ระบบติดตามและเฝ้าระวังอุบัติเหตุจากการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ

Fall-accident monitoring and surveillance system for elderly people

กานต์ เจริญฤทธิ์

Kan Charoenrit

คชรัตน์ กลมเกลี้ยง

Kodrat KlomKliang

ปฏิภาน วรรณประเสริฐ

Patipan Wannaprasert

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

ระบบติดตามและเฝ้าระวังอุบัติเหตุจากการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ

Fall-accident monitoring and surveillance system for elderly people

กานต์ เจริญฤทธิ์

Kan Charoenrit

คชรัตน์ กลมเกลี้ยง

Kodrat KlomKliang

ปฏิภาน วรรณประเสริฐ

Patipan Wannaprasert



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fall-accident monitoring and surveillance system for elderly people

Kan Charoenrit

Kodrat KlomKliang

Patipan Wannaprasert



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบติดตามและเฝ้าระวังอุบัติเหตุจากการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ	
รายชื่อนักศึกษา	นายกานต์ เจริญฤทธิ์	รหัสนักศึกษา 58010083
	นายคชรัตน์ กลมเกลี้ยง	รหัสนักศึกษา 58010137
	นายปฏิภาน วรรณประเสริฐ	รหัสนักศึกษา 58010714
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบติดตามและเฝ้าระวังอุบัติเหตุจากการหกล้มสำหรับผู้สูงอายุ
รายชื่อนักศึกษา	นายกานต์ เจริญฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 58010083
	นายคชรัตน์ กลมเกลี้ยง รหัสนักศึกษา 58010137
	นายปฏิภาน วรรณประเสริฐ รหัสนักศึกษา 58010714
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการตรวจจับ และเฝ้าระวังอุบัติเหตุจากการล้มสำหรับผู้สูงอายุ การทำงานของระบบประกอบไปด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ การระบุตำแหน่งผู้สูงอายุภายในอาคาร และการตรวจจับอุบัติเหตุจากการล้ม สำหรับการระบุตำแหน่งผู้สูงอายุภายในอาคารอาศัยเทคนิคการระบุตำแหน่งแบบฟิงเกอร์ปริ้นท์ ในส่วนของการตรวจจับอุบัติเหตุจากการล้มของผู้สูงอายุได้นำเซ็นเซอร์วัดสัญญาณความเร่งแบบสามแกนมาประยุกต์ใช้เพื่อการจำแนกอิริยาบถทั่วไปในชีวิตประจำวันกับอุบัติเหตุจากการล้ม ผลลัพธ์ของการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลไฟร์เบส จากนั้นแอพพลิเคชั่นมือถือจะนำข้อมูลจากฐานข้อมูลไฟร์เบสมาแสดงผล และแจ้งเตือนผู้ใช้งานเมื่อผู้สูงอายุประสบอุบัติเหตุล้ม

ผลลัพธ์ของการระบุตำแหน่งผู้สูงอายุภายในอาคารมีความแม่นยำ แม้จะมีผลลัพธ์ที่ผิดพลาดบางครั้งแต่ความผิดพลาดนั้นยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ การตรวจจับอุบัติเหตุจากการล้มสามารถจำแนกอิริยาบถทั่วไปในชีวิตประจำวันกับอุบัติเหตุจากการล้มได้อย่างถูกต้อง และแอพพลิเคชั่นมือถือสามารถทำงานได้ใกล้เคียงแบบเวลาจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Fall-accident monitoring and surveillance system for elderly people	
Student	Mr. Kan Charoenrit	Student ID. 58010083
	Mr. Kodrat KlomKliang	Student ID. 58010137
	Mr. Patipan Wannaprasert	Student ID. 58010714
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2018	
Thesis Advisor	Asst.Prof. Dr. Panarat Cherntanomwong	

Abstract

This project proposes an application of The Internet of Things (IoT) for fall-accident monitoring and surveillance system for elderly people. The system consists of two main tasks: one is to find the location of elderly people in indoor environment and another one is to detect falling of elderly people. For the localization task, the fingerprint-based localization technique is used. The Wi-Fi signal strengths is employed as fingerprints. For the fall-accident detection, the 3-axis accelerometer sensor is used to distinguish between daily activities and falls. The result from processing in microcontroller will be stored at the firebase database. Then, the mobile application will fetch data to display and notify users after the elderly people fall-down.

Elderly people localization results are acceptable, fall-accident detection giving high accuracy results in separating fall and activities of daily living. Moreover, the mobile application works well in real-time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะความร่วมมือของคณะผู้จัดทำ และความกรุณาจาก ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานผู้ซึ่งให้การสนับสนุน แก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนอบรมสั่งสอนชี้นำแนวทาง และให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดการดำเนินงาน คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่สำหรับการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงาน และคอยให้กำลังใจที่ดีตลอดการดำเนินโครงงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวทุกท่านที่ได้ดูแลเอาใจใส่ให้ความรัก พร้อมทั้งมอบโอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ อีกทั้งยังให้กำลังใจ และเป็นแรงผลักดันที่ดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กานต์ เจริญฤทธิ์
คชรัตน์ กลมเกลี้ยง
ปฏิภาน วรรณประเสริฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูปภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2

1.4 อุปกรณ์ที่ต้องใช้.....2

1.4.1 ฮาร์ดแวร์.....2

1.4.2 ซอฟต์แวร์.....2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงงาน.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้.....4

2.1 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.....4

2.1.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.....4

2.1.2 แนวคิดของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.....5

2.1.3 สถิติเกี่ยวกับการใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.....6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2 วายฟายหรือไวเลสแลน 7
2.2.1 ลักษณะการเชื่อมต่อของเครือข่ายวายฟาย 8
2.2.2 ส่วนประกอบของเครือข่ายเน็ตเวิร์ค 9
2.2.3 รูปแบบของการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย 10
2.3 มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 12
2.4 ประเภทของวิธีการระบุตำแหน่งเป้าหมาย 13
2.4.1 เทคนิคที่ใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร 14
2.4.2 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวิเคราะห์สถานที่ 14
2.4.3 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า 15
2.4.4 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการใช้ความใกล้เคียง 15
2.5 การระบุตำแหน่งโดยอาศัยการแผ่ของสัญญาณ 16
2.5.1 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง 17
2.5.2 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของการมาถึง 18
2.5.3 การระบุตำแหน่งโดยใช้มุม (Angle of Arrival: AOA) 21
2.6 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากค่าความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Algorithm). 22
2.7 การระบุตำแหน่งโดยวิธีมินแมกซ์ (Min-Max Algorithm) 24
2.8 การระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ 27
2.8.1 ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ 28
2.8.2 ระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean distance, Euclidean metric) 29
2.8.3 การระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ 29
2.9 รีแอคเนทีฟ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.9.1 ลักษณะการทำงานของรีแอคเนทีฟ 32

2.9.2 วงจรของรีแอคเนทีฟ 34

2.9.3 มาตรฐานอีซีเอ็มเอสคริปต์ 2015 (ECMAScript 2015: ES6) 35

2.10 ไฟร์เบส 36

2.10.1 บริการของไฟร์เบสที่ใช้ในโครงงาน 36

2.11 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 37

2.11.1 คุณสมบัติของโมดูลอีเอสพีดับเบิลยูอาร์โอโอเอ็ม 32 (ESP-WROOM-32) 37

2.11.2 คุณสมบัติของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 38

2.11.3 ส่วนประกอบของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู 39

2.12 โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 40

2.12.1 คุณสมบัติของโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 41

2.13 การจรวจจับอริยาบถล้ม 41

2.14 บทสรุป 42

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 43

3.1 แนวคิด 43

3.2 การสร้างและออกแบบระบบ 43

3.2.1 ส่วนของการระบุตำแหน่ง 44

3.2.2 ส่วนของการตรวจจับอริยาบถล้ม 45

3.2.3 ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์ 46

3.3 แนวทางการศึกษาทดลอง 50

3.3.1 การทดลองเกี่ยวกับระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับภายในอาคาร 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.2 การทดลองระบุตำแหน่งภายในอาคาร 50

3.3.3 การทดลองจำแนกอิริยาบถในกิจวัตรประจำวันกับการล้ม 51

3.4 บทสรุป 51

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 52

4.1 การทดลองเกี่ยวกับระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับภายในอาคาร 52

4.2 การทดลองสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการระบุตำแหน่งภายในอาคาร 55

4.3 การทดลองระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ 58

4.4 การทดลองสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับตรวจจับอิริยาบถล้ม 60

4.5 การทดลองตรวจจับอิริยาบถล้ม 65

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผล 68

5.1 บทสรุป 68

5.1.1 การระบุตำแหน่งเป้าหมายภายในอาคาร 68

5.1.2 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น 68

5.1.3 การตรวจจับอิริยาบถล้ม 69

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน 69

5.3 สิ่งที่สามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคต 70

บรรณานุกรม 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินโครงงาน....3

2.1 ผลการวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับโดยอ้างอิงกับแอคเซสพอยต์ *n* จุด ใน *m* ตำแหน่ง....30

