ระบบติดตามขบวนรถไฟโดยใช้ ZigBee และ GPS
TRAIN TRACKING SYSTEM USING ZIGBEE AND GPS

จาตุรนต์ คุโม
JATURON KUMO
ชินดนัย ญาณสุคนธ์
CHINDANAI YARNSUKOL

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

ระบบติดตามขบวนรถไฟโดยใช้ ZigBee และ GPS

TRAIN TRACKING SYSTEM USING ZIGBEE AND GPS

จาตุรนต์ คุโม

JATURON KUMO

ชินดนัย ญาณสุคนธ์

CHINDANAI YARNSUKOL

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRAIN TRACKING SYSTEM USING ZIGBEE AND GPS

JATURON KUMO
CHINDANAI YARNSUKOL

THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบติดตามขบวนรถไฟโดยใช้ ZigBee และ GPS
Thesis Title	Train Tracking System Using ZigBee and GPS
ชื่อนักศึกษา	นายจาตุรนต์ คุโม
	นายชินดนัย ญาณสุคนธ์
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา	2559

(.....)

ผศ.บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

(.....)

รศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบติดตามขบวนรถไฟโดยใช้ ZigBee และ GPS
Thesis Title	Train Tracking System Using ZigBee and GPS
ชื่อนักศึกษา	นายจาตุรนต์ คุโม รหัสนักศึกษา 56010163
	นายชินดนัย ญาณสุคนธ์ รหัสนักศึกษา 56010311
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบติดตามขบวนรถไฟโดยใช้ ZigBee และ GPS เพื่อแก้ปัญหาที่ไม่สามารถระบุว่าตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถไฟ ซึ่งระบบจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือภาคส่งและภาครับ โดยภาคส่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถไฟจาก GPS เพื่อประมวลผลจากนั้นแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดีและใช้ XBee ทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ส่วนภาครับ โดยภาครับใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม XBee รับข้อมูลจากภาคส่งแล้วส่งไปที่คอมพิวเตอร์เพื่อนำไปแสดงผลแบบทันทีแก่ผู้ใช้งานหลังจากนั้นส่งไปที่ฐานข้อมูล ซึ่งผู้ใช้งานคือพนักงานรถไฟที่มีหน้าที่ควบคุมตรวจสอบ โดยผลการทดลองการรับส่งข้อมูลที่ได้ทดสอบกับเส้นทางรถไฟสายแม่กลอง พบว่าสามารถรับส่งข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Train Tracking System Using ZigBee and GPS
Student	Mr.Jaturon Kumo Student ID. 56010163
	Mr.Chindanai Yarnsukol Student ID. 56010311
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Information Engineering
Department	Computer Engineering
Academic Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof. Boonchana Purahong
Thesis Co-Advisor	Assoc.Prof. Dr.Attasit Lasakul

ABSTRACT

This thesis presents a design and develop a device in train tracking system using ZigBee and GPS, for a solution doesn't know a current position of a train. At sender sector, use Microcontroller receives current position of a train from GPS device for process data and display on LCD, whereas use XBee sends data to receiver sector. at the receiver sector, a Microcontroller uses control XBee for receive data from sender sector after that, Microcontroller sends data to a computer for display real-time data for users, after that sent data to a database. And a user's are train employee who is responsible for monitoring. For the result, after sending and receiving data test on railroad Mae Klong line, which found able to send and receive data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผศ.บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และ รศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำ ทางผู้จัดทำรู้สึกทราบซึ้งและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาหรับความรู้ที่ได้รับจากการเรียนจากอาจารย์ทุกท่าน

ขอบคุณนายธนวิชญ์ อนุวงศ์พินิจ และ นายไอศูรย์ กาญจนสุรัตน์ นักศึกษาปริญญาเอก คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือต่างๆ ทั้งเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำโครงงาน

ขอบคุณเพื่อนๆ ร่วมห้องทำโครงงานสำหรับความร่วมมือ และความช่วยเหลือต่างๆในการทำโครงงานในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่งซึ่งให้การสนับสนุน พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ทาให้ผู้จัดทำโครงงานปริญญานิพนธ์นี้ลุล่วงไปด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

จาตุรนต์ คุโม

ชินดนัย ญาณสุคนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIIII

สารบัญรูป IXI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา 1

1.2 จุดประประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ 2

1.5.1 ฮาร์ดแวร์ 2

1.5.2 ซอฟต์แวร์ 2

1.5.3 ภาษาที่ใช้พัฒนา 2

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 GPS 4

2.1.1 องค์ประกอบของ GPS 4

2.1.1.1 ส่วนอวกาศ 4

2.1.1.2 ส่วนสถานีควบคุม 5

2.1.1.3 ส่วนผู้ใช้ 6

2.1.2 การทำงานของ GPS 6

2.1.3 NMEA 7

2.1.3.1 NMEA Standard 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.3.2 NMEA Sentence 7
2.1.3.3 ข้อกำหนดของประโยค NMEA 8
2.1.4 การประยุกต์ใช้งาน GPS 8
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 9
2.2.1 ข้อดีที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม 11
2.2.2 Arduino IDE คืออะไร 11
2.3 มาตรฐานการรับส่งสัญญาณไร้สาย ZigBee 12
2.3.1 คุณสมบัติของ ZigBee 13
2.3.2 ZigBee Protocol Stack 13
2.3.2.1 ZigBee Protocol Stack : Physical Layer 14
2.3.2.2 PHY Frame Structure 14
2.3.2.3 ZigBee Protocol Stack: MAC Layer 15
2.3.2.4 ประเภทของอุปกรณ์ในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 15
2.3.2.5 หน้าที่ของอุปกรณ์ ZigBee 16
2.3.2.6 Superframe 16
2.3.2.7 ZigBee Network Layer 17
2.4 โปรแกรม Visual studio 20
2.5 โปรแกรม XCTU 20
2.6 MySQL 20
2.7 ระบบฐานข้อมูล phpMyAdmin 21
2.7.1 ชนิดข้อมูลแต่ละชนิดใน phpMyAdmin 22
2.8 จอแอลซีดี 25
2.8.2 ข้อเสียของจอภาพผลึกเหลว 27
2.9 ทางรถไฟสายแม่กลอง 27
2.9.1 ประวัติทางรถไฟสายแม่กลอง 27
2.10 อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย XBee 29
2.10.1 ประเภทของ XBee 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10.1.1 XBee 802.15.4 29
2.10.1.2 XBee 900MHz 30
2.10.1.3 XBee Wi-Fi 30
2.10.1.4 XBee Series 2 31
2.10.2 ขนาดและขาของโมดูล XBee 31

บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน 35
3.1 หลักการทำงานและภาพรวมของระบบ 35
3.2 การออกแบบระบบ 36
3.2.1 การออกแบบในส่วนภาคส่ง 36
3.2.2 การออกแบบในส่วนของภาครับและหน่วยเก็บข้อมูล 42
3.3 การออกแบบส่วนของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟ 44
3.3.1 การออกแบบส่วนอินเตอร์เฟสโปรแกรมมอนิเตอร์ 44
3.3.2 การออกแบบฐานข้อมูล 51

บทที่ 4 ผลการทดลอง 53
4.1 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ภาคส่ง 53
4.2 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ภาครับ 56
4.3 การทดสอบระบบติดตามขบวนรถไฟเส้นทางสายแม่กลอง 58
4.4 กระบวนการส่งข้อมูลตำแหน่งและเวลาของรถไฟลงฐานข้อมูล 79

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 81
5.1 สรุปผลการทดลอง 81
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการดำเนินงาน 81
5.3 แนวทางการแก้ปัญหา 81
5.4 การพัฒนาต่อและนำไปใช้ 82

เอกสารอ้างอิง 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก.....85
ภาคผนวก ข.....87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ช่วงเวลาการดำเนินงานในช่วงสิงหาคม 2559 ถึงเมษายน 2560.....3
ตารางที่ 2.1 ข้อสรุปข้อดีข้อเสียของแต่ละ topology.....19
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดขาสัญญาณของโมดูล XBee 33
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการเชื่อมต่อของ GPS Module เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 38
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการเชื่อมต่อของ XBee เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 39
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการเชื่อมต่อหน้าจอ LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 40
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดการเชื่อมต่อของ XBee เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อ Arduino Uno 44
ตารางที่ 3.5 ประเภทการเก็บข้อมูลรถไฟ.....52
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากการทดลองระยะหกสถานีแรกช่วงวงเวียนใหญ่ - มหาชัย 58
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลจากการทดลองระยะหกสถานีสุดท้ายช่วงบ้านแหลม – แม่กลอง.....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การโคจรของดาวเทียมที่ใช้ในระบบ GPS 4
รูปที่ 2.2 นาฬิกาอะตอมซีเซียมและรูบิเดียม 5
รูปที่ 2.3 สถานีควบคุมตามพื้นโลก 5
รูปที่ 2.4 การตรวจสอบและปรับแก้ค่าความถูกต้องของข้อมูล 6
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างประโยค NMEA 8
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของ Arduino UNO 10
รูปที่ 2.7 หน้าจอโปรแกรม Arduino IDE 11
รูปที่ 2.8 โลโก้ ZigBee 12
รูปที่ 2.9 ZigBee protocol stack 13
รูปที่ 2.10 คลื่นความถี่ที่ใช้ในมาตรฐาน ZigBee 14
รูปที่ 2.11 physical frame structure 15
รูปที่ 2.12 superframe structure 17
รูปที่ 2.13 Star topology 18
รูปที่ 2.14 Mesh topology 18
รูปที่ 2.15 Cluster-tree topology 18
รูปที่ 2.16 topology ทั้งหมด 19
รูปที่ 2.17 โปรแกรม XCTU 20
รูปที่ 2.18 โลโก้ของ phpMyAdmin 22
รูปที่ 2.19 การทำงานของจอภาพผลึกเหลว 26
รูปที่ 2.20 สถานีแม่กลอง 27
รูปที่ 2.21 XBee 802.15.4 30
รูปที่ 2.22 XBee 900 MHz 30
รูปที่ 2.23 XBee Wi-Fi 31
รูปที่ 2.24 XBee Series 2 31
รูปที่ 2.25 XBee top view 32
รูปที่ 2.26 XBee side view 32
รูปที่ 2.27 รายละเอียดขาสัญญาณของโมดูล XBee 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 องค์ประกอบโดยรวมของระบบ....35
รูปที่ 3.2 สถานีสำหรับทำการทดลองช่วงวงเวียนใหญ่ – มหาชัย....36
รูปที่ 3.3 สถานีสำหรับทำการทดลองช่วงบ้านแหลม – แม่กลอง....36
รูปที่ 3.4 การออกแบบภาคส่ง....37
รูปที่ 3.5 GPS module รุ่น Ublox Neo-M8N....37
รูปที่ 3.6 Arduino Mega 2560 ในส่วนของภาคส่ง....37
รูปที่ 3.7 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง GPS กับ Arduino Mega....38
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee ที่ใช้ในส่วนภาคส่ง....38
รูปที่ 3.9 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง XBee กับ Arduino Mega....39
รูปที่ 3.10 หน้าจอ LCD....40
รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อวงจรระหว่างหน้าจอ LCD กับ Arduino Mega....40
รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อแหล่งจ่ายพลังงานเข้ากับ Arduino Mega....41
รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อวงจรในภาคส่งของระบบติดตามรถไฟ....41
รูปที่ 3.14 การออกแบบภาครับ....42
รูปที่ 3.15 บอร์ด Arduino UNO R3....42
รูปที่ 3.16 อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee ที่ใช้ในส่วนภาครับ....43
รูปที่ 3.17 การเชื่อมต่อวงจรระหว่าง XBee กับ Arduino Uno....43
รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อวงจรในส่วนภาครับของระบบติดตามรถไฟ....44
รูปที่ 3.19 เมนูเลือกเส้นทางที่จะตรวจสอบ....45
รูปที่ 3.20 หน้าจอโปรแกรม monitor....45
รูปที่ 3.21 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟ....46
รูปที่ 3.22 Use Case Diagram ของโปรแกรมมอนิเตอร์....47
รูปที่ 3.23 Sequence Diagram ของการแสดงสถานะตำแหน่งสถานที่รถไฟ....48
รูปที่ 3.24 Sequence Diagram ของการแสดงผลข้อมูลดั้งเดิม....49
รูปที่ 3.25 Sequence Diagram ของการแสดงผลตำแหน่งละติจูดลองจิจูด....49
รูปที่ 3.26 Sequence Diagram ของการแสดงผลเวลาของรถไฟ....50
รูปที่ 3.27 Sequence Diagram ของการแสดงผลความเร็วของรถไฟ....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.28 ฐานข้อมูลระบบติดตามขบวนรถไฟ....52
รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ GPS Module ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Mega....53
รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ XBee สำหรับภาคส่ง....53
รูปที่ 4.3 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอุปกรณ์ภาคส่ง....54
รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลและสวิตช์เมื่อปิดการทำงาน....54
รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดสวิตช์....55
รูปที่ 4.6 ถ่านไฟฟ้าที่ใช้สำหรับภาคส่ง....55
รูปที่ 4.7 แบตเตอรี่สำรองที่ใช้สำหรับภาคส่ง....56
รูปที่ 4.8 อุปกรณ์ฝั่งรับที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์....56
รูปที่ 4.9 เมนูเลือกเส้นทางขบวนรถไฟ....57
รูปที่ 4.10 โปรแกรมสำหรับตรวจสอบขบวนรถไฟ....57
รูปที่ 4.11 การทำงานของหน้าจอโปรแกรมตรวจสอบขบวนรถไฟ....58
รูปที่ 4.12 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่วงเวียนใหญ่....59
รูปที่ 4.13 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างตลาดพลูกับวงเวียนใหญ่....60
รูปที่ 4.14 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่ตลาดพลู....60
รูปที่ 4.15 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างคลองต้นไทรกับตลาดพลู....60
รูปที่ 4.16 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่คลองต้นไทร....61
รูปที่ 4.17 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างจอมทองกับคลองต้นไทร....61
รูปที่ 4.18 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่จอมทอง....61
รูปที่ 4.19 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างวัดไทรกับจอมทอง....62
รูปที่ 4.20 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่วัดไทร....62
รูปที่ 4.21 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างวัดสิงห์กับวัดไทร....62
รูปที่ 4.22 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่วัดสิงห์....63
รูปที่ 4.23 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่วงเวียนใหญ่....63
รูปที่ 4.24 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ตรงระหว่างตลาดพลูกับวงเวียนใหญ่....64
รูปที่ 4.25 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ตลาดพลู....64
รูปที่ 4.26 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างคลองต้นไทรกับตลาดพลู....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.27 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่คลองต้นไทร 65
รูปที่ 4.28 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างจอมทองกับคลองต้นไทร 66
รูปที่ 4.29 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่จอมทอง 66
รูปที่ 4.30 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างวัดไทรกับจอมทอง 67
รูปที่ 4.31 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่วัดไทร 67
รูปที่ 4.32 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างวัดสิงห์กับวัดไทร 68
รูปที่ 4.33 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่วัดสิงห์ 68
รูปที่ 4.34 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่บ้านนาขวาง 69
รูปที่ 4.35 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างบ้านนาโคกกับบ้านนาขวาง 70
รูปที่ 4.36 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่บ้านนาโคก 70
รูปที่ 4.37 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างเขตเมืองกับบ้านนาขวาง 70
รูปที่ 4.38 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่เขตเมือง 71
รูปที่ 4.39 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างลาดใหญ่กับเขตเมือง 71
รูปที่ 4.40 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่ลาดใหญ่ 71
รูปที่ 4.41 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างบางกะบูนกับลาดใหญ่ 72
รูปที่ 4.42 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่บางกะบูน 72
รูปที่ 4.43 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างระหว่างแม่กลองกับบางกะบูน 72
รูปที่ 4.44 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่แม่กลอง 73
รูปที่ 4.45 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่บ้านนาขวาง 73
รูปที่ 4.46 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างบ้านนาโคกกับบ้านนาขวาง 74
รูปที่ 4.47 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่บ้านนาโคก 74
รูปที่ 4.48 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างเขตเมืองกับบ้านนาโคก 75
รูปที่ 4.49 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่เขตเมือง 75
รูปที่ 4.50 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างลาดใหญ่กับเขตเมือง 76
รูปที่ 4.51 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ลาดใหญ่ 76
รูปที่ 4.52 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างบางกะบูนกับลาดใหญ่ 77
รูปที่ 4.53 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่บางกะบูน 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.54 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างแม่กลองกับบางกะบูน 78
รูปที่ 4.55 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่แม่กลอง 78
รูปที่ 4.56 สถานะหน้าจอเมื่อรับค่าได้หลังจากตอนแรกสัญญาณขาดหาย 79
รูปที่ 4.57 สถานะหน้าจอเมื่อกลับมาแสดงผลตามปกติ 79
รูปที่ 4.58 ฐานข้อมูลของระบบติดตามขบวนรถไฟ 80
รูปที่ 4.59 Attribute สำหรับเก็บค่าในฐานข้อมูล 80
รูปที่ ข.1 หน้าต่าง Arduino Setup License Agreement 88
รูปที่ ข.2 หน้าต่าง Arduino Setup เลือกส่วนประกอบ 88
รูปที่ ข.3 หน้าต่าง Arduino Setup เลือกตำแหน่งจัดเก็บ 89
รูปที่ ข.4 หน้าต่าง Arduino Setup ติดตั้งสำเร็จ 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันนี้การบริการขนส่งมวลชนมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันของคนไทย รถไฟถือเป็นหนึ่งในบริการขนส่งมวลชนที่เข้ามามีบทบาทต่อการใช้ชีวิตและยังใช้ประโยชน์ในด้านการขนส่งสินค้า รถไฟมีการให้บริการในทุกภูมิภาคของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันรถไฟไทยยังประสบปัญหาในบางสาย ที่ไม่มีระบบติดตามขบวนรถไฟแบบเรียลไทม์ จึงทำให้ไม่ทราบว่าตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถไฟนั้นอยู่ที่ตำแหน่งใด ซึ่งทำให้เกิดปัญหาเรื่องความล่าช้าแก่ผู้โดยสาร

จากอดีตถึงในปัจจุบันได้มีการคิดค้นเทคโนโลยีสำหรับพัฒนาสิ่งต่างๆรอบตัวส่วนหนึ่งก็เพื่ออำนวยความสะดวกในด้านคมนาคม เทคโนโลยี ZigBee และ GPS ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความทนทานแม่นยำและไม่ต้องขออนุญาตใช้คลื่นความถี่รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้งานได้ ซึ่งจากเหตุผลเหล่านี้จึงทำให้เกิดโครงงานระบบติดตามรถไฟโดยใช้ ZigBee และ GPS ร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาขบวนรถไฟในบางสายที่ไม่มีระบบติดตามขบวนรถไฟแบบเรียลไทม์ โดยทำการทดลองกับอุปกรณ์ XBee ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี ZigBee และ GPS ที่รถไฟสายแม่กลอง เนื่องจากรถไฟในสายนี้มีการเคลื่อนที่ค่อนข้างช้าจำนวนคนที่ใช้บริการมีจำนวนไม่มากจึงเหมาะกับการทำการทดลองระบบติดตามขบวนรถไฟ

1.2 จุดประประสงค์

- เพื่อศึกษาการทำงานของ ZigBee
- เพื่อศึกษาการทำงานของ GPS
- เพื่อพัฒนาระบบติดตามขบวนรถไฟโดยใช้เทคโนโลยี ZigBee และ GPS
- เพื่อสร้างโปรแกรมจำลองสถานีรถไฟและขบวนรถไฟด้วยโปรแกรม Visual studio
- เพื่อให้ดึงข้อมูลตำแหน่งขบวนรถไฟจาก GPS แสดงผลบนโปรแกรมจำลองได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

- ระบุตำแหน่งของขบวนรถไฟได้โดยใช้ GPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รับตำแหน่งของขบวนรถไฟผ่าน ZigBee เพื่อมาแสดงผลบนหน้าจอ LCD และบนโปรแกรมมอนิเตอร์
- ทำให้เกิดการทำงานร่วมกันระหว่าง ZigBee และ GPS
- สามารถส่งข้อมูลผ่านระหว่างอุปกรณ์ XBee ภาคส่งและภาครับในขบวนรถไฟสายแม่กลอง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถระบุตำแหน่งของขบวนรถไฟได้
- ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก
- ระบบที่พัฒนาขึ้นเกิดการทำงานร่วมกันระหว่าง ZigBee และ GPS

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้

1.5.1 ฮาร์ดแวร์

- GPS Module 1 ตัว
- XBee Module Serie2 จำนวน 2 ตัว
- Arduino Mega 2560 1 ตัว
- Arduino Uno R3 1ตัว
- หน้าจอ LCD 1 จอ
- แบตเตอรี่
- ถ่าน Power bank 2 ก้อน
- รางใส่ถ่าน 1 ราง

1.5.2 ซอฟต์แวร์

- โปรแกรม Arduino IDE
- โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2015
- phpMyAdmin
- โปรแกรม XCTU

1.5.3 ภาษาที่ใช้พัฒนา

- SQL
- C#

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- C
- Visual Basic

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทำปริญญานิพนธ์นี้มีการแสดงได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ช่วงเวลาการดำเนินงานในช่วงสิงหาคม 2559 ถึงเมษายน 2560

ลำดับ	ชื่องาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	ศึกษาการใช้ Visual Studio	↔								
2	ศึกษาโครงสร้างฮาร์ดแวร์ที่ใช้	↔	↔							
3	ติดตั้งอุปกรณ์ในการหาตำแหน่ง		↔	↔						
4	ทำการทดสอบการหาตำแหน่งรถไฟ		↔	↔						
5	จัดทำเอกสารการสอบวิชาโครงงาน 1			↔	↔					
6	ศึกษาและสรุปผลสำหรับเทอม 2				↔	↔				
7	ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับหาตำแหน่งขบวนรถไฟ					↔	↔			
8	สร้างโปรแกรมแสดงผลการติดตามขบวนรถไฟ				↔	↔	↔	↔		
9	ทำการทดสอบระบบและทำการทดลองที่รถไฟสายแม่กลอง							↔	↔	
10	จัดทำปริญญานิพนธ์								↔	↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 GPS

GPS ย่อมาจาก Global Positioning System ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลกที่อาศัยตำแหน่งของกลุ่มดาวเทียม 24 ดวงที่โคจรอยู่รอบโลก GPS เป็นพิกัดอ้างอิง โดยเครื่องรับ GPS สามารถคำนวณตำแหน่งบนพื้นโลกได้แม่นยำ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 การโคจรของดาวเทียมที่ใช้ในระบบ GPS
(อ้างอิงโดย http://www.gps.gov/systems/gps/space/)

2.1.1 องค์ประกอบของ GPS

GPS ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนหลักคือ

2.1.1.1 ส่วนอวกาศ

ส่วนอวกาศประกอบด้วย ดาวเทียมโคจรรอบโลก 24 ดวง ใช้ปฏิบัติงาน 21 ดวง สำรอง 3 ดวง ลอยอยู่ในวงโคจรสูงประมาณ 20,000 กิโลเมตร หมุนรอบโลก 1 รอบใช้เวลาโคจร 12 ชั่วโมง วงโคจรมีทั้งหมด 6 วงโคจร แต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง เพื่อความแม่นยำ ถูกต้อง ในการคำนวณตำแหน่งพิกัดของ GPS Receiver ที่รับสัญญาณบนโลก ดาวเทียมจะใช้นาฬิกาอะตอมมิค ได้แก่ นาฬิกาอะตอมซีเซียม 2 เรือน และนาฬิกาอะตอมรูบิเดียม 2 เรือน ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

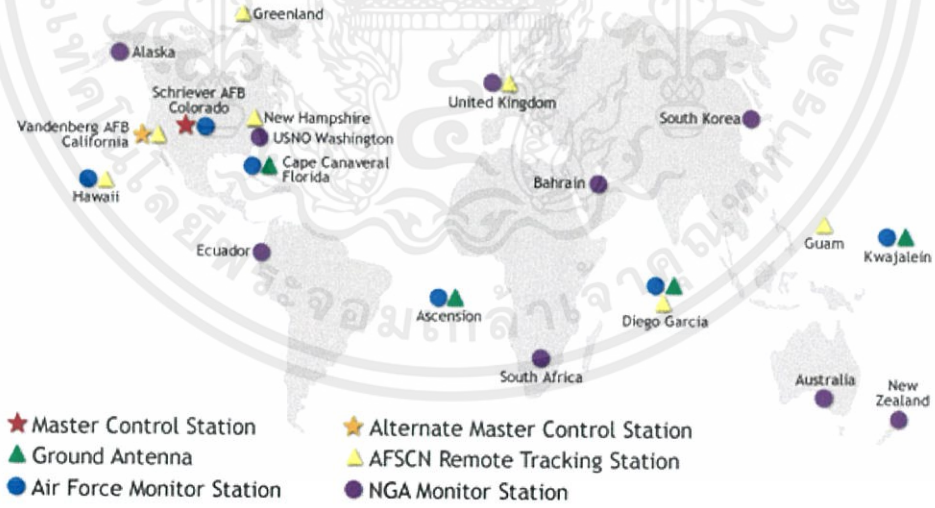
รูปที่ 2.2 นาฬิกาอะตอมซีเซียมและรูบิเดียม
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/R1apiF)

2.1.1.2 ส่วนสถานีควบคุม

ส่วนสถานีควบคุมได้แก่สถานีภาคพื้นดินที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบ กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของโลก เพื่อทำหน้าที่ปรับปรุงข้อมูลดาวเทียมให้มีความถูกต้องและทันสมัยอยู่ตลอดเวลา โดยแบ่งออกเป็น

1. สถานีควบคุมหลัก
2. สถานีติดตามดาวเทียม ทำหน้าที่รังวัดติดตามดาวเทียมตลอดเวลา
3. สถานีรับส่งสัญญาณ

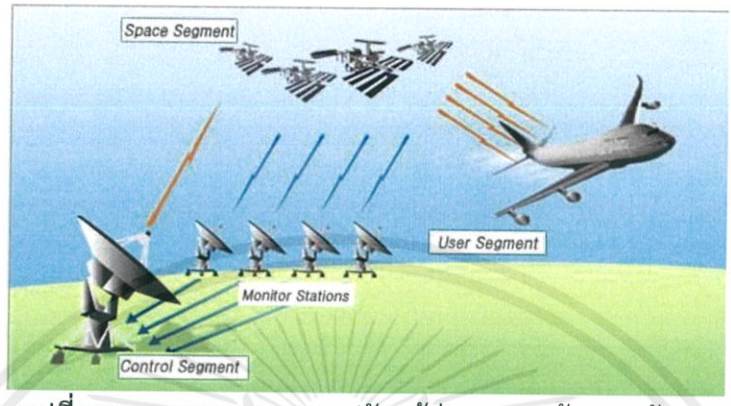
ในส่วนสถานีควบคุมตามพื้นโลกจะดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สถานีควบคุมตามพื้นโลก
(อ้างอิงโดย http://www.gps.gov/systems/gps/control/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงาน สถานีควบคุมหลักจะรับข้อมูลตำแหน่งและเวลาในการเคลื่อนที่ของดาวเทียมแต่ดวงจากสถานีติดตามดาวเทียม จากนั้นทำการตรวจสอบและปรับแก้ค่าความถูกต้องของข้อมูลที่ควรจะเป็นส่งกลับไปยังตัวดาวเทียมวันละสามครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การตรวจสอบและปรับแก้ค่าความถูกต้องของข้อมูล
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/R1apiF)

2.1.1.3 ส่วนผู้ใช้

ส่วนผู้ใช้ซึ่งนอกจากจะหมายถึงผู้ใช้งานระบบ GPS แล้ว ยังรวมถึง ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ รวมถึงเทคนิควิธีการต่างๆ ที่ช่วยให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของการรับสัญญาณที่ดีขึ้น และค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น

2.1.2 การทำงานของ GPS

GPS ทำงานโดยการรับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละดวง โดยสัญญาณดาวเทียมนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ระบุตำแหน่งและเวลาขณะส่งสัญญาณ ตัวเครื่องรับสัญญาณ GPS จะต้องประมวลผลความแตกต่างของเวลาในการรับสัญญาณเทียบกับเวลาจริง ณ ปัจจุบันเพื่อแปรเป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งได้ระบุมีตำแหน่งของมันมากับสัญญาณดังกล่าวข้างต้นเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียมต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อบอกตำแหน่งบนผิวโลก ซึ่งระยะห่างจากดาวเทียมทั้ง 3 กับเครื่อง GPS จะสามารถระบุตำแหน่งบนผิวโลกได้ หากพื้นโลกอยู่ในแนวระนาบแต่ในความเป็นจริงพื้นโลกมีความโค้งเนื่องจากสัณฐานของโลกมีลักษณะกลม ดังนั้นดาวเทียมดวงที่ 4 จะทำให้สามารถคำนวณเรื่องความสูงเพื่อทำให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมากขึ้น

นอกจากนี้ความแม่นยำของการระบุตำแหน่งนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวง กล่าวคือ ถ้าระยะห่างระหว่างดาวเทียมที่ใช้งานอยู่ห่างกันย่อมให้ค่าที่แม่นยำกว่าที่อยู่ใกล้กัน และยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีจำนวนดาวเทียมที่รับสัญญาณได้มากก็ยิ่งให้ความแม่นยำมากขึ้น ความแปรปรวนของชั้นบรรยากาศชั้นบรรยากาศประกอบด้วยประจุไฟฟ้า ความชื้น อุณหภูมิ และความหนาแน่นที่แปรปรวนตลอดเวลา คลื่นเมื่อตกกระทบกับวัตถุต่างๆ จะเกิดการหักเหทำให้สัญญาณที่ได้อ่อนลง และสิ่งแวดล้อมในบริเวณรับสัญญาณเช่นมีการบดบังจากกระจก ละอองน้ำ ใบไม้ จะมีผลต่อค่าความถูกต้องของความแม่นยำ เนื่องจากถ้าสัญญาณจากดาวเทียมมีการหักเหก็จะทำให้ค่าที่คำนวณได้จากเครื่องรับสัญญาณเพี้ยนไป และสุดท้ายก็คือประสิทธิภาพของเครื่องรับสัญญาณว่ามีความไวในการรับสัญญาณแค่ไหนและความเร็วในการประมวนผลด้วย

องค์ประกอบสุดท้ายก็คือตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงในขณะที่ส่งสัญญาณมาว่าอยู่ที่ใด (Almanac) มายังเครื่องรับ GPS โดยวงโคจรของดาวเทียมได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้วเมื่อถูกส่งขึ้นสู่อวกาศ สถานีควบคุมจะคอยตรวจสอบการโคจรของดาวเทียมอยู่ตลอดเวลาเพื่อทวนสอบความถูกต้อง

2.1.3 NMEA

NMEA ย่อมาจาก Nation Maritime Electronics Association ซึ่งเป็นสมาคมที่มุ่งเน้นศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์เหล่านี้ เมื่อเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันต้องสามารถเข้าใจกันได้ หรือสื่อสารโดยใช้ภาษาเดียวกัน NMEA จึงพัฒนามาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าว เรียกว่า NMEA Standard ซึ่งระบุข้อมูลการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าและรูปแบบของข้อมูล

2.1.3.1 NMEA Standard

ก็เช่นเดียวกับโปรโตคอลภาษาอื่นๆ ที่ได้มีการพัฒนาเวอร์ชัน โดยเริ่มตั้งแต่ NMEA-0180, NMEA-0182 จนถึง NMEA-0183 โดยที่การใช้งานของ NMEA-0180 และ NMEA-0182 ค่อนข้างมีข้อจำกัดและจะเน้นทางการสื่อสารระหว่าง Loran C กับ Autopilot ดังนั้น ได้มีการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางขึ้น โดยครอบคลุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการเดินเรือจนกลายมาเป็น NMEA-0183 ใช้อักษร ASCII และการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในการส่งข้อมูล จากอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปยังอุปกรณ์รับตัวหนึ่งหรือหลายๆตัว

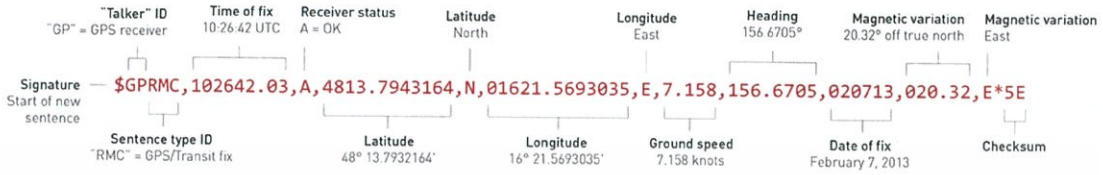
มาตรฐาน NMEA-0183 ในมาตรฐานนี้ ตัวอักขระที่ใช้คือ ASCII Text ซึ่งสามารถพิมพ์ได้ (รวมไปถึง Carriage Return and Line Feed) NMEA-0183 นั้นส่งข้อมูลด้วยอัตรา 4800 baud ข้อมูลจะถูกส่งในรูปของประโยค (Sentences)

2.1.3.2 NMEA Sentence

คำขึ้นต้นของประโยค NMEA คือชนิดของข้อมูลเพื่อกำหนดส่วนอื่นของประโยค NMEA โดยแต่ละชนิดของข้อมูลจะถูกกำหนดโดยมาตรฐานของ NMEA เช่นประโยค GGA จะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการจงข้อมูลที่สำคัญ เช่นพิกัดของ GPS module ในประโยคอื่น อาจจะมีการบอกข้อมูลในลักษณะคล้ายๆ กันตัวอย่างชนิดข้อมูลของประโยค NMEA ใน GPS มีดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างประโยค NMEA
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/u8WwBD)

2.1.3.3 ข้อกำหนดของประโยค NMEA

- ในแต่ละประโยค NMEA จะต้องขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย $ ก่อน prefix
- แต่ละประโยค NMEA จะตองมีความยาวไมเกิน 80 อักขระ
- รายการของข้อมูลจะถูกแยกด้วยเครื่องหมายคอมมา (,)
- ข้อมูลจะมีลักษณะเป็นรหัส ASCII
- ข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงตามความเที่ยงตรงที่บรรจุอยู่ในข้อความ
- มีการ Checksum ที่ท้าย Sentence ซึ่งอาจจะเช็คหรือไมเช็คโดยหน่วยการอ่านข้อมูล
- การ Checksum ประกอบด้วยเครื่องหมาย * และอีก 2 ตัวเลขฐาน 16 (HEX) แสดงการ Exclusive OR ของอักขระทั้งหมด

