หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีนักอุตสาหกรรมจำนวนไม่น้อย ที่สนใจการใช้แขนหุ่นยนต์ช่วยทำงานในกระบวนการผลิต แม้ว่าต้นทุนในการติดตั้งจะมีราคาสูงมาก ๆ ก็ตาม เหตุผลก็เพราะว่าแขนหุ่นยนต์สามารถทำงานที่เสี่ยงต่ออันตราย หรือทำงานในสถานที่ที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน รวมไปถึงการให้ผลงานที่ดีกว่าการทำงานด้วยมือ ทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ

ในช่วงต้นการใช้งานแขนหุ่นยนต์เป็นไปอย่างจำกัด สาเหตุก็เพราะว่าตัวควบคุมที่มีอยู่ในขณะนั้นมีประสิทธิภาพต่ำ การนำแขนหุ่นยนต์ไปใช้งานจึงมีเฉพาะในงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูงมาก เช่น การหยิบวัตถุจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง (Pick-and-place) และการเชื่อมแบบจุด (Spot welding) ที่ความเร็วไม่สูงนักเป็นต้น ส่วนในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง หรืองานที่ต้องการความแม่นยำทั้งในแง่ตำแหน่งและเวลาตลอดเส้นทางการเคลื่อนไหว เช่น งานเชื่อมแบบตะเข็บยาว (Arc welding) และงานพ่นสี (Spray painting) เป็นต้น เราพบว่าตัวควบคุมที่มีอยู่เดิมให้ผลการทำงานที่ไม่น่าพอใจ ดังนั้นการพัฒนาตัวควบคุมสำหรับแขนหุ่นยนต์จึงเป็นงานวิจัยแขนงหนึ่งที่มีผู้สนใจเป็นจำนวนมาก

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมามีผู้เสนอผลงานวิจัยของตัวควบคุมแบบใหม่ ๆ อย่างสม่ำเสมอ โดยมีจุดมุ่งหมายให้แขนหุ่นยนต์สามารถทำงานได้เร็วขึ้น และมีความแม่นยำสูงขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของวงการอุตสาหกรรม เราสามารถจัดกลุ่มตัวควบคุมแขนหุ่นยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้นตามลักษณะวิธีการออกแบบดังนี้

1. ตัวควบคุมแบบเชิงเส้น (Linear controller)
2. ตัวควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear controller)
   - 2.1 ตัวควบคุมแบบคำนวณแรงบิด (Computed-torque controller)
   - 2.2 ตัวควบคุมป้อนล่วงหน้าแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear feedforward controller)
3. ตัวควบคุมชนิดเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (Variable structure controller)
4. ตัวควบคุมชนิดปรับตัวเอง (Adaptive controller)
   - 4.1 ตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองที่แยกพิจารณาการทำงานของแต่ละแกนอย่างอิสระ หรือ

ออกแบบสำหรับระบบที่ถูกย่อเป็นเชิงเส้นรอบ ๆ จุดทำงาน (Decentralized adaptive controller or adaptive controller based on linearized model)

4.2 ตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรง (Direct adaptive controller)

4.2.1 ตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรงที่ใช้เทคนิคแบบคำนวณแรงบิด (Direct adaptive controller based on computed-torque technique)

4.2.2 ตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรงที่ใช้คุณสมบัติแพสซีฟ (Direct adaptive controller based on the passive property)

4.3 ตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยอ้อม (Indirect adaptive controller)

ในแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปตามที่ได้สรุปไว้อย่างย่อ ๆ ในตารางที่ 1 ส่วนแนวคิดของแต่ละวิธีและความเป็นมาทั้งหมด เราจะกล่าวถึงอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่งในบทที่ 3

ประเภทตัวควบคุม	ความเร็วในการทำงาน	การใช้ข้อมูลของแขนหุ่นยนต์	การสั่นของแขนหุ่นยนต์	ภาระในการคำนวณ
ตัวควบคุมแบบที่ 1	ต่ำ	น้อย	โอกาสน้อย	น้อย
ตัวควบคุมแบบที่ 2.1	สูง	มาก	โอกาสน้อย	ค่อนข้างมาก
ตัวควบคุมแบบที่ 2.2	ค่อนข้างสูง	มาก	โอกาสน้อย	ค่อนข้างมาก
ตัวควบคุมแบบที่ 3	สูง	ปานกลาง	โอกาสมาก	ปานกลาง
ตัวควบคุมแบบที่ 4.1	ปานกลาง	น้อย	โอกาสน้อย	ปานกลาง
ตัวควบคุมแบบที่ 4.2.1	สูง	ปานกลาง	โอกาสน้อย	มาก
ตัวควบคุมแบบที่ 4.2.2	สูง	ปานกลาง	โอกาสน้อย	ค่อนข้างมาก
ตัวควบคุมแบบที่ 4.3	สูง	ปานกลาง	โอกาสน้อย	มาก

