

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสร้างระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางและติดตามเป้าหมายสำหรับ
หุ่นยนต์เคลื่อนที่

IMPLEMENTATION OF COLLISION AVOIDANCE AND TARGET
TRACKING SYSTEM MOBILE ROBOTS



ก้องเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์
KONGKIAT ANEKPONGPUN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 60577
วันเดือนปี - 3 ก.ค. 2549

b. 11513437
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548
ISBN 974-15-1909-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPLEMENTATION OF COLLISION AVOIDANCE AND TARGET
TRACKING SYSTEM MOBILE ROBOTS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-1909-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้องานวิจัย การสร้างระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางและติดตามเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่

นักศึกษา นายก่อเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์

รหัสนักศึกษา 43061139

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

พ.ศ. 2548

อาจารย์ผู้ควบคุมงานวิจัย รศ. ดร. ปิติเขต สุรักษา

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอการสร้างหุ่นยนต์ที่มีความฉลาด (Intelligent Robot) โดยใช้รูปแบบโครงสร้างของ Brook (Brook's Subsumption Architecture) ร่วมกับการใช้งานตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซี ซึ่งตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีนี้ เหมาะสำหรับงานที่ไม่รู้ค่าพารามิเตอร์หรือสภาวะแวดล้อมของระบบที่แน่นอน งานวิจัยนี้จะนำตรรกศาสตร์ฟัซซีไปช่วยในการตัดสินใจให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางในสภาวะแวดล้อมปกติที่มีลักษณะ รูปร่างและตำแหน่งที่ไม่แน่นอน ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางและเข้าสู่เป้าหมายได้เร็วขึ้นในเวลาจริง โดยอาศัยตัวตรวจจับในจำนวนที่น้อยลง เพื่อลดต้นทุนในการผลิต และสร้างแนวโน้มให้เกิดการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้น

Thesis Title	Implementation of Collision Avoidance and Target Tracking System for Mobile Robots
Student	Mr. Kongkiat Anekpongpun
Student ID.	43061139
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2005
Thesis Adviser	Assoc.Prof. Dr. Pitikhate Sooraksa

ABSTRACT

This research presents the implementation of intelligent robot by concept of Brook's Subsumption Architecture and fuzzy logic controller. Fuzzy logic has been successfully applied with various knowledge-based systems in order to provide real-time decision making without requirement of mathematical model in uncertain environment. The purposes of employing fuzzy logic in this research are to increase the efficiency of ultrasonic sensors for obstacle avoidance and to reduce number of sensors for product cost and time for deployment.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. ดร. ปิติเขต สุรักษา ที่ชี้แนะแนวทาง ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และคำแนะนำที่เป็น
ประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ที่มอบความรู้ โอกาส ตลอดจน
คำแนะนำในด้านต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ให้ความห่วงใย คอยเป็นกำลังใจ และให้การ
สนับสนุนในทุกด้านเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณณัฐพงศ์ จินจาคาม สำหรับคำแนะนำและประสบการณ์ในการออกแบบ
วงจรที่ดี

ขอขอบคุณ คุณจุฑามาศ ประมูลมาก สำหรับความเป็นเพื่อนที่ดีมาก และความช่วยเหลือ
ที่มักจะมาทันเวลาเสมอ

ขอขอบคุณ คุณศักดา สาครตานันท์ และคุณณัฐพงศ์ วนาประเสริฐศักดิ์ สำหรับประส-
บการณ์ที่ดีในการเขียนโปรแกรมและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณอรสา สุทธิไศย สำหรับความห่วงใย และกำลังใจที่มีให้กันตลอดมา
คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แก่บิดา
มารดา และผู้มีพระคุณแก่ข้าพเจ้าทุกคน

ก้องเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.4 การดีพีซีพีเคชั่น.....	24
3.3 ทฤษฎีอารมณ์และการประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์.....	25
3.3.1 ประเภทของอารมณ์.....	26
3.3.2 การแสดงออกทางอารมณ์.....	26
3.3.3 อารมณ์กับหุ่นยนต์.....	27
บทที่ 4 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และผลการทดสอบ.....	31
4.1 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์.....	31
4.2 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมรูปตัวยู.....	33
4.3 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมรูปตัวโอ.....	41
4.4 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายบริเวณที่เป็นทางแคบ.....	49
4.5 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ในห้อง.....	53
4.6 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในพื้นที่ซับซ้อนคล้ายเขาวงกต.....	58
4.7 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายภายในเขาวงกต.....	63
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	69
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	69
5.2 ปัญหาที่พบในงานวิจัย.....	69
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา.....	70
เอกสารอ้างอิง.....	71
ภาคผนวก.....	73
ภาคผนวก ก.....	74
ภาคผนวก ข.....	77
ภาคผนวก ค.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 กฎการควบคุมเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวาง.....	23
4.1 สัญลักษณ์แสดงอารมณ์ของหุ่นยนต์.....	32
4.2 เวลาในการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยู.....	40
4.3 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวโอ.....	48
4.4 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ปลายทางแคบ.....	52
4.5 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้อง.....	58
4.6 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในพื้นที่ซับซ้อนคล้ายเขาวงกต.....	63



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างหุ่นยนต์.....	7
2.2 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของหุ่นยนต์.....	8
2.3 สภาวะเมื่อหุ่นยนต์ชนกับสิ่งกีดขวางด้านหน้า.....	10
2.4 สภาวะเมื่อหุ่นยนต์ชนกับสิ่งกีดขวางด้านหลัง.....	10
2.5 ลักษณะภายนอกของเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์.....	11
2.6 วงจรภายในเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์.....	12
3.1 การจำแนกปัญหาของระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบดั้งเดิม.....	13
3.2 การจำแนกปัญหาของระบบควบคุมหุ่นยนต์โดยการใช้สถาปัตยกรรมของ Brook.....	14
3.3 สถาปัตยกรรมของ Brook ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....	14
3.4 ระบบควบคุมพีซี.....	15
3.5 ระบบควบคุมพีซีที่ใช้กับหุ่นยนต์.....	16
3.6 แสดงการหาทิศทางเป้าหมายของหุ่นยนต์.....	17
3.7 ฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอินพุต.....	18
3.8 ฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุต.....	20
3.9 สภาวะแวดล้อมที่ทำให้หุ่นยนต์เกิดพฤติกรรมหลบหลีกสิ่งกีดขวาง.....	22
3.10 หุ่นยนต์ที่ได้จากการออกแบบ.....	29
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	32
4.2 อุปกรณ์รับสัญญาณแสดงอารมณ์จากหุ่นยนต์.....	32
4.3 โปรแกรมรับสัญญาณแสดงอารมณ์จากหุ่นยนต์.....	33
4.4 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 1.....	33
4.5 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 1.....	34
4.6 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 2.....	35
4.7 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 2.....	35
4.8 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 3.....	36
4.9 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 3.....	36
4.10 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 4.....	37
4.11 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 4.....	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5.....	39
4.13 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5.....	39
4.14 ความถี่การเกิดอารมณ์ในขณะเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยู.....	40
4.15 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 1.....	42
4.16 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 1.....	42
4.17 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 2.....	43
4.18 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 2.....	43
4.19 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 3.....	44
4.20 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 3.....	45
4.21 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 4.....	46
4.22 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 4.....	46
4.23 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5.....	47
4.24 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5.....	47
4.25 ผลของอารมณ์ในขณะเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอ.....	49
4.26 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายบริเวณที่เป็นทางแคบตำแหน่งที่ 1.....	50
4.27 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในบริเวณที่เป็นทางแคบตำแหน่งที่ 1.....	50
4.28 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในบริเวณที่เป็นทางแคบตำแหน่งที่ 2.....	51
4.29 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ปลายทางแคบตำแหน่งที่ 2.....	51
4.30 ผลของอารมณ์ในขณะเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ปลายทางแคบ.....	53
4.31 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 1.....	54
4.32 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 1.....	54
4.33 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 2.....	55
4.34 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 2.....	55
4.35 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 3.....	56
4.36 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 3.....	57
4.37 ผลของอารมณ์ในขณะเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้อง.....	58
4.38 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 1.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ VIII ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.39 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 1.....	59
4.40 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 2.....	60
4.41 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 2.....	60
4.42 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 2.....	61
4.43 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 3.....	62
4.44 ผลของอารมณ์ในขณะที่เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในพื้นที่คล้ายเขาวงกต.....	63
4.45 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 1.....	64
4.46 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 1.....	64
4.47 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 2.....	65
4.48 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 2.....	65
4.49 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 3.....	66
4.50 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 3.....	67
4.51 ผลของอารมณ์ในขณะที่เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในเขาวงกต.....	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์ไปใช้งานในหลาย ๆ ด้าน ทั้งการใช้งานตามบ้านเรือนและตามโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากงานบางประเภทนั้น ถ้าให้มนุษย์เป็นผู้ปฏิบัติงานเองอาจจะไม่เหมาะสม หรือไม่สะดวกในการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น การทำงานในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นซอกหรือมีลักษณะเป็นมุมแคบ ๆ รวมไปถึงการทำงานในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตราย เช่นพื้นที่ที่มีแก๊สมันตภาพรังสีรั่วไหล หรือพื้นที่ที่มีกับระเบิด

ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งของหุ่นยนต์ ก็คือการทำงานในพื้นที่ในการเคลื่อนที่ไม่จำกัด เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ซึ่งส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าต้องการให้หุ่นยนต์มีความสามารถเคลื่อนที่ได้มากน้อยเพียงใด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือหุ่นยนต์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานในโรงงานที่เรียกว่า AGV หรือ Automatic Guide Vehicle จำเป็นจะต้องมีความยืดหยุ่นในการทำงานมากและสามารถทำงานได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยปกติพื้นที่ขนาดใหญ่นั้นจะมีปัญหาในการเลือกวิธีการในการควบคุมหุ่นยนต์ให้เหมาะสม เนื่องจากพื้นที่ปฏิบัติงานมีความหลากหลายและคาดคะเนได้ยาก เช่นเดียวกับหุ่นยนต์สนาม (field robot) หรือหุ่นยนต์ที่ใช้ในการสำรวจ (exploratory robot) ซึ่งจะใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งโดยปกติเป็นพื้นที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน และอาจจะต้องพบกับสิ่งกีดขวางที่ไม่สามารถคาดเดาได้ ดังนั้นความท้าทายอย่างหนึ่งในศาสตร์ด้านหุ่นยนต์ ก็คือการทำงานที่จะทำอย่างไรให้หุ่นยนต์สามารถปฏิบัติงานได้ในพื้นที่ที่มีความหลากหลายดังกล่าว

แต่การใช้งานหุ่นยนต์ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง และการติดตามเป้าหมาย เป็นอีกปัญหาที่หุ่นยนต์จะต้องพบ ซึ่งวิธีการหลบหลีกสิ่งกีดขวางนั้น มีผู้เสนอแนวคิดมากมาย ตัวอย่างเช่น

Krog [1] เสนอแนวคิด Potential Field ขึ้นในปี ค.ศ. 1984 เพื่อใช้ในการจำลองการควบคุมตำแหน่งของหุ่นยนต์ และถูกนำไปใช้โดย Khatib [2] ในปี ค.ศ. 1985 เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ ในปีเดียวกันนั่นเอง Moravec และ Elfes [3] ได้เสนออัลกอริทึมที่เรียกว่า Certain Grid ซึ่งเป็นการจับคู่ระหว่างขอบเขตการสะท้อนกลับที่ไม่แน่นอนของโซนาร์กับกริดที่แน่นอน โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution function)

ในปี ค.ศ. 1990 Borenstein และ Koren [4] ได้พัฒนาเทคนิคที่ชื่อว่า Vector Field Histogram (VFH) ขึ้น ซึ่งเป็นการรวมเอาข้อดีของของ 2 วิธีแรก คือ Potential Field และ Certain Grid เข้าไว้ด้วยกัน โดยนำไปใช้กับการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนระบบประมวลผล K2A ที่มีความสามารถในการประมวลผลเทียบเท่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผล 80386

การใช้งานตรรกศาสตร์ฟัซซีเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความเหมาะสม เนื่องจากกฎฟัซซีได้พัฒนาขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานจากวิธีการแก้ปัญหาของมนุษย์ ทำให้ระบบของตรรกศาสตร์ฟัซซีนั้นเหมาะสำหรับปัญหาที่มีความคลุมเครือและไม่มีรูปแบบแน่นอน

ในปี ค.ศ. 1992 Beom และ Cho [5, 6] ใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนการเคลื่อนที่และการหลบหลีกสิ่งกีดขวางสำหรับหุ่นยนต์ ต่อมาในปี ค.ศ. 1995 ได้พัฒนาเพิ่มพฤติกรรมการเรียนรู้เข้าไป ทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้ดีขึ้น

นอกจากการใช้งานทางด้านหุ่นยนต์แล้ว ยังมีการประยุกต์ตรรกศาสตร์ฟัซซีกับการใช้งานทางด้านอื่นอีกด้วย เช่นในปี ค.ศ. 1999 Luo และคณะ [7] ได้นำทฤษฎี Gray Prediction มาใช้ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซี เพื่อช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการควบคุมรถเข็นสำหรับคนพิการ

และตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 Smith [8-10] ได้นำเอาตรรกศาสตร์ฟัซซีไปประยุกต์ใช้กับยานสำรวจใต้มหาสมุทร

จะเห็นได้ว่าตรรกศาสตร์ฟัซซีนั้นมีความแพร่หลายและเหมาะสมในการนำไปใช้แก้ปัญหาในด้านการควบคุมแบบต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามในการใช้งานตรรกศาสตร์ฟัซซีนั้น ก็ยังมีปัญหาอยู่ประการหนึ่งคือ ประเด็นการตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้อง และความสมบูรณ์ของกฎฟัซซีที่จะกำหนดขึ้น จึงจำเป็นต้องอาศัยการปรับแต่งจากผู้เชี่ยวชาญ แม้ว่ากระบวนการทั้งหมดใช้เวลาในการพัฒนาไม่มากนัก แต่การที่จะนำไปใช้เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางในพื้นที่ที่มีสถานะแวดล้อมไม่แน่นอน ทำให้จำเป็นต้องใช้ร่วมกับตัวตรวจจับหลายประเภทและต้องใช้ตัวตรวจจับเป็นจำนวนมากเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จึงเป็นเหตุให้ระบบมีความซับซ้อนและใช้เวลาในการประมวลผลมาก อีกทั้งในบางสถานะอาจไม่สามารถใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีเพียงอย่างเดียวเป็นตัวควบคุมในการแก้ไขปัญหาได้ [11]

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อพัฒนาวิธีการที่จะทำให้หุ่นยนต์สามารถค้นหาและเคลื่อนที่ไปหาเป้าหมายได้ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่แน่นอน เนื่องจากในอนาคต หุ่นยนต์อาจกลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ ในปัจจุบันก็ได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ออกมาหลากหลายประเภทเพื่อรับใช้มนุษย์ในด้านต่าง ๆ อาทิเช่น หุ่นยนต์ประเภทสัตว์เลี้ยง ที่มีความน่ารักและเชื่องเหมือนสัตว์เลี้ยงจริง ๆ เรียกว่าเป็น สัตว์เลี้ยงหุ่นยนต์ (Interactive robot animal) เช่น AIBO [12] ของ Sony Corporation หรือหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเดินคล้ายมนุษย์ (Humanoid Robot) เช่น PINO [13] โดย Kitano Symbiotic Systems ซึ่งเป็นโครงการที่รัฐบาลญี่ปุ่นให้ทุนสนับสนุนการวิจัย หรือ ASIMO [14] จากบริษัท Honda Motor Co., Ltd. ซึ่งหุ่นยนต์เหล่านี้ ต่างก็มีระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางและติดตามเป้าหมายเป็นส่วนหนึ่งของระบบอยู่แล้ว แต่ปัญหาคือ หุ่นยนต์ต่าง ๆ เหล่านี้ยังมีราคาแพง เนื่องจากใช้ตัวตรวจจับสนหลายประเภทร่วมกับหน่วยประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้เวลาในการพัฒนามาก ซึ่งถ้าหากพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีความสามารถในการค้นหาเป้าหมายและหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้โดยใช้ตัวตรวจจับสนน้อยและหน่วยประมวลผลที่มีประสิทธิภาพไม่สูงมากนัก ก็จะทำให้ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตลดลง มีการใช้งานที่แพร่หลายมากขึ้น และชีวิตของมนุษย์ก็จะมีความสะดวกสบายมากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ทำให้คาดว่าการใช้รูปแบบสถาปัตยกรรมของ Brook [18] ในการพัฒนาหุ่นยนต์ น่าจะสามารถลดเวลาและต้นทุนในการพัฒนาได้ เนื่องจากสถาปัตยกรรมของ Brook นั้นไม่จำเป็นต้องใช้ตัวประมวลผลที่มีประสิทธิภาพมากนัก และไม่จำเป็นต้องใช้หน่วยความจำที่มีความจุสูง แต่ยังสามารถทำงานได้ดีเทียบเท่ากับที่ใช้ทรัพยากรมากกว่า และเมื่อนำมาใช้ร่วมกับวิธีการควบคุมโดยใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซี จะทำให้มีความสามารถในการตัดสินใจได้ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ออกแบบระบบควบคุมการหลบหลีกสิ่งกีดขวางและเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์ โดยใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีร่วมกับสถาปัตยกรรมของ Brook
2. สร้างหุ่นยนต์ที่มีระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ค้นหา และเข้าหาเป้าหมาย ภายใต้สภาวะแวดล้อมจำลองที่มีความใกล้เคียงกับพื้นที่การทำงานจริง ได้ตามทีออกแบบ

อนึ่ง เพื่อให้งานวิจัยนี้แตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตที่มีเฉพาะการหลบสิ่งกีดขวางควบคู่ไปกับการติดตามเป้าหมาย งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองนำร่องโดยเพิ่มเติมอารมณ์เข้าไปในหุ่นยนต์ขณะที่กำลังแสดงพฤติกรรมหลักซึ่งเป็นจุดประสงค์ในงานวิจัยนี้ ส่วนที่เพิ่มเติมนี้เป็น

ส่วนเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความใหม่ของเนื้อหาวิทยาการ และถือเป็นผลพลอยได้จากการทำวิจัย อันเป็นส่วนที่เพิ่มจากจุดประสงค์หลักที่ได้นำเสนอในการเสนอหัวข้อวิทยานิพนธ์

1.4 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

1. สถาปัตยกรรมของ Brook (Brook Subsumption Architecture)
2. ทฤษฎีการควบคุมโดยใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซี

1.5 สมมุติฐานของการศึกษา

1. การใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ทำให้หุ่นยนต์สามารถค้นหา เข้าหาเป้าหมาย และหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ดี แม้ใช้ตัวตรวจจับจำนวนน้อย
2. ระบบควบคุมที่ใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซี ช่วยเสริมให้หุ่นยนต์มีความสามารถในการตัดสินใจ หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ดีขึ้น

1.6 ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์

1. กำหนดจุดประสงค์ หัวข้อ และขอบเขตการทำวิทยานิพนธ์
2. ศึกษาทฤษฎี หลักการพื้นฐาน ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ตั้งสมมุติฐานในการทำงานและแนวทางในการพัฒนา
3. ออกแบบระบบควบคุมหุ่นยนต์และเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. ทดสอบหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้น ภายใต้สภาวะแวดล้อมจำลอง
5. วิเคราะห์ สรุปผลการทดลอง และเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมา ความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ขั้นตอนการทำงาน และโครงสร้างของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปวิเคราะห์ผลการทดลองและแนวทางในการวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การออกแบบหุ่นยนต์

บทนี้กล่าวถึงหลักการทำงานและการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การออกแบบส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ และการออกแบบส่วนของการควบคุม จากนั้นจะกล่าวถึงการออกแบบวงจรที่ใช้แทนเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบ ส่วนของอัลกอริทึมที่ใช้ควบคุมจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

2.1 โครงสร้างหุ่นยนต์

หุ่นยนต์นั้นประกอบไปด้วยชิ้นส่วนประเภทต่าง ๆ หลายชิ้นส่วนมาประกอบกัน นับตั้งแต่ส่วนประกอบพื้นฐานไปจนถึงส่วนของวงจรที่ใช้ควบคุม [15, 16, 17] ในส่วนของโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย

1. รูปร่างของหุ่นยนต์ รูปทรงหลักที่ใช้ก็คือทรงกลมและทรงเหลี่ยม เช่น สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม เป็นต้น
2. ขนาดของหุ่นยนต์
3. ประเภทการเคลื่อนที่ เช่น การเคลื่อนที่โดยใช้ล้อ หรือใช้ขา เป็นต้น
4. วัสดุที่เลือกใช้ เช่น ไม้ พลาสติก โลหะ
5. วัสดุที่ใช้ยึดส่วนประกอบต่างๆเข้าด้วยกัน เช่น กระดาษกาว กาว นอตและสกรู
6. ประเภทของแหล่งจ่ายพลังงาน ซึ่งต้องคำนึงถึงความสามารถจ่ายพลังงาน ขนาด น้ำหนัก และตำแหน่งที่ทำการติดตั้ง
7. ประเภทของตัวตรวจจับที่ใช้

ส่วนประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเมื่อต้องการเริ่มสร้างหุ่นยนต์ เนื่องจากส่วนประกอบแต่ละประเภท ต่างมีคุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกัน จำเป็นจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ หุ่นยนต์ที่ต้องการมีลักษณะดังต่อไปนี้

- สามารถปฏิบัติงานได้บนพื้นที่ราบ มีสิ่งกีดขวางอยู่ในลักษณะต่าง ๆ
- ใช้ตัวตรวจจับจำนวนน้อย
- มีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ สามารถเคลื่อนที่ไปในบริเวณที่แคบได้ หรือพื้นที่รูปตัวยู (U shape) ได้
- มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก
- ใช้งบประมาณในการพัฒนาไม่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาคุณสมบัติของหุ่นยนต์ในด้านต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้ตัดสินใจสร้างหุ่นยนต์ที่มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. รูปร่างหุ่นยนต์

มีโครงสร้างเป็นพลาสติกรูปทรงกลม เนื่องจากหุ่นยนต์รูปทรงกลมนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการเคลื่อนที่ไปในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน สามารถเคลื่อนที่ไปภายในพื้นที่จำกัด เช่น บริเวณมุมของสิ่งกีดขวางหรือพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นซอกได้ ซึ่งหุ่นยนต์ที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยม จะมีปัญหาในการเคลื่อนที่ในบริเวณดังกล่าว

2. ขนาดของหุ่นยนต์

มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร เพราะขนาดดังกล่าวไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป สามารถจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้สะดวก

3. ประเภทของการเคลื่อนที่

เป็นการเคลื่อนที่โดยใช้ล้อ ขับเคลื่อนโดยใช้สเต็ปมอเตอร์ มีมุมการหมุน 3.75 องศา ต่อสเต็ป ใช้ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.15 เซนติเมตร เนื่องจากสเต็ปมอเตอร์ควบคุมได้ง่าย และสามารถกำหนดตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ

4. ประเภทของวัสดุที่เลือกใช้

ใช้เป็นพลาสติกรูปทรงกลมเป็นโครงสร้างหลัก เพราะพลาสติกนั้นมีความคงทน สามารถตัดแต่งได้สะดวก

5. วัสดุที่ใช้ยึดส่วนประกอบ

วัสดุที่ใช้ยึดส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันจะใช้นอตและสกรูเป็นหลัก เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย มีขนาดให้เลือกใช้มาก ทนทาน และมีราคาถูก

6. ประเภทของแหล่งจ่ายพลังงาน

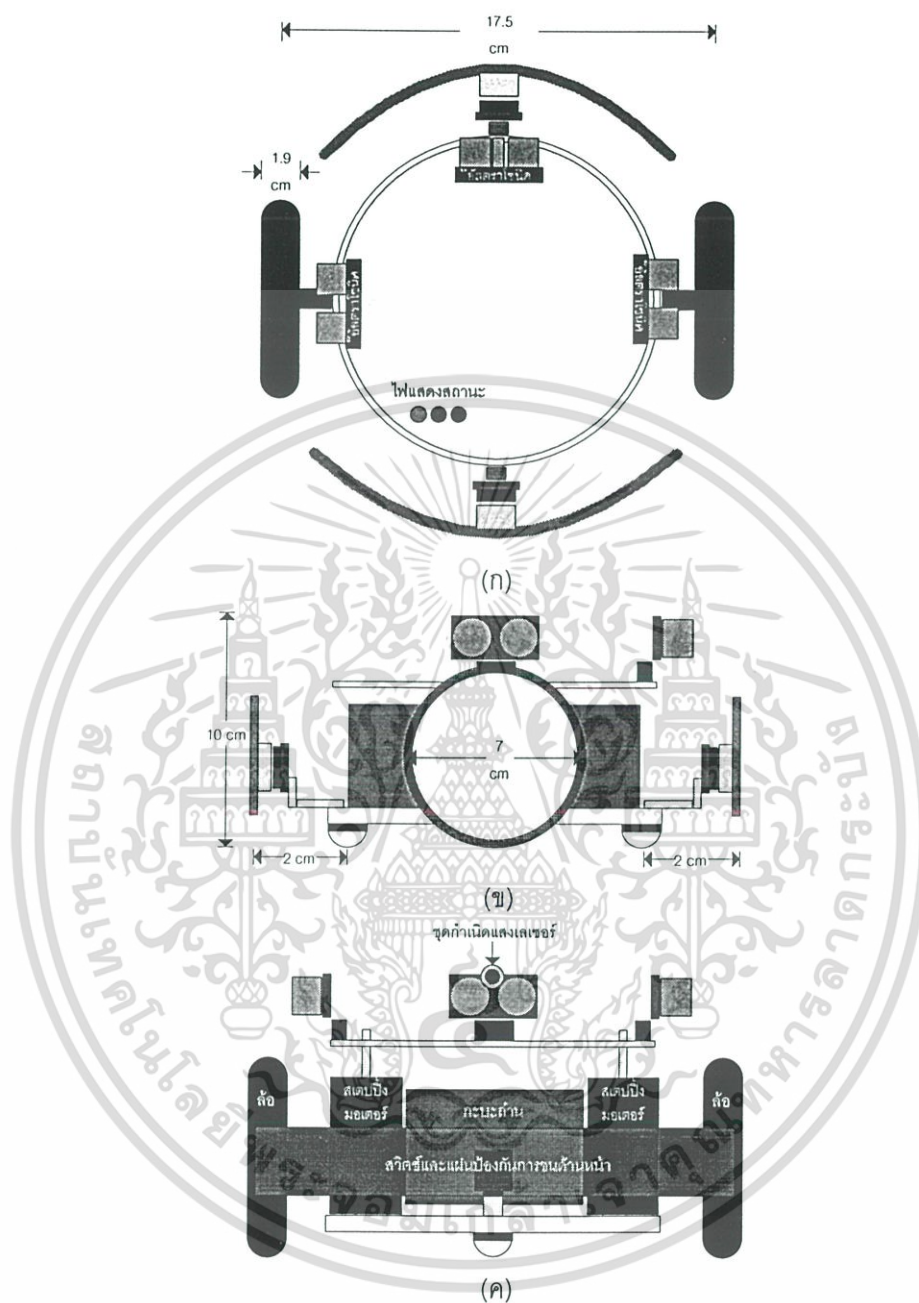
แหล่งจ่ายพลังงานใช้แบตเตอรี่ประเภทนิเกิล-เมทัลไฮดราย (Ni-MH) แบบ AA ขนาด 2100 mAH เนื่องจากมีน้ำหนักไม่มาก ไม่มีผลจาก memory effect เหมือนกับแบตเตอรี่ประเภทนิเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd) และสามารถนำมาประจุพลังงานใหม่ได้ จำนวน 6 ก้อน 2 ชุด ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งฐานของหุ่นยนต์ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับแผงวงจรหลัก กับสเต็ปมอเตอร์ และเพื่อให้จุดศูนย์ถ่วงต่ำ เป็นการรักษาสมดุลย์ของหุ่นยนต์

7. ประเภทของตัวตรวจจับ

ใช้ชุดตรวจจับเหนือเสียง (ultrasonic sensor module) 3 ตัว ทำงานที่ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ต มีระยะในการตรวจจับ 3 เซนติเมตร ถึง 3 เมตร ติดตั้งไว้ด้านซ้าย ด้านหน้า และด้านขวาของหุ่นยนต์ ร่วมกับสวิตช์ 2 ตัว ติดตั้งไว้กับแผ่นพลาสติก เพื่อป้องกันหุ่นยนต์เสียหายเนื่องจากจากการชนกับสิ่งกีดขวางด้านหน้าและด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของหุ่นยนต์ที่ออกแบบเสร็จแล้ว แสดงได้ดังรูปที่ 2.1

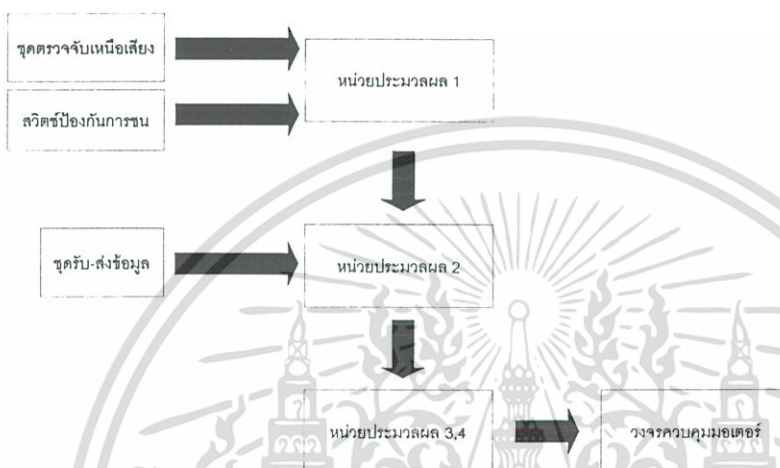


รูปที่ 2.1 โครงสร้างหุ่นยนต์มองจากด้านบน (ก) ด้านข้าง (ข) และด้านหน้า (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบควบคุมหุ่นยนต์

บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของหุ่นยนต์แสดงดังรูปที่ 2.2 ประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผล 4 ตัว ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจากชุดตรวจจับเหนือเสียงและสวิตช์ป้องกันการชนและตัดสินใจเคลื่อนที่โดยใช้ตรรกศาสตร์พีชชี รับ-ส่งข้อมูลและระบุเป้าหมาย และควบคุมมอเตอร์ ระบบทั้งหมดจะทำงานขนานกันตามสถาปัตยกรรมของ Brook ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไปในบทที่ 3



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของหุ่นยนต์

2.3 รูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์

รูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์ มีอยู่ 3 รูปแบบหลักดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการเคลื่อนที่ปกติ

การเคลื่อนที่แบบปกติของหุ่นยนต์คือการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเป็นเส้นทางตรงโดยไม่สนใจสิ่งกีดขวางและเป้าหมาย หุ่นยนต์จะใช้การเคลื่อนที่แบบนี้เมื่อไม่มีการกระตุ้นใด ๆ เข้ามาที่หุ่นยนต์ รูปแบบนี้ถูกควบคุมโดยหน่วยประมวลผลที่ 3 และ 4

2. รูปแบบการตรวจสอบและเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมาย

การเคลื่อนที่แบบที่ตามปกติของหุ่นยนต์ จะเปลี่ยนเป็นการตรวจสอบและเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมาย เมื่อหุ่นยนต์ปล่อยแสงเลเซอร์จากชุดกำเนิดแสงเลเซอร์แล้วได้รับสัญญาณตอบกลับจากเป้าหมาย การเคลื่อนที่สำหรับรูปแบบนี้ คือการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไปจนเข้าใกล้สิ่งกีดขวางด้านหน้า จากนั้นหุ่นยนต์จะใช้แสงเลเซอร์เพื่อระบุว่ามีสิ่งกีดขวางหรือสิ่งกีดขวาง หากเป็นเป้าหมายจะค่อย ๆ เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายอย่างช้า ๆ พร้อมทั้งใช้แสงเลเซอร์ยิงไปด้านหน้า เพื่อปรับมุมระหว่างหุ่นยนต์และเป้าหมายให้ตรงกัน แต่ถ้าหากตรวจสอบแล้ว 3 รอบ ไม่พบเป้าหมาย จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับเข้าสู่รูปแบบการเคลื่อนที่ปกติ รูปแบบนี้ถูกควบคุมโดยหน่วยประมวลผลที่ 2 ร่วมกับหน่วยประมวลผลที่ 3 และ 4

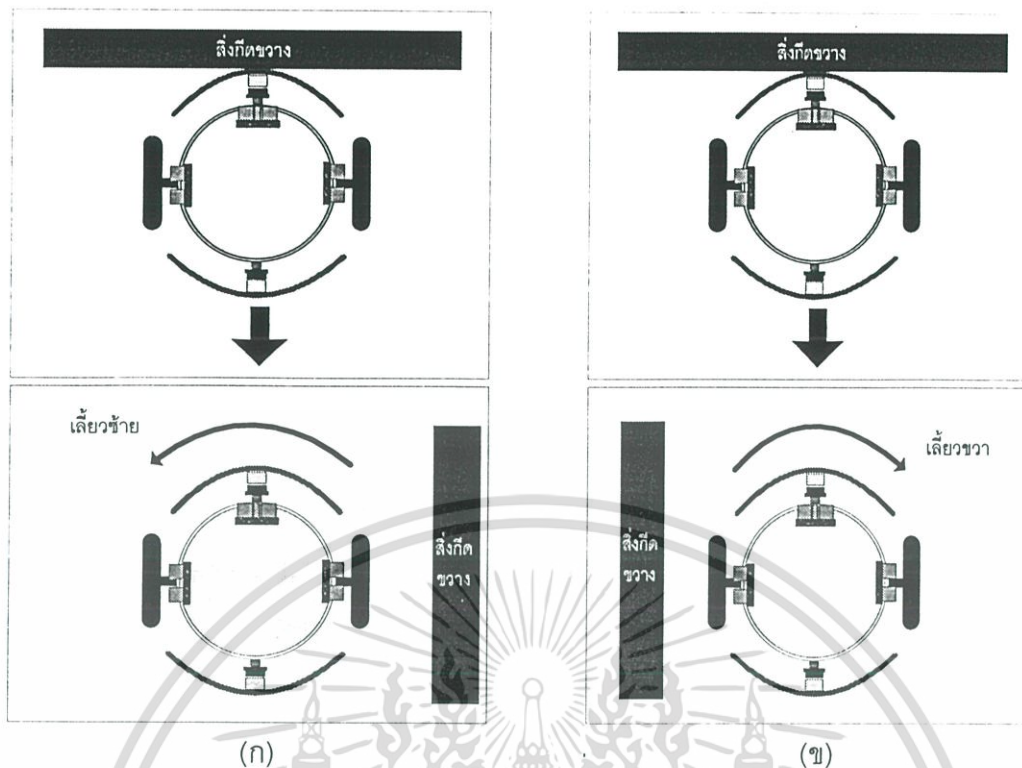
3. รูปแบบการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

รูปแบบนี้จะเริ่มทำงานเมื่อหุ่นยนต์ตรวจพบสิ่งกีดขวางด้านหน้า และสิ่งกีดขวางนั้นไม่ใช่เป้าหมาย หุ่นยนต์จะใช้ตัวตรวจจับเหนือเสียงทั้ง 3 ตัวเพื่อตรวจสอบสถานะแวดล้อมรอบตัวเพื่อตัดสินใจเคลื่อนที่ รูปแบบนี้ถูกควบคุมโดยหน่วยประมวลผลที่ 1 ร่วมกับหน่วยประมวลผลที่ 2 หน่วยประมวลผลที่ 3 และ 4

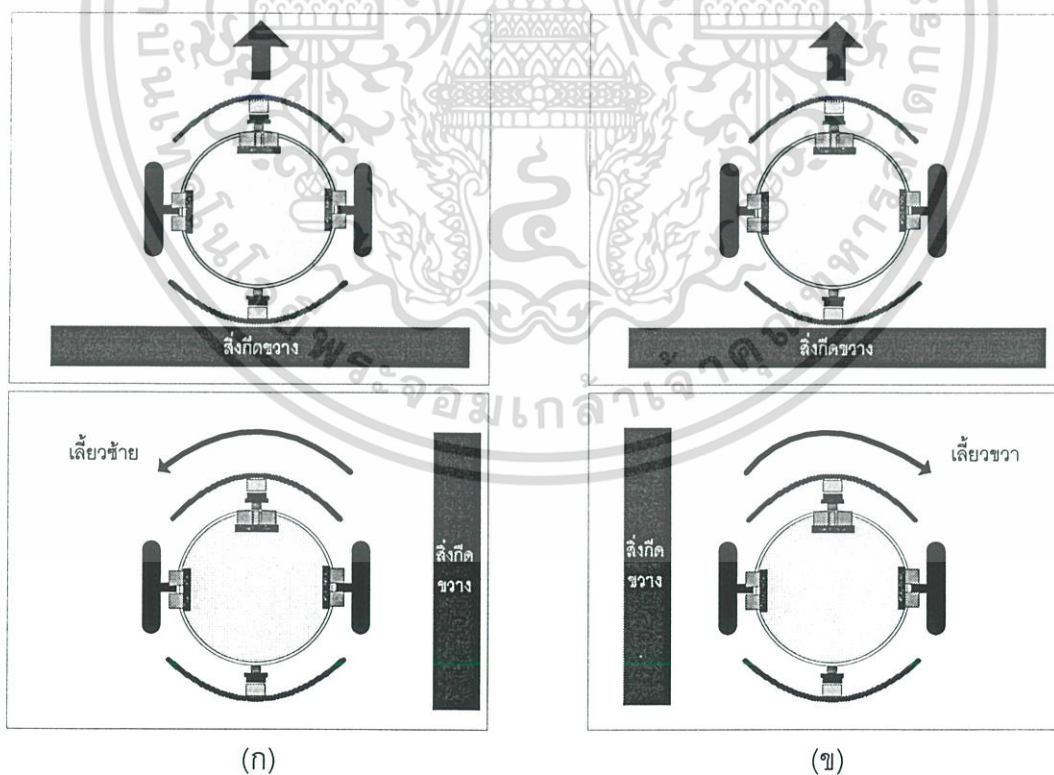
ในระหว่างการเคลื่อนที่หุ่นยนต์จะตรวจสอบการกระตุ้นจากสวิตช์ป้องกันการชนด้วย ซึ่งสวิตช์นี้ใช้เสริมการทำงานของชุดตรวจจับเหนือเสียง เพื่อป้องกันหุ่นยนต์เสียหาย ในกรณีที่ชุดตรวจจับเหนือเสียงทำงานผิดพลาด หรือทำงานไม่ทันเวลา

การทำงานของสวิตช์ป้องกันการชนด้านหน้าจะเป็นดังรูปที่ 2.4 โดยเมื่อหุ่นยนต์ชนกับสิ่งกีดขวางด้านหน้าหุ่นยนต์จะถอยหลัง จากนั้นทำการตรวจสอบระยะระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวางด้านซ้ายและขวา หากทางด้านซ้ายของหุ่นยนต์ใกล้กับสิ่งกีดขวาง แต่ทางด้านขวาไม่มีสิ่งกีดขวางหรือสิ่งกีดขวางอยู่ไกลกว่า หุ่นยนต์จะหมุนตัวเพื่อเลี้ยวเพื่อเลี้ยวกลับไปทางด้านขวา (2.3ก.) แต่ถ้าหากหุ่นยนต์ถอยหลังมาแล้วพบสิ่งกีดขวางทางด้านขวา แต่ไม่มีสิ่งกีดขวางทางด้านซ้ายหรืออยู่ไกลกว่า หุ่นยนต์ก็จะหมุนตัวกลับไปทางด้านซ้าย (2.3ข.)

ส่วนการทำงานของสวิตช์ป้องกันการชนด้านหลัง มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับสวิตช์ป้องกันการชนด้านหน้า กล่าวคือ จะทำงานเมื่อหุ่นยนต์ถอยหลังหรือเลี้ยวแล้วชนกับสิ่งกีดขวางด้านหลัง หุ่นยนต์จะเดินหน้าและทำการตรวจสอบระยะระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวางด้านซ้ายและขวา เพื่อตัดสินใจเคลื่อนที่กลับไปทางซ้ายหรือขวา การทำงานจะเป็นดังรูปที่ 2.4ก. และ 2.4ข.



รูปที่ 2.3 สถานะเมื่อหุ่นยนต์ชนกับสิ่งกีดขวางด้านหน้า



รูปที่ 2.4 สถานะเมื่อหุ่นยนต์ชนกับสิ่งกีดขวางด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

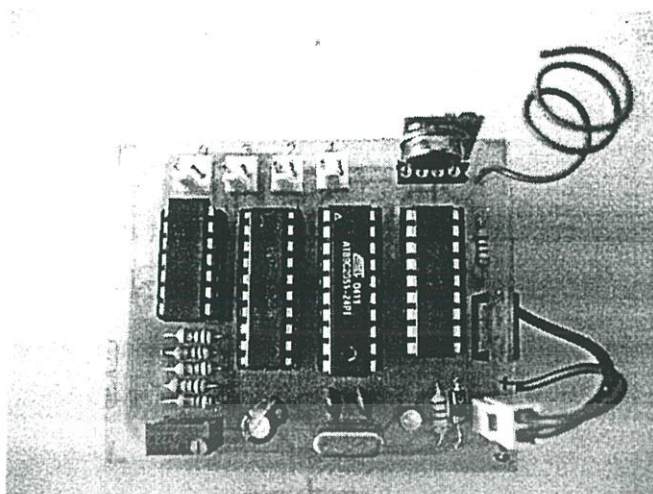
2.4 การออกแบบวงจรเป้าหมาย

เป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นวัสดุสี่เหลี่ยมทรงกระบอก ภายในติดตั้งวงจรตรวจจับความเปลี่ยนแปลงทางแสง โดยจัดวงจรเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน แสงที่รับเป็นแสงเลเซอร์จากชุดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งไว้ด้านหน้าของหุ่นยนต์ เนื่องจากแสงเลเซอร์นั้นมีความเข้มสูง ทนทานต่อการรบกวนจากแสงสว่างอื่น ๆ ได้ดี ตัวรับแสงใช้ตัวตรวจจับประเภท Light Dependent Resistor (LDR) ติดตั้งไว้ทั้ง 4 ด้านของวัตถุในระดับเดียวกับความสูงของชุดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งบนตัวหุ่นยนต์ เมื่อ LDR ได้รับแสงเลเซอร์จากหุ่นยนต์แล้ว ความต้านทานจะลดต่ำลง เกิดแรงดันผ่านไอซีเบอร์ 74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ 89c2051 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปที่ไอซีเข้ารหัสเบอร์ HT12E เพื่อเพิ่มความคงทนของสัญญาณ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งผ่านชุดส่งสัญญาณวิทยุ เบอร์ TLP434A ข้อมูลที่ส่งเป็นแบบอนุกรม ใช้การมอดูเลทเชิงเลขทางแอมพลิจูด (ASK) ในส่วนของภาครับประกอบไปด้วยชุดรับสัญญาณวิทยุเบอร์ RLP434A และไอซีเบอร์ HT12D ใช้ทำการถอดรหัสสัญญาณ ซึ่งภาครับนี้จะถูกติดตั้งไว้บนตัวหุ่นยนต์ ทำให้หุ่นยนต์ทราบว่าขณะนี้ได้พบเป้าหมายแล้ว จากนั้นหุ่นยนต์จะเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจในการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายต่อไป วงจรเป้าหมายแสดงดังรูป 2.5 และ 2.6 ส่วนรายละเอียดของวงจรดูได้จากภาคผนวก ก.



รูปที่ 2.5 ลักษณะภายนอกของเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 วงจรภายในเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์

เมื่อได้ออกแบบในส่วนของโครงสร้างหลักและเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์เรียบร้อยแล้ว ในบทต่อไปจะได้กล่าวถึงวิธีการควบคุมหุ่นยนต์และทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง อันประกอบไปด้วยการจัดวางโครงสร้างการควบคุมตามสถาปัตยกรรมของ Brook ที่ช่วยให้หุ่นยนต์มีโครงสร้างที่ง่ายสามารถตัดสินใจทำงานได้ทันในเวลาจริง (real time) ทฤษฎีตรรกศาสตร์ฟัซซีเพื่อเสริมในการตัดสินใจเคลื่อนที่ และเพิ่มส่วนทฤษฎีการเกิดอารมณ์เข้ามา เพื่อช่วยเสริมการทำงานของ Brook และช่วยให้หุ่นยนต์กับมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กันได้ง่ายขึ้น

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากที่ได้กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์และเป้าหมายในบทที่แล้ว ในบทนี้เป็น การกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ ส่วนที่เป็นโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ จะ ออกแบบตามสถาปัตยกรรมของ Brook [18] ซึ่งเป็นการแบ่งการทำงานออกเป็นลำดับชั้น โดยแต่ละชั้นมีการทำงานขนานกัน ทำให้หุ่นยนต์สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว จากนั้นเมื่อหุ่นยนต์ เคลื่อนที่ไปพบกับสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ จะใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีตัดสินใจแก้ปัญหาหลบหลีกสิ่ง กีดขวาง

3.1 สถาปัตยกรรมของ Brook (Brook Subsumption Architecture)

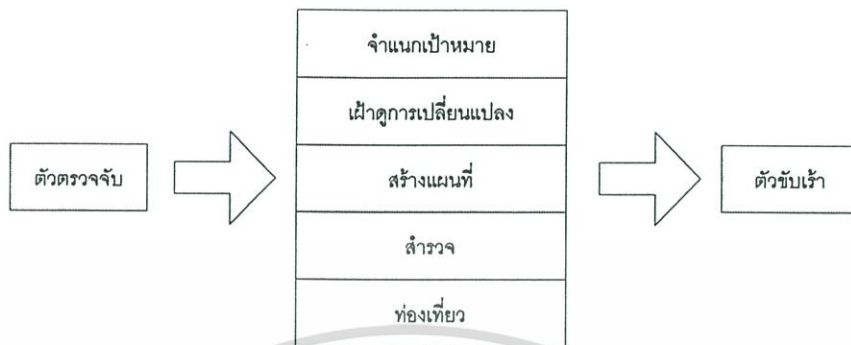
ในการนำหุ่นยนต์ไปใช้งานในสภาพแวดล้อมปกติ สภาพแวดล้อมรอบตัวหุ่นยนต์มีการ เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้ระบบควบคุมสำหรับหุ่นยนต์มีความจำเป็นต้องประมวลผล ข้อมูลจำนวนมากในเวลาจริง สำหรับระบบควบคุมแบบดั้งเดิมนั้น เมื่อหุ่นยนต์ได้รับข้อมูลเข้าจาก ตัวตรวจจับแล้ว จะเข้าสู่การประมวลผลตามลำดับชั้นดังแสดงในรูปที่ 3.1 แต่วิธีดังกล่าวใช้เวลา ในการประมวลผลมาก และหุ่นยนต์จำเป็นต้องทราบรูปแบบที่แน่นอนของพื้นที่ ทำให้ไม่เหมาะสม ในการนำไปใช้งานควบคุมหุ่นยนต์



รูปที่ 3.1 การจำแนกปัญหาของระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบดั้งเดิม

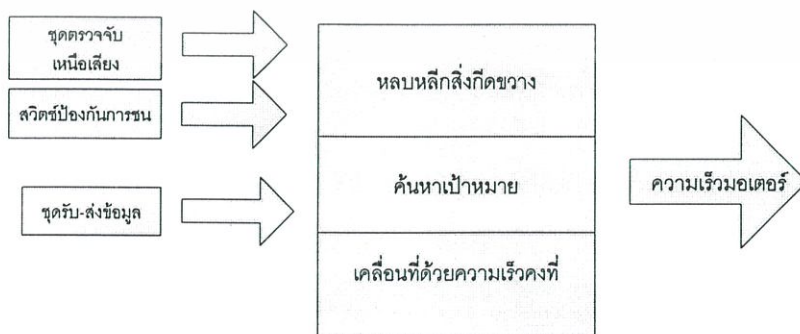
R.A. Brook ได้เสนอแนวคิดในการสร้างระบบควบคุม โดยใช้การจัดการทำงานออกเป็น พฤติกรรม มีการทำงานเป็นลำดับชั้นตามข้อมูลที่ได้รับจากตัวตรวจจับ แต่ละชั้นจะมีการทำงานที่ ไม่ซับซ้อนมากนัก และทุกชั้นจะมีการประมวลผลขนานกัน ลำดับชั้นที่อยู่ด้านล่างจะมี

ความสำคัญน้อยกว่าลำดับชั้นที่อยู่ด้านบน และเป็นส่วนประกอบของลำดับชั้นที่อยู่เหนือขึ้นไป เช่น ถ้ารวมพฤติกรรมชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2 เข้าด้วยกัน จะได้พฤติกรรมชั้นที่ 3 เป็นต้น ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การจำแนกปัญหาของระบบควบคุมหุ่นยนต์โดยการใช้สถาปัตยกรรมของ Brook

ข้อดีของการใช้ตัวควบคุมแบบนี้คือ หุ่นยนต์ไม่จำเป็นต้องรู้รูปแบบของพื้นที่ในการปฏิบัติงานที่แน่นอนตายตัว ไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่หน่วยความจำขนาดใหญ่เพื่อเก็บข้อมูล และไม่จำเป็นต้องใช้หน่วยประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานได้ซับซ้อนมากขึ้น ก็เพียงแค่เพิ่มชั้นของตัวควบคุมหรือแผงวงจร ที่ทำหน้าที่แทนพฤติกรรมใหม่เข้ากับระบบเดิมได้เลย เมื่อใช้ร่วมกับตรรกศาสตร์พีชคณิต ยังทำให้การสร้างและควบคุมหุ่นยนต์เป็นเรื่องที่ง่ายขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะประยุกต์ทฤษฎีของ Brook มาเพื่อใช้จัดลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ชั้นล่างสุดเป็นพฤติกรรมการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยความเร็วคงที่ ชั้นต่อมาเป็นพฤติกรรมการค้นหาและเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมาย โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากชุดรับสัญญาณที่ติดตั้งบนตัวหุ่นยนต์ ซึ่งจะได้รับสัญญาณเมื่อเป้าหมายได้รับการกระตุ้นโดยแสงเลเซอร์จากด้านหน้าหุ่นยนต์ ในระหว่างการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายนั้น หุ่นยนต์จะมีพฤติกรรมหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากชุดตรวจจับเหนือเสียงและสวิตช์ป้องกันการชน



รูปที่ 3.3 สถาปัตยกรรมของ Brook ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

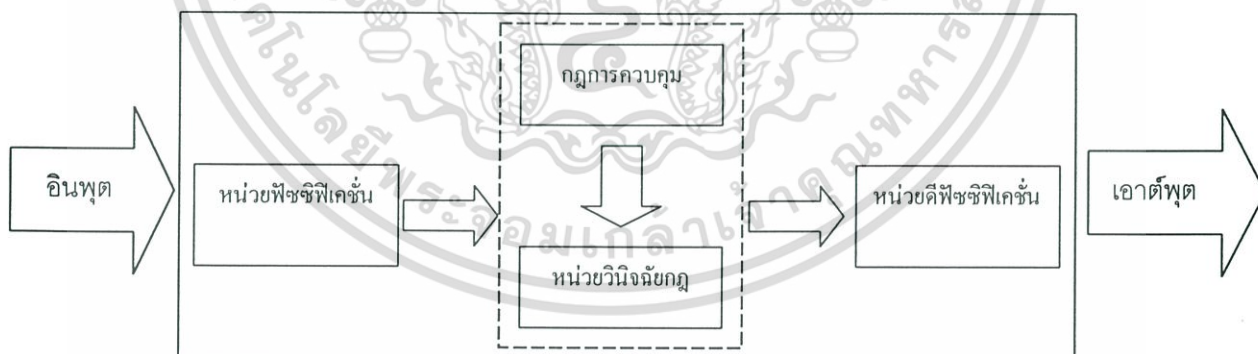
3.2 ตรรกศาสตร์ฟัซซี (Fuzzy Logic)

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นในด้านการศึกษา การวิจัย บันเทิง ทั้งในรูปแบบเครื่องขนาดใหญ่อย่างเช่นซูเปอร์คอมพิวเตอร์ ไปจนถึงขนาดเล็กที่ฝังตัวอยู่ตามอุปกรณ์ต่าง ๆ

คอมพิวเตอร์และมนุษย์นั้นต่างก็มีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันไปคนละด้าน งานบางประเภทสามารถอาศัยคอมพิวเตอร์ในการคิดและตัดสินใจได้ เช่นระบบอัตโนมัติต่าง ๆ หรือการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก ๆ ภายในเวลาจำกัด แต่งานบางประเภทยังต้องอาศัยมนุษย์เข้ามาร่วมตัดสินใจ ตัวอย่างเช่น ปัญหาในการระบุตัวบุคคล ถ้าเป็นคอมพิวเตอร์จะเป็นเรื่องที่ยากลำบาก แต่ถ้าเป็นมนุษย์แล้วเป็นเรื่องที่ง่ายกว่ามาก ดังนั้นถ้าสามารถทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเลียนแบบการคิดตัดสินใจได้คล้ายมนุษย์แล้ว ก็จะทำให้มีเครื่องมือช่วยในการปฏิบัติงานที่มีความสามารถมาก และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานให้สูงขึ้นได้

แนวคิดของตรรกศาสตร์ฟัซซี (Fuzzy Logic) นั้น ถูกเสนอขึ้นโดยศาสตราจารย์ L.A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ตรรกศาสตร์ฟัซซีนั้นเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการอธิบายธรรมชาติของสิ่งที่คลุมเครือโดยอาศัยภาษาของมนุษย์ จุดประสงค์ของตรรกศาสตร์ฟัซซี ก็เพื่อขยายความสามารถของทฤษฎีเซตดั้งเดิม จากที่มีเพียงความเป็นสมาชิก (membership) และไม่เป็นสมาชิก (non-membership) มาอยู่ในรูปของระดับความเป็นสมาชิก (degree of membership) ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถ "คิด" ได้คล้ายกับมนุษย์

โครงสร้างพื้นฐานของระบบควบคุมฟัซซีประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.4 คือ



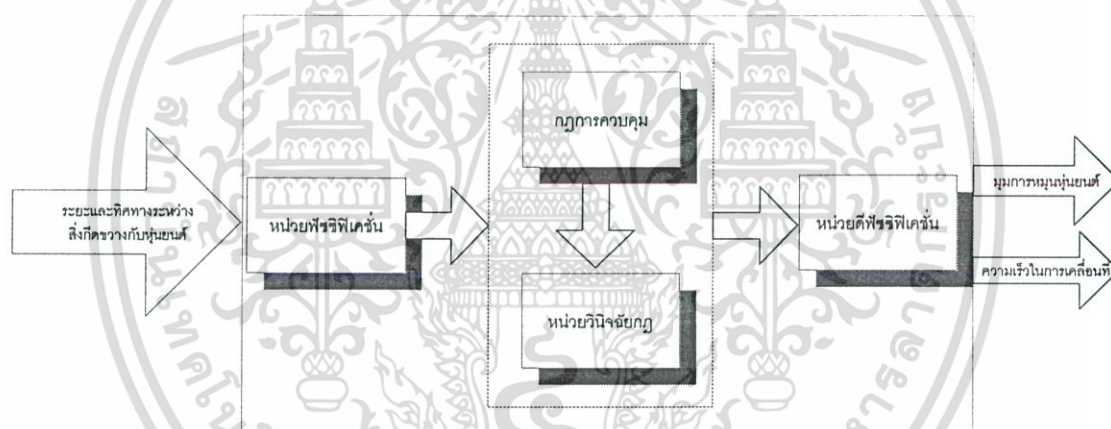
รูปที่ 3.4 ระบบควบคุมฟัซซี

1. หน่วยฟัซซีฟิเคชัน เป็นการแปลงค่าตัวแปรอินพุต และตัวแปรเอาต์พุต ให้อยู่ในรูปค่าความเป็นสมาชิก โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกร่วมกับตัวแปรทางภาษา
2. กฎการควบคุมฟัซซี เป็นส่วนที่แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต โดยปกติจะอยู่ในรูปของกฎ ถ้า-แล้ว (IF-THEN rules)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน่วยวินิจฉัยกฎ เป็นการนำค่าความเป็นสมาชิกที่ได้รับ ไปประมวลผลตามกฎที่ได้ ออกแบบไว้
4. หน่วยดีฟัซซิฟิเคชัน เป็นการแปลงค่าความเป็นสมาชิกที่ได้จากการวินิจฉัยกฎ ให้อยู่ในรูปของค่าเอาต์พุต เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมระบบที่ต้องการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้ชุดตรวจจับเหนือเสียงเป็นตัวตรวจจับหลักสำหรับหุ่นยนต์ เนื่องจากมีความทนทาน น้ำหนักเบา และใช้งานง่าย ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงาน และตัดสินใจเลือกทิศทางการเคลื่อนที่ได้ดี แต่ข้อจำกัดประการหนึ่งของชุดตรวจจับเหนือเสียงก็คือ มุมในการตรวจพบวัตถุ ถ้าวัตถุอยู่ไกลจากตัวหุ่นยนต์มาก ค่าระยะทางที่ตรวจสอบได้ก็จะมี ความผิดพลาดมากตามไปด้วย ทำให้หุ่นยนต์ตัดสินใจผิดพลาดหรืออาจไม่สามารถคิดตัดสินใจได้ทันในเวลาจริง ดังนั้นจึงได้นำตรรกศาสตร์ฟัซซีมาใช้เพื่อช่วยหุ่นยนต์ในการตัดสินใจเคลื่อนที่ ค่าที่ได้จากตรรกศาสตร์ฟัซซีเป็นมุมการหมุนของหุ่นยนต์และความเร็วในการเคลื่อนที่ รูปแบบของตรรกศาสตร์ฟัซซีที่ใช้เป็นดังภาพที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ระบบควบคุมฟัซซีสำหรับหุ่นยนต์

3.2.1 การฟัซซิฟิเคชัน

เป็นการแปลงค่าตัวแปรอินพุต (input variables) และค่าตัวแปรเอาต์พุต (output variables) ให้อยู่ในรูปของค่าความเป็นสมาชิกในระบบฟัซซี โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership functions) และตัวแปรทางภาษา (linguistic variables)

การเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนั้น จำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของตัวแปรที่ใช้ กล่าวคือ หากตัวแปรของคุณสมบัติเป็นเชิงเส้น ควรเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่เป็นเชิงเส้น เช่น ฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม, รูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่ถ้าหากว่าตัวแปรของคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ควรเลือกใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ไม่เป็นเชิงเส้น เช่น ฟังก์ชันรูปตัว S, π เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อ้างอิงแนวคิดในการกำหนดกฎตรรกศาสตร์พีชชีจากงานของ อภิวทย์ [11] มีใจความโดยสรุปดังต่อไปนี้

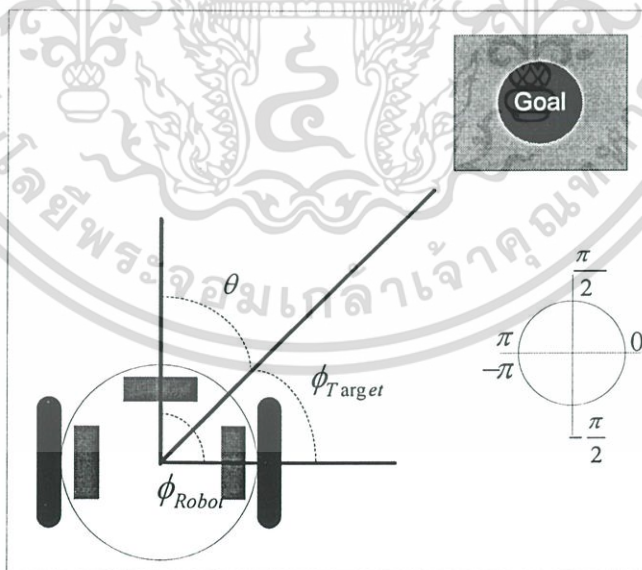
ตัวแปรอินพุตที่ใช้ในการพีชชีพีเคชันมีด้วยกัน 3 ตัว คือ

1. ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวางทางด้านซ้าย
2. ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวางทางด้านหน้า
3. ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวางทางด้านขวา

โดยตัวแปรที่ใช้ระบุระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวางทั้ง 3 ทิศทางเป็นข้อมูลที่ได้รับมาจากชุดตรวจจับเหนือเสียง ส่วนตัวแปรทิศทางของเป้าหมาย หาได้จากสมการที่ 3.1 คือ

$$\theta = \phi_{Robot} - \phi_{Target} \tag{3.1}$$

โดยที่ θ คือทิศทางของเป้าหมาย
 ϕ_{Target} คือมุมระหว่างหุ่นยนต์กับเป้าหมาย
 ϕ_{Robot} คือมุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
 โดย ถ้าเป้าหมายอยู่ทางด้านซ้ายของหุ่นยนต์ ค่าของทิศทางเป้าหมายมีค่าเป็นลบ
 ถ้าเป้าหมายอยู่ทางด้านขวาของหุ่นยนต์ ค่าของทิศทางเป้าหมายมีค่าเป็นบวก
 การหาเป้าหมายของหุ่นยนต์แสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการหาทิศทางเป้าหมายของหุ่นยนต์

สามารถเขียนแสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้ดังรูปที่ 3.7 โดยที่

FL: Far Left ไกลจากสิ่งกีดขวางทางซ้าย

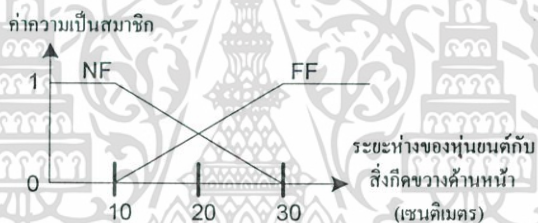
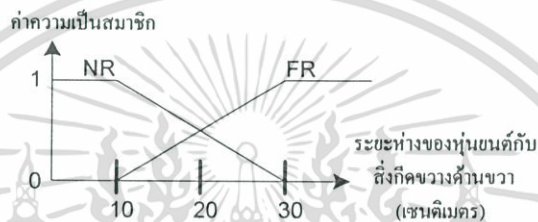
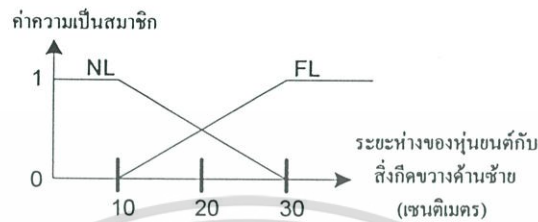
NL: Near Left เข้าใกล้สิ่งกีดขวางทางด้านซ้าย

FR: Far Right ไกลจากสิ่งกีดขวางทางขวา

NR: Near Right เข้าใกล้สิ่งกีดขวางทางขวา

FF: Far Front ไกลจากสิ่งกีดขวางด้านหน้า

NF: Near Front เข้าใกล้สิ่งกีดขวางด้านหน้า



รูปที่ 3.7 ฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรอินพุต

สามารถนำมาเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรระยะห่างทางด้านซ้ายได้ดังสมการที่ 3.2 ก และ 3.2 ข

$$\mu_{NL}(Left_Obs) = \begin{cases} 1 & ; \text{เมื่อ ระยะห่างด้านซ้าย} < 10 \\ \frac{30 - Left_Obs}{20} & ; \text{เมื่อ } 10 < \text{ระยะห่างด้านซ้าย} < 30 \\ 0 & ; \text{เมื่อ ระยะห่างด้านซ้าย} > 30 \end{cases} \quad (3.2 \text{ ก})$$

$$\mu_{FL}(Left_Obs) = \begin{cases} 0 & ; \text{เมื่อ ระยะห่างด้านซ้าย} < 10 \\ \frac{Left_Obs - 10}{20} & ; \text{เมื่อ } 10 < \text{ระยะห่างด้านซ้าย} < 30 \\ 1 & ; \text{เมื่อ ระยะห่างด้านซ้าย} > 30 \end{cases} \quad (3.2 \text{ ข})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรระยะห่างทางด้านขวาได้ดังสมการ 3.3 ก และ 3.3 ข

$$\mu_{NR}(Right_Obs) = \begin{cases} 1 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านขวา} < 10 \\ \frac{30 - Right_Obs}{20} & ;\text{เมื่อ } 10 < \text{ระยะห่างด้านขวา} < 30 \\ 0 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านขวา} > 30 \end{cases} \quad (3.3 \text{ ก})$$

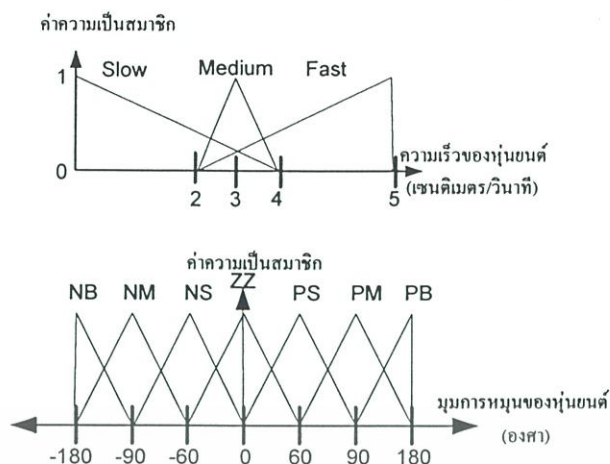
$$\mu_{FR}(Right_Obs) = \begin{cases} 0 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านขวา} < 10 \\ \frac{Right_Obs - 10}{20} & ;\text{เมื่อ } 10 < \text{ระยะห่างด้านขวา} < 30 \\ 1 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านขวา} > 30 \end{cases} \quad (3.3 \text{ ข})$$

สามารถเขียนสมการคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปร ระยะห่างด้านหน้าได้ดังสมการที่ 3.4 ก และ 3.4 ข

$$\mu_{NF}(Front_Obs) = \begin{cases} 1 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านหน้า} < 10 \\ \frac{30 - Front_Obs}{20} & ;\text{เมื่อ } 10 < \text{ระยะห่างด้านหน้า} < 30 \\ 0 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านหน้า} > 30 \end{cases} \quad (3.4 \text{ ก})$$

$$\mu_{FF}(Front_Obs) = \begin{cases} 0 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านหน้า} < 10 \\ \frac{Front_Obs - 10}{20} & ;\text{เมื่อ } 10 < \text{ระยะห่างด้านหน้า} < 30 \\ 1 & ;\text{เมื่อ ระยะห่างด้านหน้า} > 30 \end{cases} \quad (3.4 \text{ ข})$$

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุตของระบบควบคุมฟัซซีสามารถแสดงได้ดังรูป 3.8



รูปที่ 3.8 ฟังก์ชันสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุต

โดยที่	Slow	หมายถึงกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนด้วยความเร็วต่ำ
	Medium	หมายถึงกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วปานกลาง
	Fast	หมายถึงกำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

สำหรับมุมการหมุนของหุ่นยนต์มีตัวแปรดังนี้

NB: Negative Big	กำหนดให้หุ่นยนต์หมุนไปทางซ้ายมาก
NM: Negative Medium	กำหนดให้หุ่นยนต์หมุนไปทางซ้ายปานกลาง
NS: Negative Small	กำหนดให้หุ่นยนต์หมุนไปทางซ้ายเล็กน้อย
ZZ: Zero	กำหนดให้หุ่นยนต์ตรงไปข้างหน้า
PS: Positive Small	กำหนดให้หุ่นยนต์หมุนไปทางขวาเล็กน้อย
PM: Positive Medium	กำหนดให้หุ่นยนต์หมุนไปทางขวาปานกลาง
PB: Positive Big	กำหนดให้หุ่นยนต์หมุนไปทางขวามาก

สามารถเขียนสมการฟังก์ชันความเป็นสมาชิกตัวแปรความเร็วของหุ่นยนต์ได้ดังสมการ 3.5 ก ถึง 3.5 ค

$$\mu_{Slow}(Robot_Speed) = \begin{cases} 1 & ; \text{เมื่อ ความเร็วของหุ่นยนต์} = 0 \\ \frac{(3 - Robot_Speed)}{3} & ; \text{เมื่อ } 0 < \text{ความเร็วของหุ่นยนต์} < 3 \\ 0 & ; \text{เมื่อ ความเร็วของหุ่นยนต์} \geq 3 \end{cases} \quad (3.5 \text{ ก})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_{Medium}(Robot_Speed) = \begin{cases} Robot_Speed - 2 & ; \text{เมื่อ } 2 < \text{ความเร็วของหุ่นยนต์} < 3 \\ 3 - Robot_Speed & ; \text{เมื่อ } 3 < \text{ความเร็วของหุ่นยนต์} < 4 \\ 0 & ; \text{เมื่อ ความเร็วของหุ่นยนต์นอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.5 \text{ ข})$$

$$\mu_{Fast}(Robot_Speed) = \begin{cases} 0 & ; \text{เมื่อ ความเร็วของหุ่นยนต์} \leq 3 \\ \frac{(Robot_Speed - 3)}{3} & ; \text{เมื่อ } 3 < \text{ความเร็วของหุ่นยนต์} < 4 \\ 1 & ; \text{เมื่อ ความเร็วของหุ่นยนต์} = 4 \end{cases} \quad (3.5 \text{ ค})$$

สามารถเขียนสมการของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของมุมการหมุนของหุ่นยนต์ได้ดังสมการ 3.6

$$\mu_{NB}(Robot_Angle) = \begin{cases} 1 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุน} = -180 \\ (-90 - Robot_Angle / 60) & ; \text{เมื่อ } -180 < \text{มุมการหมุน} < -90 \\ 0 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุนนอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.6 \text{ ก})$$

$$\mu_{NM}(Robot_Angle) = \begin{cases} Robot_Angle + 180 / 60 & ; \text{เมื่อ } -180 < \text{มุมการหมุน} \leq -90 \\ (-60 - Robot_Angle / 60) & ; \text{เมื่อ } -90 < \text{มุมการหมุน} < -60 \\ 0 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุนนอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.6 \text{ ข})$$

$$\mu_{NS}(Robot_Angle) = \begin{cases} (Robot_Angle + 90 / 60) & ; \text{เมื่อ } -90 < \text{มุมการหมุน} \leq -60 \\ (-Robot_Angle / 60) & ; \text{เมื่อ } -60 < \text{มุมการหมุน} < 0 \\ 0 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุนนอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.6 \text{ ค})$$

$$\mu_{ZZ}(Robot_Angle) = \begin{cases} (Robot_Angle + 60 / 60) & ; \text{เมื่อ } -60 < \text{มุมการหมุน} \leq 0 \\ (60 - Robot_Angle / 60) & ; \text{เมื่อ } 0 < \text{มุมการหมุน} < 60 \\ 0 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุนนอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.6 \text{ ง})$$

$$\mu_{PS}(Robot_Angle) = \begin{cases} (Robot_Angle / 60) & ; \text{เมื่อ } 0 < \text{มุมการหมุน} < 60 \\ (90 - Robot_Angle / 60) & ; \text{เมื่อ } 60 < \text{มุมการหมุน} < 90 \\ 0 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุนนอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.6 \text{ จ})$$

$$\mu_{PM}(Robot_Angle) = \begin{cases} (Robot_Angle - 60 / 60) & ; \text{เมื่อ } 60 < \text{มุมการหมุน} < 90 \\ (180 - Robot_Angle / 60) & ; \text{เมื่อ } 90 < \text{มุมการหมุน} < 180 \\ 0 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุนนอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.6 \text{ ฉ})$$

$$\mu_{PB}(Robot_Angle) = \begin{cases} 1 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุน} = 180 \\ (Robot_Angle - 90 / 60) & ; \text{เมื่อ } 90 < \text{มุมการหมุน} < 180 \\ 0 & ; \text{เมื่อ มุมการหมุนนอกเหนือจากที่กำหนด} \end{cases} \quad (3.6 \text{ ช})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

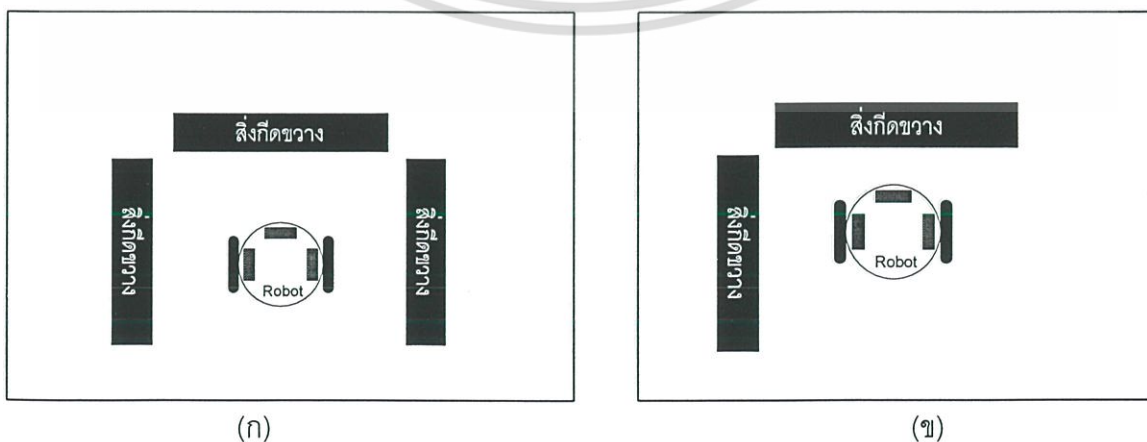
3.2.2 กฎการควบคุมฟัซซี

หลังจากทำการแปลงค่าระยะทางระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวางที่ได้จากตัวตรวจจับเหนือเสียงโดยการฟัซซีไฟเคชันแล้ว จะนำค่าที่ได้เข้าสู่กระบวนการตัดสินใจโดยใช้กฎการควบคุมฟัซซีร่วมกับส่วนการวินิจฉัยกฎ กฎการควบคุมนั้นอยู่ในรูปแบบของกฎ ถ้า-แล้ว (IF-THEN rules) ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต ในส่วนนี้อาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้พัฒนากำหนดขึ้น จำนวนของกฎขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรอินพุตและตัวแปรทางภาษาของตัวแปรอินพุตแต่ละตัว เช่น

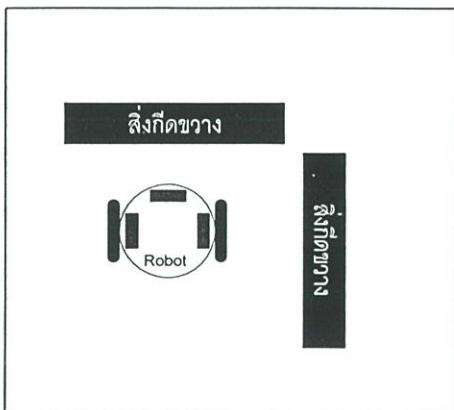
$$R^i: \quad \text{If } x \text{ is } A_i \\ \text{AND } y \text{ is } B_i \\ \text{Then } z \text{ is } C_i \quad \text{เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, n$$

โดยที่ x , y และ z เป็นตัวแปรฟัซซี ส่วน A_i , B_i และ C_i เป็นเทอมของเซตที่มีความสอดคล้องกับตัวแปรฟัซซี x , y และ z ที่อยู่ในเอกภพ U , V และ W ตามลำดับ ประพจน์ $x \text{ is } A_i$ และ $y \text{ is } B_i$ เป็นส่วนอินพุตของฟัซซีหรือเงื่อนไข เรียกว่า "Premise" ส่วนประพจน์ $z \text{ is } C_i$ เป็นส่วนของผลจากเงื่อนไขหรือเอาต์พุต เรียกว่า "Consequence" จำนวนของกฎในระบบหนึ่งจะขึ้นอยู่กับตัวแปรอินพุตและตัวแปรทางภาษา โดยในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีของ Mamdani ในการควบคุม มีจำนวนกฎที่เป็นไปได้ทั้งหมด 8 กฎ ซึ่งได้จาก ระยะห่างทางด้านซ้าย 2 เทอม X ระยะห่างทางด้านหน้า 2 เทอม X ระยะห่างทางด้านขวา 2 เทอม

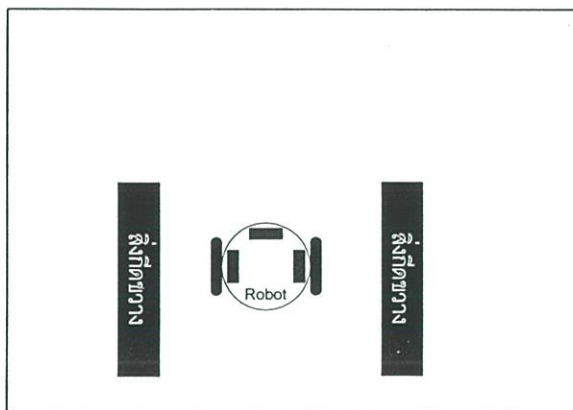
เมื่อเริ่มทำงาน หุ่นยนต์จะทำการตรวจสอบหาเป้าหมาย หากตรวจพบ หุ่นยนต์จะทำการตรวจสอบต่อไปว่าระหว่างตัวหุ่นยนต์กับเป้าหมายอยู่ห่างกันเป็นระยะเท่าใด เช่น หากเป้าหมายอยู่ใกล้ หุ่นยนต์จะทำการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายด้วยความเร็วต่ำ เพื่อป้องกันการชนกับเป้าหมาย หากไม่พบเป้าหมายจะทำการตรวจสอบว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่รอบตัวในทิศทางใดบ้าง แล้วจึงตัดสินใจเคลื่อนที่ และในระหว่างการเคลื่อนที่ จะมีการตรวจสอบหาเป้าหมายเป็นระยะ รูปแบบพื้นที่การทำงานที่เป็นไปได้ แสดงดังรูปที่ 3.9 ก ถึง 3.9 ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



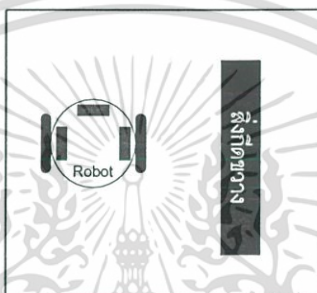
(ค)



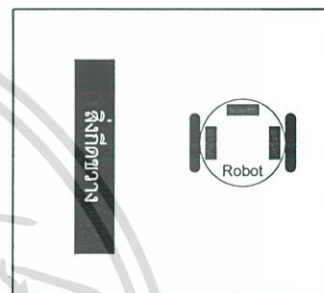
(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)

รูปที่ 3.9 สภาวะแวดล้อมที่ทำให้หุ่นยนต์เกิดพฤติกรรมหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

จากรูปแบบพื้นที่ข้างต้น นำมาเขียนเป็นกฎการควบคุมได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กฎการควบคุมเมื่อหุ่นยนต์มีพฤติกรรมหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

กฎที่	ระยะทางด้านหน้า	ระยะทางด้านซ้าย	ระยะทางด้านขวา	มุมการหมุน	ความเร็ว
1	NF	NL	NR	NB	Medium
2	NF	NL	FR	PM	Slow
3	NF	FL	NR	NS	Slow
4	FF	NL	NR	ZZ	Fast
5	NF	FL	FR	NM	Slow
6	FF	FL	NR	ZZ	Medium
7	FF	NL	FR	ZZ	Medium
8	FF	FL	FR	PB	Medium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวินิจฉัยกฎ

เป็นการประมวลผลตามกฎที่ระบบได้เรียนรู้หรือออกแบบไว้ จากค่าความเป็นสมาชิกที่ได้รับ การให้เหตุผลทางฟัซซีจะใช้วิธีการของ Mamdani – Min Composite เนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลน้อยและมีการคำนวณไม่ซับซ้อน

3.2.4 การดีฟัซซีฟิเคชัน

เป็นการแปลงค่าที่ได้จากการวินิจฉัยกฎการควบคุม ให้อยู่ในรูปของค่าเอาต์พุตที่เป็นจำนวนจริงเพื่อใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ วิธีการที่ใช้ในการดีฟัซซีฟิเคชันจะใช้วิธีการหาค่าศูนย์กลาง หรือ Center of Area (COA) เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมและให้ผลค่อนข้างดี เพราะจุดศูนย์กลางของพื้นที่ น่าจะเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของเซตนั้น

ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาความเร็วของหุ่นยนต์ ได้จากสมการที่ 3.7

$$V_{Robot} = \frac{\sum_{j=1}^N \mu(v_j) * v_j}{\sum_{j=1}^N \mu(v_j)} \quad (3.7)$$

โดยที่ V_{Robot} คือความเร็วของหุ่นยนต์ที่ได้จากการดีฟัซซีฟิเคชัน
 v_j คือค่าเอาต์พุตของตัวแปรความเร็วที่กำหนดโดยกฎข้อที่ j
 $\mu(v_j)$ คือค่าความเป็นสมาชิกของตัวแปร v_j ที่กำหนดจากกฎข้อที่ j
 N คือจำนวนข้อมูลที่สุ่มตัวอย่างทั้งหมด

มุมการหมุนของหุ่นยนต์สามารถหาได้ดังสมการที่ 3.8

$$\theta_{Robot} = \frac{\sum_{j=1}^N \mu(\theta_j) * \theta_j}{\sum_{j=1}^N \mu(\theta_j)} \quad (3.8)$$

โดยที่ θ_{Robot} คือมุมการหมุนที่ได้จากการดีฟัซซีฟิเคชัน
 θ_j คือค่าเอาต์พุตของตัวแปรการหมุนที่กำหนดตามกฎข้อที่ j
 $\mu(\theta_j)$ คือค่าความเป็นสมาชิกของ θ_j ที่กำหนดโดยกฎข้อที่ j
 N คือจำนวนข้อมูลที่สุ่มตัวอย่างทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อออกแบบการควบคุมโดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับตรรกศาสตร์พีซีเพื่อใช้ในการตัดสินใจหลบหลีกสิ่งหลีกเลี่ยงแล้ว แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีแนวคิดในการนำคุณลักษณะบางส่วนของมนุษย์มาใส่ให้กับหุ่นยนต์ เพราะส่วนหนึ่งทำให้หุ่นยนต์และมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กันได้ง่ายขึ้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้มีการนำเอาอารมณ์ของมนุษย์มาใช้งานกับหุ่นยนต์ ดังจะกล่าวถึงวิธีการใช้งานต่อไป

3.3 ทฤษฎีอารมณ์และการประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์

ในชีวิตมนุษย์ทุกคน สิ่งหนึ่งที่เป็นส่วนที่สำคัญในการดำรงชีวิต ก็คือ อารมณ์ (emotion) อารมณ์นั้นมีผลกระทบต่อพฤติกรรมการแสดงออกของมนุษย์ เช่น ถ้าอารมณ์ดี จะแสดงพฤติกรรมในทางสร้างสรรค์ ถ้าอารมณ์ไม่ดี อาจแสดงพฤติกรรมในทางก้าวร้าว และทำลาย

Charles Darwin [19] ได้กล่าวไว้ในหนังสือ The Expression of Emotions in Man and Animals ถึงวิธีแสดงออกของอารมณ์ว่า "เป็นสิ่งที่ถูกถ่ายทอดทางพันธุกรรม และมีคุณค่าเพื่อความอยู่รอด (survival value) ของชีวิต เช่น การแสดงความรังเกียจ (disgust) หรือการไม่ยอมรับ (rejection) เกิดจากการที่ร่างกายพยายามขจัดเอาสิ่งที่ไม่ดีหรือไม่น่าพึงพอใจ ซึ่งได้กินเข้าไป"

นอกจากนั้น อารมณ์ยังถูกแสดงออกเพื่อการสื่อสารและการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์ อีกทั้งยังเป็นตัวเสริมสร้างลักษณะเฉพาะตัวของมนุษย์แต่ละคนอีกด้วย

ในด้านจิตวิทยา มีนักจิตวิทยาได้กำหนดทฤษฎีว่าด้วยอารมณ์ที่สำคัญอยู่ 3 ทฤษฎี [20] คือ

1. ทฤษฎีของ James-Lange

William James และ Carl G. Lange กล่าวถึงขั้นตอนการเกิดอารมณ์ว่า "เมื่อบุคคลถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า จะตอบสนองต่อสิ่งเร้า และส่งความรู้สึกไปยังสมอง เกิดเป็นอารมณ์ขึ้น"

2. ทฤษฎีของ Cannon-Bard

Walter Cannon และ Phillip Bard อธิบายถึงกระบวนการเกิดอารมณ์ว่า "เมื่อบุคคลถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า จะมีการรับรู้ และรายงานไปยังสมองส่วน Hypothalamus ทำให้เกิดอารมณ์ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายควบคู่ไปด้วย"

3. ทฤษฎีของ Schachter-Singer

Schachter และ Singer กล่าวว่า "เมื่อบุคคลถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า จะมีกระบวนการรับรู้สิ่งเร้าเกิดขึ้น ต่อจากนั้นจะพยายามควบคุมตนเอง ทำการแปลความหมาย แล้วกำหนดเป็นความรู้สึกในอารมณ์ขึ้นมา"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวโดยสรุปแล้ว อารมณ์ หมายถึงสภาวะที่ร่างกายและจิตใจถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า ทำให้เกิดการตอบสนองต่อสิ่งเร้า นั้น ๆ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอารมณ์และพฤติกรรมไปจากปกติ

3.3.1 ประเภทของอารมณ์

Krech และ Crutchfield จัดแบ่งประเภทของอารมณ์ ที่สามารถเกิดกับมนุษย์ทั่วไปได้ 6 ประเภท คือ

1. อารมณ์พื้นฐาน (Primary Emotion) ได้แก่ อารมณ์ร่าเริง (joy) อารมณ์โกรธ (angry) และ อารมณ์กลัว (fear)
2. อารมณ์ที่เกิดจากการประเมินตนเอง (Emotion Pertaining to Self-Appraisal) ได้แก่ อารมณ์ละอาย ภาคภูมิใจ สำนึกผิด และผิดหวัง
3. อารมณ์ที่เกิดจากการสัมผัสโดยตรง (Emotion Pertaining to Sensory Stimulation) ได้แก่ อารมณ์พอใจ เจ็บปวด อยากรู้้อยากเห็น ชะแวง หวาดเสียว ตกใจ และวิตกกังวล
4. อารมณ์ชั่วคราว (Moods) ได้แก่ อารมณ์ครึ้มอกครึ้มใจ เบิกบานใจ ท้อเหี่ยว หงุดหงิด เสียใจ
5. อารมณ์สุนทรียภาพ (The Appreciative Emotion) ได้แก่ อารมณ์ขบขัน ซาบซึ้งใจ สนเท่ห์
6. อารมณ์ที่เกี่ยวกับบุคคลอื่น (Emotion Pertaining to other people) ได้แก่ อารมณ์รัก เกลียด อิจฉา ริษยา สงสาร หึง

3.3.2 การแสดงออกทางอารมณ์ (Emotional Expression)

การแสดงออกทางอารมณ์นั้น แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ การแสดงออกทางอารมณ์โดยกำเนิด และการแสดงออกทางอารมณ์จากการเรียนรู้

ก. การแสดงออกทางอารมณ์โดยกำเนิด (Innate Emotional Expression)

อารมณ์บางอย่างเป็นอารมณ์ที่ติดตัวมาแต่กำเนิด ซึ่งอารมณ์ประเภทนี้มีไว้เพื่อความอยู่รอด เช่น เด็กทุกชาติทุกภาษาจะร้องไห้ เมื่อเจ็บปวดหรือเสียใจ และหัวเราะเมื่อสุขใจ

การแสดงออกทางสีหน้าเพื่อแสดงอารมณ์บางอย่างมีความหมายที่เป็นสากล โดยไม่ขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมและสถานที่ที่ได้รับการเลี้ยงดู เช่น เมื่อเอาภาพของคนทีแสดงสีหน้าของความสุข ความโกรธ ความเสียใจ ความรังเกียจ ความกลัว และความประหลาดใจ มาแสดงให้กับ

ชนชาติต่าง ๆ กันดู คนเหล่านี้ก็สามารถบอกความแตกต่างของอารมณ์แต่ละชนิดได้ พวกเขาและชาวเกาะที่อยู่ห่างไกลความเจริญก็เช่นกัน

ข. การแสดงออกทางอารมณ์จากการเรียนรู้ (Role of Learning in Emotional Expression)

แม้ว่าการแสดงออกของอารมณ์บางอย่างจะมีมาแต่เกิด แต่อารมณ์สามารถถูกดัดแปลงได้โดยการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น ความโกรธ อาจแสดงออกมาโดยการต่อสู้ โดยการใช้ภาษาที่ก้าวร้าว หยาบคาย หรือโดยการลุกเดินออกไปนอกห้อง ซึ่งพฤติกรรมการเดินออกจากห้องหรือการใช้คำหยาบ ไม่ได้เป็นรูปแบบการแสดงความโกรธ ซึ่งมีมาตั้งแต่แรกเกิด

3.3.3 อารมณ์กับหุนยนต์

จากการศึกษางานวิจัยในระยะหลังพบว่า งานวิจัยบางส่วนได้มีการนำเอารูปแบบการเกิดอารมณ์และลักษณะนิสัยของมนุษย์เข้ามาเพิ่มเติมให้กับหุนยนต์ด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การนำอารมณ์และความรู้สึกของมนุษย์ เข้ามาประยุกต์ใช้กับหุนยนต์นั้นยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ [21] อาทิเช่น

