

รถนำร่องอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles : AGVs) ในอุตสาหกรรม

“ปัจจุบัน ในโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทได้นำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้งาน เพื่อให้สอดคล้องกับการผลิตแบบอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รถที่นำมาใช้ในโรงงานมีหลายชนิดได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ตามสภาพของความเหมาะสมของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรม รถ AGV ประกอบไปด้วยหลายระบบ เช่น ระบบทางกล ระบบควบคุม ระบบนำร่อง ระบบการติดต่อสื่อสารกับหน่วยควบคุมกลาง (Central Control Unit) เป็นต้น”

การวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะ สำหรับเอจิวชนิดแบบลากจูง โครงสร้างของเอจิวประกอบด้วย 3 ล้อ โดยล้อขับเคลื่อนอยู่ตรงด้านหน้า ซึ่งมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนและมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอีกตัวหนึ่งเป็นตัวบังคับเลี้ยวและมีเอนโคเดอร์เป็นตัวตรวจสอบมุมในการเลี้ยวและมีล้อตามอีก 2 ล้อ ซึ่งแต่ละล้อมีตัวตรวจวัดตำแหน่งเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ โดยใช้ระบบนำร่องแบบพิกัดตำแหน่ง X-Y ใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานของเอจิวและใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมและรับส่งข้อมูลร่วมกับพีแอลซี การควบคุมนี้ได้รับการออกแบบโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีดีในการทำงานของเอจิวจะเริ่มต้นด้วยการป้อนเส้นทางเดินในโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งถ่ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปพีแอลซีบนเอจิวโดยใช้โปรโตคอลแบบมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย จากนั้นเอจิวก็จะเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่ได้รับจากผู้ใช้งาน ซึ่งตัวควบคุมแบบพีดีเป็นตัวชดเชยค่าความเบี่ยงเบนจากค่าที่ได้รับการกำหนดเป้าหมายไว้ โดยในส่วนของโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิวจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ การควบคุมแบบบังคับด้วยมือการควบคุมแบบอัตโนมัติ และในส่วนสุดท้ายคือ ส่วนแสดงผลซึ่งมีการแสดงผลด้วยกราฟเส้น

1. ประวัติความเป็นมาของ AGVs

รถนำร่องอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles : AGVs) คือ รถบรรทุกที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมแบบไร้คนขับโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนและแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน การใช้งานของระบบ AGV โดยปกติแล้วถูกใช้ในงานการผลิต (Production) และโรงเก็บสินค้า (Storage) เช่น การนำกล่องขึ้นมาวางลงถาดรอง (Pallets) เป็นต้น

รถนำร่องอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles : AGVs) หรือ (Automatic Guided Vehicles : AGVs) ได้มีการนำมาใช้ในการเคลื่อนวัสดุและสินค้ามากกว่า 50 ปีแล้ว รถนำร่องอัตโนมัติตัวแรกถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1953 และนำมาใช้ในคลังสินค้าของร้านขายของชำโดยการประยุกต์รถลากจูง AGVs ในตอนช่วงปลายยุคปี ค.ศ. 1950 และตอนต้นยุคปี ค.ศ. 1960 รถลากจูง AGVs มีการนำมาใช้ในโรงงานและคลังสินค้าหลายชนิด ซึ่งปัจจุบันยังคงนำมาใช้งาน ในยุคกลางปี ค.ศ. 1970 Unit Load AGVs หรือ AGVs ที่มีขนาดใหญ่สำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ถูกนำมาใช้ AGVs ขนาดใหญ่นี้ถูกนำมาใช้มากในงานด้านขนถ่ายวัสดุ เนื่องจาก AGVs มีความสามารถใช้งานได้หลากหลายวัตถุประสงค์ เช่น งานประกอบ (Assembly) งานขนส่ง (Transportation) และการติดต่อบริการข้อมูล และระบบควบคุมเพื่อช่วยในกระบวนการผลิต ปัจจุบัน AGVs ถูกนำมาใช้กับอุตสาหกรรมแทบทุกชนิดเพื่อการขนส่ง เช่น โรงเก็บคลังสินค้า โรงงาน โรงพยาบาล และอุตสาหกรรมอื่น ๆ

การนำร่องแบบเส้นลวด (Wire Guidance) ถูกนำมาใช้เป็นเทคโนโลยีหลักสำหรับรถ AGVs ในยุคปี ค.ศ. 1970 ความถี่ของชุดอิเล็กทรอนิกส์จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำในเส้นลวดที่ฝังอยู่ในพื้น อุปกรณ์ชนิดนี้เรียกว่า ชุดควบคุมพื้น (Floor Controller) นั่นคือ เมื่อใส่ความถี่ที่เส้นลวดโดยทำการเปิดและปิดสัญญาณความถี่ของเส้นทางการเคลื่อนที่ของ AGVs ที่ต้องการควบคุม รถ AGVs จะถูกติดตั้งด้วยตัวรับสัญญาณหรือสายอากาศ (Antenna) ในการหายานความถี่และนำร่องรถ เพื่อนำทางรถ AGVs ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณในการสื่อสารสำหรับการตัดสินใจจุดที่แยกหรือจุดตัดของเส้นทาง ดังนั้นจึงต้องใช้เส้นลวดหลายเส้น ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งเส้นทางการเดิน

ในช่วงเริ่มต้นการพัฒนาระบบทางเดินด้วยเส้นลวดนั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เส้นทางที่กำหนดการเคลื่อนที่ จะต้องถูกกำหนดอย่างแน่นอนโดยจะต้องทำการตัดเส้นลวดที่มีขนาดเท่ากับระยะทางที่ต้องการให้รถ AGVs เคลื่อนที่แล้วทำการฝังลงในพื้น เช่น เส้นทางโค้งหรือเส้นทางตรง ระบบโดยส่วนมากแล้วจะใช้เส้นลวดประมาณ 4 เส้น ซึ่ง 3 เส้นใช้เพื่อเป็นตัวนำทาง (Guidance) และอีก 1 เส้นใช้สำหรับการสื่อสาร

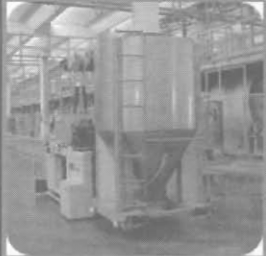
ในปัจจุบันเทคโนโลยีการใช้เส้นลวดฝังพื้นเพื่อนำทางรถ AGVs ได้ล้าสมัยไปแล้วเนื่องจากความยุ่งยากของการติดตั้งและแก้ไขในการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนั้นระบบการควบคุมสมัยใหม่ได้มีการนำมาใช้แทนการควบคุมการเคลื่อนที่ของ AGVs เช่น การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ เป็นต้น เพื่อให้รวดเร็วและเหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงการผลิตที่มีรูปแบบการใช้งานที่หลากหลายกับหน้าที่การใช้งาน

2. ชนิดรถ AGVs และอุตสาหกรรมที่ใช้ทั่วไป



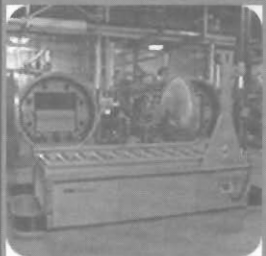
อุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive)

ใช้ AGVs สำหรับขนย้ายชิ้นส่วนของเครื่องยนต์



อุตสาหกรรมเคมีและพลาสติก (Chemicals / Plastics)

ใช้ AGVs สำหรับการขนถ่ายวัสดุและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป



อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (Food / Beverage)

ใช้ AGVs สำหรับการเคลื่อนย้ายวัสดุในกระบวนการหรือในโกดังเก็บของ



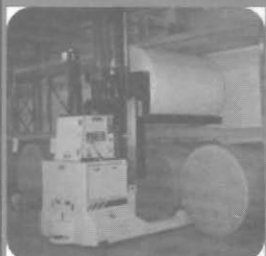
คลังเก็บสินค้าและศูนย์จ่ายสินค้า (Warehouse / Distribution Center)