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของตัวควบคุมแบบต่าง ๆ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของตัวควบคุมแบบต่าง ๆ เราพบว่าตัวควบคุมแบบที่ 4.2.2 ซึ่งเป็นตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรงที่ใช้คุณสมบัติแพสซีฟให้ผลการทำงานที่น่าพอใจกว่าตัวควบคุมแบบอื่น ๆ แม้ว่าจะมีภาระในการคำนวณค่อนข้างมากก็ตาม แต่เนื่องจากในปัจจุบัน เทคโนโลยี

ทางไมโครโพรเซสเซอร์ได้เจริญรุดหน้าอย่างรวดเร็ว มีการผลิตหน่วยประมวลผลที่มีความเร็วในการคำนวณสูง ราคาต่อหน่วยก็ลดลงจากเดิมมาก ดังนั้นภาระในการคำนวณจึงไม่ใช่ปัญหาที่น่าหนักใจมาก ๆ เหมือนในอดีต

อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษางานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับวิธีออกแบบตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรงที่ใช้คุณสมบัติแพสซีฟของแขนหุ่นยนต์ เราพบว่างานส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การพิสูจน์หาเสถียรภาพในการทำงานของระบบควบคุมปิด ที่มีโครงสร้างของตัวควบคุมแตกต่างกัน ความสนใจต่อปัญหาการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุมมีน้อยมาก ข้อสรุปในงานวิจัยเหล่านี้ได้แต่เพียงเน้นว่า พารามิเตอร์ของตัวควบคุมควรมีสมบัติอย่างไรจึงจะทำให้ระบบมีเสถียรภาพ เช่น ต้องเป็นค่าที่มากกว่าศูนย์ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงการใช้งานจริง การเลือกกำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมจะกลายเป็นภาระของผู้ใช้งาน วิธีที่จะใช้ในทางปฏิบัติก็คงหนีไม่พ้นการทดลองทำ (trial and error) แต่เนื่องจากพารามิเตอร์ของตัวควบคุมมีอยู่หลายตัว แต่ละตัวมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานในลักษณะที่ต่างกัน การปรับหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสมต่อลักษณะของงานแต่ละงาน โดยการทดลองทำ จะเป็นไปอย่างล่าช้าและสิ้นเปลืองเวลา

ด้วยเหตุนี้แนวคิดการนำเอาวิธีโปรแกรมพลวัต (Dynamic Programming) มาช่วยคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม จะช่วยลดเวลาในการทำงานโดยรวมลงไป โดยเฉพาะในระบบการผลิตที่ต้องมีการปรับตั้งระบบบ่อย ๆ ดังนั้นประสิทธิภาพในการทำงานก็จะสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายของระบบการผลิตทั่ว ๆ ไป

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

ปรับปรุงวิธีออกแบบตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรงที่ใช้คุณสมบัติแพสซีฟของแขนหุ่นยนต์ โดยการใช้วิธีโปรแกรมพลวัต เราจะสามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุม ที่เหมาะสมที่สุดกับลักษณะของงานแต่ละงาน และทำให้ค่าของดรรชนีสมรรถนะมีขนาดน้อยที่สุด

<u>ขอบเขตของการวิจัย</u>

1. ทดสอบผลการทำงานของตัวควบคุมที่ออกแบบตามวิธีที่ปรับปรุงขึ้นใหม่ โดยการจำลองการทำงาน (digital simulation) บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

2. แขนหุ่นยนต์ที่ใช้เป็นระบบสำหรับออกแบบตัวควบคุม จะพิจารณาเฉพาะแขนหุ่นยนต์ที่มีความแข็งแกร่ง และมีลักษณะการเชื่อมต่อของลิงค์เป็นแบบอนุกรมวงเปิด

3. ความซับซ้อนของแขนหุ่นยนต์ที่ใช้ออกแบบจะอยู่ในระดับไม่เกิน 3 ดีกรีออฟฟรีดอม และเป็นแขนหุ่นยนต์แบบไม่รีดันแดนท์ (non-redundant robotic manipulator)

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของระบบแขนหุ่นยนต์
2. ศึกษาผลงานวิจัยด้านตัวควบคุมสำหรับแขนหุ่นยนต์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่
3. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรง
4. ปรับปรุงวิธีออกแบบตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองโดยตรงที่ใช้คุณสมบัติแพสซีฟ
5. ทดสอบการทำงานของตัวควบคุมที่ปรับปรุงแล้วโดยการจำลองการทำงาน
6. สรุปผลการวิจัยและนำเสนอความคิดเห็น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

วิธีออกแบบที่ปรับปรุงขึ้นใหม่นี้ จะช่วยคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่เหมาะสมที่สุดกับลักษณะของงาน โดยผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดลักษณะของการทำงานที่ต้องการผ่านค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละพจน์ในดรรชนีสมรรถนะ ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการปรับจูนตัวควบคุมก็จะน้อยลง โดยเฉพาะเมื่อเปรียบทียบกับการปรับหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมโดยการทดลองทำ