



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี

โดย นายพงศ์เทพ ดวงมาศ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสฤติย์วงศ์)

23 สิงหาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ บุตรดี)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อนันต์ สืบสำราญ)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง)

การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วี

นายพงศ์เทพ ดวงมาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายพงศ์เทพ ดวงมาศ
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วี
สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ บุตรดี
ปีการศึกษา : 2550

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วีชนิดแบบลากจูง โครงสร้างของเอจี้วีประกอบด้วย 3 ล้อโดยล้อขับเคลื่อนอยู่ตรงด้านหน้าซึ่งมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนและมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอีกตัวหนึ่งเป็นตัวบังคับเลี้ยว และมีตัวตรวจจับตำแหน่งหรือเอนโคเดอร์เป็นตัวตรวจสอบมุมในการเลี้ยว และมีล้อตามอีก 2 ล้อซึ่งแต่ละล้อมีตัวตรวจวัดตำแหน่งเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ โดยใช้ระบบนำร่องแบบพิกัดตำแหน่ง X, Y ซึ่งเป็นการนำร่องที่ยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนตามสายการผลิตได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานของเอจี้วีและใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมและรับส่งข้อมูลร่วมกับพีแอลซี การควบคุมนี้ถูกออกแบบโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีดีเพื่อควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเอจี้วี ในการทำงานของเอจี้วีจะเริ่มต้นด้วยการป้อนเส้นทางเดินในโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งถ่ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปพีแอลซีบนเอจี้วีโดยใช้โปรโตคอลแบบมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สายจากนั้นเอจี้วีก็จะเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่ได้รับจากผู้ใช้งาน ซึ่งตัวควบคุมแบบพีดีเป็นตัวชดเชยค่าความเบี่ยงเบนจากค่าที่ถูกกำหนดเป้าหมายไว้ โดยในส่วนของโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วีจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ การควบคุมแบบบังคับด้วยมือ การควบคุมแบบอัตโนมัติและในส่วนสุดท้ายคือส่วนแสดงผลซึ่งมีการแสดงผลด้วยกราฟเส้นและภาพจากกล้องซีซีดีไร้สาย ซึ่งการทดลองของงานวิจัยนี้จะให้เอจี้วีเคลื่อนที่ด้วยรูปแบบเส้นทางเดินแบบเส้นตรง ตัวเอส วงกลม และสี่เหลี่ยมโดยการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงมีความแม่นยำเฉลี่ย 96.478%, แบบตัวเอสมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.5475%, แบบวงกลมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.7668% โดยมีความสามารถในการซ้ำตำแหน่งเดิมเฉลี่ย 97.335%, แบบสี่เหลี่ยมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.122% แล้วมีความสามารถในการซ้ำตำแหน่งเดิมเฉลี่ย 99.964%

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 80 หน้า)

คำสำคัญ : เอจี้วี, พิกัดตำแหน่ง, ตัวควบคุมแบบพีดี, พีแอลซี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Pongthep Duangmas
Thesis Title : Development of an Intelligent Control System for Automatic Guided Vehicle (AGV)
Major Field : Production Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Associate Professor Dr.Suthep Butdee
Academic Year : 2007

Abstract

This paper is to study and develop the intelligent control system for automatic guided vehicle (AGV). The AGV structure composes of 3 wheels. Driving wheel in the front of AGV is used the DC motor for driver. Another DC motor is used for control the steering axis. Encoder on the DC motor is used to check the angle of steering. 2 rear wheel encoders are used for checking AGV movement of positioning. Navigation system coordinate X-Y type is a flexible navigation that appropriates for manufacturing industry. This study applies programmable logic control (PLC) to control AGV by computer communicated with PLC. In this case the proportional derivative (PD) controller is designed and applied to control AGV. AGV system starts with path construction. Path information transfers from computer to PLC by using modbus protocol through wireless LAN. After AGV receives the path information, PD controller will compensate the deviation position. There are three components for AGV function such as manual system, automatic system and monitoring system. In the part of monitoring system, it has shown the graph and picture from wireless CCD camera. The result of experiment from path testing such as line, s-curve, circle and square. It is shown that the average accuracy is corresponding to; average accuracy line 96.478%, average accuracy s-curve 98.5475%, average accuracy circle 98.7668%, average repeatability of circle 97.335%, average accuracy square 98.122% and average repeatability of square 99.964%.

(Total 80 pages)

Keywords : AGV, Coordinate X-Y type, PD Controller, PLC

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ บุตรดี และ Professor. Dr. Frederic Vignet อย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษาคำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อนันต์ สืบสำราญ และอาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง ที่ให้เกียรติมาร่วมเป็นกรรมการของการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และช่วยให้คำแนะนำ แก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ ครูบาอาจารย์ ทุกๆ ท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในแขนงต่างๆ จนกระทั่งทำให้มีความรู้ ความเข้าใจในการวางแผนทางและดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณอภิบาล ไชยทิพย์หัวหน้าฝ่ายระบบการผลิตอัตโนมัติ และคุณเจริญ ยงเสมอ วิศวกรฝ่ายระบบการผลิตอัตโนมัติ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยี – ฝรั่งเศสที่ให้คำปรึกษาแนะนำและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมการผลิตที่ให้คำแนะนำต่าง รวมถึง พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ คำปรึกษา ช่วยให้งานวิจัยสามารถดำเนินงานไปได้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณท่านที่ไม่ได้กล่าวนามทั้งหมดไว้ ณ ที่นี้

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ แต่ บิดา มารดา ที่อบรมเลี้ยงดูมาตลอด และญาติพี่น้องทุกคนที่เอาใจใส่ดูแล เป็นกำลังใจที่ดีเยี่ยม และให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านมาโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

พงศ์เทพ ดวงมาศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ของงานวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและบทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการของเอจี้วีเบื้องต้น	4
2.2 ชนิดของเอจี้วี	5
2.3 ระบบเอจี้วี (Automatic Guided Vehicle System)	6
2.4 ทิศทางในการพัฒนาของเอจี้วี	9
2.5 เทคโนโลยีในการนำร่องของเอจี้วี	10
2.6 ลักษณะของตัวควบคุมที่ใช้ในเอจี้วี	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	25
3.1 ศึกษาลักษณะกลศาสตร์โครงสร้างของเอจี้วี รวมทั้งสมการที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่ง	25
3.2 ระบบควบคุมการทำงานของเอจี้วี	30
3.3 การติดต่อกับเอจี้วีด้วยโปรโตคอลมอดบัส (Modbus Protocol)	33
3.4 การตรวจติดตามการทำงานของเอจี้วีด้วยกล้องซีซีดีไร้สาย	35
บทที่ 4 ผลการทดลอง	37
4.1 ข้อกำหนดต่าง ๆ ระบบของเอจี้วี	37
4.2 การทดลองระบบควบคุมของเอจี้วี	38
4.3 การทดลองให้เอจี้วีเคลื่อนที่ด้วยรูปแบบต่าง ๆ กัน	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	67
5.1 สรุปผลการวิจัย	67
5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี	68
5.3 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก ก	
วงจรของระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี	71
ภาคผนวก ข	
โปรแกรมติดต่อกับการทำงานระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี	73
ประวัติผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	ฟังก์ชันของมอดบัส	34
4-1	ค่าของมุมในการเลี้ยวเปรียบเทียบระหว่างการวัดจริงกับจากค่าจากพีแอลซีโดยอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามด้านหลัง	45
4-2	ค่าของมุมในการเลี้ยวเปรียบเทียบระหว่างการวัดจริงกับจากค่าจากพีแอลซีโดยอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้า	47
4-3	ผลการทดลองระยะในการรับส่งข้อมูลด้วยมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย	49
4-4	สรุปผลการทดลองความแม่นยำของเส้นทางเดินแบบต่าง ๆ	65
4-5	สรุปผลการทดลองความสามารถในการเข้าตำแหน่งเดิมของเส้นทางเดินแบบต่าง ๆ	66

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 การนำเอจีวีไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม	8
2-2 วิธีการนำร่องโดยใช้กล้องซีซีดี	11
2-3 วิธีการวัดระยะทางของเอจีวี	13
2-4 การนำร่องโดยใช้กล้องในการประมวลผลภาพให้เอจีวี	14
2-5 การนำร่องโดยใช้เลเซอร์	14
2-6 การทำงานของตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด	16
2-7 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบสัดส่วน	17
2-8 แสดงกราฟแสดงการเกิดค่าออฟเซต(Offset)ในระบบการควบคุมแบบสัดส่วน	17
2-9 แสดงกราฟแสดงผลตอบสนองของการควบคุมแบบสัดส่วน	18
2-10 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบอินทีกรัล	18
2-11 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมแบบอินทีกรัล	19
2-12 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบดิริเวทีฟ	19
2-13 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบพีไอ	20
2-14 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมแบบพีไอ	20
2-15 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบพีดี	21
3-1 โครงสร้างของเอจีวี	25
3-2 กลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ของเอจีวี	26
3-3 การคำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง	28
3-4 การคำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง	29
3-5 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่	30
3-6 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว	31
3-7 เอจีวีต้นแบบที่ใช้ในการวิจัย	32
3-8 พีแอลซีที่ใช้ควบคุมการทำงานของเอจีวี	32
3-9 เซนเซอร์ตรวจสอบตำแหน่งกีดขวาง	32
3-10 แสดงการวางตำแหน่งของอุปกรณ์และตัวตรวจจับของเอจีวี	33
3-11 การต่อเครือข่ายโปรโตคอลมอดบัส(Modbus Network)	33
3-12 รูปแบบการส่งคำถาม	34
3-13 รูปแบบการส่งคำตอบจากสลาฟไปมาสเตอร์	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-14 การต่ออุปกรณ์เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย	35
3-15 ตำแหน่งในการติดตั้งกล่องซีซีดีไร้สาย	36
3-16 ชุดรับสัญญาณออดิโอวีดีโอ(AV-Receiver)	36
4-1 ทูล์บล็อทที่ใช้จำลองการทำงานสมการการควบคุมการเคลื่อนที่	38
4-2 แสดงผลการทดลองของสมการการควบคุมการเคลื่อนที่ (ป้อนความเร็วอย่างเดียว)	38
4-3 แสดงผลการทดลองของสมการการควบคุมการเคลื่อนที่ (ป้อนความเร็วและมุม)	39
4-4 วงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC Motor Circuit)	40
4-5 บล็อกไดอะแกรมย่อยของระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	41
4-6 สมการโอนย้ายคุณลักษณะ(Transfer Function) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	43
4-7 การต่อตัวควบคุมแบบพีดีสำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	43
4-8 บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของมอเตอร์บังคับเดี่ยว	43
4-9 ค่าของตัวควบคุมแบบพีดี	43
4-10 ผลการทดลองของค่าเกนพี 27.5 และค่าเกนดีที่ 5.5	44
4-11 การทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามด้านหลัง	45
4-12 แสดงกราฟการทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามด้านหลังแสดงค่าของมุมในการเลี้ยวทั้งซ้ายและขวา	46
4-13 การทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้า	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-14 แสดงกราฟการทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้าแสดงค่าของมุมในการเลี้ยวทั้งซ้ายและขวา	48
4-15 การทดลองระยะในการรับส่งข้อมูลด้วยมอด็มผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย	48
4-16 ลักษณะของการทดลองเคลื่อนที่แบบเส้นตรง 2 เมตร	50
4-17 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบเส้นตรงความยาว 2 เมตร	50
4-18 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบเส้นตรงความยาว 3 เมตร	51
4-19 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบเส้นตรงความยาว 4 เมตร	51
4-20 ลักษณะโค้งตัวเอสแบบที่หนึ่ง	52
4-21 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบโค้งตัวเอสแบบที่หนึ่ง	52
4-22 ลักษณะโค้งตัวเอสแบบที่สอง	53
4-23 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบโค้งตัวเอสแบบที่สอง	53
4-24 ลักษณะโค้งตัวเอสแบบที่สาม	54
4-25 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบโค้งตัวเอสแบบที่สาม	54
4-26 ลักษณะเส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่หนึ่ง	55
4-27 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบสี่เหลี่ยมแบบที่หนึ่ง	55
4-28 ลักษณะเส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่สอง	56
4-29 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบสี่เหลี่ยมแบบที่สอง	56
4-30 ลักษณะเส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่สองเคลื่อนที่สามรอบ	57
4-31 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบสี่เหลี่ยมแบบที่สองเคลื่อนที่สามรอบ	57
4-32 เส้นทางแบบวงกลม	58
4-33 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.5 เมตรหนึ่งรอบ	58
4-34 เส้นทางแบบวงกลมเคลื่อนที่ห้ารอบ	59
4-35 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.5 เมตรเคลื่อนที่ห้ารอบ	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-36 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.6 เมตรแบบ หนึ่งรอบ	60
4-37 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.6 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ	60
4-38 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.7 เมตรแบบ หนึ่งรอบ	61
4-39 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.7 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ	61
4-40 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.8 เมตรแบบ หนึ่งรอบ	62
4-41 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.8 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ	62
4-42 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.9 เมตรแบบ หนึ่งรอบ	63
4-43 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.9 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ	63
4-44 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 2.0 เมตรแบบ หนึ่งรอบ	64
4-45 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 2.0 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ	64
ก-1 วงจรควบคุมของมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่	72
ก-2 วงจรควบคุมของมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว	72
ข-1 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอัจฉริยะ สำหรับเอจี้วี่	74
ข-2 การติดต่อกับพีแอลซีด้วยเมดบัสมผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย	74
ข-3 การแสดงผลเมื่อติดต่อกับพีแอลซีสำเร็จ	75
ข-4 การรีเซ็ตค่าพารามิเตอร์ของพีแอลซี	75
ข-5 โหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ	76
ข-6 การเลือกรูปแบบเส้นทางเดินอัตโนมัติของเอจี้วี่	76
ข-7 ลักษณะของไฟล์รูปแบบเส้นทางเดินของเอจี้วี่	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข-8	การแสดงผลเมื่อเลือกเส้นทางเดินของเอจี้วีเสร็จสมบูรณ์	77
ข-9	การเริ่มต้นให้เอจี้วีเคลื่อนที่ในโหมดอัตโนมัติพร้อมแสดงผลการ เดินทางของเอจี้วีด้วยรูปแบบกราฟ	78
ข-10	การบันทึกกราฟเส้นทางเดินของเอจี้วี	78
ข-11	การบังคับการทำงานของเอจี้วีด้วยระบบธรรมดาและตรวจติดตาม การทำงานของเอจี้วีด้วยกล้องซีซีดีไร้สาย	79
ข-12	การแสดงผลของกล้องซีซีดีไร้สาย	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบอัตโนมัติมีความจำเป็นในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมาก ซึ่งมีผลมาจากการแข่งขันกันด้านการตลาดอย่างจริงจัง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันด้านการตลาดที่ขาดไม่ได้ก็คือ การกำหนดเวลาส่งมอบผลิตภัณฑ์และปริมาณที่ต้องการ ซึ่งจะต้องมีการผลิตแข่งกับเวลา ประโยชน์ของระบบอัตโนมัติทำให้ช่วยลดเวลาในการทำงานจากปกติ ทั้งในรูปแบบการเปลี่ยนเครื่องมือ การขนย้ายผลิตภัณฑ์ และกระบวนการต่างๆที่คน ไม่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานได้ การขนถ่ายวัสดุเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากต่อระบบการผลิตถ้าพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด(ประมาณ 2 ใน 3 ของค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมด)[1] ดังนั้นการขนถ่ายวัสดุหรืออุปกรณ์จำเป็นต้องมีระบบการเคลื่อนย้ายอัตโนมัติมาช่วยในการทำงาน เพื่อลดต้นทุน เพิ่มความเร็ว ความถูกต้องและไม่ทำให้วัสดุเกิดความเสียหาย สำหรับอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการทำงานในระบบอัตโนมัติก็คือระบบสายพานลำเลียงและเอจีวี (Automatic Guided Vehicle : AGV) แต่ระบบสายพานลำเลียงจะเกี่ยวข้องกับวิธีการผลิตแบบเป็นจำนวนมากและมีทิศทางไหลของวัสดุคงที่ สำหรับเอจีว้นั้นจะมีความคล่องตัวมากกว่าในการขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติเอจีวีจึงเหมาะสมที่จะใช้งานขนถ่ายวัสดุชนิดแตกต่างกัน แล้วต้องถูกส่งไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่แตกต่าง

แต่ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มักจะใช้ระบบนำร่องแบบกำหนดเส้นทางเดินแน่นอน ซึ่งมีการติดตั้งที่ลำบากเพราะต้องฝังสายลงในพื้นโรงงานเวลาที่มีการปรับเปลี่ยนสายการผลิตจึงไม่สามารถทำได้ง่ายนักหรือใช้สีสะท้อนแสงทาลงบนพื้นแล้วเอจีวีจะใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับเส้นทางเดินซึ่งจะมีปัญหาเวลาสีเกิดหลุดหายไปหรือพื้นโรงงานมีความสกปรกทำให้เอจีวีเคลื่อนที่ผิดพลาด อาจเกิดความเสียหายขึ้นได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการทำงานแบบยืดหยุ่นและเอจีวี ก็มีลำดับการทำงานที่แน่นอน การที่จะเปลี่ยนลำดับการทำงานก็ทำได้ยากเนื่องจากต้องทำการโปรแกรมเข้าไปใหม่และที่สำคัญคือไม่สามารถตรวจติดตามการทำงานของเอจีวีได้ว่าตอนนี้เอจีวีทำงานอยู่ที่สถานีงานไหนแล้ว

ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เสนอแนวคิดที่จะใช้ระบบนำร่องทางเดินอิสระแบบพิกัดตำแหน่ง (Coordinate) ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางได้ และมีระบบอัจฉริยะ(Intelligent System) เข้ามาช่วยในการโปรแกรมการทำงานให้กับเอจีวี สามารถส่งการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้มอดบัส(Modbus)ผ่านเครือข่ายไร้สาย(Wireless LAN)เพื่อรับส่ง

ข้อมูลระหว่างเอจีวีและหน่วยควบคุมหลักได้โดยคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังตรวจติดตามการทำงานของเอจีวีได้เพื่อที่จะตรวจสอบการทำงานได้ว่ามีความถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบนำทางและการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และเอจีวี
- 1.2.2 เพื่อออกแบบระบบควบคุมและตรวจติดตามการทำงานของเอจีวี
- 1.2.3 เพื่อให้ได้เอจีวีต้นแบบอัจฉริยะนำไปประยุกต์ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมได้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1.3.1 ต้นแบบเอจีวีสำหรับการวิจัยถูกสร้างจริงโดย บริษัทเวอร์ลือคิวบเมนต์ จำกัด
- 1.3.2 ห้องสำหรับทดลองเส้นทางเดินของเอจีวีมีขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร
- 1.3.3 ระบบการนำร่องแบบพิกัดตำแหน่ง (Coordinate System : Grid)
- 1.3.4 ใช้พีแอลซี(Programmable Logic Control : PLC) ควบคุมการทำงานของเอจีวี
- 1.3.5 จัดทำส่วนติดต่อกับผู้ใช้ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลเบสิกดีอทเน็ต (Microsoft Visual Basic.Net)
- 1.3.6 ตรวจสอบความแม่นยำของการเคลื่อนที่โดยการวัดจากเอนโค้ดเดอร์ (Encoder)

1.4 วิธีการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาและพัฒนารูปแบบระบบนำร่องทางเดินของเอจีวี
- 1.4.2 ศึกษาทฤษฎีการควบคุมแบบพีดี(Proportional Derivative : PD)
- 1.4.3 ศึกษาและพัฒนากการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยพีแอลซี(Programmable Logic Control : PLC)
- 1.4.4 พัฒนาการติดต่อสื่อสาร การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับเอจีวีโดยใช้ไวเลส(Wireless)
- 1.4.5 ศึกษาและทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเอจีวีด้วยไมโครซอฟท์วิซวลเบสิกดีอทเน็ต
- 1.4.6 ทดสอบและแก้ไขปรับปรุง
- 1.4.7 ตรวจสอบพิกัดตำแหน่งของเอจีวีโดยเปรียบเทียบกันระหว่างค่าพิกัดจากพีแอลซีกับค่าพิกัดจากโปรแกรม
- 1.4.8 สรุปผลจากงานวิจัย ข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1.5.1 ได้ระบบนำทางซึ่งมีความยืดหยุ่นสูงและสามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกันระหว่างคอมพิวเตอร์และเอจีวี

1.5.2 ได้ระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวีโดยมีความยืดหยุ่นสูงสามารถปรับเปลี่ยนตามสายการผลิตได้

1.5.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบตรวจติดตามการทำงานของเอจีวี สำหรับนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้

1.5.4 ได้เอจีวีต้นแบบอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพสามารถประยุกต์ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการของเอจีวีเบื้องต้น

เอจีวี(Automatic Guide Vehicle : AGV) เป็นรถขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ได้เองโดยไม่ต้องมีคนขับ เอจีวีถูกนำมาใช้งานจริงในอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1953 ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยตอนนั้นถูกนำมาใช้ขนถ่ายสินค้าในโกดังเก็บสินค้าทำให้สามารถประหยัดในเรื่องของแรงงานคนและเวลาได้เป็นอย่างดี [2]ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นอุปกรณ์ลำเลียงที่มีการบังคับด้วยคนน้อยที่สุดนั้นเป็นการรวมกันของแต่ละส่วนของระบบการผลิตอัตโนมัติกับการเจริญเติบโตของระบบการผลิตที่มีปริมาณและความหลากหลายในระดับกลางซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น(Flexible Manufacturing System, FMS) ที่มีความต้องการไม่เฉพาะเครื่องจักรที่มีการผลิตแบบยืดหยุ่นแต่ยังต้องการรวมถึงการขนย้ายการจัดเก็บและการนำออกอย่างยืดหยุ่น ซึ่งนั่นเป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องเอจีวีและระบบการจัดเก็บและนำออกแบบอัตโนมัติ(Automatic Storage and Retrieval System : AS/RS) โดยเชื่อมโยงกันกับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ระบบเอจีวีเป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้รถทำงานได้โดยอิสระต่อกัน ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง ระบบเอจีวีนี้ จะประกอบด้วย

2.1.1 ตัวรถกลไก, ระบบขับเคลื่อน,มอเตอร์และแบตเตอรี่

2.1.2 ชุดควบคุมการทำงานของรถ

2.1.3 ระบบนำร่องทางเดินรถ

2.1.4 ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลหรือเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไปส่วนของตัวรถและกลไกของรถนั้นก็ถูกออกแบบมาให้เหมาะกับการประยุกต์ในการใช้งานในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท แล้วตัวขับเคลื่อนให้รถเคลื่อนที่นั่นก็จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งพลังงานในการหมุนมอเตอร์ จะได้มาจากแบตเตอรี่ซึ่งจะมีแรงดันอยู่ระหว่าง 12 ถึง 48 โวลต์ ส่วนชุดควบคุมการทำงานของรถจะมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะเช่น พีแอลซี(Programmable Logic Control:PLC) ไมโครโปรเซสเซอร์บอร์ด ซิงเกิลบอร์ดคอมพิวเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ผลิตรายใดจะออกแบบระบบไปอย่างไร ระบบนำร่องทางเดินของเอจีวีจะแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ แบบกำหนดเส้นทางเดินแน่นอน เช่น แบบใช้สายและแบบใช้แถบสีบนพื้นกำหนดทางเดิน และแบบเส้นทางเดินอิสระ ซึ่งจะมีการใช้เซนเซอร์หลายชนิดหลายแบบมารวมกัน เช่น ระบบจีพีเอส (Global Positioning

System : GPS) สัญญาณวิทยุและเลเซอร์ และองค์ประกอบสุดท้ายของเอจีวี ก็คือส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์โดยจะมีการเชื่อมต่อกันทั้งแบบระบบเครือข่ายไร้สาย(Local Area Network : LAN)และระบบคลื่นวิทยุซึ่งการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมีไว้เพื่อการจัดการกับระบบทั้งหมด[2]

2.2 ชนิดของเอจีวี

2.2.1 เอจีวีแบบลากจูง (AGV Towing Vehicle)

เป็นแบบชนิดของเอจีวีที่มีความนิยมมากชนิดหนึ่ง เอจีวีนี้จะเป็นอุปกรณ์นำทางอัตโนมัติแบบลากจูง มีความกว้างให้เลือกหลายชนิด ชนิดของอุปกรณ์บรรทุกถูกใช้สำหรับบรรทุกและปลดลงของสัมภาระ รถพ่วง(Trailer) ยังรวมถึงเอจีวีที่ใช้จูงรถไฟ แครน อุปกรณ์ขนส่งอัตโนมัติ คนทำงานกันเอง การส่งผ่านโดยรถไฟและอุปกรณ์ที่โปรแกรมการบรรทุกและปลดแบบอัตโนมัติ

โดยมากการประยุกต์การลากจูง จะเป็นในลักษณะของการเคลื่อนที่ของหีบผลิตภัณฑ์ให้ไปสู่ภายนอกโกดัง ซึ่งการลากจูงจะใช้กับการขนส่งที่ปริมาณมาก ๆ โดยมีระยะทางขนส่งที่ไกลมากกว่า 1000 เมตร

2.2.2 เอจีวีแบบมีลูกกลิ้งลำเลียง(AGV Unit Load Transports)

เอจีวีแบบนี้จะถูกใช้งานร่วมกับร่องที่ใช้ในการโหลดชิ้นงาน โดยเอจีวีเดินทางมายังแท่นใต้ที่ช่องดังกล่าวสามารถส่งกำลังหรือไม่ส่งกำลังผ่านลูกกลิ้ง โซ่ หรือร่องสายพาน หรือ ร่องที่ทำการแบ่งเป็นหลายส่วนอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับสายพานลำเลียง

แบบมีกำลังหรือไม่มีจำกัดก็ได้ สถานีผลัด-ดึง สามารถรวมตัวกัน โดยสัมภาระสามารถใส่และนำออกโดยรถไฟลิฟต์ อุปกรณ์บรรทุกหรือปลดลงอัตโนมัติอุปกรณ์เหล่านี้ส่วนมากเป็นอิสระต่ออันหนึ่งและสามารถผ่านไปยังที่อื่น ๆ ที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลาย ๆ สถานการณ์ นอกจากนั้นพวกมันยังสามารถเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง

เอจีวีแบบมีลูกกลิ้งลำเลียงปกติจะถูกใช้อยู่ในคลังและระบบการกระจายในขณะที่ยาวของเส้นทางเดินเป็นความสัมพันธ์อย่างสิ้น ๆ

2.2.3 เอจีวีแบบบรรทุกพาเลท(AGV Pallet Truck)

เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการหลบหลีกและการขนส่งวัสดุที่อยู่บนแท่น พวกมันยังถูกใช้อย่างกว้างขวางในหลายหน้าที่ โดยที่อุปกรณ์นี้ถูกนำไปใช้ในการขนของขึ้นและลงในระดับชั้นต่าง ๆ โดยไม่เจาะจงสิ่งทีขนมา และไม่มีอุปกรณ์พิเศษใด ๆ ที่ต้องนำมาใช้นอกจากสิ่งของที่ขนนั้นต้องวางอยู่บนพาเลท เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทมีความสามารถในการบรรทุกได้ 1,000-2,000 ปอนด์ มีความเร็ว 264 ฟุต/นาที

เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทสามารถที่จะยกของขึ้นและนำของลงได้สองวิธีคืออัตโนมัติ และใช้มือการนำของไปส่งยังที่ต่างที่ไว้ก่อนนั้นของจะถูกยกโดยการใช้งานสอตเข้าไปในพาเลท เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทที่ใช้การทำงานแบบอัตโนมัตินั้นต้องการความแม่นยำในการที่จะเข้าสู่ตำแหน่งที่จะยกของและต้องใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัด ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงแต่สามารถทำงานได้ยืดหยุ่นกว่าและไม่ต้องใช้พนักงานเข้าไปในบริเวณที่จัดเก็บสินค้า

2.2.4 เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์(AGV Forklift Trucks)

เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์มีความสามารถในการที่ยกแทนสัมภาระขึ้นและลงได้ในทั้งที่เป็นบนพื้นและบนชั้นวางของและความสูงในการขึ้นของสามารถที่จะต่างระดับความสูงกับตอนลงของได้ ในบางกรณีสามารถที่จะกองของรวมกันได้ขึ้นชั้นเดียวกัน ตัวนำทางของรถยกมีความสามารถที่จะระบุตำแหน่งความสูงของงาได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้งานร่วมกับระบบการขนถ่ายวัสดุอื่น ๆ ได้

เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์เป็นเอจีวีที่มีราคาแพงมากชนิดหนึ่งดังนั้นมันจึงถูกนำมาใช้งานร่วมกับระบบการผลิตที่เป็นแบบอัตโนมัติเต็มระบบและรถยกนี้ทำงานโดยการติดอุปกรณ์ตรวจจับไว้ที่ส่วนปลายของงาน ดังนั้นมันจึงสามารถที่จะยกได้สูงและวางซ้อนกันได้และด้วยระบบการทำงานของอุปกรณ์จึงต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับหลายส่วน หลายระดับและวิธีการเพื่อความแม่นยำในการระบุตำแหน่งทั้งบนพื้นและบนชั้น

เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์มีความสามารถในการทำงานได้ที่ความสูงหลายระดับมีความสามารถในการบรรทุกได้ 1,000-2,000 ปอนด์ ความเร็ว 264 ฟุต/นาที่ รัศมีในการเลี้ยวน้อยที่สุด 7 ฟุต

2.2.5 เอจีวีแบบบรรทุกขนาดเล็กเบา(AGV Light Load Transporter) เป็นเอจีวีที่มีความสามารถในการบรรทุกได้น้อยกว่า 500 ปอนด์ ใช้ในการขนส่งที่มีขนาดเล็กและเบามีความยาวพอประมาณใช้ในการขนถ่ายระหว่างที่จัดเก็บโดยมีความเร็วปกติอยู่ที่ 100 ฟุต/นาที่ รัศมีในการเลี้ยว 2 ฟุต มันถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการทำงานในพื้นที่จำกัดเช่นสายการประกอบ การใช้ในส่วนของการประกอบ

2.3 ระบบเอจีวี (Automatic Guided Vehicle System)

ระบบเอจีวีที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นแบบระบบที่ใช้ทางเดินนำร่องได้แก่แถบสีติดตามพื้น[3] การฝังเส้นลวดหรือโลหะตัวนำใต้พื้นนี้มีลักษณะของความไม่ยืดหยุ่นการแก้ไขจะต้องทำการรื้อถอนแถบโลหะตัวนำออกทั้งหมดก่อนจึงจะสามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานใหม่ได้ทำให้เสียเวลาในการแก้ไข และเสียค่าใช้จ่ายมากอีกด้วย ระบบทางเดินนำร่องส่วนใหญ่มักจะถูกกำหนดโดยโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้งานซึ่งมีหลายกรณีที่สามารถดัดแปลงแก้ไขไปใช้งานได้ ตัวอย่างของการดัดแปลงแก้ไขระบบเอจีวี อาทิเช่น การต่อเติมทางเดินนำร่อง การเพิ่มจำนวนสถานีปฏิบัติงาน การเพิ่มจุดตัด การเพิ่ม

เอจิวีจัดเป็นหุ่นยนต์ประเภทเคลื่อนที่ (Mobile Robot) ซึ่งแตกต่างจากแขนกลที่เป็นแบบคงที่ (Fixed Robot) เอจิวีมีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมแบบใหม่มากกว่า 30 ปี เอจิวีเป็นยานพาหนะที่ไม่ต้องใช้คนขับ สามารถวิ่งไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้เองโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ เอจิวียังสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นได้อีก อาทิ เช่น รถฟอร์คลิฟท์(Fork-Lift) รถบรรทุก(Truck) รถแทรกเตอร์ เป็นต้น หรืออาจใช้แทนสายพานลำเลียง หน้าที่ของเอจิวีคือขนส่งวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์สินค้าหรือชิ้นส่วนเล็ก ๆ น้อย ๆ ของสายการผลิตหนึ่งไปยังอีกสายการผลิตหนึ่งเอจิวีมีใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ และมีการขยายการทำงานในโรงงานแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยสามารถทำงานร่วมกับคนได้แล้ว

ในโรงงานอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติทั้งหมดนั้น ระบบขนส่งจะถูกควบคุมการทำงานจากคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง(Central Computer) บางโรงงานใช้คนเพียงคนเดียวควบคุมการผลิตทั้งระบบได้ โดยผู้ควบคุมจะอยู่ในห้องควบคุมกลางเท่านั้น การขนส่งวัสดุต่าง ๆ จะทำโดยการออกคำสั่งตามลักษณะต่าง ๆ แล้วแต่จะกำหนดขึ้น เช่น ให้ขนส่งจากหน่วยที่เป็นเครื่องจักรไปมีสถานีประกอบชิ้นส่วน โรงเก็บของในโรงงานประเภทประกอบชิ้นส่วน หน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ ระบบขนส่ง อาทิ เอจิวีสายพานลำเลียงจัดเป็นเครื่องมือการจัดการขั้นปฐมภูมิ(Primary Handling Device) สำหรับนำชิ้นงานจากโรงเก็บของไปยังอุปกรณ์จัดการทุติยภูมิ(Secondary Handling Device) เช่น แขนกล เมื่อมีการนำวัสดุมาถึงอุปกรณ์จัดการขั้นทุติยภูมิ อุปกรณ์ชนิดนี้จะนำวัสดุที่ขนส่งมาโดยอุปกรณ์จัดการปฐมภูมิไปเก็บยังหน่วยเก็บวัสดุ (Warehouse System) ต่อไป

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมแบบกึ่งอัตโนมัติก็สามารถนำเอาเอจิวี ไปใช้งานร่วมกับมนุษย์ได้ โดยมนุษย์จะออกคำสั่งแบบโต้ตอบกับเอจิวีให้ทำงานได้ตามคำสั่งเช่นกัน ระบบแบบนี้มักจะมีการยืดหยุ่นอยู่แล้ว(Flexible Manufacturing System)หรือ FMS การทำงานของเอจิวีในโรงงานแบบนี้ก็เหมือนกับในโรงงานแบบอัตโนมัติทั้งหมด การนำเอจิวีไปใช้งานในโรงงานแสดงดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 การนำเอจีวีไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันเอจีวีส่วนใหญ่จะถูกกำหนดให้เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเดินนำร่อง (Guide Path) ทั้งนี้เพราะจะได้ความแม่นยำดีกว่าวิธีที่ไม่ใช้ทางเดินนำร่องนั่นเองทางเดินนำร่องของเอจีวีถูกกำหนดตามความเหมาะสมของสภาวะแวดล้อมของโรงงานนั้น ๆ อาทิเช่น การใช้แถบสีติดบนพื้น จะนิยมกันมากในโรงงานที่มีความสะอาดสูง เช่น ทำไอซี เพราะโรงงานชนิดนี้ไม่ต้องการฝุ่นละอองในห้องปฏิบัติการ ผลพลอยได้ของเอจีวี ในระบบแถบสีที่ใช้จะไม่ได้รับความเสียหายจากฝุ่นละอองที่อาจจะมาเกาะติดกับแถบสีที่ใช้นำร่องเอจีวีเลย วิธีการนี้เป็นการลงทุนที่น้อยที่สุด หรืออาจจะมีการฝังลวดหรือโลหะตัวนำใต้พื้นเพื่อให้เอจีวี สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเอจีวีก้าวหน้าไปมาก ได้มีการวิจัยและพัฒนาเอจีวีแบบที่สามารถเคลื่อนที่อิสระ (Free Ranging) ขึ้นมาใช้งานกันแล้ว เอจีวีแบบใหม่นี้ไม่ต้องอาศัยทางเดินนำร่องอีกต่อไป แต่จะใช้ระบบนำทาง (Navigation System) ซึ่งอยู่บนตัว เอจีวีควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่แทน เทคนิคสำหรับเอจีวี แบบเคลื่อนที่อิสระมากมาย อาทิเช่น ใช้กล้อง ซีซีดี (CCD Camera) เป็นตาของเอจีวี การใช้ดาวเทียม เป็นต้น และในบางกรณีอาจมีทั้งใช้เส้นทางและไม่ใช้เส้นทางนำร่องบนตัวเดียวกันได้ ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งาน อย่างไรก็ตามในโรงงานอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ ส่วนมากก็ยังคงใช้เอจีวี แบบมีทางเดินนำร่องด้วย เหตุผลของค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่ากับงานและความแม่นยำที่ดีกว่าอีกด้วย

โครงสร้างภายนอกของเอจีวีส่วนมากจะทำเป็นแท่นไว้วางภาชนะหรือที่ใส่วัสดุต่าง ๆ อาทิเช่น ถาด (Frag) ชั้นวางของ (Racks) กล่อง (Boxes) มีล้อที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีส่วนที่สามารถติดต่อกับผู้ใช้งาน เช่น คีย์บอร์ด ไฟขอทาง เสียงไซเรน นอกจากนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับเอจีวี ดังนั้นเอจีวีบางตัวอาจติดตั้งตัวชน (Bumper) ทางด้านหน้าและด้านหลังของเอจีวี อีกด้วยเอจีวี ส่วนมากจะใช้ระบบขับเคลื่อนที่มีเสียงเงียบหรือไม่มีเสียงเลย จึงได้มีการนำเอมอเตอร์ไฟฟ้ามาใช้เป็นส่วนขับเคลื่อน ข้อดีคือไม่ทำให้เกิดมลภาวะแต่ข้อเสีย

ระบบเอจีวีที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นแบบระบบที่ใช้ทางเดินนำร่องได้แก่แถบสีติดตามพื้น การฝังเส้นลวดหรือโลหะตัวนำได้พื้นนี้มีลักษณะของความไม่ยืดหยุ่น การแก้ไขจะต้องทำการรื้อถอนแถบโลหะตัวนำออกทั้งหมดก่อน จึงจะสามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานใหม่ได้ทำให้เสียเวลาในการแก้ไขและเสียค่าใช้จ่ายมาก

2.4 ทิศทางในการพัฒนาของเอจีวี

ปัจจุบันทิศทางในการพัฒนาเอจีวี จึงมุ่งไปที่การพยายามทำให้เอจีวี สามารถเคลื่อนที่ได้ อย่างอิสระ(Free Ranging) โดยอาศัยระบบนำร่องแบบใหม่ การพัฒนาเอจีวีมีการวิจัยใน หน่วยงานเฉพาะและตามมหาวิทยาลัยต่าง ๆ มากมาย เพื่อค้นหาวิธีการใหม่ ๆ มาใช้ตาม วัตถุประสงค์แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเอจีวี เพื่อให้เอจีวีอาศัยทางเดินนำร่องน้อยที่สุด เท่าที่จะทำได้ สามารถทำได้โดยการวิจัยและพัฒนาระบบเซนเซอร์ เทคนิคการนำร่อง การ สื่อสารข้อมูลไร้สาย การนำเอาปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้งานเป็นส่วนตัดสินใจ การพัฒนา ตัวควบคุมและประมวลผลภาพ การพัฒนาเทคนิคในการขับเคลื่อน การพัฒนาอัลกอริทึมในการ เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมเอจีวี แนวโน้มในการพัฒนาเอจีวี ต่อไปในอนาคตอาจไม่ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการนำร่องเลย แนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีของเอจีวี เพื่อให้เกิด ความยืดหยุ่นมากขึ้นนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แนวทางหลักคือ

2.4.1 พัฒนาวิธีการเก็บตารางการเคลื่อนที่

วิธีการนี้จำเป็นจะต้องเก็บความสัมพันธ์ของพิกัดตำแหน่ง(Coordinate) ต่าง ๆ ไว้ก่อน แล้วจึงจะสามารถสั่งงานเอจีวี ให้ทำงานหรือเคลื่อนที่ไปตามคำสั่งและทิศทางที่ผู้ควบคุม ต้องการ วิธีการเก็บตารางการเคลื่อนที่มีหลายวิธี ข้อดีของวิธีการแบบนี้คือ บำรุงง่าย ข้อเสียคือ ตัวเซนเซอร์ชนิดนี้มีความอ่อนไหว (Sensitive) ต่อคุณภาพของสีและความเข้มแสงมากจึงขาด ความเชื่อถือลงไปบ้าง ในกรณีการใช้งานเป็นเวลานาน ๆ ตัวอย่างการนำเอจีวีที่ใช้โฟโต้ เซนเซอร์เป็นตัวนำร่องในห้องควบคุมความสะอาด(Clean Room) เป็นต้น การพัฒนาวิธีการ เก็บข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธีคือ

2.4.1.1 เก็บข้อมูลบนเอจีวี

วิธีการนี้มีผลดี คือเอจีวี สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องพึ่งคอมพิวเตอร์ส่วนกลางเลย สามารถใช้หน่วยความจำได้หลายชนิด เช่น E^2 PROM หรือแรม(RAM) การแก้ไขข้อมูลทำได้ ง่าย วิธีการนี้หากใช้คอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการทำงานสูงจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะ หากใช้คอมพิวเตอร์ที่เป็นแบบ 16 หรือ 32 บิต สามารถเชื่อมต่อใช้งานกับฮาร์ดดิสก์ หรือฟลอปปี ดิสก์ได้เลย วิธีการแบบนี้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากที่สุด ข้อเสีย คือ ต้นทุนสูง

2.4.1.2 วิธีการเก็บข้อมูลเอาไว้ที่คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง

วิธีการนี้จำเป็นจะต้องมีคอมพิวเตอร์อีก 1 ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมเอจี้วี ให้ทำงานตามคำสั่งจากส่วนกลาง ข้อดีคือ สามารถโต้ตอบกับเอจี้วีได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องเข้าไปแก้ไขรายละเอียดในตัวเอจี้วี ข้อเสียคือเอจี้วีไม่สามารถทำงานได้อย่างอิสระต้องพึ่งพาข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ส่วนกลางทำให้ทำงานช้า

2.4.1.3 วิธีการเก็บข้อมูลอยู่บนตัวเอจี้วีและคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง

วิธีการนี้จะดีที่สุดมีความยืดหยุ่นสูงอีกทั้งสามารถดัดแปลงให้ควบคุมเอจี้วีได้หลายตัวพร้อมกัน

2.4.2 การนำร่องแบบไร้สาย (Wireless Guidance)

เป็นการนำร่องที่ไม่ต้องติดตั้งทางเดินนำร่องตามพื้น วิธีการนี้ เอจี้วีสามารถเคลื่อนที่ไปได้อย่างอิสระและมีความยืดหยุ่นในการดำเนินการสูงมาก ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาวิธีการนี้มากสิ่งที่สำคัญที่สุดของการนำร่องแบบไร้สาย คือ การใช้เทคนิคการนำทาง(Navigation Techniques) ซึ่งมีหลายวิธี

2.4.3 พัฒนาวิธีการส่งข้อมูล(Method for Data Transmission)

วิธีการส่งข้อมูลระหว่างเอจี้วีกับคอมพิวเตอร์ส่วนกลางกระทำได้หลายวิธี เช่น การส่งข้อมูลโดยใช้แสงอินฟราเรด การส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นวิทยุ การส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นวิทยุเป็นต้น

2.5 เทคโนโลยีในการนำร่องของเอจี้วี

เทคโนโลยีในการนำร่องของเอจี้วีมีหลายวิธีพอสรุปได้ดังนี้

2.5.1 การนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่อง

2.5.1.1 การใช้แถบโลหะ (Metal Tape)

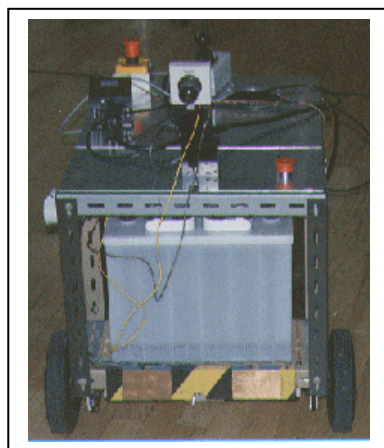
การใช้แถบโลหะดีเป็นแถบแบบเดียวกับแถบสี วิธีการนี้จะต้องเปลี่ยนตัวตรวจจับสีไปเป็นพรอกซีมิตี(Proximity Sensor)แทน พรอกซีมิตีเซ็นเซอร์จะให้เอาต์พุตออกมาในกรณีที่เราพบแถบโลหะเท่านั้น เอาต์พุตมีให้เลือกทั้งแบบที่เป็นอนาล็อกและดิจิตอล ข้อดีของวิธีการนี้คือความแม่นยำคงที่ คือ แม้มีฝุ่นละอองมาเกาะติดก็ยังทำงานได้ดี ข้อเสียของวิธีนี้คือ ราคาแพง การซ่อมบำรุงทำได้ยาก

2.5.1.2 การใช้แถบแม่เหล็ก (Magnetic Tape)

ผังลงในพื้นมีลักษณะเป็นตารางทั่ว ๆ ไปบนพื้นเอจี้วี จะทำการตรวจจับแถบแม่เหล็กด้วยแมกเนติกเซ็นเซอร์(Magnetic Sensor)โดยเอจี้วีจะเคลื่อนที่ไปตามแนวของตารางจุดตัดของเส้นตารางจะเป็นตัวนับตำแหน่งในการเคลื่อนที่การทำงานของวิธีนี้ลักษณะของแมกเนติกเซ็นเซอร์นั้นประกอบด้วย ขดลวดกระตุ้น 1 ชุด(Exciting Coil) ชุดตรวจจับ 2 ชุด (Detecting Coil) การทำงานเริ่มจากขดลวดกระตุ้น ผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีชุดตรวจจับคอยตรวจจับ

2.5.1.3 การใช้กล้องทีวีหรือซีซีดี (CCD Camera) เป็นตัวนำร่อง

โดยการนำสัญญาณรูปที่ได้รับ ซึ่งอาจเป็นดิจิตอลมาทำการประมวลผลเพื่อหาทางเดินของแถบที่ติดอยู่บนพื้น แสดงดังภาพที่ 2-2 การใช้กล้องทีวี มีข้อดีคือ สามารถหาดำแหน่งที่ถูกต้องของแถบสีได้ แม้ว่าแถบสีนั้นจะมีการเลอะเลือนหรือชำรุดเสียหายไปบ้างก็ตาม ด้วยข้อดีที่กล่าวมาทำให้สามารถนำไปใช้กับการขนส่งภายนอกอาคารได้ โดยเฉพาะการขนถ่ายวัสดุจากอาคารหนึ่งไปสู่อีกอาคารหนึ่ง แต่ข้อเสียก็คือ ความเร็วในการประมวลผลช้ามาก โดยเฉพาะการทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการทำงานต่ำ แต่ปัญหาข้อนี้จะถูกแก้ไขด้วยการปรับปรุงหน่วยประมวลผลกลางให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



ภาพที่ 2-2 วิธีการนำร่องโดยใช้กล้องซีซีดี

2.5.1.4 การใช้แถบสีหรือเทปสะท้อนแสงติดบนพื้น

วิธีการนี้ทำได้โดยการติดแถบสีที่มีความแตกต่างกับสีของพื้น เมื่อเอทีวีตรวจพบแถบสีนั้นจะนำเอาข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ต่อไป ข้อดีของวิธีนี้คือระบบการนำร่องไม่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงแก้ไขง่าย การซ่อมบำรุง กระทำได้ในระยะเวลาสั้น ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถูก สำหรับเทคนิคในการตรวจจับเทปสีมี 2 วิธี ได้แก่

ก) การใช้ตัวเซนเซอร์ตรวจจับแถบสีโดยเฉพาะ

วิธีการนี้มีความเชื่อถือได้สูงสุดโดยตัวตรวจจับแถบสีนี้จะรับเอาความถี่แสงที่กำหนดไว้ไปใช้เท่านั้น ความถี่แสงอื่นจะถูกปฏิเสธออกไป ข้อเสียของวิธีนี้คือราคาสูง

ข) การใช้โฟโตเซนเซอร์(Photo Sensor)

ตัวตรวจจับความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับออกมา วิธีการนี้จะต้องทำงานในที่บริเวณสะอาดมาก ๆ การใช้โฟโตเซนเซอร์จึงเหมาะสำหรับห้องควบคุมความสะอาดของโรงงานผลิตไอซี ข้อดีของการใช้โฟโตเซนเซอร์ คือ เป็นอุปกรณ์ที่หาง่าย ง่ายต่อการสร้าง ราคาถูก

2.5.2 การนำร่องแบบไร้สาย (Wireless Guidance)

เป็นการนำร่องที่ไม่ต้องติดตั้งทางเดินนำร่องตามพื้น วิธีการนี้อัจฉริยะ สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระและมีความยืดหยุ่นในการดำเนินการสูงมาก ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาวิธีการนี้มากสิ่งที่สำคัญที่สุดของการนำร่องแบบไร้สายคือ เทคนิคการนำทาง ซึ่งมีหลายวิธี

2.5.2.1 การนำทางด้วยรีโมทคอนโทรล (Remote Control Navigation)

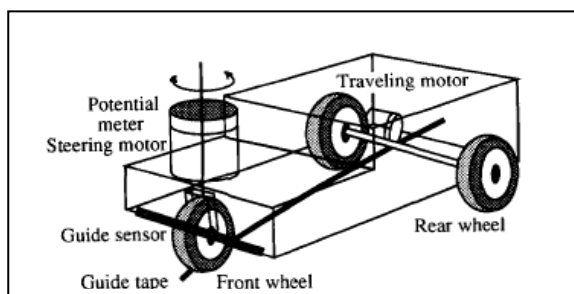
วิธีการนี้จะทำการส่งข้อมูลทางดิจิตอลไปกับความถี่แสงย่านอินฟราเรด มีการนำเทคนิคเข้ารหัสต่าง ๆ มาใช้กันอย่างแพร่หลายเช่น การมอดูเลตตำแหน่งของพัลส์(Pulse Position Modulation : PPM) ข้อดีของวิธีการนี้คือราคาถูก ข้อเสีย คือ ระยะทางในการควบคุมได้ไม่ไกล

2.5.2.2 การใช้อัลตราโซนิกวัดระยะทาง (Ultrasonic Distance Measurement)

วิธีการนี้อัจฉริยะจะเก็บแผนที่ของเส้นทางทุกทางที่เป็นไปได้ในหน่วยความจำ วิธีการเคลื่อนที่จะเริ่มจากผู้ใช้กำหนดเป้าหมายปลายทางที่จะให้อัจฉริยะได้รับคำสั่งจะทำการคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดแล้วจะเคลื่อนที่ไปได้โดยใช้อัลตราโซนิก ทำหน้าที่คอยตรวจจับวัตถุกีดขวาง เพื่อหาแนวทางในการเคลื่อนที่ ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ ความถูกต้องในระดับมิลลิเมตร ข้อเสียคือจำเป็นต้องมีสถานที่ที่มีลักษณะเป็นกำแพง ทำให้สิ้นเปลืองจำนวนของตัวตรวจจับและราคาที่แพงของตัวตรวจจับ ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งคือ ตัวตรวจจับประเภทอัลตราโซนิก จะมีความถูกต้องมากที่สุดในขณะที่ทำงานในอุณหภูมิห้อง หากมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี หรือการถูกรบกวนของแหล่งกำเนิดที่มีความถี่สูง อาทิเช่น มอเตอร์หรือเครื่องจักรที่กำลังทำงาน

2.5.2.3 การใช้เครื่องวัดระยะทางเป็นวิธีการหาตำแหน่งของตัวเอจิวี่เอง

โดยเอจิวี่จะต้องมีคอมพิวเตอร์ที่ติดอยู่บนตัวเอจิวี่ เองการวัดระยะทางทำได้โดยการอ่านตำแหน่งที่ป้อนกลับจากตัวโรตารี เอ็นโค้ดเดอร์(Rotary Encoder) ที่ติดตั้งกับแกนของมอเตอร์ที่ใช้ส่วนขับเคลื่อนของเอจิวี่ หลักการวัดระยะทางโดยใช้เอ็นโค้ดเดอร์ คือจะต้องมีการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น(Home Position) เพื่อเป็นจุดอ้างอิงและกำหนดตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการจะให้เอจิวี่ เคลื่อนที่ไปเมื่อเอจิวี่ เคลื่อนที่เอ็นโค้ดเดอร์จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นพัลส์ เอจิวี่จะนำผลลัพธ์คือ พัลส์ที่อ่านเข้ามาไปคำนวณหาตำแหน่งเป้าหมายได้ วิธีการนี้ค่อนข้างจะง่าย แต่ก็มีข้อเสียคือเมื่อเอจิวี่ เคลื่อนที่มักเกิดความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งปัญหานี้เกิดจากการลื่นไถล(Slipping) ของล้อและชิ้นส่วนทางกล วิธีการแก้คือเอจิวี่ จะต้องทำการชดเชยค่าการลื่นไถลเป็นระยะ ๆ หลังจากเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งซึ่งเป็นการไม่สะดวกแสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 วิธีการวัดระยะทางของเอจี้วี

2.5.2.4 การนำทางด้านคลื่นวิทยุ (Radio Navigation)

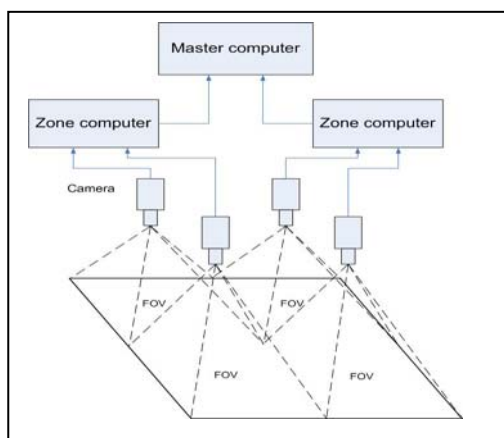
ตามปกติวิธีนี้สามารถวัดตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่ โดยมีขอบเขตของการตรวจจับ ตั้งแต่หลายร้อยเมตรจนถึงหลายกิโลเมตร แต่สำหรับระบบนำร่องไร้สายที่ไม่ใช่ทางเดินนำร่องเลยนั้น วิธีการนี้จะไม่เหมาะสม เนื่องจากเหล็ก(Iron) จะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการสะท้อน (Reflect) และเบี่ยงเบนไป ทำให้การหาตำแหน่งขาดความถูกต้องแม่นยำ โดยเฉพาะมีขอบเขตการตรวจจับมากกว่า 100 เมตร[3]

2.5.2.5 การใช้เข็มทิศไจโรสโคป (Gyroscope Compass)

วิธีการนี้เป็นการนำร่องโดยอาศัยเทคนิคทางโมเมนตัม ไจโรสโคปจะถูกตั้งขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ที่ต้องการ เมื่อตำแหน่งของเอจี้วี เบี่ยงเบนออกไปจากแนวที่ต้องการ จะทำให้เกิดความเร่งกระทำในทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ค่าความเร่งนี้ไจโรสโคปจะตรวจจับได้ จากนั้นจะนำค่าความเร่งที่ตรวจจับนี้ไปเป็นอินพุตของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อหาทิศทางที่เบี่ยงเบนไปของเอจี้วี จากนั้นคอมพิวเตอร์บนตัวเอจี้วีจะคำนวณหาทิศทางในการเคลื่อนที่ที่ถูกต้องได้[4] ข้อดีของไจโรสโคปคือ ทำให้สามารถรับรู้ทิศทางที่แท้จริงของเอจี้วี ตลอดเวลา ข้อเสียคือหายากและราคาแพง

2.5.2.6 การประมวลผลภาพ(Image Processing)

เป็นวิธีการหาตำแหน่งของเอจี้วี โดยใช้กล้องติดบนเพดานหรือบริเวณมุมห้องหรือพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยกล้องที่ใช้ปัจจุบันมีหลายแบบสามารถส่งข้อมูลทางดิจิตอลให้กับคอมพิวเตอร์นำไปประมวลผลได้ เช่น ซีซีดี เมื่อคอมพิวเตอร์รับข้อมูลจากกล้องแล้วจะเป็นผู้ออกคำสั่งให้เอจี้วี ทำงานได้โดยอาจจะใช้วิธีการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุหรืออาศัยรีโมทคอนโทรลสั่งงานได้ ความถูกต้องของวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของกล้องที่ใช้ ปัจจุบันมีความละเอียดให้เลือกมากมาย ข้อเสียของวิธีการนี้คือ จะต้องใช้กล้องหลายตัวเนื่องจากกล้องแต่ละตัวจะมีฟิสิกส์ของโฟกัสและรัศมีไม่มากนัก



