ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ

AUTONOMOUS MOBILE-FOLLOWING ROBOTS

H006355

โดย

มนฑกานติ์ หวังสวาสดิ์

MONTAGAN WANGSAWARD

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. โอฬาร วงศ์วิรัตน์

ลพ.
2/14497
0662
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 06355
วัน,เดือน,ปี 14 มิ.ย. 2554

.b 12309564
.i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTONOMOUS MOBILE-FOLLOWING ROBOT

MONTAGAN WANGSAWARD

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

SYSTEM DEVELOPMENT PROJECT

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1/ 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ
นักศึกษา	นางสาวมนฑกานติ์ หวังสวาสดิ์
รหัสนักศึกษา	50066419
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.โอฬาร วงศ์วิรัตน์

บทคัดย่อ

การพัฒนาหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ตามกันได้โดยอัตโนมัติ เป็นแนวคิดการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบฝังตัวโดยประยุกต์เข้ากับแนวทางการพัฒนาระบบเชิงวัตถุ โดยหุ่นยนต์ตัวแรกสามารถตรวจจับข้อมูลสภาพแวดล้อมจากเซนเซอร์แล้วนำไปประมวลผลเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ จากนั้นจึงส่งข้อมูลให้กับหุ่นยนต์ตัวที่สองเพื่อนำไปใช้ประมวลผลในการเคลื่อนที่ตามมาได้เองโดยอัตโนมัติ โครงการพัฒนาระบบงานนี้ใช้ชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ (LEGO RCX) เป็นฮาร์ดแวร์และใช้ภาษาซีพลัสพลัส (C++) ภายใต้บริคโอเอส (BrickOS) เป็นเครื่องมือในการพัฒนา ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารระหว่างรถยนต์ให้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันและเคลื่อนที่ตามกันได้โดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกสบายในการขับขี่ รวมทั้งลดการพึ่งพาทรัพยากรมนุษย์ในการทำงานในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Autonomous Mobile-following Robots
Student	Miss Montagan Wangsaward
Student ID.	50066419
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Science
Academic Year	2009
Advisor	Asst.Prof.Dr. Olarn Wongwirat

ABSTRACT

The development of robot that can follow the movement automatically is the idea of application development of embedded system that applies the object-oriented system development approach. The first robot can detect environmental data from sensors and process for motion control. Then, the data is sent to the second robot to calculate the movement and to follow automatically. This development project uses LEGO RCX as the hardware of embedded system and C++ programming language under BrickOS as a tool in the development. The aim of this project is to develop communication technology among the cars that can automatically communicate and follow the movement. This could enhance and facilitate the driving as well as reduce human resource operation in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพัฒนาระบบงานนี้เกิดขึ้น และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.โอฬาร วงศ์วิรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้โอกาสริเริ่มแนะนำโครงงานนี้ และให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงาน ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขเรียบเรียงเอกสารจนเอกสารมีความสมบูรณ์ ผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยรับฟังปัญหา ให้คำแนะนำต่างๆ ให้กำลังใจ และช่วยเหลือกันเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจ เป็นแรงผลักดัน และให้การสนับสุนแก่ข้าพเจ้าในทุกด้าน คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากโครงงานฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

มนฑกานติ์ หวังสวาสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของโครงการ 2

1.4 ขั้นตอนของการพัฒนาโครงการ 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ระบบฝังตัว 4

2.1.1 ส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์ 4

2.1.1.1 เอ็มพียู 5

2.1.1.2 หน่วยความจำ 6

2.1.1.3 อินพุตและเอาต์พุตพื้นฐาน 7

2.1.1.4 บัส 8

2.1.2 ส่วนประกอบทางด้านซอฟต์แวร์ 8

2.1.2.1 ระบบปฏิบัติการ 9

2.1.2.2 โปรแกรมประยุกต์ 9

2.2 แนวทางการพัฒนาระบบ 10

2.2.1 วงจรการพัฒนาระบบ 10

2.2.2 การพัฒนาระบบเชิงวัตถุ 13

2.2.3 ยูเอ็มแอล 13

2.3 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ 14
2.3.1.1 ชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ 14
2.3.1.2 ส่วนประกอบของชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ 15
2.3.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ 19
2.3.2.1 บริคโอเอส (BrickOS) 19
2.3.2.2 ซิกวิน (Cygwin) 19
2.3.2.3 ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา 20

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 21
3.1 ความต้องการของระบบ 21
3.1.1 ความต้องการที่เป็นหน้าที่หลักของระบบ 21
3.1.2 ความต้องการที่เป็นส่วนประกอบของระบบ 22
3.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 22
3.2.1 แผนภาพยูสเคส 22
3.2.2 คำอธิบายยูสเคส 24
3.2.3 แผนภาพกิจกรรม 29
3.2.4 แผนภาพคลาส 36
3.2.5 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ 37
3.3 การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติและสนามทดลอง 41
3.3.1 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ 41
3.3.2 การออกแบบสนามทดลอง 43

บทที่ 4 การทดลองและวิเคราะห์ผล 45
4.1 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 45
4.1.1 การทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 45
4.1.2 การทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 47
4.1.3 การทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด .48
4.2 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 การทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 49
4.2.2 การทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 50
4.2.3 การทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด 51
4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบผสม 52
4.3.1 การทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 52
4.3.2 การทดลองการเคลื่อนที่แบบผสม เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด 54
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 55

บทที่ 5 สรุปผลการพัฒนาระบบ 56
5.1 สรุปผลโครงการ 56
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 56
5.3 ข้อเสนอแนะ 57

บรรณานุกรม 58

ภาคผนวก 59
ภาคผนวก ก. ขั้นตอนการติดตั้งบริคโอเอส (BrickOS) บน Windows Vista 60

ประวัติผู้เขียน 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 คำอธิบายยูสเคสรับข้อมูลค่าสี 24

3.2 คำอธิบายยูสเคสเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ 25

3.3 คำอธิบายยูสเคสสร้างข้อความ 26

3.4 คำอธิบายยูสเคสส่งและรับข้อความ 27

3.5 คำอธิบายยูสเคสแปลข้อความ 27

3.6 คำอธิบายยูสเคสควบคุมการเคลื่อนที่ 28

4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 46

4.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 47

4.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด 49

4.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 50

4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 51

4.6 ผลการทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด 52

4.7 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบฝังตัว....5

2.2 การทำงานพื้นฐานของเอ็มพียู....5

2.3 ปุ่มต่างๆ บนอาร์ซีเอ็กซ์....16

2.4 อินพุตพอร์ตของอาร์ซีเอ็กซ์....16

2.5 เซนเซอร์แบบต่างๆ ของอาร์ซีเอ็กซ์....17

2.6 ตัวรับส่งอินฟราเรดของอาร์ซีเอ็กซ์....17

2.7 จอแสดงผลของอาร์ซีเอ็กซ์....18

2.8 เอาต์พุตพอร์ตของอาร์ซีเอ็กซ์....18

3.1 แผนภาพยูสเคสของระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ....23

3.2 แผนภาพกิจกรรมของการทำงานทั้งระบบ กรณีหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน....29

3.3 แผนภาพกิจกรรมของการทำงานทั้งระบบ กรณีหุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน....31

3.4 แผนภาพกิจกรรมของการรับข้อมูลค่าสี....32

3.5 แผนภาพกิจกรรมของการเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่และการสร้างข้อความ....33

3.6 แผนภาพกิจกรรมของการส่งข้อความของหุ่นยนต์ตัวนำ....33

3.7 แผนภาพกิจกรรมของการส่งข้อความของหุ่นยนต์ตัวตาม....34

3.8 แผนภาพกิจกรรมของการแปลข้อความของหุ่นยนต์ตัวนำ....34

3.9 แผนภาพกิจกรรมของการแปลข้อความของหุ่นยนต์ตัวตาม....35

3.10 แผนภาพคลาสของระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ....36

3.11 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการรับข้อมูลค่าสี....37

3.12 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวนำ....38

3.13 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวตาม....38

3.14 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการรับส่งข้อความระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว....39

3.15 แผนภาพลำดับเหตุการณ์การทำงานทั้งระบบ....40

3.16 ด้านบนและด้านข้างของหุ่นยนต์ตัวนำ....41

3.17 ด้านหน้าและด้านหลังของหุ่นยนต์ตัวนำ....41

3.18 ด้านบนและด้านข้างของหุ่นยนต์ตัวตาม....42

3.19 ด้านหน้าและด้านหลังของหุ่นยนต์ตัวตาม....42

3.20 หุ่นยนต์ตัวตามเดินตามหุ่นยนต์ตัวนำ....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.21 สนามทดลองตามสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน....43

3.22 สนามทดลองตามสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน....43

3.23 สนามทดลองที่ออกแบบ....44

4.1 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 1....46

4.2 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 2....46

4.3 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 3....46

4.4 การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 1....47

4.5 การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 2....48

4.6 การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 3....48

4.7 การเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด....49

4.8 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 1....50

4.9 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 2....50

4.10 การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 1....51

4.11 การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 2....51

4.12 การเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด....52

4.13 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 1....53

4.14 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 2....53

4.15 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 3....54

4.16 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 4....54

4.17 การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 5....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระบบฝังตัว (Embedded system) ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้นโดยระบบดังกล่าวจะถูกฝังอยู่ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อตอบสนองความต้องการที่หลากหลายและอำนวยความสะดวกต่างๆ ในชีวิตประจำวันสำหรับมนุษย์ เช่น กล้องดิจิทัล (digital) บัตรโดยสารรถไฟฟ้าบีทีเอส เครื่องเล่นดีวีดี อุปกรณ์ข้อมูลชนิดพกพาหรือพีดีเอ (PDA) รวมถึงรถยนต์รุ่นใหม่ที่นำระบบฝังตัวมาช่วยควบคุมเครื่องยนต์ เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีด้านนี้มีการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง และยังถูกนำไปประยุกต์ให้มีความสามารถหลากหลายขึ้นด้วย

การพัฒนาหุ่นยนต์เป็นการประยุกต์ระบบฝังตัวด้านหนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ซึ่งการพัฒนาหุ่นยนต์ในโครงงานนี้จะเพิ่มขีดความสามารถของหุ่นยนต์ในการส่งข้อมูลการเคลื่อนที่ให้หุ่นยนต์อีกตัว เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ตามหุ่นยนต์ตัวแรกไปได้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารระหว่างรถยนต์ ให้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้ เพื่อช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกสบายในการขับขี่ ตัวอย่างเช่น การพัฒนารถโดยสาร 2 คัน ให้สามารถเคลื่อนที่ตามกันได้โดยไม่ต้องมีคนขับ เพื่อลดทรัพยากรมนุษย์ในการขับขี่ เป็นต้น

ในการพัฒนาระบบฝังตัวหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัตินี้ ได้นำแนวทางการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ (Object Oriented System analysis and Design) เข้ามาประยุกต์ โดยใช้ยูเอ็มแอล (UML: Unified Modeling Language) เป็นเครื่องมือในการพัฒนา เพื่อให้เข้าใจระบบและองค์ประกอบ ทำให้สามารถพัฒนาต้นแบบระบบฝังตัวก่อนที่จะสร้างจริง ซึ่งจะช่วยลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในระหว่างการพัฒนา และสามารถพัฒนาระบบฝังตัวอย่างมีแบบแผน รวมทั้งได้ผลลัพธ์ตามความต้องการของระบบที่ได้วิเคราะห์ไว้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบฝังตัว และการประยุกต์ใช้งาน
2. เพื่อศึกษาชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ (LEGO RCX) ซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์ในการพัฒนา
3. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ โดยใช้ยูเอ็มแอลเป็นเครื่องมือในการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติสามารถสื่อสารและรับส่งข้อมูลควบคุมการเคลื่อนที่ระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวได้ โดยหุ่นยนต์ตัวนำสามารถอ่านข้อมูลค่าสีจากสิ่งแวดล้อมเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปตัดสินใจเพื่อเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ พร้อมทั้งสร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เพื่อส่งให้หุ่นยนต์ตัวตาม เพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ไปตามหุ่นยนต์ตัวนำตามสภาพแวดล้อมจำลองที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติ รวมทั้งสามารถตรวจจับความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลเพื่อป้องกันการขับเคลื่อนที่ผิดพลาดจากการสื่อสารได้

1.4 ขั้นตอนของการพัฒนาโครงการ

1. ศึกษาลักษณะของระบบฝังตัว และแนวทางในการประยุกต์ใช้งาน
2. ศึกษากระบวนการพัฒนาระบบเชิงวัตถุ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบฝังตัว
3. ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของอุปกรณ์ชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ เพื่อใช้เป็นฮาร์ดแวร์ของระบบฝังตัวที่ต้องการสร้างขึ้น คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ
4. ศึกษาวิเคราะห์ความต้องการของระบบ
5. วิเคราะห์และออกแบบระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ โดยใช้ยูเอ็มแอลเป็นเครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชัน
6. วิเคราะห์และออกแบบฮาร์ดแวร์หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ และสนามทดลอง
7. พัฒนาโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ
8. ทดลองและสรุปผลการทดลองว่าหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามต้องการของระบบที่กำหนด

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถเรียนรู้ลักษณะของระบบฝังตัว และแนวทางในการประยุกต์ใช้งาน
2. สามารถออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันระบบฝังตัวได้ โดยใช้แนวคิดการพัฒนาระบบเชิงวัตถุเป็นเครื่องมือ
3. สามารถเรียนรู้โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถเรียนรู้การโปรแกรมด้วยภาษาซีพลัสพลัส (C++) เพื่อการพัฒนาโปรแกรม
5. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานนี้ไปเป็นแนวทางพัฒนาแอปพลิเคชันอื่นๆ ที่เป็นระบบฝังตัวได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจะกล่าวถึงลักษณะของระบบฝังตัว ทั้งส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบฝังตัวก่อนเพื่อเป็นความรู้พื้นฐานในการพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ ถัดมาจะกล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาระบบ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ คือภาษายูเอ็มแอลที่ถ่ายทอดระบบที่วิเคราะห์ออกมาเป็นแผนภาพ สุดท้ายจะกล่าวถึงฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ

2.1 ระบบฝังตัว (Embedded System)

ระบบฝังตัว หมายถึง ระบบที่มีไมโครชิปที่ออกแบบมาเฉพาะกับโปรแกรมที่ควบคุมไมโครชิปนั้นฝังตัวอยู่ เพื่อใช้ในการควบคุมหรือแสดงผลการทำงานของระบบและอุปกรณ์ควบคุมหรือเครื่องจักรต่างๆ ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในรถยนต์ เครื่องบิน รถไฟ ยานอวกาศ กล้องถ่ายรูป โทรศัพท์มือถือ พีดีเอ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน ตลอดจนของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ (ดร.ธนารักษ์ ธีระมั่นคง. 2549 : 2)

คำว่าระบบฝังตัวเกิดจาก การที่ระบบเป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ระบบถูกฝังลงในอุปกรณ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ แม้ว่ามีไมโครชิปที่เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ฝังตัวอยู่ แต่ผู้ใช้จะไม่รู้สึกถึงไมโครคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมเหล่านั้น เช่น การใช้เครื่องซักผ้า เมื่อผู้ใช้ต้องการซักผ้าเพียงกดปุ่มเพื่อสั่งให้เครื่องซักผ้าทำงานเท่านั้น โดยไม่ต้องโหลดหรือเรียกโปรแกรมเอง เป็นต้น

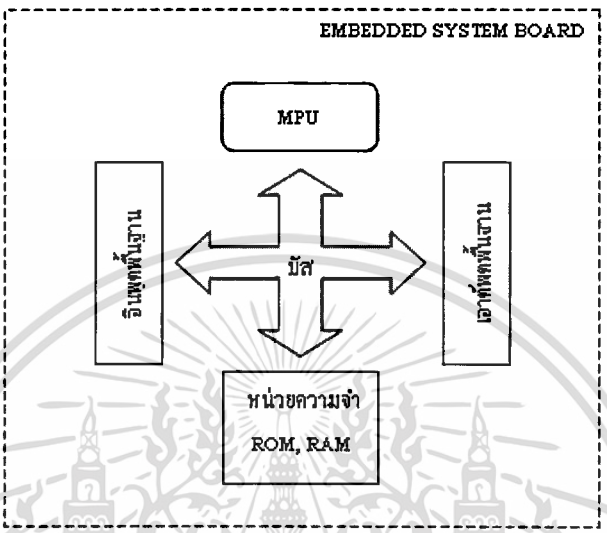
แม้ระบบฝังตัวไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ก็มีระบบคอมพิวเตอร์อยู่ภายใน อาจจะเป็นเพียงไมโครโพรเซสเซอร์ หรือชิปธรรมดา หรือโพรเซสเซอร์ที่ประกอบด้วยชิปที่มีวงจรซับซ้อน โดยจะมีหลักการทำงาน คือ มีสัญญาณข้อมูลเข้า (input signal) จากอุปกรณ์เซนเซอร์ (sensor) เข้าสู่ระบบ และมีสัญญาณผลลัพธ์ (output signal) ของระบบไปควบคุมเครื่องควบคุมต่างๆ เช่น สวิตช์เครื่องจักร หรือ วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของท่อทางต่างๆ เป็นต้น

2.1.1 ส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์

ส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบฝังตัวมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของการประยุกต์ใช้งาน แต่จะประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกัน คือ ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

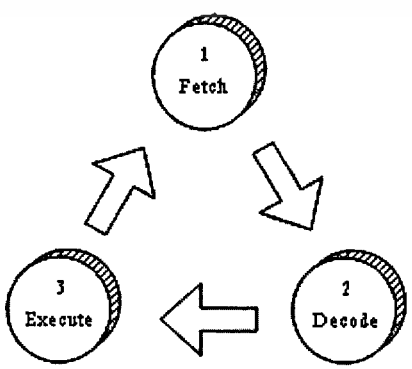
(Microcomputer) เป็นส่วนที่มีหน่วยประมวลผลและหน่วยความจำซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดของระบบ ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ เอ็มพียู (MPU : Micro-processing Unit) หน่วยความจำรอม (ROM) และแรม (RAM) อินพุตเอาต์พุตพื้นฐาน (I/0 device) และ บัส (Bus) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ดร.ธนารักษ์ ธีระมั่นคง. 2549 : 89)



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานทางด้านฮาร์ดแวร์ของระบบฝังตัว (Japan System House Association. 2549. แปลและเรียบเรียงโดย ดร.ธนารัตน์ ธีระมั่นคง : 89)

2.1.1.1 เอ็มพียู

เอ็มพียูเป็นส่วนสำคัญของระบบฝังตัว มีหน้าที่ในการประมวลผลคำสั่งและควบคุมการทำงานต่างๆ โดยปกติการทำงานภายในของเอ็มพียูจะเริ่มด้วย การอ่านคำสั่ง (Fetch) โดยอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำเข้ามา แล้วทำการตีความคำสั่งหรือแปลความหมายคำสั่ง (Decode) จากนั้นเป็นการทำตามคำสั่ง (Execute) โดยจะทำ 3 ขั้นตอนนี้ซ้ำกันไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดการประมวลผลของโปรแกรมนั้นๆ ดังแสดงในรูป 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานพื้นฐานของเอ็มพียู (Japan System House Association. 2549. แปลและเรียบเรียงโดย ดร.ธนารัตน์ ธีระมั่นคง : 92)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกำหนดสเปกของระบบฝังตัวนั้น การเลือกเอ็มพียูเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลให้ระบบมีความสามารถพอเพียงสำหรับการประมวลผลการใช้งาน คุณสมบัติของเอ็มพียูที่จะส่งผลกับความสามารถในการประมวลผล ได้แก่ จำนวนบิตของข้อมูลบนบัสข้อมูล ขนาดพื้นที่แอดเดรสของหน่วยความจำ และความถี่สัญญาณนาฬิกา สำหรับบิตของข้อมูลหมายถึงปริมาณบิตที่สามารถส่งไปได้บนบัสข้อมูลต่อ 1 คำสั่งของเอ็มพียูส่วนขนาดพื้นที่จะเป็นตัวกำหนดว่าเอ็มพียูสามารถเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำเป็นปริมาณเท่าไร และความถี่สัญญาณนาฬิกาเป็นมาตรฐานในการวัดความเร็วในการประมวลผล

2.1.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำเป็นที่สำหรับเก็บข้อมูลข่าวสาร ได้แก่ โปรแกรมและข้อมูล ที่อยู่ภายในไมโครคอมพิวเตอร์ สำหรับระบบฝังตัวซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์นั้น ที่เก็บซอฟต์แวร์ก็คือหน่วยความจำ หน่วยความจำที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบฝังตัวนั้นเป็นหน่วยความจำที่เป็นสารกึ่งตัวนำ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ROM (Read Only Memory) และ RAM (Random Access Memory) โดย ROM คือหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลแบบไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้และข้อมูลไม่หายเมื่อไฟดับ และ RAM คือหน่วยความจำที่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้และข้อมูลอาจหายไปเมื่อไฟดับ

ในการทำงานจริงเรามักใช้ ROM เพื่อจัดเก็บโคดโปรแกรมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และใช้ RAM เป็นหน่วยความจำที่เก็บค่าตัวแปรต่างๆ

1. **ROM** เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลเมื่อมีการระบุแอดเดรสใดๆ โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือ ข้อมูลจะไม่หายไปไหน แม้ว่าจะงดจ่ายไฟให้ก็ตาม (non-volatile) ดังนั้น ROM จึงมักใช้เป็นที่เก็บโปรแกรมเริ่มต้นที่จะถูกเอ็มพียูอ่านเข้าไปเพื่อแปลความหมายคำสั่งขณะเริ่มต้นทำงาน

โดยทั่วไปแล้ว ROM แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ ROM ที่ถูกเขียนค่าไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตเป็นไอซี เรียกว่า แมสค์รอม (mask ROM) ส่วนอีกประเภทเป็น ROM ที่เขียนข้อมูลเข้าภายหลังหรือสามารถลบได้ เรียกว่า อีพรอม (EPROM : Erasable Programmable ROM) EPROM ที่นิยมใช้ในสมัยก่อน ได้แก่ UV-PROM สามารถลบข้อมูลได้ด้วยการฉายแสงอัลตราไวโอเลตหรือยูวี (UV) เข้าไปยังหน้าต่างของชิปหน่วยความจำ การเขียนข้อมูลลงใน PROM ต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ตัวเขียนรอม (ROM writer) ซึ่งจะมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าแรงดันไฟเลี้ยงไอซี เพื่อทำการเขียนข้อมูลลงไป ปัจจุบันหน่วยความจำแบบ ROM ที่สามารถลบและเขียนข้อมูลเข้าไปใหม่ได้ด้วยไฟฟ้า EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM) ได้ถูกใช้งานมากขึ้น ซึ่งการลบข้อมูลยังคงต้องใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าแรงดันไฟเลี้ยงไอซี ปัจจุบันมีชิปหน่วยความจำแบบนี้ที่มีวงจรขยายแรงดันอยู่ภายใน และสามารถลบและเขียนข้อมูลเข้าไปใหม่ได้

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่อยู่บนบอร์ดโดยไม่ต้องถอดออกมาลบและโปรแกรมใหม่ ทำให้สะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องจำนวนครั้งที่สามารถลบและเขียนข้อมูลใหม่ได้ นอกจากนี้การเขียนข้อมูลใหม่แม้แต่เพียง 1 บิต ก็จำเป็นต้องมีการลบและเขียนข้อมูลใหม่ทั้งหมด จึงมีการพัฒนาหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งสามารถลบข้อมูลได้เป็นบล็อก และสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลเฉพาะแต่ละบล็อกได้

2. RAM เป็นหน่วยความจำที่เมื่อระบุแอดเดรสแล้วสามารถถูกเขียนหรืออ่านก็ได้ แต่ต้องมีการจ่ายไฟเลี้ยงตลอดเวลาเพื่อไม่ให้ข้อมูลนั้นหายไป (volatile) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ SRAM (static RAM) และ DRAM (Dynamic RAM) โดยที่ SRAM เป็นหน่วยความจำที่ใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัว หรือ 6 ตัว ประกอบกันขึ้นเป็นวงจร ฟลิปฟล็อป (flip-flop) สำหรับ 1 เซลล์ในหน่วยความจำเพื่อเก็บข้อมูล 1 บิต เนื่องจาก SRAM สามารถทำงานได้ด้วยความเร็วสูง จึงนิยมนำมาใช้ในหน่วยความจำแบบแคช นอกจากนี้ SRAM ยังมีข้อดีคือ หากให้แรงดันประมาณ 1 โวลต์กับหน่วยความจำนี้ ถึงแม้แหล่งจ่ายไฟของระบบฝังตัวจะดับ ข้อมูลในหน่วยความจำก็ยังคงอยู่

DRAM เป็นหน่วยความจำที่ใช้ตัวเก็บประจุและทรานซิสเตอร์อย่างละ 1 ตัว ประกอบกันเป็นโครงสร้างของเซลล์หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล 1 บิต ซึ่งสามารถประกอบกันเป็นหน่วยความจำขนาดใหญ่ได้ สถานะของตัวเก็บประจุที่มีประจุอยู่หรือไม่มีแทนด้วย “1” หรือ “0” ซึ่งประจุไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุนี้อาจรั่วไหลไปได้ เรียกว่า เกิดการดิสชาร์จ (discharge) ซึ่งจะทำให้ความจำสูญเสียไป ก่อนที่ข้อมูลจะสูญหายไป จะต้องมีการชาร์จประจุใหม่เพื่อให้ข้อมูลในหน่วยความจำยังคงอยู่ เรียกว่า การรีเฟรช (refresh)

DRAM มีโครงสร้างง่ายกว่า SRAM ทำให้มีราคาถูก และสามารถสร้างให้มีขนาดหน่วยความจำที่ใหญ่ได้ จึงนิยมใช้มากกว่า SRAM แต่เนื่องจากเวลาในการเข้าถึง (access time) ของ DRAM จะช้ากว่า SRAM เนื่องจากต้องมีการรีเฟรชด้วย จึงไม่นิยมใช้กับระบบที่ต้องการหน่วยความจำที่เร็ว

2.1.1.3 อินพุตเอาต์พุตพื้นฐาน

1. อินพุตพื้นฐาน รวมถึงการเชื่อมต่อเซนเซอร์ และอุปกรณ์อินพุตต่างๆ เป็นส่วนรับข้อมูลและสัญญาณต่างๆ ของไมโครคอมพิวเตอร์ โดยจะส่งต่อข้อมูลเหล่านี้ในรูปของข้อมูลดิจิทัลให้กับเอ็มพียูเพื่อนำไปประมวลผลต่อ โดยทั่วไปเรียกว่า อินพุตพอร์ต

เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่แปลงการเปลี่ยนแปลงเชิงกายภาพให้เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงสัญญาณไฟฟ้า อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ส่งออกมาจากเซนเซอร์อาจเป็นค่าความเปลี่ยนแปลงของความต้านทาน หรืออาจเป็นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าในระดับอ่อนๆ ซึ่งอินพุตพื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์ไม่สามารถที่จะรับข้อมูลในลักษณะนี้ได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงสัญญาณจากรูปแบบของสัญญาณออกของเซนเซอร์ให้เป็นสัญญาณที่ส่วนอินพุตของไมโครคอมพิวเตอร์สามารถรับได้ วงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่นี้เรียกว่าวงจรอินเทอร์เฟส (interfacing circuit) ซึ่งมีการพัฒนาขึ้นใช้งานอย่างแพร่หลาย

