

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LIDAR ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ

APPLICATION OF LIDAR TECHNOLOGY TO CREATE  
SIMULATED MAPS IN 3D



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LIDAR ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ  
APPLICATION OF LIDAR TECHNOLOGY TO CREATE  
SIMULATED MAPS IN 3D



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LIDAR ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ

APPLICATION OF LIDAR TECHNOLOGY TO CREATE SIMULATED MAPS IN 3D

ผู้จัดทำ

- |                 |          |          |
|-----------------|----------|----------|
| 1. นายภิชญุตม์  | ขรรค์ชัย | 60010791 |
| 2. นางสาวมินนี่ | เปรมฤทธิ | 60010832 |

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ดร.พีระเมตร์ โชติทวีกิจญาตา)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา ทางผู้จัดทำขอขอบคุณ ดร.พีระเมศร์ โชติภักวีจิตญาตา และผู้ที่เกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ ที่ได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวคิด และแนวทางในการแก้ปัญหาในการทำงาน ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่สนับสนุนต่อการทำงาน รวมถึงสอดแทรกทักษะ ประสบการณ์ต่าง ๆ ให้กับคณะผู้จัดทำ

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจคณะผู้จัดทำเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นายภิษมุตม์ ชรรค์ชัย  
นางสาวมินนี่ เปรมฤทธิ  
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LIDAR ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ  
APPLICATION OF LIDAR TECHNOLOGY TO CREATE SIMULATED MAPS IN 3D

โดย นายภิชญุตม์ ขรรค์ชัย 60010791  
นางสาวมินนี่ เปรมฤทธิ์ 60010832

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.พีระเมศร์ โชติกวีกิจยาดดา

**บทคัดย่อ**

ปฏิญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติจากแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติ โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจงานภูมิประเทศแบบใหม่ คือ LIDAR (Light Detection and Ranging) ซึ่งแบบจำลองนี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect ใช้ในการตรวจจับค่าระยะทางที่ได้จากการสะท้อนกลับมาจากวัตถุและตรวจจับข้อมูลรูปภาพความลึกเพื่อส่งไปประมวลผลต่อไป โดยจะติดตั้งเข้ากับส่วนของ Odometry เพื่อระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ ส่วนที่สองคือส่วนของซอฟต์แวร์ โดยส่วนนี้จะใช้ ROS (Robot Operating System) โดยจะนำค่าที่ได้จากส่วนของฮาร์ดแวร์ทำการประมวลผลด้วย ROS บนบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B เพื่อทำการสร้างแผนที่จำลองและแสดงผลออกมาในลักษณะสามมิติ

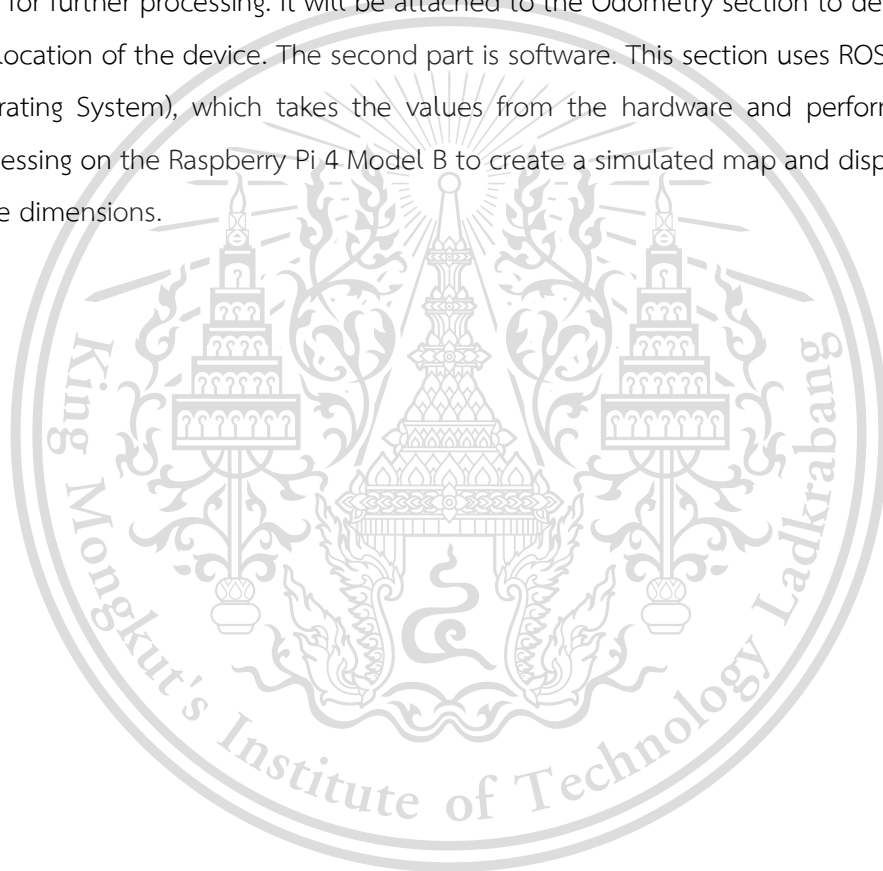
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## ABSTRACT

This project is prepared with the objective of creating maps in three dimensions from two dimensions. By using a new topographic survey technology, LIDAR (Light Detection and Ranging), this model consists of two parts: the first is the hardware. This includes the RPLidar A1M8 and Microsoft Kinect devices to detect the distances obtained from the reflection from the object and detect the depth image data for further processing. It will be attached to the Odometry section to determine the location of the device. The second part is software. This section uses ROS (Robot Operating System), which takes the values from the hardware and performs ROS processing on the Raspberry Pi 4 Model B to create a simulated map and display it in three dimensions.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	IX
สารบัญตาราง	XII
<b>บทที่ 1</b>	
<b>บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	2
<b>บทที่ 2</b>	
<b>ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศ	3
2.1.1 เทคโนโลยีไลดาร์	3
2.1.1.1 องค์ประกอบของไลดาร์	3
2.1.1.2 ชนิดของไลดาร์	4
2.1.2 เซนเซอร์	5
2.1.3 เลเซอร์	5
2.1.3.1 คุณสมบัติของเลเซอร์	5
2.1.3.2 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดเลเซอร์	6
2.1.4 คุณสมบัติของแสง	6
2.1.4.1 แสงเดินทางเป็นเส้นตรง	6
2.1.4.2 การหักเหของแสง	7
2.1.4.3 การสะท้อนของแสง	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.5 การระบุตำแหน่งพร้อมทั้งสร้างแผนที่	8
2.1.5.1 คำอธิบายทางคณิตศาสตร์ของปัญหา	8
2.1.5.2 ตัวกรองคาลมาน	9
2.2 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์	9
2.2.1 แพ้กเกจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศ	10
2.2.1.1 catkin package	10
2.2.1.2 rplidar package	10
2.2.1.3 hector_slam metapackage	10
2.2.1.4 freenect_launch package	11
2.2.1.5 openni_launch package	11
2.2.2 ROS Navigation	11
2.2.3 พอยต์คลาวด์	12
2.2.4 โอดิเมทรี	12
2.2.5 Linorobot	13
<b>บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปริญญาานิพนธ์</b>	
3.1 การออกแบบ	14
3.1.1 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8	15
3.1.1.1 การติดตั้งแพ้กเกจเพื่อรับข้อมูลพิกัดที่วัดได้จากเซนเซอร์ของตัวอุปกรณ์	15
3.1.1.2 การแก้ไขชุดคำสั่งในการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติผ่าน Rviz	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.2 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วย อุปกรณ์ Microsoft Kinect	18
3.1.2.1 การติดตั้งแพ็คเกจเพื่อรับข้อมูลภาพ RGB-D ที่ได้จาก ตัวเซนเซอร์และกล่องของตัวอุปกรณ์ 2.2.1.4 freenect_launch package	18
3.1.2.2 การติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการสร้างแผนที่จำลองใน ลักษณะสามมิติและแก้ไขชุดคำสั่งในการแสดงผลแผนที่จำลองใน ลักษณะสามมิติผ่าน Rviz	18
3.1.3 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วย อุปกรณ์ RPLidar A1M8 ร่วมกับ Microsoft Kinect	22
3.1.4 การออกแบบหุ่นยนต์สำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะ สามมิติ	24
3.1.5 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วย อุปกรณ์ RPLidar A1M8 ร่วมกับ Microsoft Kinect บนหุ่นยนต์ Linorobot	29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	35
3.2.1 RPLidar A1M8	36
3.2.2 Raspberry Pi 4 Model B	38
3.2.3 Microsoft Kinect	39
3.2.4 ออสซิลโลสโคป	41
3.2.5 Maple Mini STM32F103CBT6	42
3.2.6 Monster Moto Shield VNH2SP30	43
3.2.7 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน	43
3.2.8 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล	44
3.2.8.1 Rviz	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.8.2 RTAB-Map	44
3.2.8.3 อุบุนตุ	45
3.2.8.4 ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์	46
3.2.8.5 Arduino IDE	47
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	47
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	
4.1 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8	48
4.1.1 การทดสอบการรับข้อมูลพิกัดจากอุปกรณ์ RPLidar A1M8 มาแสดงผลบน Rviz ผ่านหน้าจอแสดงผล	48
4.1.2 การทดสอบวัดสัญญาณข้อมูลที่ส่งออกมาจากตัวอุปกรณ์ RPLidar A1M8	52
4.1.3 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8 แสดงผลบน Rviz ผ่านหน้าจอแสดงผล	62
4.2 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติจากข้อมูลรูปภาพ RGB-D ด้วยอุปกรณ์ Microsoft Kinect	66
4.3 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect	68
4.4 การทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect ที่ติดตั้งบน Linorobot	69
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผล	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก	77



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเครื่องกำเนิดเลเซอร์	6
2.2	ลักษณะการสะท้อนของแสง	7
2.3	อัลกอริทึมของตัวกรองคาลมาน	9
2.4	บล็อกไดอะแกรมของ ROS Navigation	12
3.1	บล็อกไดอะแกรมของปริญญาพันธ์	14
3.2	ชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ mapping_default.launch	16
3.3	ชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ tutorial.launch	17
3.4	โครงสร้างการทำงาน TF ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติ	17
3.5	โครงสร้างการทำงาน TF ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D	21
3.6	ชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ rgbd_mapping.launch	22
3.7	โครงสร้างการทำงาน TF โดยรวมในการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect	23
3.8	โครงสร้างหุ่นยนต์ที่ทำการออกแบบด้วยโปรแกรม AutoCAD	24
3.9	วงจรควบคุมหุ่นยนต์ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Proteus 8 Professional	25
3.10	การประกอบหุ่นยนต์ในชั้นที่ 1	26
3.11	การประกอบหุ่นยนต์ในชั้นที่ 2	26
3.12	การประกอบหุ่นยนต์ในชั้นที่ 3	27
3.13	หุ่นยนต์สำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ	27
3.14	USB AC Power Adapter ของอุปกรณ์ Microsoft Kinect	28
3.15	ทำการปกสาย USB AC Power Adapter แยกสาย 12V และ GND ออกจากกัน	28
3.16	นำ USB AC Power Adapter ของอุปกรณ์มาทำการติดตั้งเข้ากับ DC Power Jack Connector เพื่อรับไฟจากแบตเตอรี่ 12 V	29
3.17	การแก้ไขไฟล์สคริปต์บางส่วนด้วยคำสั่ง sudo nano udev.sh	30
3.18	เปิด Arduino IDE ขึ้นมา ไปที่ Tools->Boards manager	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.19	การเพิ่มในส่วนของ Additional Boards Manager URLs เพื่อเพิ่มบอร์ดจากผู้พัฒนาภายนอก	32
3.20	เลือกติดตั้ง Arduino SAM boards (Cortex-M3)	32
3.21	บอร์ด STM32 สนับสนุนให้เลือกเมื่อการติดตั้งเสร็จสิ้น	33
3.22	การติดตั้ง Firmware ลงบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ Maple Mini STM32F103CBT6	34
3.23	โครงสร้างการทำงาน TF โดยรวมในการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot	35
3.24	RPLidar A1M8	36
3.25	การเปลี่ยนแปลงความละเอียดตามทฤษฎีของอุปกรณ์ RPLidar A1M8	38
3.26	ส่วนประกอบของบอร์ดของ Raspberry Pi 4 Model B	39
3.27	อุปกรณ์ Microsoft Kinect	40
3.28	ออสซิลโลสโคป	42
3.29	บอร์ด Maple Mini STM32F103CBT6	42
3.30	Monster Moto Shield VNH2SP30	43
3.31	INR18650-30Q (15A) Samsung 3000mAh 3.7V lithium-ion	44
3.32	ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์	47
4.1	การกำหนดพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อกับ RPLidar A1M8	49
4.2	การทดลองใช้งานอุปกรณ์ RPLidar A1M8 ด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ แสดงผลผ่าน Rviz	50
4.3	ข้อมูลที่ได้จากการสแกนของ RPLidar A1M8 (1)	51
4.4	ข้อมูลที่ได้จากการสแกนของ RPLidar A1M8 (2)	52
4.5	สัญญาณของข้อมูลที่ถูกส่งออกจากอุปกรณ์ RPLidar A18 วัดโดยออสซิลโลสโคป	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	กำหนดระยะทางระหว่างอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และวัตถุที่ 0.3 เมตร	54
4.7	กำหนดระยะทางระหว่างอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และวัตถุที่ 0.6 เมตร	54
4.8	การทดลองสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วย Hector SLAM แสดงผลผ่าน Rviz (1)	63
4.9	การทดลองสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วย Hector SLAM แสดงผลผ่าน Rviz (2)	64
4.10	ข้อมูลได้จากการสแกนภายในกล่องขนาดเล็ก (1)	65
4.11	ข้อมูลได้จากการสแกนภายในกล่องขนาดเล็ก (2)	65
4.12	การตรวจสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Microsoft Kinect กับบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B	66
4.13	ผลการทดสอบการรับข้อมูลภาพของอุปกรณ์ Microsoft Kinect แสดงผลผ่าน Rviz	67
4.14	การทดลองสร้างรูปภาพจำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D ด้วย Microsoft Kinect	68
4.15	การทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz	69
4.16	โครงสร้างการทำงาน TF แสดงให้เห็นว่ามีการเผยแพร่หัวข้อของโอโตเมทรีออกมา	70
4.17	การทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz (1)	71
4.18	การทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz (2)	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ประสิทธิภาพในการวัดของอุปกรณ์ RPLidar A1M8	37
3.2	รายละเอียดของอุปกรณ์ Microsoft Kinect	40
3.3	โดเมนซอฟต์แวร์ของอุบุนตุ	45
3.4	รุ่นที่ปล่อยออกมาของอุบุนตุ	46
4.1	ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 0.3 เมตร	54
4.2	ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 0.6 เมตร	56
4.3	ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 1.5 เมตร	58
4.4	ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 3 เมตร	59
4.5	ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 4.5 เมตร	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศมีบทบาททางด้านการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ, การสำรวจโครงสร้างและอุตสาหกรรมหุ่นยนต์เป็นอย่างมาก ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้เกิดนวัตกรรมแบบใหม่ได้อีก แต่เทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศยังมีข้อจำกัดในการรับ - ส่งข้อมูล เนื่องจากต้นทุนที่สูง ความซับซ้อนของระบบและปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่จำกัด

คณะผู้จัดทำเห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศ “LiDAR” (Light Detection and Ranging) หรือ “ไลดาร์” ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ โดยคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้ RPLidar A1M8 เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนและใช้ต้นทุนน้อยกว่าเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศแบบอื่น

“ไลดาร์” เป็นเทคโนโลยีในการสำรวจที่สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้พลังงานและต้นทุนที่ต่ำ หลักการของไลดาร์อาศัยการตรวจจับระยะเวลาในการเดินทางของแสงโดยการยิงแสงเลเซอร์ที่มีช่วงคลื่นสั้นกว่าเครื่องส่งสัญญาณ ให้ไปกระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายังเครื่องส่งสัญญาณ และนำค่าระยะเวลาที่ตรวจจับได้มาประมวลผลหาระยะทางและตำแหน่งของวัตถุ ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานโครงสร้างการวางผังอาคารได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดและแม่นยำ

แม้ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีไลดาร์มาใช้งานในการวิเคราะห์โครงสร้าง แต่ยังคงติดปัญหาในการตรวจจับวัตถุในพื้นที่ที่สภาพแวดล้อมหลากหลาย เนื่องจากมีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่จำกัดเป็นปัญหาสำคัญ โดยปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดคือสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเดินทางของแสง เช่น วัตถุหรือพื้นผิวที่เมื่อแสงตกกระทบจะไม่เกิดการสะท้อนกลับของแสงทั้งหมด แต่จะทำการเบี่ยงเบนหรือหักเหแสงไปในทิศทางอื่น

ด้วยเหตุนี้ปริญญาานิพนธ์นี้จึงได้ทำการวิเคราะห์การใช้งานเทคโนโลยีไลดาร์ เพื่อให้สามารถใช้งานในการตรวจจับและสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุดมีการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ของการใช้งานไลดาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ให้กับสภาพแวดล้อมและโครงสร้างที่แตกต่างกันได้เหมาะสม เพื่อให้สามารถรองรับการนำไปประยุกต์ใช้งานในการต่อยอดได้ตามต้องการ

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาระบบการทำแผนที่จากเทคโนโลยี LiDAR
- 2) เพื่อศึกษาหลักการสร้างแผนที่จำลองลักษณะสามมิติจากแผนที่จำลองลักษณะสองมิติ
- 3) ออกแบบจำลองและแสดงผลข้อมูลในลักษณะสามมิติเพื่อพัฒนาใช้ในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ
- 4) เพื่อนำแบบจำลองแผนที่ในลักษณะสามมิติไปใช้ในการศึกษาโครงสร้างของอาคาร

## 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

- 1) แบบจำลองแผนที่ในลักษณะสามมิติเพื่อใช้ในการศึกษาโครงสร้างของอาคาร
- 2) ออกแบบชุดคำสั่งที่ใช้ในการปฏิบัติงานสร้างแผนที่ในลักษณะสามมิติ
- 3) ระยะทางในการตรวจจับของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 คือ 12 เมตร
- 4) ตัวอุปกรณ์ต้องเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อให้สามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การนำเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศมาใช้ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ จำเป็นที่ต้องศึกษาความรู้เบื้องต้นที่สำคัญต่อการนำมาใช้งาน ได้แก่ เทคโนโลยีไลดาร์ การระบุตำแหน่ง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นต้น เนื่องจากการนำเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศมาใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติเป็นเรื่องที่ซับซ้อน ต้องใช้ทักษะทางด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ซึ่งระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เป็นชุดซอฟต์แวร์ที่มีวัตถุประสงค์สำหรับงานหุ่นยนต์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยกลไกการทำงานของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์นั้นเหมาะสำหรับการใช้ในเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการนำเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศมาใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ

#### 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศ

##### 2.1.1 เทคโนโลยีไลดาร์

ไลดาร์เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการสำรวจงานภูมิประเทศ ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับเรดาร์ โดยไลดาร์จะทำการวัดระยะเวลาในการเดินทางของแสงเลเซอร์ จากเซนเซอร์ ไปจนถึงเป้าหมาย และสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์ [1] โดยระยะทางที่ได้คำนวณจากสมการที่ 2.1

$$d = \frac{c \times t}{2} \quad (2.1)$$

โดยที่  $c$  คือความเร็วในการเดินทางของแสงในสุญญากาศมีความเร็วคงที่ประมาณ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที

##### 2.1.1.1 องค์ประกอบของไลดาร์

ไลดาร์ประกอบไปด้วยหลายองค์ประกอบคือ

###### 1) เลเซอร์

โดยช่วงความถี่ในการใช้งานสำหรับไลดาร์จะมั้งตั้งแต่ 532 ไปจนถึง 1550 นาโนเมตรขึ้นอยู่กับลักษณะของการนำไปใช้งาน เช่น 1064 นาโนเมตรสำหรับการสำรวจทางอากาศ หรือ 532 นาโนเมตรสำหรับการสำรวจความลึกใต้น้ำ เป็นต้น [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 2) เฟส อาร์เรย์

สามารถส่องสว่างในทิศทางทางใดก็ได้โดยใช้อาร์เรย์ขนาดจีวของสายอากาศแต่ละอันโดยการควบคุมระยะเวลาหรือเฟสของสายอากาศแต่ละอันจะทำให้เกิดสัญญาณติดต่อกันในทิศทางที่กำหนด [2]

## 3) เครื่องสแกนและเลนส์

ความเร็วของการสแกนมีผลต่อการสร้างรูปภาพ และการเลือกใช้เลนส์มีผลต่อความละเอียดเชิงมุมและช่วงระยะที่สามารถตรวจจับได้ของไลดาร์ [2]

## 4) ระบบการระบุตำแหน่งและนำทาง

เซนเซอร์ของไลดาร์ต้องการเครื่องมือที่สามารถกำหนดตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอนของเซนเซอร์ [2]

## 5) เซนเซอร์

ไลดาร์ใช้เซนเซอร์แบบแอคทีฟที่มีกำเนิดแสงของตัวเอง โดยแหล่งกำเนิดพลังงานจะกระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมาเพื่อที่จะตรวจจับและทำการวัดระยะเวลาโดยเซนเซอร์ ระยะห่างจากวัตถุจะถูกกำหนดโดยการบันทึกเวลาระหว่างช่วงเวลาทำการส่งและพัลส์ที่ถูกสะท้อนกลับมาโดยใช้ความเร็วของแสงมาคำนวณระยะที่เดินทาง [2]