ภาพที่ 2-4 การนำร่องโดยใช้กล้องในการประมวลผลภาพให้เอจวี

2.5.2.7 การนำร่องโดยใช้เลเซอร์วัดระยะทาง (Laser Distance Measurement)

วิธีการนี้อาจใช้ได้แบบวิธีรันนิ่งไทม์ของสัญญาณ แสดงดังภาพที่ 2-5 การวัดการรบกวน (Interface) วิธีการนี้อาจใช้ดอปเพลอร์(Dropper) กรรมวิธีการแบบนี้จะอาศัยการวัดเวลาในการเดินทางไปกลับของสัญญาณความละเอียดของวิธีการนี้จะอยู่ในระดับมิลลิเมตร[3] ข้อเสียคือ อุปกรณ์ชนิดนี้มีราคาแพง และใช้ได้ในบางกรณีเท่านั้น เพราะระบบการขนส่งหลายแห่งเป็นบริเวณเปิดโล่งหรือเป็นกำแพง ซึ่งกำแพงหรือส่วนสะท้อนจะอยู่ไกลเกินจับได้ นอกจากนี้การนำเลเซอร์ที่มีกำลังสูง ๆ มาใช้จะไม่นิยมในบริเวณที่มีคนหรือยานพาหนะหนาแน่น



ภาพที่ 2-5 การนำร่องโดยใช้เลเซอร์

2.5.2.8 การใช้เลเซอร์หาระยะทางด้วยวิธีรูปสามเหลี่ยม(Laser Triangulation)

วิธีการนี้จะหาตำแหน่งได้โดยการวัดมุมจากจุดสองจุด การสแกนวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่นั้น เป็นเรื่องที่ทำได้ยาก และต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ความถูกต้องแม่นยำจะขึ้นกับระยะทางและมุมที่ทำกับเส้นฐาน(Baseline) ซึ่งเชื่อมโยงระหว่างจุด 2 จุด ระยะทางที่วัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำจะอยู่ในช่วง 0-10 เมตร

2.5.2.9 การนำร่องโดยใช้ดาวเทียม (Satellite Navigation)

การนำร่องโดยใช้ดาวเทียมหรือที่รู้จักกันในชื่อ GPS(Grobal Positioning System)วิธีการนี้จะใช้การรันนิ่งไทม์(Running Time) คือ การหาตำแหน่งของเอจีวี 2 จุด ที่เคลื่อนที่ไปแล้ววัดเวลาในการเคลื่อนที่ วิธีการนี้จะให้ความละเอียดได้ไม่มากนัก คือโดยประมาณ 10 เมตร เท่านั้น [3]ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถนำไปใช้นำร่องเอจีวี ที่มีขนาดใหญ่ให้ขนส่งวัสดุที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากใช้ขนส่งภายนอกอาคารไปในระยะทางไกล ๆ ได้ เช่น การใช้บนไซโล(Zilo) หรือ คอนเทนเนอร์(Contraner) จากท่าเรือไปยังโรงเก็บวัสดุ หรือไปอีกท่าเรือหนึ่งได้

2.5.2.10 วิธีคอร์รีเลชัน(Correlation)

โดยใช้ออปติคเซนเซอร์แบบหัวอ่านคู่ ทำการสแกนไปบนพื้นที่ขรุขระและการวัดค่าของหัวอ่านทั้ง 2 จะเป็นไปอย่างสัมพันธ์กัน หลักการของการวัดมีลักษณะเป็นการเลื่อนอย่างอิสระ การวัดของหัวอ่านทั้งสองนี้จะสามารถประเมินลักษณะการเคลื่อนที่ในระนาบที่ไม่ทราบมาก่อนได้ [3]

2.5.3 การนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่องร่วมกับการนำร่องแบบไร้สาย

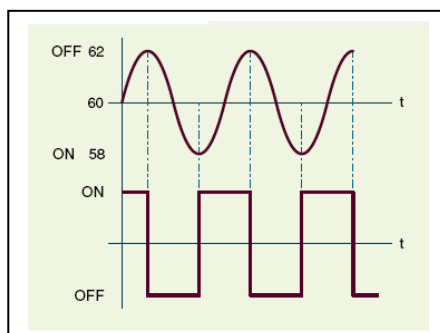
เป็นการนำสองเทคนิคมาผสมผสานกัน ทั้งนี้เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ใช้การนำร่องด้วยวิธีการฝังลวดใต้พื้นแบบมาตรฐานเป็นหลัก แล้วเสริมด้วยการใช้เครื่องมือวัดระยะทางในบางจุด เช่น ในบริเวณที่เอจีวี เคลื่อนที่เข้าสู่สถานีขนถ่ายอุปกรณ์ เป็นต้น วิธีการนี้ทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ไม่ต้องแก้ไขเพิ่มเติมเส้นทางเดินนำร่องใหม่อีกในกรณีต้องการเพิ่มสถานีปฏิบัติการ หรือการใช้เส้นทางเดินนำร่องทำงานร่วมกับกล้องซีซีดี และรีโมทคอนโทรล วิธีการนี้เกิดจากการนำ 3 เทคนิคมาทำงานร่วมกัน ข้อดีของวิธีการแบบนี้คือมีความยืดหยุ่นมากกว่า การใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น แต่การลงทุนก็จะสูงขึ้นอีกมากเช่นกัน หุ่นยนต์ทางอุตสาหกรรมส่วนมากถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพราะช่วยให้มีการตอบสนองรวดเร็วและถูกต้อง(หุ่นยนต์ที่ใช้งานเบา ๆ จะถูกขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ ที่ทำงานด้วยความดันอากาศและหุ่นยนต์ที่ทำหน้าที่หนัก จะใช้เซอร์โวมอเตอร์แบบไฮดรอลิก)

2.6 ลักษณะของตัวควบคุมที่ใช้ในเออีวี

การออกแบบระบบควบคุมนั้นจะต้องพิจารณาฟังก์ชันการส่งผ่าน(Transfer Function) ของระบบเสียก่อน ซึ่งฟังก์ชันการส่งผ่านนี้จะบอกถึงคุณสมบัติของระบบที่จะควบคุม ดังนั้นการเลือกวิธีการควบคุมที่ดีจะให้ผลการควบคุมมีเสถียรภาพ(Stability) และมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 4 ชนิด คือ

2.6.1 การควบคุมแบบเปิด-ปิด(ON-OFF Control)

เป็นลักษณะการควบคุมแบบวิธีการเปิด-ปิดธรรมดาเหมือนการปิดเปิดสวิตช์ไฟฟ้า เช่น เทอร์โมสแตสในเตารีดหรือการปิด-เปิดวาล์ว การทำงานของตัวควบคุมแบบเปิด-ปิดนั้นเอาต์พุตจะไม่คงที่จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทำให้ไม่สามารถจะใช้ในการควบคุมบางอย่างได้ ปกติการควบคุมแบบเปิด-ปิดจะมีเดดแบนด์(Dead Band) ซึ่งเอาต์พุตของตัวควบคุมที่ออกมาจะมีการแกว่งอยู่ในย่านที่ตัวควบคุมยอมรับได้ และการควบคุมแบบเปิด-ปิด จะใช้ได้ดีกับกระบวนการที่มีเดดแบนด์สั้นแต่มีค่าคงตัวของเวลายาว[3]



ภาพที่ 2-6 การทำงานของตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด(ON-OFF Control)

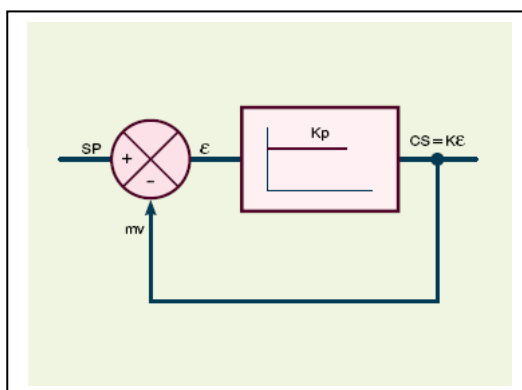
2.6.2 การควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional Control)

การควบคุมแบบสัดส่วนหรือการควบคุมแบบพี(Proportional Control หรือ P Control) เป็นการควบคุมโดยกำหนดค่าเกนส์(Gain) ของตัวควบคุมหรือเรียกได้ว่าเป็นการกำหนดอัตราส่วนของเอาต์พุตต่ออินพุต หรืออาจจะกำหนดออกมาในรูปของ Proportion Gain หรือ Proportional Band ก็ได้โดยมีสมการหาค่า PB ดังนี้ [3]

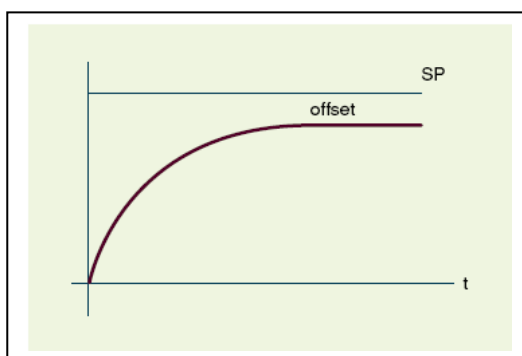
$$\text{Proportional Band} = \frac{1 \times 100}{\text{Proportional Gain}} \quad \text{หรือ} \quad \text{PB} = \frac{1 \times 1000}{K_p} \quad (2-1)$$

จากภาพที่ 2-7 เป็นการควบคุมแบบพี ซึ่งจะใช้ค่าเกนที่เป็นตัวควบคุมระบบเพียงอย่างเดียว ถ้าค่าเกนมากการเปลี่ยนแปลงจะเร็ว ซึ่งอาจทำให้เกิดการแกว่งของกระบวนการได้ ถ้าค่าเกนน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าอาจทำให้กระบวนการขาดการควบคุม(เกิด Offset) และถ้าปรับให้เกนมีค่าเท่ากับ α หรือ PB เท่ากับศูนย์ การควบคุมแบบพีจะกลายเป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิดทันที ในกรณีที่ค่าเกน(K) มีค่าน้อยเกินไปอาจเกิดการที่ค่าที่วัดได้ไม่เท่ากับค่าเซตพอยต์(Set Point) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการให้ค่าไบแอส(Bias) ที่เหมาะสม ส่วนในภาพที่ 2-8 เป็นกราฟแสดงการเกิดออฟเซตจะเห็นได้ว่าค่าเอาต์พุตไม่สามารถเข้าหาค่าเซตพอยต์ (Set Point) ได้

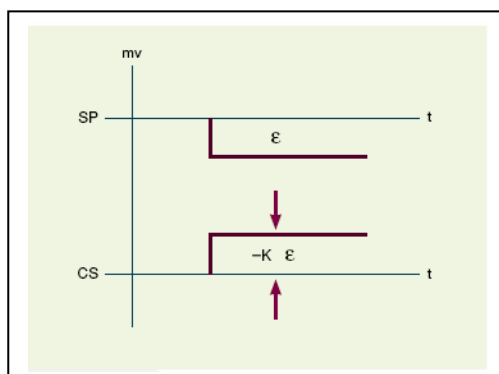
การเปลี่ยนแปลงของการควบคุมแบบพีจะมีผลตอบสนองออกมาเป็นกราฟดังภาพที่ 2-9 จะเห็นว่าลักษณะของกราฟจะเป็นเส้นตรงทั้งหมด ค่าเซตพอยต์และค่าที่ออกจากตัวควบคุมจะมีลักษณะรูปกราฟเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันที่เฟส เนื่องจากการควบคุมแบบพีจะไม่มีค่าเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องเมื่ออินพุตเปลี่ยนเอาต์พุตก็จะเปลี่ยนตามทันที [3]



ภาพที่ 2-7 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional Control)



ภาพที่ 2-8 แสดงกราฟแสดงการเกิดออฟเซต (Offset) ในระบบการควบคุมแบบสัดส่วน

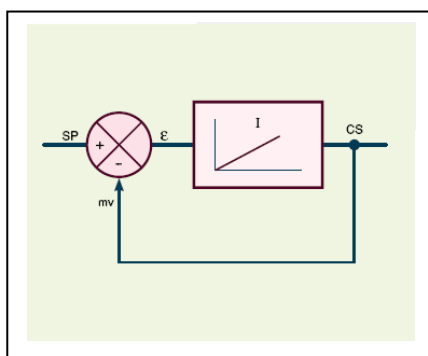


ภาพที่ 2-9 แสดงกราฟแสดงผลตอบสนองของการควบคุมแบบสัดส่วน

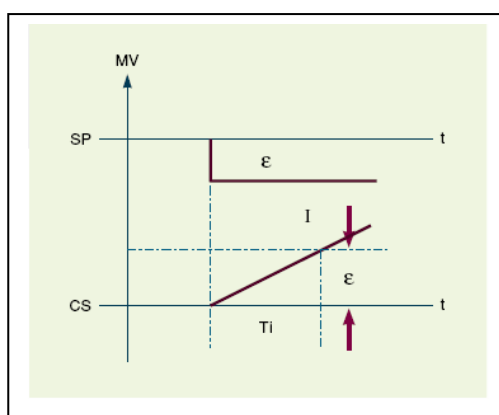
2.6.2 การควบคุมแบบอินทิกรัล (Integral Control)

การควบคุมแบบอินทิกรัลหรือแบบไอ(Integral Control หรือ I Control) เป็นการควบคุมแบบอินทิกรัลสัญญาณดังรูปที่ 5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบไอ ลักษณะของสัญญาณที่ผ่านการควบคุมแบบไอจะลาดชัน คือจะค่อย ๆ ใต้สูงขึ้นจนถึงจุดเซตพอยต์ การควบคุมแบบไอจะให้ผลตอบสนองต่อการควบคุมได้ดีกว่าการควบคุมแบบพีเนื่องจากการควบคุมแบบไอ เมื่ออินพุตเปลี่ยนเอาต์พุตจะไม่เปลี่ยนโดยทันที แต่จะค่อย ๆ เปลี่ยนไปดังภาพที่ 2-10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมแบบไอ จะเห็นว่าค่าเอาต์พุต(หรือ CS)จะค่อย ๆ ใต้สูงขึ้นจนถึงค่าเป้าหมาย(SP) ในช่วงระยะเวลา(Ti) ซึ่งเป็นตัวกำหนดค่าเวลาของการควบคุมแบบไอ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ การควบคุมแบบไอ มีลักษณะของสมการคำนวณดังนี้ [3]

$$CS = \frac{1}{Ti} \int \sum dt \quad \text{หรือ} \quad CS = KI \int \sum dt \quad (2-2)$$



ภาพที่ 2-10 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบอินทิกรัล (Integral Control)

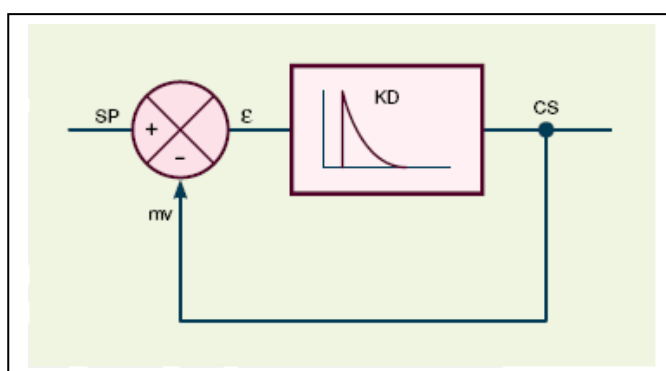


ภาพที่ 2-11 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมแบบอินทิกรัล

2.6.3 การควบคุมแบบดิริเวทีฟ (Derivative Control)

การควบคุมแบบดิริเวทีฟหรือการควบคุมแบบดี (Derivative Control หรือ D Control) เป็นการควบคุมแบบดิฟференเชียล ดังภาพที่ 2-12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบดี ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตเมื่อผ่านการควบคุมแบบดีแล้วจะเป็นลักษณะของการดิฟференเชียล คือช่วงเริ่มต้นสัญญาณจะขึ้นไปที่ค่าสูงสุดก่อนแล้วจะค่อย ๆ ลดลงเป็นทางลาดจนถึงค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งมีลักษณะสมการดังนี้ [3]

$$CS = KD \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (2-3)$$

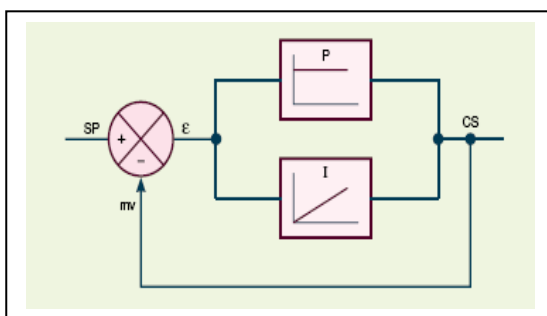


ภาพที่ 2-12 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบดิริเวทีฟ (Derivative Control)

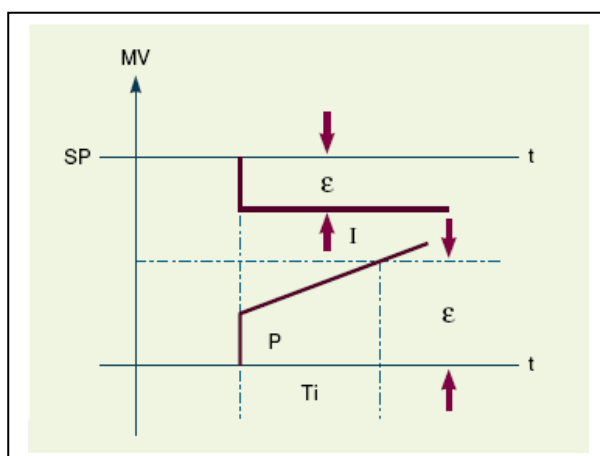
2.6.4 การควบคุมแบบพีไอ (Proportional Integral Control : PI Control)

การควบคุมแบบพีไอ จะช่วยให้การควบคุมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นกว่าการควบคุมแบบไคแบบหนึ่งเพียงอย่างเดียว ในภาพที่ 2-13 แสดงการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมแบบพีไอ จะเห็นว่าค่าสัญญาณเอาต์พุตเริ่มต้นจะขึ้นเป็นเส้นตรงซึ่งเป็นผลของการควบคุมแบบพี จากนั้นเอาต์พุตก็จะเป็นเส้นลาดชัน ซึ่งเป็นผลของการควบคุมแบบไอ นั่นเอง จุดเด่นของการควบคุมแบบพีไอ คือจะช่วยให้การควบคุมเอาต์พุตเข้าหาเป้าหมายได้เร็ว สรุปแล้วการเพิ่มการควบคุมแบบไอเข้าไปในการควบคุมแบบพีนั้น ก็เพื่อแก้ค่าออฟเซตอันเกิดการ P Control แต่ถ้ากำหนดค่า T_i น้อยเกินไปอาจทำให้ระบบเกิดการขาดเสถียรภาพหรือเกิดการออสซิลเลต (Oscillate) ได้ ซึ่งมีลักษณะของสมการดังนี้ [3]

$$CS = KP\varepsilon + KI\int \varepsilon dt \quad (2-4)$$



ภาพที่ 2-13 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบพีไอ (PI Control)



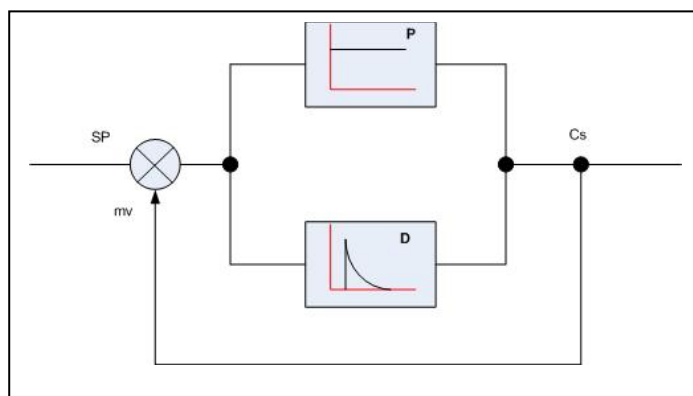
ภาพที่ 2-14 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมแบบพีไอ (PI Control)

2.6.5 การควบคุมแบบพีดี(Proportional Derivative Control : PD Control)

การควบคุมแบบพีดีแสดงดังภาพที่ 2-15 ซึ่งใช้การควบคุมแบบพี และแบบดี มาต่อขนานกัน ทุกตัว การควบคุมแบบนี้จะถูกนำมาใช้ในกระบวนการที่สามารถใช้การควบคุมแบบพี เพียงอย่างเดียวได้ แต่ต้องการให้มีลักษณะของการคาดการณ์ล่วงหน้า(Anticipation) บ้าง การควบคุมแบบดี นั้นจะทำให้ผลตอบสนองของการควบคุมแบบพี เกิดขึ้นก่อนล่วงหน้า ซึ่งจะเกิดขึ้นก่อนล่วงหน้าเมื่อไหร่ขึ้นอยู่กับค่าเวลา การควบคุมแบบดีไม่สามารถจะนำมาใช้เพียงลำพังค่าใด ๆ ได้แต่ต้องนำมาใช้ควบคู่กับการควบคุมแบบพี เนื่องจากเมื่อความผิดพลาดมีค่าเป็นศูนย์หรือมีค่าคงที่แล้วก็จะไม่มีสัญญาณเอาต์พุตของตัวควบคุมเกิดขึ้น หรือถ้ามีก็จะมีค่าตามที่ความผิดพลาดนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์

การควบคุมแบบพีดีนี้จะเหมาะที่จะนำมาใช้ในระบบการควบคุมที่มีเดดไทม์(Dead-Time) และส่วนสะสมพลังงาน(Storage Element) อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งข้อดีของการควบคุมพีดีนี้คือ ทำให้เกณท์การขยายของเครื่องควบคุมเพิ่มขึ้น, หักล้างเฟสล่าช้าที่มีอยู่ใน-loopของการควบคุม ซึ่งจะมีผลทำให้คาบเวลาของการแกว่งสั้นลง และทำให้ผลตอบสนองของการควบคุมไวขึ้น โดยไม่ทำให้เกิดการแกว่งมากเกินไป สมการการควบคุมแบบพีดีมีดังนี้[3]

$$CS = KPE + KD \frac{dE}{dt} \quad (2-5)$$



ภาพที่ 2-15 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบพีดี (PD Control)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pararach(1997) ได้ศึกษาและจัดการวางแผนสำหรับเส้นทางของเอจี้วี ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ไฮดรอลิก ซึ่งเอจี้วีใช้ในการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบจากโกดังไปยังจุดส่งมอบในหน่วยการผลิตและส่งชิ้นงานที่สำเร็จรูปสำหรับใช้ในหน่วยการประกอบ การวางแผนเส้นทางของเอจี้วีจะเลือกโดยเส้นทางที่สั้นและเวลาเดินทางรวมน้อยที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมในการคิดซึ่งใช้โปรแกรมลิงคิงโก(LINGO) ในการคำนวณเส้นทาง ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ [4]

Senoo และคณะ(1989) ได้ศึกษาถึงการควบคุมการเคลื่อนของเอจี้วีโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่(Fuzzy control) ซึ่งเป็นวิธีที่ตอบสนองอย่างรวดเร็วและเป็นการประหยัดพลังงานกว่าตัวควบคุมแบบพีไอ(Proportional Integral : PI) โดยเอจี้วีจะมี ล้อหน้าล้อเดียว, ล้อตามสองล้อและมีเซนเซอร์(Guide Sensor)สำหรับตรวจสอบเส้นทางติดอยู่ที่ด้านหน้าของเอจี้วี ล้อหน้าจะทำหน้าที่บังคับทิศทางในการเคลื่อนส่วนล้อตามจะทำหน้าที่ขับเคลื่อน เซนเซอร์มีระยะตรวจสอบ ± 100 มิลลิเมตร แถบแม่เหล็กมีความกว้าง 50 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้สำหรับเป็นเส้นทางการเดิน [5]

ไกรสร(1997) ได้ทำการออกแบบและสร้างยานขนส่งนำร่องอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมโดยโครงข่ายประสาทเทียม มีมอเตอร์ขับเคลื่อนที่เป็นอิสระต่อกัน 2 ตัวขับเคลื่อนแบบความเร็วแตกต่างกัน มีความเร็วตามแนวราบสูงสุด 15 เมตรต่อวินาที ตัวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายนอก 40 ตัว ประกอบด้วย ตัวตรวจจับเส้นทางเดินแบบเมตริกซ์ขนาด 4×4 จำนวน 1 ชุด ตัวตรวจจับทางแยก 4 ตัว ตัวตรวจจับสถานีปฏิบัติงาน 8 ตัว ตัวตรวจจับสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรดและอัลตราโซนิกอย่างละ 3 ชุด ตัวตรวจจับบางชนิดให้สัญญาณออกได้ทั้งแบบอนาล็อกและดิจิตอล นอกจากนั้นยังมีระบบควบคุมยานขนส่งจากระยะไกลและระบบป้องกันยานขนส่งอีกหลายอย่าง เช่น กันชน ไฟและเสียงสำหรับขอทาง ตัวประมวลผลกลางใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 80386 DX40 แบบจำลองของโครงข่ายระบบประสาทที่นำมาใช้ควบคุมยานขนส่งจะเป็นแบบแพร่กระจายกลับ(Back Propagation) ซึ่งเหมาะกับระบบที่มีหลายอินพุตหลายเอาต์พุต ซึ่งจากผลการทดลองโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นตัวควบคุมสามารถทำการควบคุมยานขนส่งได้ดี [6]

Cecco(2002) ได้ศึกษาถึงอัลกอริทึมในการสอบเทียบด้วยตนเอง(Self Calibration)และวิธีการสำหรับระบบนำร่อง(Navigation System) ใช้ระบบนำร่องแบบ(Inertial-Odometric)ที่ได้รับจากระบบนำร่องแบบสมบูรณ์ โดยอัลกอริทึมไม่มีการวัดจากภายนอกหรือปิดระบบแล้ววัดโดยคำนึงถึงเวลาและการจำแนกค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการสอบเทียบ รายละเอียดของอัลกอริทึมสามารถหามาได้จากค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน โดยทดลองกับต้นแบบซึ่งผลการทดลองความแม่นยำค่อนข้างสูงหลังจากมีการสอบเทียบด้วยตนเอง(Self Calibration) [7]

Borenstein และคณะ(2003) ได้ศึกษาถึงหลักการเซนเซอร์,ระบบ,วิธีการและเทคโนโลยีการหาตำแหน่งของ Mobile Robot โดยสามารถแบ่งออกเป็น 7 ประเภทดังนี้คือ 1. Odometry 2. Inertial Navigation 3. Magnetic Compasses 4. Active Beacons 5. Global Positioning Systems 6. Landmark Navigation 7. Model Matching [8]

Wu(2005) ได้ศึกษาถึงหัวข้อทางตันหรือจุดตาย(Deadlock)ในระบบการผลิตอัตโนมัติมีความสำคัญมากในการปฏิบัติงาน ปัญหาทางตันหรือจุดตายเป็นการแยกรักษาสำหรับส่วนประกอบในการผลิตและการขนส่งโดยที่มีหลาย ๆ เทคนิค ที่พัฒนาสำหรับแต่ละปัญหาโดยพบว่ามีสองปัญหาในทางโดยรวม ขั้นแรกต้องจำลองระบบเอจิวีและส่วนประกอบในกระบวนการโดยใช้แผนภาพแพทรีเน็ตส์(Petri-Net) หลังจากนั้นก็รวมแบบจำลอง 2 แบบ โดยการใช้การเปลี่ยนมาโครบนพื้นฐานการรวมกันของแบบจำลอง หลักการควบคุมแบบใหม่สำหรับเสนอการหลบหลีกทางตันหรือจุดตาย แสดงกับการคำนวณเชิงซ้อน [9]