2. **เอาต์พุตพื้นฐาน** รวมถึงการเชื่อมต่อตัวขับเคลื่อน (actuator) และอุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆ เป็นช่องทางออกของสัญญาณที่เกิดจากผลการคำนวณของเอ็มพียู โดยมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแบบดิจิทัลที่ได้นี้ให้เป็นสัญญาณทางกายภาพที่เหมาะสม เรียกว่า เอาต์พุตพอร์ต

ตัวขับเคลื่อน เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นการทำงานด้านกายภาพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเชื่อมผลการคำนวณของเอ็มพียูกับโลกภายนอก ในการเชื่อมโยงสัญญาณออกของเอาต์พุตพอร์ตกับตัวขับเคลื่อนให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการนั้นจำเป็นต้องมีวงจรเชื่อมต่อ ซึ่งในกรณีนี้วงจรเชื่อมต่อจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลที่ออกจากเอาต์พุตพอร์ตให้เป็นกำลังไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับตัวขับเคลื่อน

2.1.1.4 บัส

บัสเป็นช่องทางระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารภายในไมโครคอมพิวเตอร์ บัสสามารถแบ่งออกตามตำแหน่งที่ใช้งานได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ บัสภายใน (internal bus) และบัสภายนอก (external bus)

1. **บัสภายใน** เป็นกลุ่มของสายสัญญาณภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ร่วมกันสำหรับส่งผ่านข้อมูลระหว่าง CPU หน่วยความจำ และอินพุตเอาต์พุตพื้นฐาน บัสภายในสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ บัสแอดเดรส (address bus) บัสข้อมูล (data bus) และบัสควบคุม (control bus) ในส่วนของแอดเดรสบัสจะใช้ในการระบุดีไวซ์หรืออุปกรณ์ และข้อมูลจะถูกแลกเปลี่ยนผ่านบัสข้อมูล เพื่อทำให้เกิดการระบุและแลกเปลี่ยนข้อมูล ทั้งหมดนี้ถูกกำหนดผ่านบัสควบคุม

2. **บัสภายนอก** เป็นกลุ่มของสายสัญญาณเพื่อส่งผ่านข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ บัสภายนอกนั้นมีทั้งบัสทั่วไปและและบัสแบบที่ระบุอุปกรณ์ที่จะมาเชื่อมต่อด้วย

2.1.2 ส่วนประกอบทางด้านซอฟต์แวร์

ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์ระบบฝังตัว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ระบบปฏิบัติการ (Operating System) และโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) (ดร.ธนารักษ์ ธีระมั่นคง. 2549 : 18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 ระบบปฏิบัติการ

เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ร่วมกันในระบบต่างๆ และมีหน้าที่ให้กรอบการทำงานแก่ซอฟต์แวร์อื่นๆ ในขณะที่มันทำงานอยู่ ระบบปฏิบัติการประกอบด้วยเคอร์เนล ดีไวซ์ไดรเวอร์ และมิดเดิลแวร์ต่างๆ

1. เคอร์เนล เป็นโมดูลกลางที่ทำหน้าที่ในการให้กำเนิดฟังก์ชันพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ เช่น ควบคุม ดูแล และรันแอปพลิเคชันต่างๆ เคอร์เนลของระบบฝังตัวมีหน้าที่ให้กรอบการทำงานในการสร้างระบบเรียลไทม์ จึงมักถูกเรียกว่า เรียลไทม์เคอร์เนล (Real-Time Kernel) ฟังก์ชันของเคอร์เนลประกอบด้วย ฟังก์ชันการจัดตารางเวลางาน (Task Scheduling Function) ฟังก์ชันควบคุมการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Control Function) และฟังก์ชันการเรียกระบบหรือซิสเต็มคอล (System Call Function)

ฟังก์ชันการจัดตารางเวลางาน ใช้วิธีการจัดตารางเวลางานแบบพรีเอมชันชนิดขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ การจัดตารางเวลางานแบบพรีเอมชันจะใช้ค่าลำดับความสำคัญของแทสค์แต่ละแทสค์ และใช้การเปลี่ยนแปลงสภาวะของแทสค์อันเกิดจากเหตุการณ์ต่างๆ เช่น การเกิดอินเทอร์รัพต์ การเริ่มแทสค์ การหยุดแทสค์ การอินพุตเอาต์พุต และการหยุดโพรเซส เป็นต้น เพื่อเป็นตัวเหนี่ยวไก

ฟังก์ชันควบคุมการอินเทอร์รัพต์ ทำหน้าที่เรียก ตัวจัดการอินเทอร์รัพต์ตามอินเทอร์รัพต์ที่เกิดขึ้น และทำการดูแลตัวจัดการอินเทอร์รัพต์ เช่น การบันทึกตัวจัดการอินเทอร์รัพต์ การตั้งค่าเวกเตอร์ เป็นต้น

ฟังก์ชันการเรียกระบบหรือซิสเต็มคอล เป็นฟังก์ชันที่ให้บริการเพื่อให้แทสค์สามารถทำงานไปพร้อมๆ กันได้ โดยจะให้ฟังก์ชันเริ่มแทสค์ (task start) ฟังก์ชันเลิกแทสค์ (task stop) ฟังก์ชันลบแทสค์ (task cancellation) ฟังก์ชันสื่อสารระหว่างแทสค์ (inter-task communication) ฟังก์ชันซิงโครไนเซชัน (synchronization) ฟังก์ชันควบคุมการแยกจากกัน (mutual exclusive control) ตัวจัดการอินเทอร์รัพต์และแทสค์แบบแอพพลิเคชันจะทำงานร่วมกัน โดยการเรียกเซอร์วิส (หรือบริการ) ที่เคอร์เนลเตรียมไว้

2. ดีไวซ์ไดรเวอร์ เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์รับเข้าและส่งออกข้อมูล (Input & Output Devices) เพื่อทำให้เกิดฟังก์ชันในการนำเข้าและส่งออกข้อมูลแก่แอปพลิเคชัน

3. มิดเดิลแวร์ เป็นโมดูลของระบบที่ให้ฟังก์ชันพื้นฐานของดีไวซ์ไดรเวอร์และเคอร์เนล เพื่อทำให้แอปพลิเคชันต่างๆ สามารถใช้ฟังก์ชันได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น

2.1.2.2 โปรแกรมประยุกต์หรือแอปพลิเคชัน

เป็นโปรแกรมที่ใช้กรอบการทำงานที่ระบบปฏิบัติการเสนอให้ เพื่อประมวลผล ซึ่งโปรแกรมประยุกต์จะถูกสร้างให้เป็นระบบเรียลไทม์โดยการใช้ฟังก์ชั่นของเคอร์เนล โดยการแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานของระบบเรียลไทม์ออกเป็นงานหรือแทสค์ (task) แล้วทำการบันทึกตัวจัดการอินเทอร์รัพต์ของงานไว้ที่เคอร์เนล และใช้ฟังก์ชันซิสเต็มคอลเพื่อทำให้งานเหล่านั้นทำงานร่วมกันได้

2.2 แนวทางการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบ หมายถึง การสร้างระบบงานใหม่หรือการปรับเปลี่ยนระบบงานที่มีอยู่เดิมให้สามารถทำงานเพื่อแก้ปัญหาการดำเนินงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยใช้เทคนิคการศึกษา การวิเคราะห์ และการออกแบบระบบให้สามารถดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ (กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล. 2548 : 4)

สิ่งที่ได้จากการพัฒนาระบบ คือ ระบบงานได้รับการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งทางด้านลำดับขั้นตอนการทำงานและเครื่องมือที่ช่วยให้แต่ละขั้นตอนดำเนินการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจำเป็นต้องทำการพัฒนาระบบอย่างมีทิศทาง โดยอาศัยแนวทางในการพัฒนาระบบ

แนวทางในการพัฒนาระบบ หมายถึง กระบวนการทางความคิดที่จะทำให้การพัฒนาระบบดำเนินไปอย่างเป็นลำดับ ขั้นตอน มีมาตรฐานในการดำเนินงาน ทั้งในด้านเอกสาร เทคนิค และเครื่องมือที่เลือกใช้ ตลอดจนสามารถดำเนินงานได้สำเร็จตามเป้าหมายและระยะเวลาที่กำหนดไว้ แนวทางที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก คือ วงจรการพัฒนาระบบ

2.2.1 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)

วงจรการพัฒนาระบบ คือ กระบวนการทางความคิด (Logical Process) ในการพัฒนาระบบเพื่อแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ ภายในวงจรการพัฒนาระบบจะแบ่งกระบวนการพัฒนาออกเป็น 4 ระยะ (Phase) ได้แก่ ระยะการวางแผน (Planning Phase) ระยะการวิเคราะห์ (Analysis Phase) ระยะการออกแบบ (Design Phase) และระยะการพัฒนาและติดตั้ง (Implementation Phase) (มหาวิทยาลัยหาดใหญ่. 2007)

แต่ละระยะของการพัฒนาระบบจะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ 7 ขั้นตอน ได้แก่ (อำไพ วรรณสินธุ์. 2004)

1. **การระบุปัญหา (Problem Definition)**

เป็นขั้นตอนการระบุปัญหา และจุดมุ่งหมายของการพัฒนาระบบงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะใช้ในการกำหนดทิศทางในการพัฒนาระบบงานให้ชัดเจน ในการระบุปัญหามักได้มาจากพนักงานทำงานแล้วพบว่างานที่ทำอยู่มีปัญหาเกิดขึ้น หรือไม่พอใจกับระบบงานเดิมที่เป็นอยู่ ในการระบุปัญหาสามารถทำได้โดยสังเกตว่าลักษณะงานเดิมสามารถนำระบบสารสนเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาปรับปรุงให้การทำงานสะดวกรวดเร็วได้หรือไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการทำงาน หรือสู่กับคู่แข่งในด้านสารสนเทศได้อย่างไร

2. การวิเคราะห์ (Analysis)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบ ซึ่งเป็นการนำสิ่งที่รวบรวมข้อมูลจากขั้นตอนการระบุปัญหามาทบทวนอีกครั้ง และนำมาสร้างเป็นแบบจำลองเชิงตรรกะ (Logical Model) โดยนักวิเคราะห์ระบบจะออกแบบไปตามความต้องการของผู้ใช้ว่าควรมีลักษณะการทำงานของระบบมีรูปแบบที่แสดงผลออกมาอย่างไร มีการจัดเก็บข้อมูลอะไรบ้าง วิเคราะห์ออกมาในรูปแบบของแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) และพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

3. การออกแบบ (Design)

เป็นขั้นตอนการออกแบบระบบงานโดยมีจุดมุ่งหมายเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหานั้นจะต้องทำอย่างไร ซึ่งในขั้นตอนนี้แบบจำลองเชิงตรรกะ (Logical Model) จะถูกสร้างให้เป็นแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) คือการออกแบบให้ระบบนั้นสามารถปฏิบัติงานได้จริง

4. การสร้างหรือการพัฒนา (Implementation)

ขั้นตอนนี้เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโปรแกรมเมอร์และนักวิเคราะห์ระบบเพื่อพัฒนาระบบ โดยโปรแกรมเมอร์จะเริ่มเขียนและทดสอบโปรแกรมว่าทำงานถูกต้องหรือไม่ ต้องมีการทดสอบกับข้อมูลจริงที่เลือกแล้ว ถ้าทุกอย่างเรียบร้อย เราจะได้โปรแกรมที่พร้อมที่จะนำไปใช้งานจริงต่อไป หลังจากนั้นต้องเตรียมคู่มือการใช้และการฝึกอบรมผู้ใช้งานจริงของระบบระยะแรก ในขั้นตอนนี้นักวิเคราะห์ระบบต้องเตรียมสถานที่สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วจะต้องตรวจสอบว่าคอมพิวเตอร์ทำงานเรียบร้อยดี โปรแกรมเมอร์เขียนโปรแกรมตามข้อมูลที่ได้จากเอกสารข้อมูลเฉพาะของการออกแบบ (Design Specification) ปกติแล้วนักวิเคราะห์ระบบไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการเขียนโปรแกรม แต่ถ้าโปรแกรมเมอร์คิดว่าการเขียนอย่างอื่นดีกว่าจะต้องปรึกษานักวิเคราะห์ระบบเสียก่อน เพื่อที่ว่านักวิเคราะห์จะบอกได้ว่าโปรแกรมที่จะแก้ไขนั้นมีผลกระทบกับระบบทั้งหมดหรือไม่ โปรแกรมเมอร์เขียนเสร็จแล้วต้องมีการทบทวนกับนักวิเคราะห์ระบบและผู้ใช้งานเพื่อค้นหาข้อผิดพลาด วิธีการนี้เรียกว่า Structure Walkthrough การทดสอบโปรแกรมจะต้องทดสอบกับข้อมูลที่เลือกแล้วชุดหนึ่ง ซึ่งอาจจะเลือกโดยผู้ใช้ การทดสอบเป็นหน้าที่ของโปรแกรมเมอร์ แต่นักวิเคราะห์ระบบต้องแน่ใจว่า โปรแกรมทั้งหมดจะต้องไม่มีข้อผิดพลาด หลังจากนั้นต้องควบคุมดูแลการเขียนคู่มือซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการใช้งานสารบัญการอ้างอิง (Help) บนจอภาพ เป็นต้น นอกจากข้อมูลการใช้งานแล้ว ต้องมีการฝึกอบรมพนักงานที่จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้งานจริงของระบบเพื่อให้เข้าใจและทำงานได้โดยไม่มีปัญหาอาจจะอบรมตัวต่อตัวหรือเป็นกลุ่มก็ได้

5. การทดสอบ (Testing)

เป็นขั้นตอนการทดสอบระบบ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถใช้ได้จริงและถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้ โดยไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ ซึ่งในการทดสอบควรใช้ข้อมูลที่ปฏิบัติงานจริงมาทดสอบ เมื่อมีความผิดพลาดไม่ถูกต้องตามที่วิเคราะห์และออกแบบต้องทำการปรับแก้ โดยในการปรับแก้นั้นเอกสารต่างๆ ที่ได้จัดทำมาแล้วนั้นต้องนำมาปรับแก้ให้ตรงกับสิ่งที่แก้ไขนั้นด้วย

6. การติดตั้งหรือการปรับเปลี่ยน (Installation, Conversion)

หลังจากทดสอบระบบเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ ขั้นตอนของการติดตั้งระบบโดยทำตั้งแต่การแปลงข้อมูล การกำหนดแฟ้มข้อมูล การอัพเดทข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จากนั้นจะทำการติดตั้งระบบ ซึ่งจะต้องทำการเลือกวิธีการติดตั้งระบบจากวิธีต่างๆ เช่น แบบขนานแบบโดยตรง เป็นต้น นักออกแบบระบบจะต้องทำการเลือกวิธีการติดตั้งที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้มีผลกระทบการดำเนินงานขององค์กร

การนำระบบเข้ามาควรจะทำอย่างค่อยเป็นค่อยไปทีละน้อย ที่ดีที่สุดคือใช้ระบบใหม่ควบคู่ไปกับระบบเก่าไปสักระยะหนึ่ง โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันแล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าเรียบร้อยก็เอาระบบเก่าออกได้ แล้วใช้ระบบใหม่

7. การบำรุงรักษา (Maintenance)

เป็นขั้นตอนการบำรุงรักษาระบบเพื่อให้ทำงานได้ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบ เพราะอาจมีข้อผิดพลาดที่ไม่รู้มาก่อนขณะทำการทดสอบ หรือผู้ใช้มีความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป เทคโนโลยีต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป ธุรกิจมีการขยายตัว หรือมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริหารงาน ซึ่งถ้าต้นทุนของการบำรุงรักษาระบบสูงขึ้น ควรจะต้องนำมาเปรียบเทียบพิจารณาว่าควรจะบำรุงรักษาต่อ หรือจะต้องกลับมาเริ่มพัฒนาระบบกันใหม่การวิเคราะห์และออกแบบระบบ เป็นวิธีการพัฒนาระบบงานจากระบบงานเดิมที่มีปัญหาเป็นระบบงานใหม่ที่ดีขึ้น โดยการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้เพื่อให้ระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การพัฒนาระบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented System Development)

การพัฒนาระบบด้วยแนวทาง SDLC จัดเป็นการพัฒนาระบบแบบดั้งเดิม แต่ปัจจุบันได้มีการนำศาสตร์ที่เรียกว่าแนวคิดเชิงวัตถุ (Object Orientation) มาปรับใช้กับการเขียนโปรแกรม ตลอดจนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับการพัฒนาระบบแบบดั้งเดิม กลายเป็นทางเลือกใหม่สำหรับทีมงานพัฒนาระบบ นั่นคือ การพัฒนาระบบเชิงวัตถุ ซึ่งมีการนำแนวคิดเชิงวัตถุมาปรับใช้ในหลายขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นตอนการวิเคราะห์ การออกแบบและการพัฒนาโปรแกรม (กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล. 2548 : 29)

- **Object-Oriented Analysis (OOA)**

  เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบที่สนใจ (Problem Domain) และทำความเข้าใจในรายละเอียดของปัญหาเหล่านั้น โดยจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้มาศึกษาให้เห็นปัญหา ซึ่งการวิเคราะห์ปัญหานี้จะมองเป็นวัตถุหรืออ็อปเจ็กต์ (Object)

- **Object-Oriented Design (OOD)**

  เป็นขั้นตอนการออกแบบหรือจำลองวิธีการเพื่อแก้ไขปัญหาในระบบที่สนใจ โดยปัญหาดังกล่าวได้ถูกจำลองขึ้นมาให้เป็นอ็อบเจ็กต์ (Object Model) ในขั้นตอนการวิเคราะห์แล้ว ในขั้นตอนนี้จะต้องทบทวนการวิเคราะห์ปัญหาอีกครั้ง พร้อมกับออกแบบส่วนประกอบอื่นๆ ของโปรแกรม ตลอดจนกำหนดภาษาโปรแกรมมิ่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

- **Object-Oriented Implementation หรือ Object-Oriented Programming (OOP)**

  เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาในรายละเอียด หลังจากนั้นจะต้องทำการทดสอบการใช้งานโปรแกรมจนกว่าจะพบข้อผิดพลาดน้อยที่สุด จึงนำไปติดตั้งใช้งานจริง

นอกจากการนำเทคนิคแนวคิดเชิงวัตถุมาใช้ในกระบวนการสำคัญของกระบวนการพัฒนาระบบแล้ว ในขั้นตอนการออกแบบยังต้องอาศัยเทคนิคการสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุเพื่อจำลองระบบออกมาเป็นแผนภาพ ซึ่งปัจจุบันนิยมนำภาษายูเอ็มแอล (UML: Unified Modeling Language) มาใช้เป็นแบบแผนในการสร้างแบบจำลองเชิงวัตถุ

2.2.3 ยูเอ็มแอล (UML : Unified Modeling Language)

ยูเอ็มแอลเป็นภาษารูปภาพหรือสัญลักษณ์ (Graphical Language) ที่ใช้ในการถ่ายทอดความคิดที่มีต่อระบบออกมาเป็นแผนภาพหรือที่เรียกว่าแบบจำลองของระบบ ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุโดยเฉพาะ ซึ่งประกอบไปด้วยรูปภาพหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ตามกฎในการสร้างแผนภาพนั้น ทำให้ทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบเกิดความเข้าใจตรงกัน (กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และกิตติพงษ์ กลมกล่อม. 2548 : 15)

ข้อดีของยูเอ็มแอล มีหลายประการดังต่อไปนี้

1. เป็นภาษารูปภาพมาตรฐาน (Standard Visual Modeling Language) หรือภาษาสากลของทุกภาษาในปัจจุบัน ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงวัตถุและสามารถใช้ในการแลกเปลี่ยนโมเดลได้อย่างสื่อความหมายรวมถึงการจัดสร้างเอกสารการวิเคราะห์ออกแบบระบบ โดยเฉพาะในการสร้างระบบขนาดใหญ่ซึ่งต้องอาศัยการทำงานเป็นทีม
2. สามารถนำเสนอและสนับสนุนหลักการเชิงวัตถุได้อย่างครบถ้วนชัดเจน ทำให้นักพัฒนาระบบสามารถทำความเข้าใจกับปัญหาและค้นพบวิธีแก้ไขได้อย่างรวดเร็วและง่ายยิ่งขึ้น
3. ไม่ผูกติดกับภาษาโปรแกรมภาษาใดภาษาหนึ่ง โมเดลที่ถูกสร้างขึ้นจากภาษายูเอ็มแอลนี้สามารถถูกแปลงไปเป็นระบบจริงที่ถูกสร้างขึ้นด้วยภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุใดๆ ก็ได้
4. เป็นภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ผู้ที่ทำการศึกษาหรือนำไปใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้อื่นใดนอกจากแนวคิดเชิงวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นความรู้ด้านการคำนวณหรือด้านอื่นๆ ก็ตาม
5. สามารถถูกแปลงเป็นภาษาที่ใช้ในการสร้างระบบขึ้นจริงได้อย่างอัตโนมัติทำให้ช่วยลดภาระเวลา และค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบเป็นอย่างมาก
6. สนับสนุนการขยายปรับปรุงระบบ การเพิ่มแก้ไขระบบ สามารถกระทำได้กับโมเดลก่อนลงมือพัฒนาเพิ่มเติมจริง ซึ่งจะง่ายกว่าการเริ่มต้นทำการเปลี่ยนแปลงที่ซอร์สโค้ด
7. ยูเอ็มแอลถูกใช้ในการบันทึกความคิดของนักพัฒนา ในลักษณะของเอกสารที่พร้อมจะถูกนำมาทำความเข้าใจหรือสานต่ออีกครั้งได้อย่างรวดเร็ว

2.3 ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัตินี้ ใช้อุปกรณ์ชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ เป็นฮาร์ดแวร์ในการพัฒนา ซึ่งในตัวอาร์ซีเอ็กซ์นี้มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานภายในอาร์ซีเอ็กซ์ และใช้ภาษาซีพลัสพลัส (C++) ภายใต้บริคโอเอส (BrickOS) เป็นซอฟต์แวร์ในการพัฒนา

2.3.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

2.3.1.1 ชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ (RCX)

อาร์ซีเอ็กซ์ เป็นอุปกรณ์หลักของหุ่นยนต์เลโก้ (Lego) รุ่นมายด์สตอร์ม (Mindstorms) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของฮิตาชิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุ่น H8/3292 เป็นหน่วยประมวลผลกลางในการควบคุมการทำงาน โดยใช้หน่วยประมวลผลหลัก (CPU) รุ่น H8/300 ซึ่งมีหน่วยความจำ RAM ขนาด 32k ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ถูกใช้ในการควบคุมพอร์ตอินพุต 3 พอร์ต พอร์ตเอาต์พุต 3 พอร์ต และมี ROM ขนาด 16k ซึ่งเป็นที่อยู่ของไดรเวอร์ที่ใช้ในการรันตัวไดรเวอร์ในขณะที่เริ่มต้นใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ H8/3292 ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยความจำ (Memory) และอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input / Output Devices) โดยองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบนี้ติดต่อกันผ่านบัสแอดเดรส (address bus) บัสข้อมูล (data bus) และบัสควบคุม (control bus) (Ole Caprani. 2006)

1. หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางรุ่น H8/300 ใช้ความถี่ในการประมวลผลเท่ากับ 16 เมกะเฮิร์ต (MHz) มีสถาปัตยกรรมทั่วไป คือ ประกอบด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์และตรรกะ และเรจิสเตอร์ (Register) เพื่อช่วยในการประมวลผลและทำงาน

2. หน่วยความจำ

หน่วยความจำ ประกอบด้วยหน่วยความจำแรม ขนาด 32 กิโลไบต์ ซึ่งใช้ในการเก็บข้อมูลและที่อยู่ของชุดคำสั่งของโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผล และหน่วยความจำรอม ขนาด 16 กิโลไบต์ ซึ่งใช้ในการเก็บตัวขับ (Driver) ของอุปกรณ์ต่างๆ ในอาร์ซีเอ็กซ์ รวมไปถึงเฟิร์มแวร์ (Firmware) ที่ใช้ในการประมวลคำสั่งที่โปรแกรมเข้าไป

3. อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเป็นส่วนต่อประสาน (Interface) กับอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อกับอาร์ซีเอ็กซ์ เช่น มอเตอร์ เซนเซอร์ และตัวขับเคลื่อน เป็นต้น ประกอบด้วยส่วนต่อประสานติดต่อสื่อสารอนุกรม (Serial Communication Interface) ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ตัวรับตัวส่งการติดต่อสื่อสารอนุกรม ตัวแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog-to-Digital Converter) ใช้ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูล และมีกลไกการขัดจังหวะ (Interrupt) ทั้งภายนอกและภายใน ซึ่งถูกควบคุมการทำงานโดยตัวควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยส่วนของดีไวซ์คอนโทรลเลอร์ (Device Controller) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมควบคุมการติดต่อสื่อสารของแต่ละตัวอุปกรณ์และควบคุมการขัดจังหวะ

2.3.1.2 ส่วนประกอบของชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ (RCX)

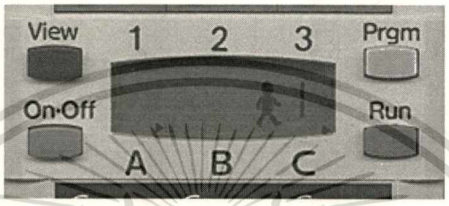
ชุดทดลองระบบฝังตัวเลโก้ รุ่นอาร์ซีเอ็กซ์ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 6 ส่วน คือ ปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Buttons) อินพุตพอร์ตและเซนเซอร์ (RCX Input Ports and Sensors) ตัวรับส่งอินฟราเรด (Infrared Transmitter/Receiver) จอแสดงผล (Liquid Crystal Display: LCD) ลำโพง (Speaker) และเอาต์พุตพอร์ตและตัวขับเคลื่อน (RCX Output Ports and Actuators) (Ole Caprani. 2006)

1. ปุ่ม

ปุ่มควบคุมการทำงานบนอาร์ซีเอ็กซ์มี 4 ปุ่ม โดยทั้ง 4 ปุ่มนี้ถูกเชื่อมต่อกับสายอินพุต/เอาต์พุตพอร์ต ดังรูป 2.3

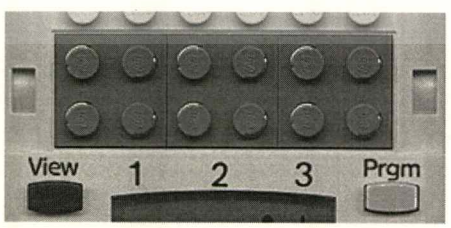


รูปที่ 2.3 ปุ่มต่างๆ บนอาร์ซีเอ็กซ์ (Ole Caprani. http://www.legolab.daimi.au.dk/DigitalControl.dir/RCX/Manual.dir/RCXManual.html)

- ปุ่ม View เพื่อใช้ในการดูสถานะต่างๆ ของอาร์ซีเอ็กซ์ผ่านทางหน้าจอแสดงผล
- ปุ่ม On-Off เพื่อใช้ในการเปิดหรือปิดอาร์ซีเอ็กซ์
- ปุ่ม Prgm เพื่อใช้ในการเลือกใช้โปรแกรมที่ต้องการจะใช้งาน
- ปุ่ม Run เพื่อใช้ในการเริ่มการทำงานตามที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้

2. อินพุตพอร์ตและเซนเซอร์

อินพุตพอร์ตของอาร์ซีเอ็กซ์มี 3 ช่องทาง ใช้เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งมีตัวเลข 1, 2 และ 3 กำกับอยู่ ดังรูปที่ 2.4

