั้งในแนวระดับและแนวตั้ง

ชุดพัดลมที่ทำการออกแบบนี้ใช้ใบพัดแบบ Master air screw ขนาดใบพัด = 16" x 8" ทำงานที่ความเร็วรอบเท่ากับ 8450 rpm

ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความเร็วรอบของใบพัดได้จากสมการ [3]

$$C_T = T_d / (\rho \times n^2 \times D^4) \quad (2)$$



รูปที่ 3 แสดง Master air screw ขนาด 16"x8" และความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $C_T$  กับค่า  $J$  ของใบพัด

### 3 การวิเคราะห์

#### 3.1 การวิเคราะห์ Kinematics

การวิเคราะห์ทาง kinematics ของหุ่นยนต์ V-move อาศัยการวิเคราะห์ในลักษณะของ kinematics constraint ที่เกิดขึ้นกับล้อ ซึ่งเป็นแบบ Fixed wheel [2] constraint ที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือการเกิด constraints ในแนวการหมุนของล้อเมื่อเกิด pure rolling และการเกิด constraints ในแนวตั้งฉากกับล้อ

$$\begin{bmatrix} -\sin(\alpha+\beta) & \cos(\alpha+\beta) & / \cos \beta \end{bmatrix} R(\theta) \dot{\zeta} + \dot{\theta} = 0 \quad (3)$$

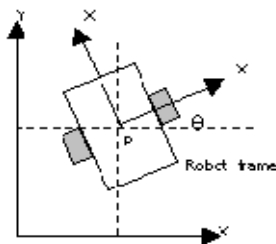
$$\begin{bmatrix} \cos(\alpha+\beta) & \sin(\alpha+\beta) & / \sin(\beta) \end{bmatrix} R(\theta) \dot{\zeta} = 0 \quad (4)$$

สมการที่ (2),(3) เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหา constraints ที่เกิดขึ้นในแนวการหมุนและแนวตั้งฉากกับล้อตามลำดับ

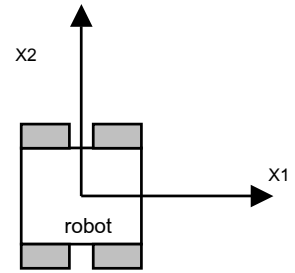
เมื่อพิจารณาชุดล้อขับเคลื่อนสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ตำแหน่งของหุ่นยนต์ในระนาบสามารถแสดงได้ด้วย

$$\text{Posture coordinates: } \zeta = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (5)$$

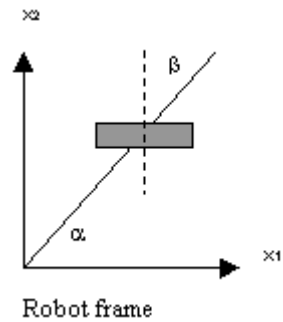
$$\text{Rotation matrix: } R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$



รูปที่ 4 แสดงการอ้างอิงเฟรม ( $R(\theta)$ )



รูปที่ 5 แสดงการกำหนดพารามิเตอร์ของตัวหุ่นยนต์ขณะเคลื่อนที่ในแนวระดับ



รูปที่ 6 แสดงการวางล้อกับเฟรมหุ่นยนต์

เมื่อตำแหน่งการวางล้อของหุ่นยนต์เป็นดังนี้

Wheel	$\alpha$	$\beta$	$\alpha+\beta$	L
1	$\alpha$	$\beta$	90	L
2	$-\alpha$	$-\beta$	-90	L
3	$(180+\alpha)$	$\beta$	90	L
4	$(180-\alpha)$	$-\beta$	-90	L

พิจารณารการเคลื่อนที่ในแนวระดับของหุ่นยนต์

พิจารณาแนวตั้งฉากกับล้อจากสมการที่ (4) จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} \cos(\alpha+\beta) & \sin(\alpha+\beta) & / \sin \beta \\ -\cos(\alpha+\beta) & \sin(\alpha+\beta) & -/ \sin \beta \\ -\cos(\alpha+\beta) & -\sin(\alpha+\beta) & / \sin \beta \\ \cos(\alpha+\beta) & -\sin(\alpha+\beta) & -/ \sin \beta \end{bmatrix} R(\theta) \dot{\zeta} = 0$$

กำหนดให้

$$B = \begin{bmatrix} \cos(\alpha+\beta) & \sin(\alpha+\beta) & / \sin \beta \\ -\cos(\alpha+\beta) & \sin(\alpha+\beta) & -/ \sin \beta \\ -\cos(\alpha+\beta) & -\sin(\alpha+\beta) & / \sin \beta \\ \cos(\alpha+\beta) & -\sin(\alpha+\beta) & -/ \sin \beta \end{bmatrix} \quad (7)$$

เมื่อ  $l \sin \beta = a$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 1 & a \\ 0 & 1 & -a \\ 0 & -1 & a \\ 0 & -1 & -a \end{bmatrix} \quad (8)$$

จากสมการ(4),(8) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} BR(\theta)\zeta &= 0 \\ B\Sigma\eta &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

ดังนั้น สมการ(9) จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อค่าของ  $\Sigma = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$  มีค่าเท่ากับ

null(B) ดังนั้น Posture Kinematics Model

$$\zeta = R^T(\theta)\Sigma\eta \quad (10)$$

$\eta$  คือ control input ที่ให้แก่ระบบ

จากสมการ (8) จะได้ว่า

$$\text{rank}(B) = 2$$

เนื่องจาก  $\delta_m = 3 - \text{rank}(B)$

$$\delta_m = 1$$

ผลที่ได้คือ หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยมีค่าของ degree of

mobility ( $\delta_m = 1$ ) ซึ่งหุ่นยนต์ถูก constraint ทำให้  $\Sigma = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$  แสดง

ให้เห็นว่าแนวระดับ (แกน x) เท่านั้น

พิจารณาตามแนวล้อจากสมการที่(3) จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} -\sin(\alpha+\beta) & \cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \\ -\sin(\alpha+\beta) & -\cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \\ \sin(\alpha+\beta) & -\cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \\ \sin(\alpha+\beta) & \cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \end{bmatrix} R(\theta)\zeta + r\dot{\phi} = 0 \quad (11)$$

เมื่อ  $\alpha + \beta = 90^\circ$   $l\cos\beta = b$

กำหนดให้  $A = \begin{bmatrix} -\sin(\alpha+\beta) & \cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \\ -\sin(\alpha+\beta) & -\cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \\ \sin(\alpha+\beta) & -\cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \\ \sin(\alpha+\beta) & \cos(\alpha+\beta) & l\cos\beta \end{bmatrix}$

จะได้ว่า  $AR(\theta)\zeta + r\dot{\phi} = 0$

และ  $A = \begin{bmatrix} -1 & 0 & b \\ -1 & 0 & b \\ 1 & 0 & b \\ 1 & 0 & b \end{bmatrix} \quad (12)$

จากสมการที่ (5),(e),(g) จะได้ว่า

$$A\Sigma\eta = -r\dot{\phi}$$

$$\dot{\phi} = \frac{1}{r} [A\Sigma]\eta$$

ซึ่งก็คือสมการ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง control input (ความเร็วในแกน x) และความเร็วของล้อแต่ละล้อ (inverse kinematics) ของหุ่นยนต์ เมื่อมีการสับเปลี่ยนกลไกเป็นชุดล้อรองรับในแนวตั้งการวิเคราะห์ kinematics ทำได้ในลักษณะเดียวกันซึ่งจะ

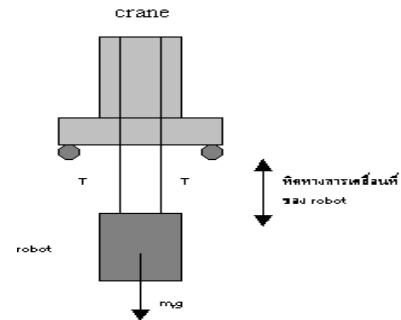
ทำให้ค่าของ  $\Sigma = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์ถูก constraint ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวตั้ง(แกน y) เท่านั้น

### 3.2 การวิเคราะห์ แบบ Dynamics

การวิเคราะห์ผลกระทบของแรงที่กระทำกับหุ่นยนต์ขณะที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ

#### 3.2.1 พิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของหุ่นยนต์

เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นและลงในแนวตั้งตัวเครนจะหยุดนิ่งอยู่กับที่ ดังนั้นจึงมีเพียงแรงที่กระทำในแนวตั้งเท่านั้น



รูปที่ 7 แสดงแรงที่กระทำกับตัวหุ่นยนต์

จากสมการ  $\Sigma F_y = 0;$

พิจารณาตัวหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ขึ้น จะได้ว่า

$$2T - m_r g = m_r \ddot{y}$$

จะได้  $T = \frac{m_r (\ddot{y} + g)}{2} \quad (i)$

เมื่อขณะที่เคลื่อนที่ลง จะได้ว่า

$$m_r g - 2T = m_r \ddot{y}$$

จะได้  $T = \frac{m_r (g - \ddot{y})}{2} \quad (ii)$

#### 3.2.2 พิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวระดับ

เมื่อระบบมีการเคลื่อนที่ในแนวระดับผลต่างของระยะทางการเคลื่อนที่ของเครนและหุ่นยนต์จะส่งผลทำให้เกิดมุม  $\gamma$  ดังรูปที่ 8 และ 9