Beji and Bestaoui(2005) ได้ศึกษาถึงพลศาสตร์ของเอจิวี โดยอธิบายได้ด้วยความเป็นเชิงเส้นของแบบจำลอง(Nonholonomics) โดยมีอินพุตสองอย่างคือแรงบิดของแกนตามและแรงบิดเชิงมุมของการเลี้ยว แบบจำลองนี้ใช้การรวมกันของพฤติกรรมด้านยาวและด้านข้าง โดยเกี่ยวข้องกับการกำเนิดการเคลื่อนที่ การคำนวณพลศาสตร์และข้อจำกัดเกี่ยวกับมอเตอร์ การจำกัดความเร็ว กระแสของมอเตอร์ และข้อจำกัดของสรูเรตต์(Slew Rate) โดยพิสูจน์ผลลัพธ์หลักซึ่งอยู่บนพื้นฐานของลาร์ปูโนฟ(Lyapunov) และอธิบายผลด้วยการแสดงตัวอย่างโดยการจำลอง(Simulation) [10]

Berman และคณะ(2003) ได้ศึกษาถึงหลักการของระบบนำร่องสำหรับการกระจาย ของเอจิวีซึ่งใช้เพื่อการขนถ่ายวัสดุ โดยมีหลักการของระบบนำร่องอยู่บนพื้นฐานการเพิ่มการควบคุมพฤติกรรมกับพิกัดของเอจิวีหลายตัวและการจัดลำดับก่อนหลังของเส้นทาง ผลลัพธ์แสดงกับการพัฒนาหลักการซึ่งรวมเข้าด้วยดี ระหว่างเส้นทางที่เหมาะสมของเอจิวี ที่มีอยู่และการกระจายปฏิบัติการของเอจิวีที่เหลือ โดยการใช้การคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุดในการจัดลำดับและใช้แบบจำลอง(Hierarchical Fuzzy Behavior-Based:HFBB) [11]

Freund and Mayr(1997) ได้ศึกษาถึงปัญหาในการควบคุมเส้นทางของ เอจิวี โดยจะไปด้วยกับการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้งที่ต้องการซึ่งเป็นการพิจารณาของพลศาสตร์ด้านข้างและด้านยาวซึ่งรวมด้วยกันในเอจิวี จะแสดงในตัวควบคุมการเชื่อมต่อแบบไม่เป็นเชิงเส้นและตำแหน่งของข้อซึ่งโดยสามารถได้รับพฤติกรรมการป้อนกลับซึ่งเป็นอิสระจากจุดปฏิบัติการของเอจิวีสำหรับสภาพของตำแหน่งของข้อทั้งหมดมีความจำเป็นตั้งแต่การสั่นไถลด้านข้างไม่ได้ให้ประโยชน์จากการวัดเลย ผู้สังเกตเป็นการประยุกต์การประมาณการสั่นไถลด้านข้างโดยตรงกับสเตตีสเตต(Steady-State) ซึ่งกำหนดโดยตัวควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งจะใช้การทำนายโดยการใช้การคำนวณความผิดพลาดสเตตีสเตต(Steady-State) ซึ่งเกิดผลแก่ตัวควบคุมโดยจะแสดงด้วยการจำลอง(Simulate) [12]

Reveliontis(2000) ได้ศึกษาถึงการจัดเส้นทางที่ขัดแย้งกันในระบบเอจวี ซึ่งมีองค์ประกอบข้อใดข้อหนึ่งตามนี้ 1. การจัดลำดับปัญหาตลอดถึงการเลือกรับเอาของการไหลของส่วนย่อยเส้นทางหรือเรียงลำดับของโครงสร้าง 2. แยกแยะการปะทะหรือชนกันอย่างหวุดหวิดด้วยวิธีการตรวจจับทางด้านหน้าและผ่านการตรวจจับทางด้านหลังหรือส่งไปโดยเส้นทางต่าง ๆ 3. การกำหนดการควบคุมของพื้นที่และการวางแผนเส้นทางก่อน โดยจะหลีกเลี่ยงจุดที่เอจวีจะชนหรือปะทะกันโดยนำข้อมูลการเคลื่อนที่ของเอจวีมาเขียนเป็นโมเดลอาร์เอเอส(Resource Allocation System : RAS) ซึ่งจะเห็นจุดตัดที่เกิดการปะทะกันจากนั้นก็ใช้อัลกอริทึมของแบงก์เกอร์(Banker) ใช้ในการแก้ไข(Generic Logic of Banker's Algorithm) ซึ่งผลการทดลองแสดงด้วยการจำลองการเคลื่อนที่ของเอจวี [13]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยส่วนใหญ่จะใช้แบบจำลองต่างๆ ช่วยในการทดลองอัลกอริทึมเพียงอย่างเดียวไม่ได้มีการทดลองสร้างเอจวีจริงๆ ซึ่งในบางครั้งการจำลองในคอมพิวเตอร์นั้นอาจไม่ได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงในการคำนวณ ส่งผลให้การคำนวณผิดพลาดได้ นอกจากนี้แล้วโดยส่วนใหญ่เอจวีมีระบบนำร่องแบบตายตัว เช่น แถบแม่เหล็ก, แถบสี แล้วใช้เซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับเส้นทางเดิน ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงสายการผลิตอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ไม่ค่อยมีความยืดหยุ่น เพราะการติดตั้งแถบแม่เหล็กนั้นต้องทำการฝังลงในพื้นโรงงาน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงสร้างเอจวีขึ้นมาจริงๆ เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการวิจัย โดยสามารถดูพฤติกรรมในการทดลองจริงเปรียบเทียบกับที่จำลองในคอมพิวเตอร์ได้ แล้วใช้ระบบนำร่องชนิดอิสระแบบพิกัดตำแหน่ง X-Y เพราะสามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางเดินง่าย เพียงแค่เปลี่ยนพิกัดตำแหน่ง X-Y ของเส้นทางเดินเท่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถตรวจติดตามการทำงานของเอจวีได้ด้วย

บทที่ 3

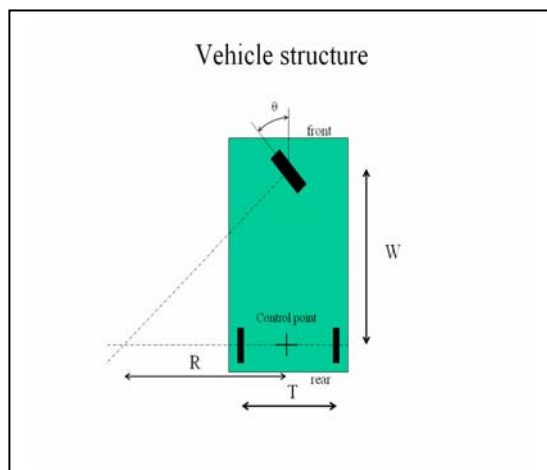
การดำเนินการวิจัย

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องการพัฒนากระบวนการควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วีนี้ ได้ใช้ระบบนำร่องแบบพิกัดตำแหน่ง(X-Y Coordinate) ซึ่งเป็นระบบนำร่องที่มีความยืดหยุ่น สามารถแก้ไขได้ง่าย ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย เริ่มจากศึกษาลักษณะกลศาสตร์โครงสร้างของเอจี้วี รวมทั้งสมการที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่ง ระบบควบคุมที่ใช้ในการควบคุมเอจี้วี การติดต่อกับเอจี้วีด้วยโปรโตคอลมอดบัส (Modbus) โดยผ่านระบบไร้สาย และการตรวจติดตามการทำงานของเอจี้วีด้วยกล้องซีซีดีไร้สาย โดยมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 ศึกษาลักษณะกลศาสตร์โครงสร้างของเอจี้วี รวมทั้งสมการที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่ง

3.1.1 โครงสร้างของเอจี้วี

เอจี้วีที่ใช้สำหรับวิทยานิพนธ์นี้เป็นแบบสามล้อโดยที่ล้อหน้าทำหน้าที่ขับเคลื่อนพร้อมทั้งเลี้ยวด้วยซึ่งเป็นแบบสามเหลี่ยม(Tricycle Mobile Robot)และมีล้อตามสองล้อ ซึ่งมีลักษณะตามภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างของเอจี้วี

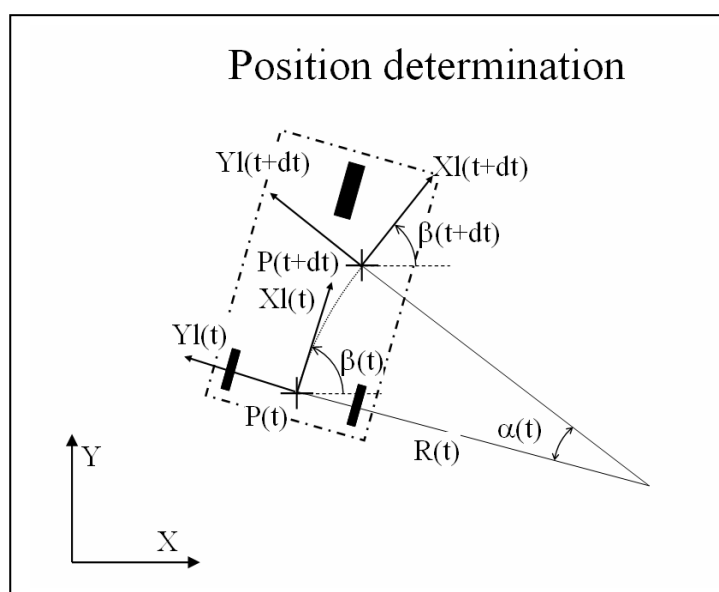
เมื่อ	R	คือ	รัศมีที่ใช้ในการเลี้ยว (เมตร)
	T	คือ	ระยะห่างระหว่างล้อตาม (เมตร)

W คือ ระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อตาม (เมตร)

θ คือ มุมที่ใช้ในการเลี้ยว(องศา)

3.1.2 สมการที่ใช้ควบคุมในการเคลื่อนที่ของเอจิวี่

จากโครงสร้างของเอจิวี่ในภาพที่ 3-1 สามารถนำมาเขียนเป็นกลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ของเอจิวี่ได้ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 กลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ของเอจิวี่

เมื่อ	$P(t)$	คือ	จุดกึ่งกลางของล้อหลังซึ่งใช้เป็นจุดเริ่มต้น
	$R(t)$	คือ	รัศมีที่ใช้ในการเลี้ยวของเอจิวี่ (เมตร)
	$\beta(t)$	คือ	มุมที่เกิดขึ้นหลังจากการเคลื่อนที่(องศา)
	$\alpha(t)$	คือ	มุมที่ใช้ในการเลี้ยวของเอจิวี่ (เมตร)
	$Xl(t)$	คือ	การอ้างอิงในแนวแกน X
	$Yl(t)$	คือ	การอ้างอิงในแนวแกน Y
	$P(t+dt)$	คือ	ตำแหน่งหลังจากเคลื่อนที่เมื่อเวลาใด ๆ
	$\beta(t+dt)$	คือ	มุมที่เกิดขึ้นหลังจากการเคลื่อนที่ ณ เวลาใด ๆ(องศา)
	$Xl(t+dt)$	คือ	การอ้างอิงในแนวแกน X ณ เวลาใด ๆ
	$Yl(t+dt)$	คือ	การอ้างอิงในแนวแกน Y ณ เวลาใด ๆ

จากภาพที่ 3-2 สามารถหาระยะจัดในการเคลื่อนที่(S)และมุมที่เกิดจากหลังจากการเคลื่อนที่ (β) ได้ดังนี้

$$\dot{\beta}(t) = \frac{S \cdot \tan(\theta(t))}{W} \quad (3-1)$$

โดยที่ระยะจัด

$$\vec{S} = S \cdot \overrightarrow{X1(t)} \quad (3-2)$$

และเมตริกซ์ลิฟท์ของการเคลื่อนที่

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \begin{bmatrix} \cos(\beta(t)) & \sin(\beta(t)) \\ -\sin(\beta(t)) & \cos(\beta(t)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3-3)$$

ตำแหน่งหลังจากการเคลื่อนที่เมื่อเวลาใด ๆ

$$P(t + dt) = \begin{bmatrix} \cos(\beta(t)) & \sin(\beta(t)) \\ -\sin(\beta(t)) & \cos(\beta(t)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \sin(\alpha) \\ R(\cos(\alpha) - 1) \end{bmatrix} + P(t) \quad (3-4)$$

เมื่อ

$$\alpha(t) = 2\pi \times \frac{\text{leftpulseinc} - \text{rightpulseinc}}{N_{\text{pointencoder}}} \times \frac{R_{\text{wheel}}}{T} \quad (3-5)$$

$$R(t) = \frac{1}{2} \times \frac{\text{leftpulseinc} + \text{rightpulseinc}}{\text{leftpulseinc} - \text{rightpulseinc}} \times T \quad (3-6)$$

6)

$$\beta(t + dt) = \beta(t) - \alpha(t) \quad (3-7)$$

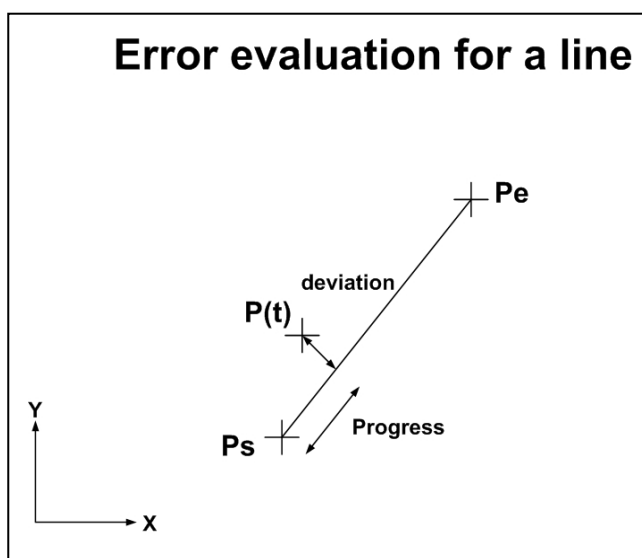
นำสมการที่ 3-5 ไปแทนในสมการที่ 3-7 จะได้

$$\beta(t + dt) = \beta(t) - 2\pi \times \frac{(\text{leftpulseinc} - \text{rightpulseinc})}{N_{\text{point encoder}}} \times \frac{R_{\text{wheel}}}{T} \quad (3-8)$$

นำสมการที่ 3-5 , 3-6 และ 3-7 ไปแทนในสมการ 3-4 จะได้

$$P(t + dt) = \begin{bmatrix} \cos(\beta(t)) & \sin(\beta(t)) \\ -\sin(\beta(t)) & \cos(\beta(t)) \end{bmatrix} \left[\begin{array}{c} (\text{leftpulseinc} + \text{rightpulseinc}) \times \frac{\pi \times R_{\text{wheel}}}{N_{\text{point encoder}}} \\ - \left(\frac{\pi \times R_{\text{wheel}}}{N_{\text{point encoder}}} \right)^2 \times \frac{(\text{leftpulseinc} + \text{rightpulseinc})(\text{leftpulseinc} - \text{rightpulseinc})}{T} \end{array} \right] + P(t) \quad (3-9)$$

3.1.3 สมการที่ใช้คำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ของเอจวี



ภาพที่ 3-3 การคำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

เมื่อ	Ps	คือ	ตำแหน่งเริ่มต้นในการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง
	Pe	คือ	ตำแหน่งสุดท้ายในการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง
	P(t)	คือ	ตำแหน่งที่เบี่ยงเบนออกไป

ความก้าวหน้า(Progress) ของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง จะได้

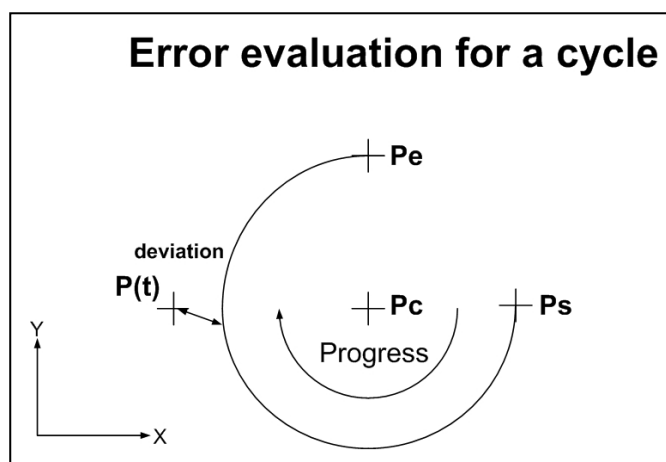
$$progress = \left(\frac{\overrightarrow{PsPe}}{\|\overrightarrow{PsPe}\|} \cdot \overrightarrow{PsP(t)} \right) \quad (3-10)$$

ความเบี่ยงเบน(Deviation) ของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง จะได้

$$deviation = \left(\frac{\overrightarrow{PsPe}}{\|\overrightarrow{PsPe}\|} \times \overrightarrow{PsP(t)} \right) \cdot \vec{Z} \quad (3-11)$$

ดังนั้นความเบี่ยงเบนจะได้

$$deviation = \frac{[(X_{Pe} - X_{Ps})(Y_{P(t)} - Y_{Ps}) - (Y_{Pe} - Y_{Ps})(X_{P(t)} - X_{Ps})]}{\sqrt{(X_{Pe} - X_{Ps})^2 + (Y_{Pe} - Y_{Ps})^2}} \quad (3-12)$$



ภาพที่ 3-4 การคำนวณความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง

เมื่อ	Ps	คือ	ตำแหน่งเริ่มต้นในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง
	Pe	คือ	ตำแหน่งสุดท้ายในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง
	P(t)	คือ	ตำแหน่งที่เบี่ยงเบนออกไป

P_c คือ ตำแหน่งที่ใช้เป็นจุดศูนย์กลางในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง
ความก้าวหน้า(Progress)ในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง จะได้

$$progress = \cos^{-1} \left(\frac{\overrightarrow{P_c P_s}}{\|\overrightarrow{P_c P_s}\|} \cdot \frac{\overrightarrow{P_c P(t)}}{\|\overrightarrow{P_c P(t)}\|} \right) \quad (3-13)$$

ความเบี่ยงเบน(Deviation)ในการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง จะได้

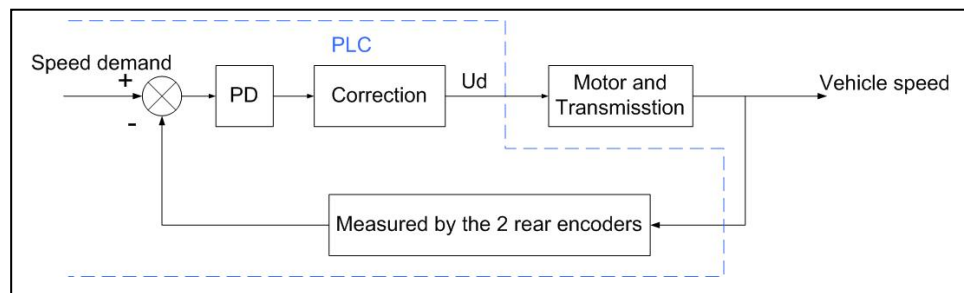
$$deviation = \pm (distance(P_c, P(t)) - radius) \quad (3-14)$$

ดังนั้นความเบี่ยงเบนจะได้

$$deviation = \pm \left(\sqrt{(Xp(t) - Xpc)^2 + (Yp(t) - Ypc)^2} - \sqrt{(Xpe - Xpc)^2 + (Ype - Ypc)^2} \right) \quad (3-15)$$

3.2 ระบบควบคุมการทำงานของเอจิวี่

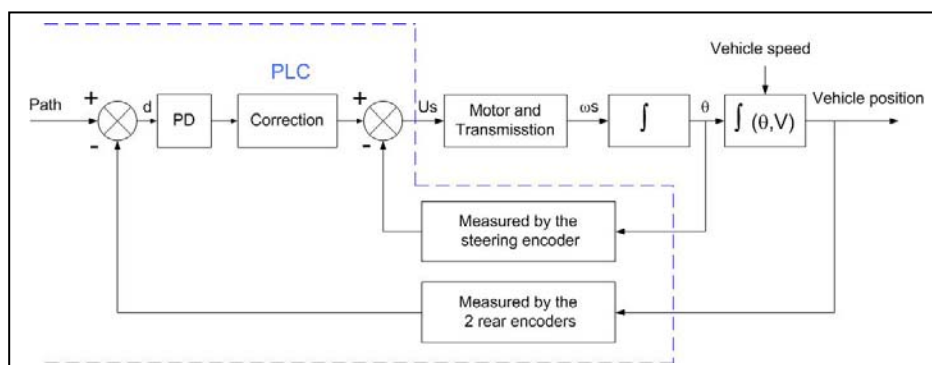
การควบคุมการทำงานของเอจิวี่ในวิทยานิพนธ์นี้แยกออกเป็นการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่และมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว ซึ่งมอเตอร์ทั้งสองตัวต้องทำงานสัมพันธ์กัน บล็อกไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้งสองแสดงดังภาพที่ 3-5 และ 3-6 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-5 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่

จากภาพที่ 3-5 สามารถอธิบายได้ดังนี้เมื่อมีคำสั่งให้ เอจิวี่เคลื่อนที่คำสั่งจะอยู่ในรูป ปริมาณความเร็วในการเคลื่อนที่จากนั้นคำสั่งจะถูกส่งไปยังพีแอลซี โดยพีแอลซีจะเป็นตัว

เคลื่อนที่ได้เท่ากับคำสั่งก็ไม่ต้องมีการปรับความเร็ว แต่ถ้าเคลื่อนที่ไม่เท่ากันก็จะทำการปรับความเร็วเพื่อที่จะให้คำสั่งกับการตรวจสอบการเคลื่อนที่ด้วยเอนโคเดอร์มีค่าเท่ากัน



ภาพที่ 3-6 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว

จากภาพที่ 3-6 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีคำสั่งให้เอจวี เคลื่อนที่คำสั่งจะอยู่ในรูปแบบพิกัดตำแหน่งโดยมีค่าในแกน X แกน Y รัศมีในการเลี้ยว เส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้อ้างอิงเวลาเลี้ยวในแนวแกน X และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้อ้างอิงเวลาเลี้ยวในแนวแกน Y จากนั้นจะส่งคำสั่งไปยังพีแอลซี โดยพีแอลซีจะเป็นตัวประมวลผลของระบบ ซึ่งจะได้คำสั่งในการเลี้ยวออกมาแล้วส่งต่อไปยังมอเตอร์และชุดไดรฟ์โดยได้เป็นความเร็วในการเลี้ยวออกมา จากนั้นก็ทำการอินทิเกรตเพื่อให้ได้ตำแหน่งของมุมออกมาโดยอยู่ในหน่วยองศาการนั้นก็ทำการอินทิเกรตกับความเร็วที่ได้จากภาพที่ 3-5 เพื่อให้พิกัดตำแหน่งออกมา โดยมีการตรวจสอบการเคลื่อนที่สองชั้นคือ ชั้นแรกตรวจสอบมุมที่ใช้ในการเลี้ยวโดยใช้เอนโคเดอร์ที่ติดตั้งที่เพลาล้อหน้าเป็นตัวยตรวจสอบ และชั้นที่สองคือตรวจสอบพิกัดตำแหน่งทั้งหมดโดยใช้เอนโคเดอร์ที่ล้อตามสองล้อ โดยถ้าคำสั่งในการเคลื่อนที่เท่ากับการวัดด้วยเอนโคเดอร์ก็就不用มีการปรับระบบ แต่ถ้าไม่เท่ากันก็จะทำการปรับเพื่อให้ได้ค่าที่เท่ากัน

สำหรับเอจวีในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ระบบนำทางแบบพิกัดตำแหน่ง นอกจากนี้ยังได้เพิ่มเติมระบบตรวจจับสถานีปฏิบัติงาน ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง และระบบควบคุมและสั่งงานระยะไกลด้วยเครือข่ายไร้สายโดยมีพีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานของเอจวี



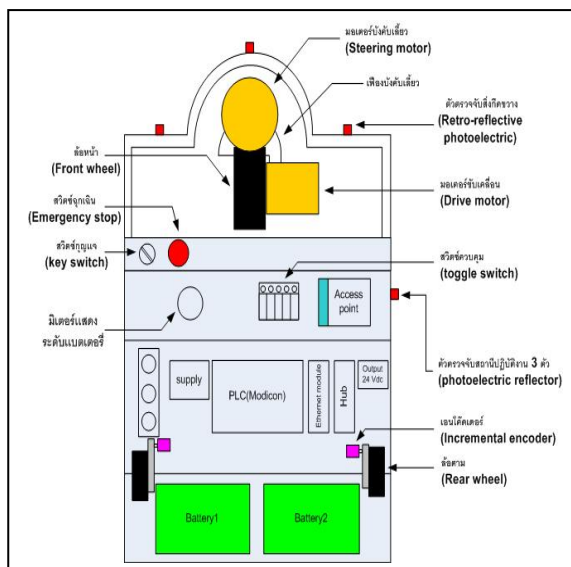
ภาพที่ 3-7 เอจีวีต้นแบบที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 3-8 ฟิวส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเอจีวี



ภาพที่ 3-9 เซนเซอร์ตรวจสอบตำแหน่งกีดขวาง



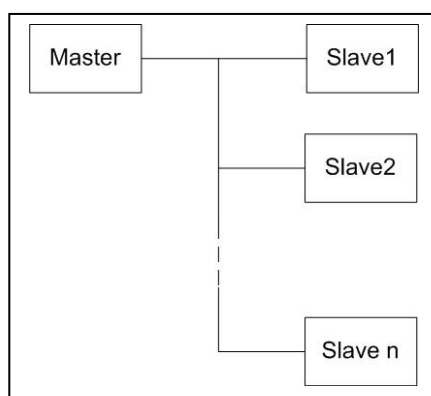
ภาพที่ 3-10 แสดงการวางตำแหน่งของอุปกรณ์และตัวตรวจจับของเอจี้วี

3.3 การติดต่อกับเอจี้วีด้วยโปรโตคอลมอดบัส (Modbus Protocol)

มอดบัส (Modbus) เป็นโปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูลระหว่างพีแอลซีกับพีแอลซีหรือระบบอื่นๆ ของบริษัท Modicon ซึ่งปัจจุบันนอกจากจะใช้กับพีแอลซีแล้วยังใช้กับอุปกรณ์อื่นๆ อีกเช่น SCADA, Flow Computer เป็นต้น ทั้งนี้เพราะใช้งานง่ายและแพร่หลายกว่าโปรโตคอลอื่น [14]

3.3.1 รูปแบบการต่ออุปกรณ์

มอดบัส (Modbus) เป็นระบบแบบมาสเตอร์กับสลาฟ (Master-Slave) โดยมาสเตอร์ 1 ตัวสามารถต่อเข้ากับสลาฟได้ 247 ตัว และมาสเตอร์เท่านั้นที่จะส่งคำถาม (Query) ไปยังสลาฟ และสลาฟจะส่งคำตอบกลับมา การเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์โดยผ่านทาง RS-232 ดังภาพที่ 3-11



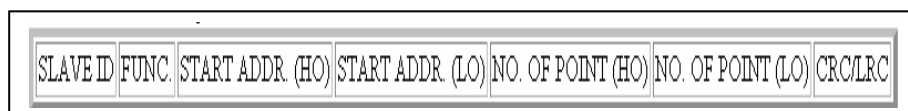
ภาพที่ 3-11 การต่อเครือข่ายโปรโตคอลมอดบัส(Modbus Network)

ตารางที่ 3-1 ฟังก์ชันของมอดบัส

Function Code	Description
01	Read Coil Status
02	Read Input Status
03	Read Holding Registers
04	Read Input Registers
05	Force Single Coil
06	Preset Single Registers
0F	Force Multiple Coils
10	Preset Multiple Registers

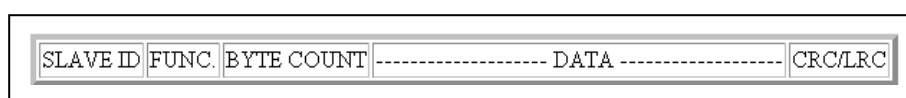
3.3.2 การส่งข้อมูลระหว่างมาสเตอร์และสลาฟ

3.3.2.1 มาสเตอร์จะส่งคำถาม ซึ่งมีรูปแบบดังนี้



ภาพที่ 3-12 รูปแบบการส่งคำถาม

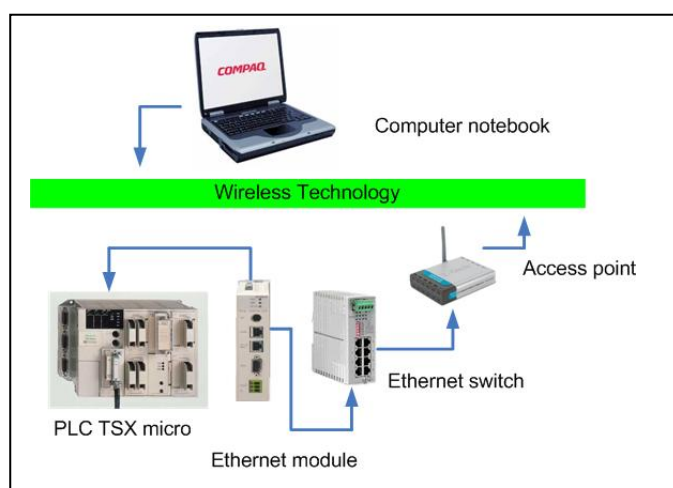
3.3.2.2 สลาฟที่มี ID ตรงกับคำถามที่ส่งมา (จะมีเพียงตัวเดียวเท่านั้น) จะส่งคำตอบกลับไปยังมาสเตอร์ ซึ่งมีรูปแบบทั่วไปดังนี้ (รูปแบบของคำตอบ จะต่างกันไปตามฟังก์ชัน)



ภาพที่ 3-13 รูปแบบการส่งคำตอบจากสลาฟไปมาสเตอร์

ความหมายของแต่ละฟิลด์มีดังนี้

1. SLAVE ID หมายถึง หมายเลขประจำตัวของอุปกรณ์ที่เป็นสลาฟ ซึ่งจะไม่ซ้ำกัน



ภาพที่ 3-14 การต่ออุปกรณ์เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านระบบ
เครือข่ายไร้สาย

3.4 การตรวจติดตามการทำงานของเอจีวีด้วยกล้องซีซีดีไร้สาย

เป็นการตรวจสอบการทำงานของเอจีวีว่ามีความถูกต้องตามโปรแกรม หรือว่ามีเหตุการณ์เฉพาะหน้าเกิดขึ้นอะไรบ้าง โดยสามารถส่งภาพมายังคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องซีซีดีไร้สาย ซึ่งกล้องซีซีดีแบบไร้สาย จะประกอบไปด้วยตัวกล้องและชุดรับสัญญาณออกวิดีโอ (AV-Receiver)



ภาพที่ 3-15 ตำแหน่งในการติดตั้งกล่องซีซีดีไร้สาย



ภาพที่ 3-16 ชุดรับสัญญาณออดิโอวีดีโอ (AV-Receiver)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะประกอบด้วยข้อกำหนดต่าง ๆ ของเอจี้วี รวมทั้งขั้นตอนในการทดลองนั้นก็มี การทดลองระบบควบคุมของเอจี้วี การทดลองระยะในการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลแบบ มอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สายและทดลองให้เอจี้วีเคลื่อนที่ด้วยรูปแบบต่าง ๆ กัน

4.1 ข้อกำหนดต่าง ๆ ระบบของเอจี้วี

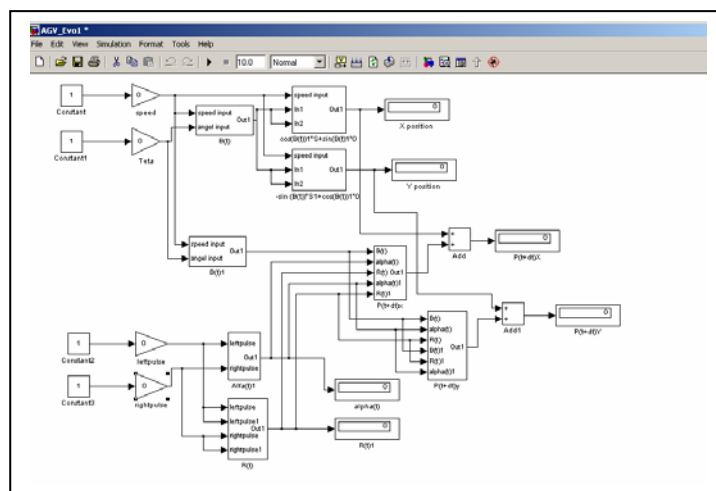
ระบบในการออกแบบเอจี้วีนั้น ในงานวิจัยนี้เพื่อใช้สำหรับการขนถ่ายวัสดุแบบลากจูง (Towing AGV) ที่มีน้ำหนักลาก 100 กิโลกรัม โดยใช้ทดลองในห้องของศูนย์วิจัยซึ่งมีขนาด 11.5 เมตร × 23.2 เมตร และห้องของตึกไทยฝรั่งเศสซึ่งมีขนาด 6 เมตร × 6 เมตร เอจี้วีจะเคลื่อนที่แบบเดินหน้าอย่างเดียว ลักษณะเส้นทางที่วิ่งจะเป็นสนาม มีเอจี้วีคันเดียวในการขนส่ง ซึ่งสามารถจำแนกออกมาเป็นเรื่องต่าง ๆ ได้ดังนี้

- 4.1.1 เอจี้วีมีขนาดความกว้างวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของเอจี้วี วัดได้ 0.63 เมตร
- 4.1.2 ส่วนที่ยาวที่สุดวัดได้ 1.15 เมตร
- 4.1.3 ส่วนที่สูงที่สุดวัดได้ 0.815 เมตร
- 4.1.4 สามารถลากน้ำหนักได้สูงสุด 100 กิโลกรัม
- 4.1.5 มีล้อทั้งหมด 3 ล้อ เป็นล้อขับ 1 ล้อและล้อตาม 2 ล้อ
- 4.1.6 ใช้ยางตันโดยล้อหน้ามีดอกยาง แต่ล้อตามข้างหลัง 2 ล้อไม่มีดอกยาง
- 4.1.7 รัศมีการเลี้ยวที่แคบสุด 1.5 เมตร
- 4.1.8 ความเร็วในการเคลื่อนที่แบบทางตรง 0.9 กิโลเมตร/ชั่วโมง และความเร็วในการเคลื่อนที่แบบทางโค้ง 0.52 กิโลเมตร/ชั่วโมง
- 4.1.9 ไข่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว ตัวที่ใช้ขับเคลื่อนขนาด 1200 วัตต์ และตัวที่ใช้บังคับเลี้ยวขนาด 1500 วัตต์
- 4.1.10 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 50 แอมป์/ชั่วโมง 2 ลูก
- 4.1.11 ระบบนำร่องเป็นแบบพิกัดตำแหน่ง X-Y
- 4.1.12 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากสิ่งกีดขวางหรือวัตถุที่เข้ามาใกล้ โดยจะใช้เซนเซอร์ตรวจจับแบบไปกลีบ(Photoelectric Sensor)

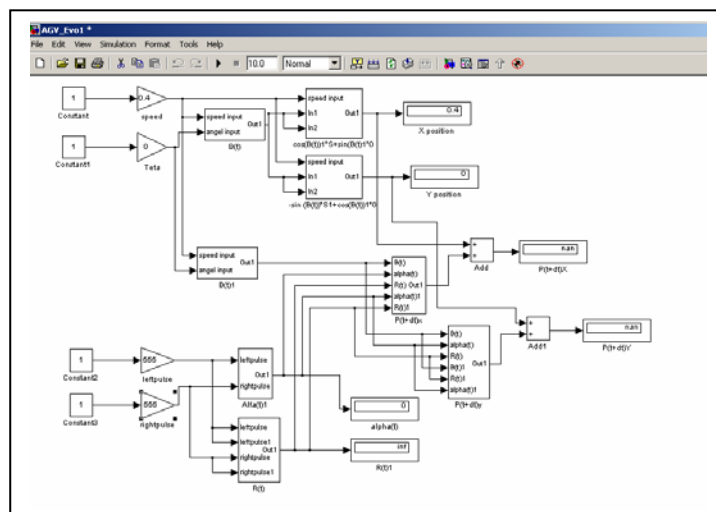
4.2 การทดลองระบบควบคุมของเอจี้วี

4.2.1 ทดลองสมการการควบคุมการเคลื่อนที่ของเอจี้วี

เป็นการทดลองสมการการควบคุมการเคลื่อนที่ที่มีความถูกต้องหรือไม่ โดยใช้โปรแกรม Matlab7.0 เป็นตัวจำลองการทำงาน(Simulation) ซึ่งจากสมการในบทที่ 3 เรานำมาเขียนเป็น ทูล์บ็อก(Tool Box)ได้เลยในโมเดลไฟล์ของ Matlab 7.0

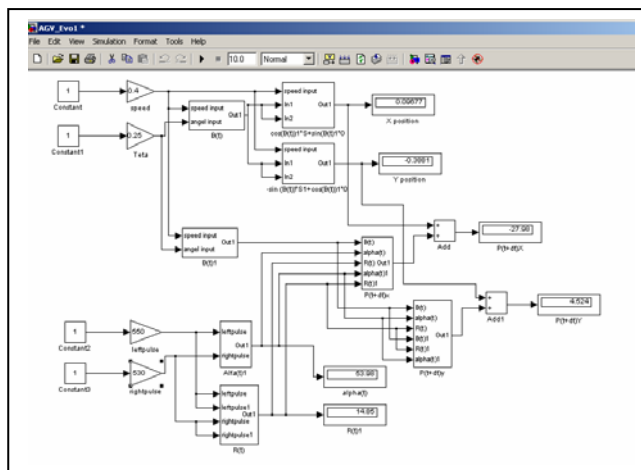


ภาพที่ 4-1 ทูล์บ็อกที่ใช้จำลองการทำงานสมการการควบคุมการเคลื่อนที่



ภาพที่ 4-2 แสดงผลการทดลองของสมการการควบคุมการเคลื่อนที่
(ป้อนความเร็วอย่างเดียว)

จากภาพที่ 4-2 เมื่อเราป้อนค่าความเร็ว (Speed) และค่ามุมในการเลี้ยวโปรแกรมก็จะคำนวณค่าตำแหน่งในแกน X และแกน Y ออกมา โดยจะรับสัญญาณจากเอนโค้ตเตอร์ที่ล้อตาม 2 ล้อมาทำการเปรียบเทียบเพื่อที่จะไปคำนวณรัศมีในการเลี้ยวของเอจีวี ในภาพนี้เป็นการทดลองเฉพาะป้อนค่าความเร็วอย่างเดียวไม่มีค่ามุมในการเลี้ยว ดังนั้นเอนโค้ตเตอร์ที่ล้อตาม 2 ล้อจึงมีค่าเท่ากัน ทำให้โปรแกรมคำนวณค่ารัศมีออกมาเป็น Infinity และ α เป็น 0

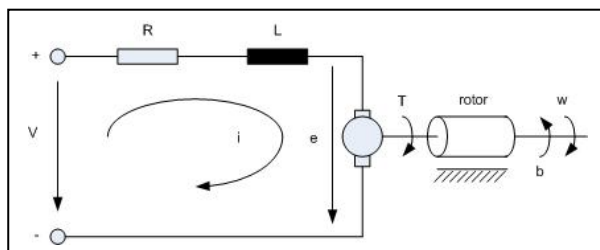


ภาพที่ 4-3 ผลการทดลองของสมการการควบคุมการเคลื่อนที่ (ป้อนความเร็วและมุม)

จากภาพที่ 4-3 เมื่อเราป้อนค่าความเร็ว (Speed) เท่ากับ 0.4 และค่ามุมในการเลี้ยวเท่ากับ 0.25 องศา โปรแกรมคำนวณค่าตำแหน่งในแกน X ได้เท่ากับ 0.09677 เมตรและแกน Y เท่ากับ 0.3881 เมตร โดยจะรับสัญญาณจากเอนโค้ตเตอร์ที่ล้อตาม 2 ล้อมาทำการเปรียบเทียบเพื่อที่จะไปคำนวณรัศมีในการเลี้ยวของเอจีวี ซึ่งเอนโค้ตเตอร์ซ้ายมีค่าเท่ากับ 550 pulse/revolution และเอนโค้ตเตอร์ขวามีค่าเท่ากับ 530 pulse/revolution โปรแกรมคำนวณค่ารัศมีได้เท่ากับ 0.1485 เมตรและ α เท่ากับ 53.98

4.2.2 ทดลองสมการการทำงานของมอเตอร์บังคับเลี้ยว

เป็นการวิเคราะห์มอเตอร์ไฟกระแสตรง(DC Motor) โดยสามารถเขียนเป็นวงจรที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างทั้งทางด้านไฟฟ้าและทางกลได้ดังภาพที่ 4-4 และ 4-5 ตามลำดับ โดยสามารถแยกโครงสร้างได้ตามสัญลักษณ์ดังนี้



ภาพที่ 4-4 วงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor Circuit)

โดยมีสัญลักษณ์ทางด้านระบบไฟฟ้า ดังนี้

- V คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านอินพุต
- i คือ กระแสอาร์เมเจอร์
- L คือ ความเหนี่ยวนำของขดลวดอาร์เมเจอร์
- R คือ ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์
- e คือ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Electromotive Force Voltage : Back EMF)

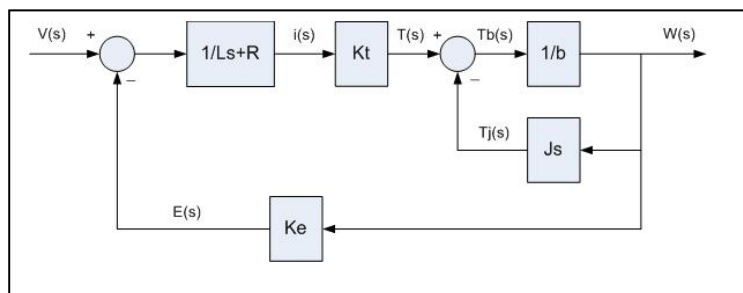
โดยมีสัญลักษณ์ทางด้านระบบทางกล ดังนี้

- J คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของแกนหมุน
- b คือ ความฝืด(Viscous Friction : Damper)
- T คือ แรงบิดของมอเตอร์
- w คือ ความเร็วเชิงมุม(Angular Velocity) (rad/sec)

ค่าพารามิเตอร์และค่าคงที่(กำหนดให้ $K_t = K_e = k$)

- K_t คือ ค่าคงที่ของขดลวดอาร์เมเจอร์
- K_e คือ ค่าคงที่ของมอเตอร์
- T_J คือ ค่าแรงบิดของความเฉื่อย $= J \frac{dw}{dt}$
- T_b คือ ค่าแรงบิดของความฝืด $= b.w$
- T_L คือ ค่าแรงบิดของภาระโหลด (ค่าปกติ = 0)

จากวงจรในภาพที่ 4-4 สามารถนำมาเขียนเป็นผังไดอะแกรม ได้ดังภาพที่ 4-5 โดยแยกเป็นผังย่อยของแต่ละส่วนทั้งทางกลและทางไฟฟ้า



ภาพที่ 4-5 บล็อกไดอะแกรมย่อยของระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถหาสมการโอนย้ายคุณลักษณะ(Transfer-Function) ของระบบได้ดังนี้

$$\text{เมื่อ } e = k_e \cdot w$$

$$T = K_t \cdot i$$

จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์(KVL)

$$v - iR - L \frac{di}{dt} - e = 0$$

$$L \frac{di}{dt} + iR = v - k_e \cdot w \quad (4-1)$$

จากกฎของนิวตัน(Newton's Law) จะได้พลังงานทางกลทั้งหมด คือ

$$T - T_i - T_b - T_L = 0$$

$$K_t \cdot i - J \frac{dw}{dt} - b \cdot w = 0$$

$$J \frac{dw}{dt} + b \cdot w = K_t \cdot i \quad (4-2)$$

จากสมการที่ 4-1 และสมการที่ 4-2 เมื่อแปลงอยู่ในรูปของลาปลาซ(Laplace Transform)

$$(Ls + R)I(s) = V(s) - k_e \cdot W(s)$$

$$I(s) = \frac{V(s) - K_e \cdot W(s)}{(Ls + R)} \quad (4-3)$$

$$(Js + b)W(s) = Kt.I(s)$$

$$W(s) = \frac{Kt.I(s)}{(Js + b)} \quad (4-4)$$

เมื่อให้ความเร็ว(Rotation Speed : w) เป็นเอาต์พุต และแรงดัน(v) เป็นอินพุตแทนในสมการที่ 4-3 และสมการที่ 4-4 จะได้

$$(Js + b)W(s) = \frac{Kt.V(s) - Kt.Ke.W(s)}{(Ls + R)}$$

$$(Js + b)(Ls + R)W(s) = Kt.V(s) - Kt.Ke.W(s)$$

$$[(Js + b)(Ls + R) + (Kt.Ke)]W(s) = Kt.V(s)$$

$$\frac{W(s)}{V(s)} = \frac{Kt}{(Js + b)(Ls + R) + Kt.Ke}$$

เมื่อกำหนดให้ $Kt = Ke = k$ จะได้สมการโอนย้ายคุณลักษณะ(Transfer Function) เป็น

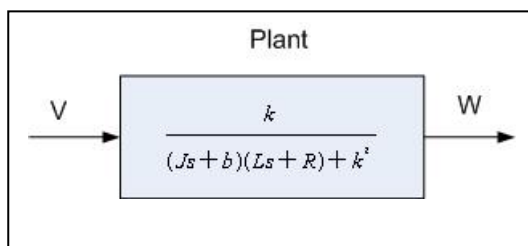
$$\frac{W(s)}{V(s)} = \frac{k}{JL.s^2 + (bL + JR)s + (bR + k^2)} \quad (4-5)$$

สมการที่ 4-5 เป็นสมการของระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะเอาไปทดลองกับตัวควบคุมแบบพีดี(Proportional Derivative : PD)ว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่โดยใช้โปรแกรม Matlab7.0 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าดังนี้ $Ke = Kt = k = 0.01$ Nm/Amp , $b = 0.1$ Nms , $J = 0.01$ kgm²/s² , $R = 1 \Omega$, $L = 0.5$ H , $v = 1$ v (Unit Step) นำค่าพารามิเตอร์มาแทนค่าสมการที่ 4-5 จะได้

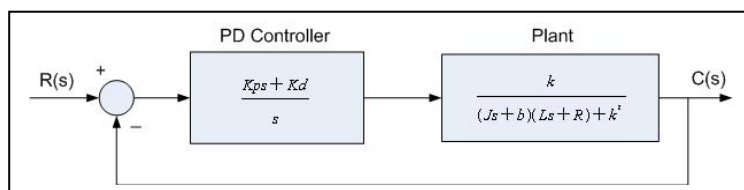
$$\frac{W(s)}{V(s)} = \frac{0.01}{(0.01s + 0.1)(0.5s + 1) + 0.01^2}$$

$$= \frac{0.01}{0.005s^2 + 0.01s + 0.05s + 0.1 + 0.0001}$$

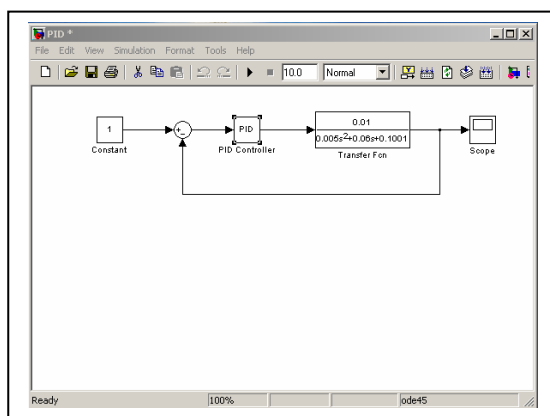
$$= \frac{0.01}{0.005s^2 + 0.06s + 0.1001}$$



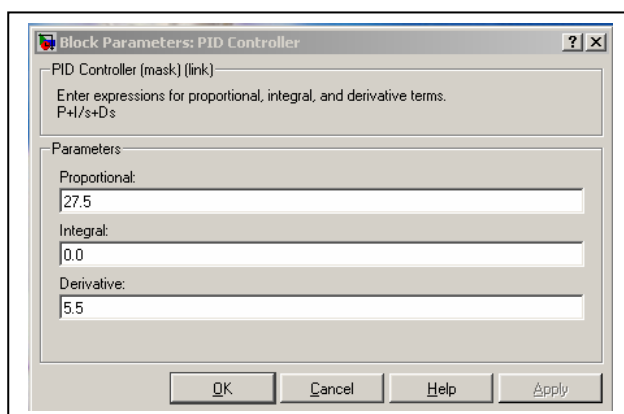
ภาพที่ 4-6 สมการโอนย้ายคุณลักษณะ(Transfer Function) ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



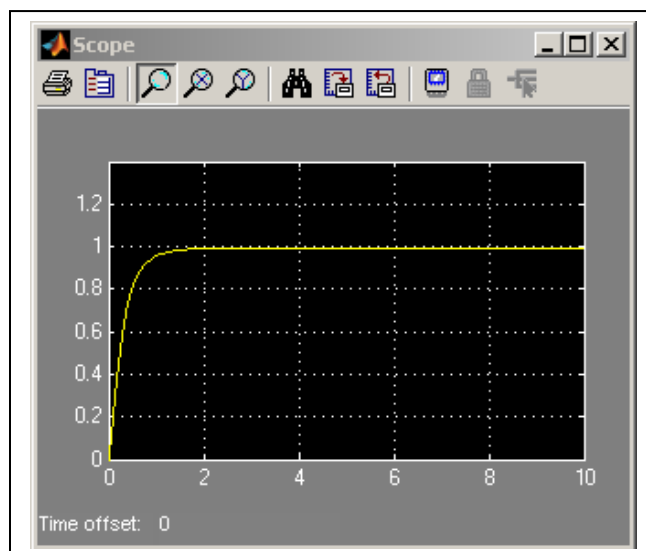
ภาพที่ 4-7 การต่อตัวควบคุมแบบพีดีสำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 4-8 บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของมอเตอร์บังคับด้วย



ภาพที่ 4-9 ค่าของตัวควบคุมแบบพีดี



ภาพที่ 4-10 ผลการทดลองของค่าเกนส์พีที่ 27.5 และค่าเกนส์ดีที่ 5.5

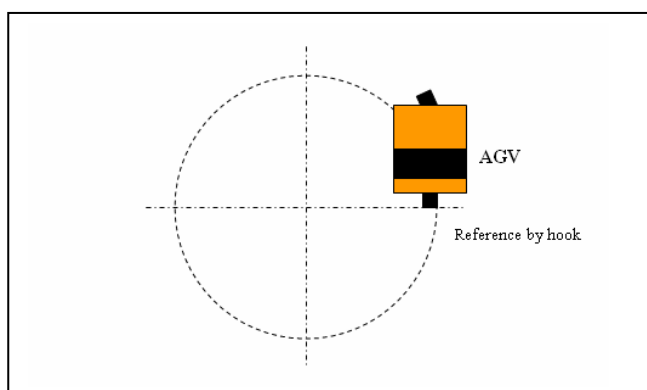
จากภาพที่ 4-10 เมื่อเราป้อนค่าตัวควบคุมแบบพีเท่ากับ 27.5 และค่าตัวควบคุมแบบดีเท่ากับ 5.5 จะทำให้ระบบเข้าสู่จุดที่ต้องการ(Set Point) ได้เร็ว เพียงแค่ 1.8 วินาทีเท่านั้นโดยไม่มีโอเวอร์ชูตเลย และหลังจาก 1.8 วินาทีไปแล้วไม่มีความผิดพลาด(Steady State Error)อีกเลย ดังนั้นจึงนำค่าพีและค่าดีดังกล่าวมาใช้ในการควบคุมมอเตอร์บังคับลิ้น

4.2.3 ทดลองการอ้างอิงตำแหน่งในการเคลื่อนที่โดยเปรียบเทียบกันระหว่างล้อหน้ากับกึ่งกลางของล้อตามด้านหลัง

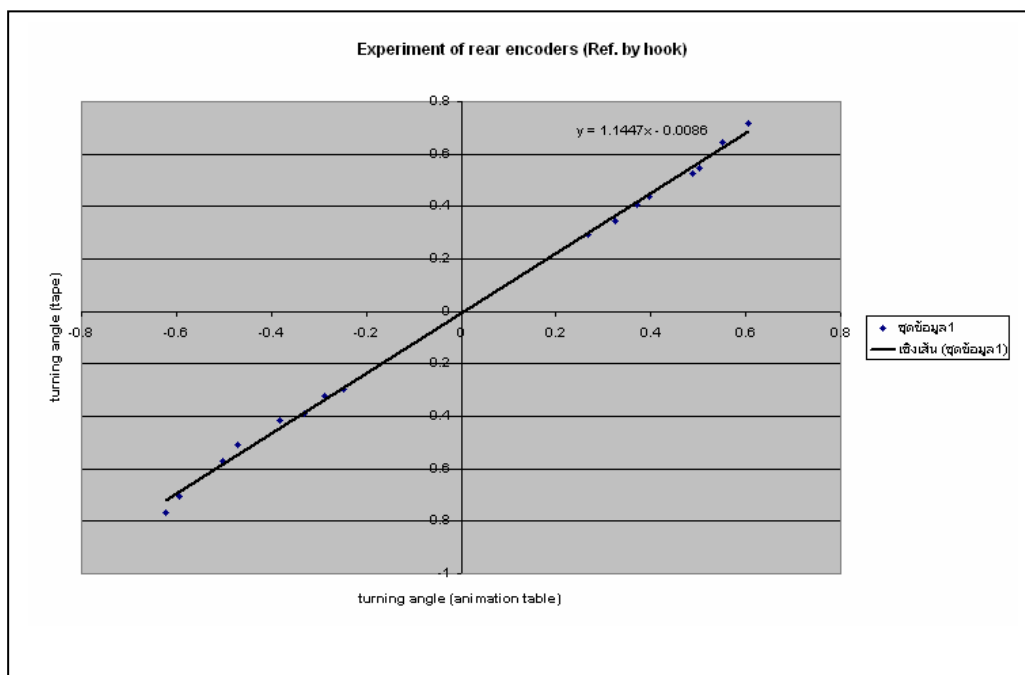
เป็นการทดลองเพื่อหาตำแหน่งที่ดีที่สุดที่จะนำมาเขียนเป็นจุดเริ่มต้นในการอ้างอิงตำแหน่งของเอจีวีโดยมีวิธีการทดลองคือให้เอจีวีเคลื่อนที่แบบเป็นวงกลมซึ่งมีรัศมีไม่เท่ากันทั้งซ้ายและขวาเปรียบเทียบจากการวัดจริงด้วยตลับเมตรและเปรียบเทียบกับค่าจากพีแอลซี

ตารางที่ 4-1 ค่าของมุมในการเลี้ยวเปรียบเทียบกับระหว่างการวัดจริงกับจากค่าจากพีแอลซี
โดยอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามด้านหลัง

Command	Turning Angle (from animation table)	Turning Angle(formula) $= \text{asin}(\text{Spanlenght}/R)$	R(from tape)	Comment
0.25	0.2686742	0.2948	2.5125	Turn L
0.30	0.3253782	0.3454	2.156	„
0.35	0.3715380	0.4094	1.834	„
0.40	0.3959596	0.4367	1.726	„
0.45	0.4880681	0.5276	1.45	„
0.50	0.5027652	0.5464	1.405	„
0.55	0.5503693	0.6439	1.216	„
0.60	0.6047442	0.7185	1.109	„
-0.25	-0.2473218	-0.2990	-2.478	Turn R
-0.30	-0.2873291	-0.3200	-2.320	„
-0.35	-0.3306472	-0.3917	-1.912	„
-0.40	-0.3816699	-0.4175	-1.7485	„
-0.45	-0.4708086	-0.5105	-1.494	„
-0.50	-0.5028746	-0.5694	-1.354	„
-0.55	-0.5946099	-0.7061	-1.125	„
-0.60	-0.6231852	-0.7669	-1.052	„