1. ทฤษฎีของอารมณ์ ในปัจจุบันนี้แม้จะมีความเข้าใจกลไกการเกิดอารมณ์ในมนุษย์และสัตว์ต่าง ๆ มากขึ้น แต่ความเข้าใจนั้นยังไม่ครบถ้วน เนื่องจากทฤษฎีต่าง ๆ นั้นล้วนเกิดจากการทดลอง ซึ่งผู้ทดลองต่างก็มีวิธีและแนวคิดในการทดลองต่างกัน ผลที่ได้ในบางครั้งลู่ไปในทางเดียวกัน แต่ในบางครั้งก็ขัดแย้งกัน ดังนั้นจึงยังมีอีกหลายแง่มุมที่ยังไม่ได้ทดลองและค้นพบ
2. ความไม่ชัดเจนระหว่างกฎเกณฑ์ของอารมณ์แต่ละประเภท และกลไกการแสดงอารมณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบระบบว่าเมื่อมีสิ่งกระตุ้นเข้ามาจะให้หุนยนต์แสดงออกแบบใด
3. ปัญหาเนื่องจากความแตกต่างระหว่างสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมจำลอง ในสภาพแวดล้อมจริง การใช้งานหุนยนต์นั้นยังมีข้อจำกัดในการใช้งานเนื่องจากสภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างพร้อมๆกันและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แต่ในสภาพแวดล้อมจำลองที่ใช้สำหรับการทดลองนั้น เราสามารถกำหนดเงื่อนไขบางประการที่เอื้ออำนวยให้กับการทำงานของหุนยนต์ได้

แต่อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้อารมณ์และความรู้สึกของมนุษย์ให้กับหุนยนต์ ก็ยังคงเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจและได้รับการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น ในปี ค.ศ. 1987

V. Braitenberg [22] ได้กล่าวถึงวิธีการสร้างหุนยนต์ที่มีความฉลาดมากขึ้น โดยการนำตัวตรวจจับและอุปกรณ์ประเภทต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน โดยสิ่งที่น่าสนใจคือ มีการนำอารมณ์บางส่วนของมนุษย์

มาใช้ร่วมกับวิธีการต่าง ๆ เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ระบบอลวน (Chaotic System) และ ตรรกศาสตร์ฟัซซี (Fuzzy Logic)

หรือในปี ค.ศ. 2002 D. Tsankova [23] ได้นำอารมณ์มาเป็นส่วนหนึ่งของการเลือก ลักษณะนิสัยในการปฏิบัติงาน โดยใช้ทฤษฎี Q-Learning based ในการเรียนรู้

ส่วนในปี ค.ศ. 2004 K. Kuhlentz และ M. Buss [24] ได้สร้างส่วนของอารมณ์หลัก (emotion core) ขึ้นมา โดยใช้รูปแบบของ Hidden Markov Model (HMM) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ กับหุ่นยนต์อัตโนมัติ

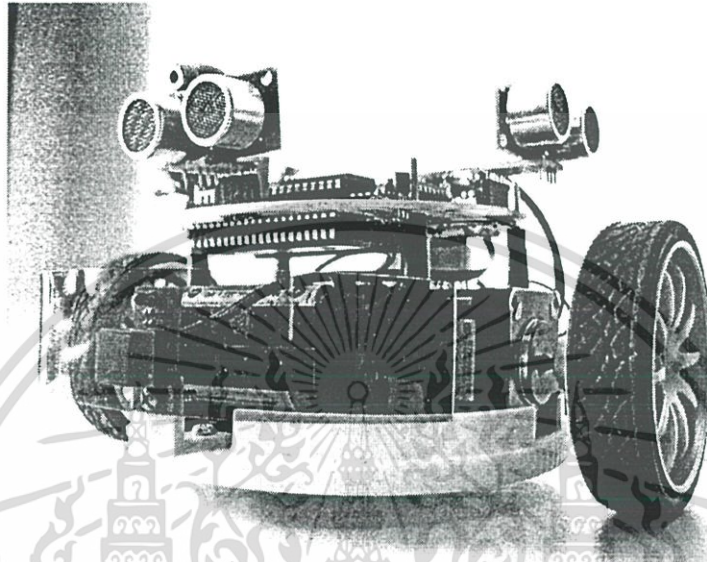
ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำอารมณ์บางส่วนของมนุษย์ซึ่งเป็นอารมณ์พื้นฐาน คือ อารมณ์ดีใจ (Joy) อารมณ์กลัว (Fear) และอารมณ์โกรธ (Anger) อารมณ์ต่าง ๆ เหล่านี้เป็น อารมณ์ที่ติดตัวมาแต่กำเนิด ซึ่งในอีกด้านหนึ่งก็เปรียบเสมือนโปรแกรมตั้งต้นที่กำหนดไว้หลังจาก กำเนิดเพื่อให้มนุษย์มีชีวิตรอด มาช่วยให้หุ่นยนต์สามารถปกป้องตนเองจากอันตราย และช่วยใน ด้านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างหุ่นยนต์กับมนุษย์ (Human Robot Interface: HRI)

หุ่นยนต์จะเกิดอารมณ์ต่าง ๆ เมื่อได้รับสิ่งเร้า ซึ่งในที่นี้ก็คือตัวตรวจจับที่ติดตั้งอยู่ที่ หุ่นยนต์ โดยสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดอารมณ์ดีใจก็คือเป้าหมาย หุ่นยนต์จะแสดงอารมณ์ดีใจเมื่อค้นพบ เป้าหมาย และพยายามมุ่งเข้าหาเป้าหมาย เกิดเป็นพฤติกรรมเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมาย ในขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่มีการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง โดยอาศัยสัญญาณจากชุดตรวจจับเหนือ เสี่ยง เกิดเป็นพฤติกรรมหลบหลีกจากสิ่งกีดขวางและแสดงออกในรูปของอารมณ์กลัว ส่วน อารมณ์โกรธใช้แทนสถานะที่ไม่ปกติของหุ่นยนต์ เช่น ตัวตรวจจับบางส่วนเสียหาย หรือทำงานไม่ ทันเวลา ทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถหลบหลีกจากสิ่งกีดขวางโดยวิธีปกติได้ ซึ่งในมนุษย์อาจจะเป็น การอาละวาดขว้างปาสิ่งของ แต่ในหุ่นยนต์กำหนดให้เป็นการเคลื่อนที่ออกจากบริเวณที่มีสิ่งกีด ขวางโดยใช้สวิตช์ป้องกันการชนแทน การแสดงออกให้ทราบว่าหุ่นยนต์มีอารมณ์เช่นไรนั้น ให้การ แสดงออกทางการเคลื่อนไหว ดังที่กล่าวไปข้างต้น และแสดงออกทางแสงและสี โดยใช้ ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode: LED) ติดตั้งที่ท้ายของตัวหุ่น มีสีต่าง ๆ เรียงลำดับจาก ซ้ายไปขวา ดังนี้

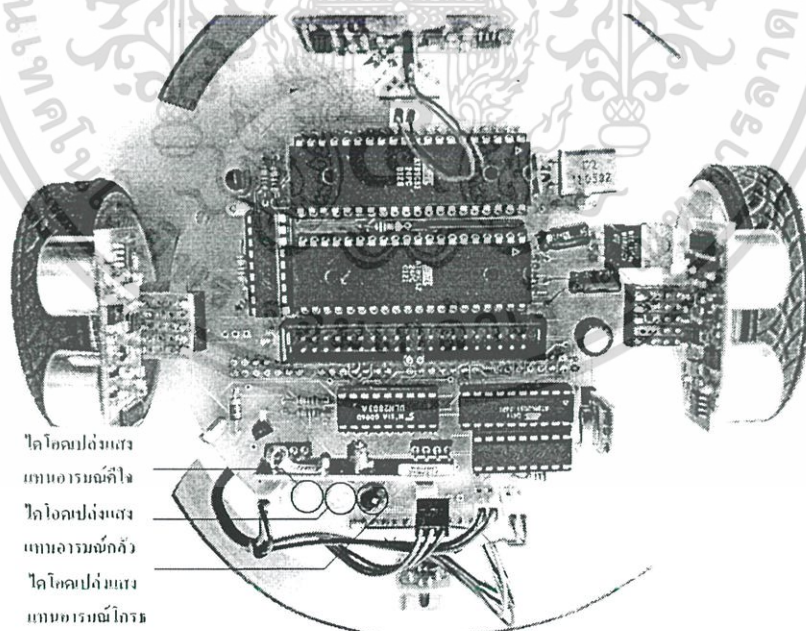
สีเขียว	แทน	อารมณ์ดีใจ
สีน้ำเงิน	แทน	อารมณ์กลัว
สีแดง	แทน	อารมณ์โกรธ
ไม่มีสี	แทน	อารมณ์ปกติ

นอกจากนั้นหุ่นยนต์ยังมีการแสดงออกทางอารมณ์ด้วยเสียง โดยเมื่อหุ่นยนต์ไปถึง เป้าหมายจะมีการเล่นเสียงดนตรี หากมีการเคลื่อนที่ออกจากพื้นที่ปิดตายไม่ได้ให้หยุด และส่ง เสียงร้องยาว ๆ เป็นระยะ เพื่อเป็นการร้องขอความช่วยเหลือและประหยัดพลังงาน ซึ่งการ

แสดงออกทางอารมณ์ทั้งหมดของหุ่นยนต์นี้ คล้ายกับอาการปฏิกิริยาการแสดงออกของมนุษย์เมื่อเกิดอารมณ์ต่าง ๆ ทำให้หุ่นยนต์มีปฏิสัมพันธ์กับมนุษย์ได้ดีและสะดวกขึ้น รูปร่างของหุ่นยนต์เมื่อพัฒนาสำเร็จแล้วแสดงได้ดังภาพที่ 3.10 ถึง 3.12 ซึ่งในการใช้งานจริงหุ่นยนต์จะมีฝาครอบเป็นพลาสติกใสครอบเพื่อป้องกันตัวหุ่นยนต์อีกชั้นหนึ่ง



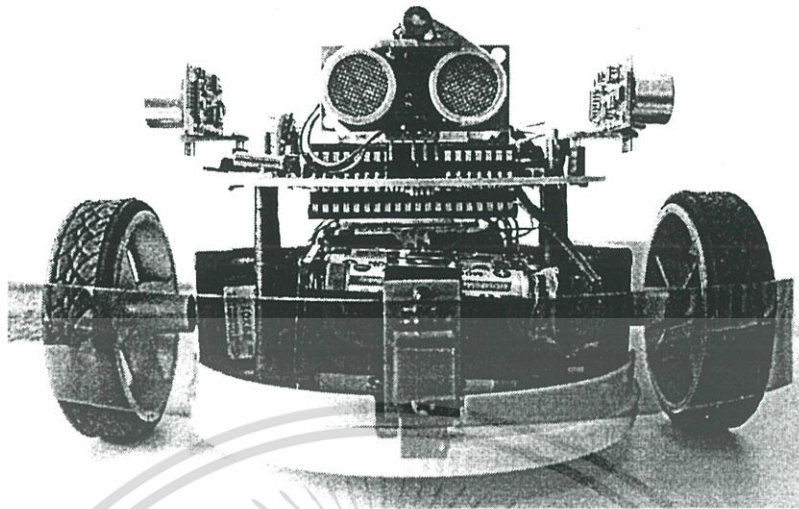
รูปที่ 3.10 หุ่นยนต์ที่เสร็จสมบูรณ์ด้านข้าง



ไดโอดเปล่งแสง
แกนอารมณ์หัวใจ
ไดโอดเปล่งแสง
แกนอารมณ์กลัว
ไดโอดเปล่งแสง
แกนอารมณ์โกรธ

รูปที่ 3.11 หุ่นยนต์ที่เสร็จสมบูรณ์ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 หุ่นยนต์ที่เสร็จสมบูรณ์ด้านหน้า

เมื่อสร้างหุ่นยนต์และออกแบบระบบควบคุมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปจะเป็นการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งรูปแบบของพื้นที่ที่ใช้ทดสอบ และผลการทดสอบจะได้แสดงในบทต่อไป

การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และผลการทดสอบ

ในบทนี้เป็นการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยการนำหุ่นยนต์ไปทดสอบการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในพื้นที่จำลองที่ได้สร้างขึ้น เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่จะทำการจับเวลา และบันทึกผลโดยเพิ่มข้อมูลบันทึกการสนทนาของโปรแกรม MSN Messenger ผลสำเร็จพิจารณาจากการที่หุ่นยนต์สามารถเข้าหาเป้าหมายได้สำเร็จหรือไม่ ในขณะเดียวกันหุ่นยนต์ต้องหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อเคลื่อนตัวสู่เป้าหมายนั้น

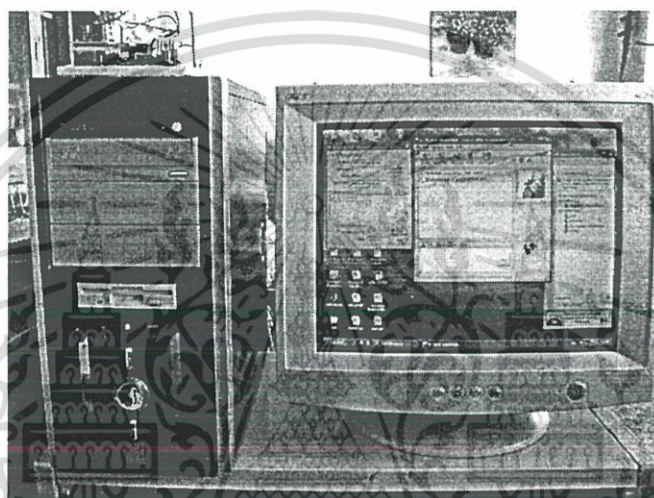
4.1 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

ในการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ ได้กำหนดเงื่อนไขและวิธีทดลองดังรายละเอียดต่อไปนี้

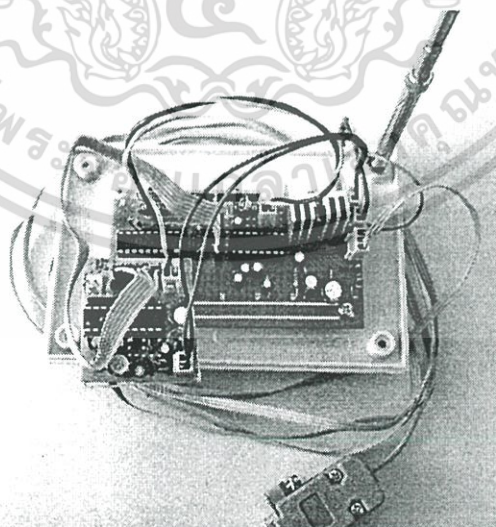
- พื้นที่ทดสอบ เป็นพื้นที่ราบทรงสี่เหลี่ยมขนาด 220X160 เซนติเมตร ภายในมีสิ่งกีดขวางรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจำลองจากสภาวะแวดล้อมที่หุ่นยนต์สามารถพบได้ในพื้นที่จริง
- วิธีการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ คือ การเปลี่ยนจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์แต่เป้าหมายคงที่ กับการเปลี่ยนเป้าหมายแต่จุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์คงที่
- พื้นที่แต่ละแบบจะทดลองทั้งแบบใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีซีซี เปรียบเทียบกับแบบใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว
- ทุกการทดลองหุ่นยนต์ใช้ทิศทางการเริ่มต้นทิศทางเดียว คือ หุ่นยนต์หันหน้าไปด้านบนของแผนที่
- หุ่นยนต์ที่ใช้ทดลองติดตั้งปากกาไว้ด้านหลังตัวหุ่นยนต์ เพื่อบันทึกเส้นทาง และทิศทางการเคลื่อนที่
- การบันทึกผลอารมณ์ของหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic6 ทำหน้าที่รับข้อมูลแสดงผลอารมณ์จากหุ่นยนต์ ผ่านเครื่องรับที่ต่ออยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม เพื่อนำไปแสดงผลโดยใช้สัญลักษณ์แทนอารมณ์ (emoticon) ของโปรแกรม MSN Messenger 6.2 เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และสัญลักษณ์ดังกล่าวสามารถสื่อถึงอารมณ์ต่าง ๆ ได้ดี สัญลักษณ์ที่ใช้แทนอารมณ์ของหุ่นยนต์แสดงดังตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ส่วนโปรแกรมแสดงดังรูป 4.3

ตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์แสดงอารมณ์ของหุ่นยนต์

ข้อมูลจากหุ่นยนต์	อารมณ์	สัญลักษณ์แสดงอารมณ์	การแสดงผลที่หุ่นยนต์
0	ปกติ	😊	-
1	ดีใจ	😄	ไดโอดเปล่งแสงสีเหลือง
2	กลัว	😬	ไดโอดเปล่งแสงสีฟ้า
3	โกรธ	😡	ไดโอดเปล่งแสงสีแดง

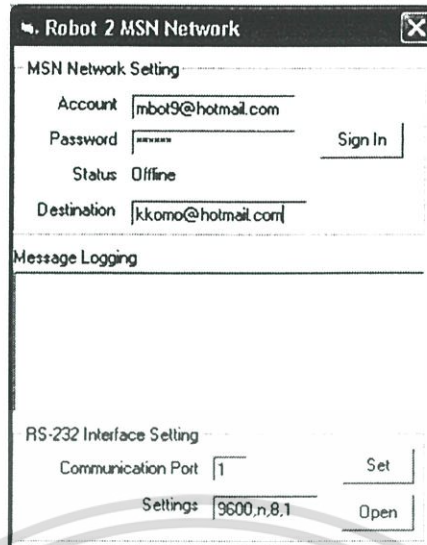


รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์รับสัญญาณแสดงอารมณ์จากหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



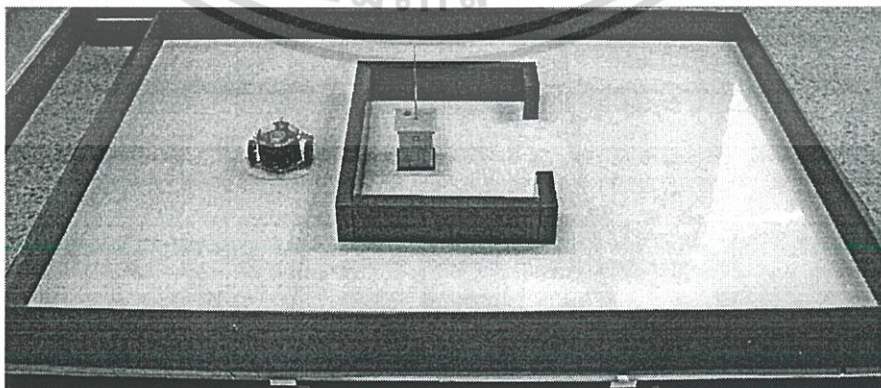
รูปที่ 4.3 โปรแกรมรับสัญญาณแสดงอารมณ์จากหุ่นยนต์

4.2 การทดสอบโดยให้เป้าหมายอยู่ในสิ่งกีดขวางรูปตัวยู

พื้นที่ลำดับแรกที่ทำการทดสอบ คือให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายซึ่งอยู่ในสิ่งกีดขวางรูปตัวยู ซึ่งเปรียบเสมือนพื้นที่ห้องเล็ก ๆ ภายในห้องใหญ่ หรือคล้ายกับห้องเก็บสัมภาระในโรงงานหรือภายในลำนำงานนั่นเอง รูปแบบของพื้นที่แสดงดังรูปที่ 4.4

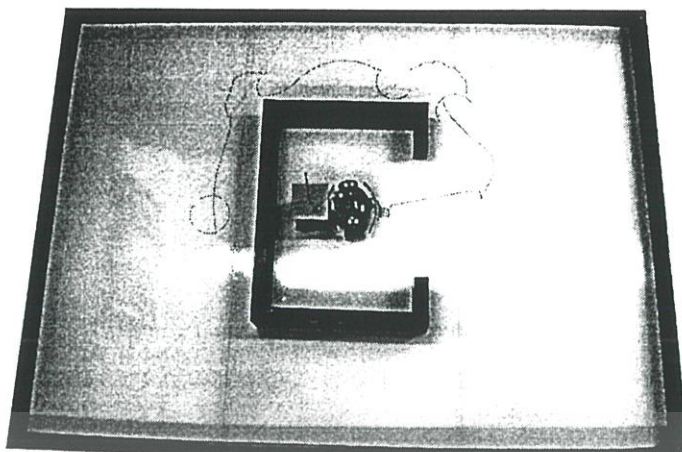
การทดสอบกระทำโดยการปลดอยหุ่นยนต์ให้มีจุดเริ่มต้นที่แตกต่างกัน คือมุมทั้ง 4 มุมของแผนที่ และด้านตรงข้ามกับเป้าหมาย กำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายจุดเดียวกัน

อันดับแรกทดลองโดยให้จุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์อยู่ด้านตรงข้ามกับเป้าหมายดังแสดงในรูปที่ 4.4 ผลการทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีซีซีดังแสดงในรูป 4.5 ก เทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวแสดงในรูป 4.5 ข

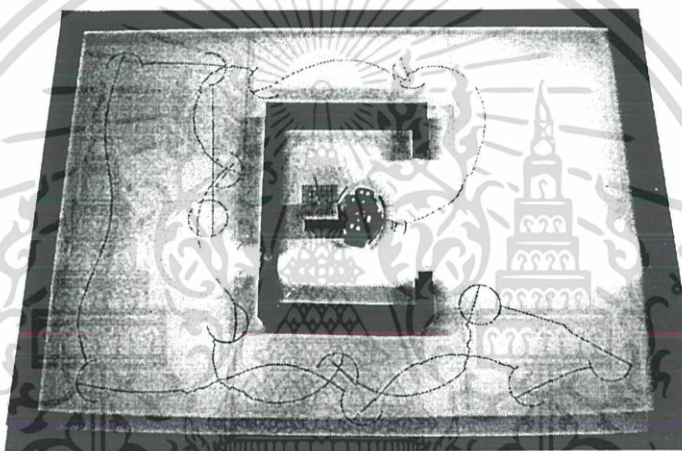


รูปที่ 4.4 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



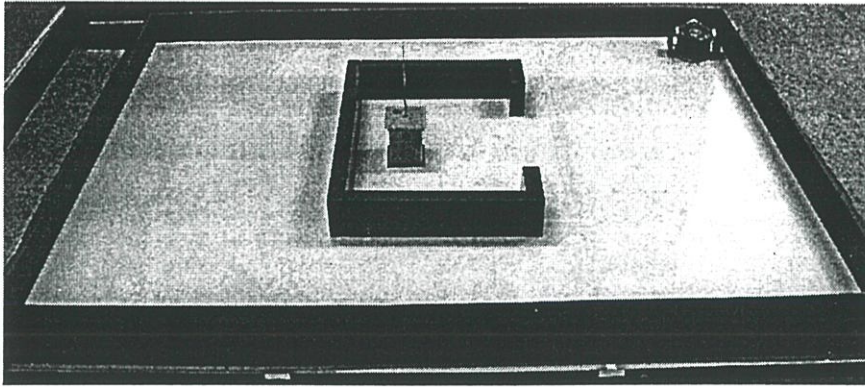
(ก)



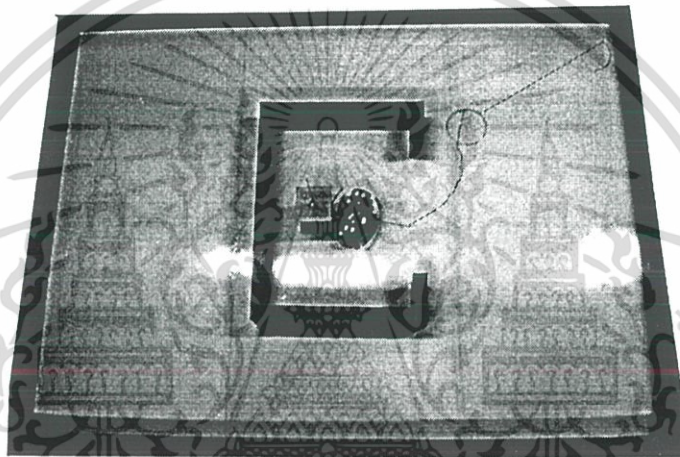
(ข)

รูปที่ 4.5 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูดำแห่งเริ่มต้นที่ 1

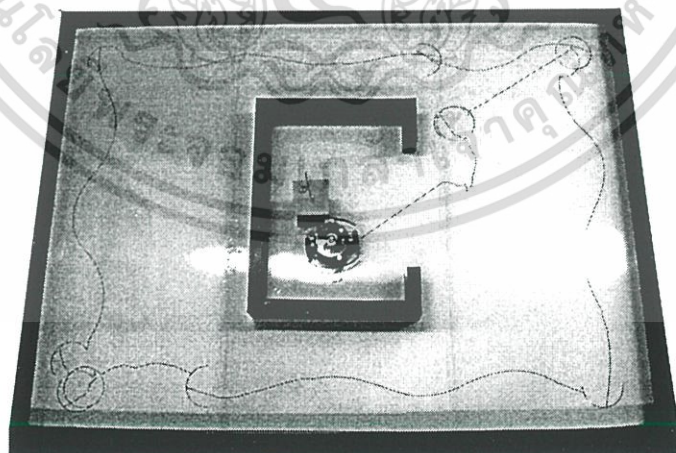
ลำดับต่อไป ได้ทำการทดลองโดยเปลี่ยนจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ เป็นมุมด้านขวาบนของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และผลการทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซีแสดงในรูป 4.7 ก เปรียบเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวในรูป 4.7 ข



รูปที่ 4.6 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 2



(ก)

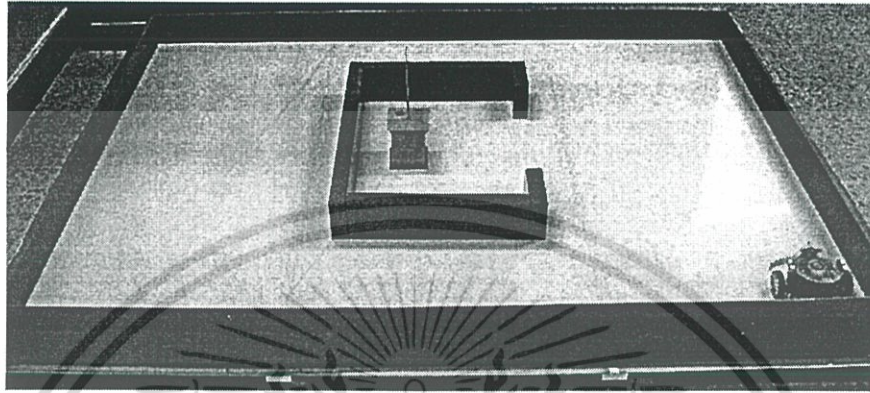


(ข)

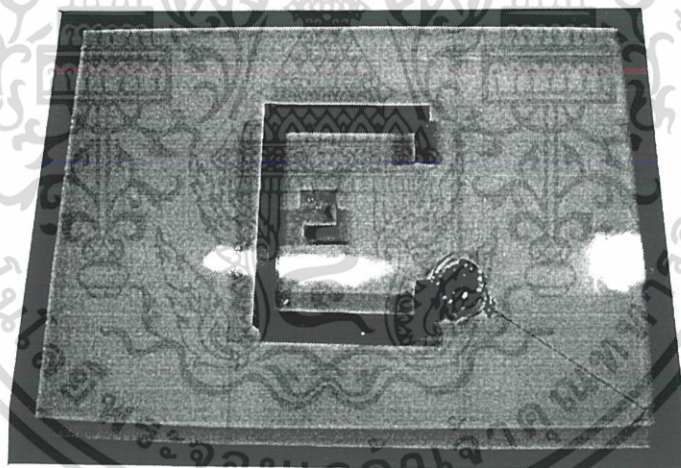
รูปที่ 4.7 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับต่อไป เป็นการทดลองโดยเปลี่ยนจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ เป็นมุมด้านขวาล่างของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ผลการทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีชชีแสดงในรูป 4.9 ก เปรียบเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวในรูป 4.9 ข



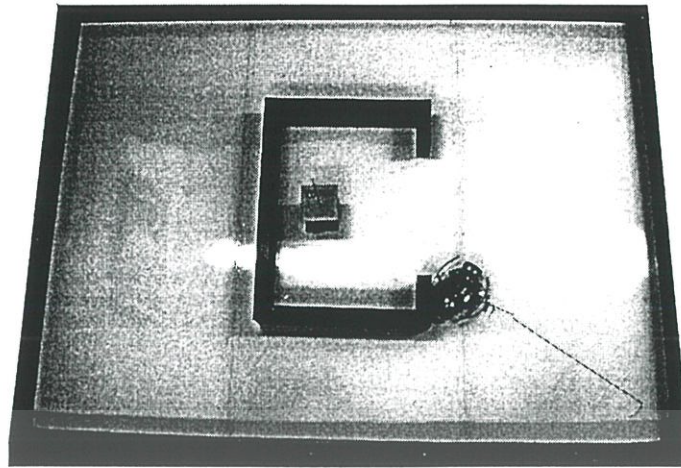
รูปที่ 4.8 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 3



(ก)

รูปที่ 4.9 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

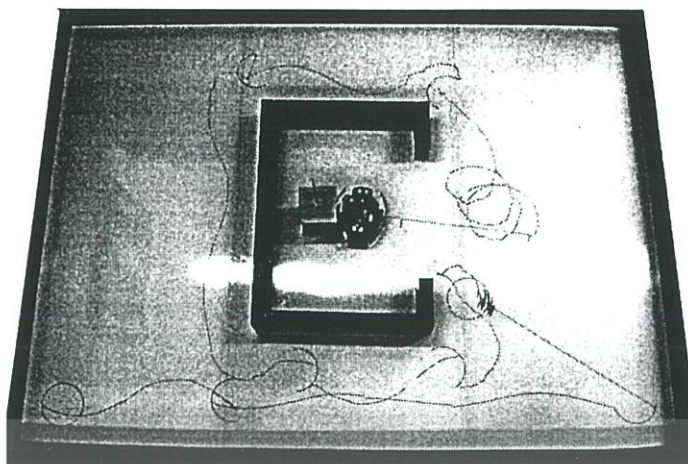
รูปที่ 4.9 (ต่อ)

การทดลองที่ 4 ได้ทำการทดลองโดยเปลี่ยนจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ เป็นมุมด้านซ้ายล่างของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.10 ผลการทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซีแสดงในรูป 4.11 ก เปรียบเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวในรูป 4.11 ข

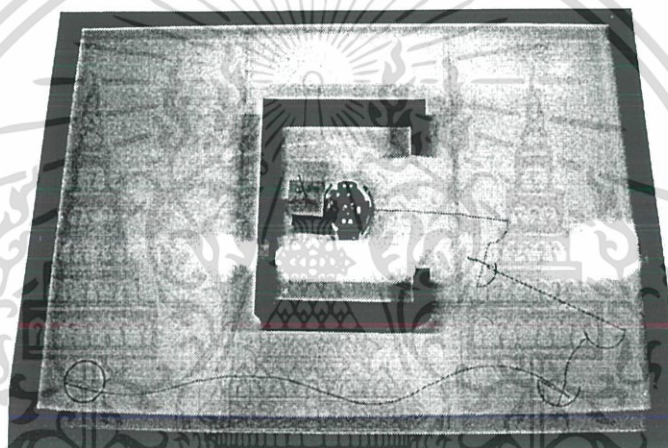


รูปที่ 4.10 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยูตำแหน่งเริ่มต้นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



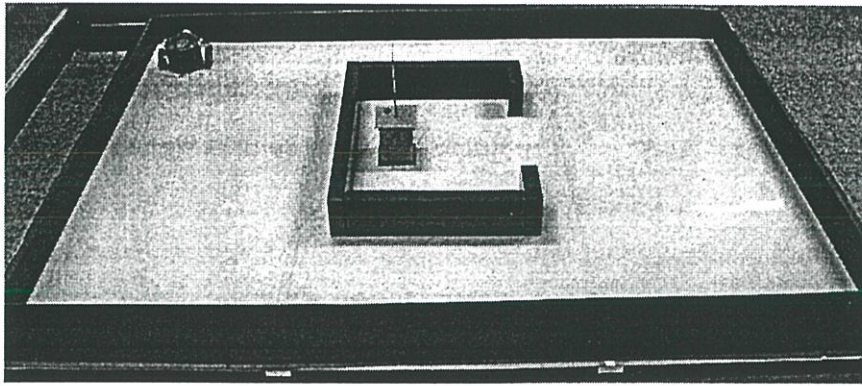
(ก)



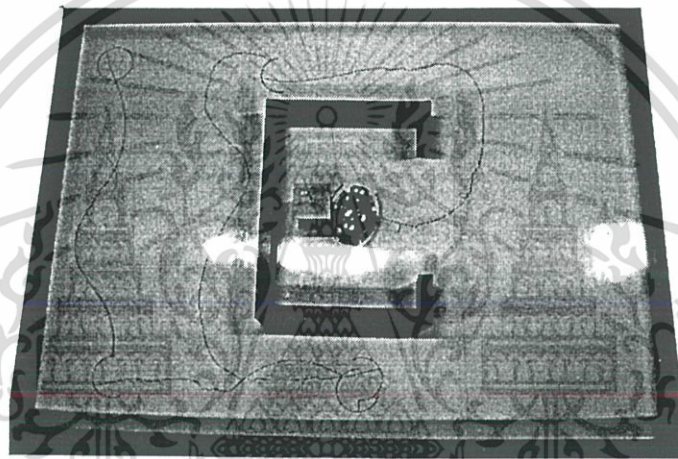
(ข)

รูปที่ 4.11 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในลิ่งกีดขวางรูปด้วยตำแหน่งเริ่มต้นที่ 4

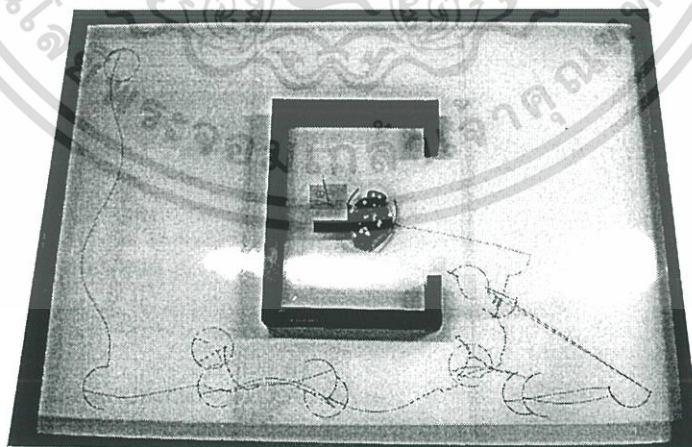
การทดลองลำดับสุดท้าย ทดลองโดยเปลี่ยนจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ เป็นมุมด้านซ้ายบนของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ผลการทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซีแสดงในรูป 4.13 ก เปรียบเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวในรูป 4.13 ข



รูปที่ 4.12 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวด้วยตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5



(ก)



(ข)

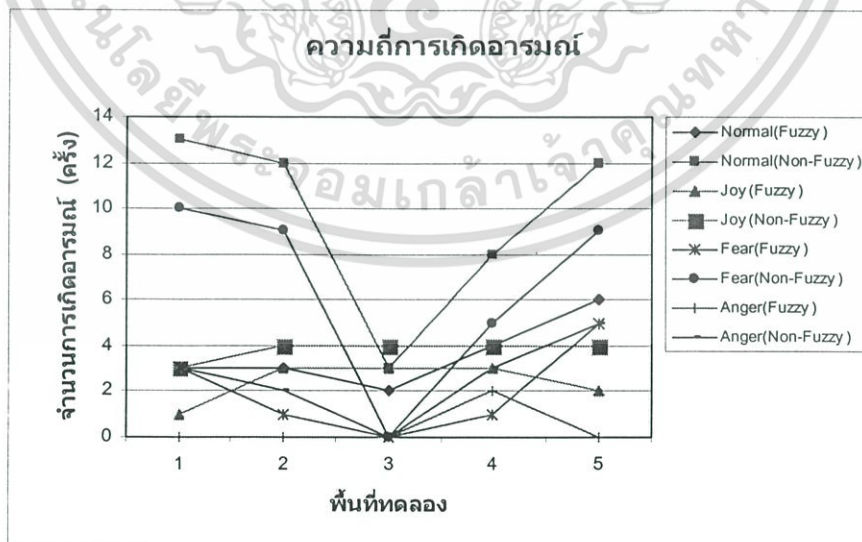
รูปที่ 4.13 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวด้วยตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการเคลื่อนที่ค้นหาและเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์นั้น พื้นที่แต่ละแห่งทำการทดสอบ 5 ครั้ง หลังจากนั้นนำเวลาที่หุ่นยนต์ใช้ในการเคลื่อนที่มาหาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.2 และนำจำนวนครั้งของอารมณ์แต่ละแบบในแต่ละพื้นที่ ที่เกิดกับหุ่นยนต์ขณะทดสอบ มาแสดงผลโดยกราฟเส้นดังรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.2 เวลาในการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยู

ตำแหน่งเริ่มต้นที่	เวลาที่ใช้ (นาท)	วิธีการควบคุม	เข้าหาเป้าหมายได้สำเร็จ
1	4.2	Brook + Fuzzy logic	ใช่
1	10.37	Brook	ใช่
2	1.50	Brook + Fuzzy logic	ใช่
2	9.00	Brook	ใช่
3	3.10	Brook + Fuzzy logic	ไม่ใช่
3	2.02	Brook	ไม่ใช่
4	3.22	Brook + Fuzzy logic	ใช่
4	12.15	Brook	ใช่
5	5.36	Brook + Fuzzy logic	ใช่
5	8.49	Brook	ใช่



รูปที่ 4.14 ความถี่การเกิดอารมณ์ในขณะที่เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวยู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองและตารางที่ 4.2 สังเกตว่าพื้นที่บางแห่งหุ่นยนต์ที่ควบคุมโดย วิศวกรศาสตร์พีซีที่ร่วมกับสถาปัตยกรรมของ Brook ใช้เวลานานกว่าจะถึงจุดหมาย เนื่องจาก หุ่นยนต์ที่ใช้วิศวกรศาสตร์พีซี มีการปรับความเร็วของตัวเองเมื่อได้รับการกระตุ้นจากตัวตรวจจับ เหนือเสียง (ทำให้หุ่นยนต์เกิดอารมณ์กลัว) จึงมีการปรับความเร็วของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ ปฏิบัติงานในขณะนั้น ต่างจากหุ่นยนต์ที่ใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่ เพียงค่าเดียว สอดคล้องกับผลการทดลองจากกราฟเส้นในรูปที่ 4.14 ซึ่งจะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์มี อัตราการชนกับสิ่งกีดขวาง (ทำให้หุ่นยนต์เกิดอารมณ์โกรธ) ในระดับที่ต่ำกว่าหุ่นยนต์ที่ใช้ สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว

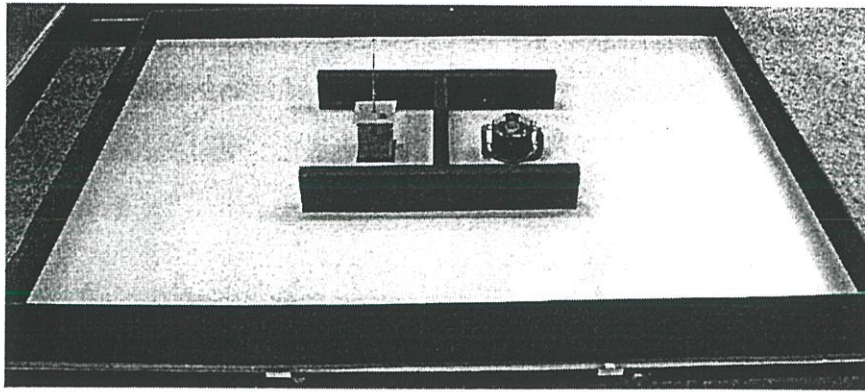
สำหรับการทดลองที่ 3 หุ่นยนต์ที่ใช้การควบคุมทั้ง 2 ประเภทไม่สามารถเข้าหาเป้าหมาย ได้สำเร็จ เป็นความผิดพลาดเนื่องมาจากมุมในการตรวจพบเป้าหมายของหุ่นยนต์ กล่าวคือเมื่อ เคลื่อนที่เข้าไปจนใกล้ชนกับสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์ได้ใช้แสงเลเซอร์เพื่อระบุว่าสิ่งที่พบตรงหน้านั้น เป็นเป้าหมายหรือสิ่งกีดขวาง หากเป็นเป้าหมายหุ่นยนต์จะได้รับสัญญาณตอบกลับมา เมื่อ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปจนถึงสิ่งกีดขวางแล้ว หุ่นยนต์ก็ยังยังได้รับสัญญาณจากเป้าหมายอยู่ ทำให้ หุ่นยนต์คิดว่าได้ไปถึงเป้าหมายแล้ว จึงหยุดการทำงาน

4.3 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวโอ

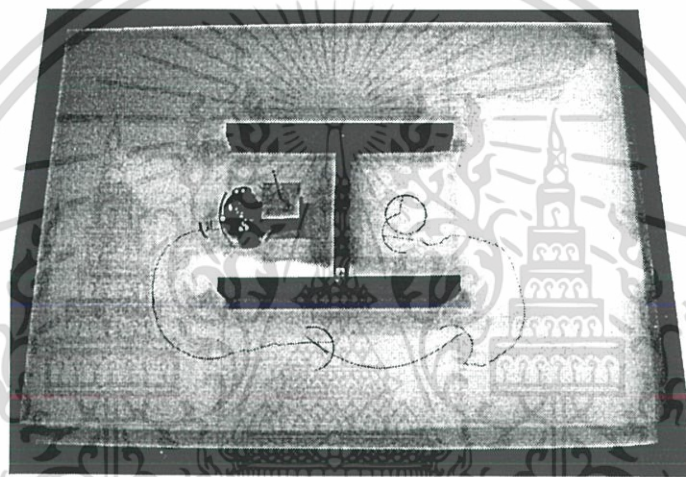
พื้นที่สำหรับการทดลองนี้เป็นพื้นที่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เพื่อทดสอบว่าหุ่นยนต์สามารถ เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายได้หรือไม่ โดยไม่เคลื่อนที่วนอยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวโอ ซึ่งเป็นพื้นที่ หนึ่งในที่เป็นปัญหาสำหรับหุ่นยนต์ที่ใช้ตัวตรวจจับน้อย ซึ่งพื้นที่รูปตัวโอนี้เปรียบเสมือนพื้นที่รูปตัวยู 2 ตัวหันหลังชนกันนั่นเอง

กำหนดให้เป้าหมายอยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวโอ กำหนดจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์แตกต่างกัน 5 จุดเช่นเดียวกับพื้นที่แบบแรก คือ ด้านตรงข้ามกับเป้าหมายและมุมทั้ง 4 ด้านของแผนที่

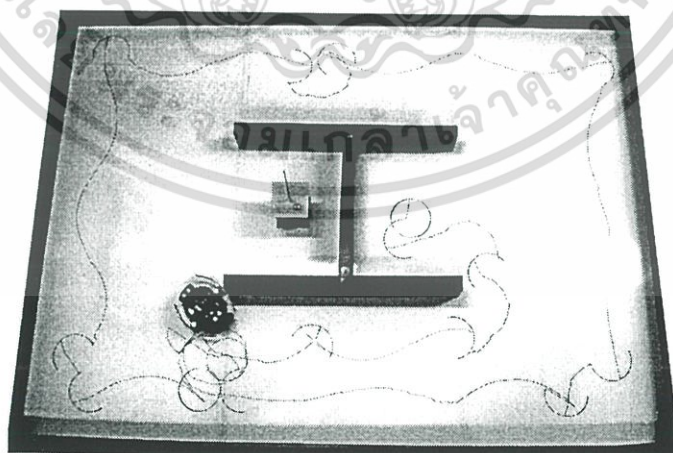
จุดเริ่มต้นสำหรับหุ่นยนต์จุดแรกคือจุดที่อยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวางดังแสดงในรูปที่ 4.15 ผล การทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับ วิศวกรศาสตร์พีซี 4.16 ก เทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่าง เดียว ดังรูป 4.16 ข



รูปที่ 4.15 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 1



(ก)

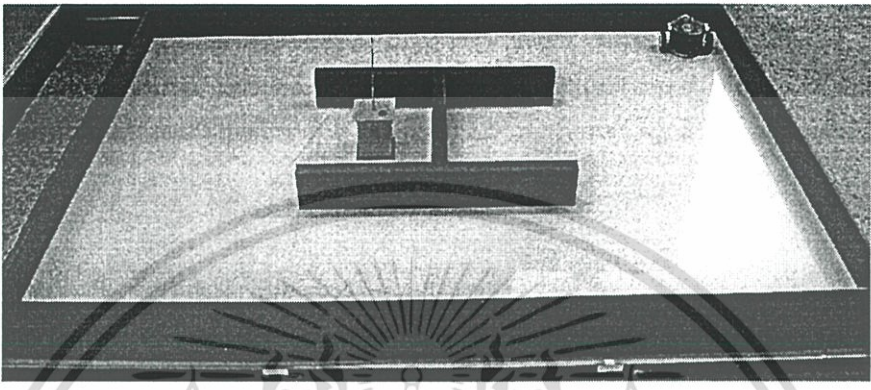


(ข)

รูปที่ 4.16 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบจุดที่ 2 คือที่มุมด้านบนขวาของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ด้านหลังของเป้าหมายเช่นเดียวกับจุดเริ่มต้นจุดแรก ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.18 ก เป็นผลของการควบคุมโดยใช้สถาปัตยกรรม Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซี ส่วนรูปที่ 4.18 ข เป็นผลจากการควบคุมโดยใช้สถาปัตยกรรม Brook เพียงอย่างเดียว



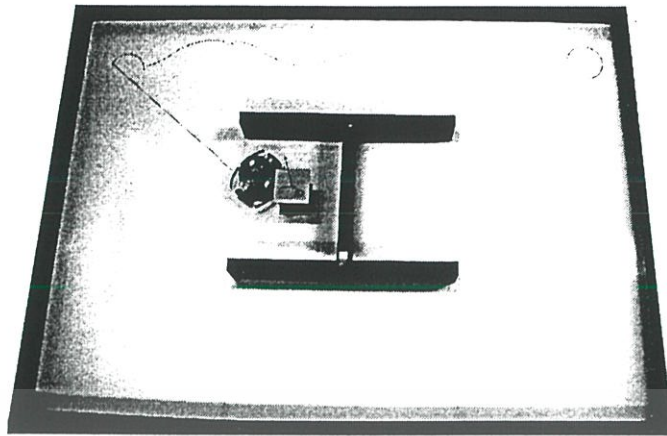
รูปที่ 4.17 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 2



(ก)

รูปที่ 4.18 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(๑)

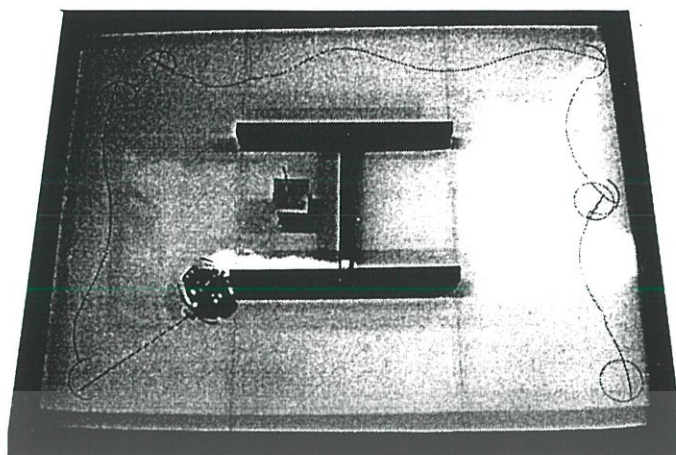
รูปที่ 4.18 (ต่อ)

จุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์จุดต่อไป คือ มุมล่างด้านขวาของพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แสดงได้ดังรูปที่ 4.20ก ซึ่งเป็นการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีซี และ การควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวดังรูป 4.20 ข

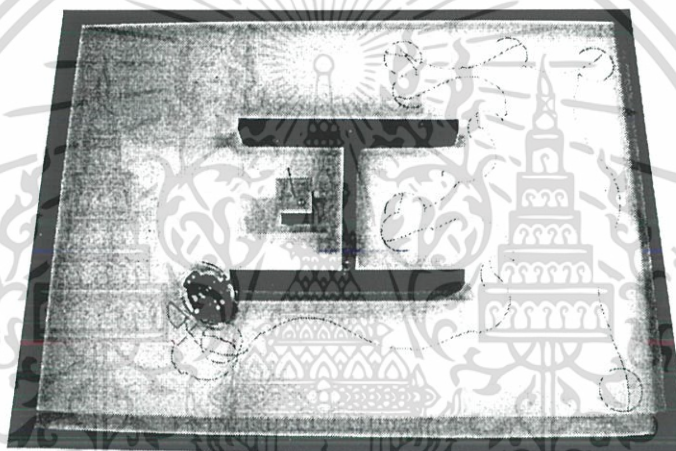


รูปที่ 4.19 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

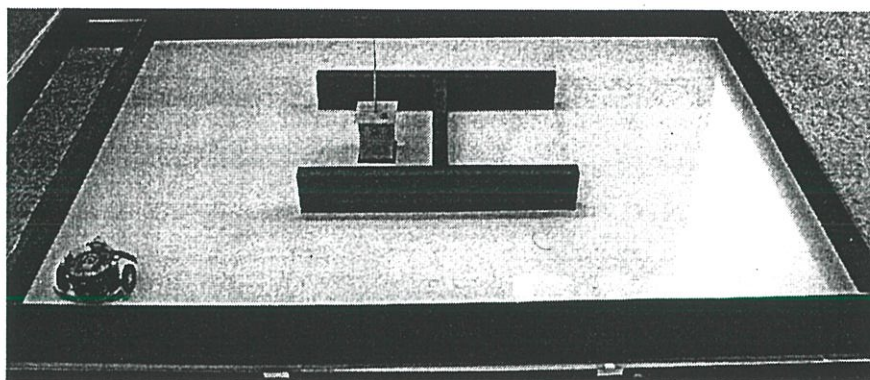


(ข)

รูปที่ 4.20 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 3

การทดลองที่ 4 ได้ทำการทดลองโดยเปลี่ยนจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ เป็นมุมด้านซ้ายล่างของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.21 ผลการทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีชชีแสดงในรูป 4.22 ก เปรียบเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวในรูป 4.22 ข

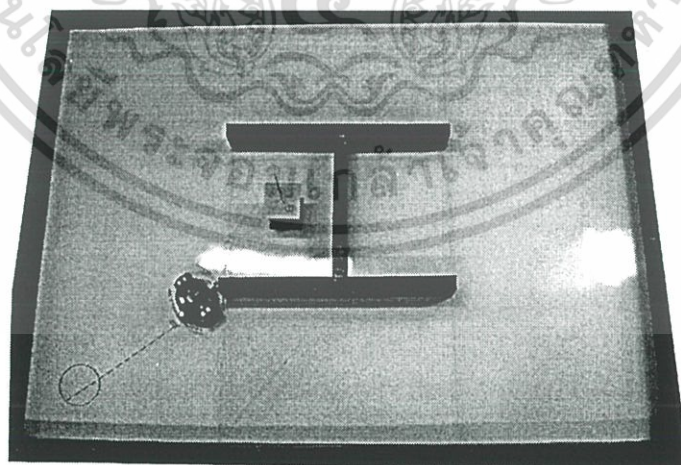
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 4



(ก)

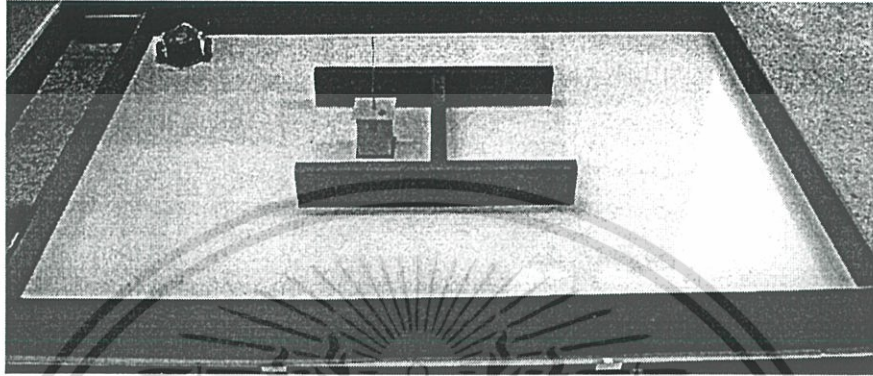


(ข)

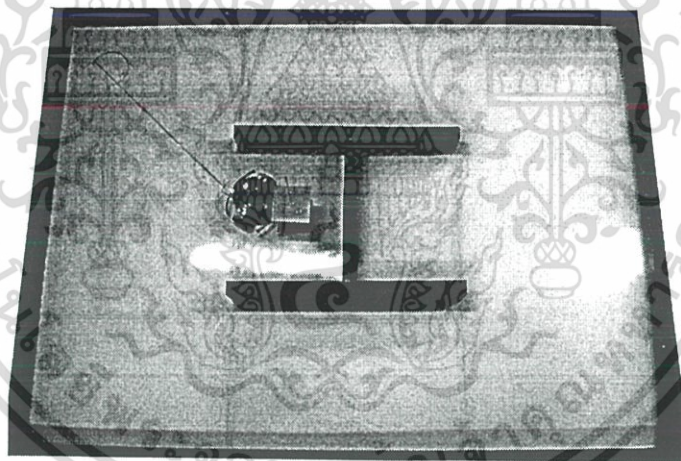
รูปที่ 4.22 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดสุดท้ายที่ทำการทดสอบ คือมุมบนด้านซ้ายของพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.23 ผลการทดลองแสดงเส้นทางที่ได้จากการควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซีแสดงในรูป 4.24 ก เปรียบเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวในรูป 4.24 ข



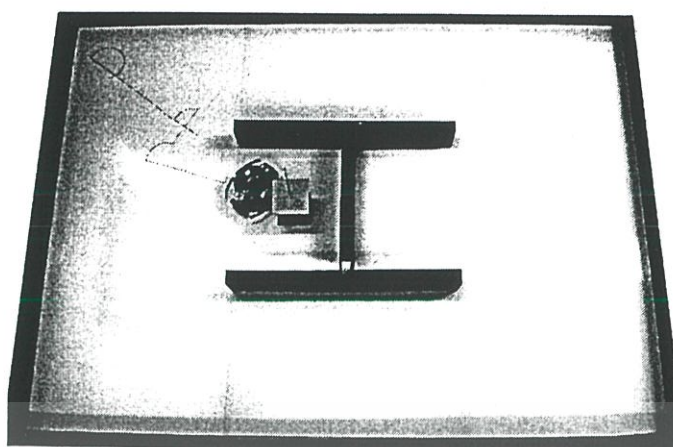
รูปที่ 4.23 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5



(ก)

รูปที่ 4.24 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวไอตำแหน่งเริ่มต้นที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

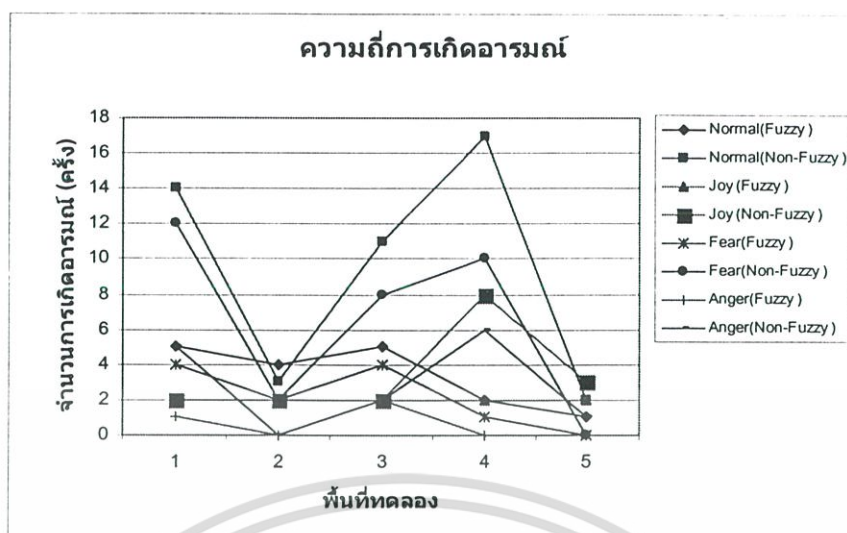
รูปที่ 4.24 (ต่อ)

การทดสอบการเคลื่อนที่ค้นหาและเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์นั้น พื้นที่แต่ละแห่งทำการทดสอบ 5 ครั้ง หลังจากนั้นนำเวลาที่หุ่นยนต์ใช้ในการเคลื่อนที่มาหาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.3 และนำจำนวนครั้งของอารมณ์แต่ละแบบในแต่ละพื้นที่ ที่เกิดกับหุ่นยนต์ขณะทดสอบ มาแสดงผลโดยกราฟเส้นดังรูปที่ 4.25

ตารางที่ 4.3 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวโอ

ตำแหน่งเริ่มต้นที่	เวลาที่ใช้ (นาท)	วิธีการควบคุม	เข้าหาเป้าหมายได้สำเร็จ
1	4.14	Brook + Fuzzy logic	ใช่
1	11.45	Brook	ไม่ใช่
2	4	Brook + Fuzzy logic	ใช่
2	2	Brook	ใช่
3	5.45	Brook + Fuzzy logic	ไม่ใช่
3	7.5	Brook	ไม่ใช่
4	10.29	Brook + Fuzzy logic	ใช่
4	1.3	Brook	ไม่ใช่
5	0.43	Brook + Fuzzy logic	ใช่
5	1.05	Brook	ใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 ผลของอารมณ์ในขณะที่เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในสิ่งกีดขวางรูปตัวโอ

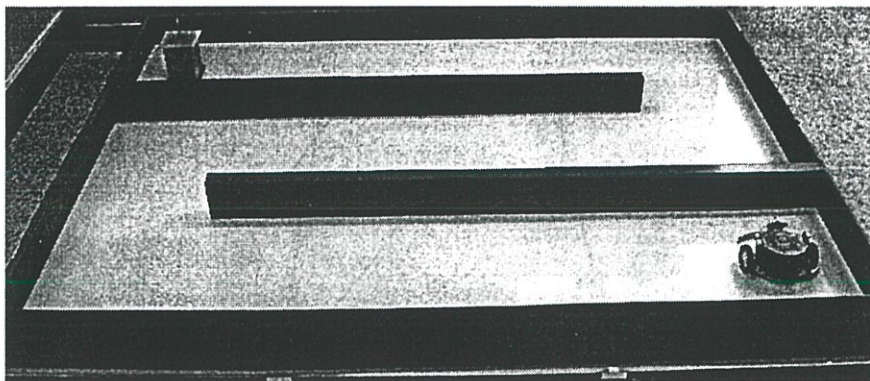
จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซี ยังทำให้อัตราการเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์สูงอยู่ แม้ว่าจะใช้เวลาานกว่าแบบที่ใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวก็ตาม และจากกราฟในรูปที่ 4.25 ก็แสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์มีอัตราการเสียหายเนื่องมาจากการชนกับสิ่งกีดขวางที่ทำให้หุ่นยนต์เกิดอารมณ์โกรธ ต่ำกว่าแบบใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว

ส่วนการทดลองที่ 3 รูปแบบการควบคุมทั้ง 2 แบบไม่สามารถเข้าหาเป้าหมายได้นั้น เนื่องจากสาเหตุมาจากความผิดพลาดของมุมการตรวจพบเป้าหมายของหุ่นยนต์เช่นเดียวกับการทดลองของพื้นที่แบบแรก

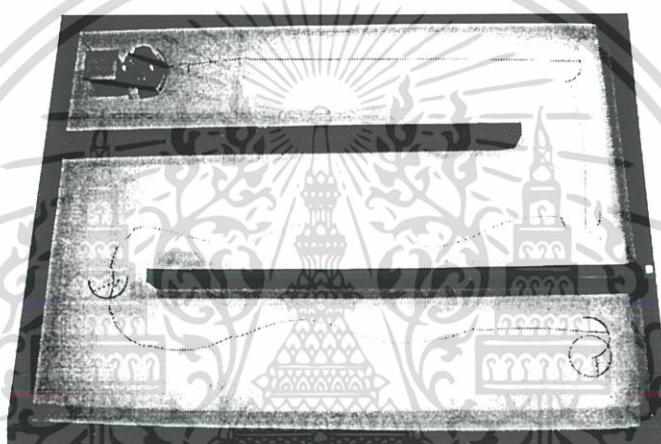
4.4 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในบริเวณที่เป็นทางแคบ

การทดลองนี้เป็นการทดสอบให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในบริเวณทางยาว ๆ และแคบ ซึ่งเปรียบเสมือนระเบียบหรือทางเดินแคบ ๆ โดยกำหนดให้เป้าหมายอยู่ที่ปลายทางเดินนั้น หุ่นยนต์และเป้าหมายจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งสลับกัน รูปแบบพื้นที่ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตำแหน่งเริ่มต้นที่ 1 เป็นดังภาพที่ 4.26

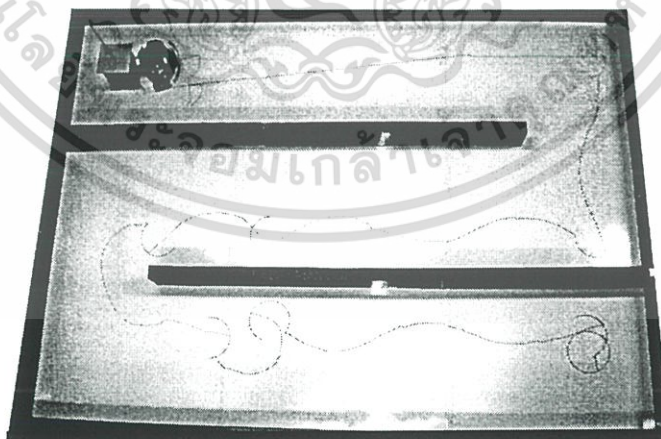
ผลทดสอบการเคลื่อนที่ค้นหาและเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์โดยใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซี ร่วมกับสถาปัตยกรรมของ Brook แสดงได้ดังรูปที่ 4.27 ก เปรียบเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียวดังรูป 4.27 ข



รูปที่ 4.26 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายบริเวณที่เป็นทางแคบตำแหน่งที่ 1



(ก)

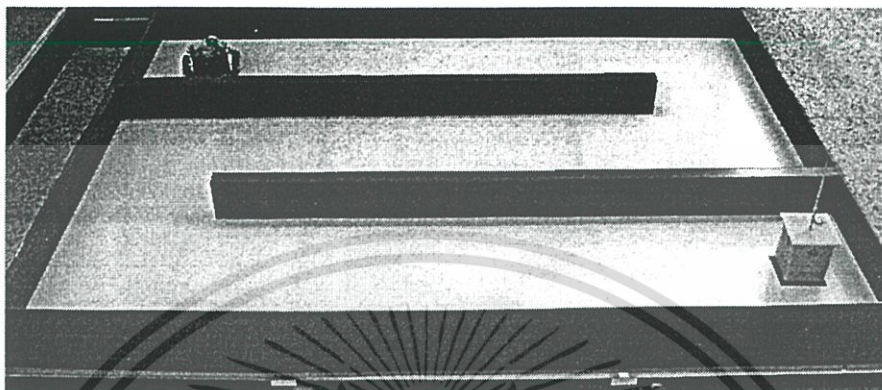


(ข)

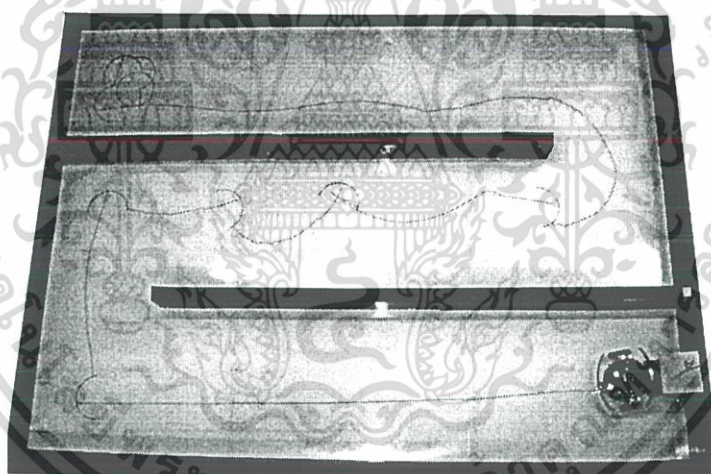
รูปที่ 4.27 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในบริเวณที่เป็นทางแคบตำแหน่งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งเริ่มต้นลำดับต่อไป แสดงได้ดังรูปที่ 4.28 ผลทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์แสดง
ได้ดังรูปที่ 4.29 ก ซึ่งใช้ตรรกศาสตร์พีชซีในการตัดสินใจ และรูปที่ 4.29 ข ที่ใช้สถาปัตยกรรมของ
Brook เพียงอย่างเดียว



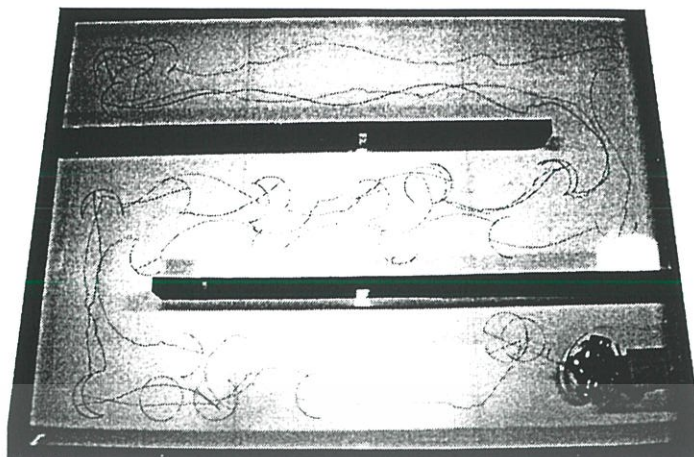
รูปที่ 4.28 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในบริเวณที่เป็นทางแคบตำแหน่งที่ 2



(ก)

รูปที่ 4.29 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ปลายทางแคบตำแหน่งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

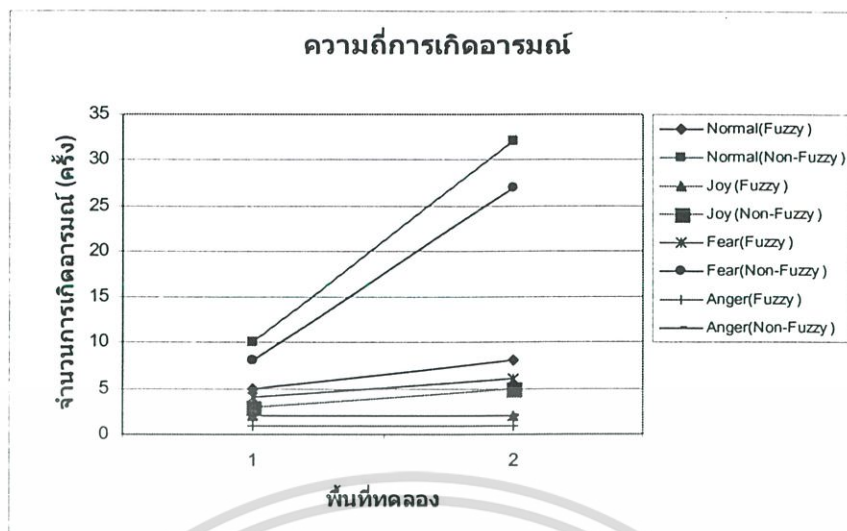
รูปที่ 4.29 (ต่อ)

การทดสอบการเคลื่อนที่ค้นหาและเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์นั้น พื้นที่แต่ละแห่งทำการทดสอบ 5 ครั้ง หลังจากนั้นนำเวลาที่หุ่นยนต์ใช้ในการเคลื่อนที่มาหาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.4 และนำจำนวนครั้งของอารมณ์แต่ละแบบในแต่ละพื้นที่ ที่เกิดกับหุ่นยนต์ขณะทดสอบ มาแสดงผลโดยกราฟเส้นดังรูปที่ 4.30

ตารางที่ 4.4 ผลการเคลื่อนที่ค้นหาเป้าหมายที่อยู่ปลายทางแคบ

ตำแหน่งเริ่มต้นที่	เวลาที่ใช้ (นาท)	วิธีการควบคุม	เข้าหาเป้าหมายได้สำเร็จ
1	5	Brook + Fuzzy logic	ใช่
1	7	Brook	ใช่
2	6.09	Brook + Fuzzy logic	ใช่
2	22.15	Brook	ใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



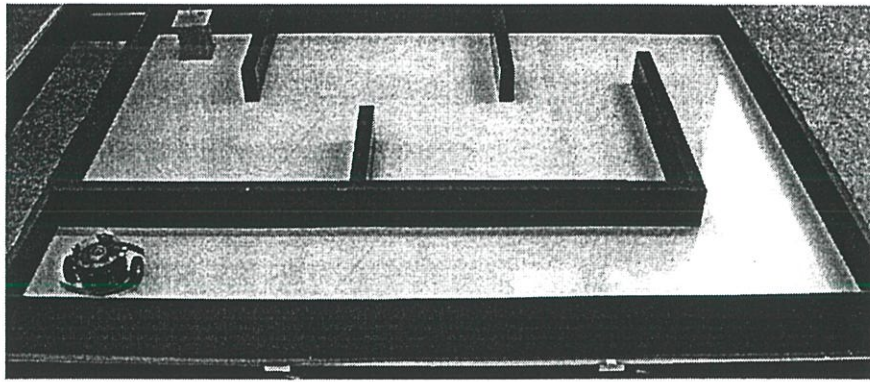
รูปที่ 4.30 ผลของอารมณ์ในขณะที่เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ปลายทางแคบ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์สามารถเข้าหาเป้าหมายได้ดีและใช้เวลาไม่นานนัก แต่จากรูปที่ 4.29 ข จะเห็นว่าหุ่นยนต์ใช้เวลานานกว่าจะไปถึงเป้าหมาย เนื่องจากค่าที่ได้จากตัวตรวจจับเหนือเสียงผิดพลาดทำให้หุ่นยนต์คิดว่ามีสิ่งกีดขวางใกล้ตัวหุ่นยนต์ทั้งทางด้านซ้าย ขวา และด้านหน้า หุ่นยนต์จึงหมุน 180 องศาและเคลื่อนที่ต่อไปด้านหน้า ซึ่งเป็นการย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้น ทำให้เสียเวลาในการย้อนกลับมายังเป้าหมาย ดังจะเห็นได้จากกราฟรูปที่ 4.30 ซึ่งความถี่ในการเกิดอารมณ์ก็ล้วนสำหรับหุ่นยนต์ที่ใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว ในการทดลองพื้นที่ที่ 2 มีค่ามาก

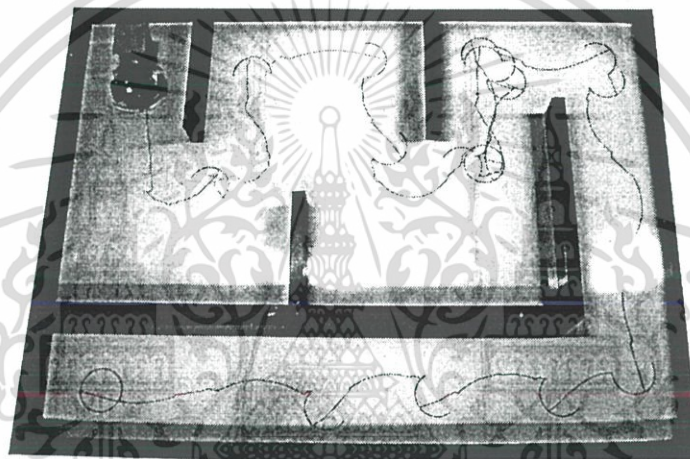
4.4 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ในห้อง

เป็นการทดลองให้หุ่นยนต์เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่ 4 เหลี่ยมติดกัน หลายช่อง เปรียบเสมือนห้องหรือพื้นที่ส่วนบุคคลที่ใช้จากกันในงานสำนักงาน เพื่อประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในแง่ที่เป็นหุ่นยนต์ขนส่งภายในอาคาร

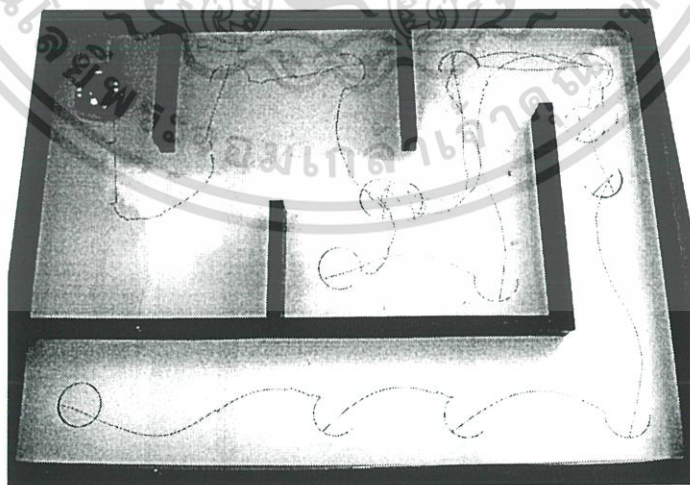
สำหรับการทดลองนี้ หุ่นยนต์มีตำแหน่งเริ่มต้นคงที่ คือ ที่มุมล่างด้านซ้ายของพื้นที่ โดยเป้าหมายมีการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในห้อง 3 จุด รูปแบบพื้นที่สำหรับการทดลองแรกเป็นดังภาพที่ 4.31 และผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.32 ก ที่ใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีร่วมตัดสินใจ และแบบที่ไม่ใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซีในรูปที่ 4.32 ข



รูปที่ 4.31 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 1



(ก)



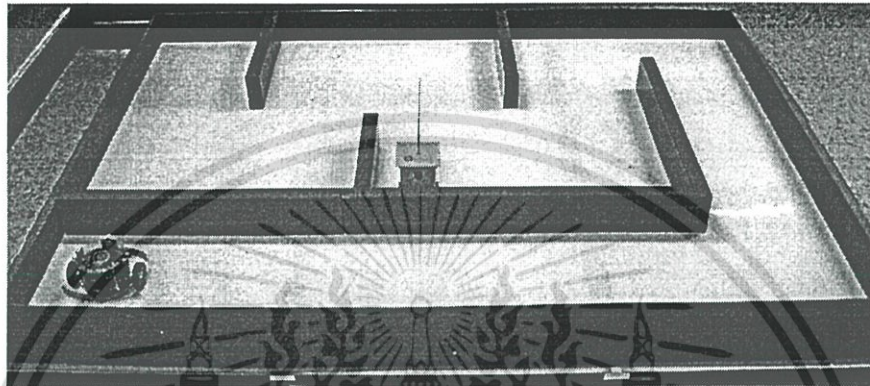
(ข)

รูปที่ 4.32 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 หุ่นยนต์เริ่มต้นที่มุมล่างซ้ายโดยหันหน้าไปด้านบนเช่นเดิม แต่เป้าหมายเปลี่ยนมาอยู่ที่ห้องทางด้านขวามือดังรูปที่ 4.33

ผลการทดสอบการค้นหาและเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์แสดงได้ดังรูปที่ 4.34 โดยรูปที่ 4.34 ก เป็นผลจากการใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีชชี และรูปที่ 4.34 ข เป็นผลจากการจัดลำดับขั้นการควบคุมโดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว



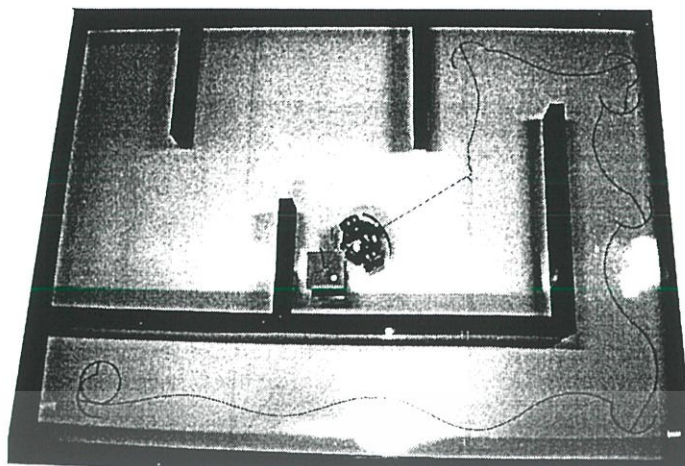
รูปที่ 4.33 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 2



(ก)

รูปที่ 4.34 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(๑)

รูปที่ 4.34 (ต่อ)

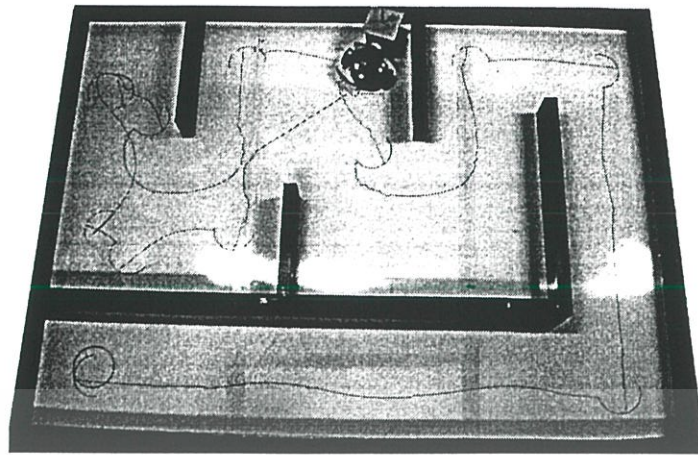
ตำแหน่งสุดท้ายที่ทดสอบคือเป้าหมายที่อยู่ในห้องด้านบนของแผนที่ โดยจุดเริ่มของหุ่นยนต์ยังคงเดิม คือมุมด้านซ้ายล่างของแผนที่ดังรูปที่ 4.35

ผลทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์แสดงได้ดังรูปที่ 4.36 โดยรูปที่ 4.36 ก เป็นผลจากการใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีชชี และรูปที่ 4.36 ข เป็นผลจากการจัดลำดับชั้นการควบคุมโดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว

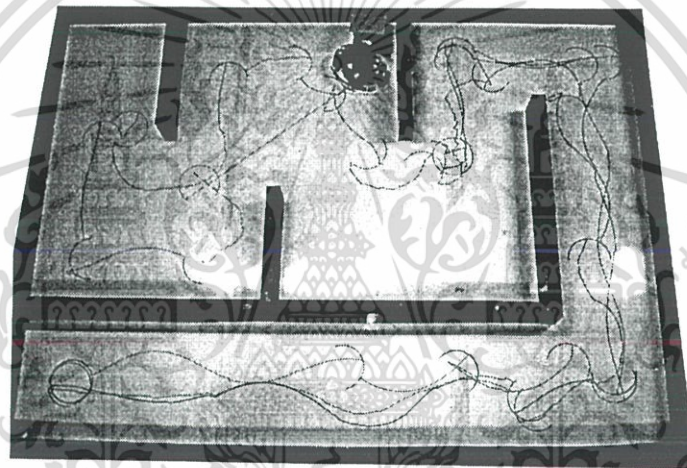


รูปที่ 4.35 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ในห้องตำแหน่งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.36 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้องตำแหน่งที่ 3

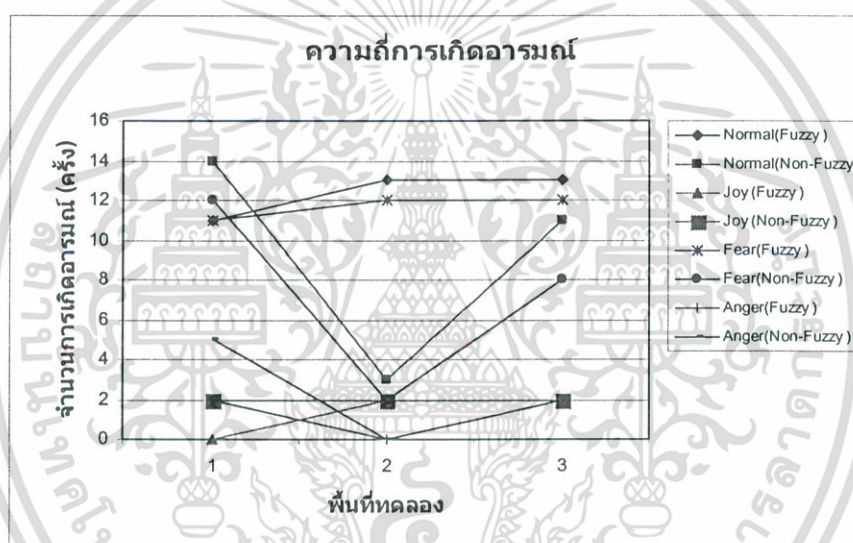
หลังจากทำการทดสอบการเคลื่อนที่ในแต่ละพื้นที่ พื้นที่ละ 5 ครั้ง ได้เวลาที่หุ่นยนต์ใช้ในการค้นหาและเข้าหาเป้าหมายดังตารางที่ 4.5 และกราฟความถี่การเกิดอารมณ์แต่ละประเภทในการทดลองแต่ละพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 4.37

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบสามารถค้นหาและเข้าหาเป้าหมายได้ดี แม้ว่าในบางพื้นที่จะใช้เวลามาก เนื่องจากพื้นที่ในการทดลองไม่เรียบเสียทีเดียว มีการโค้งงอเนื่องจากข้อจำกัดของวัสดุที่ใช้ ทำให้มุมในการตรวจพบและเข้าหาเป้าหมายในบางจุดมีความผิดพลาด ไม่สามารถตรวจพบเป้าหมายทั้งที่อยู่ในระยะที่สามารถตรวจพบได้ เป็นผลให้หุ่นยนต์ต้องเสียเวลาในการค้นหานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้อง

ตำแหน่งเริ่มต้นที่	เวลาที่ใช้ (นาที)	วิธีการควบคุม	เข้าหาเป้าหมายได้สำเร็จ
1	15	Brook + Fuzzy logic	ใช่
1	10.25	Brook	ใช่
2	5.45	Brook + Fuzzy logic	ใช่
2	10	Brook	ใช่
3	9.3	Brook + Fuzzy logic	ใช่
3	18	Brook	ใช่

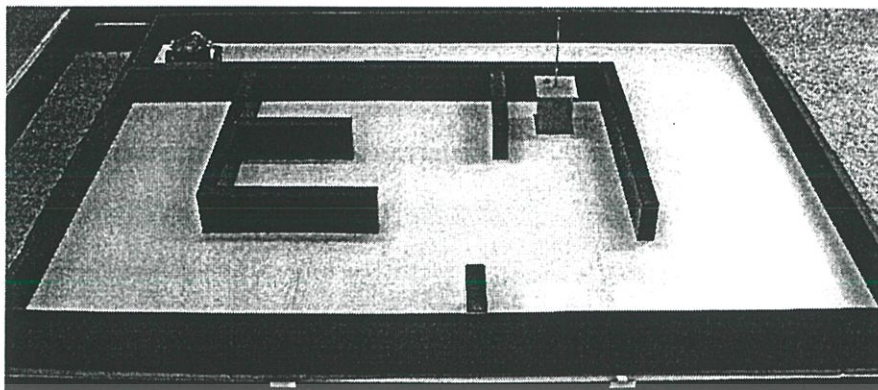


รูปที่ 4.37 ผลของอารมณ์ในขณะเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในห้อง

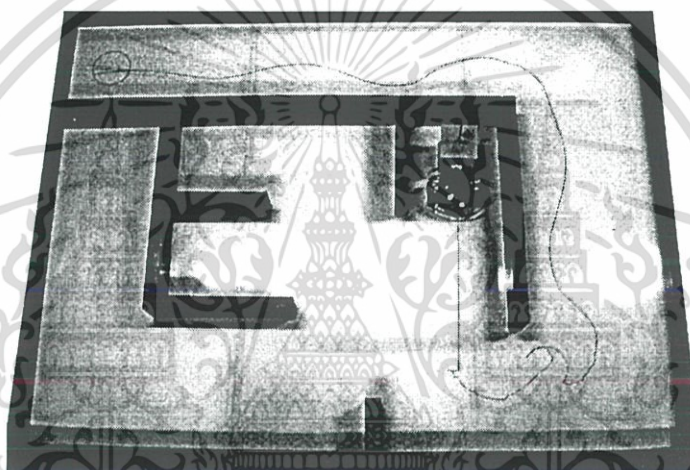
4.5 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในพื้นที่ซับซ้อนคล้ายเขาวงกต

การทดลองนี้เป็นการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปหาเป้าหมายในสภาวะแวดล้อม มีความซับซ้อนมากขึ้นคล้ายเขาวงกต ดังรูปที่ 4.38 โดยกำหนดให้หุ่นยนต์มีจุดเริ่มต้นจุดเดียวกันทั้งหมด แต่มีการเปลี่ยนเป้าหมายไปอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่

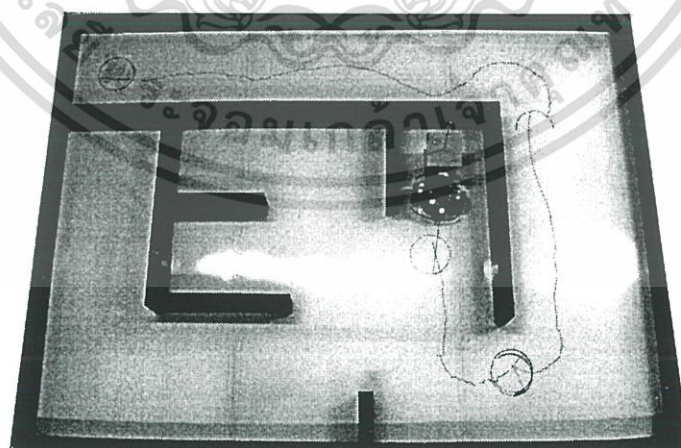
จุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์กำหนดให้อยู่มุมด้านซ้ายบน ผลการทดสอบสำหรับเป้าหมายแรกแสดงได้ดังรูป 4.39 และรูปที่ 4.39 ข



รูปที่ 4.38 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 1



(ก)



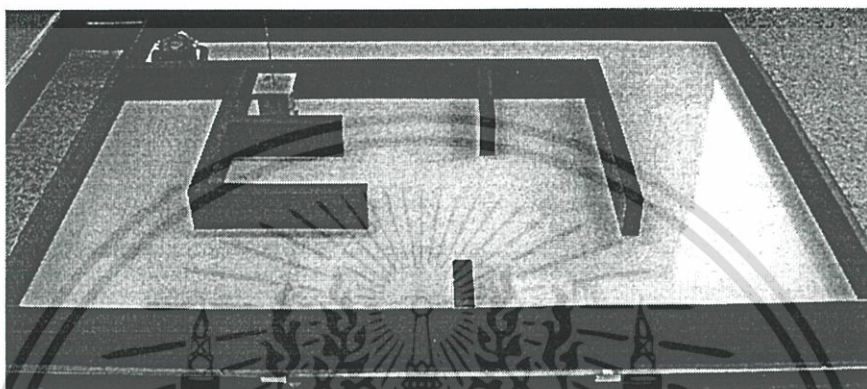
(ข)

รูปที่ 4.39 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 1

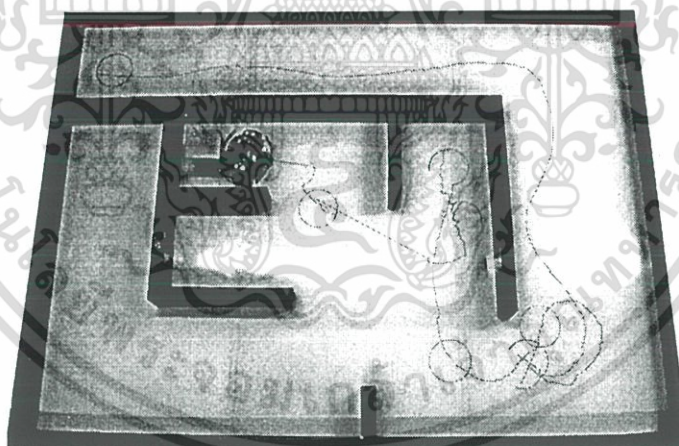
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองต่อไปเป็นการย้ายเป้าหมายไปไว้ในช่อง ที่เป็นส่วนหนึ่งของแผนที่ มีลักษณะ คล้ายตัวจีดังภาพที่ 4.40

ผลทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.41 ก เป็นผลที่ได้จากการควบคุม หุ่นยนต์โดยใช้ตรรกศาสตร์พีชคณิต ร่วมกับการจัดการควบคุมออกเป็นพฤติกรรมตามสถาปัตยกรรม ของ Brook และรูปที่ 4.41 ข แบบที่ใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว



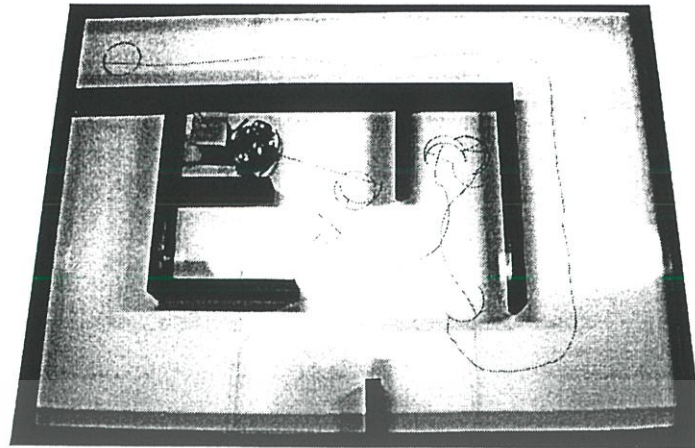
รูปที่ 4.40 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 2



(ก)

รูปที่ 4.41 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 2

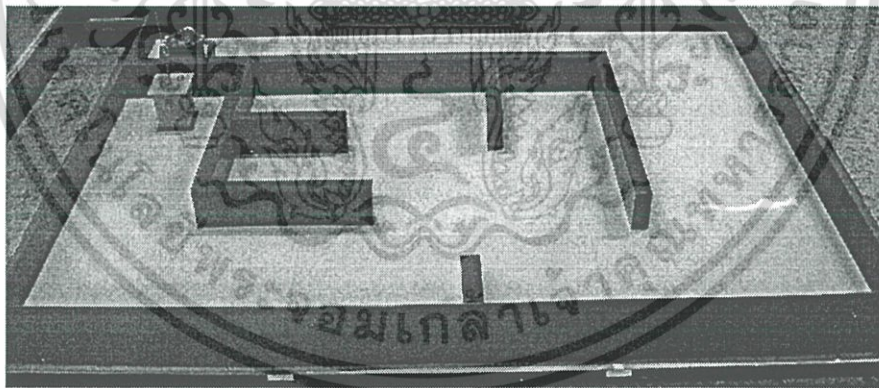
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

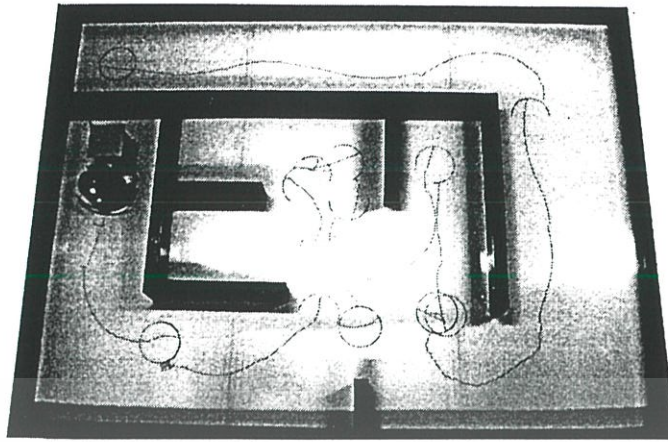
รูปที่ 4.41 (ต่อ)

จุดสุดท้ายที่ทำการทดสอบสำหรับพื้นที่นี้ เป็นจุดที่เป้าหมายอยู่ด้านในสุดของพื้นที่ ดังรูปที่ 4.42 ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.43 ก. ที่ใช้ตรรกศาสตร์พีชชีร่วมกับสถาปัตยกรรม Brook และรูปที่ 4.43 ข. ที่ใช้การจัดการควบคุมตามสถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.42 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.43 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในพื้นที่คล้ายเขาวงกตตำแหน่งที่ 3

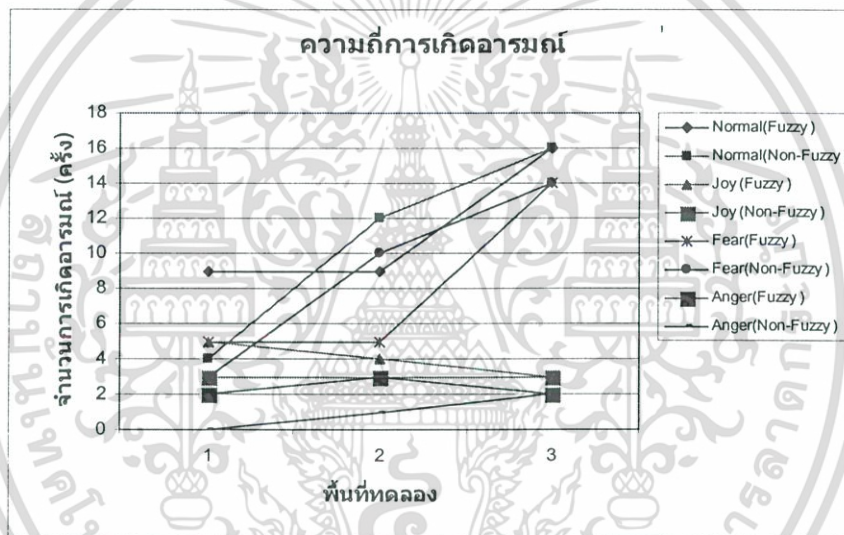
การทดสอบกระทำพื้นที่ละ 5 ครั้ง ทั้งการควบคุมโดยใช้ตรรกศาสตร์พีชชีร่วมกับสถาปัตยกรรมของ Brook และการใช้สถาปัตยกรรมของ brook เพียงอย่างเดียว เวลาที่หุ่นยนต์ใช้ในการปฏิบัติงานแสดงได้ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานมีความใกล้เคียงกัน

จากผลการทดสอบที่แสดงไปข้างต้น ทำให้เห็นว่าแม้พื้นที่ จะมีความซับซ้อนมากขึ้น หุ่นยนต์ที่ได้พัฒนาขึ้น ยังสามารถค้นหาและเข้าหาเป้าหมายโดยมีการหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่อยู่ในระหว่างทางได้เป็นอย่างดี และใช้เวลาในการเข้าหาเป้าหมายน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในพื้นที่ซับซ้อนคล้ายเขาวงกต

ตำแหน่งเริ่มต้นที่	เวลาที่ใช้ (นาที)	วิธีการควบคุม	เข้าหาเป้าหมายได้สำเร็จ
1	5.21	Brook + Fuzzy logic	ใช่
1	3.36	Brook	ใช่
2	7.25	Brook + Fuzzy logic	ใช่
2	6.51	Brook	ใช่
3	12.11	Brook + Fuzzy logic	ใช่
3	13.44	Brook	ใช่



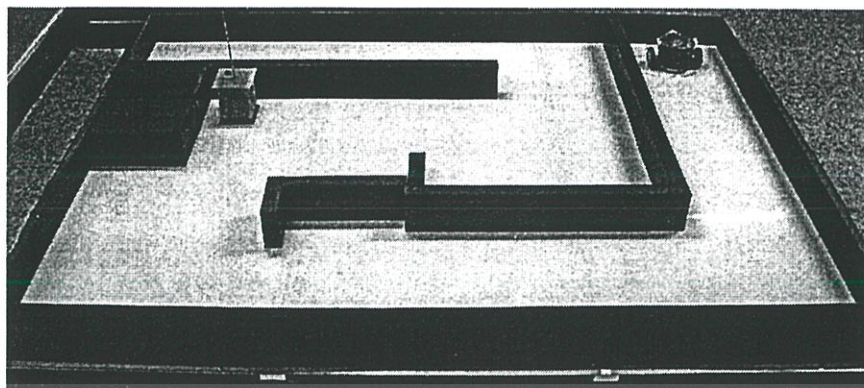
รูปที่ 4.44 ผลของอารมณ์ในขณะเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในพื้นที่คล้ายเขาวงกต

4.6 การทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายภายในเขาวงกต

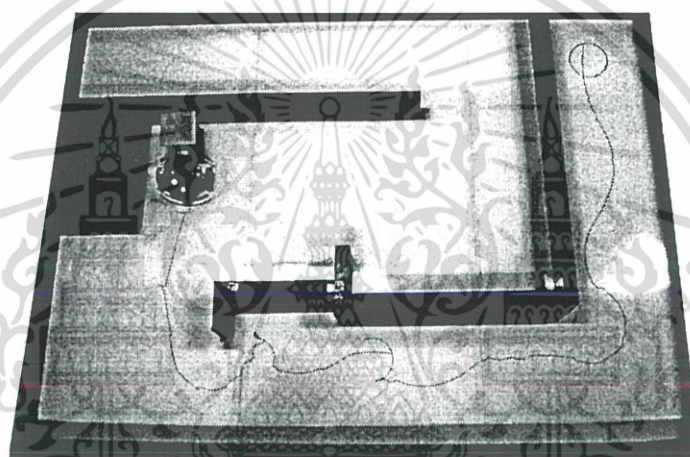
การทดลองนี้ เป็นการทดสอบการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในพื้นที่ที่มีการวางผังที่ซับซ้อนคล้ายเขาวงกตในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยกำหนดจุดเป้าหมายไว้ต่างที่กัน หุ่นยนต์จะเริ่มทำงานจากจุดเดียวกันคือมุมบนขวาของพื้นที่

ตำแหน่งของเป้าหมายตำแหน่งแรกแสดงดังรูปที่ 4.45 ผลการทดสอบการทำงานโดยใช้สถาปัตยกรรม Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์ฟัซซีเทียบกับการใช้สถาปัตยกรรม Brook เพียงอย่างเดียว แสดงได้ดังรูปที่ 4.46

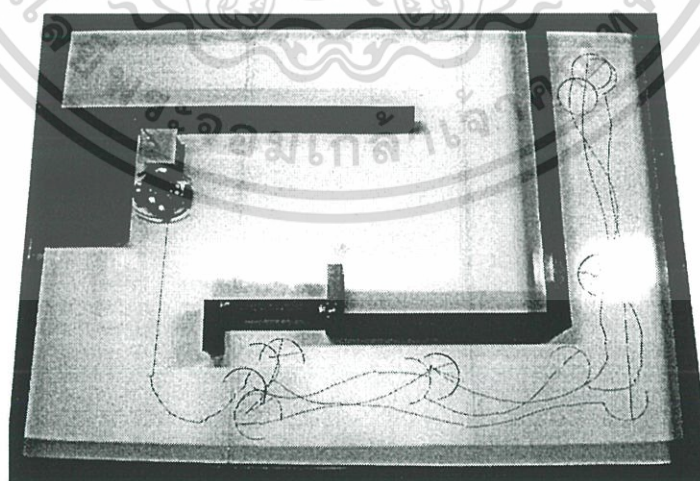
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 1



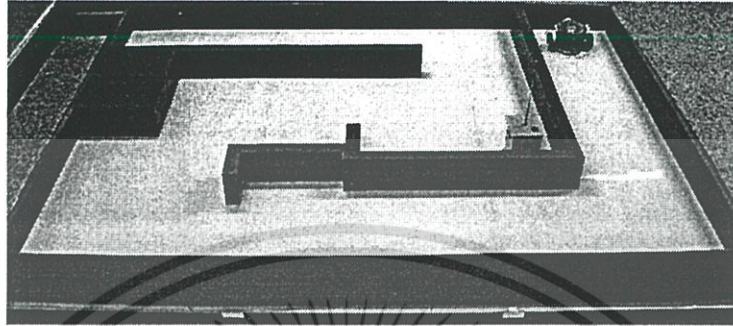
(ก)



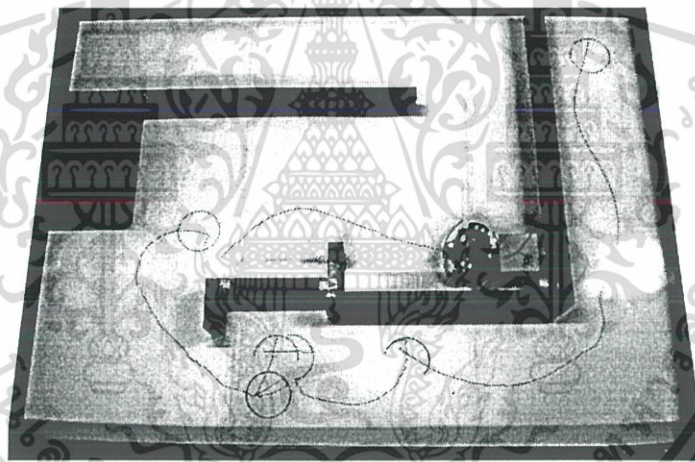
(ข)

รูปที่ 4.46 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบต่อไป คือการกำหนดให้เป้าหมายอยู่ที่มุมด้านล่างของพื้นที่ดังรูปที่ 4.47 ผลการทดสอบการทำงานโดยใช้สถาปัตยกรรม Brook ร่วมกับตรรกศาสตร์พีชซีเทียบกับการใช้สถาปัตยกรรม Brook เพียงอย่างเดียว แสดงได้ดังรูปที่ 4.48



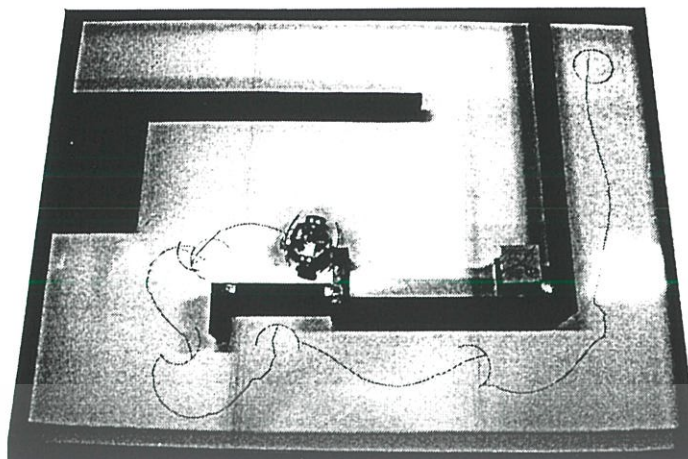
รูปที่ 4.47 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 2



(ก)

รูปที่ 4.48 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 2

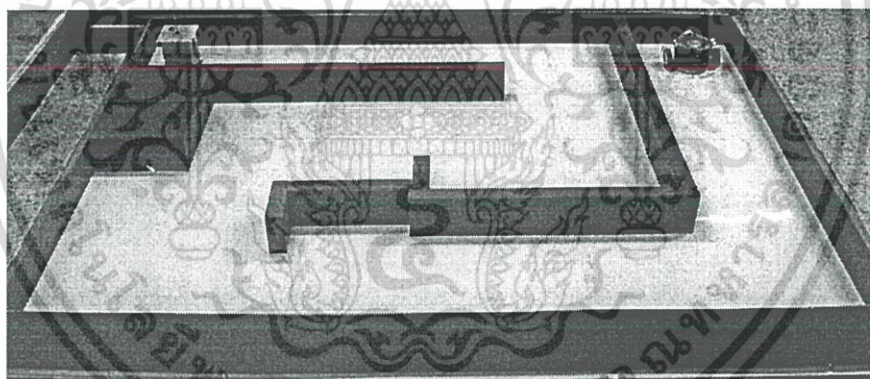
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

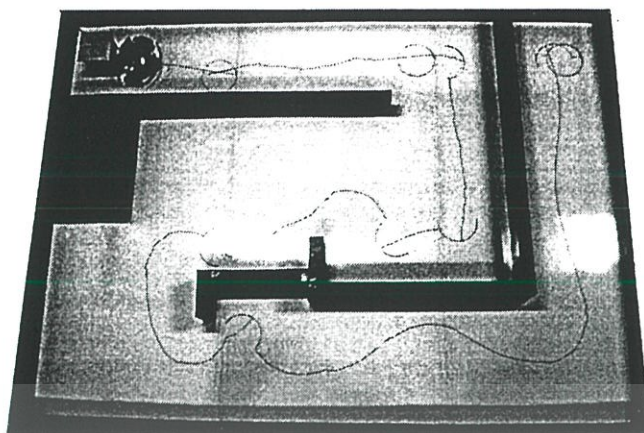
รูปที่ 4.45 (ต่อ)

ตำแหน่งสุดท้ายที่ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ค้นหาและเข้าหาเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์ ก็คือจุดที่อยู่ด้านบนซ้ายของพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 4.49 ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.50

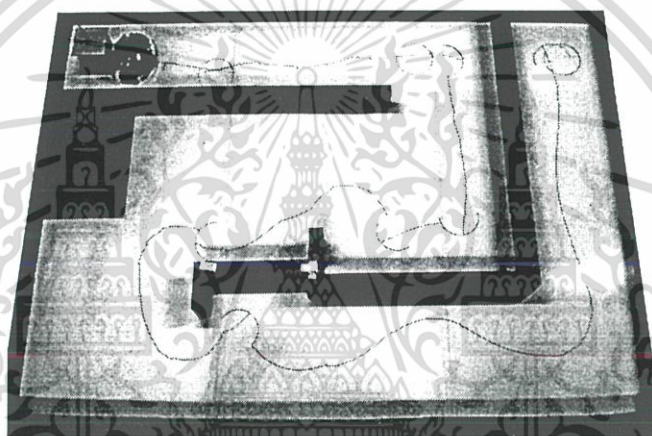


รูปที่ 4.49 การเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเขาวงกตตำแหน่งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.50 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายที่อยู่ภายในเซาวงกตตำแหน่งที่ 3

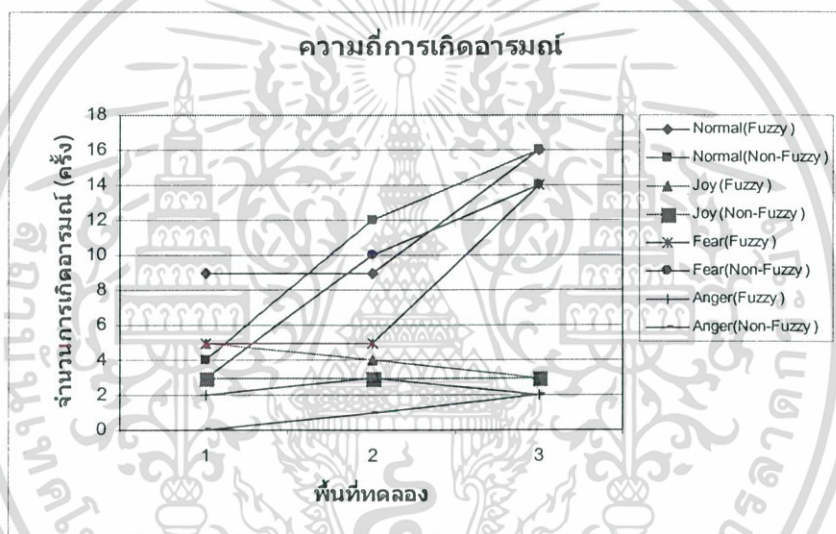
การทดสอบความสามารถในการเข้าหาเป้าหมายของหุ่นยนต์ พื้นที่แต่ละแบบจะทดสอบ 5 ครั้ง ระหว่างการทดสอบได้ทำการจับเวลาที่หุ่นยนต์ใช้ในการปฏิบัติงาน ได้ผลดังตารางที่ 4.7

อารมณ์แต่ละแบบที่เกิดขึ้นจากการที่หุ่นยนต์ได้รับสิ่งเร้า ในที่นี้คือตัวตรวจจับที่ติดตั้งไว้ที่ตัวหุ่นยนต์ ได้ถูกบันทึกไว้ในเอกสารบันทึกการสนทนาของโปรแกรม MSN messenger 6.2 ซึ่งถูกนำมาแปลงและแสดงผลโดยใช้กราฟแบบเส้นได้ดังภาพที่ 4.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการเคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในเขาวงกต

ตำแหน่งเริ่มต้นที่	เวลาที่ใช้ (นาที)	วิธีการควบคุม	เข้าหาเป้าหมายได้สำเร็จ
1	3.54	Brook + Fuzzy logic	ใช่
1	11.13	Brook	ใช่
2	5.02	Brook + Fuzzy logic	ใช่
2	6.57	Brook	ไม่ใช่
3	7.15	Brook + Fuzzy logic	ใช่
3	14.26	Brook	ใช่



รูปที่ 4.51 ผลของอารมณ์ในขณะที่เคลื่อนที่เข้าหาเป้าหมายในเขาวงกต

จากการทดลองที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการทำงานโดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook ร่วมกับการตัดสินใจโดยใช้ตรรกศาสตร์ฟัซซี ทำให้ออกแบบหุ่นยนต์ได้ง่ายและหุ่นยนต์ที่ได้ยังสามารถปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนต่างๆได้เป็นอย่างดี แม้ว่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ถึงเป้าหมายโดยอัลกอริทึมแบบไฮบริดจะใช้เวลาานกว่าแบบ Brook แต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องเพราะอัลกอริทึมแบบฟัซซีมีการปรับความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตามสถานะเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ออกแบบให้เหมาะสมและปลอดภัยกับตัวหุ่นยนต์ในแต่ละสถานการณ์ จึงทำให้ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วที่ได้ต่างจากแบบที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในทุกสถานการณ์ ดังจะเห็นได้จากตารางการทดลองที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาระบบหลักสิ่งกีดขวางและติดตามเป้าหมายสำหรับหุ่นยนต์ โดยนำหลักการของ Brook ซึ่งแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็นพฤติกรรมที่แตกต่างกัน มาช่วยในการออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถปฏิบัติงานได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้การควบคุมที่ยุ่งยาก ซึ่งจากการทดสอบการปฏิบัติงานภายในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ก็ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถตามข้อสมมุติฐานดังกล่าว ที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถค้นหาและเข้าหาเป้าหมายได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว

ในส่วนของการหลักสิ่งกีดขวาง การค้นหาและเข้าหาเป้าหมาย มีการประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์พีชชีมาช่วยเสริมความสามารถในการตัดสินใจ เนื่องจากมีข้อดีคือ ทำให้หุ่นยนต์ไม่จำเป็นต้องรู้รูปแบบของพื้นที่ในการปฏิบัติงานที่แน่นอนตายตัว และช่วยให้หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ดีขึ้น แม้ว่าในบางครั้งจะใช้เวลาในการค้นหาเป้าหมายนานขึ้น แต่หุ่นยนต์มีอัตราการเสียหายเนื่องมาจากการชนกับสิ่งกีดขวางลดลง เมื่อเทียบกับการควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้สถาปัตยกรรมของ Brook เพียงอย่างเดียว ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่ผ่านมา ส่วนของการเกิดและแสดงอารมณ์ที่ได้เพิ่มเติมเข้ามา ก็มีผลช่วยให้เข้าใจการทำงานของกลไกการเกิดอารมณ์ในมนุษย์มากขึ้น ช่วยให้มนุษย์กับหุ่นยนต์มีความใกล้ชิดกันมากขึ้น และทำให้มนุษย์กับหุ่นยนต์สามารถทำงานร่วมกันได้ดีขึ้น

จากผลการทดลอง เป็นการแสดงให้เห็นถึงแนวทางหนึ่งในการสร้างและควบคุมหุ่นยนต์ ที่ใช้ตัวตรวจจับจำนวนน้อย แต่สามารถทำงานได้ดีเทียบเท่าหุ่นยนต์ที่ใช้ตัวตรวจจับจำนวนมาก และมีแนวโน้มที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

5.2 ปัญหาที่พบในงานวิจัย

1. จากการทดลองเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในสภาวะแวดล้อมแบบต่าง ๆ เพื่อให้ไปถึงจุดหมายตามต้องการนั้น พบว่าบางครั้งหุ่นยนต์มีมุมการหมุนที่ไม่ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบ เมื่อทำการตรวจสอบแล้วพบว่า เกิดจากการที่สเต็ปโปมอเตอร์ทั้ง 2 ด้าน มีรอบการทำงานที่ไม่เท่ากัน เสียทีเดียว จึงจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบให้ละเอียดและรอบคอบมากขึ้นในการเลือกชิ้นส่วนต่าง ๆ มาใช้งาน

2. เมื่อทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในพื้นที่แบบเดียวกันไปซักระยะ พบว่าหุ่นยนต์มีลักษณะการหลบหลีกสิ่งกีดขวางไม่ถูกต้อง จากการตรวจสอบพบว่าพื้นที่ที่ใช้มีฝุ่นมาเกาะที่ผิวหน้า และเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีความลื่นตามปกติอยู่แล้ว เมื่อมีฝุ่นมาเกาะที่ผิวหน้าของพื้นที่ ยิ่งทำให้พื้นที่ที่มีความลื่นมากขึ้น ทำให้หุ่นยนต์มีการหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่ผิดพลาด การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ทำการเพิ่มแรงเสียดทานที่ล้อให้มากขึ้น โดยการนำวัสดุจำพวกยางมาครอบเสริมที่ล้ออีกชั้นหนึ่ง ก็ทำให้แก้ปัญหาไปได้ในระดับหนึ่ง

3. ในการทดสอบพื้นที่ที่เป็นปัญหาสำหรับหุ่นยนต์มากที่สุดคือพื้นที่ที่มีความซับซ้อนน้อย เนื่องจากในการออกแบบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เน้นไปที่โครงสร้างของตัวหุ่นที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ใช้เพียงตัวตรวจจับเหนือเสียงเป็นหลักในการทำงาน และใช้การกระตุ้นจากตัวตรวจจับเป็นตัวเลือกให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานตามพฤติกรรมต่าง ๆ ทำให้บางครั้งหุ่นยนต์มีการวนอยู่ในพื้นที่เดิมเป็นเวลานาน ๆ วิธีการแก้ไขคือได้เขียนส่วนของโปรแกรมตรวจสอบการวนลูป ซึ่งก็สามารถแก้ไขให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ดีขึ้นในระดับหนึ่ง

4. การใช้ตัวตรวจจับเป้าหมายเป็นแสงเลเซอร์ที่มีลักษณะเป็นจุดเมื่อกระทบกับวัตถุ ทำให้ต้องปรับแต่งระดับของแสงเลเซอร์ให้ตรงจุดเมื่อหุ่นยนต์เข้าไปใกล้กับเป้าหมาย แล้วจึงใช้วัสดุจำพวกเทปกาวยึดให้ตำแหน่งคงที่ แต่เนื่องจากพื้นมีระดับที่ไม่สม่ำเสมออันเนื่องมาจากข้อจำกัดของวัสดุที่ใช้ ทำให้ต้องปรับแต่งทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนพื้นที่ทดสอบ แต่ก็ใช้เวลาในการปรับแต่งไม่นานนัก

5.2 แนวทางในการพัฒนาขั้นต่อไป

แนวทางในการพัฒนาขั้นต่อไปคือการเพิ่มตัวตรวจจับให้มีความหลากหลายมากขึ้น เนื่องจากใช้ตัวตรวจจับน้อยเกินไปทำให้เกิดข้อจำกัดในการทำงาน ดังนั้นจึงควรเลือกตัวตรวจจับประเภทอื่นมาช่วยเสริมการทำงาน เช่น อาจจะใช้ตัวตรวจจับประเภท RFID มาช่วยในการทำให้หุ่นยนต์ระบุเป้าหมายได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Krog, B.H., "A Generalized Potential Field Approach to Obstacle Avoidance Control," International Robotics Research Conference, Bethlehem, PA, August, 1984.
- [2] Khatib, O., "Real-Time Obstacle Avoidance for Manipulators and Mobile Robots," IEEE International Conference on Robotics and Automation, St. Louis, pp.500-505, March 1985.
- [3] Moravec, H.P., Elfes, A., "High Resolution Maps from Wide Angle Sonar", IEEE International Conference on Robotics and Automation, St. Louis, pp.116-121, March 1985.
- [4] Borenstien, J., Koren, Y., "Real-Time Obstracle Avoidance for Fast Mobile Robots in Cluttered Environments," IEEE International Conference on Robotics and Automation, Cincinnati, Ohio, pp. 572-577, May 1990.
- [5] Beom, H.R., Cho, H.S., "A Sensor-based Obstacle Avoidance Controller For A Mobile Robot Using Fuzzy Logic And Neural Network," Proceedings of the 1992 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.1470-1475, July 1992.
- [6] Beom, H.R., Cho, H.S., "A Sensor-based Navigation for a Mobile Robot using Fuzzy Logic and Reinforcement Learning," IEEE Transections on System, Man and Cybernatics, pp.464-477, March 1995.
- [7] Luo, R.C., Chen, T.M., Hu, C.Y., Hsiao, Z.H., "Adaptive Intelligent Assistance Control of Electrical Wheelchairs by Grey-Fuzzy Decision-Making Algorithm," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2014-2019, May 1999.
- [8] Smith, S.M., Rae, G.J.S., Anderson, D.T., "Applications of fuzzy logic to the control of an autonomous underwater vehicle," 2nd IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pp.1099-1106, 28 March-1 April 1993.
- [9] Edgar, P., Smith, S.M., "An experimental self-motion study of the Ocean Explorer AUV in controlled sea states," IEEE Journal of Oceanic Engineering, pp. 274-284, July 1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [10] Song, F., Smith, S.M., "Automatic design and optimization of fuzzy logic controllers for an autonomous underwater vehicle," OCEANS 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition, pp. 829 – 834, September 2000.
- [11] อภิวิชญ์ แก้วนพรัตน์, 2547. "ปัญหาการติดตามเป้าหมายและการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์ด้วยวิธีควบคุมแบบฟัซซีอย่างง่าย," วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [12] <http://www.sony.net/Products/aibo/index.html>
- [13] <http://www.symbio.jst.go.jp/PINO/>
- [14] <http://www.honda.co.jp/ASIMO/>
- [15] Gordon McComb, Constructing robot bases, McGraw-Hill, 2004.
- [16] John Holland, Designing mobile autonomous robots, Elsevier Inc, 2004.
- [17] John Iovine, Robots, Androids, and Animatron : 12 incredible projects you can build, 2nd edition, McGraw-Hill, 2001.
- [18] Brook, R.A., "A robust layered control system for a mobile robot," IEEE Journal of Robotics and Automation, pp. 14-23, March 1986.
- [19] Charles Darwin, The expression of emotion in man and animals, D. APPLETON AND COMPANY, Newyork, 1899.
- [20] สงวน สุทธิเลิศอรุณ, พฤติกรรมมนุษย์กับการพัฒนาตน, อักษราพิพัฒน์, กรุงเทพฯ, 2545
- [21] Pfeifer, R., "Emotions in robot design," 2nd IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, pp. 408 – 413, November 1993.
- [22] Braitenberg, V., Vehicles: experiments in synthetic psychology, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, MBH, 1987.
- [23] Tsankova, D.D., "Emotionally influenced coordination of behaviors for autonomous mobile robots," 1st International IEEE Symposium, pp. 92-97, September 2002.
- [24] Kuhlentz, K., Buss, M., "Toward an emotion core based on a hidden markov model", 13th IEEE International Workshop on robot and human interactive communication, pp.119-124, September 2004.

