

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
<b>บทที่</b>	
<b>1    บทนำ</b>	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
<b>2    ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (Robot Operating System :ROS)	3
2.2 ทรานสฟอร์ม (Transform :TF)	7
2.3 ออดโดมิทรี (Odometry)	8
2.4 การระบุตำแหน่งพร้อมกับการสร้างแผนที่ (Simultaneous Localization and Mapping :SLAM)	9
2.5 การระบุตำแหน่งด้วยวิธีการมอนติคาร์โลแบบปรับตัว (Adaptive Monte Carlo Localization :AMCL)	11
2.6 การคำนวณแผนที่ (Costmap)	12
2.7 การเคลื่อนย้ายฐาน (Move Base)	15
2.8 ผู้วางแผน (Planner)	15
2.9 ไลดาร์ (Light Detection and Ranging :Lidar)	17

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.10 ความเร็วเชิงเส้น	17
	2.11 ความเร็วเชิงมุม	17
	2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
<b>3</b>	<b>วิธีดำเนินงานวิจัย</b>	
	3.1 การเขียนโปรแกรมควบคุมรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติแบบนำทางด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ด้วยอาคูโน	26
	3.2 การเขียนโปรแกรมสร้างแผนที่ด้วย Hector SLAM	27
	3.3 การเขียนโปรแกรมสั่งงานรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติแบบนำทางด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เพื่อเคลื่อนที่ไปยังจุดหมายและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง	29
	3.4 การใช้งานของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม	31
	3.5 การทดลองหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม	32
<b>4</b>	<b>ผลการทดลอง</b>	
	4.1 การทดลองความเร็วของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติแบบนำทางด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์	35
	4.2 การทดลองค้นหาเส้นทางใหม่และการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติแบบนำทางด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์	37
	4.3 สรุปผลการทดลอง	58
<b>5</b>	<b>สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ</b>	
	5.1 สรุปผลการวิจัย	59
	5.2 อภิปรายผล	59
	5.3 ข้อเสนอแนะ	60

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	
ก	คู่มือการติดตั้งการประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติ
	63
ข	โปรแกรมการทำงานของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติ
	66
ค	การใช้งานระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม
	81
ง	รายละเอียดข้อมูลโปรแกรมของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม
	84
ประวัติผู้วิจัย	86

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์	4
2.2	การติดต่อระหว่างผู้ประกาศข้อมูลและผู้บอกรับข้อมูล	6
2.3	ตัวอย่างระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงจุด	7
2.4	หลักการถอดโดมิทรี (Odometry)	8
2.5	การสร้างแผนที่จาก Cartographer	9
2.6	การสร้างแผนที่จาก Hector SLAM	10
2.7	การสร้างแผนที่จาก slam gmapping	10
2.8	การแปลงทรานสฟอร์มที่มาจากการทำงานระบุตำแหน่งด้วยวิธีการมอนติคาร์โลแบบปรับตัว	11
2.9	ระยะปลอดภัยของการคำนวณแผนที่ (Costmap)	12
2.10	หลักการทำงานของอินเฟลชัน (inflation)	13
2.11	แผนที่ที่ถูกสร้างจากโกลบอลโกลเบลคอสต์แมพ (global_costmap)	14
2.12	แผนที่ที่ถูกสร้างจากโลเคิลคอสต์แมพ (local_costmap)	14
2.13	แสดงปุ่ม 2D nav Goal บนโปรแกรมอาร์วีช	15
2.14	หลักการค้นหาเส้นทางด้วยผู้วางแผน (Planner)	16
2.15	ฮาร์ดแวร์ของไลดาร์ (Lidar)	17
2.16	มุมมองเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่	18
3.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม	22
3.2	แผนภาพแสดงฮาร์ดแวร์ของการประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม	24
3.3	แผนผังการทำงานของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม	25
3.4	กระบวนการทำงานของอาดูโน่(Arduino)	26
3.5	ตัวอย่างแผนที่นามสกุล pgm	27
3.6	กระบวนการสร้างแผนที่จาก Hector SLAM	28

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.7	กระบวนการเดินของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติแบบนำทางด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์จากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดปลายทาง	30
3.8	ตัวอย่างแผนที่สำหรับรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติ	31
3.9	หน้าต่างในโปรแกรมอาร์วิช	32
3.10	แผนที่ห้องที่ใช้ในการทดลองความเร็ว	33
3.11	ตัวอย่างแผนที่ที่ใช้ในการทดลองค้นหาเส้นทางใหม่และการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง	34
4.1	แผนที่ห้องที่ถูกรสร้างจาก Hector SLAM	35
4.2	แผนที่ห้องที่ใช้ในการทดลองค้นหาเส้นทางใหม่และการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง	37
4.3	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 1	38
4.4	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 1	38
4.5	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 2	39
4.6	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 2	39
4.7	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 3	40
4.8	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 3	40
4.9	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 4	41
4.10	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 4	41
4.11	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 5	42
4.12	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 5	42
4.13	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 6	43
4.14	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 6	43
4.15	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 7	44
4.16	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 7	44
4.17	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 8	45
4.18	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 8	45
4.19	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 9	46
4.20	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยมีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 9	46
4.21	ทดลองการเคลื่อนที่ของรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติโดยไม่มีสิ่งกีดขวางรูปแบบที่ 10	47



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การเชื่อมต่อสัญญาณรอสเบอร์รี่พายและอาคูโน่	25
4.1	ผลการทดลองความเร็วรถขนส่งสินค้าอัตโนมัติแบบนำทางด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์	36
4.2	ระยะทางของการค้นหาเส้นทางใหม่และการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง	58
ก.1	การให้ความหมายคำเฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	64