2.1.4 การประยุกต์ใช้งาน GPS

ปัจจุบันนี้ได้มีการใช้งานในรูปแบบต่างๆดังนี้

- การกำหนดพิกัดของสถานที่ต่าง ๆ การทำแผนที่ โดยส่านใหญ่นิยมใช้อุปกรณ์ที่สามารถพกพาไปได้ง่าย มีความทนทาน กันน้ำได้ สามารถใช้กับถ่านไฟฉายขนาดมาตรฐานได้ ดูรายละเอียด GPS สำหรับงานสำรวจ

- การนำทาง ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางมีหลากหลายแบบและขนาด สามารถนำทางได้ทั้งภาพและเสียง ใช้ได้หลายภาษา บางแบบมีภาพเสมือนจริง ภาพสามมิติ และประสิทธิภาพอื่นๆ เพิ่มเติมเช่น multimedia Bluetooth hand free เป็นต้น ดูรายละเอียด GPS นำทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายหมุดดาวเทียม GPS ของกรมที่ดิน (DOLVRS)
- การกำหนดจุดเพื่อบรรเทาสาธารณะภัย เช่น เสื้อกั๊กชูชีพที่มีเครื่องส่งสัญญาณ GPS
- การวางผังสำหรับการจัดส่งสินค้า
- การนำไปใช้ประโยชน์ในขบวนการยุติธรรม เช่นการติดตามบุคคล
- การติดตามการค้ายาเสพติด ฯลฯ ดูรายละเอียด GPS เพื่อการติดตาม
- การนำไปใช้ประโยชน์ทางทหาร ดูรายละเอียดเกี่ยวกับอนาคต GPS ทางทหารจากกระทรวงกลาโหมสหรัฐที่นี่ The Future of the Global Positioning System
- การกีฬา เช่นใช้ในการฝึกฝนเพื่อวัดความเร็ว ระยะทาง แคลลอรี่ที่เผาผลาญ ดูรายละเอียด อุปกรณ์ GPS สำหรับกิจกรรมกลางแจ้ง หรือ ใช้ในสนามกอล์ฟเอคำนวณระยะจากจุดที่อยู่ถึงหลุม
- การสันทนาการ เช่น กำหนดจุดตกปลา หาระยะเวลาที่เหมาะสมในการตกปลา การวัดความเร็ว ระยะทาง บันทึกเส้นทาง เครื่องบิน/รถบังคับวิทยุ ระบบการควบคุมหรือติดตามยานพาหนะ
- การติดตามบุคคล เพื่อให้ทราบว่ายานพาหนะอยู่ที่ใด มีการเคลื่อนที่หรือไม่ มีการแจ้งเตือนให้กับผู้ติดตามเมื่อมีการเคลื่อนที่เร็วกว่าที่กำหนดหรือเคลื่อนที่ออกนอกพื้นที่หรือเข้าสู่พื้นที่ที่กำหนด นอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้ในการป้องกันการโจรกรรมและติดตามทรัพย์สินคืน ดูรายละเอียดระบบติดตาม
- การนำข้อมูล GPS มาประกอบกับภาพถ่ายเพื่อการท่องเที่ยว การทำรายงานกิจกรรม เป็นต้น โดยจะต้องมีเครื่องรับสัญญาณ ดาวเทียมติดตั้งอยู่กับกล้องบางรุ่น หรือการใช้ GPS Data Logger ร่วมกับ Software

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

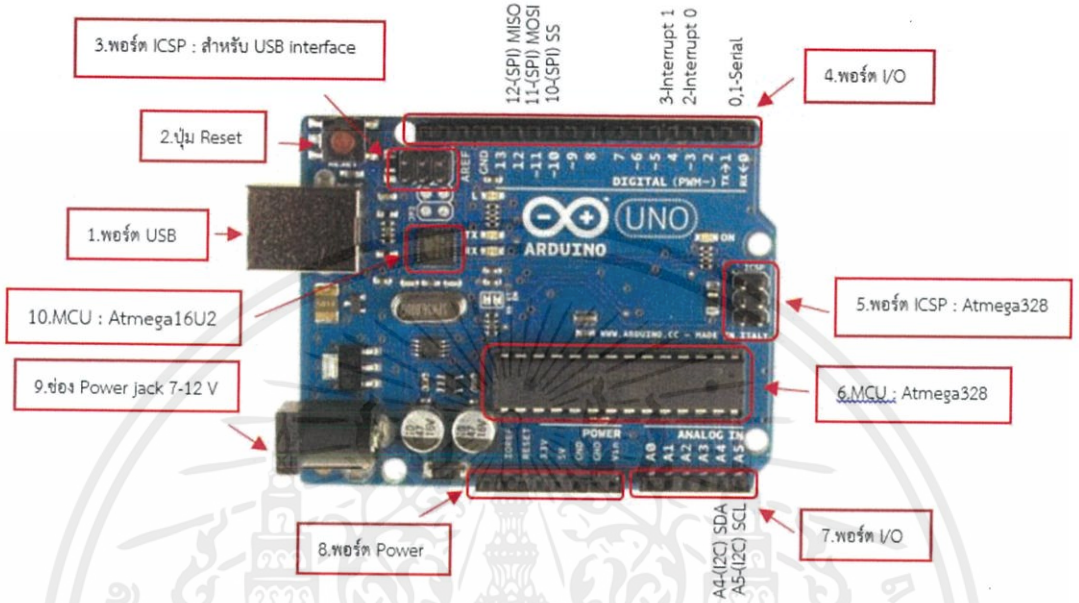
ในโครงงานนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลซึ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ คือ Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และ ซอฟแวร์ ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ตัวบอร์ด Arduino สามรถรับอินพุท

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้

ส่วนต่อไปเป็นการแสดงส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของ Arduino UNO ดังแสดงในภาพที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของ Arduino UNO

(อ้างอิงโดย https://goo.gl/f6hXKW)

1. USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

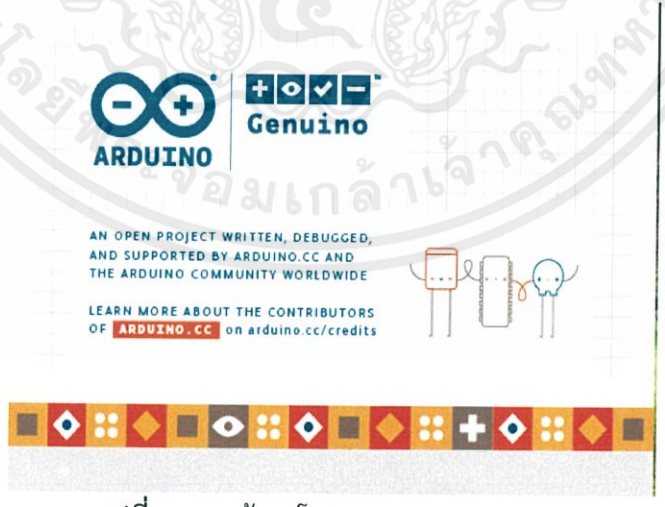
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.2.1 ข้อดีที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- ราคาไม่แพง
- สามารถใช้ Arduino ซอฟแวร์พัฒนาบน OS ใดก็ได้ ตั้งแต่ Windows, Mac, Linux
- ง่ายต่อการเริ่มต้น แต่มีความยืดหยุ่นเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับผู้ชำนาญ
- Open source และมีซอฟแวร์เสริมไว้สำหรับต่อยอด
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแกร่ง

2.2.2 Arduino IDE คืออะไร

Arduino IDE คือ เครื่องมือการเขียนโปรแกรมที่มีใช้งานได้กับ Arduino ได้ทุกรุ่น โดยภายในจะมีเครื่องมือที่จะเป็นสำหรับติดต่อ Arduino เช่น การค้นหา Arduino ที่ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ การเลือกรุ่น Arduino ที่ต่ออยู่เพื่อนตรวจสอบว่าขนาดของโปรแกรมที่เขียน หรือ Library ต่างๆ ซับพอร์ตกับ Arduino รุ่นนั้นๆ อีกทั้งยังมีโปรแกรมติดต่อผ่าน serial โดยตรงสำหรับคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Arduino IDE เป็นโปรแกรม open source สามารถนำไปใช้งานได้ฟรี อีกทั้งมี source code ตัวอย่างให้ทดสอบกับ sensor ต่างๆ เช่น โปรแกรมไฟกระพริบ โปรแกรมวัดอุณหภูมิ และสามารถโหลดได้ฟรีโดยตัวโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หน้าจอโปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มาตรฐานการรับส่งสัญญาณไร้สาย ZigBee

ZigBee เป็นหนึ่งในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นมาตราฐานสากลในการสื่อสารแบบไร้สาย สำหรับใช้งานประเภท Personal Area Networks กำหนดโดยกลุ่ม ZigBee Alliance ซึ่งเริ่มก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2002 มีวัตถุประสงค์ควบคุมและเซ็นเซอร์ใช้งานในระยะไกลซึ่งเหมาะสำหรับใช้งานสภาพแวดล้อมที่ต่างกันและไม่ต้องการความเร็วสูงมากนักโดยมีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 250 kbit/s ใช้พลังงานต่ำ แต่มีจุดเด่นที่ประหยัดพลังงานเช่น สวิตช์เปิดปิดแสงสว่าง ระบบควบคุมอุณหภูมิห้อง เป็นต้น รวมไปถึงใช้ในการรับค่าจาก Sensor โดย ZigBee ถูกออกแบบให้มีลักษณะต่างๆ ดังนี้

คาร์ล ริทเท่อร์ ฟอน ฟริช (Karl Ritter von Frisch) นักวิทยาศาสตร์ชาวออสเตรีย เจ้าของรางวัลโนเบลปี 1973 ได้ค้นพบคำตอบว่า ผึ้งตัวนั้นจะกลับมาระบำด้วยสเต็ปซิกแซก ให้ผึ้งตัวอื่นดู โดยการระบำนั้นจะสามารถบอกแก่ผึ้งตัวอื่นๆ ว่าอาหารอยู่ในทิศทางใดและมีระยะที่ไกลไปจากรังเท่าไหร่ ซึ่งจากการสื่อสารที่แหวกแนวนี้เอง ทำให้พวกผึ้งสามารถระดมพลกันไปขนอาหารได้อย่างถูกต้องนั่นแหละคือคำต้องว่าทำไมถึงมีโปรโตคอลที่ชื่อ ZigBee

เทคโนโลยี ZigBee จึงถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการสื่อสารไร้สายที่ไร้ขีดจำกัดมากขึ้นกว่าเทคโนโลยีไร้สายแบบเดิมเช่น Bluetooth Wi-Fi หรือ Z-Wave ในแง่ของขนาดเครือข่ายเทคโนโลยี ZigBee มีความยืดหยุ่นที่จะตอบสนองความต้องการของคุณได้มากที่สุด เพราะสามารถเชื่อมต่อได้ถึง 65,000 เซ็นเซอร์ ในขณะที่เทคโนโลยี Z-Wave เชื่อมต่อได้สูงสุดแค่ 230 เซ็นเซอร์ ในแง่ของความแรงของสัญญาณเทคโนโลยี ZigBee สามารถมีขอบเขตได้ถึง 300 เมตร ในขณะที่เทคโนโลยี Bluetooth สามารถไปไกลได้สูงสุดแค่ 10 เมตร และเทคโนโลยี Wi-Fi สามารถไปไกลได้สูงสุดแค่ 100 เมตร นอกจากนั้นเทคโนโลยี ZigBee ยังประหยัดพลังงานสูงที่สุดในเทคโนโลยี ไร้สายทั้งหมด ด้วยอุปกรณ์บางชิ้นสามารถใช้ถ่านนาฬิกาเล็กๆ เพียงหนึ่งก้อน และมีอายุใช้งานไปได้เป็นปีเลยทีเดียว โดยตัวอย่างโลโก้ ZigBee ดังแสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 โลโก้ ZigBee
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/mLIjDs)

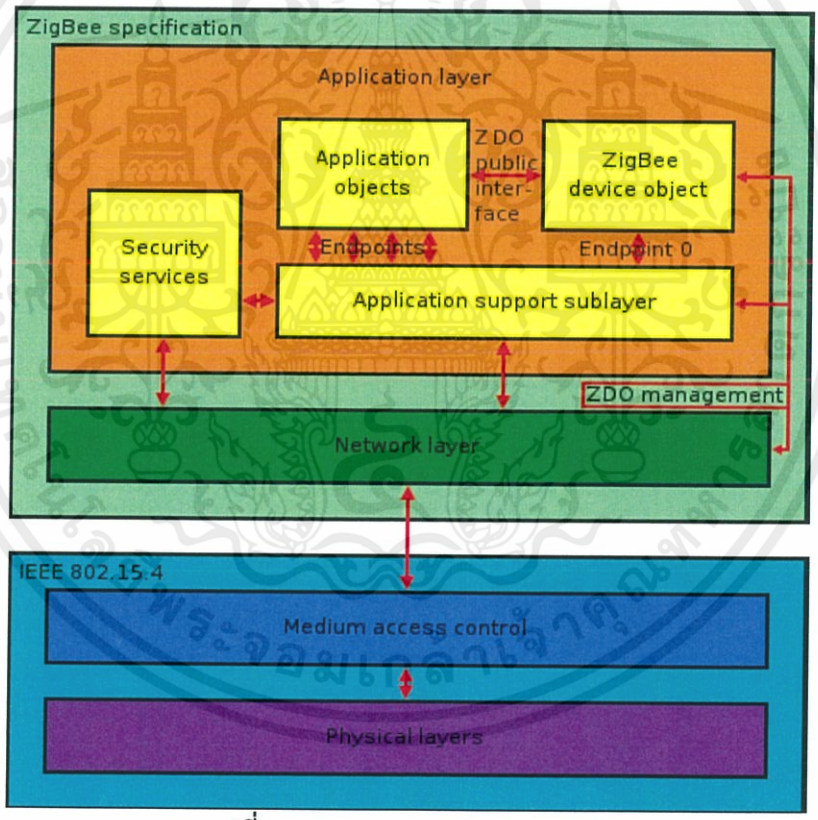
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 คุณสมบัติของ ZigBee

- เป็นเครือข่ายไร้สายในระยะใกล้
- ราคาไม่แพง
- ติดตั้งง่าย สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย
- สามารถรับส่งข้อมูลได้โดยเชื่อมั่นในความถูกต้องได้
- ใช้พลังงานในการทำงานต่ำ

2.3.2 ZigBee Protocol Stack

ZigBee Protocol Stack นั้น ถูกออกแบบขึ้นให้ทำงานตาม ZigBee Specification ซึ่งถูกกำหนดจาก ZigBee Alliance โดย ZigBee Specification ฉบับแรก ถูกกำหนดขึ้นเมื่อปี 2004 และได้รับการปรับปรุงเรื่อยมา สำหรับรูปแบบของ ZigBee Protocol Stack นั้น มีรูปแบบดังนี้



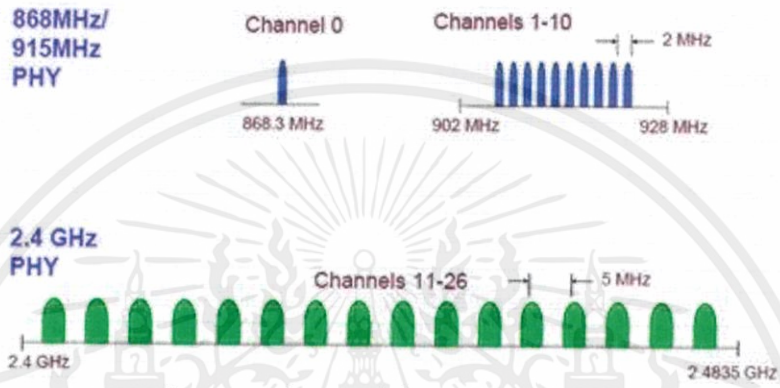
รูปที่ 2.9 ZigBee protocol stack
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/s5d9Dx)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบของ ZigBee Protocol Stack โดยประกอบด้วย Application Layer และ ZigBee Network Layer ซึ่งสร้างขึ้นตาม ZigBee Specification และ MAC Layer กับ Physical Layer ซึ่งเป็นมาตรฐานเดียวกันกับที่ใช้ใน IEEE 802.15.4

2.3.2.1 ZigBee Protocol Stack : Physical Layer

ในระดับ Physical Layer ของ ZigBee นั้น เป็นมาตรฐานเดียวกันกับ IEEE 802.15.4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ และดังแสดงรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 คลื่นความถี่ที่ใช้ในมาตรฐาน ZigBee
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/N41zQm)

จากรูปที่ 2.10 แสดงคลื่นความถี่ที่ ZigBee ใช้นั้น เป็นคลื่นความถี่ในช่วง ISM Band 3 ช่วงคลื่น คือ 868MHz, 915MHz, 2.4GHz ด้วยวิธีการส่งแบบ Direct Spread Spectrum (DSSS) ทำให้มีคุณสมบัติทนทานต่อ Noise เหมาะจะใช้ในพื้นที่ซึ่งมี Noise
สำหรับความถี่แต่ละช่วงจะได้อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ดังนี้

- ความถี่ 868 MHz (868-868.6 MHz) Modulation แบบ Binary Phase-shift Keying อัตรารับส่งข้อมูล 20 kb/s และในช่วงความถี่นี้จะใช้ในพื้นที่อเมริกาเหนือ
- ความถี่ 915 MHz (902-928 MHz) Modulation แบบ Binary Phase-shift Keying อัตรารับส่งข้อมูล 40 kb/s และในช่วงความถี่นี้จะนิยมใช้ในพื้นที่ยุโรป
- ความถี่ 2.4 GHz (2.4-2.4835 GHz) Modulation แบบ Quadrature Phase-shift Keying อัตรารับส่งข้อมูล 250 kb/s และในช่วงความถี่นี้จะนิยมใช้ในทั่วโลก

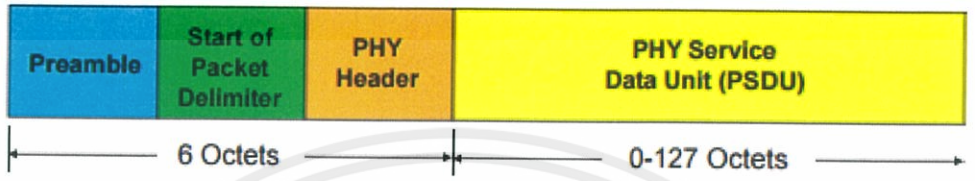
2.3.2.2 PHY Frame Structure

- Preamble (32 bits) – synchronization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Start of packet delimiter (8 bits) – shall be formatted as "11100101"
- PHY header (8 bits) –PSDU length
- PSDU (0 to 127 bytes) – data field

โดยแสดง PHY Frame Structure ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 physical frame structure
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/A1Eysa)

2.3.2.3 ZigBee Protocol Stack: MAC Layer

มีการแบ่ง Frame ออกเป็นสี่ชนิด

1. Data Frame: ทั้งหมดใช้ในการส่งข้อมูล
2. Beacon Frame: ใช้ในการส่งสัญญาณ beacon ที่สำหรับ synchronize จะทำการส่งโดย coordinator
3. Acknowledgment Frame: ใช้ในการส่งข้อมูลตอบกลับไปว่าได้รับแล้ว
4. MAC Command Frame: ใช้สำหรับส่งสัญญาณควบคุมใน MAC layer

รูปแบบในการส่งมี 2 ประเภท

1. Un-slotted (Non-Beacon enable mode)
2. Slotted (Beacon enable mode)

2.3.2.4 ประเภทของอุปกรณ์ในมาตรฐาน IEEE 802.15.4

ในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้มีการจำแนกอุปกรณ์เป็นสองประเภทดังนี้

1. Full Function Device (FFD)

- สามารถใช้งานได้ในทุกรูปแบบ topology
- สามารถทาการ Routing เพื่อหาเส้นทางสาหรับส่งข้อมูลได้
- ติดต่อกับอุปกรณ์ ZigBee โหนดอื่นได้ทั้ง ประเภท FFD และ RFD
- สามารถเป็น PAN Coordinator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Reduced Function Device (RFD)

- ใช้งานได้เฉพาะ star topology เท่านั้น
- เป็นได้เฉพาะ End Node ใน ZigBee Network
- ราคาถูกและสร้างง่าย
- ไม่สามารถหาเส้นทางให้ ZigBee Packet ได้ จึงใช้งานได้เฉพาะ Peer-to-Peer Topology เท่านั้น
- เป็น PAN Coordinator ไม่ได้

2.3.2.5 หน้าที่ของอุปกรณ์ ZigBee

ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 สามารถแบ่งหน้าที่ออกเป็นสามหน้าที่ดังนี้

1. ZigBee coordinator = IEEE 802.15.4 PAN coordinator

- ซึ่งจะเป็นศูนย์กลางของเครือข่ายไร้สาย ZigBee โดยจะทำหน้าที่จัดตั้ง ZigBee Network ขึ้นมา พร้อมทั้ง เก็บข้อมูลของ ZigBee Network นั้น โดยในหนึ่ง ZigBee Network จะมี Coordinator เพียงหนึ่งโหนดเท่านั้น
- ต้องเป็นอุปกรณ์ประเภท FFD เท่านั้น
- ทำหน้าที่จัดการการหาเส้นทาง

2. ZigBee router = IEEE 802.15.4 Coordinator

- ตัวกลางในการส่งข้อมูล
- มีฟังก์ชันในการค้นหาเส้นทาง
- ต้องเป็นอุปกรณ์ประเภท FFD เท่านั้น

3. ZigBee end device = IEEE 802.15.4 End Device

- ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลไปหาโหนดถัดไปและรับข้อมูล แต่ไม่ยอมให้มีการส่งข้อมูลผ่านตัวมัน
- มักจะมีการใช้แบตเตอรี่น้อย เวลาส่วนใหญ่อยู่ใน sleep mode เป็นได้ทั้งอุปกรณ์ประเภท FFD หรือ RFD

2.3.2.6 Superframe

Superframe ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้

1. Inactive period ทุกโหนดในนี้จะอยู่ใน sleep mode เพื่อเก็บรักษาพลังงาน

2. Active period ถูกแบ่งออกเป็น 16 slots และ active period จะถูกแบ่งออกเป็นอีกสองส่วนด้วยกันคือ

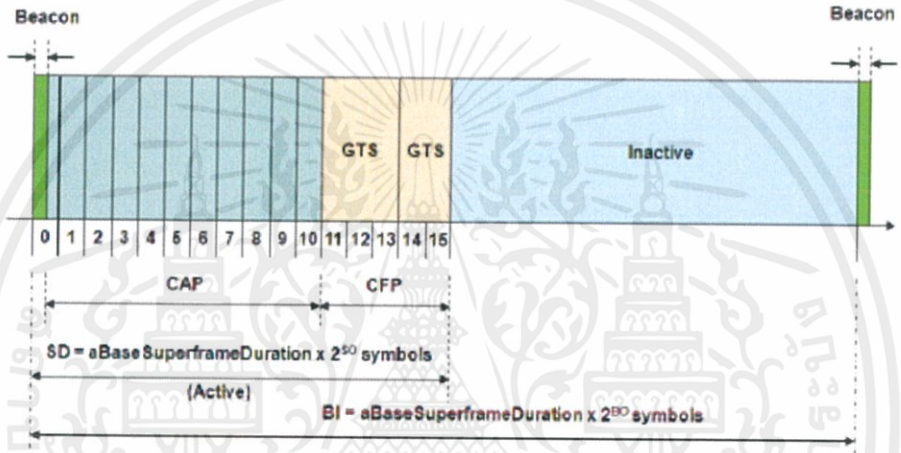
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Contention Access Period (CAP)

ใน CAP จะแบ่งออกเป็น contention slots เล็กๆแต่ละ slot จะยาว 20 symbols และจะมีลักษณะเป็น CSMA/CA

- Contention Free Period (CFP) - optional

CFP สามารถจะเลือกใช้หรือไม่ก็ได้ ถ้าเลือกภายใน CFP จะมี Guaranteed Time Slot (GTS) และ GTS นี้จะถูกจัดสรรโดย PAN coordinator โดย GTS จะประกอบไปด้วย slot หลายๆช่องซึ่งทั้งหมดจะถูกกำหนดให้อุปกรณ์เดียว สำหรับส่งหรือรับก็ได้
โดยแสดง Superframe ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 superframe structure
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/rBJilk)

2.3.2.7 ZigBee Network Layer

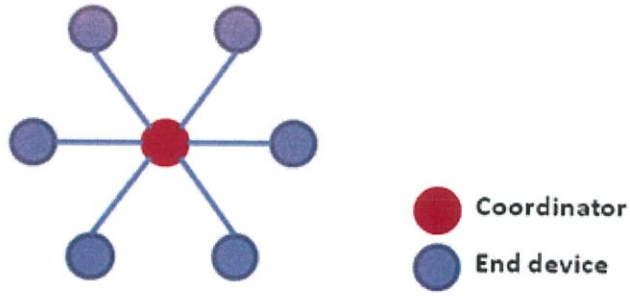
ZigBee network layer ทำให้มีความน่าเชื่อถือและปลอดภัยในการส่งระหว่างแต่ละอุปกรณ์ เป็น interface ระหว่าง MAC และ Security/Application layer และมีหน้าที่สำหรับจัดการสร้างเครือข่ายและการหาเส้นทาง โดย ZigBee coordinator จะทำหน้าที่สำหรับจัดตั้งเครือข่ายใหม่ขึ้นมา และเลือก topology นอกจากนี้ยังต้องทำการกำหนด network address ให้กับอุปกรณ์ในเครือข่าย และในส่วนของ ZigBee coordinator และ router ยังจะทำหน้าที่หาเส้นทางและปรับปรุง

สามารถแบ่ง topology ออกเป็นสามประเภทดังนี้

1. Star topology

ทุกๆอุปกรณ์ในการสื่อสารจะมี PAN coordinator เพียงตัวเดียวโดยมี End device เชื่อมต่อกับ PAN coordinator โดยตรง แสดงดังรูปที่ 2.13

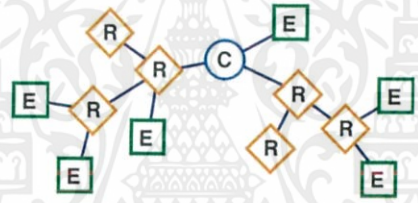
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 Star topology
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/vuzO0v)

2. Mesh topology

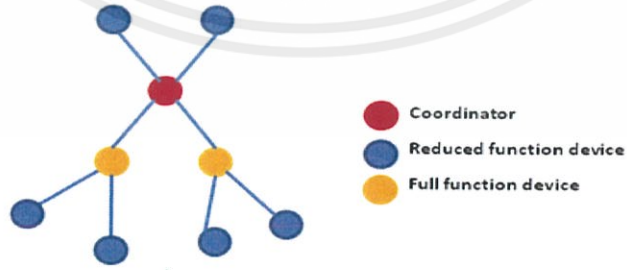
แต่ละอุปกรณ์จะสื่อสารกันโดยตรงกับอุปกรณ์อื่นๆและจะมีตัวกลางในการส่งหรือสื่อสารกันเองได้ แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 Mesh topology
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/lUWMv3)

3. Tree or Cluster Tree topology

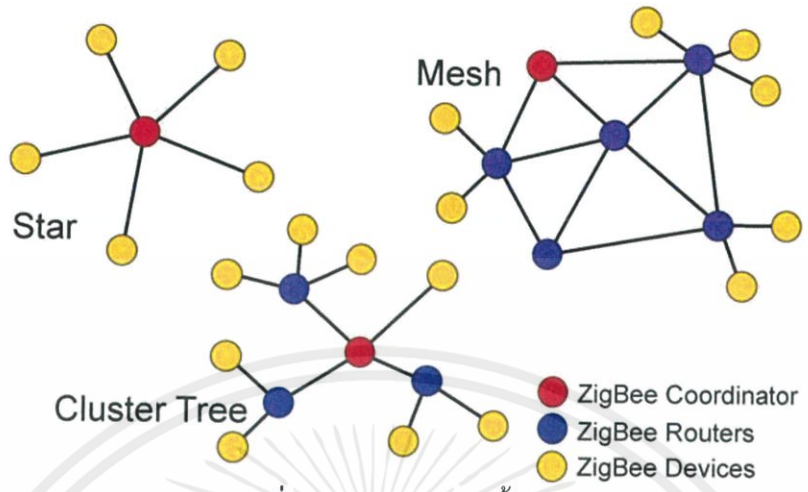
Router แต่ละตัวจะเปรียบเสมือนกิ่งไม้และทำการถ่ายทอดข้อความโดยที่ router แต่ละตัวจะไม่เชื่อมต่อกัน แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 Cluster-tree topology
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/vuzO0v)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบ topology แต่ละชนิดได้ดังรูปที่ 2.16 และตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.16 topology ทั้งหมด
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/1K1Cxi)

ซึ่งจากการแสดงรูป topology แต่ละชนิดข้างบนจะมีความแตกต่างของแต่ละ topology แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อสรุปข้อดีข้อเสียของแต่ละ topology

	ข้อดี	ข้อเสีย
Star	1.ง่ายในการ synchronize 2.สนับสนุนพลังงานต่ำ 3.ใช้เวลาในการเข้าใช้งาน network น้อย	1.small scale
Tree	1.ค่าใช้จ่ายในการหาเส้นทางต่ำ 2.สามารถใช้ superframes และยังสนับสนุน sleep mode 3.สามารถใช้งานการสื่อสารแบบ multihop ได้	1.เปลืองการจัดการหาเส้นทาง 2.เวลาในการเข้าใช้งานเครือข่ายอาจจะช้า
Mesh	1.เครือข่ายสามรถทำงานได้ดี 2.เครือข่ายมีความยืดหยุ่น 3.ใช้เวลาในการเข้าใช้งาน network น้อย	1.ไม่สนับสนุน superframes ดังนั้นจึงไม่สนับสนุน sleep mode 2.ค่าใช้จ่ายในการหาเส้นทางแพง .ต้องการพื้นที่เก็บ routing table

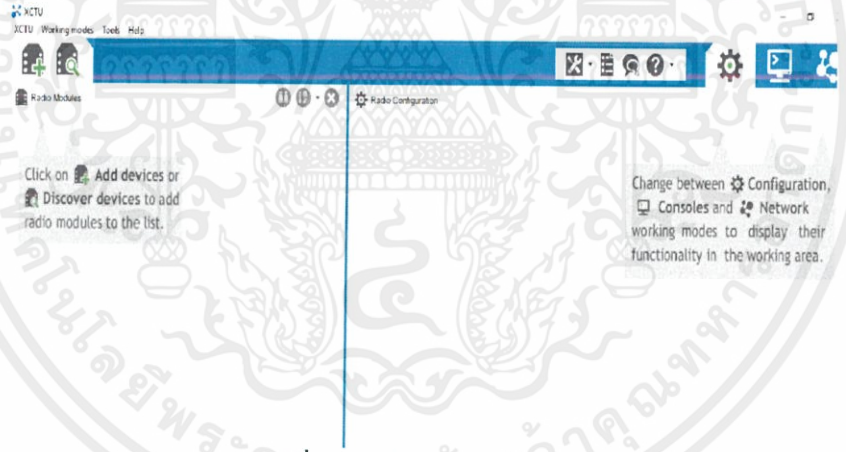
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โปรแกรม Visual studio

Microsoft Visual studio คือ Integrated Development Environment พัฒนาขึ้นโดย Microsoft ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยนักพัฒนาซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Website Web Application และ Web service ระบบที่รองรับการทำงานนั้นมี Microsoft Window, Pocket PC, Smartphone และ Web Browser ในปัจจุบัน Visual studio นั้นสามารถใช้ภาษาโปรแกรมที่เป็นภาษา .NET ในโปรแกรมเดียวกัน เช่น VB.NET, C++, C#, J# เป็นต้น

2.5 โปรแกรม XCTU

โปรแกรม XCTU เป็น software interface บนคอมพิวเตอร์ที่จะช่วยในการ update firmware หรือ ทดสอบการใช้งาน หรือ ปรับ parameter กับ ZigBee โดยสามารถ download software มาได้ฟรี จาก Digi (X-CTU Software) สำหรับการใช้งาน สามารถอ่านจากคู่มือ X-CTU Configuration & Test Utility Software User Guide หลังจากที่ Download ตัว Software มาแล้ว การ Install จะใช้เวลานานพอสมควรเนื่องจาก จะมีการ Download Firmware ล่าสุดจาก Digi ผ่าน internet (ควรต่อ internet ไว้ด้วย) กรุณารอจนติดตั้งเสร็จจะได้ firmware ครบถ้วน หน้าจอโปรแกรม XCTU แสดงได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โปรแกรม XCTU

2.6 MySQL

MySQL คือ Open Source Relational Database Management System (RDBMS) ซึ่งตอนแรกMySQL นั้นเป็นของบริษัท MySQL AB แต่ในปัจจุบันผู้ที่เป็นเจ้าของ MySQL คือ บริษัท Oracle โดย MySQL นั้นถือว่าเป็นฐานข้อมูลที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานบน Web Application เป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในสิ่งที่เรียกว่า LAMP (Linux, Apache, MySQL และ PHP) โดยตัวอย่าง Web Application ที่มีการใช้ MySQL เช่น TYPO3, Joomla, WordPress, phpBB, MyBB, Drupal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมไปทั้งเว็บไซต์ขนาดใหญ่ที่มีการใช้ MySQL ในส่วนหนึ่งของ Production เช่น Wikipedia, Google, Facebook, Twitter, Flickr,Nokia.com และ YouTube เป็นต้น

MySQL รองรับการทำงานด้านกราฟิก (GUI) ด้วยโดยมีโปรแกรมต่างๆ ที่ให้การสนับสนุน MySQL อย่างมากมายเช่น phpMyAdmin, Navicat, OpenOffice.org, SQLBuddy, Sequel Pro, SQLYog, Toad for MySQL, Adminer, DaDaBIK เป็นต้น