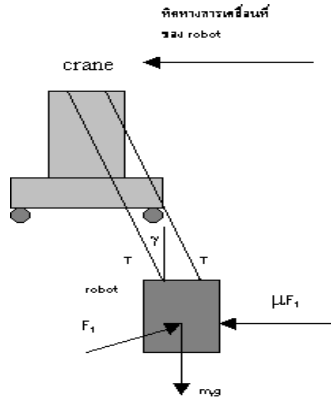
เมื่อ  $\gamma = \arctan\left(\frac{X_c - X_r}{l}\right)$

จากสมการ  $\Sigma F_x = m\ddot{x}$

จะได้ว่า  $F_c - 2T \sin \gamma = m_c \ddot{x}_c$

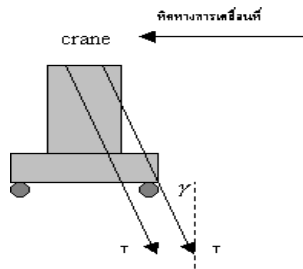
เมื่อเครนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่  $\ddot{x}_c = 0$  และ  $F_c$  เป็นแรงขับเคลื่อนของเครน

จะได้ว่า  $F_c = 2T \sin \gamma \quad (13)$



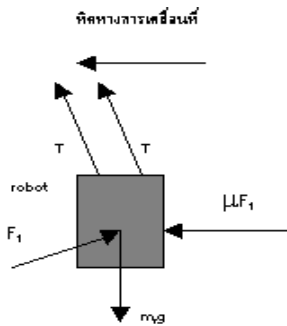
รูปที่ 8 แสดงการเคลื่อนที่บนแนวระดับ

พิจารณาการเคลื่อนที่ของ Crane



รูปที่ 9 แสดงแรงที่กระทำกับเครน

พิจารณาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



รูปที่ 10 แสดงแรงที่กระทำกับหุ่นยนต์

จากสมการ  $\Sigma F_x = m\ddot{x}$ ;

จะได้ว่า  $2T \sin \gamma + \mu N = m_r \ddot{x}_r$

เนื่องจากแรง N เกิดจากแรงกระทำจากพัลลัมมีค่าเท่ากับ

$F_f$  จะได้

$$2T \sin \gamma + \mu F_f = m_r \ddot{x}_r$$

จากสมการ (6) จะได้  $F_c + \mu F_f = m_r \ddot{x}_r$

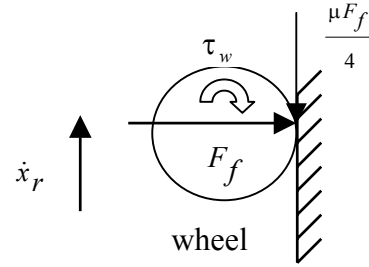
จากสมการ  $\Sigma F_y = m\ddot{y}$

จะได้ว่า  $2T \cos \gamma = m_r g$  (14)

จากสมการ(6), (7) จะได้

แรงขับเคลื่อนของเครน  $F_c = m_r g \tan \gamma$

พิจารณาแรงกระทำที่ล้อขับเคลื่อน



รูปที่ 11 แสดงแรงที่กระทำกับล้อ

จากสมการ  $\Sigma M_o = 0$ ;

จะได้ว่า  $\tau_w - \frac{\mu F_f r_w}{4} = m_w r_w^2 \ddot{\phi}$

เนื่องจาก  $\ddot{\phi} \cong 0$  จะได้ว่าทอร์กที่ใช้ในการขับเคลื่อนแต่ละ

ล้อมีค่าเท่ากับ  $\tau_w = \frac{\mu F_f r_w}{4}$

#### 4.การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

เนื่องจากการทำงานของหุ่นยนต์เป็นการเคลื่อนที่บนระนาบในแนวตั้ง จึงจำเป็นต้องควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และใช้กลไกการยึดจับกระบอกให้หยุดนิ่งบนตำแหน่งที่ต้องการได้ ดังนั้นการทดสอบจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการทดสอบการเคลื่อนที่และการทดสอบกลไกการยึดจับกระบอก