2.2 ค่าเฉลี่ยจำนวน *k* ครั้งของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับโดยอ้างอิงกับแอคเซสพอยต์ *n* จุด ใน *m* ตำแหน่ง 30

2.3 ส่วนประกอบของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู 39

3.1 การเชื่อมต่อระหว่างอีเอสพีไอโน่ 32 กับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 46

3.2 ส่วนประกอบของหน้าลงทะเบียน และหน้าลงชื่อเข้าใช้ 48

3.3 ส่วนประกอบของหน้าหลัก 49

4.1 ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับทุก ๆ ระยะ 1 เมตรภายในอาคาร 54

4.2 ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับของแต่ละตำแหน่ง 57

4.3 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์ 57

4.4 ผลการทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์.... 59

4.5 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มขวา 61

4.6 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มซ้าย 61

4.7 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มหลัง 62

4.8 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มหน้า 62

4.9 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถเดิน 63

4.10 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถนั่ง 63

4.11 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถยืน 64

4.12 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถนอน 64

4.13 ฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกอิริยาบถล้ม 65

4.14 ผลลัพธ์ของการตรวจจับอิริยาบถล้ม 66

4.15 สรุปผลการตรวจจับอิริยาบถล้ม 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 เซ็ตบริการพื้นฐานอิสระ [4] 8
2.2 เซ็ตบริการขยาย [4] 9
2.3 การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด [6] 10
2.4 ลูกข่ายกับแอคเซสพอยต์ [6] 11
2.5 แอคเซสพอยต์หลายตัว [6] 11
2.6 ใช้งานอุปกรณ์ขยายสัญญาณไร้สาย [6] 12
2.7 การใช้งานสายอากาศเฉพาะทิศทาง [6] 12
2.8 ประเภทของเทคนิคการระบุตำแหน่งภายในอาคาร [8] 14
2.9 ประเภทของเทคนิคการระบุตำแหน่งโดยอาศัยการแผ่ของสัญญาณ [8] 11
2.10 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง [8] 17
2.11 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาการมาถึง [9] 21
2.12 การระบุตำแหน่งโดยใช้มุม [9] 22
2.13 การหาระยะห่างระหว่างโหนดอ้างอิงกับเป้าหมาย [9] 23
2.14 การหาค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดระหว่างโหนดอ้างอิง [9] 25
2.15 การหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้วิธีมินแมกซ์ [9] 27
2.16 กระบวนการทำงานของการระบุตำแหน่งด้วยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ [17] 31
2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างพร็อพซ์และคอมโพเนนต์ [12] 32
2.18 การเขียนโค้ดรีแอคเนทีฟ 33
2.19 พร็อพซ์ AppReander อยู่ภายใต้คอมโพเนนต์ AppLogin 33
2.20 แสดงการประมวลผล (Complie) คลาสที่ชื่อว่า ReactNative ผ่านโปรแกรมจำลองเครื่องจักรเสมือน (Emulator) 34
2.21 วงจรของรีแอคเนทีฟ [13] 34
2.22 รูปแบบการพิสูจน์ความแท้จริง 36
2.23 กำหนดรูปแบบการพิสูจน์ความแท้จริงของผู้ใช้งานเป็นอีเมลล์ 37
2.24 ส่วนประกอบของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู 39
2.25 ขาต่าง ๆ ของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู [14] 40
2.26 โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 [16] 41
2.27 ตำแหน่งแกนความเร่งของโมดูลจีวายหกหนึ่งเมื่อสวมใส่โดยผู้ใช้ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.1 แผนภาพการทำงานของระบบ 43
3.2 การทำงานในโหมดซอฟต์แอคเซสพอยต์ของอีเอสพีไอโน่ 32 44
3.3 การทำงานในโหมดสถานีของอีเอสพีไอโน่ 32 44
3.4 ขั้นตอนการจำแนกอิริยาบถของเป้าหมาย 45
3.5 การเชื่อมต่อระหว่างอีเอสพีไอโน่ 32 กับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 46
3.6 ลำดับขั้นตอนการทำงานของแอพพลิเคชั่น 47
3.7 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานในหน้าลงทะเบียน และหน้าลงชื่อเข้าใช้ 48
3.8 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานในหน้าหลักของแอพพลิเคชั่น 49
3.9 การทดลองวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในระยะต่าง ๆ 50
4.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ยู เชื่อมต่อกับเสาอากาศ 52
4.2 ภาพจำลองการจัดวางตำแหน่งของอีเอสพีไอโน่ 32 และอีเอสพีไอโน่ 32 ยู 53
4.3 สถานที่ทำการทดลองสำหรับการทดลองที่ 4.1 53
4.4 กราฟค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับทุก ๆ ระยะ 1 เมตรภายในอาคาร 54
4.5 ภาพจำลองการจัดพื้นที่สำหรับการทดลองที่ 4.2 56
4.6 สถานที่ทำการทดลองสำหรับการทดลองที่ 4.2 56
4.7 ภาพจำลองการจัดพื้นที่สำหรับการทดลองที่ 4.3 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากความสามารถเฉพาะตัวของโมดูลเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้หลากหลายรูปแบบผนวกกับการวิจัย และพัฒนาโมดูลเซ็นเซอร์ที่เพิ่มขีดความสามารถให้กับโมดูลเซ็นเซอร์ การออกแบบให้มีรูปแบบที่เล็กลงเพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน และใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้เกิดการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ในหลายรูปแบบ เกิดเป็นอุปกรณ์ที่ประยุกต์ใช้ความสามารถของโมดูลเซ็นเซอร์เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น การใช้งานในอุตสาหกรรม การประยุกต์ใช้ในระบบการเกษตร เป็นต้น

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ การเฝ้าดูแลอย่างใกล้ชิดเป็นสิ่งที่ผู้สูงอายุควรได้รับ เพราะอุบัติเหตุนั้นเกิดได้ทุกที่ทุกเวลา ในขณะเดียวกันคนวัยทำงานส่วนใหญ่ไม่มีเวลาเพียงพอที่จะดูแลผู้สูงอายุได้ เนื่องจากหน้าที่ และความรับผิดชอบที่จำเป็นต้องทำส่งผลให้เกิดการพัฒนาและประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อการดูแลผู้สูงอายุ

การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อดูแลผู้สูงอายุสร้างความสนใจให้กับสมาชิกภายในกลุ่มจึงได้วางแผนออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์ที่มีความสามารถครอบคลุมทั้งเรื่องการดูแลรวมไปถึงการเก็บรวบรวมประมวลผลข้อมูล และการแสดงผลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการดูแลผู้สูงอายุในลักษณะที่บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจได้สะดวกผ่านทางแอพพลิเคชั่น (Application) ส่งผลให้การดูแลผู้สูงอายุเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยแบ่งเบาภาระของคนวัยทำงานหรือผู้มีหน้าที่ดูแล

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- ส่งสัญญาณขอความช่วยเหลืออัตโนมัติเมื่อผู้สวมใส่ประสบอุบัติเหตุล้ม
- เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการช่วยเหลือ
- เพื่อลดความกังวลของผู้ดูแล
- เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการดูแลผู้สูงอายุ
- เพื่อส่งเสริมไทยแลนด์ 4.0 ที่ทางภาครัฐผลักดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

- ผู้สูงอายุสามารถสวมใส่ได้คล่องตัว
- สามารถตรวจวัด ส่งค่าเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลออนไลน์ และดึงค่าจากฐานข้อมูลมาแสดงบนแอพพลิเคชั่น
- แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือเมื่อผู้สวมใส่หกล้ม
- ระบุตำแหน่งของผู้สวมใส่ภายในอาคาร

1.4 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1.4.1 ฮาร์ดแวร์

- โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 (GY-61)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 (ESPino32)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ยู (ESPino32U)

1.4.2 ซอฟต์แวร์

- โปรแกรมเขียนชุดคำสั่งสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่หรืออาดุยโน่ไอดีอี (Arduino IDE)
- ระบบฐานข้อมูลไฟร์เบส (Firebase)
- รีแอคเนทีฟ (React Native)

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- มีความเข้าใจเกี่ยวกับการติดตาม และระบุตำแหน่งเป้าหมายภายในอาคารด้วยเทคโนโลยีไร้สาย
- ผู้สูงอายุที่ประสบอุบัติเหตุจากการหกล้มได้รับความช่วยเหลืออย่างทันท่วงที
- เพิ่มความสะดวกคล่องตัว แบ่งเบาภาระ และความกังวลของผู้ดูแล
- เนื่องจากผลลัพธ์ที่แม่นยำ อีกทั้งยังเกิดประโยชน์จริงในชีวิตประจำวันส่งผลให้เกิดการพัฒนา และ/หรือ ต่อยอดโครงงานนี้ให้ดียิ่งขึ้น