MySQL รองรับ และสนับสนุนการทำงานบนหลายๆ ระบบ เช่น AIX, BSDi, FreeBSD, HP-UX, eComStation, i5/OS, IRIX, Linux, Mac OS X, Microsoft Windows, NetBSD, Novell NetWare, OpenBSD, OpenSolaris, OS/2 Warp, QNX, Solaris, Symbian, SunOS เป็นต้น

MySQL มี Feature ที่สำคัญมีดังนี้

1. สนับสนุน Cross-platform support
2. รองรับ Stored procedures
3. รองรับ Triggers และ Cursors
4. สนับสนุน Information schema
5. สนับสนุน SSL
6. รองรับการทำ Query caching
7. รองรับการทำ Sub-SELECTs
8. รอบรับการทำ Replication ทั้งแบบ Master-Master Replication และ Master-Slave Replication
9. Full-text indexing และ searching using MyISAM engine
10. รองรับ Unicode

2.7 ระบบฐานข้อมูล phpMyAdmin

phpMyAdmin คือโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL แทนการคีย์คำสั่ง เนื่องจากถ้าเราจะใช้ฐานข้อมูลที่เป็น MySQL บางครั้งจะมีความลำบากและยุ่งยากในการใช้งาน ดังนั้นจึงมีเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ขึ้นมาเพื่อให้สามารถจัดการ ตัว DBMS ที่เป็น MySQL ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น โดย phpMyAdmin ก็ถือเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในการจัดการนั้นเอง

phpMyAdmin เป็นส่วนต่อประสานที่สร้างโดยภาษา PHP ซึ่งใช้จัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่าน web browser โดยสามารถที่จะทำการสร้างฐานข้อมูลใหม่ หรือทำการสร้าง TABLE ใหม่ๆ และยังมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน ที่ใช้สำหรับการทดสอบการ query ข้อมูลด้วยภาษา SQL พร้อมกันนั้น ยังสามารถทำการ insert delete update หรือแม้กระทั่งใช้ คำสั่งต่างๆ เหมือนกับกันการใช้ภาษา SQL ในการสร้างตารางข้อมูล

phpMyAdmin เป็นโปรแกรมประเภท MySQL Client ตัวหนึ่งที่ใช้ในการจัดการข้อมูล MySQL ผ่าน web browser ได้โดยตรง phpMyAdmin ตัวนี้จะทำงานบน Web server เป็น PHP Application ที่ใช้ควบคุมจัดการ MySQL Server ความสามารถของ phpMyAdmin คือ

1. สร้างและลบ Database
2. สร้างและจัดการ Table เช่น แทรก record, ลบ record, แก้ไข record, ลบ Table, แก้ไข field
3. โหลดเท็กซ์ไฟล์เข้าไปเก็บเป็นข้อมูลในตารางได้
4. หาผลสรุป (Query) ด้วยคำสั่ง SQL

โลโก้ของ phpMyAdmin ดังแสดงในรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 โลโก้ของ phpMyAdmin
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/1YoRrc)

2.7.1 ชนิดข้อมูลแต่ละชนิดใน phpMyAdmin

VARCHAR : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวอักษร ทุกครั้งที่เลือกชนิดของฟิลด์เป็นประเภทนี้จะต้องมีการกำหนดความยาวของข้อมูลลงไปด้วย ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้ตั้งแต่ 1 -255 ฟิลด์ชนิดนี้เหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลสั้นๆ เช่น ชื่อ นามสกุล หรือหัวข้อต่างๆ เป็นต้น ในส่วนฟิลด์ประเภทนี้จะสามารถเลือก Attribute เป็นไบนารีได้ โดยปกติแล้วการจัดเรียงข้อมูลเวลาสืบค้นสำหรับ VARCHAR จะเป็นแบบ case-sensitive (ตัวอักษรใหญ่ และเล็กมีความหมายแตกต่างกัน) แต่หากระบุ Attribute เป็นไบนารีการสืบค้นจะไม่คำนึงตัวอักษรว่าจะเป็นตัวใหญ่ หรือตัวเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHAR : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวอักษร แบบที่ถูกจำกัดความกว้างเอาไว้คือ 255 ตัวอักษร ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้เหมือนกับ VARCHAR หากทำการสืบค้นโดยเรียงตามลำดับ ก็จะเรียงข้อมูลแบบ case-sensitive เว้นแต่จะกำหนด Attribute เป็นไบนารี ที่จะทำให้การเรียงข้อมูลเป็นแบบ non case-sensitive เช่นเดียวกับ VARCHAR

TINYTEXT : ในกรณีที่ข้อความยาวๆ หรือต้องการที่จะค้นหาข้อความ โดยอาศัยฟีเจอร์ FULL TEXT SEARCH ของ MySQL เราอาจจะเลือกที่จะไม่เก็บข้อมูลลงในฟิลด์ประเภท VARCHAR ที่มีข้อจำกัดแค่ 256 ตัวอักษร แต่เราจะเก็บลงฟิลด์ประเภท TEXT แทน โดยTINYTEXT นี้จะสามารถเก็บข้อมูลได้ 256 ตัวอักษร ซึ่งมองเผินๆ ก็ไม่ต่างกับเก็บลงฟิลด์ประเภท CHAR หรือ VARCHAR (255) เลย แต่ทำ FULL TEXT SEARCH ได้

TEXT : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวอักษร เช่นเดียวกับ TINYTEXT แต่สามารถเก็บได้มากขึ้น โดยสูงสุดคือ 65,535 ตัวอักษร หรือ 64KB เหมาะสำหรับเก็บข้อมูลพวกเนื้อหาต่างๆ ที่ยาว

MEDIUMTEXT : เก็บข้อมูลประเภทตัวอักษร เช่นเดียวกับ TINYTEXT แต่เก็บข้อมูลได้ 16,777,215 ตัวอักษร

LONGTEXT : เก็บข้อมูลประเภทตัวอักษร เช่นเดียวกับ TINYTEXT แต่เก็บข้อมูลได้ 4,294,967,295 ตัวอักษร

TINYINT : สำหรับเก็บข้อมูลชนิดตัวเลขที่มีขนาด 8 บิต ข้อมูลประเภทนี้เราสามารถกำหนดเพิ่มเติมในส่วนของ Attribute ได้ว่าจะเลือกเป็น UNSIGNED หรือ UNSIGNED ZEROFILL โดยจะมีความแตกต่างดังนี้

UNSIGNED : จะหมายถึงเก็บค่าตัวเลขแบบไม่มีเครื่องหมาย แบบนี้จะทำให้สามารถเก็บค่าได้ตั้งแต่ 0 - 255

UNSIGNED ZEROFILL : เหมือนข้างต้น แต่ว่าหากข้อมูลที่กรอกเข้ามาไม่ครบตามจำนวนหลักที่เรากำหนด ตัว MySQL จะทำการเติม 0 ให้ครบหลักเอง เช่น ถ้ากำหนดให้ใส่ได้ 3 หลัก แล้วทำการเก็บข้อมูล 25 เข้าไป เวลาที่สืบค้นดู เราจะได้ค่าออกมาเป็น 025 หากไม่เลือก Attribute สิ่งที่เราจะได้ก็คือ SIGNED นั่นก็คือต้องเสียบิตหนึ่งไปเก็บเครื่องหมาย บวก/ลบ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้อยู่ในช่วง -128 ถึง 127 เท่านั้น

SMALLINT : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวเลขที่มีขนาด 16 บิต จึงสามารถเก็บค่าได้ตั้งแต่ -32768 ถึง 32767 (ในกรณีแบบคิดเครื่องหมาย) หรือ 0 ถึง 65535 (ในกรณี UNSIGNED หรือไม่คิดเครื่องหมาย) ซึ่งสามารถเลือก Attribute เป็น UNSIGNED และ UNSIGNED ZEROFILL ได้เช่นเดียวกับ TINYINT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEDIUMINT : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวเลขที่มีขนาด 24 บิต นั่นก็หมายความว่าสามารถเก็บข้อมูลตัวเลขได้ตั้งแต่ -8388608 ไปจนถึง 8388607 (ในกรณีแบบคิดเครื่องหมาย) หรือ 0 ถึง 16777215 (ในกรณีที่เป็น UNSIGNED หรือไม่คิดเครื่องหมาย)ซึ่งสามารถเลือก Attribute เป็น UNSIGNED และ UNSIGNED ZEROFILL ได้เช่นเดียวกับ TINYINT

INT : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวเลขที่มีขนาด 32 บิต หรือสามารถเก็บข้อมูลได้ตั้งแต่ -2147483648 ไปจนถึง 2147483647 ครับ (ในกรณีแบบคิดเครื่องหมาย) หรือ 0 ถึง 4294967295 (ในกรณีที่เป็น UNSIGNED หรือไม่คิดเครื่องหมาย) ซึ่งสามารถเลือก Attribute เป็น UNSIGNED และ UNSIGNED ZEROFILL ได้เช่นเดียวกับ TINYINT

BIGINT : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวเลขที่มีขนาด 64 บิต สามารถเก็บข้อมูลได้ตั้งแต่ -9223372036854775808 ไปจนถึง 9223372036854775807 เลยทีเดียว (แบบคิดเครื่องหมาย) หรือ 0 ถึง 18446744073709551615 (ในกรณีที่เป็น UNSIGNED หรือ คิดเครื่องหมาย) ซึ่งสามารถเลือก Attribute เป็น UNSIGNED และ UNSIGNED ZEROFILL ได้เช่นเดียวกับ TINYINT

FLOAT[(M,D)] : ที่กล่าวถึงไปทั้งหมด ในตระกูล INT นั้นจะเป็นเลขจำนวนเต็ม หากเราบันทึกข้อมูลที่มีเศษทศนิยม มันจะถูกปัดทันที ดังนั้นหากต้องการจะเก็บค่าที่เป็นเลขทศนิยม ต้องเลือกชนิดของฟิลด์เป็น FLOAT โดยจะเก็บข้อมูลแบบ 32 บิต คือมีค่าตั้งแต่ -3.402823466E+38 ไปจนถึง -1.175494351E-38, 0 และ 1.175494351E-38 ถึง3.402823466E+38

DOUBLE[(M,D)] : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวเลขทศนิยม เช่นเดียวกับ FLOAT แต่มีขนาดเป็น 64 บิต สามารถเก็บได้ตั้งแต่ -1.7976931348623157E+308 ถึง -2.2250738585072014E-308, 0 และ 2.2250738585072014E-308 ถึง 1.7976931348623157E+308

DECIMAL[(M,D)] : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทตัวเลขทศนิยม เช่นเดียวกับ FLOAT แต่ใช้กับข้อมูลที่ต้องการความละเอียดและถูกต้องของข้อมูลสูง

DATE : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทวันที่ โดยเก็บได้จาก 1 มกราคม ค.ศ. 1000 ถึง 31 ธันวาคม ค.ศ. 9999 โดยจะแสดงผลในรูปแบบ YYYY-MM-DD

DATETIME : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทวันที่ และเวลา โดยจะเก็บได้ตั้งแต่ 1 มกราคม ค.ศ. 1000 เวลา 00:00:00 ไปจนถึง 31 ธันวาคม ค.ศ. 9999 เวลา 23:59:59 โดยรูปแบบการแสดงผลเวลาที่ทำการสืบค้น (query) ออกมา จะเป็น YYYY-MM-DD HH:MM:SS

TIMESTAMP[(M)] : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทวันที่ และเวลาเช่นกัน แต่จะเก็บในรูปแบบของ YYYYMMDDHHMMSS หรือ YYMMDDHHMMSS หรือ YYYYMMDD หรือYYMMDD แล้วแต่ว่าจะระบุค่า M เป็น 14, 12, 8 หรือ 6 ตามลำดับ สามารถเก็บได้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1000 ไปจนถึงประมาณปี ค.ศ. 2037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทเวลา มีค่าได้ตั้งแต่ -838:59:59 ไปจนถึง 838:59:59 โดยจะแสดงผลออกมาในรูปแบบ HH:MM:SS

YEAR[(2/4)] : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทปี ในรูปแบบ YYYY หรือ YY แล้วแต่ว่าจะเลือก 2 หรือ 4 (หากไม่ระบุ จะถือว่าเป็น 4 หลัก) โดยหากเลือกเป็น 4 หลัก จะเก็บค่าได้ตั้งแต่ค.ศ. 1901 ถึง 2155 แต่หากเป็น 2 หลักจะเก็บตั้งแต่ ค.ศ. 1970 ถึง 2069

TINYBLOB : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทไบนารี ได้แก่ ไฟล์ข้อมูลต่างๆ, ไฟล์รูปภาพ, ไฟล์มัลติมีเดีย เป็นต้น คือไฟล์อะไรก็ตามที่อัพโหลดผ่านฟอร์มอัพโหลดไฟล์ในภาษา HTML โดยTINYBLOB นั้นจะมีเนื้อที่ให้เก็บข้อมูลได้ 256 ไบต์

BLOB : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทไบนารี เช่นเดียวกับ TINYBLOB แต่สามารถเก็บข้อมูลได้64KB

MEDIUMBLOB : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทไบนารี เช่นเดียวกับ TINYBLOB แต่เก็บข้อมูลได้ 16MB

LONGBLOB : สำหรับเก็บข้อมูลประเภทไบนารี เช่นเดียวกับ TINYBLOB แต่เก็บข้อมูลได้ 4GB

SET : สำหรับเก็บข้อมูลที่เป็นกลุ่มของข้อมูลที่ยอมให้เลือกได้ 1 ค่าหรือหลายๆ ค่า ซึ่งสามารถกำหนดได้ถึง 64 ค่า

2.8 จอแอลซีดี

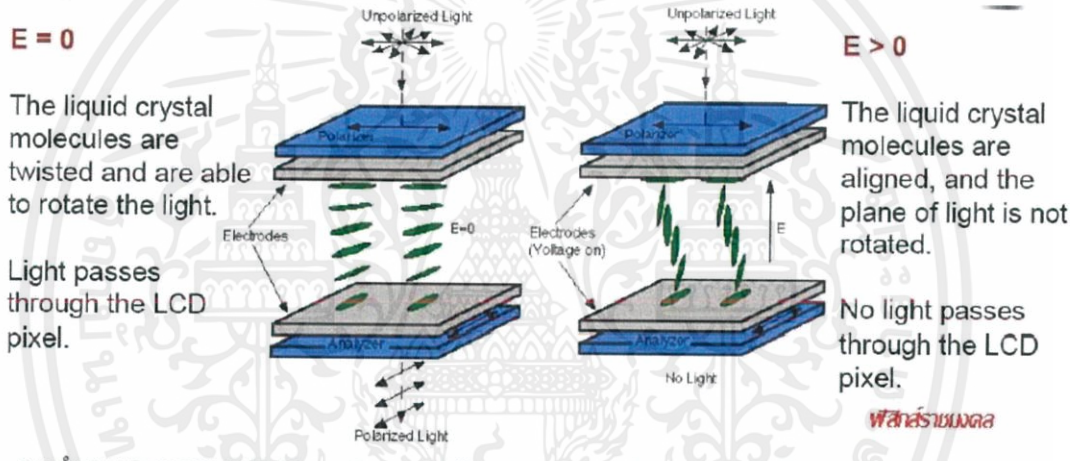
จอแอลซีดี ได้รับการคิดค้นขึ้นใน พ.ศ.2506 ทำงานโดยอาศัยวัสดุประเภทผลึกเหลว (Liquid Crystal) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการจัดเรียงตัวกันเป็นชั้นๆ และสามารถบิดหรือเปลี่ยนทิศทางการเรียงตัวได้เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า มาบรรจุระหว่างผิวกระจก โดยผิวกระจกด้านหนึ่งเคลือบวัสดุผลึกเหลวในแนวหนึ่ง และฝั่งตรงข้ามจะฝังด้วยผลึกเหลวให้โมเลกุลจัดเรียงตัวอีกแนวหนึ่งคืออยู่ในแนวตั้งฉากกับฝั่งตรงข้าม เจ้าผลึกเหลวที่บรรจุอยู่ระหว่างผิวกระจกทั้งสองจะพยายามจัดเรียงตัวให้สอดคล้องกับผิวกระจกทั้งสองด้าน โดยมันจัดเรียงตัวเป็นชั้นๆ ให้แต่ละชั้นค่อยๆ บิดไปจนชั้นสุดท้ายสามารถจัดตัวให้เข้ากับผิวกระจกได้พอดี ลองจินตนาการว่าถ้าเราเอาคน 20 คนมาเข้าแถวตอนเรียงหนึ่งให้คนหัวแถวห่างจากคนท้ายแถว 10 เมตร และกำหนดให้คนหัวแถวหันหน้าไปทางทิศเหนือ คนท้ายแถวหันไปทิศตะวันออก จากนั้นปล่อยให้อีก 18 คนมาเข้าแถวให้ได้ ผลที่ออกมาจะเป็นไปในลักษณะรูปตัว S ครึ่งตัว

ย้อนกลับมายัง LCD ที่บรรจุอยู่ในแผ่นกระจกสองแผ่นดังกล่าวข้างต้นหากนำแว่นกรองแสงโพลาไรซ์ (Polarized Filter) มาวางซ้อนบนกระจกผลก็คือจะทำให้แสงที่วิ่งเข้าไปในวัสดุผลึกเหลว ค่อยๆ ปรับมุมโพลาไรซ์จนแสงออกไปยังด้านตรงข้ามได้ เราจึงเห็นความใสของมัน แต่หากป้อนสนามไฟฟ้าเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไประหว่างผิวกระจกสองข้างโมเลกุลผลึกเหลวจะจัดเรียงตัวตามสนามไฟฟ้า ไม่จัดเรียงตัวตามรูปแบบของผิวกระจกอีกต่อไป เลยทำให้แสงส่องผ่านออกมาไม่ได้ ผู้อ่านจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยี LCD ไม่ได้ผลิตแสงหรือเรืองแสง Phosphorescence ออกมาซึ่งต่างจากเทคโนโลยี CRT และจอพลาสมาแต่อาศัยแสงที่เราเรียกว่าแสงฉากหลัง หรือ Backlight เพื่อให้เราเห็นภาพ อีกทั้งแสงที่ออกมาก็เป็นแสงโพลาไรซ์ซึ่งมีระนาบเดียวกัน ทำให้ผู้ใช้รู้สึกสบายตามาก และไม่เกิดอาการปวดตาเมื่อใช้นานๆ

แต่ LCD ก็ยังมีข้อเสียเปรียบนั่นคือ มันค่อนข้างไวกับอุณหภูมิแม้ว่า LCD จะกินไฟน้อยกว่า CRT มากแต่มันคงยังเป็นอุปกรณ์ที่กินไฟมากที่สุดเมื่อไปอยู่ในอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่นโทรศัพท์มือถือ พ็อกเก็ตพีซี เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค เป็นต้น รวมทั้งมุมมองสำหรับการเห็นภาพค่อนข้างแคบ และที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้มันถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยีตัวต่อไปก็คือ มันทำเป็นจออ่อนไม่ได้ (Flexible Display)



การทำงานของจอภาพ LCD (Picture by Amy Walker, Department of Chemistry, Washington University)

รูปที่ 2.19 การทำงานของจอภาพผลึกเหลว
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/Pefww2)

2.8.1 ข้อดีของจอภาพผลึกเหลว

- ขนาดเล็ก กะทัดรัด เบา โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับหน้าจอ CRT
- ไม่มีการบิดเบือนทางเรขาคณิต
- ปล่อยความร้อนออกมาน้อยในระหว่างทำงาน เนื่องจากใช้พลังงานต่ำ
- การใช้พลังงานต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าหน้าจอและเนื้อหาที่แสดง
- โอกาสในการสั่นไหวน้อยมากหรือไม่สั่นไหวเลยขึ้นอยู่กับแสงหลังฉาก
- สามารถสร้างได้ในเกือบทุกขนาดทุกรูปร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถสร้างได้ใหญ่กว่า 60 นิ้วในแนวทแยงและไม่ถูกกระทบกระเทือนจากสนามแม่เหล็ก

2.8.2 ข้อเสียของจอภาพผลึกเหลว

- มุมมองที่จำกัดสำหรับบางจอภาพรุ่นเก่า หรือ ถูก ทำให้เกิดสี ความเข้ม ความคมชัด และความสว่างที่แตกต่างกัน

- แสงหลังฉากที่ไม่สม่ำเสมอในบางจอภาพรุ่นเก่า ทำให้เกิดการบิดเบือนความสว่าง โดยเฉพาะตรงที่มีขอบ

- ระดับของสีดำอาจจะไม่ดำตามความต้องการ เพราะผลึกเหลวแต่ละอันไม่สามารถปิดกั้นแสงหลังฉากได้ทั้งหมด

- การสูญเสียความคงชัดในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง

2.9 ทางรถไฟสายแม่กลอง

เส้นทางรถไฟสายนี้ไม่ได้เริ่มต้นที่สถานีกรุงเทพ ตัวเส้นทางจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกจะเริ่มต้นที่สถานีวงเวียนใหญ่ ฝั่งธนบุรี โดยไปสุดปลายทางที่สถานีมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ระยะทาง 31 กม. ส่วนเส้นทางอีกช่วงหนึ่ง จะเริ่มต้นที่สถานีบ้านแหลม จังหวัดสมุทรสาคร และไปสุดปลายทางที่สถานีแม่กลอง จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นระยะทางอีก 33 กม

.

รูปที่ 2.20 สถานีแม่กลอง

2.9.1 ประวัติทางรถไฟสายแม่กลอง

เดิมรถไฟสายนี้เดินรถโดยบริษัทเอกชน คือ บริษัท รถไฟท่าจีน ทุนจำกัด (บริษัทท่าจีนเรวเวกัมปนีลิมิเต็ดทุนจำกัด) ได้รับสัมปทานเดินรถตั้งแต่วันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2444 จากสถานีรถไฟปากคลองสาน ถึงสถานีรถไฟมหาชัย อำเภอเมืองสมุทรสาคร ระยะเวลา 40 ปี ถึง พ.ศ. 2484 ระยะทางทั้งสิ้น 33.1 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ขณะนั้นทรงเป็นสมเด็จพระบรมโอรสาธิราช สยามมกุฎราชกุมาร เสด็จพระราชดำเนินแทนพระองค์ ทรงเปิดเส้นทางปากคลองสาน-มหาชัย เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม ร.ศ. 123 (พ.ศ. 2447) และเปิดให้ประชาชนใช้งานตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม ร.ศ. 123 (พ.ศ. 2448)

ต่อมาในปี พ.ศ. 2448 บริษัท แม่กลอง ทุนจำกัด ได้รับสัมปทานเดินรถช่วงที่สอง จากสถานีรถไฟบ้านแหลมที่อยู่ฝั่งตรงข้ามกับสถานีรถไฟมหาชัย ถึงสถานีรถไฟแม่กลอง อำเภอเมืองสมุทรสงคราม เริ่มเดินรถตั้งแต่วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2448 ระยะเวลา 40 ปี ถึง พ.ศ. 2488 ระยะทางทั้งสิ้น 33.8 กิโลเมตร

ทางรถไฟสายแม่กลองนี้ ไม่มีเส้นทางเชื่อมต่อกับรถไฟสายอื่น ทำให้การขนส่งขบวนรถเพื่อซ่อมบำรุง ต้องบรรทุกขบวนรถจากสถานีซ่อมบำรุงทีสถานีรถไฟบางกอกน้อย หรือสถานีรถไฟมักกะสันขึ้นแพขนานยนต์

ต่อมาบริษัทรถไฟท่าจีน และบริษัทแม่กลอง ได้รับพระบรมราชานุญาตให้รวมเป็นบริษัทเดียวกัน ใช้ชื่อว่า บริษัทแม่กลอง ทุนจำกัด และเดินรถจนกระทั่งหมดสัมปทานในปี พ.ศ. 2488 จึงได้ขายกิจการให้กับกรมรถไฟ ภายใต้องค์กรรถไฟสายแม่กลอง เปลี่ยนสถานะเป็น สำนักงานรถไฟสายแม่กลอง เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2495 และรวมเข้ากับการรถไฟแห่งประเทศไทยเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2498

ปัจจุบันเส้นทางช่วงสถานีรถไฟปากคลองสาน ถึงสถานีรถไฟวงเวียนใหญ่ ไม่มีการเดินรถมาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2504 สืบเนื่องจากมติคณะรัฐมนตรีในรัฐบาลจอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2502 โดยยังคงรางรถไฟไว้ แต่ราดยางมะตอยทับไว้

ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 การรถไฟแห่งประเทศไทย ได้สั่งปิดเส้นทางรถไฟในช่วงระหว่างสถานีรถไฟบ้านแหลม - สถานีรถไฟแม่กลอง (ทางรถไฟสายตลาดร่มหุบ) ระหว่างวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 - 31 มีนาคม พ.ศ. 2559 เพื่อทำการปรับปรุงเส้นทาง ตามโครงการปรับปรุงเส้นทางรถไฟ ในระหว่างที่มีการปรับปรุงเส้นทางรถไฟสายนี้ จะมีการใช้รถยนต์ (รถสองแถว) รับ-ส่งผู้โดยสารแทนไปก่อน

เมื่อวันที่1 เมษายน 2559 ณ สถานีรถไฟแม่กลอง อำเภอเมืองสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม นายวุฒิชาติ กัลยาณมิตรผู้ว่าการรถไฟแห่งประเทศไทย เป็นประธานในพิธีเปิดเดินขบวนรถ สายแม่กลองเที่ยวแรก จากสถานีแม่กลอง – สถานีบ้านแหลม หลังจากปิดปรับปรุงทาง โดยมีนางจิตรา พรหมชุติมา ผู้ว่าราชการจังหวัดสมุทรสงคราม นายกมล ตั้งกิจเจริญชัย รองผู้ว่าการกลุ่มโครงสร้างพื้นฐาน การรถไฟฯ พลตำรวจตรี จิระสันต์ แก้วแสงเอก ผู้บังคับการตำรวจรถไฟ และนายสุริยันต์ จิระศักดิ์สุนทร ปลัดจังหวัดสมุทรสงครามได้ให้เกียรติร่วมในพิธีเปิดงานครั้งนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย XBee

อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย XBee Module RF Transceiver คืออุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุผลิตโดยบริษัท Digi International Inc. รับส่งแบบ Half Duplex ความถี่ย่าน 2.4 GHz เป็นอุปกรณ์ที่มี Microcontroller และ RF IC อยู่ภายใน มีการจัดการโดยใช้พลังงานต่ำ ใช้งานง่าย มี interface ที่ใช้รับและส่งข้อมูลเป็น UART (LVTTL) ซึ่งเหมาะสำหรับทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อเข้ากับ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์

XBee Module สามารถใช้งานตามมาตรฐาน ZigBee ได้ โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมสร้างเครือข่าย ZigBee เพราะทางผู้ผลิตได้จัดทำเฟิร์มแวร์ที่โหลดเข้าไปในตัว XBee ให้สามารถเซตพารามิเตอร์ผ่าน Software Interface ที่เรียกว่าโปรแกรม X-CTU ผ่านทาง AT command หรือผ่านทางการรับ-ส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างง่ายดาย โดยเมื่อเซต XBee ให้ทำงานเป็นอุปกรณ์ในเครือข่าย ZigBee แล้วเราจะเรียก XBee แต่ละตัวว่าเป็น Node

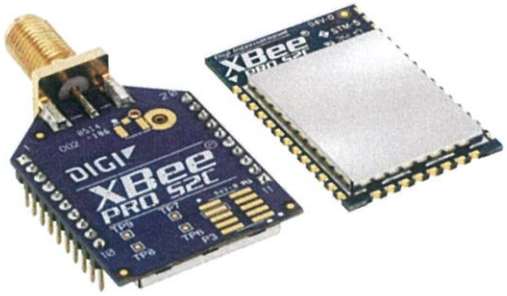
2.10.1 ประเภทของ XBee

Digi แบ่ง XBee แบ่งออกเป็นรุ่นที่มีคุณสมบัติที่ต่างกันออกไป เช่น XBee DigiMesh 2.4 XBee ZB XBee-PRO XSC เป็นต้น การเชื่อมต่อ XBee ในเครือข่ายเดียวกันต้องใช้ XBee รุ่นเดียวกัน จากนั้นในแต่ละรุ่นจะมีรุ่นย่อยที่มีกำลังส่งหรือเชื่อมต่อสายอากาศต่างกัน เช่น XBee-PRO DigiMesh 2.4 XBee-PRO ZB รุ่นย่อยเหล่านี้สามารถสื่อสารกับรุ่นย่อยอื่นที่มีกำลังส่งต่ำกว่าหรือสูงกว่าได้ เช่น XBee ZB สามารถสื่อสารกับ XBee-PRO ZB หรือ XBee-PRO ZB Wire Antenna ได้ แต่ไม่สามารถสื่อสารข้ามรุ่นกับ XBee-PRO XSC ได้

2.10.1.1 XBee 802.15.4

XBee 802.15.4 หรือเรียกว่า XBee Series 1 เป็นโมดูล XBee 802.15.4 ใช้ความถี่ 2.4 GHz บนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แต่ไม่มีชั้น Stack Layer ของ ZigBee อยู่ การเชื่อมต่อแบบ Mesh จึงใช้ firmware ของทาง Digi ชื่อว่า DigiMesh โดยใน XBee 802.15.4 แสดงดังในรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 XBee 802.15.4
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/XEg0em)

2.10.1.2 XBee 900MHz

XBee 900MHz เป็นโมดูล XBee ความถี่ 900 MHz ทำให้ระยะการรับส่งได้ไกลกว่าทั้ง Series 1 และ 2 โดยจะมีรุ่นย่อย 2 รุ่นที่เป็นเฟิร์มแวร์ที่มีการเชื่อมต่อแบบ Point to Multipoint และ DigiMesh อัตราการรับส่งข้อมูลสุงสุดที่ 200 Kbps กำลังส่ง 3.3V ที่ 250 mW โดยยังมีรุ่นย่อยออกเป็นประเภทของสายอากาศต่างๆ สำหรับ XBee 900MHz เป็นช่วงความถี่ที่ต้องขออนุญาตในการใช้งานจาก กสทช. เป็นการเฉพาะ โดย XBee 900 MHz แสดงดังรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.22 XBee 900 MHz
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/O21g3G)

2.10.1.3 XBee Wi-Fi

XBee Wi-Fi เป็นโมดูล XBee ความถี่ 2.4 GHz บนมาตรฐาน IEEE 802.11 มาตรฐานเดียวกับ Wireless LAN นอกจากสามารถสื่อสารกับโมดูล XBee Wi-Fi ด้วยกันเองได้แล้วยังสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ Wi-Fi อื่นได้ หรือนำโมดูลเชื่อมต่อกับ Internet สามารถเชื่อมต่อกับ Cloud ที่ทาง Digi ให้บริการแบบคิดค่าบริการรายเดือนตามจำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ อัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 72Mbps กำลังส่ง 3.3V ที่ 309mA โดย XBee Wi-Fi แสดงดังรูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23 XBee Wi-Fi
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/KPBCnh)

2.10.1.4 XBee Series 2

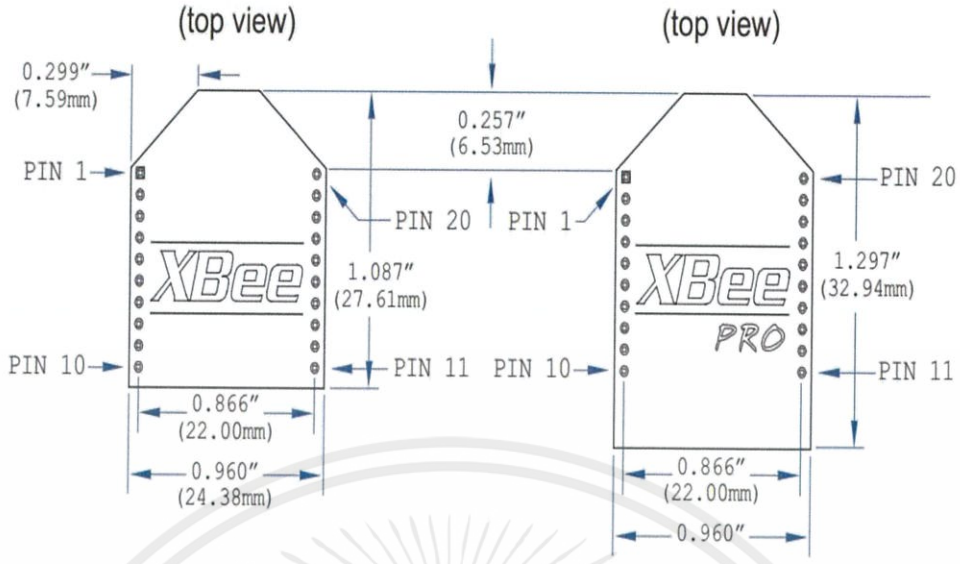
XBee Series 2 เป็นโมดูล XBee ใช้ความถี่ 2.4 GHz บนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 และมี Stack Layer ของ ZigBee โดยตัวอย่าง XBee Series 2 แสดงในรูปที่ 2.24

รูปที่ 2.24 XBee Series 2
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/OY82pi)

2.10.2 ขนาดและขาของโมดูล XBee

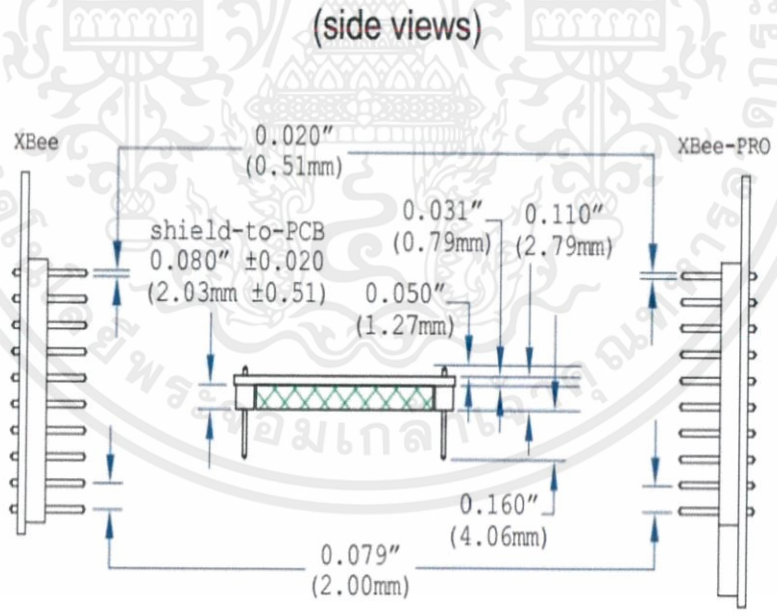
ขนาดของโมดูล XBee มาตรฐานกว้าง 24.38 mm ยาว 27.61 mm มีขาเชื่อมต่อ 20 ขา แต่ละขาห่างกัน 2.00 mm แต่ถ้าใน XBee รุ่น Pro ความยาวของโมดูลจะยาวขึ้นเป็น 32.94 mm แต่ตำแหน่งและจำนวนของขาเท่าเดิม โดยขนาดของโมดูล XBee และ XBee Pro ในมุมด้านบนแสดงดังในรูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 XBee top view
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/fGhR5e)

