บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและการอภิปราย

6.1 สรุปการศึกษาผลวิจัยที่ผ่านมา

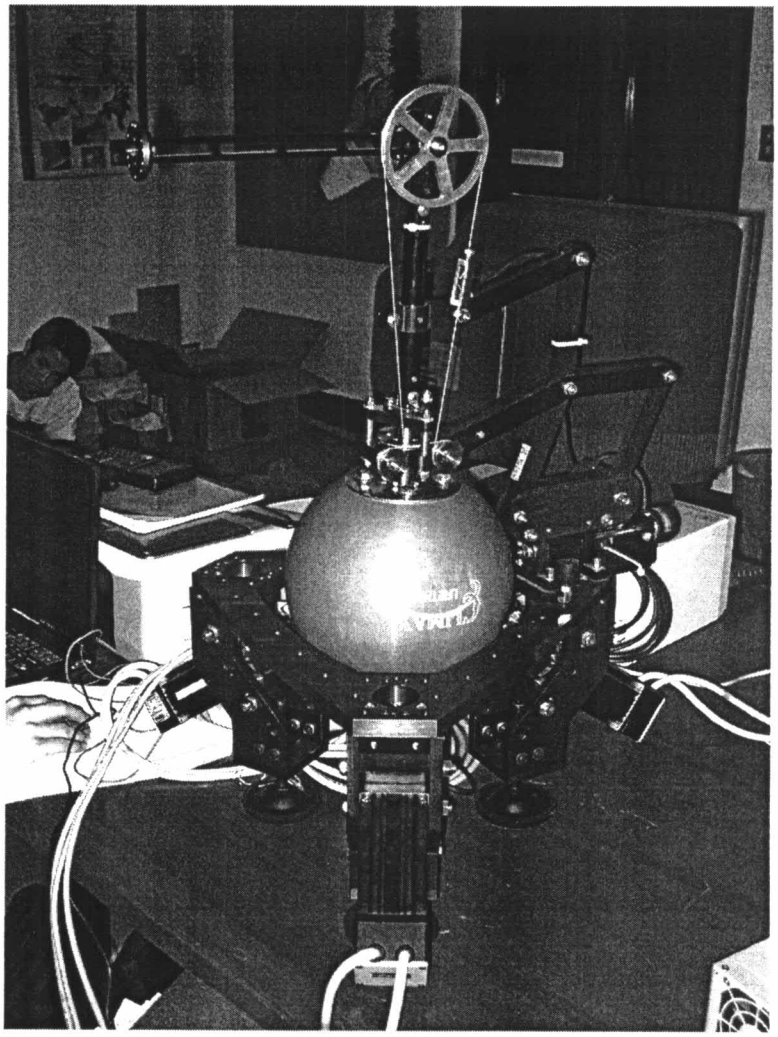
การศึกษาหุ่นยนต์โคบอทที่ผ่านมานั้น พบว่าหุ่นยนต์โคบอทที่มีลักษณะที่เป็นแขนกลและมีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น X, Y, Z มีอยู่น้อยมาก พบว่าเหตุผลประการหนึ่งอาจมีสาเหตุมาจากหุ่นยนต์โคบอทตัวแรกถูกพัฒนามาไม่นาน การนำอุปกรณ์ซีวีทีที่ปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบ(แบบเชิงมุมและแบบเชิงเส้น) ถูกนำไปประยุกต์ใช้น้อยมาก จากการศึกษายังพบอีกว่าหุ่นยนต์โคบอทแบบก้านควบคุมเป็นหุ่นยนต์โคบอทที่น่าสนใจ เนื่องจากหุ่นยนต์ตัวนี้สามารถสร้างการเคลื่อนที่ได้ 3 องศาอิสระแบบเชิงมุมโดยอาศัยอุปกรณ์ซีวีทีแบบเชิงเส้นจำนวน 3 ชุดมาต่อเข้าด้วยกัน มีความเฉื่อย (inertia) ต่ำและโครงสร้างไม่ซับซ้อน ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าน่าจะเหมาะ ถ้านำมาประยุกต์เข้ากับกลไกแบบแขนกล เพื่อให้มีการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น X, Y, Z ซึ่งคือที่มาของการออกแบบ

6.2 สรุปผลการออกแบบและการสร้าง

วัตถุประสงค์หลักของงานในวิทยานิพนธ์ คือการจะจัดสร้างหุ่นยนต์โคบอทต้นแบบที่มีลักษณะเป็นแบบแขนกล สามารถเคลื่อนที่ได้ในพื้นที่การทำงานในคาร์ทีเซี่ยนสเปซ X, Y, Z มี 3 องศาอิสระ โดยแต่ละข้อต่อของแขนกลมีลักษณะที่การเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน ด้วยวิธีการปรับอัตราทดระหว่างข้อต่อ โดยใช้อุปกรณ์การปรับอัตราทดแบบต่อเนื่องเชิงเส้น

จากออกแบบและจัดสร้างทำให้ได้หุ่นยนต์โคบอทสามมิติดังรูปที่ 6.1 ซึ่งมีลักษณะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานในวิทยานิพนธ์ กล่าวคือมีลักษณะเป็นแบบแขนกลที่ต่อเชื่อมการเคลื่อนที่กับทรงกลมที่ถูกกำหนดการเคลื่อนที่ด้วยอุปกรณ์ปรับอัตราทดแบบต่อเนื่องเชิงเส้นแบบล้อ แขนกลมีข้อต่อจำนวน 3 ข้อต่อ ในข้อต่อที่สามของหุ่นยนต์โคบอทแขนกลสามมิติ ได้ทำการเลือกใช้ระบบส่งกำลังแบบเคเบิล เพราะต้องการให้การส่งกำลังจากทรงกลมไปที่แขนกลของทุกข้อต่อเป็นการส่งกำลังแบบไม่มี “backlash”

ที่ข้อต่อของแขนกลติดตั้งอุปกรณ์วัดตำแหน่งเอ็นโคดเดอร์ ที่มีความละเอียดเท่ากับ 10,000 ppr จากการคำนวณหุ่นยนต์โคบอทสามมิติตัวนี้มีความแม่นยำของปลายแขนกล (ตำแหน่งยืดสุด)เท่ากับ 0.4084 มม.



รูปที่ 6.1 แสดงหุ่นยนต์โคบอทสามมิติที่เสร็จสมบูรณ์

และจากการทดสอบการทำงาน ผลที่ได้ก็เห็นว่าหุ่นยนต์โคบอทสามมิติสามารถที่จะทำงานได้ในพื้นที่การทำงานคาร์ทีเซี่ยนสเปซ X, Y, Z มี 3 องศาอิสระ สามารถที่จะสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงตามสมการที่กำหนดได้ และค่าการเคลื่อนที่มากสุดและน้อยสุดของแต่ละข้อต่อสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1 และสำหรับอุปกรณ์ซีวีที การหมุนของล้อ และแกนหมุนของล้อไม่ถูกจำกัด (no joint limits)

ตำแหน่งข้อต่อ	การเคลื่อนที่มากสุด (Deg.)	การเคลื่อนที่น้อยสุด (Deg.)
ข้อต่อที่ 1	+69.075	-69.075
ข้อต่อที่ 2	+49.35	-49.35
ข้อต่อที่ 3	+53.89	-53.89

ตารางที่ 6.1 แสดงการเคลื่อนที่มากสุดและน้อยสุดของแต่ละข้อต่อ

ผู้ใช้เคลื่อนปลายแขน (end-effector) ของหุ่นยนต์ได้อย่างสะดวกสะดวกสบาย เพราะกลไกมีแรงเสียดทานน้อย ความเฉื่อยส่วนใหญ่อยู่ที่จุดกึ่งกลางของทรงกลม ทำให้รู้สึกเบาในขณะเคลื่อนที่ และไม่มี"backlash"จากระบบส่งกำลัง เหมาะสำหรับเป็นอุปกรณ์วิจัยด้านแฮปติกส์อินเตอร์เฟส (Haptic Interface) และการจำลองแบบเสมือน (Virtual simulation)

6.3 สรุปผลการทดลอง

นอกเหนือจากการพัฒนาและสร้างหุ่นยนต์โคบอทสามมิติต้นแบบที่เป็นงานหลัก ของการวิจัยยังได้ทำการทดลองควบคุมการทำงานหุ่นยนต์โคบอทสามมิติในแบบเบื้องต้นอีกด้วย โดยจะทำการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลแบบเส้นตรงดังรายละเอียดที่แสดงในบทที่ 5

ในการทดลองสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งปลายแขนของหุ่นยนต์ เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงจะเห็นได้ว่ามีความผิดพลาดในการเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการทดสอบ ลักษณะดังกล่าวเกิดจากความผิดพลาดต่างๆที่ได้กล่าวในบทที่ 5 ซึ่งบ่งบอกถึงความจำเป็นในการพัฒนาระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ดังจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

6.4 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยต่อเนื่อง

1) การปรับปรุงหุ่นยนต์โคบอทสามมิติ สามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพให้ดีมากขึ้นได้ โดยการเปลี่ยนล้อให้มีความแข็งมากขึ้น เพื่อลดผลที่เกิดจากความยืดหยุ่นของล้อ และสามารถที่จะเพิ่มแรงเสียดทานของล้อต่อทรงกลมได้โดยเปลี่ยนสปริงกดที่อยู่ภายในทรงกลม ให้สปริงใหม่มีค่าคงที่ของสปริงสูงขึ้น

2) ในการหาสมการจลศาสตร์ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ครอบคุมถึงการหาเวกเตอร์สัมผัสที่ที่ได้จากการหาสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งของเวกเตอร์การเคลื่อนที่เทียบกับระยะทาง เพื่อให้ถูกต้องสมบูรณ์และเป็นประโยชน์ในการควบคุมระดับสูง งานวิจัยในอนาคตควรจะหาสมการอนุพันธ์อันดับสองของเวกเตอร์การเคลื่อนที่เทียบกับระยะทางซึ่งก็คือเวกเตอร์เคอเวเจอร์

3) นำไปพัฒนาระบบควบคุมชั้นสูง เพื่อหุ่นยนต์โคบอทมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และควรใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับมาชดเชยหาค่า "path length" ที่เหมาะสม และคำสั่งชดเชยเพื่อให้ลู่เข้าสู่เส้นทางที่กำหนด

4) นำไปพัฒนาระบบเสมือนจริง

5) นำไปทดลองใช้งานจริง