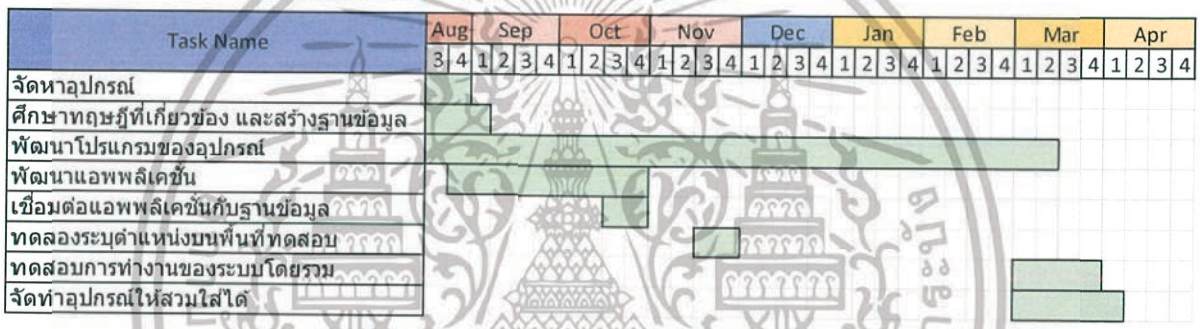
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงงาน

ในภาคเรียนที่ 1 จัดหาอุปกรณ์ ได้แก่ โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกน และไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ให้แล้วเสร็จภายในเดือนสิงหาคม พร้อมทั้งศึกษาความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานหลังจากนั้นจึงเริ่มพัฒนาอุปกรณ์ควบคู่ไปกับการพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนมือถือ ประเมินผลลัพธ์การทำงานตลอดเวลาเพื่อนำไปปรับปรุงความแม่นยำ และพัฒนาการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพ

ในภาคเรียนที่ 2 พัฒนาอุปกรณ์ให้แล้วเสร็จภายในเดือนมีนาคม ทดสอบการทำงานทั้งหมดของระบบก่อนที่จะประกอบเป็นอุปกรณ์ที่สามารถสวมใส่ได้ พร้อมทั้งจัดทำเอกสารควบคู่ไปด้วย

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบของโครงงานทั้งส่วนของอุปกรณ์และส่วนของแอพพลิเคชั่น

2.1 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2.1.1 ความหมายของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที หมายถึงเครือข่ายของวัตถุ อุปกรณ์ หรือพาหนะที่ประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับการทำงานรูปแบบต่าง ๆ และความสามารถในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตติดตั้งอยู่ ทำให้วัตถุเหล่านั้นสามารถเก็บบันทึกประมวลผล และสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์อื่นที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันได้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งทำให้วัตถุสามารถรับรู้ปรากฏการณ์ทางกายภาพ ด้วยความสามารถในการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตจึงสามารถจัดเก็บข้อมูลบนแหล่งเก็บข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของเครือข่ายการจัดเก็บข้อมูล หรือเรียกว่าแหล่งเก็บข้อมูลบนก้อนเมฆ (Cloud storage) ทำให้ผู้ใช้งานหรืออุปกรณ์ที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันสามารถเข้าถึงข้อมูลนี้ได้อย่างสะดวก เข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา นอกจากนั้นแล้วยังถูกควบคุมได้จากระยะไกลผ่านเทคโนโลยีการสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้ว ส่งผลให้เกิดการทำงานร่วมกันระหว่างโลกกายภาพเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และประโยชน์ในชีวิตประจำวันที่เพิ่มมากขึ้น เมื่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งถูกเสริมด้วยเซ็นเซอร์ และแอคชูเอเตอร์ (Actuater) ซึ่งสามารถเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งตามคุณสมบัติทางกลได้ตามการกระตุ้น ก็จะกลายเป็นระบบที่ถูกจัดอยู่ในประเภทโดยทั่วไปว่าระบบไซเบอร์-กายภาพ (Cyber-physical system) ซึ่งรวมถึงเทคโนโลยีอย่าง กริดไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart grid) บ้านอัจฉริยะ (Smart home) ระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent transport) และเมืองอัจฉริยะ (Smart city) นอกจากนั้นแล้วอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งแต่ละชิ้นสามารถถูกจำแนกตัวตนได้โดยไม่ซ้ำกันผ่านระบบคอมพิวเตอร์ฝังตัวซึ่งเหมาะสำหรับลักษณะงานที่จำเป็นต้องจำแนกตัวตนของอุปกณ์ และสามารถทำงานร่วมกันทั้งระหว่างอุปกรณ์ชนิดเดียวกันเอง และอุปกรณ์ต่างชนิดกันได้โดยอาศัยโครงสร้างอินเทอร์เน็ตที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน

"สรรพสิ่ง" ในความหมายของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สามารถหมายถึงอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน เช่น อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบฝังในร่างกาย แท็กไบโอชิปสำหรับติดกับสัตว์เพื่อการระบุตัวตน และเก็บข้อมูลพื้นฐานของสัตว์แต่ละตัวในวงการปศุสัตว์ ยานยนต์ที่มีเซ็นเซอร์ตรวจสอบปรากฏการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางกายภาพที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ตลอดการใช้งานต่าง ๆ ติดตั้งภายในแต่ละส่วนของตัวรถ อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์สารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ หรืออุปกรณ์ภาคสนามที่ช่วยในการทำงานของนักผจญเพลิงในภารกิจค้นหาและช่วยเหลือ อุปกรณ์เหล่านี้จะตรวจบันทึกปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานด้วยการใช้เทคโนโลยีหลากหลายชนิด ประมวลผลข้อมูลแล้วจัดเก็บ และสามารถส่งต่อข้อมูลที่เป็นประโยชน์เหล่านี้ระหว่างอุปกรณ์ชนิดเดียวกัน หรือระหว่างอุปกรณ์ต่างชนิดกันที่อยู่ภายในเครือข่ายการทำงานเดียวกันได้โดยอัตโนมัติตามที่ผู้พัฒนาได้ทำการออกแบบไว้ ตัวอย่างในตลาดขณะนี้ เช่น วาล์วน้ำอัจฉริยะ (Smart thermostat) ที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านวาล์ว อุณหภูมิของน้ำ แรงดันของน้ำที่ไหลผ่าน และยังสามารถควบคุมการทำงานของวาล์วน้ำ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งระดับครัวเรือน และระดับโรงงานอุตสาหกรรม อีกตัวอย่างที่ใกล้ตัวคือ เครื่องซักผ้า-อบผ้าที่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายวายฟาย (Wi-Fi) เพื่อให้สามารถตรวจสอบสถานการณ์ทำงาน และควบคุมการทำงานของเครื่องจากระยะไกลได้ การนำวาล์วน้ำอัจฉริยะมาทำงานร่วมกับเครื่องซัก-อบผ้าอัจฉริยะก็เป็นส่วนหนึ่งของระบบบ้านอัจฉริยะเช่นกัน

2.1.2 แนวคิดของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

แนวคิดของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งแต่เดิมมาจากนาย เควิน แอชตัน (Kevin Ashton) ผู้ซึ่งถูกยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในปีคริสตศักราช 1999 ขณะที่เควิน แอชตันทำงานวิจัยอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology: MIT) เขาได้ถูกเชิญให้ไปบรรยายเรื่องนี้ให้กับบริษัทพรอคเตอร์ แอนด์ แกมเบิล (Procter & Gamble: P&G) เควินได้นำเสนอโครงการที่ชื่อว่า ออโต-ไอดี เซ็นเตอร์ (Auto-ID Center) ซึ่งต่อยอดมาจากเทคโนโลยีการระบุตัวตนโดยคลื่นความถี่วิทยุหรือที่มีชื่อย่อว่าอาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification: RFID) ที่ในขณะนั้นถือเป็นมาตรฐานโลกสำหรับการจับสัญญาณเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ว่าตัวเซ็นเซอร์เหล่านั้นสามารถทำให้มันเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างกันได้ผ่านระบบออโต-ไอดีของเขา โดยการบรรยายให้กับพรอคเตอร์ แอนด์ แกมเบิล ในครั้งนั้นเควินก็ได้ใช้คำว่าอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในสไลด์การบรรยายของเขาเป็นครั้งแรก โดยเควินนิยามเอาไว้ตอนนั้นว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใด ๆ ก็ตามที่สามารถสื่อสารกันได้ก็ถือเป็น “อินเทอร์เน็ตไลค์ (Internet-like)” หรืออธิบายให้เข้าใจได้ง่ายก็คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใด ๆ ที่มีรูปแบบการสื่อสารแบบเดียวกันกับระบบอินเทอร์เน็ตนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 สถิติเกี่ยวกับการใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

อันดับที่ 1 บ้านอัจฉริยะ หมายถึง การนำเทคโลยีเข้ามาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในหรือภายนอกบ้านก็ได้ เพื่อให้เกิดความสะดวกสบาย และความปลอดภัย เช่น ประตูอัตโนมัติ เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว หลอดไฟที่สามารถเปิดปิดเองได้อัตโนมัติ เป็นต้น

อันดับที่ 2 อุปกรณ์ที่สามารถสวมใส่ได้ (Smart wearables) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่สามารถติดตั้ง และใช้งานบนส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อความสะดวกในการใช้งานเพราะสามารถนำติดตัวไปได้ทุกที่ ปัจจุบันมีการพัฒนาออกมาเป็นรูปแบบต่าง ๆ เช่น นาฬิกา สายรัดข้อมือ และแว่นตา เป็นต้น