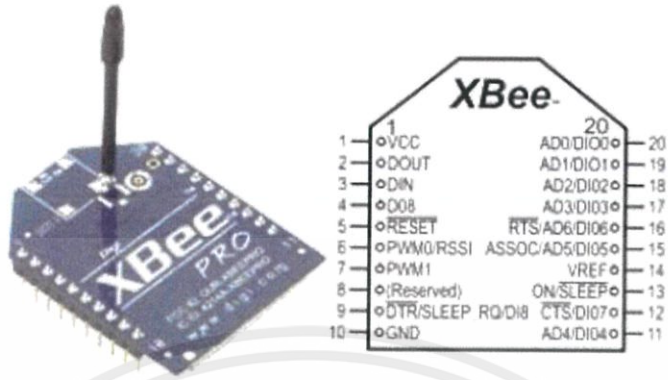
ในส่วนของขนาดโมดูล XBee และโมดูล XBee Pro ในมุมด้านข้างแสดงดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 XBee side view
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/fGhR5e)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของจำนวนขาและรายละเอียดแต่ละขาของโมดูล XBee ดังแสดงในรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 รายละเอียดขาสัญญาณของโมดูล XBee
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/EJmfBM)

โดยรายละเอียดขาของโมดูล XBee นั้นอธิบายเพิ่มเติมด้วยตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดขาสัญญาณของโมดูล XBee

ขาที่	ชื่อ	หน้าที่
1	VCC	ขาไฟเลี้ยง 3.3 V
2	DOUT	ขา Tx ของพอร์ท Serial โมดูล XBee
3	DIN	ขา Rx ของพอร์ท Serial โมดูล XBee
4	DO8	ขา 8 พอร์ท Digital Output
5	RESET	ขา Reset (โดยสัญญาณจะต้องเป็น Low ไม่ต่ำกว่า 200 ns)
6	PWM0 (RSSI)	ขา 0 พอร์ทสัญญาณ PWM หรือขา RSSI (RX Signal Strength Indicator) ขาแสดงความแรงของสัญญาณที่รับได้
7	PWM1	ขา 1 พอร์ทสัญญาณ PWM
8	(Reserved)	ไม่ใช้
9	DTR/SLEEP/DI8	ขาสั่งให้ XBee เข้าโหมด Sleep หรือขา 8 พอร์ท Digital Input
10	GND	ขากราวด์
11	AD4/DIO4	ขา 4 ของพอร์ทอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 4 พอร์ท Digital Input/Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

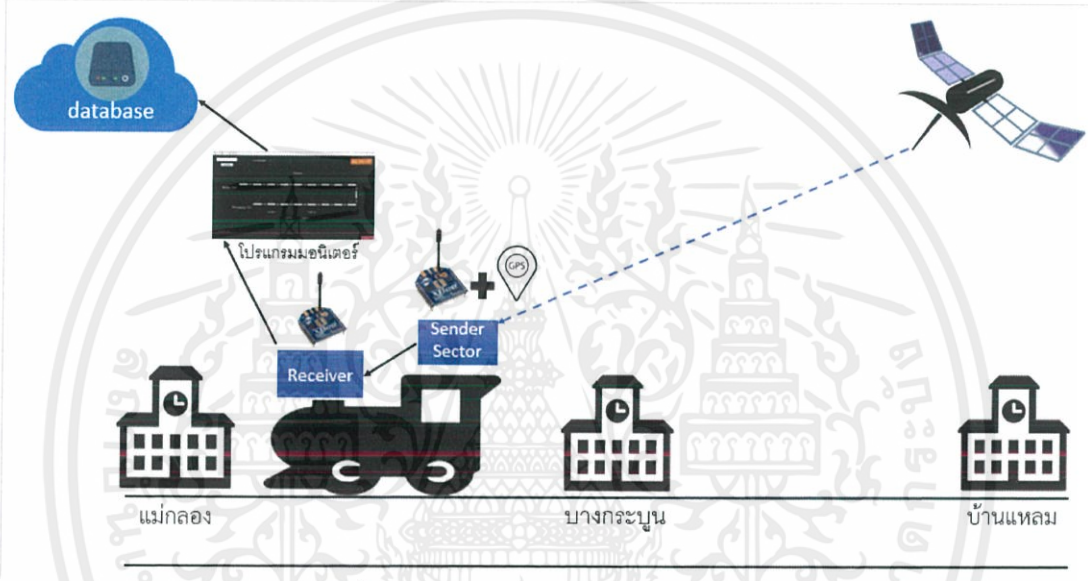
12	CTS/DIO7	ขา CTS (Clear-To-Send Flow Control) หรือ ขา 7 พอร์ท Digital Input/Output
13	ON/SLEEP	ขาแสดงโหมด XBee อยู่ในโหมด On (ทำงาน) หรือโหมด Sleep (หลับ)
14	VREF	ขาแรงดันอ้างอิง สำหรับอ่านสัญญาณอนาล็อก
15	ASSOC/AD5/DIO5	ขา Associated หรือ ขา 4 ของพอร์ทอ่านสัญญาณอนาล็อกหรือขา 5 พอร์ท Digital Input/Output
16	RTS/AD6/DIO6	ขา RTS (Request to Send) หรือ 6 ของพอร์ทอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือ ขา 6 พอร์ท Digital Input/Output
17	AD3/DIO3	ขา 3 ของพอร์ทอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 3 พอร์ท Digital Input/Output
18	AD2/DIO2	ขา 2 ของพอร์ทอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 2 พอร์ท Digital Input/Output
19	AD1/DIO1	ขา 1 ของพอร์ทอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 1 พอร์ท Digital Input/output
20	AD0/DIO0	ขา 0 ของพอร์ทอ่านสัญญาณอนาล็อก หรือขา 0 พอร์ท Digital Input/Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบโครงงาน

3.1 หลักการทำงานและภาพรวมของระบบ

ระบบติดตามขบวนรถไฟโดยใช้ ZigBee และ GPS นั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ติดอยู่กับขบวนรถไฟ และ ส่วนภาครับที่ติดอยู่กับผู้ใช้งาน โดยมีองค์ประกอบโดยรวมดังแสดงในรูปที่ 3.1 ดังนี้

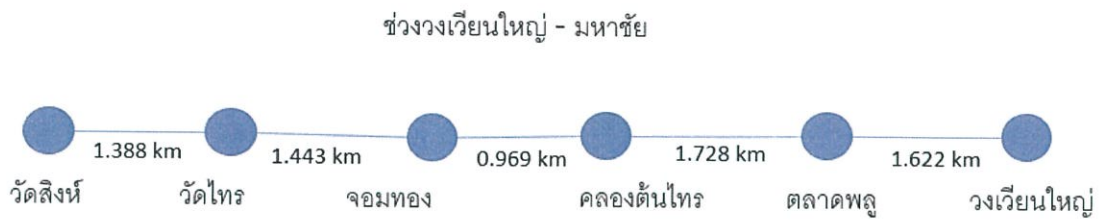


รูปที่ 3.1 องค์ประกอบโดยรวมของระบบ

จากรูปที่ 3.1 เป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์รับตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถไฟจาก GPS แล้วประมวลผลจากนั้นแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดีแล้วใช้ XBee ทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ XBee ในส่วนภาครับและในภาคส่งมีการใช้ถ่านไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานหลักโดยมีแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานสำรอง โดยภาครับใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม XBee รับข้อมูลจากภาคส่งแล้วส่งไปที่คอมพิวเตอร์ไปที่ฐานข้อมูลเพื่อนำมาใช้แสดงผลแบบทันทีแก่ผู้ใช้งาน โดยข้อมูลที่ส่งจะอาศัยการส่งผ่านคลื่นวิทยุในย่านความถี่ 2.4 GHz ด้วยอุปกรณ์ XBee

ในส่วนต่อไปจะแสดงชื่อสถานีที่จะทำการทดลองและเก็บค่าที่ได้จากการทดลอง โดยจะทำการทดลองในสายแม่กลองทั้งสองช่วงคือ ช่วงวงเวียนใหญ่ – มหาชัย แสดงดังรูปที่ 3.2 และช่วงบ้านแหลม – แม่กลอง แสดงดังรูปที่ 3.3 ซึ่งทั้งสองช่วงจะทำการทดลองและเก็บข้อมูลเฉพาะบางสถานีและระหว่างสถานีบางช่วงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 สถานีสำหรับทำการทดลองช่วงวงเวียนใหญ่ – มหาชัย

รูปที่ 3.3 สถานีสำหรับทำการทดลองช่วงบ้านแหลม – แม่กลอง

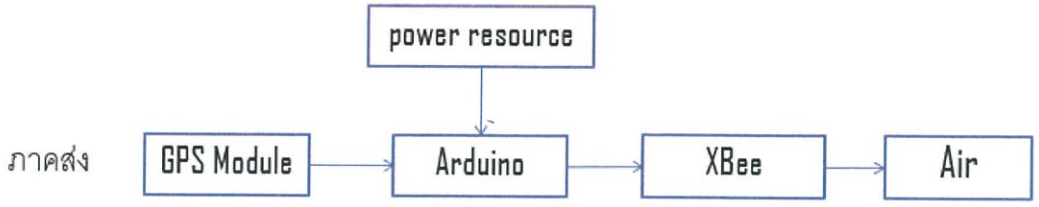
3.2 การออกแบบระบบ

ในการออกแบบระบบแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยภาคส่ง ภาครับและหน่วยเก็บข้อมูล

3.2.1 การออกแบบในส่วนภาคส่ง

ในส่วนของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในภาคส่งประกอบไปด้วยเครื่องตรวจหาตำแหน่งของขบวนรถไฟ (GPS module) อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee แผ่นจอ LCD สำหรับแสดงผล อุปกรณ์ช่วยชาร์จ (Power Bank) เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือหน่วยประมวลผลซึ่งในภาคส่งใช้บอร์ด Arduino Mega โดยมีเครื่องตรวจหาตำแหน่ง (GPS module) ใช้รับค่าตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถไฟที่ได้จากดาวเทียมที่อยู่นอกโลก และ ทำการนำค่าที่ได้จากเครื่องตรวจหาตำแหน่ง (GPS module) ไปประมวลผลที่บอร์ด Arduino Mega แล้วหลังจากนั้นค่าที่ได้จากการประมวลผลคือตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด สถานที่ปัจจุบัน เวลาและความเร็วจะนำไปแสดงที่หน้าจอ LCD โดยในส่วนของอุปกรณ์ XBee นี้จะทำหน้าที่เป็น ZigBee end device และจะทำหน้าที่ในการส่งต่อข้อมูลจากส่วนภาคส่งที่อยู่บนรถไฟไปยังส่วนภาครับที่เชื่อมต่อกับหน่วยเก็บข้อมูล โดยดังแสดงในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

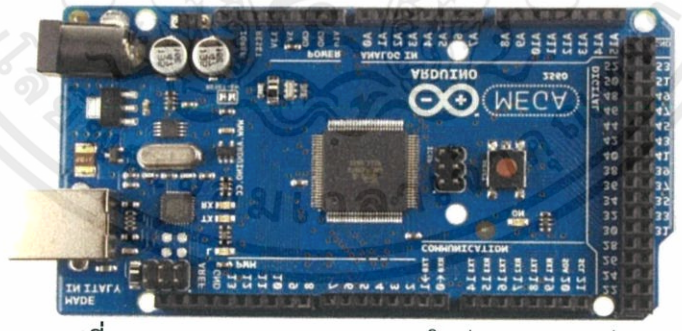


รูปที่ 3.4 การออกแบบภาคส่ง

โดยอุปกรณ์ GPS ที่ใช้ในระบบติดตามขบวนรถไฟในด้านภาคส่งแสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 GPS module รุ่น Ublox Neo-M8N

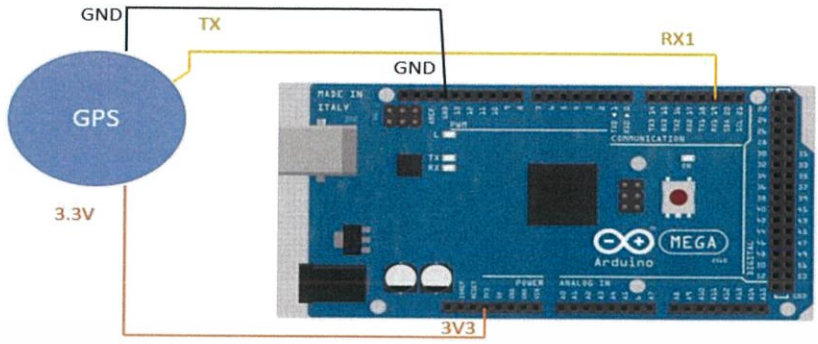
ในส่วนต่อนี้จะเป็นอุปกรณ์ Arduino Mega 2560 ที่ใช้ในภาคส่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Arduino Mega 2560 ในส่วนของภาคส่ง
(อ้างอิงโดย https://goo.gl/XgbUx7)

และในการเชื่อมต่อวงจรระหว่าง GPS Module กับไมโครคอนโทลเลอร์ที่ชื่อว่า Arduino Mega แสดงดังให้เห็นในรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง GPS กับ Arduino Mega

ซึ่งจากรูปที่ 3.7 ข้างบนจะสามารถอธิบายรายละเอียดการเชื่อมต่อขาของ GPS Module เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อ Arduino Mega 2560 ได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการเชื่อมต่อของ GPS Module เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

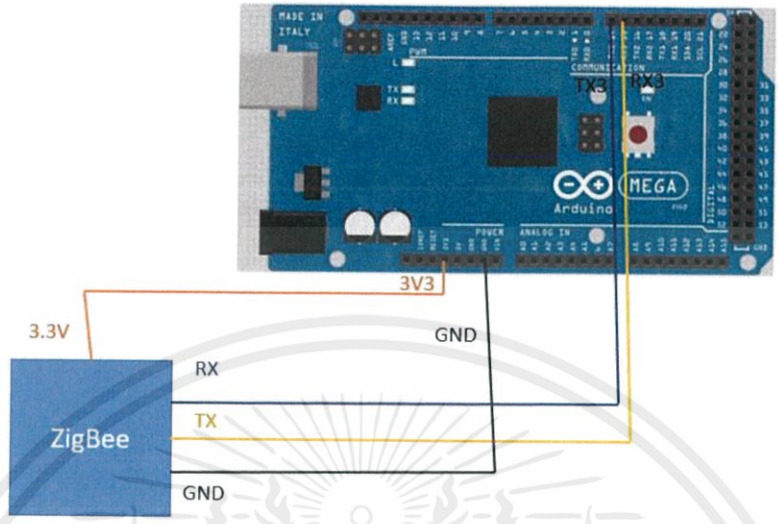
ขา	รายละเอียด
VCC	เชื่อมต่อกับ 3V3 ของ Arduino Mega
GND	เชื่อมต่อ GND
TX	เชื่อมต่อกับ RX ของ Arduino Mega

ในส่วนต่อไปแสดงอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายชื่อ XBee ในระบบที่ส่วนของภาคส่งดังแสดงในรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee ที่ใช้ในส่วนภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในการเชื่อมต่อวงจรระหว่าง ZigBee Module กับไมโครคอนโทลเลอร์ที่ชื่อว่า Arduino Mega แสดงดังให้เห็นในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง XBee กับ Arduino Mega

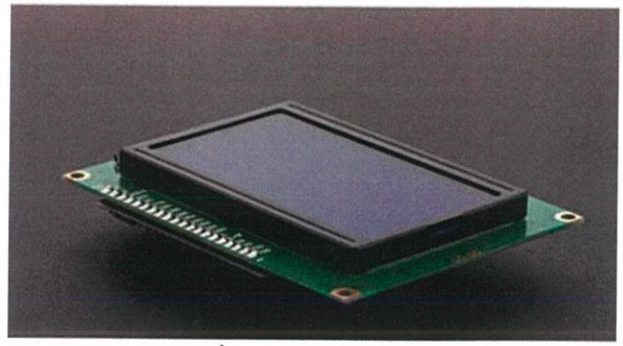
โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารไร้สาย XBee เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อ Arduino Mega 2560 นั้นจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการเชื่อมต่อของ XBee เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา	รายละเอียด
3.3V	เชื่อมต่อกับ 3V3
GND	เชื่อมต่อกับ GND
TX	เชื่อมต่อกับ RX
RX	เชื่อมต่อกับ TX

หน้าจอ LCD หรือจอภาพผลึกเหลวที่ใช้ในระบบติดตามขบวนรถไฟดังแสดงในรูปที่ 3.10

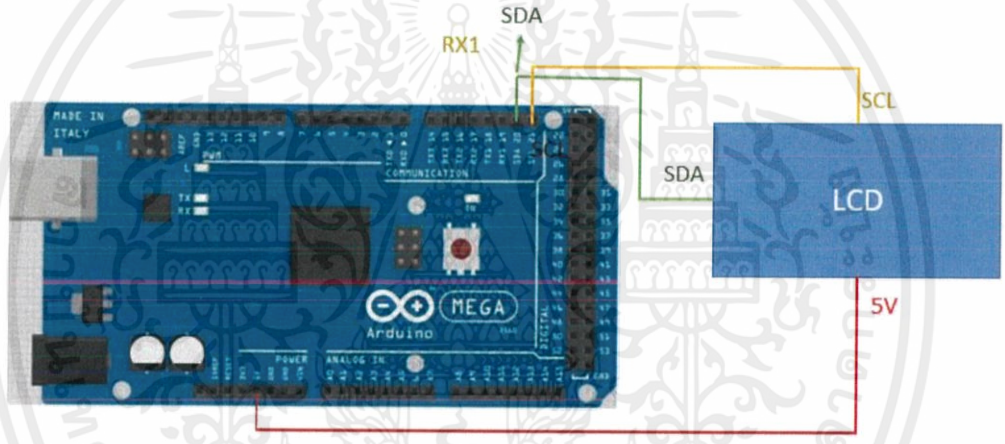
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 หน้าจอ LCD

(อ้างอิงจาก goo.gl/5slbv1)

และในการเชื่อมต่อวงจรระหว่าง ZigBee Module กับไมโครคอนโทลเลอร์ที่ชื่อว่า Arduino Mega แสดงดังให้เห็นในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อวงจรระหว่างหน้าจอ LCD กับ Arduino Mega

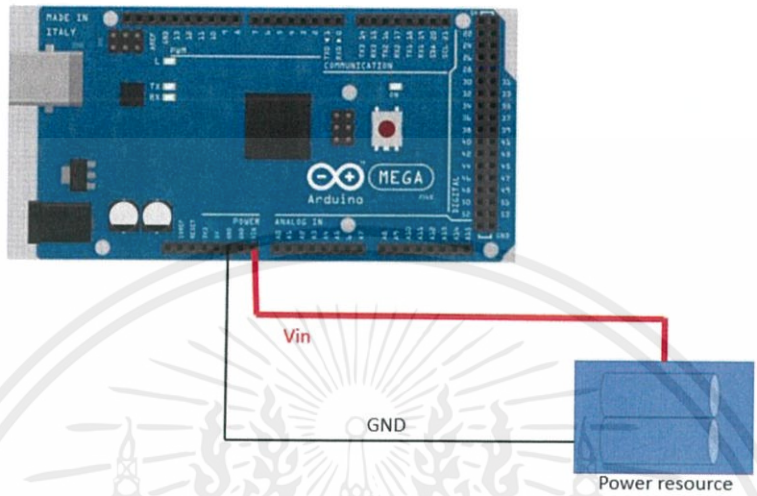
และในส่วนการเชื่อมต่อวงจรหน้าจอ LCD เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่า Arduino Mega 2560 นั้นจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการเชื่อมต่อหน้าจอ LCD เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา	รายละเอียด
SCL	เชื่อมต่อกับ SCL
SDA	เชื่อมต่อกับ SDA
5V	เชื่อมต่อกับ 5V

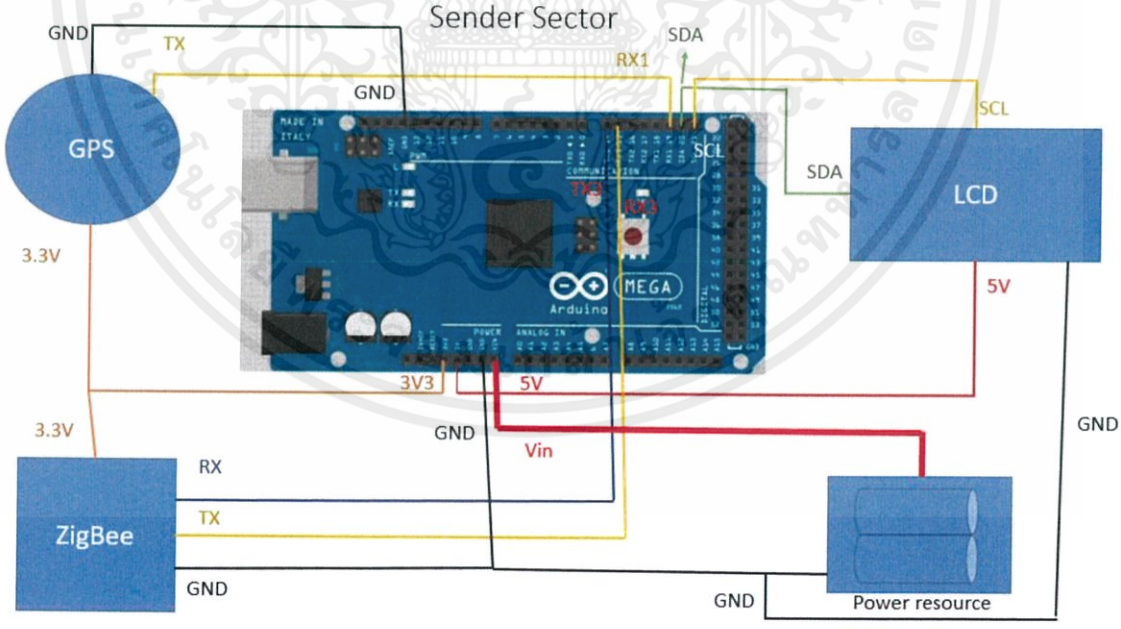
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในส่วนต่อไปจะแสดงการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายพลังงานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อ Arduino Mega ซึ่งจะเชื่อมต่อ Vin ของ Arduino Mega เข้ากับแหล่งจ่ายพลังงานโดยจะแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่อแหล่งจ่ายพลังงานเข้ากับ Arduino Mega

และในส่วนต่อไปจะแสดงการเชื่อมต่อวงจรทั้งหมดในภาคส่งดังแสดงในรูปที่ 3.13

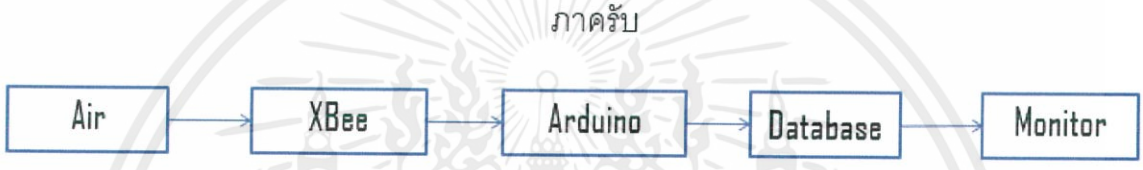


รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อวงจรในภาคส่งของระบบติดตามรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบในส่วนของภาครับและหน่วยเก็บข้อมูล

ในส่วนของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในส่วนของภาครับจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee เชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่า Arduino UNO และ Notebook โดยที่อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee จะเป็นตัวรับข้อมูลมาจากอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee ที่อยู่ในส่วนภาคส่งบนรถไฟ และหลังนั้นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการนำค่าที่ได้จากอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee ไปแสดงบนหน้าจอ monitor ตำแหน่งรถไฟที่ได้ทำขึ้นจากโปรแกรม visual studio และยังสามารถส่งข้อมูลต่างๆไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลแล้วแสดงผลแบบทันทีบนหน้าจอ monitor และในส่วนภาครับอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee จะทำหน้าที่เป็น ZigBee coordinator โดยการออกแบบภาครับดังแสดงในรูปที่ 3.14



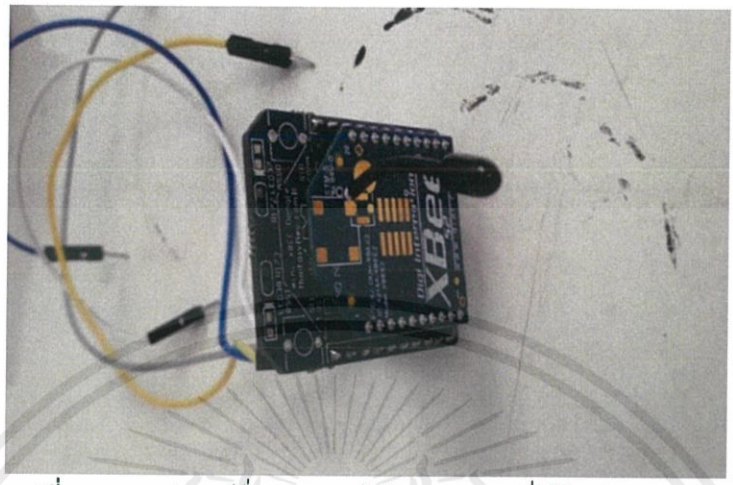
รูปที่ 3.14 การออกแบบภาครับ

โดยบอร์ด Arduino ที่ใช้ในระบบติดตามขบวนรถไฟฝั่งรับเป็นบอร์ด Arduino UNO R3 แสดงดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 บอร์ด Arduino UNO R3

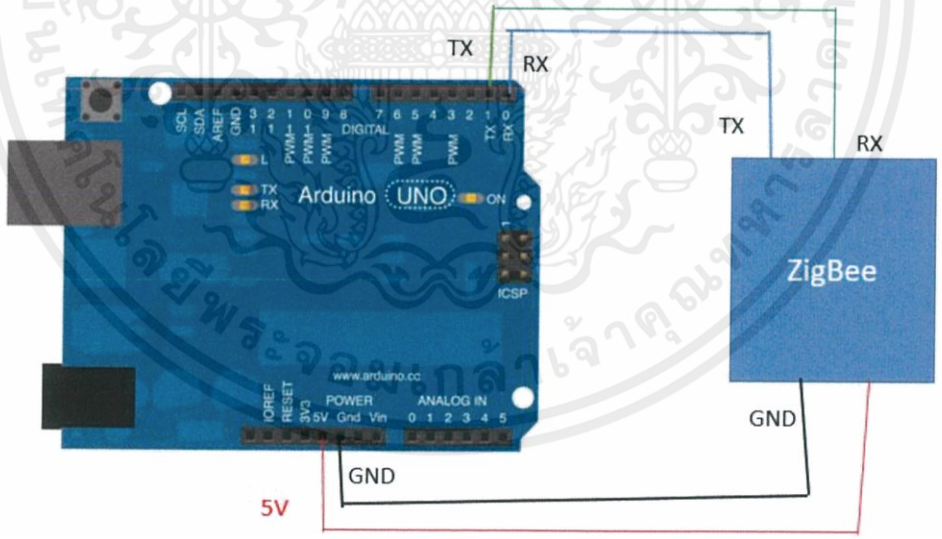
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย (XBee) ที่ใช้ในระบบติดตามขบวนรถไฟทั้งภาคส่งและภาครับแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย XBee ที่ใช้ในส่วนภาครับ

ในส่วนต่อไปจะเป็นการแสดงวงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ XBee กับ Arduino Uno ที่ฝั่งรับดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การเชื่อมต่อวงจรระหว่าง XBee กับ Arduino Uno

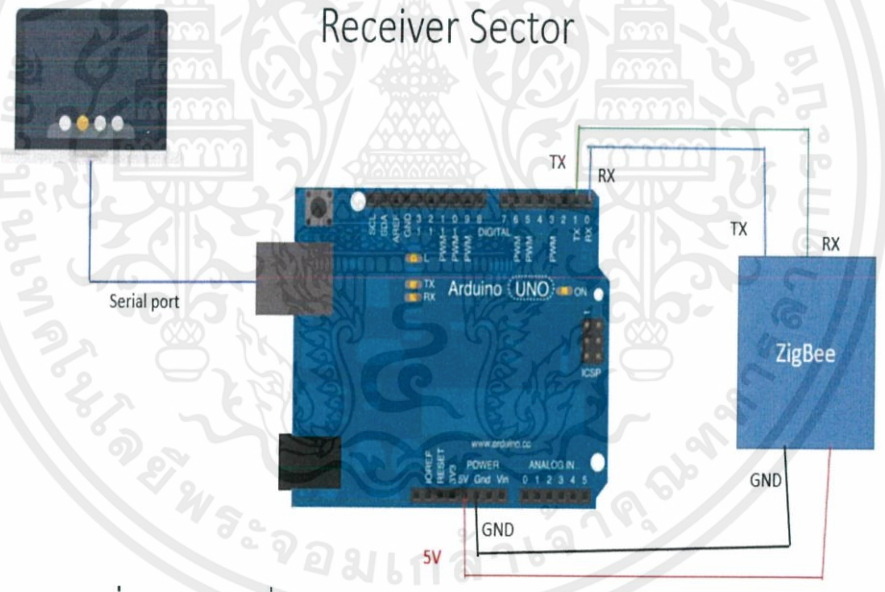
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารไร้สาย XBee เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อ Arduino Uno นั้นจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดการเชื่อมต่อของ XBee เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ชื่อ Arduino Uno

ขา	รายละเอียด
5V	เชื่อมต่อกับ 5V
GND	เชื่อมต่อกับ GND
TX	เชื่อมต่อกับ RX
RX	เชื่อมต่อกับ TX

และในส่วนต่อไปจะเป็นการแสดงวงจรการเชื่อมต่อทั้งหมดของภาครับโดยจะมีการเชื่อมต่อ Arduino Uno เข้ากับคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อวงจรในส่วนภาครับของระบบติดตามรถไฟ

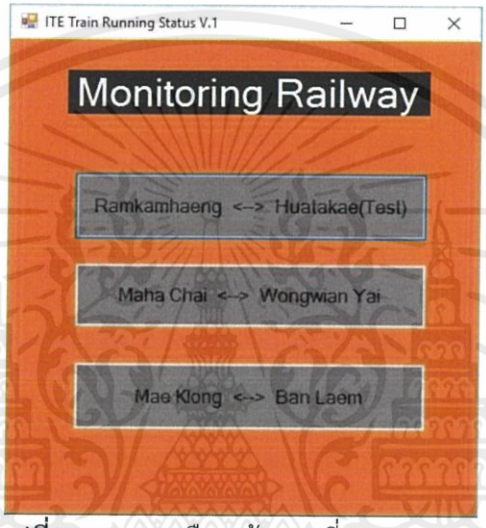
3.3 การออกแบบส่วนของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟ

3.3.1 การออกแบบส่วนอินเตอร์เฟสโปรแกรมมอนิเตอร์

สำหรับอินเตอร์เฟสของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟได้ทำการออกแบบไว้สำหรับทดลองในเส้นทางสายแม่กลองโดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ช่วงวงเวียนใหญ่มหาชัย ช่วงบ้านแหลมแม่

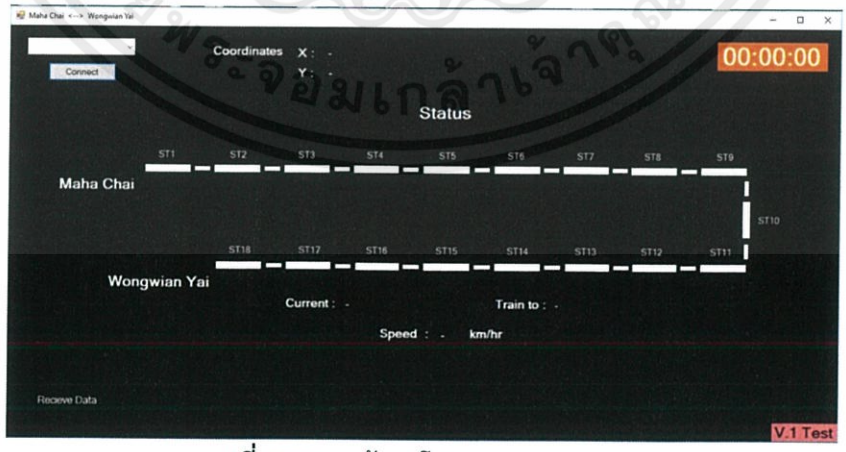
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลอง โดยจะมีโปรแกรมเมนูให้เลือกเส้นทางที่ต้องการตรวจสอบแสดงดังรูปที่ 3.19 และในหน้าจอมอนิเตอร์แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ หนึ่งคือส่วนที่ให้เลือกคอมพอร์ท สองคือส่วนที่แสดงตำแหน่งในระบบพิกัด ละติจูด ลองจิจูด เวลา ส่วนที่สามจะเป็นส่วนที่แสดงสถานะของขบวนรถไฟ ณ ขณะนั้นอยู่ที่สถานีใดหรือกำลังจะเข้าสถานีใด และส่วนที่สี่จะเป็นส่วนที่แสดงค่าดั้งเดิมที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ชื่อ Arduino Uno ของฝั่งรับโดยที่รับค่ามาจากอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย XBee ฝั่งรับซึ่งรับค่าข้อมูลมาจากอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย XBee ฝั่งส่งหลังจากได้ทำการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งส่งที่ชื่อ Arduino Mega ตามลำดับ



