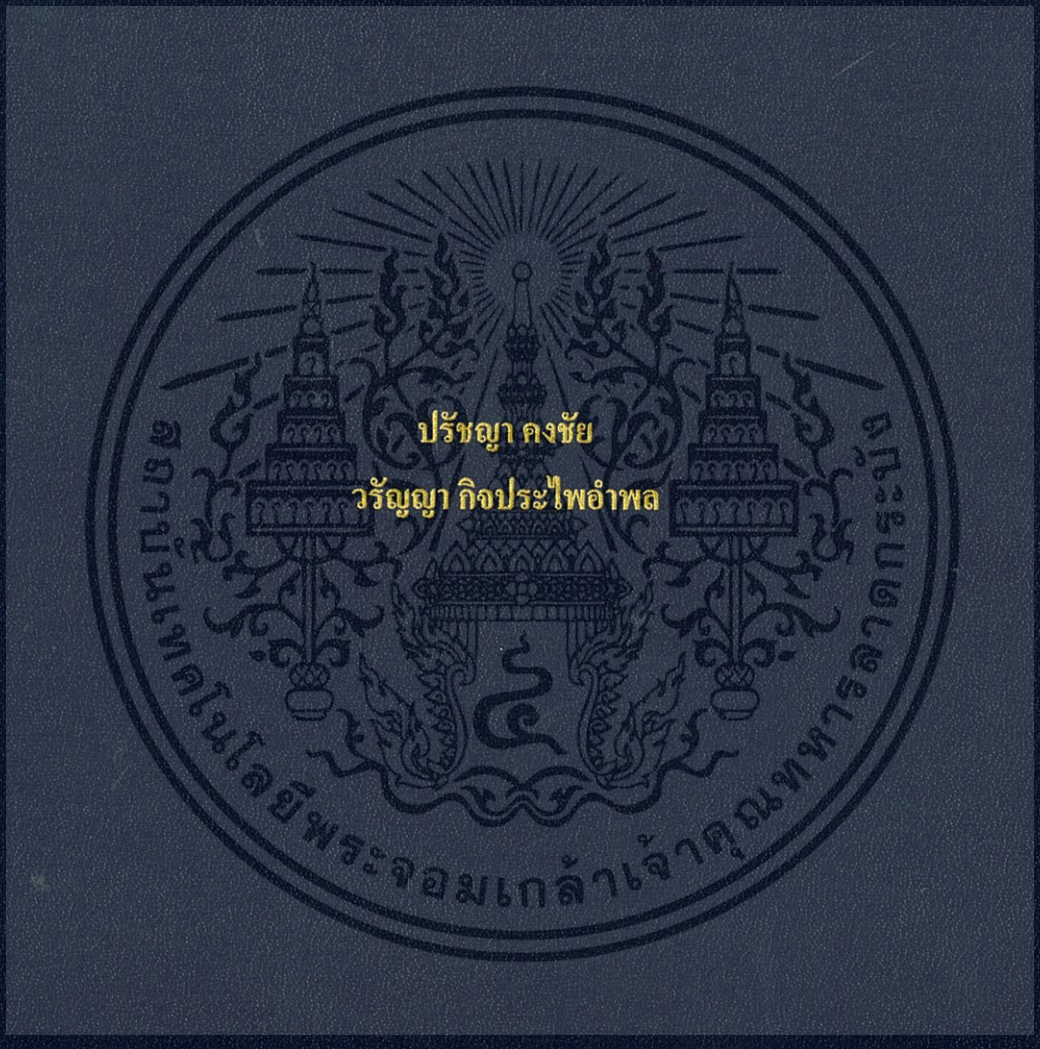
หุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด

SMART VACUUM



ปรัชญา คงชัย

วรัญญา กิจประไพอำพล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

หุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด

SMART VACUUM

ปรัชญา คงชัย

วรัญญา กิจประไพอำพล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด

SMART VACUUM

ผู้จัดทำ

1. นางสาวปรัชญา คงชัย รหัสนักศึกษา 57010743
2. นางสาววรัญญา กิจประไพอำพล รหัสนักศึกษา 57011116

ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด

นางสาวปรัชญา คงชัย 57010743
นางสาววรัญญา กิจประไพอำพล 57011116
อาจารย์ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์มากมายที่ช่วยให้ชีวิตของมนุษย์สะดวกสบายขึ้น หนึ่งในนั้นคือหุ่นยนต์ดูดฝุ่น ที่จะเคลื่อนที่ไปตามพื้นห้องและดูดฝุ่นบริเวณที่วิ่งผ่านไป

หุ่นยนต์ดูดฝุ่นได้พัฒนาขึ้นมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการเคลื่อนที่หลายรูปแบบเพื่อให้ทำความสะอาดได้ทั่วทั้งห้อง มีระบบตรวจสอบความสะอาดของพื้น และมีระบบวิ่งกลับเข้าสู่ฐานชาร์จโดยอัตโนมัติเมื่อทำความสะอาดเสร็จหรือแบตเตอรี่ใกล้หมด

โครงงานนี้จะเป็นการพัฒนาต่อยอดหุ่นยนต์ดูดฝุ่นเพื่อให้สามารถใช้งานได้ดีขึ้น โดยพัฒนาแอปพลิเคชั่นเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งการหุ่นยนต์ดูดฝุ่นจากมือถือเพื่อให้ทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็วที่สุด อีกทั้งยังมีระบบที่ให้ผู้ใช้งานตรวจสอบเส้นทางที่หุ่นเดินเพื่อดูว่าทำความสะอาดทุกบริเวณห้องแล้วหรือไม่อย่างไร เพื่อให้ผู้ใช้งานมั่นใจได้ถึงประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นว่าทำความสะอาดได้ทั่วบริเวณจริง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smart Vacuum

Ms. Pratchaya Kongchai 57010743

Ms. Waranya Khitpraphiumphol 57011116

Ms. Chutimet Srinilta Advisor

Academic Year 2017

ABSTRACT

Nowadays, people have many smart devices to make their life more comfortable. One of them is a vacuum robot which moves around the room and makes the floor tidy.

Over the last several years, vacuum robot has been developed to improve its quality. There are many algorithm used for their moves, sensors that can detect whether the floor is not clean, and some robot can go to the charger by itself when it runs out of battery.

This project will take the vacuum robot to the next level. By using android application, the vacuum robot must calculate and walk on the shortest path while making sure that it covers the entire room. We also have the system that user can check the path vacuum robot had walk through.

We test our algorithm with many room configurations to find the starting position that gives best coverage with least number of steps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผศ. ดร.ชุติเมษฏ์ ศรีนิลทา ให้ความสนใจและใส่ใจสอบถามถึงความคืบหน้าของงานอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งคอยช่วยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ ตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำงาน และเป็นกำลังใจให้กันมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ และครูบาอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่มอบความรู้และประสบการณ์มากมายให้กับข้าพเจ้า

ปรัชญา คงชัย

วรัญญา กิจประไพอำพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

Smart Vacuum II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 วิธีการดำเนินการ 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การเคลื่อนที่เลียนแบบวัว (บูสโทรฟีดอน) 4

2.2 อัลกอริทึมบีซีดี 4

2.3 อัลกอริทึมการค้นหาแบบเอสตาร์ 5

2.4 อัลกอริทึมบีเอสตาร์ 6

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 6

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 7

2.7 ตัวขับมอเตอร์ 7

2.8 วิธีการควบคุมการขนส่งข้อมูล (ทีซีพี) 7

2.9 MQTT 11

2.10 อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic) 12

บทที่ 3 วิเคราะห์ออกแบบ 13

3.1 การวิเคราะห์และเลือกอุปกรณ์ 13

3.2 ออกแบบ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 การพัฒนาและทดสอบระบบ 24

4.1 แผนการดำเนินงาน 24

4.2 รายการอุปกรณ์ 25

4.3 การพัฒนา 26

4.4 ผลการดำเนินการ 26

4.5 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข 27

4.6 การทดสอบ 27

บทที่ 5 สรุป 35

5.1 สรุปผล 35

5.2 ปัญหาและอุปสรรค 35

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

4.1 แผนการดำเนินงานในเทอมแรก 24

4.2 แผนการดำเนินงานในเทอมที่สอง 25

4.3 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 การเคลื่อนที่เลียนแบบวัว	4
2.2 อัลกอริทึมบีซีดี	5
2.3 โครงสร้างเซกเมนต์ทีซีพี	8
2.4 แบบจำลองแฮนด์เชคสามทาง	10
2.5 แบบจำลองปิดการสื่อสาร	10
2.6 แบบจำลองปิดการสื่อสาร	11
3.1 Raspberry Pi 3 Model B	13
3.2 Motor Drive Module L298N	14
3.3 ชุดมอเตอร์และล้อจากเครื่องดูดฝุ่นเก่า	14
3.4 เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก	15
3.5 Arduino Uno R3	15
3.6 ภาพรวมของระบบ	16
3.7 Sequence diagram	15
3.8 Sequence diagram (ต่อ)	18
3.9 Hardware I/O Diagram	20
3.10 โครงสร้างหุ่นยนต์ดูดฝุ่น	22
3.11 ภาพรวมของ software	22
4.1 หุ่นยนต์เดินในห้องจำลอง	31
4.2 หุ่นยนต์เดินในห้องจำลอง	32
4.3 ทดสอบแอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์	33
4.4 เส้นทางการเดินของหุ่นธรรมดา	34
4.5 เส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด	34
ก.1 Sequence diagram (ต่อ)	38
ก.2 Hardware I/O Diagram	38
ก.3 โครงสร้างหุ่นยนต์ดูดฝุ่น	39
ก.4 ภาพรวมของ software	39
ก.5 หุ่นยนต์เดินในห้องจำลอง	40
ก.6 หุ่นยนต์เดินในห้องจำลอง	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
ก.7 ทดสอบแอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์	41
ก.8 เส้นทางการเดินของหุ่นธรรมดา	41
ก.9 เส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

หุ่นยนต์ดูดฝุ่นเริ่มแรกนั้นถูกออกแบบมาเพื่อทำความสะอาดฝุ่น เศษขยะขนาดเล็ก และเส้นผม ภายในบ้าน สามารถเปลี่ยนทิศทางได้เมื่อชนกับวัตถุต่าง ๆ ภายหลังมีการพัฒนาคุณลักษณะพิเศษเพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆ เช่นความสามารถในการตรวจจับฝุ่นบริเวณพื้นบ้านที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่าน ความสามารถในการตรวจสอบพื้นต่างระดับ ความสามารถในการวิ่งกลับฐานชาร์จเองเมื่อแบตเตอรี่ต่ำ หรือแม้แต่การกำหนดพื้นที่ทำความสะอาดโดยใช้เครื่องมือกำแพงจำลอง (virtual wall)

ข้อเสียที่สำคัญของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นคือ ไม่สามารถวางของที่มีน้ำหนักเบาไว้บนที่สูงได้ เนื่องจากหุ่นยนต์ดูดฝุ่นอาจจะชนทำให้ของร่วงลงมา, หุ่นยนต์ดูดฝุ่นบางตัวจะใช้เซ็นเซอร์อินฟราเรดในการตรวจจับกำแพง ทำให้ไม่สามารถตรวจจับผนังที่เป็นกระจกได้

ทางคณะผู้จัดทำจึงต้องการทำหุ่นยนต์ดูดฝุ่นที่มาพร้อมกับแอปพลิเคชันในการตรวจสอบความสะอาด โดยสามารถควบคุมหุ่นจากระยะไกลได้ผ่านทางโมดูล Wifi ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าหุ่นยนต์จะต้องวางแผนการเดินได้เองจากแผนที่ที่กำหนดให้ ให้มีระยะการเดินที่สั้นที่สุดและสามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึงห้อง เปลี่ยนเซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางเป็นตรวจจับด้วยเสียงแทนการใช้อินฟราเรดเพื่อลดปัญหาหุ่นชนกระจก ผู้ใช้สามารถตรวจสอบเส้นทางและเวลาที่ใช้ได้ผ่านทางแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) ประดิษฐ์หุ่นยนต์ดูดฝุ่นที่สามารถควบคุมได้จากระยะไกล
2) สามารถเลือกสรรวิธีการอันเหมาะสมในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่หุ่นยนต์ดูดฝุ่นจะสามารถทำความสะอาดได้ทั่วห้อง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) หุ่นยนต์สามารถวิ่งตามเส้นทางที่ระบุได้
2) หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ในห้องจำลองขนาดไม่เกิน 8*8 เมตร
3) แอปพลิเคชันสามารถสั่งการให้หุ่นเคลื่อนที่ได้ และสามารถแสดงข้อมูลเส้นทางกับเวลาที่ใช้
4) พื้นที่ ที่ใช้ทดลอง ไม่มีความต่างระดับ
5) ไม่มีสิ่งมีชีวิตอยู่ภายในห้อง ไม่มีสิ่งที่เคลื่อนไหวได้อยู่ภายในห้อง
6) ไม่มีสิ่งของขนาดเล็กกว่า 30x30 เซนติเมตร วางอยู่บนพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ต้องวางหุ่นที่มุมห้องเมื่อตอนเริ่มต้นทำงาน
8) ต้องปิดประตูห้องในขณะที่หุ่นทำงาน
9) พื้นห้องต้องเป็นลักษณะพื้นราบ เรียบ ไม่ลื่น ไม่มีพรมปูทับพื้นห้อง
10) ต้องหันหน้าหุ่นไปในทิศทางเริ่มต้นให้ถูกต้อง
11) ไม่เคลื่อนย้ายสิ่งของในขณะที่หุ่นทำงาน

1.4 วิธีการดำเนินการ

1.4.1 การพัฒนาหุ่นยนต์ดูดฝุ่น

1) ศึกษาการเขียนโปรแกรมติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์
2) ทดลองเขียนโปรแกรมติดต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งงานพอร์ทต่าง ๆ
3) ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน
4) ศึกษาการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อระบบกับเครือข่ายโดยใช้ MQTT protocol
5) ออกแบบการสร้างตัวหุ่นยนต์และจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้
6) ทดลองการหมุนของมอเตอร์ และการทำงานของเซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิก
7) ปรับระบบการหมุนของมอเตอร์ให้ได้ระยะตามที่ต้องการ
8) ทดลองเขียนโปรแกรมติดต่อการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายกับหุ่นยนต์
9) ทดลองการเดินของหุ่นโดยมีสิ่งกีดขวางในห้อง

1.4.2 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

1) ศึกษาพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้ภาษาจาวา ในการวาดแผนผังของห้อง
2) ศึกษาเกี่ยวกับการขยับรถตามทิศทาง
3) ค้นหากลวิธีที่เหมาะสมเพื่อหาเส้นทางเดินที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
4) เขียนโปรแกรมตามกลวิธีที่พบ
5) ออกแบบและเขียนแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เพื่อสั่งการหุ่นและแสดงผลการทำงาน

1.4.3 การปรับปรุงระบบให้ทำงานได้ดีขึ้นและจัดทำเอกสารรวมทั้งการนำเสนอโครงงาน

1) นำระบบทั้ง 3 ส่วนมาใช้งานร่วมกัน
2) ปรับปรุงคุณภาพของระบบโดยรวม
3) จัดทำเอกสารทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) หุ่นยนต์ดูดฝุ่นที่สามารถดูดฝุ่นภายในห้องได้อย่างทั่วถึง โดยใช้เส้นทางในการเดินทางที่ดีที่สุดและประหยัดเวลาที่สุดภายใต้เงื่อนไขของห้องนั้น ๆ
2) โปรแกรมที่สามารถเขียนแผนที่สำหรับการเดินทางและสามารถคำนวนเส้นทางที่ดีที่สุดให้กับหุ่นยนต์ดูดฝุ่น สามารถเก็บข้อมูลการเดินของหุ่นเพื่อนำมาวิเคราะห์เวลาที่ใช้ และเส้นทาง
3) แอปพลิเคชันแอนดรอยด์ที่สามารถสั่งการหุ่นยนต์ได้จากระยะไกล และสามารถแสดงข้อมูลเส้นทางที่หุ่นเดินกับเวลาที่ใช้

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท คือ

บทที่ 1 บทนำ ที่มาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงงาน วิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีและอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในโครงงาน ประกอบด้วยการเคลื่อนที่เลียนแบบวัว (บูสโทรฟีดอน), อัลกอริทึมบีซีดี, อัลกอริทึมการค้นหาแบบเอสตาร์, อัลกอริทึมบีเอสตาร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, ตัวขับมอเตอร์, เกณฑ์วิธีควบคุมการขนส่งข้อมูล (ทีซีพี)

บทที่ 3 การออกแบบ กล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบให้ตรงตามสิ่งที่คาดหวัง พร้อมทั้งวิเคราะห์การเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการเตรียมการทดลองทั้งการจัดเตรียมฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ สภาวะแวดล้อมในการทำการทดลอง ข้อมูลทดสอบ การทำงานหรือการจำลองการทำงานของระบบ ผลการทดลอง การวิเคราะห์แก้ไขปัญหา รวมถึงสังเกตผลลัพธ์และบันทึกผล

บทที่ 5 สรุป กล่าวถึงการสรุปผลลัพธ์ของชิ้นงานว่าตรงตามจุดประสงค์ของโครงงานที่เราตั้งไว้หรือไม่

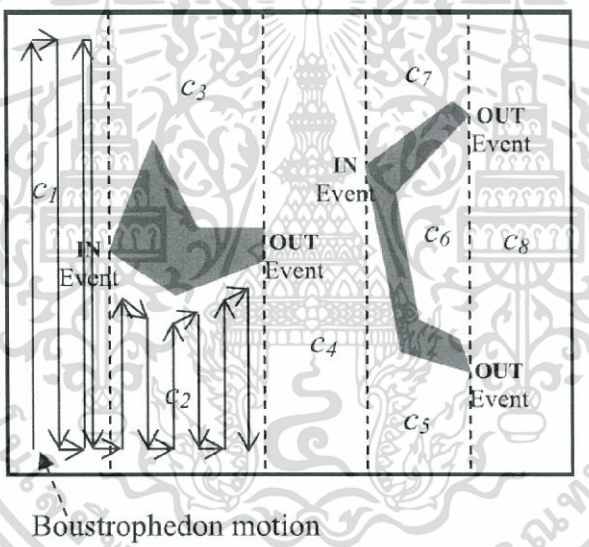
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเคลื่อนที่เลียนแบบวัว (บูสโทรฟีดอน)

คำว่า บูสโทรฟีดอน เป็นภาษากรีกประกอบขึ้นจากคำว่าบูสซึ่งแปลว่าวัว คำว่าสโทรฟีซึ่งแปลว่ารอบ และคำขยายคำสุดท้ายที่แปลว่าคล้ายคลึง มักปรากฏเป็นรูปแบบของงานเขียนอักษรกรีกโบราณ

ลักษณะการเคลื่อนที่บูสโทรฟีดอนนั้นจะเป็นการเลียนแบบจากการเคลื่อนที่ของวัวไถนา โดยจะเริ่มต้นจากมุมใดมุมหนึ่งของพื้นที่ เคลื่อนที่ไปจนสุดขอบมุมอีกด้าน แล้วเลี้ยวเป็นระยะทางสั้น ๆ จากนั้นก็จะทำการเคลื่อนที่ไปจนสุดทางโดยขนานกับเส้นทางเดินเดิม ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนครบทั่วพื้นที่ดังรูปประกอบ



รูป 2.1 การเคลื่อนที่เลียนแบบวัว

2.2 อัลกอริทึมบีซีดี

อัลกอริทึมบีซีดี (BCD: Boustrophedon Cellular Decomposition) เป็นการเดินของหุ่นเลียนแบบการเคลื่อนที่ของวัว โดยอัลกอริทึมบีซีดีจะมีกระบวนการคร่าว ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดพื้นที่ที่หุ่นจะสามารถเดินได้เป็นกราฟ หนึ่งโหนดแทนหนึ่งเซลล์ของพื้นที่ห้อง

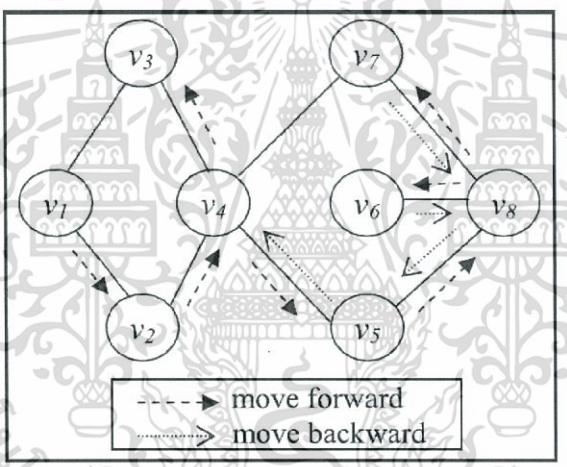
ขั้นที่ 2 สร้างเมตริกซ์ซึ่งแสดงการเชื่อมต่อของแต่ละโหนดในกราฟ

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์เส้นทางที่จะเดินไปตามแต่ละโหนดโดยใช้อัลกอริทึมที่คล้ายคลึงกับการค้นหาในแนวลึกแบบวนเพิ่มความลึก โดยให้ผลลัพธ์สุดท้ายเป็นเงื่อนไขที่ว่าแต่ละโหนดจะต้องถูกเดินผ่านอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยหนึ่งครั้ง ให้ v เป็นรายการซึ่งจะแสดงลำดับการเคลื่อนที่ผ่านโหนดต่าง ๆ มีรายละเอียดของการดำเนินงานคือ

1) เริ่มต้นจากโหนดใด ๆ ในพื้นที่ เพิ่มโหนดนั้นเข้าไปใน v
2) เริ่มเดินในทิศทวนเข็มนาฬิกาไปยังโหนดที่ไม่เคยเดินผ่านมาก่อน ตั้งค่าให้โหนดนี้เป็นโหนดปัจจุบัน เพิ่มเส้นทางเดินเข้าไปในรายการ v และบันทึกตำแหน่งนั้นเป็นตำแหน่งที่เดินผ่านแล้ว
3) ทำตามขั้นตอนที่ 2 ไปจนกระทั่งทุก ๆ โหนดที่อยู่รอบ ๆ โหนดที่ตัวหุ่นอยู่ในปัจจุบันได้ถูกบันทึกว่าเดินผ่านแล้ว
4) ทำการเคลื่อนที่ย้อนกลับตามเส้นทางเดิม จนกระทั่งพบโหนดที่มีโหนดรอบ ๆ ยังไม่ถูกเดินผ่าน ให้ย้อนกลับไปทำตามขั้นตอนที่ 2)
5) ถ้าหากเคลื่อนที่กลับมาจนสุดเส้นทางแล้วไม่พบว่ามีโหนดใดที่โหนดรอบ ๆ ยังไม่ถูกเดินผ่าน ก็ให้ใช้ v เป็นการเดินของหุ่นนั้น



รูป 2.2 อัลกอริทึมบีซีดี

2.3 อัลกอริทึมการค้นหาแบบเอสตาร์

เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการเดินผ่านกราฟ เป็นการค้นหาเส้นทางสั้นที่สุดระหว่างโหนดสองโหนด วิธีนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูง

2.3.1 กระบวนการทำงาน

เอสตาร์เป็นอัลกอริทึมประเภทเบสท์เฟิร์สเสิร์ช (Best-first-search) มีความหมายว่าจะค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด (มีค่า (cost) น้อยที่สุด) จากเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดเพื่อให้ไปถึงจุดหมาย โดยผู้ใช้จะทำการกำหนดค่าน้ำหนัก (weight) ของเส้นทางที่จะเดินไปแต่ละโหนด และจะมีการเก็บค่าฮิวริสติกเป็นระยะทางรวมจากจุดเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานจะเริ่มต้นจากโหนดแรก จะทำการสร้างทรีของเส้นทางซึ่งเริ่มต้นจากโหนดนั้น และขยายออกจนกระทั่งถึงโหนดปลายทาง

ในการวนลูปเพื่อสร้างทรีแต่ละรอบนั้นอัลกอริทึมจะต้องทำการวิเคราะห์เส้นทาง เพื่อดูว่าจะขยายไปในทิศทางใด โดยจะทำการประมาณค่าจากค่า cost (weight รวมทั้งหมด) มีสมการดังนี้

$$f(n) = g(n) + h(n) \qquad (2.1)$$

โดย n คือ โหนดปลายทาง ณ ขณะนั้น ค่า g(n) คือค่า cost ของเส้นทางตั้งแต่โหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดปัจจุบัน และค่า h(n) คือค่าฮิวริสติก (heuristic) ซึ่งเป็นการประมาณค่าของ cost ที่ถูกที่สุดจากโหนด n ไปยังโหนดเป้าหมาย

โดยหากเดินไปแล้วพบทางตันหรือไม่พบโหนดปลายทาง อัลกอริทึมจะเปลี่ยนไปใช้เส้นทางที่มีค่า cost สูงขึ้น ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพบโหนดปลายทางก็ถือเป็นอันจบการทำงาน เส้นทางที่หาได้คือเส้นทางที่สั้นที่สุด หรืออาจมีบางกรณีที่ไม่สามารถสร้างทรีได้อีก แสดงว่าไม่มีทางที่จะไปถึงโหนดเป้าหมายได้

2.4 อัลกอริทึมบีเอสตาร์

อัลกอริทึมบีเอสตาร์ เป็นอัลกอริทึมการเดินของหุ่นซึ่งผสมผสานระหว่างการเดินแบบบูสโทรฟีดอนกับการค้นหาเส้นทางแบบบีเอสตาร์

2.4.1 กระบวนการ

เริ่มจากการค้นหาเส้นทางด้วยอัลกอริทึมแบบบีซีดี หลังจากนั้นเมื่อสุดเส้นทางแล้ว ให้ทำการย้อนกระบวนการกลับตามปกติ เมื่อถึงขั้นตอนที่ 4 ให้เปลี่ยนจากการเดินย้อนกลับทางเดิมเป็นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่จะไปยังโหนดนั้นโดยใช้อัลกอริทึมเอสตาร์ เป็นการลดระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่กลับทำให้ใช้เวลาในการเดินให้ทั่วห้องน้อยลง

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นเหมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ภายในมีหน่วยความจำ, ซีพียู, อุปกรณ์อินพุต /เอาต์พุต พอร์ตต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบัน ไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายได้โดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์เสริม

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์

1) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หน่วยความจำ (Memory) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.1) หน่วยความจำโปรแกรมหลัก (Program Memory) ข้อมูลใด ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง

2.2) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน

3) พอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input port) และพอร์ตเอาต์พุต (Output port)

4) บัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียูหน่วยความจำและพอร์ต โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานกล มอเตอร์กระแสตรงทำงานบนตัวนำ เมื่อตัวนำไฟฟ้าแบบพกพาอยู่ในสนามแม่เหล็กจะมีแรงบิดและมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ ถ้าทิศทางของกระแสไฟฟ้าในลวดถอยกลับทิศทางของการหมุนจะหมุนกลับเช่นเดียวกัน

2.7 ตัวขับมอเตอร์

ตัวขับมอเตอร์ เป็นตัวขยายกระแสไฟฟ้าขนาดเล็ก การทำงานของตัวขับมอเตอร์คือจะทำการเปลี่ยนสัญญาณกระแสต่ำให้เป็นสัญญาณกระแสสูงที่สามารถขับเคลื่อนมอเตอร์ได้