สถานที่ติดตั้งและทดสอบหุ่นยนต์เป็นบริเวณลาดฟ้าและผนังด้านหลังของอาคารFIBO โดยบริเวณลาดฟ้าจะทำการติดตั้งรางและชุดเครนส่วนด้านหลังของอาคารFIBO จะทำการติดตั้งพื้นผิวทดสอบเป็นกระดานผิวเรียบมันสีขาว และทำการทดสอบที่ระดับความสูง 1.2 เมตร

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

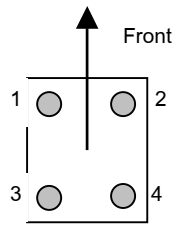
การทำงาน	การเคลื่อนที่	ความเร็ว	การสัมผัสของล้อ
ปิดพัลลัม	แนวตั้ง	0.15	สัมผัสไม่สมบูรณ์
	แนวระดับ	x	ไม่สัมผัส
เปิดพัลลัม	แนวตั้ง	0.15	สัมผัส
	แนวระดับ	0.32	สัมผัส

ตารางที่ 2 แสดงการทดสอบกลไกการยึดจับกระบอก

การทำงาน	ตำแหน่งการวาง suction cup			
	1	2	3	4
ปิดพัลลัม	O	O	X	X
เปิดพัลลัม	O	O	O	O

หมายเหตุ O สามารถยึดจับได้

X ไม่สามารถยึดจับได้



รูปที่12 แสดงตำแหน่งของ suction cup บนตัวหุ่นยนต์

of wheeled Mobile Robot ", in *IEEE Transaction on robot and automation*, Vol. 12, No. 1, Feb. 1996, pp 47-62

[3] พรจิต ประทุมสุวรรณ , "แมคคาทรอนิกส์", เรือนแก้วการพิมพ์ ,1994 ,หน้า 125-178

### ผลการทดลอง

จากการทดสอบการเคลื่อนที่ปรากฏว่าเมื่อไม่ทำการเปิดพัลลมตัวหุ่นยนต์จะไม่แนบติดผิวทดสอบทำให้ไม่สามารถวัดความเร็วที่แท้จริงของตัวหุ่นยนต์ได้ และการยึดเกาะ suction cup ไม่สามารถยึดจับได้อย่างสมบูรณ์ แต่เมื่อทำการเปิดพัลลมเพื่อสร้างแรงกดตัวหุ่นยนต์ให้ติดกับพื้นผิวปรากฏว่าหุ่นยนต์แนบติดผิวทดสอบและสามารถใช้ suction cup ทั้งหมดในการยึดจับกับผิวทดสอบ การเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ในแนวระดับจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของครен โดยความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่หุ่นยนต์คือ 0.32 เมตรวินาทีและความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งหุ่นยนต์เมื่อปิดและเปิดพัลลมเท่ากับ 0.15 เมตรวินาที

### 5.สรุป

จากการทดลองพบว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนพื้นผิวทดสอบมีความเร็วในแนวตั้งประมาณ 0.15 เมตรวินาที และความเร็วในแนวระดับประมาณ 0.32 เมตรวินาที ซึ่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้น จำเป็นต้องอาศัยการทำงานของพัลลมเพื่อสร้างแรงกดในแนวตั้งฉากกับตัวหุ่นยนต์เพื่อให้ตัวหุ่นยนต์แนบกับระนาบผิวทดสอบตลอดเวลา แรงกระทำในแนวตั้งฉากที่สร้างขึ้นโดยพัลลมที่ออกแบบไว้มีผลมากต่อการเคลื่อนที่ในแนวระดับเพราะพบว่าเมื่อไม่มีแรงกระทำในแนวตั้งฉากที่สร้างล้อขับเคลื่อนทั้ง 4 ล้อจะไม่สามารถสัมผัสพื้นผิวได้เลยส่วนในแง่ของการยึดเกาะนั้นพบว่าแรงกระทำในแนวตั้งฉากนี้จะส่งผลให้ suction cup สามารถทำการยึดจับพื้นผิวทดสอบได้อย่างสมบูรณ์ 100% และหากไม่มีแรงตั้งฉากนี้การยึดจับพื้นผิวทดสอบจะทำได้เพียง 50% เท่านั้น

### 6.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนมอบทุนวิจัยพระจอมเกล้าธนบุรีเพื่อใช้ในการวิจัยรวมถึงคณาจารย์และนักศึกษาปริญญาโทของศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาหุ่นยนต์ภาคสนาม(FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำปรึกษาการแก้ปัญหาต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

### 8.เอกสารอ้างอิง

[1] R.D. Schraft, &G. Schmierer , " Service Robots", A K Peters,1999

[2] G. Campion, G. Bastin, B. D'Andrea-Novel , "Structural Properties and Classification of Kinematic and Dynamic Models