รูปที่ 3.19 เมนูเลือกเส้นทางที่จะตรวจสอบ

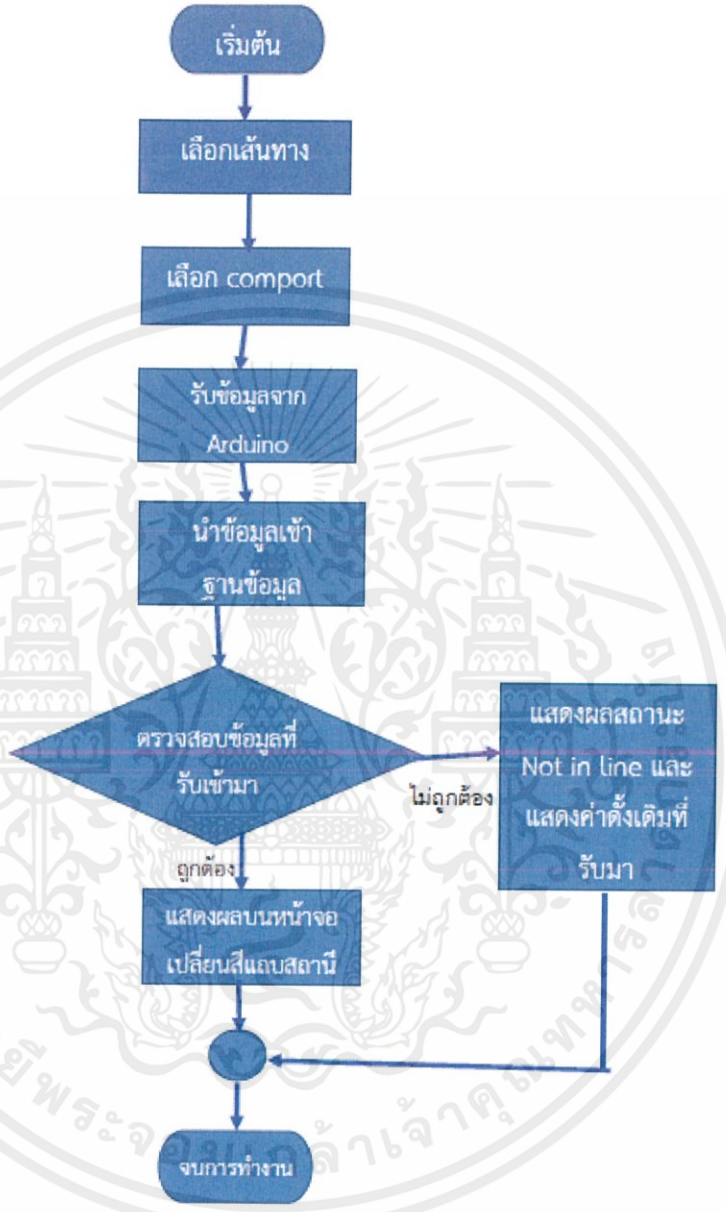
และในส่วนต่อไปจะแสดงหน้าจออินเตอร์เฟสของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 หน้าจอโปรแกรม monitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมมอนิเตอร์ด้านบนสามารถแสดงขั้นตอนการทำงานได้ด้วยผังงานหรือ Flow chart ดังแสดงดังรูปที่ 3.21



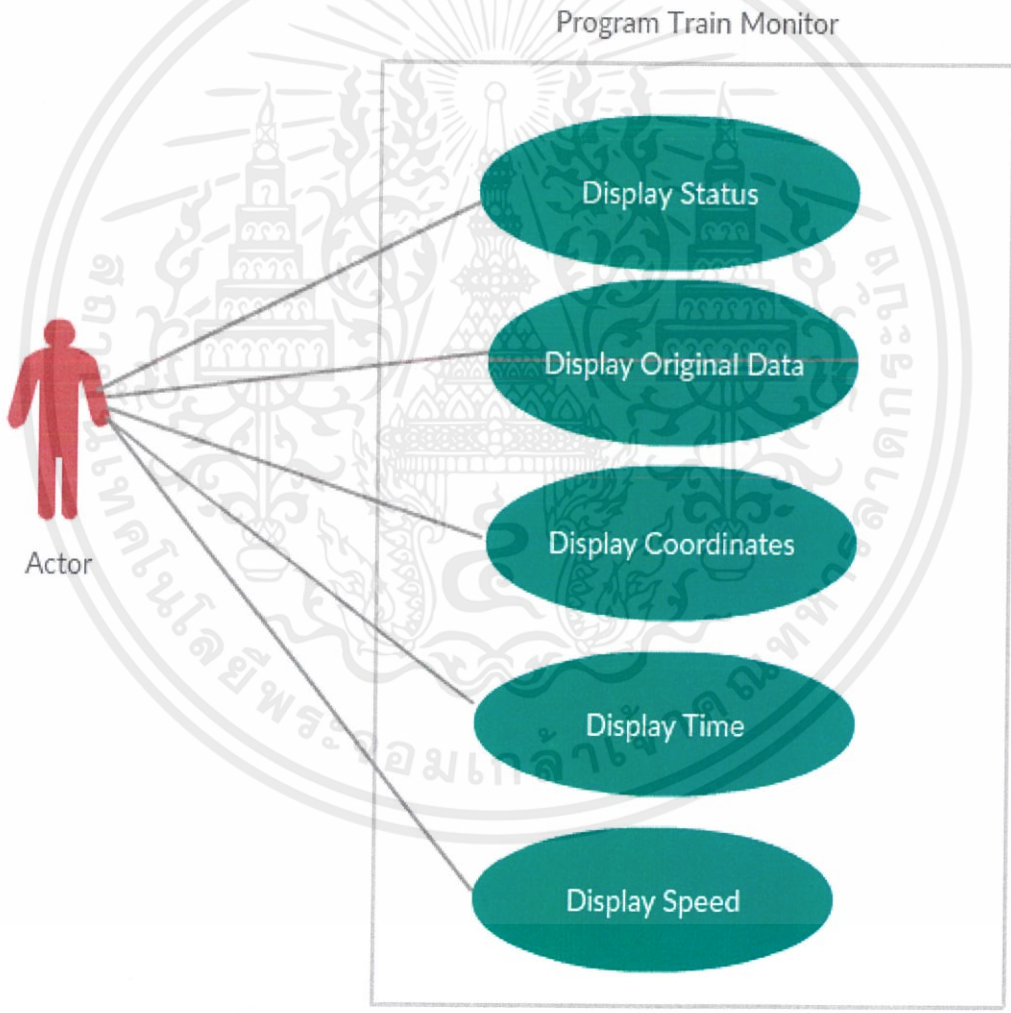
รูปที่ 3.21 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟ

รายละเอียดการทำงานของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟคือ ขั้นตอนแรกจะทำการเชื่อมต่อ Arduino Uno เข้ากับคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนต่อมาต้องเปิดโปรแกรมเพื่อเลือกสายการเดินทางของขบวนรถไฟหลังจากนั้นโปรแกรมมอนิเตอร์ปรากฏขึ้นมา ให้ทำการเลือกคอมพอร์ทที่จะต้องใช้แล้วกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มการเชื่อมต่อหรือเรียกว่า connect หลังจากนั้นโปรแกรมจะรับข้อมูลมาจาก Arduino Uno ต่อมาทำการนำข้อมูลที่รับเข้ามาไปที่ฐานข้อมูลและหลังจากนั้นจะตรวจสอบว่าข้อมูลถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง โดยถ้าข้อมูลถูกต้องแสดงว่า GPS ที่ภาคส่งเกิดการรับค่าตำแหน่งได้แล้ว หลังจากนั้นจะทำการนำข้อมูลเข้าแสดงค่าต่าง ๆ ตามหน้าจอโปรแกรมมอนิเตอร์และเปลี่ยนแถบสีของสถานีหรือระหว่างสถานีตามข้อมูลที่รับมา แต่ถ้าตรวจสอบแล้วข้อมูลไม่ถูกต้องแสดงว่า GPS ที่ภาคส่งไม่ได้รับค่าตำแหน่งจะทำการแสดงข้อมูลสถานะว่า Not in line แล้วจะไม่เกิดการเปลี่ยนแถบสีและจะแสดงเฉพาะข้อมูลดั้งเดิมที่ได้รับมาจาก Arduino Uno

ในส่วนต่อไปจะทำการแสดง Use Case Diagram ของโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.22

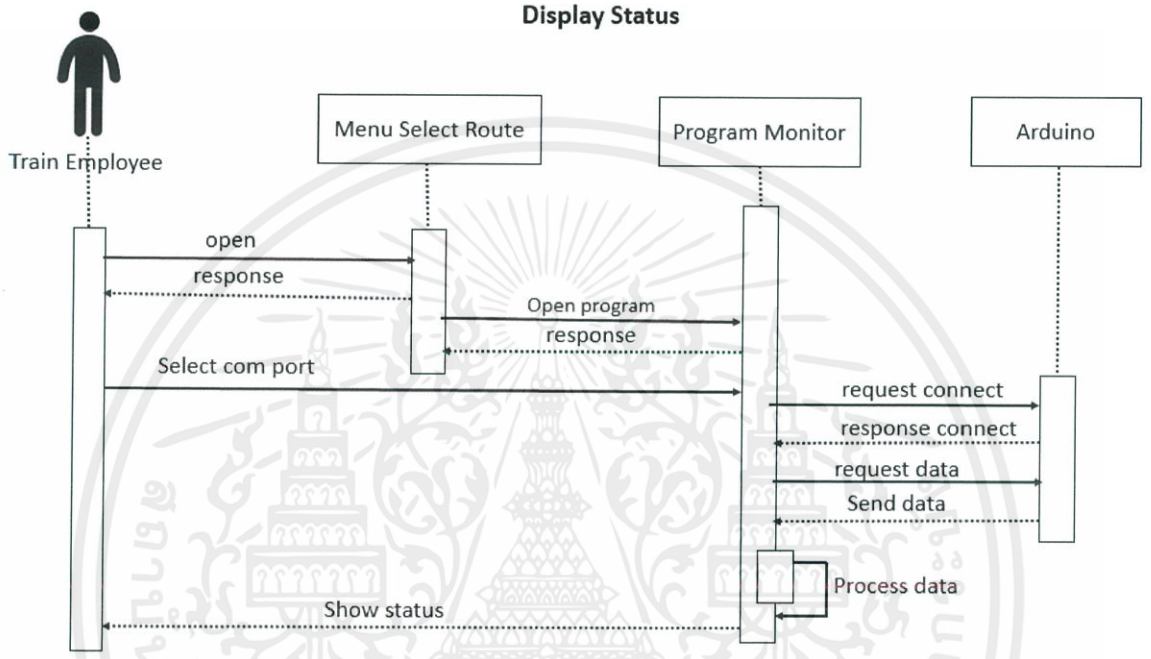


รูปที่ 3.22 Use Case Diagram ของโปรแกรมมอนิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจาก Use Case Diagram ในส่วนด้านบนจะใช้สำหรับบ่งบอกว่าเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟจะมองเห็นอินเตอร์เฟสที่แสดงสถานะที่อยู่ของขบวนรถไฟ แสดงค่าข้อมูลดั้งเดิมที่รับได้จากภาคส่ง แสดงค่าละติจูดลองจิจูด แสดงเวลาและแสดงความเร็ว

ในส่วนต่อไปจะทำการแสดง Sequence Diagram ของการดำเนินการแสดงผลสถานะตำแหน่งที่อยู่ของรถไฟบนโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟดังแสดงในรูปที่ 3.23

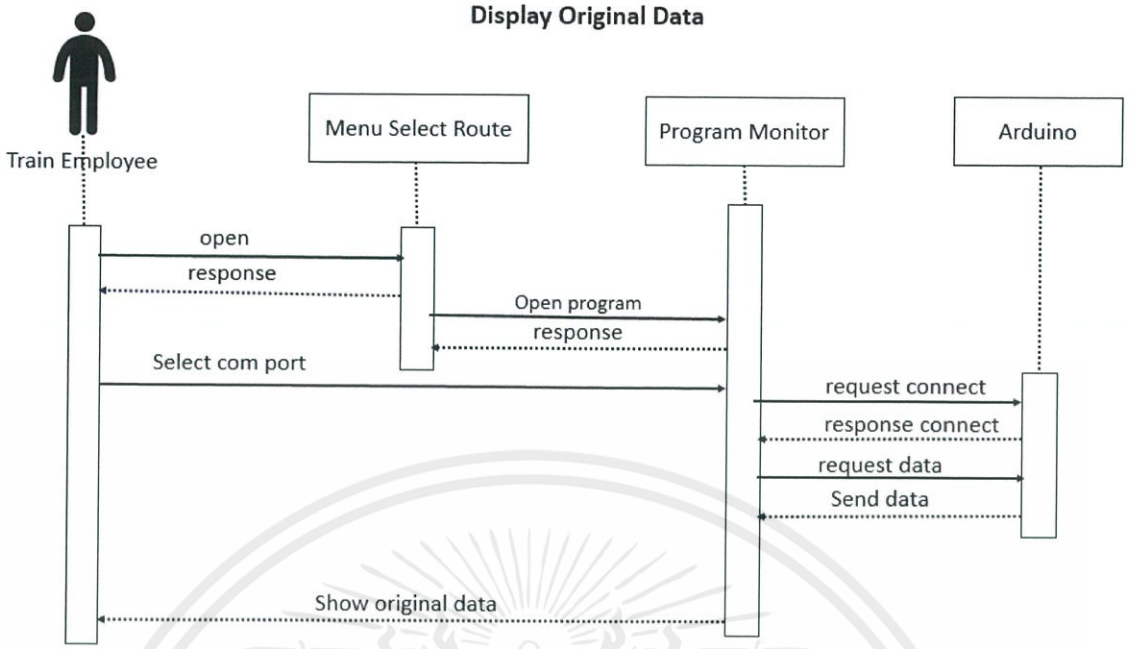


รูปที่ 3.23 Sequence Diagram ของการแสดงสถานะตำแหน่งสถานที่รถไฟ

ในส่วนของลำดับเหตุการณ์ของ Display Status หรือ แสดงสถานะที่อยู่ของขบวนรถไฟ จะเริ่มต้นเมื่อเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเปิดโปรแกรมสำหรับเลือกเส้นทางมอนิเตอร์แล้วทำการเลือกเส้นทางที่ต้องการ หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเลือก com port สำหรับให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับ Arduino หลังจากนั้น Arduino จะทำการนำข้อมูลดั้งเดิมที่ได้มาจาก XBee ของภาคส่งเพื่อส่งไปให้โปรแกรมมอนิเตอร์ประมวลผลให้ได้ค่าสถานะที่อยู่ของขบวนรถไฟเพื่อจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรมให้เจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทราบตามต้องการ

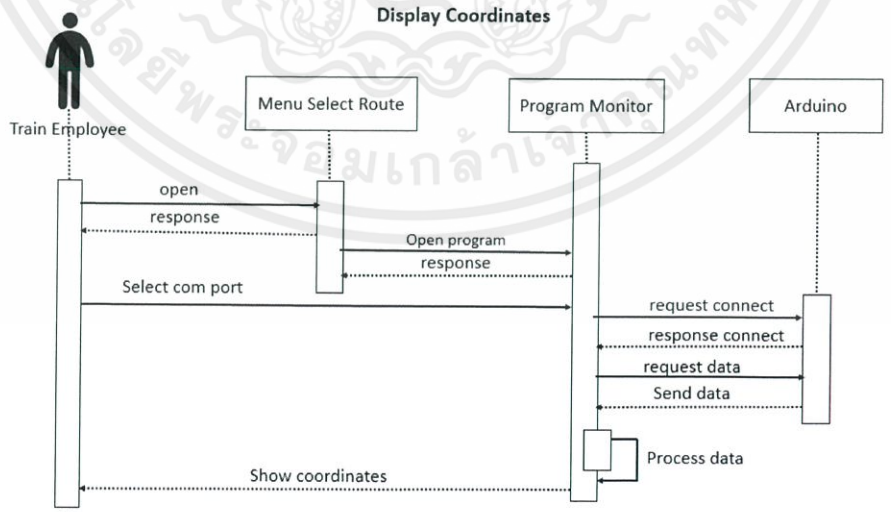
ในส่วนต่อไปจะทำการแสดง Sequence Diagram ของการดำเนินการแสดงค่าข้อมูลดั้งเดิมที่รับได้จากภาคส่งบนโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟดังแสดงในรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 Sequence Diagram ของการแสดงผลข้อมูลดั้งเดิม

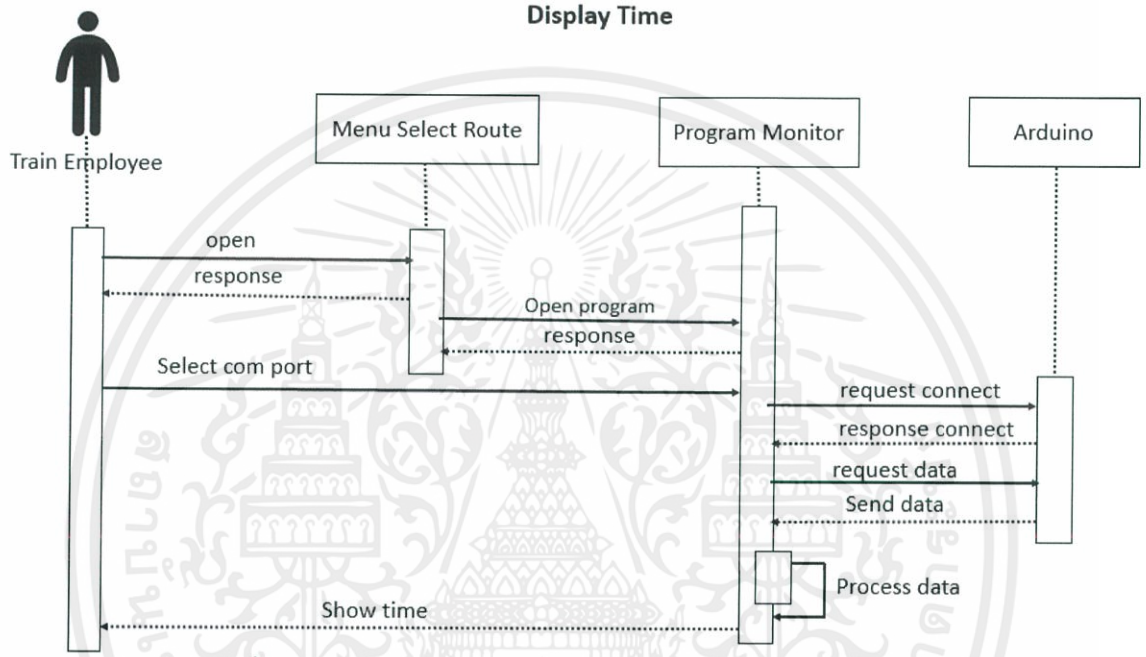
ในส่วนของลำดับเหตุการณ์ของ Display Original Data หรือแสดงค่าข้อมูลดั้งเดิมที่รับได้จากภาคส่งจะเริ่มต้นเมื่อเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเปิดโปรแกรมสำหรับเลือกเส้นทางที่ต้องการมอนิเตอร์แล้วทำการเลือกเส้นทางที่ต้องการ หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเลือก com port สำหรับให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับ Arduino หลังจากนั้น Arduino จะทำการนำข้อมูลดั้งเดิมที่ได้มาจาก XBee ของภาคส่งเพื่อส่งไปให้โปรแกรมมอนิเตอร์เพื่อจะแสดงค่าข้อมูลดั้งเดิมที่รับได้จากภาคส่งบนหน้าจอโปรแกรมให้เจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทราบตามต้องการ



รูปที่ 3.25 Sequence Diagram ของการแสดงผลตำแหน่งละติจูดลองจิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนรูปที่ 3.25 คือลำดับเหตุการณ์ของ Display Coordinates หรือแสดงผลค่าตำแหน่งละติจูดลองจิจูดของรถไฟจะเริ่มต้นเมื่อเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเปิดโปรแกรมสำหรับเลือกเส้นทางที่ต้องการมอนิเตอร์แล้วทำการเลือกเส้นทางที่ต้องการ หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเลือก com port สำหรับให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับ Arduino หลังจากนั้น Arduino จะทำการนำข้อมูลดั้งเดิมที่ได้มาจาก XBee ของภาคส่งเพื่อส่งไปให้โปรแกรมมอนิเตอร์ประมวลผลให้ได้ค่าตำแหน่งละติจูดลองจิจูดของรถไฟเพื่อจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรมให้เจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทราบตามต้องการ

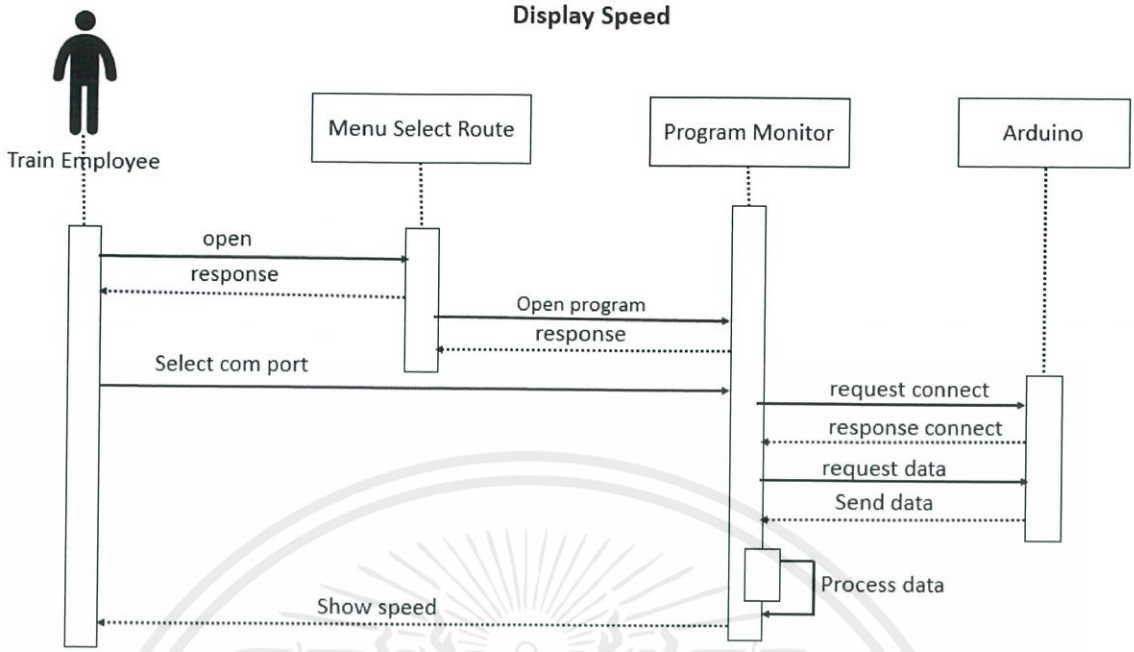


รูปที่ 3.26 Sequence Diagram ของการแสดงผลเวลาของรถไฟ

ในส่วนรูปที่ 3.26 คือลำดับเหตุการณ์ของ Display Time หรือแสดงผลเวลาของรถไฟจะเริ่มต้นเมื่อเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเปิดโปรแกรมสำหรับเลือกเส้นทางที่ต้องการมอนิเตอร์แล้วทำการเลือกเส้นทางที่ต้องการ หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเลือก com port สำหรับให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับ Arduino หลังจากนั้น Arduino จะทำการนำข้อมูลดั้งเดิมที่ได้มาจาก XBee ของภาคส่งเพื่อส่งไปให้โปรแกรมมอนิเตอร์ประมวลผลให้ได้ค่าเวลาของรถไฟเพื่อจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรมให้เจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทราบตามต้องการ

ในส่วนต่อไปจะทำการแสดง Sequence Diagram ของการดำเนินการแสดงผลความเร็วของรถไฟบนโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟดังแสดงในรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



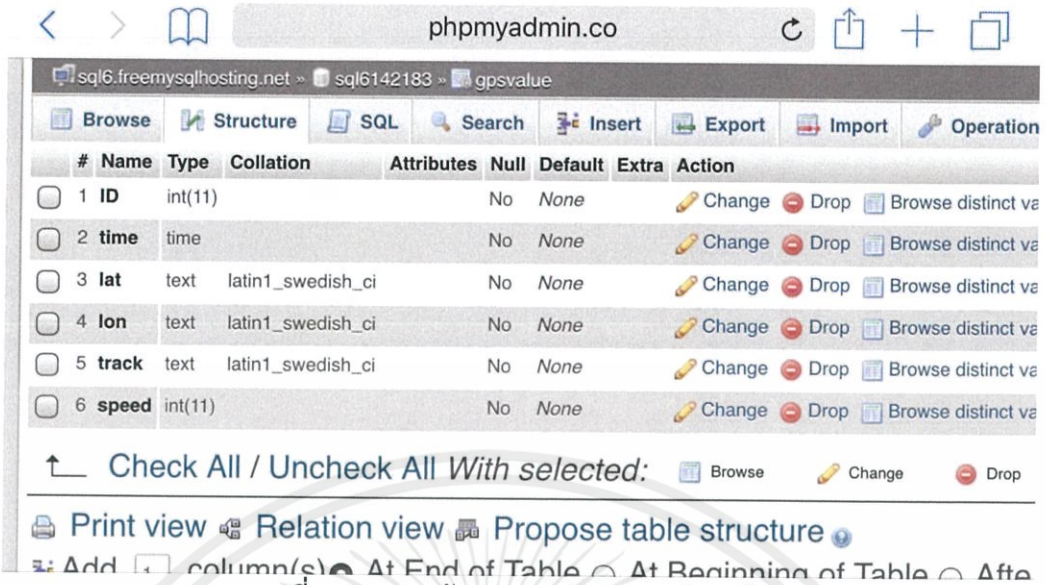
รูปที่ 3.27 Sequence Diagram ของการแสดงผลความเร็วของรถไฟ

ในส่วนของลำดับเหตุการณ์ของ Display Time หรือแสดงความเร็วของรถไฟจะเริ่มต้นเมื่อเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเปิดโปรแกรมสำหรับเลือกเส้นทางที่ต้องการมอนิเตอร์แล้วทำการเลือกเส้นทางที่ต้องการ หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทำการเลือก com port สำหรับให้โปรแกรมเชื่อมต่อกับ Arduino หลังจากนั้น Arduino จะทำการนำข้อมูลดั้งเดิมที่ได้มาจาก XBee ของภาคส่งเพื่อส่งไปให้โปรแกรมมอนิเตอร์ประมวลผลให้ได้ค่าความเร็วของรถไฟเพื่อจะแสดงบนหน้าจอโปรแกรมให้เจ้าหน้าที่มอนิเตอร์รถไฟทราบตามต้องการ

3.3.2 การออกแบบฐานข้อมูล

สำหรับการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลที่ภาครับได้รับจากภาคส่งโดยเมื่อ Notebook ได้รับการเชื่อมต่อกับ Arduino Uno ของภาครับหลังจากนั้น Notebook จะแสดงผลค่าข้อมูลตำแหน่งขบวนรถไฟที่ได้รับจาก Arduino Uno นำมาแสดงที่โปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟ โดยฐานข้อมูลจะใช้ฐานข้อมูลของ phpMyAdmin ซึ่งเป็น MySQL และจะมีคอลัมน์สำหรับแสดงค่าต่างๆ ดังนี้ ID = รหัสตัวเลขเพื่อแยกแต่ละช่วง (วงเวียนใหญ่ - มหาชัย และ บ้านแหลม - แม่กลอง) , time = เวลา , lat = ตำแหน่งละติจูด , lon = ตำแหน่งลองจิจูด , track = ชื่อตำแหน่งที่อยู่ , speed = ความเร็วรถไฟ แสดงดังรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ฐานข้อมูลระบบติดตามขบวนรถไฟ

ในส่วนข้างล่างจะเป็นข้อมูลตัวอย่างที่นำเข้าสู่ฐานข้อมูลโดยรายละเอียดนั้นจะแสดงได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ประเภทการเก็บข้อมูลรถไฟ

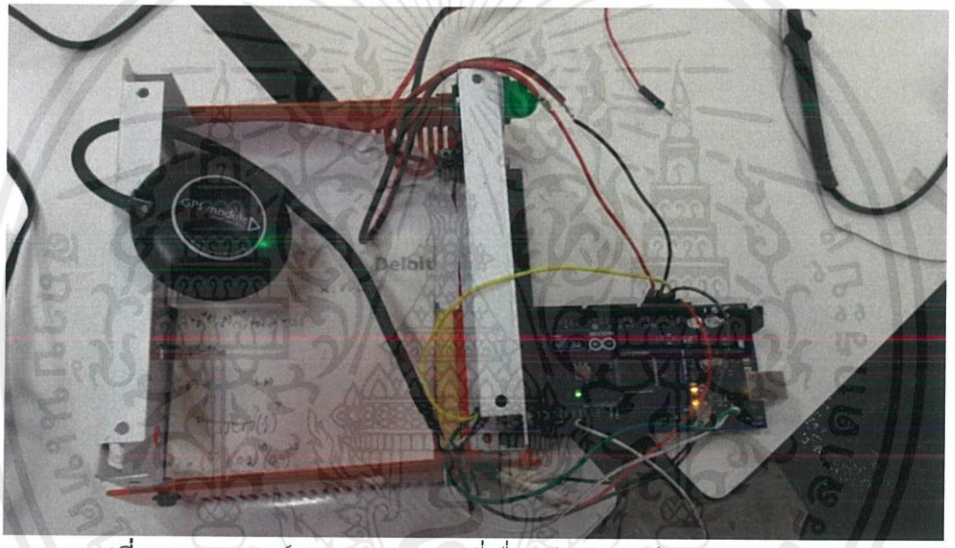
Name	Type	Key	Meaning	Example
ID	INT	Primary Key	รหัสของช่วงเว้นทาง	1
time	Time		เวลา	19:34:07
Lat	Text		ละติจูด	13.5403
Lon	Text		ลองจิจูด	100.2694
Track	TEXT		สถานะปัจจุบัน	Thung Si Thong
Speed	INT		ความเร็ว	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

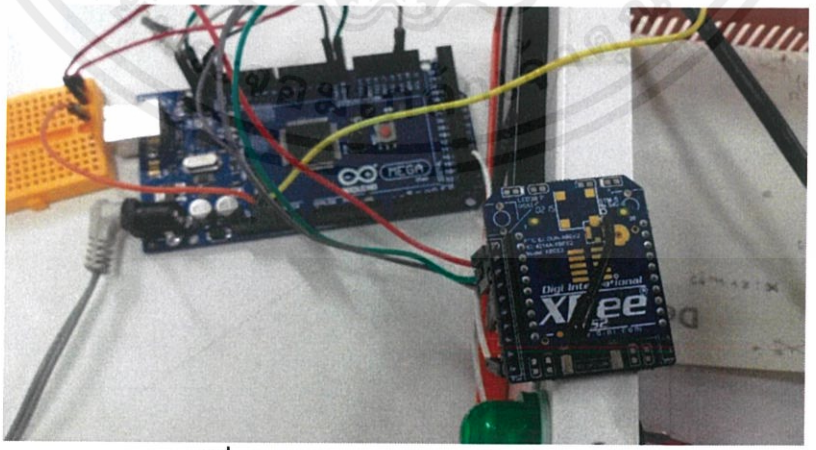
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ภาคส่ง

ในขั้นตอนเริ่มต้นของส่วนภาคส่ง จะทำการเขียนโค้ดด้วยโปรแกรม Arduino IDE เพื่อเขียนโค้ดลงบอร์ด Arduino Mega และเชื่อมต่อวงจรระหว่างอุปกรณ์ Arduino กับ GPS Module ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เพื่อจะทำการทดสอบหาค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูด แล้วยังเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ XBee ที่สามารถส่งสัญญาณไร้สายไปยังภาครับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2



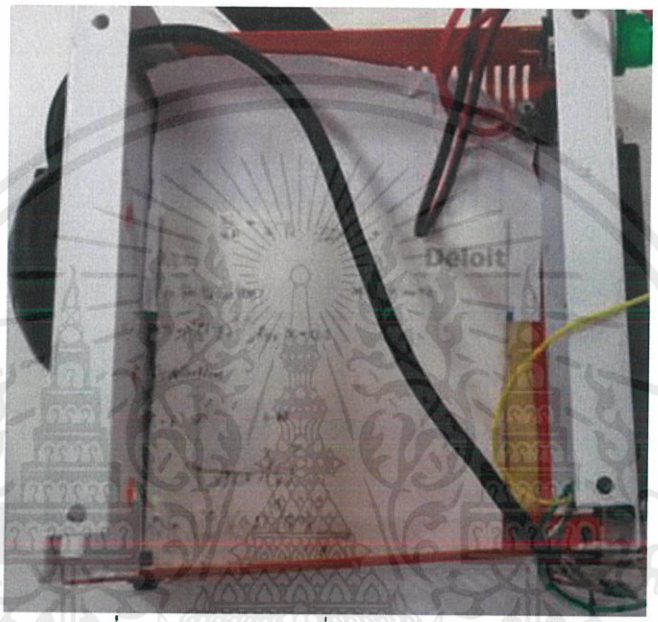
รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ GPS Module ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Mega



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ XBee สำหรับภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นนำอุปกรณ์ XBee ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Mega และอุปกรณ์ระบุตำแหน่งใส่ลงในบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์โดยบรรจุภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 4.3 โดยในส่วนของด้านหน้าบรรจุภัณฑ์มีหน้าจอแอลซีดีสำหรับแสดงผล และสวิตช์เปิด-ปิดการทำงานโดยมีสองสวิตช์ซึ่งสวิตช์สีแดงด้านล่างจะใช้สำหรับให้ถ่านไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับภาคส่ง และสวิตช์สีแดงด้านบนจะใช้สำหรับเมื่อต้องการใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับภาคส่ง เมื่อยังไม่มีการกดสวิตช์เพื่อเริ่มการทำงานในส่วนของหน้าจอแอลซีดีภาคส่งสวิตช์ทั้งสองจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.4