2.8 วิธีการควบคุมการขนส่งข้อมูล (ทีซีพี)

เกณฑ์วิธีควบคุมการขนส่งข้อมูล (ทีซีพี) เป็นโพรโทคอลควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างแม่ข่าย (Host) ถึงแม่ข่าย (Host) ในเครือข่ายเพื่อใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน รับประกันความถูกต้องและลำดับของข้อมูลที่ส่งผ่านระบบเครือข่าย

เกณฑ์วิธีควบคุมการขนส่งข้อมูล มีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

2.8.1 การบริการแบบมีการตอบรับ (Connection-Oriented Service)

เป็นการเชื่อมต่อระหว่างผู้ส่งและผู้รับ จากนั้นข้อมูลจะได้รับการโอนย้ายตามลำดับ และในตอนท้าย การเชื่อมต่อจะถูกปลดออก

2.8.2 การส่งแบบสองทาง (Full duplex)

การเชื่อมต่อทีซีพี ข้อมูลสามารถส่งข้อมูลได้สองทางพร้อมกัน มีบัฟเฟอร์ทั้งฝั่งผู้ส่งและผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

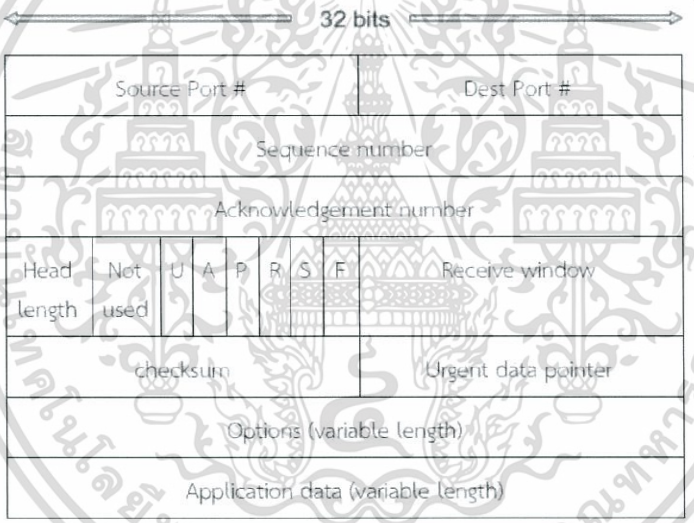
2.8.3 ความน่าเชื่อถือ (Reliable)

ทีซีพี เป็นโพรโทคอลที่มีความน่าเชื่อถือ มีการใช้ การตอบรับ (acknowledgement) เป็นสัญญาณในการตรวจสอบความถูกต้องของการส่งข้อมูลตามลำดับ มั่นใจได้ว่าข้อมูลส่งถึงผู้รับอย่างแน่นอน และมี เช็คซัม (checksum) ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

2.8.4 ความต่อเนื่องของการส่งข้อมูล (Stream Delivery Service)

ทีซีพี อนุญาตให้ผู้ส่งส่งข้อมูลเป็นกระแสข้อมูล (stream of byte) ได้และผู้รับสามารถรับข้อมูลเป็นกระแสข้อมูล ได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากกระบวนการส่งและรับไม่สามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลด้วยความเร็วเท่ากัน ทีซีพีต้องการบัฟเฟอร์สำหรับจัดเก็บข้อมูลจึงมีบัฟเฟอร์สองชุดคือ บัฟเฟอร์ส่งและบัฟเฟอร์รับ และมีส่วนหัว (header) สำหรับกำหนดหมายเลขลำดับและหมายเลขการตอบรับ (acknowledgement)

2.8.5 โครงสร้างเซกเมนต์ทีซีพี (ทีซีพี Segment Structure)



รูป 2.3 โครงสร้างเซกเมนต์ทีซีพี

1) พอร์ตต้นทาง (Source พอร์ต) ขนาด 16 บิต บอกถึงพอร์ตที่อยู่ของผู้ส่ง
2) พอร์ตปลายทาง (Destination พอร์ต) ขนาด 16 บิต แสดงถึงปลายทางในการส่งข้อมูล
3) ลำดับหมายเลข (Sequence Number) ขนาด 32 บิต ระบุลำดับที่ทำการส่ง แต่ละไบต์ ของข้อมูลจะถูกตั้งค่าลำดับหมายเลข
4) หมายเลขการตอบรับ (Acknowledgement number) ขนาด 32 บิต ระบุลำดับหมายเลข (sequence number) ถัดไปที่จะทำการส่งให้ผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

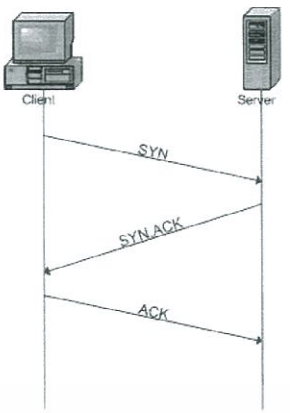
5) ความยาวส่วนหัว (Header Length) ขนาด 4 บิต บอกถึงจุดเริ่มต้นของทีซีพีแต่ละเซกเมนต์ และบอกถึงขนาดของส่วนหัวทีซีพี (TCP Header) และส่วนหัวไอพี (IP Header) ซึ่งสามารถมีส่วนหัวทีซีพีได้ตั้งแต่ 20-60 ไบต์
6) รีเซิร์ฟ (Reserved) ขนาด 6 บิต สงวนไว้ใช้ในอนาคต ผู้ใช้มักจะตั้งค่าบิตนี้ไว้เป็น 0
7) รหัสบิต (U, A, P, R, S, F) ขนาด 6 บิต ได้แก่ URG, ACK, PSH, RST(Reset), SYN, FIN(Finish)
8) หน้าต่างรับ (Receive window) ขนาด 16 บิต ผู้รับบอกผู้ส่งถึงจำนวนข้อมูลที่สามารถส่งได้ (buffer)
9) เช็คซัม (Checksum) ขนาด 16 บิต ตรวจสอบข้อผิดพลาดของแต่ละ segment
10) ตัวชี้ข้อมูลด่วน (Urgent data pointer) ขนาด 16 บิต เมื่อ URG ถูกเซต ข้อมูลนี้จะมีความสำคัญมากกว่าข้อมูลอื่นที่กำลังส่ง
11) ทางเลือก (Options) ขนาด 0-32 บิต โดยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดกับ เซกเมนต์ทีซีพีขนาดใหญ่สุด (MSS) บางครั้งเรียกว่า ขนาดหน้าต่างสูงสุด (Maximum Window Size) หรือส่งขนาดเซกเมนต์สูงสุด (Send Maximum Segment Size (SMSS))
12) 5.12 การประยุกต์ข้อมูล (Application data) ขนาด 0-32 บิต คือ ข้อมูลที่เราจะส่งไปยังผู้รับ

2.8.6 แฮนด์เชคสามทาง (3-way handshake)

เป็นการส่งสัญญาณเพื่อบอกเซิร์ฟเวอร์ ให้เตรียมตัวเริ่มต้นการสื่อสาร ดังแสดงในรูปที่ 2.4 มีขั้นตอนดังนี้

1) ไคลเอ็นต์ ส่ง ทีซีพี SYN แพคเก็ตไปยัง เซิร์ฟเวอร์
2) เซิร์ฟเวอร์ รับ SYN ของ ไคลเอ็นต์
3) เซิร์ฟเวอร์ ส่ง SYN ACK
4) ไคลเอ็นต์ รับ SYN-ACK ของ เซิร์ฟเวอร์
5) ไคลเอ็นต์ ส่ง ACK
6) เซิร์ฟเวอร์ รับ ACK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

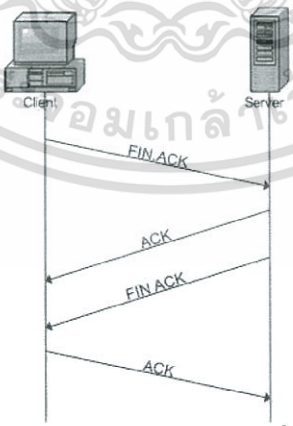


รูป 2.4 แบบจำลองแฮนด์เชคสามทาง

2.8.7 การสิ้นสุดการเชื่อมต่อ (Connection Termination)

เมื่อไม่ต้องการรับส่งข้อมูลอีกต่อไป จะต้องทำการยุติการสื่อสาร ดังแสดงในรูปที่ 2.5 มีขั้นตอนดังนี้

1) ไคลเอ็นต์ ส่ง FIN, ACK ไปยัง เซิร์ฟเวอร์ บ่งบอกว่าไม่มีข้อมูลที่จะส่งไปอีก
2) เซิร์ฟเวอร์ รับ FIN, ACK ของ ไคลเอ็นต์
3) เซิร์ฟเวอร์ ส่ง ACK ไปยัง ไคลเอ็นต์
4) เซิร์ฟเวอร์ ส่ง FIN, ACK ไปยัง ไคลเอ็นต์
5) ไคลเอ็นต์ รับ FIN, ACK ของ เซิร์ฟเวอร์
6) ไคลเอ็นต์ ส่ง ACK
7) เซิร์ฟเวอร์ รับ ACK



รูป 2.5 แบบจำลองปิดการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.8 การฟัง (Listening)

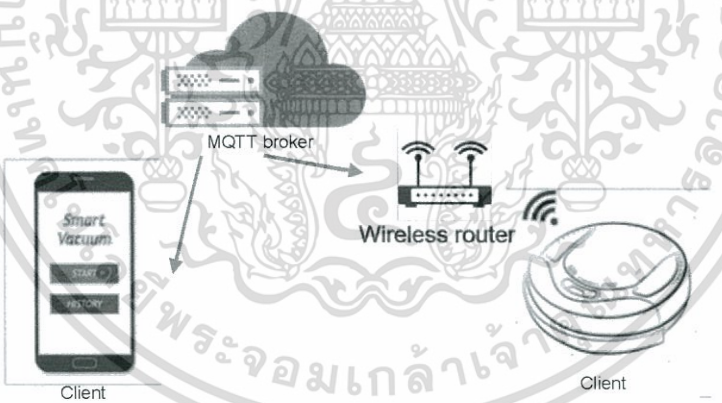
เขียนโปรแกรมเครือข่ายโดยใช้ซ็อกเก็ต (Socket Programming) ทีซีพีเซิร์ฟเวอร์ (TCP Server) จะต้องเปิดพอร์ต รอรับการเชื่อมต่อเพื่อสร้างการเชื่อมต่อกับไคลเอ็นต์ ซึ่งเรียกว่า พอร์ตการฟัง (Listening Port) และหมายเลขพอร์ตนี้จะต้องเป็นหมายเลขที่ไม่เปลี่ยนแปลงเพื่อรอรับการเชื่อมต่อกับไคลเอ็นต์

2.8.9 ยอมรับซ็อกเก็ต (Accept Socket)

เมื่อมีไคลเอ็นต์ติดต่อมาเพื่อขอสร้างการเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตการฟัง ฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะทำการยอมรับซ็อกเก็ตโดยสร้างซ็อกเก็ตใหม่เพื่อมารองรับการเชื่อมต่อกับไคลเอ็นต์ โดยใช้หมายเลขพอร์ตที่เซิร์ฟเวอร์ผลิตมาให้

2.9 MQTT

MQTT เป็น Protocol ที่ถูกออกแบบมาให้ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับอุปกรณ์ เพื่อสนับสนุนเทคโนโลยี IoT โดยใช้หลักการ Client / Server โดยฝั่ง Platform ถูกเรียกว่า Broker มีหน้าที่จัดการคิวรับ-ส่งของข้อมูลระหว่าง Client และใช้ Topic เป็นตัวอ้างอิง ฝั่ง Client เป็นได้ทั้ง Publisher และ Subscriber



รูปที่ 2.6 MQTT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆของ MQTT คือ

1. Broker ทำหน้าที่เป็นตัวกลางคอยจัดการกับข้อความที่ได้จาก Publisher แล้วส่งไปให้ Subscriber โดยอิงจาก Topic ที่ Subscriber ได้ Subscribe ไว้
2. Publisher และ Subscriber ทำการเชื่อมต่อไปยัง Broker
3. Topic เปรียบเสมือน Address บน Broker ที่ Client ทำการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อความต่างๆระหว่างกัน

2.10 อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic)

อัลตร้าโซนิค คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกิน 20,000 เฮิรตซ์ ซึ่งสามารถใช้คลื่นความถี่อัลต้าโซนิคเพื่อใช้ระบุตำแหน่ง รูปร่าง ทิศทาง ของวัตถุที่ขวางเส้นการเดินทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ของสิ่งๆนั้นได้อย่างแม่นยำ ด้วยหลักการสะท้อนของคลื่นเสียงที่ว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน โดยเมื่อปล่อยคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิคออกมาจะใช้การคำนวนระยะทางและเวลาที่เสียงเดินทางไปและเดินทางกลับ ทำให้สามารถจับตำแหน่งสิ่งต่างๆได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิเคราะห์ออกแบบ

3.1 การวิเคราะห์และเลือกอุปกรณ์

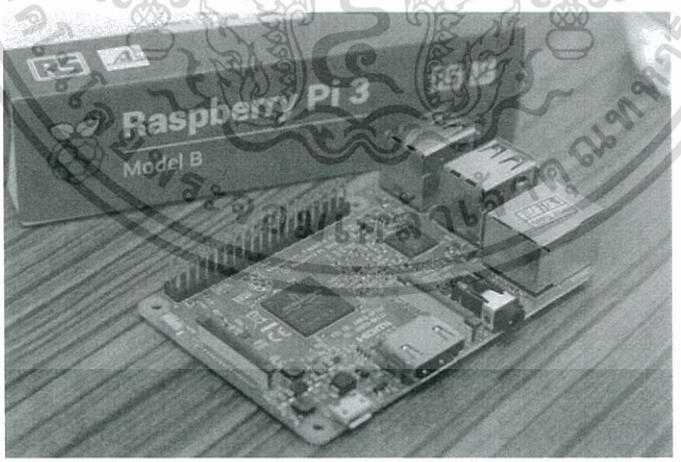
3.1.1 การวิเคราะห์ความต้องการ

ความต้องการของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด สามารถวิเคราะห์ความต้องการออกมาได้ดังต่อไปนี้

1) หุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาดต้องมีการแสดงข้อมูลเส้นทางที่หุ่นเดินกับเวลาที่ใช้
2) หุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาดสามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึงโดยใช้เวลาน้อยที่สุด
3) สามารถใช้โทรศัพท์มือถือสั่งเปิด-ปิดการทำงานของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาดผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ได้

3.1.2 การเลือกอุปกรณ์

1) อุปกรณ์บอร์ดควบคุมการเดินและส่งสัญญาณไร้สาย ได้เลือกใช้ Raspberry Pi 3 Model B รูปที่ 3.1 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ซีพียูสี่แกน (Quad-core) 1.2 กิกะเฮิรตซ์ ARM Cortex-A53 แบบ 64 บิต หน่วยความจำ ขนาด 1 กิกะไบต์ (LPDDR2-900 SDRAM) มี 802.11n เครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) และมีจีพีไอโอ (GPIO) 40 ขา ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการในการบังคับหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาดผ่านเครือข่ายไร้สาย

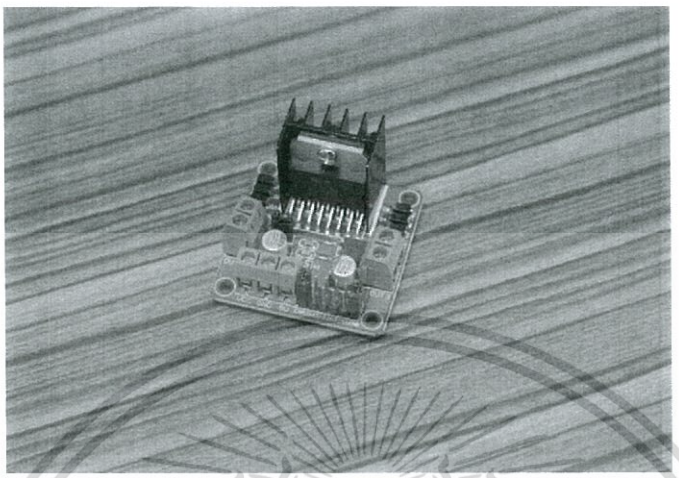


รูป 3.1 Raspberry Pi 3 Model B

2) ตัวขับมอเตอร์ ได้เลือกใช้ Motor Drive Module L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทาง ขับมอเตอร์ได้ 2 ตัวแบบแยกอิสระ

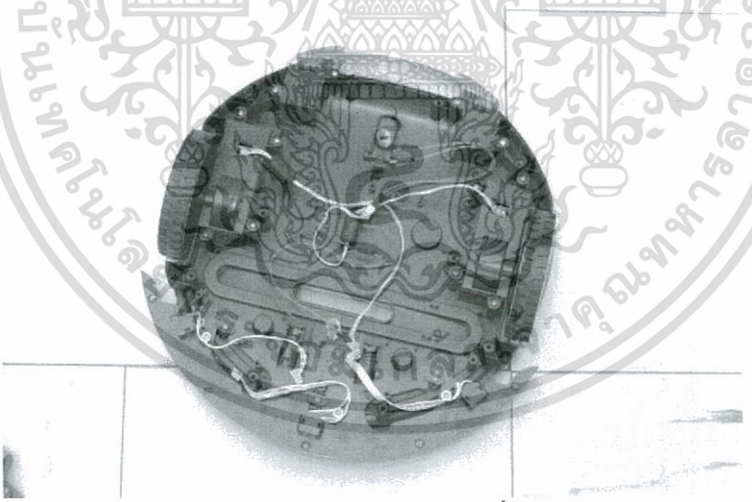
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้ ใช้ไฟ 5 โวลต์ สามารถรับไฟเข้า 7-35 โวลต์ได้ มีวงจรเรกูเลตในตัว ขับกระแสสูงสุดได้ 2A



รูป 3.2 Motor Drive Module L298N

3) ชุดมอเตอร์และล้อจากเครื่องดูดฝุ่นเก่า เป็นการนำอุปกรณ์เก่าที่ไม่ได้ใช้งานมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อีกครั้ง

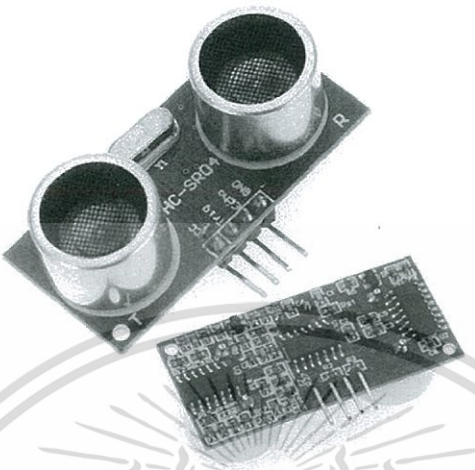


รูป 3.3 ชุดมอเตอร์และล้อจากเครื่องดูดฝุ่นเก่า

4) เซนเซอร์ชนิดใช้เสียง หรือเซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic ranging module HC-SR04) โมดูลอัลตราโซนิกนี้เป็นอุปกรณ์ใช้วัดระยะทางโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด วัดได้ตั้งแต่ 2 cm ถึง 400 cm โดยส่งสัญญาณอัลตร้าโซนิคความถี่ 40 kHz ไปที่วัตถุที่ต้องการวัดและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา พร้อมทั้งจับเวลาเพื่อ

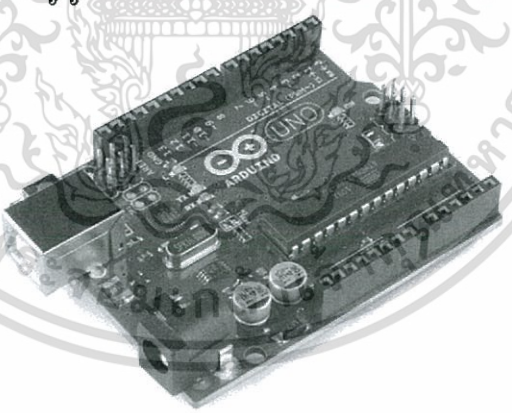
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาใช้ในการคำนวณระยะทาง ใช้ตรวจสอบวัตถุโดยรอบเพื่อไม่ให้หุ่นยนต์ดูดฝุ่น พุ่งชนวัตถุมากเกินไปจนอาจเกิดความเสียหายได้



รูป 3.4 เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก

5) อุปกรณ์บอร์ดควบคุมการเดินและรับสัญญาณอัลตราโซนิก ได้เลือกใช้ Arduino Uno R3 รูปที่ 3.5 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ มีจีพีไอโอ (GPIO) ทั้งหมด 20 ขา เป็นขาดิจิตอล 14 ขา มี 6 ขาที่รองรับเอาต์พุตแบบ PWM และมีขาอะนาล็อกอินพุต 6 ขา ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการในการรับสัญญาณอะนาล็อกจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก

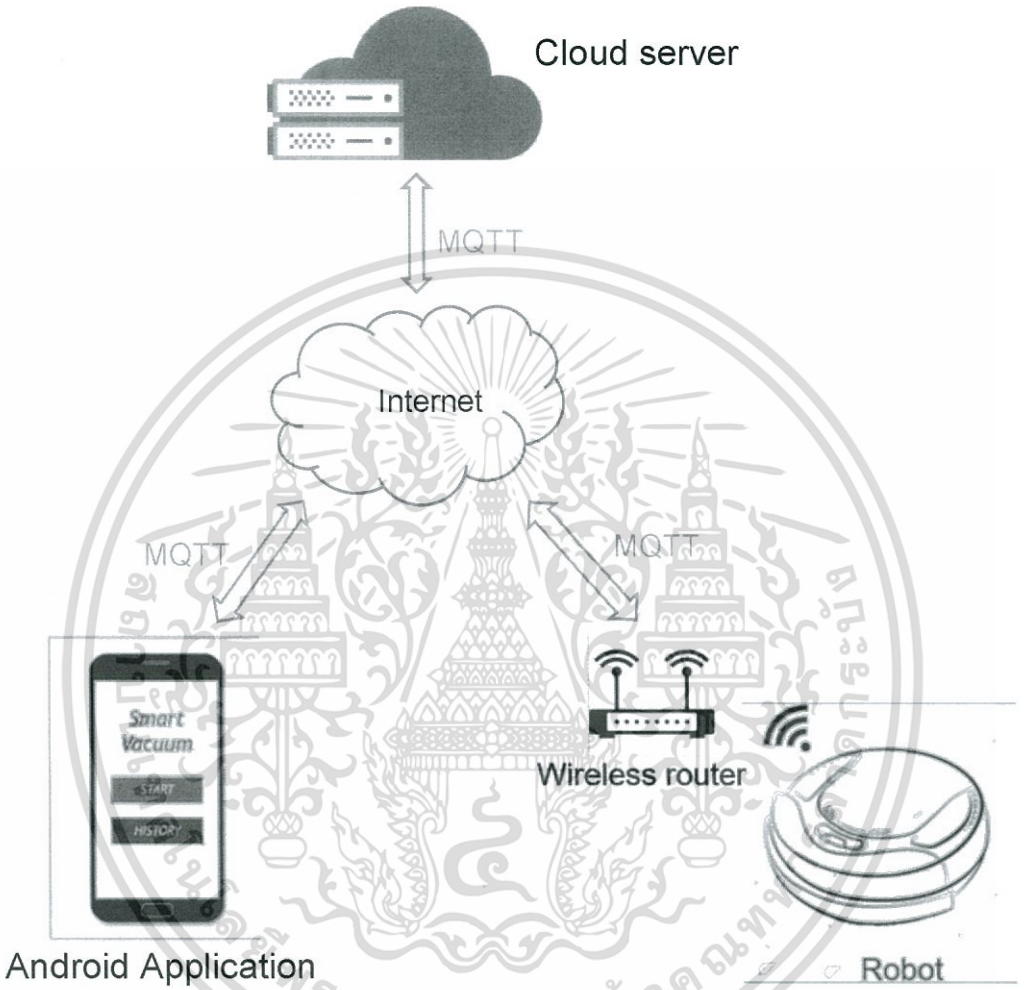


รูป 3.5 Arduino Uno R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ออกแบบ

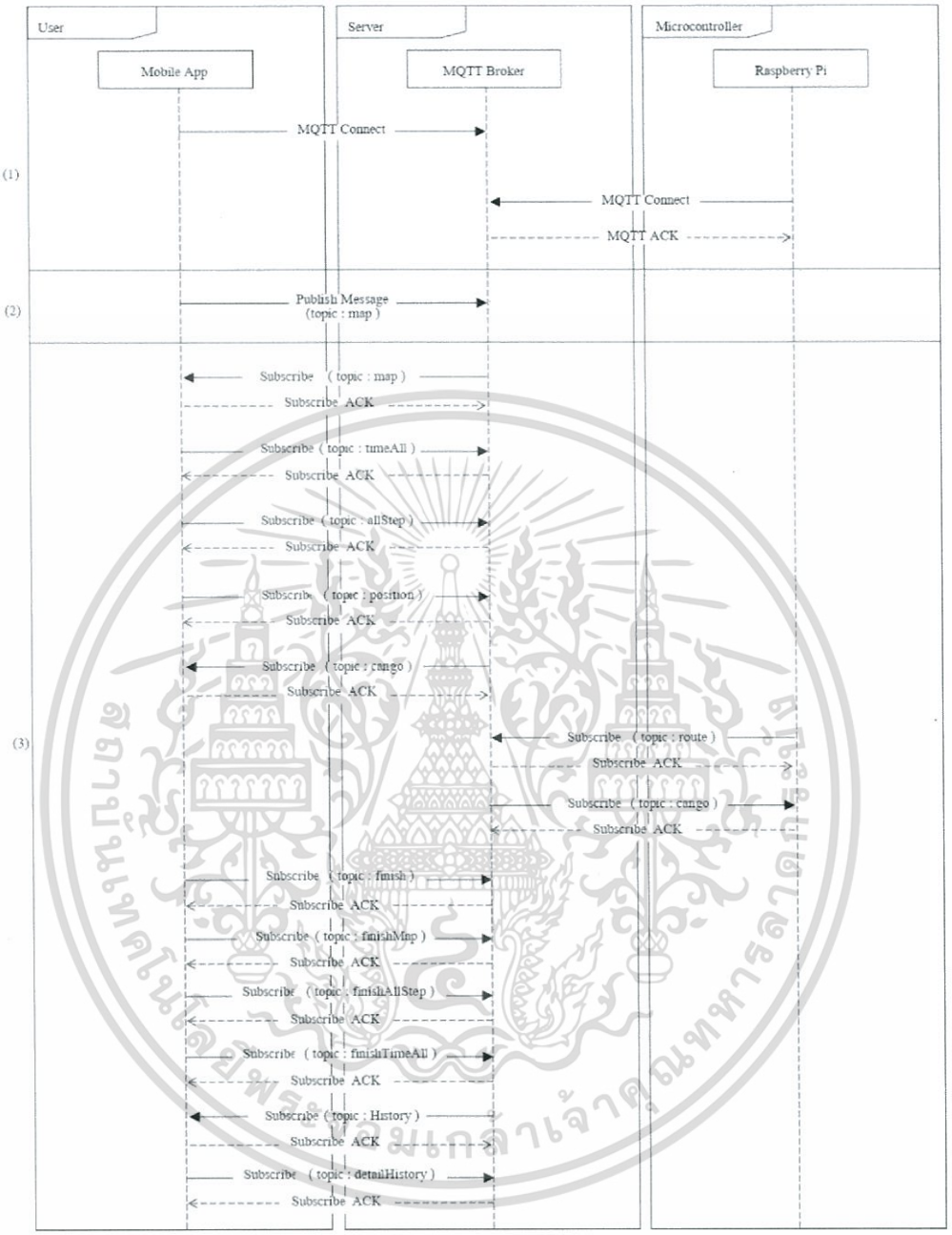
3.2.1 ภาพรวมของระบบ



รูป 3.6 ภาพรวมของระบบ

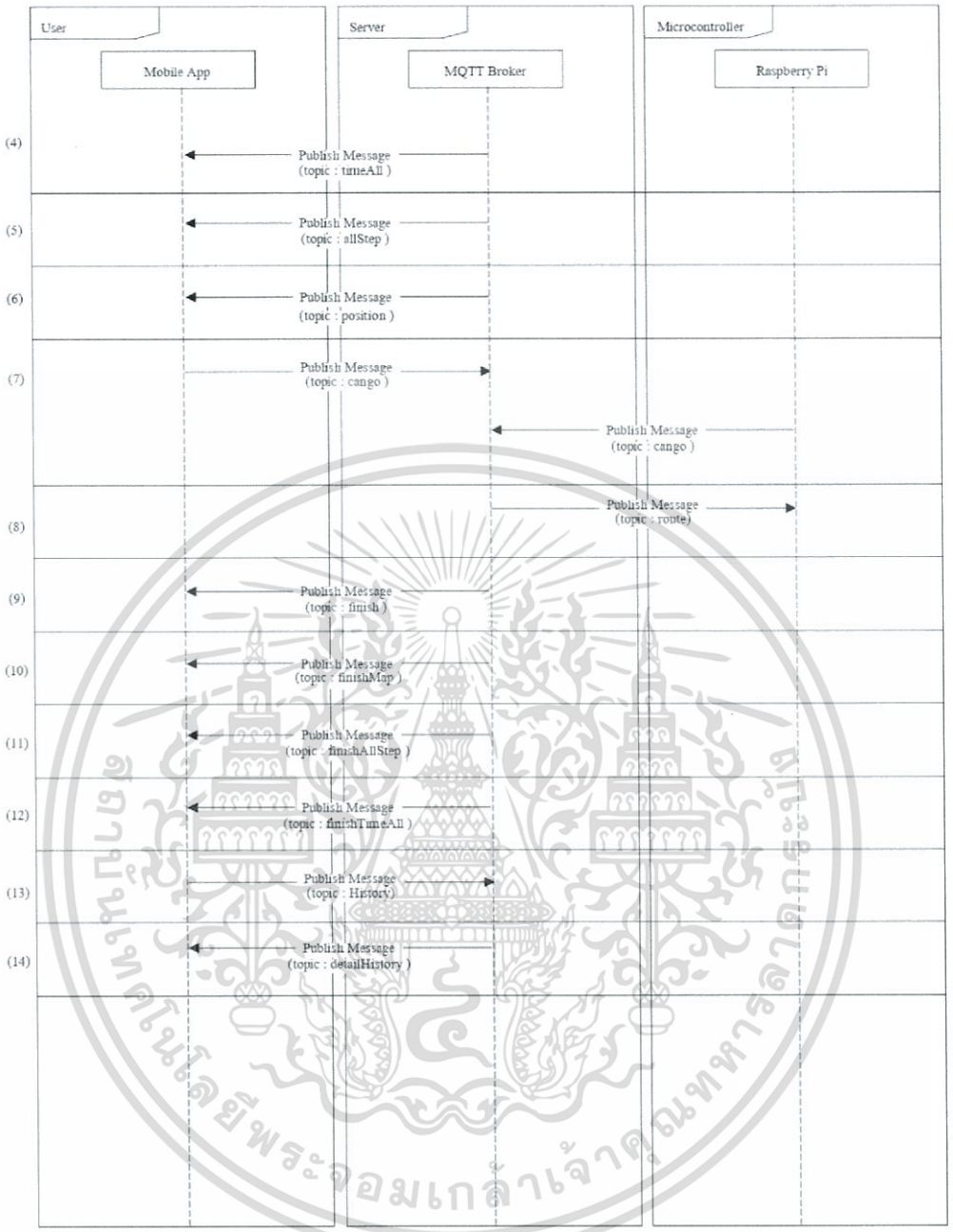
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Sequence Diagram



รูป 3.7 sequence diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.8 sequence diagram (ต่อ)

ระบบมีการทำงานแบบ Concurrency และ Event-driven ดังนั้นการเขียนโครงสร้างแบบ Sequence Diagram ทำให้เข้าใจและมีประสิทธิภาพมากกว่า Diagram ชนิดอื่น จากรูปภาพด้านบนแบ่งออกเป็น 14 สถานการณ์ ดังนี้

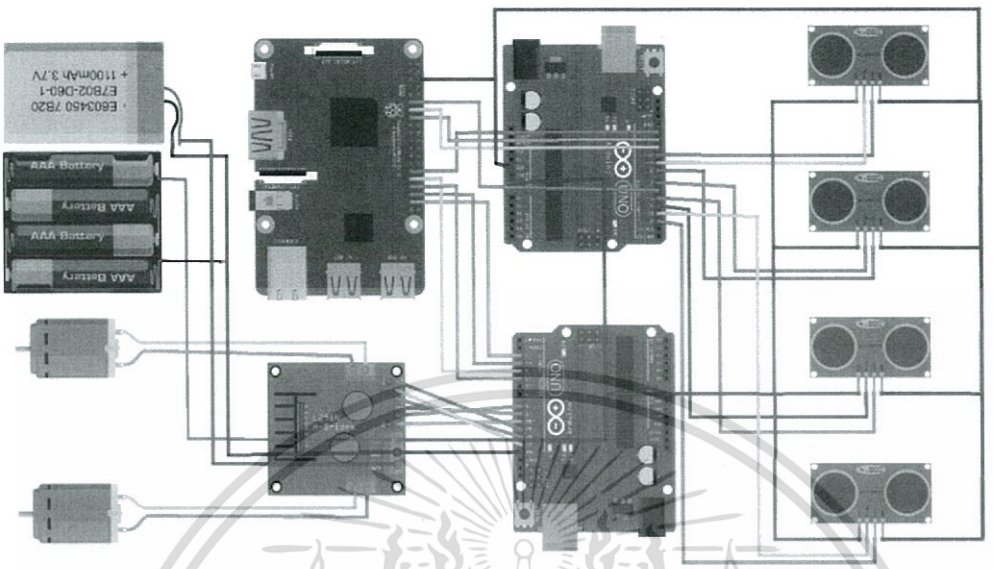
1) MQTT Open Connection (1) เมื่อเริ่มต้น MQTT Broker Service ที่ฝั่ง Platform แล้ว ให้ Microcontroller และ Web Application Service ทำการติดต่อเข้ามาที่ Broker เพื่อใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

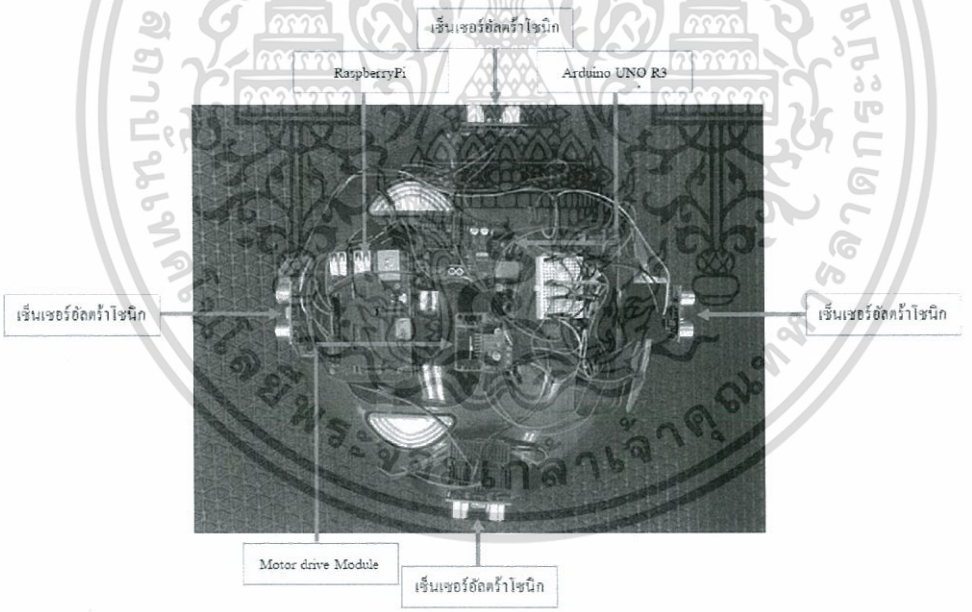
2) Publish (topic: map) (2) Mobile Application ส่งข้อมูลผังห้องให้กับ Server เพื่อคำนวณหาเส้นทาง เวลาทั้งหมดที่ใช้โดยประมาณ และตำแหน่งเริ่มต้นที่เหมาะสมในการวางหุ่นยนต์เพื่อใช้เวลาน้อยที่สุดในการเดินให้ครอบคลุม
3) Subscribe (3) Server ทำการ Subscribe ไปที่ Mobile Application ในหัวข้อ map, cango, History
Mobile Application ทำการ Subscribe ไปที่ Server ในหัวข้อ timeAll, allStep, position, finish, finishMap, finishAllStep, finishTimeAll, detailHistory
Microcontroller ทำการ Subscribe ไปที่ Server ในหัวข้อ route โดยเมื่อมีข้อมูล Publish เข้ามาในหัวข้อที่ได้ Subscribe ไว้ ทำให้ผู้ที่ Subscribe ไว้ที่รับข้อมูลด้วย
4) Publish (topic: timeAll) (4) Server ส่งข้อมูลเวลที่ใช้ทั้งหมดให้กับ Mobile Application เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ
5) Publish (topic: allStep) (5) Server ส่งข้อมูลจำนวนลำดับการเดินทั้งหมดให้กับ Mobile Application เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ
6) Publish (topic: position) (6) Server ส่งข้อมูลตำแหน่งเริ่มต้นที่เหมาะสมในการวางหุ่นยนต์เพื่อใช้เวลาน้อยที่สุดในการเดินให้ครอบคลุมให้กับ Mobile Application เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ
7) Publish (topic: cango) (7) Mobile Application ส่งข้อมูลเริ่มต้นทำงานให้กับ server เพื่อให้เริ่มส่งเส้นทางไปยัง Microcontroller เมื่อได้รับเส้นทาง Microcontroller จะส่งข้อมูลกลับมาเพื่อยืนยันการทำงาน
8) Publish (topic: route) (8) Server ส่งข้อมูลเส้นทางการเดินให้กับ Microcontroller เพื่อให้เริ่มการทำงานและเดินตามเส้นทาง
9) Publish (topic: finish) (9) Server ส่งข้อมูลจบการทำงานให้กับ Mobile Application
10) Publish (topic: finishMap) (10) Server ส่งข้อมูลผังการเดินสุดท้ายของหุ่นยนต์ให้กับ Mobile Application เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ
11) Publish (topic: finishAllStep) (11) Server ส่งข้อมูลจำนวนลำดับการเดินทั้งหมดให้กับ Mobile Application เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ
12) Publish (topic: finishTimeAll) (12) Server ส่งข้อมูลเวลที่ใช้ทั้งหมดให้กับ Mobile Application เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ
13) Publish (topic: History) (13) Mobile Application ส่งคำสั่งขอข้อมูลประวัติการใช้งานจาก Server
14) Publish (topic: detailHistory) (14) Server ส่งข้อมูลประวัติการใช้งานให้กับ Mobile Application เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานรับทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจร



รูป 3.9 Hardware I/O Diagram



รูป 3.10 โครงสร้างหุ่นยนต์ดูดฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ออกแบบเส้นทางเดินของหุ่น และทดสอบกับผังห้องจำลอง

ทำการเขียนโปรแกรมสร้างเส้นทางเดินของหุ่นโดยใช้ภาษาไพธอน โดยใช้อัลกอริทึมบีเอสตาร์ แล้วทำการทดสอบกับแผนที่จำลอง จากนั้นนำเส้นทางที่ได้ไปทดสอบกับตัวหุ่นยนต์เพื่อให้สามารถเดินตามเส้นทางที่วางแผนไว้

ตัวอย่าง 3.1 การเขียนสัญลักษณ์ของแผนที่เพื่อใช้เป็นอินพุทของโปรแกรม

```
MAP = ''
####################
#o                   #
#                    #
#                    #
######               #
#                    #
#                    #
####################
''
```