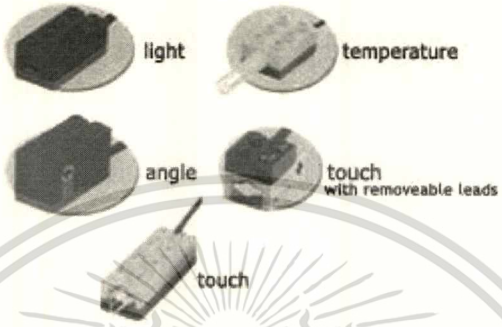


รูปที่ 2.4 อินพุตพอร์ตของอาร์ซีเอ็กซ์ (Ole Caprani. http://www.legolab.daimi.au.dk/DigitalControl.dir/RCX/Manual.dir/RCXManual.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

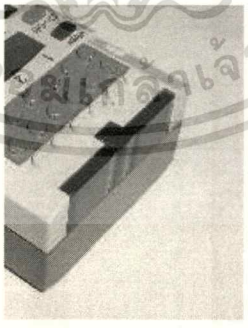
เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณจากสิ่งแวดล้อม เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผล เซนเซอร์ของอาร์ซีเอ็กซ์มี 2 ประเภท คือ เซนเซอร์แบบแพสซีฟ (Passive Sensor) ได้แก่ เซนเซอร์สัมผัส (Touch Sensor) และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เป็นต้น และเซนเซอร์แบบแอคทีฟ (Active Sensor) ได้แก่ เซนเซอร์แสง (Light Sensor) และเซนเซอร์การหมุน (Angel Sensor) เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างในรูป 2.5



รูปที่ 2.5 เซนเซอร์แบบต่างๆ ของอาร์ซีเอ็กซ์ (Ole Caprani. http://www.legolab.daimi.au.dk/DigitalControl.dir/RCX/Manual.dir/RCXManual.html)

3. ตัวรับส่งอินฟราเรด

อาร์ซีเอ็กซ์ใช้แสงอินฟราเรดเพื่อติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์กับอาร์ซีเอ็กซ์ หรือกับอาร์ซีเอ็กซ์ตัวอื่น โดยตัวรับส่งอินฟราเรดนี้ถูกเชื่อมต่อกับส่วนต่อประสานการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์สำหรับการติดต่อสื่อสารอินฟราเรด (Serial Infrared Communication) ดังแสดงในรูป 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวรับส่งอินฟราเรดของอาร์ซีเอ็กซ์ (Ole Caprani. http://www.legolab.daimi.au.dk/DigitalControl.dir/RCX/Manual.dir/RCXManual.html)

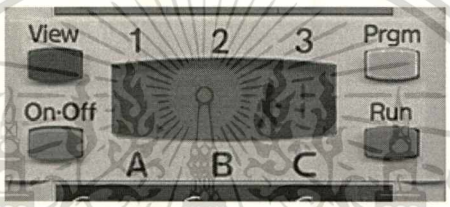
แสงอินฟราเรดเปิดและปิดด้วยความถี่ 38.5 กิโลเฮิร์ต (KHz) ถูกใช้เป็นตัวขนส่งกระแสของบิต โดยค่าบิต 0 แทนช่วงเวลาตอนที่มีแสงอินฟราเรด (มีการส่งข้อมูล) ส่วนค่าบิต 1 แทนช่วงเวลาตอนที่ไม่มีแสงอินฟราเรด (ไม่มีการส่งข้อมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

06355

4. จอแสดงผล

อาร์ซีเอ็กซ์มีจอแสดงผลอยู่ทางด้านบน ดังรูป 2.7 ซึ่งประกอบด้วยเซกเมนต์ที่มีลักษณะเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ เช่น จุด ลูกศร หรือขาของสัญลักษณ์รูปคน เป็นต้น จำนวน 43 เซกเมนต์ แต่ละเซกเมนต์สามารถควบคุมได้โดยการเปิดหรือปิดโดยตรงผ่านตัวควบคุมหน้าจอแสดงผล ซึ่งเป็นตัวที่ทำหน้าที่จัดการหน้าจอแสดงผลให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับเข้ามา พื้นที่ของหน่วยความจำจะมี แอลซีดีบัฟเฟอร์ (LCD Buffer) จำนวน 1 บิต สำหรับ 1 เซกเมนต์ ส่วนตัวจัดการอาร์ซีเอ็กซ์ (RCX Executive Routine) นั้นจะเขียนข้อมูลเกี่ยวกับการแสดงผลบนหน้าจอโดยใช้บัฟเฟอร์ และจะเรียก รูทีน (Routine) บนตัวจัดการอาร์ซีเอ็กซ์ โดยใช้โปรโตคอลในการปรับหน้าจอให้เป็นปัจจุบัน ดังนั้นเซกเมนต์จะปรากฏหรือซ่อนก็จะสอดคล้องกับค่าบิตที่แท้จริงในแอลซีดีบัฟเฟอร์



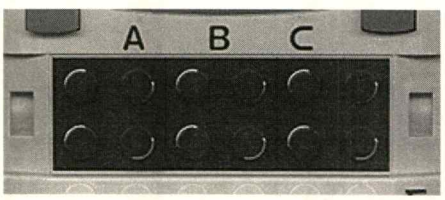
รูปที่ 2.7 จอแสดงผลของอาร์ซีเอ็กซ์ (Ole Caprani. http://www.legolab.daimi.au.dk/DigitalControl.dir/RCX/Manual.dir/RCXManual.html)

5. ลำโพง

ลำโพงบนตัวอาร์ซีเอ็กซ์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อแสดงผลของระบบ โดยการแสดงออกเป็นเสียงเพื่อบอกสถานะการทำงานของอาร์ซีเอ็กซ์ ลำโพงถูกควบคุมผ่านช่องทางเข้าออกที่ 6 บิตที่ 4 และก่อนที่ลำโพงจะใช้งานได้ จะต้องตั้งค่าที่ดาต้าไดเร็กชันรีจิสเตอร์ (Data Direction Register) ของช่องทางเข้าออกที่ 6

6. เอาต์พุตพอร์ตและตัวขับเคลื่อน

เอาต์พุตพอร์ตของอาร์ซีเอ็กซ์มี 3 ช่องทาง ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์แสดงผลเพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งมีตัวอักษร A, B และ C กำกับอยู่ ดังรูป 2.8



รูปที่ 2.8 เอาต์พุตพอร์ตของอาร์ซีเอ็กซ์ (Ole Caprani. http://www.legolab.daimi.au.dk/DigitalControl.dir/RCX/Manual.dir/RCXManual.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวขับเคลื่อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลว่าระบบมีการทำงาน ตัวขับเคลื่อนชนิดต่างๆ จะต่อเข้ากับเอาต์พุตพอร์ต ตัวขับเคลื่อนของชุดทดลองเลโก้ ได้แก่ มอเตอร์ หลอดไฟ และแหล่งกำเนิดเสียง เอาต์พุตพอร์ตแต่ละตัวสามารถขับเคลื่อนตัวขับเคลื่อนได้มากกว่า 1 ตัว เช่น ถ้าต่อมอเตอร์และหลอดไฟไว้ที่ช่องเอาต์พุตพอร์ตเดียวกัน หลอดไฟจะสว่างเมื่อมอเตอร์ทำงาน

2.3.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

การแปลงโปรแกรมเป็นภาษาสำหรับ RCX จะต้องแปลงจากภาษาที่เขียนให้เป็นภาษาที่ตัวประมวลผลหลัก (CPU รุ่น H8/300) เข้าใจก่อน ซึ่งวิธีที่ใช้ในการแปลงนั้นจะต้องมีตัวช่วยในการแปลงข้อมูลภาษาให้อยู่ในรูปแบบที่หน่วยประมวลประผลเข้าใจได้ และส่งคำร้องขอไปยังหน่วยประมวลผลโปรแกรมของอาร์ซีเอ็กซ์ (RCX executive) เพื่อการดาว์นโหลดและเริ่มโปรแกรม ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ประกอบไปด้วย บริคโอเอส (BrickOS) และ ซิกวิน (Cygwin)

2.3.2.1 บริคโอเอส (BrickOS)

บริคโอเอสเป็นระบบปฏิบัติการชนิดหนึ่งที่ได้เตรียมการให้สามารถใช้ทรัพยากรต่างๆ ของชุดเลโก้มายด์สตรอมได้โดยใช้ภาษาซี (C) หรือภาษาซีพลัสพลัส (C++) ซึ่งเป็นภาษาที่นิยมใช้ในการเขียนโปรแกรมลงไปยังอาร์ซีเอ็กซ์ ทั้งนี้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมอาร์ซีเอ็กซ์นั้น เมื่อคอมไพล์โปรแกรมแล้ว จะยังไม่สามารถอัพโหลดโปรแกรมลงไปยังอาร์ซีเอ็กซ์ได้โดยตรง จะต้องแปลงจากภาษาที่เขียนให้เป็นภาษาที่ตัวประมวลผลกลาง (CPU H8/300) เข้าใจได้ก่อน จึงต้องมีตัวช่วยในการแปลงภาษา โดยใช้คอมไพล์เลอร์แบบไขว้ (Cross Compiler) เข้ามาช่วย

2.3.2.2 ซิกวิน (Cygwin)

ซิกวิน คือ ชุดโปรแกรมสร้างสภาพแวดล้อมลีนุกซ์ (Linux) บนวินโดวส์ (Windows) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของ DLL เป็นตัวที่เหมือนเป็นชั้นเอพีไอ (API) ของลีนุกซ์ ซึ่งได้เตรียมฟังก์ชั่นต่างๆ ของลีนุกซ์เอาไว้ และส่วนของเครื่องมือต่างๆ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จำลองสภาพแวดล้อมให้เหมือนลีนุกซ์ ซึ่งโปรแกรมที่ช่วยคอมไพล์โปรแกรมที่ถูกพัฒนาให้คอมไพล์บนลีนุกซ์สามารถถูกแปลบนวินโดวส์ได้ในภายหลัง โดยจะขึ้น bash shell ให้สามารถใช้งานได้เหมือนทำงานกับเครื่องที่เป็นยูนิกซ์ (UNIX) ทั่วไป ซึ่งโปรแกรมนี้จะใช้สำหรับการคอมไพล์โปรแกรมลงบนอาร์ซีเอ็กซ์ได้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา

ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัตินี้ ใช้ภาษาซีพลัสพลัสในการพัฒนา ซึ่งภาษาซีพลัสพลัสเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง (High-Level Language) ที่นิยมใช้ในการเขียนคำสั่งคอมพิวเตอร์ มีโครงสร้างภาษาที่มีการจัดการข้อมูลแบบสแตติก (Statically Typed) และสนับสนุนการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย ได้แก่ การโปรแกรมเชิงกระบวนคำสั่ง การโปรแกรมเชิงวัตถุ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนของการออกแบบและพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาระบบตามที่ได้กล่าวไปในบทที่แล้ว โดยเริ่มจากการกำหนดรายละเอียดความต้องการของระบบ แล้วทำการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานของระบบทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

3.1 ความต้องการของระบบ

ในการทำงานของหุ่นยนต์นั้น หุ่นยนต์ 2 ตัวมีการส่งข้อมูลไปมาระหว่างกัน หุ่นยนต์ตัวนำจะเคลื่อนที่เองโดยไม่มีคนบังคับ โดยใช้เซนเซอร์แสงเป็นตัวอ่านค่าสีเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ จากนั้นจึงส่งข้อมูลรูปแบบของการเคลื่อนที่ให้หุ่นยนต์ตัวตาม เพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ตามหุ่นยนต์ตัวนำได้ ซึ่งสามารถสรุปเป็นความต้องการของระบบได้ดังนี้

3.1.1 ความต้องการที่เป็นหน้าที่หลักของระบบ (Functional Requirement)

หน้าที่หลักของระบบ จะเป็นการทำงานที่ระบบจะต้องตอบสนองกับตัวหุ่นยนต์ ดังนี้

1. หุ่นยนต์ตัวนำต้องสามารถรับข้อมูลจากสภาพแวดล้อม โดยผ่านเซนเซอร์แสง 1 ตัว ที่ติดอยู่ด้านหน้าของหุ่นยนต์และนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลเพื่อสั่งให้เดินหน้าหรือถอยหลังได้
2. หุ่นยนต์ตัวนำต้องสามารถตัดสินใจเพื่อเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้ เมื่อได้รับข้อมูลสภาพแวดล้อมจากเซนเซอร์แสง
3. หุ่นยนต์ตัวนำต้องสามารถส่งข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ถึงหุ่นยนต์ตัวตามได้ โดยส่งผ่านตัวรับส่งอินฟาเรดของอาร์ซีเอ็กซ์
4. หุ่นยนต์ตัวตามต้องสามารถรับข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่จากหุ่นยนต์ตัวนำได้ โดยผ่านตัวรับส่งอินฟาเรดของอาร์ซีเอ็กซ์
5. หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวต้องสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยอาศัยมอเตอร์ขับเคลื่อน (Driving Motors) จำนวน 1 ตัว ซึ่งทำหน้าที่ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ให้เดินหน้าหรือถอยหลัง
6. หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวต้องสามารถเคลื่อนที่ไปตามสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่จำลองขึ้นได้ ซึ่งประกอบด้วยสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน และสภาพแวดล้อมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน โดยแต่ละสภาพแวดล้อมมีลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ดังนี้

- สภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน มีลักษณะการเคลื่อนที่โดยหุ่นยนต์ตัวนำต้องเคลื่อนที่ไปก่อนแล้วหุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ตาม
- สภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน มีลักษณะการเคลื่อนที่โดยทั้งหุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน

7. เมื่อสัญญาณขาดหาย หุ่นยนต์ต้องสามารถค้นหาและเชื่อมต่อสัญญาณกันใหม่ได้

3.1.2 ความต้องการที่เป็นส่วนประกอบของระบบ (Non - Functional Requirement)

ส่วนประกอบของระบบ จะเป็นเรื่องของเงื่อนไขที่สามารถตรวจสอบได้ ดังนี้

1. หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวสามารถเคลื่อนที่ตามกันได้อย่างราบรื่น
2. หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวสามารถรักษาการเชื่อมต่อได้
3. ลักษณะสนามทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้น มีลักษณะเป็นพื้นที่สีขาวและพื้นที่สีเทาเป็นทางให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยพื้นที่แต่ละสีแสดงถึงการจำลองสภาพแวดล้อมต่างๆ ดังนี้
   - พื้นที่สีขาวแสดงการจำลองสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน
   - พื้นที่สีเทาแสดงการจำลองสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน

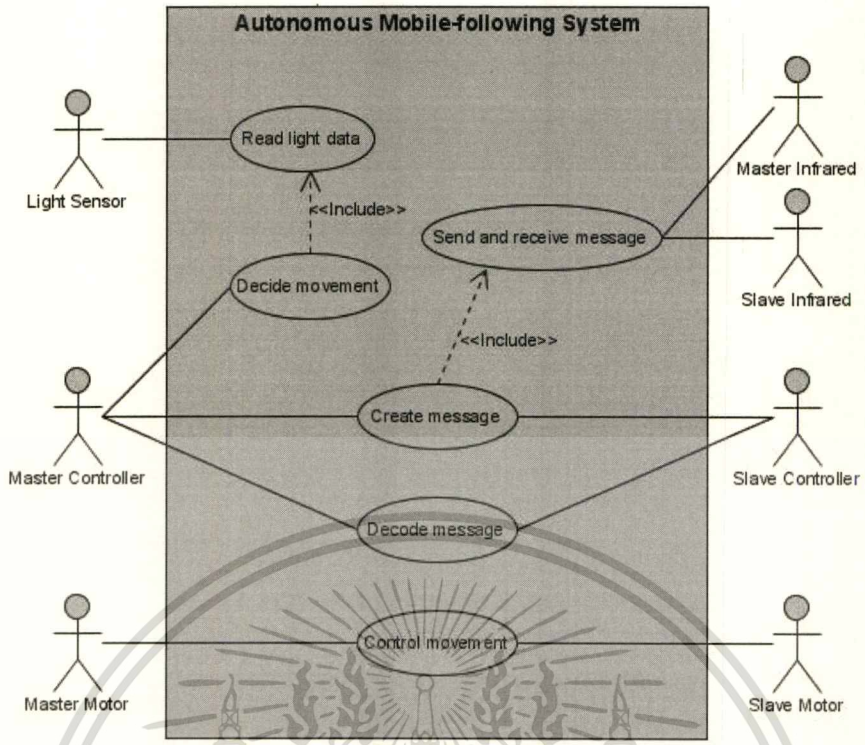
   นอกจากนี้ยังมีแถบสีดำแทรกอยู่ในทั้งพื้นที่สีขาวและพื้นที่สีเทาเพื่อให้หุ่นยนต์ทราบว่าต้องเคลื่อนที่ถอยหลัง

3.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.2.1 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram)

จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ สามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพยูสเคส เพื่อแสดงความต้องการของระบบทั้งหมดได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนภาพยูสเคสของระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ

แผนภาพยูสเคสของระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 3.1 นี้ประกอบด้วย 6 ยูสเคส ได้แก่

- ยูสเคสรับข้อมูลค่าสี (Read light data) ทำหน้าที่อ่านค่าสีจากสภาพแวดล้อมเมื่อถูกร้องขอ
- ยูสเคสเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ (Decide movement) ทำหน้าที่ตัดสินใจเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่เมื่อได้รับข้อมูลค่าสี
- ยูสเคสสร้างข้อความ (Create message)
  - กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ ยูสเคสนี้ทำหน้าที่สร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่
  - กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม ยูสเคสนี้ทำหน้าที่สร้างข้อความตอบกลับ
- ยูสเคสส่งและรับข้อความ (Send and receive message) ทำหน้าที่ส่งและรับข้อความ
- ยูสเคสแปลข้อความ (Decode message)
  - กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ ยูสเคสนี้ทำหน้าที่แปลข้อความตอบกลับที่ได้รับ
  - กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม ยูสเคสนี้ทำหน้าที่แปลข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ได้รับ
- ยูสเคสควบคุมการเคลื่อนที่ (Control movement) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยูสเคสได้ ดังนี้

เมื่อระบบเริ่มทำงาน ระบบทำการร้องขอข้อมูลค่าสีจากสถาพแวดล้อม ซึ่งแสดงด้วยยูสเคสรับข้อมูลค่าสี โดยมีแอคเตอร์ (Actor) เซนเซอร์แสง (Light Sensor) เป็นผู้กระทำยูสเคส

เมื่อยูสเคสรับข้อมูลค่าสีทำการรับค่าสีแล้ว ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ตัวนำ (Master Controller) จะใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อตัดสินใจเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ ซึ่งแสดงด้วยยูสเคสเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ จากนั้นตัวควบคุมของหุ่นยนต์ตัวนำก็จะทำการแปลงข้อมูลรูปแบบของการเคลื่อนที่ให้เป็นข้อความ (Message) โดยผ่านยูสเคสสร้างข้อความเพื่อจะส่งต่อให้หุ่นยนต์ตัวตามผ่านทางตัวรับส่งอินฟราเรด (Master Infrared) โดยผ่านยูสเคสส่งและรับข้อความ แล้วจึงดำเนินการตามข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ดังกล่าว โดยยูสเคสรับข้อมูลค่าสีกับยูสเคสเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่และยูสเคสสร้างข้อความกับยูสเคสส่งและรับข้อความนี้มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบของการ Include

หุ่นยนต์ตัวตามได้รับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่จากหุ่นยนต์ตัวนำผ่านทางตัวรับส่งอินฟราเรด (Slave Infrared) ซึ่งแสดงด้วยยูสเคสส่งและรับข้อความแล้ว ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ตัวตาม (Slave Controller) จะทำการแปลข้อความโดยยูสเคสแปลข้อความ และตรวจสอบข้อความที่ได้รับ เพื่อสร้างข้อความตอบกลับส่งกลับไปให้หุ่นยนต์ตัวนำ โดยการสร้างข้อความตอบกลับนี้แสดงด้วยยูสเคสสร้างข้อความ

เมื่อหุ่นยนต์ทั้งสองตัวมีข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เรียบร้อยแล้ว ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ทั้งสองตัวจะทำการควบคุมการเคลื่อนที่ โดยผ่านยูสเคสควบคุมการเคลื่อนที่ ซึ่งมีแอคเตอร์มอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวนำ (Master motor) และแอคเตอร์มอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวตาม (Slave motor) เป็นผู้กระทำยูสเคสดังกล่าว

3.2.2 คำอธิบายยูสเคส (Use Case Description)

ตารางที่ 3.1 คำอธิบายยูสเคสรับข้อมูลค่าสี (Read light data)

Use Case Name : รับข้อมูลค่าสี	ID : 1	Importance Level : High
Primary Actor : เซนเซอร์แสง (Light Sensor)	Use Case Type : Function	
Brief Description : ระบบรับข้อมูลค่าสีจากเซนเซอร์แสง		
Pre-Condition : ทำการเปิดสวิตซ์เพื่อให้ระบบเริ่มทำงาน		
Post-Condition : -		
Trigger : เซนเซอร์แสงอ่านข้อมูลค่าสี		
Relationships : Association : เซนเซอร์แสง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Normal Flow of Events : 1. ระบบเริ่มทำงานโดยการเปิดสวิตซ์ 2. ระบบทำการเก็บข้อมูลค่าสีจากสภาพแวดล้อมเพื่อใช้ตัดสินใจในการเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ โดยใช้ปุ่ม Prgm เพื่อบันทึกข้อมูลค่าสี 3. ระบบเริ่มเคลื่อนที่ 4. เซนเซอร์แสงอ่านข้อมูลค่าสีในขณะที่ระบบทำการเคลื่อนที่
Exceptional Conditions : -

ตารางที่ 3.2 คำอธิบายยูสเคสเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ (Decide movement)

Use Case Name : เลือกรูปแบบการเคลื่อนที่	ID : 2	Importance Level : High
Primary Actor : ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ตัวนำ (Master Controller)	Use Case Type : Function	
Brief Description : ระบบตัดสินใจเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่		
Pre-Condition : ระบบได้รับข้อมูลค่าสีจากเซนเซอร์แสงแล้ว		
Post-Condition : ระบบเคลื่อนที่ตามรูปแบบของการเคลื่อนที่		
Trigger : เซนเซอร์แสงอ่านข้อมูลค่าสี		
Relationships : Association : ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ตัวนำ Include : Read light data		
Normal Flow of Events : 1. ระบบได้รับข้อมูลค่าสีจากเซนเซอร์แสง 2. ระบบทำการตรวจสอบค่าสีและประมวลผลเพื่อเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยถ้าข้อมูลค่าสีที่อ่านได้ไม่ใช่ค่าสีดำ ระบบจะทำการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า แต่หากข้อมูลค่าสีที่อ่านได้เป็นค่าสีดำ ระบบจะทำการถอยไปข้างหลัง 3. ระบบทำการเคลื่อนที่ไปตามสภาพแวดล้อม		
Exceptional Conditions : -		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 คำอธิบายยูสเคสสร้างข้อความ (Create message)

Use Case Name : สร้างข้อความ	ID : 3	Importance Level : High
Primary Actor : ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ (Master Controller and Slave Controller)	Use Case Type : Function	
Brief Description : ระบบสร้างข้อความเพื่อใช้ในการส่ง		
Pre-Condition : **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ** : เมื่อระบบเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้แล้ว **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม** : เมื่อระบบได้รับข้อความจากหุ่นยนต์ตัวนำ		
Post-Condition : **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ** : ระบบสร้างข้อความรูปแบบของการเคลื่อนที่ **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม** : ระบบสร้างข้อความตอบกลับ		
Trigger : เมื่อตัวควบคุมของหุ่นยนต์ตัวนำเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ได้แล้ว		
Relationships : Association : ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ Include : Send and receive message		
Normal Flow of Events : **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ** 1. ระบบสร้างข้อความรูปแบบของการเคลื่อนที่ 1.1 ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน ให้ข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็น ‘111’ หรือ ‘112’ 1.2 ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ถอยหลังในสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน ให้ข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็น ‘121’ หรือ ‘122’ 1.3 ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน ให้ข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็น ‘211’ หรือ ‘212’ 1.4 ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ถอยหลังในสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน ให้ข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็น ‘221’ หรือ ‘222’ **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม** 1. ระบบสร้างข้อความเพื่อตอบกลับ 1.1 ถ้าระบบได้รับข้อความการเคลื่อนที่แล้ว ให้สร้างข้อความตอบกลับเป็นข้อความเดิมที่ได้รับมา เช่น ได้รับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็น ‘111’ ระบบจะสร้างข้อความตอบกลับเป็น ‘111’ เป็นต้น		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 คำอธิบายยูสเคสส่งและรับข้อความ (Send and receive message)

Use Case Name : ส่งและรับข้อความ	ID : 4	Importance Level : High
Primary Actor : ตัวรับส่งอินฟราเรด (Master Infrared and Slave Infrared)	Use Case Type : Function	
Brief Description : ระบบส่งและรับข้อความ		
Pre-Condition : ระบบทำการสร้างข้อความเรียบร้อยแล้ว		
Post-Condition : ระบบส่งและรับข้อความผ่านตัวรับส่งอินฟราเรด		
Trigger : ต้นทางต้องการส่งข้อความไปยังปลายทาง		
Relationships : Association : ตัวรับส่งอินฟราเรด		
Normal Flow of Events : **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ** 1. เมื่อระบบสร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่แล้ว ระบบจะส่งข้อความไปยังหุ่นยนต์ตัวตาม 2. ระบบรอรับข้อความตอบกลับจากหุ่นยนต์ตัวตาม **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม** 1. ระบบรับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่จากหุ่นยนต์ตัวนำแล้ว ทำการแปลข้อความที่ได้รับ 2. ระบบสร้างข้อความตอบกลับแล้ว ระบบจะส่งข้อความตอบกลับกลับไปยังหุ่นยนต์ตัวนำ		
Exceptional Conditions : -		

ตารางที่ 3.5 คำอธิบายยูสเคสแปลข้อความ (Decode message)

Use Case Name : แปลข้อความ	ID : 5	Importance Level : High
Primary Actor : ตัวควบคุมของหุ่นยนต์ (Master Controller and Slave Controller)	Use Case Type : Function	
Brief Description : ระบบแปลข้อความที่ได้รับ		
Pre-Condition : ระบบได้รับข้อความ		
Post-Condition : **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ** : ระบบแปลข้อความตอบกลับได้ **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม** : เมื่อระบบแปลข้อความรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้		
Trigger : ระบบได้รับข้อความผ่านทางตัวรับส่งอินฟราเรด		
Relationships : Association : ตัวควบคุมของหุ่นยนต์		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

