สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ การศึกษาและออกแบบระบบควบคุมชนิดปรับตัวเอง เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ ซึ่งเคลื่อนที่อย่างอิสระโดยไม่มีวัตถุกีดขวาง (gross motion) และทดสอบการทำงานกับแบบจำลองแขนหุ่นยนต์ ด้วยการจำลองเชิงเลข (digital simulation) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุมที่ออกแบบ กับระบบควบคุมอื่นๆที่ออกแบบตามหลักการเดียวกัน

ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์ มาใช้ในงานอุตสาหกรรมด้านต่างๆมากขึ้น หุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั่วไปยังคงใช้การควบคุมแบบดั้งเดิม (conventional control) เช่น หุ่นยนต์ PUMA ซึ่งใช้การควบคุมแบบ PID เป็นระบบเซอร์โวมอเตอร์อย่างง่าย สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่แต่ละข้อ (joint) โดยอิสระซึ่งกันและกัน การควบคุมแต่ละข้อไม่คำนึงถึง ผลกระทบอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของข้ออื่น ข้อเสียที่สำคัญของวิธีที่ใช้กันอยู่คือ ในกรณีที่แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่เร็วนัก พารามิเตอร์ของระบบเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ผลจากแรง Coriolis และ centrifugal มีค่าน้อย ระบบควบคุมเช่นนี้ยังคงมีประสิทธิภาพใช้ได้ แต่ในกรณีที่แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่เร็วขึ้น ผลของความไม่เป็นเชิงเส้นจะมีมากขึ้น นอกจากนั้นการกำหนดอัตราขยายป้อนกลับ (feedback gain) เป็นแบบคำนวณไว้ล่วงหน้า (off-line) ทำให้ระบบควบคุมดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากไม่สามารถปรับค่าให้เหมาะสมกับโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลง

ดังนั้นการออกแบบระบบควบคุมในงานวิจัย จึงคำนึงถึงการแก้ปัญหาดังกล่าวเป็นสำคัญ โดยนำตัวควบคุมชนิดปรับตัวได้ มาออกแบบเป็นระบบควบคุมแขนหุ่นยนต์

ความเป็นมาของระบบควบคุมแขนหุ่นยนต์

ลักษณะการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมโดยทั่วไป มักเกี่ยวข้องกับปัญหาการเคลื่อนที่ติดตามเส้นทางอ้างอิงซึ่งถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ดังนั้นปัญหาการออกแบบระบบควบคุมแขนหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ จึงเกี่ยวข้องกับ การควบคุมตำแหน่ง (position control) ซึ่งต้องการควบคุมให้แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ติดตามเส้นทางอ้างอิงอย่างใกล้ชิดที่สุด แต่เนื่องจากคุณสมบัติพลวัตของแขนหุ่นยนต์ ซึ่งมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นอย่างมาก ทำให้การควบคุมความแม่นยำในการเคลื่อนที่ทำได้ยาก ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบระบบควบคุมแขนหุ่นยนต์ โดยวิธีต่างๆมากมาย ทั้งระบบควบคุมชนิดปรับตัวได้และชนิดปรับตัวไม่ได้ ระบบควบคุมที่สำคัญบางส่วน ซึ่งเป็นแนวทางในการวิจัยในเวลาต่อมา ได้นำมากล่าวถึงเป็นตัวอย่างดังนี้

Kahn และ Roth (1971) เสนอวิธีควบคุมแบบ near-minimum-time control โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ขับเคลื่อนแขนหุ่นยนต์จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ภายในเวลาน้อยที่สุด โดยคำนวณสัญญาณควบคุมจากระบบเชิงเส้น ซึ่งได้จากการทำระบบสมการการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นให้เป็นระบบเชิงเส้น (linearization)

Bejczy (1974) เสนอระบบควบคุมแขนหุ่นยนต์ โดยใช้เทคนิคการคำนวณแรงบิด (Computed-torque technique) ซึ่งเป็นการคำนวณแรงบิดเพื่อขับเคลื่อนแขนหุ่นยนต์ ให้เคลื่อนที่ติดตามเส้นทางอ้างอิง โดยคำนวณแรงบิดจากสมการการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ ได้แก่ สมการ Lagrange-Euler วิธีนี้เป็นการชดเชยผลของ ความไม่เป็นเชิงเส้นของแขนหุ่นยนต์ แต่ในการคำนวณแรงบิดจำเป็นต้องทราบพารามิเตอร์พลวัต (dynamic parameters) ที่แน่นอนล่วงหน้า พารามิเตอร์พลวัตดังกล่าวขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของแขนหุ่นยนต์ เช่น มวล ความยาว และ โมเมนต์ความเฉื่อย เป็นต้น ซึ่งในทางปฏิบัติมักไม่ทราบค่าเหล่านี้อย่างแท้จริง

Young (1978) นำระบบควบคุมแบบ variable structure control มาใช้กับแขนหุ่นยนต์ เพื่อกำจัดผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างข้อ ในทางปฏิบัติ ระบบควบคุมชนิดนี้ให้สัญญาณควบคุมที่ไม่ต่อเนื่อง จึงอาจทำให้เกิดผลเสียหายต่ออุปกรณ์ของแขนหุ่นยนต์ได้

Dubowsky และ DesForges (1979) นำระบบควบคุมชนิดปรับตัวเองแบบ model-referenced adaptive control อย่างง่าย มาใช้ควบคุมแขนหุ่นยนต์ โดยคำนึงถึงโหลดที่แขนหุ่นยนต์ต้องรับภาระด้วย การออกแบบระบบควบคุม ใช้สมการอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับสอง เป็นแบบจำลองอ้างอิงแทนลักษณะพลวัตของข้อแต่ละข้อ ข้อดีของวิธีการนี้คือ ระบบควบคุมไม่มีขั้นตอนการคำนวณที่ซับซ้อน รวมทั้งไม่ต้องการทราบสมการการเคลื่อนที่ และพารามิเตอร์พลวัตของแขนหุ่นยนต์ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องการพิจารณาเสถียรภาพของระบบควบคุม ซึ่งเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก นอกจากนั้นการออกแบบระบบควบคุมวิธีนี้ไม่ได้คำนึงถึง แรงที่เป็นผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างข้อในขณะเคลื่อนที่

Koivo และ Guo (1983) นำระบบควบคุมชนิดปรับตัวเองแบบ self-tuning มาใช้ควบคุมแขนหุ่นยนต์ โดยใช้แบบจำลอง single-input single-output (SISO) ชนิด ARX (autoregressive exogenous discrete-time model) แทนลักษณะพลวัตในการเคลื่อนที่ของข้อแต่ละข้อ โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างข้อ การประมาณค่า (estimation) พารามิเตอร์ของแบบจำลอง อินพุท-เอาท์พุท ดังกล่าวใช้วิธี recursive least squares โดยที่ตัวควบคุมของข้อแต่ละข้อเป็นชนิด generalized minimum variance (GMV) ซึ่งทำงานเป็นอิสระจากกัน

Lee และ Chung (1984,1985) เสนอระบบควบคุมชนิดปรับตัวเอง ตามหลักการของทฤษฎี Perturbation ซึ่งสามารถแยกระบบควบคุมออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ตัวควบคุมปฐมภูมิ (primary controller) และตัวควบคุมทุติยภูมิ (secondary controller) ซึ่งแต่ละชุดทำงานเป็นอิสระจากกัน โดยที่ตัวควบคุมปฐมภูมิ ทำหน้าที่คำนวณแรงบิดที่ระบุ (nominal torques) จากสมการ Newton-Euler เพื่อขับเคลื่อนแขนหุ่นยนต์ ให้เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่ระบุ ตัวควบคุมทุติยภูมิ ทำหน้าที่คำนวณแรงบิดเพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง หรือความเร็วที่ผิดเพี้ยนไปจากค่าที่ระบุ (perturbation torques) โดยใช้วิธีควบคุมเชิงเล็งเลิศเป็นช่วงๆ (one-step optimal control)