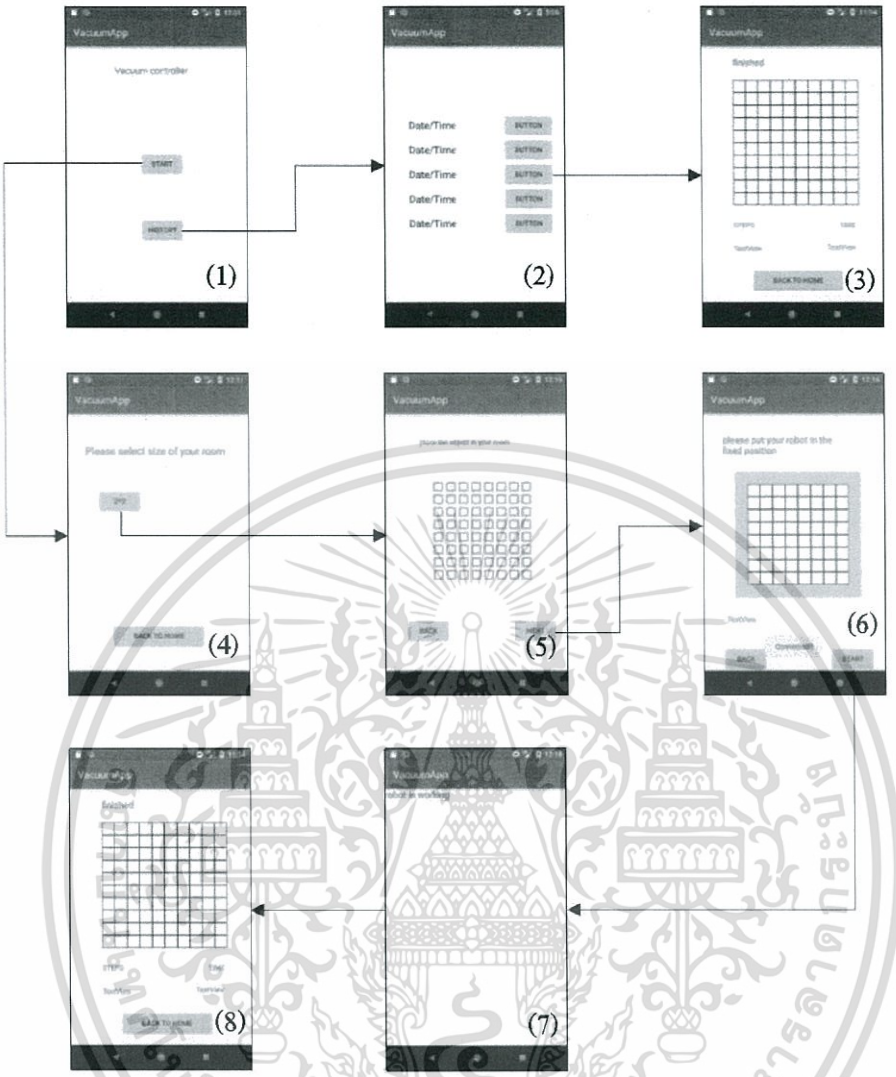
ตัวอย่าง 3.2 บางส่วนของรูปแบบเส้นทางการเดินที่โปรแกรมสร้างขึ้น

```
[['down', [2, 1]], ['down', [3, 1]], ['right', [3, 2]],
['up', [2, 2]], ['up', [1, 2]], ['right', [1, 3]],
['down', [2, 3]], ['down', [3, 3]], ['right', [3, 4]],
['up', [2, 4]], ['up', [1, 4]], ['right', [1, 5]],
['down', [2, 5]], ['down', [3, 5]], ['right', [3, 6]],
['up', [2, 6]], ['up', [1, 6]], ['right', [1, 7]],
['down', [2, 7]], ['down', [3, 7]], ['down', [4, 7]],
['down', [5, 7]], ['down', [6, 7]], ['right', [6, 8]],
['up', [5, 8]], ['up', [4, 8]], ['up', [3, 8]], ['up', [2,
8]], ['up', [1, 8]], ['right', [1, 9]], ['down', [2, 9]]]
```

3.2.5 หน้าต่างแอปพลิเคชั่น

แอปพลิเคชั่นจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนที่สั่งการให้หุ่นทำงาน ประกอบด้วยส่วนที่ให้ผู้ใช้งานทำการออกแบบแผนที่ สั่งการให้หุ่นยนต์เริ่มทำงาน และรอรับผลการทำงานจากเซิร์ฟเวอร์ ส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการตรวจสอบประวัติที่เคยทำงานมาแล้ว สามารถตรวจสอบการทำงานของหุ่นยนต์ได้ 5 ครั้งล่าสุด โดยข้อมูลทั้งหมดจะเรียกมาจากเซิร์ฟเวอร์ หน้าแอปพลิเคชั่นจะมีทั้งหมด 8 แบบ ดังแสดงในภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.11 ภาพรวมของ software

1) หน้าแรกของระบบ หน้าแรกของระบบแสดงชื่อแอปพลิเคชั่น และปุ่มให้เลือกว่าจะเลือกดูประวัติหรือสั่งให้หุ่นทำงาน
2) หน้า History เป็นหน้าสำหรับแสดงข้อมูลประวัติของหุ่น ประกอบด้วยวันที่ ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูประวัติได้โดยกดที่ button หลังวันที่ที่ต้องการ
3) หน้าแสดงประวัติการทำงาน เป็นหน้าสำหรับแสดงแผนที่ห้องที่เคยทำการทำความสะอาดไปแล้วในวันเวลาที่กำหนด จะทำการดึงข้อมูลต่างๆ จากเซิร์ฟเวอร์มาแสดงผลให้ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หน้าเลือกขนาดของผังห้อง เมื่อผู้ใช้งานเลือกฟังก์ชั่น START จะเข้าสู่หน้าเลือกขนาดของผังห้อง ผู้ใช้งานจะต้องทำการเลือกผังห้องตามขนาดของห้องจริง โดยในแอปพลิเคชั่นทดสอบนี้จะสามารถเลือกห้องได้เพียงขนาดเดียวเท่านั้น คือ 2*2 เมตร
5) หน้าเลือกสิ่งกีดขวางเพื่อระบุตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่น เพื่อช่วยในการระบุตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่น ผู้ใช้งานสามารถระบุตำแหน่งของสิ่งของเพื่อส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อระบุตำแหน่งเริ่มต้นที่เหมาะสม หลังจากนั้นผู้ใช้งานกดปุ่ม NEXT เพื่อเข้าสู่หน้าสรุปและระบุตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่น
6) หน้าสรุปและระบุตำแหน่งเริ่มต้นที่จะวางหุ่น สำหรับหน้านี้จะเป็นการสรุปผังห้องที่ผู้ใช้งานได้ทำการวาดขึ้น และระบุตำแหน่งที่ผู้ใช้งานจะต้องวางหุ่นในเบื้องต้น นอกจากนั้นยังจะบอกเวลาคร่าวๆ ที่หุ่นใช้ และบอกจำนวนก้าวที่หุ่นจะเดินไป ผู้ใช้งานสามารถเลือกที่จะกดปุ่ม BACK เพื่อกลับไปเลือกผังห้องใหม่ หรือจะกดปุ่ม START เพื่อให้หุ่นเริ่มทำงาน
7) หน้ารอหุ่นทำงาน เมื่อผู้ใช้งานสั่งการให้หุ่นเดินสำเร็จ จะเข้าสู่หน้าโหลด แอปพลิเคชั่นจะขึ้นข้อความว่าหุ่นกำลังทำงาน รอรับสัญญาณจากเซิร์ฟเวอร์เพื่อเปลี่ยนไปยังหน้าสรุป
8) หน้าสรุปหลังจากหุ่นทำงานสำเร็จ หลังจากได้รับสัญญาณจากเซิร์ฟเวอร์ จะแสดงผลลัพธ์ออกเป็นหน้าสรุปผลการดำเนินงาน โดยแสดงรายละเอียดผังห้องจริง เวลาที่ใช้จริง และจำนวนก้าวจริงที่หุ่นได้ทำการเดินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การพัฒนาและทดสอบระบบ

4.1 แผนการดำเนินงาน

ตาราง 4.1 แผนการดำเนินงานในช่วงเทอมแรก

ลำดับ	การดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง	x	x	x	x												
2	วางแผนงาน				x	x	x										
3	ศึกษาความต้องการ			x	x	x	x	x	x								
4	ออกแบบพัฒนา				x	x	x	x	x	x	x						
5	แก้ไขและรวมระบบ							x	x	x	x	x	x	x			
6	การทดสอบ													x	x	x	x
7	จัดทำรายงาน															x	x

จากตารางที่ 4.1 แสดงถึงแผนการดำเนินงานในช่วงหนึ่งเทอมแรก

1) ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งในบทความ รายงาน ปริญญานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการวางแผนและตัดสินใจในการทำโครงงาน
2) วางแผนงาน เพื่อกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตของโครงงาน งบประมาณ และเวลาในการดำเนินงาน
3) ศึกษาความต้องการ ศึกษาสิ่งที่จำเป็นต่อการทำโครงงาน เพื่อเป็นแนวทางดำเนินงานและแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น
4) ออกแบบและพัฒนา หลังจากการศึกษาและวางแผน มีการออกแบบการพัฒนาเป็น 4 กลุ่มย่อย ดังนี้
    - ส่วนการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ดูดฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนการติดต่อสื่อสาร
- ส่วนการออกแบบอัลกอริทึมการเดิน
- ส่วนของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

5) แก้ไขและรวมระบบ เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบส่วนย่อย และทำการรวมระบบเข้าด้วยกัน
6) การทดสอบ ทำการทดสอบระบบในส่วนย่อยและภาพรวม เมื่อนำระบบรวมเข้าด้วยกัน
7) จัดทำรายงาน เอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ตาราง 4.2 แผนการดำเนินงานในช่วงเทอมที่สอง

ลำดับ	การดำเนินงาน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ออกแบบพัฒนา	x	x	x	x	x	x										
2	แก้ไขและรวมระบบ					x	x	x	x	x	x	x	x				
3	ทดสอบ								x	x	x	x	x	x	x	x	
4	จัดทำรายงาน													x	x	x	

จากตารางที่ 4.2 แสดงถึงแผนการดำเนินงานในเทอมที่สอง

1) ออกแบบพัฒนาแอปพลิเคชั่นเพิ่มเติม
2) แก้ไขและรวมระบบ แก้ไขแอปพลิเคชั่น เชื่อมต่อแอปพลิเคชั่นและหุ่นกับเซิร์ฟเวอร์
3) ทดสอบ ทำการทดสอบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่
4) จัดทำรายงานและเอกสาร

4.2 รายการอุปกรณ์

1) อุปกรณ์บอร์ดควบคุมการเดินและส่งสัญญาณไร้สาย : Raspberry Pi 3 Model B
2) ตัวขับมอเตอร์ : Motor Drive Module L298N
3) ชุดมอเตอร์และล้อจากเครื่องดูดฝุ่นเก่า
4) แบตเตอรี่ : Li-po

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การพัฒนา

การพัฒนาหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด ได้แบ่งส่วนการพัฒนาออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1) ส่วนการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ดูดฝุ่น ใช้บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B เป็นอุปกรณ์หลักเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นที่ได้รับจากอุปกรณ์สื่อสาร ใช้ Arduino Uno R3 ในการรับค่าเซนเซอร์จากอัลตราโซนิก และติดต่อกับ Motor Drive Module L298N เพื่อขับเคลื่อนล้อไปตามทิศทางที่กำหนด
2) ส่วนการติดต่อสื่อสาร ใช้การติดต่อไร้สายผ่านไวไฟ (WIFI) โดยบอร์ด Raspberry Pi 3 Model B สามารถเชื่อมต่อไวไฟ ได้โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์เสริมอื่นๆ หุ่นยนต์ดูดฝุ่นจึงสามารถสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านทางอุปกรณ์จัดเส้นทางไวไฟ (WIFI Router) ได้
3) ส่วนการออกแบบอัลกอริทึมการเดิน ใช้ภาษาไพธอนและไลบรารีสำหรับเสิร์ชอัลกอริทึม เขียนโปรแกรมสำหรับหาเส้นทางเดินของหุ่นยนต์ดูดฝุ่น จากนั้นส่งให้ทางหุ่นยนต์เพื่อเดินตามเส้นทางที่กำหนดไว้เป็นลำดับถัดไป
4) ส่วนของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ใช้ภาษาจาวา เขียนโปรแกรมสำหรับสร้างขนาดเริ่มต้นของห้อง สร้างสิ่งกีดขวาง ส่งข้อมูลผังห้องและสิ่งกีดขวางไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อหาเส้นทางเดินของหุ่นยนต์ดูดฝุ่น จากนั้นส่งคำสั่งเริ่มต้นทำงานให้ทางเซิร์ฟเวอร์เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์เดินตามเส้นทางที่กำหนดไว้เป็นลำดับถัดไป เมื่อทำการเดินจนจบ เซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูลจำนวนการเดิน ผังห้อง และเวลาที่ใช้ทั้งหมดมายังแอปพลิเคชันเพื่อแสดงให้ผู้ใช้ทราบ

4.4 ผลการดำเนินการ

4.4.1 อุปกรณ์ที่ได้ทำการจัดซื้อ

1) อุปกรณ์บอร์ดควบคุมการเดินและส่งสัญญาณไร้สาย : Raspberry Pi 3 Model B
2) ตัวขับมอเตอร์ : Motor Drive Module L298N
3) แบตเตอรี่ : ลิโพ (Li-po)
4) อุปกรณ์บอร์ดควบคุมการเดินและรับสัญญาณอัลตราโซนิก : Arduino Uno R3
5) อุปกรณ์ใช้วัดระยะทาง : เซนเซอร์อัลตราโซนิก

4.4.2 สิ่งที่ได้ดำเนินงานไปเป็นที่เรียบร้อย

1) ส่วนการขับเคลื่อนล้อสามารถวิ่งและควบคุมได้ผ่านเซิร์ฟเวอร์
2) บอร์ดควบคุมสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดูดฝุ่น
3) สามารถใช้ Raspberry Pi 3 Model B สำหรับติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์ดูดฝุ่นและเซิร์ฟเวอร์ผ่านการสื่อสารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สามารถหาเส้นทางที่หุ่นจะเดินได้ทั่วถึงทั้งห้องโดยอัลกอริทึมบีเอสตาร์
5) แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถสั่งการให้หุ่นเริ่มเดินและรับข้อมูลการเดินของหุ่นได้