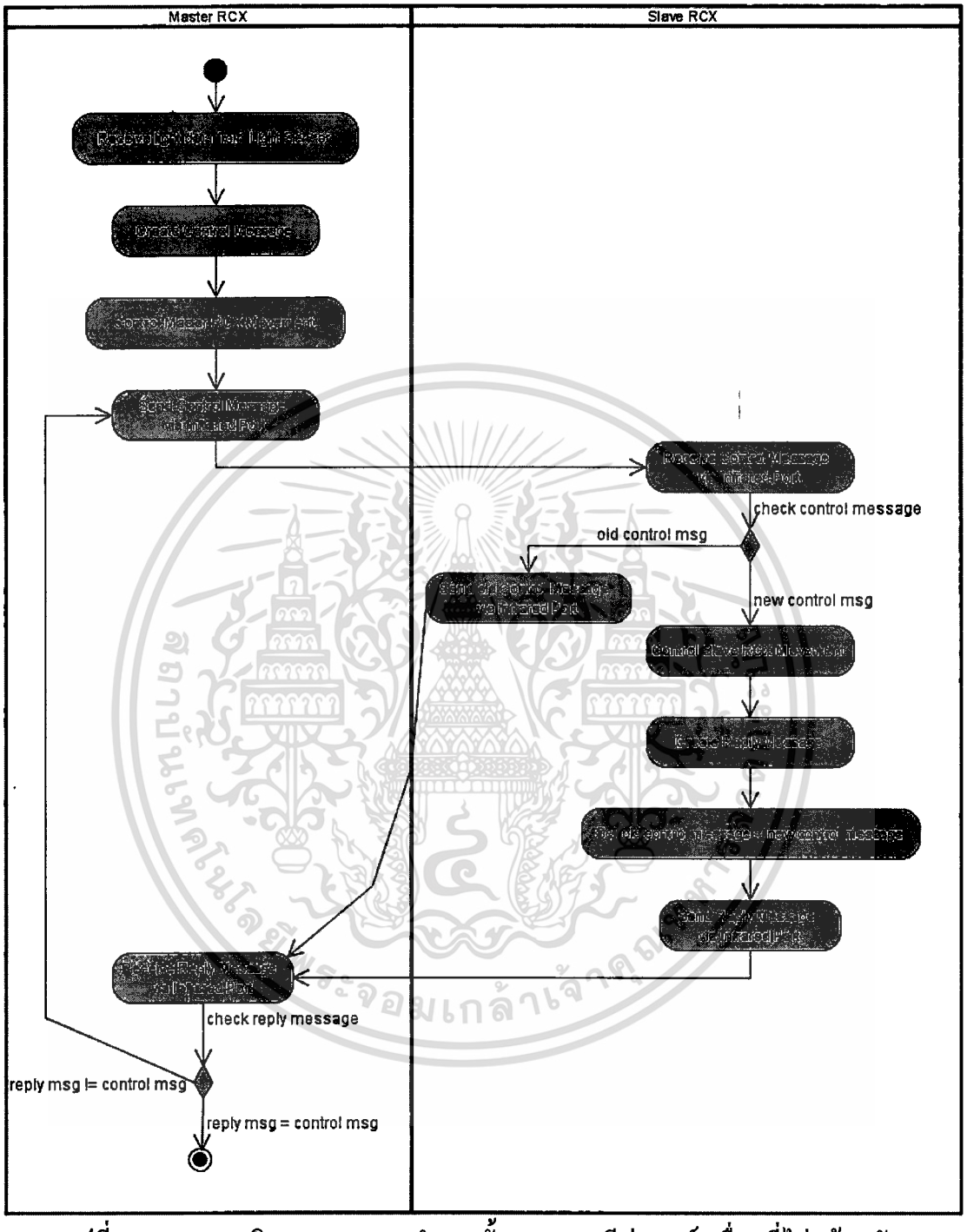
Normal Flow of Events : **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวนำ** 1. ระบบแปลข้อความตอบกลับที่ได้รับจากหุ่นยนต์ตัวตาม **กรณีต้นทางคือหุ่นยนต์ตัวตาม** 1. ระบบแปลข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ได้รับจากหุ่นยนต์ตัวนำ
Exceptional Conditions : -

ตารางที่ 3.6 คำอธิบายยูสเคสควบคุมการเคลื่อนที่ (Control movement)

Use Case Name : ควบคุมการเคลื่อนที่	ID : 6	Importance Level : High
Primary Actor : มอเตอร์ (Master Motor and Slave Motor)	Use Case Type : Function	
Brief Description : ระบบควบคุมการเคลื่อนที่		
Pre-Condition : ทั้งหุ่นยนต์ตัวนำและตัวตามมีข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่แล้ว		
Post-Condition : ระบบเคลื่อนที่ได้ถูกต้องตามลักษณะของสภาพแวดล้อม		
Trigger : ระบบดำเนินการส่งและรับข้อความเสร็จสิ้นแล้ว		
Relationships : Association : มอเตอร์		
Normal Flow of Events : 1. หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า หรือเคลื่อนที่ถอยหลัง		
Exceptional Conditions : -		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram)



รูปที่ 3.2 แผนภาพกิจกรรมของการทำงานทั้งระบบ กรณีหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน

จากแผนภาพกิจกรรมของการทำงานทั้งระบบ กรณีหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อระบบเริ่มทำงาน หุ่นยนต์ตัวนำรับข้อมูลค่าสีจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาประมวลผลเพื่อเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่เพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่และสร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ จากนั้นหุ่นยนต์ตัวนำเริ่มเคลื่อนที่ตามรูปแบบของการเคลื่อนที่

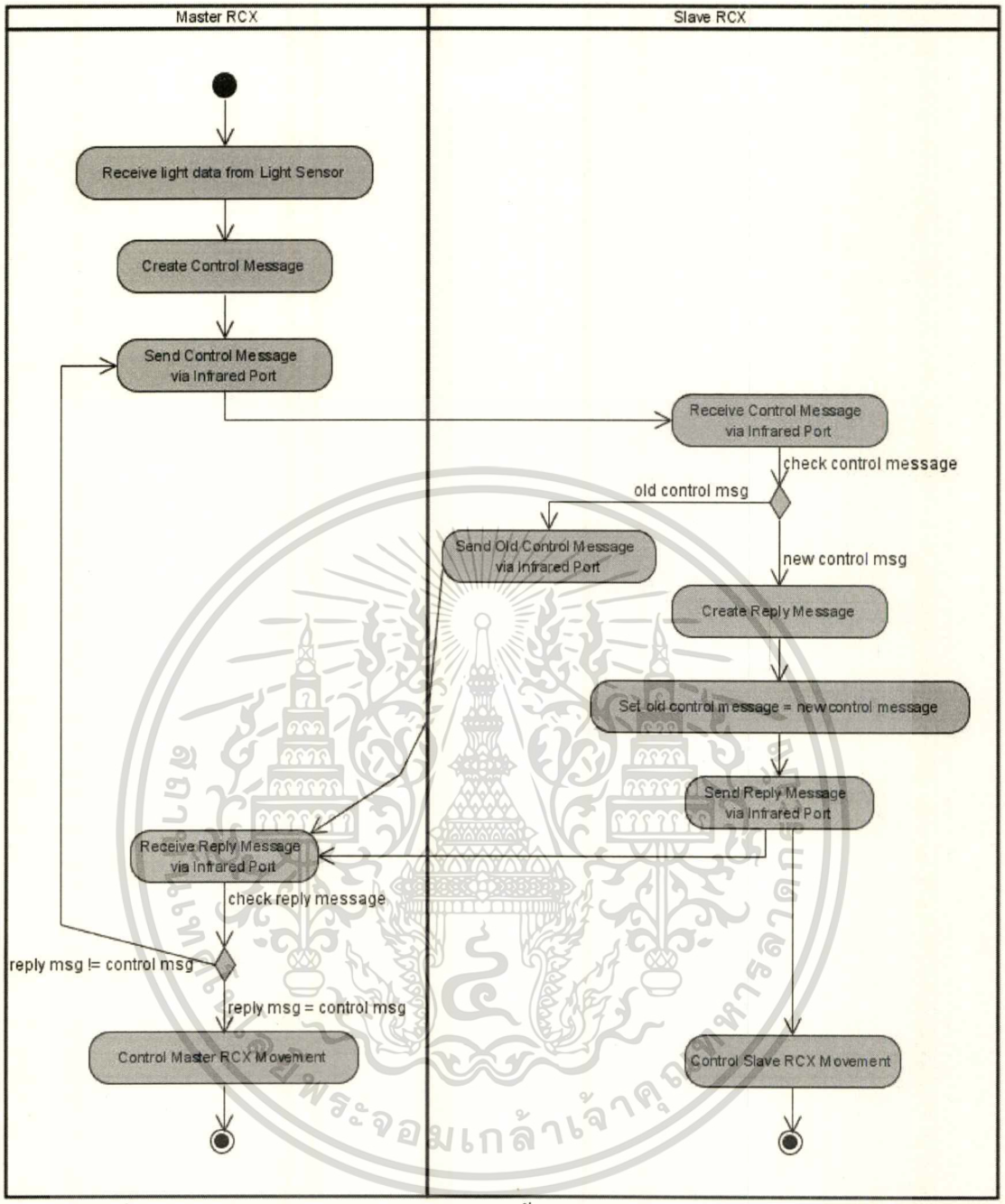
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ไปให้หุ่นยนต์ตัวตามหลังจากที่หุ่นยนต์ตัวนำเคลื่อนที่ไปเรียบร้อยแล้ว เพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ตามหุ่นยนต์ตัวนำได้

เมื่อหุ่นยนต์ตัวตามได้รับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ตัวตามจะทำการตรวจสอบว่าข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็นข้อความเดิมหรือไม่ หากไม่ใช่ข้อความเดิม หุ่นยนต์ตัวตามจะเริ่มเคลื่อนที่ตามข้อความที่ได้รับ และเมื่อเคลื่อนที่ไปเรียบร้อยแล้วจึงจะทำการสร้างข้อความเพื่อตอบกลับไปให้หุ่นยนต์ตัวนำ แต่หากข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็นข้อความเดิม หุ่นยนต์ตัวตามจะส่งข้อความเดิมนั้นกลับไปให้หุ่นยนต์ตัวนำ

หุ่นยนต์ตัวนำเมื่อได้รับข้อความตอบกลับแล้ว จะทำการตรวจสอบว่าข้อความตอบกลับที่ได้รับมานั้นตรงกับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ส่งไปหรือไม่ หากข้อความตรงกันแล้วถือเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการ แต่หากข้อความไม่ตรงกันแสดงว่าหุ่นยนต์ตัวตามไม่ได้รับความจากหุ่นยนต์ตัวนำ ดังนั้นหุ่นยนต์ตัวนำจะส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เดิมไปให้หุ่นยนต์ตัวตามอีกครั้งแล้วรอรับข้อความตอบกลับ ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าข้อความตอบกลับที่ได้รับตรงกับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ส่งไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนภาพกิจกรรมของการทำงานทั้งระบบ กรณีหุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน

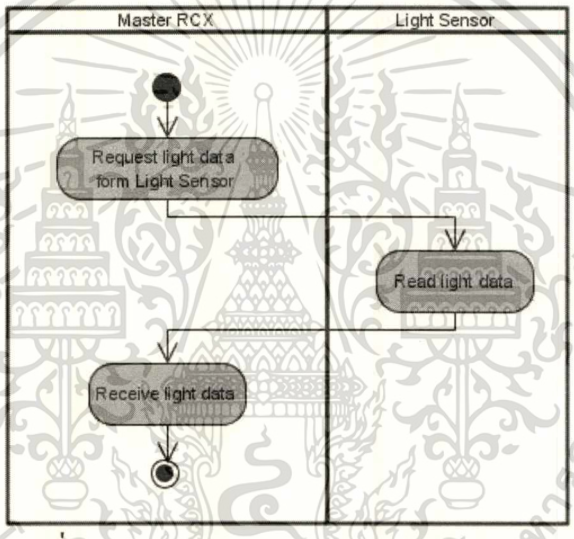
จากแผนภาพกิจกรรมของการทำงานทั้งระบบ กรณีหุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อระบบเริ่มทำงาน หุ่นยนต์ตัวนำรับข้อมูลค่าสีจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาประมวลผลเพื่อเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่และสร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เพื่อส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ดังกล่าวไปให้หุ่นยนต์ตัวตาม

เมื่อหุ่นยนต์ตัวตามได้รับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ตัวตามจะทำการตรวจสอบว่าข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็นข้อความเดิมหรือไม่ หากไม่ใช่ข้อความเดิม หุ่นยนต์ตัวตามจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการสร้างข้อความเพื่อตอบกลับไปให้หุ่นยนต์ตัวนำ แต่หากข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เป็นข้อความเดิม หุ่นยนต์ตัวตามจะส่งข้อความเดิมนั้นกลับไปให้หุ่นยนต์ตัวนำ

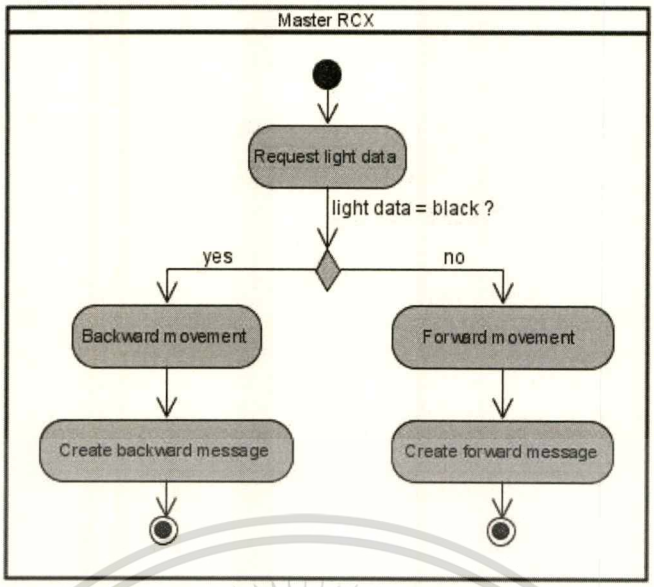
หุ่นยนต์ตัวนำเมื่อได้รับข้อความตอบกลับแล้ว จะทำการตรวจสอบว่าข้อความตอบกลับที่ได้รับมานั้นตรงกับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ส่งไปหรือไม่ หากข้อความตรงกันแล้ว หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจึงเริ่มเคลื่อนที่ไปตามรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยเคลื่อนที่ออกไปพร้อมๆ กัน แต่หากข้อความไม่ตรงกันแสดงว่าหุ่นยนต์ตัวตามไม่ได้รับความจากหุ่นยนต์ตัวนำ ดังนั้นหุ่นยนต์ตัวนำจะทำการส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เดิมไปให้หุ่นยนต์ตัวตามอีกครั้งแล้วรอรับข้อความตอบกลับทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าข้อความตอบกลับที่ได้รับตรงกับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ส่งไป



รูปที่ 3.4 แผนภาพกิจกรรมของการรับข้อมูลค่าสี

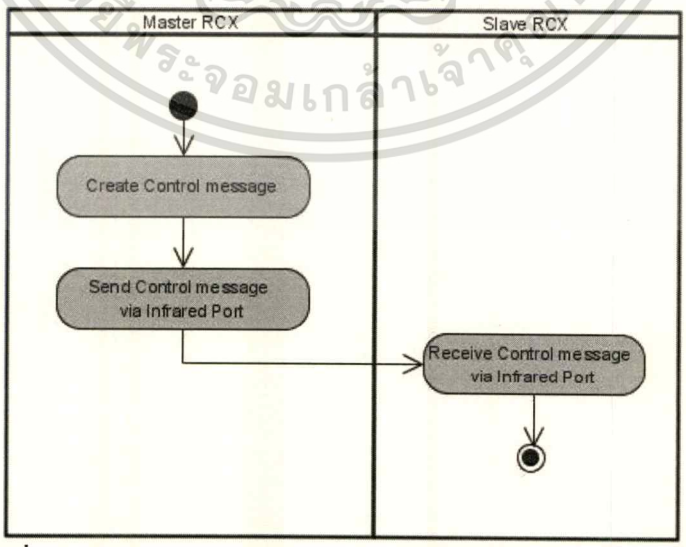
จากแผนภาพกิจกรรมของการรับข้อมูลค่าสีดังแสดงในรูปที่ 3.4 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อระบบเริ่มทำงาน จะมีการร้องขอข้อมูลค่าสีของสิ่งแวดล้อมจากเซนเซอร์แสง เมื่อเซนเซอร์แสงได้รับการร้องขอก็จะทำการอ่านข้อมูลค่าสี ณ เวลานั้นแล้วส่งข้อมูลกลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผนภาพกิจกรรมของการเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่และการสร้างข้อความ

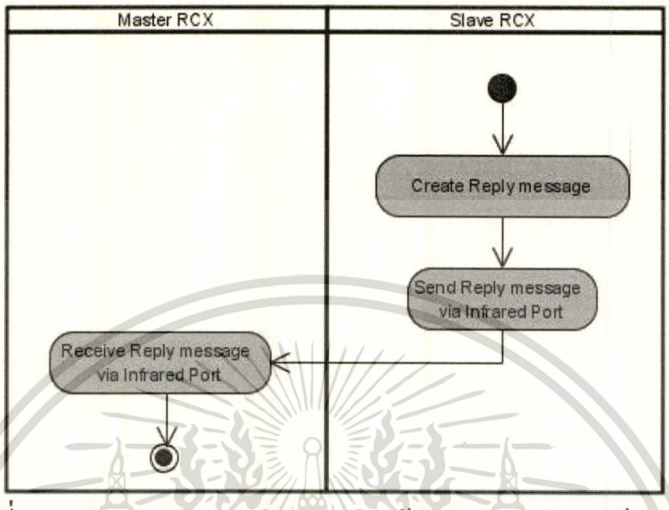
จากแผนภาพกิจกรรมของการเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่และการสร้างข้อความ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อระบบได้รับข้อมูลสิ่งแวดล้อมจากเซนเซอร์แสงแล้ว ระบบจะนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณเพื่อตัดสินใจว่าระบบจะต้องเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือเคลื่อนที่ถอยหลัง โดยระบบจะเคลื่อนที่ถอยหลังก็ต่อเมื่อระบบได้รับข้อมูลค่าสีเป็นค่าสีดำ หากข้อมูลค่าสีไม่ใช่ค่าสีดำ ระบบจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เมื่อระบบตัดสินใจแล้วว่าต้องเคลื่อนที่ไปทิศทางใด ก็จะนำรูปแบบการเคลื่อนที่นั้นไปสร้างเป็นข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เพื่อส่งให้หุ่นยนต์ตัวตามผ่านตัวรับส่งอินฟราเรด



รูปที่ 3.6 แผนภาพกิจกรรมของการส่งข้อความของหุ่นยนต์ตัวนำ

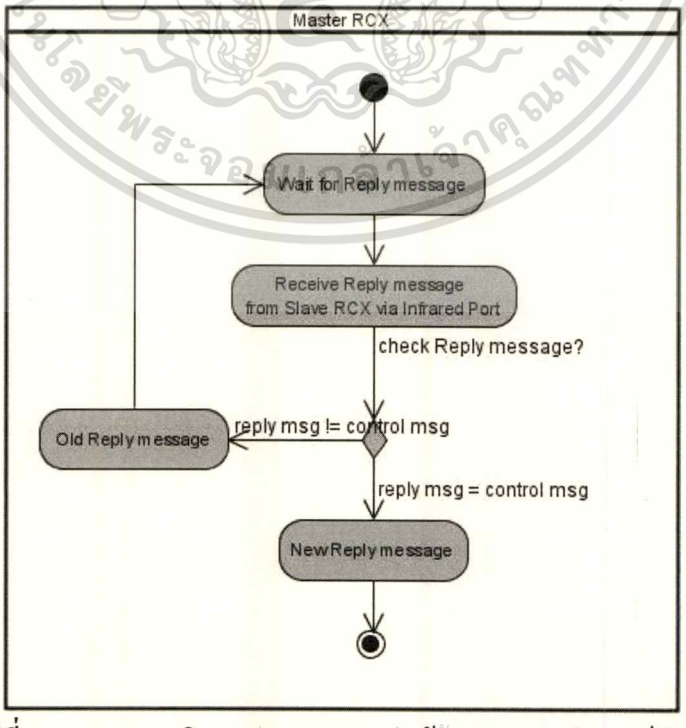
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพกิจกรรมของการส่งข้อความของหุ่นยนต์ตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อหุ่นยนต์ตัวนำสร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เรียบร้อยแล้ว หุ่นยนต์ตัวนำจะส่งข้อความดังกล่าวไปให้หุ่นยนต์ตัวตามโดยผ่านตัวรับส่งอินฟราเรด



รูปที่ 3.7 แผนภาพกิจกรรมของการส่งข้อความของหุ่นยนต์ตัวตาม

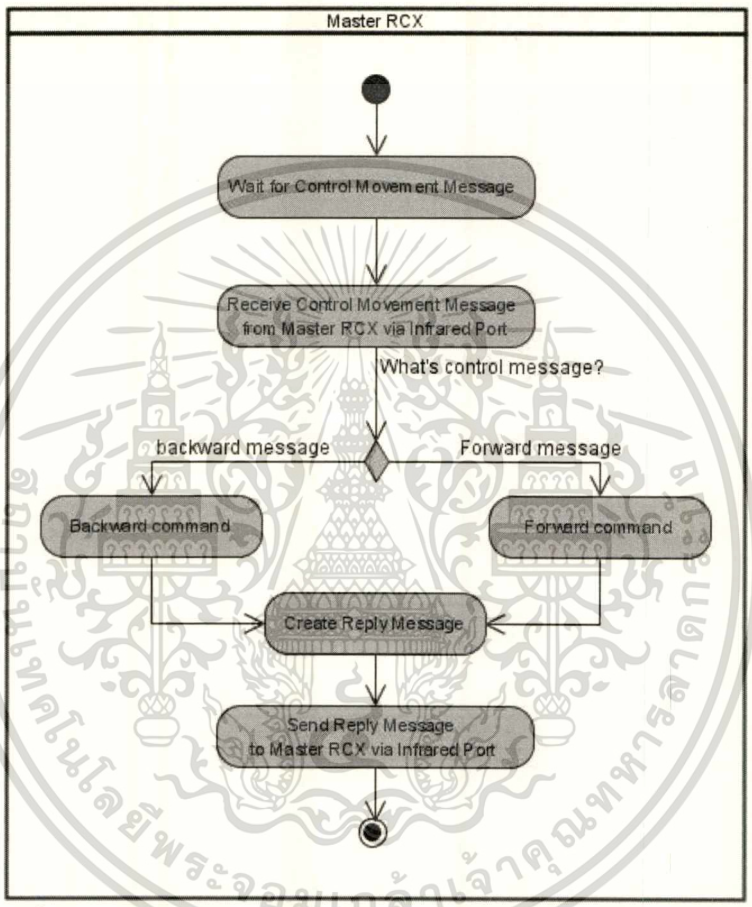
จากแผนภาพกิจกรรมของการส่งข้อความของหุ่นยนต์ตัวตาม ดังแสดงในรูปที่ 3.7 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อหุ่นยนต์ตัวตามสร้างข้อความตอบกลับเรียบร้อยแล้ว หุ่นยนต์ตัวตามจะส่งข้อความดังกล่าวไปให้หุ่นยนต์ตัวนำโดยผ่านตัวรับส่งอินฟราเรด



รูปที่ 3.8 แผนภาพกิจกรรมของการแปลข้อความของหุ่นยนต์ตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพกิจกรรมของการแปลข้อความของหุ่นยนต์ตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อหุ่นยนต์ตัวนำได้รับข้อความตอบกลับจากหุ่นยนต์ตัวตาม ระบบจะทำการตรวจสอบว่าข้อความตอบกลับที่ได้รับมานั้นตรงกับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ส่งไปหรือไม่ หากข้อความไม่ตรงกัน หุ่นยนต์ตัวนำจะส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เดิมไปให้หุ่นยนต์ตัวตามอีกครั้งแล้วรอรับข้อความตอบกลับ

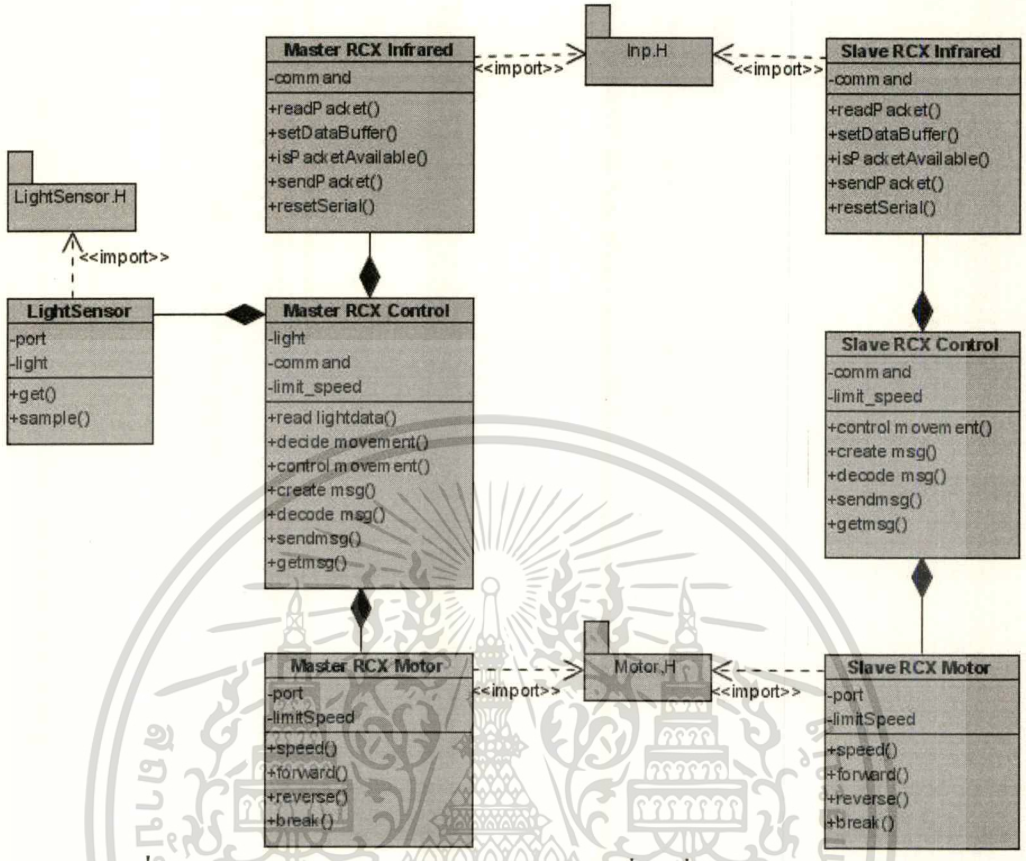


รูปที่ 3.9 แผนภาพกิจกรรมของการแปลข้อความของหุ่นยนต์ตัวตาม

จากแผนภาพกิจกรรมของการแปลข้อความของหุ่นยนต์ตัวตาม ดังแสดงในรูปที่ 3.9 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อหุ่นยนต์ตัวตามได้รับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่จากหุ่นยนต์ตัวนำ ระบบจะทำการตรวจสอบว่าข้อความที่ได้รับนั้นเป็นการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือเคลื่อนที่ถอยหลัง จากนั้นจึงสร้างข้อความตอบกลับและส่งกลับไปให้หุ่นยนต์ตัวนำต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 แผนภาพคลาส (Class Diagram)



รูปที่ 3.10 แผนภาพคลาสของระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ

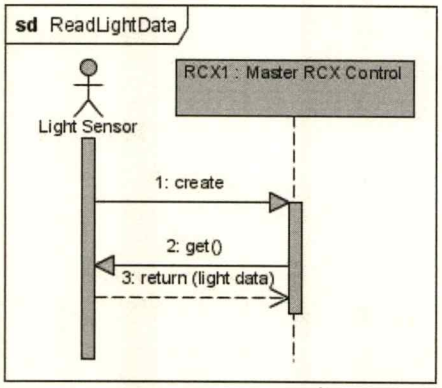
จากแผนภาพคลาสของระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ซึ่งประกอบด้วยคลาสต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

- คลาสควบคุมหุ่นยนต์ตัวนำ (Master RCX Control) เป็นคลาสที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ตัวนำ โดยทำการรับข้อมูลค่าสีจากคลาสเซนเซอร์แสง เพื่อนำข้อมูลค่าสีมาวิเคราะห์หารูปแบบการเคลื่อนที่ มีเมดธอดที่สำคัญ ดังนี้
  - เมธอด read lightdata ทำหน้าที่ร้องขอข้อมูลค่าสี โดยเรียกใช้คลาสเซนเซอร์แสง
  - เมดธอด decide movement ทำหน้าที่วิเคราะห์การเดินทางของหุ่นยนต์ โดยนำข้อมูลค่าสีที่ได้จากคลาสเซนเซอร์แสงมาวิเคราะห์เพื่อเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่
  - เมดธอด create msg ทำหน้าที่สร้างข้อความของรูปแบบการเคลื่อนที่เพื่อส่งไปยังหุ่นยนต์ตัวตามโดยใช้เมดธอด sendmsg ส่งผ่านคลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวนำ
  - เมดธอด control movement ทำหน้าที่สั่งให้คลาสมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวนำทำงานโดยเรียกใช้คลาสมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวนำ (Master RCX Infrared) เป็นคลาสที่ทำหน้าที่รับคำสั่งจากคลาสควบคุมหุ่นยนต์ตัวนำเพื่อส่งคำสั่งไปยังคลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวตาม โดยมีการเรียกใช้แพ็คเกจ (package) lnp.H เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว
- คลาสมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวนำ (Master RCX Motor) เป็นคลาสที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวนำ โดยมีการเรียกใช้แพ็คเกจ Motor.H เพื่อใช้ในการบังคับการหมุนของมอเตอร์
- คลาสเซนเซอร์แสง (LightSensor) เป็นคลาสของเซนเซอร์แสง โดยมีการเรียกใช้แพ็คเกจ LightSensor.H เพื่อใช้ในการอ่านข้อมูลค่าสี
- คลาสควบคุมหุ่นยนต์ตัวตาม (Slave RCX Control) เป็นคลาสที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ตัวตาม โดยรอรับข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่จากคลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวตาม มีเมดธอดที่สำคัญ ดังนี้
  - เมดธอด getmsg ทำหน้าที่รอรับข้อความรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยเรียกใช้คลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวตาม
  - เมดธอด decode msg ทำหน้าที่แปลข้อความที่ได้รับให้เป็นคำสั่ง เพื่อนำคำสั่งนั้นไปสั่งให้คลาสมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวตามทำงานผ่านเมดธอด control movement โดยเรียกใช้คลาสมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวตาม
- คลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวตาม (Slave RCX Infrared) เป็นคลาสที่ทำหน้าที่รับคำสั่งจากคลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวนำ โดยมีการเรียกใช้แพ็คเกจ lnp.h เพื่อรับส่งข้อมูล
- คลาสมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวตาม (Slave RCX Motor) เป็นคลาสที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวตาม โดยมีการเรียกใช้แพ็คเกจ Motor.H เพื่อใช้ในการบังคับการหมุนของมอเตอร์

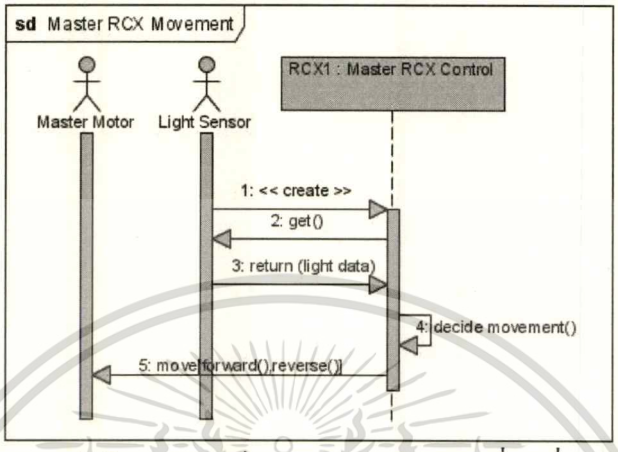
3.2.5 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ (Sequence Diagram)



รูปที่ 3.11 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการรับข้อมูลค่าสี

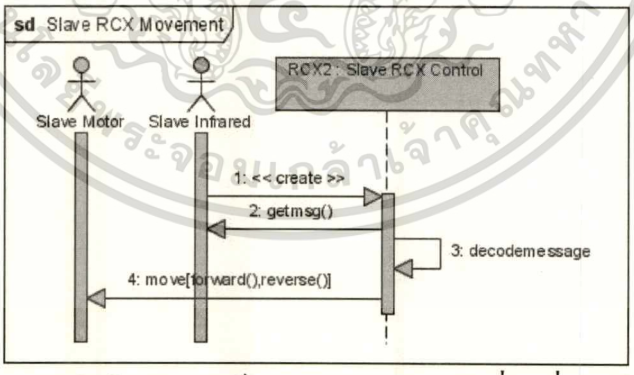
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพแสดงแผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการรับข้อมูลค่าสี ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ระบบจะทำการร้องขอข้อมูลค่าสีจากเซนเซอร์แสงเพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.12 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวนำ

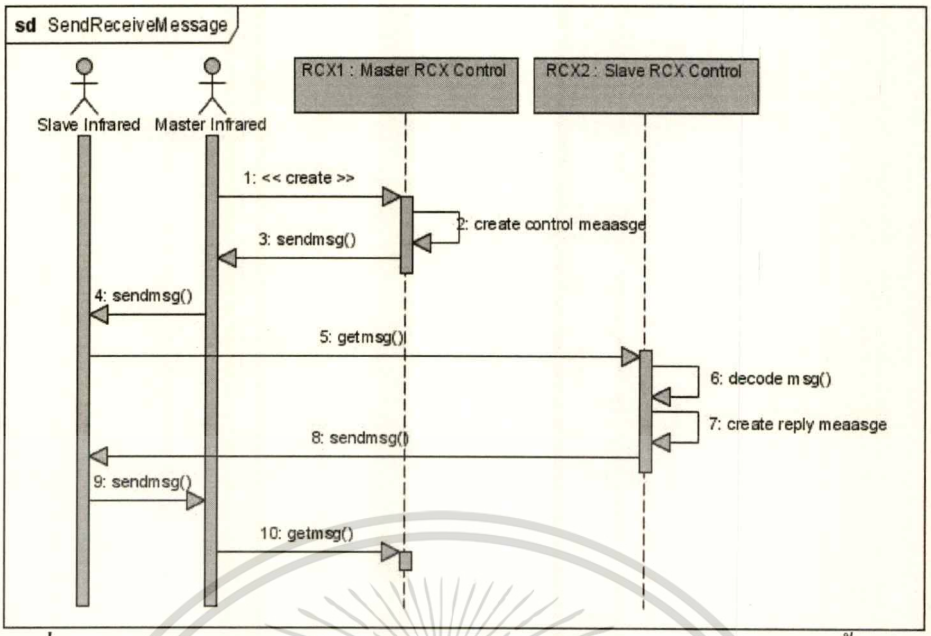
จากภาพแสดงแผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 เมื่อระบบได้รับข้อมูลค่าสีจากเซนเซอร์แสงแล้ว ระบบจะทำการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่เพื่อควบคุมมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวนำ ให้หุ่นยนต์ตัวนำสามารถเคลื่อนที่ไปตามสภาพแวดล้อมที่จำลองขึ้นได้



รูปที่ 3.13 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวตาม

จากภาพแสดงแผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวตาม ดังแสดงในรูปที่ 3.13 เมื่อหุ่นยนต์ตัวตามได้รับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่จากหุ่นยนต์ตัวนำผ่านตัวรับส่งอินฟราเรดแล้ว ระบบจะแปลข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ได้รับเพื่อควบคุมมอเตอร์ของหุ่นยนต์ตัวตาม ให้หุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ไปตามหุ่นยนต์ตัวนำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

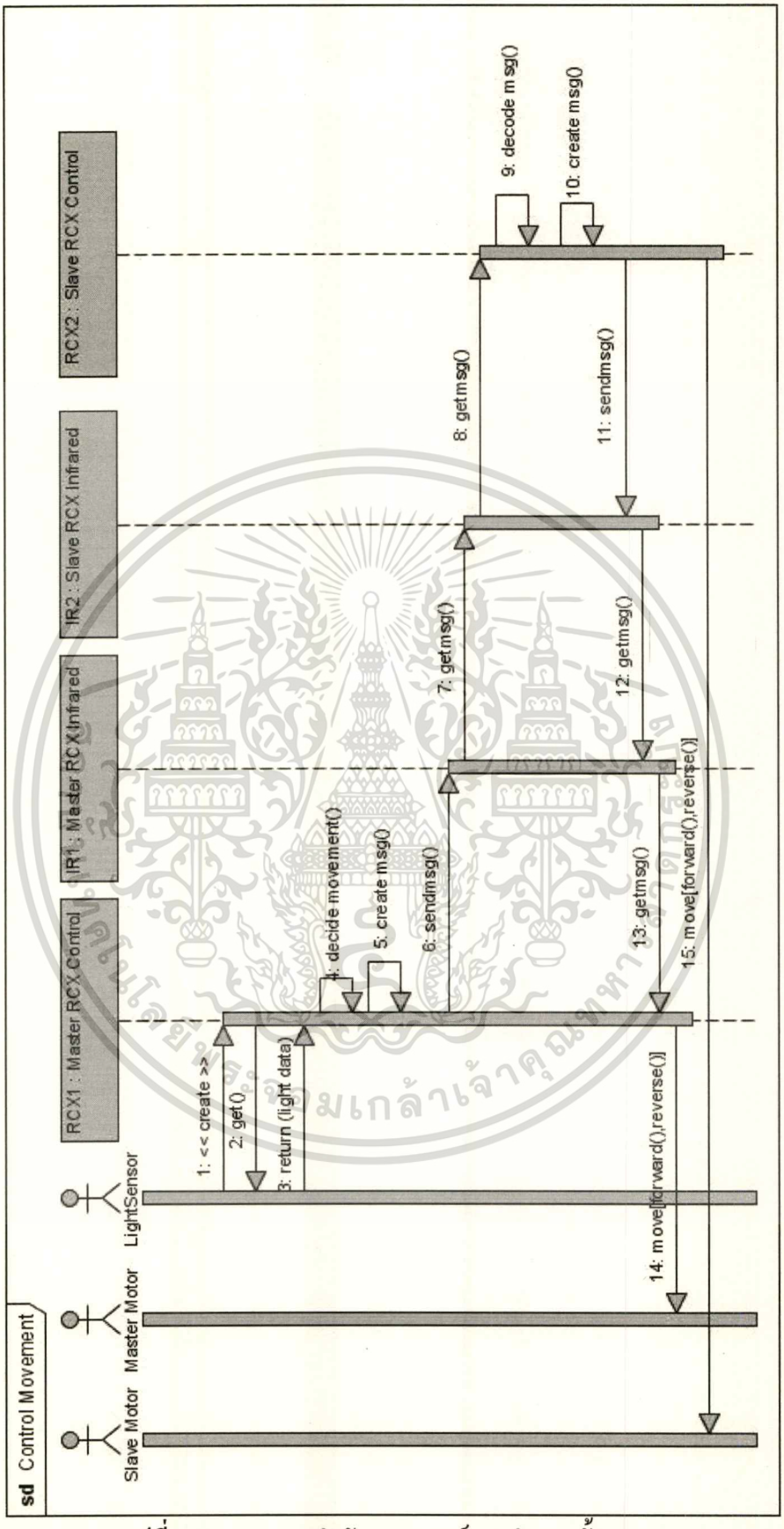


รูปที่ 3.14 แผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการรับส่งข้อความระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว

จากภาพแสดงแผนภาพลำดับเหตุการณ์ของการรับส่งข้อความระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.14 เมื่อหุ่นยนต์ตัวนำสร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ขึ้นมาเรียบร้อยแล้ว คลาสควบคุมของหุ่นยนต์ตัวนำจะทำการส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ดังกล่าวไปให้หุ่นยนต์ตัวตามผ่านตัวรับส่งอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวนำ

หุ่นยนต์ตัวตามได้รับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ผ่านตัวรับส่งอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวตามแล้ว คลาสควบคุมของหุ่นยนต์ตัวตามจะทำการแปลข้อความที่ได้ และสร้างข้อความเพื่อตอบกลับไปยังหุ่นยนต์ตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แผนภาพลำดับเหตุการณ์การทำงานทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพแสดงแผนภาพลำดับเหตุการณ์การทำงานทั้งระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 เมื่อคลาสควบคุมของหุ่นยนตัวนำได้รับข้อมูลค่าสีจากเซนเซอร์แสงแล้ว จะนำข้อมูลค่าสีที่ได้ไปใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่และสร้างข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่เพื่อส่งให้หุ่นยนต์ตัวตามผ่านคลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวนำ

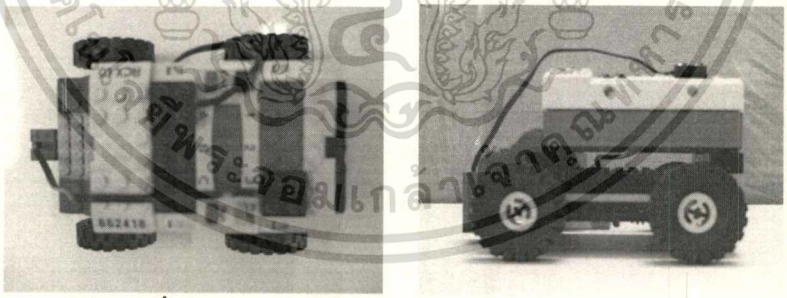
หุ่นยนต์ตัวตามรับข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่จากหุ่นยนต์ตัวนำผ่านคลาสอินฟราเรดของหุ่นยนต์ตัวตาม จากนั้นคลาสควบคุมของหุ่นยนต์ตัวตามจะทำการแปลข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ได้รับและสร้างข้อความตอบกลับเพื่อส่งกลับให้หุ่นยนต์ตัวนำต่อไป

เมื่อหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวมีข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่แล้ว คลาสควบคุมของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจะสั่งให้มอเตอร์ของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวทำงานเพื่อเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือเคลื่อนที่ถอยหลังต่อไป

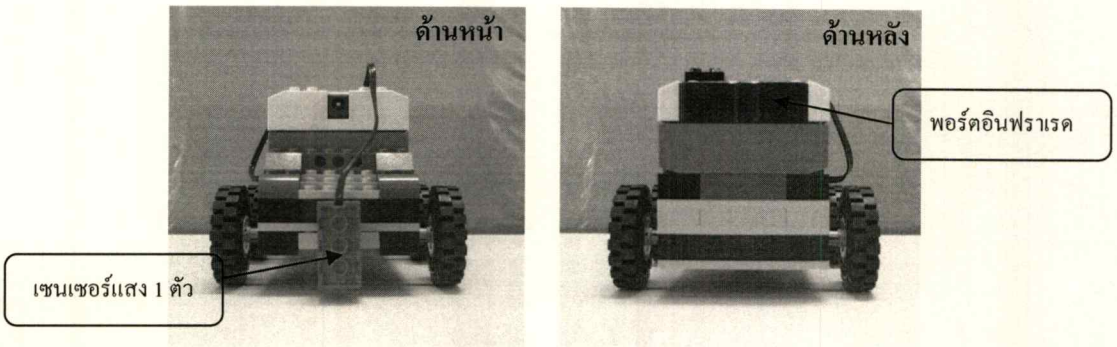
3.3 การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติและสนามทดลอง

3.3.1 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์

จากการวิเคราะห์ความต้องการของแอปพลิเคชัน พบว่าสามารถออกแบบให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว มีโครงสร้างที่เหมือนกันได้ โดยหุ่นยนต์ตัวนำจะต้องสามารถเคลื่อนที่ไปตามสภาพแวดล้อมจำลองที่สร้างขึ้นได้ ดังนั้นโครงสร้างของหุ่นยนต์ตัวนำจะประกอบด้วย มอเตอร์ 1 พอร์ต เซนเซอร์แสง 1 พอร์ต และพอร์ตอินฟราเรด 1 พอร์ต รูปที่ 3.16-3.17 เป็นการแสดงส่วนประกอบของหุ่นยนต์ตัวนำ



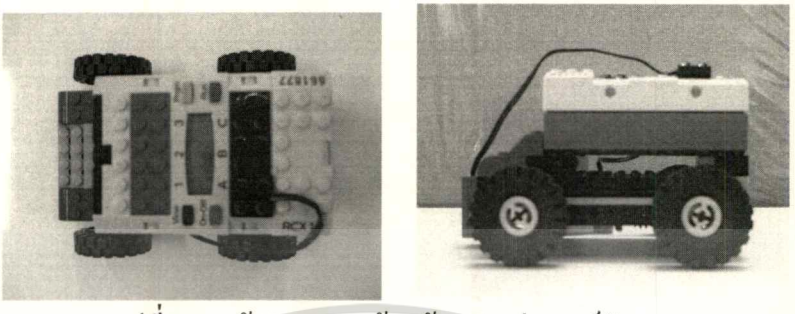
รูปที่ 3.16 ด้านบนและด้านข้างของหุ่นยนต์ตัวนำ



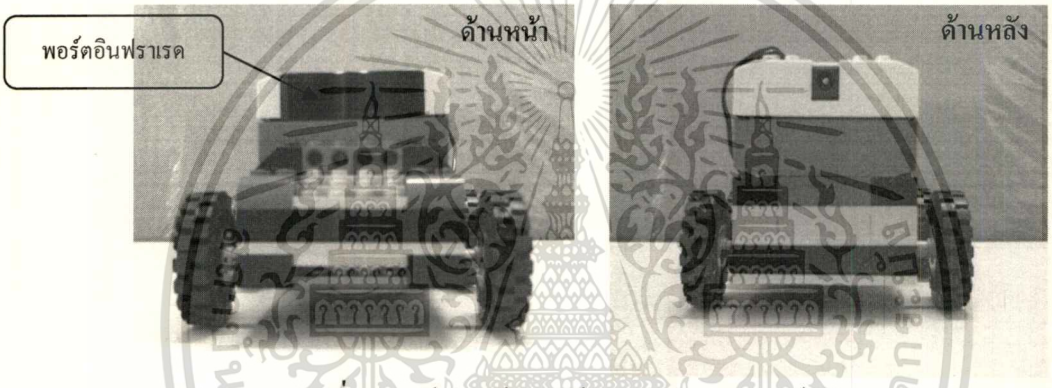
รูปที่ 3.17 ด้านหน้าและด้านหลังของหุ่นยนต์ตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหุ่นยนต์ตัวตามจะคอยรับข้อความจากหุ่นยนต์ตัวนำเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่เท่านั้น ดังนั้นหุ่นยนต์ตัวตามจะมีเพียงมอเตอร์ 1 พอร์ต และพอร์ตอินฟราเรด 1 พอร์ต รูปที่ 3.18-3.19 เป็นการแสดงส่วนประกอบของหุ่นยนต์ตัวตาม

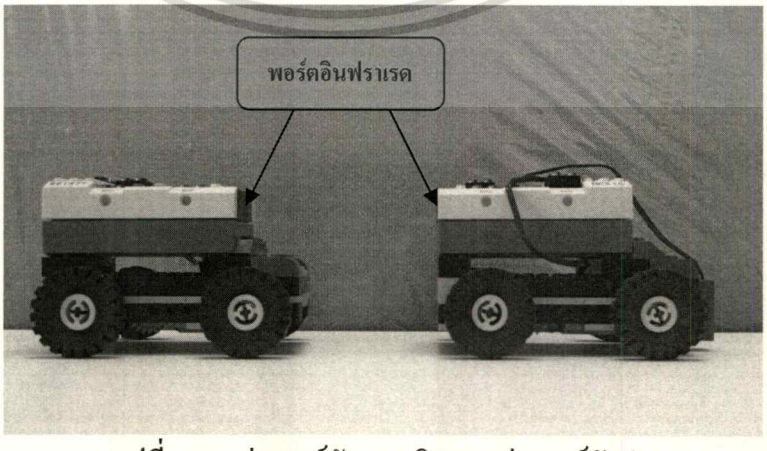


รูปที่ 3.18 ด้านบนและด้านข้างของหุ่นยนต์ตัวตาม



รูปที่ 3.19 ด้านหน้าและด้านหลังของหุ่นยนต์ตัวตาม

สำหรับพอร์ตอินฟราเรดนั้น จะต้องหันตัวควบคุมให้พอร์ตอินฟราเรดตรงกัน เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลจากหุ่นยนต์ตัวนำไปยังหุ่นยนต์ตัวตาม ดังแสดงในรูป 3.20



รูปที่ 3.20 หุ่นยนต์ตัวตามเดินตามหุ่นยนต์ตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

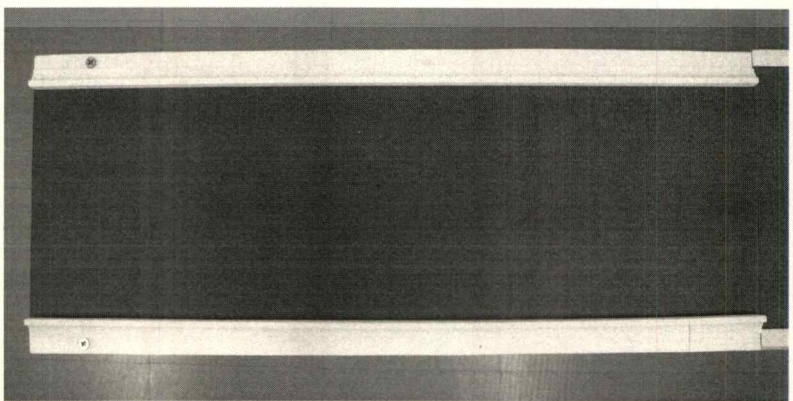
3.3.2 การออกแบบสนามทดลอง

จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ สภาพแวดล้อมที่จำลองขึ้นประกอบด้วยสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน ซึ่งจำลองให้เป็นเหตุการณ์ที่หุ่นยนต์ตัวนำไม่ทราบสถานการณ์ข้างหน้า จึงต้องเคลื่อนที่ไปก่อนเพื่อสำรวจสถานการณ์ เมื่อหุ่นยนต์ตัวนำเคลื่อนที่ผ่านไปได้แล้ว จึงส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ให้หุ่นยนต์ตัวตามเพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ตามมา และสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน ซึ่งจำลองให้เป็นเหตุการณ์ที่หุ่นยนต์ตัวนำทราบถึงสถานการณ์ข้างหน้าแล้ว หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจึงสามารถเคลื่อนที่ไปพร้อมกันได้ โดยออกแบบให้สภาพสนามทดลองประกอบด้วย 2 สภาพแวดล้อม ดังนี้

1. สภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน จะประกอบด้วยพื้นที่สีขาวเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และมีแถบสีดำเพื่อให้หุ่นยนต์ทราบว่าจะต้องเคลื่อนที่ถอยหลัง ดังแสดงในรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 สนามทดลองตามสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน

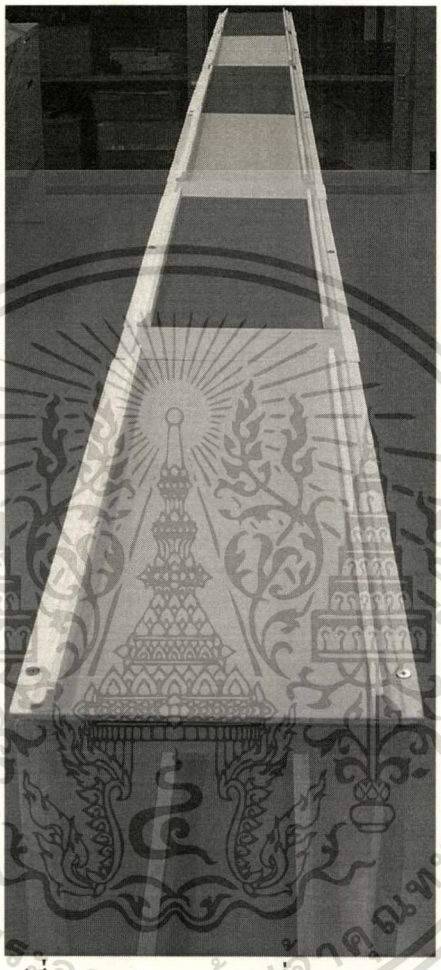
2. สภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน จะประกอบด้วยพื้นที่สีเทาเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และมีแถบสีดำเพื่อให้หุ่นยนต์ทราบว่าจะต้องเคลื่อนที่ถอยหลัง ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 สนามทดลองตามสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพสนามทดลองที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 2 สภาพแวดล้อมสลับกันไปเพื่อแสดงการทำงานของระบบ โดยเมื่อระบบอยู่ในสนามทดลองสีขาว หุ่นยนต์ตัวนำจะต้องเคลื่อนที่ไปก่อนแล้วหุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ตาม แต่หากระบบอยู่ในสนามทดลองสีเทา ทั้งหุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามจะต้องเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 สนามทดลองที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและวิเคราะห์ผล

จากการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานของระบบทั้งในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในบทที่ 3 นั้น ในบทนี้จะเป็นการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมจำลองต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยแบ่งการทดลองออกเป็นการทดลองย่อย ได้แก่ การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน และการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบผสม และสรุปผลการทดลองแต่ละการทดลองได้ดังนี้

4.1 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน

จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ จำลองเหตุการณ์ที่หุ่นยนต์ตัวนำไม่ทราบว่าสภาพแวดล้อมข้างหน้าเป็นอย่างไร หุ่นยนต์ตัวนำจึงต้องเคลื่อนที่ออกไปก่อนเพื่อเป็นการสำรวจสภาพแวดล้อม เมื่อหุ่นยนต์ตัวนำเคลื่อนที่ไปได้เรียบร้อยแล้ว จึงจะส่งข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ให้หุ่นยนต์ตัวตามเพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ตามมา

การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกันนี้ จึงเป็นการทดลองโดยให้หุ่นยนต์ตัวนำจะเคลื่อนที่ไปก่อน แล้วจึงส่งข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ให้หุ่นยนต์ตัวตาม เพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ตามหุ่นยนต์ตัวนำได้

4.1.1 การทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว

สมมุติฐาน ถ้าหุ่นยนต์ตัวนำได้รับข้อมูลค่าสีเป็นค่าสีขาวแล้ว หุ่นยนต์ตัวนำจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าให้เรียบร้อยก่อน หุ่นยนต์ตัวตามจึงจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามหุ่นยนต์ตัวนำได้

วิธีการทดลอง

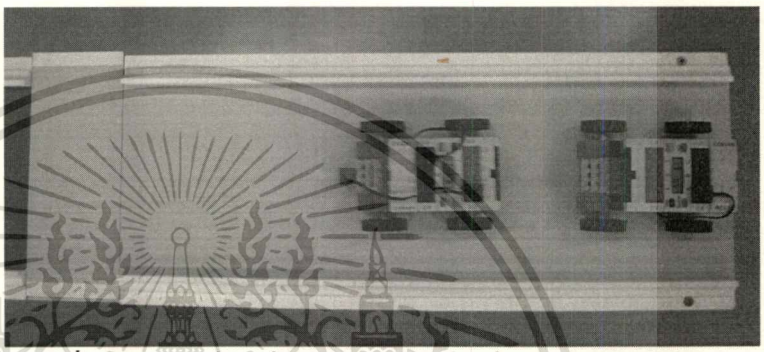
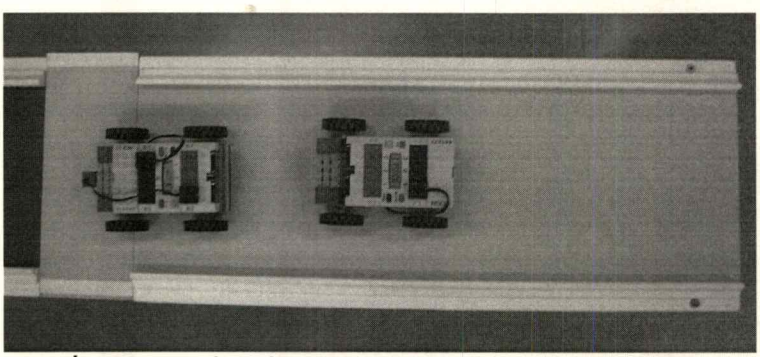
1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในบริเวณพื้นที่สีขาวของสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เมื่อเปิดสวิตท์ให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวทำงาน หุ่นยนต์ตัวนำจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าก่อน และมีการส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนไปให้หุ่นยนต์ตัวตาม จากนั้นหุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามหุ่นยนต์ตัวนำได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน

ผลการทดลอง	
1. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในบริเวณพื้นที่สีขาวของสนามทดลอง ดังรูปที่ 4.1	 **รูปที่ 4.1** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 1
2. หุ่นยนต์ตัวนำเคลื่อนที่ไปข้างหน้าก่อน ดังรูปที่ 4.2	**รูปที่ 4.2** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 2
3. หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนไปข้างหน้าตาม ดังรูปที่ 4.3	 **รูปที่ 4.3** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ถอยหลังของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว

สมมุติฐาน ถ้าหุ่นยนต์ตัวนำได้รับข้อมูลค่าสีเป็นค่าสีดำแล้ว หุ่นยนต์ตัวนำจะรอให้หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ถอยหลังให้เรียบร้อยก่อน หุ่นยนต์ตัวนำจึงจะเคลื่อนที่ถอยหลังตามไปได้

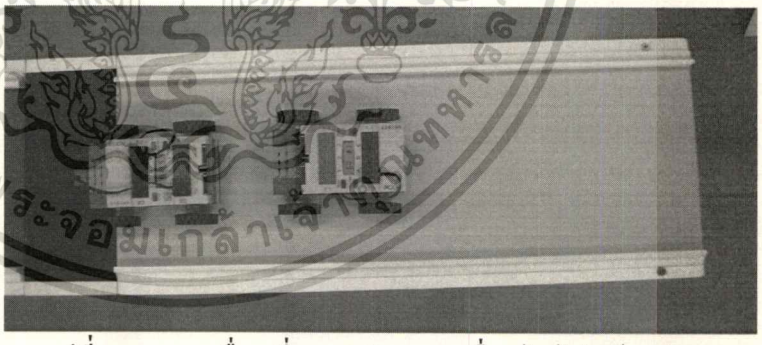
วิธีการทดลอง

1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวไว้ในสนามทดลอง โดยหุ่นยนต์ตัวนำต้องอยู่ในบริเวณพื้นที่สีดำของสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน

ผลการทดลอง

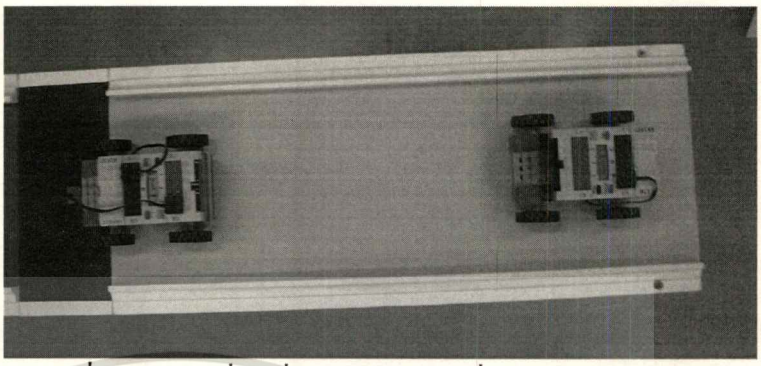
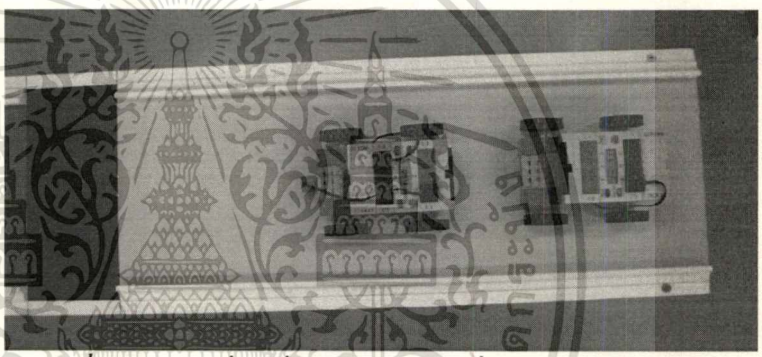
เมื่อเปิดสวิตท์ให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวทำงาน หุ่นยนต์ตัวนำจะทำการส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนไปให้หุ่นยนต์ตัวตามเพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ถอยหลังก่อน จากนั้นหุ่นยนต์ตัวนำจึงเคลื่อนที่ถอยหลังตามหุ่นยนต์ตัวตามได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน

	ผลการทดลอง
1. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวไว้ในสนามทดลอง โดยหุ่นยนต์ตัวนำต้องอยู่ในบริเวณพื้นที่สีดำของสนามทดลอง ดังรูปที่ 4.4	 **รูปที่ 4.4** การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ผลการทดลอง	
2. หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ถอยหลังก่อน ดังรูปที่ 4.2	 **รูปที่ 4.5** การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 2
3. หุ่นยนต์ตัวนำเคลื่อนถอยหลังตาม ดังรูปที่ 4.6	 **รูปที่ 4.6** การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน 3

4.1.3 การทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวเมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

สมมุติฐาน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวต้องสามารถค้นหาสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกันใหม่ได้

วิธีการทดลอง

1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในบริเวณพื้นที่สีขาวของสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน
4. นำวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ในแนวของการส่งสัญญาณเพื่อให้สัญญาณถูกตัดขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด โดยการนำวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.3 หุ่นยนต์สามารถค้นหาสัญญาณเพื่อทำการเชื่อมต่อกันอีกครั้งได้ โดยสังเกตจากเมื่อนำวัตถุทึบแสงออกจากแนวของการส่งสัญญาณแล้ว หุ่นยนต์ตัวนำยังเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ และสามารถส่งข้อความรูปแบบการเคลื่อนที่ไปให้หุ่นยนต์ตัวตาม เพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

ผลการทดลอง	
1. นำวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ในแนวของการส่งสัญญาณ เพื่อให้สัญญาณถูกตัดขาด ดังรูปที่ 4.7	**รูปที่ 4.7** การเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปไม่พร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

4.2 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน

จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ จำลองเหตุการณ์ที่หุ่นยนต์ตัวนำทราบถึงสภาพแวดล้อมข้างหน้าแล้ว และพบว่าสภาพแวดล้อมดังกล่าวหุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ไปพร้อมๆ กันได้

การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนไปพร้อมกันนี้ จึงเป็นการทดลองโดยให้ทั้งหุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน โดยเมื่อหุ่นยนต์ตัวนำเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ได้แล้ว จะส่งข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ให้หุ่นยนต์ตัวตามก่อนจึงจะเริ่มเคลื่อนที่

4.2.1 การทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว

สมมุติฐาน หุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

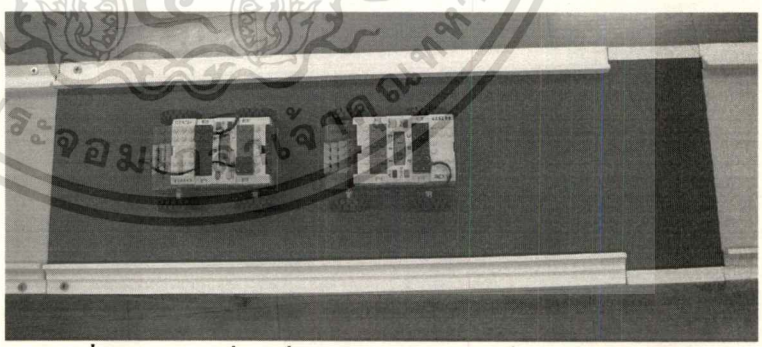
วิธีการทดลอง

1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในบริเวณพื้นที่สีเทาของสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน

ผลการทดลอง

เมื่อเปิดสวิตท์ให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวทำงาน หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน

ผลการทดลอง	
1. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในบริเวณพื้นที่สีเทาของสนามทดลอง ดังรูปที่ 4.8	**รูปที่ 4.8** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 1
2. หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกัน ดังรูปที่ 4.9	 **รูปที่ 4.9** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 2

4.2.2 การทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ถอยหลังของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว

สมมุติฐาน หุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ถอยหลังไปพร้อมกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

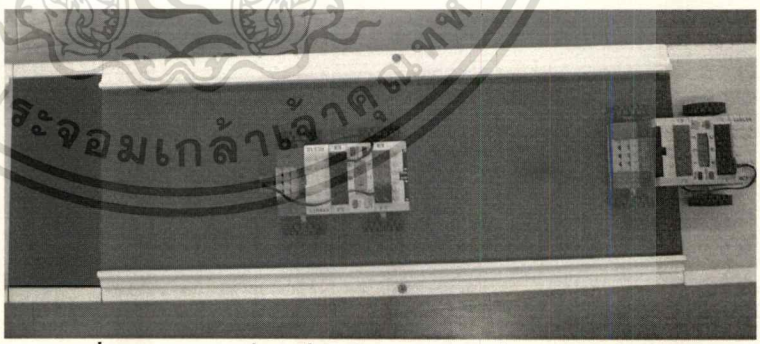
วิธีการทดลอง

1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวไว้ในสนามทดลอง โดยหุ่นยนต์ตัวนำต้องอยู่ในบริเวณพื้นที่สีดำของสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน

ผลการทดลอง

เมื่อเปิดสวิตท์ให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวทำงาน หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจะเคลื่อนที่ไปข้างหลังพร้อมกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน

ผลการทดลอง	
1. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวไว้ในสนามทดลอง โดยหุ่นยนต์ตัวนำต้องอยู่ในบริเวณพื้นที่สีดำของสนามทดลอง ดังรูปที่ 4.10	**รูปที่ 4.10** การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 1
2. หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวเคลื่อนที่ถอยหลังพร้อมกัน ดังรูปที่ 4.11	 **รูปที่ 4.11** การเคลื่อนที่ถอยหลังแบบเคลื่อนไปพร้อมกัน 2

4.2.3 การทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวเมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

สมมุติฐาน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวต้องสามารถค้นหาสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกันใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

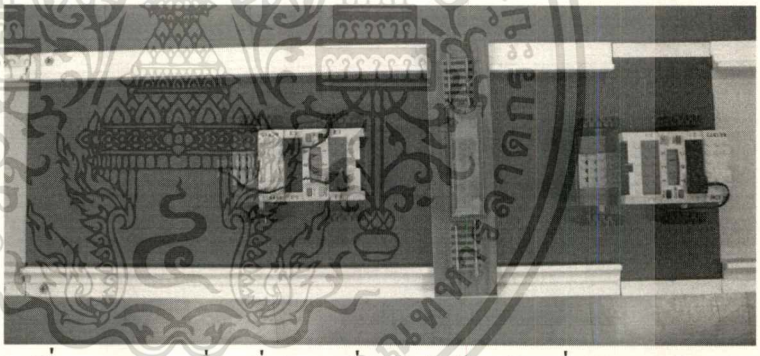
วิธีการทดลอง

1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในบริเวณพื้นที่สีเทาของสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน
4. นำวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ในแนวของการส่งสัญญาณ เพื่อให้สัญญาณถูกตัดขาด

ผลการทดลอง

เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด โดยการนำวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.6 หุ่นยนต์สามารถค้นหาสัญญาณเพื่อทำการเชื่อมต่อกันอีกครั้งได้ โดยสังเกตจากเมื่อนำวัตถุทึบแสงออกจากแนวของการส่งสัญญาณแล้ว หุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามยังสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกันได้

ตารางที่ 4.6 การทดลองการเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

ผลการทดลอง	
1. นำวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ในแนวของการส่งสัญญาณ เพื่อให้สัญญาณถูกตัดขาด ดังรูปที่ 4.12	 **รูปที่ 4.12** การเคลื่อนที่แบบเคลื่อนไปพร้อมกัน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบผสม

4.3.1 การทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว

สมมุติฐาน เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปในสภาพแวดล้อมใด หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจะสามารถเคลื่อนที่ไปตามรูปแบบของการเคลื่อนที่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ได้

วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน

ผลการทดลอง

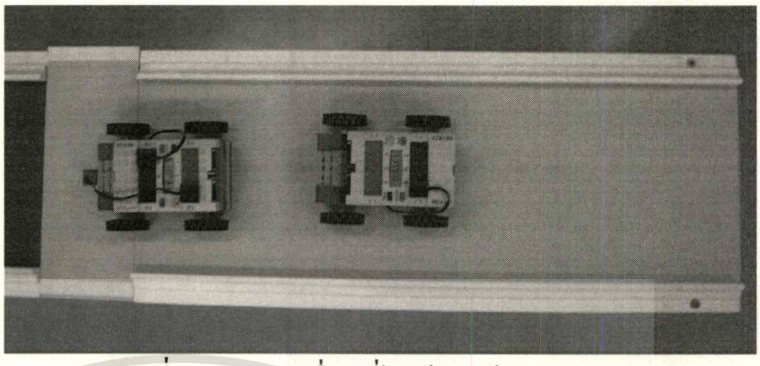
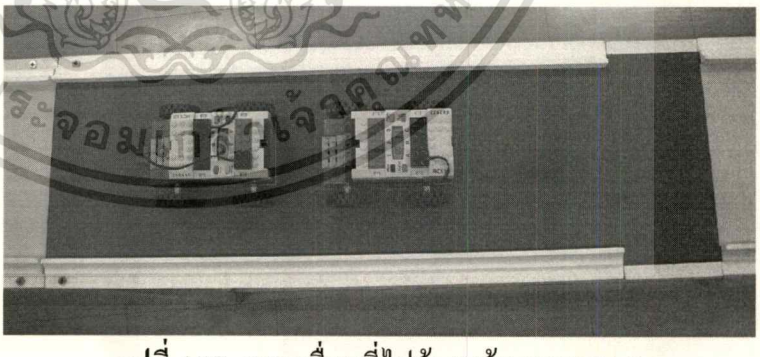
เมื่อเปิดสวิตท์ให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวทำงาน หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าทั้งแบบไม่พร้อมกันและพร้อมกัน ตามลักษณะสภาพแวดล้อมที่จำลองขึ้นได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม

ผลการทดลอง	
1. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในบริเวณพื้นที่สีขาวของสนามทดลอง ดังรูปที่ 4.13	**รูปที่ 4.13** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 1
2. หุ่นยนต์ตัวนำเคลื่อนที่ไปข้างหน้าก่อน ดังรูปที่ 4.14	**รูปที่ 4.14** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ผลการทดลอง	
3. หุ่นยนต์ตัวตามเคลื่อนไปข้างหน้าตาม ดังรูปที่ 4.15	 **รูปที่ 4.15** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 3
4. หุ่นยนต์ตัวนำเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณพื้นที่สีเทาของสนามทดลอง ดังรูปที่ 4.16	**รูปที่ 4.16** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 4
5. หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกัน ดังรูปที่ 4.17	 **รูปที่ 4.17** การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าแบบผสม 5

4.3.2 การทดลองการเคลื่อนที่แบบผสม เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวเมื่อสัญญาณถูกตัดขาด

สมมุติฐาน เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวต้องสามารถค้นหาสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกันใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. ทดลองในสนามทดลองที่มีความยาว 4 เมตร
2. วางหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวในสนามทดลอง
3. เปิดสวิตท์ที่หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน
4. นำวัตถุทึบแสงมากั้นระหว่างหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว ในแนวของการส่งสัญญาณ เพื่อให้สัญญาณถูกตัดขาด

ผลการทดลอง

เมื่อสัญญาณถูกตัดขาด หุ่นยนต์สามารถค้นหาสัญญาณเพื่อทำการเชื่อมต่อกันอีกครั้งได้ โดยสังเกตจากเมื่อนำวัตถุทึบแสงออกจากแนวของการส่งสัญญาณแล้ว หุ่นยนต์ตัวนำและหุ่นยนต์ตัวตามยังสามารถเคลื่อนที่ไปตามรูปแบบของการเคลื่อนที่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ได้

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบที่ว่า หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวต้องสามารถเคลื่อนที่ไปตามสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่จำลองขึ้นได้ ซึ่งสภาพแวดล้อมที่จำลองขึ้นประกอบด้วยสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน และสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่พร้อมกันนั้น เมื่อทำการทดลองแล้วพบว่า เมื่อหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวเคลื่อนที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมต่างๆ ที่จำลองขึ้นมา หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวนี้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ตรงตามรูปแบบการเคลื่อนที่ตามที่กำหนดไว้ในแต่ละสภาพแวดล้อม โดยเมื่อหุ่นยนต์นำอยู่ในบริเวณพื้นที่สีขาวของสนามทดลอง หุ่นยนต์ตัวและหุ่นยนต์ตัวตามจะเคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน และเมื่อหุ่นยนต์ตัวนำอยู่ในบริเวณพื้นที่สีเทา หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจะเคลื่อนที่พร้อมๆ กัน นอกจากนี้เมื่อทดลองให้มีการตัดสัญญาณ หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจะหยุดการทำงาน และรอจนกว่าจะติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

การวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ เป็นการศึกษาฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบฝังตัว และทำการออกแบบแอปพลิเคชัน โดยนำเอาแนวทางการพัฒนาเชิงวัตถุที่ใช้ยูเอ็มแอลมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนา ซึ่งยูเอ็มแอลเป็นเครื่องมือที่ใช้นำเสนอแนวคิด การวางแผน การปฏิบัติงานในรูปแบบที่ง่ายต่อการเข้าใจในการอธิบายภาพรวมของระบบ นอกจากนั้นยังทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตรงตามที่ต้องการ โดยหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัตินี้ มีหลักการทำงานคือหุ่นยนต์ตัวนำอ่านค่าข้อมูลค่าสีจากสภาพแวดล้อมผ่านทางอุปกรณ์เซนเซอร์แสง และนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลเพื่อเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ จากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ไปให้หุ่นยนต์ตัวตามผ่านตัวรับส่งอินฟราเรด เพื่อให้หุ่นยนต์ตัวตามสามารถเคลื่อนที่ไปตามหุ่นยนต์ตัวนำได้

หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติที่ได้จัดทำขึ้นในโครงงานนี้ นอกจากหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัว สามารถเคลื่อนที่ตามกันไปได้แล้ว เมื่อการเชื่อมต่อถูกตัดขาด หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวยังสามารถกลับมารับส่งข้อมูลกันได้ จึงทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างราบรื่น

จากการศึกษาและทดลอง ทำให้สามารถเรียนรู้แนวทางในการพัฒนาระบบและประยุกต์ใช้งานระบบฝังตัวได้ ซึ่งจะช่วยให้การพัฒนางานในด้านระบบฝังตัวมีรูปแบบและขั้นตอนในการพัฒนาอย่างเป็นระบบยิ่งขึ้น โครงงานนี้จึงเป็นอีกแนวทางที่ช่วยให้การพัฒนางานด้านนี้เป็นไปอย่างเป็นระบบ เหมาะสม และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สามารถที่จะประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันได้หลากหลาย และยังเป็นการเพิ่มความสามารถให้กับงานในด้านระบบฝังตัวมากยิ่งขึ้นด้วย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์

หุ่นยนต์ทำงานโดยอาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ ซึ่งระดับพลังงานของแบตเตอรี่จะมีผลต่อการขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์ ซึ่งหากระดับพลังงานของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวมีค่าต่างกันมากๆ อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ตามกันได้ จึงต้องทำการเช็คระดับพลังงานของแบตเตอรี่เพื่อควบคุมระดับพลังงานของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวให้อยู่ในระดับเดียวกันหรือใกล้เคียงกันที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ในการรับส่งข้อมูลกันระหว่างหุ่นยนต์ 2 ตัว ต้องทำการรับส่งข้อมูลผ่านตัวรับส่งอินฟราเรด จึงต้องปรับตัวรับส่งอินฟราเรดของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวให้ตรงกันเพื่อให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวสามารถรับส่งข้อมูลกันได้ ดังนั้นหากหุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกนอกเส้นทาง (เคลื่อนที่ไปไม่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน) ทำให้สัญญาณขาดหายได้

5.2.2 ปัญหาทางด้านซอฟต์แวร์

ทุกครั้งที่มีการถอดแบตเตอรี่ออกจากตัวอาร์ซีเอ็กซ์ หรือหยุดการทำงานเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้เฟิร์มแวร์หายไป ต้องทำการดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์และโปรแกรมลงในตัวอาร์ซีเอ็กซ์ใหม่ หุ่นยนต์จึงจะสามารถทำงานได้ ดังนั้นทุกครั้งที่การเริ่มทำงานก็จำเป็นต้องทำการตรวจสอบเฟิร์ม-แวร์ภายในตัวอาร์ซีเอ็กซ์ก่อนทุกครั้ง ถ้าตัวเฟิร์มแวร์หายไป ยังไม่ได้ลงใหม่ หรือเกิดปัญหาอื่นๆ ก็ต้องทำการดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์ใหม่อีกครั้ง ทำให้เกิดความยุ่งยาก

นอกจากนี้ในขั้นตอนของการติดตั้งโปรแกรมซิกวินที่ใช้ในการดาวน์โหลดและคอมไพล์ (compile) โปรแกรมเพื่อให้อาร์ซีเอ็กซ์เข้าใจนั้น จะต้องทำการดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์ด้วย ซึ่งอาจเกิดปัญหาของการดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์ซ้อนทับกันหรือใช้เฟิร์มแวร์ที่ต่างกัน ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการติดตั้งโปรแกรม

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามกันโดยอัตโนมัติ สามารถนำไปพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความสามารถหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น เพิ่มเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Sensor) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถวัดระยะห่างระหว่างกันได้ เพื่อป้องการชนกันของหุ่นยนต์ หรือเพิ่มมอเตอร์หันเลี้ยว (Steering Motor) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวซ้ายขวาได้ เป็นต้น นอกจากนี้อาจเพิ่มให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวสามารถปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ได้เพื่อความยืดหยุ่นในการใช้งาน หรือให้หุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวมีกระบวนการสลับเซลล์ (Hand Over) คือการสลับหน้าที่การทำงานโดยสลับหุ่นยนต์ตัวนำไปเป็นหุ่นยนต์ตัวตามและสลับหุ่นยนต์ตัวตามให้เป็นหุ่นยนต์ตัวนำได้ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงกับรถยนต์ เพื่อให้รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามกันได้อย่างอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และกิตติพงษ์ กลมกล่อม. 2548. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วย UML.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ เคทีพี.

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล. 2548. **การพัฒนาระบบเชิงวัตถุด้วย UML และ Java.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ เคทีพี.

มหาวิทยาลัยหาดใหญ่. 2007. **การพัฒนาระบบสารสนเทศ.** [Online]. Available : http://classroom.hu.ac.th/courseware/SA/ppt/ch3.ppt

อำไพ วรรณสินธุ์. 2004. **บทเรียนออนไลน์ วิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ.** [Online]. Available : http://www.geocities.com/s_analysis/index.html

Dimitri van Heesch. 2002. **brickOS C++ Documentation.** [Online]. Available : http://brickos.sourceforge.net/docs/APIs/html-c++/

JAPAN SYSTEM HOUSE ASOCIATION (JASA). **เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว.** แปลโดย ดร.ธนารักษ์ ธีระมั่นคง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

Ole Caprani. 2006. **RCX Manual.** [Online]. Available : http://www.legolab.daimi.au.dk /DigitalControl.dir/RCX/Manual.dir/RCXManual.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ขั้นตอนการติดตั้งบริคโอเอส (BrickOS) บน Windows Vista

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการติดตั้งบริคโอเอส (BrickOS) บน Windows Vista

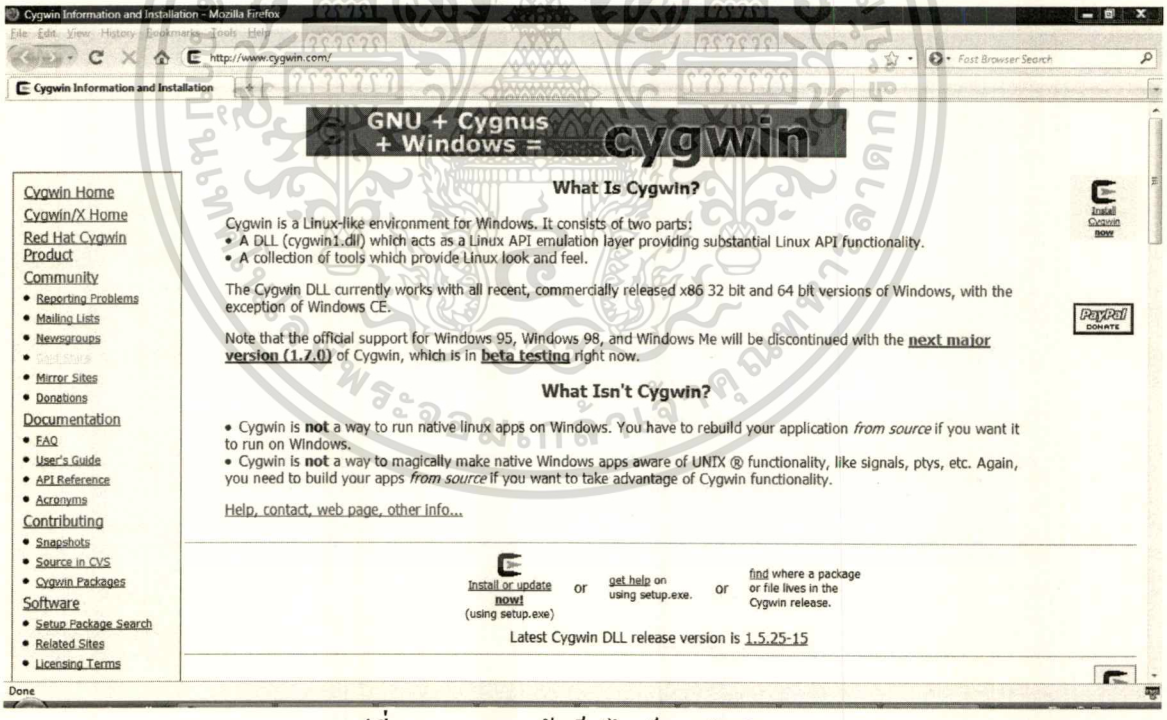
1. ติดตั้งโปรแกรมซิกวิน (Cygwin)

โปรแกรมซิกวินเป็นโปรแกรมที่มีสภาพแวดล้อมการทำงานเหมือนลีนุกซ์ (Linux) แต่ใช้สำหรับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

1. DLL ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวจำลอง (emulator) ฟังก์ชั่น API ของลีนุกซ์ต่างๆ ให้สามารถใช้งานได้ภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ และ
2. ส่วนของเครื่องมือต่างๆ ที่สนับสนุนการทำงานภายใต้รูปแบบของลีนุกซ์บนวินโดวส์

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมซิกวิน

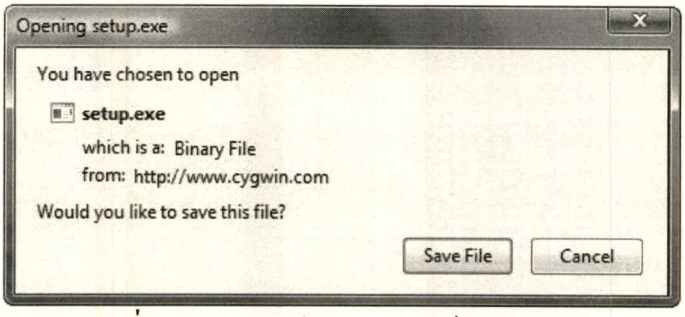
1.1 เข้าไปที่เว็ปไซต์ซิกวิน (http://www.cygwin.com) เพื่อทำการดาวน์โหลดโปรแกรมมาติดตั้ง ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 แสดงหน้าเว็ปไซต์ของซิกวิน

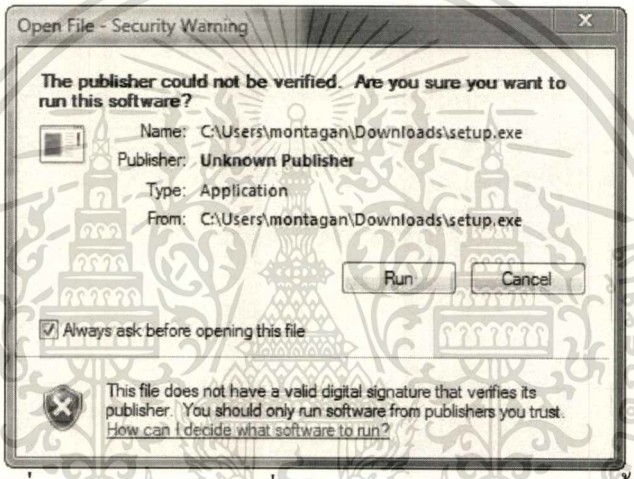
1.2 ให้กดปุ่มไอคอน “ Install or update now! ” เพื่อทำการรันโปรแกรม โดยให้กดปุ่ม “Save File” ดังรูปที่ ก.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 แสดงหน้าต่างการจัดเก็บโปรแกรม

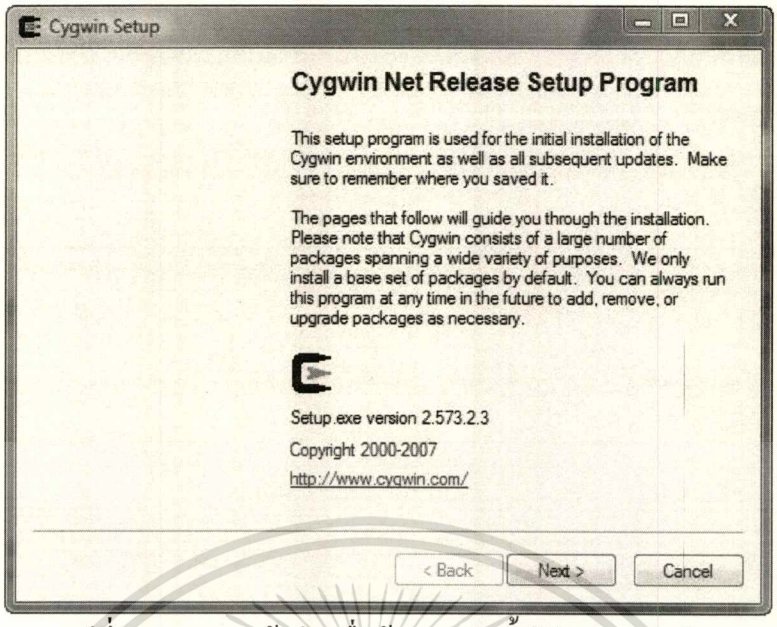
1.3 เครื่องจะทำการดาวน์โหลดไฟล์ที่จำเป็นสำหรับโปรแกรม setup.exe มาเก็บไว้บนเครื่อง เมื่อดาวน์โหลดเสร็จเรียบร้อยให้ทำการกดปุ่ม "Run" เพื่อทำการรันโปรแกรม ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 แสดงหน้าต่างเมื่อทำการดาวน์โหลดไฟล์เสร็จสิ้น

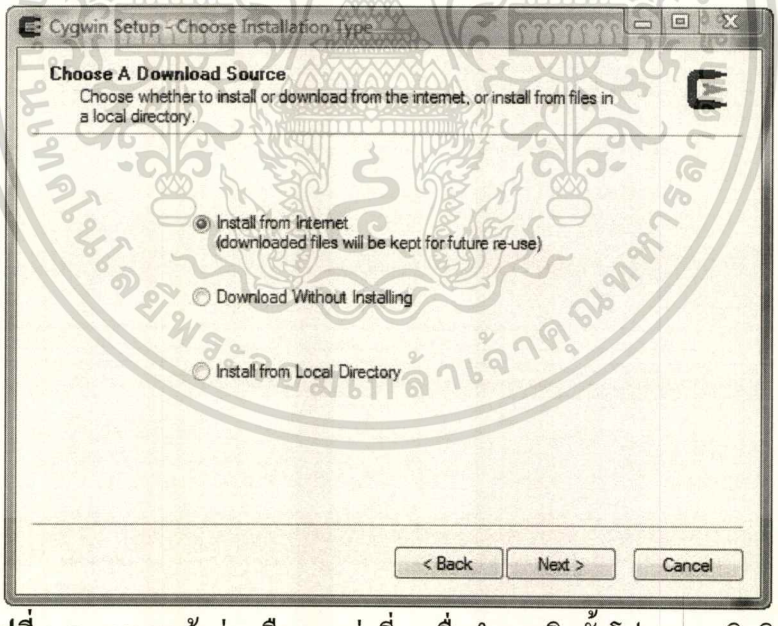
1.4 จากนั้นคลิ๊กปุ่ม "Next" เพื่อให้โปรแกรมทำการติดตั้งโปรแกรมซิกวิน รวมทั้งสภาพแวดล้อมในการใช้งาน ดังรูป ก.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 แสดงหน้าต่างเมื่อต้องการติดตั้งโปรแกรมซิกวิน

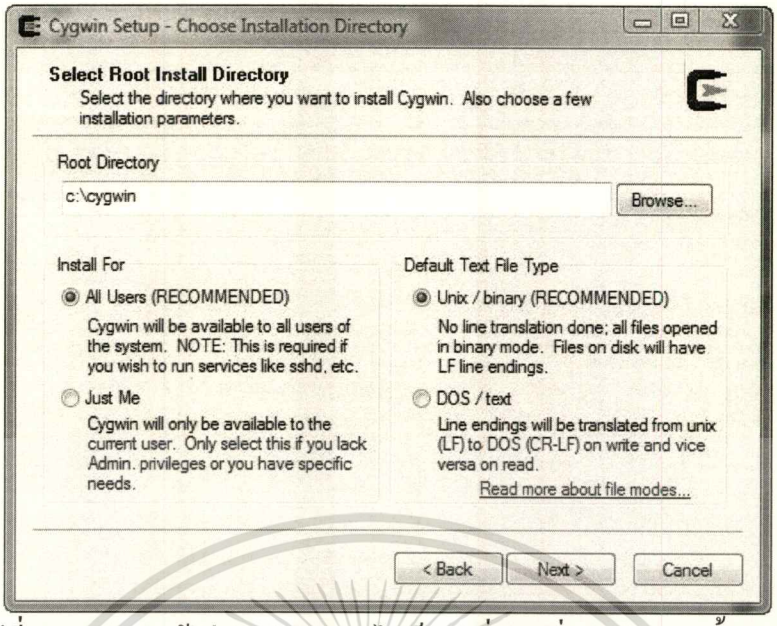
1.5 จากนั้นให้เลือกรูปแบบการติดตั้งไปที่ "Install from Internet" แล้วคลิ๊กปุ่ม "Next" ดังรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 แสดงหน้าต่างเลือกแหล่งที่มาเพื่อทำการติดตั้งโปรแกรมซิกวิน

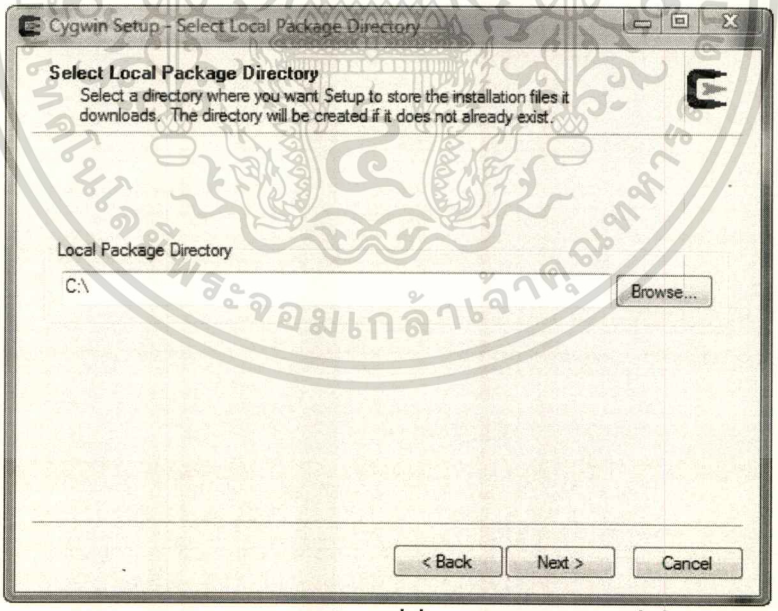
1.6 เสร็จแล้วกำหนดไดเร็กทอรี่หลัก (Root Directory) ที่จะทำการติดตั้งโปรแกรม โดยเลือกรูปแบบการติดตั้งสำหรับใช้งาน (Install For) และรูปแบบของตัวอักษร (Default Text File Type) ดังรูป จากนั้นคลิ๊กปุ่ม "Next" ดังรูปที่ ก.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 แสดงหน้าต่างการกำหนดไดเร็กทอรี่หลักที่จะทำการติดตั้งโปรแกรม รวมถึงรูปแบบติดตั้งสำหรับใช้งานและรูปแบบตัวอักษร

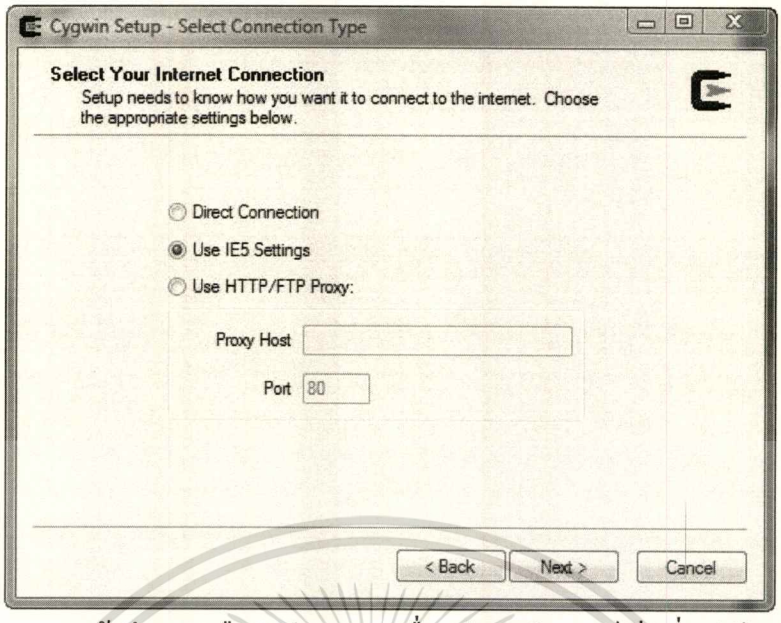
1.7 ทำการกำหนดไดเร็กทอรี่ที่จะทำการเก็บไฟล์ที่เกี่ยวข้องในการติดตั้ง (ซึ่งจะถูกดาวน์โหลดมาเก็บบนเครื่องดังรูป) จากนั้นคลิ๊ก “Next” ดังรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 แสดงหน้าต่างการกำหนดไดเร็กทอรี่ที่จะทำการเก็บไฟล์ที่เกี่ยวข้องในการติดตั้ง

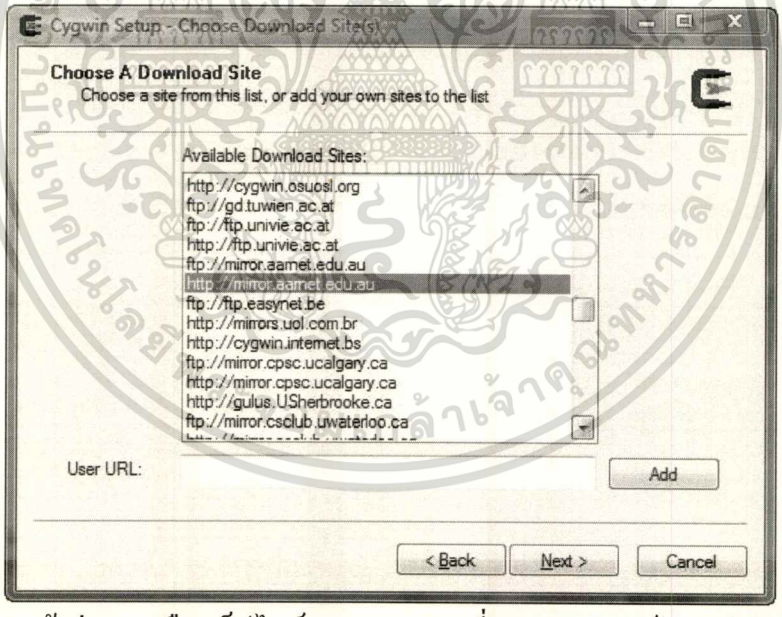
1.8 เลือกรูปแบบการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ทที่จะใช้ในการติดตั้ง แล้วคลิ๊กปุ่ม “Next” ดังรูปที่ ก.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 แสดงหน้าต่างการเลือกรูปแบบการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ทที่จะใช้ในการติดตั้ง

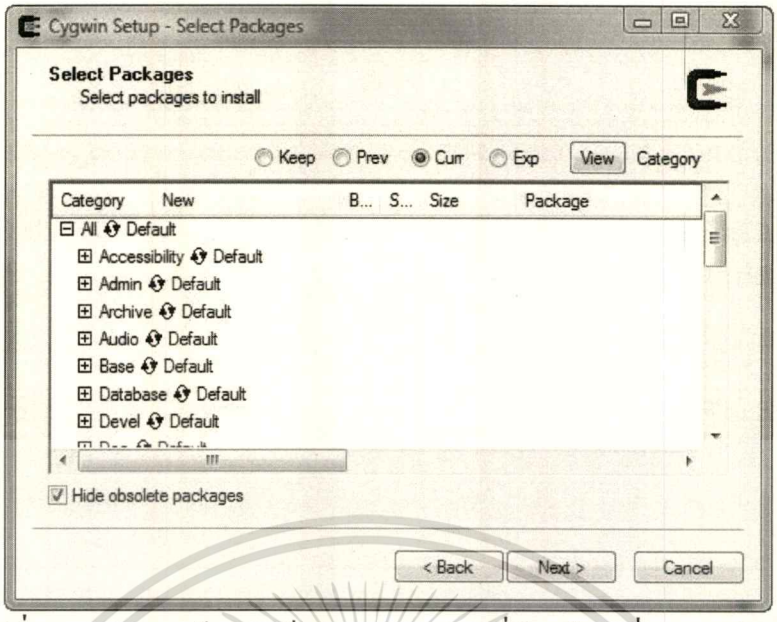
1.9 ทำการเลือกเว็ปไซต์ (Mirror sites) ที่จะทำการดาวน์โหลดโปรแกรม แล้วคลิ๊กปุ่ม “Next” ดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 แสดงหน้าต่างการเลือกเว็ปไซต์ (Mirror sites) ที่จะทำการดาวน์โหลดโปรแกรม

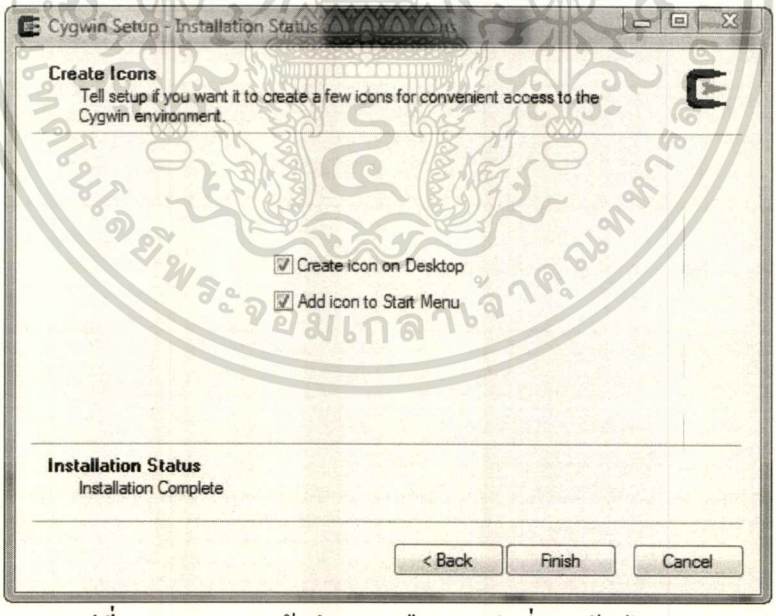
1.10 เครื่องจะทำการดาวน์โหลดโปรแกรมจนเสร็จ จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างให้เลือกแพ็คเกจ (Packages) ที่จะทำการติดตั้ง ดังรูปที่ ก.10 จากนั้นให้คลิ๊กปุ่ม “Next”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.10 แสดงหน้าต่างแพ็คเกจ (Packages) ที่ต้องเลือกเพื่อทำการติดตั้ง

1.11 เครื่องจะทำการดาวน์โหลดแพ็คเกจที่เลือกมาทำการติดตั้งจนเสร็จ (ประมาณ 2-3 นาที ขึ้นกับความเร็ว) จากนั้นให้เลือกว่าจะสร้างไอคอนบนเดสก์ท็อป (Desktop) หรือในเมนูเริ่มต้น (Start menu) แล้วคลิ๊กปุ่ม "Finish" เพื่อออกจากการติดตั้ง ดังรูปที่ ก.11



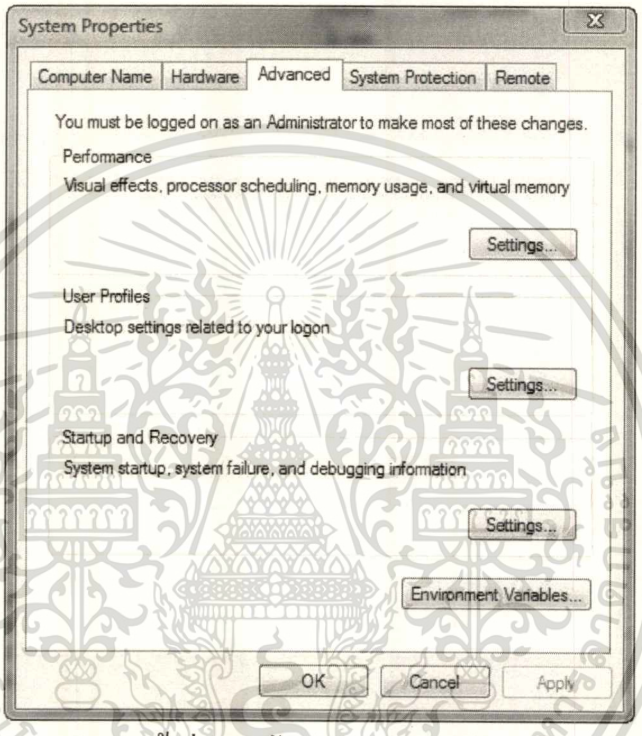
รูปที่ ก.11 แสดงหน้าต่างการเลือกแหล่งที่จะสร้างไอคอน

หากการติดตั้งสมบูรณ์ จะปรากฏหน้าต่างการติดตั้งเสร็จสิ้นสมบูรณ์ (Install completed) ขึ้น ให้คลิ๊กปุ่ม "Ok"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.12 ให้ตรวจสอบไดเร็กทอรี่ “c:\cygwin\bin” และ “c:\cygwin\var” ว่ามีการจัดสร้างและมีไฟล์อยู่หรือไม่ (หากการติดตั้งไม่สมบูรณ์ จะไม่มีไฟล์ใดๆ ในไดเร็กทอรี่ดังกล่าว)

1.13 ทำการกำหนดตัวแปร (variable) และเส้นทาง (path) ของโปรแกรมซิกวินให้กับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยเลือกที่ไอคอน “My computer” แล้วคลิ๊กเม้าท์ปุ่มขวา เลือก “Properties” จะปรากฏหน้าต่าง “System Properties” ดังรูปที่ ก.12

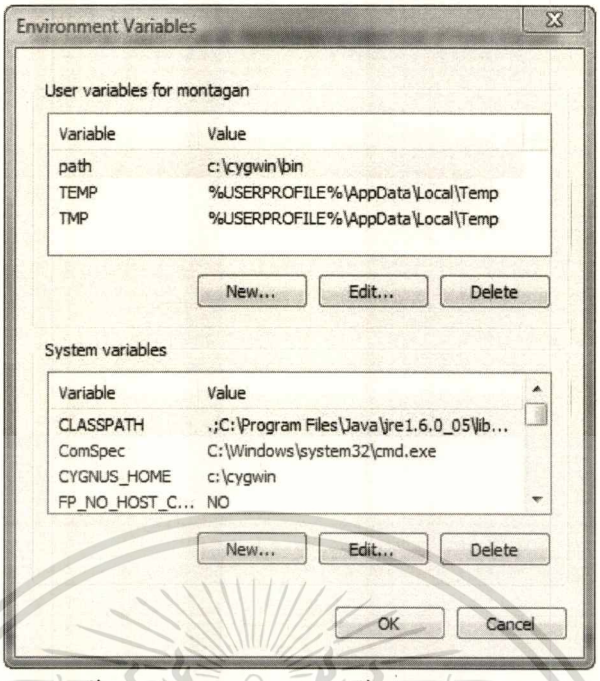


รูปที่ ก.12 แสดงหน้าต่างคุณลักษณะระบบ (System Properties)

จากนั้น เลือกไปที่แทป (Tab) Advanced แล้วคลิ๊กปุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อม (environment variables)

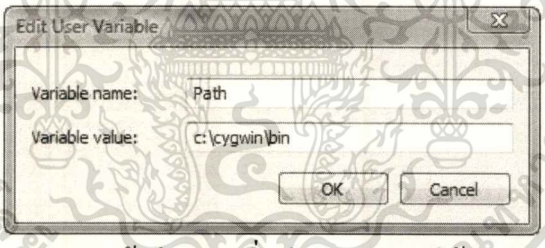
1.14 ทำการเลือกตัวแปร (Variable) เส้นทาง (Path) ในช่องตัวแปรสำหรับผู้ใช้ (User variables) แล้วทำการคลิ๊กปุ่ม “Edit” เพื่อทำการเพิ่มค่าตัวแปร (หากยังไม่มีตัวแปร Path ให้คลิ๊กที่ปุ่ม “New” เพื่อสร้างขึ้นใหม่) ดังรูป ก.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.13 แสดงหน้าต่างตัวแปรสภาพแวดล้อม (environment variables)

1.15 ทำการเพิ่มค่าตัวแปร (Variable value) ภายใต้ตัวแปรชื่อ Path โดยพิมพ์ค่า ";c:\cygwin\bin" ต่อท้ายในช่องค่าตัวแปร (Variable value) ดังรูป ก.14 แล้วคลิ๊ก "OK"



รูปที่ ก.14 แสดงหน้าต่างการเพิ่มค่าตัวแปรภายใต้ตัวแปรชื่อ Path

<u>หมายเหตุ</u>

- หากเป็นการสร้างตัวแปรใหม่ (New) ให้พิมพ์ชื่อตัวแปร Path ลงไปในช่องชื่อตัวแปร (Variable name) และพิมพ์เฉพาะค่า "c:\cygwin\bin" ลงไปในช่องค่าตัวแปร (Variable value) แล้วคลิ๊ก "OK"

2. ติดตั้งโปรแกรมบริคโอเอส (BrickOS)

โปรแกรมบริคโอเอสเป็นระบบปฏิบัติการฝังตัวแบบเปิดเผย (open source embedded OS) รวมทั้งกำหนดสภาพแวดล้อมการโปรแกรมสำหรับชุดอุปกรณ์ Lego Mindstorms Robotics Kits ด้วยภาษา C และ C++ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถโปรแกรมชุดอุปกรณ์ Lego ดังกล่าวได้ด้วยตนเอง (แทนที่จะใช้ภาษาโปรแกรมมาตรฐานของ Lego)

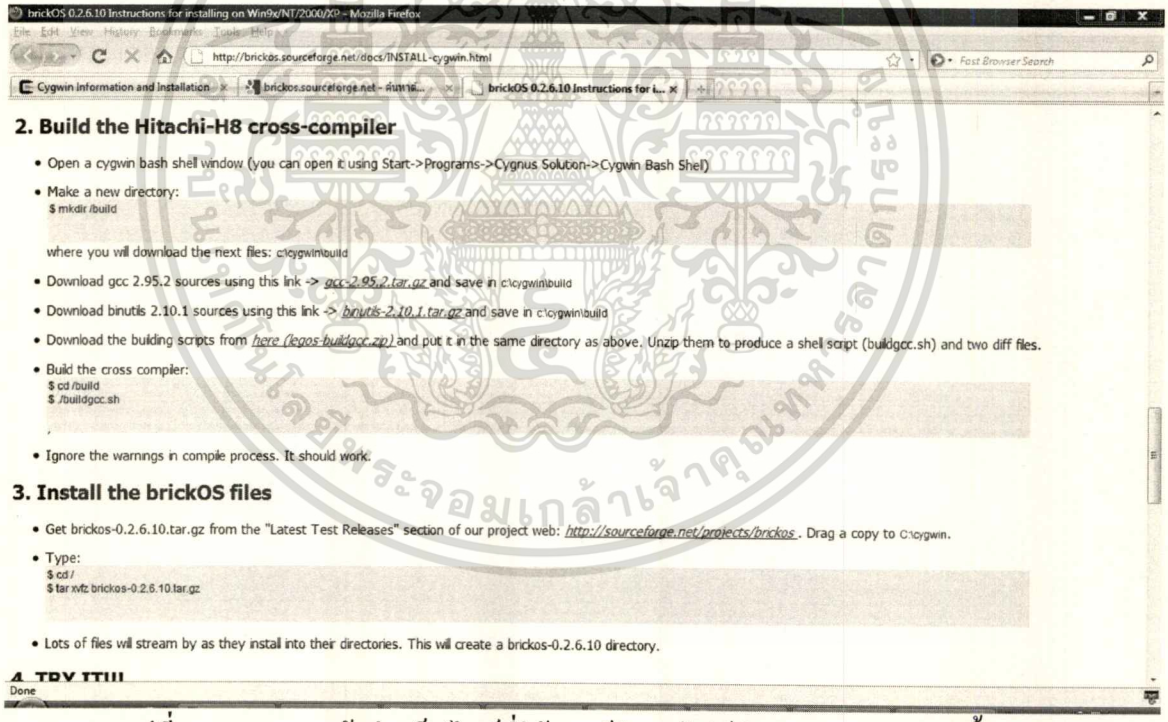
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมบริคโอเอสได้รับการพัฒนาขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมแบบลีนุกซ์ แต่สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (โดยความช่วยเหลือจากโปรแกรมซิกวินข้างต้น) ในการใช้งานบริคโอเอสจะต้องมีการติดตั้งคอมไพเลอร์ของฮิตาชิ (Hitachi H8 cross compiler assembler) และตัวลิงก์ (Linker) ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ขั้นตอนการการติดตั้งโปรแกรมบริคโอเอส

2.1 เข้าไปที่เว็ปไซต์ http://brickos.sourceforge.net/docs/INSTALL-cygwin.html ดังรูป ก.15 เพื่อเตรียมการดาวน์โหลดไฟล์ต่างๆ สำหรับการติดตั้งดังนี้

- gcc-2.95.2.tar.gz
- binutils-2.10.1.tar.gz
- legos-buildgcc.zip



รูปที่ ก.15 แสดงหน้าต่างเว็ปไซต์ที่ใช้ดาวน์โหลดไฟล์ต่างๆ สำหรับการติดตั้ง

2.2 ทำการสร้างไดเร็กทอรี่ย่อย (sub directory) \build ภายใต้ C:\cygwin จากนั้นให้ทำการดาวน์โหลดไฟล์ต่าง ๆ ในข้อ 2.1.1 มาเก็บไว้

2.3 จากนั้นทำการ unzip ไฟล์ legos-buildgcc.zip เพื่อจะให้ได้ไฟล์ดังต่อไปนี้

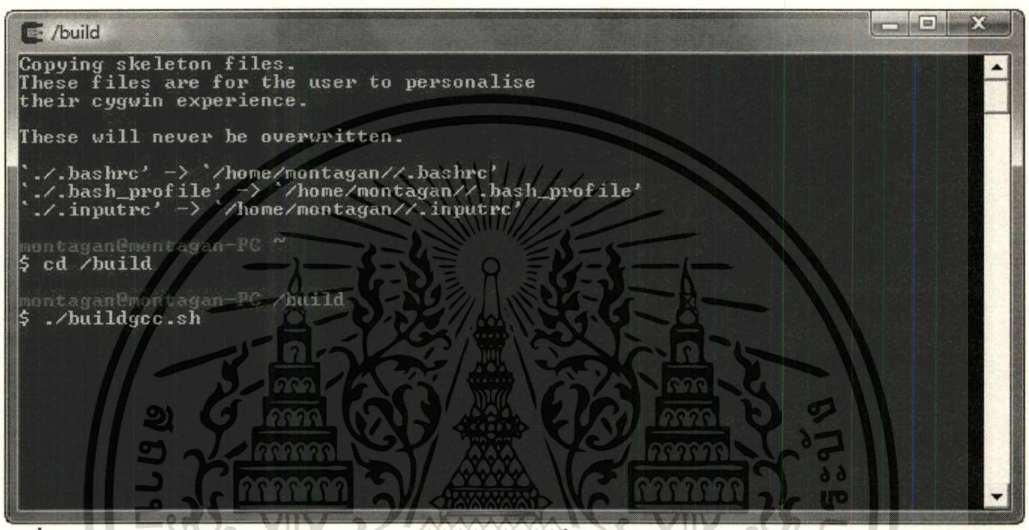
- gcc-2.95.2-rcx-1.diff

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- gcc-2.95.2-rcx-2.diff
- buildgcc.sh

2.4 รันโปรแกรม cygwin จากนั้นทำการรันโปรแกรม buildgcc.sh ดังรูปที่ ก.16 เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมของตัวคอมไพเลอร์ (cross compiler environment) โดยพิมพ์คำสั่งต่างๆ ดังนี้

- cd /build
- ./buildgcc.sh

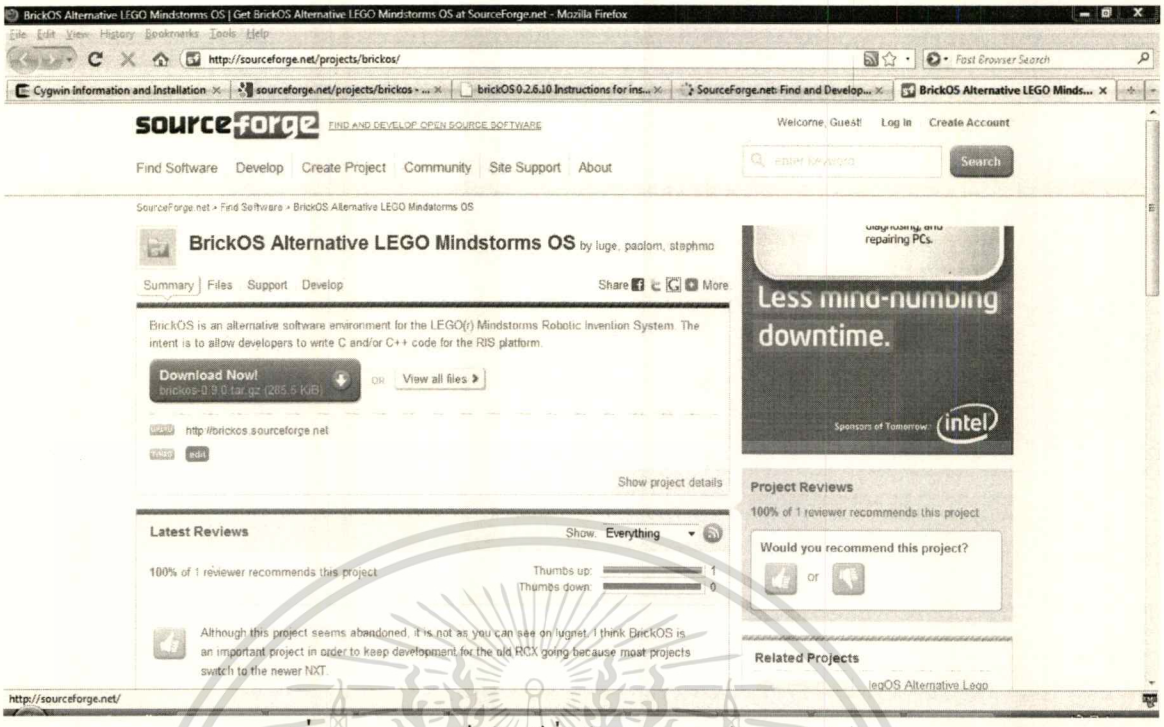


รูปที่ ก.16 แสดงการรันโปรแกรม "buildgcc.sh" เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมของตัวคอมไพเลอร์

2.5 เข้าไปที่เว็ปไซต์ http://sourceforge.net/projects/birckos ดังรูป ก.17 เพื่อทำการดาวน์โหลดไฟล์ต่อไปนี้มาเก็บไว้ในไดเร็กทอรี่ "C:\cygwin"

- brickos-0.9.0.tar.gz

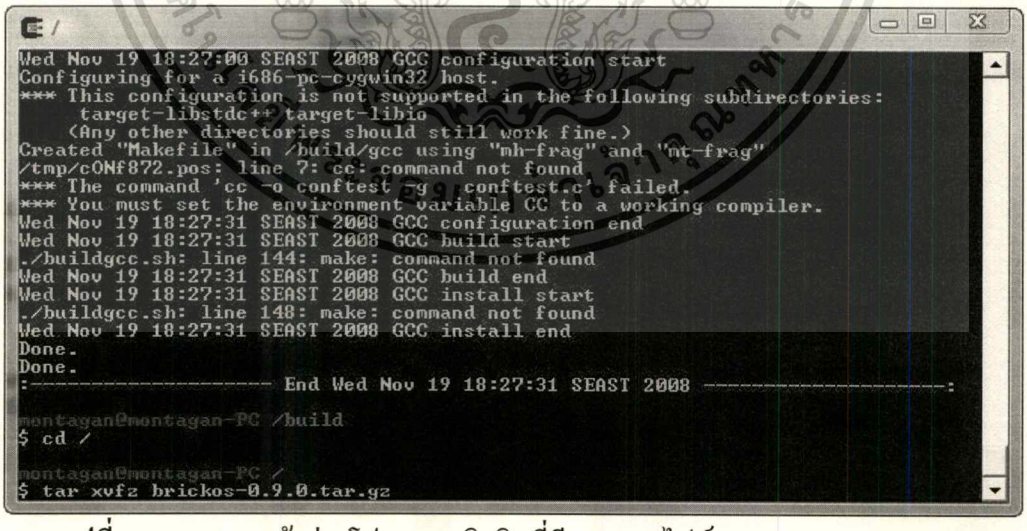
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.17 แสดงเว็ปไซต์ที่ใช้ในการดาวน์โหลดไฟล์

2.6 เสร็จแล้วกลับไปที่โปรแกรมซิกวิน ทำการแตก (unzip) ไฟล์ที่ดาวน์โหลดมาจากขั้นตอน 2.1.5 ดังรูปที่ ก.18 โดยพิมพ์คำสั่งดังนี้

- cd /
- tar xvfz brickos-0.9.0.tar.gz



รูปที่ ก.18 แสดงหน้าต่างโปรแกรมซิกวินที่มีการแตกไฟล์ “brickos-0.9.0.tar.gz”

2.7 เมื่อทำการแตกไฟล์ในขั้นตอน 2.1.6 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกำหนดสภาพแวดล้อม (configure) สำหรับการคอมไพล์โปรแกรมเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวได้ ดังรูปที่ ก.19 โดยพิมพ์คำสั่งต่อไปนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ln –s brickOS-0.9.0 brickOS // สร้างลิ้งก์ให้กับบริคโอเอส
- cd /birckOS
- ./configure // กำหนดค่าต่างสำหรับการคอมไพล์
- make // สร้างไฟล์สำหรับใช้คอมไพล์

รูปที่ ก.19 แสดงหน้าต่างการกำหนดสภาพแวดล้อม (configure)
สำหรับการคอมไพล์โปรแกรมซิกวิน

หากไม่มีข่าวสารข้อผิดพลาด (Error message) ปรากฏ หมายถึงการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

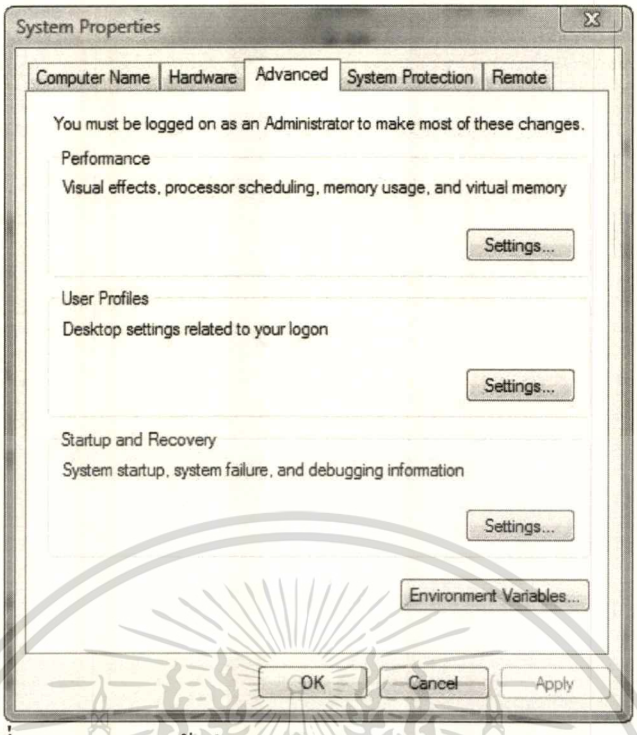
3. กำหนดตัวแปรให้กับ IR Tower

หลังจากติดตั้งโปรแกรมตัวขับอุปกรณ์ (Device driver) ของ IR Tower เสร็จแล้ว ให้ทำการตรวจสอบตัวแปรสภาพแวดล้อมภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ว่ามีการกำหนดค่าไว้แล้วหรือไม่ ดังนี้

ขั้นตอนการกำหนดตัวแปรให้กับ IR Tower

3.1 เลือกที่ไอคอน “My computer” บนเดสก์ท็อป แล้วคลิ๊กเม๊าท์ปุ่มขวา เลือก “Properties” จะปรากฏหน้าต่าง “System Properties” ดังรูปที่ ก.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.20 แสดงหน้าต่างคุณลักษณะระบบ (System Properties)

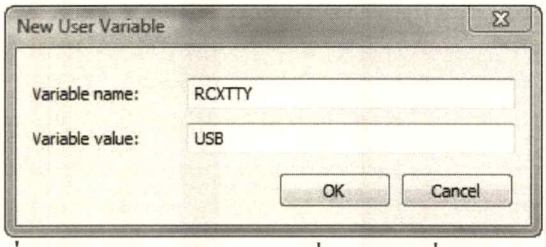
จากนั้น เลือกไปที่แทป (Tab) Advanced แล้วคลิ๊กปุ่มตัวแปรสภาพแวดล้อม (environment variables)

3.2 ตรวจสอบตัวแปร RCXTTY ว่ามีการสร้างขึ้นไว้หรือไม่ (คล้ายกับข้อ 1.1.14) หากยังไม่มี ให้คลิ๊กที่ปุ่ม "New" เพื่อสร้างขึ้นใหม่ ดังรูปที่ ก.21

รูปที่ ก.21 แสดงหน้าต่างตัวแปรสภาพแวดล้อม (environment variables)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ทำการเพิ่มตัวแปร (Variable name) ชื่อ RCXTTY โดยพิมพ์ค่าตัวแปร (Variable value) ชื่อ USB แล้วคลิ๊ก OK ดังรูปที่ ก.22



รูปที่ ก.22 แสดงหน้าต่างการเพิ่มตัวแปรชื่อ RCXTTY

4. การถ่ายโอนเฟิร์มแวร์ (firmware) บริคโอเอสลงบนอาร์ซีเอ็กซ์ (RCX)

หลังจากติดตั้งบริคโอเอสเสร็จแล้ว ก็จะปรากฏไดเร็กทอรี่ย่อย (sub directory) คือ "c:\cygwin\brickOS" ปรากฏ จากนั้นให้ทำการถ่ายโอน (transfer) เฟิร์มแวร์ (firmware) ของบริค-โอเอสลงบนเลโก้อาร์ซีเอ็กซ์ (Lego RCX) ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 เชื่อมต่อไออาร์ทาวเวอร์ (IR Tower) เข้ากับพอร์ทอนุกรม (serial port) เช่น COM1 เป็นต้น ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ได้ติดตั้งโปรแกรมซิกวินและบริคโอเอส รวมทั้งโปรแกรมตัวขับอุปกรณ์ (Device driver) ของไออาร์ทาวเวอร์ข้างต้น

4.2 เปิดสวิทซ์ "Power on" บนตัวอาร์ซีเอ็กซ์เพื่อให้มันเริ่มทำงาน และจัดวางอุปกรณ์โดยหันตัวรับส่งอินฟราเรด (IR port) บนตัวอาร์ซีเอ็กซ์ให้ตรงกับไออาร์ทาวเวอร์

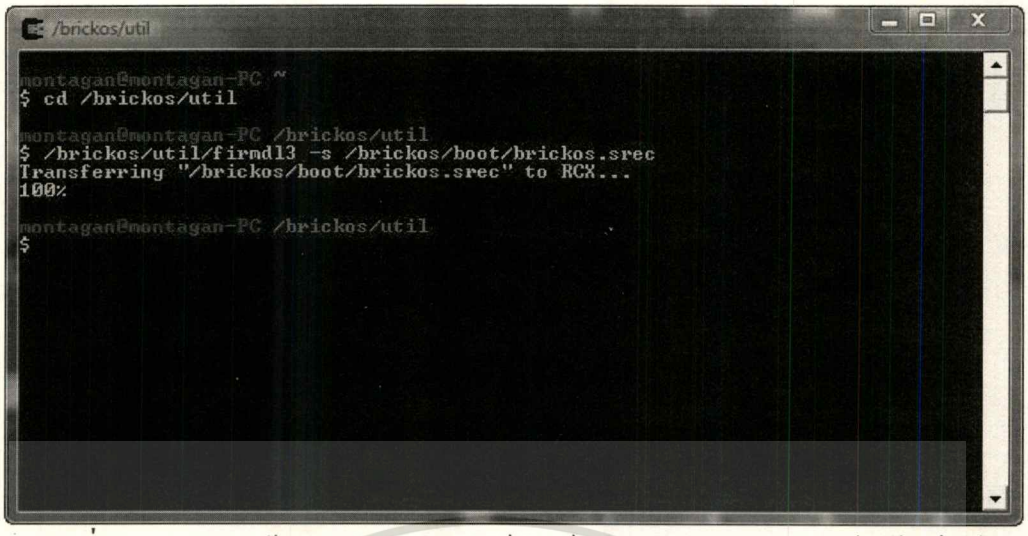
4.3 รันโปรแกรมซิกวิน จากนั้นพิมพ์คำสั่งดังนี้ลงไป

```
/brickOS/util/firmdl3 –s /brickOS/boot/brickOS.srec
```

4.4 เครื่องจะทำการถ่ายโอนเฟิร์มแวร์บริคโอเอสลงบนอุปกรณ์อาร์ซีเอ็กซ์โดยจะแสดงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ (%) การถ่ายโอนปรากฏบนหน้าจอจนครบ 100% ก็จะเสร็จสิ้น ดังรูปที่ ก.23

```
Transferring "/brickOS/boot/brickOS.srec" to RCX ...
100%
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.23 แสดงหน้าต่างการถ่ายโอนเฟิร์มแวร์บริคโอเอสลงบนอุปกรณ์อาร์ซีเอ็กซ์

หมายเหตุ

- หากมีแสงรบกวนแสงอินฟาเรดขณะทำการถ่ายโอนข้อมูล อาจส่งผลต่อความผิดพลาดในการทำงาน ให้ใช้อุปกรณ์ทึบแสง เช่น กล่องทึบ เป็นต้น มาทำการคลอบอุปกรณ์อาร์ซีเอ็กซ์และไออาร์ทาวเวอร์ เพื่อไม่ให้แสงผ่านเข้าไปตรงช่วงระหว่างตัวรับส่งอินฟราเรดกับไออาร์ทาวเวอร์

4.5 เมื่อการถ่ายโอนเฟิร์มแวร์บริคโอเอสลงบนตัวอุปกรณ์อาร์ซีเอ็กซ์เสร็จเรียบร้อย ก็ถือว่าการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์ เมื่อมีการโหลดโปรแกรมที่ต้องการลงบนตัวมัน

หมายเหตุ

- การถ่ายโอนเฟิร์มแวร์บริคโอเอสที่ติดตั้งบนอาร์ซีเอ็กซ์จะกระทำเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
- หากเฟิร์มแวร์ดังกล่าวได้รับการติดตั้งบนอาร์ซีเอ็กซ์เรียบร้อยแล้ว ก็จะปรากฏข่าวสารข้อผิดพลาดดังนี้เกิดขึ้น

/brickOS/util/firmdl3: delete firmware failed

- หากต้องการลบเฟิร์มแวร์บริคโอเอสออกจากอาร์ซีเอ็กซ์ให้ถอดแบตเตอรี่ออกจากตัวอาร์ซีเอ็กซ์ แล้วกดปุ่ม “on/off”

5. การสร้างซอร์สโค้ดและคอมไพล์ซอร์สโค้ด

ในการสร้างโปรแกรมประยุกต์ (Application program) ลงบนอาร์ซีเอ็กซ์นั้น ประกอบด้วย 3 กระบวนการ เพื่อให้มันทำงาน คือ

- สร้างซอร์สโค้ด
- คอมไพล์ (Compile) ซอร์สโค้ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ่ายโอนไฟล์ที่ได้รับการคอมล์แล้วลงบนตัวอุปกรณ์อาร์ซีเอ็กซ์

5.1 การสร้างซอร์สโค้ดเพื่อใช้ในการคอมไพล์และรันบนอุปกรณ์อาร์ซีเอ็กซ์นั้น สามารถใช้โปรแกรมอิดิเตอร์ (editors) ใดก็ได้ เช่น Notepad หรือ Visual studio C++ หรือ vim ที่อยู่บนซิกวิน เป็นต้น โดยให้จัดเก็บ (save) ภายใต้นามสกุล ".c" หรือ ".cpp"

5.2 ก่อนการใช้งานซอร์สโค้ดที่สร้างขึ้น ต้องมีการคอมไพล์ซอร์สโค้ดก่อนเพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดของซอร์สโค้ด โดยจะใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

5.2.1 ใช้คำสั่งต่อไปนี้ เพื่อเข้าสู่ไดเร็กทอรี่ที่เก็บซอร์สโค้ดที่ต้องการคอมไพล์

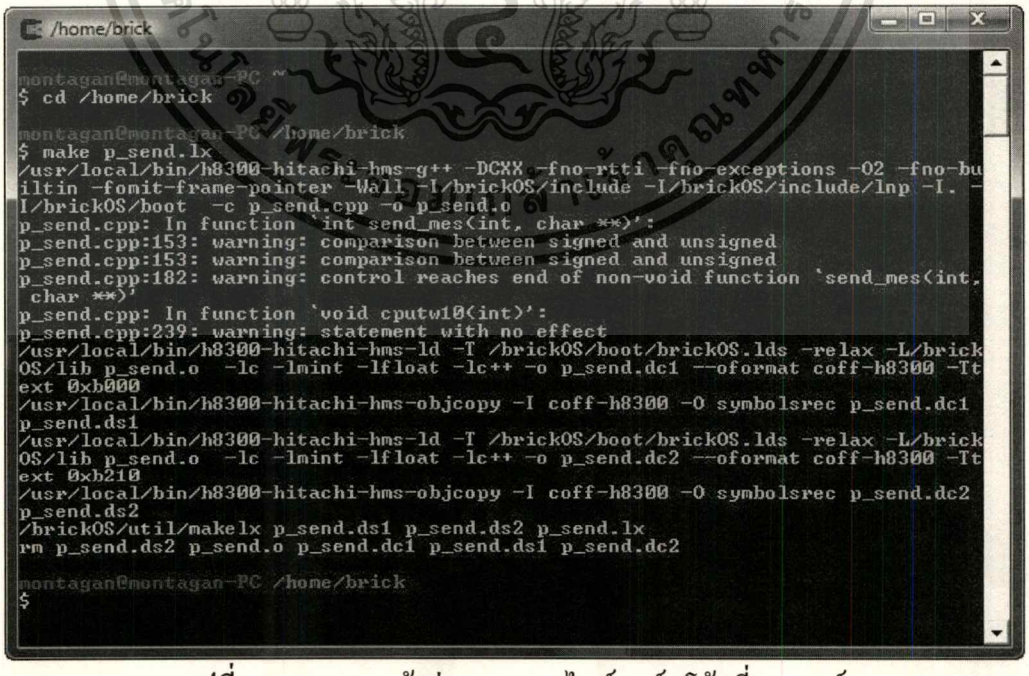
- cd /brickOS // ย้ายไดเร็กทอรี่เข้าสู่ brickOS

5.2.2 ใช้คำสั่งต่อไปนี้ เพื่อคอมไพล์ซอร์สโค้ด

- make file_name.lx // สร้างไฟล์ ".lx" ที่สามารถรันบน RCX โดยต้องมีชื่อเดียวกับซอร์สไฟล์

<u>หมายเหตุ</u>

- หากโปรแกรมไม่มีข้อผิดพลาด การคอมไพล์จะสมบูรณ์โดยไม่ปรากฏข่าวสารข้อผิดพลาด ดังรูปที่ ก.24

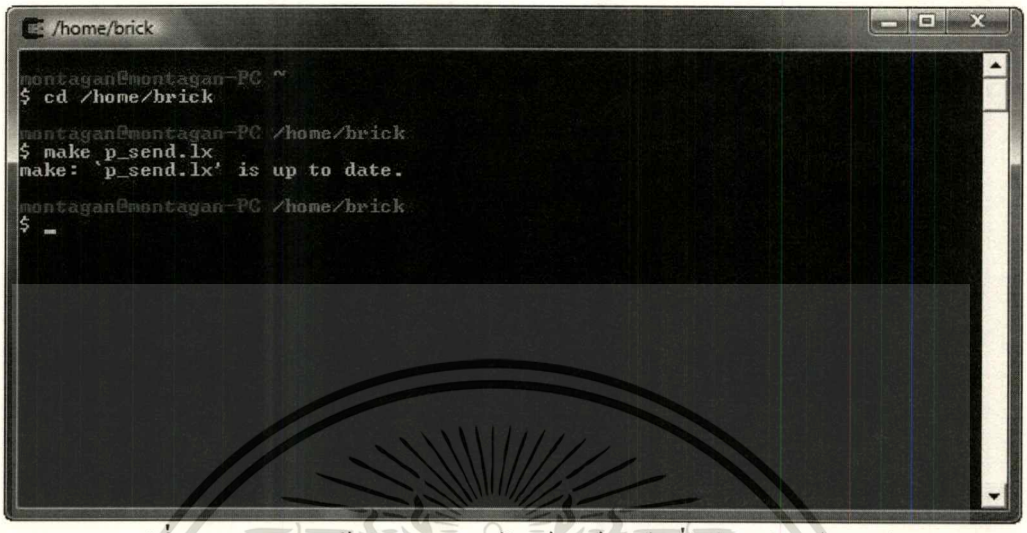


รูปที่ ก.24 แสดงหน้าต่างการคอมไพล์ซอร์สโค้ดที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หากมีการคอมไพล์ซอร์สโค้ดไปแล้ว และยังไม่มีการแก้ไขใหม่ จะปรากฏข้อความว่า

make : ‘file_name.lx’ is up to date. ดังรูปที่ ก.25



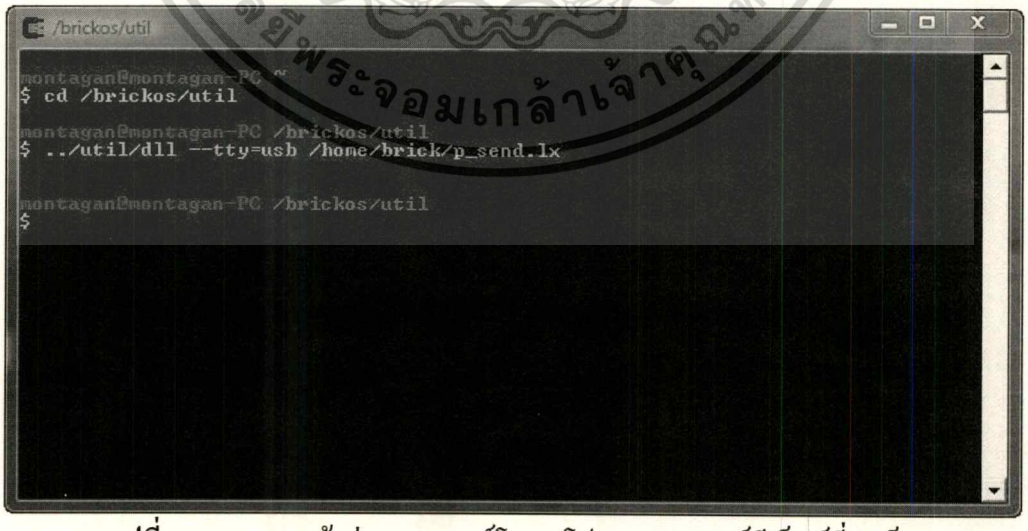
รูปที่ ก.25 แสดงหน้าต่างการคอมไพล์ซอร์สโค้ดที่ได้คอมไพล์ไปแล้ว

6. การดาวน์โหลดโปรแกรมลงอาร์ซีเอ็กซ์

หุ่นยนต์จะทำงานได้นั้น จะต้องมีการดาวน์โหลดโปรแกรมลงบนอาร์ซีเอ็กซ์ก่อนด้วยคำสั่งดังต่อไปนี้

../util/dll –tty=usb file_name.lx

ถ้าดาวน์โหลดโปรแกรมลงอาร์ซีเอ็กซ์สำเร็จ จะปรากฏข้อความดังต่อไปนี้



รูปที่ ก.26 แสดงหน้าต่างการดาวน์โหลดโปรแกรมลงอาร์ซีเอ็กซ์ที่สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน นางสาวมนฑกานติ์ หวังสวาสดิ์

วันเดือนปีเกิด 15 ตุลาคม 2524

สถานที่เกิด สุราษฎร์ธานี

ประวัติการศึกษา

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสุราษฎร์ธานี ปีการศึกษา 2542

จบการศึกษาศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีการศึกษา 2546

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้