### 2.1.1.2 ชนิดของไลดาร์

การจำแนกชนิดของไลดาร์สามารถจำแนกได้หลายวิธีคือ

#### 1) ขึ้นอยู่กับวิธีการส่องสว่าง

แฟลชไลดาร์ (Flash LiDAR) ไลดาร์ชนิดนี้จะมีมุมมองที่สว่างขึ้นด้วยลำแสงเลเซอร์ที่ลู่ออกกว้างในหนึ่งพัลส์ รูปแบบการตรวจจับของแฟลชไลดาร์จะแตกต่างกันกับการสแกนแบบธรรมดาซึ่งใช้ลำแสงเลเซอร์แบบโคลิเมชันที่ส่องสว่างที่ละจุด โดยในแฟลชไลดาร์กล้องบอกเวลาบิน (time-of-flight camera) จะถูกใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทั้งตำแหน่งสามมิติและความเข้มของแสงที่ตกกระทบในทุกเฟรม

#### 2) ขึ้นอยู่กับวิธีการวางแผน

ไลดาร์สามารถวางแผนไปยังแนวที่ตั้งฉากกับพื้นโลก แนวที่ตั้งฉากลงกับพื้นโลกหรือด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3) ขึ้นอยู่กับแพลตฟอร์ม

การประยุกต์ใช้ไลดาร์สามารถแบ่งออกเป็นการใช้งานทางอากาศและการใช้งานบนบก การนำไลดาร์ไปใช้ทั้งสองประเภทต้องการเครื่องสแกนที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของข้อมูลขนาดของพื้นที่ที่จะจับภาพช่วงการวัดที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีแพลตฟอร์มบนดาวเทียมที่วัดระยะสูงด้วยเลเซอร์จากดาวเทียมด้วย

#### 2.1.2 เซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่ตรวจจับเหตุการณ์หรือการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมและส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ค่าความไวของเซนเซอร์จะระบุเอาต์พุตของเซนเซอร์เปลี่ยนแปลงไปเท่าใดเมื่อปริมาณอินพุตที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงและในส่วนของ การออกแบบเซนเซอร์มักจะทำให้ตัวของเซนเซอร์มีผลกระทบเล็กน้อยต่อสิ่งที่วัดได้ การแสดงผลของเซนเซอร์จะแสดงในลักษณะของสัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้ [3]

#### 2.1.3 เลเซอร์

“LASER” (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) หรือเลเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่แปลงแสงผ่านกระบวนการขยายแสงโดยอาศัยการปล่อยรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกระตุ้น เลเซอร์ตัวแรกถูกสร้างขึ้นในปี 1960 โดย Theodore H. Maiman ที่ Hughes Research Laboratories โดยอาศัยผลงานทางทฤษฎีของ Charles Hard Townes และ Arthur Leonard Schawlow เลเซอร์แตกต่างจากแหล่งกำเนิดแสงอื่นตรงที่เปล่งแสงที่มีความพร้อมเพรียง (coherence) โคฮีเรนต์เชิงพื้นที่ (Spatial coherence) ช่วยให้สามารถโฟกัสเลเซอร์ไปยังจุดที่แคบได้และยังช่วยให้ลำแสงเลเซอร์แคบลงในระยะทางไกล (collimation) ทำให้สามารถนำเลเซอร์มาประยุกต์ใช้งานกับเทคโนโลยีไลดาร์ได้ [4]

##### 2.1.3.1 คุณสมบัติของเลเซอร์

เลเซอร์จะแตกต่างกับแสงทั่วไป โดยแสงทั่วไปจะมีเฟสและความยาวคลื่นที่ต่างกัน คลื่นที่ถูกปล่อยออกมาของแสงทั่วไปจะมีทิศทางไม่แน่นอน ส่วนเลเซอร์นั้นจะมีลักษณะตามความยาวคลื่นของมันในสุญญากาศ ซึ่งเลเซอร์จะมีความพร้อมเพรียงกันเป็นลำแสงสีเดียว (monochromaticity) ซึ่งแสงของเลเซอร์จะมีเฟสเดียวกันทั้งหมดและมีทิศทางเดียวกันตลอดระยะทางของเลเซอร์โดยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เข้มแสงของเลเซอร์จะลดลงเมื่อระยะทางไกลขึ้น ลำแสงของเลเซอร์จะมีความยาวคลื่นเดียว (single wavelength) ซึ่งส่วนใหญ่แสงความยาวคลื่นเดียวนี้อาจสร้างรังสีในหลายโหมดโดยมีความยาวคลื่นต่างกันเล็กน้อย

### 2.1.3.2 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดเลเซอร์

เครื่องกำเนิดเลเซอร์จะประกอบเป็นตัวกลางที่มีกลไกในการขยายแสงที่ได้รับพลังงานมาจากการปั๊ม (pumping) โดยที่ตัวกลางจะอยู่ในรูปแก๊ส ของเหลว ของแข็ง หรือสารกึ่งตัวนำก็ได้ องค์ประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของเลเซอร์ก็คือออปติคัลเรโซเนเตอร์ (optical resonator) ซึ่งประกอบไปด้วยกระจกเงาที่จะทำการสะท้อนกลับหมดที่ปลายของเครื่องกำเนิดเลเซอร์ทั้งสองข้าง โครงสร้างของเครื่องกำเนิดเลเซอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดเลเซอร์

### 2.1.4 คุณสมบัติของแสง

ในการทำงานของไลดาร์เราต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแสงที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งาน ประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน โดยคุณสมบัติของแสงที่สำคัญคือ

#### 2.1.4.1 แสงเดินทางเป็นเส้นตรง

เมื่อตัวกลางของแสงมีดัชนีการหักเหของแสงเท่ากันตลอดทุกส่วนแสงก็จะเดินทางเป็นเส้นตรง แต่เมื่อตัวกลางที่แสงเดินทางผ่านมีค่าดัชนีการหักเหของแสงไม่เท่ากันก็จะเป็นไปตามคุณสมบัติการหักเหของแสง ค่าดัชนีการหักเหของแสงสามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.2)$$

โดยที่  $n$  คือค่าดัชนีการหักเหของแสงในตัวกลางนั้น

$c$  คือความเร็วในการเดินทางของแสงในสุญญากาศมีความเร็วคงที่ประมาณ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที

$v$  คือความเร็วในการเดินทางของแสงในตัวกลางนั้น

#### 2.1.4.2 การหักเหของแสง

เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีค่าดัชนีการหักเหของแสงต่างกันจะทำให้ความเร็วในการเดินทางของแสงเปลี่ยนไปและทิศทางของแสงเบนออกไปจากทิศทางเดิมแต่ความถี่ของแสงจะไม่มี การเปลี่ยนแปลง การหักเหของแสงสามารถอธิบายได้โดยกฎของสเนลล์ตามสมการที่ 2.3

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad (2.3)$$

โดยที่  $n_1$  คือค่าดัชนีการหักเหของแสงในตัวกลางที่ 1

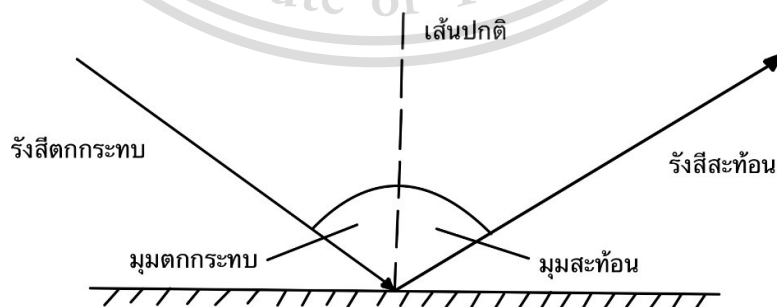
$n_2$  คือค่าดัชนีการหักเหของแสงในตัวกลางที่ 2

$\sin \theta_1$  คือมุมตกกระทบของแสง

$\sin \theta_2$  คือมุมหักเหของแสง

#### 2.1.4.3 การสะท้อนของแสง

เมื่อแสงเดินทางไปถึงขอบเขตระหว่างตัวกลางสองชนิดแสงบางส่วนจะเกิดการสะท้อนกลับ และแสงบางส่วนจะเคลื่อนที่ไปในตัวกลางถัดไป การสะท้อนของแสงจะสามารถแบ่งออกได้เป็นการสะท้อนแบบปกติจะเกิดเมื่อแสงเดินทางตกกระทบกับตัวกลางที่มีผิวเรียบ และการสะท้อนแบบกระจายจะเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางตกกระทบกับตัวกลางที่มีผิวที่ขรุขระ โดยมุมของแสงที่สะท้อนออกมาจะต้องเท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบตลอด ลักษณะการสะท้อนของแสงแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะการสะท้อนของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.1.5 การระบุตำแหน่งพร้อมกับการสร้างแผนที่

“SLAM” (Simultaneous localization and mapping) หรือ การระบุตำแหน่งพร้อมกับการสร้างแผนที่ เป็นปัญหาในการคำนวณของการสร้างหรืออัปเดตแผนที่ของสภาพแวดล้อมที่ไม่รู้จักในขณะเดียวกันก็คอยติดตามตำแหน่งไปด้วย อัลกอริทึมของการระบุตำแหน่งพร้อมกับการสร้างแผนที่ได้รับการปรับแต่งให้เหมาะกับทรัพยากรที่มีอยู่ดังนั้นจึงไม่ได้มุ่งเป้าไปที่ความสมบูรณ์แบบ แต่เป็นการปฏิบัติตามการปฏิบัติ การระบุตำแหน่งพร้อมกับการสร้างแผนที่ถูกนำไปใช้ในรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง, ยานพาหนะทางอากาศไร้คนขับ, ยานพาหนะใต้น้ำอัตโนมัติ, ยานสำรวจดาวเคราะห์, หุ่นยนต์ในประเทศรุ่นใหม่และแม้แต่ในร่างกายมนุษย์ [5]

#### 2.1.5.1 คำอธิบายทางคณิตศาสตร์ของปัญหา

ด้วยชุดการควบคุม  $u_t$  และการสังเกตของเซ็นเซอร์  $o_t$  ในช่วงเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง  $t$  ปัญหาของการระบุตำแหน่งพร้อมกับการสร้างแผนที่คือการคำนวณค่าประมาณสถานะของตัวแทน  $x_t$  และแผนที่ของสภาพแวดล้อม  $m_t$  ปริมาณทั้งหมดมักจะมีแนวโน้มจะเป็นดังนั้นวัตถุประสงค์คือการคำนวณคือ

$$P(m_{t+1}, x_{t+1} | o_{1:t+1}, u_{1:t}) \quad (2.2)$$

การใช้กฎของ Bayes ให้กรอบการทำงานสำหรับการอัปเดตตำแหน่งตามลำดับในภายหลัง โดยมีแผนที่และฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง  $P(x_t | x_{t-1})$

$$P(x_t | o_{1:t}, u_{1:t}, m_t) = \sum_{m_{t-1}} P(o_t | x_t, m_t, u_{1:t}) \quad (2.3)$$

$$\cdot \sum_{x_{t-1}} P(x_t | x_{t-1}) P(x_{t-1} | m_t, o_{1:t-1}, u_{1:t}) / Z$$

ในการทำงานเดียวกันแผนที่สามารถปรับปรุงตามลำดับโดย

$$P(m_t | x_t, o_{1:t}, u_{1:t}) = \sum_{x_t} \sum_{m_t} P(m_t | x_t, m_{t-1}, o_t, u_{1:t}) \quad (2.4)$$

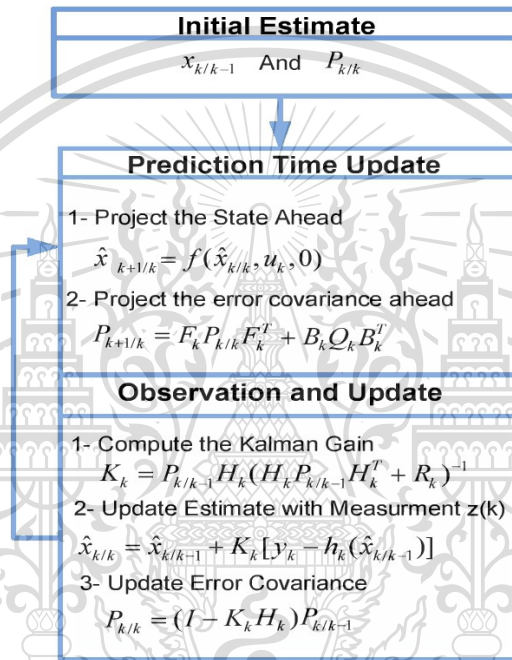
$$\cdot P(m_{t-1}, x_t | o_{1:t-1}, m_{t-1}, u_{1:t})$$

เทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการประมาณสมการข้างต้น ได้แก่ ตัวกรองคาลมาน (Kalman Filter) และตัวกรองอนุภาควิธีมอนติคาร์โล โดยเป็นการประมาณฟังก์ชันความน่าจะเป็นสำหรับท่าทางของหุ่นยนต์และสำหรับพารามิเตอร์ของแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5.2 ตัวกรองคาลมาน

ตัวกรองคาลมาน หรือ การประมาณค่าของสมการกำลังสองเชิงเส้น เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ชุดของการวัดที่สังเกตได้ในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งประกอบด้วยสัญญาณรบกวนทางสถิติและความไม่ถูกต้องอื่น ๆ และสร้างค่าประมาณของตัวแปรที่ไม่รู้จักซึ่งมีแนวโน้มที่จะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดเพียงครั้งเดียวโดยการประมาณการแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมกับตัวแปรสำหรับแต่ละกรอบเวลา [6] อัลกอริทึมของตัวกรองคาลมานแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 อัลกอริทึมของตัวกรองคาลมาน

## 2.2 ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

“ROS” (Robot Operating System) หรือ ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เป็นระบบปฏิบัติการคล้ายกับ Windows หรือ Linux แต่ถูกสร้างมาเพื่อใช้งานกับหุ่นยนต์และยังเป็นกรอบการทำงานสำหรับการเขียนซอฟต์แวร์หุ่นยนต์ มีจุดมุ่งหมายในการลดความซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์โดยมีเครื่องมือสำหรับการเขียนซอฟต์แวร์อย่างครบถ้วน ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เป็นโอเพนซอร์สที่รองรับหลากหลายภาษาโดยตัวอย่างของภาษาที่นิยมใช้ในระบบปฏิบัติการนี้คือ C++ และ python [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ได้รับอนุญาตภายใต้มาตรฐานของ three-clause BSD license ซึ่งเป็นใบอนุญาตแบบเปิดที่อนุญาตให้นำระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์มาใช้ในเชิงพาณิชย์ และผลิตภัณฑ์ที่เป็นซอฟต์แวร์ปิดได้

ระบบสร้างมีหน้าที่สร้างเป้าหมายจากซอร์สโค้ดที่ผู้ใช้ปลายทางสามารถใช้ได้ เป้าหมายเหล่านี้อาจอยู่ในรูปแบบของไลบรารีโปรแกรมปฏิบัติการสคริปต์ที่สร้างขึ้นอินเทอร์เน็ตที่ส่งออกโดยซอร์สโค้ดในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์จะถูกจัดระเบียบเป็นแพ็คเกจ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแต่ละแพ็คเกจจะประกอบด้วยเป้าหมายอย่างน้อยหนึ่งเป้าหมายเมื่อสร้างขึ้น

### 2.2.1 แพ็คเกจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศ

แพ็คเกจเป็นโปรแกรมหลักที่ใช้ในการบริหาร บริการ จัดการซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โดยแพ็คเกจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสำรวจภูมิประเทศที่ใช้ในปริยญาณินพจน์นี้ประกอบไปด้วย

#### 2.2.1.1 catkin package

catkin เป็นระบบสร้างอย่างเป็นทางการของระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ที่ได้รับอนุญาตภายใต้มาตรฐาน BSD ตัวแพ็คเกจได้ทำการรวม CMake macros และสคริปต์ Python เข้าด้วยกันเพื่อมอบฟังก์ชันการทำงานบางอย่างที่อยู่เหนือขั้นตอนการทำงานปกติของ CMake แพ็คเกจนี้ได้รับการออกแบบให้เป็นไปตามแบบแผนเพื่อช่วยให้สามารถกระจายแพ็คเกจได้ดีและรองรับการคอมไพล์ข้ามและพกพาได้ดีขึ้น [8]

#### 2.2.1.2 rplidar package

แพ็คเกจ rplidar เป็นแพ็คเกจในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ที่รองรับอุปกรณ์ RPLidar A2/A1 และ A3/S1 ได้รับอนุญาตภายใต้มาตรฐาน BSD โดยโหนดของแพ็คเกจในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์เป็นไดรเวอร์สำหรับอุปกรณ์ RPLidar ตัวโหนดจะทำการอ่านผลการสแกนของอุปกรณ์โดยใช้ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ของตัวอุปกรณ์และแปลงเป็นข้อความ ROS LaserScan [9]

#### 2.2.1.3 hector\_slam metapackage

Metapackage เป็นแพ็คเกจแบบพิเศษที่จะแสดงถึงความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันกับแพ็คเกจอื่นที่เกี่ยวข้องกันในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ในแพ็คเกจนี้ได้ทำการติดตั้ง hector\_mapping และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แพ็คเกจที่เกี่ยวข้อง โดยแพ็คเกจหลักของเมต้าแพ็คเกจนี้คือ hector\_mapping hector\_geotiff และ hector\_trajectory\_server [10]

#### 2.2.1.4 freenect\_launch package

แพ็คเกจนี้มีไฟล์เรียกใช้งานสำหรับการใช้อุปกรณ์ Microsoft Kinect โดยใช้ไลบรารี libfreenect โพลเดอร์นี้ได้ทำการจำลอง API ที่แพ็คเกจ openni\_launch โดยพยายามรักษาความเข้ากันได้สูงสุดกับไดรเวอร์ OpenNI เอาไว้ [11]

#### 2.2.1.5 openni\_launch package

แพ็คเกจนี้มีไฟล์เรียกใช้งานสำหรับการใช้อุปกรณ์ที่รองรับ OpenNI เช่น Microsoft Kinect ในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โดยตัวแพ็คเกจจะทำการสร้างกราฟโหนดเล็ท (nodelet graph) เพื่อแปลงข้อมูลดิบจากไดรเวอร์อุปกรณ์ให้เป็นพอยต์คลาวด์และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เหมาะสำหรับการประมวลผลและการแสดงภาพ [12]

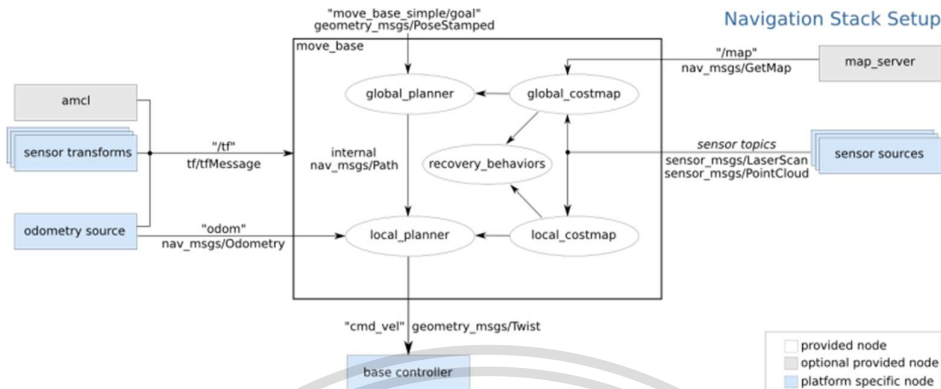
### 2.2.2 ROS Navigation

ROS Navigation มีจุดประสงค์หลักในการทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายได้โดยไม่เจอกับอุปสรรค ซึ่งถูกออกแบบมาให้ใช้ข้อมูลจากโอโดเมตรีและเซนเซอร์ในการทำให้หุ่นยนต์เกิดการเคลื่อนที่โดยระบบจะต้องทำการระบุตำแหน่งเริ่มต้นของตัวหุ่นยนต์เป็นอันดับแรก จากนั้นเราจะสามารถกำหนดจุดหมายที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ของเราเคลื่อนที่ไปได้ทางระบบจะทำการคำนวณแล้ววางแผนเส้นทางจากจุดที่ตั้งอยู่ไปจนถึงจุดหมายปลายทางและเมื่อหุ่นยนต์ไม่สามารถเดินทางไปได้ก็จะมีกระบวนการแก้ไขปัญหาหลายอย่างเช่นการคำนวณเส้นทางใหม่ เป็นต้น [13] บล็อกไดอะแกรมของ ROS Navigation สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมของ ROS Navigation

### 2.2.3 พอยต์คลาวด์

พอยต์คลาวด์คือชุดของจุดข้อมูลในช่องว่าง จุดในพอยต์คลาวด์จะแสดงถึงรูปร่างหรือวัตถุสามมิติ แต่ละจุดมีชุดพิกัด X, Y และ Z ของตัวเอง โดยทั่วไปแล้วพอยต์คลาวด์ผลิตโดยเครื่องสแกนสามมิติหรือซอฟต์แวร์โฟโตแกรมเมตรี (photogrammetry software) ซึ่งจะวัดจุดหลายจุดบนพื้นผิวภายนอกของวัตถุรอบตัวเราสามารถดึงมิติข้อมูลและความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตได้โดยตรงจากพอยต์คลาวด์ [14]

### 2.2.4 โอดิเมทรี

Odometry หรือ โอดิเมทรีคือค่าที่บอกว่าหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์อยู่ในตำแหน่งไหนเมื่อเทียบกับตำแหน่งเริ่มต้น โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวมาประมาณตำแหน่งเมื่อเวลาผ่านไป วิธีการนี้มีความไวต่อข้อผิดพลาดเมื่อใช้เวลาในการวัดความเร็วมากเกินไประมาณตำแหน่ง [15] กระบวนการนี้จะทำการเก็บทั้งข้อมูลการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในระบบพิกัดข้อมูลความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมของหุ่นยนต์ที่แตกต่างกันในแต่ละเวลา

Visual odometry หรือ โอดิเมทรีเสมือนคือกระบวนการกำหนดข้อมูลโอดิเมทรีให้เท่ากันโดยการนำภาพจากกล้องมาใช้ในการประมาณผลหาระยะทางที่เดินทางได้ ค่าโอดิเมทรีเสมือนจะให้ความแม่นยำในการนำทางหุ่นยนต์บนสภาพพื้นผิวต่างๆเพิ่มมากขึ้น [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 2.2.5 Linorobot

Linorobot เป็นชุดหุ่นยนต์ที่รองรับระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนนักพัฒนาและนักวิจัยมีแพลตฟอร์มต้นทุ่นต่ำในการสร้างแอปพลิเคชันใหม่ที่นำต้นตื้นบนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ Linorobot รองรับฐานหุ่นยนต์ต่างๆไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ 2WD, 4WD, Mecanum Drive และ Ackermann Steering [17]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

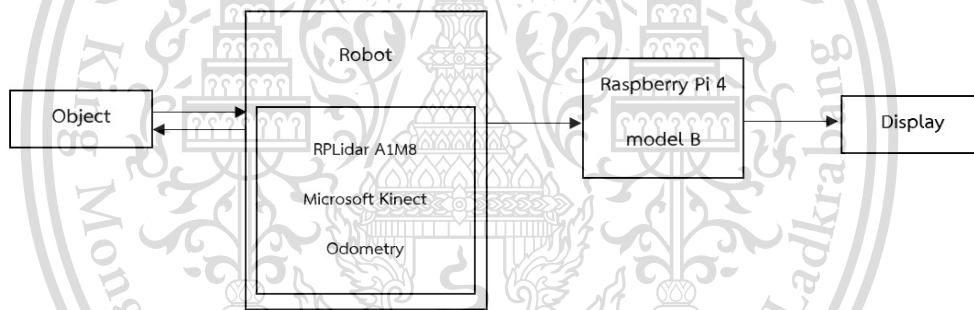
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 3

### การออกแบบและการจัดทำปริญญาานิพนธ์

#### 3.1 การออกแบบ

ในส่วนการออกแบบของปริญญาานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบและจัดทำชุดอุปกรณ์ในส่วนของการสร้างแผนที่จำลองทั้งในลักษณะสองมิติและสามมิติ โดยสามารถรับข้อมูลพิกัดจากอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และข้อมูลรูปภาพ RGB-D จากอุปกรณ์ Microsoft Kinect มาประมวลผลผ่านบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B และออกแบบหน้าจอแสดงผลให้สามารถแสดงผลข้อมูลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติผ่าน Rviz ได้ ทั้งนี้เพื่อทดสอบและวิเคราะห์ถึงสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสร้างแผนที่จำลอง และเพื่อให้สามารถสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติออกมาได้ โดยบล็อกไดอะแกรมของปริญญาานิพนธ์นี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของปริญญาานิพนธ์

จากรูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของปริญญาานิพนธ์นี้จะแสดงให้เห็นกระบวนการทำงานในภาพรวมทั้งหมด โดยตัวอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect จะส่งข้อมูลที่จากการตรวจจับของเซนเซอร์เข้าไปประมวลผลบนบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B ที่ทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux Ubuntu 18.04 (bionic) และติดตั้งระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ (ROS Melodic) เอาไว้โดยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์จะนำข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์แต่ละตัวมาประมวลผลด้วยแพ็คเกจต่าง ๆ แยกกันตามชนิดของข้อมูลแล้วนำมาแสดงผลร่วมกันเป็นแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติบน Rviz ผ่านหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.1 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8

ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8 ประกอบด้วยส่วนของการติดตั้งแพ็คเกจเพื่อรับข้อมูลพิกัดที่วัดได้จากเซนเซอร์ของตัวอุปกรณ์และส่วนของการแก้ไขจุดคำสั่งในการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติผ่าน Rviz ซึ่งการออกแบบในแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

#### 3.1.1.1 การติดตั้งแพ็คเกจเพื่อรับข้อมูลพิกัดที่วัดได้จากเซนเซอร์ของตัวอุปกรณ์

ในส่วนนี้ได้ทำการติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการรับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์บนบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B ที่ทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ไว้โดยแพ็คเกจหลัก ๆ ที่ใช้คือ rplidar package และ hector\_slam metapackage โดยในการติดตั้งแพ็คเกจต่าง ๆ ใช้คำสั่งตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นแรกทำการสร้างพื้นที่งานขึ้นมาเพื่อติดตั้งแพ็คเกจไว้ใช้งานในภายหลังและระบุตำแหน่งของ source ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ source /opt/ros/noetic/setup.bash
```

```
$ mkdir -p ~/catkin_ws/src
```

```
$ cd ~/catkin_ws/
```

```
$ catkin_make
```

```
$ source devel/setup.bash
```

คำสั่งข้างต้นเป็นการสร้างตำแหน่งของพื้นที่งานและทำการระบุตำแหน่งของ source เพื่อให้ระบบรับรู้ถึงตำแหน่งหลังจากสร้างพื้นที่งานขึ้นมาแล้วก็ทำการติดตั้งแพ็คเกจจาก git ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ git clone https://github.com/robopeak/rplidar_ros.git
```

```
$ git clone https://github.com/tu-darmstadt-ros-pkg/hector_slam.git
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

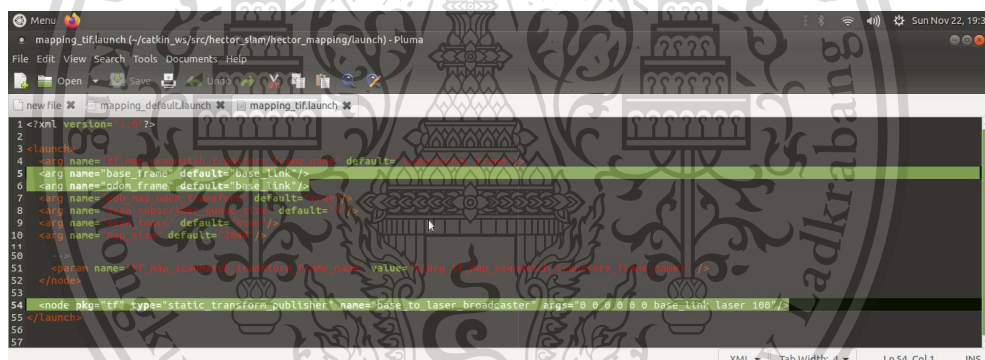
```
$ catkin_make
```

```
$ source devel/setup.bash
```

คำสั่งข้างต้นเป็นการติดตั้งแพ็คเกจ rplidar package และ hector\_slam metapackage และทำการระบุตำแหน่งของ source ให้ระบบรับรู้เพื่อที่จะให้ระบบสามารถเรียกใช้งานแพ็คเกจได้

### 3.1.1.2 การแก้ไขชุดคำสั่งในการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติผ่าน Rviz

ในส่วนนี้ได้ทำการแก้ไขชุดคำสั่งบางคำสั่งใน launch file ของแพ็คเกจ hector\_slam metapackage เพื่อให้สามารถแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติได้ในกรณีที่การติดตั้งอุปกรณ์ไม่มีในส่วนของโอโดเมทรีโดยได้ทำการเข้าไปยังตำแหน่งที่ตั้งของ launch file แล้วทำการแก้ไขในส่วนของการ mapping\_default.launch และ tutorial.launch โดยชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ mapping\_default.launch แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



```

1 <?xml version="1.0"?>
2
3 <launch>
4   <arg name="lidar_topic" default="base_link_laser" />
5   <arg name="base_frame" default="base_link" />
6   <arg name="odom_frame" default="base_link" />
7   <arg name="map_frame" default="map" />
8   <arg name="odom_topic" default="odom" />
9   <arg name="topic" default="base_link_laser" />
10  <arg name="map_topic" default="map" />
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51 <param name="tf_map_odom_transformer_topic" value="map_to_odom_transformer_topic" />
52
53
54 <node pkg="tf" type="static_transform_publisher" name="base_to_laser_broadcaster" args="0 0 0 0 base_link laser 100"/>
55
56
57

```

รูปที่ 3.2 ชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ mapping\_default.launch

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าทำการแก้ไขเฟรมจาก base\_footprint และ nav เป็น base\_link เนื่องด้วยว่าในการทดลองตัวอุปกรณ์ที่ใช้ไม่มีในส่วนของโอโดเมทรีทำให้ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติสามารถทำได้โดยการเชื่อมโครงสร้าง TF จากเฟรม map มายัง base\_link ได้โดยตรง นอกจากนี้จะเห็นว่ามีการเผยแพร่เฟรมจาก base\_link ไปยัง laser เพื่อสร้างเลเซอร์ป्लอดมขึ้นมาจากตัวอุปกรณ์เองให้สามารถใช้ในการตรวจจับและสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติได้ นอกจากนี้ยังได้ทำการแก้ไขในส่วนของการ tutorial.launch โดยชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขแสดงได้ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

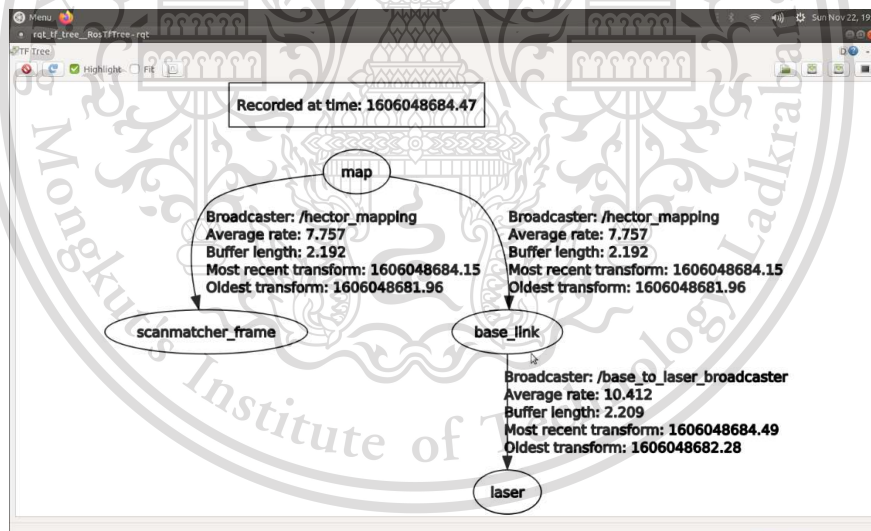
```

1 <?xml version="1.0"?>
2
3 <launch>
4
5   <arg name="grotiff_map_file_path" default="$(find hector_grotiff)/maps />
6
7   <param name="/use_sim_time" value="false" />
8
9   <node pkg="rviz" type="rviz" name="rviz"
10     args="-d $(find hector_slam_launch)/rviz_cfg/mapping_demo.rviz"/>
11

```

รูปที่ 3.3 ชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ tutorial.launch

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าได้ทำการแก้ไขค่าของพารามิเตอร์ use\_sim\_time จาก true เป็น false เพื่อให้ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติทำได้แบบเรียลไทม์โดยโครงสร้างการทำงาน TF ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติที่ได้ออกแบบไว้แสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โครงสร้างการทำงาน TF ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.2 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยอุปกรณ์ Microsoft Kinect

ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยอุปกรณ์ Microsoft Kinect ประกอบด้วยส่วนของการติดตั้งแพ็คเกจเพื่อรับข้อมูลภาพ RGB-D ที่ได้จากตัวเซนเซอร์และกล้องของตัวอุปกรณ์และส่วนของการติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติและแก้ไขชุดคำสั่งในการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติผ่าน Rviz ซึ่งการออกแบบในแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

#### 3.1.2.1 การติดตั้งแพ็คเกจเพื่อรับข้อมูลภาพ RGB-D ที่ได้จากตัวเซนเซอร์และกล้องของตัวอุปกรณ์

ในส่วนนี้ได้ทำการติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการรับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์โดยแพ็คเกจหลัก ๆ ที่ใช้คือแพ็คเกจสำหรับการติดตั้งตัวไดรฟ์เวอร์ของอุปกรณ์เพื่อให้สามารถใช้งานอุปกรณ์บนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ได้และแพ็คเกจสำหรับการแสดงผลข้อมูลรูปภาพ RGB-D ออกมาในรูปแบบของแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติโดยในการติดตั้งแพ็คเกจต่าง ๆ ใช้คำสั่งตามขั้นตอนต่อไปนี้

เริ่มจากการลงไดรฟ์เวอร์ freenect สำหรับการใช้งานอุปกรณ์ Microsoft Kinect โดยการสร้างไลบรารีของตัวไดรฟ์เวอร์จาก source ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install libusb-1.0-0-dev
$ git clone https://github.com/OpenKinect/libfreenect.git
$ cd libfreenect
$ mkdir build && cd build
$ cmake -L ..
$ make
$ sudo make install
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คำสั่งข้างต้นเป็นการติดตั้งไดรฟ์เวอร์ freenect สำหรับใช้งานอุปกรณ์บนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ หลังจากที่ได้ทำการลงไดรฟ์เวอร์สำหรับตัวอุปกรณ์แล้วทำการติดตั้งแพ็คเกจที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับการนำข้อมูลรูปภาพ RGB-D มาใช้โดยชุดคำสั่งที่ใช้ในการติดตั้งแพ็คเกจมีดังนี้

```
$ cd ~/catkin_ws/src
$ git clone https://github.com/ros-drivers/freenect_stack.git
$ git clone https://github.com/ros-drivers/openni_camera.git
$ git clone https://github.com/ros-drivers/rgbd_launch.git
$ git clone https://github.com/ros-perception/image_common.git
$ git clone -b melodic https://github.com/ros-perception/vision_opencv.git
$ git clone https://github.com/ros-perception/image_pipeline.git
$ git clone https://github.com/ros/geometry2.git
```

คำสั่งข้างต้นเป็นการโคลนแพ็คเกจที่จำเป็นต่าง ๆ ในการนำข้อมูลรูปภาพ RGB-D จากอุปกรณ์ Microsoft Kinect มาแสดงผลบนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ลงตำแหน่งของพื้นที่งานที่สร้างไว้ หลังจากโคลนแพ็คเกจต่าง ๆ เสร็จแล้วจะทำการติดตั้งแพ็คเกจจำเป็นที่ใช้ในการทำงานของแพ็คเกจที่ลงไว้ข้างต้นและทำการติดตั้งแพ็คเกจทั้งหมด ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd ..
$ rosdep install --from-paths src --ignore-src
$ catkin_make
$ source devel/setup.bash
```

คำสั่งข้างต้นเป็นการติดตั้ง dependencies ที่ยังขาดไปของแพ็คเกจทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่งานและได้ทำการติดตั้งแพ็คเกจและระบุตำแหน่งของ source เพื่อให้ระบบรับรู้และสามารถเรียกใช้แพ็คเกจในการดึงข้อมูลภาพ RGB-D จากตัวอุปกรณ์มาแสดงผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.2.2 การติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติและแก้ไขชุดคำสั่งในการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติผ่าน Rviz

ในส่วนนี้ได้ทำการติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการสร้างแผนที่สามมิติและแสดงผลออกมาโดยแพ็คเกจหลัก ๆ ที่ใช้คือแพ็คเกจ rtabmap\_ros package โดยในการติดตั้งแพ็คเกจต่าง ๆ ใช้คำสั่งตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นแรกจะต้องทำการติดตั้ง Standalone RTAB MAP ที่เป็นซอฟต์แวร์ส่วนที่ใช้ในการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติและแพ็คเกจบางตัวที่ใช้ในการติดตั้ง ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ sudo apt-get install libvtk6-dev libvtk6-qt-dev libvtk6-java libvtk6-jni
$ sudo apt-get install libopencv-dev cmake libopenni2-dev libsqlite3-dev lib-
pcl-*
$ git clone https://github.com/introlab/rtabmap.git
$ cd rtabmap/build
$ cmake ..
$ make -j2
$ sudo make install
$ sudo ldconfig rtabmap
```

คำสั่งข้างต้นจะเป็นการติดตั้งแพ็คเกจที่จำเป็นในการติดตั้งซอฟต์แวร์ของ RTAB MAP และติดตั้ง RTAB MAP จาก source หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งในส่วนของซอฟต์แวร์เข้าไปแล้วก็จะทำการติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการสร้างแผนที่สามมิติและแสดงผลออกมาลงบนพื้นที่งานด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd ~/catkin_ws/src
$ git clone https://github.com/introlab/rtabmap_ros.git
$ git clone https://github.com/ros-perception/pcl_msgs.git
$ git clone https://github.com/ros-planning/navigation.git
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
$ git clone https://github.com/ros-planning/navigation_msgs.git
```

```
$ git clone https://github.com/OctoMap/octomap_msgs.git
```

```
$ sudo apt-get install ros-melodic-find-object-2d ros-melodic-perception-pcl
```

คำสั่งข้างต้นจะเป็นการโคลนและติดตั้งแพ็คเกจ rtabmap\_ros และแพ็คเกจที่จำเป็นในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติและแสดงผลออกมาหลัง หลังจากทำการโคลนและติดตั้งแพ็คเกจต่าง ๆ เสร็จแล้วก็จะทำการตรวจสอบว่ายังมี dependencies ที่ขาดไปอยู่ไหมทำการติดตั้งส่วนที่ขาดและทำการติดตั้งแพ็คเกจทั้งหมด ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd ..
```

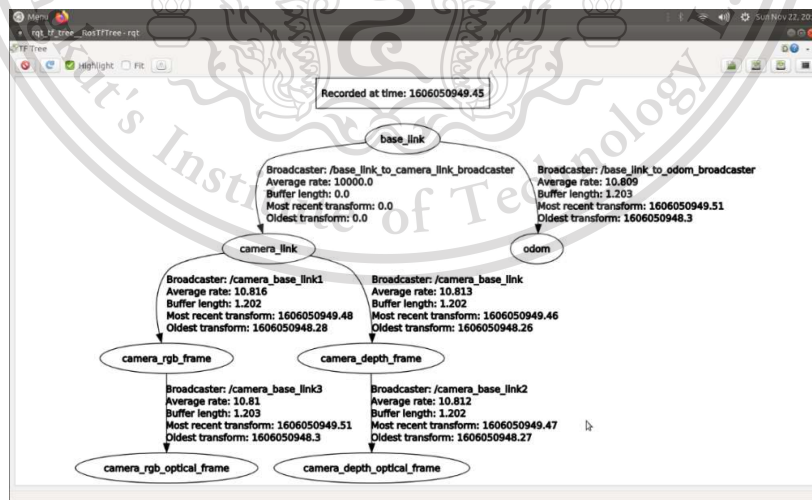
```
$ rosdep install --from-paths src --ignore-src
```

```
$ sudo apt-get install libsdl-image1.2-dev
```

```
$ catkin_make -j2
```

```
$ source devel/setup.bash
```

คำสั่งข้างต้นเป็นการติดตั้งแพ็คเกจทั้งหมดที่จะใช้งานลงบนพื้นที่งานและระบุตำแหน่ง source ของพื้นที่งานให้ระบบรับรู้ ในส่วนของโครงสร้างการทำงาน TF ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D ในแสดงได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 โครงสร้างการทำงาน TF ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วย

ข้อมูลภาพ RGB-D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

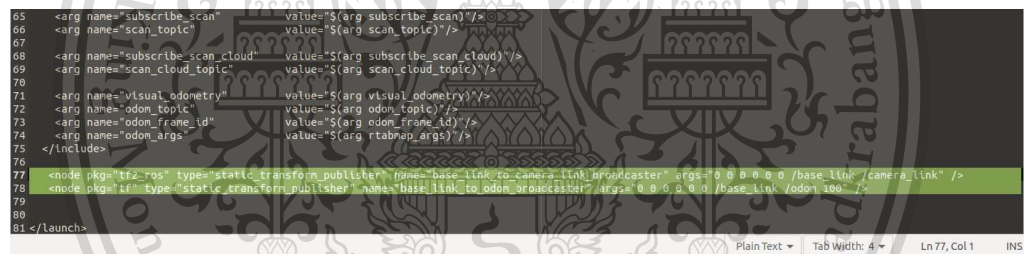
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.1.3 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8 ร่วมกับ Microsoft Kinect

ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect ประกอบด้วยส่วนของการแก้ไขชุดคำสั่งในการเชื่อมต่อของโครงสร้าง TF ของทั้งสองอุปกรณ์ให้สามารถทำงานในหัวข้อเดียวกันได้ ซึ่งการออกแบบในแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

ในส่วนนี้ได้ทำการแก้ไขชุดคำสั่งบางคำสั่งใน launch file ของแพ็คเกจ rtabmap\_ros package เพื่อให้สามารถแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติได้โดยได้ทำการเข้าไปยังตำแหน่งที่ตั้งของ launch file แล้วทำการแก้ไขในส่วนของ rgbd\_mapping.launch โดยชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ rgbd\_mapping.launch แสดงได้ดังรูปที่ 3.6



```

65 <arg name="subscribe_scan" value="$(arg subscribe_scan)"/>
66 <arg name="scan_topic" value="$(arg scan_topic)"/>
67
68 <arg name="subscribe_scan_cloud" value="$(arg subscribe_scan_cloud)"/>
69 <arg name="scan_cloud_topic" value="$(arg scan_cloud_topic)"/>
70
71 <arg name="visual_odometry" value="$(arg visual_odometry)"/>
72 <arg name="odon_topic" value="$(arg odon_topic)"/>
73 <arg name="odon_frame_id" value="$(arg odon_frame_id)"/>
74 <arg name="odon_args" value="$(arg rtabmap_args)"/>
75 </include>
76
77 <node pkg="tf2_ros" type="static_transform_publisher" name="base_link_to_camera_link_broadcaster" args="0 0 0 0 /base_link /camera_link" />
78 <node pkg="tf" type="static_transform_publisher" name="base_link_to_odom_broadcaster" args="0 0 0 0 /base_link /odom" />
79
80
81 </launch>

```

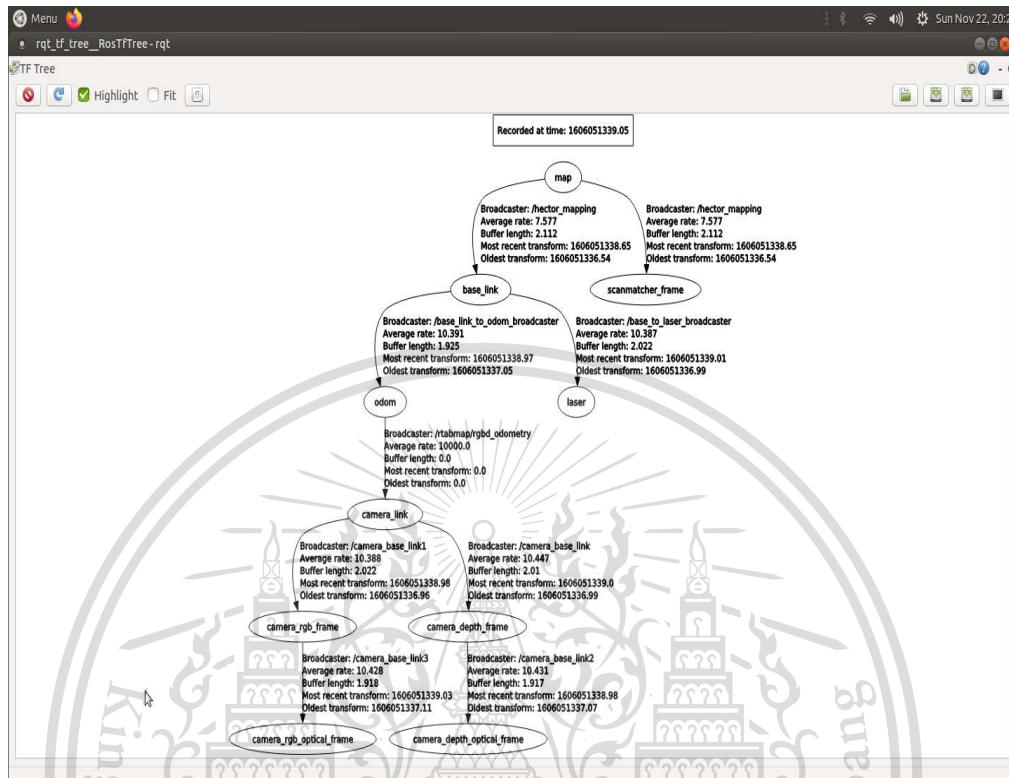
รูปที่ 3.6 ชุดคำสั่งที่ทำการแก้ไขบนไฟล์ rgbd\_mapping.launch

จากรูปที่ 3.6 จะเห็นได้ว่าได้ทำการเพิ่มชุดคำสั่งที่ใช้ในการเผยแพร่หัวข้อและโหนดเข้าไปในส่วนท้ายของไฟล์เพื่อให้ในส่วนของารสร้างรูปภาพจำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D นั้นเชื่อมเข้ากับส่วนของการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติได้โดยโครงสร้างการทำงาน TF โดยรวมในการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์แสดงได้ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.7 โครงสร้างการทำงาน TF โดยรวมในการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect

### 3.1.4 การออกแบบหุ่นยนต์สำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ

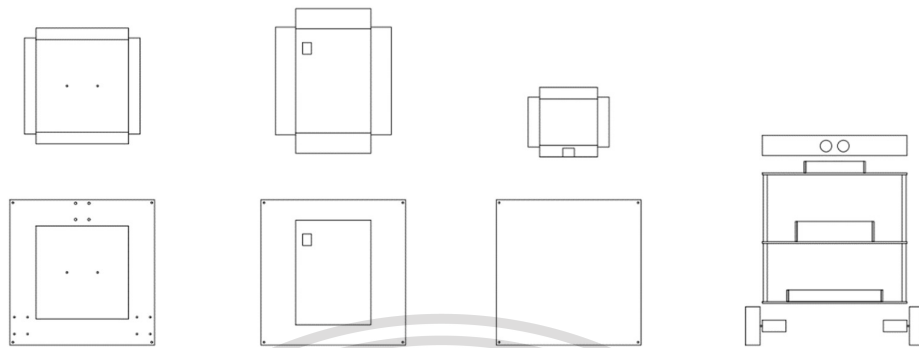
ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบหุ่นยนต์สำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ ประกอบไปด้วยส่วนของการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรม AutoCAD และส่วนของการออกแบบวงจรควบคุมหุ่นยนต์และประกอบหุ่นยนต์ การออกแบบในแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรม AutoCAD นี้ได้ทำการออกแบบในส่วนของบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ ส่วนของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และส่วนของอุปกรณ์ Microsoft Kinect โดยโครงสร้างหุ่นยนต์ที่ทำการออกแบบด้วยโปรแกรม AutoCAD แสดงได้ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 โครงร่างหุ่นยนต์ที่ทำการออกแบบด้วยโปรแกรม AutoCAD

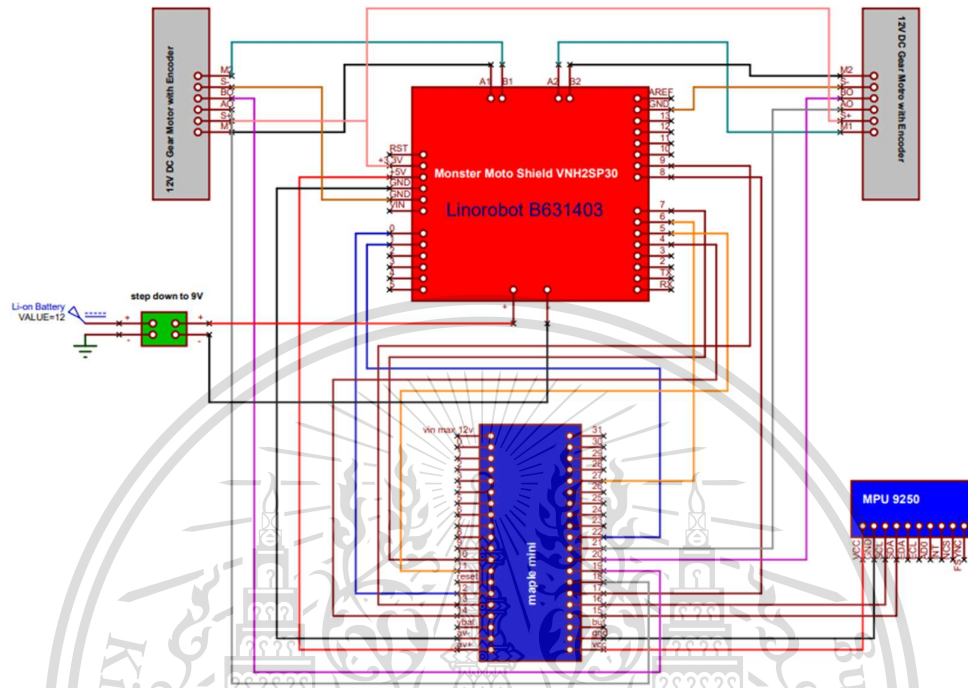
จากรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าในส่วนของ การออกแบบโครงร่างหุ่นยนต์จะแบ่งออกเป็นสามส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะเป็นฐานของอุปกรณ์ในแต่ละชั้นโดยชั้นแรกจะเป็นชั้นที่เป็นฐานของหุ่นยนต์ที่ทำการติดตั้งล้อและบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์เอาไว้ ชั้นที่สองจะเป็นฐานของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B และในชั้นที่สามจะเป็นฐานของอุปกรณ์ Microsoft Kinect

ในส่วนของการออกแบบวงจรควบคุมหุ่นยนต์และประกอบหุ่นยนต์ ทำการออกแบบวงจรควบคุมหุ่นยนต์ด้วยโปรแกรม Proteus 8 Professional โดยติดตั้งมอเตอร์เข้ารหัสเข้ากับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์และบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ วงจรควบคุมหุ่นยนต์ที่ออกแบบไว้แสดงได้ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



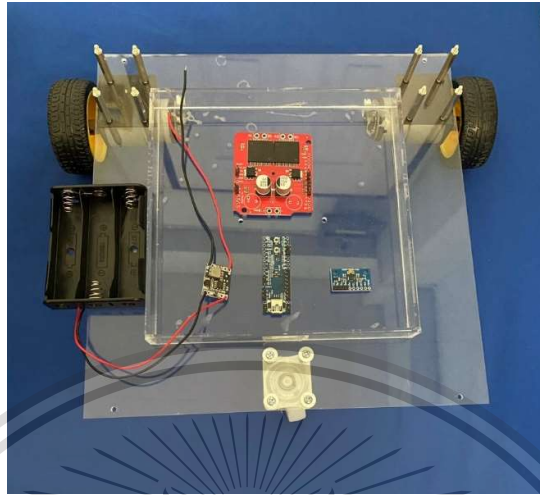
รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมหุ่นยนต์ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Proteus 8 Professional

ทำการนำแผ่นอะคริลิกมาตัดตามโครงร่างหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบไว้และประกอบโครงร่าง ส่วนของแต่ละชั้นเข้าด้วยกันด้วยน้ำยาประสานและติดชิ้นส่วนอื่น เช่น ล้อและมอเตอร์ เสาคือมระหว่างชั้น หรือแหล่งจ่ายไฟเข้าไป โดยการประกอบหุ่นยนต์ในแต่ละชั้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.10, 3.11 และ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.10 การประกอบหุ่นยนต์ในชั้นที่ 1



รูปที่ 3.11 การประกอบหุ่นยนต์ในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.12 การประกอบหุ่นยนต์ในชั้นที่ 3

จากรูปที่ 3.10, 3.11 และ 3.12 จะเห็นได้ว่าในชั้นแรกได้ทำการติดตั้งล้อและมอเตอร์เข้ากับตัวแผ่นอะคริลิก ทำการเชื่อมต่อมอเตอร์เข้ากับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์และบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ และติดตั้งเสาเชื่อมกับชั้นที่สองตามรูปที่ 3.10 ในชั้นที่สองทำการติดตั้งอุปกรณ์ RPLidar A1M8 บอร์ด Raspberry Pi 4 Model B และเสาเชื่อมกับชั้นที่สามตามรูปที่ 3.11 ในชั้นที่สามนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ Microsoft Kinect ลงไปตามรูปที่ 3.12 และเมื่อประกอบแต่ละชั้นเข้าด้วยกันจะได้หุ่นยนต์สำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 หุ่นยนต์สำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำการปรับแต่งแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ Microsoft Kinect ให้สามารถพิกพาดติดไปกับตัวหุ่นยนต์ Linorobot ได้โดยการนำ USB AC Power Adapter ของอุปกรณ์มาทำการติดตั้งเข้ากับ DC Power Jack Connector เพื่อรับไฟจากแบตเตอรี่ 12 V การปรับแต่งแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ Microsoft Kinect แสดงได้ดังรูปที่ 3.14, 3.15 และ 3.16



รูปที่ 3.14 USB AC Power Adapter ของอุปกรณ์ Microsoft Kinect

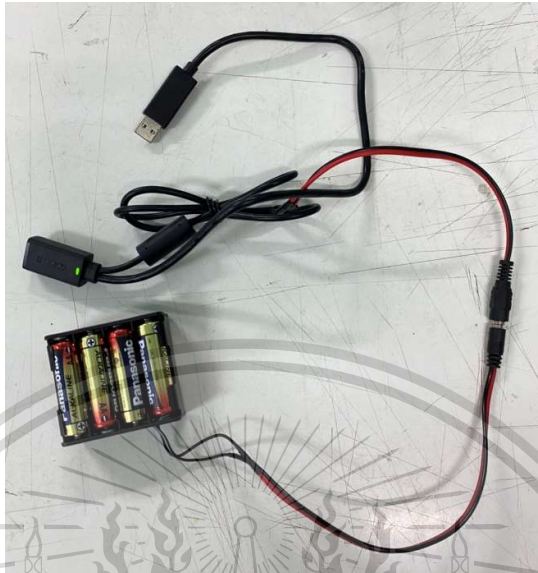


รูปที่ 3.15 ทำการลอกสาย USB AC Power Adapter แยกสาย 12V และ GND ออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.16 นำ USB AC Power Adapter ของอุปกรณ์มาทำการติดตั้งเข้ากับ DC Power Jack Connector เพื่อรับไฟจากแบตเตอรี่ 12 V

### 3.1.5 การออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8 ร่วมกับ Microsoft Kinect บนหุ่นยนต์ Linorobot

ในส่วนนี้ได้ทำการออกแบบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยการนำอุปกรณ์ RPLidar A1M8 กับ Microsoft Kinect ติดตั้งบนหุ่นยนต์ การออกแบบในส่วนนี้ประกอบไปด้วย ส่วนของการติดตั้งแพ็คเกจและซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่จำเป็นลงบนคอมพิวเตอร์และ Raspberry Pi 4 Model B และส่วนของการแก้ไขชุดคำสั่งในการเชื่อมต่อของโครงสร้าง TF ของทั้งสองอุปกรณ์ให้สามารถทำงานร่วมกับโอโตเมทริกจากหุ่นยนต์ได้

ในส่วนนี้ได้ทำการติดตั้งแพ็คเกจและซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่จำเป็นลงบนคอมพิวเตอร์และ Raspberry Pi 4 Model B ทำการติดตั้งด้วยชุดคำสั่งดังต่อไปนี้

```
$ wget https://raw.githubusercontent.com/ROS-education/Linorobot/master
/installer/ros_education_install.sh
```

```
$ chmod 755 ros_education_install.sh
```

```
$ ./ros_education_install.sh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คำสั่งข้างต้นเป็นการดาวน์โหลดไฟล์จากสคริปต์ด้วยคำสั่ง `wget` และกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงไฟล์ด้วยคำสั่ง `chmod` และทำการติดตั้งแพ็คเกจโดยการเรียกใช้ไฟล์สคริปต์หลังจากติดตั้งในส่วนของแพ็คเกจและซอฟต์แวร์แล้วทำการติดตั้ง `udev rules` ติดตั้งโดยการโหลดไฟล์สคริปต์ กำหนดสิทธิ์และติดตั้งลงบนระบบปฏิบัติการด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

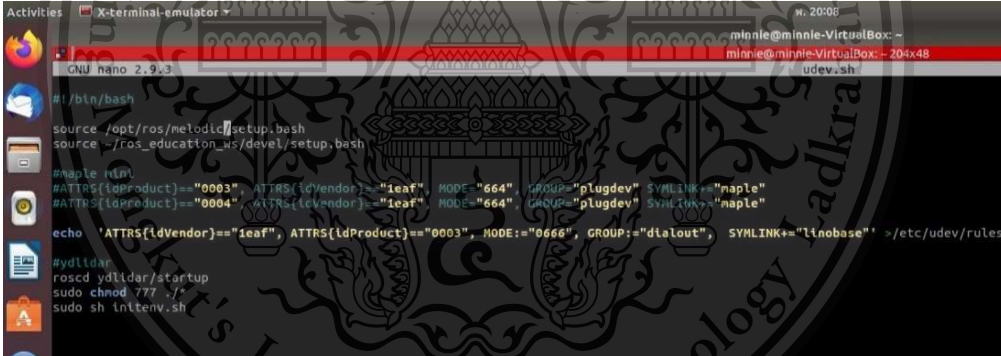
```
$ wget https://raw.githubusercontent.com/ROS-education/Linorobot/master
/installer/udev.sh
```

```
$ chmod 755 udev.sh
```

```
$ sudo nano udev.sh
```

```
$ sudo ./udev.sh
```

ในการติดตั้ง `udev rules` จะเป็นการติดตั้งตัวกำหนดการทำงานเมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ตั้งค่าเอาไว้เข้าสู่ระบบปฏิบัติการ โดยได้ทำการแก้ไขไฟล์สคริปต์บางส่วนด้วยคำสั่ง `nano` การแก้ไขไฟล์สคริปต์บางส่วนด้วยคำสั่ง `nano` แสดงได้ดังรูปที่ 3.17



```
minnie@minnie-VirtualBox: ~
minnie@minnie-VirtualBox: ~
udev.sh
GNU nano 2.9.3
# /bin/bash
source /opt/ros/melodic/setup.bash
source ~/ros_education_ws/devel/setup.bash
# maple (udev)
#ATTRS{IdProduct}=="0003", ATTRS{IdVendor}=="1eaf", MODE="664", GROUP="plugdev", SYMLINK+="maple"
#ATTRS{IdProduct}=="0004", ATTRS{IdVendor}=="1eaf", MODE="664", GROUP="plugdev", SYMLINK+="maple"
echo 'ATTRS{IdVendor}=="1eaf", ATTRS{IdProduct}=="0003", MODE:="0666", GROUP:="dialout", SYMLINK+="linobase" >/etc/udev/rules.d/udev.rules
#ydlidar
roscd ydlidar/startup
sudo chmod 777 ./
sudo sh intenv.sh
```

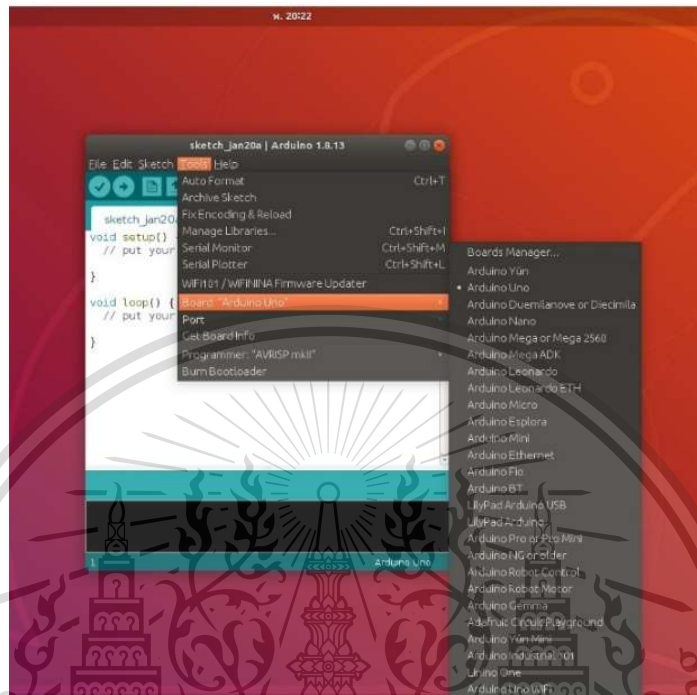
รูปที่ 3.17 การแก้ไขไฟล์สคริปต์บางส่วนด้วยคำสั่ง `sudo nano udev.sh`

ในส่วนของการติดตั้ง Firmware ลงบนบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ทำการติดตั้งโดยการติดตั้ง `Arduino_STM32` ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำให้เราสามารถเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ด `STM32F103` ด้วย `Arduino IDE` ทำการเปิด `Arduino IDE` ขึ้นมา ไปที่ `Tools->Boards manager` แสดงดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



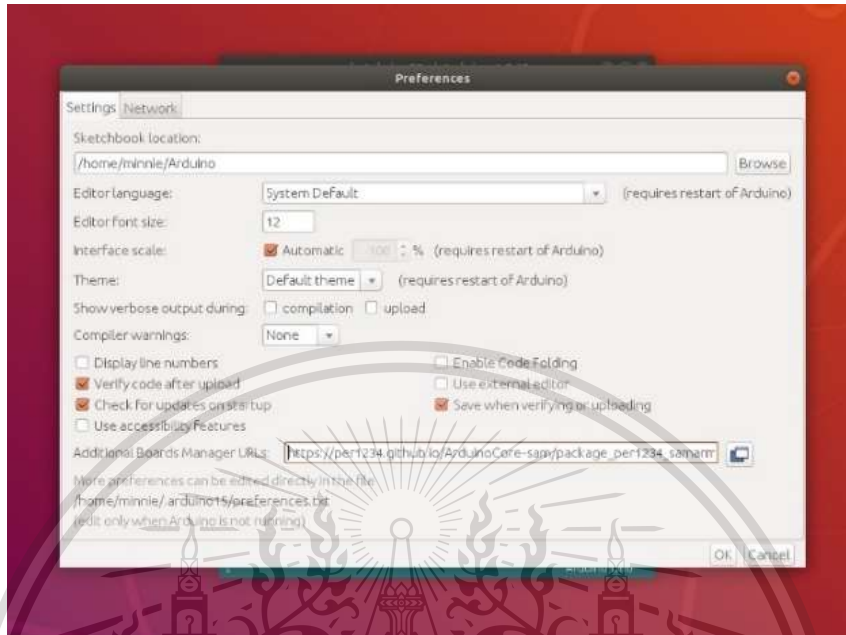
รูปที่ 3.18 เปิด Arduino IDE ขึ้นมา ไปที่ Tools->Boards manager

ทำการเลือกติดตั้ง Arduino SAM boards (Cortex-M3) เพื่อติดตั้ง arm-none-eabi-g++ toolchain เนื่องจากระบบปฏิบัติการบนสถาปัตยกรรม ARM ไม่รองรับบอร์ดจึงต้องทำการเพิ่มในส่วนของ Additional Boards Manager URLs เพื่อเพิ่มบอร์ดจากผู้พัฒนาภายนอก โดยใส่ไต่แรกทอรี URL : [https://per1234.github.io/ArduinoCore-sam/package\\_per1234\\_samarm64\\_index.json](https://per1234.github.io/ArduinoCore-sam/package_per1234_samarm64_index.json) การติดตั้ง Arduino SAM boards (Cortex-M3) แสดงดังรูปที่ 3.19 และ 3.20

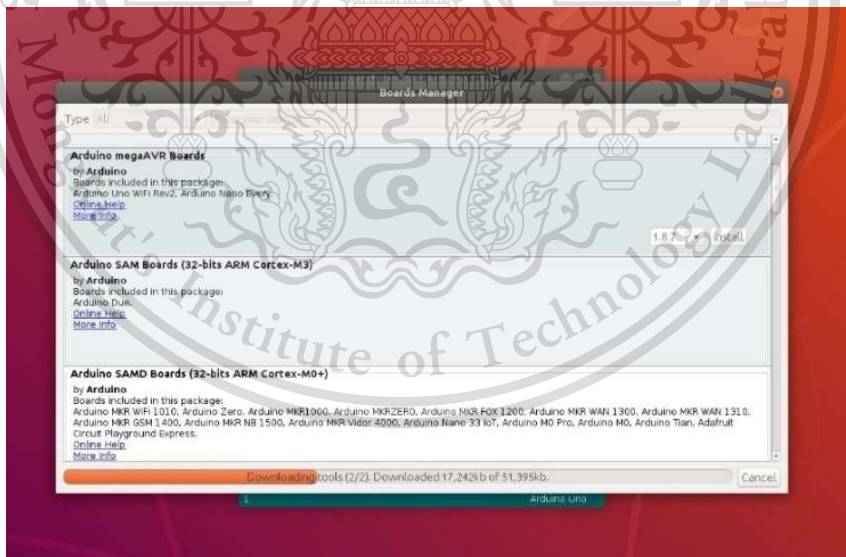
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.19 การเพิ่มในส่วนของ Additional Boards Manager URLs เพื่อเพิ่มบอร์ดจากผู้พัฒนาภายนอก



รูปที่ 3.20 เลือกติดตั้ง Arduino SAM boards (Cortex-M3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

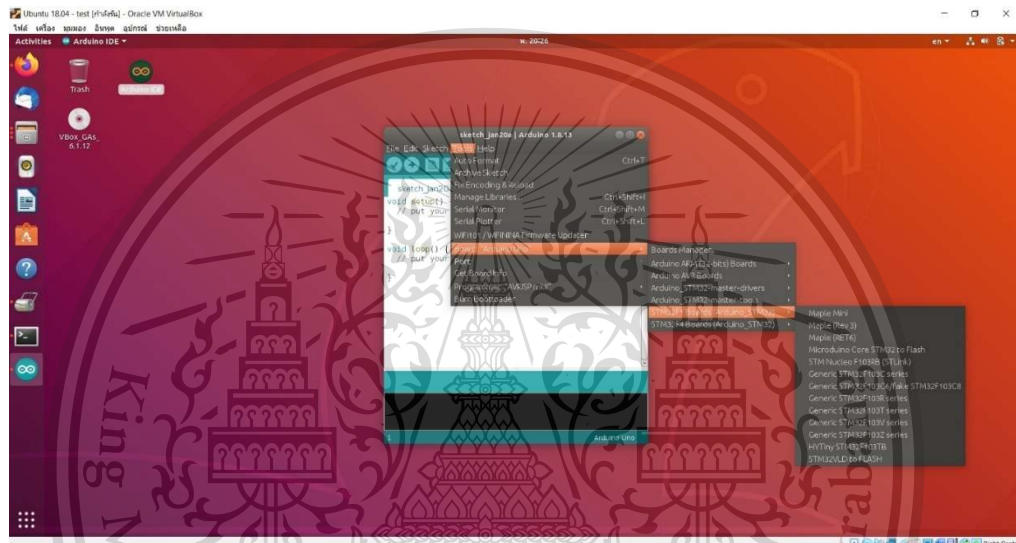
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลังจากทำการติดตั้ง Arduino SAM boards (Cortex-M3) แล้วทำการดาวน์โหลดไฟล์ฮาร์ดแวร์ของ Arduino\_STM32 ลงบนไฟล์เตอร์ฮาร์ดแวร์ของ Arduino IDE และติดตั้ง udev rules โดยเรียกใช้ชุดคำสั่ง

```
$~/Arduino-1.8.13/hardware/Arduino_STM32-master/tools/linux/install.sh
```

เมื่อติดตั้ง udev rules แล้วทำการปิดและเปิด Arduino IDE ขึ้นมาใหม่อีกครั้ง เลือก Tools->Board จะพบว่าบอร์ด STM32 ที่สนับสนุนให้เลือกแสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 บอร์ด STM32 สนับสนุนให้เลือกเมื่อการติดตั้งเสร็จสิ้น

ทำการเปิดไฟล์ Firmware ของหุ่นยนต์แล้วติดตั้งลงบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ Maple Mini STM32F103CBT6 ด้วย Arduino IDE การติดตั้ง Firmware ลงบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ Maple Mini STM32F103CBT6 แสดงได้ดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

firmware_stm32f1 | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help

firmware_stm32f1 | lno_base_configh

class Motor
{
public:
enum driver {I298, BT87960, EBC};
Motor(driver motor_driver, int counts_per_rev, int pwm_pin, int motor_pinA, int motor_pinB);
//Motor(int motor_pinA, int motor_pinB);
void updateSpeed(long encoder_ticks);
void spin(int pwm);
int getRPM();

int getRPM2();
}

Done uploading
UP:lib\boards\linorobot-master\arduino_firmware\firmware_stm32f1\firmware_stm32f1.ino:97:50: warning: overflow in implicit constant conversion [-Woverflow]
Sketch uses 39580 bytes (32%) of program storage space. Maximum is 122880 bytes.
Global variables use 4424 bytes (21%) of dynamic memory, leaving 16056 bytes for local variables. Maximum is 20480 bytes.
maple_loader v0.1
Resetting to bootloader via DTR pulse
Reset via USB Serial Failed! Did you select the right serial port?
Searching for DFU device [1EAF:0003]...
Assuming the board is in perpetual bootloader mode and continuing to attempt dfu programming...
Found it!
Opening USB Device 0x1eaf:0x0003...
Found Runtime: (0x1eaf:0x0003 devnum=1, cty=0, intf=0, alt=2, name="STM32duino bootloader v1.0 Upload to Flash:0x002000"
Setting Configuration 1...
Claiming USB DFU Interface...
Setting Alternate Setting...
Determining device status: state = 0x0000, status = 0
dfuIDLE, continuing
Transfer Size = 0x0400
bytes_per_block=751
Starting download: [#####]
error resetting after download: usb reset: could not reset device, win error: A device which does not exist was specified:
state(0) = 0x00000000, state(1) = 0x00000000, state(2) = 0x00000000, state(3) = 0x00000000
Done!
Resetting USB to switch back to runtime mode

```

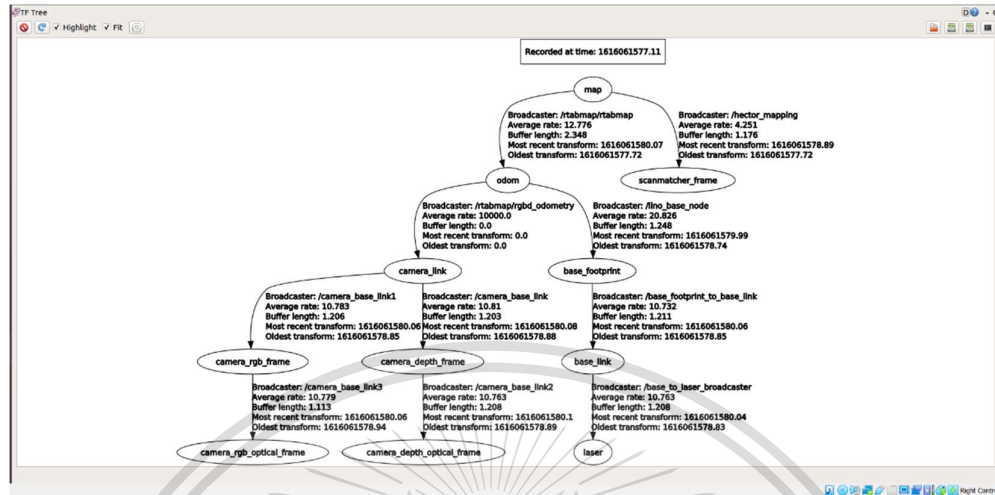
รูปที่ 3.22 การติดตั้ง Firmware ลงบอร์ดควบคุมฐานหุ่นยนต์ Maple Mini STM32F103CBT6

ในส่วนของการแก้ไขชุดคำสั่งในการเชื่อมต่อของโครงสร้าง TF ของทั้งสองอุปกรณ์ให้สามารถทำงานร่วมกับโอโดเมทริกจากหุ่นยนต์ ได้ทำการแก้ไขชุดคำสั่งบางคำสั่งใน launch file ของแพ็คเกจ heter\_slam metapackage เพื่อให้สามารถแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติได้ โดยได้ทำการเข้าไปยังตำแหน่งที่ตั้งของ launch file แล้วทำการแก้ไขในส่วนของการ mapping\_default.launch โดยทำการแก้ไขหัวข้อในส่วนของโอโดเมทริกจาก base\_link เป็น odom เพื่อนำค่าโอโดเมทริกที่เผยแพร่ออกมาจากส่วนของการเข้ารหัสมอเตอร์ล้อหุ่นยนต์มาเป็นข้อมูลอ้างอิงในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์โดยโครงสร้างการทำงาน TF โดยรวมในการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot แสดงได้ดังรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.23 โครงสร้างการทำงาน TF โดยรวมในการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับปริญญาโท มีดังนี้

RPLidar A1M8	1 ชุด
Microsoft Kinect	1 ชุด
Raspberry Pi 4 Model B	1 ชุด
UART-to-USB module	1 ชุด
MicroUSB-to-USB cable	1 ชุด
SanDisk Ultra microSDHC UHS-I Card 32 GB	1 ชุด
จอแสดงผล	1 ชุด
Maple Mini STM32F103CBT6	1 ชุด
Monster Moto Shield VNH2SP30	1 ชุด
MPU 9250	1 ชุด
5V step down	1 ชุด
12V DC motor gear with AB encoder	2 ชุด
INR18650-30Q (15A) Samsung 3000mAh 3.7V lithium-ion	3 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.2.1 RPLidar A1M8

RPLidar A1M8 เป็นอุปกรณ์ไลดาร์สแกนเนอร์สองมิติราคาประหยัดที่พัฒนาโดย SLAMTEC ตัวอุปกรณ์สามารถทำการสแกนได้ 360 องศาภายในช่วงระยะ 12 เมตร ความถี่ในการสแกนของ RPLidar A1M8 มีค่าได้ 5.5 เฮิร์ตซ์เมื่อทำการสแกนตัวอย่าง 360 จุดต่อรอบและสามารถทำการปรับค่าได้มากที่สุดถึง 10 เฮิร์ตซ์ ระบบทำการวัดข้อมูลระยะทางมากกว่า 2000 ครั้งต่อวินาที และมีเอาต์พุตระยะทางความละเอียดสูง RPLidar A1M8 จะปล่อยสัญญาณเลเซอร์อินฟราเรดที่ผ่านการมอดูเลตจากนั้นสัญญาณเลเซอร์จะสะท้อนโดยวัตถุที่จะตรวจจับ สัญญาณที่ส่งคืนจะถูกสุ่มตัวอย่างโดยระบบการมองเห็นใน RPLidar A1M8 และ DSP ที่ฝังอยู่ใน RPLidar A1M8 จะเริ่มประมวลผลข้อมูลตัวอย่างและค่าระยะทางเอาต์พุตและค่ามุมระหว่างวัตถุและ RPLidar A1M8 [18] โดย RPLidar A1M8 แสดงได้ดังรูปที่ 3.24 ประสิทธิภาพในการวัดของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 แสดงได้ดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.24 RPLidar A1M8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประสิทธิภาพในการวัดของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 แสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพในการวัดของอุปกรณ์ RPLidar A1M8

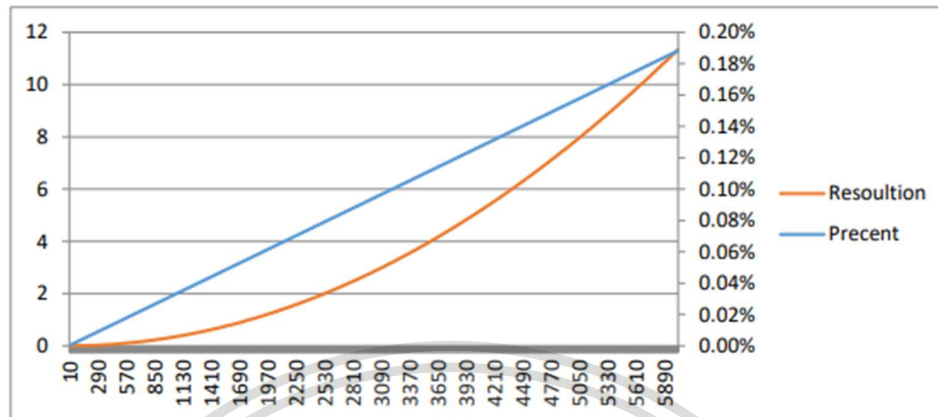
Item	Unit	Min	Typical	Max	White objects
Distance Range	Meter(m)	TBD	0.15 - 12	TBD	
Angular Range	Degree	n/a	0 - 360	n/a	
Distance Resolution	mm	n/a	<0.5 <1% of the distance	n/a	<1.5meters All distance range
Angular Resolution	Degree	n/a	<=1	n/a	
Sample Duration	Millisecond(ms)	n/a	0.5	n/a	
Sample Frequency	Hz	n/a	>=2000	2010	
Scan Rate	Hz	1	5.5	10	Typical value is measured when RPLIDAR A1 takes 360 samples per scan

ความละเอียดของระบบช่วงสามเหลี่ยมของอุปกรณ์เปลี่ยนไปตามระยะทางและการเปลี่ยนแปลงความละเอียดตามทฤษฎีของอุปกรณ์ RPLIDAR A1M8 แสดงดังรูปที่ 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.25 การเปลี่ยนแปลงความละเอียดตามทฤษฎีของอุปกรณ์ RPLIDAR A1M8

### 3.2.2 Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi คือ ชุดคอมพิวเตอร์บอร์ดเดี่ยวขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นโดยมูลนิธิ Raspberry Pi ปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายพื้นที่เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและพกพาได้ง่ายโดยตัวอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อระบบเข้ากับเครือข่ายแบบใช้สายหรือไร้สายได้ [19] ในปริญญาโทฉบับนี้ได้ใช้บอร์ด Raspberry Pi 4 Model B ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ [20]

- Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
- 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
- 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet
- 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports.
- Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)
- 2 x micro-HDMI ports (up to 4kp60 supported)
- 2-lane MIPI DSI display port
- 2-lane MIPI CSI camera port
- 4-pole stereo audio and composite video port

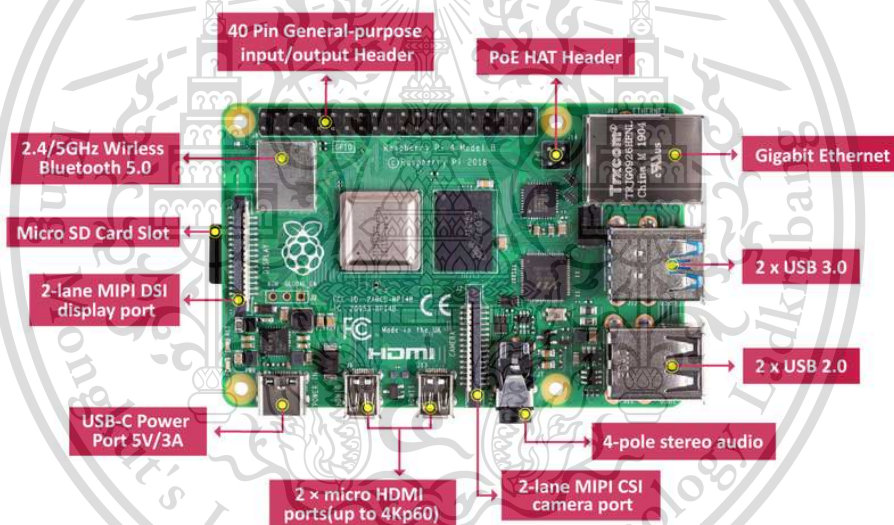
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode)
- OpenGL ES 3.0 graphics
- Micro-SD card slot for loading operating system and data storage
- 5V DC via USB-C connector (minimum 3A\*)
- 5V DC via GPIO header (minimum 3A\*)
- Power over Ethernet (PoE) enabled (requires separate PoE HAT)
- Operating temperature: 0 – 50 degrees C ambient

ตัวบอร์ดของ Raspberry Pi 4 Model B มีส่วนประกอบแสดงดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ส่วนประกอบของบอร์ดของ Raspberry Pi 4 Model B

### 3.2.3 Microsoft Kinect

Microsoft Kinect เป็นอุปกรณ์เสริมของเครื่องเล่นเกม Xbox 360 โดยใช้เทคโนโลยีที่วิจัยและพัฒนาพร้อมกับ PrimeSensor เป็นตัวขับเคลื่อน ภายใน Microsoft Kinect ประกอบด้วยอุปกรณ์ฉายแสงอินฟราเรด (Infrared) กล้องวัดความลึกของภาพ (Depth Camera) กล้องวิดีโอ (Video Camera) ไมโครโฟน และเซนเซอร์ (Sensor) ประมวลผล การทำงานของอุปกรณ์เริ่มจากการฉายแสงอินฟราเรดออกมา แสงที่ถูกฉายออกมาจะมีลักษณะเป็นจุดๆ ตามแนวตั้ง 480 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แนวนอน 640 จุด แต่ละจุดห่างกัน 3 มิลลิเมตร โดยจะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หลังจากนั้น กล้องวัดความลึกจะรับภาพระดับความสว่างของแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบลงบนวัตถุ ส่งไปให้ เซนเซอร์เพื่อทำการวัดความลึกตามแนวแกน Z ทำให้สามารถจำลองสภาพแวดล้อมเป็นสามมิติได้ หากความสว่างมีมากแสดงว่าวัตถุอยู่น้อยใกล้กับตัวอุปกรณ์ แต่ในทางตรงกันข้ามหากมีความสว่างน้อยลงแสดงว่าวัตถุอยู่น้อยไกลออกไปจากตัวอุปกรณ์ [21] โดยตัวอุปกรณ์ Microsoft Kinect แสดงได้ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 อุปกรณ์ Microsoft Kinect

ในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์ Microsoft Kinect จะแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ Microsoft Kinect

Property	Spec
Field of View (Horizontal, Vertical, Diagonal)	58° H, 45° V, 70° D
Depth image size	VGA (640×480)
Spatial x/y resolution (2m distance from sensor)	3mm
Depth z resolution (2m distance from sensor)	1cm
Maximum image throughput (frame rate)	60fps
Operation range	0.8m – 3.5m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ Microsoft Kinect (ต่อ)

Property	Spec
Color image size	UXGA (1600×1200)
Audio: built-in microphones	Two microphones
Audio: digital inputs	Four inputs
Data interface	USB 2.0
Power supply	USB 2.0
Power consumption	2.25W
Dimensions (Width x Height x Depth)	14cm x 3.5cm x 5cm
Operation environment (every lighting condition)	Indoor
Operating temperature	0°C – 40°C

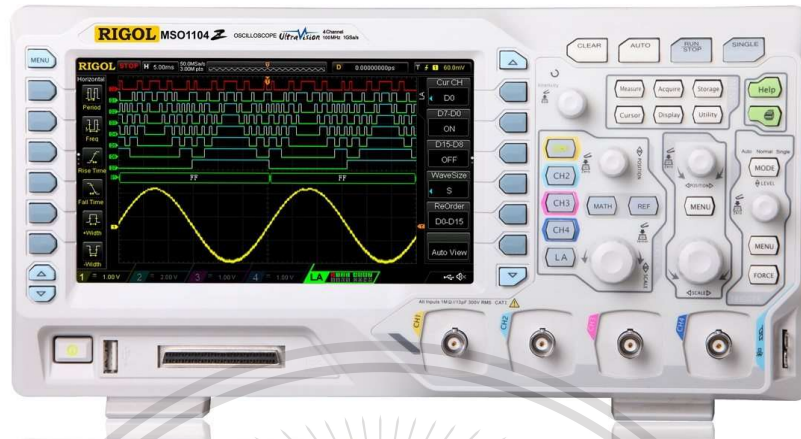
### 3.2.4 ออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือที่แสดงแรงดันสัญญาณที่แตกต่างกันโดยปกติจะเป็นการพล็อตกราฟสองมิติที่นำมาเปรียบเทียบกันของสัญญาณหนึ่งสัญญาณขึ้นไปตามฟังก์ชันของเวลา ใช้หลักการในการเบี่ยงเบนไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย แคโทด ที่ปลายข้างหนึ่งเพื่อยิงอิเล็กตรอนไปยังแอนโนด ที่ปลายอีกข้างหนึ่ง ตัวอุปกรณ์ออสซิลโลสโคปแสดงได้ดังรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

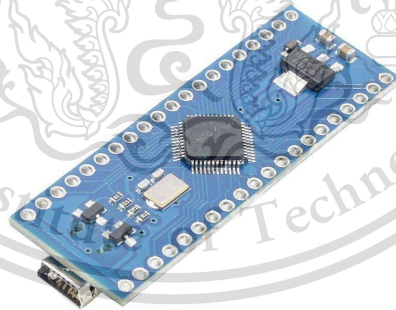
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.28 ออสซิลโลสโคป

### 3.2.5 Maple Mini STM32F103CBT6

บอร์ด Maple Mini STM32F103CBT6 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 - ARM CortexM 32-bit หรือ STM32 Development Board คือ บอร์ดทดลองที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยประมวลผล ARM® Cortex®-M processor 32-bit ผลิตโดยบริษัท STMicroelectronics โดยไลน์การผลิตออกมาหลากหลายรุ่นให้เลือกใช้ตามลักษณะการใช้งาน [EX1] บอร์ด Maple Mini STM32F103CBT6 แสดงได้ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 บอร์ด Maple Mini STM32F103CBT6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 3.2.6 Monster Moto Shield VNH2SP30

บอร์ด Monster Moto Shield VNH2SP30 เป็นบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

Voltage max: 16V

Maximum current rating: 30 A

Practical Continuous Current: 14 A

Current sensing available analog pin

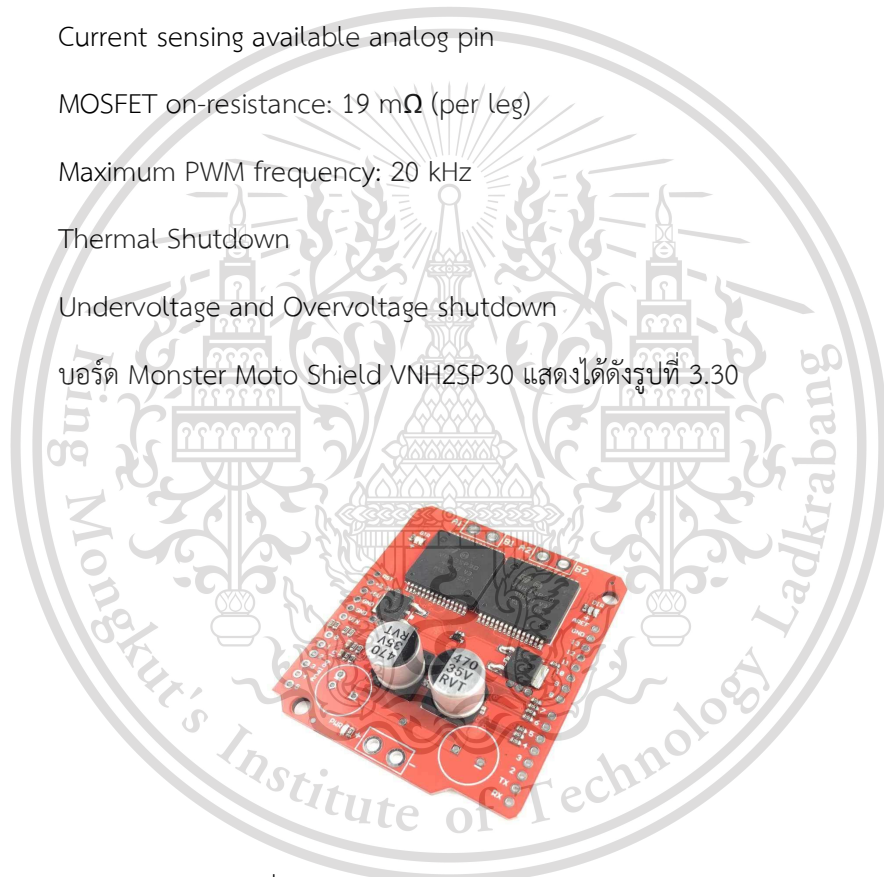
MOSFET on-resistance: 19 mΩ (per leg)

Maximum PWM frequency: 20 kHz

Thermal Shutdown

Undervoltage and Overvoltage shutdown

บอร์ด Monster Moto Shield VNH2SP30 แสดงได้ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 Monster Moto Shield VNH2SP30

### 3.2.7 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน

แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Lithium-Ion Battery) หรือ “Li-Ion” เป็นแบตเตอรี่คุณภาพสูงที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือใช้ซ้ำได้ โดยคุณสมบัติหลักของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน คือ การจ่ายไฟที่แรง และคงที่อยู่ตลอดเวลา แม้ไฟในแบตเตอรี่ใกล้จะหมด อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เยี่ยมไอออน ในระยะที่เต็มประสิทธิภาพ จะอยู่ระหว่าง 1.0-1.5 ปี ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้งานว่ามากหรือน้อย รวมไปถึงการดูแลรักษา และหลังจากนั้นก็เสื่อมลง แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ใช้ในปริณยานิพนธ์นี้คือ INR18650-30Q (15A) Samsung 3000mAh 3.7V lithium-ion แสดงได้ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 INR18650-30Q (15A) Samsung 3000mAh 3.7V lithium-ion

### 3.2.5 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล

#### 3.2.5.1 Rviz

Rviz ย่อมาจาก ROS visualization เป็นเครื่องมือสร้างภาพสามมิติที่มีประสิทธิภาพสำหรับระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ โปรแกรมนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลเซ็นเซอร์จากเซ็นเซอร์ของหุ่นยนต์และเล่นซ้ำข้อมูลเซ็นเซอร์ที่บันทึกไว้ ด้วยการแสดงภาพสิ่งที่หุ่นยนต์กำลังมองเห็นและกำลังทำอยู่

#### 3.2.5.2 RTAB-Map

RTAB-Map (Real-Time Appearance-Based Mapping) เป็นวิธี RGB-D Graph SLAM ที่ใช้เครื่องตรวจจับการปิดแบบ Bayesian loop สากล เครื่องตรวจจับการปิดแบบวนซ้ำที่ใช้ในโปรแกรมนี้จะใช้วิธีการบรรจุมุมเพื่อกำหนดว่าภาพใหม่จะมาจากตำแหน่งเดิมหรือตำแหน่งใหม่ เมื่อสมมติฐานการปิดแบบวนซ้ำถูกยอมรับ ข้อจำกัดใหม่จะถูกเพิ่มลงในกราฟของแผนที่จากนั้นเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพกราฟจะลดข้อผิดพลาดในแผนที่ ภายในโปรแกรมจะใช้วิธีการจัดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน่วยความจำเพื่อจำกัดจำนวนตำแหน่งที่ใช้สำหรับการตรวจจับการปิดลูป (loop closure detection) และปรับกราฟให้เหมาะสมเพื่อให้คำนึงถึงข้อจำกัดแบบเรียลไทม์ในสภาพแวดล้อมขนาดใหญ่เสมอ [22]

### 3.2.5.3 อุบุนตุ

Ubuntu หรือ อุบุนตุเป็นระบบปฏิบัติการที่สร้างขึ้นจากสถาปัตยกรรมและโครงสร้างพื้นฐานของ Debian และประกอบด้วยเซิร์ฟเวอร์ Linux, เดสก์ทอปและเวอร์ชันระบบปฏิบัติการ โทรศัพท์และแท็บเล็ตที่เลิกใช้แล้ว ในส่วนของการนำเอาซอฟต์แวร์ที่มีลิขสิทธิ์มาใช้อุบุนตุได้รับการเป็นเจ้าของซอฟต์แวร์ที่ทำงานได้ในระบบปฏิบัติการอุบุนตุ อุบุนตุจะแบ่งซอฟต์แวร์ส่วนใหญ่ออกเป็นสี่โดเมน เพื่อสะท้อนความแตกต่างในการออกใบอนุญาตและระดับการสนับสนุนที่มีให้ ส่วนแอปพลิเคชันที่ไม่รองรับบางตัวจะได้รับการอัปเดตจากสมาชิกในชุมชน [23] โดเมนซอฟต์แวร์ของอุบุนตุแสดงได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 โดเมนซอฟต์แวร์ของอุบุนตุ

	Free software	Non-free software
Canonical supported software domains	Main	Restricted
Unsupported	Universe	Multiverse

ซอฟต์แวร์ฟรีประกอบด้วยซอฟต์แวร์ที่ตรงตามข้อกำหนดการออกใบอนุญาตของอุบุนตุซึ่งสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ซอฟต์แวร์ฟรีของเดเบียน (Debian) อย่างไรก็ตามยังมีข้อยกเว้นรวมถึงเฟิร์มแวร์ในหมวดหมู่หลักเนื่องจากเฟิร์มแวร์บางตัวอาจจะไม่ได้รับอนุญาตให้มีการแก้ไขแต่ก็ยังมีข้อยกเว้นบางประการ (Restricted) สำหรับซอฟต์แวร์ที่ไม่ฟรีที่สำคัญ ซอฟต์แวร์ที่ไม่ฟรีรวมถึงไดรเวอร์ของอุปกรณ์ที่สามารถใช้เพื่อเรียกใช้ระบบปฏิบัติการอุบุนตุบนฮาร์ดแวร์บางตัวนั้นได้รับการรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อูบุนตุจะทำการออกรุ่นใหม่ทุก 6 เดือน และออกรุ่นใหม่ทุก 2 ปี สำหรับรุ่น LTS (long-term support) และมีระยะเวลาในการสนับสนุนเป็นเวลา 9 เดือนในรุ่นไม่ใช่ LTS รุ่นที่ปล่อยออกมาของอูบุนตุแสดงได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รุ่นที่ปล่อยออกมาของอูบุนตุ

Version	Code name	Release Date
14.04 LTS	Trusty Tahr	4/17/2014
16.04 LTS	Xenial Xerus	4/21/2016
18.04 LTS	Bionic Beaver	4/26/2018
20.04 LTS	Focal Fossa	4/23/2020
20.10	Groovy Gorilla	10/22/2020

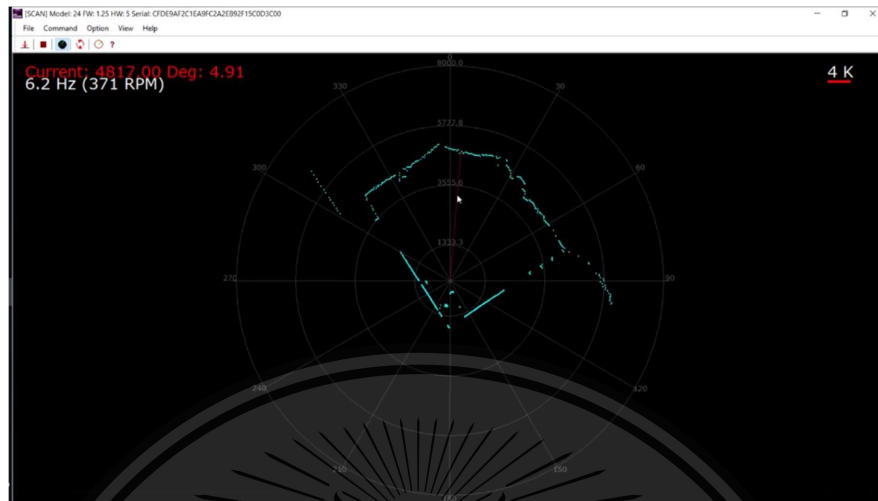
#### 3.2.5.4 ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์

“SDK” (Software Development Kit) หรือ ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์เป็นเครื่องมือที่เอาไว้สำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการที่ไม่มีค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังมีชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อรองรับการทำงานของอุปกรณ์เสริมที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์แสดงได้ดังรูปที่ 3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.32 ชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

### 3.2.5.5 Arduino IDE

Arduino IDE คือซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนางานสำหรับบอร์ด Arduino เราสามารถใช้ IDE ในการเขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดได้โดยจะสามารถเขียนโปรแกรมได้ด้วยภาษา C/C++ และภายใน IDE จะมีเครื่องมือที่จะเป็นสำหรับติดต่อ Arduino เช่น การค้นหาบอร์ด Arduino ที่เชื่อมต่ออยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino ที่เชื่อมต่ออยู่เพื่อนตรวจสอบว่าขนาดของโปรแกรมที่เขียน หรือโรบรารีต่างๆรองรับกับบอร์ด Arduino รุ่นนั้นๆไหม [24]

## 3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

การจัดเก็บผลการทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. การจัดเก็บผลการทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8
2. การจัดเก็บผลการทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยอุปกรณ์ Microsoft Kinect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. การจัดเก็บผลการทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect

4. การจัดเก็บผลการทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect ที่ติดตั้งบน Linorobot



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

ผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ โดยแบ่งการจัดเก็บผลออกเป็นส่วน ๆ ดังต่อไปนี้

#### 4.1 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8

4.1.1 การทดสอบการรับข้อมูลพิกัดจากอุปกรณ์ RPLidar A1M8 มาแสดงผลบน Rviz ผ่านหน้าจอแสดงผล

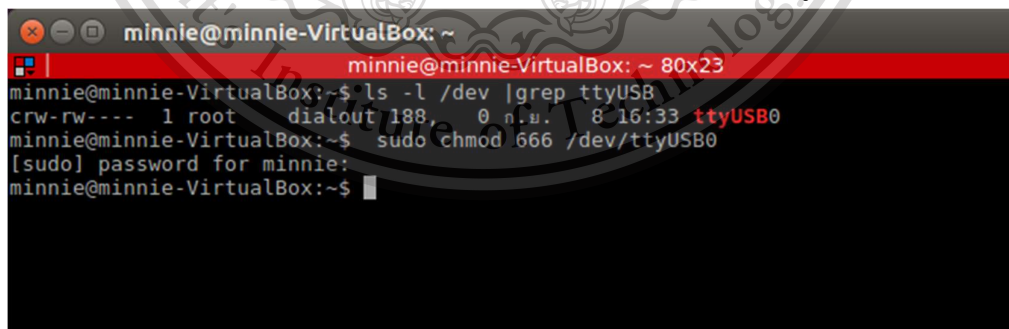
จากการออกแบบในหัวข้อ 3.1.1 ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ RPLidar A1M8 เข้ากับบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B จากนั้นทำการป้อนคำสั่งในการตรวจสอบพอร์ตการเชื่อมต่อและยืนยันพอร์ตที่เชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์ ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ ls -l /dev |grep ttyUSB
```

คำสั่งนี้เป็นการตรวจสอบสถานะการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 กับบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B โดยจะสั่งให้แสดงพอร์ตทั้งหมดที่มีชื่อ ttyUSB ถ้าตัวอุปกรณ์มีการเชื่อมต่อเข้ากับพอร์ตแล้วจะแสดงสถานะการเชื่อมต่อออกมา แล้วจะต้องทำการยืนยันพอร์ตของอุปกรณ์เพื่อใช้งานอุปกรณ์ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
$ sudo chmod 666 /dev/ttyUSB0
```

คำสั่งนี้จะเป็นการยืนยันพอร์ตของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 เพื่อใช้งานอุปกรณ์ โดยการแสดงผลในการกำหนดพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อกับ RPLidar A1M8 แสดงได้ดังรูปที่ 4.1



```
minnie@minnie-VirtualBox: ~  
minnie@minnie-VirtualBox: ~ 80x23  
minnie@minnie-VirtualBox:~$ ls -l /dev |grep ttyUSB  
crw-rw---- 1 root dialout 188, 0 n.ย. 8 16:33 ttyUSB0  
minnie@minnie-VirtualBox:~$ sudo chmod 666 /dev/ttyUSB0  
[sudo] password for minnie:  
minnie@minnie-VirtualBox:~$
```

รูปที่ 4.1 การกำหนดพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อกับ RPLidar A1M8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นการระบุพอร์ต USB ที่ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ โดยระบุพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่ออยู่คือพอร์ต ttyUSB0

หลังจากทำการกำหนดพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อกับ RPLidar A1M8 ทำการทดลองใช้งานอุปกรณ์ด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์แสดงผลผ่าน Rviz โดยชุดคำสั่งที่เรียกใช้แพ็คเกจของตัวอุปกรณ์ ทำการทดลองด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ roscore
```

คำสั่งนี้เป็นคำสั่งที่จะทำให้โหนดแต่ละตัวในระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์สามารถสื่อสารกันได้ หลังจากนั้นทำการเปิดหน้าต่าง terminal ใหม่ขึ้นมาแล้วใช้ชุดคำสั่งต่อไปนี้

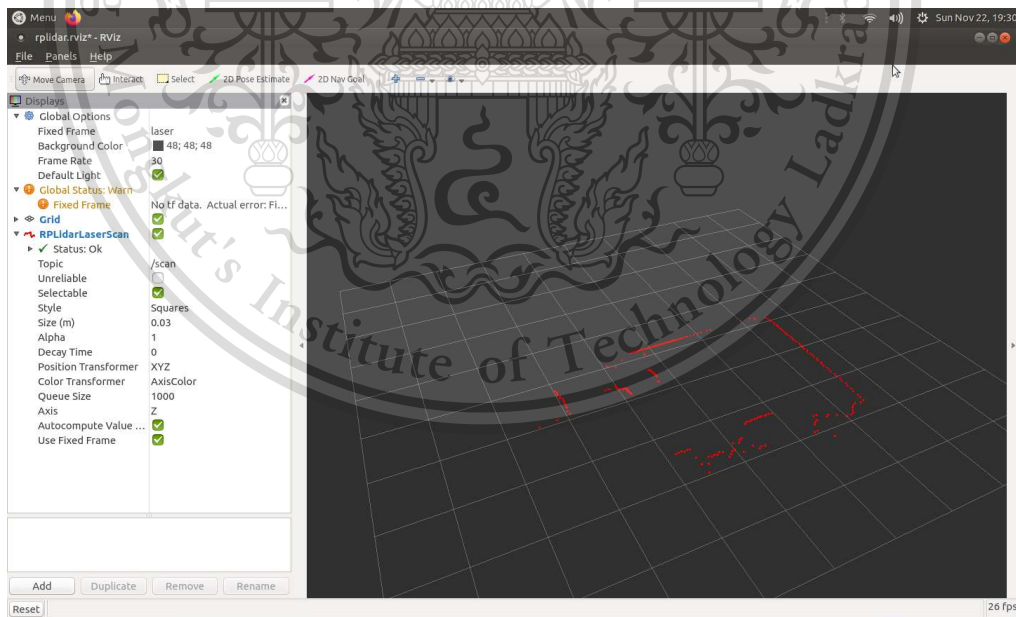
```
$ cd catkin_ws
```

```
$ catkin_make
```

```
$ source devel/setup.bash
```

```
$ roslaunch rplidar_ros view_rplidar.launch
```

ชุดคำสั่งข้างต้นเป็นการเรียกใช้พื้นที่งานและสั่งใช้งานแพ็คเกจและ launch file ของตัวอุปกรณ์ให้แสดงผลการทดลองใช้งานอุปกรณ์ RPLidar A1M8 ด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์แสดงผลผ่าน Rviz การแสดงผลแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การทดลองใช้งานอุปกรณ์ RPLidar A1M8 ด้วยระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์แสดงผลผ่าน Rviz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ RPLidar A1M8 และรับข้อมูลพิกัดจากเซนเซอร์ของตัวอุปกรณ์เพื่อนำมาแสดงผลบนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ผ่าน Rviz ซึ่งจุดสีแดงที่แสดงผลออกมาคือพิกัดตำแหน่งโดยรอบที่ตัวอุปกรณ์สามารถวัดได้

ทำการตรวจสอบหัวข้อของการทดลองที่ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ที่การเผยแพร่ออกมาด้วยคำสั่ง

```
$ rostopic list
```

คำสั่งนี้จะทำการแสดงหัวข้อทั้งหมดที่ระบบทำการเผยแพร่ออกมาในขณะนั้นจากนั้นทำการเรียกใช้งานหัวข้อ /scan เพื่อดูค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดได้จากเซนเซอร์ของอุปกรณ์ ด้วยชุดคำสั่ง

```
$ rostopic echo /scan
```

คำสั่งนี้จะเป็นการเรียกใช้หัวข้อ /scan และให้แสดงผลออกมา การแสดงผลแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

```
minnie@minnie-VirtualBox: ~ - 115x29
seq: 1508
stamp:
secs: 1599460359
nsecs: 466807619
frame_id: "laser"
angle_min: -3.12413907051
angle_max: 3.14159274101
angle_increment: 0.0174532923847
time_increment: 0.000391694255
scan_time: 0.140591368079
range_min: 0.15000000596
range_max: 12.0
ranges: [0.532999923706055, 0.5320000052452087, 0.5249999761581421, 0.5220000147819519, 0.5350000262260437, inf, 0.9539999961855027, 0.953000009859906, 0.9520000219345093, 0.949999988079071, 0.9549999833106995, 0.9549999833106995, 0.9559999704360962, 0.9580000042915344, 0.9629999995231628, 0.9620000123977661, 0.9610000252723694, 0.968999981880188, 0.972000002851023, 0.9739999771118164, 0.9789999723434448, 0.9819999933242798, 0.9869999885559082, 0.99000000095367432, 0.9950000047683716, 1.0019999742507935, 1.0099999904632568, 1.0160000324249268, 1.0210000276565552, 1.032999923706055, 1.0360000133514404, 1.0460000038146973, 1.0499999523162842, 1.062999963760276, 1.0679999589920044, 1.0800000429153442, 1.0859999656677246, 1.1030000448226299, 1.1150000095367432, 1.121999979019165, 1.138000011444091, 1.1460000276565552, 1.1670000553131104, 1.1759999990463257, 1.1950000524520874, 1.2039999961853027, 1.23099999465942383, 1.253999948501587, 1.2690000534057617, 0.7549999952316284, 0.75, 0.753000020980835, inf, 0.7459999918937683, 0.7419999837875366, 0.7400000095367432, 0.7390000224113464, 0.7390000224113464, 0.7379999956813049, 0.7379999956813049, inf, 0.7329999804496765, 0.7329999804496765, 0.7279999852180481, 0.7300000190734863, 0.734000027179718, 0.7390000224113464, 0.7409999966621399, 0.7400000095367432, 0.7419999837875366, 0.7490000128746033, 0.7480000257492065, 0.7900000214576721, 0.787000004768372, 0.7820000052452087, 0.776000022881836, 0.776000022881836, 0.7730000019073486, 0.7720000147819519, 0.7720000147819519, 0.7710000276565552, 0.7720000147819519, 0.7720000147819519, 0.7739999890327454, 0.7770000100135803, 1.3459999561309814, 1.340999960899353, inf, inf, 1.4670000076293945, inf, 3.5, inf, 1.3450000286102295, 0.9350000023841858, 0.9169999957084656, 0.9129999876022339, 0.9290000200271606, 0.9210000038146973, 0.7329999804496765, 0.7289999723434448, 0.72000002861023, 0.7210000157356262, 0.722999989864197, 0.7360000001
```

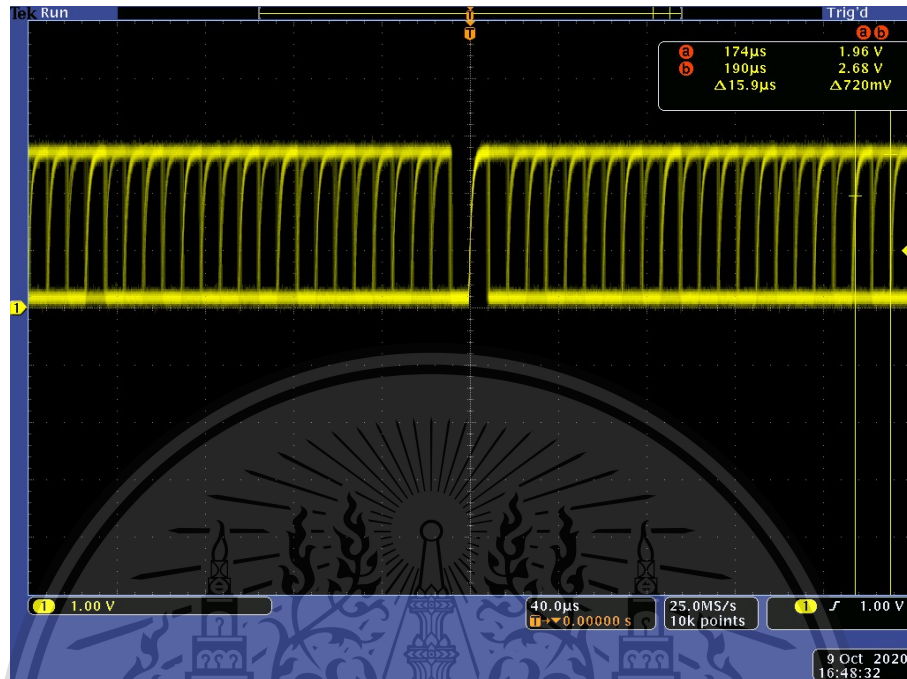
รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่ได้จากการสแกนของ RPLidar A1M8 (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.