ภาพที่ 4-11 การทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามด้านหลัง

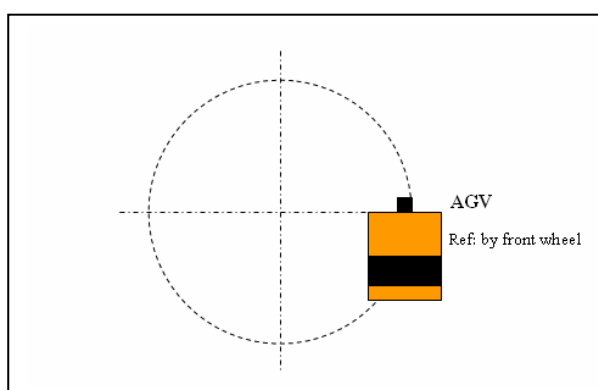


ภาพที่ 4-12 แสดงกราฟการทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามด้านหลังแสดงค่าของมุมในการเลี้ยวทั้งซ้ายและขวา

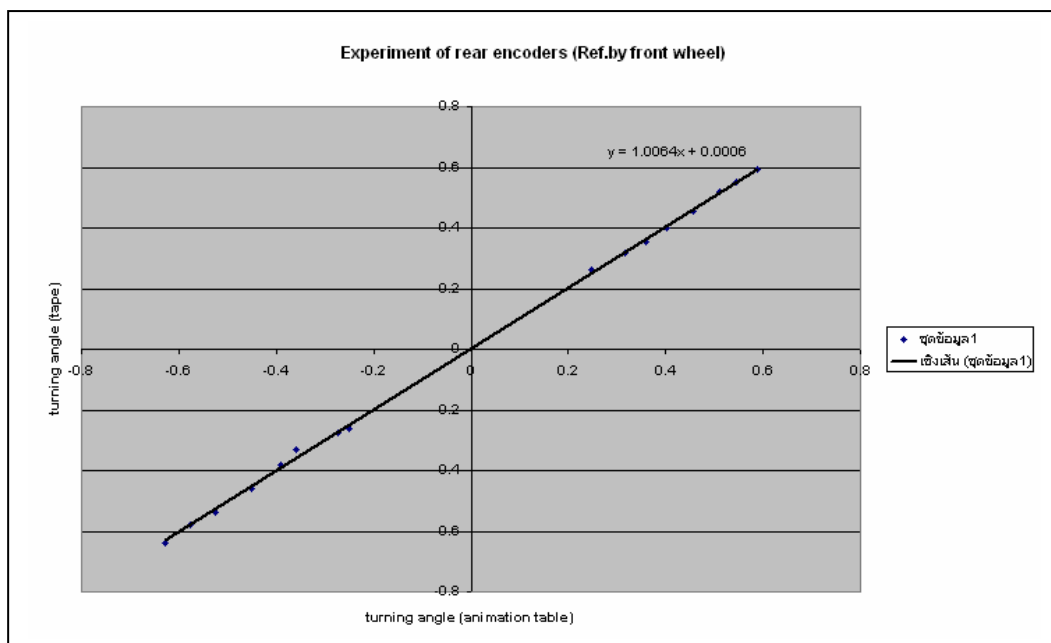
จากภาพที่ 4-12 เป็นการแสดงกราฟการทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามด้านหลังโดยเปรียบเทียบกันระหว่างค่าที่ได้จากการวัดด้วยตลับเมตร และค่าที่ได้จากการคำนวณในพีแอลซี ในแกน X เป็นค่าของมุมที่ได้จากการคำนวณในพีแอลซี และในแกน Y เป็นค่าที่ได้จากการวัดด้วยตลับเมตร

ตารางที่ 4-2 ค่าของมุมในการเลี้ยวเปรียบเทียบกับระหว่างการวัดจริงกับจากค่าจากพีแอลซี
โดยอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้า

Command	Turning Angle (from animation table)	Turning Angle(formula) = asin(Spanlengt/R)	R(from tape)	Comment
0.25	0.2476252	0.2602	2.8375	Turn L
0.30	0.3161534	0.3167	2.3435	„
0.35	0.3584775	0.3528	2.1125	„
0.40	0.4012039	0.3990	1.879	„
0.45	0.4557868	0.4569	1.6545	„
0.50	0.5116599	0.5212	1.466	„
0.55	0.5452058	0.5503	1.396	„
0.60	0.5883101	0.5911	1.31	„
-0.25	-0.2513472	-0.2604	-2.835	Turn R
-0.30	-0.2723036	-0.2753	-2.685	„
-0.35	-0.3577881	-0.3309	-2.2465	„
-0.40	-0.3901819	-0.3831	-1.953	„
-0.45	-0.4502153	-0.4583	-1.65	„
-0.50	-0.5256153	-0.5397	-1.4205	„
-0.55	-0.5768847	-0.5783	-1.3355	„
-0.60	-0.6285766	-0.6405	-1.2215	„



ภาพที่ 4-13 การทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้า

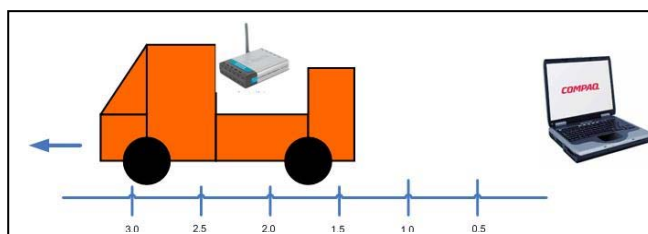


ภาพที่ 4-14 แสดงกราฟการทดลองอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้าแสดงค่าของมุมในการเลี้ยวทั้งซ้ายและขวา

จากกราฟในภาพที่ 4-12 และภาพที่ 4-14 สรุปได้ว่าการอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้ามีความแม่นยำมากกว่าการอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางระหว่างล้อตาม เนื่องจากการเส้นตรงของการอ้างอิงตำแหน่งด้วยล้อหน้ามีค่าคือ $Y = 1.0064X + 0.0006$ แต่สมการเส้นตรงของการอ้างอิงตำแหน่งด้วยกึ่งกลางของล้อตามมีค่าคือ $Y = 1.1447X - 0.0086$ ซึ่งมีค่ามากกว่า

4.2.4 การทดลองระยะในการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านเครือข่ายไร้สาย

เป็นการทดลองเพื่อหาระยะในการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สายว่ามีระยะไกลสุดได้เท่าไร และเวลารับส่งข้อมูลกันระหว่างคอมพิวเตอร์และตัวพีแอลซี จะมีการผิดพลาดหรือไม่



ภาพที่ 4-15 การทดลองระยะในการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านเครือข่ายไร้สาย

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองระยะในการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านเครือข่ายไร้สาย

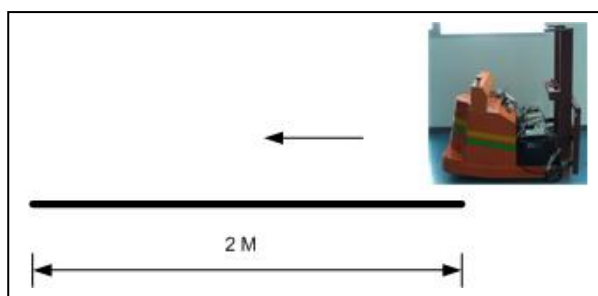
Distance(M)	Forward	Reverse	Turn Right	Turn Left	Stop
1.0	✓	✓	✓	✓	✓
1.5	✓	✓	✓	✓	✓
2.0	✓	✓	✓	✓	✓
2.5	✓	✓	✓	✓	✓
3.0	✓	✓	✓	✓	✓
3.5	✓	✓	✓	✓	✓
4.0	✓	✓	✓	✓	✓
4.5	✓	✓	✓	✓	✓
5.0	✓	✓	✓	✓	✓
5.5	✓	✓	✓	✓	✓
6.0	✓	✓	✓	✓	✓
6.5	✓	✓	✓	✓	✓
7.0	✓	✓	✓	✓	✓
7.5	✓	✓	✓	✓	✓
8.0	✓	✓	✓	✓	✓
8.5	✓	✓	✓	✓	✓
9.0	✓	✓	✓	✓	✓
10.0	✓	✓	✓	✓	✓
10.5	✓	✓	✓	✓	✓
11.0	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 4-3 สรุปได้ว่าการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สายระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีแอลซี สามารถรับส่งได้ทุกระยะให้ห้องและข้อมูลที่ได้รับก็ไม่มี ความผิดพลาด

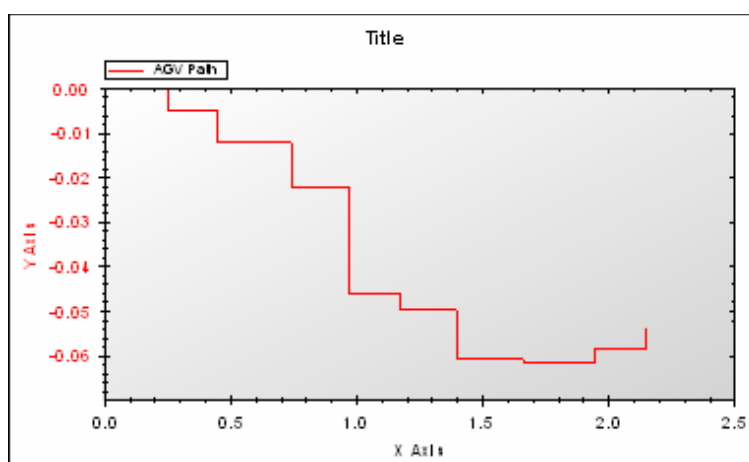
4.3 การทดลองให้เอจีวีเคลื่อนที่ด้วยรูปแบบต่าง ๆ กัน

เป็นการทดลองเพื่อดูพฤติกรรมเคลื่อนที่ของเอจีวีว่ามีความถูกต้องตามที่โปรแกรมไว้หรือไม่ ซึ่งมีเส้นทางเดินรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

4.3.1 เส้นตรง 2 เมตร



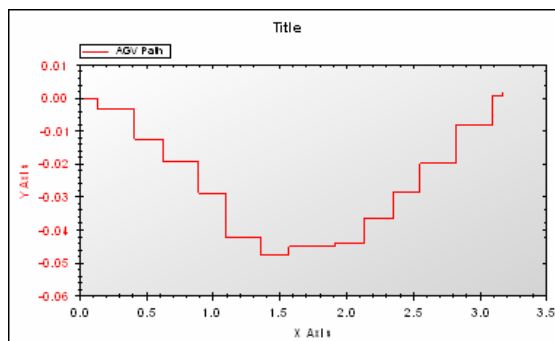
ภาพที่ 4-16 ลักษณะของการทดลองเคลื่อนที่แบบเส้นตรง 2 เมตร



ภาพที่ 4-17 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบเส้นตรงความยาว 2 เมตร

จากภาพที่ 4-17 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 15 เซนติเมตรและมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ -5.2 เซนติเมตร

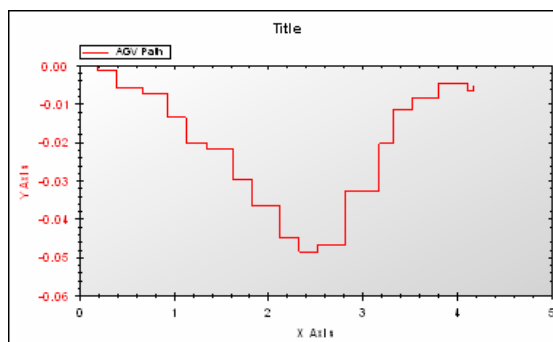
4.3.2 เส้นตรง 3 เมตร



ภาพที่ 4-18 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบเส้นตรงความยาว 3 เมตร

จากภาพที่ 4-18 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 16 เซนติเมตรและมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 0.002 เซนติเมตร

4.3.3 เส้นตรง 4 เมตร

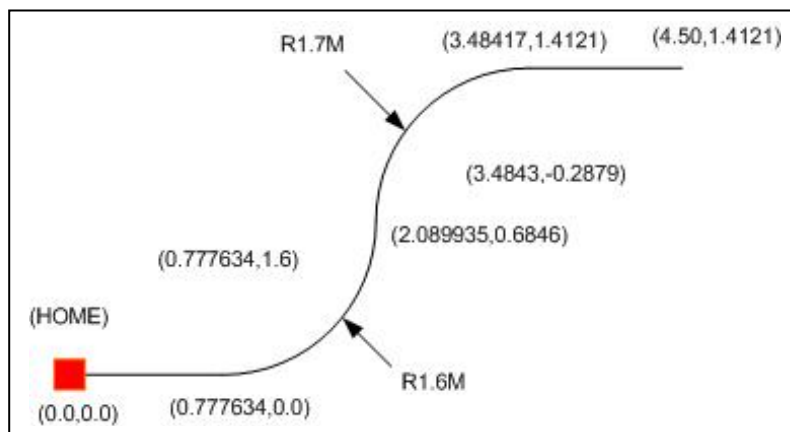


ภาพที่ 4-19 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบเส้นตรงความยาว 4 เมตร

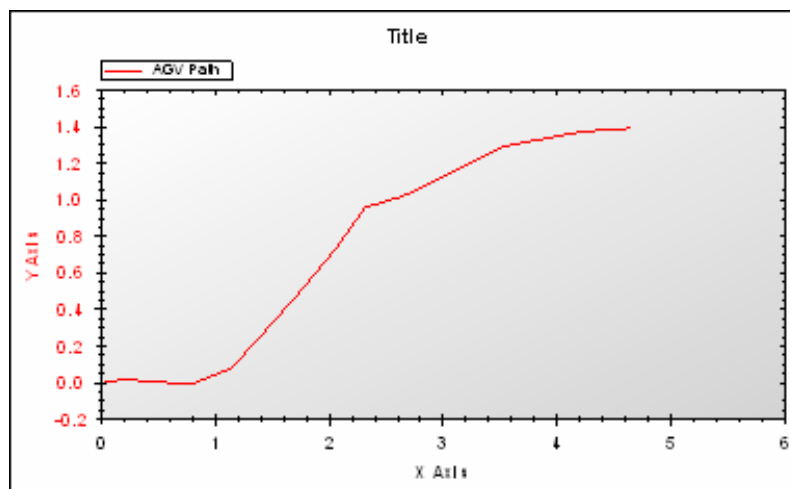
จากภาพที่ 4-19 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 10 เซนติเมตรและมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 0.004 เซนติเมตร

4.3.4 โคง์ตัวเอส

4.3.4.1 โคง์ตัวเอสแบบที่หนึ่ง



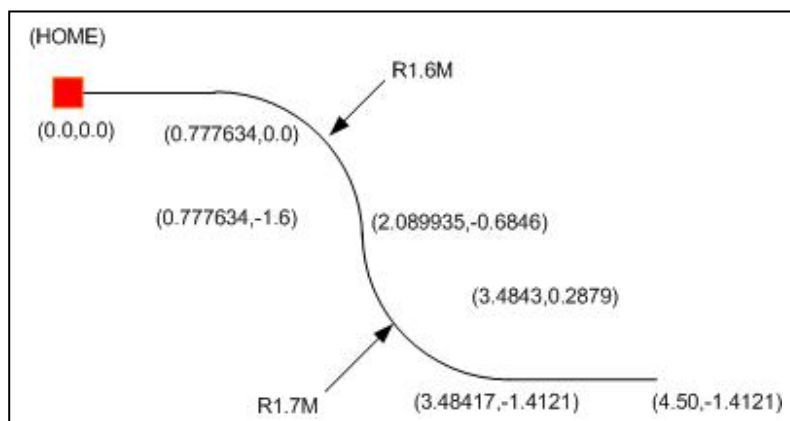
ภาพที่ 4-20 ลักษณะโคง์ตัวเอสแบบที่หนึ่ง



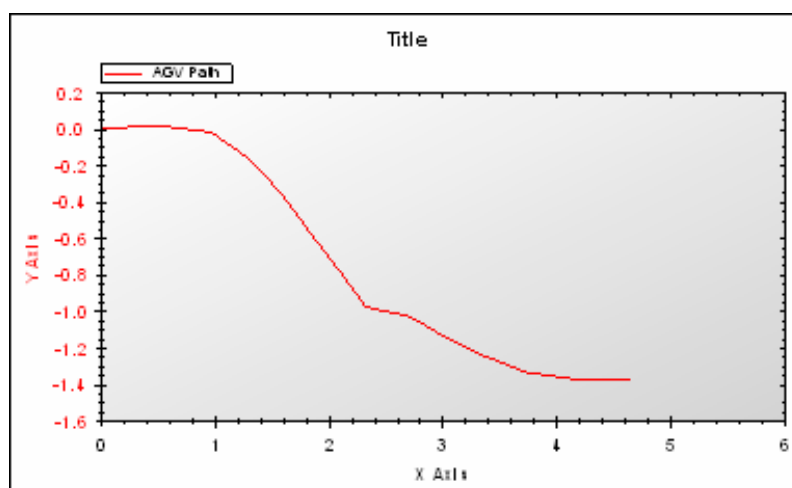
ภาพที่ 4-21 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบโคง์ตัวเอสแบบที่หนึ่ง

จากภาพที่ 4-21 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 10 เซนติเมตรและมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 0.879 เซนติเมตร

4.3.4.2 โค้งตัวเอสแบบที่สอง



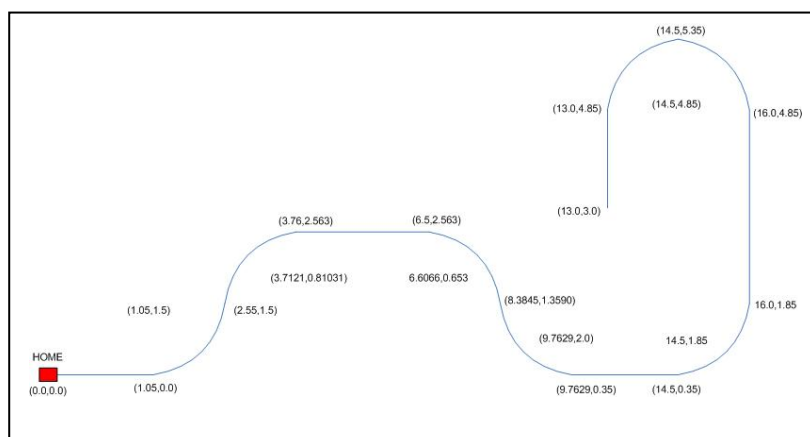
ภาพที่ 4-22 ลักษณะโค้งตัวเอสแบบที่สอง



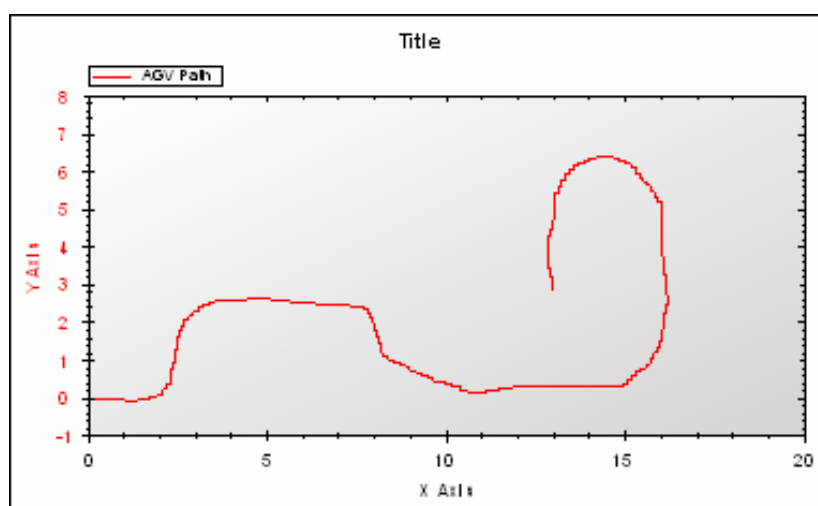
ภาพที่ 4-23 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบโค้งตัวเอสแบบที่สอง

จากภาพที่ 4-23 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 10 เซนติเมตรและมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 0.879 เซนติเมตร

4.3.4.3 โค้งตัวเอสแบบที่สาม



ภาพที่ 4-24 ลักษณะโค้งตัวเอสแบบที่สาม

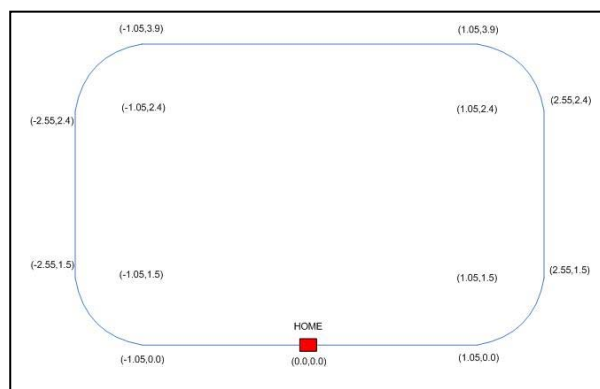


ภาพที่ 4-25 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีแบบโค้งตัวเอสแบบที่สาม

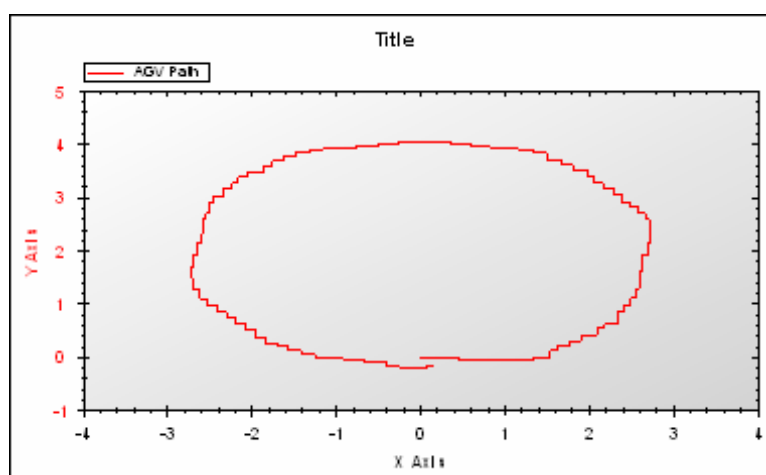
จากภาพที่ 4-25 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 11 เซนติเมตรตอนเคลื่อนที่ไปจุดสุดท้ายและมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ -5 เซนติเมตรตอนเคลื่อนที่ไปจุดสุดท้าย

4.3.5 เส้นทางแบบสี่เหลี่ยม

4.3.5.1 เส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่หนึ่ง



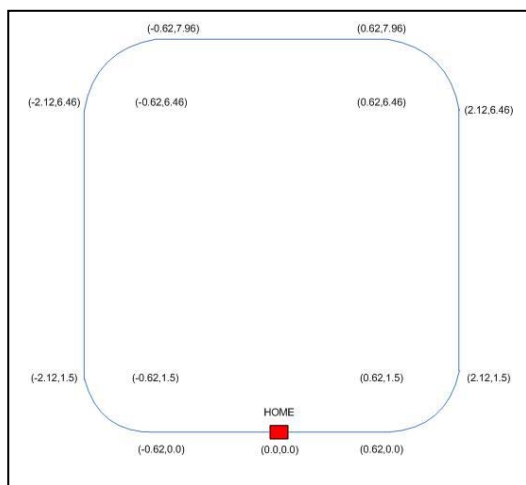
ภาพที่ 4-26 ลักษณะเส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่หนึ่ง



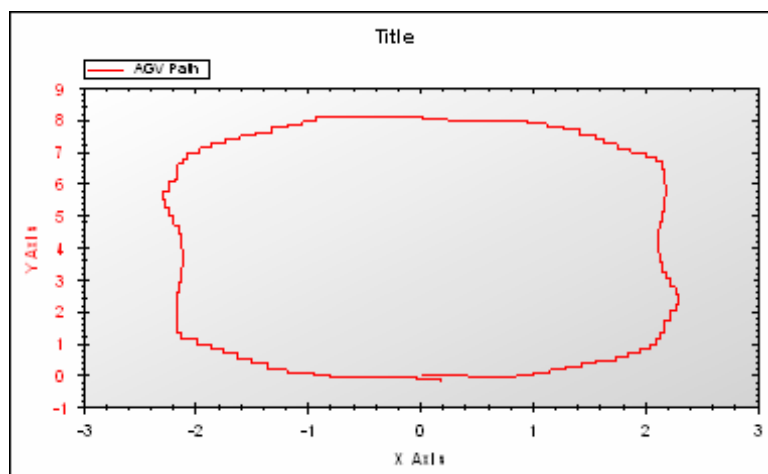
ภาพที่ 4-27 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบสี่เหลี่ยมแบบที่หนึ่ง

จากภาพที่ 4-27 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 10 เซนติเมตรและมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ -10 เซนติเมตร เวลาเคลื่อนที่ที่กลับมายังจุดเริ่มต้น

4.3.5.2 เส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่สอง



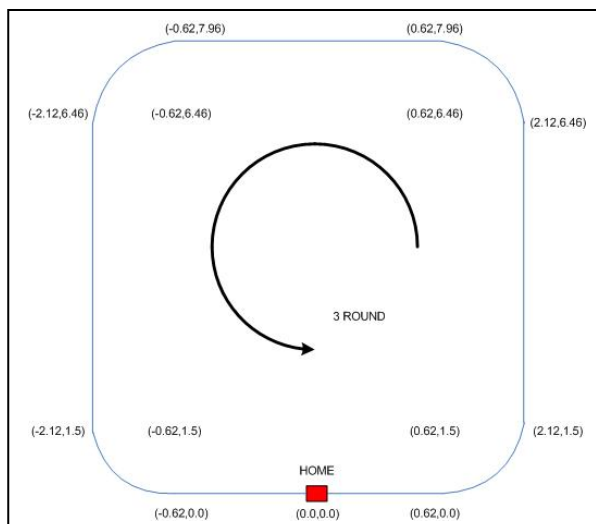
ภาพที่ 4-28 ลักษณะเส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่สอง



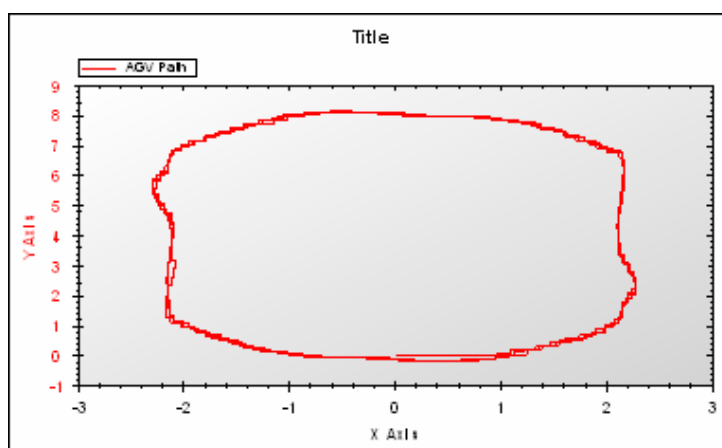
ภาพที่ 4-29 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบสี่เหลี่ยมแบบที่สอง

จากภาพที่ 4-29 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 10 เซนติเมตร มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ -5 เซนติเมตร เวลาเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น และเคลื่อนที่ผิดพลาดเวลาเลี้ยวโค้งทั้งสี่โค้ง ประมาณ 13 เซนติเมตร

4.3.5.3 เส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่สองเคลื่อนที่สามรอบ



ภาพที่ 4-30 ลักษณะเส้นทางสี่เหลี่ยมแบบที่สองเคลื่อนที่สามรอบ

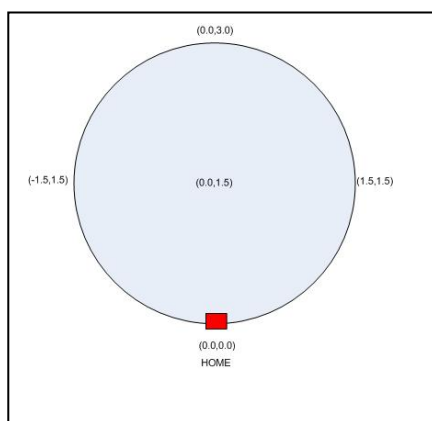


ภาพที่ 4-31 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบสี่เหลี่ยมแบบที่สองเคลื่อนที่สามรอบ

