บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ในการออกแบบระบบควบคุมแบบผสมระหว่างแรงและตำแหน่งของแขนกลนี้ ใช้หุ่นยนต์จุฬา 2 เป็นหุ่นทดลอง โดยที่ปลายแขนกลมีอุปกรณ์วัดแรง (Force Sensor) ติดตั้งอยู่และการประมวลผลค่าสัญาณต่าง ๆ ที่ใช้ ในการทดลองจะใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 32 บิตเป็นตัวประมวลผล ส่วนโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองจะเขียนขึ้นมาโดยใช้ภาษา C ด้วยความถี่ในการสุ่ม 100 Hz ขณะทดลองจะควบคุมทั้งแรงและตำแหน่งที่ปลายแขนกลไปพร้อม ๆ กัน พร้อมทั้งคำนวนหาค่า normal vector และ tangent vector ณ จุดที่ปลายแขนกลสัมผัสชิ้นงาน ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลช่วยในการหารูปร่างของชิ้นงานที่ไม่ทราบค่า (Unknown Constraint Surface) ได้ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสามารถควบคุมแรงและตำแหน่งไปพร้อม ๆ กันได้ และยังสามารถหาค่ารูปร่างของชิ้นงานได้ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. การควบคุมตำแหน่ง จะให้ปลายแขนกลเคลื่อนที่ไปตามคำสั่งของตำแหน่งดังรูปที่ 4.1 ใน Cartesian Coordinate ที่ระยะทางต่าง ๆ กัน คือ 90 , 110 และ 130 mm พบว่าแขนกลสามารถ Track ตามทางเดินของตำแหน่งอ้างอิงได้ดี โดยเกิดค่าความผิดพลาดของตำแหน่งสูงสุดประมาณ 6 mm, 5 mm และ 3 mm ตามลำดับ

2.การควบคุมแรง จะให้ปลายแขนกลสัมผัสกับผิวชิ้นงานโดยไม่เคลื่อนที่ และทดลองควบคุมแรงด้วยคำสั่งของแรงแบบต่าง ๆ ดังนี้

2.1 คำสั่งของแรงแบบ Step จะทดลองที่ขนาด 5 N, 10 N และ 15 N พบว่าสามารถควบคุมแรงที่เกิดขึ้นที่ปลายแขนกลได้ดี โดยแรงที่เกิดขึ้นที่ปลายแขนกลจะลู่เข้าสู่คำสั่งของแรงอย่างรวดเร็ว โดยถ้าขนาดคำสั่งของแรงมีค่ามากขึ้นก็จะทำให้เกิด percent overshoot สูงขึ้นตาม

2.2 คำสั่งของแรงแบบ Trapezoid จะทดลองที่ขนาดของแรงสูงสุด 5 N, 10 N และ 15 N พบว่าช่วงคำสั่งของแรงที่มีความเร่ง และช่วงคำสั่งของแรงที่มีค่าคงที่แขนกลสามารถ Track คำ

สั่งของแรงได้ดี โดยมีค่าความผิดพลาดสูงสุดประมาณ 0.5 N แต่ช่วงสุดท้ายที่คำสั่งของแรงมีความหน่วง แรงที่เกิดขึ้นที่ปลายแขนกลจะมีค่าความผิดพลาดสูงกว่า และไม่เรียบ เนื่องมาจาก backlash ของข้อต่อแขนกล

2.3 คำสั่ง ของแรงแบบ Sine Wave จะทดลองที่ Amplitude 5 N, 10 N และ 15 N ที่คาบเวลา 21 sec พบว่าปลายแขนกลสามารถ Track คำสั่งของแรงแบบ Sine Wave ได้ แต่จะเกิดค่าผิดพลาดของแรงคล้ายกับกรณีคำสั่งของแรงเป็นแบบ trapeziod โดยเฉพาะช่วงด้านหลังของท้องคลื่น และยอดคลื่นของคำสั่งของแรง จะเกิดค่าผิดพลาดของแรงมากกว่าปกติ เนื่องมาจาก backlash ของข้อต่อแขนกล

3. การควบคุมแบบผสมระหว่างแรงและตำแหน่ง จะให้แขนกลเคลื่อนที่สัมผัสกับผิวชิ้นงาน 2 ลักษณะคือ แบบผิวแบนเรียบ และแบบผิวโค้งทรงกระบอก พบว่าสามารถควบคุมแรงและตำแหน่งไปพร้อม ๆ กันได้ โดยแนวทางเดินจริงของแขนกลค่อนข้างเรียบ และสามารถ Track คำสั่งของตำแหน่งได้ดี โดยเกิดค่าผิดพลาดของตำแหน่งสูงสุดประมาณ 6 mm ส่วนแรงที่เกิดขึ้นที่ปลายแขนกลนั้นค่อนข้างจะแก่วงบนเส้นคำสั่งของแรง แต่มีแนวโน้มสามารถ Track คำสั่งของแรงได้

4. ขณะเกิดแรงขึ้นที่ปลายแขนกล สามารถนำข้อมูลของแรงนี้มาคำนวนหาทิศทางของ normal vctor และ tangent vector ได้ โดยมุมของ normal vector ที่วัดจากแกน X จะมีค่า

$$\theta_{normal} = \frac{y - component(mm)}{x - component(mm)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

หลังจากที่ได้ทำการวิจัยเรื่องการควบคุมแบบผสมระหว่างแรงและตำแหน่งกับหุ่นยนต์จุฬา 2 แล้วนั้น พบว่ามีสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้งานวิจัยต่อเนื่องในภายหน้าอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นหลายประการดังนี้

1. ข้อต่อที่ 1 และที่ 2 ของแขนกล มี backlash ควรเปลี่ยนชุดเฟืองทดใหม่เพื่อลดผลกระทบของ backlash ที่มีต่อระบบ

2. ข้อต่อที่ 3 ของแขนกลเป็น Presmatic joint คือมีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นใช้ Ball Screw เป็นอุปกรณ์ส่งกำลัง แต่ขนาดของ Ball Screw เล็กไป จึงทำให้โครงสร้างข้อต่อ Rigid ไม่เพียงพอ ควรเปลี่ยน Ball Screw ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

3. ข้อต่อที่ 4, ที่ 5 และอุปกรณ์วัดแรงเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมเข้าไปในหุ่นยนต์จุฬา 2 ซึ่งจากเดิมมี 3 ข้อต่อ ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้สร้างข้อต่อที่ 4 และที่ 5 ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ หรือชุดเฟืองทดก็เป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมในห้อง Lab ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่และน้ำหนักมาก ซึ่งไม่เหมาะกับข้อต่อที่ 3 ที่รับน้ำหนักมากเกินไป ควรลดขนาดของข้อต่อที่ที่ 4 และที่ 5 ให้มีขนาดกระทัดรัดลง

4. ในการออกแบบระบบควบคุมแบบ Hybrid Force/Position Control ในการคำนวนขนาดของแรงบิดที่ใช้ขับมอเตอร์ของหุ่นยนต์แต่ละข้อต่อนั้น ใช้เวลาในการคำนวณมาก จึงควรเพิ่มความเร็วของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลให้มีความเร็วมากขึ้น

5. เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วแขนกล จะมีความเป็น Nonlinear สูงมาก ฉะนั้นในการเลือกวิธีควบคุม (Contooller) ควรพิจารณา Controller แบบอื่น ๆ อีกที่สามารถควบคุมระบบที่มีความเป็น Nonlinear สูงได้ดี เช่น Adaptive Control, Sliding Control , Fuzzy Logic Control เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย