

ระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ Automated Material Handling System

รัชทิน จันทรเจริญ วีระยุทธ ศรีสุวรรณิช อุดมศักดิ์ ไชศรีทอง มงคล เทียนวิบูลย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Email: finercc@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทดลองสร้างระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติจำลองขึ้น ระบบที่สร้างขึ้นเป็นยานนำร่องทิศทางการอัตโนมัติที่สามารถเคลื่อนที่ตามทางเดินที่กำหนด สามารถตัดสินใจเลือกทางเดิน สามารถแยกความแตกต่างระหว่างชิ้นงาน 4 ชนิด คือสีขาว สีดำ โปร่งใส และชิ้นงานที่นำไฟฟ้าได้ และสามารถเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากตำแหน่งที่กำหนด ไปไว้ที่ตำแหน่งตามแต่ชนิดของชิ้นงาน โดยในบทความได้แสดงถึงวิธีการที่ใช้ในการสร้างระบบดังกล่าวโดยใช้เทคโนโลยี Mechatronics และสรุปถึงสมรรถนะที่ได้ คณะผู้วิจัยได้นำระบบที่สร้างขึ้นนี้เข้าร่วมแข่งขันหุ่นยนต์รักษ์สิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะการทำงานที่คล้ายกัน และได้รับรางวัลชนะเลิศจากงานดังกล่าว

Abstract

In this study, an automated material handling system was designed and built. The system is an Automated Guided Vehicle, AGV, which is able to track the path, make a decision, distinguish between 4 types of parts including white, black, transparent and high electric conductivity parts, and is able to load and unload part from a specified location to a terminal according to the type of the part. The paper presents the system in detail, which utilizes the mechatronic technology. The system is tested in the Ford Robot contest 2000 and win the competition.

1. บทนำ

การขนถ่ายชิ้นงานเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งในการผลิตชิ้นส่วน ทั้งในเรื่องของการลำเลียงชิ้นงานจากโรงเก็บมาที่เส้นทางการผลิต การเคลื่อนย้ายไปตามหน่วยการผลิตต่างๆ

และการขนเข้าเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอการขนถ่ายไปที่อื่นต่อไป การขนถ่ายชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพจะทำให้สามารถขนถ่ายชิ้นงานได้ในปริมาณมากในเวลาสั้น และเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ระบบขนถ่ายชิ้นงาน [1] ในภาคอุตสาหกรรมมีหลายรูปแบบ ได้แก่ ระบบสายพาน (Conveyor Handling System) ระบบรถยกของ (Unit Load Handling System) ระบบเครนยกของ (Overhead Handling System) และระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติ (Automated Material Handling System) ซึ่งระบบหลังสุดนี้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถทำงานต่อเนื่อง สม่ำเสมอ และใช้เวลาในการทำงานที่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญที่ช่วยในการประกันคุณภาพที่เป็นเรื่องจำเป็นในปัจจุบัน

ระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติมีหลายชนิด เช่น ยานรางไฟฟ้า (Electric Track Vehicle, ETV) ใช้เป็นระบบเคลื่อนย้ายอัตโนมัติในแนวราบจากขั้นตอนของกระบวนการผลิตหนึ่งไปยังอีกกระบวนการผลิตหนึ่ง หรือไปยังคลังเก็บสินค้า ระบบท่อลมลำเลียง (Computerized Pneumatic Tube System, CTS) เป็นระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายสิ่งของโดยใช้ท่อลมสามารถขนส่งได้อย่างรวดเร็วและนุ่มนวล และยานนำร่องทิศทางการอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle, AGV) ที่เป็นอุปกรณ์เคลื่อนที่ไปตามทางเดินที่กำหนดอย่างอัตโนมัติ วิธีการนำร่องการเคลื่อนที่มีหลายวิธีการ ตัวอย่างเช่น การนำร่องด้วยสายไฟ (Wire Guidance) การนำร่องแบบสะท้อนแสง (Optical Guidance) การนำร่องด้วยเลเซอร์ (Laser Guidance) การนำร่องแบบเคลื่อนที่อิสระ (Free Roaming Guidance) การนำร่องด้วยความถี่คลื่นวิทยุ (Radio Frequency Guidance) และการนำร่องด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Guidance) เป็นต้น

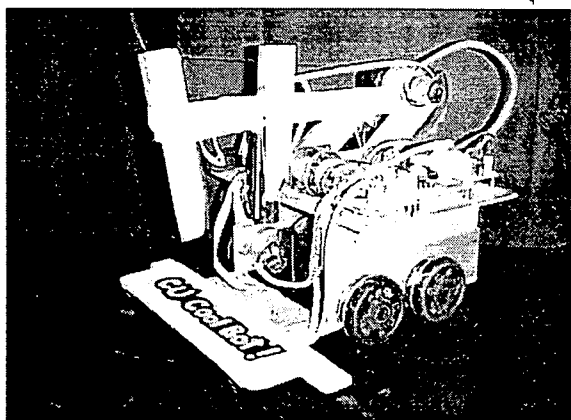
โครงการนี้ศึกษาทดลองสร้างระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติจำลอง โดยสามารถเดินตามเส้นทางเดินโดยใช้การนำร่องแบบสะท้อนแสง สามารถยกชิ้นงานจำลองที่มีลักษณะ

เป็นกล่องสี่เหลี่ยมขึ้นลงได้ สามารถคัดแยกชิ้นงานจำลองระหว่างวัสดุที่เป็นสีขาว สีดำ โปร่งใส หรือนำไฟฟ้าได้ มีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ตัดสินใจเลือกทางเดินและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โครงการนี้จะใช้เป็นตัวอย่างในการนำเอาเทคโนโลยี Mechatronic [2] มาประยุกต์ใช้กับงานระบบการผลิตอัตโนมัติ โดยจะนำเทคโนโลยีด้านระบบกล อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสม

คณะผู้วิจัยได้นำระบบที่สร้างขึ้นส่งเข้าประกวดในงานแข่งขันหุ่นยนต์รักษ์สิ่งแวดล้อม (FORD Robot Contest 2000) ในเดือนกุมภาพันธ์ 2543 และได้รับรางวัลชนะเลิศ ระบบที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำในทุกรอบการแข่งขัน ผลการประกวดแสดงถึงศักยภาพของระบบ Mechatronic ที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถทำงานที่สลับซับซ้อนได้ดี

2. Coolbot! และการออกแบบ

ระบบขนถ่ายอัตโนมัติจำลองที่สร้างขึ้นใช้ชื่อว่า Coolbot! โดยในการออกแบบ จะนำเอาระบบกล ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสม เพื่อให้ระบบที่สร้างขึ้นสามารถทำงานตามที่ต้องการได้ ระบบกลจะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่และการหยิบชิ้นงาน ซึ่งต้องอาศัยแรงและกลไกในการทำงาน ระบบอิเล็กทรอนิกส์ก็จะเกี่ยวข้องกับการตรวจวัดต่างๆ และควบคุมการทำงานของกลไก และระบบคอมพิวเตอร์ก็จะเกี่ยวข้องกับการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยความสัมพันธ์ของระบบทั้งหมดจะอยู่ในลักษณะดังนี้ ระบบคอมพิวเตอร์จะทำงานในส่วนของการคำนวณและตัดสินใจ และสั่งงานผ่านวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมกลไกต่างๆ การนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ทำให้การทำงานของระบบมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากสามารถปรับโปรแกรมการทำงานได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์

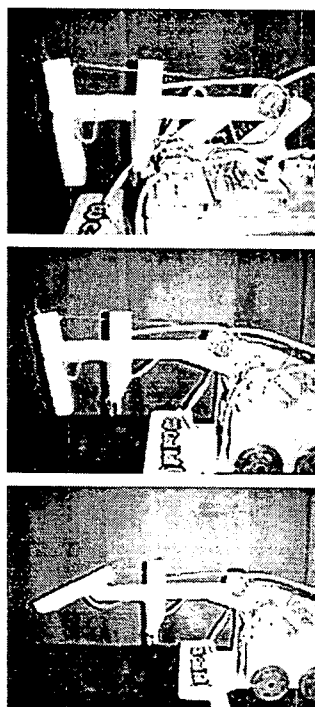


รูปที่ 1 หุ่นยนต์ Coolbot!

การนำระบบทั้ง 3 มาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสมจึงเป็นความลงตัวเพื่อให้ได้ระบบที่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ราคาถูก และมีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งเหมาะสมมากกับงานระบบอัตโนมัติในปัจจุบัน การออกแบบระบบขนถ่ายอัตโนมัติจำลองในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนระบบกล ส่วนระบบอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

2.1 ระบบกล (Mechanical System)

ระบบขับเคลื่อน ระบบขับเคลื่อนที่ใช้เป็นแบบ 4 ล้ออิสระจากกัน และเป็นล้อขับเคลื่อนทั้งหมด ใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนทั้งหมด 4 ตัว เพื่อให้กำลังในการขับเคลื่อนสูงสุด และเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในการขับเคลื่อนในกรณีที่พื้นสัมผัสมีค่าแรงเสียดทานต่ำ ระบบขับเคลื่อนในลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้การเคลื่อนที่มีเสถียรภาพกว่าการขับเคลื่อนแบบ 2 ล้อ แต่ก็มีจุดอ่อนคือ จุดศูนย์กลางในการหมุนตัวไม่แน่นอนเป็นผลมาจากการเล่นไถลของล้อแต่ละล้อไม่เท่ากัน ปัญหาดังกล่าวสามารถลดได้โดยวางล้อให้ชิดกัน และอาศัยตัวตรวจจับ (Sensor) ที่พื้นช่วยในการปรับตำแหน่ง



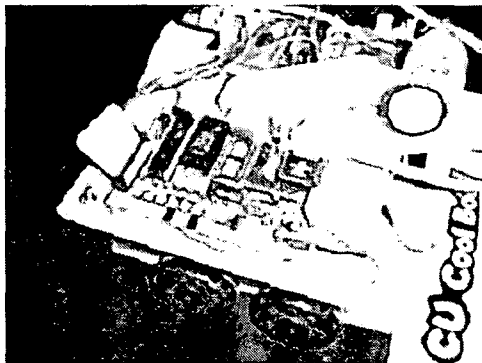
รูปที่ 2 กลไกการจับและเคลื่อนที่ชิ้นงาน

การเก็บและวางชิ้นงาน ใช้กลไก 4-Bar Linkage [3] ในการเคลื่อนที่แขนเข้าหาชิ้นงาน และใช้กลไกคันในการเปิดปิดมือจับชิ้นงาน โดยจะใช้มอเตอร์ 2 ตัวในการเก็บและวางชิ้นงาน ตัวแรกใช้ในการขับเคลื่อน 4-bar linkage และอีกตัวใช้ในการ

ปิดเปิดมือจับขึ้นงาน และในส่วนมือจับนี้จะมี Limit Switch เพื่อวัดระยะในการจับขึ้นงาน

2.2 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics)

ตัวควบคุมจุลภาค (Microcontroller) [4] ระบบที่สร้างขึ้นเลือกใช้ตัวควบคุมจุลภาคเบอร์ MC68HC11A1FN ของบริษัท Motorola [5] ร่วมกับบอร์ด EIC-68HC11 ซึ่งเป็นบอร์ดตัวควบคุมจุลภาคออกแบบประสิทธิ์ที่ได้พัฒนาขึ้นในโครงการ โดยในบอร์ดตัวควบคุมนี้ได้แบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำแบบ ROM สำหรับเก็บโปรแกรมสื่อสาร (EIC-TALKER 11) เพื่อใช้ในการดาวน์โหลดโปรแกรมที่ใช้งานจากคอมพิวเตอร์ และ หน่วยความจำแบบ RAM สำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้งานในการควบคุมระบบ เหตุผลที่เลือกใช้ตัวควบคุมจุลภาคเบอร์ 68HC11 เนื่องจากมีวงจรแปลงสัญญาณต่อเนื่อง (Analog) เป็นเชิงเลข (Digital) อยู่ภายใน ซึ่งจะนำมาใช้กับวงจรตัวหยั่งวัด (Sensor) เพื่อให้การวัดมีความละเอียดมากขึ้น

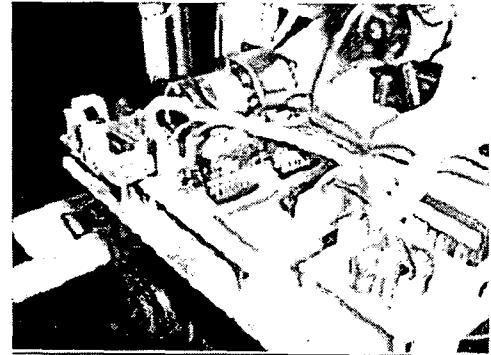


รูปที่ 3 วงจรควบคุมที่ออกแบบและสร้างขึ้น

ข้อมูลจำเพาะของบอร์ดควบคุม EIC-68HC11

- CPU 68HC11A1FN RUN 8 MHZ. 256 BYTE RAM. 512 BYTE EEPROM
- 32 KBYTE RAM (62256) (USER PROGRAM)
- 8 KBYTE EPROM (2764) (EIC-TALKER11)
- 24 BIT I/O 8255 PORT
- 20 BIT I/O PA (8), PD (4), PE (8)
- 8 CH 8 BIT ADC
- 3 CH INPUT CAPTURE, 4 CH OUTPUT COMPARE, 1 CH SELECTABLE
- 2 CH EXTERNAL INTERRUPT
- 1 CH SPI SERIAL INTERFACE
- 1 CH RS-232 INTERFACE WITH MAX232
- 16 CHARACTER 2 LINE LCD, 4 BIT INTERFACE (OPTION)
- 8 BIT LED, 8 BIT DIP SW, 8 BIT PUSH SW (N.O.)
- 7805 REGULATOR
- WATCH DOG, SAVE POWER MODE
- BOARD SIZE: 9 x 13 cm2

วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ใช้ IC เบอร์ L298 [6] ของ SG-Thompson เป็น Dual Full-Bridge Driver ซึ่งสามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 2 ตัวพร้อมกัน และขับเคลื่อนได้สูงสุด 2 แอมป์ต่อมอเตอร์ 1 ตัว เนื่องจากมีมอเตอร์ทั้งหมด 6 ตัว โดยแบ่งเป็นมอเตอร์ขับเคลื่อน 4 ตัว ซึ่งใน 4 ตัวนี้แบ่งเป็นข้างละ 2 ตัวโดยมอเตอร์ข้างเดียวกันต่อขนานกัน และมอเตอร์เก็บชิ้นงานอีก 2 ตัว ดังนั้นจึงต้องใช้ IC เบอร์ L298 ทั้งหมด 2 ตัว โดยนำมาใช้ขับเคลื่อนล้อ 1 ตัวและใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์เก็บชิ้นงาน 1 ตัว



รูปที่ 4 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

ตัวหยั่งวัด (Sensor) มี 3 ส่วน คือ ตัวหยั่งวัดตรวจพื้น ตัวหยั่งวัดตรวจการชน และตัวหยั่งวัดตรวจชิ้นงาน



รูปที่ 5 ตัวหยั่งวัดตรวจพื้น

- ตัวหยั่งวัดตรวจพื้น ใช้สำหรับตรวจหาเส้นที่พื้นเพื่อนำร่องทางเดิน โดยพื้นมีสีดำและเส้นนำทางมีสีขาว ดังนั้นตัวหยั่งวัดต้องมีความสามารถในการแยกความแตกต่างระหว่างสีขาว-ดำได้ จากคุณสมบัติของ LDR (Light-Dependent Resistor) [7] ที่ว่าความต้านทานทางไฟฟ้าขึ้นกับแสงที่ตกกระทบและแสงที่ได้นั้นขึ้นกับสีของพื้นที่สะท้อนและระยะห่าง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความต้านทานของ LDR ขึ้นกับสีของพื้นที่จุดนั้นเมื่อกำหนดให้ระยะที่วัดคงที่ เราจึงนำสมบัติดังกล่าวของ LDR มาใช้ในการแยกสีขาว-ดำที่พื้นได้ ใช้ตัวหยั่งวัดที่พื้นทั้งหมด 4 ตัว โดย 2 ตัวกลางใช้ในการวิ่งบนเส้นตรง ส่วนตัวหยั่งวัด 2

ตัวนอกใช้ตรวจหาทางแยกและช่วยในการเลี้ยวบนเส้น
รูปแบบการวางตัวยังวัดแบบนี้ใช้จำนวนตัวยังวัดน้อย
และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- ตัวยังวัดตรวจการชนวัตถุ ซึ่งใช้ในการตรวจว่าชน
ขอบผนังหรือชิ้นงานที่วางขวางอยู่บนพื้น โดยตัวยังวัด
จะมี 2 ส่วน คือ Proximity (ตัวรับ-ส่งอินฟราเรด) อยู่
ตรงกลางและ Limit Switch อยู่ที่ขอบทั้ง 2 ข้าง โดย
กระบวนการตรวจสอบว่าชนแผงกันหรือชนกล่องมีดังนี้
คือ หาก Proximity ตรวจพบว่ามีวัตถุอยู่ด้านหน้า ก็
จะทำการรอเวลาครู่หนึ่ง ในระหว่างที่รอเวลา ก็ทำการตรวจ
สอบที่ Limit Switch ว่ามีการชนหรือไม่ หากไม่มีชนที่
Limit Switch จนกระทั่งหมดเวลาแสดงว่าเป็นการชนชิ้น
งานที่วางขวางทางอยู่ ก็จะทำการปิดชิ้นงานนั้นออกนอก
เส้นทางแล้วจึงเคลื่อนที่ต่อไป แต่หาก Limit Switch มี
การชนแสดงว่าเป็นการชนผนัง ก็จะทำการจับชิ้นงาน
หรือวางชิ้นงานแล้วแต่กรณี



รูปที่ 6 ตัวยังวัดตรวจชิ้นงาน

- ตัวยังวัดตรวจชิ้นงาน วิธีแยกแยะโดยใช้การวัดแสง
สะท้อนอย่างเดียวนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาแยกสวิตช์วัตถุมาก
กว่า 2 สีเนื่องจากความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในการวัด
มีมาก ดังนั้นในการตรวจชิ้นงานรูปกล่องสี่เหลี่ยมที่มี 4
ชนิด คือ กล่องกระดาษสีขาว กล่องกระดาษสีดำ กล่อง
พลาสติกใส และกล่องอลูมิเนียมซึ่งนำไฟฟ้า จึงจำเป็นต้อง
มีตัวยังวัดแบบอื่นเพิ่มขึ้นมา โดยที่การตรวจกล่อง
กระดาษสีขาวและกล่องกระดาษสีดำจะใช้ตัวยังวัดแบบ
เดียวกับการตรวจพื้น กล่าวคือ ใช้ LDR ตรวจแสง
สะท้อน ในการตรวจกล่องพลาสติกใสแยกกับกล่อง
กระดาษจะใช้ LDR เหมือนกันแต่ใช้ตรวจแสงที่ส่องผ่าน
กล่องแทน สำหรับการแยกกล่องอลูมิเนียมจากกล่องที่
เหลือทำได้โดยอาศัยการนำไฟฟ้าของอลูมิเนียม ซึ่งทำ

ได้โดยการติดตั้งหน้าสัมผัสโลหะ 2 ชั้นบริเวณที่มีการ
สัมผัสกล่องและใช้กล่องอลูมิเนียมทำหน้าที่เป็นสวิตซ์
ทางไฟฟ้า

แหล่งพลังงาน พลังงานทั้งหมดที่ใช้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดย
แหล่งจ่ายไฟให้มอเตอร์ทั้งหมดจะใช้แรงดันไฟ 18 โวลต์จาก
แบตเตอรี่ และใช้แหล่งจ่ายไฟเดียวกันนี้ผ่านวงจรตัวปรับ
(Regulator Circuit) ให้เหลือแรงดันไฟ 5 โวลต์เพื่อจ่ายให้วง
จรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว
กรดแบบปิดผนึก (Sealed Lead-Acid Battery) โดยเลือกใช้
ขนาดความจุ 1.3 AH ซึ่งเป็นขนาดที่เล็กที่สุดที่หาได้ เพื่อลด
น้ำหนักที่ไม่จำเป็นของแบตเตอรี่

2.3 การพัฒนาโปรแกรม (Software Tools)

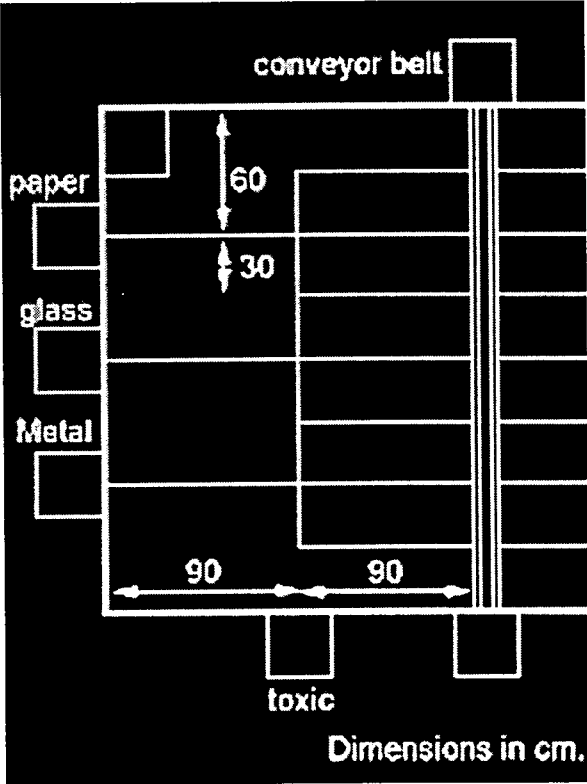
ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ใช้ภาษาแอสเซมบลีใน
การพัฒนาโปรแกรม โดยใช้ Assembler AS11 เวอร์ชัน 1.03
ซึ่งเป็น Freeware ของบริษัท Motorola และแก้ไขเพิ่มเติม
โดย Kevin Anderson

โปรแกรมที่ใช้ในการสื่อสาร การพัฒนาโปรแกรมตัวควบ
คุมจุลภาค (Microcontroller) เพื่อใช้งาน วิธีหนึ่งที่นิยม คือ
การดาวน์โหลดโปรแกรมใช้งานลงหน่วยความจำชั่วคราวหรือ
RAM บนบอร์ดตัวควบคุมจุลภาคที่ใช้พัฒนา (ในที่นี้คือ
บอร์ด EIC-68HC11) ซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมสื่อสารเพื่อสื่อ
สารกันระหว่างบอร์ดตัวควบคุมจุลภาคและคอมพิวเตอร์ โดย
ในบอร์ดตัวควบคุมจุลภาค ได้ใช้โปรแกรมสื่อสาร ที่ชื่อ EIC-
TALKER11 ซึ่งเป็นโปรแกรมสื่อสารที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับ
การดาวน์โหลดข้อมูล (โปรแกรม) ลงบนบอร์ดผ่านทาง
การสื่อสารแบบอนุกรม ทางด้านคอมพิวเตอร์มีซอฟต์แวร์สำหรับ
สื่อสารทางพอร์ตอนุกรมอยู่หลายตัว ได้แก่ TELIX,
PROCOMM หรือ STALK ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สื่อสารทาง
พอร์ตอนุกรมขนาดเล็กที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

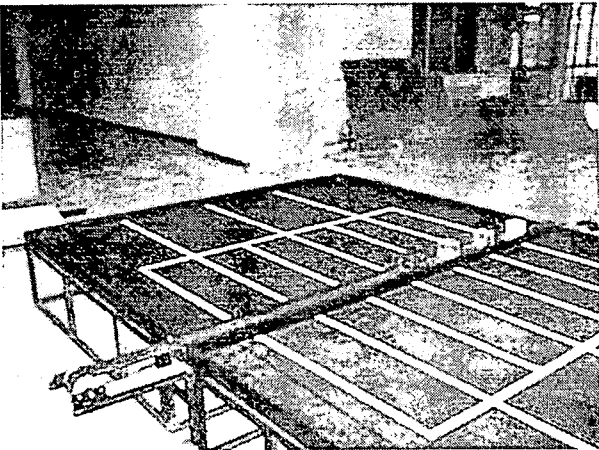
3. การทดลองและผลลัพธ์

เพื่อทดสอบระบบที่สร้างขึ้น คณะผู้วิจัยได้ปรับแต่งระบบ
ที่สร้างขึ้น และนำเข้าร่วมแข่งขันหุ่นยนต์รักษาส่งแวดล้อม
(FORD Robot Contest 2000) ในเดือนกุมภาพันธ์ 2543 ที่
จัดโดยบริษัทฟอร์ตอาเซียน ร่วมกับ ศูนย์พัฒนาหุ่นยนต์ภาค
สนาม (FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
กติกการแข่งขันมีลักษณะคล้ายกับระบบที่สร้างขึ้น กล่าวคือ
มีการนำร่องทิศทางเดินด้วยเส้นสีขาว มีการตัดสินใจเลือก

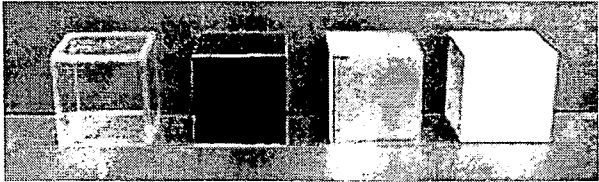
ทางเดิน มีการคัดแยกชิ้นงานระหว่างสีขาว สีดำ โปร่งใส และนำไฟฟ้า และมีการเก็บชิ้นงานและนำไปวางในตำแหน่งที่ขึ้นอยู่กับประเภทของชิ้นงาน รายละเอียดของกติกาการแข่งขันสามารถศึกษาได้ที่ [8] ในการแข่งขัน ชิ้นงานจำลองจะวิ่งมาบนสายพาน และจะหยุดทุกๆ 20 วินาที ที่ตำแหน่งที่กำหนด ระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติจะต้องสามารถเคลื่อนที่อัตโนมัติเข้าไปเก็บชิ้นงาน และนำมาวางไว้ในตำแหน่งตามแต่ประเภทของชิ้นงานที่เก็บได้ รูปที่ 7 แสดงขนาดของสนาม รูปที่ 8 แสดงสนามทดสอบ และรูปที่ 9 แสดงชิ้นงานจำลองทั้ง 4 ชนิด



รูปที่ 7 ขนาดของสนาม



รูปที่ 8 สนามทดสอบ



รูปที่ 9 ชิ้นงานจำลอง

ผลการทดสอบการทำงานในลักษณะที่กล่าวมา พบว่า ระบบที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีความยืดหยุ่นสูง ระบบ Mechatronics ที่ลงตัว ทำให้ระบบที่สร้างขึ้นมีขนาดที่เหมาะสม สามารถทำงานที่สลับซับซ้อนในลักษณะที่กล่าวมาได้ดี ความเร็วสูงสุดที่สามารถเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้ นาทีละ 3 ชิ้น และสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และผลลัพธ์จากการทำงานที่แม่นยำและแน่นอน ทำให้ระบบที่สร้างขึ้นได้รับรางวัลชนะเลิศจากการแข่งขัน

4. สรุป

ระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติจำลองขึ้นทำให้เห็นถึงศักยภาพของระบบ Mechatronics กับงานระบบอัตโนมัติ การนำระบบกล ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และระบบคอมพิวเตอร์ มาใช้ร่วมกันอย่างลงตัว ทำให้สามารถสร้างระบบขนถ่ายชิ้นงานอัตโนมัติที่มีสมรรถนะและความยืดหยุ่นสูง ระบบที่สร้างขึ้นสามารถเคลื่อนที่ตามทางเดินที่กำหนดด้วยเส้นสีขาว ตัดสินใจเลือกทางเดิน คัดแยกชิ้นงานแบบต่างๆ และนำชิ้นงานไปวางในที่ๆ เหมาะสมได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Mikell P. Groover, Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing, Prentice-Hall International Editions.

[2] W. F. Stoecker, P. A. Stoecker, Microcomputer Control of Thermal and Mechanical Systems, Van Nostrand Reinhold.

[3] Robert L. Norton, Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines, McGraw-Hill.

[4] David J. Comer, Microprocessor-Based System Design, Holt, Rinehart and Winston.

[5] <http://mot-sps.com/>

[6] <http://www.st.com/>

[7] Ben G. Streetman, Solid state electronic devices, 3rd edition.

[8] <http://fibo.me.eng.kmutt.ac.th/FRC.html>