4.5 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

ตารางที่ 4.3 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

ลำดับ	ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข
1	แบตเตอรี่หมดเร็ว	แบตเตอรี่ 9 โวลต์ มีความจุไฟฟ้าไม่เพียงพอ	เปลี่ยนไปใช้แบตลิโพ (Li-po) 12 โวลต์ 3000 มิลลิแอมแปร์ต่อชั่วโมง
2	ล้อหุ่นไม่หมุน	ความจุไฟฟ้าไม่เพียงพอ	เปลี่ยนไปใช้แบตลิโพ (Li-po) 12 โวลต์ 3000 มิลลิแอมแปร์ต่อชั่วโมง
3	หุ่นไม่สามารถเดินได้รอบห้อง	เกิดความผิดพลาดในการเขียนอัลกอริทึมแบบเอสตาร์	เขียนในส่วนของอัลกอริทึมเอสตาร์ใหม่
4	หุ่นยนต์เดินเอียง	มอเตอร์ทั้งสองข้างหมุนไม่เท่ากัน	ทำการใช้ PWM ปรับค่ามอเตอร์ให้หมุนด้วยความเร็วที่เท่ากันให้มากที่สุด

4.6 การทดสอบ

4.6.1 ทดสอบการสื่อสารและขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นโดยควบคุมผ่านเซิร์ฟเวอร์

จุดประสงค์

ทดสอบดูการตอบโต้ของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นกับเซิร์ฟเวอร์เมื่อทำการเดินจริง

วิธีการทดสอบ

ให้เซิร์ฟเวอร์ส่งค่าการควบคุมในทิศทางการเคลื่อนที่ต่างๆ เช่น “down”, “up” , “right” มาให้บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B ที่ควบคุมหุ่นยนต์อ่าน แสดงสิ่งที่อ่าน ให้ตรงกับที่ได้รับมา และสั่งการให้ Arduino Uno R3 ขับเคลื่อนล้อไปในทิศทางนั้นๆ

ผลลัพธ์การทดลอง

หุ่นยนต์ดูดฝุ่นสามารถอ่าน แสดงสิ่งที่อ่านและเคลื่อนที่ตรงตามรูปแบบที่ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B สามารถควบคุมหุ่นยนต์ดูดฝุ่นได้อย่างปกติ

ตัวอย่าง 4.1 ข้อความคำสั่งที่เซิร์ฟเวอร์ส่งไป

```
sent down
go down position [2, 1]

sent down
go down position [3, 1]

sent down
go down position [4, 1]

sent down
go down position [5, 1]

sent down
go down position [6, 1]
```

ตัวอย่าง 4.2 ข้อความคำสั่งที่บอร์ดได้รับ

```
down
Yes! I can go down

down
Yes! I can go down

down
Yes! I can go down

down
Yes! I can go down

down
Yes! I can go down
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ทดสอบอัลกอริทึมการคำนวณเส้นทางเมื่อทำการเดินในห้องที่มีสิ่งกีดขวาง

จุดประสงค์

ทดสอบการปรับเส้นทางการเดินของหุ่นเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง

วิธีการทดสอบ

วางสิ่งกีดขวางในห้อง จากนั้นส่งผังห้องเริ่มต้นเป็นห้องว่างที่ไม่มีสิ่งกีดขวางให้กับเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางแอปพลิเคชัน

ผลลัพธ์การทดลอง

เมื่อหุ่นยนต์ดูดฝุ่นเดินตามเส้นทางที่เซิร์ฟเวอร์คำนวณให้ไปเรื่อยๆจนเจอสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์สามารถใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกในการตรวจจับสิ่งกีดขวางได้อย่างถูกต้อง ทำให้ข้อมูลตำแหน่งการเดินถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการปรับเส้นทางการเดิน เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับตำแหน่งที่ไม่สามารถเดินได้ จึงทำการคำนวณเส้นทางใหม่ แล้วส่งกลับมาให้หุ่นยนต์ดูดฝุ่นเพื่อทำการเดินทำความสะอาดต่อไปจนจบการทำงาน

สรุป

เมื่อเจอสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์ดูดฝุ่นสามารถตรวจจับและแจ้งกลับไปยังเซิร์ฟเวอร์ได้ และเซิร์ฟเวอร์สามารถคำนวณเส้นทางใหม่ให้กับหุ่นยนต์ดูดฝุ่นได้

ตัวอย่าง 4.3 แผนที่ห้องแบบไม่มีสิ่งกีดขวาง

```
MAP = ''
##################
#o                 #
#                  #
#                  #
#                  #
#                  #
#                  #
##################
''
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง 4.4 แสดงตำแหน่งที่ผ่านไปและตำแหน่งสุดท้ายของตัวหุ่น

```
####################
#..................#
#..................#
#..................#
#..................#
#..................#
#.................o#
####################
```

ตัวอย่าง 4.4 แสดงตำแหน่งที่ผ่านไปและตำแหน่งสุดท้ายของตัวหุ่น

```
up = 40
down = 45
left = 0
right = 16
```

ตัวอย่าง 4.5 เส้นทาง (บางส่วน) ที่โปรแกรมสามารถคำนวณได้

```
[['down', [2, 1]], ['down', [3, 1]], ['down', [4,
1]], ['down', [5, 1]], ['down', [6, 1]], ['right',
[6, 2]], ['up', [5, 2]], ['up', [4, 2]], ['up', [3,
2]], ['up', [2, 2]], ['up', [1, 2]], ['right', [1,
3]], ['down', [2, 3]], ['down', [3, 3]], ['down', [4,
3]], ['down', [5, 3]], ['down', [6, 3]], ['right',
[6, 4]], ['up', [5, 4]], ['up', [4, 4]], ['up', [3,
4]], ['up', [2, 4]], ['up', [1, 4]], ['right', [1,
5]], ['down', [2, 5]], ['down', [3, 5]], ['down', [4,
5]], ['down', [5, 5]], ['down', [6, 5]], ['right',
[6, 6]], ['up', [5, 6]], ['up', [4, 6]], ['up', [3,
6]], ['up', [2, 6]], ['up', [1, 6]], ['right', [1,
7]], ['down', [2, 7]], ['down', [3, 7]], ['down', [4,
7]], ['down', [5, 7]], ['down', [6, 7]], ['right',
[6, 8]]]
```

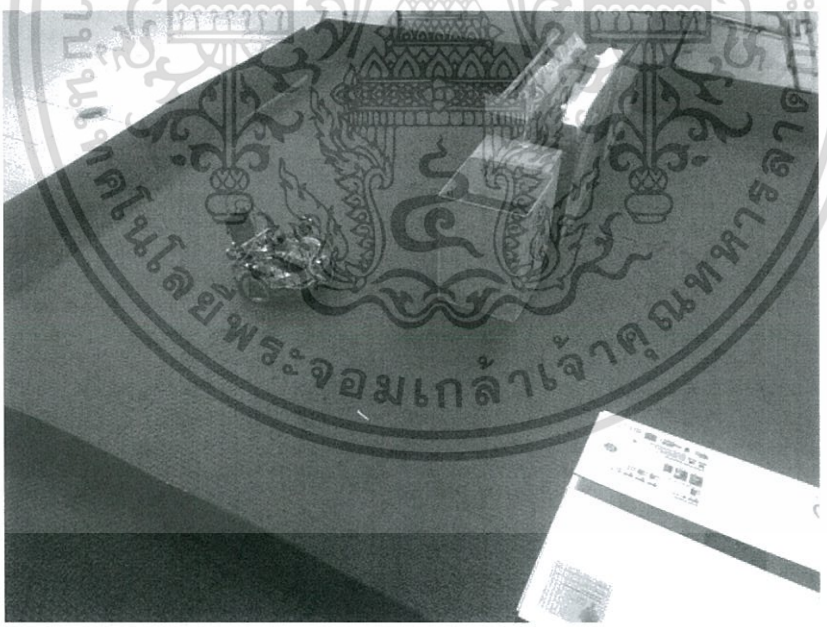
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง 4.6 แผนที่ห้องแบบเพิ่มสิ่งกีดขวาง

```
MAP = ''
####################
#o                   #
#                    #
#                    #
######               #
#                    #
#                    #
####################
''
```

ตัวอย่าง 4.6 ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง

```
####################
#..................#
#..................#
#..................#
######..............#
#..................#
#o.................#
####################
```



รูป 4.1 หุ่นยนต์เดินในห้องจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.2 หุ่นยนต์เดินในห้องจำลอง

4.6.3 ทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

จุดประสงค์

ทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันกับเซิร์ฟเวอร์

วิธีการทดสอบ

ส่งผังห้องเริ่มต้นให้กับเซิร์ฟเวอร์ เพื่อรอรับตำแหน่งเริ่มต้นในการวางหุ่นยนต์ดูดฝุ่น เมื่อได้รับตำแหน่งแล้ว จากนั้นส่งคำสั่งเริ่มต้นการทำงาน เพื่อให้เซิร์ฟเวอร์เริ่มส่งเส้นทางการเดินให้กับหุ่นยนต์ดูดฝุ่น เมื่อการทำงานของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นสิ้นสุดลง เซิร์ฟเวอร์จะส่งจำนวนลำดับการเดิน และเวลาที่ใช้ทั้งหมดมายังแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

ผลลัพธ์การทดลอง

แอปพลิเคชันสามารถส่งผังห้องเริ่มต้นให้กับเซิร์ฟเวอร์ได้ จากนั้นรอรับตำแหน่งเริ่มต้นในการวางหุ่นยนต์ดูดฝุ่น ซึ่งได้รับตำแหน่งที่ถูกต้อง เมื่อส่งคำสั่งเริ่มต้นการทำงานหุ่นยนต์ดูดฝุ่นก็เริ่มทำงานทันที เมื่อการทำงานของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นสิ้นสุดลง ได้รับจำนวนลำดับการเดิน และเวลาที่ใช้ทั้งหมดอย่างถูกต้อง

สรุป

แอปพลิเคชันสามารถสื่อสาร รับ-ส่งข้อมูลกับเซิร์ฟเวอร์ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.3 ทดสอบแอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์

4.6.4 เปรียบเทียบการทำงานระหว่างหุ่นยนต์ดูดฝุ่นธรรมดากับหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด

จุดประสงค์

เปรียบเทียบการทำงานของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นธรรมดากับหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด

วิธีการทดสอบ

ควบคุมผังห้องที่ใช้ในการทดลองให้มีขนาดเท่ากัน มีลักษณะของสิ่งกีดขวางเหมือนกัน นำหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาดเข้ามาทดสอบเดิน จับเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดห้อง หลังจากนั้นนำหุ่นยนต์ชาญฉลาดออกจากเขตห้อง นำหุ่นยนต์ดูดฝุ่นธรรมดาเข้ามาทดสอบเดินโดยจับเวลาให้เท่ากับหุ่นยนต์ชาญฉลาด บันทึกผลเส้นทางที่หุ่นใช้ และสำรวจว่าสามารถทำความสะอาดได้ทั่วห้องหรือไม่

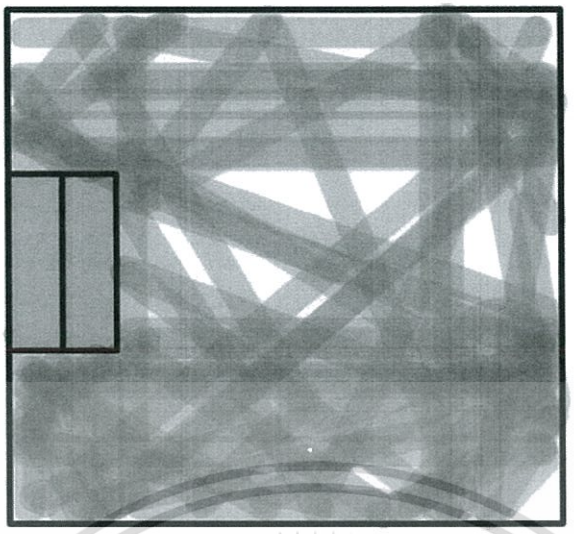
ผลลัพธ์การทดลอง

หุ่นยนต์ชาญฉลาดสามารถทำความสะอาดได้ทั่วห้องด้วยระยะทางที่สั้นที่สุด ในขณะที่หุ่นยนต์ดูดฝุ่นธรรมดาจะเลี้ยวเมื่อชนขอบห้อง และไม่มีแบบแผนในการเดินที่ชัดเจน ทำให้ใช้ระยะเดินมากกว่าหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด และไม่สามารถเดินได้รอบห้องในบางกรณี

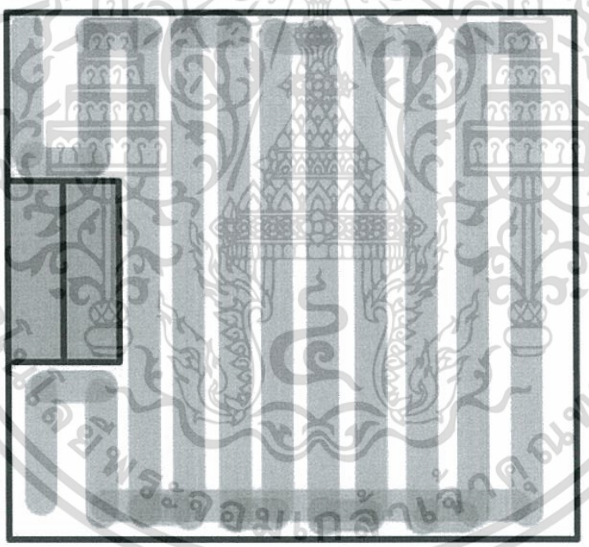
สรุป

หุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาดสามารถเดินทางได้ทั่วห้องมากกว่าหุ่นยนต์ธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4 เส้นทางการเดินของหุ่นธรรมดา



รูป 4.5 เส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ดูดฝุ่นชาญฉลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

5.1 บทสรุป

การจัดทำโครงงานในครั้งนี้ได้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ มีการพัฒนาได้ตรงกับขอบเขตที่กำหนดไว้ทั้งหมด 4 ส่วน คือ

5.1.1 หุ่นยนต์ดูดฝุ่น

ประดิษฐ์หุ่นยนต์ดูดฝุ่นโดยใช้โครงจากหุ่นยนต์ดูดฝุ่นตัวเก่า ควบคุมการทำงานโดย Raspberry Pi และใช้ Arduino UNO เพื่อควบคุมการหมุนของล้อให้เป็นไปตามที่ต้องการ ติดตั้งเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อตรวจสอบสิ่งกีดขวาง

5.1.2 เซิร์ฟเวอร์ประมวลผล

สร้างเซิร์ฟเวอร์เพื่อเป็นสื่อกลางในการสื่อสารระหว่างตัวหุ่นกับแอปพลิเคชั่นแอนดรอยด์

5.1.3 อัลกอริทึมควบคุมการเดิน

ออกแบบอัลกอริทึมการเดินของหุ่นโดยการเดินคล้ายวัว

5.1.4 แอปพลิเคชั่นควบคุมหุ่นยนต์

สร้างแอปพลิเคชั่นแอนดรอยด์เพื่อสั่งการหุ่นยนต์ และตรวจสอบประวัติการทำความสะอาด

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 หุ่นยนต์ไม่สามารถเดินได้ตรง

หุ่นยนต์เดินไม่ตรงทำให้ไม่สามารถเดินได้ทั่วทั้งห้อง ผังห้องผิดเพี้ยนไปในตอนจบ แก้ไขโดยการปรับค่ากำลังไฟที่ใส่ในมอเตอร์ของล้อทั้งสองข้างให้เหมาะสม หลังจากปรับค่ากำลังไฟแล้วหุ่นสามารถเดินได้ตรงมากยิ่งขึ้น

5.2.2 หุ่นยนต์เดินผิด

เกิดจากอัลกอริทึมที่ใช้คำนวณผิดพลาด แก้ไขโดยการตรวจสอบและแก้อัลกอริทึม

5.2.3 หุ่นยนต์ไม่สามารถวิ่งได้ตามผังห้องที่เปลี่ยนแปลงไป

เนื่องจากเกิดปัญหาในการสื่อสารกับเซิร์ฟเวอร์ แก้ไขโดยการปรับค่าต่างๆ ให้ถูกต้อง

5.2.4 ไม่สามารถเดินได้เมื่อมีการเปลี่ยนผังห้องในบางกรณี

เนื่องจากไม่ได้ใส่เส้นทางเดินเก่าเข้าไป จึงไม่สามารถทำกระบวนการเดินย้อนกลับในอัลกอริทึมได้ แก้ไขโดยการเพิ่มเส้นทางที่เดินแล้วเข้าเป็นตัวแปรเริ่มต้นหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงแผนที่ เพื่อให้สามารถทำกระบวนการย้อนกลับได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 ปัญหาเกี่ยวกับตัวแปรในแอปพลิเคชั่น

เนื่องจากตัวแปรที่รับมาจากเซิร์ฟเวอร์ทั้งหมดเป็นตัวแปรประเภทสายอักษร (string) ในขณะที่ตัวแปรบางประเภท เช่น ตัวแปรที่เก็บค่าเริ่มต้นของหุ่นจะเป็นตัวแปรประเภทตัวเลข (integer) ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงประเภทของตัวแปรก่อนที่จะนำไปใช้ทุกครั้ง

5.2.6 ปัญหาเกี่ยวกับการแสดงผลในแอปพลิเคชั่น

ตามแผนที่วางไว้คือจะเมื่อผู้ใช้งานสั่งให้หุ่นทำความสะอาด หน้าแอปพลิเคชั่นจะต้องขึ้นว่ารอจนกระทั่งหุ่นยนต์ทำงานสำเร็จจึงจะขึ้นหน้าสรุปผลให้ แต่เมื่อทำการทดลองจริงพบว่าเมื่อหุ่นทำงานสำเร็จแล้วหน้าแอปพลิเคชั่นยังไม่เปลี่ยน สาเหตุเป็นเพราะแอปพลิเคชั่นตัดการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์เมื่อไม่มีการตอบสนองเป็นเวลานาน แก้ไขโดยการให้เซิฟเวอร์ส่งค่าต่างๆ มายังแอปพลิเคชั่นเรื่อยๆ เพื่อไม่ให้ตัดการติดต่อไป

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

พัฒนาในส่วนของหุ่นยนต์ให้สามารถตอบสนองได้เร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพิ่มในส่วนของเซนเซอร์ตรวจจับฝุ่น และเซนเซอร์ขั้นบันได เพื่อให้หุ่นสามารถทำงานในรูปแบบห้องที่หลากหลาย แก้ไขในส่วนของแอปพลิเคชั่นเพื่อให้สามารถทำงานในผังห้องที่มีหลากหลายขนาด แก้ไขให้หุ่นเดินเลาะตามผนังห้องก่อนจะเริ่มการทำความสะอาดเพื่อวัดขนาดของห้องแทนที่ผู้ใช้จะต้องระบุข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Hoang Huu Viet, 2012. **"BA*: an online complete coverage algorithm for cleaning robots"** Department of Computer Engineering, Kyung Hee University, Gyeonggi, South Korea

Steven M. Lavalle, 2006. **Boustrophedon decomposition.** [Online]. Available : http://planning.cs.uiuc.edu/node352.html

Future Electronics. **Motor Drivers.** [Online]. Available : http://www.futureelectronics.com/en/drivers/motor-driver.aspx

InetDaemon, 2013. **TCP 3-Way Handshake (SYN,SYN-ACK,ACK).** [Online]. Available : http://www.inetdaemon.com/tutorials/internet/tcp/3-way_handshake.shtml

Sorrawut Korsuwansiri, 2001. **Transmistion Control Protocol.** [Online]. Available : http://realdev.truehits.net/tcpip/charpter6.php

Gordon McMillan, 2017. **Socket Programming HOWTO.** [Online]. Available : https://docs.python.org/3/howto/sockets.html

Doug Hellmann, 2017. **TCP/IP Client and Server.** [Online]. Available : https://pymotw.com/2/socket/tcp.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีใช้งานแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

ผู้ใช้งานเปิดหน้าแอปพลิเคชัน VacuumApp จะพบกับหน้าแรกดังภาพ

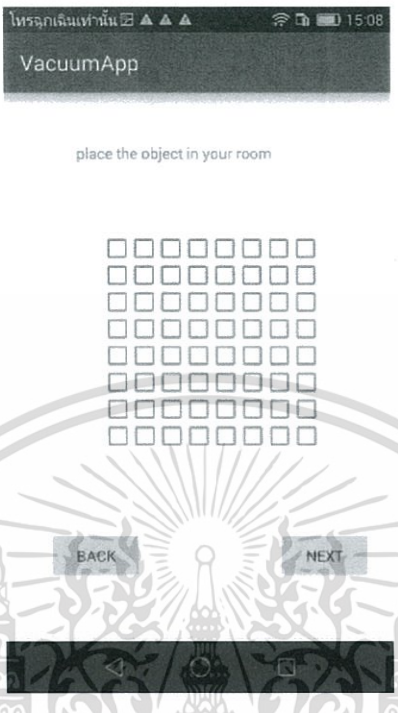
รูป ก.1 แอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์

ผู้ใช้งานสามารถเลือกกดปุ่ม START เพื่อเริ่มเลือกผังห้องสำหรับทำความสะอาด หรือ HISTORY เพื่อดูประวัติของการดูดฝุ่น ผู้ใช้เลือก START เพื่อเริ่มการทำงานของหุ่น จะเข้าสู่หน้าเลือกขนาดผังห้อง

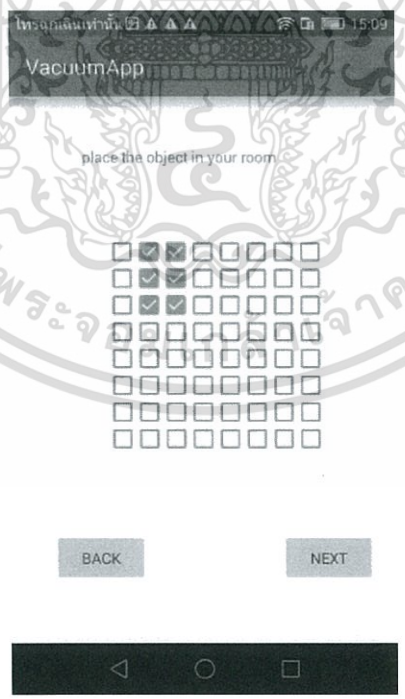
รูป ก.2 เลือกผังห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้เลือกขนาดผังห้องที่ต้องการ จะเข้าสู่หน้ากำหนดสิ่งกีดขวางเบื้องต้น



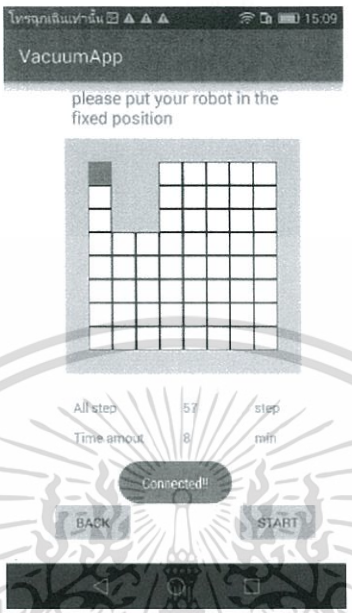
รูป ก.3 เลือกสิ่งกีดขวางภายในห้อง



รูป ก.4 หลังทำสัญลักษณ์เลือกสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้เลือกสิ่งกีดขวางโดยทำสัญลักษณ์บนหน้าจอตรงบริเวณที่คาดว่าจะเป็นสิ่งกีดขวาง แล้วกด NEXT จะปรากฏหน้าสรุปที่บอกเวลาที่คาดว่าจะใช้ และตำแหน่งของหุ่นที่ผู้ใช้งานจะวาง



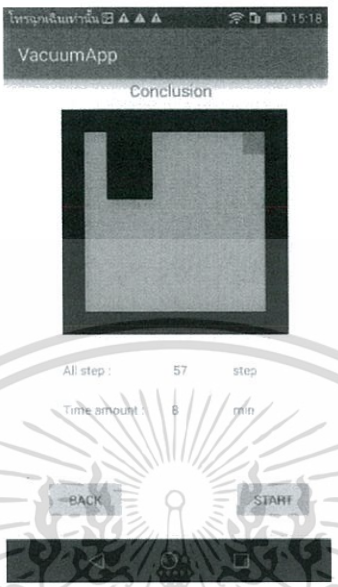
รูป ก.5 สรุปผังห้องและระบุตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่น

ผู้ใช้งานวางหุ่นลงตรงตำแหน่งที่กำหนด โดยหุ่นจะต้องหันหน้าออกจากกำแพงห้อง และวางอยู่มุมห้อง ผู้ใช้งานกดปุ่ม START เพื่อให้ตัวหุ่นเริ่มทำงาน จะเข้าสู่หน้ารอให้หุ่นทำงานเสร็จ

รูป ก.6 รอในระหว่างหุ่นกำลังทำงาน

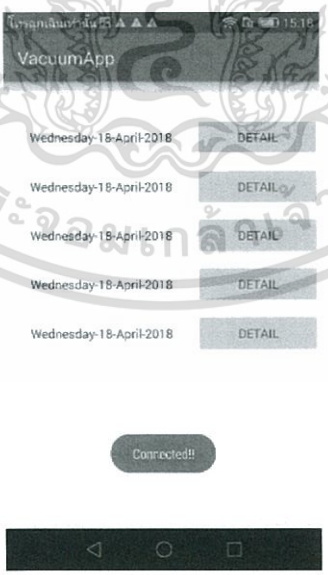
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหุ่นทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว หน้าแอปพลิเคชันจะเปลี่ยนไปเป็นหน้าสรุป โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้; เวลาที่หุ่นใช้ไปจริง จำนวนก้าวที่หุ่นเดิน และผังห้องจริงที่หุ่นสำรวจมาได้



รูป ก.7 สรุปการทำงานของหุ่น

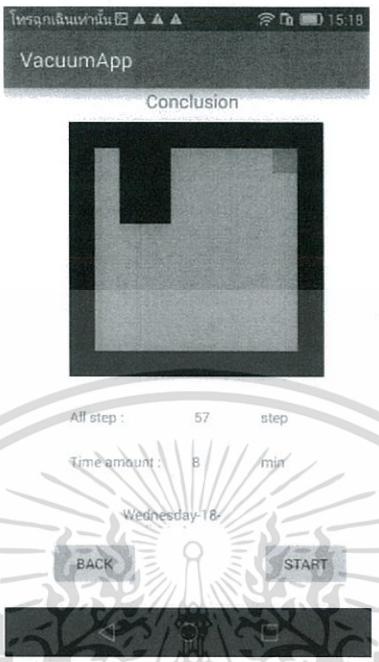
ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบประวัติการทำงานย้อนหลังได้ไม่เกิน 5 ครั้ง โดยเลือกกดปุ่ม HISTORY จากหน้าแรกของแอปพลิเคชั่น จะเข้าสู่หน้าเลือกวันและเวลาที่ได้สั่งให้หุ่นทำงาน



รูป ก.8 ประวัติการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้เลือกประวัติที่ต้องการตรวจสอบ จะเข้าสู่หน้าแสดงรายละเอียดที่หุ่นเคยทำงานไปแล้ว



รูป ก.9 ประวัติการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้