

1.1 DELTA ROBOT 3D SIMULATION

1.2 รายละเอียดสมาชิก

- 1) นายรัชพงศ์ สังข์ถาวร 64340500031
- 2) นายธนากร อภิธนาคุณ 64340500062
- 3) นายปณิวิทย์ รัตนศิริ 64340500065
- 4) นายเอกสิทธิ์ มาคำ 64340500075

1.3 จุดประสงค์โครงการ

- 5) เพื่อจำลองระบบจลนศาสตร์และพลวัตของหุ่นยนต์เดลต้า
- 6) เพื่อจำลองระบบควบคุมหุ่นยนต์เดลต้า
- 7) เพื่อจำลองระบบสำหรับวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดลต้า

1.4 ขอบเขต

- 1) เลือกใช้หุ่นยนต์เดลต้ารุ่น IRB 360 FLEXPICKER ในการจำลองระบบจลนศาสตร์และพลวัต โดยจำลองเพียง 3 องศาอิสระ
- 2) สามารถเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ทั้งหมด 2 รูปแบบประกอบไปด้วยปริภูมิการทำงานและปริภูมิโครงแบบ
- 3) ในส่วนของการควบคุมแบบปริภูมิการทำงานจะจำกัดให้อยู่ในรูปแบบของเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ไปยังจุดที่ต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไป
- 4) ในกรณีที่ทำการวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดลต้าในรูปแบบปริภูมิการทำงานเมื่อพบว่าเกิดสภาวะสถานะเอกฐาน ในระหว่างการวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ จะแสดงสถานะและหยุดการทำงานของหุ่นยนต์

1.5 รายละเอียดโครงงาน

คณะผู้จัดทำต้องการทำในส่วนของการจำลองระบบพลวัตของหุ่นยนต์เดลต้ารุ่น IRB 360 FLEXPICKER ซึ่งสามารถที่จะเลือกโหมดสำหรับวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่แบบปริภูมิการทำงานและปริภูมิโครงแบบและทำการกำหนดจุดที่ต้องการจะให้หุ่นยนต์เคลื่อนไป ซึ่งจะทำให้การจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในรูปแบบ 3 มิติและหยุดการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเกิดสภาวะสถานะเอกฐาน แสดงสถานะ

โดยส่วนของโครงงานประกอบไปด้วยระบบทั้งหมด ส่วนดังนี้

1.5.1 การจำลองระบบจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์เดลต้ารุ่น

- 1) จลนศาสตร์ท่าทางไปข้างหน้า
- 2) จลนศาสตร์ผกผันของท่าทาง
- 3) เมตริกซ์จาโคเบียน

1.5.2 การจำลองระบบพลวัตของหุ่นยนต์เดลต้ารุ่น

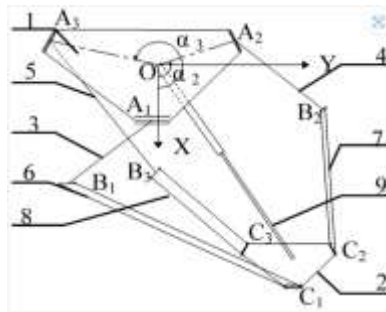
1.5.3 การสร้างวิถีโคจร

- 1) การสร้างวิถีโคจรในปริภูมิการทำงาน
- 2) การสร้างวิถีโคจรในปริภูมิโครงแบบเป็นเส้นตรงและหยุดการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อเกิดสภาวะสถานะเอกฐาน

1.5.4 การจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดลต้ารุ่น IRB 360 FLEXPICKER ด้วย MATPLOTLIB 3D PLOT

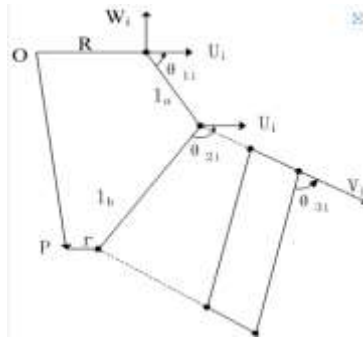
1.6 LITERATURE REVIEW

บทความเกี่ยวกับการจำลองระบบพลวัตของหุ่นยนต์เดลต้าและการทำ TORQUE FEEDFORWARD CONTROL



SCHEMATIC OF THE DELTA ROBOT WITH A TELESCOPIC ROD: (1) FIXED PLATFORM; (2) MOVED PLATFORM; (3-5) UPPER ARMS; (6-8) LOWER ARMS; (9) TELESCOPIC ROD.

จากรูปคือรูปของหุ่นยนต์เดลต้าที่ถูกทำการลดรูปให้เหลือเพียงส่วนแกนสำหรับการจำลองระบบจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์ ซึ่งจากการที่หุ่นยนต์ประกอบไปด้วยขาสามขาที่เหมือนกันจึงสามารถลดรูปให้เหลือเพียง 1 ขา



DEPICTION OF LEG I.

ซึ่งภายในบทความจึงทำการจำลองระบบจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์ด้วยขาเดียวออกมาเป็นสมการดังนี้

$$\begin{cases} (k_1 \cos(\alpha_1) - x)^2 + (k_1 \sin(\alpha_1) - y)^2 + (-l_b \cos(\theta_{11}) - z)^2 = l_a^2 \\ (k_2 \cos(\alpha_2) - x)^2 + (k_2 \sin(\alpha_2) - y)^2 + (-l_b \cos(\theta_{12}) - z)^2 = l_a^2 \\ (k_3 \cos(\alpha_3) - x)^2 + (k_3 \sin(\alpha_3) - y)^2 + (-l_b \cos(\theta_{13}) - z)^2 = l_a^2 \end{cases}$$

โดยที่กำหนดให้ K1, K2 และ K3

$$k_1 = (R + l_a \sin(\theta_{11}) - r), k_2 = (R + l_a \sin(\theta_{12}) - r), k_3 = (R + l_a \sin(\theta_{13}) - r)$$

ในส่วนของการทำจลนศาสตร์ผกผันของท่าทางหุ่นยนต์เดลต้า

$$\zeta_{1i} + \zeta_{2i}h_i + \zeta_{3i}h_i^2 = 0 \quad i = 1, 2, 3$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \zeta_{1i} &= p_{wi}^2 + p_{ui}^2 + 2p_{ui} + l_a^2 + r^2 - l_b^2 \sin(\theta_{3i})^2 - 2l_a r \\ \zeta_{2i} &= -4l_a p_{wi} \\ \zeta_{3i} &= p_{wi}^2 + p_{ui}^2 + 2p_{ui}(l_a + r) + l_a^2 + r^2 - l_b^2 \sin(\theta_{3i})^2 + 2l_a r \\ h_i &= \tan\left(\frac{\theta_{1i}}{2}\right) \\ \theta_{1i} &= 2 \arctan(h_i) \end{aligned}$$

ต่อมาในส่วนของการหาเมตริกซ์จาโคเบียนของหุ่นยนต์เดลต้า

$$J_r = J_b^{-1}(J_a M)$$

โดยกำหนดให้

$$\begin{aligned}
 \mathbf{J}\mathbf{a} &= \begin{bmatrix} J_{a11} & J_{a12} & J_{a13} \\ J_{a21} & J_{a22} & J_{a23} \\ J_{a31} & J_{a32} & J_{a33} \end{bmatrix} \\
 \mathbf{J}\mathbf{b} &= \begin{bmatrix} J_{b1} & 0 & 0 \\ 0 & J_{b2} & 0 \\ 0 & 0 & J_{b3} \end{bmatrix} \\
 \mathbf{M} &= \begin{bmatrix} \cos(\alpha_i) & \sin(\alpha_i) & 0 \\ -\sin(\alpha_i) & \cos(\alpha_i) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 J_{a11} &= \cos(\theta_{2i}) \sin(\theta_{3i}) \\
 J_{a12} &= \cos(\theta_{3i}) \\
 J_{a13} &= \sin(\theta_{2i}) \sin(\theta_{3i}) \\
 J_{b_i} &= a \sin(\theta_{2i} - \theta_{1i}) \sin(\theta_{3i})
 \end{aligned}$$

และในส่วนสุดท้ายจะเป็นในส่วนของการจำลองระบบพลวัตของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยใช้วิธีการหา LAGRANGIAN FUNCTION จนได้

$$\mathfrak{R} = \Gamma - E = \Gamma_1 + \Gamma_2 - E_1 - E_2$$

$$\begin{cases} \zeta_1 = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \dot{l}} - \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial l} + c_d \dot{l} \\ \zeta_2 = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \theta} \\ \zeta_3 = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \dot{\phi}} - \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \phi} \end{cases}$$