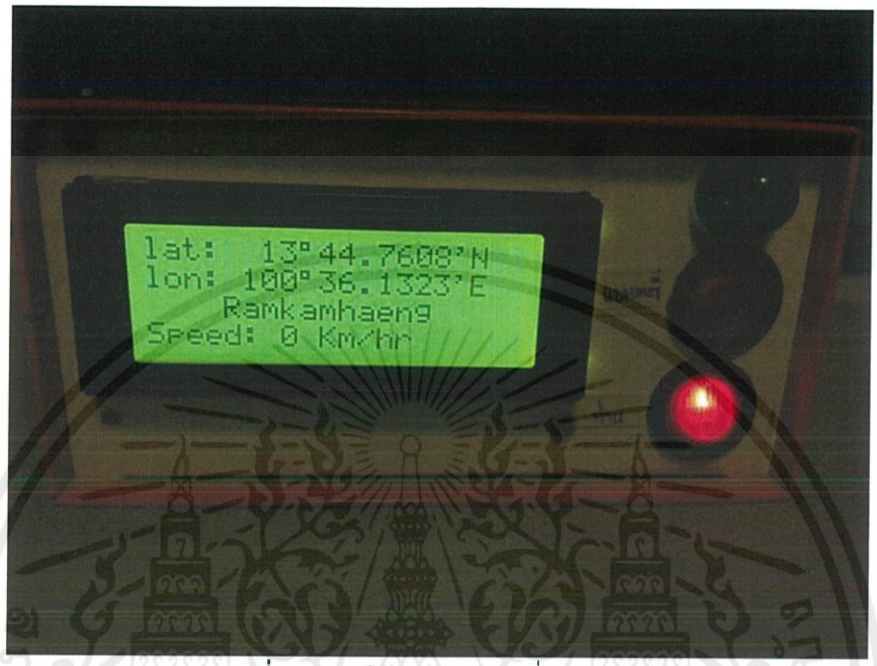


รูปที่ 4.3 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอุปกรณ์ภาคส่ง

รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลและสวิตช์เมื่อปิดการทำงาน

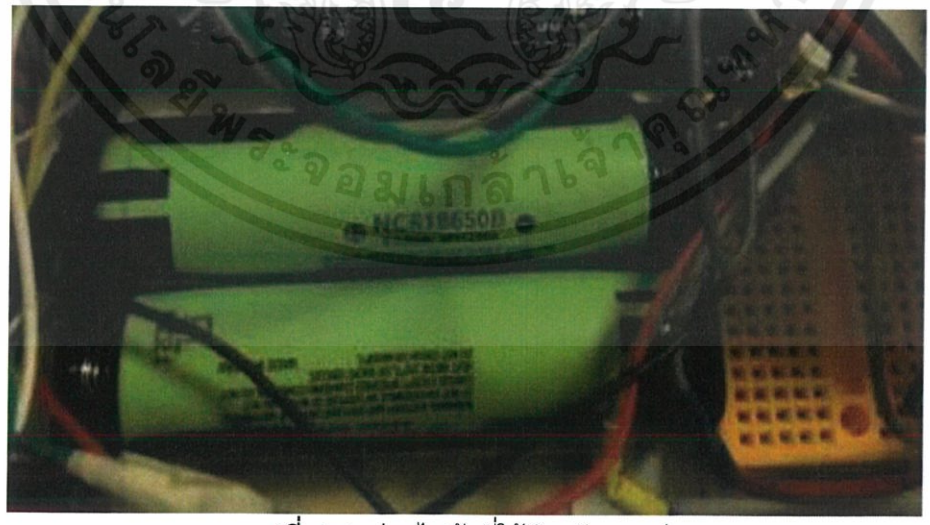
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อได้ทำการกดสวิตช์สำหรับใช้ถ่านไฟฟ้าเป็นพลังงานให้ภาคส่งเพื่อเริ่มการทำงานของภาคส่ง ในส่วนของสวิตช์นั้นจะมีไฟสีแดงขึ้นมาตรงสวิตช์ที่กดเพื่อบ่งบอกว่าอุปกรณ์ได้เริ่มต้นทำงานแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.5



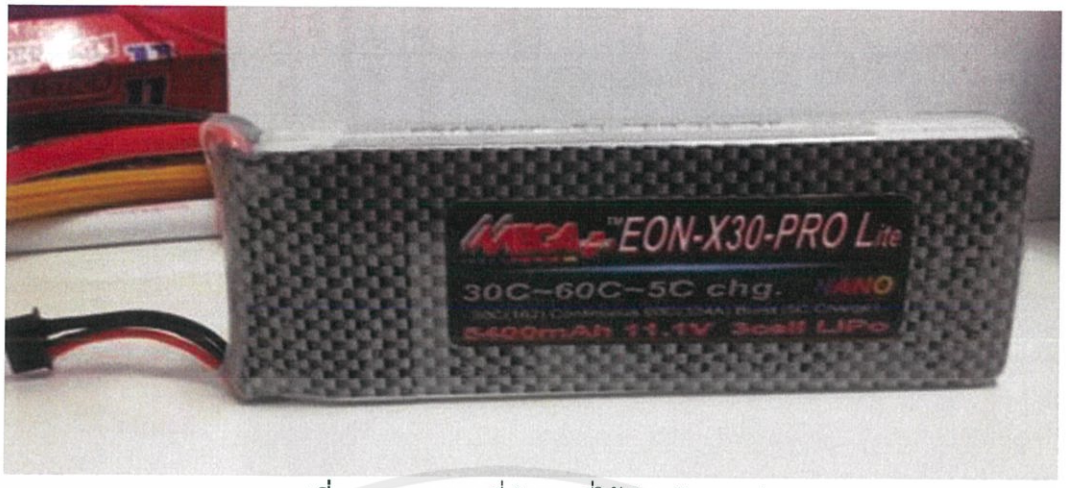
รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลเมื่อกดสวิตช์

โดยระบบในภาคส่งทั้งหมดจะทำงานได้โดยการใช้ถ่านไฟฟ้าเป็นตัวให้พลังงานแก่ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยมีแบตเตอรี่เป็นพลังงานสำรองเพื่อเวลาที่ถ่านไฟฟ้าพลังงานหมด ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 ถ่านไฟฟ้าที่ใช้สำหรับภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แบตเตอรี่สำรองที่ใช้สำหรับภาคส่ง

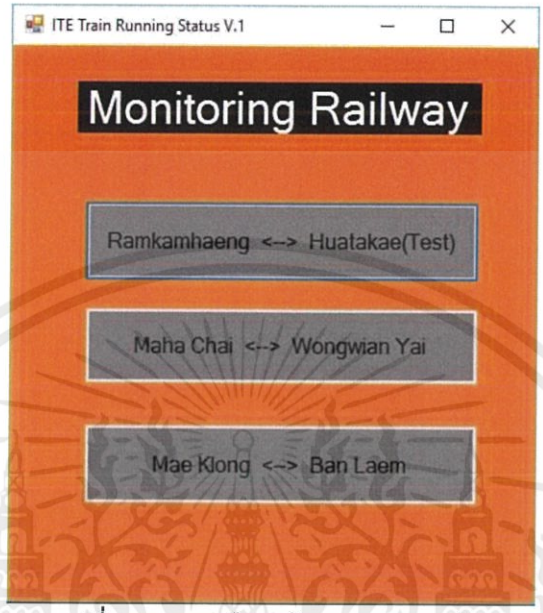
4.2 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ภาครับ

ในส่วนของภาครับจะมีตัวรับสัญญาณคืออุปกรณ์ XBee ซึ่งอุปกรณ์ XBee ในส่วนที่ภาครับจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ XBee ในส่วนภาคส่งซึ่ง XBee ในภาครับเชื่อมต่อวงจรกับบอร์ด Arduino UNO และบอร์ด Arduino UNO เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเก็บข้อมูลและนำค่าไปแสดงบนบนโปรแกรมมอนิเตอร์ ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 อุปกรณ์ฝั่งรับที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

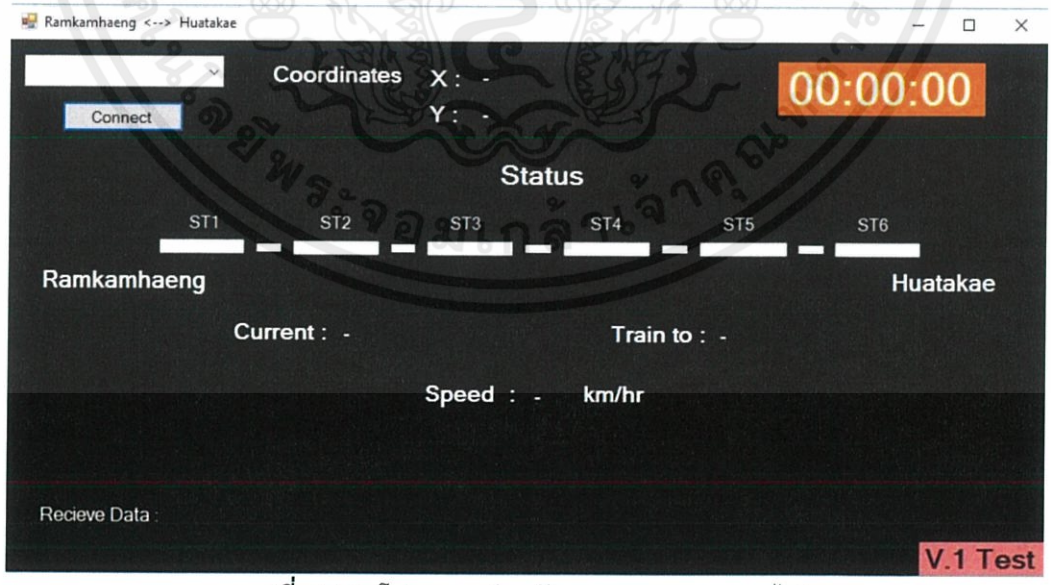
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นบอร์ด Arduino UNO ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์จะมีการควบคุมและรับค่าผ่านโปรแกรม เพื่อนำค่าข้อมูลที่ได้จาก XBee ไปแสดงผลบนหน้าจอตรวจสอบขบวนรถไฟ ซึ่งจะมีเมนูขบวนรถไฟ 3 เส้นทางให้เลือก ก่อนเข้าหน้าโปรแกรมตรวจสอบดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 เมนูเลือกเส้นทางขบวนรถไฟ

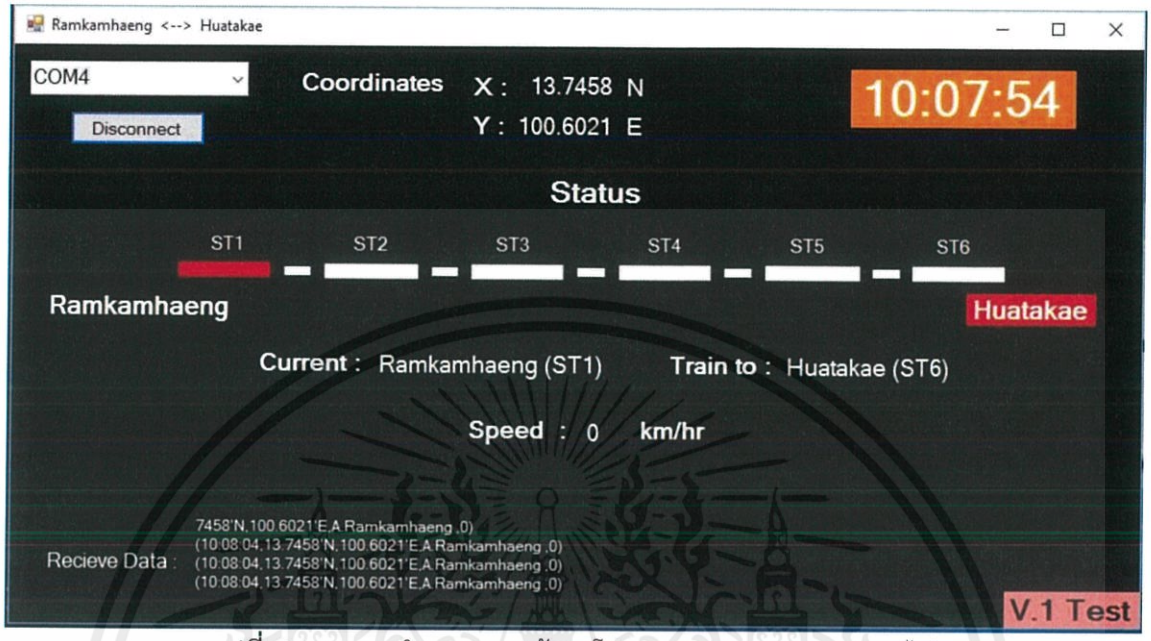
ในส่วนของโปรแกรมสำหรับมอนิเตอร์ขบวนรถไฟเมื่อในขณะที่ยังไม่ได้เชื่อมต่อกับ Arduino Uno จะมีหน้าตาอินเตอร์เฟสเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 โปรแกรมสำหรับตรวจสอบขบวนรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อข้อมูลได้ถูกส่งมาที่คอมพิวเตอร์หลังจากนั้นสถานะต่างๆบนหน้าจอโปรแกรมตรวจสอบขบวนรถไฟก็จะทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การทำงานของหน้าจอโปรแกรมตรวจสอบขบวนรถไฟ

4.3 การทดสอบระบบติดตามขบวนรถไฟเส้นทางสายแม่กลอง

การทดสอบระบบในเส้นทางสายแม่กลองนั้นได้ทำการบันทึกผลการทดสอบลงในตาราง ซึ่งจุดที่ทำการบันทึกผลคือในระยะหกสถานีแรกของช่วงวงเวียนใหญ่มหาชัยและระยะหกสถานีสุดท้ายของช่วงบ้านแหลมแม่กลอง

โดยระยะทางหกสถานีแรกของช่วงวงเวียนใหญ่มหาชัยและระหว่างสถานี ทำการบันทึกผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากการทดลองระยะหกสถานีแรกช่วงวงเวียนใหญ่ - มหาชัย

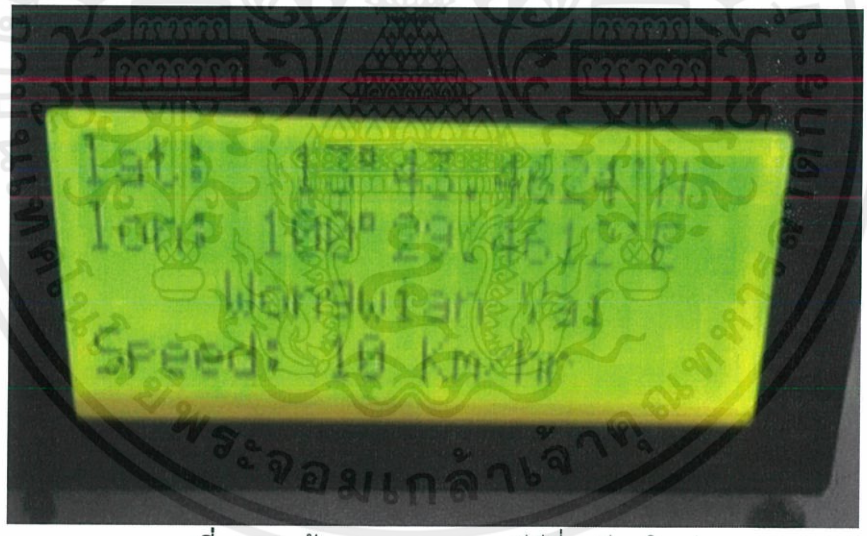
สถานที่จดบันทึก	ละติจูด	ลองจิจูด	สถานะตำแหน่ง
วงเวียนใหญ่	13’ 43.4624’N	100’ 29.4612’E	วงเวียนใหญ่
ตลาดพลู <--> วงเวียนใหญ่	13’ 43.4446’N	100’ 29.4105’E	ตลาดพลู <--> วงเวียนใหญ่
ตลาดพลู	13’ 43.2515’N	100’ 28.6959’E	ตลาดพลู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลองต้นไทร <--> ตลาดพลู	13’ 43.2381’N	100’ 28.6505’E	คลองต้นไทร <--> ตลาดพลู
คลองต้นไทร	13’ 42.3994’N	100’ 28.1896’E	คลองต้นไทร
จอมทอง <--> คลองต้นไทร	13’ 42.3656’N	100’ 28.1729’E	จอมทอง <--> คลองต้นไทร
จอมทอง	13’ 42.1036’N	100’ 27.8815’E	จอมทอง
วัดไทร <--> จอมทอง	13’ 42.0188’N	100’ 27.7665’E	วัดไทร <--> จอมทอง
วัดไทร	13’ 41.4634’N	100’ 27.4291’E	วัดไทร
วัดสิงห์ <--> วัดไทร	13’ 41.3993’N	100’ 27.3630’E	วัดสิงห์ <--> วัดไทร
วัดสิงห์	13’ 41.0023’N	100’ 26.8652’E	วัดสิงห์

จากตารางที่ 4.1 การเก็บผลต่างที่แต่ละค่าที่ได้มีการบันทึกมานั้นอ้างอิงมาจากหน้าจอแอลซีดีของภาคส่งและหน้าจอโปรแกรมมอนิเตอร์ที่ภาครับ

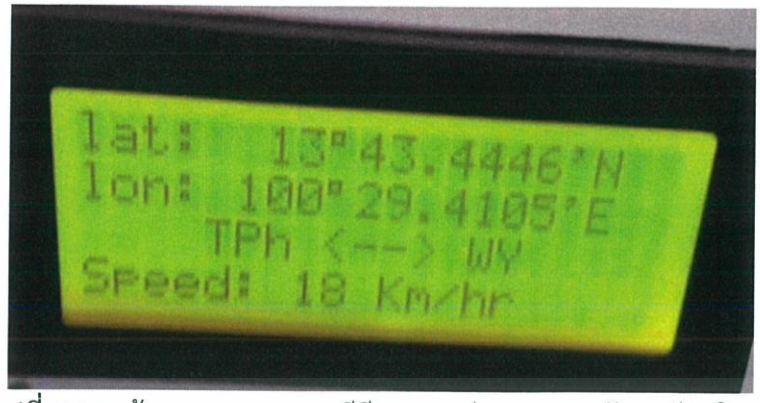
ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่อบันทึกตรงที่วงเวียนใหญ่แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่วงเวียนใหญ่

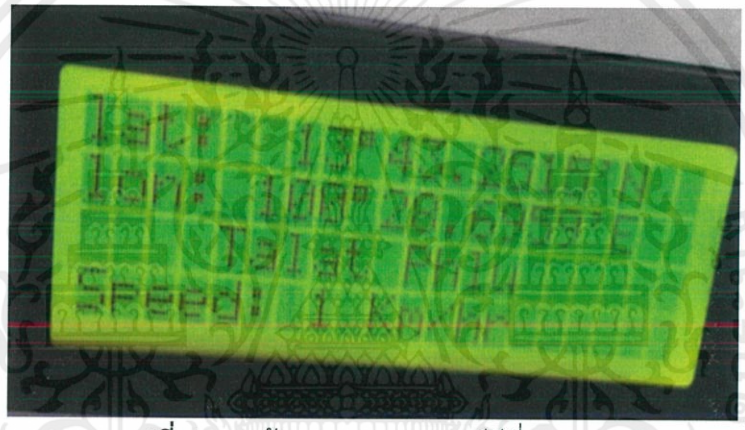
ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่อระหว่างตลาดพลูกับวงเวียนใหญ่แสดงดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



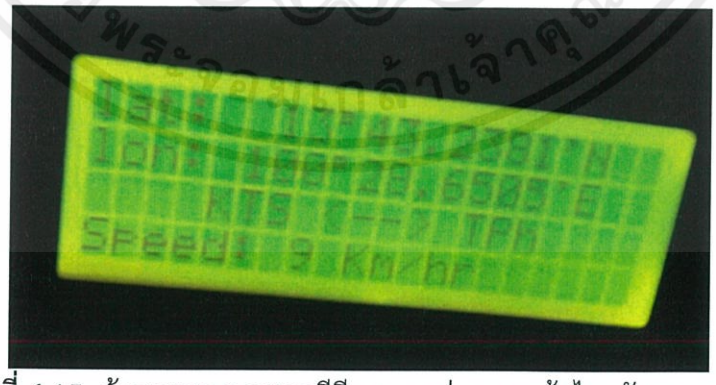
รูปที่ 4.13 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างตลาดพลูกับวงเวียนใหญ่

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ตลาดพลูแสดงดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่ตลาดพลู

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงระหว่างคลองต้นไทรกับตลาดพลูแสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างคลองต้นไทรกับตลาดพลู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่คลองต้นไทรแสดงดังรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.16 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่คลองต้นไทร

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ระหว่างจอมทองกับคลองต้นไทรแสดงดังรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างจอมทองกับคลองต้นไทร

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่จอมทองแสดงดังรูปที่ 4.18

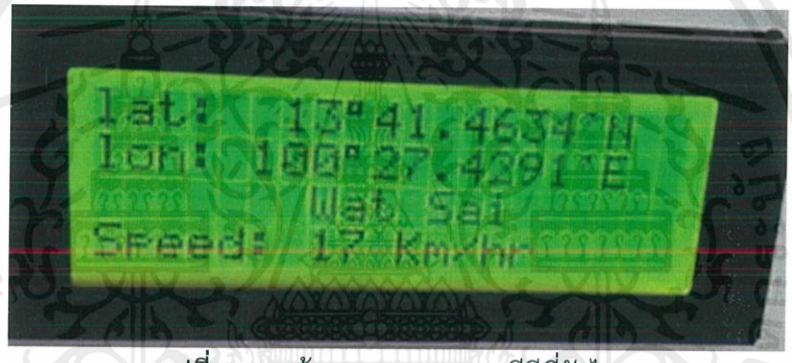
รูปที่ 4.18 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่จอมทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ระหว่างวัดไทรกับจอมทองแสดงดังรูปที่ 4.19

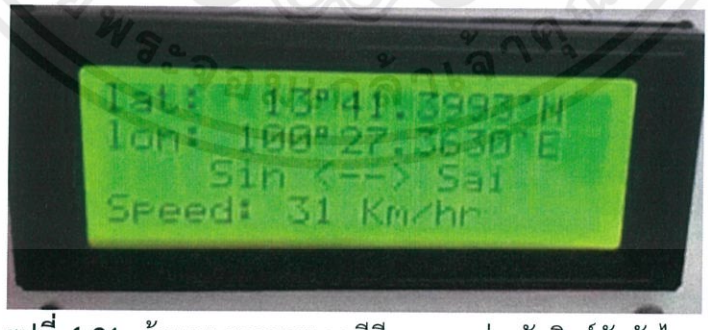
รูปที่ 4.19 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างวัดไทรกับจอมทอง

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่วัดไทรแสดงดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่วัดไทร

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ระหว่างวัดสิงห์กับวัดไทรแสดงดังรูปที่ 4.21



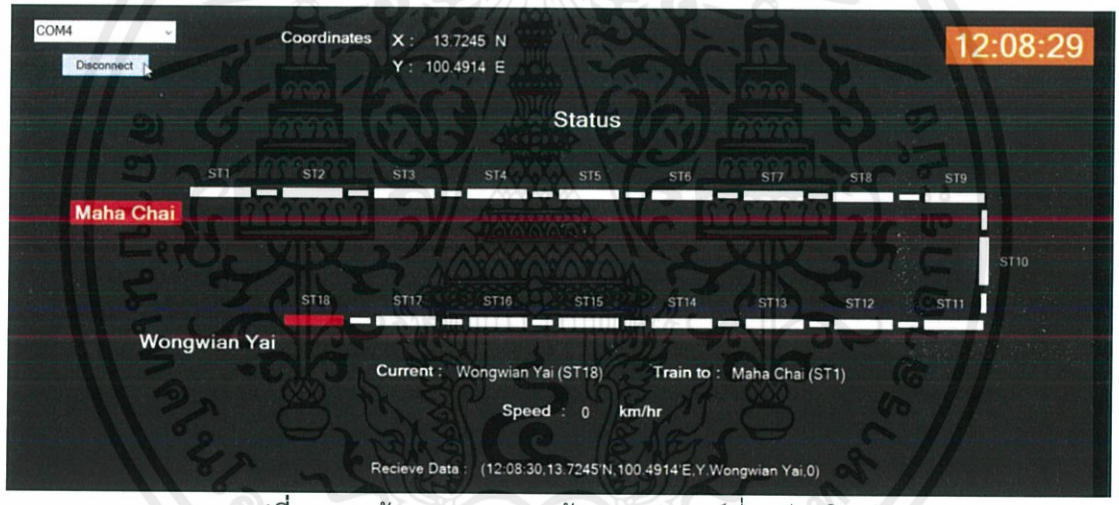
รูปที่ 4.21 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างวัดสิงห์กับวัดไทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่วัดสิงห์แสดงดังรูปที่ 4.22

รูปที่ 4.22 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่วัดสิงห์

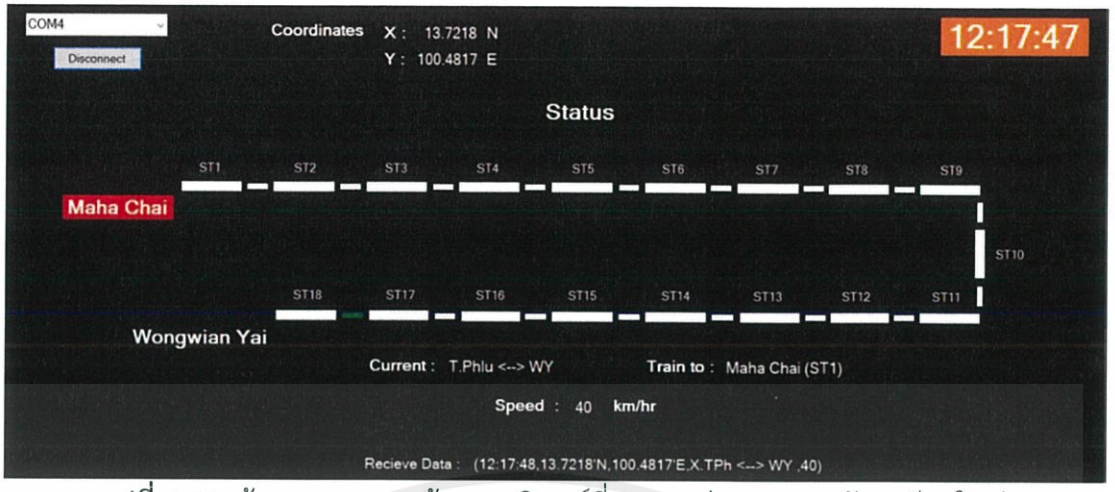
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่วงเวียนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่วงเวียนใหญ่

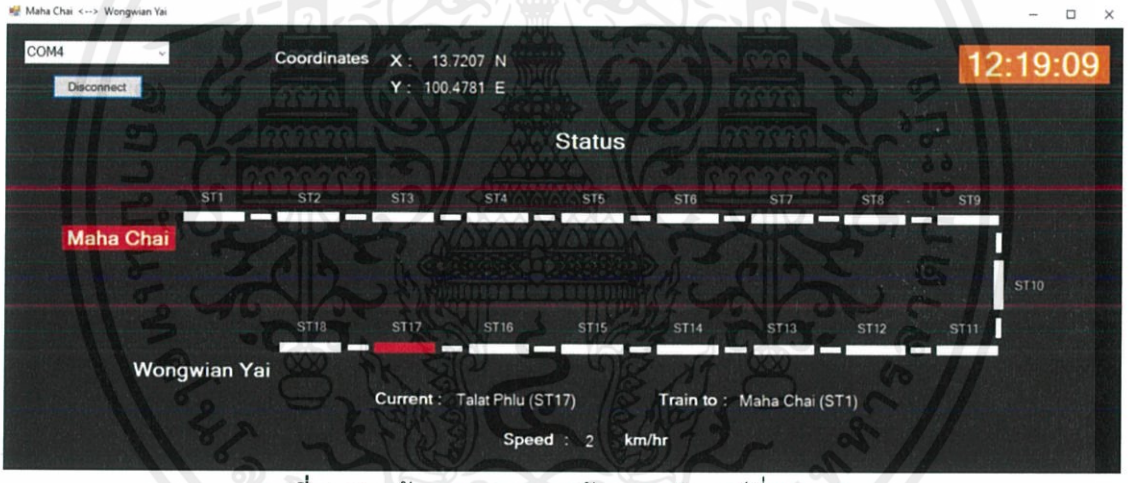
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ตรงระหว่างตลาดพลูกับวงเวียนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ตรงระหว่างตลาดพลูกับวงเวียนใหญ่

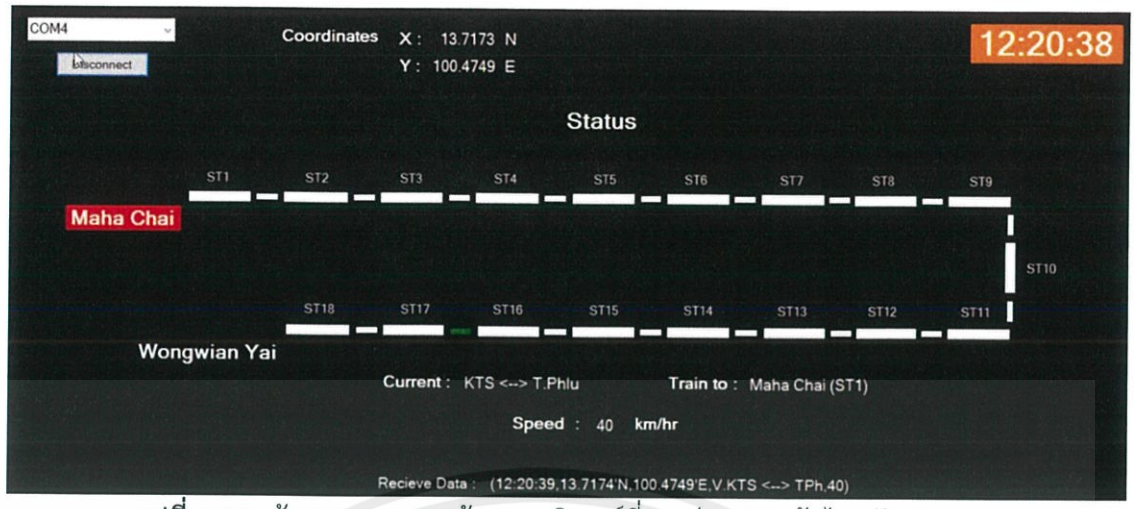
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ตลาดพลู ดังแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ตลาดพลู

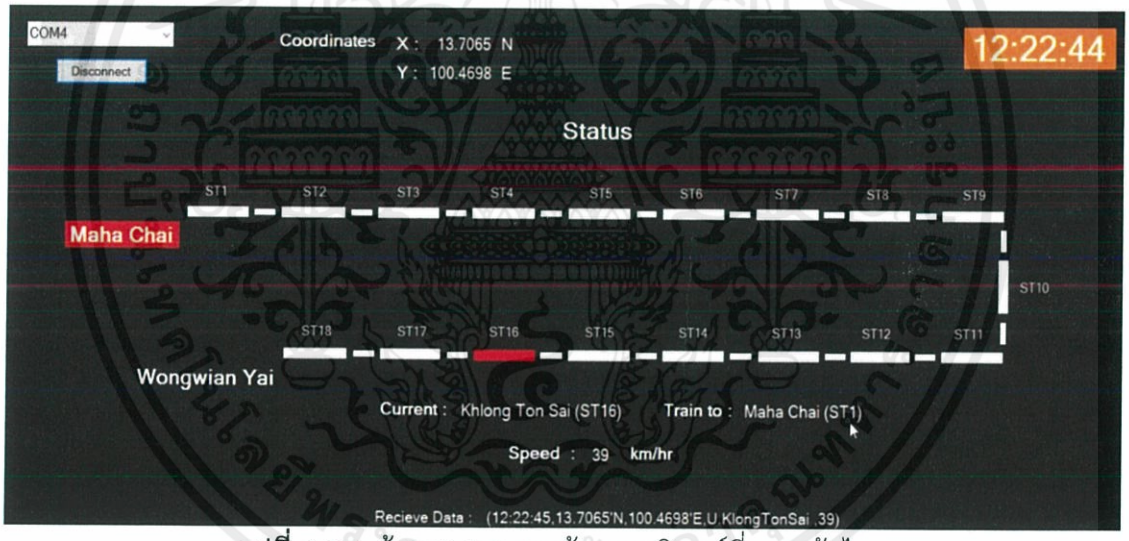
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่คลองต้นไทรกับตลาดพลู ดังแสดงในรูปที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างคลองต้นไทรกับตลาดพลู

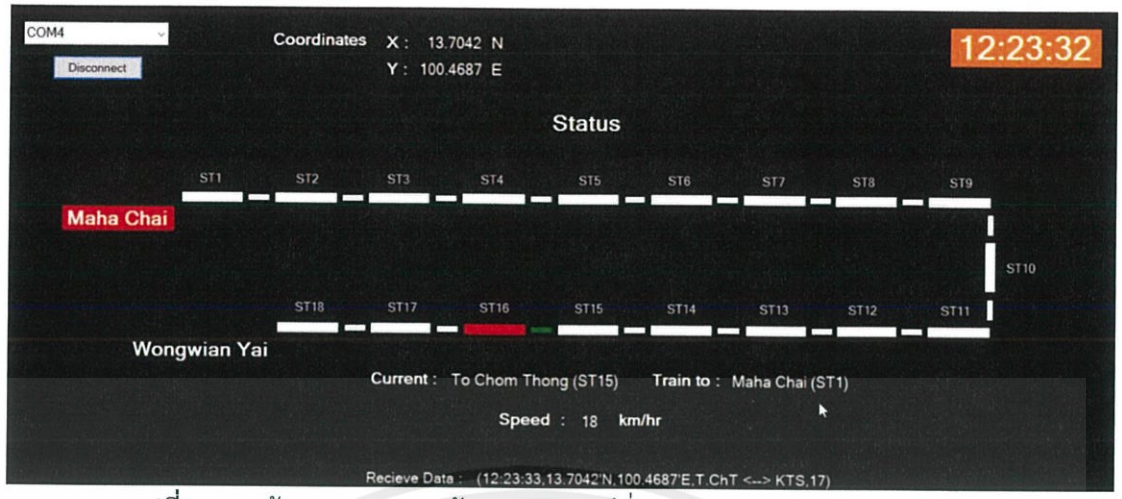
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่คลองต้นไทร ดังแสดงในรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่คลองต้นไทร

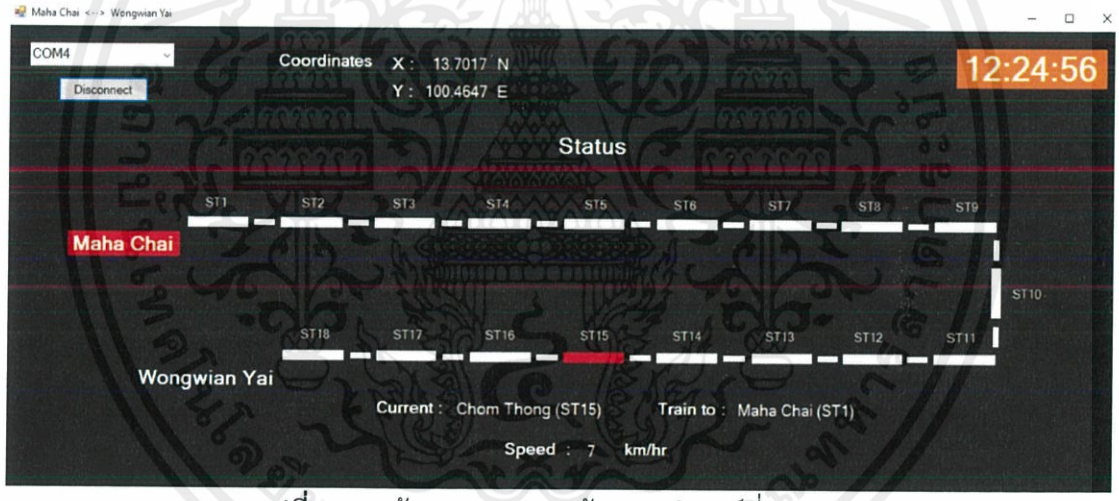
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับเมื่อขบวนรถไฟอยู่เดินทางอยู่ระหว่างที่จอมทองกับคลองต้นไทร ดังแสดงในรูปที่ 4.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างจอมทองกับคลองต้นไทร

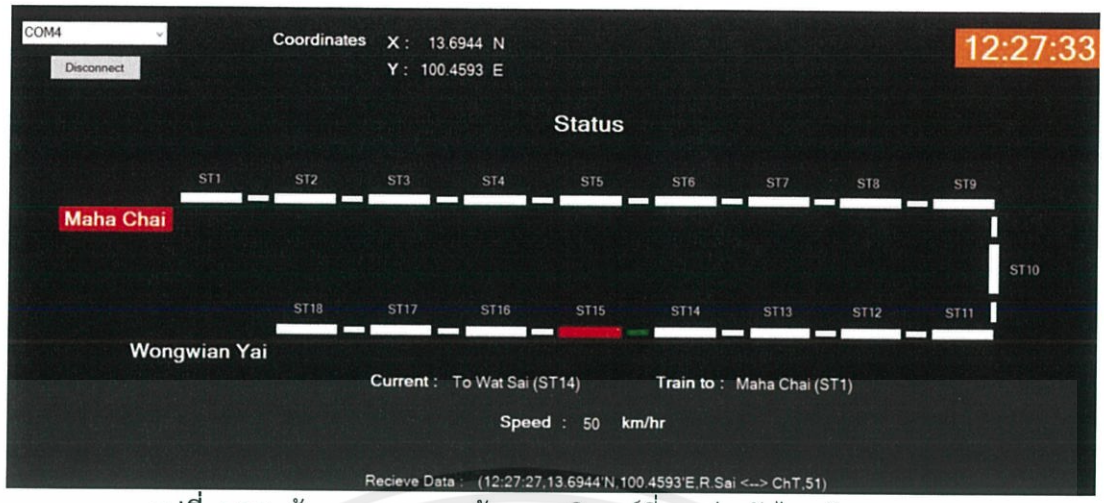
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่จอมทอง ดังแสดงในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่จอมทอง

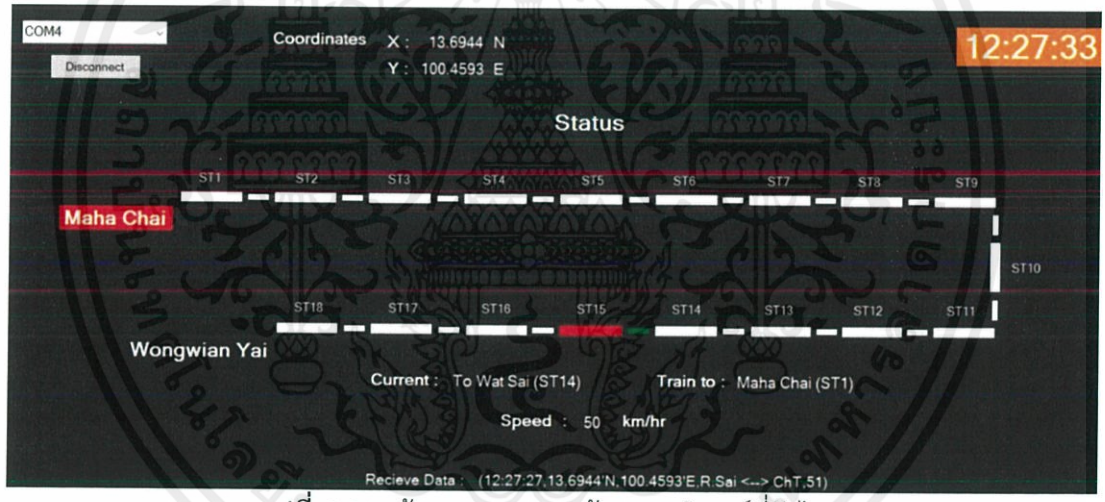
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ระหว่างวัดไทรกับจอมทอง ดังแสดงในรูปที่ 4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างวัดไทรกับจอมทอง

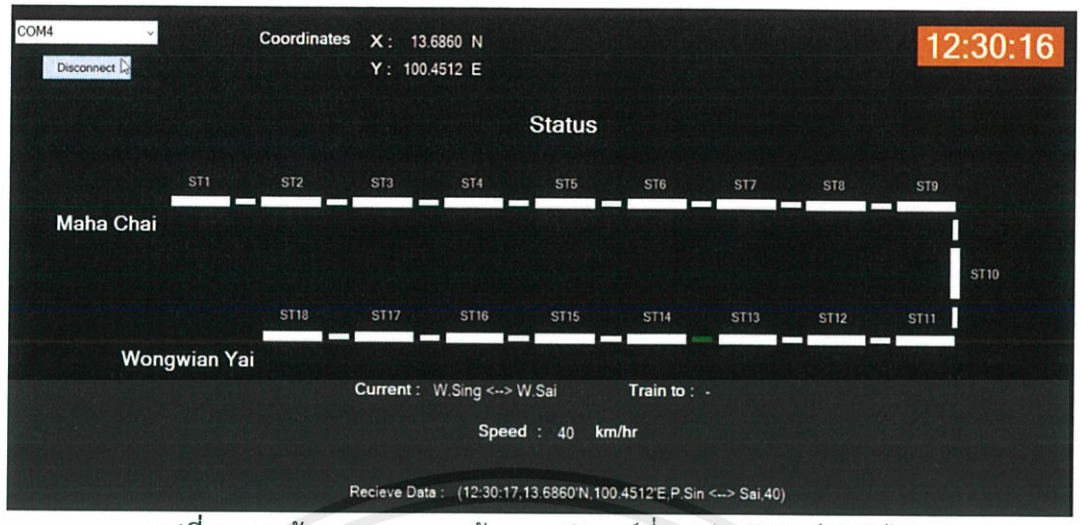
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่วัดไทร ดังแสดงในรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่วัดไทร

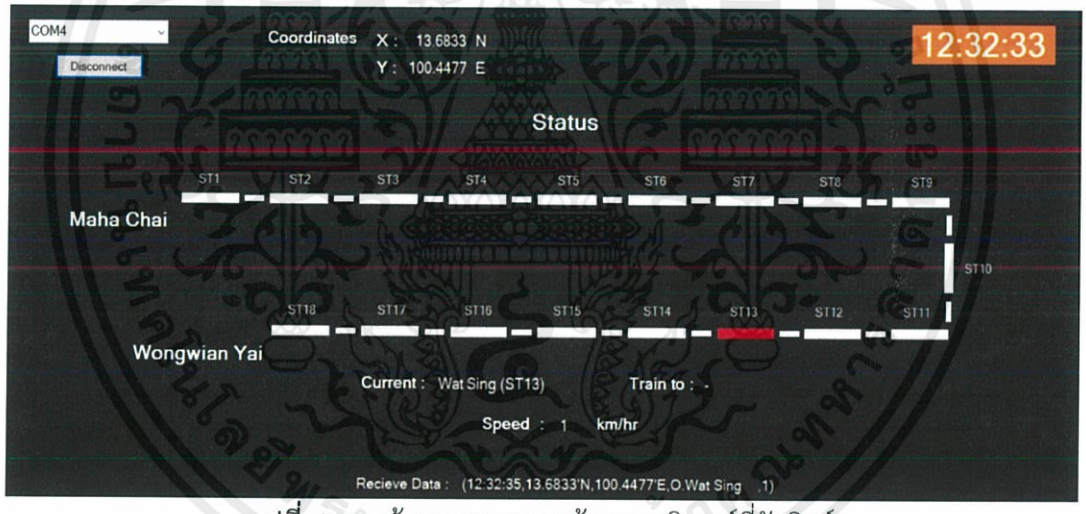
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ระหว่างวัดสิงห์กับวัดไทร ดังแสดงในรูปที่ 4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างวัดสิงห์กับวัดไทร

ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่วัดสิงห์ ดังแสดงในรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่วัดสิงห์

โดยระยะทางหกสถานีสุดท้ายของช่วงบ้านแหลมแม่กลองและระหว่างสถานี ทำการบันทึกผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.2

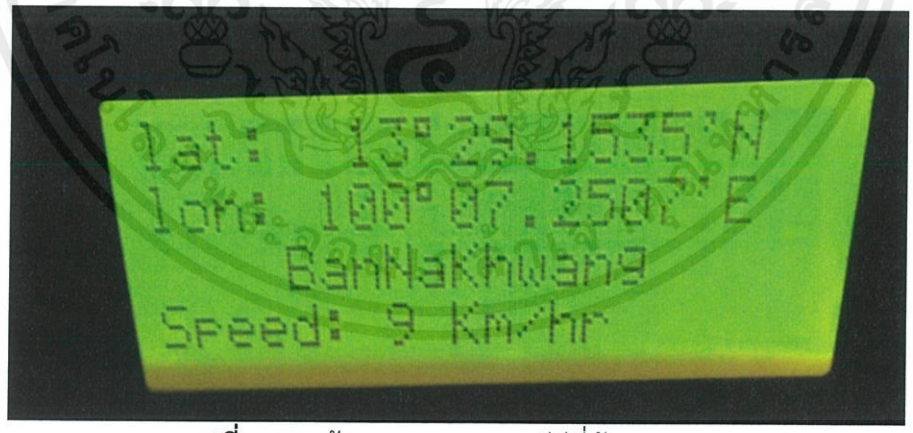
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลจากการทดลองระยะหกสถานีสุดท้ายช่วงบ้านแหลม – แม่กลอง

สถานที่จดบันทึก	ละติจูด	ลองจิจูด	สถานะตำแหน่ง
บ้านนาขวาง	13’ 29.1535’N	100’ 07.2507’E	บ้านนาขวาง
บ้านนาโคก<-->บ้านนาขวาง	13’ 29.0382’N	100’ 07.0171’E	บ้านนาโคก<-->บ้านนาขวาง
บ้านนาโคก	13’ 28.6148’N	100’ 06.1585’E	บ้านนาโคก
เขตเมือง<-->บ้านนาโคก	13’ 28.1613’N	100’ 05.5033’E	เขตเมือง<-->บ้านนาโคก
เขตเมือง	13’ 27.4070’N	100’ 04.4738’E	เขตเมือง
ลาดใหญ่<-->เขตเมือง	13’ 26.3295’N	100’ 03.0061’E	ลาดใหญ่<-->เขตเมือง
ลาดใหญ่	13’ 26.1523’N	100’ 02.7048’E	ลาดใหญ่
บางกะบูน<-->ลาดใหญ่	13’ 25.6367’N	100’ 01.7079’E	บางกะบูน<-->ลาดใหญ่
บางกะบูน	13’ 25.5216’N	100’ 01.4869’E	บางกะบูน
แม่กลอง<-->บางกะบูน	13’ 24.4535’N	100’ 00.0156’E	แม่กลอง<-->บางกะบูน
แม่กลอง	13’ 24.4448’N	99’ 59.9213’E	แม่กลอง

จากตารางที่ 4.2 การเก็บผลต่างที่แต่ละค่าที่ได้มีการบันทึกมานั้นอ้างอิงมาจากหน้าจอแอลซีดีของภาคส่งและหน้าจอโปรแกรมมอนิเตอร์ที่ภาครับ

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่บ้านนาขวางแสดงดังรูปที่ 4.34



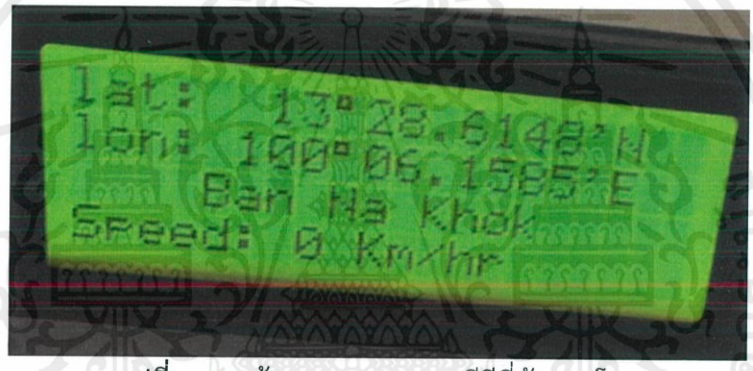
รูปที่ 4.34 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่บ้านนาขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งอยู่ตรงที่ระหว่างบ้านนาโคกกับบ้านนาขวางแสดงดังรูปที่ 4.35

รูปที่ 4.35 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างบ้านนาโคกกับบ้านนาขวาง

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่บ้านนาโคกแสดงดังรูปที่ 4.36



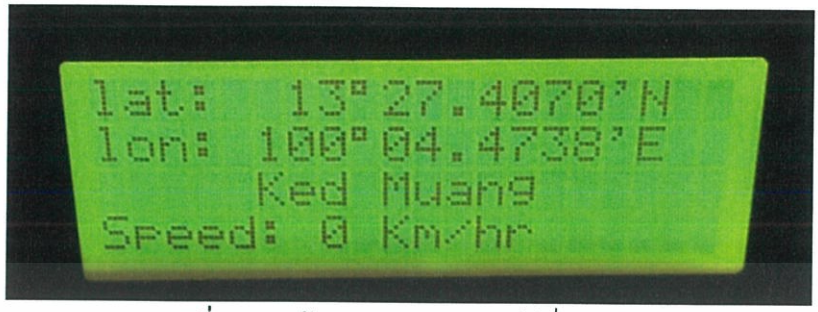
รูปที่ 4.36 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่บ้านนาโคก

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ระหว่างเขตเมืองกับบ้านนาโคกแสดงดังรูปที่ 4.37

รูปที่ 4.37 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างเขตเมืองกับบ้านนาขวาง

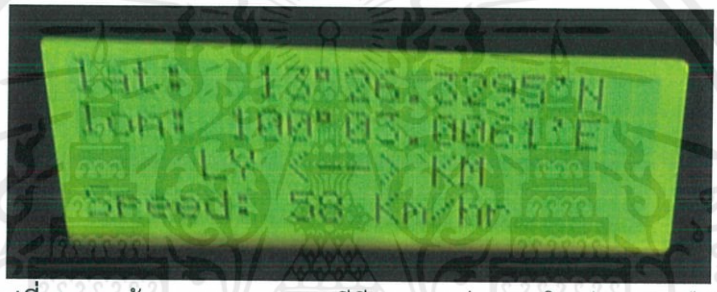
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่เขตเมืองแสดงดังรูปที่ 4.38



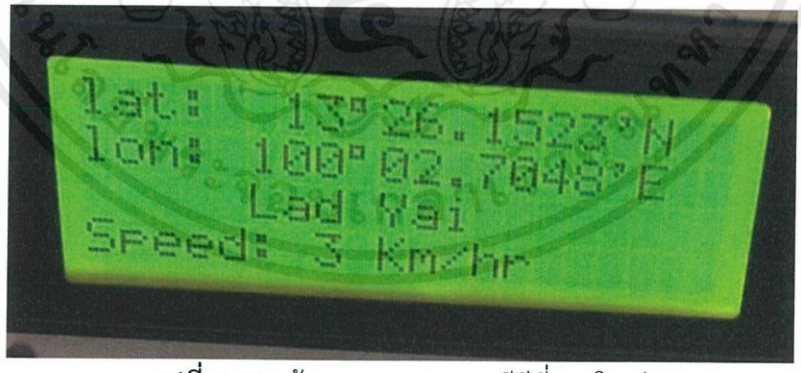
รูปที่ 4.38 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่เขตเมือง

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ระหว่างลาดใหญ่กับเขตเมืองแสดงดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างลาดใหญ่กับเขตเมือง

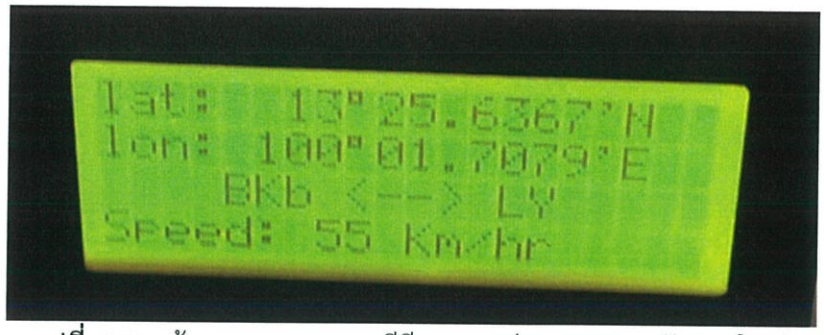
ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ลาดใหญ่แสดงดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่ลาดใหญ่

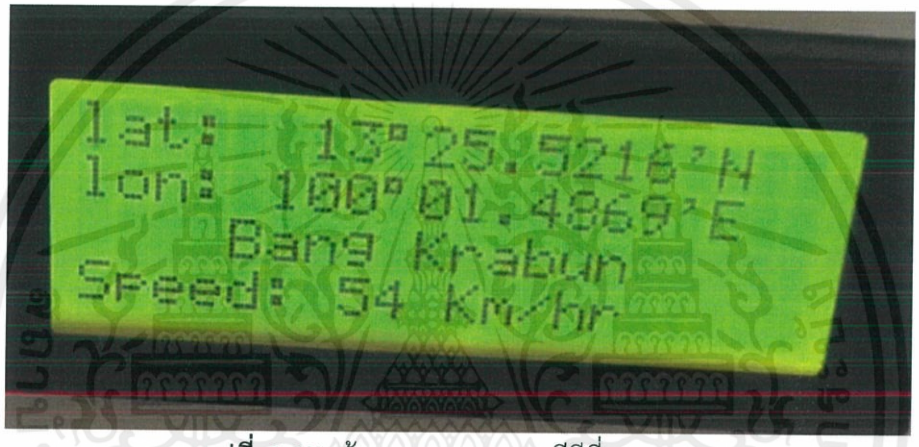
ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ระหว่างบางกะบูนกับลาดใหญ่แสดงดังรูปที่ 4.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างบางกะบูนกับลาดใหญ่

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่บางกะบูนแสดงดังรูปที่ 4.42



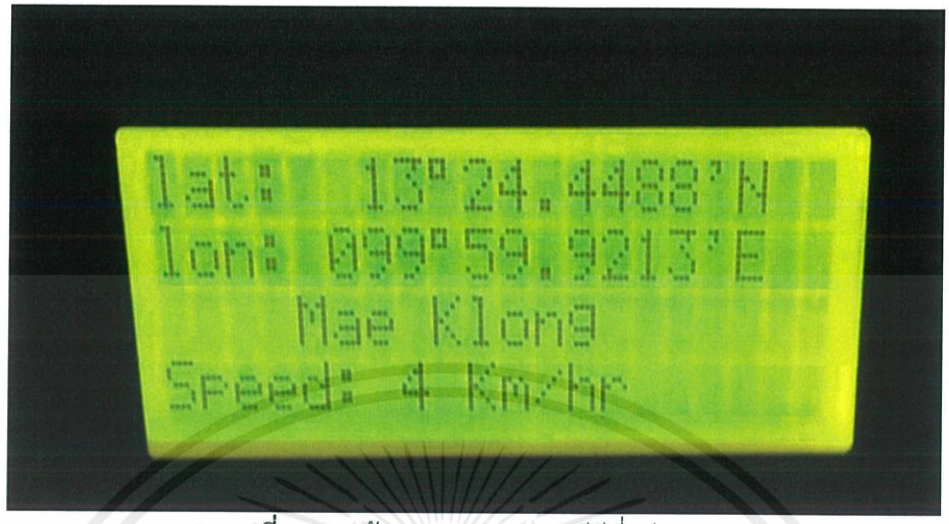
รูปที่ 4.42 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่บางกะบูน

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่ระหว่างแม่กลองกับบางกะบูนแสดงดังรูปที่ 4.43

รูปที่ 4.43 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีตรงระหว่างระหว่างแม่กลองกับบางกะบูน

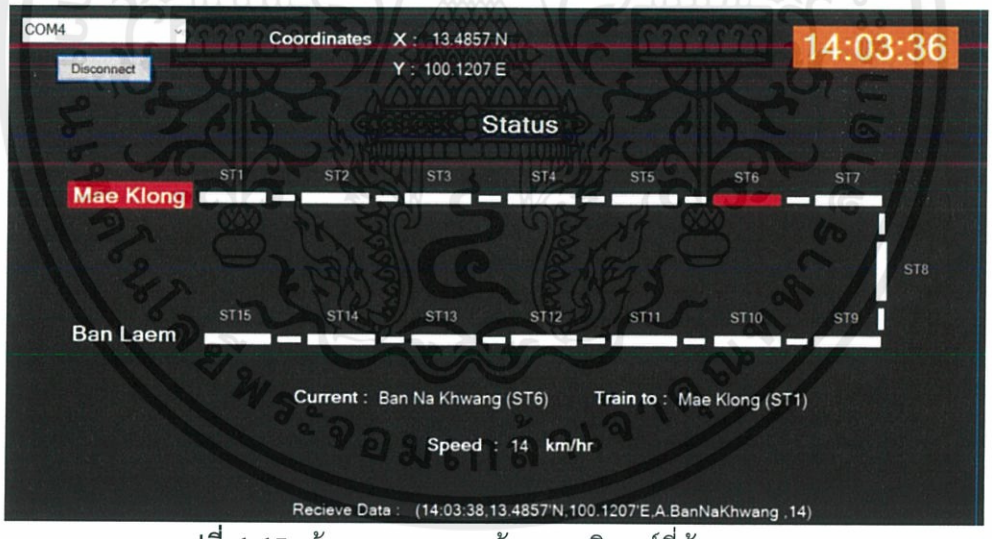
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจากหน้าจอแอลซีดีที่ภาคส่งเมื่ออยู่ตรงที่แม่กลองแสดงดังรูปที่ 4.44



รูปที่ 4.44 ข้อมูลแสดงบนแอลซีดีที่แม่กลอง

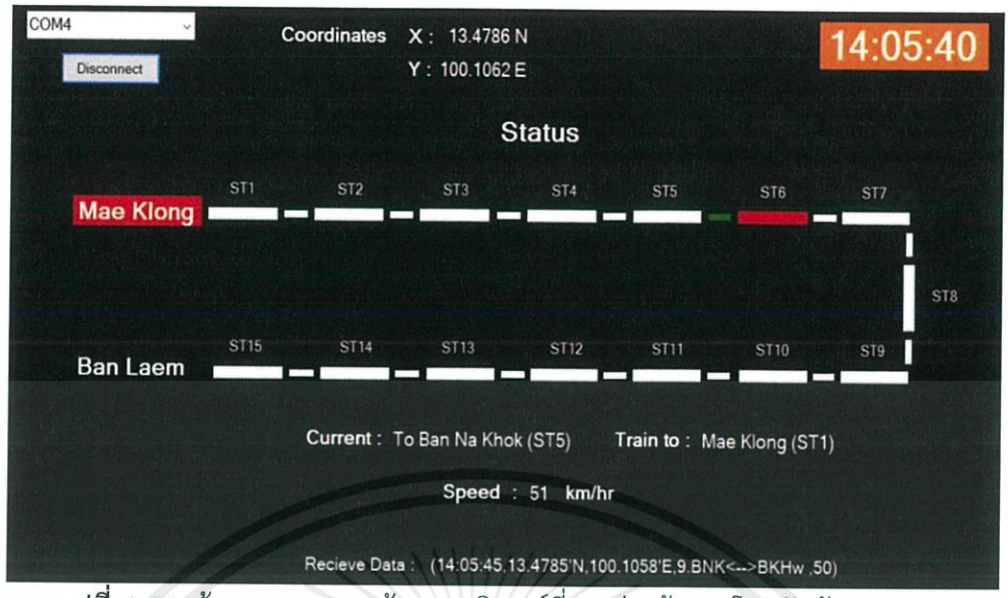
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่บ้านนาขวาง ดังแสดงในรูปที่ 4.45



รูปที่ 4.45 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่บ้านนาขวาง

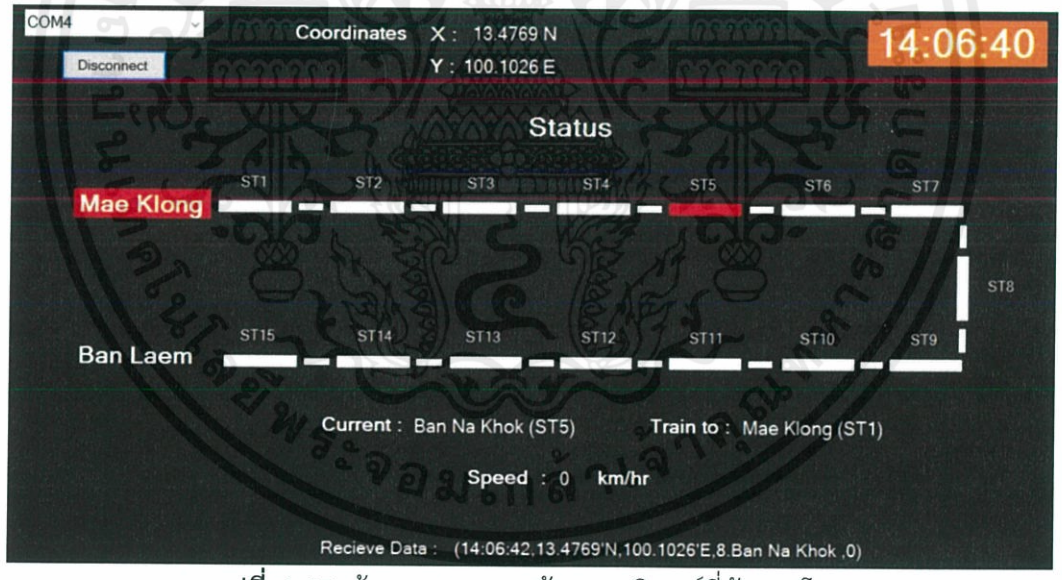
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ระหว่างบ้านนาโคกกับบ้านนาขวางดังแสดงในรูปที่ 4.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.46 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างบ้านนาโคกกับบ้านนาขวาง

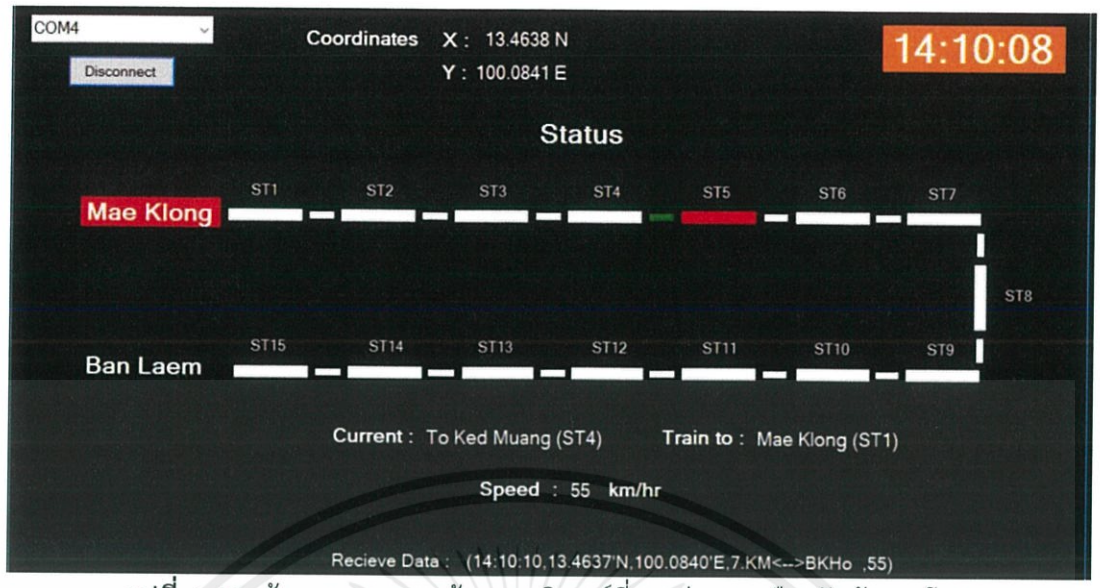
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่บ้านนาโคก ดังแสดงในรูปที่ 4.47



รูปที่ 4.47 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่บ้านนาโคก

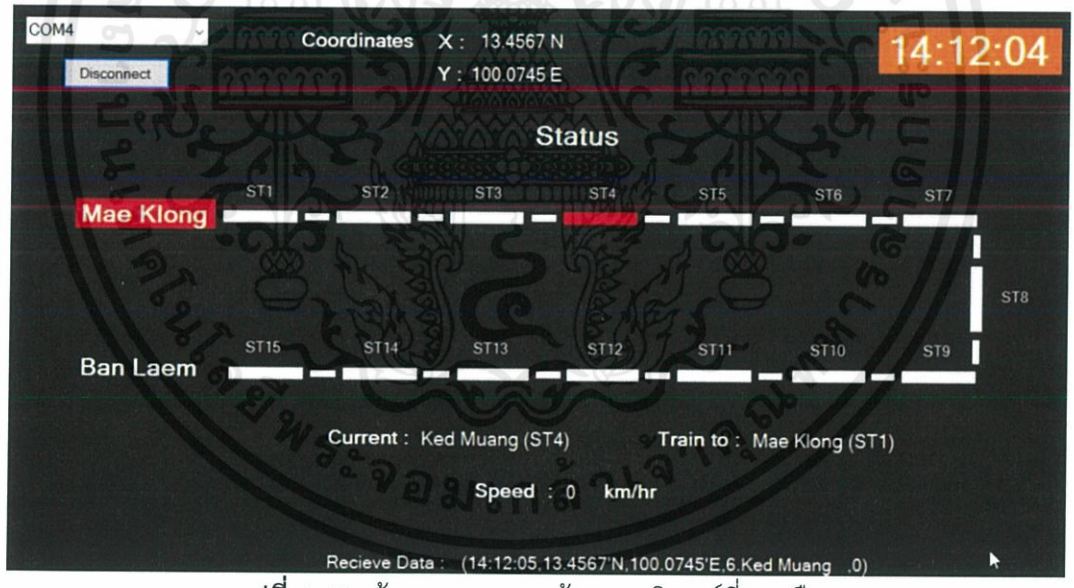
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่เขตเมืองกับบ้านนาโคกดังแสดงในรูปที่ 4.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.48 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างเขตเมืองกับบ้านนาโคก

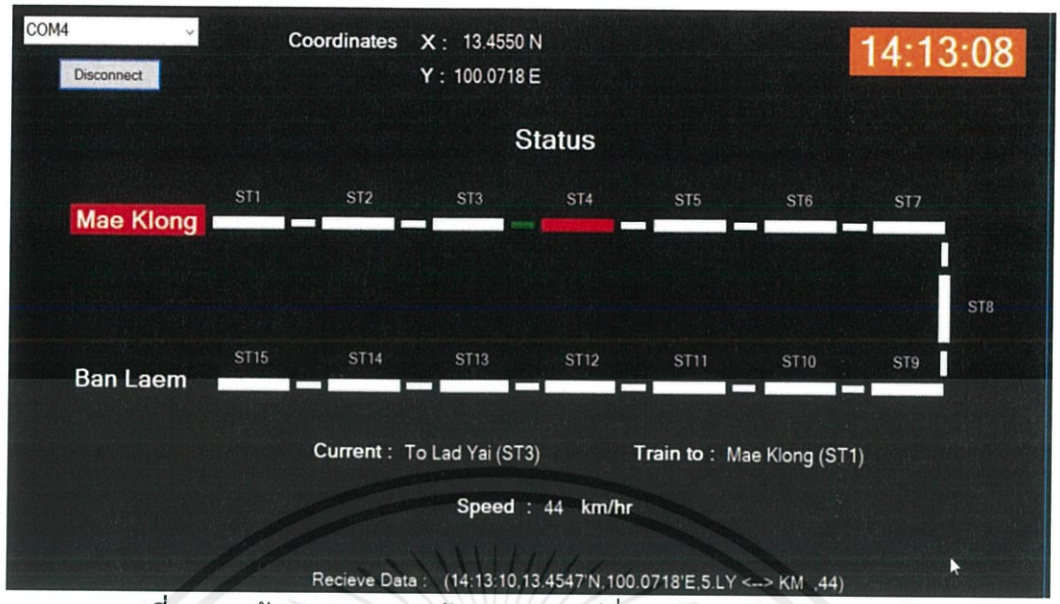
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่เขตเมือง ดังแสดงในรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่เขตเมือง

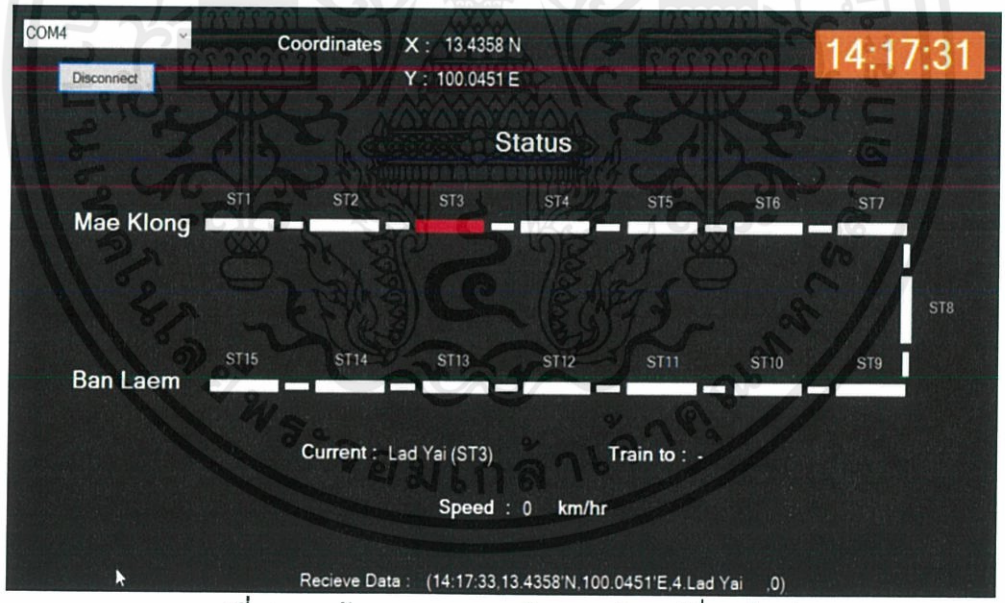
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ระหว่างลาดใหญ่กับเขตเมือง ดังแสดงในรูปที่ 4.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างลาดใหญ่กับเขตเมือง

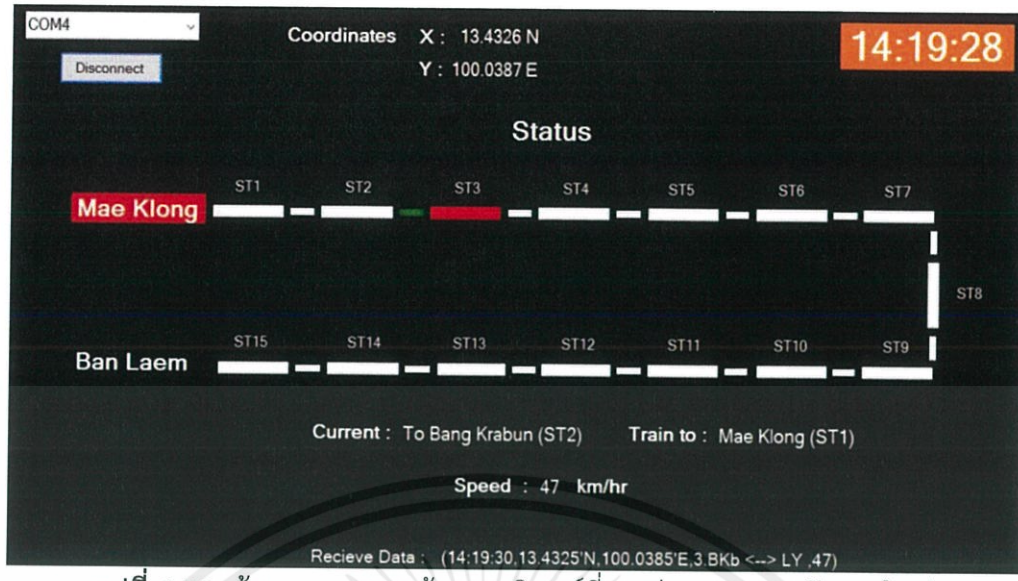
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ลาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.51 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ลาดใหญ่

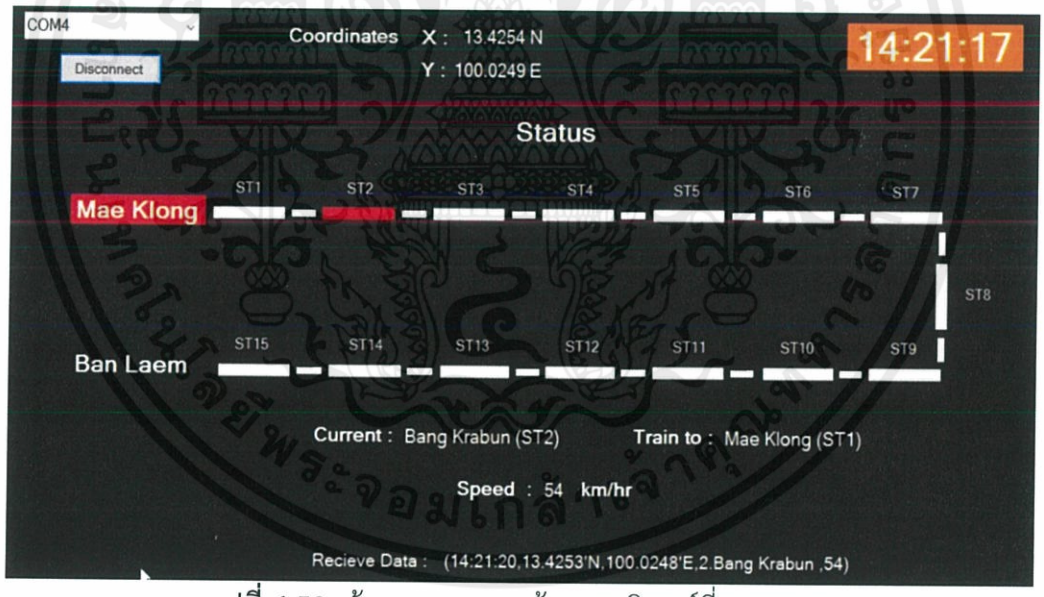
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ระหว่างบางกะบูนกับลาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.52 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างบางกะบูนกับลาดใหญ่

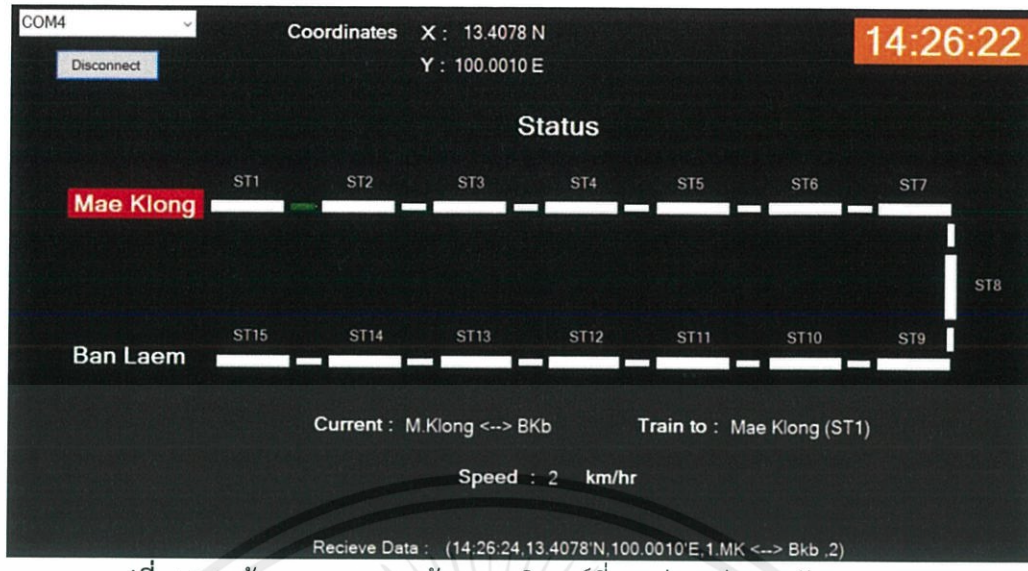
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่บางกะบูน ดังแสดงในรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่บางกะบูน

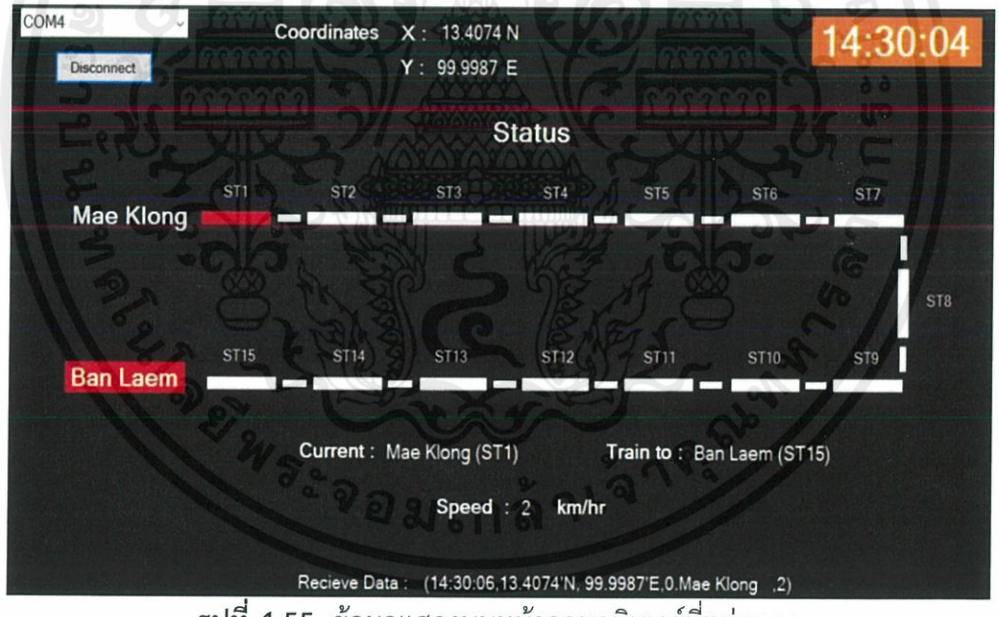
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่ระหว่างแม่กลองกับบางกะบูน ดังแสดงในรูปที่ 4.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.54 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่ระหว่างแม่กลองกับบางกะบูน

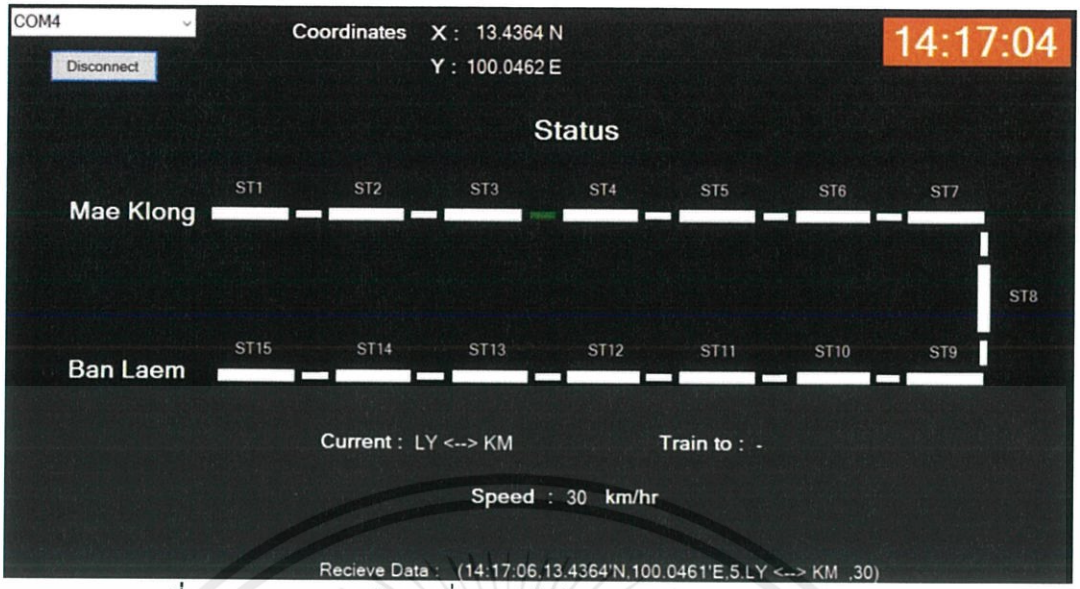
ข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อเปิดโปรแกรมมอนิเตอร์ขบวนรถไฟที่ฝั่งรับที่แม่กลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.55



รูปที่ 4.55 ข้อมูลแสดงบนหน้าจอมอนิเตอร์ที่แม่กลอง

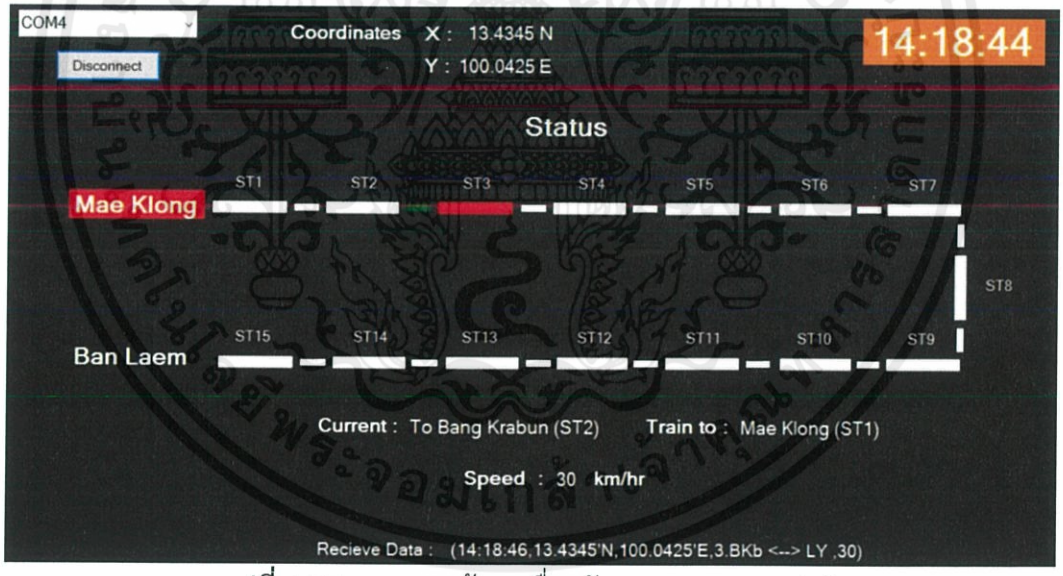
ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์อย่างเช่นสัญญาณขาดหายในระหว่างสถานีจะทำให้โปรแกรมแสดงผลเป็นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.56 ซึ่งตรงที่คำว่า Train to จะไม่สามรถระบุค่าได้เนื่องจากสัญญาณขาดหายไปแต่ยังสามารถบอกได้ว่าอยู่ที่ตำแหน่งใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.56 สถานะหน้าจอเมื่อรับค่าได้หลังจากตอนแรกสัญญาณขาดหาย

พอหลังจากรูปด้านบนเมื่อรับค่าสัญญาณได้แล้วหลังจากนั้นขบวนรถไฟไปถึงอีกสถานีข้างหน้า หน้าจอโปรแกรมมอนิเตอร์จะกลับมาแสดงผลตามปกติดังแสดงในรูปที่ 4.57

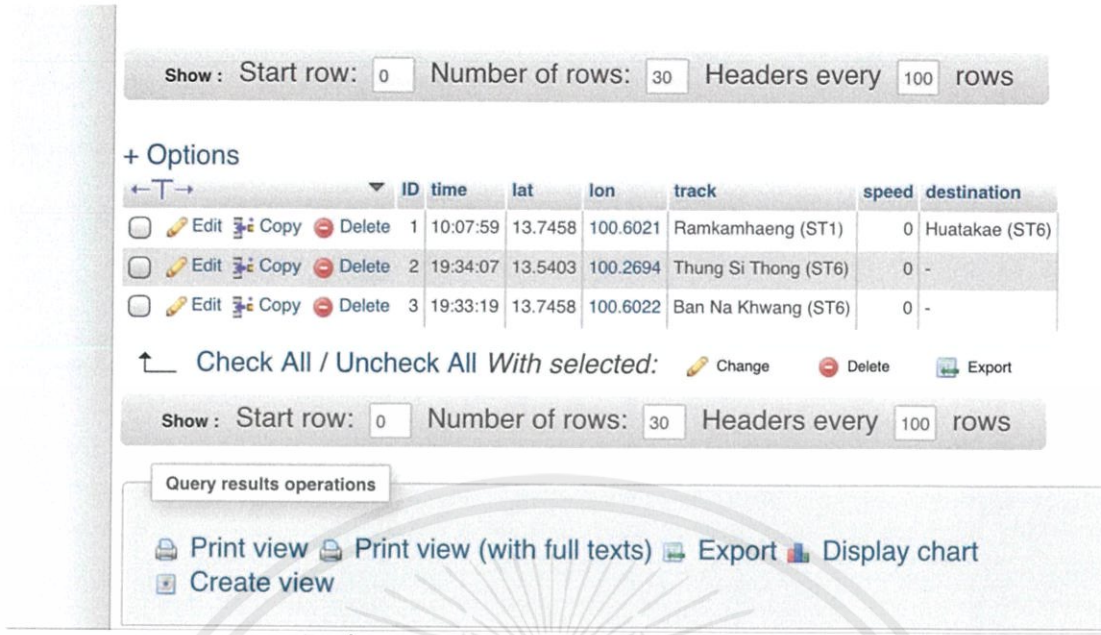


รูปที่ 4.57 สถานะหน้าจอเมื่อกลับมาแสดงผลตามปกติ

4.4 กระบวนการส่งข้อมูลตำแหน่งและเวลาของรถไฟลงฐานข้อมูล

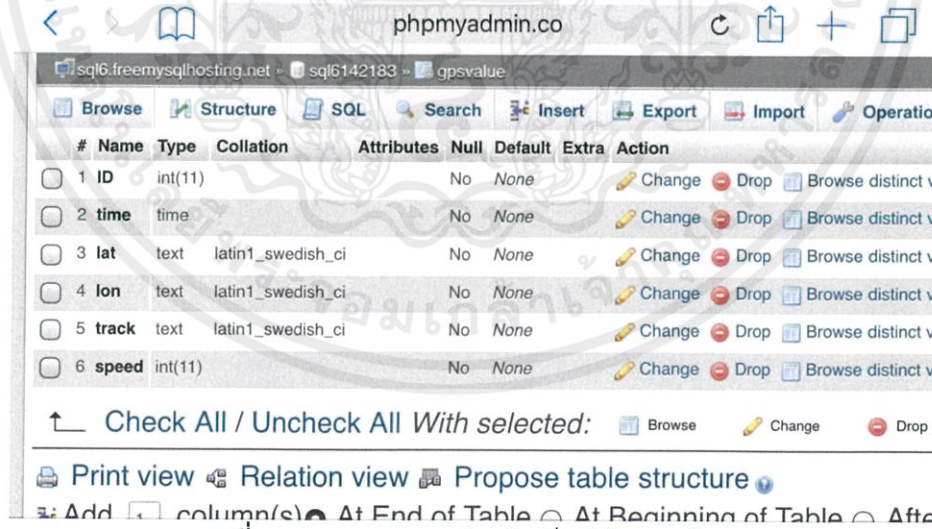
ในส่วนของระบบฐานข้อมูล จะมีการใช้ฐานข้อมูลของ phpMyAdmin ดังแสดงในรูปที่ 4.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.58 ฐานข้อมูลของระบบติดตามขบวนรถไฟ

โดยจะส่งค่าลงใน Attribute 6 ชนิด ประกอบด้วย ID คือลำดับหมายเลขของเส้นทางขบวนรถไฟที่ทำการติดตาม ในส่วนของ time คือเวลาของขบวนรถไฟ lat คือค่าข้อมูลตำแหน่งละติจูด ส่วนตำแหน่งลองจิจูดจะเก็บใน Attribute lon ในส่วน track จะเก็บสถานะปัจจุบันของขบวนรถไฟและ speed จะเก็บค่าความเร็วของขบวนรถไฟดังแสดงในรูปที่ 4.59



รูปที่ 4.59 Attribute สำหรับเก็บค่าในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

สำหรับระบบติดตามขบวนรถไฟระบบนี้สามารถตอบโจทย์ผู้ใช้งานที่ทำงานเกี่ยวกับด้านรถไฟโดยเฉพาะ ซึ่งด้านของการทำงานเหมาะกับการแสดงผลกับหน้าจอ คอมพิวเตอร์ หรือ โน้ตบุ๊ค เพราะผู้ใช้งานจะอยู่ในสำนักงานเพื่อคอยตรวจสอบการเดินทางของรถไฟ และหน้าจอโปรแกรมมีความชัดเจนเข้าใจง่าย เพราะมีรายละเอียดบอกชัดเจน

ส่วนในด้านของประโยชน์ของระบบติดตามขบวนรถไฟนี้ นับว่าเป็นประโยชน์สำหรับพนักงานรถไฟ ที่ต้องการทราบตำแหน่งปัจจุบันของขบวนรถไฟสายแม่กลอง โดยระบบติดตามขบวนรถไฟระบบนี้จะบอกข้อมูลต่างๆอย่างครอบคลุม และมีฟังก์ชันหลากหลาย ซึ่งช่วยให้เกิดความสะดวกสำหรับการตรวจสอบการเดินทางของรถไฟในสายแม่กลอง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการดำเนินงาน

1. การนำอุปกรณ์ Arduino Uno R3 มาใช้กับฝั่งส่งจะเกิดปัญหามี RAM ที่จำกัดไม่พอต่อการใช้งานเพราะถ้านำทุกสถานีในระบบไปเขียนเงื่อนไขในโปรแกรมจะทำให้เปลือง RAM

2. Arduino Mega 2560 ไม่รองรับ software serial เพราะมี Tx,Rx หลายตัว port 0,1 คือ serial ธรรมดา ซึ่งต่างจาก Arduino Uno R3 ที่ port 0,1 สามารถรองรับ software serial ซึ่งถ้าต่อ Tx,Rx ที่port 0,1 จะเกิดปัญหาอุปกรณ์ GPS ไม่ส่งข้อมูลมาที่หน้าจอ LCD จึงทำให้หน้าจอ LCD ค้างอยู่ที่การแสดงผลแบบเริ่มต้น ไม่ยอมทำงานอย่างอื่น

3. อุปกรณ์ ZigBee ที่ใช้ไม่ค่อยรองรับ software รุ่นใหม่

4. เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ในการทดลอง ทำให้เกิดความล่าช้าในการเตรียมอุปกรณ์

5.3 แนวทางการแก้ปัญหา

1. เปลี่ยนจากการใช้Arduino Uno R3 ที่อุปกรณ์ฝั่งด้านส่งมาเป็น Arduino Mega 2560 ส่วนอุปกรณ์ที่ด้านรับยังคงใช้ Arduino Uno R3 เช่นเดิม

2.วิธีแก้คือเปลี่ยนขาที่ต่อในตอนแรกที่เกิดปัญหา และทำการแก้โค้ดโปรแกรมที่เขียนให้ถูกต้องตามขาที่ต่อใหม่

3.ต้องทำการลง software รุ่นเก่าๆกับอุปกรณ์ ZigBee ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การพัฒนาต่อและนำไปใช้

1. นำระบบไปให้พนักงานรถไฟใช้งาน

2. การพัฒนาระบบติดตามรถไฟที่ตอบสนองต่อทุกสายที่การรถไฟแห่งประเทศไทยเปิดให้บริการ

3. การทดลองร่วมกับอีกสองระบบของอีกสองกลุ่มคือระบบตรวจสอบไม้กั่นรถไฟและระบบมอนิเตอร์ตำแหน่งรถไฟและไม้กั่นบนเว็บเพื่อทำให้เกิดประโยชน์ในการตรวจสอบการให้บริการทางรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] NOAA. "**What is GPS**" .[Online]. Available : http://www.gps.gov/systems/gps/. 2016.

[2] National Marine Electronics Association. "**Standard NMEA-0183 sentences**" .[Online]. Available : http://freenmea.net/docs/nmea0183. 2016.

[3] Glenn Baddeley. "**GPS - NMEA sentence information**" .[Online]. Available: https://goo.gl/06CILQ. 2016.

[4] Arduino. "**What is Arduino**".[Online]. Available : https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction. 2016.

[5] thaieasyelec. "**Arduino คืออะไร**".[Online]. Available : https://goo.gl/3mB4yR. 2016.

[6] Telegesis. "**What is ZigBee?**".[Online]. Available : https://goo.gl/C55Dya. 2016.

[7] Soamsiri Chantaraskul. "**Slide ; Short Range Communication Wireless Personal Area Network(WPAN).**" [Slide].King Mongkut's University of Technology North Bangkok.Thailand.

[8] Prativa P.Saraswala. "A Survey on Routing Protocols in ZigBee Network",**International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)**. Volume 2.Issue 1.January 2013

[9] Wiki. "**What is visual studio**".[Online]. Available : https://goo.gl/xaz05R. 2016.

[10] thaieasyelec. "**รู้จัก X-CTU**" .[Online]. Available : https://goo.gl/8s0Cih. 2016.

[11] amplysoft "**MySQL คืออะไร มาเรียนรู้กัน**" .[Online]. Available : https://goo.gl/1cBv5Y. 2017.

[12] mindphp "**phpMyAdmin คืออะไร**" .[Online]. Available: https://goo.gl/KkG4MA. 2017.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] ลิขิต ยืนบุญ **"คู่มือการใช้งาน phpMyAdmin"** .[Online]. Available: https://goo.gl/AIEKF7. 2017.

[14] ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. **"จอ LCD"** . [Online]. Available: https://goo.gl/NPdcL3. 2017

[15] "สำรวจทางรถไฟและมุมมอง Unseen รถไฟไทย" .[Online]. Available: https://goo.gl/Plu0E4

[16] Digi. "XBee ZigBee/802.15.4 Module"[Online].Available: http://www.robotshop.com/media/files/pdf/xbee-zigbee-wireless-module.pdf

[17] Digi. "XBee ZigBee ZB RF Module"[Online].Available: https://goo.gl/xsiJRr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Department of Computer Engineering
(Information Engineering)

KMITL ENGINEERING PROJECT DAY 2017

Title: Train Tracking System Using ZigBee and GPS

Chindanai Yarnsukol and Jaturon Kumo
Advisor: Asst.Prof. Boonchana Purahong

Abstract

This thesis presents a design and develop a device in train tracking system using ZigBee and GPS, for a solution doesn't know a current position of a train. At sender sector, use Microcontroller receive current position of a train from GPS device for process data and display on LCD, whereas use XBee sends data to receiver sector. at the receiver sector, a Microcontroller uses control XBee for receive data from sender sector after that, Microcontroller send data to a computer for sent to a database. So display real-time data for user. And a user's are train employee who is responsible for monitoring. For the result, after sending and receiving data test on railroad Mae Klong.

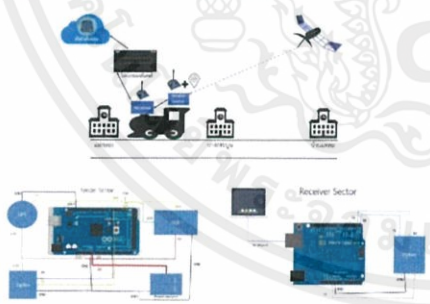
Introduction

At present, Thai trains still suffer from some problems. There is no real-time train track system at Mae Klong line. therefore, because of it is unknown where the current location of the train is located. This causes delays to passengers.

For these reasons, to causing of train tracking system using ZigBee and GPS to solve train problems in some lines no real-time train track system. and experiment with XBee and GPS devices at the Mae Klong train. Since the trains in this line are relatively slow and a number of people using the service small, so it is suitable for test the train track tracking system.

Methodology

At sender sector use Microcontroller receiver data from GPS and process data after that display on LCD and use XBee send data to device of receiver sector.at receiver sector use Microcontroller control XBee receive data from device of sender sector ,after that Microcontroller send data to computer for display on program monitoring and send to database



Results

For result from the experiment at sender sector use Microcontroller receive data from GPS and process data after that, send data to display on LCD as illustrated in the following left figures.

at receiver sector, a microcontroller sends data to a computer after that, it shows data on program train monitor as illustrated in the following right figure.

Conclusion

Train tracking system able to solution for display on computer because user in office able to check position train line and program have detail clearly and correctly

Benefits of this system able to show current position of train in Mae Klong line and display detail clearly and include several functions

Disadvantage of this system where train run pass bad location may have occurred problem for sending data from sender to receiver

References

[1] NOAA, 2016, **What is GPS**, [Online], Available : http://www.gps.gov/systems/gps/. 2016.
[2] National Marine Electronics Association, 2016, **Standard NMEA-0183 sentences**, [Online].
[3] Arduino, 2016, **What is Arduino**, [Online], Available: https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction
[4] Telegesis, 2016, **What is ZigBee?**, [Online], Available : https://goo.gl/C55Dya

E-mail: kpboonch@kmitl.ac.th ,
56010311@kmitl.ac.th, 56010163@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

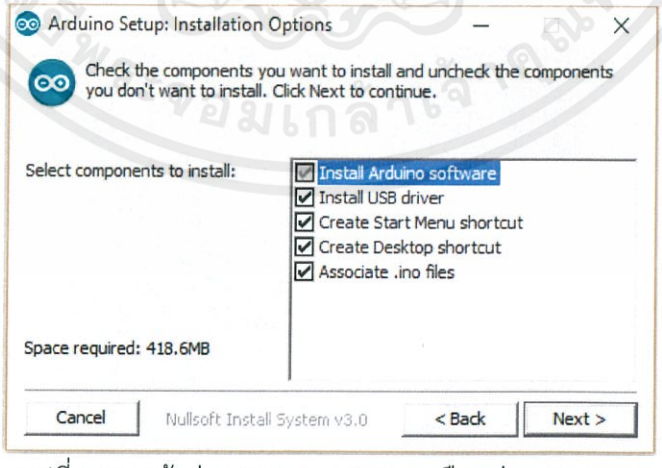
การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ทำการ double-click ตัวติดตั้งชื่อ arduino-1.8.2-windows เพื่อเริ่มทำการติดตั้งและกดยอมรับ License Agreement แสดงดังรูปที่ ข.1

รูปที่ ข.1 หน้าต่าง Arduino Setup License Agreement

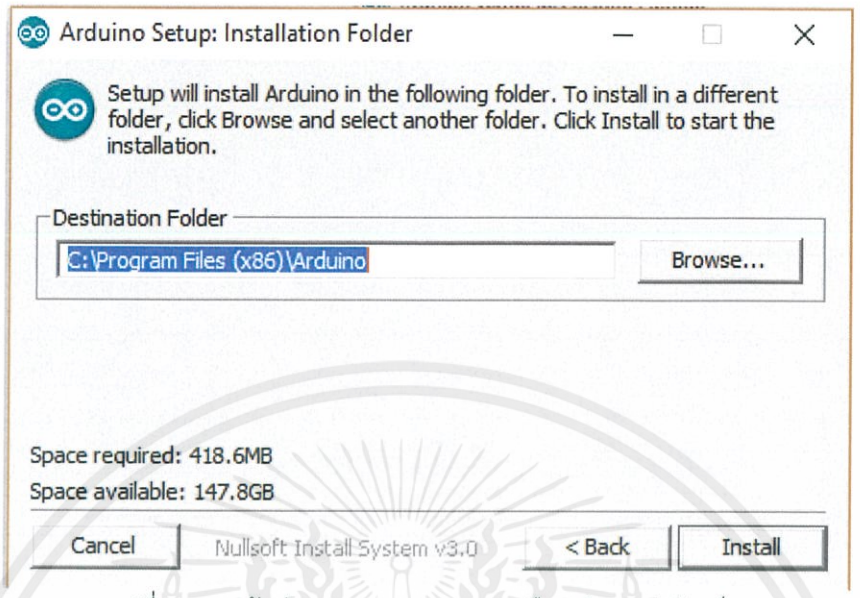
2. ทำการเลือกส่วนประกอบของโปรแกรมที่ต้องการติดตั้งแสดงดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 หน้าต่าง Arduino Setup เลือกส่วนประกอบ

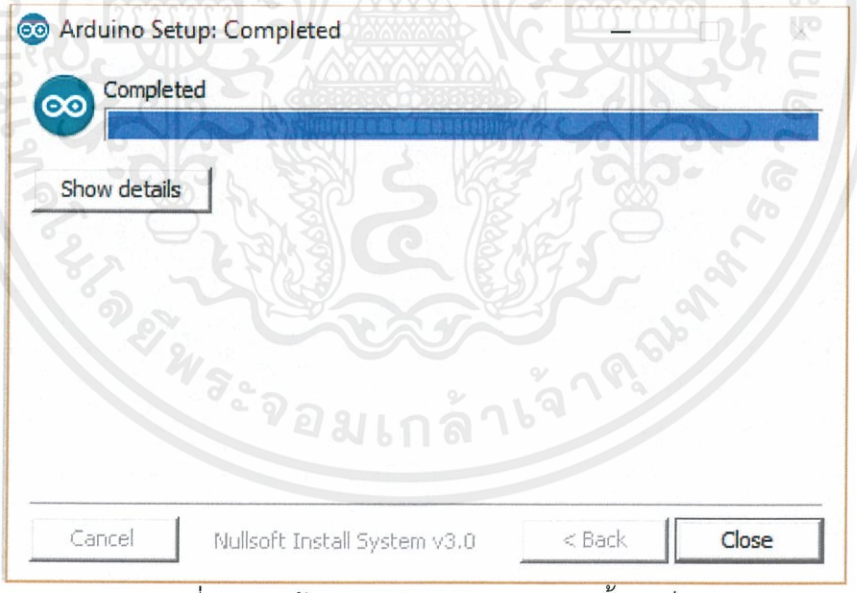
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนสุดท้ายทำการเลือกตำแหน่งที่จัดเก็บตัวโปรแกรม Arduino IDE แสดงดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 หน้าต่าง Arduino Setup เลือกตำแหน่งจัดเก็บ

4. เมื่อทำการติดตั้งเสร็จแสดงดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 หน้าต่าง Arduino Setup ติดตั้งสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้