Liu และ Lin (1988) เสนอระบบควบคุมตามหลักการเดียวกันกับ Lee และ Chung แต่ต่างกันที่ตัวควบคุมทุติยภูมิ ใช้วิธีควบคุมแบบ GMV โดยใช้แบบจำลอง multiple-input multiple-output (MIMO) ชนิด ARMAX (autoregressive moving average exogenous discrete-time model) แทนแบบจำลองที่ถูกทำให้เป็นเชิงเส้น (perturbation linearized model) ของแขนหุ่นยนต์

Goldenberg et al. (1989) ปรับปรุงวิธีการของ Lee และ Chung โดยเสนอตัวควบคุมปฐมภูมิแบบใหม่ ซึ่งเปลี่ยนจากวิธีการคำนวณแรงบิดจากสมการ Newton-Euler มาใช้วิธีคำนวณแรงบิดในรูปพารามิเตอร์ ทำให้มีข้อดีเหนือกว่าตัวควบคุมตามวิธีของ Lee และ Chung กล่าวคือ ตัวควบคุมปฐมภูมิสามารถปรับตัวให้เหมาะกับโหลด ที่มีการเปลี่ยนแปลงในขณะทำงานได้

นอกจากระบบควบคุมที่กล่าวมานี้ ยังมีระบบควบคุมซึ่งออกแบบ ตามหลักการที่แตกต่างกันไปอีกหลายวิธี สำหรับระบบควบคุมที่ออกแบบในวิทยานิพนธ์ ออกแบบตามทฤษฎี Perturbation จากแนวคิด ของ Lee และ Chung เป็นหลัก

ขอบเขตวิทยานิพนธ์

การออกแบบระบบควบคุมชนิดปรับตัวเองในงานวิจัย และเปรียบเทียบการทำงานกับระบบควบคุมอื่นๆ เป็นการออกแบบ ระบบควบคุมแบบหลายข้อ (multi-joint controller) ระบบควบคุมแบบหลายข้อในงานวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ตัวควบคุมปฐมภูมิ ซึ่งออกแบบโดยหลักการคำนวณแรงบิดในรูปพารามิเตอร์ ตามวิธีของ Goldenberg et al. ใช้ประกอบกับ ตัวควบคุมทุติยภูมิ ซึ่งออกแบบ

ตามวิธี GMV จากนั้นศึกษาและ เปรียบเทียบสมรรถนะของระบบควบคุมที่ออกแบบ กับระบบควบคุมแบบอื่นๆด้วยการจำลองเชิงเลข

การจำลองแบบการทำงานของแขนหุ่นยนต์ จำลองสภาพที่ใกล้เคียงการทำงานจริงของหุ่นยนต์ กล่าวคือ มีการรบกวน (disturbances) เกิดขึ้นในขณะทำงาน

การเปรียบเทียบสมรรถนะ

นอกจากการศึกษาสมรรถนะของระบบควบคุมที่ออกแบบแล้ว ยังมีการเปรียบเทียบสมรรถนะกับระบบควบคุมแบบต่างๆ ดังนี้

1. ระบบควบคุมแบบหลายข้อ ที่เสนอโดย Goldenberg et al.
2. ระบบควบคุมแบบหลายข้อ ที่เสนอโดย Liu และ Lin

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและออกแบบระบบควบคุม
2. พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C บนไมโครคอมพิวเตอร์
3. ทดสอบระบบควบคุมที่ออกแบบกับแบบจำลองแขนหุ่นยนต์ ด้วยการจำลองเชิงเลข เพื่อเปรียบเทียบ และสรุปผลสมรรถนะ ข้อดี-ข้อเสีย ของระบบควบคุมแต่ละวิธี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยนำตัวควบคุมชนิดปรับตัวเองมาออกแบบ สามารถนำไปใช้กับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในปัจจุบัน ซึ่งต้องการการทำงานที่แม่นยำมากขึ้น