สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ณ ปัจจุบันหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ถูกนำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก เพื่อแทนแรงงานมนุษย์ ซึ่งสามารถจำแนกหุ่นยนต์อุตสาหกรรมตามความสามารถในการทำงาน โดยการพิจารณาของสมาคมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมประเทศญี่ปุ่น (The Japanese Industrial Robot Association, JIRA) [1], [2] ได้แบ่งออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

Class 1 : อุปกรณ์ที่มีหลายองศาอิสระที่ใช้มนุษย์เป็นผู้บังคับควบคุมการทำงาน
Class 2 : อุปกรณ์ที่ทำงานตามคำสั่งที่ได้ป้อนไว้ก่อน ยากที่จะปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานได้
Class 3 : อุปกรณ์ที่ทำงานตามคำสั่งที่ได้ป้อนไว้ก่อน สามารถปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานได้
Class 4 : หุ่นยนต์ที่สามารถบันทึกตัวอย่างการทำงานที่มนุษย์ทำครั้งแรก และทำซ้ำได้เอง
Class 5 : หุ่นยนต์ที่รับโปรแกรมการทำงานที่มนุษย์เป็นผู้ป้อนให้
Class 6 : หุ่นยนต์ที่เข้าใจสิ่งแวดล้อม สามารถทำงานได้สำเร็จแม้ว่าสิ่งแวดล้อมจะเปลี่ยนไป

ส่วนทางสถาบันหุ่นยนต์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (The Robotics Institute of America, RIA) และสมาคมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมของประเทศฝรั่งเศส (The Association Francaise de Robotique Industrielle, AFRI) [1], [2] ได้ทำการพิจารณาความสามารถของหุ่นยนต์เฉพาะ Class 3-6 ซึ่งจำแนกประเภทหลักๆได้ดังนี้

Type A : หุ่นยนต์หรืออุปกรณ์ที่ยังใช้มนุษย์เป็นผู้บังคับควบคุมการทำงานโดยตลอด
Type B : หุ่นยนต์หรืออุปกรณ์ที่สามารถทำงานอัตโนมัติซ้ำเดิม ตามคำสั่งที่ได้ป้อนไว้ก่อน
Type C : หุ่นยนต์ที่สามารถทำงานอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถป้อนโปรแกรมเข้าได้ใหม่
Type D : หุ่นยนต์ที่สามารถทำงานอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถป้อนโปรแกรมใหม่และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Intelligent Robot)

งานวิทยานิพนธ์นี้สนใจที่จะศึกษาหุ่นยนต์อัจฉริยะ (Intelligent Robot, Class 6 หรือ Type D) ซึ่งสามารถทำงานที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้ ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจรู้แรง อุปกรณ์ตรวจรู้ตำแหน่งพิกัดใน 3 มิติ (Fastrak®) เพื่อรับรู้สถานะของสิ่งแวดล้อมและนำข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจรู้นี้มาป้อนกลับควบคุมทางเดินของหุ่นยนต์ โดยจะนำข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจรู้มาปรับแก้ไขทางเดินของหุ่นยนต์ในขณะทำงาน ทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้มีความยืดหยุ่นในการทำงานมากขึ้น และเป็นการพัฒนา

ศักยภาพของหุ่นยนต์ให้สูงมากขึ้นไปอีก และจะมีความท้าทายเนื่องจากระบบควบคุมจะต้องทำงานกับสมการทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์ที่มีความสลับซับซ้อน และการควบคุมข้อต่อหุ่นยนต์ก็ไม่เป็นอิสระจากกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ทดลองศึกษาและพัฒนาการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยจะนำข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจรู้ซึ่งติดตั้งที่ปลายแขนของหุ่นยนต์มาปรับแก้ไขทางเดินของหุ่นยนต์ในขณะทำงานเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ซึ่งทำให้มีความยืดหยุ่นในการทำงานมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาและพัฒนาหุ่นยนต์จำลอง (Virtual Robot) แบบ 2-Link Planar Arm และ Articulated Robot พร้อมทั้งจำลองการควบคุมทางเดินของแขนหุ่นยนต์ให้มีเส้นทางเดินเป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งเป็นทางเดินรูปวงกลมบนระนาบ โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้แรง และอุปกรณ์ตรวจรู้ตำแหน่งพิกัดใน 3 มิติ (Fastrak®) ที่ปลายแขนของหุ่นยนต์เพื่อรับรู้สถานะของสิ่งแวดล้อมในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนเส้นทางเดินที่กำหนด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจรู้ที่ติดตั้งที่ปลายแขนหุ่นยนต์มาพิจารณาปรับทางเดินของหุ่นยนต์ใหม่ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่ไม่ทราบล่วงหน้าได้ ตัวอย่างเช่น ทำการประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งของวัตถุกีดขวาง จากนั้นทำการสร้างกำแพงเสมือนที่ครอบคลุมวัตถุ และนำข้อมูลกำแพงเสมือนมาป้อนกลับเข้าสู่ระบบควบคุมเพื่อปรับทางเดินของแขนหุ่นยนต์ให้หลบหลีกสิ่งกีดขวาง ส่วนการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้แรง ทำการนำข้อมูลแรงสัมผัสมาประมวลผลเพื่อปรับ และควบคุมแรงสัมผัสให้หุ่นยนต์รับรู้สถานะของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง การศึกษาจะครอบคลุมถึงการทดสอบเบื้องต้นในการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม CRS Robot ให้สามารถทำงานที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมได้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1) สามารถควบคุมทางเดินของแขนหุ่นยนต์ โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจรู้ตำแหน่งพิกัดใน 3 มิติ (Fastrak®) มาปรับทางเดินของแขนหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวางที่ไม่ทราบล่วงหน้าได้
2) สามารถควบคุมแรงสัมผัสของแขนหุ่นยนต์ โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจรู้แรงมาปรับควบคุมแรงสัมผัสตามค่าแรงที่ต้องการ
3) ควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม CRS Robot ให้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