รูปที่ 4.5 สัญญาณของข้อมูลที่ถูกส่งออกจากอุปกรณ์ RPLidar A18 วัดโดยออสซิลโลสโคป

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณของข้อมูลที่วัดได้ถูกส่งออกมาจากอุปกรณ์อย่างต่อเนื่องทำให้ไม่สามารถที่จะทำการวัดข้อมูล 2 ชุดที่ส่งออกมาติดกันโดยออสซิลโลสโคปที่ใช้ได้ เนื่องจากระยะเวลาในการส่งข้อมูลแต่ละชุดมีระยะที่สั้นมาก

เมื่อทำการวัดสัญญาณของข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากอุปกรณ์ในระยะทางที่ต่างกันเพื่อนำมาเปรียบเทียบโดยทำการกำหนดระยะทางคือ 0.3 เมตรและ 0.6 เมตรดังรูปที่ 4.6 และ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ตารางที่ 4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 0.3 เมตร  
(ต่อ)

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
0.331	10.3333
0.330	10.0000
0.330	10.0000
0.329	9.6667
0.329	9.6667
0.328	9.3333
0.327	9.0000
0.327	9.0000
0.326	8.6667
0.325	8.3333
0.324	8.0000
0.323	7.6667
0.322	7.3333
0.321	7.0000
0.321	7.0000
0.320	6.6667
0.320	6.6667
0.320	6.6667
0.321	7.0000
0.321	7.0000
0.321	7.0000
0.324	8.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 0.3 เมตร  
(ต่อ)

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
0.325	8.3333
0.327	9.0000
0.332	10.6667
ค่าเฉลี่ย	
0.3261	8.7000

ตารางที่ 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 0.6 เมตร

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
0.628	4.6667
0.626	4.3333
0.624	4.0000
0.619	3.1667
0.618	3.0000
0.615	2.5000
0.609	1.5000
0.609	1.5000
0.606	1.0000
0.603	0.5000
0.604	0.6667
0.605	0.8333
0.608	1.3333
0.609	1.5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 0.6 เมตร  
(ต่อ)

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
0.610	1.6667
0.610	1.6667
0.610	1.6667
0.611	1.8333
0.610	1.6667
0.606	1.0000
0.605	0.8333
0.600	0.0000
0.596	0.6667
0.595	0.8333
0.594	1.0000
0.597	0.5000
0.597	0.5000
0.600	0.0000
0.601	0.1667
0.604	0.6667
	ค่าเฉลี่ย
0.6076	1.5056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 1.5 เมตร

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
1.539	2.6000
1.539	2.6000
1.538	2.5333
1.537	2.4667
1.537	2.4667
1.536	2.4000
1.535	2.3333
1.534	2.2667
1.533	2.2000
1.532	2.1333
1.531	2.0667
1.531	2.0667
1.530	2.0000
1.530	2.0000
1.530	2.0000
1.530	2.0000
1.530	2.0000
1.529	1.9333
1.529	1.9333
1.530	2.0000
1.532	2.1333
1.534	2.2667
1.533	2.2000
1.534	2.2667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 1.5 เมตร  
(ต่อ)

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
1.534	2.2667
1.533	2.2000
1.532	2.1333
1.530	2.0000
1.527	1.8000
1.527	1.8000
1.526	1.7333
	ค่าเฉลี่ย
1.5324	2.1600

ตารางที่ 4.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 3 เมตร

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
3.004	0.1333
3.001	0.0333
3.002	0.0667
3.002	0.0667
3.000	0.0000
2.997	0.1000
2.997	0.1000
2.994	0.2000
2.995	0.1667
2.996	0.1333

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 3 เมตร  
(ต่อ)

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
2.996	0.1333
2.997	0.1000
3.000	0.0000
3.005	0.1667
3.004	0.1333
3.003	0.1000
3.006	0.2000
3.015	0.5000
3.017	0.5667
3.017	0.5667
3.023	0.7667
3.026	0.8667
3.028	0.9333
3.024	0.8000
3.017	0.5667
3.016	0.5333
3.014	0.4667
3.013	0.4333
3.011	0.3667
3.000	0.0000
ค่าเฉลี่ย	
3.0073	0.3067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.5 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 4.5 เมตร

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
4.527	0.6000
4.527	0.6000
4.526	0.5778
4.525	0.5556
4.525	0.5556
4.524	0.5333
4.525	0.5556
4.525	0.5556
4.526	0.5778
4.527	0.6000
4.527	0.6000
4.528	0.6222
4.530	0.6667
4.531	0.6889
4.530	0.6667
4.531	0.6889
4.531	0.6889
4.531	0.689
4.530	0.6667
4.528	0.6222
4.529	0.6444
4.528	0.6222
4.527	0.6000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.5 ค่าความคลาดเคลื่อนของระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่วัดที่ระยะทาง 4.5 เมตร  
(ต่อ)

ค่าที่วัดได้ (เมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่กำหนด (ร้อยละ)
4.526	0.5778
4.525	0.5556
4.527	0.6000
4.526	0.5778
4.525	0.5556
4.524	0.5333
4.523	0.5111
ค่าเฉลี่ย	
4.5271	0.6030

4.1.3 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8 แสดงผลบน Rviz ผ่านหน้าจอแสดงผล

ทำการทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วยอุปกรณ์ RPLidar A1M8 โดยการเรียกใช้แพ็คเกจ hector\_slam metapackage ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd catkin_ws
$ catkin_make
$ source devel/setup.bash
$ roslaunch rplidar_ros rplidar.launch
```

ชุดคำสั่งต่อไปนี้เป็นการใช้เรียกใช้แพ็คเกจ rplidar package บนพื้นที่งานเพื่อให้สามารถนำข้อมูลจากอุปกรณ์มาใช้ได้ จากนั้นทำการเปิดหน้าต่าง terminal ใหม่ขึ้นมาแล้วเรียกใช้ชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd catkin_ws
$ catkin_make
$ source devel/setup.bash
```

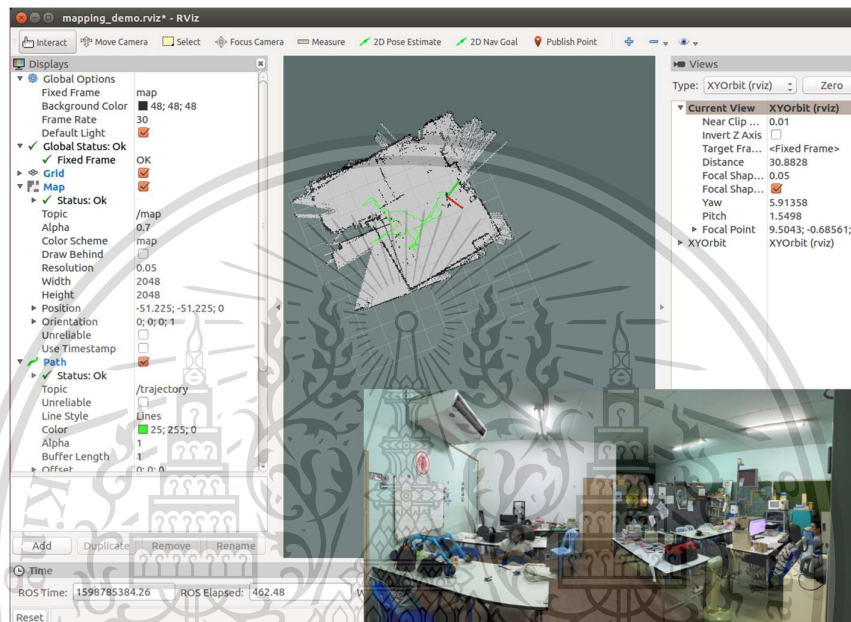
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

\$ roslaunch hector\_slam\_launch tutorial.launch

ชุดคำสั่งต่อไปนี้เป็นการเรียกใช้โหนดและ launch file ของแพ็คเกจ hector\_slam metapackage เพื่อให้สร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติและแสดงผลบน Rviz การแสดงผลแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



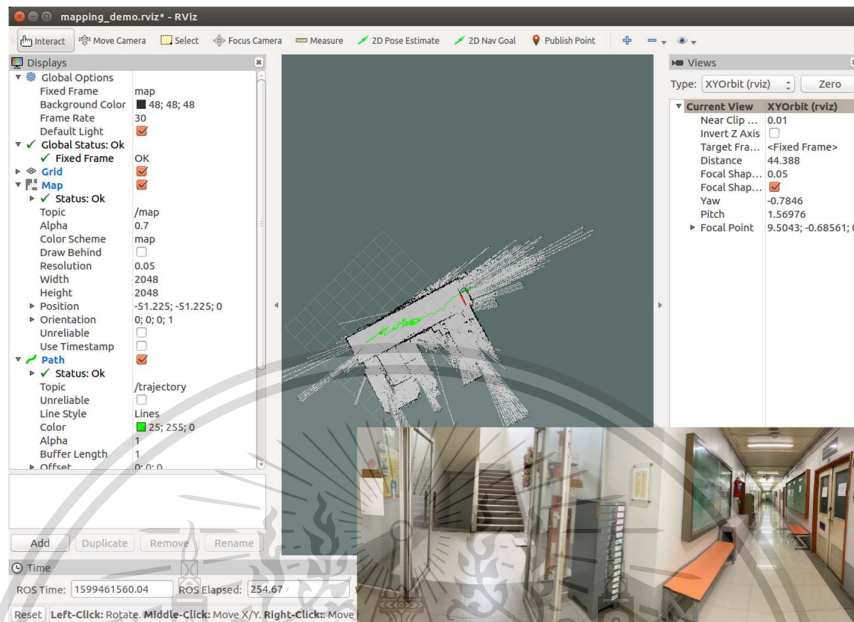
รูปที่ 4.8 การทดลองสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วย Hector SLAM แสดงผลผ่าน Rviz

(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.9 การทดลองสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วย Hector SLAM แสดงผลผ่าน Rviz

(2)

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 เป็นการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติภายในอาคารในเป็นการสร้างแผนที่จำลองโดยอ้างอิงพิกัดของตำแหน่งจากจุดที่เริ่มทำการสแกนจุดแรก ตำแหน่งของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 จะแสดงด้วยสัญลักษณ์ระนาบสีแดงและเขียว ส่วนเส้นทางที่ทำการเดินสำรวจเพื่อสร้างแผนที่จำลองจะแสดงด้วยเส้นสีเขียว

จากนั้นเมื่อทำการทดลองสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติในพื้นที่ที่แคบมากโดยทำการทดลองสแกนในกล่องขนาดเล็กหรือในพื้นที่เปิดโล่งที่มีระยะทางจากตัวอุปกรณ์ไปยังวัตถุมีค่ามากกว่า 12 เมตร พบว่าไม่สามารถที่จะสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติขึ้นมาได้ ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการสแกนในพื้นที่ที่จำกัดแสดงได้ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

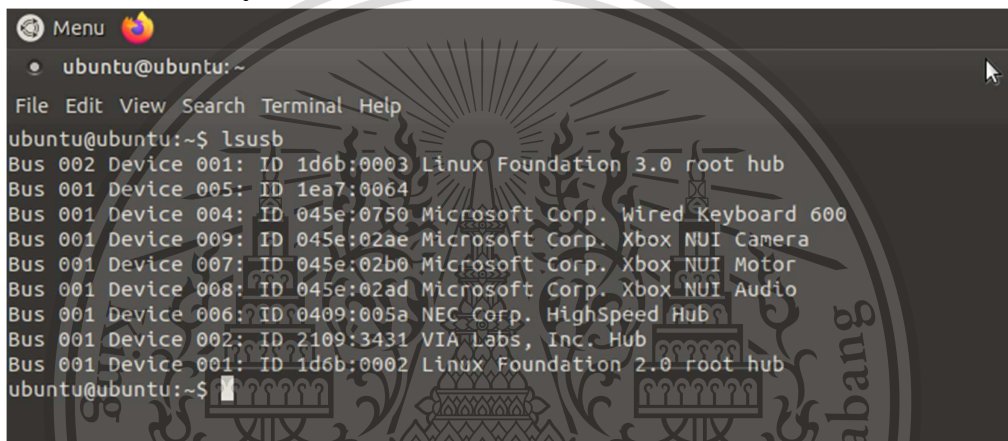


## 4.2 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติจากข้อมูลรูปภาพ RGB-D ด้วยอุปกรณ์ Microsoft Kinect

ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Microsoft Kinect และทำการเช็คการเชื่อมต่อของอุปกรณ์กับตัวบอร์ดด้วยการตรวจสอบอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออยู่กับ port USB ของบอร์ดด้วยคำสั่งต่อไปนี้

```
$ lsusb
```

คำสั่งนี้จะเป็นการตรวจสอบพอร์ตทั้งหมดของบอร์ด Raspberry Pi 4 Model 4 โดยจะได้ผลลัพธ์แสดงออกมาดังรูปที่ 4.12



```

Menu
ubuntu@ubuntu: ~
File Edit View Search Terminal Help
ubuntu@ubuntu:~$ lsusb
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0003 Linux Foundation 3.0 root hub
Bus 001 Device 005: ID 1ea7:0064
Bus 001 Device 004: ID 045e:0750 Microsoft Corp. Wired Keyboard 600
Bus 001 Device 009: ID 045e:02ae Microsoft Corp. Xbox NUI Camera
Bus 001 Device 007: ID 045e:02b0 Microsoft Corp. Xbox NUI Motor
Bus 001 Device 008: ID 045e:02ad Microsoft Corp. Xbox NUI Audio
Bus 001 Device 006: ID 0409:005a NEC Corp. HighSpeed Hub
Bus 001 Device 002: ID 2109:3431 VIA Labs, Inc. Hub
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
ubuntu@ubuntu:~$

```

รูปที่ 4.12 การตรวจสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Microsoft Kinect กับบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าตัวอุปกรณ์กับบอร์ดได้เชื่อมต่อกันแล้วจากนั้นทำการทดสอบว่ากล้องสามารถรับข้อมูลภาพ RGB-D ได้โดยแสดงผลผ่าน Rviz โดยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd catkin_ws
```

```
$ catkin_make
```

```
$ source devel/setup.bash
```

```
$ roslaunch freenect_launch freenect.launch depth_registration:=true
```

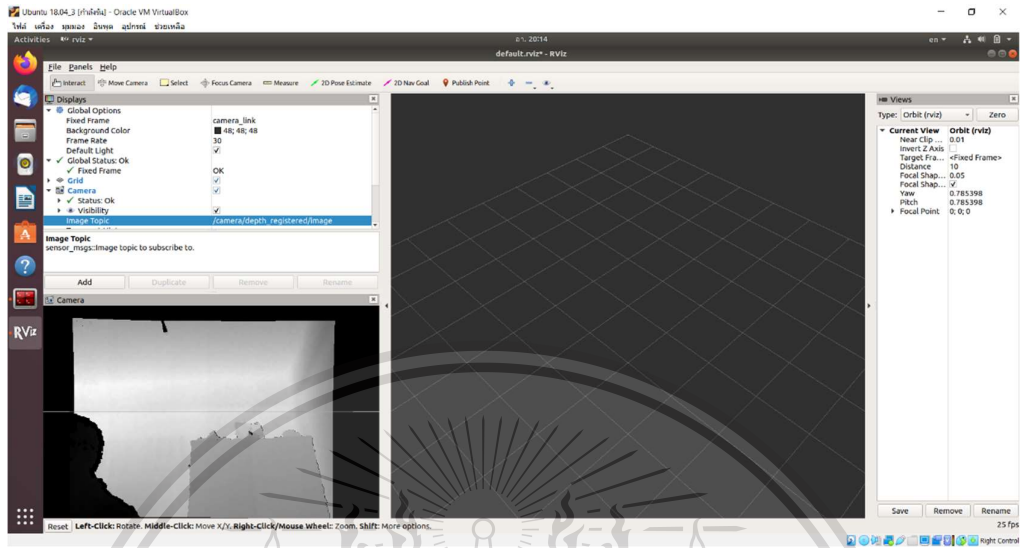
```
$ rviz
```

ชุดคำสั่งต่อไปนี้เป็นการเรียกใช้โหนดและ launch file จากแพ็คเกจ freenect\_stack package เพื่อรับข้อมูลรูปภาพ RGB-D จากอุปกรณ์และให้แสดงผลออกมาผ่าน Rviz โดยผลการทดสอบการรับข้อมูลภาพของอุปกรณ์แสดงผลผ่าน Rviz แสดงได้ดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบการรับข้อมูลภาพของอุปกรณ์ Microsoft Kinect แสดงผลผ่าน Rviz

จากรูปที่ 4.13 ในหน้าต่าง camera บน Rviz จะเห็นได้ว่ากล้องสามารถส่งข้อมูลภาพ RGB-D มายังบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B และแสดงผลออกมาในรูปแบบของรูปภาพความลึกได้ จากนั้นทำทดลองการสร้างรูปภาพจำลองในลักษณะสามมิติในรูปแบบของพอยต์คลาวด์ โดยใช้ชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd catkin_ws
$ catkin_make
$ source devel/setup.bash
$ roslaunch freenect_launch freenect.launch depth_registration:=true
data_skip:=2
```

ชุดคำสั่งต่อไปนี้เป็นการใช้งานโหนดจาก launch file จากแพ็คเกจบนพื้นที่งานและรับข้อมูลภาพ RGB-D จากอุปกรณ์เข้ามาโดยจะทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ data\_skip เป็น 2 จากนั้นเรียกใช้คำสั่งบนอีกหน้าต่าง terminal