โดยกำหนดให้ CD เป็น DAMPING RATIO

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \dot{l}} &= m_{l2} \ddot{l} \\
 \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial l} &= (\dot{\theta}^2 + \dot{\phi}^2) m_{l2} (l - l_2) + m_{l2} g \cos(\arctan(\sqrt{\tan^2(\theta) + \tan^2(\phi)})) \\
 \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \dot{\theta}} &= (I_1 + I_2) \ddot{\theta} + 2m_{l2} (l - l_2) \dot{l} \dot{\theta} \\
 \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \dot{\phi}} &= (I_1 + I_2) \ddot{\phi} + 2m_{l2} (l - l_2) \dot{l} \dot{\phi} \\
 \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \theta} &= \frac{(-\frac{1}{2} m_{l1} l_1 - m_{l2} (l - \frac{l_2}{2})) g \sin(\arctan(\sqrt{\tan^2(\theta) + \tan^2(\phi)})) \tan(\theta)}{(1 + \tan^2(\theta) + \tan^2(\phi)) (\cos^2(\theta) \sqrt{\tan^2(\theta) + \tan^2(\phi)})} \\
 \frac{\partial \mathfrak{R}}{\partial \phi} &= \frac{(-\frac{1}{2} m_{l1} l_1 - m_{l2} (l - \frac{l_2}{2})) g \sin(\arctan(\sqrt{\tan^2(\theta) + \tan^2(\phi)})) \tan(\phi)}{(1 + \tan^2(\theta) + \tan^2(\phi)) (\cos^2(\phi) \sqrt{\tan^2(\theta) + \tan^2(\phi)})}
 \end{aligned}$$

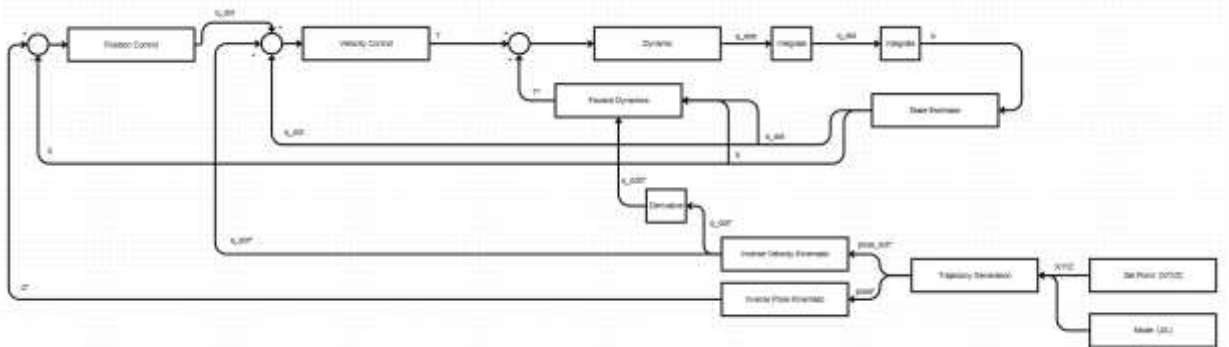
ในส่วนของการ VALIDATE ระบบทำได้โดยการใส่โมเดล FEED FORWARD เข้าไปใน CONTROLLER ของหุ่นยนต์จริงแล้วทำการเทียบระหว่างมีและไม่มีโมเดล FEED FORWARD

1.7 เกี่ยวข้องกับหัวข้อในรายวิชาหัวข้อไหนบ้าง

- 1) จลนศาสตร์ท่าทางไปข้างหน้า
- 2) จลนศาสตร์ผกผันของท่าทาง
- 3) จลนศาสตร์เชิงอนุพันธ์
- 4) ระบบพลวัต

5) การสร้างวิถีโคจร

1.8 SYSTEM DIAGRAM / SYSTEM OVERVIEW



1.9 ผลการศึกษาที่คาดหวัง

- 1) ได้จำลองระบบจลนศาสตร์และพลวัตของหุ่นยนต์เดลต้า
- 2) ได้จำลองระบบควบคุมหุ่นยนต์เดลต้า
- 3) ได้จำลองระบบสำหรับวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดลต้า