1.5 สิ่งริเริ่มในงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยงานวิจัยหลักสี่ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการรวบรวม พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ของหุ่นยนต์และจำลองควบคุมหุ่นยนต์แบบ 2-Link Planar Arm และ Articulated Robot ให้สามารถเคลื่อนที่บนเส้นทางที่กำหนดและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ส่วนที่สองเป็นการทดลองควบคุมแรงของหุ่นยนต์ CRS Robot ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้แรง ส่วนที่สามเป็นการทดลองควบคุมหุ่นยนต์ CRS Robot ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้ตำแหน่งพิกัดใน 3 มิติ (Fastrak®) เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง และส่วนที่สี่เป็นการควบคุมหุ่นยนต์ CRS Robot แบบผสมระหว่างแรงและตำแหน่งเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

ส่วนแรกทำการศึกษา รวบรวมและพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ของหุ่นยนต์แบบ 2-Link Planar Arm ที่มีองศาอิสระเท่ากับ 2 และหุ่นยนต์แบบ Articulated Robot ที่มีองศาอิสระเท่ากับ 3 ซึ่งประกอบด้วย จลน์ศาสตร์ไปข้างหน้าและย้อนกลับ จาโคเบียนของแรงและความเร็ว พลศาสตร์ไปข้างหน้าและย้อนกลับ ต่อจากนั้นเป็นการนำเสนอการจำลองควบคุมหุ่นยนต์แบบ 2-Link Planar Arm และ Articulated Robot เคลื่อนที่บนเส้นทางที่กำหนด และเมื่อตรวจพบกำแพงสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางด้วยระบบการควบคุมที่ออกแบบ โดยอาศัยการประมาณค่าจาโคเบียนขณะทำการเคลื่อนที่มาใช้พิจารณาร่วมกับเงื่อนไขที่ได้ทำการออกแบบเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ซึ่งข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมในที่นี้คือ ตำแหน่งของปลายแขนกล และทำการปรับแก้เส้นทางเดินใหม่ในแกนอ้างอิงแบบข้อต่อด้วยระเบียบวิธี Optimization แบบ Gradient Projection ให้สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

ส่วนที่สองเป็นการควบคุมหุ่นยนต์ CRS Robot ด้วยอุปกรณ์ตรวจรู้แรง การควบคุมในส่วนนี้ตรวจรู้แรงสัมผัสกับพื้นผิวสิ่งแวดล้อมที่ไม่แข็งเกร็ง โดยการป้อนกลับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจรู้แรงที่ปลายแขนกล เพื่อนำไปขับระบบควบคุมแรงทางอ้อมแบบอินทิกรัลไปในทิศทางและขนาดของแรงสัมผัสตามที่ต้องการผ่านทางระบบควบคุมตำแหน่ง

ส่วนที่สามเป็นการควบคุมหุ่นยนต์ CRS Robot ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้ตำแหน่งพิกัดใน 3 มิติ (Fastrak®) นำเสนอแนวทางควบคุมเส้นทางเดินอ้างอิงของปลายแขนกลเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่ทราบล่วงหน้า การควบคุมเส้นทางเดินใช้การตรวจสอบเงื่อนไขของตำแหน่งในแนวแกน X ระหว่างระยะห่างของกำแพงเสมือนที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจรู้ตำแหน่งพิกัดใน 3 มิติ (Fastrak®) กับตำแหน่งปลายแขนหุ่นยนต์ เพื่อใช้พิจารณาป้อนกลับค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นและแปลงให้อยู่ในรูปแบบแกนอ้างอิงแบบข้อต่อผ่านทางระบบควบคุมที่ใช้ค่าผกผันจาโคเบียน (Inverse Jacobian) เพื่อปรับแก้ไขทางเดินของหุ่นยนต์

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่สี่เป็นการควบคุมหุ่นยนต์ CRS Robot แบบผสมระหว่างแรงและตำแหน่ง ที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้ตำแหน่งพิกัดใน 3 มิติ (Fastrak®) และอุปกรณ์ตรวจรู้แรง วิทยานิพนธ์ในส่วนนี้นำเสนอการควบคุมแรงและตำแหน่งพร้อมกัน โดยใช้ระบบควบคุมในส่วนที่สองและสามข้างต้นทำงานร่วมกัน เมื่อปลายแขนกลเคลื่อนที่เข้าสู่เส้นทางเดินอ้างอิงและพบสิ่งกีดขวาง แรงสัมผัสในแนวแกน Z ที่วัดได้ถึงระดับที่เงื่อนไขกำหนดก็จะทำการควบคุมแรงแบบทางอ้อมผ่านทางระบบควบคุมตำแหน่ง พร้อมทั้งควบคุมระดับแรงให้คงที่ด้วยการควบคุมแบบอินทิกรัล ส่วนการควบคุมตำแหน่งซึ่งจะตรวจจับสิ่งกีดขวางพร้อมทั้งปรับแก้ไขเส้นทางเดินไปพร้อมๆ กับการควบคุมแรง ทำให้การควบคุมแรงและตำแหน่งทำงานพร้อมกันได้เต็มศักยภาพ