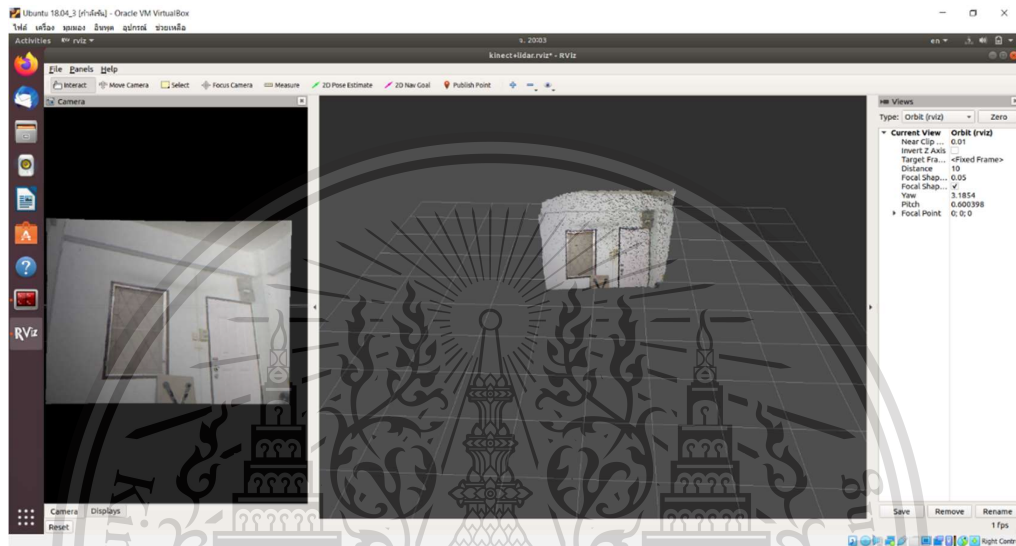
```
$ roslaunch rtabmap_ros rgbd_mapping.launch rtabmap_args:="--
delete_db_on_start --Vis/MaxFeatures 500 --Mem/ImagePreDecimation 2 --
Mem/ImagePostDecimation 2 --Kp/DetectorStrategy 6 --OdomF2M/MaxSize 1000 --
Odom/ImageDecimation 2" rtabmapviz:=false
$ rviz
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชุดคำสั่งข้างต้นเป็นการเรียกใช้แพ็คเกจ `rtabmap_ros` เพื่อสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติโดยใช้ข้อมูลภาพ RGB-D จากกล้องและเซนเซอร์ของอุปกรณ์และให้แสดงผลออกมาผ่าน Rviz โดยผลลัพธ์จากการทดลองสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D ด้วย Microsoft Kinect แสดงได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การทดลองสร้างรูปภาพจำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D ด้วย Microsoft Kinect

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าสามารถสร้างรูปภาพจำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D ขึ้นมาได้แต่ในการทดลองยังติดปัญหาที่ว่าตัวอุปกรณ์ Microsoft Kinect นั้นไม่มีโอโตเมทรีของตัวเองทำให้เมื่อทำการขยับตัวอุปกรณ์เพื่อสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติด้วยข้อมูลภาพ RGB-D นั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจากไม่มีการบันทึกตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูลรูปภาพไว้ด้วยโอโตเมทรีทำให้ภาพที่ได้เปลี่ยนไปตามภาพที่กล้องบนตัวอุปกรณ์มองเห็นและอยู่ที่ตำแหน่งเดิมตลอดเวลา

### 4.3 การทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect

ในส่วนนี้จะทำการดำเนินการหัวข้อที่ 4.1.3 และ 4.2 พร้อมกันเพื่อทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติของทั้งสองอุปกรณ์ร่วมกันโดยทำการตั้งค่าพารามิเตอร์แต่ละหัวข้อบน Rviz ดังต่อไปนี้

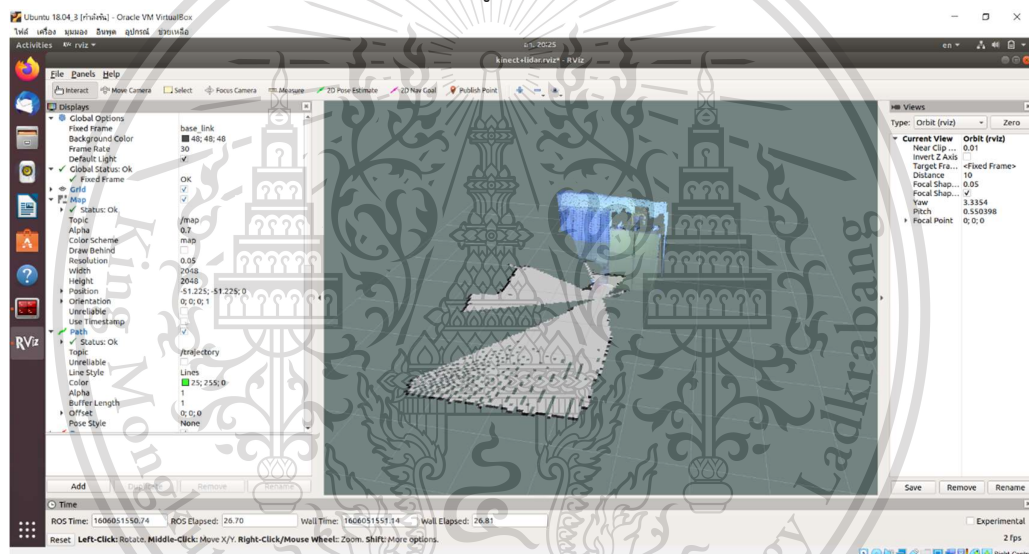
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Global Options	- Fixed Frame : base_link
Map	- Map : /map
Path	- Topic : /trajectory
Camera	- Image Topic: /camera/depth_registered/image
MapCloud	- Topic: /rtabmap/mapData
MapGraph	- Topic: /rtabmap/mapGraph
PointCloud2	- Topic: /camera/depth_registered/points

ผลลัพธ์ของการทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz แสดงได้ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz

#### 4.4 การทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect ที่ติดตั้งบน Linorobot

ทำการติดตั้งอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect เข้ากับหุ่นยนต์ Linorobot แล้วทำการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ cd catkin_ws
```

```
$ catkin_make
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

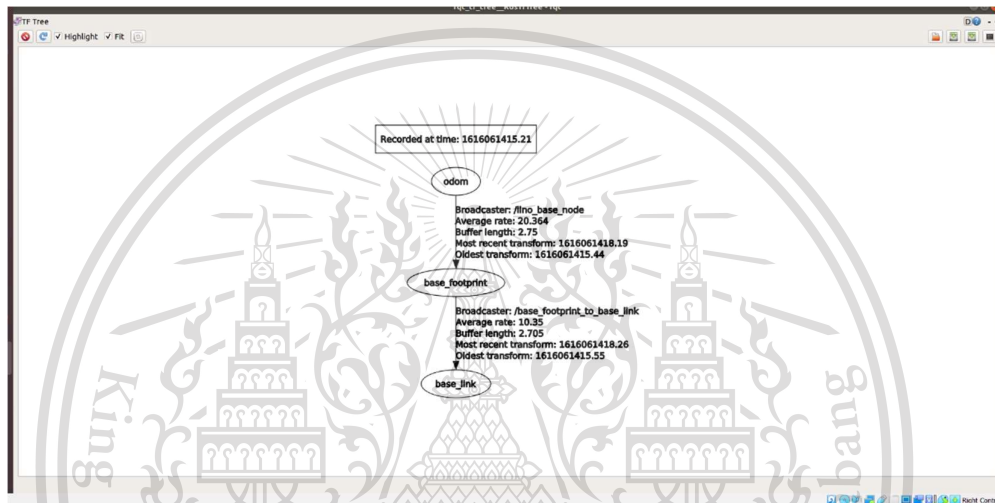
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
$ source devel/setup.bash
```

```
$ roslaunch Linorobot minimal.launch
```

ชุดคำสั่งข้างต้นเป็นการเรียกใช้แพ็คเกจของ Linorobot เพื่อเรียกใช้งานการเข้ารหัสของมอเตอร์เพื่อสร้างส่วนของโอโดเมทรีขึ้นมาเป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งในการแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ โดยโครงสร้างการทำงาน TF จะแสดงให้เห็นว่ามีการเผยแพร่หัวข้อของโอโดเมทรีออกมาแสดงได้ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 โครงสร้างการทำงาน TF แสดงให้เห็นว่ามีการเผยแพร่หัวข้อของโอโดเมทรีออกมาหลังจากที่ทำการเผยแพร่ในส่วนของโอโดเมทรีออกมาแล้วทำการทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านแป้นพิมพ์ด้วยชุดคำสั่งต่อไปนี้

```
$ sudo apt-get install ros-melodic-teleop-twist-keyboard
```

```
$ cd catkin_ws
```

```
$ catkin_make
```

```
$ source devel/setup.bash
```

```
$ roslaunch Linorobot keyboard_teleop.launch
```

ชุดคำสั่งข้างต้นจะเป็นการติดตั้งและเรียกใช้แพ็คเกจในการควบคุมหุ่นยนต์ผ่านแป้นพิมพ์ของ Linorobot โดยที่สามารถบังคับได้ว่าจะให้หุ่นยนต์ Linorobot เคลื่อนที่ไปในทิศทางใดและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร

เมื่อสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ หลังจากเรียกใช้การทำงานโหนดและเผยแพร่หัวข้อในส่วนของโอโดเมทรีแล้วทำการทดสอบการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

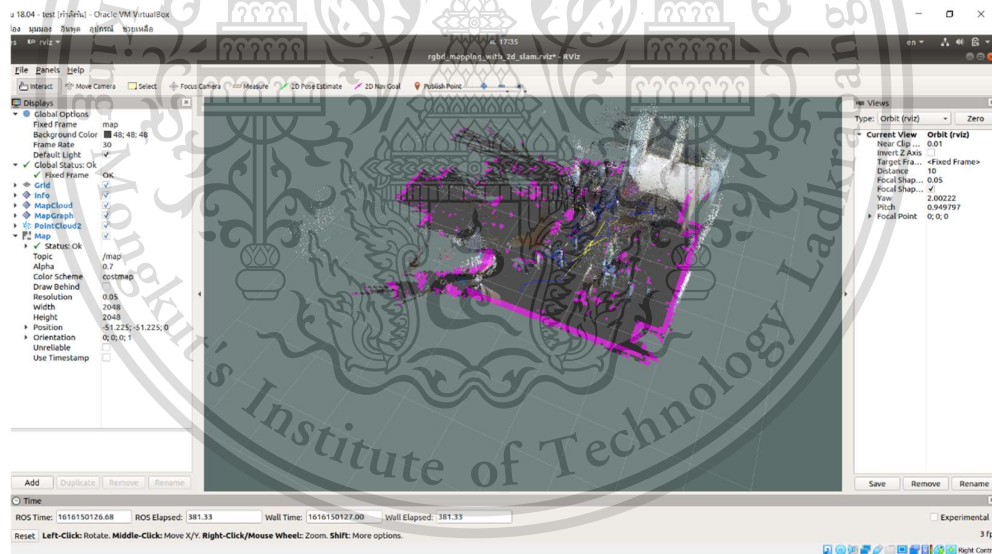
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Microsoft Kinect ที่ติดตั้งบน Linorobot ด้วยการเรียกใช้คำสั่งตามหัวข้อ 4.1.3 และ 4.2 เพื่อทดสอบการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติโดยมีโอโดเมทรีที่ใช้ระบุตำแหน่งอ้างอิงของอุปกรณ์โดยทำการตั้งค่าพารามิเตอร์แต่ละหัวข้อบน Rviz ดังต่อไปนี้

- Global Options - Fixed Frame : map
- Map - Map : /map
- MapCloud - Topic: /rtabmap/mapData
- MapGraph - Topic: /rtabmap/mapGraph
- Info - Topic: /rtabmap/mapInfo
- PointCloud2 - Topic: /rtabmap/odom\_last\_frame

ผลลัพธ์ของการทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz แสดงได้ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18

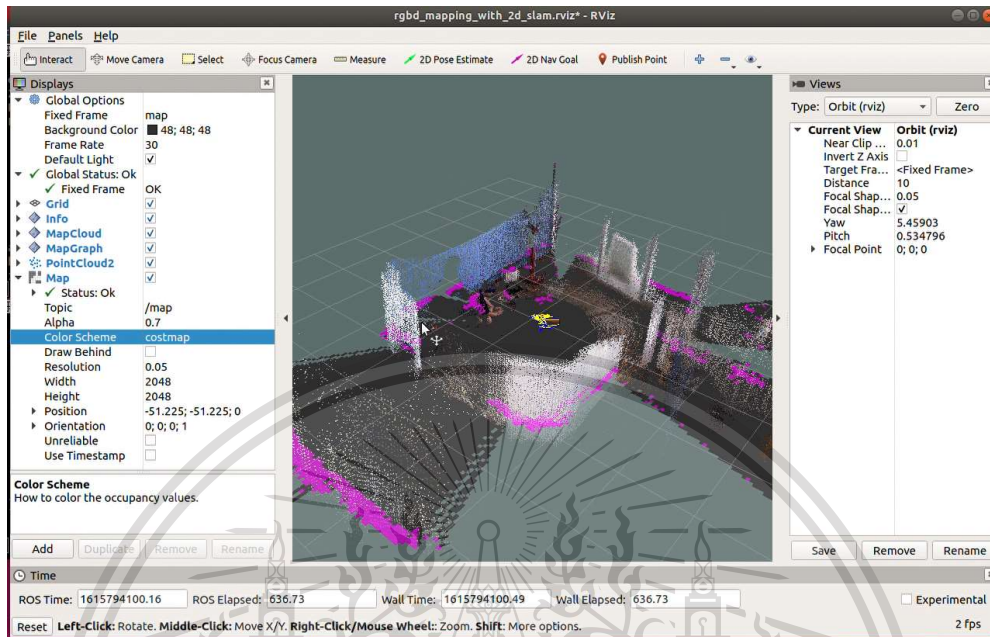


รูปที่ 4.17 การทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.18 การทดสอบการทำงานร่วมกันของทั้งสองอุปกรณ์บนหุ่นยนต์ Linorobot ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติแสดงผลผ่าน Rviz (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์ เรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี LiDAR ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติมีวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ (1) เพื่อศึกษาระบบการทำแผนที่จากเทคโนโลยี LiDAR (2) เพื่อศึกษาหลักการสร้างแผนที่จำลองลักษณะสามมิติจากแผนที่จำลองลักษณะสองมิติ (3) ออกแบบจำลองและแสดงผลข้อมูลในลักษณะสามมิติเพื่อพัฒนาใช้ในการปฏิบัติงานด้านต่างๆ (4) เพื่อนำแบบจำลองแผนที่ในลักษณะสามมิติไปใช้ในการศึกษาโครงสร้างของอาคาร

โดยในภาคการศึกษาที่ 1 คณะผู้จัดทำได้ออกแบบและทดสอบการทำงานของระบบในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติจากข้อมูลพิกัดโดยใช้อุปกรณ์ RPLidar A1M8 ออกแบบและทดสอบการทำงานของระบบในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติจากข้อมูลรูปภาพ RGB-D โดยใช้อุปกรณ์ Microsoft Kinect การทดสอบการทำงานของระบบได้แก่ ทดสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์และการส่งข้อมูลพิกัดจากเซนเซอร์ของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 เพื่อนำมาประมวลผลบนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ ทดสอบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์และการส่งข้อมูลรูปภาพ RGB-D จากกล้องและเซนเซอร์ของอุปกรณ์ Microsoft Kinect เพื่อนำมาประมวลผลบนระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ และทดสอบการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติภายใต้หัวข้อเดียวกันของทั้งสองอุปกรณ์ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ในส่วนของการแสดงผลแผนที่จำลองได้ทำการออกแบบโครงสร้าง TF และหัวข้อที่เผยแพร่ เพื่อให้สามารถแสดงผลแผนที่จำลองจากทั้งสองอุปกรณ์ภายใต้หัวข้อเดียวกันได้ และออกแบบในส่วนของการพารามิเตอร์ในการแสดงผลเพื่อให้สามารถแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติออกมาได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

สำหรับภาคการศึกษาที่ 2 คณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและพัฒนาในส่วนของการเพิ่มโอโดเมตรีจากเอ็นโค้ดเดอร์โดยการติดตั้งหุ่นยนต์ Linorobot เข้ากับอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect ทดสอบการทำงานของระบบด้วยการทดลองการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติร่วมกันของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 และ Microsoft Kinect ที่ติดตั้งบน Linorobot โดยเชื่อมต่อหัวข้อโอโดเมตรีที่เผยแพร่ออกมาจากส่วนของหุ่นยนต์ Linorobot เข้ากับหัวข้อที่ใช้ในการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติของทั้งสองอุปกรณ์เพื่อใช้ในการระบุตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ของอุปกรณ์เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง และแสดงผลออกมาในรูปแบบของแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติได้อย่างสมบูรณ์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในขณะนี้ระบบการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติยังมีขอบเขตของการทำงานอยู่บ้างคือในส่วนของการเชื่อมต่อและเรียกใช้อุปกรณ์นั้นไม่สามารถใช้งานผ่านโปรแกรมเสมือนได้จึงต้องทำการเชื่อมต่อและเรียกใช้อุปกรณ์ผ่านบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กแทน โดยทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้บอร์ด Raspberry Pi 4 Model B ในการเชื่อมต่อและเรียกใช้อุปกรณ์อีกทั้งตัวบอร์ด Raspberry Pi 4 Model B ยังจำเป็นต้องใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการรับและประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ ในส่วนของการแสดงผลแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติมีขอบเขตในเรื่องของระยะการสแกนของอุปกรณ์ RPLidar A1M8 ที่สามารถตรวจจับวัตถุได้ในระยะ 0.15 ถึง 12 เมตรทำการใช้งานเหมาะสำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติภายในอาคารมากกว่าในพื้นที่เปิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บรรณานุกรม

- [1] MacThai. "LIDAR."  
<https://www.macthai.com/2020/03/24/รู้จักกับพลังและความสำ/>
- [2] WIKIPEDIA. "LIDAR."  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar>
- [3] WIKIPEDIA. "SENSOR."  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor>
- [4] WIKIPEDIA. "LASER."  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Laser>
- [5] WIKIPEDIA. "SLAM."  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous\\_localization\\_and\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_localization_and_mapping)
- [6] WIKIPEDIA. "KALMAN FILTER."  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman\\_filter](https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter)
- [7] ROS. "ROS."  
<https://www.ros.org/about-ros/>
- [8] ROS. "CATKIN."  
[http://wiki.ros.org/catkin/conceptual\\_overview](http://wiki.ros.org/catkin/conceptual_overview)
- [9] ROS. "RPLIDAR."  
<http://wiki.ros.org/rplidar>
- [10] ROS. "HECTORSLAM."  
[http://wiki.ros.org/hector\\_slam](http://wiki.ros.org/hector_slam)
- [11] ROS. "FRENECT."  
[http://wiki.ros.org/freenect\\_launch](http://wiki.ros.org/freenect_launch)
- [12] ROS. "OPENNI."  
[http://wiki.ros.org/opensense\\_launch](http://wiki.ros.org/opensense_launch)
- [13] ROS. "NAVIGATION."  
<http://wiki.ros.org/navigation>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- [14] WIKIPEDIA. "POINTCLOUD."  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Point\\_cloud](https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud)
- [15] WIKIPEDIA. "ODOMETRY."  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Odometry>
- [16] WIKIPEDIA. "ODOMETRY."  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_odometry](https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_odometry)
- [17] LINROBOT. "LINIROBOT."  
<https://Linorobot.org/>
- [18] SLAMTEC. "RPLIDAR A1."  
<https://www.generationrobots.com/media/rplidar-a1m8-360-degree-laser-scanner-development-kit-datasheet-1.pdf>
- [19] WIKIPEDIA. "RASPBERRY PI"  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)
- [20] RASPBERRYPI. "RASPBERRY PI 4 MODEL B."  
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/?resellerType=home>
- [21] WIKIPEDIA. "KINECT."  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>
- [22] ROS. "RTABMAP."  
<http://wiki.ros.org/rtabmap>
- [23] WIKIPEDIA. "UBUNTU."  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Ubuntu>
- [24] MINDPHP. "ARDUINO IDE."  
<https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/3702-arduino-ide-อาตุยอิน-ไอตีอี-คืออะไร.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**คำสั่งในการสร้างพื้นที่งานขึ้นมาเพื่อติดตั้งแพ็คเกจไว้ใช้งานในภายหลังและระบุตำแหน่งของ source**

```
$ source /opt/ros/noetic/setup.bash
```

```
$ mkdir -p ~/catkin_ws/src
```

```
$ cd ~/catkin_ws/
```

```
$ catkin_make
```

```
$ source devel/setup.bash
```

**คำสั่งในการติดตั้งแพ็คเกจสำหรับสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสองมิติด้วย RPLidar A1M8**

```
$ git clone https://github.com/robopeak/rplidar_ros.git
```

```
$ git clone https://github.com/tu-darmstadt-ros-pkg/hector_slam.git
```

```
$ catkin_make
```

```
$ source devel/setup.bash
```

**คำสั่งในการติดตั้งไดรฟ์เวอร์ freenect**

```
$ sudo apt-get update
```

```
$ sudo apt-get install libusb-1.0-0-dev
```

```
$ git clone https://github.com/OpenKinect/libfreenect.git
```

```
$ cd libfreenect
```

```
$ mkdir build && cd build
```

```
$ cmake -L ..
```

```
$ make
```

```
$ sudo make install
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**คำสั่งที่ใช้ในการติดตั้งแพ็คเกจที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับการนำข้อมูลรูปภาพ RGB-D มาใช้**

```
$ cd ~/catkin_ws/src
$ git clone https://github.com/ros-drivers/freenect_stack.git
$ git clone https://github.com/ros-drivers/roscam2_camera.git
$ git clone https://github.com/ros-drivers/roscam2_launch.git
$ git clone https://github.com/ros-perception/image_common.git
$ git clone -b melodic https://github.com/ros-perception/vision_opencv.git
$ git clone https://github.com/ros-perception/image_pipeline.git
$ git clone https://github.com/ros/geometry2.git
$ cd ..
$ rosdep install --from-paths src --ignore-src
$ catkin_make
$ source devel/setup.bash
```

**คำสั่งที่ใช้ในการติดตั้ง Standalone RTAB MAP**

```
$ sudo apt-get install libvtk6-dev libvtk6-qt-dev libvtk6-java libvtk6-jni
$ sudo apt-get install libopencv-dev cmake libopenni2-dev libsqlite3-dev libpcl-*
$ git clone https://github.com/introlab/rtabmap.git
$ cd rtabmap/build
$ cmake ..
$ make -j2
$ sudo make install
$ sudo ldconfig rtabmap
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**คำสั่งที่ใช้ในการติดตั้งแพ็คเกจสำหรับการสร้างแผนที่จำลองในลักษณะสามมิติ**

```
$ cd ~/catkin_ws/src
$ git clone https://github.com/introlab/rtabmap_ros.git
$ git clone https://github.com/ros-perception/pcl_msgs.git
$ git clone https://github.com/ros-planning/navigation.git
$ git clone https://github.com/ros-planning/navigation_msgs.git
$ git clone https://github.com/OctoMap/octomap_msgs.git
$ sudo apt-get install ros-melodic-find-object-2d ros-melodic-perception-pcl
$ cd ..
$ rosdep install --from-paths src --ignore-src
$ sudo apt-get install libstdc++11-dev
$ catkin_make -j2
$ source devel/setup.bash
```

**คำสั่งที่ใช้ในการติดตั้งแพ็คเกจและซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับหุ่นยนต์ Linorobot ลงบนคอมพิวเตอร์และ Raspberry Pi 4 Model B**

```
$ wget https://raw.githubusercontent.com/ROS-education/Linorobot/master/installer/
ros_education_install.sh
$ chmod 755 ros_education_install.sh
$ ./ros_education_install.sh
$ wget https://raw.githubusercontent.com/ROS-education/Linorobot/master/installer/
udev.sh
$ chmod 755 udev.sh
$ sudo nano udev.sh
$ sudo ./udev.sh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.