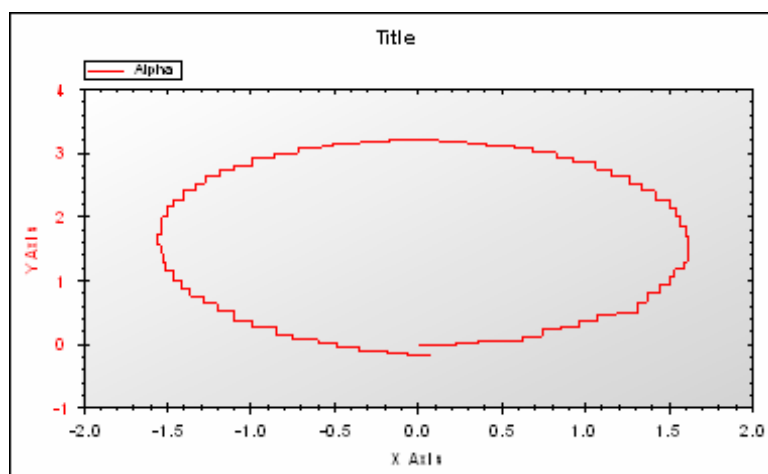
จากภาพที่ 4-31 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน x ประมาณ 5 เซนติเมตรและเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน y ประมาณ 8 เซนติเมตร

4.3.6 วงกลม

4.3.6.1 วงกลมรัศมี 1.5 เมตร เคลื่อนที่แบบหนึ่งรอบ



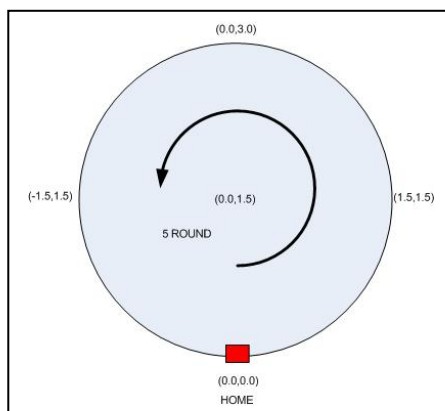
ภาพที่ 4-32 เส้นทางแบบวงกลม



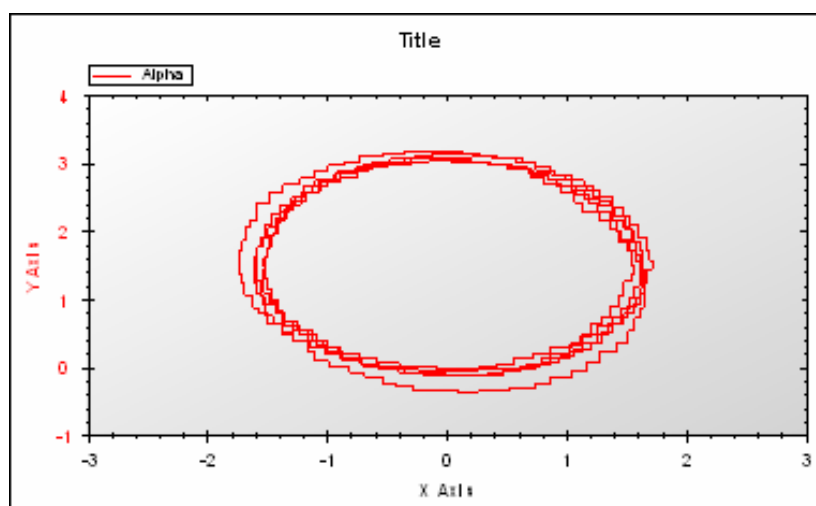
ภาพที่ 4-33 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจี้วี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.5 เมตรแบบหนึ่งรอบ

จากภาพที่ 4-33 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจี้วี่มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 10 เซนติเมตร มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ -10 เซนติเมตรเวลาเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น แต่เวลาเขียนกราฟตัวแผนภูมิจะทำการปรับขนาดสเกลทางด้านแกน X กว้างกว่าสเกลทางด้านแกน Y จึงทำให้ลักษณะกราฟเป็นลักษณะวงรีทั้งที่ความจริงมีลักษณะเป็นวงกลม

4.3.6.2 วงกลมรัศมี 1.5 เมตร เคลื่อนที่แบบห้ำรอบ



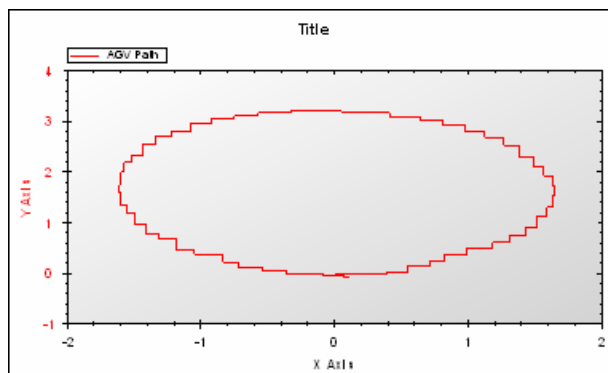
ภาพที่ 4-34 เส้นทางแบบวงกลมเคลื่อนที่ห้ำรอบ



ภาพที่ 4-35 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจิวี่ด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.5 เมตร เคลื่อนที่ห้ำรอบ

จากภาพที่ 4-35 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจิวี่มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในรอบที่หนึ่งถึงสี่จากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน x ประมาณ 5 เซนติเมตรและเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน y ประมาณ -8 เซนติเมตร แล้วเคลื่อนที่ผิดพลาดในรอบที่ห้าจากการซ้ำตำแหน่งเดิมในแนวแกน x ประมาณ 10 เซนติเมตรและผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิมในแนวแกน y ประมาณ 12 เซนติเมตรซึ่งความผิดพลาดในแต่ละรอบเกิดจากความผิดพลาดสะสมจากรอบที่ผ่านมา

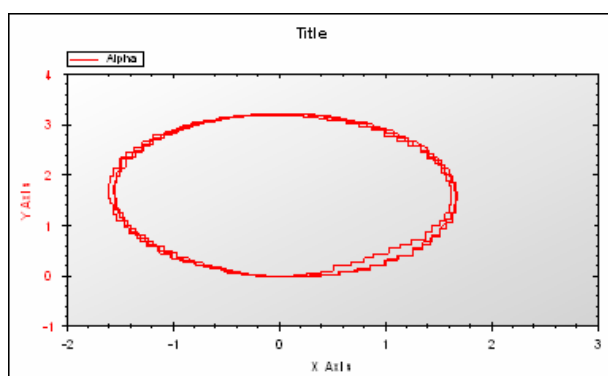
4.3.6.3 วงกลมรัศมี 1.6 เมตร เคลื่อนที่แบบหนึ่งรอบ



ภาพที่ 4-36 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.6 เมตรแบบหนึ่งรอบ

จากภาพที่ 4-36 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 10 เซนติเมตร มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 1 เซนติเมตรเวลาเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น

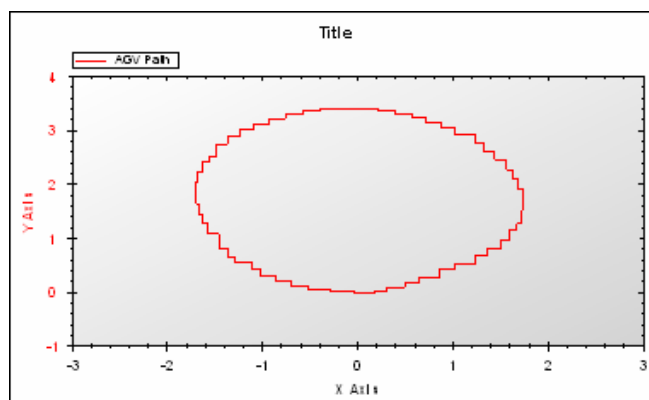
4.3.6.4 วงกลมรัศมี 1.6 เมตร เคลื่อนที่แบบสามรอบ



ภาพที่ 4-37 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.6 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ

จากภาพที่ 4-37 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน x ประมาณ 10 เซนติเมตรและเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน y ประมาณ 10 เซนติเมตร

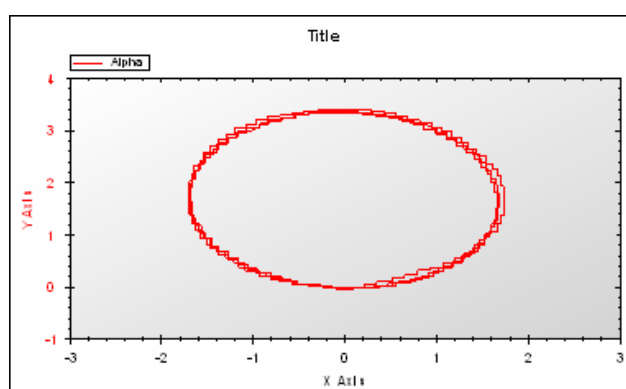
4.3.6.5 วงกลมรัศมี 1.7 เมตร เคลื่อนที่แบบหนึ่งรอบ



ภาพที่ 4-38 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.7 เมตรแบบหนึ่งรอบ

จากภาพที่ 4-38 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 0.1 เซนติเมตร มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 0.1 เซนติเมตรเวลาเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น

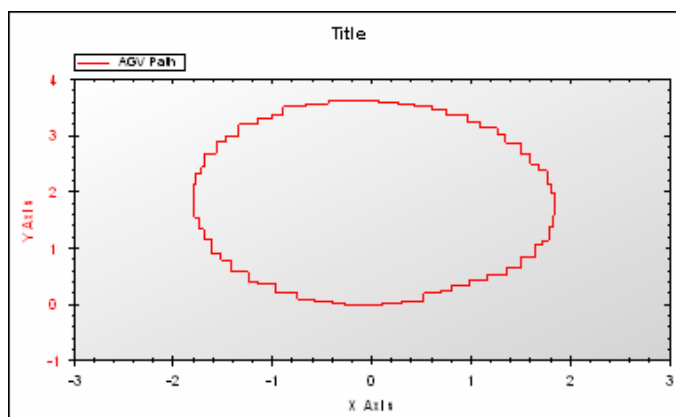
4.3.6.6 วงกลมรัศมี 1.7 เมตร เคลื่อนที่แบบสามรอบ



ภาพที่ 4-39 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.7 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ

จากภาพที่ 4-39 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน x ประมาณ 5 เซนติเมตรและเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน y ประมาณ 5 เซนติเมตร

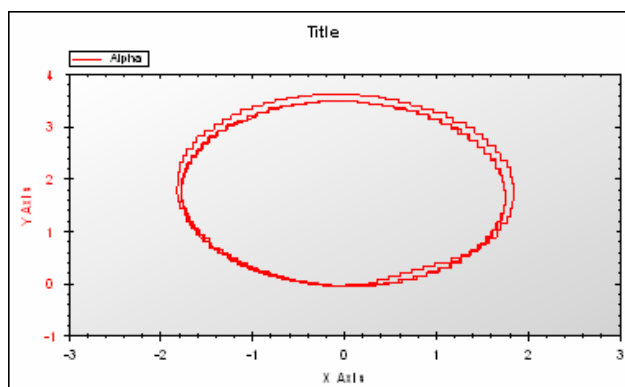
4.3.6.7 วงกลมรัศมี 1.8 เมตร เคลื่อนที่แบบหนึ่งรอบ



ภาพที่ 4-40 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.8 เมตรแบบหนึ่งรอบ

จากภาพที่ 4-40 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 0.15 เซนติเมตร มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 0.15 เซนติเมตรเวลาเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น

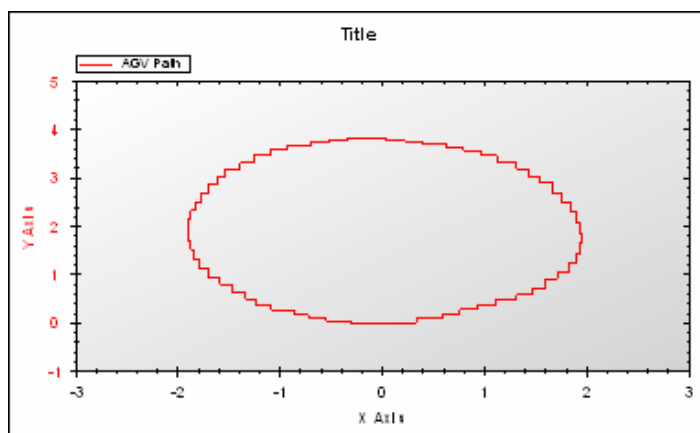
4.3.6.8 วงกลมรัศมี 1.8 เมตร เคลื่อนที่แบบสามรอบ



ภาพที่ 4-41 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.8 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ

จากภาพที่ 4-41 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน x ประมาณ 10 เซนติเมตรและเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน y ประมาณ 10 เซนติเมตร

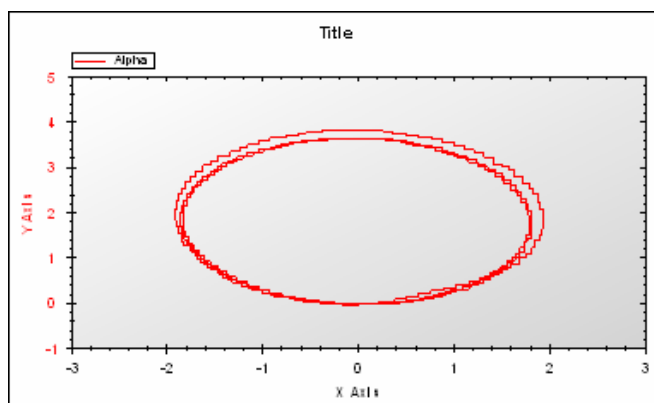
4.3.6.9 วงกลมรัศมี 1.9 เมตร เคลื่อนที่แบบหนึ่งรอบ



ภาพที่ 4-42 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.9 เมตรแบบหนึ่งรอบ

จากภาพที่ 4-42 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 0.1 เซนติเมตร มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 0.1 เซนติเมตรเวลาเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น

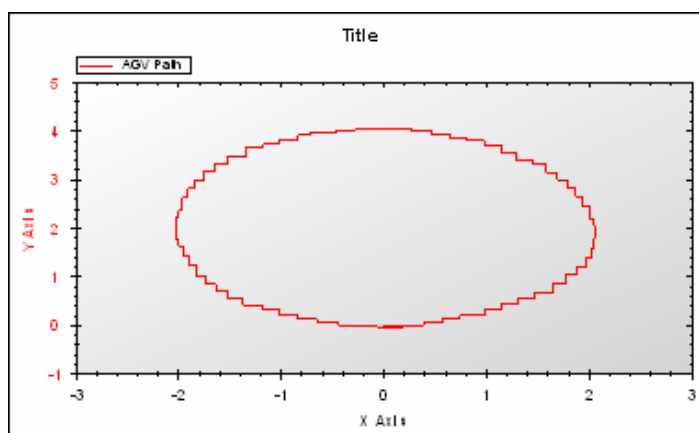
4.3.6.10 วงกลมรัศมี 1.9 เมตร เคลื่อนที่แบบสามรอบ



ภาพที่ 4-43 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 1.9 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ

จากภาพที่ 4-43 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน x ประมาณ 20 เซนติเมตรและเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน y ประมาณ 10 เซนติเมตร

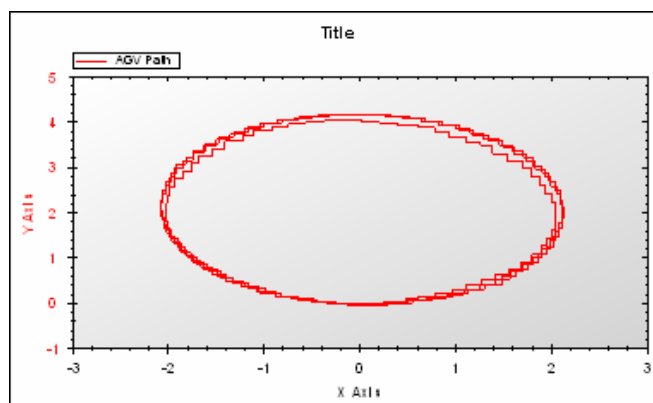
4.3.6.11 วงกลมรัศมี 2.0 เมตร เคลื่อนที่แบบหนึ่งรอบ



ภาพที่ 4-44 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 2.0 เมตรแบบหนึ่งรอบ

จากภาพที่ 4-44 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน X ประมาณ 16 เซนติเมตร มีการเคลื่อนที่ผิดพลาดในแนวแกน Y ประมาณ 2 เซนติเมตรเวลาเคลื่อนที่กลับมายังจุดเริ่มต้น

4.3.6.12 วงกลมรัศมี 2.0 เมตร เคลื่อนที่แบบสามรอบ



ภาพที่ 4-45 กราฟการเคลื่อนที่ของเอจีวีด้วยรูปแบบวงกลมรัศมี 2.0 เมตร เคลื่อนที่สามรอบ

จากภาพที่ 4-45 เป็นการนำค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่จากพีแอลซีมาเขียนกราฟโดยส่งด้วยโปรโตคอลมอดบัส ผ่านเครือข่ายระบบไร้สาย ซึ่งจากกราฟเอจีวีมีการเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน x ประมาณ 10 เซนติเมตรและเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการซ้ำตำแหน่งเดิม(Repeatability)ในแนวแกน y ประมาณ 10 เซนติเมตร

ตารางที่ 4-4 สรุปผลการทดลองความแม่นยำของเส้นทางเดินแบบต่าง ๆ

Path	True X (M.)	True Y (M.)	Measure X (M.)	Measure Y (M.)	Error X (M.)	Error Y (M.)	%Accuracy X	%Accuracy Y	% Average Accuracy
Line 2 M.	2.0	0.0	2.15	-0.052	0.15	0.052	92.5 %	94.8 %	93.65 %
Line 3 M.	3.0	0.0	3.16	0.002	0.16	0.002	94.667 %	99.8 %	97.2335 %
Line 4 M.	4.0	0.0	4.10	0.004	0.10	0.004	97.5 %	99.6 %	98.55 %
Average Line									96.478 %
S–Curve 1	4.5	1.4121	4.6	1.42089	0.10	0.00879	97.778 %	99.121 %	98.4495 %
S–Curve 2	4.5	1.4121	4.6	1.42089	0.10	0.00879	97.778 %	99.121 %	98.4495 %
S-Curve3	13.0	3.0	13.11	-3.05	0.11	0.05	99.154 %	98.333 %	98.7435 %
Average S-Curve									98.5475 %
Square1	5.1	3.9	5.2	3.8	0.10	0.10	98.039 %	97.436 %	97.7375 %
Square2	4.24	7.96	4.34	7.91	0.10	0.05	97.642 %	99.372 %	98.507 %
Average Square									98.122 %
Cycle (R1.5M)	3.0	3.0	3.1	3.1	0.10	0.10	96.667 %	96. 667 %	96.667 %
Cycle(R1.6M)	3.2	3.2	3.3	3.21	0.1	0.01	96.875 %	99.6875 %	98.281 %
Cycle(R1.7M)	3.4	3.4	3.401	3.401	0.001	0.001	99.971 %	99.971 %	99.971 %
Cycle(R1.8M)	3.6	3.6	3.6015	3.6015	0.0015	0.0015	99.9583 %	99.9583 %	99.9583 %
Cycle(R1.9M)	3.8	3.8	3.801	3.801	0.001	0.001	99.974 %	99.974 %	99.974 %
Cycle(R2.0M)	4.0	4.0	4.16	4.02	0.16	0.02	96.0 %	99.5 %	97.75 %
Average Cycle									98.7668 %

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเป็นการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วี ซึ่งเอจี้วีเป็นชนิดแบบลากจูง โดยใช้ระบบนำร่อง(Navigation System)แบบพิกัดตำแหน่ง (coordinate)ซึ่งเป็นการนำร่องที่ยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนตามสายการผลิตได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานบนเอจี้วีแล้วใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของพีแอลซีอีกทีหนึ่ง โดยมีตัวควบคุมการทำงานแบบพีดี(Proportional Derivative : PD) เป็นตัวควบคุมระบบอัจฉริยะสำหรับเอจี้วี ซึ่งข้อดีของตัวควบคุมแบบพีดีคือลดโอเวอร์ชูต (Overshoot)ทำให้ระบบแกว่งน้อยลงในช่วงเริ่มต้นแล้วลดเซตติงไทม์ (Setting Time) ทำให้ระบบทำงานถึงจุดคงที่ (Steady – State) เร็วขึ้น การวิจัยจะเริ่มจากศึกษาระบบนำร่องแบบพิกัดตำแหน่งโดยใช้การอ้างอิงแบบสัมบูรณ์(Absolute)ทำการออกแบบการทำงานของโปรแกรม จากนั้นก็จัดทำโปรแกรมควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วีขึ้นด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์ฟิวลคอต เน็ตสองพันห้า(Microsoft Visual . Net 2005) โปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วีจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ การควบคุมด้วยระบบบังคับด้วยมือ(Manual System) , การควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ(Automatic System) และส่วนแสดงผล(Monitor)ซึ่งมีการแสดงผลด้วยกราฟเส้นและจากกล้องซีซีดีไร้สาย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การทดสอบโปรแกรมแบบบังคับด้วยมือ

การควบคุมเอจี้วีด้วยระบบบังคับด้วยมือสามารถควบคุมได้ด้วยปุ่มควบคุมทิศทางในโปรแกรมซึ่งมีด้วยกัน 10 ปุ่มโดยสามารถควบคุมได้ 8 ทิศทาง และสามารถควบคุมได้ด้วยแท่ง joystick) ซึ่งทั้งการควบคุมด้วยปุ่มและแท่ง joystickก็สามารถควบคุมการทำงานของเอจี้วีได้อย่างถูกต้อง แต่มีข้อเสียคือไม่สามารถมองเห็นตำแหน่งของการเลี้ยวได้ เนื่องจากตัวมอเตอร์บังคับเลี้ยวอยู่ในฝาดกรอบ เวลาบังคับจึงต้องอาศัยความชำนาญในการกะตำแหน่ง

5.1.2 การทดสอบโปรแกรมแบบระบบอัตโนมัติ

การควบคุมให้เอจี้วีทำงานแบบอัตโนมัติตามเส้นทางเดินที่เราป้อนให้กับโปรแกรมซึ่งผลการทดลองด้วยเส้นทางเดินในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีทั้งแบบเคลื่อนที่รอบเดียวและเคลื่อนที่หลายรอบ ซึ่งผลการทดลองสรุป ได้ดังนี้

5.1.2.1 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงมีความแม่นยำเฉลี่ย 96.478 %

5.1.2.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.7668 %

5.1.2.3 การเคลื่อนที่แบบวงกลมมีความสามารถในการซ้ำตำแหน่งเดิมเฉลี่ย (Repeatability) 97.335 %

5.1.2.4 การเคลื่อนที่แบบตัวเอสมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.5475 %

5.1.2.5 การเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.122 %

5.1.2.6 การเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมมีความสามารถในการซ้ำตำแหน่งเดิมเฉลี่ย (Repeatability) 99.964 %

สาเหตุความผิดพลาดมาจากการลื่นไถล(Slipping)ของล้อ , พื้นของห้องทดลองจะเป็นแบบปูกระเบื้องซึ่งมีลักษณะไม่เรียบและขนาดยางของล้อตามทั้งสองล้อมีการสึกหรอไม่เท่ากัน แต่ก็มีวิธีการแก้ไขการเคลื่อนที่ผิดพลาดได้โดยการชดเชยตัวแปรในการควบคุมการเคลื่อนที่ซึ่งปรับตามสภาพของห้องทดลอง , ทำการรีเซ็ตตำแหน่งเริ่มต้นทุกครั้งในแต่ละรอบการทำงาน และเปลี่ยนล้อยางของล้อตามทั้งสองล้อตามระยะเวลาการใช้งาน(1 ครั้ง/ปี)

5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิวี

5.2.1 ไม่สามารถส่งถ่ายโปรแกรมควบคุมพีแอลซีได้ด้วยมอดบัสซึ่งผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

5.2.2 ไม่สามารถส่งเส้นทางเดินของเอจิวีระหว่างที่เอจิวีกำลังปฏิบัติงานอยู่ได้

5.2.3 เวลาเอจิวีเจอสิ่งกีดขวางระหว่างทางตอนทำงานในโหมดอัตโนมัติ เอจิวีจะหยุดการทำงานทั้งหมดไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อตามเส้นทางเดิมได้ ต้องนำกลับมาที่จุดเริ่มต้นใหม่

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรติดตั้งกล้องซีซีดีไว้สายเพิ่มตรงตำแหน่งมอเตอร์บังคับเลี้ยวเพื่อให้ง่ายและสะดวกเวลาบังคับด้วยปุ่มหรือแท่งบรรเทา

5.3.2 ใช้ระบบเมชชีนวิชัน(Machine vision) เป็นตัวนำร่องทางเดินของเอจิวีเนื่องจากมีความยืดหยุ่นมากกว่าระบบพิกัดตำแหน่ง

5.3.3 ปรับปรุงส่วนแสดงผลด้วยกราฟให้มีความเหมือนสภาพเส้นทางเดินจริงมากขึ้น เช่น ลักษณะวงกลมและสามารถเปรียบเทียบพิกัดตำแหน่งเส้นทางเดินกับพิกัดเวลาเอจิวีเคลื่อนที่จริงแบบอัตโนมัติ

5.3.4 มีระบบจัดเก็บฐานข้อมูลของเส้นทางเดินในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อต่อไปสามารถพัฒนาโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญได้

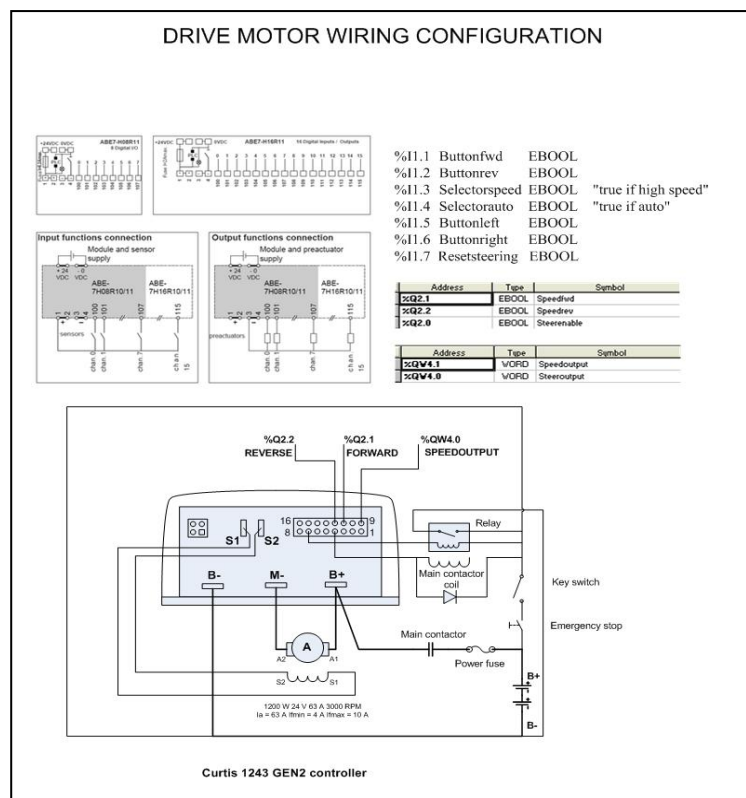
เอกสารอ้างอิง

1. ปารเมศ ชูติมา. ระบบผลิตแบบยืดหยุ่น. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
2. พิสิทธิ์ วิสุทธิเมธีกร. “AGV รถขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม.” วารสาร Mechanical Technology. ปีที่ 3(กุมภาพันธ์ 2547) : 43-47.
3. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. “มารู้จักกับการควบคุมแบบ PID กันเถอะ.” วารสาร Electrical&Control. ปีที่ 1(พฤษภาคม 2545) : 43-48.
4. Sawat Pararach. A PLC controlled AGV model for FMS application. Dapartment of Manufacturing System Engineering Asian Institute of Technology, 1997.
5. S.Senoo, M.Mino and S. Funabiki. “Steering Control of AGV for Steering Energy Saving by Fuzzy Reasoning.” IEEE. Volume 2(October 1989) : 1712-1716.
6. ไกรสร อัญชลีวรพันธุ์. ยานขนส่งนำร่องอัตโนมัติควบคุมโดยโครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540.
7. M. D. Cecco. “Self-Calibration of AGV Inertial-Odometric Navigation Using Absolute-Reference Measurements.” IEEE. Volume11(May 2002) : 1513-1518.
8. 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.
9. N. Wu and M. C. Zhou. “Modeling and Deadlock Avoidance of Automated Manufacturing Systems With Multiple AGV.” IEEE. Volume35(December 2005) : 1193-1202.
10. Lotfi Beji and Yasmina Bestaoui. “Motion Generation and Adaptive Control Method of AGV in Road Following.” IEEE. Volume6(March 2005) : 113-123.
11. S. Berman,Y Edan and M. Jamshidi. “Navigation of Decentralized Autonomous AGV in Material Handling.” IEEE. Volume19(August 2003) : 743-749.
12. E. Freund and R. Mayr. “Nonlinear Path Control in Automated Vehicle Guidance.” IEEE. Volume13(February 1997) : 49-60.