ใช้ AGVs สำหรับรองรับการเคลื่อนย้ายระหว่างถาดรองและบริเวณห้องเก็บของ



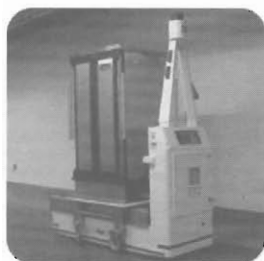
ระบบการผลิต (Manufacturing)

ใช้ AGVs สำหรับส่งจ่ายวัสดุสำรองในระหว่างการผลิตและเคลื่อนย้ายสินค้าจากสายการผลิต



อุตสาหกรรมการพิมพ์ (Printing)

ใช้ AGVs สำหรับขนย้ายวัสดุที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมการพิมพ์



ในโรงพยาบาล (Hospitals)

ใช้ AGVs สำหรับระบบขนส่งสำหรับอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางการแพทย์



อุตสาหกรรมยา (Pharmaceutical)

ใช้ AGVs สำหรับรองรับผลิตภัณฑ์ยา



อุตสาหกรรมกระดาษ (Paper)

ใช้ AGVs สำหรับเคลื่อนย้ายตัวม้วนกระดาษและถาดรองระหว่างเครื่องจักร เพื่อเปลี่ยนสายการผลิตและโกดังเก็บของ



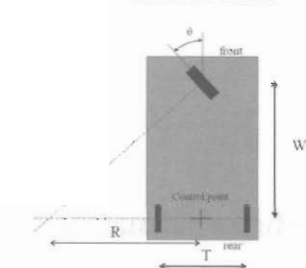
อุตสาหกรรมอื่น ๆ (Special Applications)

ใช้ AGVs สำหรับการขนของงานที่ง่ายหรืองานที่มีความซับซ้อนหรืองานที่มีการทำซ้ำบ่อย ๆ เช่น การขนถ่ายสินค้าใส่รถบรรทุกแบบอัตโนมัติ

3. แนวทางการพัฒนารถนำร่องอัตโนมัติแบบใหม่ (Modern Automated Guided Vehicles : AGVs)

เอจวีที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นแบบสามล้อโดยที่ล้อหน้าทำหน้าที่ขับเคลื่อนพร้อมทั้งเลี้ยวด้วย ซึ่งเป็นแบบสามเหลี่ยม (Tricycle Mobile Robot) และมีล้อตามสองล้อ ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 1

Vehicle structure



รูปที่ 1 แบบจำลองระบบและโครงสร้างของเอจวี

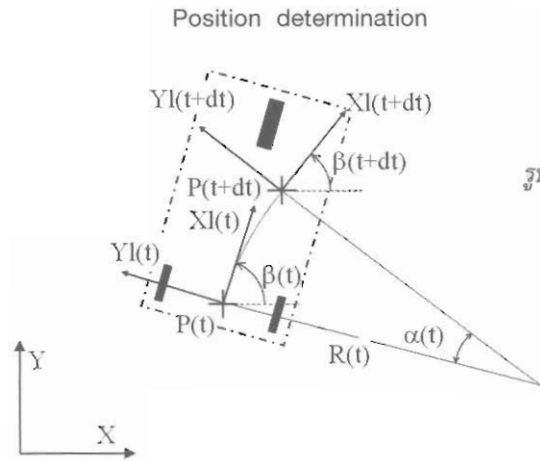
R คือ รัศมีที่ใช้ในการเลี้ยว (เมตร)

T คือ ระยะห่างระหว่างล้อตาม (เมตร)

W คือ ระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อตาม (เมตร)

θ คือ มุมที่ใช้ในการเลี้ยว (องศา)

จากโครงสร้างของเอจิวในรูปที่ 1 สามารถมาเขียนเป็นกลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ของเอจิวได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ของเอจิว

เมตริกซ์ลัพธ์ของการเคลื่อนที่

$$\frac{dP}{dt} = \begin{bmatrix} \cos(\beta(t)) & \sin(\beta(t)) \\ -\sin(\beta(t)) & \cos(\beta(t)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ตำแหน่งหลังจากการเคลื่อนที่เมื่อเวลาใด ๆ

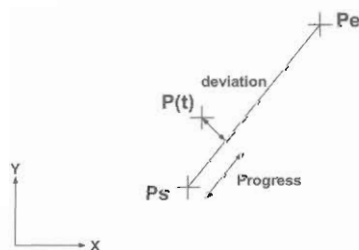
$$P(t+dt) = \begin{bmatrix} \cos(\beta(t)) & \sin(\beta(t)) \\ -\sin(\beta(t)) & \cos(\beta(t)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \sin(\alpha) \\ R(\cos(\alpha)-1) \end{bmatrix} + P(t) \quad (2)$$

การอ้างอิงตำแหน่งในการเลี้ยวด้วยล้อหน้า

$$\theta = \sin^{-1}(W/R) \quad (3)$$

การคำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ของเอจิว

Error evaluation for a line



ความก้าวหน้า (Progress) ของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงดังรูปที่ 3

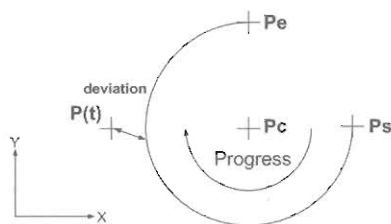
$$progress = \left(\frac{\overrightarrow{PsPe} \cdot \overrightarrow{PsP(t)}}{\|\overrightarrow{PsPe}\|} \right) \quad (4)$$

ความเบี่ยงเบน (Deviation) ของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

$$deviation = \frac{[(x_{pe} - x_{ps})(y_{pt} - y_{ps}) - (y_{pe} - y_{ps})(x_{pt} - x_{ps})]}{\sqrt{(x_{pe} - x_{ps})^2 + (y_{pe} - y_{ps})^2}} \quad (5)$$

รูปที่ 3 การคำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

Error evaluation for a cycle



รูปที่ 4 การคำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง

ความก้าวหน้า (Progress) ของการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้งดังรูปที่ 4

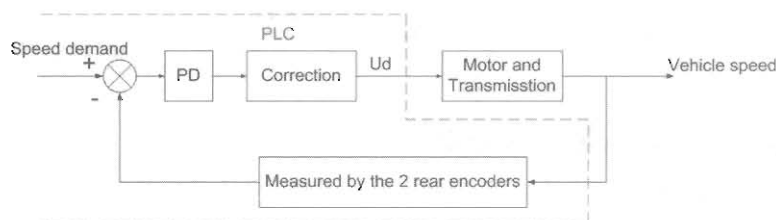
$$progress = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{PcPs} \cdot \vec{PcP(t)}}{\|\vec{PcPs}\| \cdot \|\vec{PcP(t)}\|} \right) \quad (6)$$

ความเบี่ยงเบน (Deviation) ของการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง

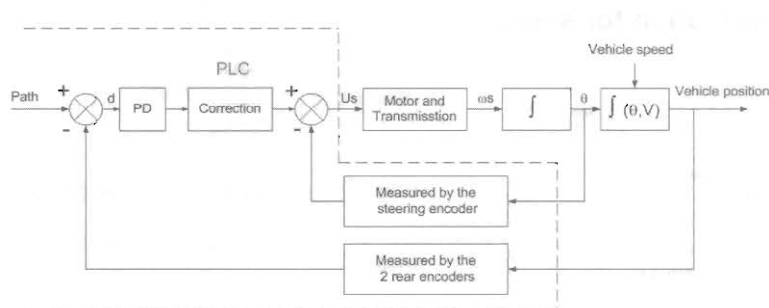
$$deviation = \pm \left(\sqrt{(Xp(t) - Xpc)^2 + (Yp(t) - Ypc)^2} - \sqrt{(Xpe - Xpc)^2 + (Ype - Ypc)^2} \right) \quad (7)$$

3.1 ระบบควบคุมการทำงานของเอจวี

การควบคุมการทำงานของเอจวีในงานวิจัยนี้แยกออกเป็น การควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ และ มอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว ซึ่งมอเตอร์ทั้งสองตัวต้องทำงานสัมพันธ์กัน บล็อกไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้งสองแสดงดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่

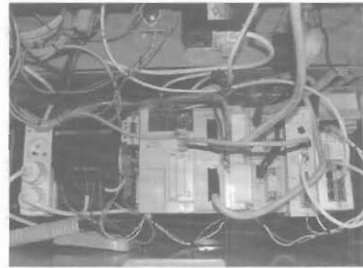


รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว

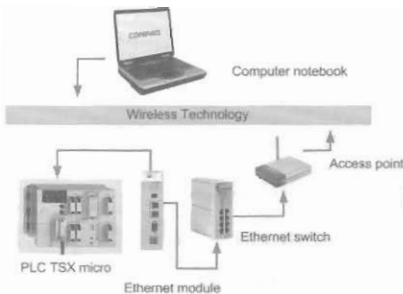
สำหรับเอจีวีในงานวิจัยนี้ดังรูปที่ 7 ใช้ระบบนำทางแบบพิกัดตำแหน่ง X-Y นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเติมระบบตรวจจับสถานะปฏิบัติงานระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง และระบบควบคุมและสั่งงานระยะไกลด้วยเครือข่ายไร้สาย โดยมีพีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานของเอจีวีดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ตามลำดับ



รูปที่ 7 เอจีวีต้นแบบที่พัฒนาขึ้น



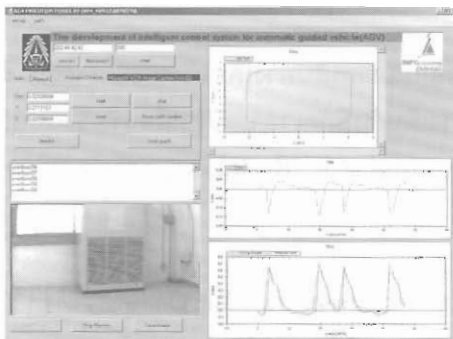
รูปที่ 8 พีแอลซีที่ใช้ควบคุมการทำงานของเอจีวี



รูปที่ 9 การติดต่อสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

3.2 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้งาน

เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งานดังรูปที่ 10 โดยในงานวิจัยนี้ได้เขียนด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์วิซวลเบสิกดีอ็ทเน็ต (Microsoft Visual.Net 2005)



รูปที่ 10 หน้าต่างของโปรแกรมการพัฒนาควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 การทดสอบโปรแกรมแบบบังคับด้วยมือ

การควบคุมเอจีวีด้วยระบบบังคับด้วยมือสามารถควบคุมได้ด้วยปุ่มควบคุมทิศทางในโปรแกรม ซึ่งมีด้วยกัน 10 ปุ่ม โดยสามารถควบคุมได้ 8 ทิศทาง และสามารถควบคุมได้ด้วยแท่งทิศทาง (Joystick) ซึ่งทั้งการควบคุมด้วยปุ่มและแท่งทิศทางก็สามารถควบคุมการทำงานของเอจีวีได้อย่างถูกต้อง แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถมองเห็นตำแหน่งของการเคลื่อนที่ได้ เนื่องจากตัวมอเตอร์บังคับเคลื่อนอยู่ในฝาคอร์บ เวลาบังคับจึงต้องอาศัยความชำนาญในการประมาณตำแหน่ง

4.2 การทดสอบโปรแกรมแบบระบบอัตโนมัติ

การควบคุมให้เอจิวทำงานแบบอัตโนมัติตามเส้นทางเดินที่เราป้อนให้กับโปรแกรม ซึ่งผลการทดลองด้วยเส้นทางเดินในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีทั้งแบบเคลื่อนที่รอบเดียวและเคลื่อนที่หลายรอบ ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

- 4.2.1 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงมีความแม่นยำเฉลี่ย 96.478%
- 4.2.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.7668%
- 4.2.3 การเคลื่อนที่แบบวงกลมมีความสามารถในการซ้ำตำแหน่งเดิมเฉลี่ย (Repeatability) 97.335%
- 4.2.4 การเคลื่อนที่แบบตัวเอสมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.5475%
- 4.2.5 การเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.122%
- 4.2.6 การเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมมีความสามารถในการซ้ำตำแหน่งเดิมเฉลี่ย 99.964%

สาเหตุความผิดพลาดมาจากการลื่นไถล (Slipping) ของล้อ พื้นของห้องทดลองจะเป็นแบบปูกระเบื้อง ซึ่งมีลักษณะไม่เรียบและขนาดของล้อตามทั้งสองล้อมีการสึกหรอไม่เท่ากัน แต่ก็มีวิธีการแก้ไขการเคลื่อนที่ผิดพลาดได้โดยการชดเชยตัวแปรในการควบคุมการเคลื่อนที่ ซึ่งปรับตามสภาพของห้องทดลองทำการรีเซ็ตตำแหน่งเริ่มต้นทุกครั้งในแต่ละรอบการทำงาน และเปลี่ยนล้อของล้อตามทั้งสองล้อตามระยะเวลาการใช้งาน (1 ครั้ง/ปี)

4.3 ข้อจำกัดของโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิว

- 4.3.1 ไม่สามารถส่งถ่ายโปรแกรมควบคุมพีแอลซีได้ด้วยมอดบัลซึ่งผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย
- 4.3.2 ไม่สามารถส่งเส้นทางเดินของเอจิวระหว่างที่เอจิวกำลังปฏิบัติงานอยู่ได้
- 4.3.3 เวลาเอจิวเจอสิ่งกีดขวางระหว่างทางตอนทำงานในโหมดอัตโนมัติ เอจิวจะหยุดการทำงานทั้งหมด ไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อตามเส้นทางเดิมได้ ต้องนำกลับมาที่จุดเริ่มต้นใหม่

4.4 ข้อเสนอแนะ

- 4.4.1 ควรติดตั้งกล้องซีซีดีไร้สายเพิ่มตรงตำแหน่งมอเตอร์บังคับล้อ เพื่อให้ง่าย และสะดวกเวลาบังคับด้วยปุ่มหรือแท่งพอร์ช
- 4.4.2 ใช้ระบบแมชชีนวิชัน (Machine Vision) เป็นตัวนำร่องทางเดินของเอจิว เนื่องจากมีความยืดหยุ่นมากกว่าระบบพิกัดตำแหน่ง
- 4.4.3 ปรับปรุงส่วนแสดงผลด้วยกราฟให้มีความเหมือนสภาพเส้นทางเดินจริงมากขึ้น เช่น ลักษณะวงกลม และสามารถเปรียบเทียบพิกัดตำแหน่งเส้นทางเดินกับพิกัดเวลาเอจิวเคลื่อนที่จริงแบบอัตโนมัติ
- 4.4.4 มีระบบจัดเก็บฐานข้อมูลของเส้นทางเดินในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อต่อไปสามารถพัฒนางานที่ซับซ้อน

บรรณานุกรม

- ปารเมศ ชูติมา, “ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น”, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- พิลิทธิ วิสุทธิเมธีกร, “AGV รถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม”, วารสาร Mechanical-Technology ปีที่ 3 (กุมภาพันธ์ 2547) : 43-47.
- Sawat Pararach, A PLC controlled AGV model for FMS application, Department of Manufacturing System Engineering AIT, 1997.
- J.Borenstein, H.R.Everett, L.Feng, and D.Wehe, “Mobile Robot Positioning-Sensors and Techniques.” Journal of Robotic Systems, Volume14 (April 1997) : 231-249.
- <http://www.frog.nl/agv-history.php>
- <http://www.mmh.com/article/CA6497740.html>