บทที่ 8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ในโครงการวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้การป้อนกลับของตัวแปรสเตท (STATE-VARIABLE-FEEDBACK) สำหรับใช้กับระบบแขนกลมาสเตอร์-สเลฟจุฬา2 โดยมีไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิทเป็นตัวควบคุม แขนกลมาสเตอร์-สเลฟจุฬา2 เป็นแขนกล 2 ตัวที่มีโครงสร้างทางกลคล้ายคลึงกัน โดยเป็นแขนกลที่มี 2 ข้อต่อ เป็นข้อต่อแบบหมุน (REVOLUTE JOINT) เคลื่อนที่ได้ในแนวระดับ แขนกลที่เคลื่อนที่ตาม (SLAVE ARM) จะมีขนาดใหญ่กว่าแขนกลที่เคลื่อนที่นำ (MASTER ARM) และเคลื่อนที่โดยใช้กำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแม่เหล็กถาวรผ่านชุดเกียร์ทดชนิดฮาร์โมนิคไดรฟ์ ส่วนแขนกลที่เคลื่อนที่นำจะเคลื่อนที่โดยใช้กำลังจากมนุษย์ ในส่วนของระบบควบคุมอัตโนมัติจะหาสัญญาณควบคุม (CONTROL LAW) โดยพิจารณาระบบเป็นแบบต่อเนื่อง และใช้สัญญาณควบคุมดังกล่าวกับไมโครคอมพิวเตอร์ต่อไป โดยจะวิเคราะห์ผลตอบสนองเชิงเวลา และวิเคราะห์ระบบแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อดูผลของการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาในการสุ่มต่อการใช้สัญญาณควบคุมดังกล่าว

การทดลอง ได้ทำการทดลองความถูกต้องแม่นยำของระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยให้ระบบมีอัตราส่วนความหน่วง (DAMPING RATIO) $\zeta = 1$ ตลอดการทดลอง เพื่อให้ระบบมีผลตอบสนองที่รวดเร็วต่อสัญญาณเข้าโดยไม่เกิดการแกว่ง (OSCILLATION) การทดลองจะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ใช้ข้อมูลอ้างอิงแบบออฟไลน์ (OFF-LINE) ใช้ในการทดลองหาค่าเกนและในการทดลองเปลี่ยนคาบเวลาในการสุ่ม จะพบว่า เมื่อเพิ่มค่าเกน (K) หรือเพิ่มความถี่ธรรมชาติ (ω) จะทำให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งน้อยลง ในขณะที่ เมื่อให้ค่าเกนคงที่แต่เพิ่มคาบเวลาในการสุ่ม (T) จะทำให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มค่าเกนหรือเพิ่มคาบเวลาในการสุ่ม ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่เสถียรภาพของระบบ หากเพิ่มค่ามากเกินไปจะทำให้ระบบเกิดการแกว่ง (OSCILLATION) และไม่มีเสถียรภาพ (UNSTABLE) ได้ ส่วนการทดลองในกรณีที่ 2 จะใช้ข้อมูลอ้างอิงแบบออนไลน์ (ON-LINE) โดยการอ่านข้อมูลจากแขนกลที่เคลื่อนที่นำ แล้วส่งไปควบคุมแขนกลที่เคลื่อนที่ตาม

ทันที จะพบว่า แขนกลที่เคลื่อนที่ตามสามารถเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของแขนกลที่เคลื่อนที่นำได้ในเวลาจริง และมีความผิดพลาดของตำแหน่งเกิดขึ้นในขนาดที่ใกล้เคียงกับการใช้ข้อมูลอ้างอิงแบบออฟไลน์ หากพิจารณาที่ข้อต่อจะพบว่า แขนกลที่เคลื่อนที่ตามสามารถเคลื่อนที่ตามการเคลื่อนที่ของแขนกลที่เคลื่อนที่นำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่หากพิจารณาเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ปลายแขนกล (ทางเดินบนระนาบ X-Y) แล้ว จะพบว่า มีบางช่วงที่เกิดความผิดพลาดไปมาก ทั้งนี้ก็เป็นเพราะ ช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่ความผิดพลาดของแต่ละข้อต่อของแขนกลมีทิศทางที่เสริมซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลยังขึ้นอยู่กับความยาวของแขนกลอีกด้วย เพราะหากแขนกลมีความยาวมาก ถึงแม้ว่า ความผิดพลาดของตำแหน่งที่พิจารณาที่ข้อต่อจะน้อย แต่ความผิดพลาดของตำแหน่งเมื่อพิจารณาที่ปลายแขนกลจะมากขึ้นตามขนาดความยาวของแขนกล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่า สามารถเป็นพื้นฐานในการพัฒนาหุ่นยนต์ที่ทำงานในระยะไกลได้ด้วยทักษะความชำนาญใกล้เคียงกับมนุษย์ทำเอง และ/หรือ หุ่นยนต์ที่ใช้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่า สิ่งที่ควรพัฒนาเพื่อให้ได้ระบบแขนกลมาสเตอร์-สเลฟที่มีสมรรถภาพดียิ่งขึ้น คือ

1. ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ควบคุมตำแหน่งเส้นทางเดินของปลายแขนกล แทนที่จะควบคุมตำแหน่งของข้อต่อของแขนกล ซึ่งจะทำให้เส้นทางเดินของปลายแขนกลที่เคลื่อนที่ตามใกล้เคียงกับเส้นทางเดินของปลายแขนกลที่เคลื่อนที่นำมากยิ่งขึ้น

2. ปรับปรุงส่วนประกอบทางกล (MECHANIC) ของแขนกลที่เคลื่อนที่นำให้มีความหน่วง (DAMPER) มากขึ้น เพื่อลดความไว (SENSITIVITY) เนื่องจากการใช้ออฟติคัลเอ็น-โคดเดอร์ในการวัดตำแหน่งลง

3. ใช้ชุดเกียร์ทดชนิดที่ไม่มีความหลวม (BACKLASH) สำหรับแขนกลข้อต่อที่ 2 (ปัจจุบันมี BACKLASH ประมาณ 0.0064-0.0073 rad)

4. ติดตั้งแขนกลที่เคลื่อนที่ตามบนพื้นที่มีความแข็งแกร่ง (RIGID)

5. เพิ่มจำนวนของข้อต่อให้มากขึ้นเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้ใน 3 มิติ