อันดับที่ 3 เมืองอัจฉริยะ หมายถึง เมืองที่มีการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้เพื่อทำให้คุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่ดีขึ้น เช่น การจัดการพลังงานไฟฟ้า ระบบจัดการน้ำ ระบบจัดการขยะ เป็นต้น

อันดับที่ 4 โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะหรือกริดไฟฟ้าอัจฉริยะ เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารมาบริหารจัดการ และควบคุมการผลิต ส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า

อันดับที่ 5 การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม (Industrial internet) ช่วยเพิ่มผลผลิตได้เร็วขึ้นด้วยคุณภาพที่สูงขึ้น และลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิต นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันความเสียหายหรือยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องจักร หรือในบางกรณีสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ยืดหยุ่นตามความต้องการของลูกค้าที่หลากหลายด้วยเครื่องจักรชุดเดียวกัน

อันดับที่ 6 รถยนต์อัจฉริยะ (Smart car) เป็นรถยนต์ที่มีการติดตั้ง และประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน และความสะดวกในการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง

อันดับที่ 7 เครือข่ายเชื่อมโยงชุมชนระบบสุขภาพ (Connected Health) เป็นแนวคิดการสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงชุมชนระบบสุขภาพแบบครบวงจร โดยเชื่อมโยงทุกบริการที่เกี่ยวข้องกับการบริการสุขภาพตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงผู้รับบริการปลายทางเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นสถานพยาบาลทั้งในเมือง และในพื้นที่ห่างไกล ผู้ป่วย แพทย์ ร้านขายยา สถาบันวิจัย หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง บริษัทประกัน ไปจนถึงลูกจ้าง พนักงาน และบ้านเรือน เป็นต้น

อันดับที่ 8 ประยุกต์ใช้ในธุรกิจห้างร้าน (Smart retail) เป็นการนำเทคโนโลยีมาช่วยเพิ่มโอกาสในการดำเนินธุรกิจห้างร้าน ช่วยในการจัดการระบบร้านค้าด้วยการส่งข้อมูลไปถึงมือลูกค้าอย่างฉับไว เพิ่มโอกาสและแรงจูงใจในการจับจ่ายสินค้า สามารถนำเสนอสินค้าได้ถูกต้องตามรสนิยม หรือแม้แต่มอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนลดได้ตรงใจลูกค้าอย่างรวดเร็วถึงมือส่งผลให้สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า เมื่อไม่ต้องเสียเวลาหรือถูกกวนใจกับข้อมูลสินค้า และโปรโมชั่นที่ไม่ต้องการ และไม่เพียงส่งข้อมูลที่เหมาะสมตรงถึงลูกค้าเท่านั้น ยังสามารถเก็บข้อมูล และสถิติในรูปแบบต่าง ๆ ที่ธุระกิจจะสามารถนำไปปรับใช้กับกลยุทธ์ทางการตลาด และบริหาร เพิ่มความแข็งแกร่งทางด้านข้อมูลข่าวสาร เสริมศักยภาพ และความได้เปรียบในการแข่งขันของธุรกิจ

อันดับที่ 9 การบริหารจัดการโลจิสติกส์อย่างชาญฉลาด (Smart Supply Chain) คือการจัดการในส่วนของกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างผู้ผลิตกับผู้ขาย ช่วยติดตามสินค้าที่กำลังขนส่งไปตามท้องถนน

อันดับที่ 10 ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart farming) เป็นการทำเกษตรสมัยใหม่ด้วยการใช้เทคโนโลยีหรือหุ่นยนต์ เครื่องจักร ฯลฯ ที่มีความแม่นยำสูงเข้ามาช่วยในการทำงานโดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด ในยุคที่แรงงานในภาคเกษตรลดลงอย่างต่อเนื่องทำให้ภาคการเกษตรเริ่มมีการปรับตัวโดยนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาปรับปรุง และประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมากขึ้น

2.2 วายฟายหรือไวเลสแลน

เครือข่ายแลนไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) บนอุปกรณ์บนมาตราฐานของสถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) หมายเลข 802.11 หรือเรียกว่า ไอทริปเปิลอี 802.11 (IEEE 802.11) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมอุปกรณ์ตั้งแต่สองตัวขึ้นไปเข้าด้วยกันโดยใช้วิธีการกระจายสัญญาณแบบไร้สายด้วยคลื่นความถี่วิทยุ การเข้าถึงบริการเครือข่ายไร้สายถูกออกแบบเพื่อให้บริการการเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในระยะทางสั้น ๆ ตั้งแต่ระยะ 50 ถึง 150 เมตร การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายไร้สายสาธรณะนั้นเป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบันซึ่งให้ประโยชน์ และความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้อุปกรณ์สื่อสารที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้เป็นอย่างมาก ประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายนั้นมีความเร็วกว่าการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ด้วยโทรศัพท์บ้าน 50 ถึง 200 เท่าซึ่งผู้ใช้บริการไม่จำเป็นต้องกังวลกับปัญหาการเชื่อมต่อสายอินเทอร์เน็ตผิดพลาด ไวเลสแลนนั้นมีรัศมีการสื่อสารที่ 50 ถึง 150 เมตรจากแอคเซสพอยต์ (Access point) โดยมีความเร็ว 1.6 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) ซึ่งสามารถเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลได้ถึง 11 เมกะบิตต่อวินาที และมาตราฐานใหม่สามารถเพิ่มได้ถึง 54 เมกะบิตต่อวินาทีในปัจจุบันไวเลสแลนใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ (GHz) และ 5 จิกะเฮิรตซ์ซึ่งคลื่นความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ในปัจจุบันนั้นค่อนข้างมีความแออัด ส่วนคลื่นความถี่ 5 จิกะเฮิรตซ์มีแบนด์วิดท์ที่กว้างมาก ให้ความเร็วสูง มีความน่าเชื่อถือของข้อมูล และการส่งข้อมูลที่ดีกว่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราฐานความเร็วเครือข่ายไร้สาย

- มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 เอ มีความเร็วสูงสุดที่ 54 เมกะบิตต่อวินาทีที่ความถี่ย่าน 5 จิกะเฮิรตซ์

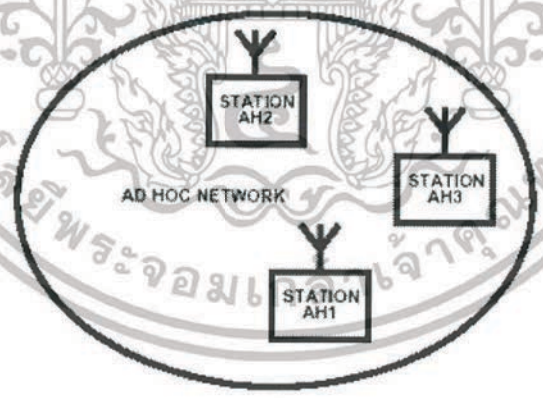
- มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 บี มีความเร็วสูงสุดที่ 11 เมกะบิตต่อวินาทีที่ความถี่ย่าน 2.4 จิกะเฮิรตซ์

- มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 จี มีความเร็วสูงสุดที่ 54 เมกะบิตต่อวินาทีที่ความถี่ย่าน 2.4 จิกะเฮิรตซ์

2.2.1 ลักษณะการเชื่อมต่อของเครือข่ายวายฟาย

โครงสร้างของเน็ตเวิร์คมาตราฐานไอทริปเปิลอี 802.11 นั้นประกอบด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สายตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปโดยต้องมีการเชื่อมต่อกันก่อนแล้วจึงพร้อมที่จะสื่อสารกันได้ แบ่งออกเป็น 2 กรณี

- เซ็ตบริการพื้นฐานอิสระ (Independent Basic service set: IBBS) ประกอบด้วยโหนดไร้สาย 2 โหนดขึ้นไปหรือสถานีเชื่อมต่อกันแบบจุดต่อจุด (Peer-to-Peer) การเชื่อมต่อเน็ตเวิร์คแบบนี้มักจะอยู่ในรูปแบบการเชื่อมต่อพื้นฐานไม่ซับซ้อนมากโดยทั่วไปแล้วเป็นกลุ่มวงเน็ตเวิร์คเครือข่ายเฉพาะกิจ (Ad hoc network) เช่นการเชื่อมต่อโน้ตบุ๊กหลาย ๆ เครื่องภายในห้อง

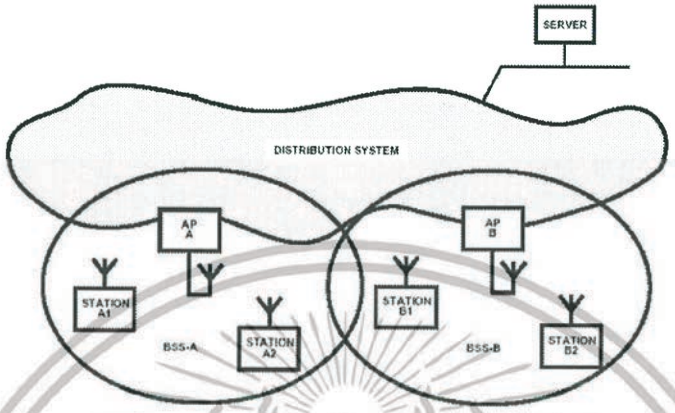


รูปที่ 2.1 เซ็ตบริการพื้นฐานอิสระ [4]