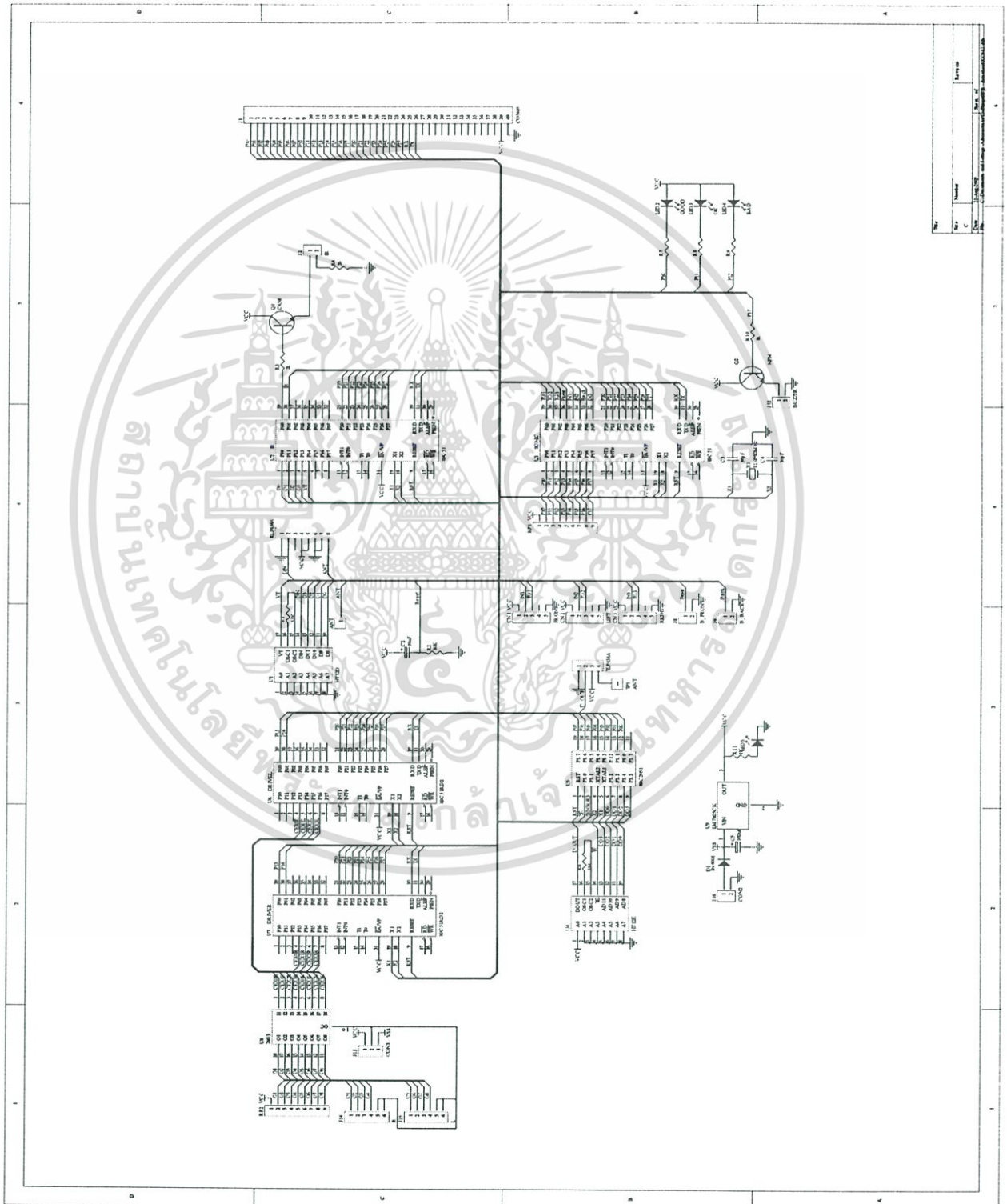


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

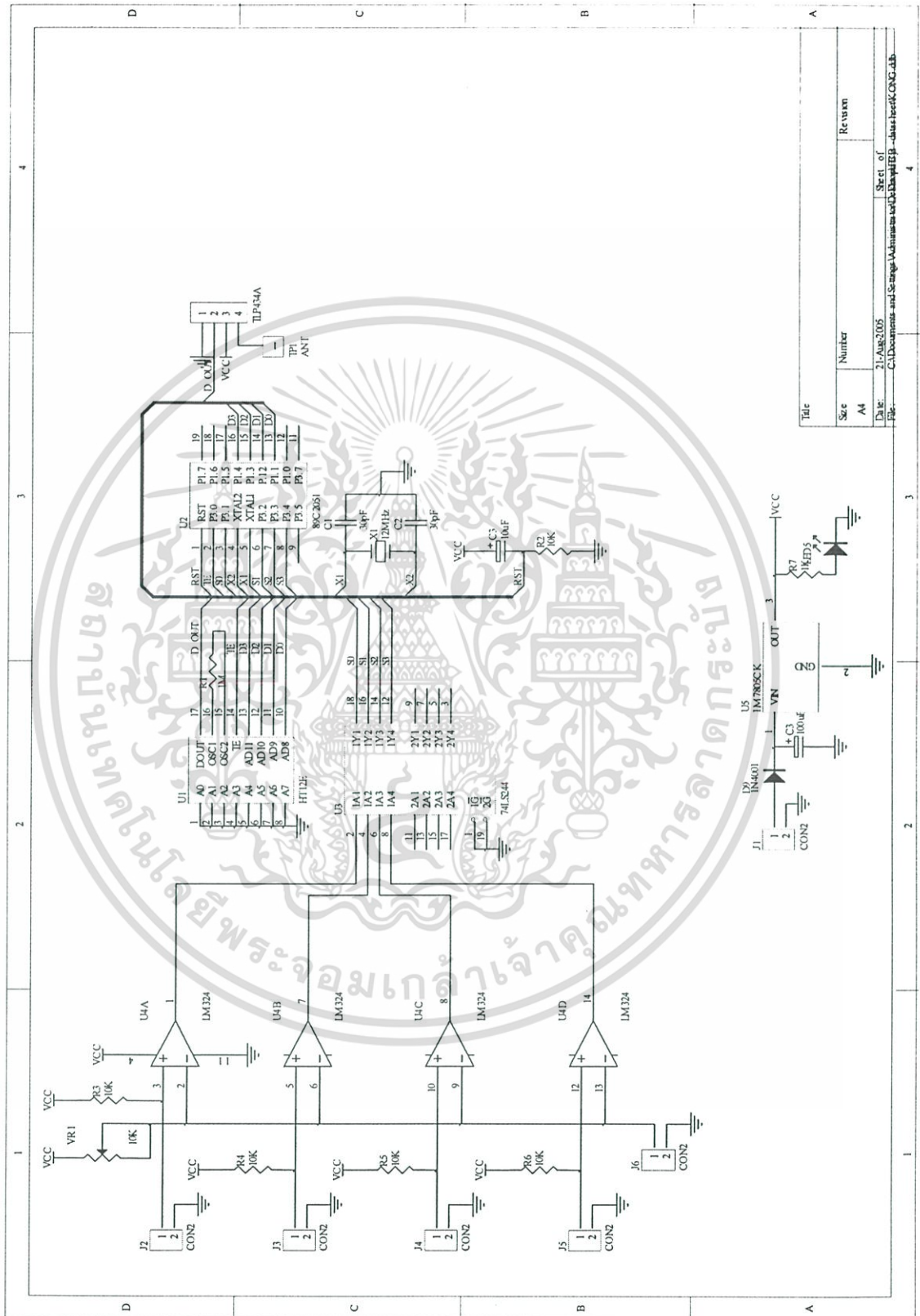
วงจรที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

1. วงจรควบคุมหุ่นยนต์



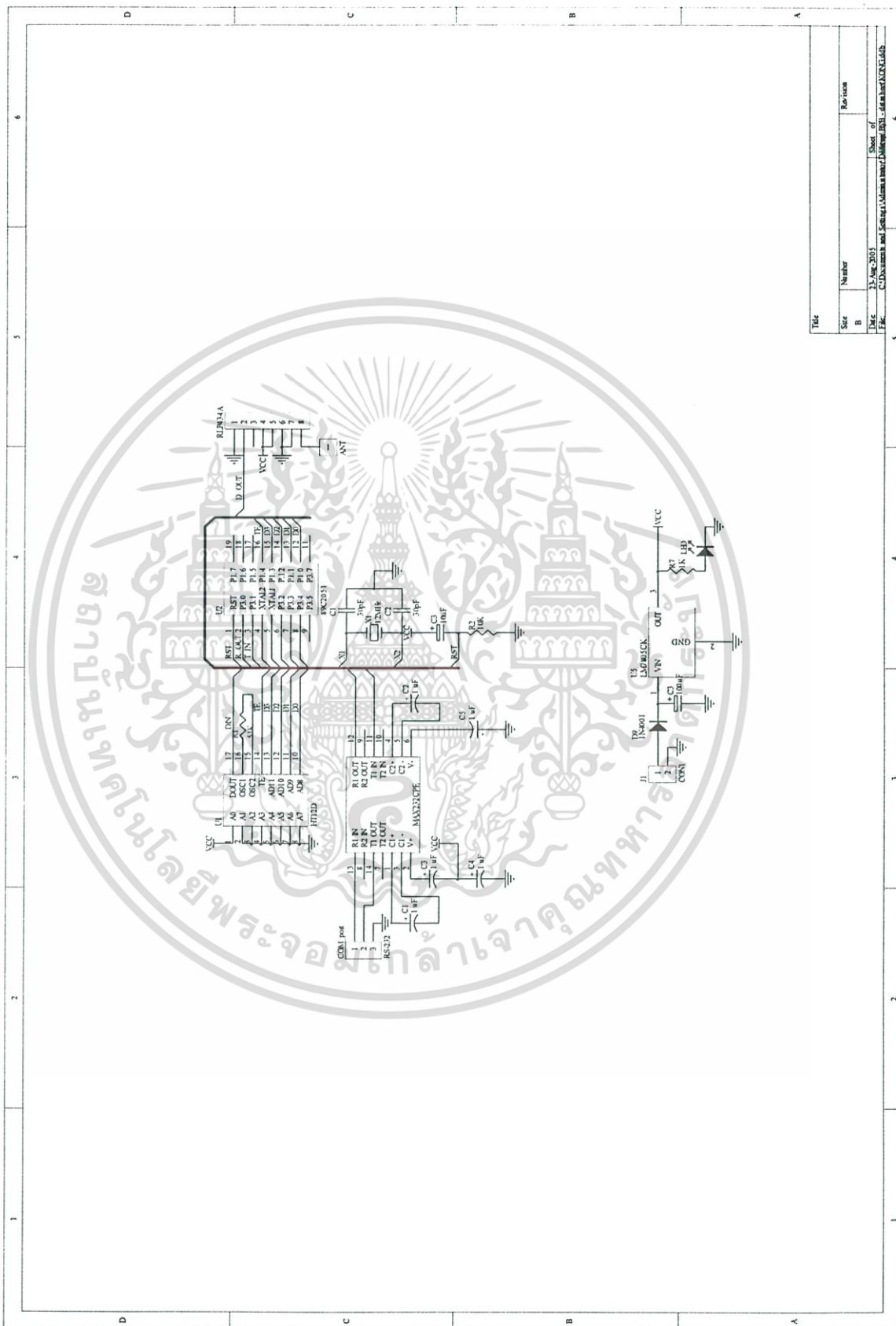
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรแทนเป้าหมาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรรับสัญญาณแสดงอารมณ์



Title	
Size	Number
B	Revision
Date	Sheet of
File	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

โปรแกรมแสดงอารมณ์ผ่าน MSN Messenger

Private MSNAPI As MessengerAPI.Messenger

Dim WithEvents msn As MessengerAPI.Messenger

Private receiver As MessengerAPI.IMessengerContact

Dim servID As String

Dim pStr As String

Private Sub CmdExit_Click()

End

End Sub

Private Sub CmdSet_Click()

With MSComm

.CommPort = TxtCommPort.Text

.PortOpen = True

.Handshaking = 2 - comRTS

.RThreshold = 1

.RTSEnable = True

.Settings = "9600,n,8,1"

.SThreshold = 1

' Leave all other settings as default values.

End With

Log ("Port COM" + TxtCommPort.Text + " setting successfully.")

End Sub

Private Sub CmdSignIn_Click()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

On Error Resume Next

If CmdSignIn.Caption = "Sign In" Then
    msn.Signin 0&, TxtAcct.Text, TxtPasswd.Text
    Do While msn.MyStatus <> MISTATUS_ONLINE
        DoEvents
    Loop
    LblS.Caption = "Online"
    CmdSignIn.Caption = "Sign Out"
    Log ("Sign in Successfully")
Else
    msn.Signout
    LblS.Caption = "Offline"
    CmdSignIn.Caption = "Sign In"
    Log ("Sign off")
End If
End Sub
-----
Private Sub Form_Load()
    Set msn = New MessengerAPI.Messenger
    Set MSNAPI = New MessengerAPI.Messenger
    servID = MSNAPI.MyServiceId
End Sub
-----
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If MSComm.PortOpen = True Then
        MSComm.PortOpen = False
    End If
End Sub

```

```
Private Sub MSComm_OnComm()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Select Case MComm.CommEvent
Dim InBuff As String
' Handle each error
    Case comEventBreak ' A Break was received.
    Case comEventCDTO ' CD (RLSD) Timeout.
    Case comEventCTSTO ' CTS Timeout.
    Case comEventDSRTO ' DSR Timeout.
    Case comEventFrame ' Framing Error.
    Case comEventOverrun ' Data Lost.
    Case comEventRxOver ' Receive buffer overflow.
    Case comEventRxParity ' Parity Error.
    Case comEventTxFull ' Transmit buffer full.
    Case comEventDCB ' Unexpected error retrieving DCB]
' Events
    Case comEvCD ' Change in the CD line.
    Case comEvCTS ' Change in the CTS line.
    Case comEvDSR ' Change in the DSR line.
    Case comEvRing ' Change in the Ring Indicator.
    Case comEvReceive ' Received RThreshold # of chars.
        InBuff = MComm.Input
        Call HandleInput(InBuff)
    Case comEvSend ' There are SThreshold number of characters in the transmit
buffer.
        Case comEvEOF ' An EOF character was found in the input stream.

End Select
End Sub

```

Sub HandleInput(InBuff As String)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DoEvents

```

'If pStr <> Mid(InBuff, Len(InBuff) - 1, 1) Then
'pStr = Mid(InBuff, Len(InBuff) - 1, 1)
pStr = InBuff
msn.InstantMessage TxtDest.Text
Select Case pStr
Case "0"
    SendKeys ":{}"
Case "1"
    SendKeys ":D"
Case "2"
    SendKeys ":{}"
Case "3"
    SendKeys "@@"
End Select
'SendKeys "Send:" + pStr
SendKeys "{Enter}"
Log ("Send: " + pStr + " to " + TxtDest.Text)
'End If
End Sub

```

```

Sub Log(s As String)
    TxtLog.SelStart = Len(TxtLog.Text)
    TxtLog.SelText = s + vbCrLf
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยานิพนธ์

- [1] K. Anekpongpun, T. Archevapanich, B. Purahong, P. Sooraksa, "Using Emoticon for Robot Behaviors: Beyond Collision Avoidance", ROVISIP 2003, July 20-22, pp. 284-287.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



School of Electrical & Electronic Engineering
 Engineering Campus
 Universiti Sains Malaysia
 Seri Ampang 14300 Nibong Tebal
 PENANG, MALAYSIA



ROVISP 2005

20 - 22 July
2005

Proceedings of the International Conference
 on Robotics, Vision, Information and
 Signal Processing

ISBN 983-3391-15-X



<http://eo.eng.usm.my>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Using Emoticon For Robot Behaviors: Beyond Collision Avoidance

K. Anekpongpun¹, T. Archevapanich², B. Purahong¹, P. Sooraksa¹

¹Department of Information Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand
Tel : +66-2-739-2382; E-mail: s3061139@kmitl.ac.th

²Electronic and Telecommunication Division
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Campus, Nonthaburi, Thailand

Abstract

This paper presents an alternative human-robot interaction using artificial emotions. The idea behind the schemes based on "emotional expression for communication and social coordination" and "emotion for organization of behavior (action selection, attention and learning)" combined with utilizing MSN messenger as tools for human-robot interaction. The robot behaviors herein are first focused on collision avoidance, navigation and target tracking designed in fuzzy logic fashion. The simulation results demonstrate the successful design of robot for communication and collision avoidance incorporated with emoticons.

Keywords:

Artificial emotion, emotional mobile robot, collision avoidance and target tracking

Introduction

Collision avoidance is considered as a basic behavior of mobile robots. Other advanced behaviors are traditionally added on the top of collision avoidance. The high level behaviors are popularly designed as a suppressor which can activate to suppress commands from low level ones. Recently, emotional control for robots have been attracted much attention from many researchers around the world [1-6], aiming to implement emotion into robots. Many researchers realize that emotion is a source of behaviors and try to implement behaviors as a function of emotion. Apparently, no research has been claimed a complete set beginning from design, realization, implementation, and application to the real world. The topic is still investigating and seeking for foundation in systematic ways. Each research has been successful merely for partial objectives. For example, Maeda [2] designed and implemented emotion behavior learning based on the relation between learning system and neuromodulators by using Q-learning method to a pet-type robot. In [3], emotion grounded architecture has been designed and implemented on QRIO SDR4X, a humanoid robot, by Hoshino and others. The report confirms that the feasibility and design of the behavior selection system can be achieved. Based upon the aforementioned motivation, the emotional model of robot doesn't have any standard for interface with human. In this research, emoticons in Figure 1 familiarized by MSN Messenger are employed to express robot's emotion to human. The robot are also expressed its

emotion by movement, light, and sound. The structures of control robot are setup by behavior-based control incorporated with fuzzy logic for obstacle avoidance and target tracking.

Furthermore, the emotion circuits which can be built in the form of Cellular Neuron Network (CNN) will then be studied. A predetermined patterned matching to the emoticons will be operated and performed accordingly. However, this type of circuits will be a good topic for future work.

The next section of research is MSN messenger protocol and robot emotional behaviors. Section 3 describes fuzzy logic for mobile robot controller. The last section provides simulation results and conclusions.

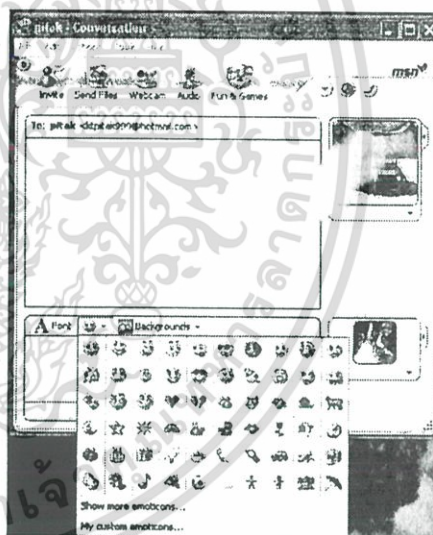


Figure 1- MSN messenger and emoticon

MSN MESSENGER PROTOCOL AND ROBOT EMOTION BEHAVIORS

MSN messenger protocol

The MSN Messenger is composed of many parts for communication. The first part is a program running on PC called the MSN Messenger Client (MSNMC). The next one is MSN Messenger Server (MSNMS). The MSNMC is connected to the MSNMS through the MSN Messenger Network (MSNMN) over TCP/IP via the official port 1863. In initial state, the MSNMC logs or signs onto the MSNMS by MSN Messenger Protocol for authentication.

The client can send an IP address and Port number of the computer in used to the server based on the user signed-in. The appropriate user settings (such as contact names, or more appropriately "contact lists") are then loaded into the program. To communicate, the client sends and receives information with other clients via the server. The rules for messages sent between MSN Messenger clients and servers is called the MSN Messenger Protocol, consists of a series of commands sent between the client and the server. The rules for messages sent from one client to another through the server is MSN Client Protocol, consists of messages sent between clients.

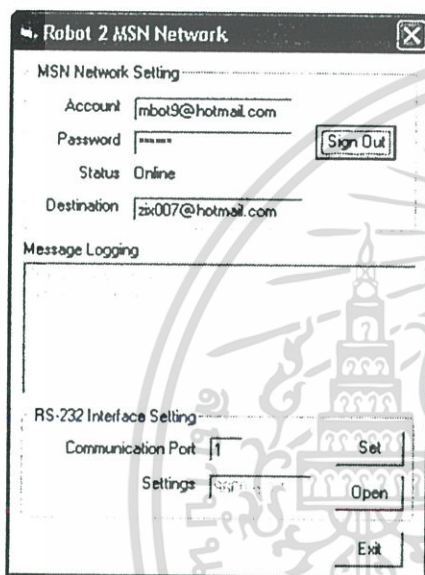


Figure 2- Robot-2-MSN Program

We developed program by using Microsoft Visual Basic 6 and employed the MSN Messenger protocol for receiving the emotions from a mobile robot shown in Figure 2. The program works like an agent to receive an emotion from robot via an assigned communication port. The robot expressed its emotion in accordance with a selected emoticon in MSN messenger. In We assign the basic emotions of human, which are Joy, Fear, Anger and Normal, to robot's emotions.

Robot Emotion Behaviors

In this research some of emotion plays an important role for robot survival situation in the real-world. We test our concept by emulating the real-world situations for a mobile robot shown in Figure 3. The robot equipped with 3 ultrasonic sensor modules for detecting the direction of obstacles, 2 limit switches on front and back (as bumpers), a laser module for target detection and 4 colored LEDs for displaying robot emotion. The LEDs' colors are chosen respectively to the robot's emotion. The codes are assigned as follows: red for Anger, blue for Fear, yellow for Joy and green for Normal, respectively. Basically, the emotions of robot are divided into 2 groups — positive and negative

emotions. Positive emotions are Joy and Normal. In other words, these statuses represents the "OK" signals. Negative emotions are Anger and Fear. The Anger emotion represents the "Abnormal" status. These emotions also send to the user expressed by emoticon whenever the robot changes its emotion. User can check the emotional status of the robot just like checking a pictorial log file. The structure of mobile robot is shown in Fig. 3. Conditions and actions of these emotions will be explained in the next paragraph.

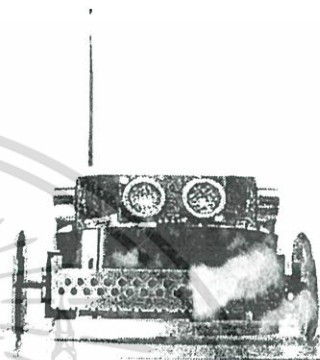


Figure 3- An emotional robot built by the authors

Anger is activated whenever the robot hit the obstacle which might cause a damage to ultrasonic sensor modules or whenever it gets stuck in inescapable areas. This is logic based on mimicking an animal or human emotions fallen in the same situation. In this case, the robot will try to escape but if it can't do so, it would stop the movement for energy saving and could make sound for alerting people for help. It will flash the red light and sends an emoticon to user as well. The movement of robot is shown in Figure 4



Figure 4 - The movement of robot in Anger mode

Fear is expressed whenever the robot meets an obstacles and is implemented in the form of fuzzy logic behaviors to avoid an obstacle, which will be explained in detail next section. In this case, the robot will flash the blue light and also send emoticon to the MSN. The movement of robot is shown in Figure 5

Joy is fired whenever the robot can reach the target. When the robot meets an obstacle, it transmits laser signal to identify whether it is an obstacle or the target. Once the target is identified, RF transmitter is activated to send a signal to the robot in order to tell the target orientation to the robot. To identify a target, the robot will compare codes and addresses sent from targets. If code and address is correct, the robot will play song, flash the yellow light, move toward direction of the target and turnaround to approach at the front of the target. In this case, if the mission is succeed, the robot will send the emotional status to the MSN. The movement of the robot can be shown in Figure 6



Figure 5 -The movement of robot in Fear mode

process are distances between a robot and obstacles measuring at front, left and right locations as well as the heading angle between the robot and a specified target, denoted by Left_Obs, Front_Obs, Right_Obs and q respectively, as shown in Fig 7. When the target is located to the left side of the mobile robot, heading angle(q) is defined as negative; while the target is located to the right side of mobile robot, heading angle (q) is defined as positive. The linguistic variables far, med(medium), near are chosen to fuzzify Left_Obs, Front_Obs, Right_Obs and linguistic variables P(positive), Z(zero), N(negative) are used to fuzzify heading angle (q). The mobile robot moves in constant speed. We get 40 control rules for the robot's movement. In order to reach a specified target in a complex environment, the mobile robot's behaviors are implemented according to the proposed emotional aspects.

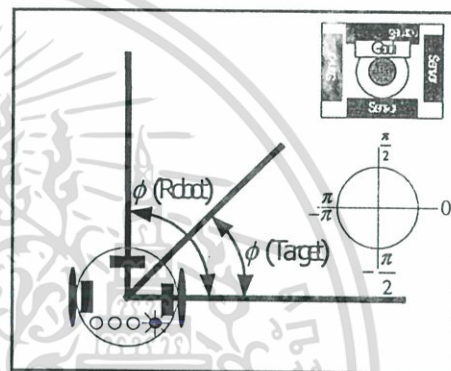


Figure7- Parameters for the robot's orientation

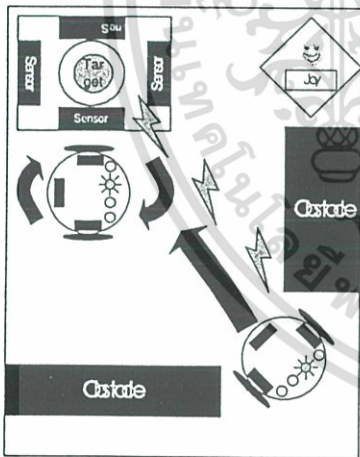


Figure 6 - The movement of robot in Joy mode

For inferences engine, fuzzy mamdani-min composite is adopted for orientation to reach the target. An example of fuzzy rules is shown in Figure 8.

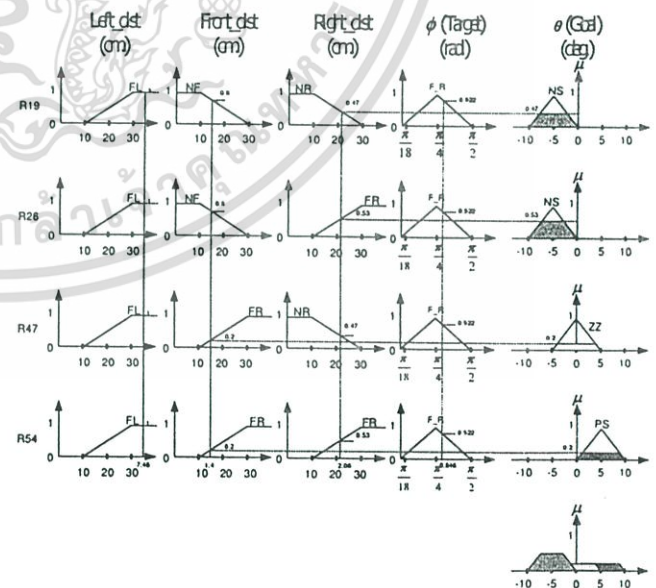


Figure 8 -The robot control outputs based on the proposed fuzzy rules

The Normal emotion can be expressed like an initial state or normal states which is represent the other cases besides the above discussion. In this mode, the robot keeps moving forward and searching for targets. The robot expresses in Normal mode and turns the green light on.

Fuzzy Rules

We employ Mamdani's controller in [7] for fuzzy rules to control the robot. The input signals for fuzzification

Simulations Results

A mobile robot is set to navigate in a working space having size 230x150 cm² with different obstacle constellations. The simulation results of emotions, when the robot is interacted in various environments, are shown in Figure 9

Table 1 shows the time series of emoticons fired according to the robot's emotion obtained from historical records during the operation. Successful target tracking has been achieved.

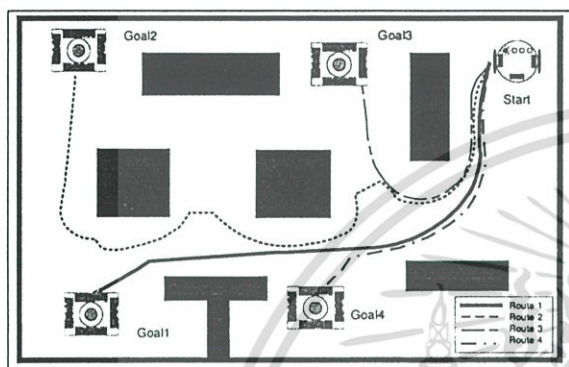


Figure 9 - Simulation results

Table 1 - The time series for emoticons of the robot

Time (sec) /Route	1	2	3	4
0.0	😊	😊	😊	😊
7.4	😬	😬	😬	😬
7.9	😬	😬	😬	😬
29.8				😬
31.3				😬
39.3		😬		
39.8		😬		
41.6				😊
52.6	😊		😊	
53.1	😊			
65.7	😊			
67.6		😬		
68.1		😬		
80.1		😬		
80.6		😬		
106.8		😊		

Conclusions

A world-wide familiar MSN has been applied to express the emotional status for robots. Four basic emotions have been integrated into robot's behavior in collision avoidance, while it is performed a target tracking task. Successful results are obtained via computer simulations. The idea can be employed as an alternative for human-robot interface provided better visualization and understanding robot's emotions for users and developers.

References

- [1] Arbib M. A., and Fellous J-M. 2004. Emotions: from brain to robot In Trends in Cognitive Sciences, 554-561.
- [2] Maeda, Y., Akgushi, S. 2004. Emotion Behavior Learning for Autonomous Mobile Robot based on Neuromodulators In Human and Artificial Intelligence System, 4th International Symposium on Human Artificial Intelligence System, 309-314.
- [3] Hoshino Y., Takagi T., Di Profio U., Fujita M. 2004. Behavior description and control using behavior module for personal robot In Robotics and Automation, Proceedings. ICRA '04. IEEE International Conference, 4165 – 4171.
- [4] Changsheng Y., Li Xu. 2004. An emotion-based approach to decision making and self learning in autonomous robot control In Intelligent Control and Automation, WCICA 2004. Fifth World Congress, 2386 – 2390.
- [5] Kitamura, T., Otsubo J., M. Abe. 2002. Emotional intelligence for linking symbolic behaviors In Robotics and Automation Proceedings. ICRA '02. IEEE International Conference, 1001 – 1006.
- [6] Seif M., El-Nasr, M., Skubic., 1998. A fuzzy emotional agent for decision-making in a mobile robot In Fuzzy Systems Proceedings, IEEE World Congress on Computational Intelligence., IEEE International Conference, 135 – 140.
- [7] Wei Li. 1994. Perception-Action Behavior Control of a Mobile Robot in Uncertain Environments Using Fuzzy Logic In IEEE/RSI/GI Intelligent Robots and Systems, 439-446.

ประวัติผู้เขียน

นายก้องเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์ เกิดเมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2518 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีในหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาในระดับปริญญาโทในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2543



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้