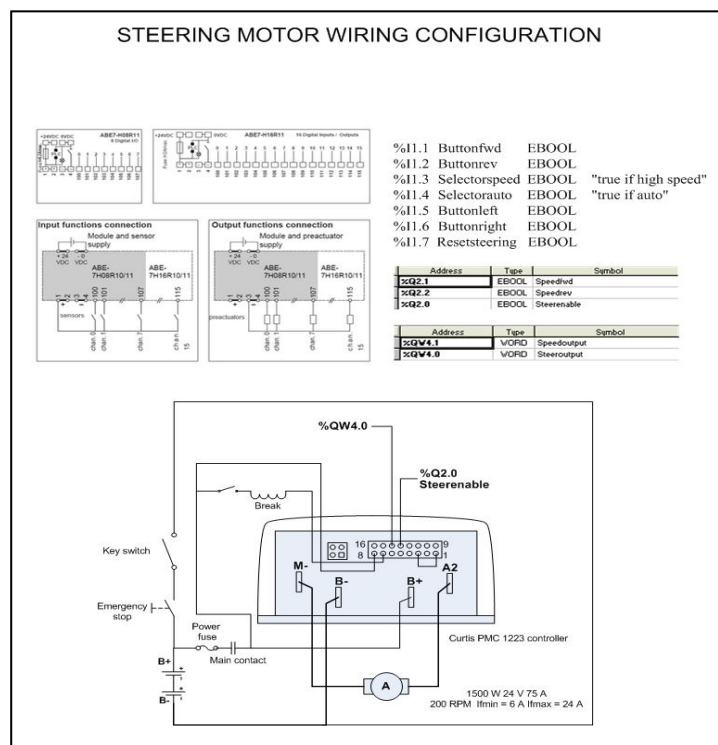
13. S. A. Reveliontis. "Conflict resolution in AGV systems." IIE Transactions.
Volume32(November 2000) : 647-659.
14. เอกวิทย์ จิตรดา. "Modbus Protocol มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลระหว่าง PLC กับ PLC
หรืออุปกรณ์อื่นๆ." วารสารเทคนิค. ปีที่ 15(ตุลาคม 2541) : 64-67.

ภาคผนวก ก

วงจรของระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี



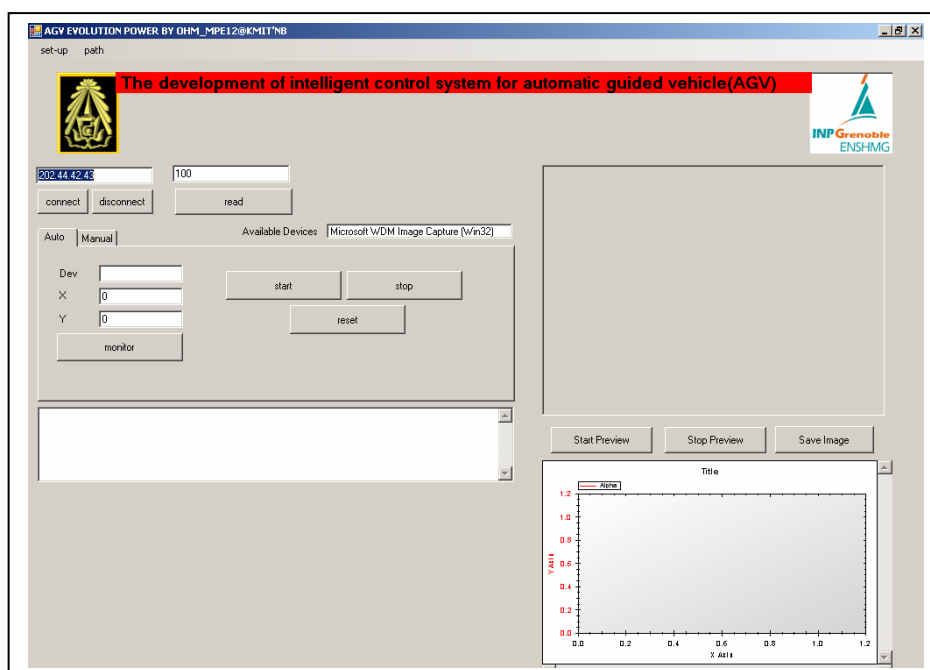
ภาพที่ ก-1 วงจรควบคุมของมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่



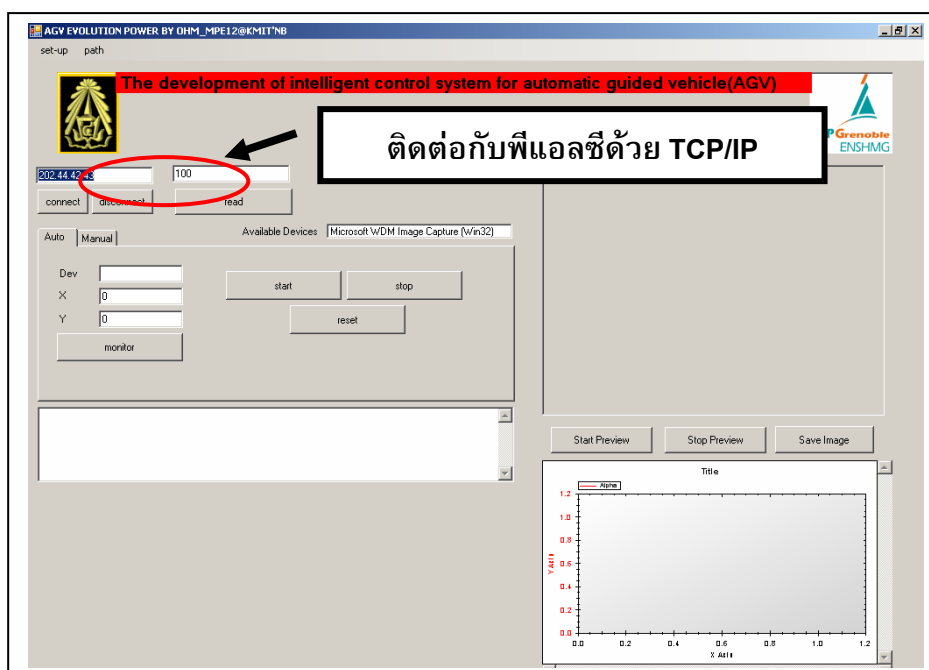
ภาพที่ ก-2 วงจรควบคุมของมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว

ภาคผนวก ข

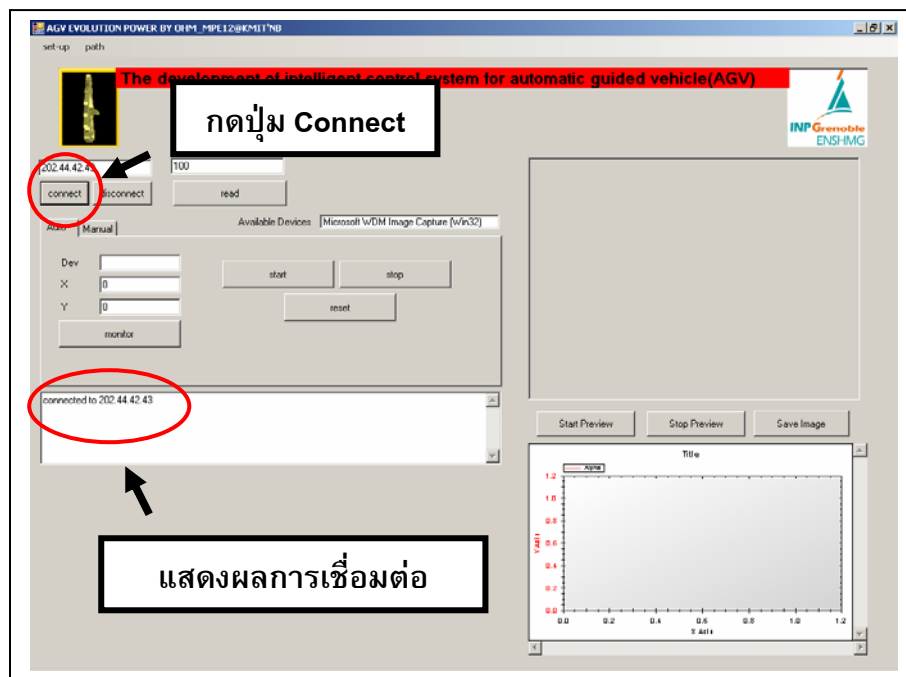
โปรแกรมติดต่อกับการทำงานระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี



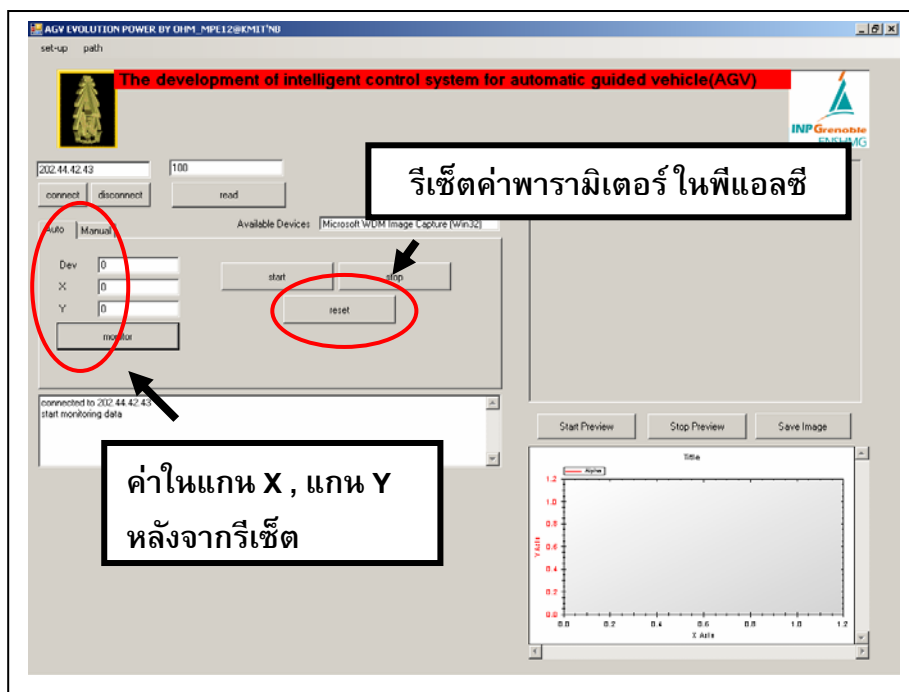
ภาพที่ ข-1 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี



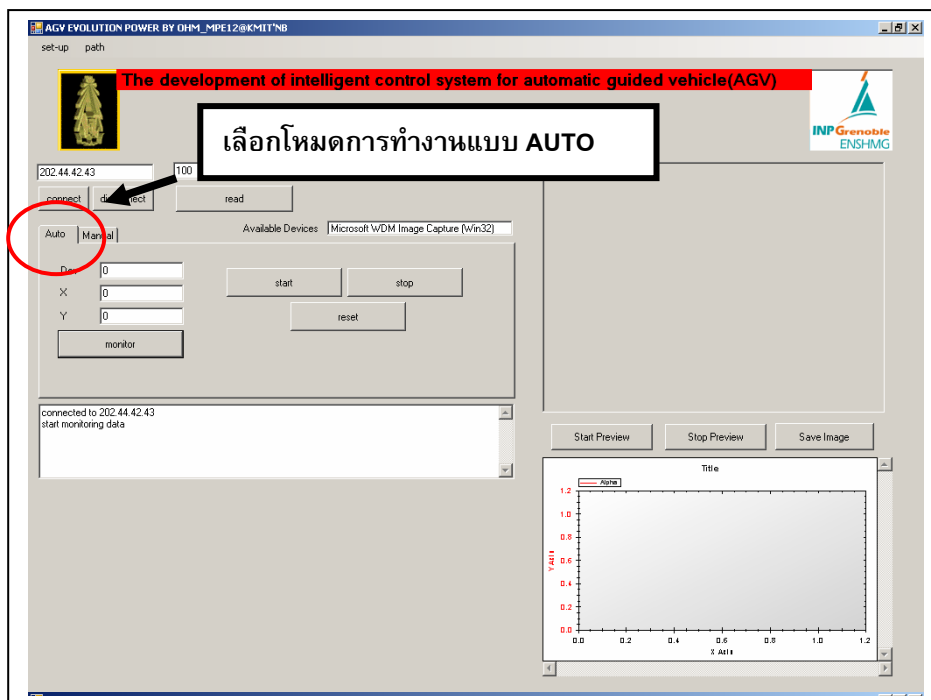
ภาพที่ ข-2 การติดต่อกับพีแอลซีด้วยโปรโตคอลเมตบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย



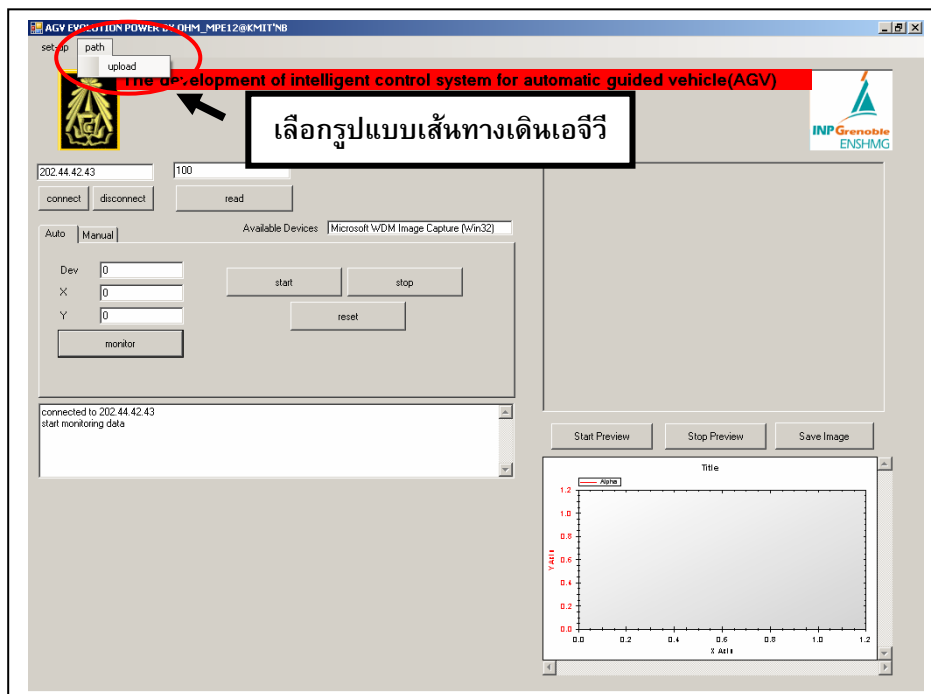
ภาพที่ ข-3 การแสดงผลเมื่อติดต่อกับพีแอลซีสำเร็จ



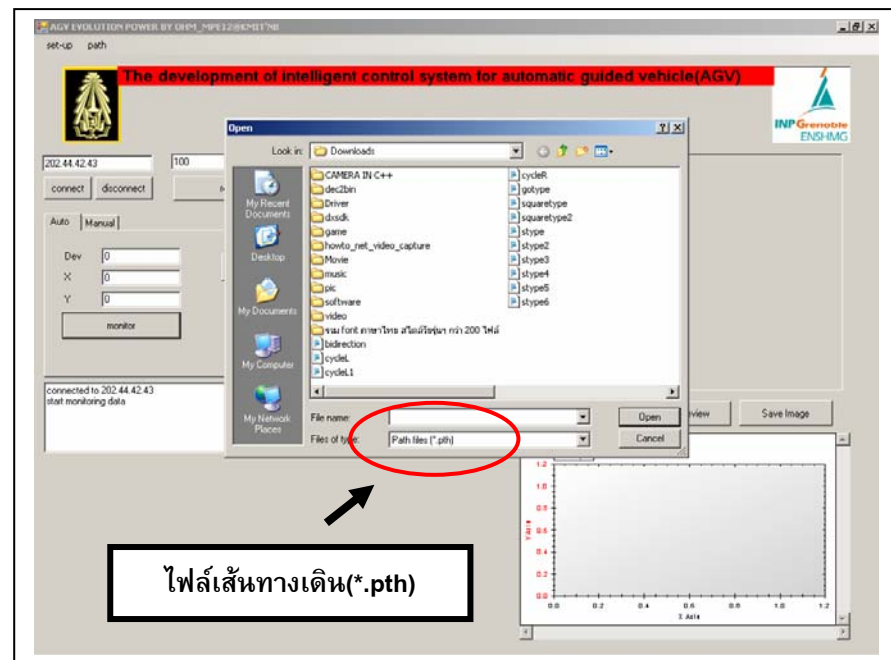
ภาพที่ ข-4 การรีเซ็ตค่าพารามิเตอร์ของพีแอลซี



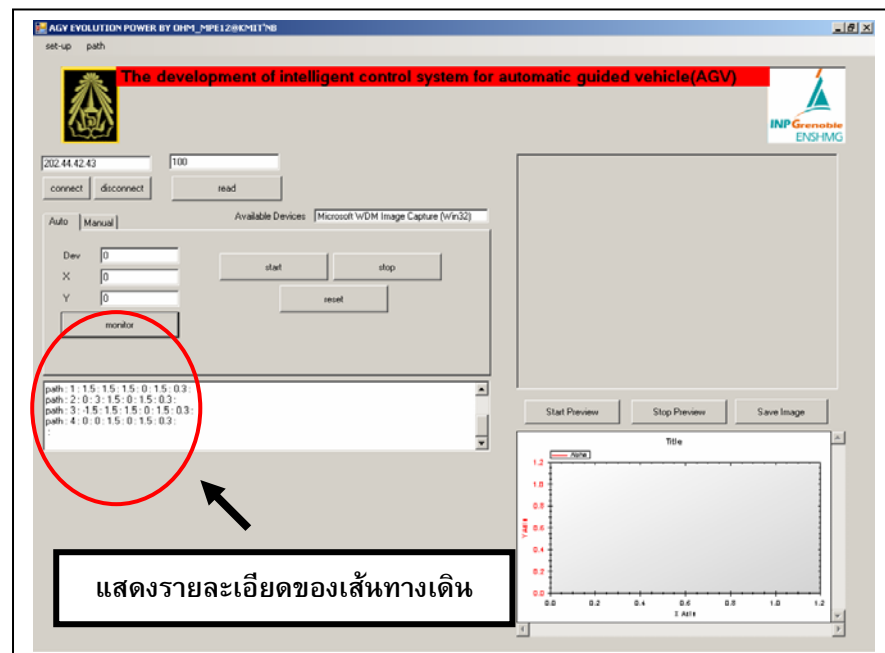
ภาพที่ ข-5 โหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ



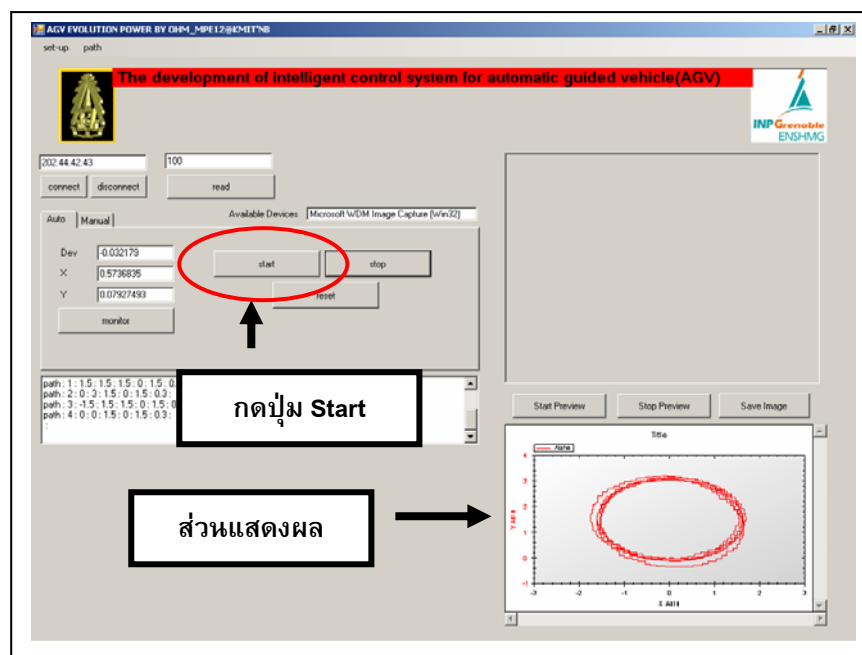
ภาพที่ ข-6 การเลือกรูปแบบเส้นทางเดินอัตโนมัติของเอจีวี



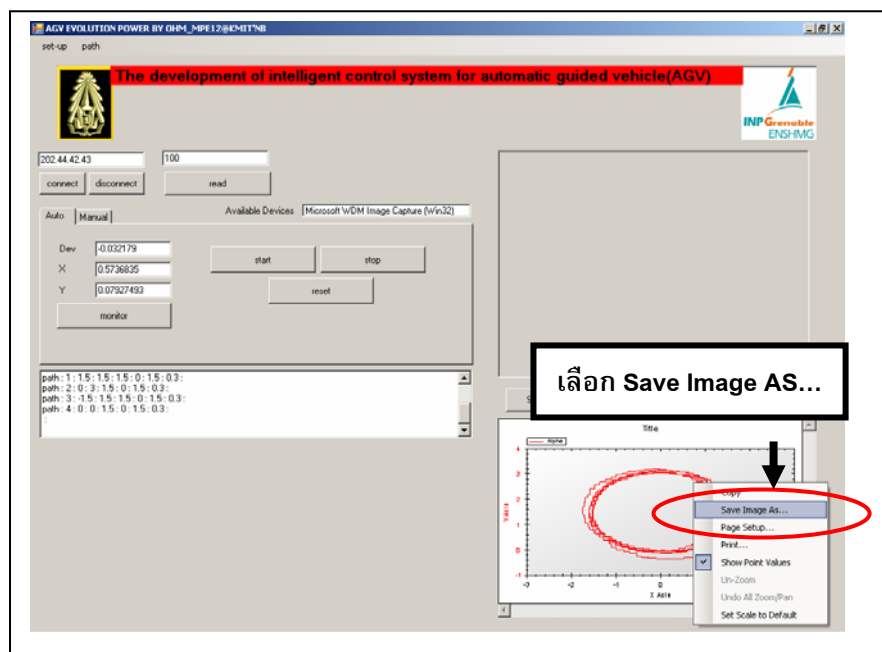
ภาพที่ ข-7 ลักษณะของไฟล์รูปแบบเส้นทางเดินของเอจีวี



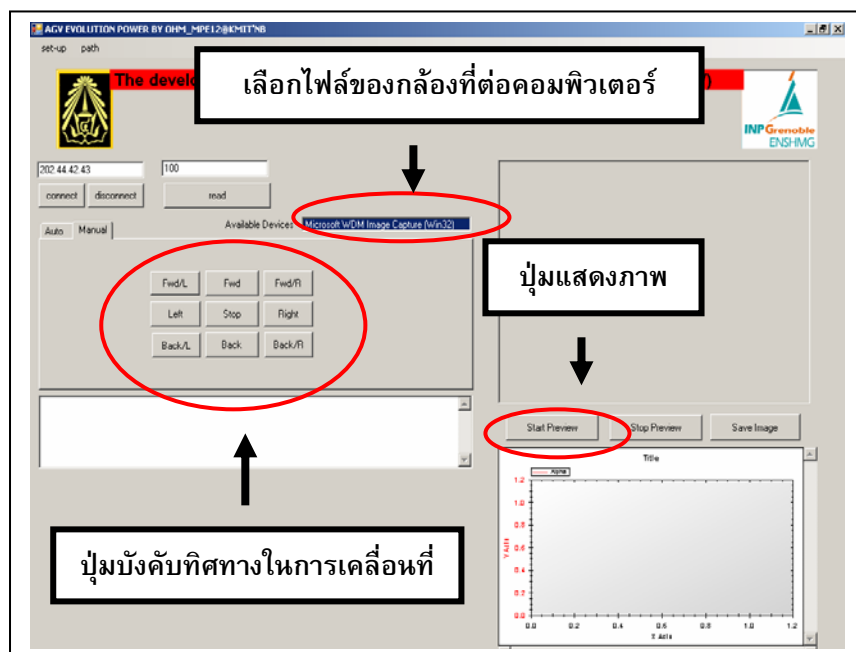
ภาพที่ ข-8 การแสดงผลเมื่อเลือกเส้นทางเดินของเอจีวีเสร็จสมบูรณ์



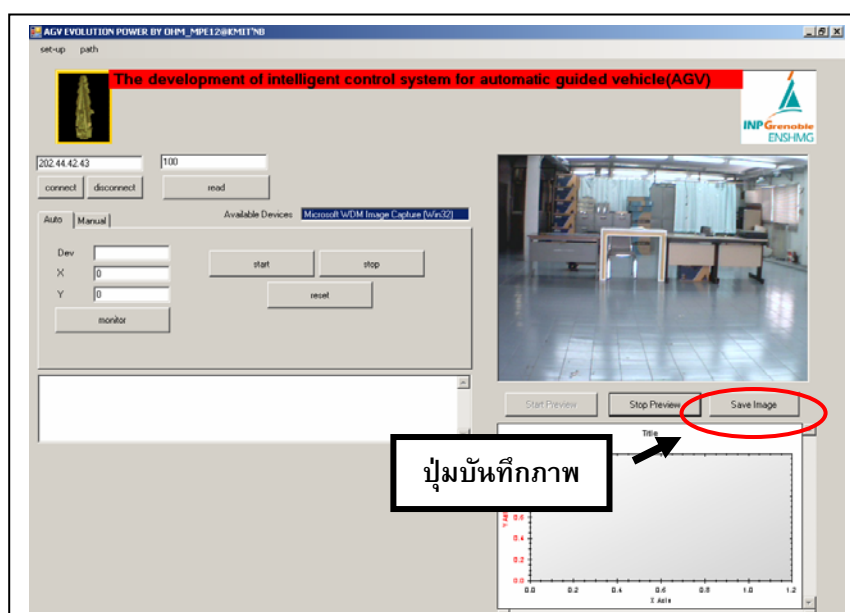
ภาพที่ ข-9 การเริ่มต้นให้เอจีวีเคลื่อนที่ในโหมดอัตโนมัติพร้อมแสดงผลการเดินทางของเอจีวีด้วยรูปแบบกราฟ



ภาพที่ ข-10 การบันทึกกราฟเส้นทางเดินของเอจีวี



ภาพที่ ข-11 การบังคับการทำงานของเอจีวีด้วยระบบธรรมดาและตรวจติดตามการทำงานของเอจีวีด้วยกล้องซีซีดีวีไร้สาย



ภาพที่ ข-12 การแสดงผลของกล้องซีซีดีวีไร้สาย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายพงศ์เทพ ดวงมาศ
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี
 สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต

ประวัติส่วนตัว

เกิดเมื่อวันที่ 29 เมษายน 2524 ปัจจุบันอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 157 หมู่ 5 ตำบลท่าดี
 อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช รหัสไปรษณีย์ 80230

ประวัติการศึกษา

- ปี 2540 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา
- ปี 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
- ปี 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน