

ระบบติดตามผู้ป่วยภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีซิกบี

INDOOR PATIENT MONITORING SYSTEM

BY ZIGBEE TECHNOLOGY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **ปีการศึกษา 2563** นั้น 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.

INDOOR PATIENT MONITORING SYSTEM
USING ZIGBEE TECHNOLOGY



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2020
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.

หัวข้อปริญญาโท ระบบติดตามผู้ป่วยภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีซิกบี
นักศึกษา นายพิชฎมภ์ กาทหลง รหัสนักศึกษา 60010704
นายสารชา ชางชื่อมูล รหัสนักศึกษา 60011052
ระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2563
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์

ปริญญาโทฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



(ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

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.

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	ระบบติดตามผู้ป่วยภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีซิกบี	
นักศึกษา	นายพิชฌุตม์ กาทหลง	รหัสนักศึกษา 60010704
	นายสารชา ชางซ็อมูล	รหัสนักศึกษา 60011052
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2563	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ผศ.ดร.วันวิสา ชัชวงษ์	

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการศึกษาและการสร้างระบบระบุตำแหน่งของผู้ป่วยหรืออุปกรณ์ภายในอาคารของโรงพยาบาลสงฆ์ โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (มาตรฐาน IEEE 802.15.4) บนพื้นฐานของมาตรฐานซิกบี ซึ่งโครงสร้างเครือข่ายที่ใช้ในโครงงานนี้คือ โครงสร้างเครือข่ายแบบกลุ่มของต้นไม้ (Cluster Tree Topology) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการระบุตำแหน่งได้เลือกใช้การวัดความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ (Received Signal Strength Indication : RSSI) และใช้ค่าความแตกต่างของเวลาในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) การคำนวณตำแหน่งของงานนี้ใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าระหว่างอุปกรณ์ และทำการส่งผลข้อมูลไปที่ Web server โดยอุปกรณ์ Raspberry Pi เป็นตัวประมวลผลและเป็น Web server ส่งไปแสดงผลที่เว็บเพจ (Web Page) เพื่อแสดงตำแหน่งของบุคคลหรือวัตถุที่ติดตามโดยผลลัพธ์ที่ได้คือสามารถระบุตำแหน่งของผู้ป่วยหรือตำแหน่งของอุปกรณ์ภายในอาคารของโรงพยาบาลสงฆ์ได้โดยการใช้การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของเวลาในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) อีกทั้งยังสามารถทราบตำแหน่งของผู้ป่วยหรือตำแหน่งของอุปกรณ์ผ่านทางหน้าเว็บเพจ (Web Page) ได้ ทั้งนี้โครงงานนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการติดตามบุคคลหรือวัตถุที่

เอกสารต้องการติดตามหรือต้องการระบุตำแหน่งที่อยู่ภายในอาคารของสถานที่อื่น ๆ ได้ในอนาคต
 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.

Thesis Title	INDOOR PATIENT MONITORING SYSTEM USING ZIGBEE TECHNOLOGY		
Student	Mr. Phitchayut Kalong	Student ID.	60010704
	Mr. Saracha Sangsumoon	Student ID.	60011052
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Information Engineering		
Department	Computer Engineering		
Year	2020		
Project Advisor	Asst.Prof.Dr. Vanvisa Chutchavong		

ABSTRACT

This thesis proposes the study and the establishment of the patient positioning system or devices within the hospital building, using wireless sensor networks (IEEE 802.15.4) based on Zigbee standard which rely on cluster tree topology. The parameters that used to determine the location are Received Signal Strength Indication (RSSI) and the different of time receiving the package or the Time of Flight (ToF). The system will compare the value of RSSI and TOF between each device to find the closest device as it's the location of the target and then transfer the value to the web server and display the location by Raspberry Pi, which is a processor and a webserver to display the result on the web page. By the result of this thesis, the indoor positioning system can determine the location of the patients using TOF and also be able to illustrate the location of patients on the monitor through web page. The positioning system can be adapt and deploy with other devices or targets in different places.

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.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี เกิดจากความร่วมมือของคณะผู้จัดทำ และความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร. วันวิสา ชัชวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ คุณธนวิษญ์ อนุวงศ์พินิจ นักศึกษาปริญญาเอก คุณสมสิน ทองไกรรัตน์ และนักศึกษาปริญญาโท คุณธนภูมิ ภูมิ ที่ให้การสนับสนุน และแนวทางในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ ตลอดจนความรู้เบื้องต้นที่จำเป็นต่อปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ จนกระทั่งปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำ การช่วยเหลือในการตรวจสอบ ตลอดจนการสนับสนุน ด้านอุปกรณ์ และสถานที่สำหรับการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และคอยให้กำลังใจตลอดการดำเนินการทำปริญญาานิพนธ์

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวที่ดูแลเอาใจใส่ให้กำลังใจ และความรักอย่างเต็มที่ และให้แรงผลักดันที่ดีตลอดมา

พิชญุตม์ กาหลง

สารชา ช่างซ่อมูล

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

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	II
สารบัญ.....	III
สารบัญรูปภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่ 1.....	2
บทนำ.....	2
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	2
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขต.....	4
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้.....	4
1.6 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	6
บทที่ 2.....	7
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 กล่าวนำ.....	7
2.2 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	8
2.3 มาตรฐาน IEEE 802.15.4.....	9
2.4 ส่วนประกอบของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network หรือ WPAN).....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
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.

2.5 โครงสร้างของเครือข่าย (Network Topology).....	11
2.6 โพรโทคอลของซิกบี (ZigBee Protocol)	12
2.7 การประยุกต์ใช้งานของซิกบี (ZigBee Application).....	15
2.8 ค่าความเข้มของสัญญาณ ((Received Signal Strength Indication : RSSI)	15
2.9 ค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)	16
2.10 XBee - Pro.....	16
2.11 Arduin UNO.....	17
2.12 Raspberry Pi.....	18
บทที่ 3.....	20
วิธีดำเนินและหลักการของการหาตำแหน่งภายในอาคาร.....	20
3.1 กล่าวนำ.....	20
3.2 การ Configuration Xbee.....	21
3.3 ออกแบบการทดลองวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI) และ ค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF).....	26
3.4 การวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI).....	27
3.5 การวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF).....	28
3.6 การออกแบบระบบการระบุตำแหน่ง.....	30
3.7 การออกแบบแสดงผลการระบุตำแหน่ง.....	32
3.8 บทสรุป.....	33
บทที่ 4.....	35
ผลการทดลอง.....	35
4.1 ผลการทดลองการวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator : RSSI).....	35

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.

4.2 ผลการทดลองการวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)	36
4.3 ผลการทดลองวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง	38
4.4 ผลการทดลองวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะ	41
4.5 การออกแบบและการนำค่าขึ้นหน้าเว็บเพจ (Web Page).....	43
4.6 ผลลัพธ์ของโครงการ	45
บทที่ 5	47
บทสรุปและวิจารณ์	47
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	47
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	48
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก	54
การติดตั้งโปรแกรม	54
ภาคผนวก ข	63
โค้ด Arduino และ โค้ด Raspberry Pi	63

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.

สารบัญรูปลูกภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	8
รูปที่ 2.2	ย่านความถี่มาตรฐาน IEEE 802.15.4.....	9
รูปที่ 2.3	รูปแบบเครือข่ายของซิกบี.....	10
รูปที่ 2.4	รูปแบบโครงสร้างของเครือข่ายซิกบี.....	11
รูปที่ 2.5	โครงสร้างชั้นโปรโตคอลของซิกบี (ZigBee Protocol Stack).....	13
รูปที่ 2.6	เส้นทางของโปรโตคอล.....	15
รูปที่ 2.7	โมดูลสื่อสารไร้สาย XBee-Pro.....	17
รูปที่ 2.8	Arduino UNO.....	18
รูปที่ 2.9	Raspberry pi.....	18
รูปที่ 3.1	Block Diagram การทำงานของระบบ.....	21
รูปที่ 3.2	Xbee ที่ทำหน้าที่ต่างๆในเครือข่ายแบบกลุ่มต้นไม้.....	21
รูปที่ 3.3	การตั้ง Xbee เป็น Coordinator ในโปรแกรม X-CTU.....	22
รูปที่ 3.4	การตั้ง Xbee เป็น End Device ในโปรแกรม X-CTU.....	23
รูปที่ 3.5	การตั้ง Xbee เป็น End Device ในโปรแกรม X-CTU[ต่อ].....	24
รูปที่ 3.6	การตั้ง Xbee เป็น Router ในโปรแกรม X-CTU.....	25
รูปที่ 3.7	Coordinator.....	25
รูปที่ 3.8	End Device.....	26
รูปที่ 3.9	การทำงานของระบบในการเก็บค่า.....	30
รูปที่ 3.10	Flowchart การทำงานของคำสั่ง Arduino.....	30
รูปที่ 3.11	Raspberry pi ต่อกับ Coordinator.....	32
รูปที่ 3.12	Flowchart การทำงานของ Raspberry pi.....	32
รูปที่ 3.13	Interface Web Application.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั่นเอง ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่มีการแก้ไขที่สงวนไว้ที่สงวนไว้แต่เพียงผู้เดียว 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 4.1 กราฟค่า RSSI.....	35
รูปที่ 4.2 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte.....	36
รูปที่ 4.3 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte.....	37
รูปที่ 4.4 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte.....	38
รูปที่ 4.5 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง.....	39
รูปที่ 4.6 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง.....	40
รูปที่ 4.7 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง.....	41
รูปที่ 4.8 หน้าเว็บเพจ (Web Page) แสดงตำแหน่งและค่าของ Xbee แต่ละตัว.....	43
รูปที่ 4.9 หน้าเว็บเพจ (Web Page) แสดงข้อมูลของผู้จัดทำโครงการ.....	44
รูปที่ 4.10 หน้าเว็บเพจ (Web Page) แสดงอุปกรณ์และหลักการทำงานของโครงงานชิ้นนี้.....	44
รูปที่ 4.11 การระบุตำแหน่งบนหน้าเว็บเพจ (Web Page).....	46
รูปที่ 4.12 ค่า TOF ที่แสดงบนหน้าเว็บเพจ (Web Page).....	46
รูปที่ ก.1 หน้าโปรแกรมให้ยอมรับเงื่อนไขการติดตั้ง.....	55
รูปที่ ก.2 การติดตั้งโปรแกรม.....	55
รูปที่ ก.3 ตำแหน่งการติดตั้งโปรแกรม.....	56
รูปที่ ก.4 โปรแกรมกำลังติดตั้ง.....	56
รูปที่ ก.5 หน้ายินยอมให้ติดตั้งโปรแกรม.....	57
รูปที่ ก.6 โปรแกรม Arduino IDE.....	57
รูปที่ ก.7 หน้าเว็บไซต์ที่จะเข้าไปดาวน์โหลด.....	58
รูปที่ ก.8 โปรแกรมที่กำลังดาวน์โหลด.....	58
รูปที่ ก.9 หน้าตั้งค่า.....	59
รูปที่ ก.10 หน้ายอมรับข้อตกลงการใช้งาน.....	59
รูปที่ ก.11 หน้าเลือกโฟลเดอร์ที่ใช้ติดตั้งโปรแกรม.....	60

รูปที่ ก.12 หน้าเลือกโฟลเดอร์ที่ใช้ติดตั้งเมนูเริ่มต้น.....

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 ก.13 หน้าเลือกการติดตั้งเพิ่มเติม.....	61
รูปที่ ก.14 หน้ากดยืนยัน.....	61
รูปที่ ก.15 หน้ารอโปรแกรมติดตั้ง.....	62
รูปที่ ก.16 หน้าการแจ้งติดตั้งสำเร็จ.....	62
รูปที่ ข.16 โค้ด Raspberry Pi.....	71



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินการ.....	6
ตารางที่ 4.1 ค่า RSSI.....	35
ตารางที่ 4.2 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte.....	36
ตารางที่ 4.3 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte.....	37
ตารางที่ 4.4 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte.....	38
ตารางที่ 4.5 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง.....	39
ตารางที่ 4.6 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางเป็นกำแพง.....	40
ตารางที่ 4.7 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางเป็นกำแพง.....	41
ตารางที่ 4.8 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางเป็นโลหะ.....	42
ตารางที่ 4.9 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะ.....	42
ตารางที่ 4.10 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางเป็นโลหะ.....	42

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 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบระบุตำแหน่งนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบริการสำหรับองค์กรต่างๆ ได้ดีในด้านการอำนวยความสะดวกสำหรับงานด้านการบริการ การดูแล จัดการและควบคุมการทำงานหรือแม้กระทั่งการรักษาความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินภายในองค์กร ซึ่งองค์กรต่างๆ นั้นสามารถประยุกต์ใช้ระบบระบุตำแหน่งได้หลายรูปแบบ เช่น การระบุตำแหน่งผู้ป่วยที่ต้องดูแลเป็นพิเศษภายในโรงพยาบาล ซึ่งทำให้ลดเวลาในการค้นหาผู้ป่วยรายนั้น การระบุตำแหน่งอุปกรณ์การแพทย์ที่มีราคาแพง จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการติดตามเฝ้าระวังการสูญหายหรือนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีไร้สายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความสะดวกในการติดตั้งและการดูแลรักษาสามารถทำได้ง่าย การนำอุปกรณ์สื่อสารไร้สายมาใช้ในระบบระบุตำแหน่งนั้นสามารถทำได้ง่ายตายเพราะอุปกรณ์ดังกล่าวมีขนาดเล็กสามารถพกพาได้สะดวก อุปกรณ์ดังกล่าวใช้พลังงานต่ำ สามารถสร้างเครือข่ายได้ และการติดตั้งสามารถทำได้ง่ายตาย การเลือกใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ ไร้สายมาประยุกต์เข้ากับ ระบบระบุตำแหน่งจึงได้ถูกนำมาพิจารณา สำหรับระบบระบุตำแหน่งในปัจจุบันที่เห็นได้ชัดคือ ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) เทคโนโลยีนี้นำมาใช้เพื่อ การค้นหาเส้นทางและนำทางไปยังสถานที่ที่ผู้ใช้ต้องการไป แต่จีพีเอสนั้นมีข้อจำกัด เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในอาคารเนื่องจากกำแพงหรือสิ่งกีดขวางภายในอาคารจะกีดขวางสัญญาณดาวเทียม ซึ่งทำให้ไม่สามารถคำนวณตำแหน่งได้

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นการสื่อสารระยะใกล้หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network) เครือข่ายนี้มีทั้งความเร็วการรับส่งข้อมูลสูงและต่ำโครงการนี้ได้ใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระยะใกล้ที่มี ความเร็วต่ำหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ชิปปี้ (ZigBee) โครงการนี้ได้ใช้ชิพเซ็นเซอร์ไร้สายที่มีชื่อว่า XBee - Pro ของบริษัท Max Stream ซึ่งใช้ความถี่

2.4 GHz สามารถรับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 250 กิโลบิตต่อวินาที (Kbps) ชิพเซ็นเซอร์ไร้สายดังกล่าวมีข้อดี คือ มีขนาดเล็กสามารถติดตั้งได้ง่าย ระยะการส่งข้อมูลนั้นสามารถส่งสัญญาณได้ประมาณ 1 ไมล์สำหรับพื้นที่โล่งหรือ

ภายนอกอาคาร ซึ่งการทดลองภายในอาคารนั้นพบว่า สามารถส่งข้อมูลได้ไกลประมาณ 50 ถึง 60 เมตร เมื่อใช้กำลังในการส่งข้อมูลสูงสุด

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในระบบระบุตำแหน่งนั้นมีหลายชนิด เช่น การใช้ข้อมูลจากอินฟราเรด (Infrared) การใช้ข้อมูลจากอัลตราโซนิก (Ultrasonic) และการใช้ข้อมูลจากคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) จากการศึกษาข้อมูลพบว่า การใช้ข้อมูลจากอินฟราเรดและอัลตราโซนิกสามารถใช้ระบุตำแหน่งภายในห้องได้เท่านั้น เนื่องจากคลื่นดังกล่าวไม่สามารถทะลุผ่านกำแพงหรือสิ่งกีดขวางภายในอาคารได้โครงการนี้จึงได้เลือกใช้คลื่นวิทยุ ซึ่งมีคุณสมบัติการส่งข้อมูลผ่านสิ่งกีดขวางได้ดี การใช้คลื่นวิทยุในระบบระบุตำแหน่งนั้นสามารถใช้วิธีการคำนวณตำแหน่งได้อีกหลายวิธี เช่น การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง (Time of Arrival : TOA) การหาตำแหน่ง โดยอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของสัญญาณที่มาถึง (Time Difference of Arrival : TDOA) การหาตำแหน่งเชิงมุม (Angle of Arrival : AOA) และการวัดค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับได้ (Received Signal Strength Indication : RSSI) เวลาในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) ในโครงการงานชิ้นนี้เลือกใช้ค่าเวลาในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) เนื่องจากเป็นค่าที่มีความผันผวนค่อนข้างน้อยสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

- 1) เพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งผู้ป่วยที่ต้องดูแลเป็นพิเศษภายในโรงพยาบาล ซึ่งทำให้ลดเวลาในการค้นหาผู้ป่วยรายนั้น
- 2) เพื่อการนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาด้านอื่น เช่น การระบุตำแหน่งอุปกรณ์ที่มีราคาสูงภายในโรงพยาบาล ๆ
- 3) เพื่อศึกษาการทำงานและประยุกต์ใช้งานของระบบของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย
- 4) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของค่าความเข้มของสัญญาณ ((Received Signal Strength Indication : RSSI)และค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)

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.

1.3 ขอบเขต

ในโครงการนี้ทฤษฎีที่ใช้ในการหาตำแหน่งบุคคลภายในอาคาร คือ เทคนิคการหาตำแหน่งแบบเทคนิคที่ใช้พื้นฐานของการหาระยะทางซึ่งเสนอวิธีการหาตำแหน่งโดย วิธีการระบุตำแหน่ง 2 วิธี คือ การเปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) และ การเปรียบเทียบค่าความต่างของเวลาในการส่งและรับข้อมูลแบบ Package (Time Of Flight : TOF) โดยจะใช้ชิปเป็นเซ็นเซอร์อ้างอิงในการแพร่กระจายความเข้มสัญญาณและเป็นเซ็นเซอร์วัดในอ่านค่าความเข้มของสัญญาณ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ 2.4 GHz เน้นการใช้พลังงานต่ำและเน้นการสื่อสารที่ทนต่อสภาพสัญญาณรบกวนสูงตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 มาใช้ในการทดลอง โดยทำการติดตั้งไว้ ในตำแหน่งที่ทราบ ซึ่งจะทำการทดลองในสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร โดยทำการติดตั้งไว้ในห้องภายในอาคาร และทำการแสดงผลระบุตำแหน่งของผู้ป่วยและระบุค่าของ Xbee แต่ละตัวผ่านเว็บเพจ (Web Page)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถระบุตำแหน่งผู้ป่วยที่ต้องดูแลเป็นพิเศษภายในโรงพยาบาล ซึ่งสามารถลดเวลาในการค้นหาผู้ป่วยได้
- 2) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานระบุตำแหน่งในประเภทอื่นๆได้
- 3) ได้รับความรู้ในการนำเทคโนโลยีระบบของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อนำไปประยุกต์กับงานอื่น
- 4) การระบุตำแหน่งบุคคลภายในอาคารมีประสิทธิภาพที่ดี สามารถนำไปใช้ในงานจริงได้

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1.5.1 Software

- 1) Arduino IDE
- 2) Visual studio code
- 3) X-CTU

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.

1.5.2 Hardware

- | | |
|--|-----------------|
| 1) ชิพ Xbee-Pro โมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สาย 2.4 GHz | จำนวน 4 ตัว |
| 2) Xbee Shield | จำนวน 3 ตัว |
| 3) Arduino UNO | จำนวน 3 ตัว |
| 4) Raspberry-Pi | จำนวน 1 ตัว |
| 5) Oscilloscope | จำนวน 1 เครื่อง |
| 6) คอมพิวเตอร์ | จำนวน 1 เครื่อง |



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.

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ตารางการดำเนินการ

ขั้นตอนที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	2020																				2021																			
		Aug				Sep				Oct				Nov				Dec				Jan				Feb				Mar				Apr				May			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	นำเสนอหัวข้อ																																								
2	ศึกษาและหาข้อมูล																																								
3	จัดหาอุปกรณ์																																								
4	วิเคราะห์ระบบงาน																																								
5	ดำเนินงาน																																								
6	ทดสอบชิ้นงาน																																								
7	จัดทำรูปเล่มและนำเสนอ																																								

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น สำหรับเทคโนโลยีไร้-สายที่นำมาใช้ระบุตำแหน่งในปัจจุบัน คือ ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) ข้อมูลที่จีพีเอสใช้ระบุตำแหน่ง คือ ค่าความแตกต่างของเวลาที่ได้รับในการส่งสัญญาณวิทยุจากสถานีส่งหรือสถานีดาวเทียมไปยังสถานีรับซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ทำการเชื่อมต่อในระบบจีพีเอส ระบบจีพีเอสนั้นใช้ดาวเทียม NAVSTAR ของสหรัฐอเมริกาจำนวน 24 ดวง ที่อยู่ห่างจากพื้นโลกประมาณ 1,000 ไมล์ ดาวเทียมจะโคจรรอบโลก โดยแบ่งเป็น 6 วงโคจร แต่ละวงโคจรนั้นจะมีดาวเทียม 4 ดวง การวัดระยะทางระหว่างดาวเทียมกับสถานีรับจะใช้อะตอมมิก คล็อก (Atomic Clock) ซึ่งอะตอมมิก คล็อกจะให้ความละเอียดของข้อมูลด้านเวลาในระดับอะตอม ความแม่นยำที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับเวลาของสถานีรับ สถานีรับที่มีความแม่นยำสูงราคาก็จะสูงด้วย โดยที่ ความคลาดเคลื่อนของระบบจีพีเอสนั้นมีปัจจัยดังนี้ คือ การหักเหของคลื่นวิทยุในชั้น บรรยากาศทำให้ส่งผลต่อเวลาในการเดินทางของคลื่นวิทยุ การสะท้อนของคลื่นวิทยุเมื่อเดินทาง มาถึงพื้นโลกทำให้เกิดการเดินทางหลายวิถี (Multi path) เช่น การสะท้อนกับสิ่งก่อสร้าง และภูเขา นอกจากนี้ยังมีปัจจัยคือ มุมและความห่างของดาวเทียมที่นำมาคำนวณหาพิกัด การรับสัญญาณ ดาวเทียมได้จำนวนน้อย ซึ่งอาจทำให้ได้ดาวเทียมที่ทำมุมแคบต่อกันทำให้การคำนวณตำแหน่ง ผิดพลาดสำหรับระบบจีพีเอสนั้นยังมีข้อจำกัดอยู่ที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งภายในอาคารได้

การใช้ระบบระบุตำแหน่งนั้นสามารถทำให้เกิดความสะดวกได้ เช่น การใช้ระบบจีพีเอส เพื่อนำทาง ยานพาหนะทำให้ลดปัญหาการหลงทาง และทำให้ลดปัญหาจราจรติดขัดได้ สำหรับระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารสามารถประยุกต์ใช้ได้หลายวิธีเพื่อทำให้เกิดประโยชน์สำหรับองค์กรต่าง ๆ ในปัจจุบันได้ เช่น การระบุตำแหน่งผู้ป่วยที่ต้องดูแลเป็นพิเศษในโรงพยาบาล ทำให้แพทย์พยาบาลและญาติของผู้ป่วยไม่เสียเวลาในการเข้าเยี่ยมผู้ป่วย การระบุตำแหน่งสินค้าที่มีราคาสูงในโรงงาน สินค้าที่มีราคาสูงเมื่อทำการขนย้ายไปผิดที่จะทำให้เสียเวลาในการค้นหา ระบบนี้ทำให้สินค้าสามารถจัดส่งได้อย่างถูกต้อง การระบุตำแหน่งเด็กเมื่อพลัดหลง

เอกสารในห้างสรรพสินค้าผู้ปกครองสามารถตามหาเด็กได้ด้วยตัวเอง เนื่องจากบางกรณีที่ประชาสัมพันธ์ประกาศไป
ไม่ว่าแล้วแต่ เด็กไม่ได้ยิน หรือเด็กที่พลัดหลงอยู่ในที่ที่ยากต่อการมองเห็น เป็นต้นของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

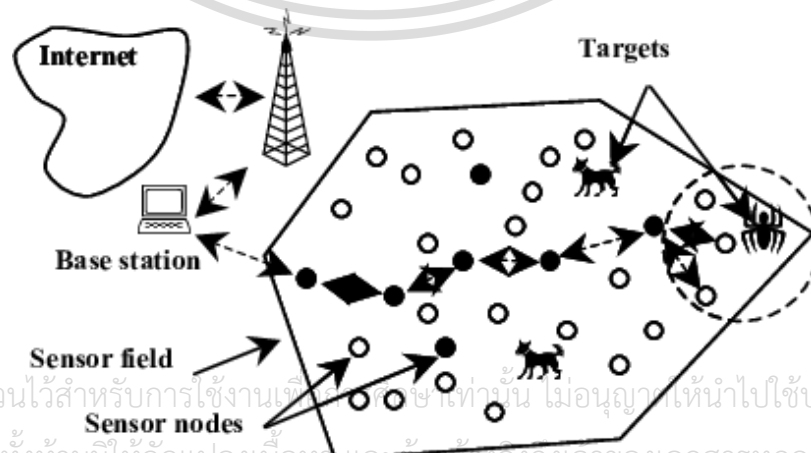
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในอนาคตระบบระบุตำแหน่งจะเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น ซึ่งระบบนี้ สามารถติดตั้งเข้ากับโทรศัพท์มือถือและนาฬิกา เป็นต้น ทำให้เกิดความสะดวกในการพกพาและการทำงาน การแสดงผลของตำแหน่งอาจจะแสดงผลบนมือถือ พีดีเอ (PDA) และบนเว็บไซต์ เป็นต้น ในบทนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระบุตำแหน่ง

2.2 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network : WSN) คือ การใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ขนาดเล็กจำนวนมาก เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมที่สนใจ และ ประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราหรือตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมรอบตัวเราได้โดยอัตโนมัติ

ตัวอย่างการใช้งานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้แก่ การฝังอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไว้ในรังนกที่หายากบางชนิด เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลต่อการย้ายถิ่นของนก เหล่านั้น การติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ในอุปกรณ์ผสมสารเคมีขนาดใหญ่หรือท่อส่งสารเคมีในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อตรวจจับการรั่วซึมของสารเคมี การใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดการสั่นไหวของอุปกรณ์ หลายอย่างที่ใช้สำหรับการสร้างชีพของคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจจับ ความผิดปกติของเครื่องมือเหล่านั้นเพื่อให้สามารถเข้าไปดูแลก่อนที่จะเกิดความเสียหาย การติดตั้งเซ็นเซอร์ไร้รอบ ๆ สนามบิน เพื่อตรวจจับการบุกรุกในบริเวณที่ห้ามเข้า นอกจากนั้นยังสามารถใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อศึกษาผลกระทบของแผ่นดินไหวต่อ โครงสร้างอาคาร โดยการฝังเซ็นเซอร์ไว้ได้กำแพง ทดลองที่สร้างขึ้น เพื่อวัดข้อมูลที่ได้จากการจำลองแผ่นดินไหวในลักษณะต่าง ๆ เป็นต้น จากตัวอย่างเหล่านี้จะเห็นได้ว่านักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสามารถใช้ประโยชน์จากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้หลายรูปแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

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

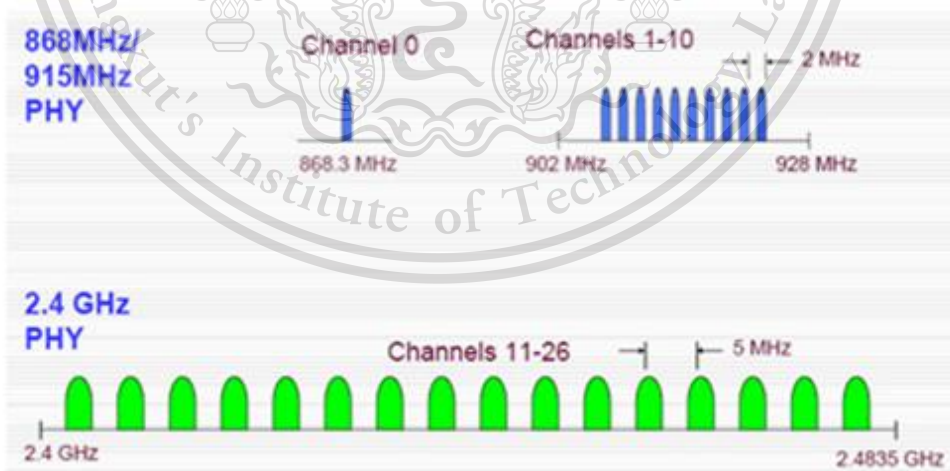
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

2.3 มาตรฐาน IEEE 802.15.4

ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าซิกบี ซึ่งคำว่าซิกบีนั้น ได้มาจากการสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารของผึ้ง การส่งข้อมูลข่าวสารของผึ้งนั้นจะทำการบินซิกแซ็กเพื่อบอก ตำแหน่ง ระยะทาง และทิศทางของอาหารที่พวกมันกำลังหาอยู่ให้กับผึ้งตัวอื่น ๆ

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานสากลโดยสหพันธ์ซิกบี (ZigBee Alliance) โดยมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นการสื่อสารแบบไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำ และมีราคาถูก เหตุผลที่มาตรฐานนี้ใช้พลังงานต่ำ คือ เพื่อให้สามารถทำเป็นระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Sensor Network) ได้ ระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้ทุกสภาพแวดล้อมไม่ว่าจะอยู่ในอาคารหรือนอกอาคาร สามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาดเล็กได้นานหลายเดือน ระบบนี้จึงเหมาะสมกับ การตรวจจับ (Monitor) สิ่งที่น่าสนใจได้

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 นั้นได้กำหนดย่านความถี่ในการใช้งานไว้ 3 ย่านความถี่ คือ ที่ ย่านความถี่ 2.4 GHz มีช่องสัญญาณ 16 ช่อง คือช่องสัญญาณที่ 11 - 26 อัตราส่งข้อมูล 250 Kbps ที่ย่านความถี่ 915 MHz มีช่องสัญญาณ 10 ช่อง คือ ช่องสัญญาณที่ 1 - 10 อัตราส่งข้อมูล 40 Kbps และ ที่ย่านความถี่ 868 MHz มีช่องสัญญาณ 1 ช่อง คือช่องสัญญาณที่ 0 อัตราส่งข้อมูล 20 Kbps แสดงได้ ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งต่อไปนี ผู้จัดทำจะแทนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ด้วยคำว่าซิกบี



รูป 2.2 ย่านความถี่มาตรฐาน IEEE 802.15.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ZigBee Network Topology) ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

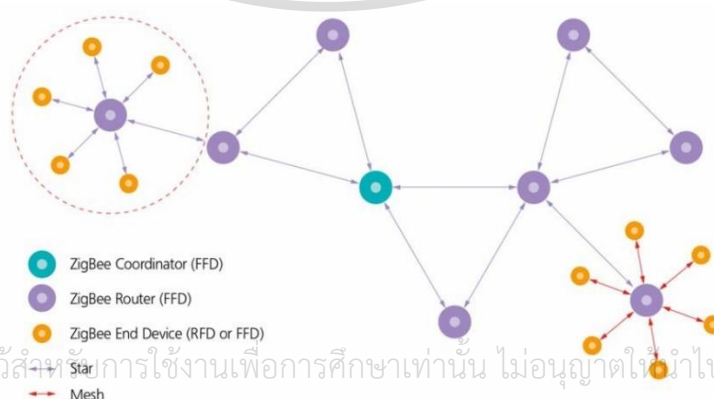
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งาน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ซิกบี ได้แบ่งชนิดอุปกรณ์ทางกายภาพ (Physical Device) ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

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) Full Function Device (FFD) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเราท์เตอร์ (Router) หรือ สื่อกกลางในการรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์อื่น ๆ ใช้พลังงานจากสายไฟฟ้า (Power Line) สามารถทำงานได้ทุกโครงข่ายงาน (Topology) และสามารถทำเป็นจุดเชื่อมต่อได้
 - 2) Reduce Function Device (RED) คือ อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการเชื่อมต่อภายในเครือข่าย ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery) ไม่สามารถส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ และถูกลดความสามารถในการทำโครงข่ายซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถใช้โครงข่ายแบบดาว (Star) ได้สะดวก
- ซิกบี ได้แบ่งอุปกรณ์ทางตรรกะ (Logical Device) ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- 1) ZigBee Coordinator (ZC) ทำหน้าที่สร้างเครือข่ายการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง (End Device) กับ Router หรือตัวประสานงาน (Coordinator) กับตัวประสานงานด้วยกัน หรือ ตัวประสานงานกับเราท์เตอร์ โดยการกำหนดแอดเดรส (Address) ให้กับอุปกรณ์ในเครือข่ายที่ สร้างขึ้นไม่ให้มีการซ้ำกัน ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลในเครือข่าย การทำหน้าที่ดังกล่าวทำให้ ZC เป็น FFD
- 2) ZigBee Router (ZR) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลและจัดการเส้นทางต่าง ๆ ของข้อมูลที่ส่งผ่าน ภายในโครงข่ายระหว่างคู่ของโหนดใด ๆ การทำหน้าที่ดังกล่าวทำให้ ZR เป็น FFD
- 3) ZigBee End Device (ZED) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ปลายทางใช้พลังงานต่ำเมื่อใช้งานเป็น โหนดที่อยู่ในส่วนของผู้ใช้งาน การทำหน้าที่ดังกล่าวทำให้ ZED เป็น RFD หรือ FFD บางกรณีจะขึ้นอยู่กับเซ็นเซอร์ที่ใช้ และคอยจัดเส้นทางของข้อความ รูปแบบเครือข่ายของซิกบีที่สามารถแสดง ได้ดังภาพที่ 2.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 รูปแบบเครือข่ายของซิกบี

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

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

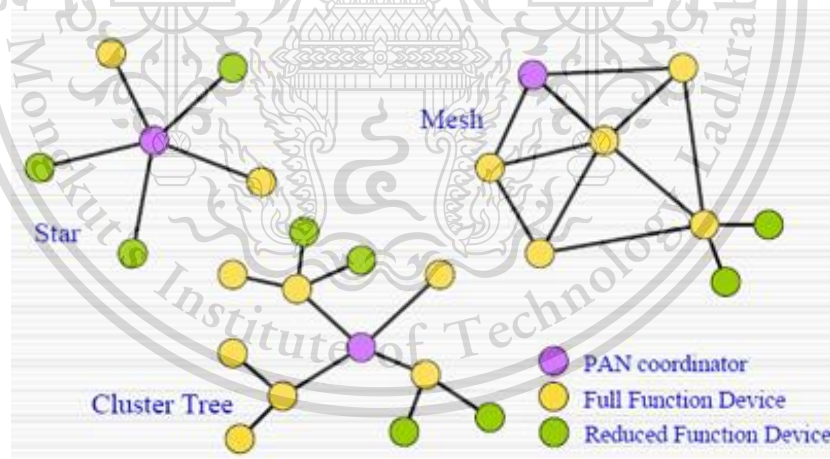
2.4. ส่วนประกอบของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network หรือ WPAN)

ในระบบของซิกบีประกอบไปด้วยอุปกรณ์พื้นฐานหลายส่วนคือ Full- Function Device (FFD) หรือ Reduce - Function Device (RED) ซึ่งภายในเครือข่ายใด ๆ ควรจะมีหนึ่ง FFD ซึ่งใช้เป็นตัวประสานการเชื่อมต่อของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (PAN Coordinator) FFD สามารถทำงานใน 3 โหมด คือ ตัวประสานการเชื่อมต่อของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Personal Area Network Coordinate) ตัวประสานการเชื่อมต่อ (Coordinator) และ Reduce Function Device (RFD) โดยที่ FFD สามารถส่งข้อมูลผ่าน RFD หรือ FFD ในขณะที่ RFD สามารถส่งข้อมูลผ่านได้เฉพาะ FFD

2.5 โครงสร้างของเครือข่าย (Network Topology)

โครงสร้างเครือข่ายที่ซิกบีรองรับได้แก่ โครงสร้างแบบดาว (Star) โครงสร้างแบบเครื่อง ต่อเครื่อง (Peer-to Peer Topology) และโครงสร้างแบบกลุ่มของต้นไม้ (Cluster Tree) สามารถแสดงได้ดังภาพที่

2.3



รูปที่ 2.4 รูปแบบโครงสร้างของเครือข่ายซิกบี

2.5.1 โครงสร้างเครือข่ายแบบเครื่องต่อเครื่อง (Peer to Peer Topology)

ในโครงสร้างแบบเครื่องต่อเครื่องนี้จะมีหนึ่งตัวที่เป็นตัวประสานการเชื่อมต่อของเครือข่าย ไร้สายส่วนบุคคล

ส่วนที่แตกต่างกับโครงสร้างแบบดาว คือ ทุกอุปกรณ์สามารถสื่อสารกับทุก อุปกรณ์อื่นได้ในระยะการสื่อสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน นีเมอญู ตีเห็นาเปเซประเยชนดานการค้า ส่งข้อมูลที่สามารถส่งถึง โครงสร้างแบบเครื่องต่อเครื่องนี้เป็นได้ทั้งแอดฮอค (Ad-Hoc) การจัดตั้งด้วยตัวเอง (Self-Organizing) และการรักษาสภาพด้วยตัวมันเอง (Self-Healing) เช่น การควบคุม ภายในโรงงานและ

การดูแลและติดตาม (Monitoring) เครือข่ายเซ็นเซอร์ ไร้สายและการติดตามสินค้าหรือสิ่งของ (Inventory Tracking) เป็นต้น

2.5.2 โครงสร้างเครือข่ายแบบกลุ่มของต้นไม้ (Cluster Tree Topology)

เครือข่ายแบบกลุ่มของต้นไม้เป็นรูปแบบพิเศษของเครือข่ายแบบเครื่องต่อเครื่องซึ่งอุปกรณ์ส่วนมากเป็น FFD และ RFD ที่จะเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบกลุ่มของต้นไม้ที่โหนดสุดท้าย ของสาขา สำหรับ FFD บางอุปกรณ์นั้นสามารถเป็นตัวประสานการเชื่อมต่อและมีการประสานเวลา (Synchronization) กับอุปกรณ์อื่น ๆ และตัวประสานการเชื่อมต่อเหล่านี้เป็นตัวประสานการเชื่อมต่อ ของเครือข่ายส่วนบุคคล โดยตัวประสานการเชื่อมต่อของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลจะสร้างกลุ่ม ชุดแรกด้วยตัวมันเองที่หัวของกลุ่ม (Cluster Head หรือ CLH) ด้วยหมายเลขของกลุ่ม (Cluster ID หรือ CID) ที่มีค่าหมายเลขเป็น 0

การเลือกหมายเลขของเครือข่ายส่วนบุคคลจะเลือกหมายเลขที่ยังไม่ถูกใช้และการกระจาย (Broadcast) เพรมเบคอน (Beacon) ไปยังอุปกรณ์ข้างเคียง อุปกรณ์ที่ได้รับเบคอนอาจจะร้องขอเข้าร่วมเครือข่ายที่ CLH ถ้าตัวประสานการเชื่อมต่อของเครือข่ายส่วนบุคคลอนุญาตจะบันทึกอุปกรณ์ใหม่นั้นเป็น โหนดลูก (Child Node) และอุปกรณ์ตัวใหม่จะบันทึก CLH เป็นโหนดผู้ปกครอง (Parent Node) ข้อดีของโครงสร้างกลุ่มของต้นไม้ คือ เป็นการเพิ่มการครอบคลุมพื้นที่ที่มีความต้องการเข้าร่วมในเครือข่ายมาก

2.6 โพรโตคอลของซิกบี (ZigBee Protocol)

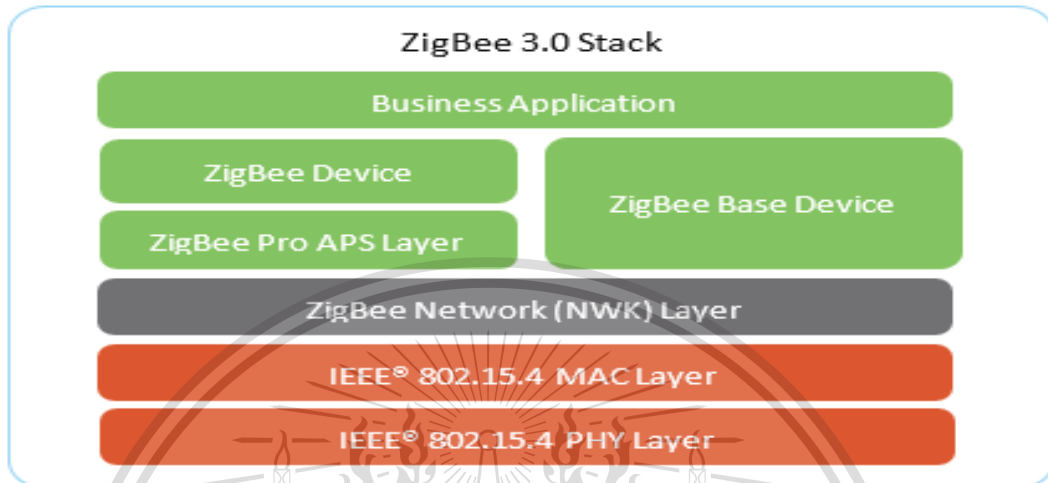
โพรโตคอลซิกบีจะใช้เฉพาะในส่วนของชั้นโปรแกรมประยุกต์ (Application Layer) ชั้น สนับสนุนโปรแกรมประยุกต์ (Application Support Layer) และชั้นเครือข่าย (Network Layer) เท่านั้น ในส่วนของชั้นควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง (Mac Layer) และชั้นกายภาพ (Physical Layer) จะใช้ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งทำงานในเรื่องของระดับกำลังสัญญาณ คุณภาพของการ เชื่อมต่อ (Link Quality) การควบคุมการเข้าถึง (Access Control) และการรักษาความปลอดภัย เป็นต้น โดยมีโครงสร้างของโพรโตคอลซิกบี เป็นดังนี้

ชั้นโปรแกรมประยุกต์เป็นชั้นที่มีส่วนที่เรียกว่าโครงสร้างกรอบโปรแกรมประยุกต์ (Application Framework) โดยมีออบเจกต์ของอุปกรณ์ซิกบี (ZigBee Device Object หรือ ZDO) ทำหน้าที่ในการควบคุมการเข้าถึงและใช้งานในชั้นโปรแกรมประยุกต์ ส่วนในชั้นสนับสนุนโปรแกรมประยุกต์นั้น ทำหน้าที่ในการสร้างไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โปรแกรมประยุกต์ และส่วนของชั้นเครือข่าย ทำหน้าที่ในการค้นหาเส้นทางจ้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือ ต่างเครือข่ายกัน โครงสร้างชั้นโปรโตคอลของซิกบีแสดงในภาพที่

2.4



รูปที่ 2.5 โครงสร้างชั้นโปรโตคอลของซิกบี (ZigBee Protocol Stack)

ขั้นตอนการทำงานของโปรโตคอลซิกบีในอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นดังนี้

ตัวประสานการเชื่อมต่อของซิกบี (ZigBee Coordinator) เริ่มต้นเครือข่ายโดยการ ตรวจสอบการเข้าใช้ช่องสัญญาณของสัญญาณวิทยุในบริเวณรอบ ๆ ถ้ามีช่องสัญญาณที่ไม่ได้ถูกใช้ โดยตัวประสานการเชื่อมต่อของ ซิกบีตัวอื่นก็สามารถเริ่มต้นเครือข่ายได้ จากนั้นตัวประสานการเชื่อมต่อของซิกบีจะทำหน้าที่เป็น ศูนย์กลางของเครือข่ายรองรับการเข้าร่วมเครือข่ายของอุปกรณ์ซิกบีปลายทาง (ZigBee End Device) และรองรับการร้องขออื่นๆตามมาตรฐานด้วยเช่นกัน

อุปกรณ์ซิกบีปลายทางเริ่มต้นการทำงานโดยการร้องขอไปยังตัวประสานการเชื่อมต่อ ของซิกบีประจำ เครือข่ายนั้น ๆ โดยการตรวจสอบผ่านช่องสัญญาณต่าง ๆ ว่าตัวประสานการเชื่อมต่อของซิกบีใช้ช่องสัญญาณ ใดอยู่ เมื่อทำการเข้าร่วมเครือข่ายเสร็จสิ้นอุปกรณ์ซิกบีปลายทางจึงสามารถทำการร้องขอคำสั่งอื่น ๆ ผ่านทาง ตัวประสานการเชื่อมต่อของซิกบีได้

2.6.1 โปรโตคอลค้นหาเส้นทางของซิกบี (ZigBee Routing Protocol)

AODV (Ad hoc On Demand Distance Vector) Routing Algorithm โปรโตคอลค้นหาเส้นทาง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ของซิกบีเป็นโปรโตคอลค้นหาเส้นทางที่นิยมมากชนิดหนึ่ง สำหรับเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจ (Ad Hoc Network) ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้ มีลักษณะคล้ายกับการหาเส้นทางจากต้นแบบไดนามิก (Dynamic Source Routing หรือ DSR) ในส่วนที่มีการ This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

กระจายการร้องขอการค้นหาเส้นทาง (Broadcast Route Request) ไปยังเพื่อนบ้านและส่งข้อมูลการร้องขอ เป็นแบบเครื่องต่อเครื่อง (Hop By – Hop) ในการลดโอเวอร์เฮด (Overhead) ของการร้องขอการค้นหา เส้นทาง (Route Request) แต่ละโหนดจะมีกระบวนการปรับปรุงตารางค้นหาเส้นทาง (Routing Table) ในการจัดการข้อมูลของ เส้นทางในโหนดข้างเคียง แต่ละโหนดจะมีการปรับปรุงตารางเป็นคาบเวลา (Periodically) โดยที่ขึ้นอยู่กับาร้องขอด้วย ในการปรับปรุงนั้นจะตรวจสอบแต่ละโหนดข้างเคียงและ กระจายไปยัง โหนดอื่น ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม AODV มีจุดอ่อนอยู่ที่มีการเคลื่อนที่ของแต่ละ โหนดสูง (High Mobility) ซึ่งสาเหตุทำให้มีการจราจรที่หนาแน่น (High Traffic) ที่เกิดจากการ ปรับปรุงตาราง การลดความหนาแน่นของการจราจรในเครือข่ายจะช่วยลดอัตราการปรับปรุงตาราง การค้นหาเส้นทางได้ แต่ก็ ส่งผลให้เกิดความล้มเหลวในการค้นหาเส้นทาง (Routing Failure) ได้เช่นกัน

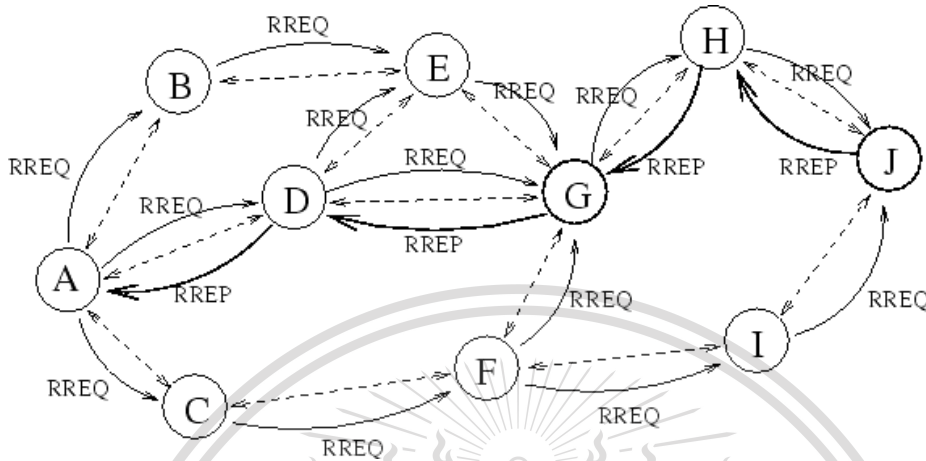
AODV นั้นเป็นโปรโตคอลแบบ Source Initiated On-Demand Drive/Reactive ซึ่งหา เส้นทางก็ ต่อเมื่อต้นทาง (Source) ต้องการหาเส้นทางไปยังปลายทาง (Destination) เมื่อหาเส้นทาง ได้แล้วจะหยุดการ ค้นหา ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะช่วยลดการใช้แบนวิธิต (Bandwidth) ในช่องสัญญาณ แต่จะต้องเสียเวลาการหา เส้นทางใหม่เมื่อต้องการส่งข้อมูล เนื่องจากโปรโตคอลนี้ใช้ในลักษณะ ของเครือข่ายที่เปลี่ยนแปลงอยู่ ตลอดเวลา เช่น มีการย้ายตำแหน่งของโหนดที่เคลื่อนย้ายได้ (Mobile Node) เป็นต้น โปรโตคอลนี้จะมีการส่ง ข้อความควบคุม (Control Message) เป็นช่วง ๆ เพื่อใช้ในการกำหนดเส้นทางหรือปรับปรุงเส้นทาง

สำหรับโหนดที่สามารถติดต่อได้โดยตรงจะเรียกว่าโหนดข้างเคียง (Neighbor) โดย โหนดจะเก็บข้อมูล ของโหนดข้างเคียง เมื่อได้รับ Hello Message ที่แต่ละโหนดจะทำการกระจาย ข้อมูลออกมาตามช่วงเวลา ที่กำหนดเอาไว้ เมื่อมีโหนดใด ๆ ที่ต้องการส่งข้อความ (Message) ไปยังโหนดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่โหนดข้างเคียง โหนดตัวนั้นจะทำการ Broadcast Route Request Message (RREQ) ซึ่งใน RREQ จะประกอบไปด้วยต้น ทาง (Source) ปลายทาง (Destination) อายุ (Life Span) ของข้อมูลและหมายเลขลำดับ (Sequence Number)

การทำงานของการค้นหาเส้นทาง AODV จะเริ่มเมื่อโหนดต้นทางต้องการที่จะส่งข้อมูล ไปยัง ปลายทาง โหนดต้นทางจะทำการส่งข้อมูลการร้องขอการค้นหาเส้นทาง (Route Request หรือ RREQ) ไปยัง โหนดข้างเคียงและโหนดที่ได้รับก็จะทำการส่งต่อไปยังโหนดข้างเคียงต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงโหนดปลายทางที่ ต้องการที่จะติดต่อด้วย เมื่อโหนดปลายทางได้รับ RREQ ตัวแรกที่มาถึง โหนดปลายทางจะส่งข้อความตอบ กลับการค้นหาเส้นทาง (Route -Reply) กลับไปยังโหนดต้นทางที่ ทำการส่ง RREQ มาให้โดยส่งกลับไป ในเส้นทางที่ RREQ ตัวแรกมาถึง เพราะถือว่าใช้เวลาอันน้อย ที่สุดในการส่ง RREQ มาให้โดยส่งกลับไป ในเส้นทางที่

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

RREQ ตัวแรกมาถึงเพราะถือว่ามีเวลาน้อยที่สุดในการส่ง RREQ จากต้นทางการค้นหาเส้นทางของโปรโตคอล ได้แสดงดังภาพที่ 2.5



รูปที่ 2.6 เส้นทางของโปรโตคอล

2.7 การประยุกต์ใช้งานของซิกบี (ZigBee Application)

ซิกบี เป็นชิพเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายขนาดเล็ก การนำมาใช้งานนั้น จะใช้ในกรณีที่ ต้องการอัตราการส่งข้อมูลต่ำ (Low Data Rate) และใช้พลังงานต่ำ (Low Power Consumption) การประยุกต์ใช้ซิกบีที่มีตัวอย่างดังนี้คือ

การควบคุมและความบันเทิงภายในบ้าน (Home Entertainment and Control) เช่น ระบบเปิด - ปิดไฟแบบอัตโนมัติ การควบคุมอุณหภูมิการรักษาความปลอดภัย การควบคุมการดูหนังและฟังเพลง เป็นต้น การรับรู้ภายในบ้าน (Home Awareness) เช่น เซนเซอร์ตรวจจับน้ำ ตรวจจับพลังงาน ตรวจจับควัน ตรวจจับไฟ และระบบเครื่องใช้แบบอัจฉริยะ การบริการแบบเคลื่อนที่ (Mobile Device) เช่น ระบบชำระเงิน ระบบติดตามและ ควบคุม ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบดูแลสุขภาพ โรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Plant) เช่น การควบคุมกระบวนการ การจัดการ สิ่งของที่มีค่า การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม การจัดการด้านพลังงาน และการควบคุม อุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

2.8 ค่าความเข้มของสัญญาณ ((Received Signal Strength Indication : RSSI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เป็นค่าที่ใช้บอกความแรงของสัญญาณวิทยุที่ได้รับในเทอมของพลังงาน มีหน่วยเป็น dBm (decibels milliwatt) โดยค่า RSSI จะแปรผัน ตรงกับความแรงของสัญญาณ นั่นคือ ถ้าค่า RSSI มีค่ามากแสดง ว่า

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

สัญญาณที่ได้รับมีความแรงสูง นั่นคือตัวส่งและตัวรับอยู่ใกล้กัน และในทางกลับกันหากค่า RSSI มีค่าน้อย แสดงว่าสัญญาณที่ได้รับ มีความแรงต่ำ ตัวส่งและตัวรับอยู่ไกลกัน

2.9 ค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้การวัดระยะระหว่างเซนเซอร์กับวัตถุ ด้วยการนับเวลาการเดินทางของอนุภาคคลื่นแสงที่ถูกยิงออกไป ตั้งแต่ส่งออกจากภาคส่ง (Emitter) และสะท้อนจากวัตถุกลับมายังภาครับ (Receiver) เมื่อคำนวณแล้วจะทำให้ทราบระยะห่างระหว่างเซนเซอร์และวัตถุ โดยเทคโนโลยี ToF ถูกนำมาใช้การตรวจจับของโฟโต้เซนเซอร์รุ่นใหม่ ๆ เนื่องจากมีความแม่นยำในการตรวจจับมากกว่าโดยตรวจจับจากระยะห่างจากการคำนวณ ซึ่งแตกต่างจากเซนเซอร์แสงทั่วไปที่ใช้การตรวจจับโดยเพียงวัดปริมาณแสงที่สะท้อนวัตถุกลับมา โดยที่หากวัตถุมีสีที่สะท้อนแสงได้น้อย (เช่น ตรวจจับผิววัตถุสีเข้ม หรือสีดำ) จะส่งผลกระทบต่อปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ ทำให้โฟโต้เซนเซอร์ทั่วไปมีปัญหาในการตรวจจับดังกล่าว เทคโนโลยี ToF จึงช่วยให้การตรวจจับมีความเสถียรสูง ตรวจจับได้ไกล และสีของวัตถุไม่ส่งผลต่อการตรวจจับ เหมือนโฟโต้เซนเซอร์รุ่นทั่วไป

2.10 XBee - Pro

XBee - Pro เป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และมีเสาอากาศอยู่ ภายในอุปกรณ์ XBee - Pro จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่รับและส่งสัญญาณ (Transceiver) สามารถทำ หน้าที่ส่งหรือรับสัญญาณสลับกันไปในเวลาเดียวกัน (Half Duplex) ซึ่ง XBee - Pro ที่ใช้ในการวิจัย นั้นใช้ความถี่ 2.4 GHz มีระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ สามารถติดตั้งได้สะดวก การรับส่งข้อมูลจะเป็นการติดต่อภายใน (Interface) แบบการรับและส่งแบบสากลในเวลาที่แตกต่างกัน (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter หรือ UART) การควบคุม XBee - Pro นั้นสามารถควบคุมผ่านทาง AT Command โดยใช้โปรแกรม X-CTU โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) หรือ ผ่านทางการรับส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.10.1 ชุดทดลองประกอบ XBee-Pro

ภายในชุดทดลองประกอบไปด้วยชุดอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- 1) ชิพ X Bee - Pro โมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สาย 2.4 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่มีเหตุที่แสดงเนื้อหา 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) บอร์ดเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ ชุดอุปกรณ์ ชิพ XBeePro จะต่อกับแผงวงจรเชื่อมต่อ ซึ่งโครงการนี้ได้ออกแบบมาให้ใช้พลังงานจาก แบตเตอรี่ขนาด AA 1.5 V และในส่วนบอร์ดเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์จะ ใช้พลังงานไฟฟ้าจากคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB รวมทั้งสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วย



รูปที่ 2.7 โมดูลสื่อสารไร้สาย XBee-Pro

2.10.2 รูปการกระจายสัญญาณของ XBee - Pro

ชิพเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแต่ละประเภทนั้นจะมีระยะการกระจายสัญญาณที่แตกต่างกัน ออกไปตามชนิดของเสาอากาศแต่ละประเภทโดยทั่วไปแล้วการกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุจะเป็นแบบรูปโดนัท (Doughnut) ชิพเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายของ XBee - Pro นั้นมีเสาอากาศ 3 ประเภทคือ เสาอากาศแบบ U.FL RF Connector (U.FL RF Connector Antenna) เสาอากาศแบบวิฟ (Whip Antenna) และเสาอากาศแบบชิพ (Chip Antenna) การกระจายสัญญาณของเสาอากาศแบบ U.FL RF Connector เสาอากาศแบบวิฟ และเสาอากาศแบบชิพ

โดยผู้จัดทำได้ใช้งานสายอากาศชนิดแบบวิฟเนื่องจากชิพของ XBee - Pro ได้ถูกออกแบบ มาในลักษณะแบบวิฟเท่านั้น ดังนั้นโครงการนี้จึงได้เลือกใช้เสาอากาศแบบวิฟเพื่อใช้สร้างอุปกรณ์ ของระบบระบุตำแหน่งภายในอาคาร

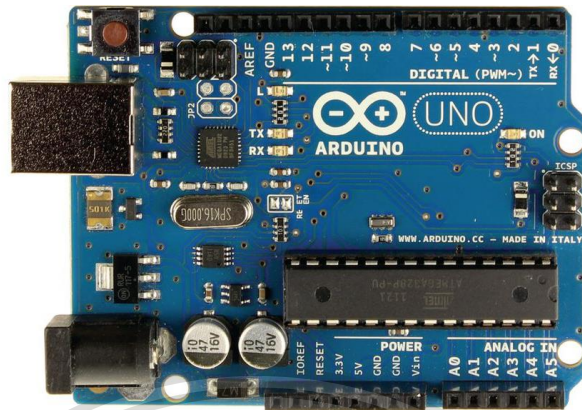
2.11 Arduin UNO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ออกมา มีขนาดประมาณ 68.6x53.4mm เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้

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

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

มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนา
เรื่อยๆมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD



รูปที่ 2.8 Arduino UNO

2.12 Raspberry Pi

Raspberry Pi เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีความสามารถเทียบเท่าคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งเลย
ซึ่งมีผู้คนนำอุปกรณ์ตัวนี้มาพัฒนา Software หรือ Application ที่ทำงานบนอุปกรณ์ตัวนี้มากมาย จึงทำให้มี
แหล่งความรู้มากมายเช่นกันสำหรับอุปกรณ์ตัวนี้ บอร์ดตัวนี้สามารถต่อจอ คีย์บอร์ด เมาส์ หรือลำโพงได้ แต่ที่
เราจะนำอุปกรณ์ตัวนี้มาใช้ เป็นความสามารถอีกด้าน คือนำมาลงระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งชื่อว่า Raspbian
คือ Raspberry Pi + Debian Linux = Raspbian ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการฟรี และยังสามารถเปิดทำงานได้
ตลอด 24 ชั่วโมง กินไฟน้อย สามารถทำงานได้เหมือนกับ PC ที่ลงระบบปฏิบัติการ Linux จริง ๆ ได้ สามารถ
ใช้เป็น Mini Server ทุก ๆ อย่างได้ เช่น Web Server, Database Server, Syslog Server, Mail Server,
Internet Server



รูปที่ 2.9 รูป Raspberry Pi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
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.

2.10.1 การทำ Raspberry Pi เป็น web server

การทำ Raspberry Pi ให้เป็น server นั้นเพื่อที่จะได้เก็บข้อมูลของการวัดตำแหน่ง ที่ได้จาก ตัวอุปกรณ์ XBee – pro มาประมวลผลแล้วนำไปแสดงที่ Web Application อีกที

- 1) ทำการติดตั้ง Apache ด้วยคำสั่ง `sudo apt-get install apache2 -y`
- 2) เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วให้ลองเปิด Web Browser แล้วเข้าไปที่ IP Address ของ Raspberry Pi เช่น 192.168.1.37 หรือถ้าเปิด Web Browser บน Raspberry Pi ก็ให้เข้าไปที่ `http://localhost` ก็ได้เช่นกัน
- 3) ต่อไปให้ทำการติดตั้ง PHP ด้วยคำสั่ง `sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 -y`
- 4) เปิด Web Browser แล้วกำหนดเป็น IP Address ของ Raspberry Pi อีกครั้ง
- 5) ติดตั้ง MySQL ได้ด้วยคำสั่ง `sudo apt-get install mysql-server php5-mysql -y` โดยจะใช้เวลาในการติดตั้งที่ค่อนข้างนานพอสมควร
- 6) ติดตั้ง PHPMyAdmin เพื่อเข้าไปจัดการฐานข้อมูลก็ให้ใช้คำสั่ง `sudo apt-get install phpmyadmin`
- 7) ให้ Raspberry Pi ไปนำค่า TOF และตำแหน่งของ End Device ที่ทำการประมวลผลแล้วมาจาก Coordinator
- 8) ทำการนำค่า TOF และตำแหน่งของ End Device ไปใส่ในไฟล์ Text
- 9) อัปเดตขึ้น Web Server
- 10) แสดงผลบนหน้าเว็บเพจ (Web Page)

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 3

วิธีดำเนินและหลักการของการหาตำแหน่งภายในอาคาร

3.1 กล่าวนำ

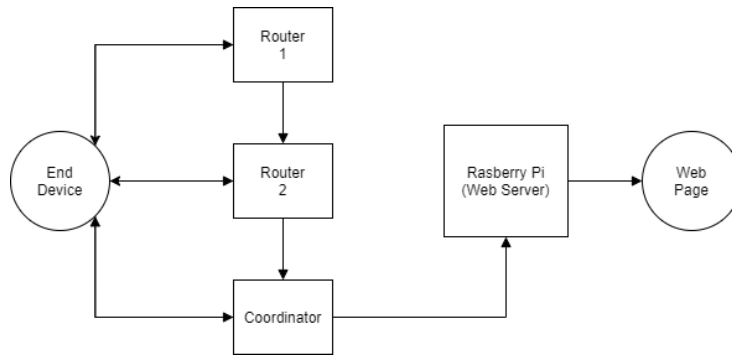
การระบุตำแหน่งเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพราะสามารถที่จะอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้โดยสามารถที่จะทราบตำแหน่งของสิ่งที่กำลังติดตามหรือทราบเส้นทางในการเดินทางไปยังตำแหน่งของสิ่งที่กำลังติดตามในโครงการขึ้นนี้ได้นำการระบุตำแหน่งมาใช้งานในการหาตำแหน่งของ คนใช้ บุคลากร หรืออุปกรณ์ที่อยู่ภายในโรงพยาบาล ในบทนี้ได้อธิบายถึงทฤษฎีและหลักการในการ หาตำแหน่งภายในอาคาร วิธีการคำนวณตำแหน่งนั้นมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับว่าการออกแบบระบบระบุตำแหน่งถูกออกแบบมาอย่างไร ซึ่งลักษณะการระบุตำแหน่งนั้นขึ้นอยู่กับค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณตำแหน่ง เช่น อินฟราเรด (Infrared) อัลตราซาวด์ (Ultrasound) หรือ อัลตราโซนิก (Ultrasonic) ส่วนโครงการขึ้นนี้ได้ทำการเลือกใช้ค่าในการระบุตำแหน่งทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ ค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indication : RSSI) เนื่องจากสามารถส่งข้อมูลผ่านกำแพงหรือสิ่งกีดขวางภายในอาคารได้ วิธีการคำนวณตำแหน่งโดยใช้ค่า RSSI จึงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดระยะทาง สามารถวัดได้ โดยใช้ข้อมูลของเวลาที่ได้รับสัญญาณ (Time of Arrival) และโครงการนี้ยังเลือกใช้วิธีการนำเปรียบเทียบค่าเวลาความต่างของเวลาในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of flight : TOF) ในการระบุตำแหน่งอีกด้วยโดยที่ค่า TOF สามารถทำการคำนวณได้จากผลต่างของเวลาก่อนส่งและหลังส่งซึ่งโครงการขึ้นนี้ได้ใช้ Arduino Uno ในการเขียนโค้ดชุดคำสั่งเพื่อทำการคำนวณค่า TOF โดยในหัวข้อนี้จะอธิบายพร้อมทั้งจำแนกประเภทและเทคนิค ในการหาตำแหน่งภายในอาคาร ซึ่งวิธีการคำนวณหาตำแหน่งทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าที่ได้และนำมาประมวลผลว่าค่าจาก Xbee ตัวใดมีค่าน้อยที่สุดแสดงว่า Xbee ตัวนั้นอยู่ใกล้สิ่งที่กำลังติดตามมากที่สุด

ทั้งนี้โครงการนี้จะมุ่งเน้นในการหาตำแหน่งภายในอาคารบนพื้นฐานเทคโนโลยี เครือข่ายซิกบี (Zigbee) โดยจะทำการทดลองหา ตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ และใช้ค่าค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indication : RSSI) หรือ ค่าเวลาความต่างของเวลาในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of flight : TOF) ซึ่งจะนำข้อมูลไปประมวลผลและแสดงผลบนเว็บเพจ (Web Page)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

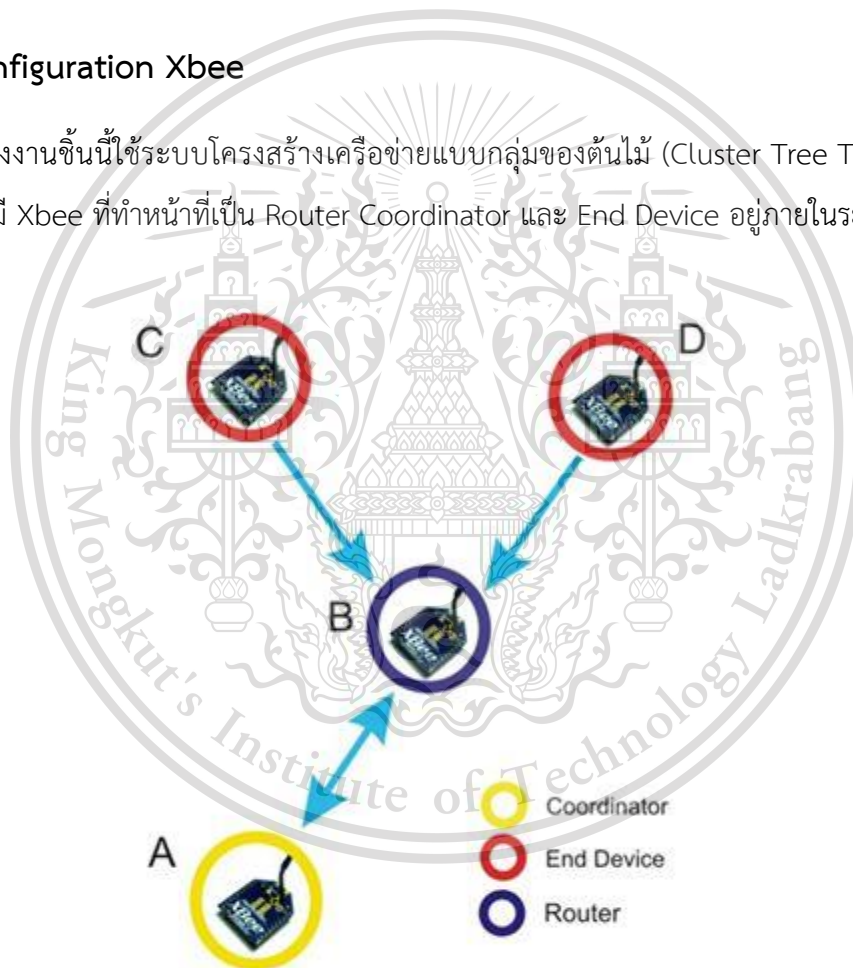
Forbidden to modify the content and cite the document when use.



รูปที่ 3.1 Block Diagram การทำงานของระบบ

3.2 การ Configuration Xbee

ในโครงงานชิ้นนี้ใช้ระบบโครงสร้างเครือข่ายแบบกลุ่มของต้นไม้ (Cluster Tree Topology) ซึ่งในเครือข่ายนี้ จะมี Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น Router Coordinator และ End Device อยู่ภายในระบบ



รูปที่ 3.2 Xbee ที่ทำหน้าที่ต่างๆในเครือข่ายแบบกลุ่มของต้นไม้ (Cluster Tree Topology)

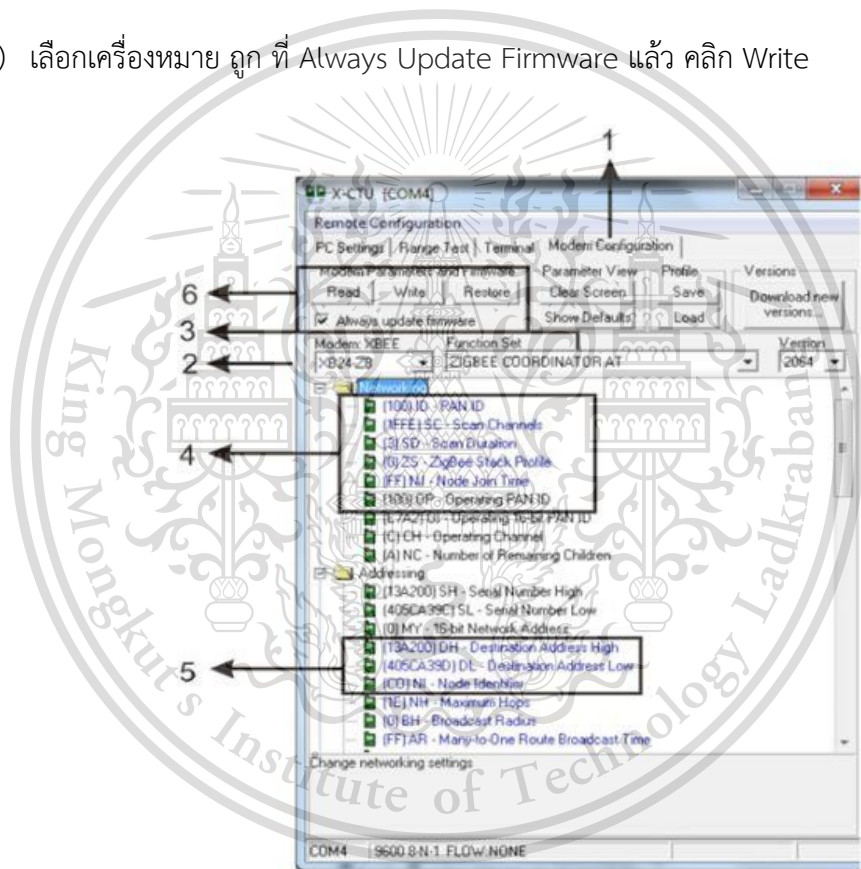
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Coordinator

- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE COORDINATOR AT
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network)
- 5) กำหนด Destination และตั้งชื่อ Node
- 6) เลือกเครื่องหมาย ถูก ที่ Always Update Firmware แล้ว คลิก Write



รูปที่ 3.3 การตั้ง Xbee เป็น Coordinator ในโปรแกรม X-CTU

3.2.2 การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น End Device

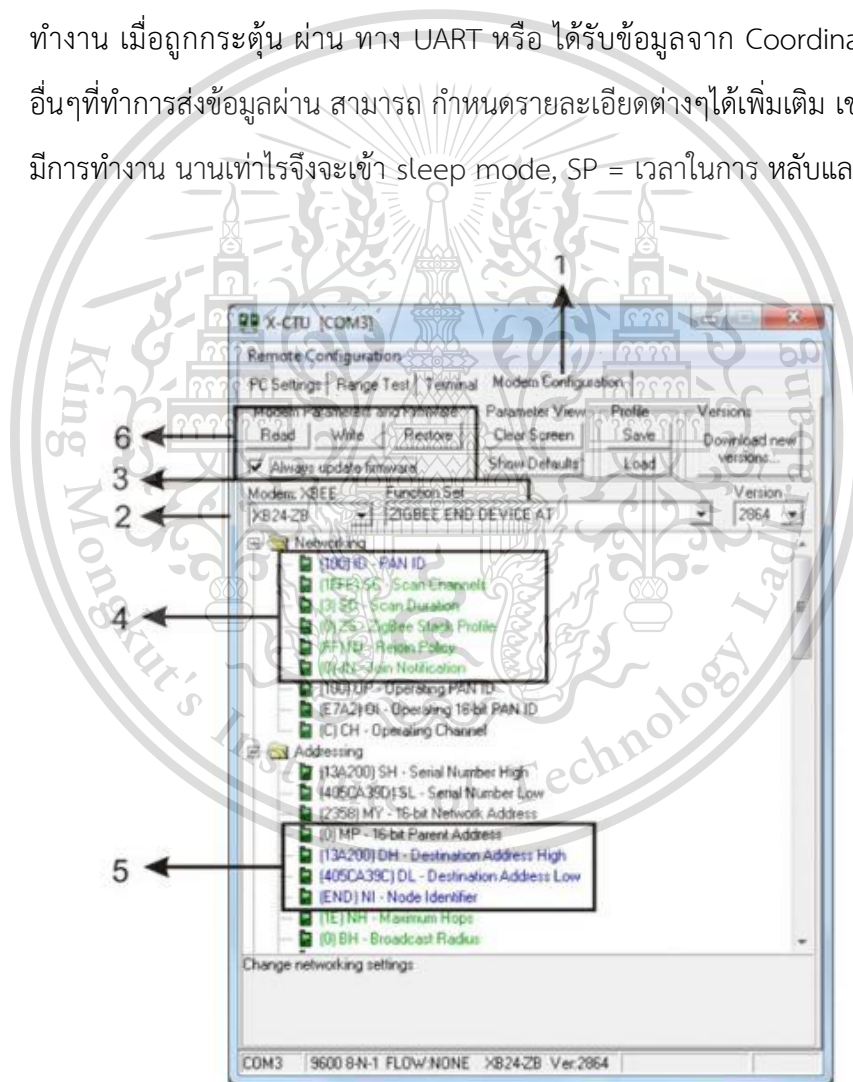
- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้

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) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE END DEVICE AT หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) จะต้องตั้งให้เหมือนกับ Coordinator
- 5) กำหนดจุดหมายและตั้งชื่อ Node โดย ตั้งค่าดังนี้
- 6) กำหนด รูปแบบ การ Sleep ให้กับ End Device ในที่นี้ได้กำหนดให้ใช้ SM = 4 คือ การ Sleep แบบ CYCLIC SLEEP จะหลับ และ ตื่น สลับกันไปอยู่ตลอดเวลา และ จะตื่นขึ้นมาทำงาน เมื่อถูกระตุ้น ผ่าน ทาง UART หรือ ได้รับข้อมูลจาก Coordinator หรือ โหนดอื่นๆที่ทำการส่งข้อมูลผ่าน สามารถ กำหนดรายละเอียดต่างๆได้เพิ่มเติม เช่น ST = หากไม่มีการทำงาน นานเท่าไรจึงจะเข้า sleep mode, SP = เวลาในการ หลับและตื่น สลับกัน

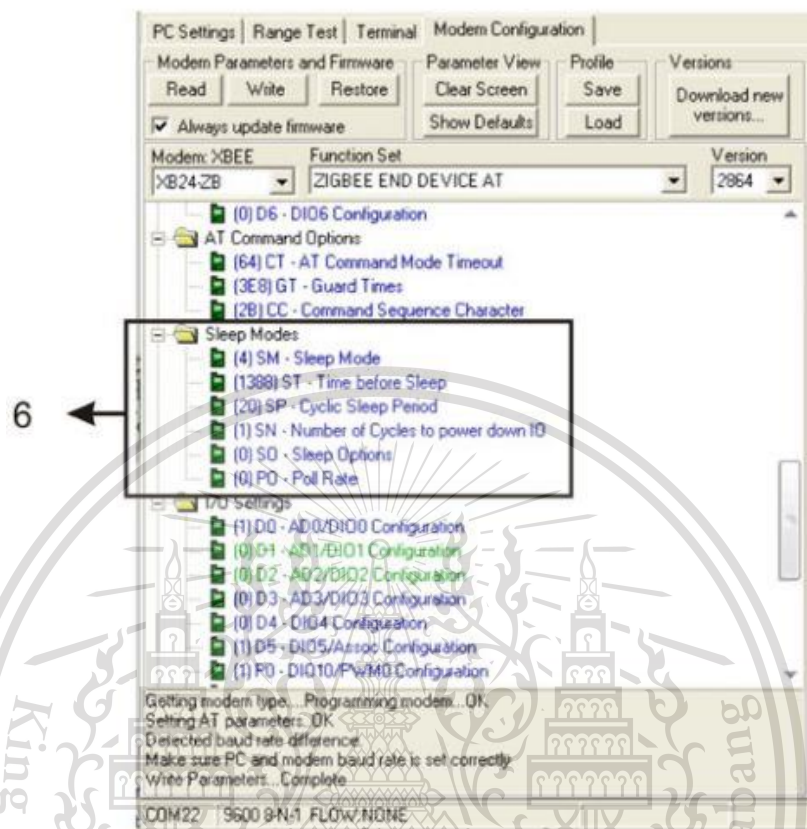


รูปที่ 3.4 การตั้ง Xbee เป็น End Device ในโปรแกรม X-CTU

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 3.5 การตั้ง Xbee เป็น End Device ในโปรแกรม X-CTU [ต่อ]

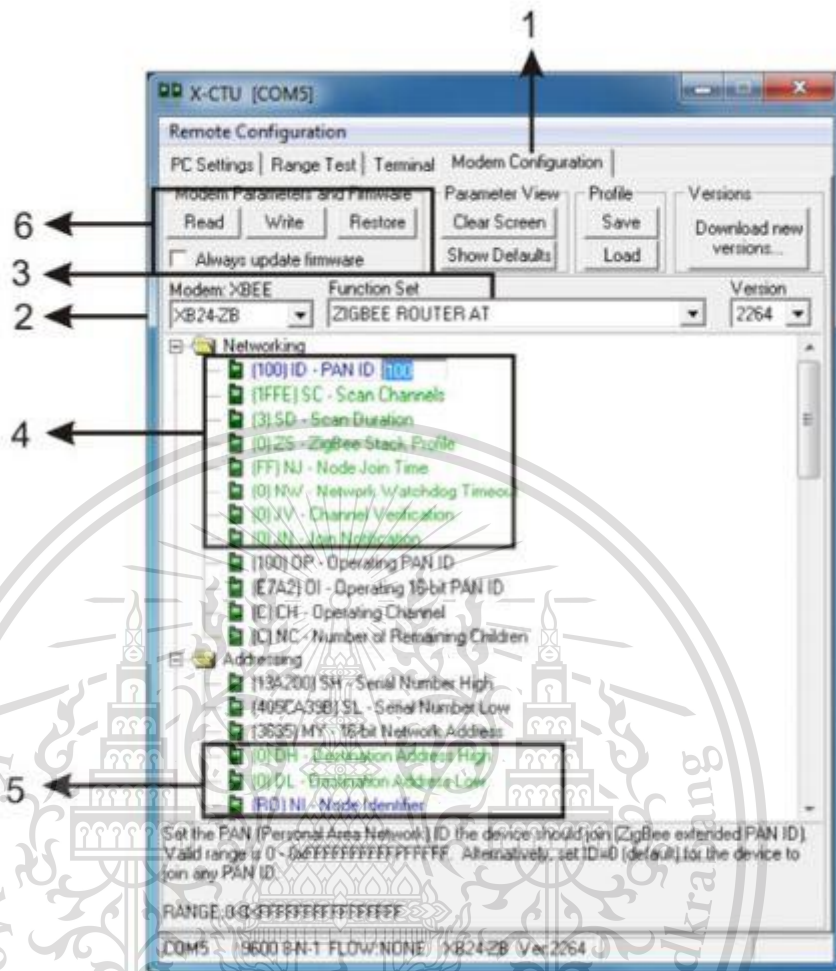
3.2.3 การตั้งค่า XBee ให้ทำงานเป็น Router

- 1) เข้าไปที่ Modem Configuration
- 2) เลือก Modem XBee ให้ตรงตามรุ่นที่ใช้
- 3) เปลี่ยน Firmware ให้เป็น ZIGBEE ROUTER AT หรือ ZNET 2.5 ROUTER/END DEVICE AT
- 4) ตั้ง PAN (Personal Area Network) จะต้องตั้งให้เหมือนกับ Coordinator
- 5) กำหนดจุดหมาย และตั้งชื่อ Node โดย ตั้งค่า DH = 00, DL = 00
NI = RO (ตั้งชื่อ Node ว่า RO)

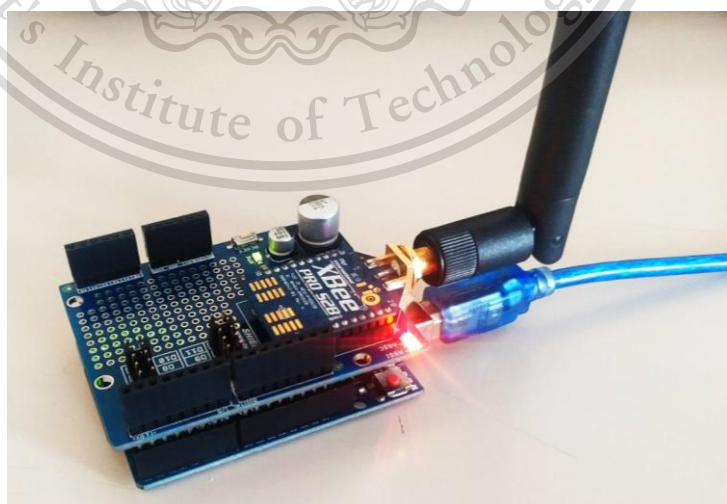
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 3.6 การตั้ง Xbee เป็น Router ในโปรแกรม X-CTU

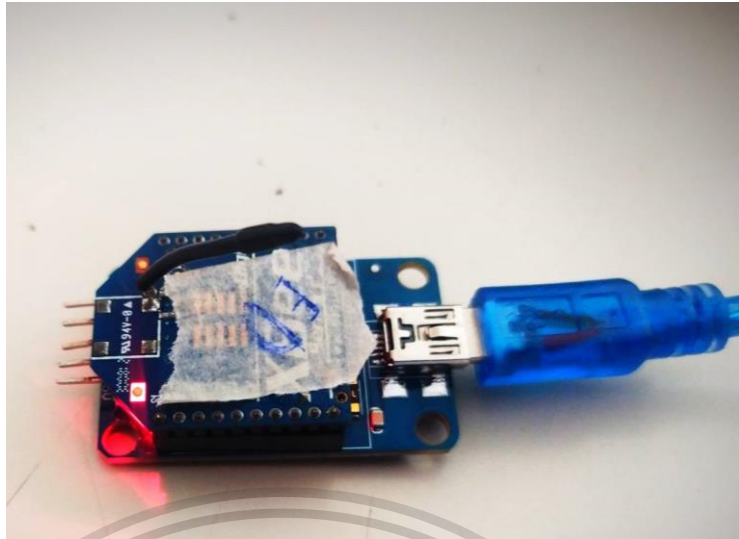


รูปที่ 3.7 Coordinator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการเรียนการสอน 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 3.8 End Device

3.3 ออกแบบการทดลองวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI) และค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)

โดยจะทดลองเพื่อดูค่าความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI) และค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) เพื่อที่จะประกอบการตัดสินใจในการเลือกค่าที่ดีที่สุดในการใช้ระบุตำแหน่งโดยที่ค่า RSSI จะทำการทดลองโดยเก็บค่าที่ได้จากตัวอุปกรณ์ Xbee ได้เลยโดยต่อ Oscilloscope เข้าที่ขา Output ของ Xbee โดย Xbee ตัวนี้จะทำการติดตั้งอยู่กับที่ และนำ Xbee อีก 1 ตัวไปติดตั้งอยู่ห่างกันในระยะที่มากขึ้นตามลำดับซึ่งโครงงานนี้ทำการวัดทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ 1 5 10 50 เมตร ตามลำดับและทำการเก็บค่า RSSI ระยะทางละ 10 ค่า

ค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) จำเป็นที่จะต้องใช้ Arduino Uno เข้ามาทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่จะสั่งให้ Xbee ส่งข้อมูลขนาดต่างๆซึ่งในโครงงานนี้กำหนดให้ส่งข้อมูล Package ทั้งหมด 3 ขนาด ได้แก่ 20 40 80 Byte ตามลำดับ โดยที่ Xbee ที่ทำการส่งข้อมูล Package ให้ทำการ Config ให้เป็น Coordinator และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ซึ่ง Xbee ตัวนี้จะให้ทำการติดตั้งไว้กับที่และนำ Xbee อีก 1 ตัวซึ่งให้ Config Xbee ตัวนี้ให้เป็น End Device และทำการนำไปติดตั้งอยู่ห่างกันในระยะที่มากขึ้นตามลำดับซึ่งโครงงานนี้ทำการวัดทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ 1 5 10 50 เมตร ตามลำดับและทำการเก็บค่า TOF ระยะทางละ 10 ค่าซึ่งสามารถดูค่าได้จากโปรแกรม Arduino IDE จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ ห้ามใช้ในงานเพื่อการค้าหรืองานที่มุ่งหวังกำไรโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่าจะในรูปแบบใดก็ตาม หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้แจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เมื่อได้ค่าที่ดีที่สุดในการระบุตำแหน่งแล้วจะทำการทดลองการส่งค่าผ่านสิ่งกีดขวางเพื่อทดสอบข้อจำกัดของระบบโดยการทดลองทำการส่งค่าผ่านสิ่งกีดขวางทั้งหมด 2 ชนิดนั่นก็คือ กำแพงห้องและโลหะในการทดลองให้ทำการนำ Xbee 1 ตัวไปติดไว้ภายในห้องที่มีสิ่งกีดขวางเป็นกำแพง และทำการนำ Xbee ที่จะใช้ในการต่อเพื่อทำการเก็บค่าขยับไปตามระยะที่มากขึ้นตามลำดับซึ่งโครงงานนี้ทำการวัดทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ 1 5 10 50 เมตร ตามลำดับและทำการเก็บค่าระยะทางละ 10 ค่า

เมื่อเก็บค่าที่ทำการส่งผ่านสิ่งกีดขวางคือกำแพงเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดลองผ่านสิ่งกีดขวางคือโลหะโดยการทดลองเช่นเดิมคือให้ทำการนำ Xbee 1 ตัวไปติดไว้ภายในตู้เหล็ก และทำการนำ Xbee ที่จะใช้ในการต่อเพื่อทำการเก็บค่าขยับไปตามระยะที่มากขึ้นตามลำดับซึ่งโครงงานนี้ทำการวัดทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ 1 5 10 50 เมตร ตามลำดับและทำการเก็บค่าระยะทางละ 10 ค่า

3.4 การวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI)

ค่า RSSI เป็นค่าความเข้มสัญญาณระหว่าง Xbee 2 ตัวโดยสามารถวัดค่าออกมาได้จากการต่อ Oscilloscope เข้ากับขา Output ของ Xbee ซึ่งการวัดค่าความเข้มของสัญญาณสามารถทำได้ดังนี้

- 1) ต่อ Oscilloscope เข้ากับ Xbee ขา Output ของ Xbee ที่ต่อเข้ากับตัว Arduino Uno และทำ Config ให้ Xbee ตัวนี้ทำหน้าที่เป็น Coordinator
- 2) ทำการ Config Xbee ที่ทำการต่อเข้ากับ Shield เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟให้กับ Xbee ได้ซึ่ง Xbee ตัวนี้ให้ทำหน้าที่เป็น End Device
- 3) นำ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปวางไว้ที่ระยะ 1 เมตร
- 4) ทำการเก็บค่า RSSI ที่แสดงบน Oscilloscope ที่ต่ออยู่กับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น Coordinator โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 5) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 5 เมตร
- 6) ทำการเก็บค่า RSSI ที่แสดงบน Oscilloscope ที่ต่ออยู่กับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น Coordinator โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา 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.

- 8) ทำการเก็บค่า RSSI ที่แสดงบน Oscilloscope ที่ต่ออยู่กับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น Coordinator โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 9) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 50 เมตร
- 10) ทำการเก็บค่า RSSI ที่แสดงบน Oscilloscope ที่ต่ออยู่กับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น Coordinator โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า

3.5 การวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)

ค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) เป็นค่าที่ต้องทำการต่อ Xbee เข้ากับ Arduino Uno และต่อ Arduino Uno เข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยจะเขียนคำสั่งให้ Arduino Uno ทำการส่งข้อมูล Package ขนาดตามที่ทำการกำหนดและทำการเขียนคำสั่งให้ Arduino Uno ทำการคำนวณค่า TOF ออกมาแสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยการทดลองเก็บค่า TOF สามารถทำได้ดังนี้

- 1) ต่อ Xbee เข้ากับตัว Arduino Uno ที่ทำการต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ และทำ Config ให้ Xbee ตัวนี้ทำหน้าที่เป็น Coordinator ทำการส่งตั้งให้ Coordinator ทำการส่งข้อมูล Package ขนาด 20 Byte
- 2) ทำการ Config Xbee ที่ทำการต่อเข้ากับ Shield เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟให้กับ Xbee ได้ ซึ่ง Xbee ตัวนี้ให้ทำหน้าที่เป็น End Device
- 3) นำ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปวางไว้ที่ระยะ 1 เมตร
- 4) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 5) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 5 เมตร
- 6) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า

- 7) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 10 เมตร

- 8) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า

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

- 9) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 50 เมตร
- 10) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 11) ทำการเปลี่ยนขนาดของข้อมูลเป็น 40 Byte
- 12) นำ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปวางไว้ที่ระยะ 1 เมตร
- 13) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 14) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 5 เมตร
- 15) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 16) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 10 เมตร
- 17) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 18) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 50 เมตร
- 19) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 20) ทำการเปลี่ยนขนาดของข้อมูลเป็น 80 Byte
- 21) นำ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปวางไว้ที่ระยะ 1 เมตร
- 22) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 23) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 5 เมตร
- 24) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 25) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 10 เมตร
- 26) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า
- 27) ทำการขยับ Xbee ที่ทำหน้าที่เป็น End Device ไปที่ระยะ 50 เมตร

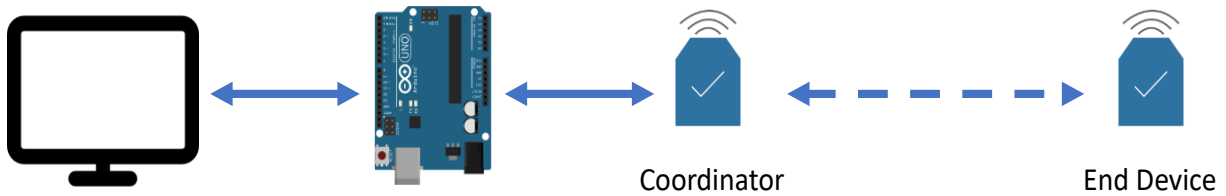
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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.

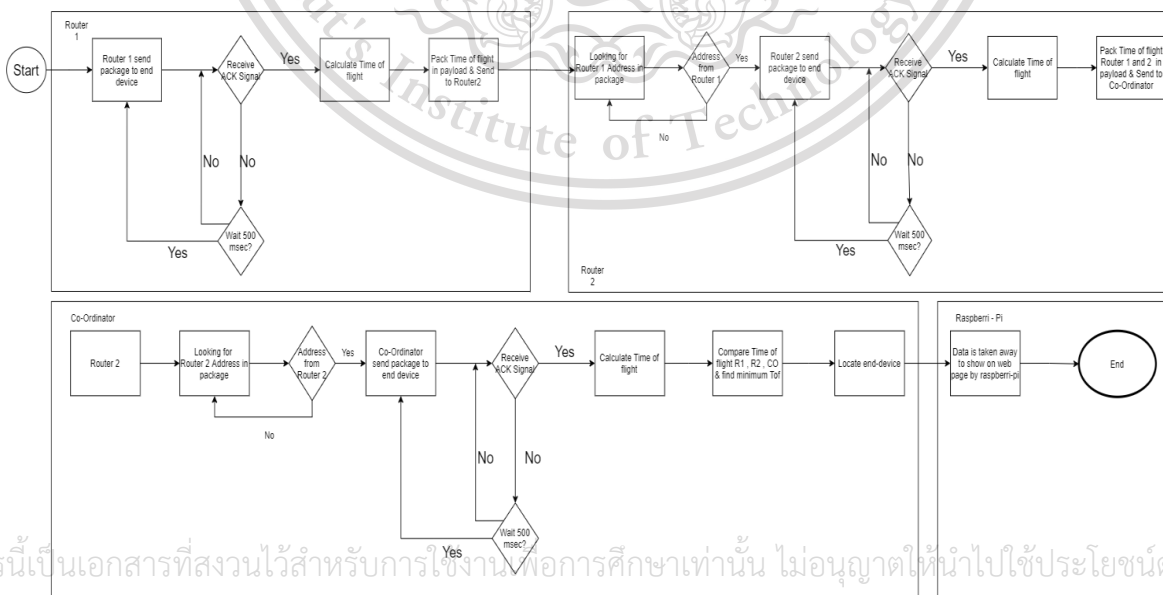
28) ทำการเก็บค่า TOF ที่แสดงบน Serial Monitor ของ Software Arduino IDE โดยทำการเก็บค่าทั้งหมด 10 ค่า



รูปที่ 3.9 การทำงานของระบบในการเก็บค่า

3.6 การออกแบบระบบการระบุตำแหน่ง

การระบุตำแหน่งจะทำการทำงานโดยให้อุปกรณ์ภายในระบบสามารถทำการติดต่อสื่อสารกันได้โดยเลือกใช้โครงสร้างเครือข่ายแบบกลุ่มต้นไม้โดยมีอุปกรณ์ในระบบให้ มี Coordinator Router และ End Device โดยระบบในโครงการนี้ให้มี Coordinator 1 ตัว Router 2 ตัว คือ Router 1 , Router 2 และ End Device 1 ตัวและนำค่าและตำแหน่งที่ระบุได้จากระบบไปอัปโหลดขึ้น Web Server โดย Raspberry Pi และทำการแสดงผลผ่านทางเว็บเพจ (Web Page) โดยการทำงานของระบบสามารถทำการอธิบายได้ตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.10 Flowchart การทำงานของคาสั่ง Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น 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.

โดยสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

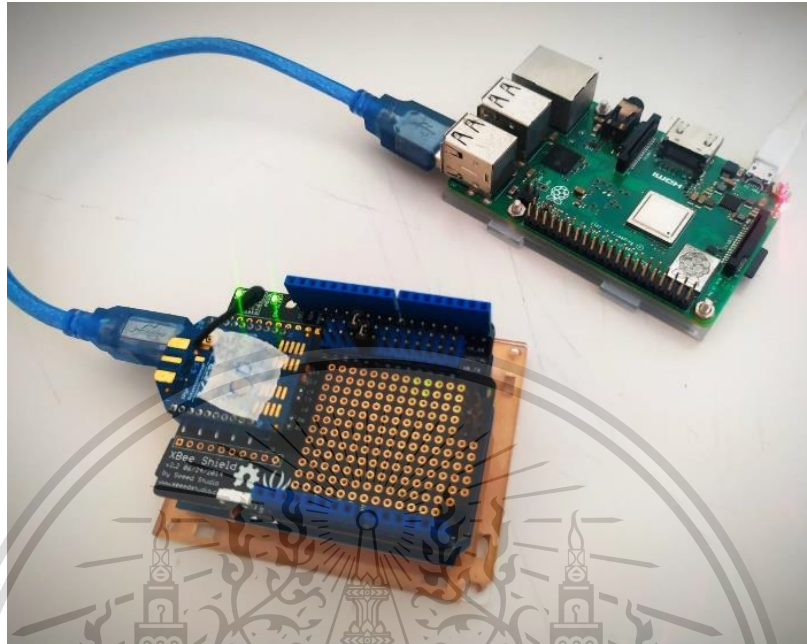
- 1) ทำการเริ่มต้นระบบด้วยการให้ Router 1 Router 2 และ Coordinator เริ่มทำงานพร้อมกันโดยที่ Router 1 ทำการส่งข้อมูล Package ขนาด 20 Byte ไปยัง End Device และเมื่อ End Device ได้รับข้อมูลแล้วจะทำการส่งสัญญาณกลับมายัง Router 1 และ Router 1 จะทำการคำนวณค่า TOF ในส่วนของ Router 2 ให้ทำการรอค่า TOF ที่จะส่งมาจาก Router 2 และส่วนของ Coordinator ให้ทำการรอค่า TOF ที่จะส่งมาจาก Router 2
- 2) เมื่อ Router 1 คำนวณค่า TOF ออกมาแล้วจะทำการส่งค่า TOF ที่คำนวณได้ไปยัง Router 2
- 3) Router 2 เมื่อได้รับค่า TOF จาก Router 1 เรียบร้อยแล้วก็จะทำการการส่งข้อมูล Package ขนาด 20 Byte ไปยัง End Device และ Router 2 จะทำการคำนวณค่า TOF
- 4) เมื่อ Router 2 คำนวณค่า TOF ออกมาแล้วจะทำการส่งทั้งค่า TOF ของตัว Router 2 เองและค่า TOF ของ Router 1 ไปยัง Coordinator
- 5) เมื่อ Coordinator ได้รับค่า TOF จาก Router 2 แล้วจะทำการเรียบร้อยแล้วก็จะทำการส่งข้อมูล Package ขนาด 20 Byte ไปยัง End Device และ Coordinator จะทำการคำนวณค่า TOF
- 6) เมื่อ Coordinator คำนวณค่า TOF ออกมาแล้วจะทำการไปนำค่า TOF ที่ส่งจาก Router 2 มาใช้ในการค้นหาตำแหน่งของ End Device ซึ่งค่า TOF ที่ส่งมาจาก Router 2 นั้นเป็นค่า TOF ของทั้ง Router 1 และ Router 2
- 7) Coordinator จะทำการเปรียบเทียบค่า TOF ทั้งของ Coordinator Router 1 และ Router 2 ว่าค่า TOF ของอุปกรณ์ตัวใดมีค่าน้อยที่สุดซึ่งเมื่อค่า TOF น้อยที่สุดนั้นหมายความว่าอุปกรณ์ตัวนั้นอยู่ใกล้ End Device มากที่สุดนั่นเอง
- 8) เมื่อ Coordinator สามารถระบุตำแหน่งของ End Device ได้แล้ว Raspberry Pi จะทำการเข้าไปนำค่า TOF ของทั้ง Coordinator Router 1 Router 2 และตำแหน่งของ End Device จาก Coordinator มาทำการเขียนในไฟล์ Text
- 9) Raspberry Pi จะทำการอัปโหลดไฟล์ Text ขึ้น Web Server
- 10) แสดงผลผ่านทางหน้าเว็บเพจ (Web Page)

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.

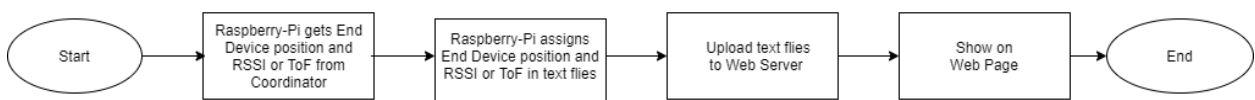
3.7 การออกแบบแสดงผลการระบุตำแหน่ง



รูปที่ 3.11 Raspberry Pi ต่อกับ Coordinator

การแสดงผลจะทำการแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บเพจ (Web Page) ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ Raspberry Pi ทำหน้าที่เป็นตัว Web Server โดยที่เมื่อ Coordinator ได้ค่า TOF จาก Router 1 Router 2 และทำการเปรียบเทียบค่า TOF จนสามารถระบุตำแหน่งของ End Device ได้แล้ว Raspberry Pi จะทำการเข้าไปนำค่า ทั้ง ค่า TOF ของ Router 1 Router 2 Coordinator และตำแหน่งของ End Device มาทำการอัปเดตขึ้น Web Server และแสดงผลผ่านทางหน้า Web Page

3.7.1 การทำงานของ Web Application



รูปที่ 3.12 Flowchart การทำงานของ Raspberry Pi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

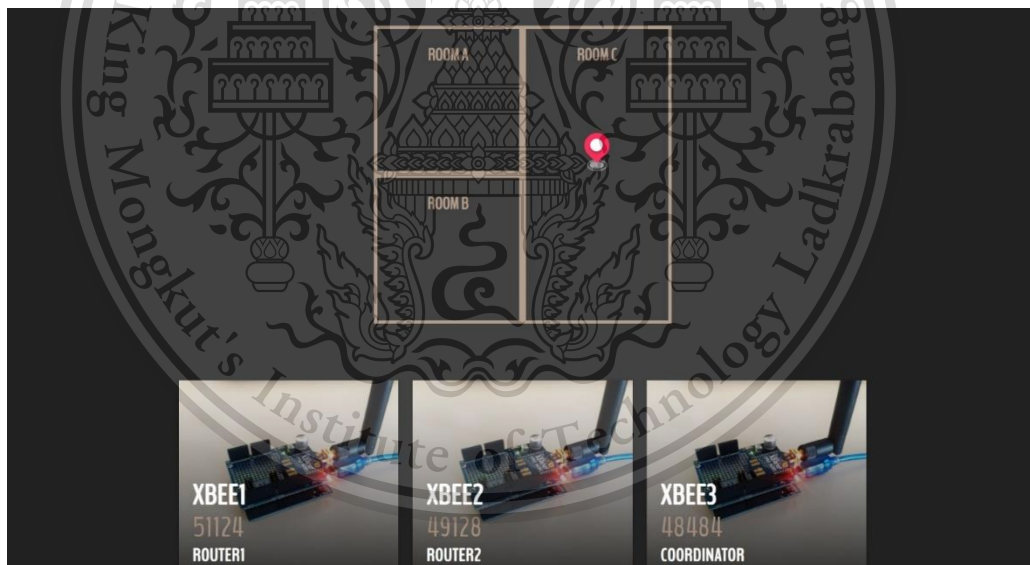
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

- 1) Coordinator ได้รับค่าจาก Router 1 Router 2 และทำการระบุตำแหน่งของ End Device
- 2) Raspberry Pi ทำการไปนำค่าจาก Coordinator มาแก้ไขในไฟล์ Text
- 3) Raspberry Pi ทำการอัปโหลดไฟล์บน Web Server
- 4) ทำการแสดงบน Web Page

3.7.2 การทำ Interface Web Application

การทำหน้าเว็บแอปพลิเคชัน จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ

- 1) ส่วนแสดงผล ตำแหน่งใน Map คือส่วนที่แสดงตำแหน่งของ End Device ว่าอยู่ที่ตำแหน่งใดภายในอาคาร
- 2) ค่าความต่างของเวลาในการรับส่งข้อมูล (Time of Flight : TOF) คือส่วนที่แสดงค่า TOF ของ Router 1 Router 2 และ Coordinator ในขณะนั้น



รูปที่ 3.13 Interface Web Application

3.8 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีและอัลกอริทึมที่สำคัญที่ใช้ในการหาตำแหน่งภายในอาคารและได้ จำแนกประเภทเทคนิคของการหาตำแหน่งภายในอาคาร ซึ่งในโครงการนี้จะมุ่งเน้นในการหาตำแหน่งในวิธีการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากอุปกรณ์ในระบบ โดยได้ใช้นั้นเป็นค่าความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI) และค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of

Flight : TOF) มาใช้ในการระบุตำแหน่ง ซึ่งจะทำการทดลองหาตำแหน่งโดยการอ่านค่าจากตัว Xbee โดยความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI) จะใช้ Oscilloscope เป็นตัวแสดงค่า ส่วนการอ่านค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) จะทำการอ่านค่าผ่านทาง Serial Monitor ของ Software Arduino IDE ซึ่งการที่ใช้ข้อมูลจากตัวชิพโดยตรงและใช้อุปกรณ์เพิ่มเพียงแค่ Arduino นั้นจะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในระบบได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งเมื่อได้ระบุค่าและตำแหน่งออกมาแล้วจะมีการส่งผลข้อมูลไปที่ Web Server โดยอุปกรณ์ Raspberry Pi เป็นตัวประมวลผล และเป็น Web Server ส่งไปแสดงผลที่เว็บเพจ (Web Page) เพื่อแสดงตำแหน่งของวัตถุ หรือ ตำแหน่งของบุคคลภายในสถานที่อาคาร สำหรับในบทถัดไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนและการดำเนินการ ทดลอง เพื่อพิจารณาตามทฤษฎีและอยู่บนหลักของเหตุและผลเป็นสำคัญ



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 4

ผลการทดลอง

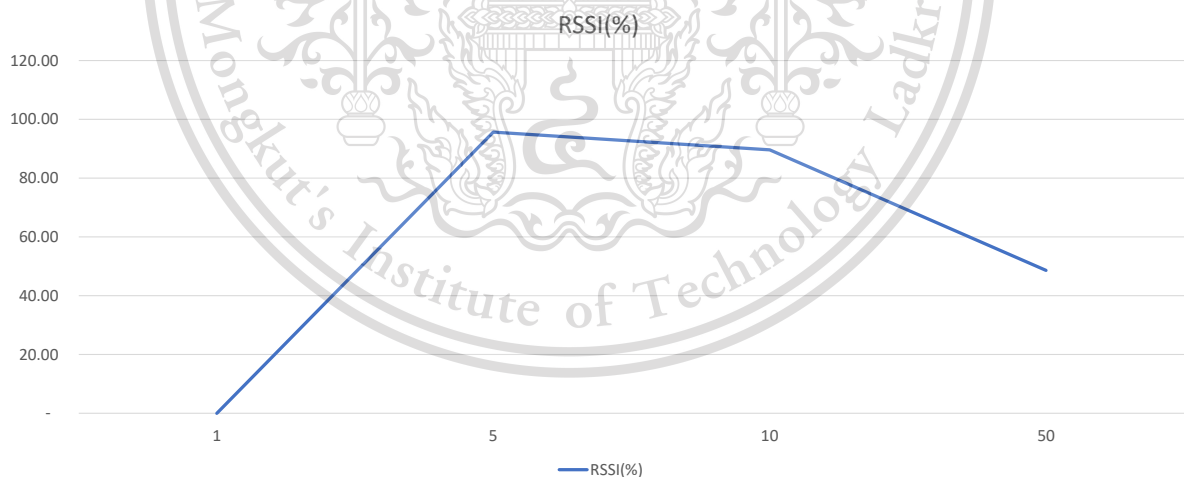
4.1 ผลการทดลองการวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength

Indicator : RSSI)

จากการทดลองวัดค่า RSSI จาก Xbee ที่ระยะ 5 10 25 50 เมตร โดยที่สภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง

ตารางที่ 4.1 ค่า RSSI

Distance	RSSI(%)									
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	95.63	48.56	91.3	87.18	50.2	89.6	45.16	91.21	93	89.59
10	89.6	81	82.78	45.12	77.61	46.9	81.01	77.6	45.12	79.33
50	48.6	79.312	46.7	77.88	45.12	45.1	46.79	43.46	45.12	45.16



รูปที่ 4.1 กราฟค่า RSSI

จากตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.1 พบว่าค่า RSSI ไม่สามารถทำการวัดได้ที่ระยะ 1 เมตร เพราะค่า RSSI นั้นต้องจะวัดได้ก็ต่อเมื่อมีระยะตั้งแต่ 3 เมตร ขึ้นไปและค่า RSSI ที่วัดได้มีความผันผวนเป็นอย่างมากจึงทำให้ไม่สามารถนำค่า RSSI มาใช้ในการระบุตำแหน่ง

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

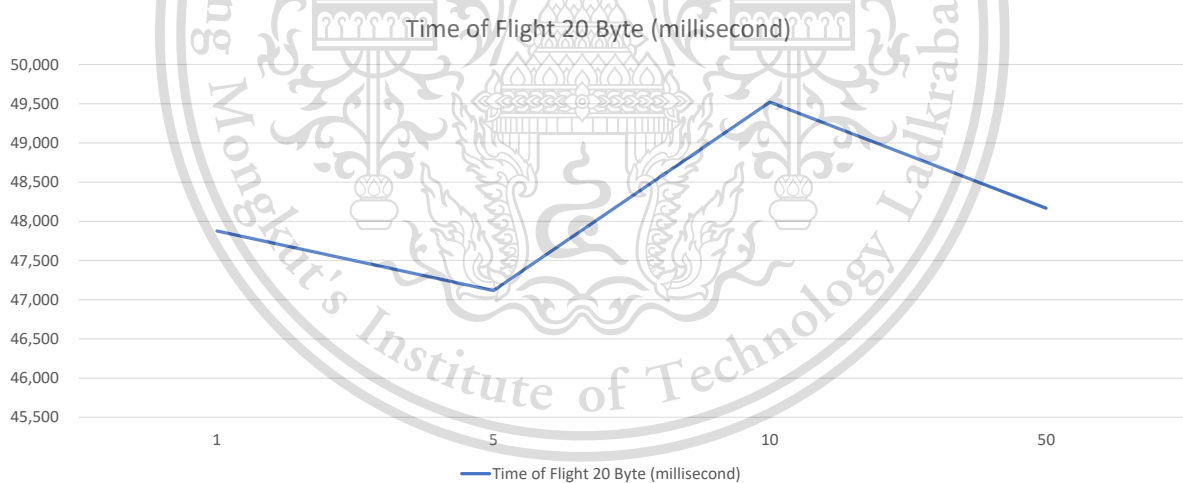
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

4.2 ผลการทดลองการวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)

จากการทดลองวัดค่า Time of flight จากการส่งข้อมูล Package ขนาด 20 40 80 byte ด้วย Xbee ที่ระยะ 5 10 50 เมตร โดยที่สภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง ได้ผลดังตาราง 4.2 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.2 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte

Package(byte)	Distance(Meters)	Time of Flight (millisecond)											
20	1	47,876	46,612	46,096	47,648	47,132	45,892	48,920	45,356	46,096	45,984	46,300	
	5	47,116	46,600	48,480	46,812	48,688	47,940	45,464	45,876	47,024	45,876	45,356	
	10	49,520	49,628	49,404	49,924	49,200	49,832	49,924	49,200	49,520	48,688	48,920	
	50	48,168	48,280	46,816	45,464	45,464	47,540	47,532	47,348	47,420	45,672	47,660	



รูปที่ 4.2 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte

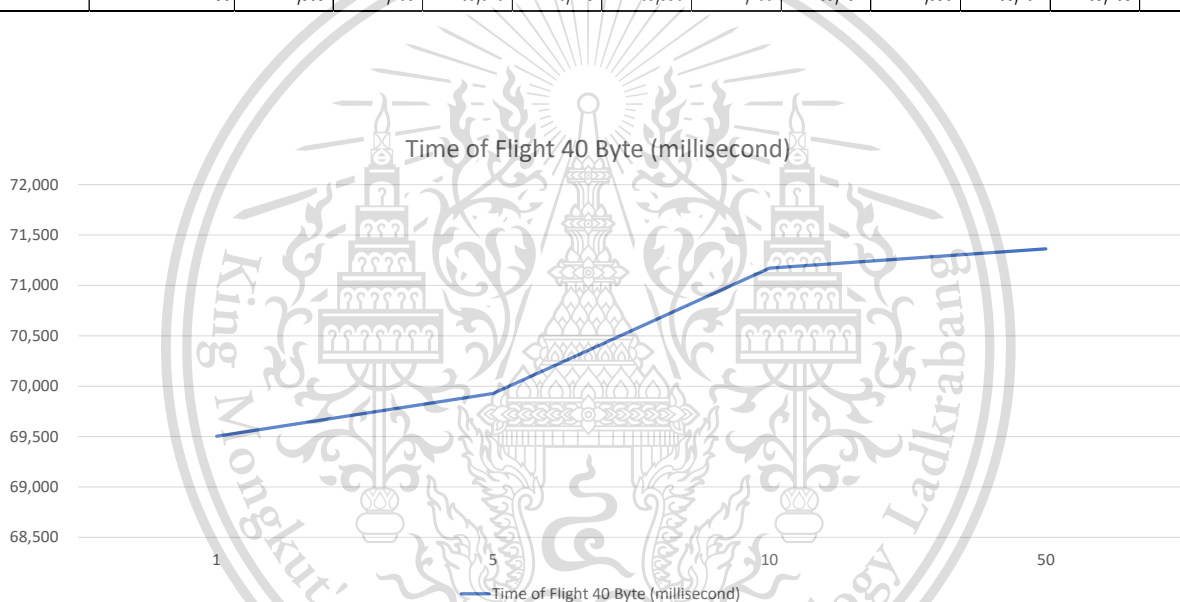
จากตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.2 พบว่าค่า TOF ที่ระยะของอุปกรณ์ต่างกัน 1 และ 5 เมตรพบว่าค่า TOF ในช่วงระยะนี้มีความแตกต่างกันน้อยมาจนไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้ส่วนที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 50 เมตรนั้นค่ามีความผันผวนมากจึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้แต่ค่า TOF ที่ระยะของ

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

อุปกรณ์ห่างกัน 5 และ 10 เมตรนั้นค่า TOF มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจึงเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้

ตารางที่ 4.3 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte

Package(byte)	Distance(Meters)	Time of Flight (millisecond)											
		69,504	69,516	69,084	69,076	71,072	71,684	69,196	68,452	69,916	69,596	68,360	
40	1	69,504	69,516	69,084	69,076	71,072	71,684	69,196	68,452	69,916	69,596	68,360	
	5	69,928	68,580	69,184	69,284	69,096	69,504	69,396	71,912	69,924	68,872	68,452	
	10	71,172	72,220	71,276	70,852	71,072	71,912	71,684	75,956	71,912	71,276	71,356	
	50	71,363	72,408	69,076	70,228	69,596	71,260	69,704	71,056	68,764	69,268	71,684	



รูปที่ 4.3 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 พบว่าการส่งข้อมูลขนาด 40 Byte ทำให้ค่า TOF มากขึ้นและระบบใช้เวลาในการคำนวณค่า TOF มากขึ้นอีกด้วยและในระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 1 และ 5 เมตร ค่า TOF ในช่วงระยะนี้มีความแตกต่างกันน้อยมาจนไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้ส่วนที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 50 เมตรนั้นค่ามีความผันผวนมากจึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้แต่ค่า TOF ที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 5 และ 10 เมตรนั้นค่า TOF มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจึงเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้

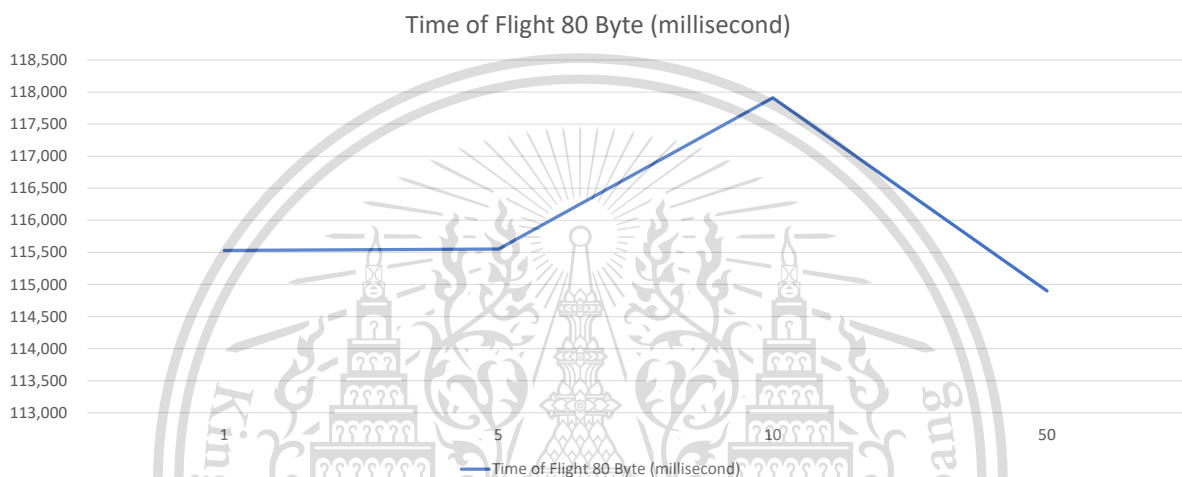
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 4.4 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte

Package(byte)	Distance(Meters)	Time of Flight (millisecond)										
		1	5	10	50	1	5	10	50	1	5	10
80	1	115,532	117,508	115,952	117,192	118,236	117,100	116,156	117,492	118,044	117,712	115,420
	5	115,552	115,844	117,912	113,976	115,220	114,512	116,144	115,644	115,548	116,880	115,548
	10	117,912	118,236	117,208	117,212	117,412	117,932	116,676	117,212	116,144	117,212	117,412
	50	114,900	115,440	117,212	117,212	116,604	116,580	117,940	116,272	116,692	117,212	117,932



รูปที่ 4.4 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 พบว่าการส่งข้อมูลขนาด 80 Byte ทำให้ค่า TOF มากขึ้นและระบบใช้เวลาในการคำนวณค่า TOF มากขึ้นอีกด้วยและในระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 1 และ 5 เมตร ค่า TOF ในช่วงระยะนี้มีความแตกต่างกันน้อยมาจนไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้ส่วนที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 50 เมตรนั้นค่ามีความผันผวนมากจึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้แต่ค่า TOF ที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 5 และ 10 เมตรนั้นค่า TOF มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจึงเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้

4.3 ผลการทดลองวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF)ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง

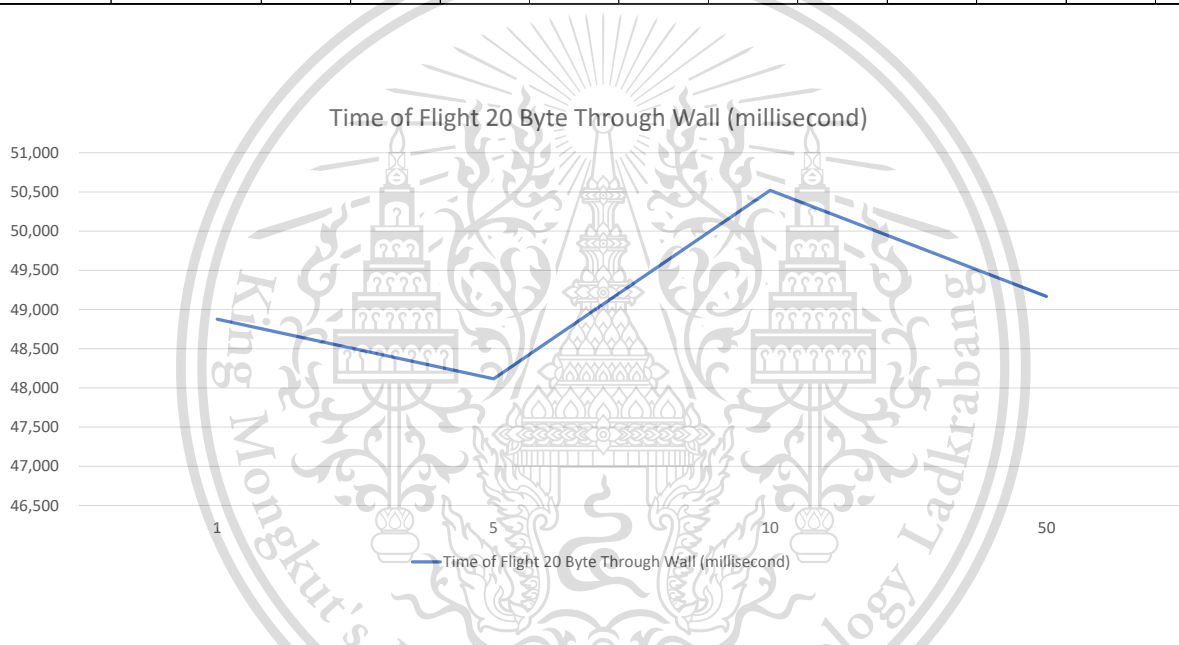
เนื่องจากค่า TOF เป็นค่าที่จะนำมาใช้งานและในการทำงานจริงจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ไปภายในห้อง สิ่งกีดขวางจึงเป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลต่อการระบุตำแหน่ง จึงทำการทดลองวัดค่าโดยส่งข้อมูลขนาด 20 40

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

และ 80 Byte และทำการติดตั้ง End Device ไว้ภายในห้องแล้วทำการขยับ Coordinator ไปตามระยะ 1 5 10 50 เมตร ได้ผลดังตารางที่ 4.5 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.5 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง

Package(byte)	Distance(Meters)	Time of Flight (millisecond)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	1	48,876	47,612	47,096	48,648	48,132	46,892	49,920	46,356	47,096	46,984	47,300
	5	48,116	47,600	49,480	47,812	49,688	48,940	46,464	46,876	48,024	46,876	46,356
	10	50,520	50,628	50,404	50,924	50,200	50,832	50,924	50,200	50,520	49,688	49,920
	50	49,168	49,280	47,816	46,464	46,464	48,540	48,532	48,348	48,420	46,672	48,660



รูปที่ 4.5 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 พบว่าค่า TOF ขณะที่ส่งข้อมูลผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพงนั้นมีค่า TOF ที่มากขึ้นกว่าขณะส่งข้อมูลแบบไม่มีสิ่งกีดขวางและในระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 1 และ 5 เมตร ค่า TOF ในช่วงระยะนี้มีความแตกต่างกันน้อยมาจนไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้ส่วนที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 50 เมตรนั้นค่ามีความผันผวนมากจึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้แต่ค่า TOF ที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 5 และ 10 เมตรนั้นค่า TOF มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางถึงแม้ว่าค่า TOF จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นก็ยังสามารถนำค่ามาใช้ในการระบุตำแหน่งได้

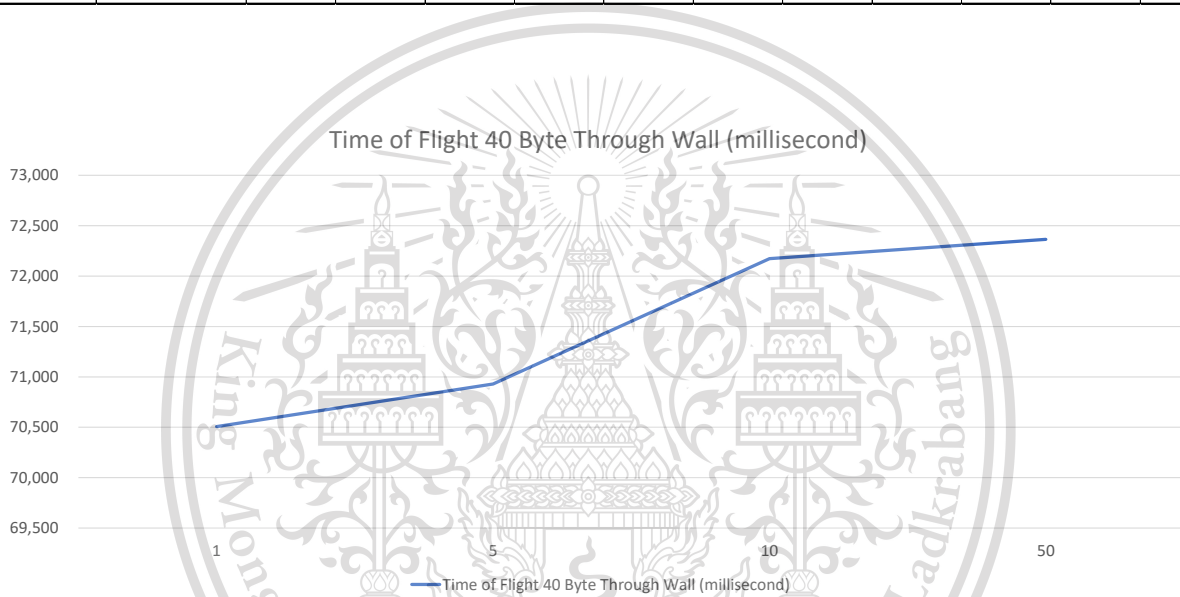
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.6 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง

Package(byte)	Distance(Meters)	Time of Flight (millisecond)											
		70,506	70,518	70,086	70,078	72,074	72,686	70,198	69,454	70,918	70,598	69,362	
40	1	70,506	70,518	70,086	70,078	72,074	72,686	70,198	69,454	70,918	70,598	69,362	
	5	70,930	69,582	70,186	70,286	70,098	70,506	70,398	72,914	70,926	69,874	69,454	
	10	72,174	73,222	72,278	71,854	72,074	72,914	72,686	76,958	72,914	72,278	72,358	
	50	72,365	73,410	70,078	71,230	70,598	72,262	70,706	72,058	69,766	70,270	72,686	



รูปที่ 4.6 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 พบว่าค่า TOF ขณะส่งข้อมูลผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพงนั้นมีค่า TOF ที่มากขึ้นกว่าขณะส่งข้อมูลแบบไม่มีสิ่งกีดขวางและในระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 1 และ 5 เมตร ค่า TOF ในช่วงระยะนี้มีความแตกต่างกันน้อยมาจนไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้ส่วนที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 50 เมตรนั้นค่ามีความผันผวนมากจึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้แต่ค่า TOF ที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 5 และ 10 เมตรนั้นค่า TOF มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางถึงแม้ว่าค่า TOF จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นก็ยังสามารถนำค่ามาใช้ในการระบุตำแหน่งได้แต่การส่งข้อมูลที่มีขนาด 40 Byte นั้นทำให้ระบบใช้เวลาในการคำนวณค่า TOF มากขึ้นกว่าตอนส่งข้อมูลขนาด 20 Byte

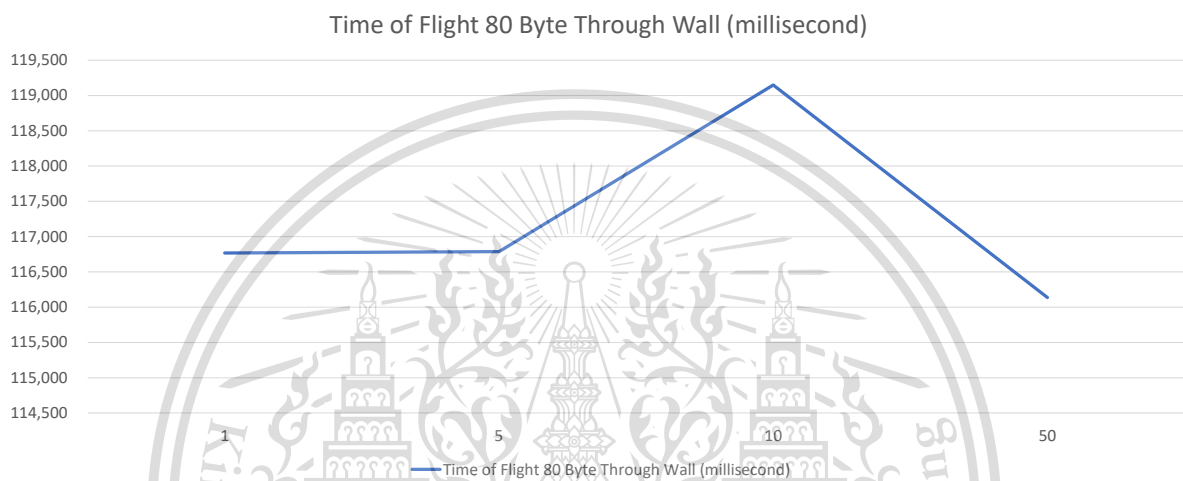
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.7 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง

Package(byte)	Distance(Meters)	Time of Flight (millisecond)										
		1	5	10	50	1	5	10	50	1	5	10
80	1	116,768	118,744	117,188	118,428	119,472	118,336	117,392	118,728	119,280	118,948	116,656
	5	116,788	117,080	119,148	115,212	116,456	115,748	117,380	116,880	116,784	118,116	116,784
	10	119,148	119,472	118,444	118,448	118,648	119,168	117,912	118,448	117,380	118,448	118,648
	50	116,136	116,676	118,448	118,448	117,840	117,816	119,176	117,508	117,928	118,448	119,168



รูปที่ 4.7 กราฟค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพง

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 พบว่าค่า TOF ขณะส่งข้อมูลผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นกำแพงนั้นมีค่า TOF ที่มากขึ้นกว่าขณะส่งข้อมูลแบบไม่มีสิ่งกีดขวางและในระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 1 และ 5 เมตร ค่า TOF ในช่วงระยะนี้มีความแตกต่างกันน้อยมาจนไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้ส่วนที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 50 เมตรนั้นค่ามีความผันผวนมากจึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้แต่ค่า TOF ที่ระยะของอุปกรณ์ห่างกัน 5 และ 10 เมตรนั้นค่า TOF มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางถึงแม้ว่าค่า TOF จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นก็ยังสามารถนำค่ามาใช้ในการระบุตำแหน่งได้แต่การส่งข้อมูลที่มีขนาด 80 Byte นั้นทำให้ระบบใช้เวลาในการคำนวณค่า TOF มากขึ้นกว่าตอนส่งข้อมูลขนาด 40 Byte

4.4 ผลการทดลองวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าหรือการโฆษณา

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

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

ทดลองวัดค่าโดยส่งข้อมูลขนาด 20 40 และ 80 Byte และทำการติดตั้ง End Device ใส่ไว้ในตู้เหล็กแล้วทำการขยับ Coordinator ไปตามระยะ 1 5 10 50 เมตร ได้ผลดังตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.8 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 20 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะ

Package(byte)	Distance(Met)	Time of Flight (millisecond)											
20	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.9 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 40 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะ

Package(byte)	Distance(Met)	Time of Flight (millisecond)											
40	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.10 ค่า TOF ขณะส่งข้อมูล 80 Byte ผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นโลหะ

Package(byte)	Distance(Met)	Time of Flight (millisecond)											
80	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากการทดลองพบว่าไม่สามารถทำการรับส่งค่า TOF ได้เลยทั้งการส่งข้อมูลขนาด 20 40 และ 80 Byte ที่ระยะ 1 5 10 50 เมตร ทำให้ไม่สามารถทำการเก็บค่าอะไรได้เลยจากการทดลองนี้แต่ก็พบว่าถ้าสิ่งกีดขวางเป็นโลหะจะทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้

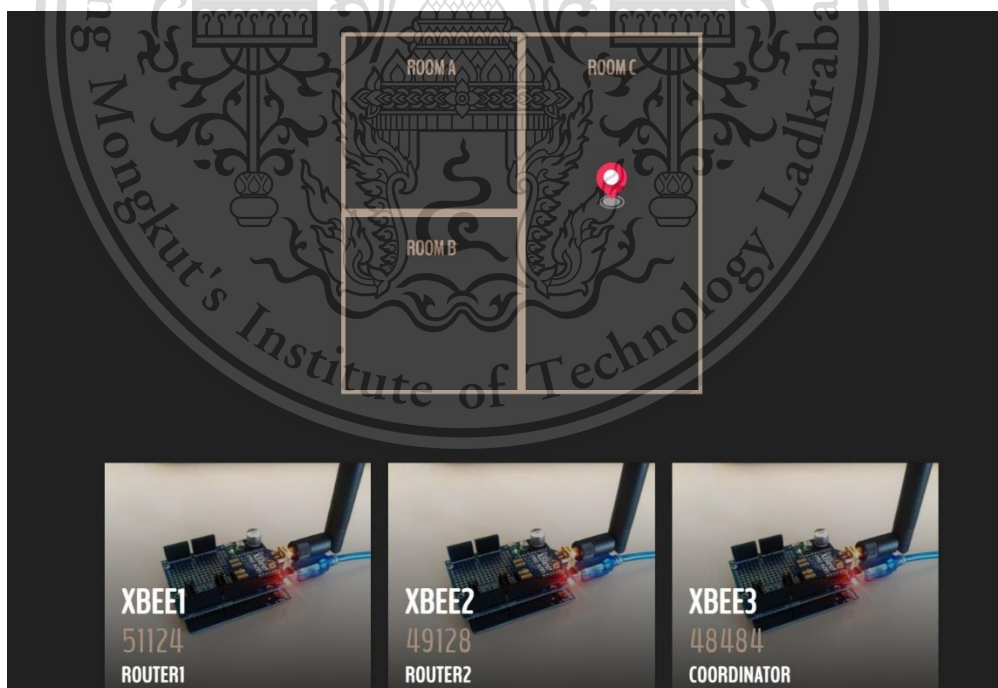
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4.5 การออกแบบและการนำค่าขึ้นหน้าเว็บเพจ (Web Page)

- 1) ออกแบบให้หน้าเว็บเพจ (Web Page) ทั้งหมด 3 หน้า นั่นก็คือหน้าที่ 1. แสดงตำแหน่งของ End Device และแสดงค่า TOF ของ Xbee แต่ละตัว ซึ่งเป็นหน้าที่สามารถดูตำแหน่งได้ว่า End Device อยู่ตรงส่วนไหนของอาคารและยังสามารถทราบค่า TOF ของอุปกรณ์ Xbee ทั้ง 3 ตัวได้อีกด้วย หน้าที่ 2. แสดงข้อมูลของผู้จัดทำโครงการ เพื่อให้ทราบว่าผู้จัดทำโครงการเป็นใครและทำหน้าที่อะไรในโครงการชิ้นนี้ และหน้าที่ 3. แสดงถึงข้อมูลของอุปกรณ์ และหลักการทำงานของโครงการชิ้นนี้ โดยผู้เข้าชมเว็บเพจ (Web Page) สามารถที่จะทราบหลักการทำงานของโครงการชิ้นนี้ หน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละตัวและผลการทดลองของโครงการชิ้นนี้ได้จากหน้านี้
- 2) นำค่าขึ้นเว็บเพจโดยการเขียนคำสั่งให้ Raspberry Pi ไปนำค่าจาก Coordinator มาใส่ในไฟล์ Text และทำการอัปเดตขึ้น Web Server เพื่อแสดงผลบนหน้าเว็บเพจ (Web Page)

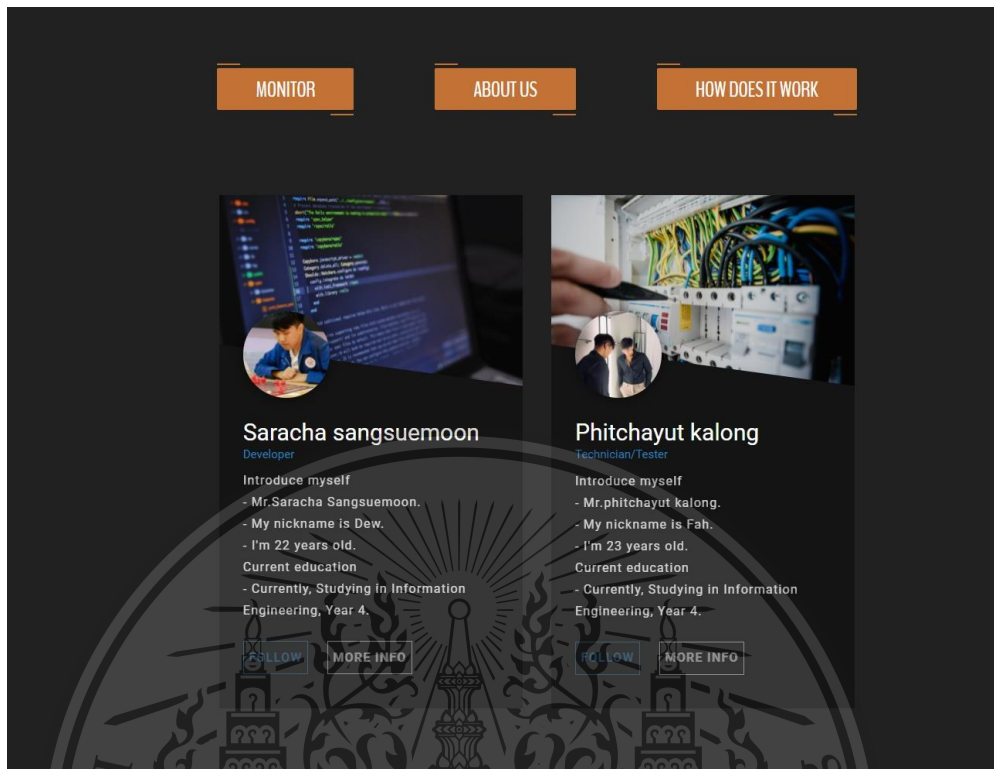


รูปที่ 4.1 หน้าเว็บเพจ (Web Page) แสดงตำแหน่งและค่าของ Xbee แต่ละตัว

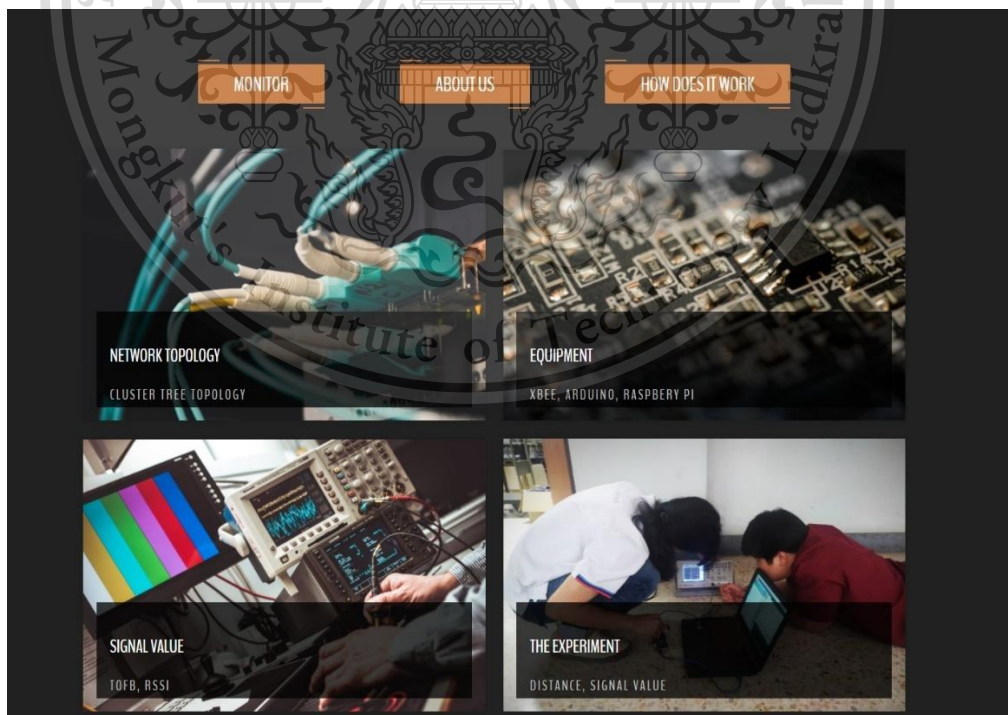
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.2 หน้าเว็บเพจ (Web Page) แสดงข้อมูลของผู้จัดทำโครงการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.3 หน้าเว็บเพจ (Web Page) แสดงอุปกรณ์และหลักการทำงานของโครงการชิ้นนี้ ด้านการค้า
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.

4.6 ผลลัพธ์ของโครงการ

4.6.1 การเลือกใช้ค่าในการคำนวณหาตำแหน่ง

จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าค่า RSSI นั้นมีความผันผวนของค่าที่มากเกินไปจึงทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานในโครงการนี้ได้ส่วนค่า TOF นั้นแสดงให้เห็นว่าค่า TOF ที่ระยะ 5 และ 10 เมตรนั้นเป็นค่าที่สามารถมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้ส่วนค่าที่ระยะอื่นนั้นเป็นค่าที่ไม่สามารถใช้งานได้และเมื่อทดลองส่ง Package ที่มีขนาดมากขึ้นพบว่าเมื่อมีผลกับทำให้ค่า TOF มีค่ามากขึ้นและใช้เวลาในการประมวลผลนานขึ้นแต่ว่าในระบบของโครงการนี้ถูกกำหนดให้ส่ง Package ขนาดเท่ากันเท่านั้น ค่า TOF ที่เพิ่มขึ้นจึงไม่มีผลต่อการระบุตำแหน่งแต่มีผลกับการแสดงค่าแบบ Real-time ส่วนการทดลองวัดค่า TOF ผ่านสิ่งกีดขวางนั้นแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีสิ่งกีดขวางเช่น กำแพง มากั้นระหว่างตัว Xbee จะส่งผลให้ค่า TOF เพิ่มขึ้น ความแตกต่างของค่า TOF นี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้คือ ในกรณีที่ end device อยู่ในห้องเดียวกับ Router ย่อมจะมีค่า TOF น้อยกว่า TOF ของ Router ตัวที่อยู่คนละห้อง

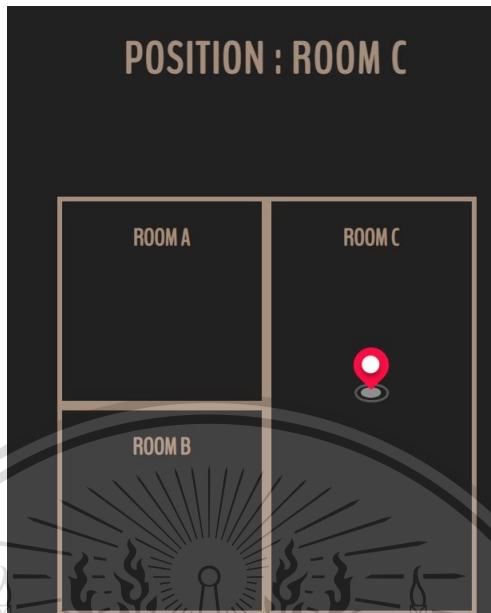
4.6.2 การนำค่า Time of flight มาใช้ในการระบุตำแหน่ง

เมื่อ Router 1 Router 2 ทำการส่งค่า TOF ให้ Coordinator และ Coordinator นำค่า TOF จาก Router 1 Router 2 และ Coordinator มาเปรียบเทียบกับกันและว่า Router หรือ Coordinator ตัวไหนที่มีค่า TOF น้อยที่สุดและ Router หรือ Coordinator ตัวนั้นอยู่ภายในห้องใดและทำการแสดงค่าออกมาทาง Serial monitor จากนั้น Raspberry Pi จะทำการเข้ามานำค่านั้นไปเขียนใส่ในไฟล์ Text ทำการอัปโหลดขึ้น Web Server และแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บเพจ (Web Page)

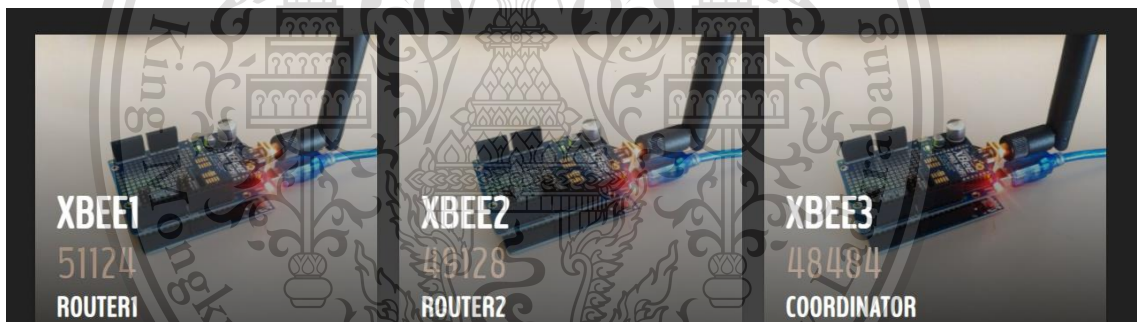
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.4 การระบุตำแหน่งบนหน้าเว็บเพจ (Web Page)



รูปที่ 4.5 ค่า TOF ที่แสดงบนหน้าเว็บเพจ (Web Page)

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

บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองระบบ Indoor Patient Monitoring System Using Zigbee Technology มีการเลือกใช้ Network Topology ในการทดลองครั้งแรกได้เลือกใช้ Mesh Topology เพราะตามข้อมูลที่ได้มา Topology นี้สามารถส่งข้อมูลหากันได้อย่างอิสระ คือทุกโหนดในเน็ตเวิร์คสามารถเชื่อมถึงกันได้ แต่ปัญหาที่พบเมื่อทำการทดลองก็คือการรับส่งข้อมูลถูกส่งหรือรับในเวลาเดียวกัน จึงทำให้เกิดการรบกวนกันของสัญญาณการสื่อสารระหว่างโหนดทำให้ค่าที่ได้มาคลาดเคลื่อนและบางครั้งไม่สามารถทำการรับส่งข้อมูลได้ จึงเปลี่ยน Topology จาก Mesh topology เป็น Cluster Tree Topology เพื่อให้มีการแบ่งการสื่อสารเป็นสัดส่วนอย่างมีระบบทำให้การสื่อสารระหว่างโหนดเกิดการส่งสัญญาณพร้อมกัน หรือก็คือไม่เกิดการรบกวนกันของสัญญาณการสื่อสารระหว่างโหนดนั่นเอง ซึ่ง Cluster Tree Topology จะต้องมีการรอเพื่อรับสัญญาณจากอีกโหนดทำให้ระบบเกิดความช้าในการระบุหรือความหน่วงในการระบุตำแหน่ง 5-10 วินาที แต่ในความเป็นจริงการระบุตำแหน่งไม่จำเป็นที่จะต้องความรวดเร็วในการระบุตำแหน่งมาก จึงยังสามารถที่จะใช้โทโพโลยีนี้ในระบบได้อยู่ ส่วนการระบุตำแหน่งโดยการใช้ค่าความเข้มของสัญญาณความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) ไม่สามารถที่จะนำค่านี้มาใช้ในการคำนวณเพื่อที่จะทำการระบุตำแหน่งได้เพราะมีความผันผวนของความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า RSSI เป็นมากในทุกช่วงระยะทางที่ได้ทำการทดลอง ในขณะที่การระบุตำแหน่งโดยค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) มีการแปรผันตามระยะทางอย่างเห็นได้ชัด เมื่อระยะทางมากขึ้น ค่า TOF ก็มากขึ้น จึงสามารถนำไปใช้ในการระบุตำแหน่งได้จริง โดยที่ทำการระบุตำแหน่งได้จากการเปรียบเทียบค่า TOF ที่มีค่าน้อยที่สุดของ Router 1 Router 2 และ Coordinator เปรียบเทียบกันเมื่อทราบค่าอุปกรณ์ตัวไหนมีค่า TOF น้อยที่สุดก็แสดงว่า End Device หรือผู้ป่วยอยู่ในตำแหน่งนั้น ซึ่งสามารถระบุตำแหน่งของผู้ป่วยได้ค่อนข้างแม่นยำโดยทำการติดอุปกรณ์ไว้ให้ห่างกันในระยะ 5-10 เมตร โดยความผันผวนของค่า TOF อยู่ในระดับที่สามารถใช้งานได้และทำการแสดงผลผ่านเว็บเพจ (Web Page) ให้เจ้าหน้าที่ทราบและติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น หรือค้นหาอุปกรณ์สำคัญทางการแพทย์ได้ว่ายังอยู่ในจุดเฝ้าระวังหรือมีใครนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตหรือไม่

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

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

และจากการทดลองการวัดค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) ผ่านสิ่งกีดขวางทั้ง 2 ชนิดนั้นก็คือ กำแพงห้องและตู้โลหะ พบว่าเมื่อทำการทดลองส่งค่า TOF ผ่านสิ่งกีดขวางคือกำแพงห้องนั้นทำให้ค่า TOF มีค่ามากขึ้นเล็กน้อยแต่ค่า TOF นั้นยังมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะทางอยู่จึงยังสามารถที่จะทำการระบุตำแหน่งออกมาได้ ส่วนการทดลองโดยการส่งค่า TOF ผ่านสิ่งกีดขวางคือตู้เหล็กนั้นพบว่าไม่สามารถทำการส่งสัญญาณหากันในระบบได้เลยทำให้ระบบนี้มีข้อจำกัดคือไม่สามารถทำการระบุตำแหน่งภายในห้องที่มีผนังเป็นเหล็กได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) มีความผันผวนมาก

ค่าความเข้มของสัญญาณความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) ที่เลือกใช้ในตอนแรกนั้นเมื่อทำการทดลองแล้วพบว่าค่า RSSI ไม่สามารถวัดได้ที่ระยะ 1 เมตรและเมื่อทำการวัดที่ระยะอื่นพบว่าค่า RSSI มีความผันผวนอย่างมากไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งของ End Device ได้

การแก้ไข

เลือกใช้ค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) เพราะค่า TOF มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะทางจึงสามารถนำมาใช้ระบุตำแหน่งของ End Device ได้

5.2.2 สัญญาณผันผวนและขาดหายเมื่ออุปกรณ์อยู่ในระยะไกล

เมื่อทำการทดลองแล้วพบว่าทั้งค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) และค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) นั้นเมื่อระยะห่างกันเกิน 10 เมตร จะมีความผันผวนของค่าที่ค่อนข้างมากและมีสัญญาณขาดหายบ่อยครั้งจนทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งของ End Device

การแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้า
ทำการติดตั้งตัวอุปกรณ์ให้มีระยะห่างกัน 5-10 เมตร เพราะในการระบุตำแหน่งจริงไม่จำเป็นที่จะต้อง
ระบุตำแหน่งของ End Device ที่อยู่ห่างไปไกลมากนัก 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.

5.2.3 ค่าความต่างของเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบ Package (Time of Flight : TOF) ที่ระยะ 1-5 เมตร มีค่าใกล้เคียงกันมาก

จากการทดลองพบว่าเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ให้ห่างกันในระยะ 1-5 เมตร ค่า TOF ที่ได้มามีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้

การแก้ไข

ทำการทดลองว่าระยะใดที่ค่า TOF มีค่ามากขึ้นตามระยะทางพบว่าระยะ 5-10 เมตรเป็นระยะทางที่ค่า TOF สามารถนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งได้จึงทำการติดตั้งอุปกรณ์ให้ห่างกันในระยะ 5-10 เมตร

5.2.4 เมื่อสิ่งกีดขวางเป็นโลหะหรือมีความหนาแน่นสูง

จากการทดลองพบว่าเมื่อสิ่งกีดขวางเป็นโลหะจะทำให้ไม่สามารถทำการรับส่งข้อมูลได้เลย

การแก้ไข

ทำการติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องที่ไม่ใช่ห้องนิรภัยหรือมีผนังห้องที่เป็นโลหะหรือผนังมีความหนาแน่นสูง

5.2.5 สถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา 19 (Covid-19)

เนื่องด้วยมีการระบาดของไวรัสโคโรนา 19 (Covid-19) ทำให้ต้องทำการกักตัวอยู่แต่ในห้องพักซึ่งทำให้ไม่มีสถานที่ในการทดลองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาระบบให้สามารถระบุตำแหน่งได้แม่นยำและ Real Time มากขึ้น อีกทั้งยังไม่สามารถที่จะเดินทางไปทำงานกับผู้ร่วมโครงการได้จึงทำให้ไม่สามารถทำการเก็บผลการทดลองเพิ่มได้อีกทั้งยังไม่สามารถทำการทดลองให้ระบบสามารถรองรับ End Device ได้มากขึ้นอีกด้วย

การแก้ไข

- 1) นำค่าที่มีอยู่มาทำการใช้งานให้เกิดประโยชน์มากที่สุดจนสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
- 2) ใช้การค้นคว้าหาข้อมูลในหนังสือหรืออินเทอร์เน็ตมาช่วยในการพัฒนาระบบ

5.2.6 แนวทางในการพัฒนา

- 1) การเพิ่มประสิทธิภาพการรับส่งสัญญาณที่อาจจะใช้ตัว Xbee รุ่นใหม่ที่ออกมาในอนาคต ที่

สามารถรับส่งสัญญาณได้ไกลกว่าและมีการรับส่งข้อมูลที่มีความเสถียรละมีความผันผวนของเอกสารนี้เป็นเอกสารทศวงวันเวสสำหรับวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้า ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการส่งข้อมูลน้อยกว่านี้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา 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) เพิ่ม End Device โดยการเพิ่มนั้นจะต้องมีการทดลองรับส่งสัญญาณและวางโครงสร้าง Network Topology ให้ดี และคิดว่า Network Topology ที่เหมาะสมยังคงเป็น Cluster tree topology
- 3) ลองหาอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กกว่า Xbee มาเป็นอุปกรณ์ End Device เพราะว่า Xbee มีขนาดที่ใหญ่จนเกินไป และไม่สามารถทำงานได้ด้วยตัวมันเองอย่างอิสระ ยังคงต้องอาศัย Controller ตัวอื่นอยู่
- 4) พัฒนาระบบติดตามให้สามารถติดตามได้ละเอียดและแม่นยำมากขึ้นโดยในตอนนี้สมรรถนะของอุปกรณ์ทำได้เพียงแค่บอกว่าอยู่ที่ห้องใดในอาคารจึงอยากทำให้สามารถระบุได้เลยว่าอยู่ส่วนใดของห้อง



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.

- [10] Tree Clustering[ระบบออนไลน์]. Available:
<https://academic.oup.com/gigasience/article/7/7/gy083/5052205> [เข้าถึงวันที่ 20 มกราคม 256]
- [11] Xbee Arduino interface[ระบบออนไลน์]. Available:
https://create.arduino.cc/projecthub/Fouad_Roboticist/xbee-arduino-interfacing-04366d
[เข้าถึงวันที่ 20 มกราคม 2564]
- [12] run Arduino code on Raspberry Pi [ระบบออนไลน์]. Available:
<https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=209280> [เข้าถึงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2564]
- [13] Use python on Raspberry Pi[ระบบออนไลน์]. Available:
<https://www.freecodecamp.org/news/how-to-make-your-own-python-dev-server-with-raspberry-pi-37651156379f/> [เข้าถึงวันที่ 5 มีนาคม 2564]
- [14] การ Configuration Xbee[ระบบออนไลน์]. Available: <https://blog.thaieasyelec.com/xbee-basic-configuration-in-network-application/> [เข้าถึงวันที่ 27 พฤษภาคม 2564]
- [15] Time of flight[ระบบออนไลน์]. Available: <https://www.zentech.in.th/knowledge/time-of-flight-technology-for-photoelectric-sensor.html> [เข้าถึงวันที่ 27 พฤษภาคม 2564]

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.



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.



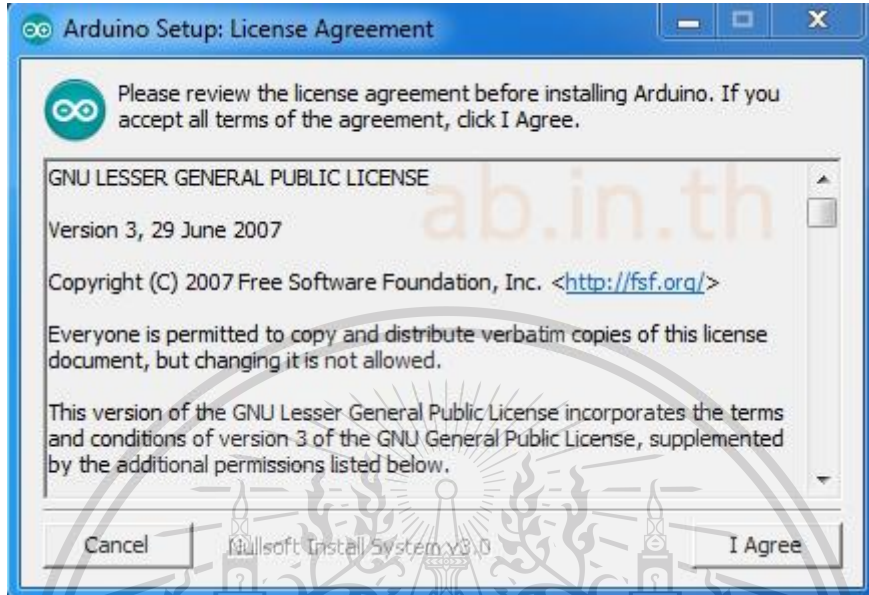
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

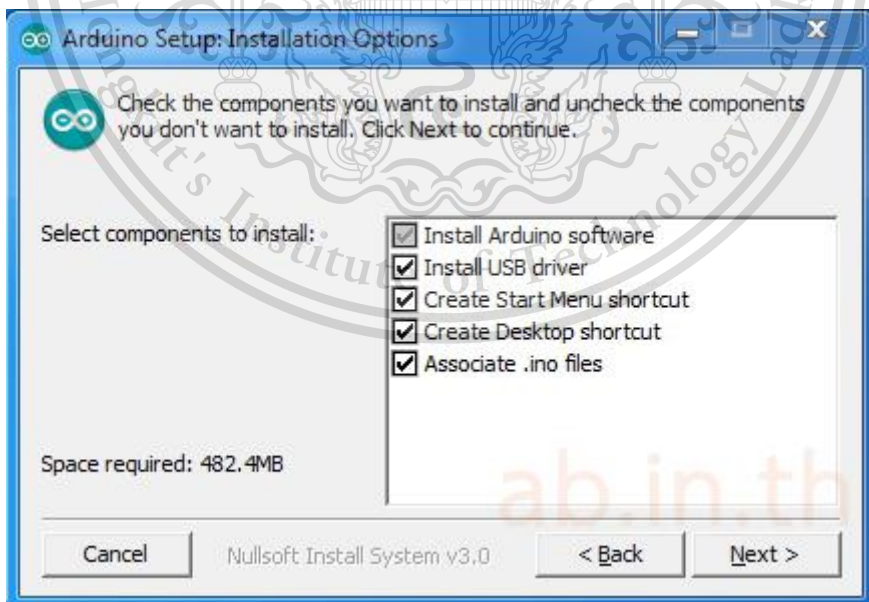
ติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

- 1) ทำการดาวน์โหลดไฟล์ Set up และทำการกดติดตั้ง



รูปที่ ก.1 หน้าโปรแกรมให้ยอมรับเงื่อนไขในการติดตั้ง

- 2) ทำการเลือกติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE



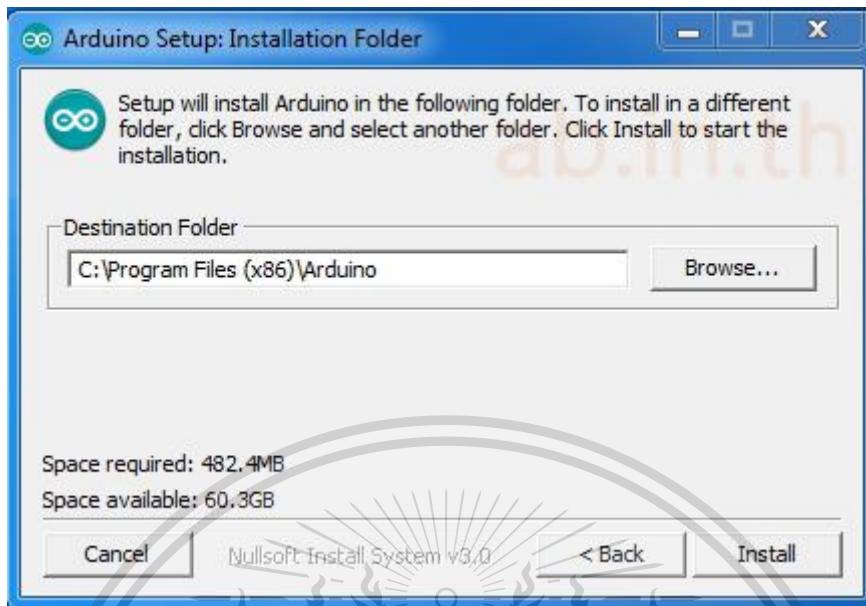
รูปที่ ก.2 การติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

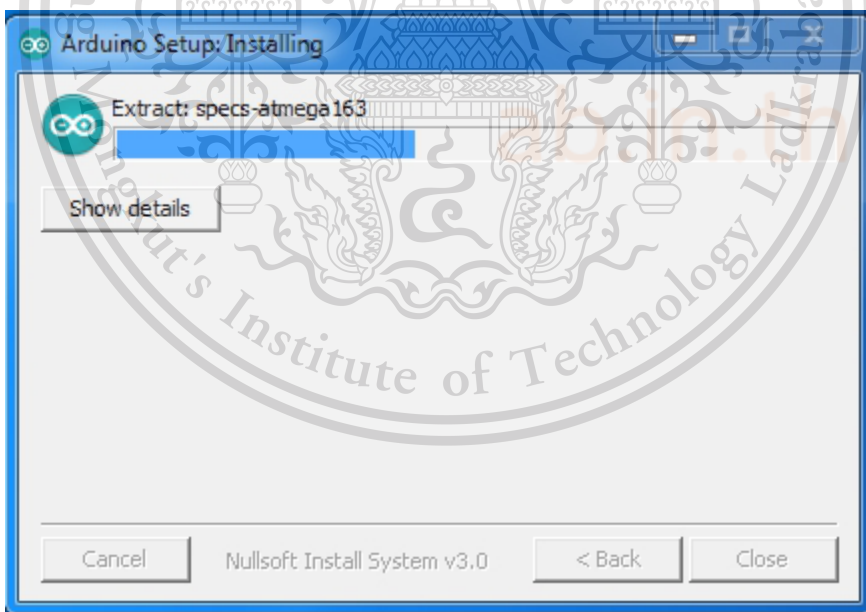
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

3) เลือกตำแหน่งไฟล์เดออร์ที่ต้องการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ก.3 ตำแหน่งติดตั้งโปรแกรม

4) รอโปรแกรมติดตั้ง



รูปที่ ก.4 โปรแกรมกำลังติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

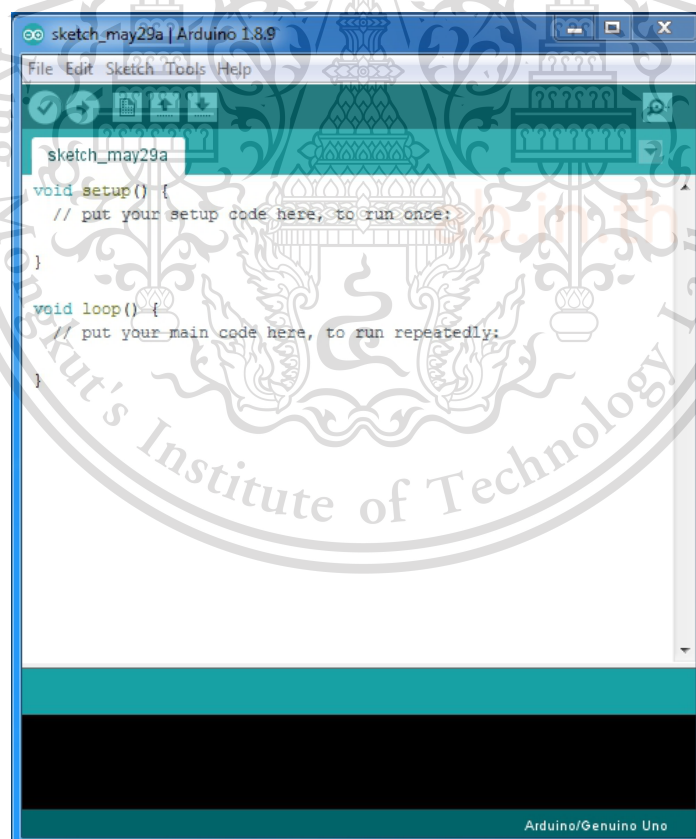
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

5) ยินยอมให้ติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ก.5 หน้ายินยอมให้ติดตั้งโปรแกรม

6) เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม



รูปที่ ก.6 โปรแกรม Arduino IDE

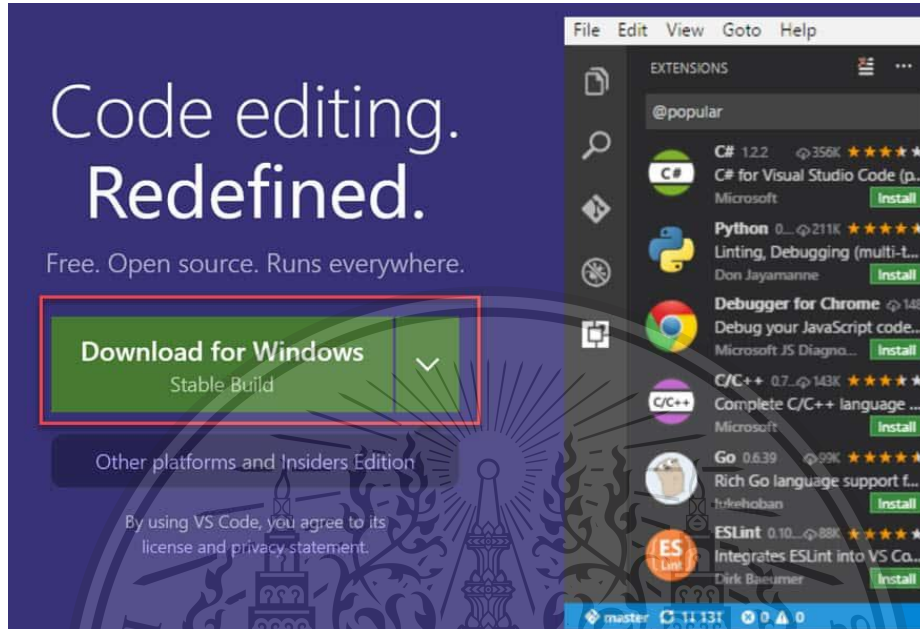
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทางวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ติดตั้ง Virtual studio code

- 1) ดาวน์โหลดตัวติดตั้งที่ <https://code.visualstudio.com> กดดาวน์โหลด



รูปที่ ก.7 หน้าเว็บไซต์ที่จะเข้าไปดาวน์โหลด

- 2) ดาวน์โหลดจนเสร็จแล้วกดเปิดตัวโปรแกรมติดตั้งขึ้นมา



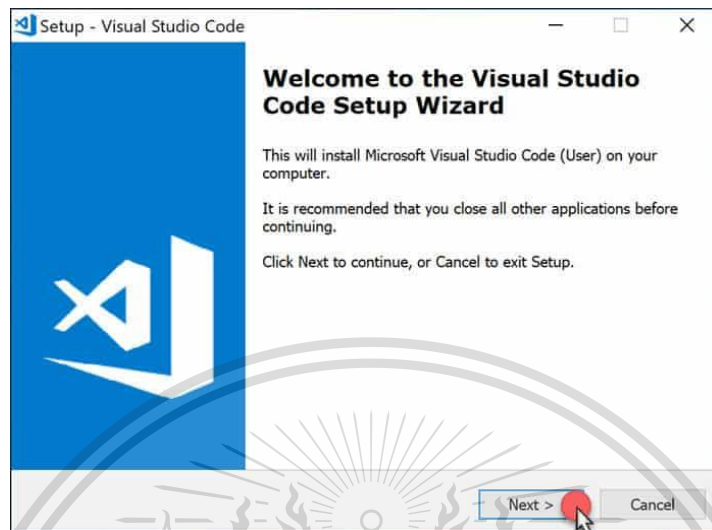
รูปที่ ก.8 โปรแกรมที่กำลังดาวน์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

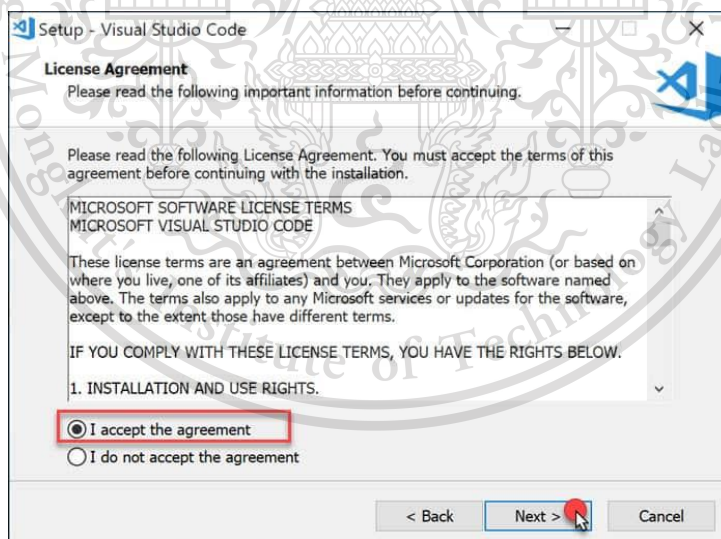
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

- 3) เมื่อกดเปิดตัวติดตั้งขึ้นมา จะปรากฏหน้าจอ Welcome to the Visual Studio Code Setup Wizard กดปุ่ม Next >



รูปที่ ก.9 หน้าตั้งค่า

- 4) หน้าจอ License Agreement กดเลือกช่อง I accept the agreement จากนั้นกด Next >



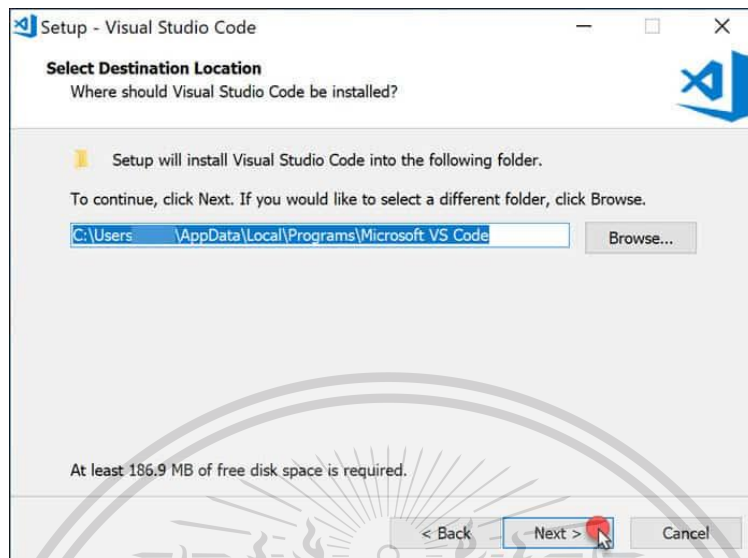
รูปที่ ก.10 หน้ายอมรับข้อตกลงกันใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

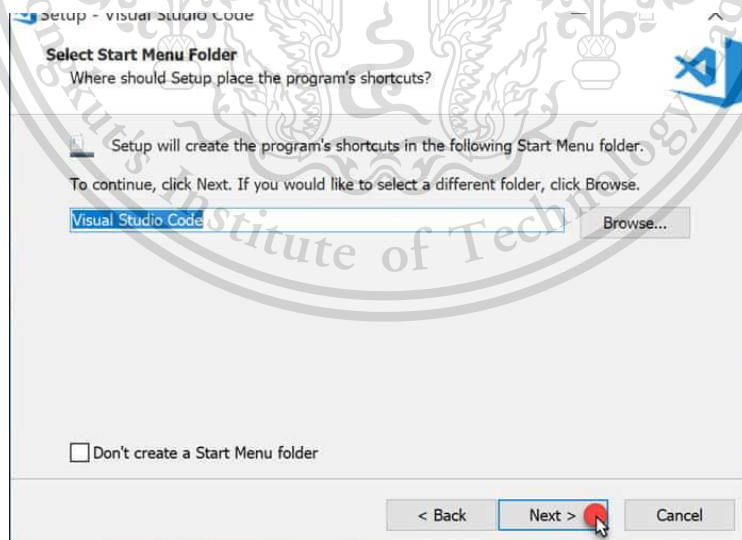
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

- 5) หน้าจอ Select Destination Location เลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการติดตั้งจากปุ่ม browse จากนั้นกดปุ่ม Next >



รูปที่ ก.11 หน้าเลือกโฟลเดอร์ที่ใช้ติดตั้งโปรแกรม

- 6) หน้าจอ Select Start Menu Folder ให้กดปุ่ม Next >



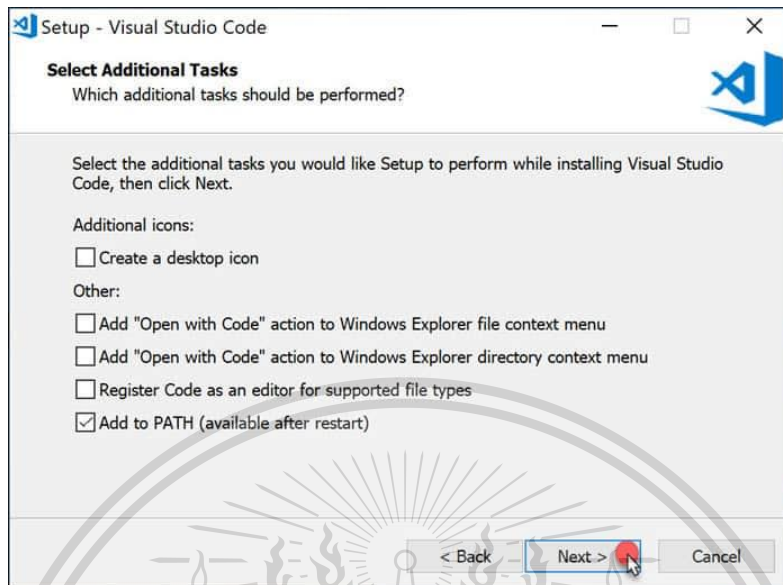
รูปที่ ก.12 หน้าเลือกโฟลเดอร์ที่ใช้ติดตั้งเมนูเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

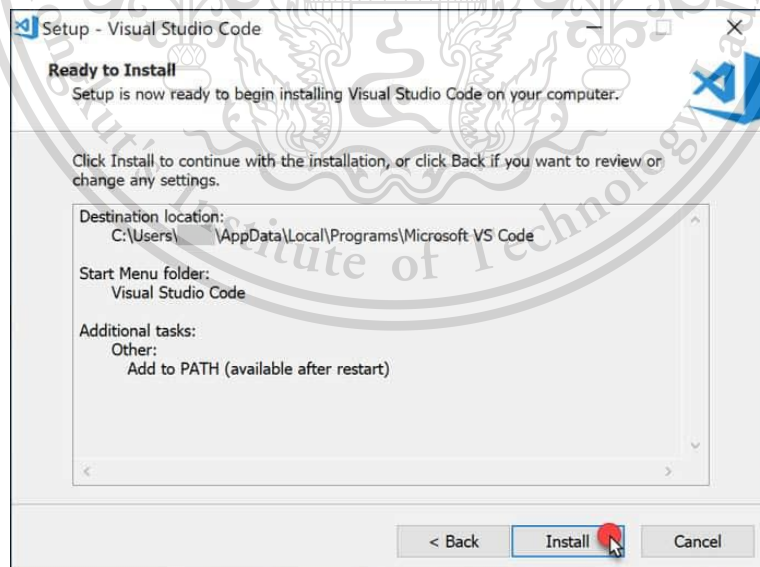
Forbidden to modify the content and cite the document when use.

7) หน้าจอ Select Additional Tasks กดปุ่ม Next >



รูปที่ ก.13 หน้าเลือกการติดตั้งเพิ่มเติม

8) ต่อจากนั้นจะปรากฏหน้าจอ Ready to Install แล้วกดปุ่ม Install



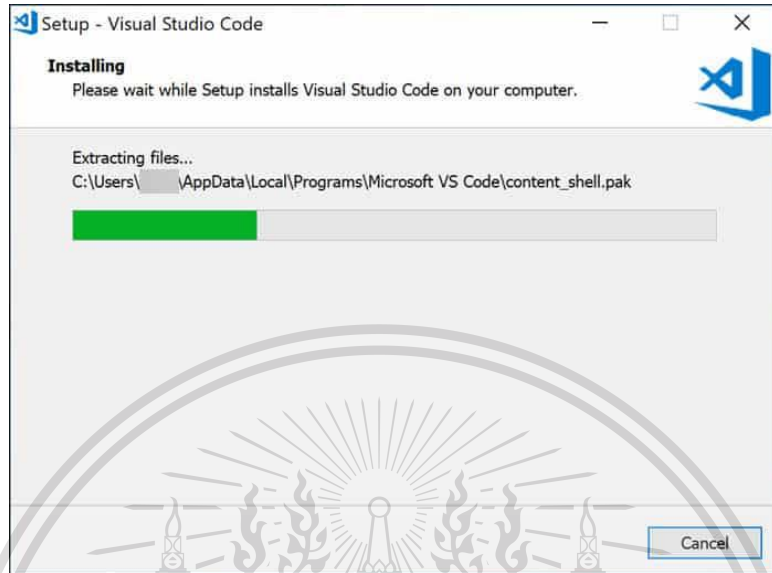
รูปที่ ก.14 หน้ากดยืนยัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น 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.

9) รอให้โปรแกรมติดตั้ง



รูปที่ ก.15 หน้ารอโปรแกรมติดตั้ง

10) หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วจะปรากฏหน้าจอ Completing the Visual Studio Code Setup Wizard กดปุ่ม Finish > เป็นอันเสร็จการติดตั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก **รูปที่ ก.16** หน้าการแจ้งติดตั้งสำเร็จ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Forbidden to modify the content 62nd cite the document when use.

ภาคผนวก ข

โค้ด Arduino และ โค้ด Raspberry Pi



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.

โค้ด Arduino

```
#include <XBee.h>
#include <SoftwareSerial.h>

XBee xbee = XBee();
uint8_t test_pack[2][20] = {0x7E, 0x00, 0x10, 0x10, 0x01, 0x00, 0x13, 0xA2, 0x00, 0x40,
0x30, 0x33, 0x8D, 0xFF, 0xFE, 0x00, 0x00, 0x61, 0x73, 0x38}; //ZB
SoftwareSerial softserial(8, 9); // RX, TX
XBeeResponse response = XBeeResponse();
// create reusable response objects for responses we expect to handle
ZBRxResponse rx = ZBRxResponse();
ModemStatusResponse msr = ModemStatusResponse();
ZBTxStatusResponse txStatus = ZBTxStatusResponse();

int status_reset = 0;
int reset = 0;
int realA = 0;
int realB = 0;
int realC = 0;

unsigned long start_time = 0;

char rx_buffer_xbee1[20];
char rx_buffer_xbee2[20];
long payload_int_xbee1 = 100000;
long payload_int_xbee2 = 100000;

void setup() {
  // start serial
  Serial.begin(9600);
  softserial.begin(9600);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

```

xbee.begin(softserial);

}

void(* resetFunc) (void) = 0;//declare reset function at address 0

// continuously reads packets, looking for ZB Receive or Modem Status
void loop() {
  //Serial.println("----- waiting for Router2 -----");
  unsigned long TOFB = 0;
  int Receiver = 0;

  // รอรับR1
  do {
    xbee.readPacket(1000);
    //Serial.println("wait");////////////
    if (xbee.getResponse().isAvailable()) {
      // got something
      if (xbee.getResponse().getApild() == ZB_RX_RESPONSE) {
        // got a zb rx packet
        // now fill our zb rx class
        xbee.getResponse().getZBRxResponse(rx);

        ////////////

        unsigned long msb, lsb = 0;
        msb = rx.getRemoteAddress64().getMsb();
        lsb = rx.getRemoteAddress64().getLsb();

        if (lsb == 0x4092C33C) { //40 92 C3 3C ***Pro มีเสา***

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 // Serial.println(lsb, HEX);
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 Receiver++;

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

Forbidden to modify the content 65 and cite the document when use.

```

for (int i = 0; i < rx.getDataLength() - 5; i++) {
    rx_buffer_xbee2[i] = rx.getData(i); //
}
int j = 0;
for (int i = 5; i < rx.getDataLength(); i++) {
    rx_buffer_xbee1[j] = rx.getData(i); //
    j++;
}
rx_buffer_xbee1[5] = '\0';
payload_int_xbee1 = atol(rx_buffer_xbee1);
// Serial.println(payload_int_xbee1);
// Serial.println("xbeeR1");

rx_buffer_xbee2[5] = '\0';
payload_int_xbee2 = atol(rx_buffer_xbee2);
// Serial.println(payload_int_xbee2);
// Serial.println("xbeeR2");
}
else {
    //Serial.println(String(lsb));
    //Serial.println("sa ");
}

} else if (xbee.getResponse().getApild() == MODEM_STATUS_RESPONSE) {
    xbee.getResponse().getModemStatusResponse(msr);
    // the local XBee sends this response on certain events, like association/dissociation

    if (msr.getStatus() == ASSOCIATED) {
        // yay this is great. flash led
    } else if (msr.getStatus() == DISASSOCIATED) {
        // this is awful. flash led to show our discontent
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต 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. 66

```

    } else {
        // another status
    }
} else {
    // not something we were expecting
}
} else if (xbee.getResponse().isError()) {
    //nss.print("Error reading packet. Error code: ");
    //nss.println(xbee.getResponse().getErrorCode());
}
}
while (xbee.getResponse().isAvailable() != -1 && xbee.getResponse().getApild() != 144 );

// Send your request
start_time = micros(); //เวลาเริ่ม TOFB

for (int i = 0; i < 20; i++) {
    softserial.write(test_pack[0][i]);
}
if (xbee.readPacket(500)) {
    // got a response!

    // should be a znet tx status
    if (xbee.getResponse().getApild() == ZB_TX_STATUS_RESPONSE) {
        xbee.getResponse().getZBTxStatusResponse(txStatus);

        // get the delivery status, the fifth byte
        if (txStatus.getDeliveryStatus() == SUCCESS) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

TOFB = (micros() - start_time);
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//Serial.println("xbee_number: 1" );
```

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

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

```

// Serial.println("Sent : " + String(TOFB));
// reset when error
Receiver++;
if (TOFB <= 40000) {
    status_reset = 1;
}
} else {
// the remote XBee did not receive our packet. is it powered on?
//flashLed(errorLed, 3, 500);
//Serial.println(txStatus.getDeliveryStatus());
}
}
}
else if (xbee.getResponse().isError()) {
//Serial.print("Error reading packet. Error code: ");
//Serial.println(xbee.getResponse().getErrorCode());
} else {
// local XBee did not provide a timely TX Status Response -- should not happen
//flashLed(errorLed, 2, 50);
}
//delay(1000);
// reset system
if (status_reset == 1) {
Serial.println("reset");
resetFunc();
}
//*****
if (Receiver == 2) {
if (TOFB < payload_int_xbee1 && TOFB < payload_int_xbee2) {
realA++;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Serial.println("Position : Room A");
```

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

```

// Serial.println("coor : " + String(TOFB));
// Serial.println("router1 :" + String(payload_int_xbee1));
// Serial.println("router2: " + String(payload_int_xbee2));
realA =0;
realB =0;
realC =0;
Serial.println("Room A"+ String(TOFB)+ String(payload_int_xbee1)+
String(payload_int_xbee2));
}
}
else if (payload_int_xbee1 < payload_int_xbee2 && payload_int_xbee1 < TOFB) {
realB++;
if(realB == 4){
// Serial.println("Position : Room B");
// Serial.println("coor : " + String(TOFB));
// Serial.println("router1 :" + String(payload_int_xbee1));
// Serial.println("router2: " + String(payload_int_xbee2));
realA =0;
realB =0;
realC =0;
Serial.println("Room B"+ String(TOFB)+ String(payload_int_xbee1)+
String(payload_int_xbee2));
}
}
else if (payload_int_xbee2 < payload_int_xbee1 && payload_int_xbee2 < TOFB) {
realC++;
if(realC == 4){
// Serial.println("Position : Room C");
// Serial.println("coor : " + String(TOFB));
// Serial.println("router1 :"+ String(payload_int_xbee1));
// Serial.println("router2: " + String(payload_int_xbee2));
realA =0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

```
realB =0;
realC =0;
Serial.println("Room C"+ String(TOFB)+ String(payload_int_xbee1)+
String(payload_int_xbee2));
}
}
}
delay(150);
}
```



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.

โค้ด Raspberry Pi

```
recvie_arduino.py *  
1 import serial  
2  
3 if __name__ == '__main__':  
4     ser = serial.Serial('/dev/serial/by-id/usb-Arduino__www.arduino.cc__0043_75833313833351915061-if00',  
5                       baudrate=9600, timeout=1)  
6     ser.flush()  
7  
8     while True:  
9         if ser.in_waiting > 0:  
10            line = ser.readline().decode('utf-8').rstrip()  
11            file = open("/var/www/html/indoor/data.txt", "w")  
12            file.write(line)  
13            file.close()  
14  
15            print(line)
```

รูปที่ ข.1 โค้ด Raspberry Pi

Raspberri Pi ทำการเข้าไปอ่านค่า address ของ coordinator และทำการนำค่าที่ได้มาแสดงบนหน้าเว็บเพจ

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.