- เซ็ตบริการขยาย (The Extended Service Set: ESS) คือชุดของเซ็ตบริการพื้นฐานอิสระหลาย ๆ กลุ่มเชื่อมต่อเข้าด้วยกันบนเครือข่ายไร้สายเดียวกันรวมเป็นระบบแบบกระจาย (Distribute System) ซึ่งเป็นรูปแบบของเครือข่ายเน็ตเวิร์คไร้สายโดยที่แต่ละเซ็ตบริการขยายจะระบุรหัสเรียกว่าชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่าย (Service Set Identifier: SSID) และอุปกรณ์ไร้สายบนเครือข่ายจะต้องใช้ชื่อเครือข่ายเดียวกัน ภายในเซ็ตบริการขยายนั้น สถานีของเซ็ตบริการพื้นฐานอิสระที่ต่างกันนั้นสามารถเชื่อมต่อกันได้ (Roaming) และสื่อสารกันได้ผ่านอุปกรณ์ไร้สาย



รูปที่ 2.2 เซ็ตบริการขยาย [4]

2.2.2 ส่วนประกอบของเครือข่ายเน็ตเวิร์ค

มาตราฐานไอทริปเปิลอี 802.11 เป็นพื้นฐานของสถาปัตยกรรมระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Cellular) ซึ่งเน็ตเวิร์คจะถูกแบ่งเป็นเซลล์โดยแต่ละเซลล์จะถูกควบคุมโดยสถานีฐานของเซลล์นั้น ๆ

แอคเซสพอยต์ คืออุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการกระจายสัญญาณไวเลสแลน เป็นอุปกรณ์พื้นฐานตัวหนึ่งที่สามารถสร้างเครือข่ายไร้สายได้ง่ายที่สุด แอคเซสพอยต์ทำหน้าที่กระจายสัญญาณออกไปยังเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมีการกระจายสัญญาณโดยรอบซึ่งลักษณะของตัวแอคเซสพอยท์นั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันอยู่กับผู้ผลิตจะออกแบบให้มีรูปร่างหน้าตาแบบไหนแต่ที่เหมือนกันก็คือแอคเซสพอยต์จะมีช่องเสียบสายแลนเพียงช่องเดียวเท่านั้น ช่องดังกล่าวจะเป็นช่องที่รับสัญญาณอินเทอร์เน็ตหรือใช้เชื่อมต่อกับเน็ตเวิร์คจากเครือข่ายแลนเข้ากับเครื่องลูกข่ายที่เชื่อมต่อแบบไร้สาย การทำงานของแอคเซสพอยต์จะทำงานภายใต้มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 ซึ่งทำให้อุปกรณ์ที่อยู่บนมาตรฐานนี้สามารถใช้งานแอคเซสพอยต์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 รูปแบบของการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย

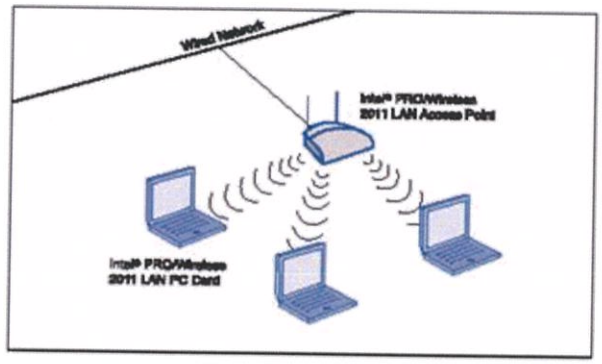
2.2.3.1 การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด เป็นลักษณะการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใด ๆ จำนวน 2 เครื่องขึ้นไป เป็นการใช้งานร่วมกันของการ์ดแลนไร้สาย (Wireless adapter cards) ที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเลย เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกันสามารถทำงานของตนเองได้ และขอใช้บริการจากเครื่องอื่นได้เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ยกตัวอย่างเช่น ในศูนย์ประชุม หรือการประชุมที่จัดขึ้นนอกสถานที่



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด [6]

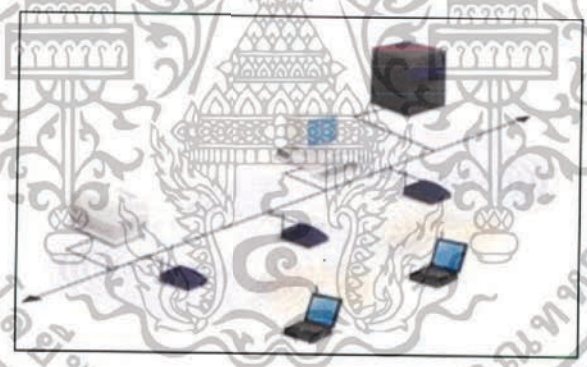
2.2.3.2 ลูกข่ายกับแอคเซสพอยต์ (Client & Access Point) ระบบเครือข่ายไร้สายแบบลูกข่ายกับแอคเซสพอยต์เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัยแอคเซสพอยต์หรือเรียกอีกชื่อได้ว่า ฮอตสปอต (Hotspot) ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อรับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมี เครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของแอคเซสพอยต์จะกลายเป็นเครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที สามารถติดต่อกันหรือติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ผ่านแอคเซสพอยต์ โดยที่แอคเซสพอยต์ 1 จุดสามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15 ถึง 50 เครื่อง การเชื่อมต่อประเภทนี้เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายใช้สายแบบเดิมในสำนักงาน ห้องสมุดหรือในห้องประชุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลูกข่ายกับแอคเซสพอยต์ [6]

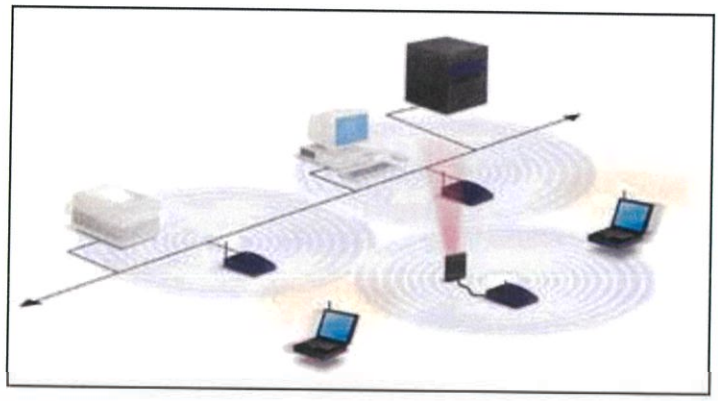
2.2.3.3 แอคเซสพอยต์หลายตัว (Multiple Access Points) โดยทั่วไปแล้วการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับแอคเซสพอยต์ของเครือข่ายไร้สายจะอยู่ในรัศมีประมาณ 500 ฟุตสำหรับภายในอาคาร และ 1,000 ฟุตสำหรับภายนอกอาคารหากสถานที่ติดตั้งที่มีขนาดกว้างมาก ๆ เช่นคลังสินค้า บริเวณภายในมหาวิทยาลัยหรือสนามบินจะต้องมีการเพิ่มจุดติดตั้งแอคเซสพอยต์ให้มากขึ้นเพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง



รูปที่ 2.5 แอคเซสพอยต์หลายตัว [6]

2.2.3.4 ใช้งานอุปกรณ์ขยายสัญญาณไร้สาย (Use of an Extension Point) กรณีที่โครงสร้างของสถานที่ติดตั้งเครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาผู้ออกแบบระบบสามารถใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณไร้สายที่มีคุณสมบัติเหมือนกับแอคเซสพอยต์แต่ไม่จำเป็นต้องผูกติดไว้กับเครือข่าย เป็นส่วนที่ใช้เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณ

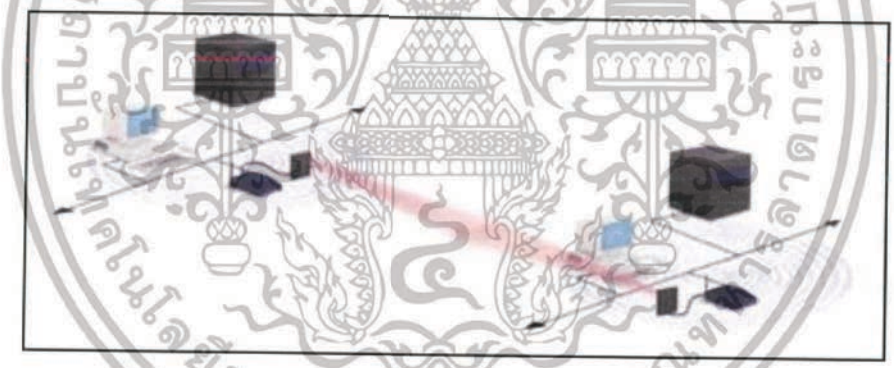
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ใช้งานอุปกรณ์ขยายสัญญาณไร้สาย [6]

2.2.3.5 การใช้งานสายอากาศเฉพาะทิศทาง (The Use of Directional Antennas)

ระบบแลนไร้สายแบบนี้เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่มีทิศทางของการกระจาย และรับสัญญาณอย่างเจาะจงในแต่ละอาคารเพื่อรับ-ส่งสัญญาณระหว่างกัน



รูปที่ 2.7 การใช้งานสายอากาศเฉพาะทิศทาง [6]

2.3 มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11

ในหัวข้อนี้จะอธิบายเบื้องต้นเกี่ยวกับมาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 ที่กำหนดโดยสถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ และอธิบายถึงรายละเอียดของมาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 บี ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 นั้นเฉพาะเจาะจงไปที่มาตรฐานของเครือข่ายไร้สายซึ่งระบุถึงการสื่อสารผ่านอากาศ (Over-the-air) ระหว่างลูกข่ายไร้สาย (Wireless client) กับสถานีฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Base Station) หรือแอคเซสพอยต์ มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 แบ่งที่อยู่หลัก (Primary Address) ของแบบจำลองเครือข่ายไอเอสโอ (ISO Networking model) เป็น 2 ชั้นหลัก ๆ คือ

- ชั้นเครือข่ายทางกายภาพ (Physical network layer: PHY) เป็นชั้นล่างสุดของแบบจำลองเครือข่ายไอเอสโอเป็นตัวกำหนดลักษณะเฉพาะของการส่งข้อมูลทางกายภาพ (Physical Transmission Characteristics) ของสัญญาน เช่น ความถี่ ระดับพลังงานหรือประเภทการเข้ารหัสข้อมูลของสัญญาณวิทยุ เป็นต้น

- ชั้นเอ็มเอซีหรือมีเดีย แอคเซส คอนโทรล (Media Access Control layer: MAC) เป็นส่วนสำคัญของโปรโตคอลจากพื้นฐานของซอฟต์แวร์ (Software-based protocols) ที่ทำให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้

มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 บี หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "วายฟาย" เป็นมาตรฐานที่ค่อนข้างเก่ามีการปรับปรุงความสามารถของอุปกรณ์ให้รับ-ส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 เมกะบิตต่อวินาที ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ เนื่องจากการใช้คลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ในมาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 เอ ทำให้อุปกรณ์ที่ใช้มาตรฐานนี้จะมีความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณไปได้ไกลกว่าคือประมาณ 38 เมตรภายในโครงสร้างปิด และ 140 เมตรในพื้นที่โล่งรวมถึงสัญญาณสามารถทะลุผ่านโครงสร้างของอาคารได้มากกว่าอุปกรณ์ที่รองรับกับมาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 เอ ด้วย ในปัจจุบันอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายภายใต้มาตรฐานนี้ได้รับการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก โดยอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านนี้ เช่น บลูทูธ (Bluetooth) โทรศัพท์ไร้สาย เตาไมโครเวฟ เป็นต้น และที่สำคัญแต่ละผลิตภัณฑ์มีสามารถทำงานร่วมกันได้ อุปกรณ์ของผู้ผลิตทุกยี่ห้อต้องผ่านการตรวจสอบจากสถาบันพันธมิตรวายฟาย (Wi-Fi Alliance) เพื่อตรวจสอบมาตรฐานของอุปกรณ์ และความเข้ากันได้ของแต่ละผู้ผลิต ปัจจุบันนี้นิยมนำอุปกรณ์ไวเลสแลนที่มาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 บี ไปใช้ในองค์กรธุรกิจ สถาบันการศึกษา สถานที่สาธารณะ และกำลังแพร่เข้าสู่สถานที่พักอาศัยมากขึ้น มาตรฐานนี้มีระบบเข้ารหัสข้อมูลแบบเว็บ (WEP หรือ Wired Equivalent Privacy) ที่ 128 บิต

2.4 ประเภทของวิธีการระบุตำแหน่งเป้าหมาย

การระบุตำแหน่งภายในอาคารเป็นที่นิยมมานานจนถึงปัจจุบัน มีการสร้างแนวคิดเมืองวายฟาย และนำไปใช้ในหลาย ๆ เมืองทั่วโลก เช่น ฮ่องกง ไทเป สิงคโปร์ โตเกียว นิวยอร์ก และเมืองใหญ่อื่น ๆ เป็นต้น นอกจากประโยชน์ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงเครือข่ายได้อย่างสะดวกแล้วยังสามารถนำวายฟายมาประยุกต์ใช้เพื่อการระบุตำแหน่งของเป้าหมายทั้งในอาคาร และภายนอกอาคารได้อีกด้วย

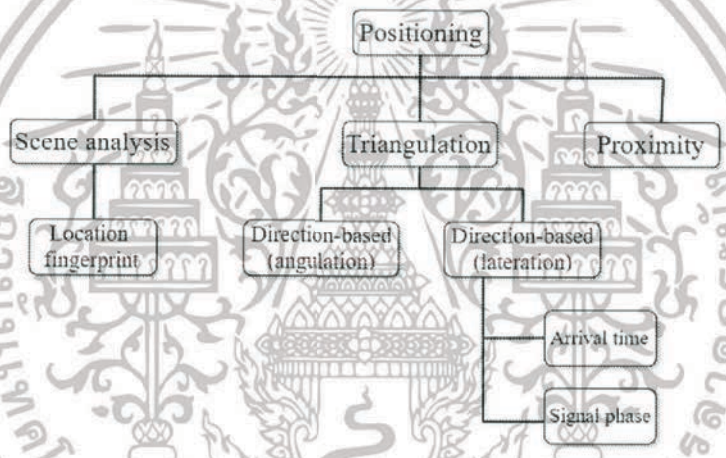
ความก้าวหน้าอย่างก้าวกระโดดของการระบุตำแหน่งภายในอาคารเมื่อทศวรรตที่ผ่านมา โดยเฉพาะการระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยการประยุกต์ใช้สัญญาณวายฟายทั้งในภาคส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันการศึกษา และส่วนของอุตสาหกรรมยังคงมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ผลลัพธ์ของการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณสายฟายมีความแม่นยำมาก และพัฒนาให้เป็นวิธีการที่ยืดหยุ่นสามารถปรับขนาดได้เพื่อรองรับการประยุกต์ใช้งานในอนาคต งานวิจัย และผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่เกี่ยวข้องกับการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยใช้สัญญาณวายฟายยังคงเป็นสิ่งใหม่ และยังคงมีปัญหาที่เกี่ยวข้องที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้

2.4.1 เทคนิคที่ใช้ในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

เทคนิคของการระบุตำแหน่งภายในอาคารสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์สถานที่ (Scene Analysis) การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) การใช้ความใกล้เคียง (Proximity) การจำแนกสามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ประเภทของเทคนิคการระบุตำแหน่งภายในอาคาร [8]

2.4.2 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวิเคราะห์สถานที่

การวิเคราะห์สถานที่ในที่นี้หมายถึงการเก็บรวบรวมค่าใด ๆ ที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะ เช่น คลื่นความถี่วิทยุ เสียง ภาพ หรือสิ่งใด ๆ ที่สามารถตรวจวัดทางกายภาพได้ที่อยู่บริเวณเดียวกับตำแหน่งของเป้าหมายการระบุตำแน่งโดยการวิเคราะห์สถานที่เป็นพื้นฐานของเทคนิคการระบุตำแหน่งฟิงเกอร์ปริ้น (Location fingerprinting) เปรียบคุณสมบัติเฉพาะของพื้นที่เป็นลายนิ้วมือที่มีความแตกต่างกันเป็นลักษณะเฉพาะของบุคคลสามารถใช้จำแนกบุคคล ดังนั้นสามารถใช้ลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของแต่ละตำแหน่งบนพื้นที่ที่สนใจเพื่อการระบุตำแหน่งได้โดยการเปรียบเทียบเพื่อหาความคล้ายคลึงกันระหว่างสิ่งที่สำรวจได้กับลักษณะเฉพาะที่ได้เก็บรวบรวมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทำงานขั้นแรกคือการเก็บรวบรวมคุณสมบัติเฉพาะบนตำแหน่งต่าง ๆ ของพื้นที่เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบในขั้นตอนที่สองซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าคุณสมบัติเฉพาะที่เป้าหมายตรวจวัดได้กับค่าคุณสมบัติเฉพาะในฐานข้อมูลเพื่อคำนวณหาความใกล้เคียงและให้ผลลัพธ์เป็นตำแหน่งในฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงที่สุด

2.4.3 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า

การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าเป็นการใช้งานสมบัติทางเรขาคณิตของรูปสามเหลี่ยมในการคาดคะเนตำแหน่งของเป้าหมาย สามารถแบ่งเป็นเทคนิคของการหาระยะทาง และเทคนิคการใช้มุม

เทคนิคการหาระยะทางเป็นการวัดระยะห่างจากโหนดอ้างอิงถึงเป้าหมายในทางปฏิบัติจะไม่ใช้การวัดระยะทางโดยตรงแต่จะประยุกต์ใช้ระดับความเข้มของสัญญาณ (Receive signal strength: RSS) เวลาของการมาถึง (Time of arrival: TOA) ความแตกต่างของเวลาของสัญญาณที่มาถึง (Time difference of arrival: TDOA) หรือระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลไป และกลับ (Roundtrip time of flight) อ้างอิงแทนระยะทาง

เทคนิคการใช้มุมสามารถระบุตำแหน่งของเป้าหมายโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับโหนดอ้างอิงหลาย ๆ โหนด

2.4.4 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการใช้ความใกล้เคียง

วิธีนี้จะจำแนกเป้าหมายด้วยแท็ก (Tag) และกลุ่มของเสาสัญญาณหรืออุปกรณ์สำหรับอ่านแท็กบนพื้นที่ที่สนใจ ถ้าแท็กถูกอ่านค่าได้จากเสาสัญญาณของพื้นที่ใด ๆ เพียงเสาสัญญาณเดียวจากทั้งหมดจะถือได้ว่าเป้าหมายหรือแท็กอยู่ใกล้กับเสาสัญญาณนั้น ๆ เมื่อแท็กถูกตรวจจับได้จากเสาสัญญาณมากกว่าเสาเดียวจะถือว่าแท็กหรือเป้าหมายอยู่ใกล้กับเสาที่ได้รับสัญญาณแรงที่สุด

วิธีนี้มีความซับซ้อนน้อยสามารถทำงานร่วมกับสื่อกลางได้หลากหลายรูปแบบ การตรวจจับการมีอยู่ของเป้าหมายจะใช้รูปแบบการสื่อสารที่มีระยะทางที่จำกัด เช่น รังสีอินฟราเรด (Infrared: IR) เทคโนโลยีการระบุตัวตนโดยอาศัยคลื่นความถี่วิทยุ เซ็นเซอร์ตรวจจับการสัมผัสหรือเซ็นเซอร์ตรวจวัดความดัน เป็นต้น ดังนั้นการตรวจสอบเป้าหมายสามารถทำได้เมื่อเป้าหมายอยู่ภายในระยะของการสื่อสารเท่านั้น

อีกตัวอย่างหนึ่งที่ใกล้ตัวคือ การระบุตัวตนของเซลล์ (Cell-ID) ในระบบการสื่อสารไร้สาย วิธีนี้อ้างอิงตามหลักความจริงที่ว่าโทรศัพท์มือถือภายในเครือข่ายเซลลูลาร์ (Cellular network)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคาดคะเนตำแหน่งของตนเองโดยอ้างอิงจากสถานีฐานที่มือถือเครื่องนั้นทำการเชื่อมต่ออยู่ ข้อดีของการระบุตัวตนของเซลล์คือ มีการใช้งานแล้วในปัจจุบัน และเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือในปัจจุบันก็รองรับการทำงานนี้

ที่กล่าวมานั้นคือวิธีการพื้นฐานของการระบุตำแหน่งภายในอาคาร วิธีการในหัวข้อต่อไปจะเป็นวิธีการที่นิยมใช้ได้แก่ วิธีการระบุตำแหน่งโดยอาศัยการแผ่ของสัญญาณ และวิธีการระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์

2.5 การระบุตำแหน่งโดยอาศัยการแผ่ของสัญญาณ

การระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยอาศัยการแผ่ของสัญญาณจะคาดคะเนตำแหน่งของเป้าหมายโดยการตรวจวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับพร้อมกับคิดสัญญาณที่ลดทอนระหว่างทาง (Path loss) ด้วย สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.1)

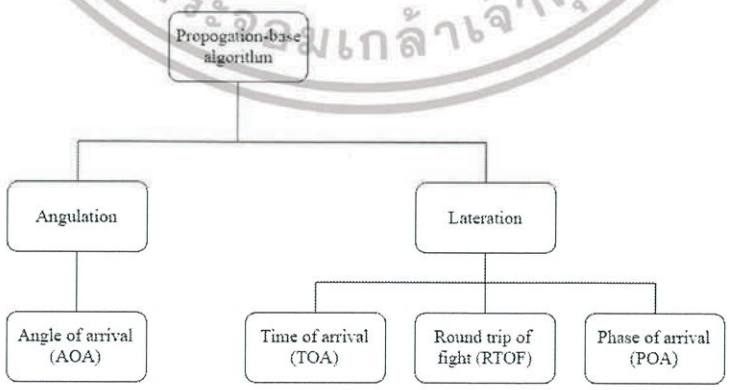
$$R = r - 10\alpha \log(d) - wallLoss \tag{2.1}$$

โดยที่ r คือระดับความเข้มของสัญญาณตั้งต้น มีหน่วยเป็น เดซิเบลมิลลิวัตต์

α คือค่าคงที่การกระจายสัญญาณของตัวส่งสัญญาณ

d คือระยะทางจากโหนดอ้างอิง มีหน่วยเป็น เมตร

$wallLoss$ คือ ผลรวมของสัญญาณที่สูญเสียไประหว่างทางในแนวเส้นตรงเนื่องจากสิ่งกีดขวาง มีหน่วยเป็น เดซิเบลมิลลิวัตต์



รูปที่ 2.9 ประเภทของเทคนิคการระบุตำแหน่งโดยอาศัยการแผ่ของสัญญาณ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

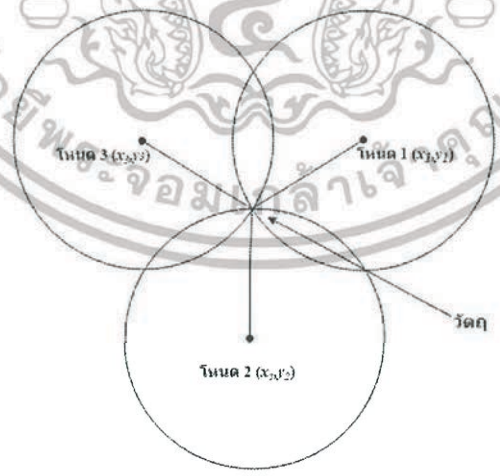
การแผ่ของคลื่นความถี่วิทยุภายในอาคารเป็นสิ่งที่ไม่ค่อยราบรื่นนักเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเกิดมัลติปาธ (Multi-path) โอกาสที่การแผ่คลื่นความถี่วิทยุจะไม่เป็นเส้นตรง (Non-Line-Of-Sight: NLOS) มีสูง และปัจจัยข้างเคียงต่าง ๆ เช่น สิ่งกีดขวางบนพื้น วัตถุหรือสิ่งที่เคลื่อนที่ได้ในพื้นที่ และพื้นผิวที่สามารถทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นความถี่วิทยุ

ในวิธีการระบุตำแหน่งโดยอาศัยการแผ่ของสัญญาณมักประยุกต์ใช้กับวิธีการระบุตำแหน่งโดยการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าเพื่อการระบุตำแหน่งของเป้าหมาย

2.5.1 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง

การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง ในกรณีที่เป็นการระบุตำแหน่งใน 2 มิติจะต้องพิจารณาสัญญาณอย่างน้อย 3 จุด ตามรูปที่ 2.10 และจับเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณทางเดียว (One way) เพื่อคำนวณระยะทางระหว่างเป้าหมายกับเครื่องส่งสัญญาณ โดยทั่วไปวิธีการระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึงจะพบปัญหา 2 ข้อคือ

- เครื่องส่ง และรับสัญญาณในระบบจะต้องทำงานในเวลาเดียวกัน เป็นจังหวะเดียวกัน (Synchronize)
- ไทม์แสตมป์ (Timestamp) จะถูกติดไว้กับสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากเครื่องส่งสัญญาณเพื่อให้เป้าหมายหรือเครื่องรับสัญญาณสามารถคำนวณหาระยะเวลาที่ข้อมูลใช้ในการเดินทางได้



รูปที่ 2.10 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากเวลาของการมาถึงคือ การหาระยะห่างระหว่างวัตถุ หรือเป้าหมายกับโหนดอ้างอิงสามารถหาระยะห่างระหว่างวัตถุกับโหนดอ้างอิงได้จากสมการ (2.2)

$$R_i = ct_i \tag{2.2}$$

เมื่อ R_i คือระยะทางระหว่างเป้าหมายกับโหนดอ้างอิงที่ i มีหน่วยเป็น เมตร

c คือค่าความเร็วของแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที

t_i คือเวลาในการเดินทางของสัญญาณระหว่างเป้าหมายกับโหนดอ้างอิงที่ i ในหน่วยวินาที

แต่วิธีการนี้ต้องมีวงจรในการสร้างความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิการะหว่างเป้าหมายกับโหนดอ้างอิงจึงจะทำให้สามารถวัดระยะเวลาที่สัญญาณใช้ในการเดินทางได้ พิจารณาจากสมการ (2.3) สมการมาตรฐานของวงกลมที่รัศมี R

$$R_i = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2} \tag{2.3}$$

โดยที่ $i = 1,2,3, \ldots, n$

(X_i, Y_i, Z_i) เป็นพิกัดของโหนดอ้างอิง i

(x, y, z) เป็นพิกัดของเป้าหมาย

จากที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นว่าการหาตำแหน่งของเป้าหมายด้วยวิธีนี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการสื่อสารของทั้งสองฝั่งที่จำเป็นต้องสอดคล้องกันหากระยะเวลาผิดพลาดไปเพียง 1 ไมโครวินาทีจะส่งผลให้วัดระยะทางผิดพลาดถึง 300 เมตร

2.5.2 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของการมาถึง

การหาตำแหน่งโดยอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของสัญญาณที่มาถึง แนวคิดนี้จะช่วยลดข้อจำกัดในเรื่องความสอดคล้องของสัญญาณนาฬิการะหว่างเป้าหมายกับโหนดอ้างอิง โดยทำการเทียบความต่างของเวลาที่ได้รับสัญญาณจากโหนดอ้างอิงจำนวน 2 คู่ เพื่อนำข้อมูลมาสร้างสมการไฮเปอร์โบลิกสำหรับการหาตำแหน่งของเป้าหมายโดยพิจารณาการหาค่าตำแหน่งของโหนดอ้างอิงได้โดยใช้หลักการของการนับเวลา เวลาที่แตกต่างกันที่นับได้จากคู่ของสัญญาณจากวัตถุไปที่โหนดอ้างอิงตำแหน่งที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i และตำแหน่งที่ j เพื่อสร้างสมการไฮเปอร์โบลิกสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ของผลต่างของระยะทางระหว่างโหนดอ้างอิงตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ j ดังสมการ

$$R_{i,j} = ct_i = R_i - R_j \tag{2.4}$$

โดยที่ $R_{i,j}$ คือผลต่างของระยะทางระหว่างโหนดอ้างอิงที่ i และ j (เมตร)

$t_{i,j}$ คือผลต่างเวลาของสัญญาณจากเป้าหมายถึงโหนดอ้างอิงที่ i และ j (วินาที)

c คือค่าความเร็วของแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตรต่อวินาที

R_i คือระยะห่างระหว่างโหนดที่ตำแหน่งพิกัด (x, y) (เมตร) ดังสมการ (2.5)

$$R_i = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2} \tag{2.5}$$

สามารถหาความสัมพันธ์ของผลต่างของระยะทางได้จากวัตถุไปที่โหนด i, j โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ (2.6)

$$R_{i,j} = \sqrt{(X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2} - \sqrt{(X_j - x)^2 + (Y_j - y)^2} \tag{2.6}$$

โดยที่ $R_{i,j}$ เป็นผลต่างของระยะทางระหว่างวัตถุตำแหน่งที่ i และ j (เมตร)

(X_i, Y_i) และ (X_j, Y_j) เป็นพิกัดของโหนดที่ i และ j

(x, y) เป็นตำแหน่งของเป้าหมายที่ต้องการทราบ

เราสามารถหาคำตอบของสมการได้เมื่อจำนวนของสมการเท่ากับจำนวนของตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเนื่องจากสมการที่ 2.6 ทำให้การแก้สมการค่อนข้างยากทำให้ต้องจัดรูปแบบของสมการใหม่ดังสมการ (2.7)

$$R_i{}^2 = (R_{i,j} + R_1)^2 \tag{2.7}$$

ทำการจัดรูปจะได้สมการ (2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{i,1}{}^2 + 2R_{i,1}R_1 + R_1{}^2 = X_i{}^2 + Y_i{}^2 - 2X_i x - 2Y_i y + x^2 + y^2 \qquad (2.8)$$

ทำการลบค่าของสมการ $R_1{}^2$ ออกจากสมการ (2.8) จะได้สมการ (2.9)

$$R_{i,1}{}^2 + 2R_{i,1}R_1 = X_i{}^2 + Y_i{}^2 - 2X_{i,1}x - 2Y_{i,1}y \qquad (2.9)$$

เมื่อ $X_{i,1}$ และ $Y_{i,1}$ มีค่าเท่ากับ $(X_i - X_1)$ และ $(Y_i - Y_1)$ ตามลำดับซึ่งสามารถหาคำตอบของสมการได้ดังสมการ (2.10)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} X_{2,1} & Y_{2,1} \\ X_{3,1} & Y_{3,1} \end{bmatrix}^{-1} \times \left\{ \begin{bmatrix} R_{2,1} \\ R_{3,1} \end{bmatrix} R_1 + \frac{1}{2}\begin{bmatrix} R_{2,1}{}^2 - K_2 + K_1 \\ R_{3,1}{}^2 - K_3 + K_1 \end{bmatrix} \right\} \qquad (2.10)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} K_1 &= X_1{}^2 + Y_1{}^2 \\ K_2 &= X_2{}^2 + Y_2{}^2 \\ K_3 &= X_3{}^2 + Y_3{}^2 \end{aligned} \qquad (2.11)$$

เราสามารถทำการหาค่า X และ Y ในเทอมของ R_1 ได้โดยการแทนค่าของ X และ Y ในสมการ (2.11) ไปแทนค่าในสมการ (2.10) และจัดรูปแบบสมการในเทอมของ R_1 ในรูปแบบของสมการกำลังสอง ดังสมการ (2.12)

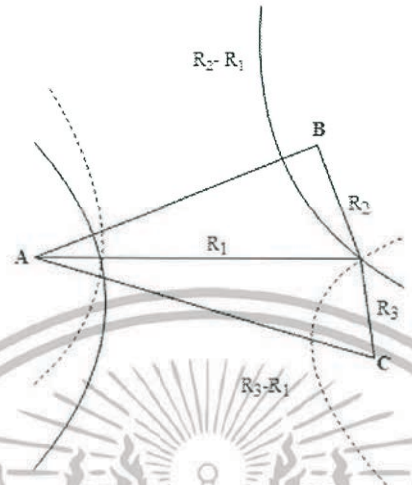
$$aR_1{}^2 + bR_1 + c \qquad (2.12)$$

สามารถหาคำตอบของสมการ (2.12) ตามสูตรได้เป็นสมการ (2.13)

$$R_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \qquad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้รากของสมการเพียงค่าเดียวเนื่องจาก R_1 เป็นระยะห่างระหว่างเป้าหมายกับโหนดอ้างอิงที่ 1 ทำให้รากของสมการมีค่าเป็นบวกเพียงค่าเดียวแล้วนำค่าที่ได้ไปแทนค่าในสมการ (2.10)



รูปที่ 2.11 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของการมาถึง [9]

2.5.3 การระบุตำแหน่งโดยใช้มุม (Angle of Arrival: AOA)

การระบุตำแหน่งโดยใช้มุมเป็นเทคนิคการระบุตำแหน่งโดยใช้คามุมของสัญญาณที่เป้าหมายได้รับสามารถค้นหาตำแหน่งของเป้าหมายโดยอาศัยค่ามุมที่เป้าหมายได้รับสัญญาณจากโหนดอ้างอิงจำนวน 2 มุม นำมุมที่ได้รับมาสร้างสมการเส้นตรงเพื่อระบุตำแหน่งของเป้าหมายได้ดังสมการ (2.14) และสมการ (2.15)

$$(y - y_i) = \tan(\theta_i)(x - x_i) \tag{2.14}$$

$$(y - y_j) = \tan(\theta_j)(x - x_j) \tag{2.15}$$

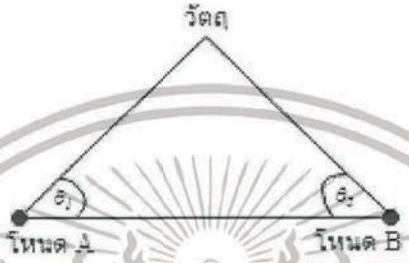
โดยที่

$$\theta_i = tan^{-1}(\frac{y_i - y}{x_i - x}) \tag{2.16}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta_j = tan^{-1}(\frac{y_j - y}{x_j - x}) \quad (2.17)$$

และ (x, y) เป็นพิกัดของเป้าหมายที่ต้องการทราบ
(x_i, y_i) เป็นพิกัดของโหนดอ้างอิงบนจุดที่ i
(x_j, y_j) เป็นพิกัดของโหนดอ้างอิงบนจุดที่ j



รูปที่ 2.12 การระบุตำแหน่งโดยใช้มุม [9]

จากรูปที่ 2.12 แสดงวิธีการวัดมุมจากทิศทางของสัญญาณคือต้องการจำนวนโหนดจำนวนเพียง 2 โหนดเพื่อการคำนวณตำแหน่งซึ่งน้อยกว่าวิธีการคำนวณตำแหน่งด้วยวิธีอ้างอิงจากเวลาของการมาถึง โดยวิธีอ้างอิงจากความแตกต่างของเวลาของสัญญาณที่มาถึงจะต้องมีจำนวนโหนดอ้างอิงอย่างน้อยจำนวน 3 โหนดขึ้นไป แต่ข้อเสียของการระบุตำแหน่งด้วยวิธีนี้คือการเกิดเส้นทางของสัญญาณหรือการขาดเส้นทางในแนวเส้นสายตา (Line of Sign: LOS) ที่ส่งผลต่อการวัดมุมที่ผิดพลาดมากยิ่งขึ้นและการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการปรับแต่งเสาอากาศเพื่อให้วัดค่าได้อย่างถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ

2.6 การระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากค่าความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Algorithm)

เป็นหนึ่งในวิธีการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งของเป้าหมายบนพื้นฐานของการคำนวณระยะทางซึ่งสามารหาได้โดยสมการ (2.18)

$$RSSI = -10(n)\log(d) + A \quad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

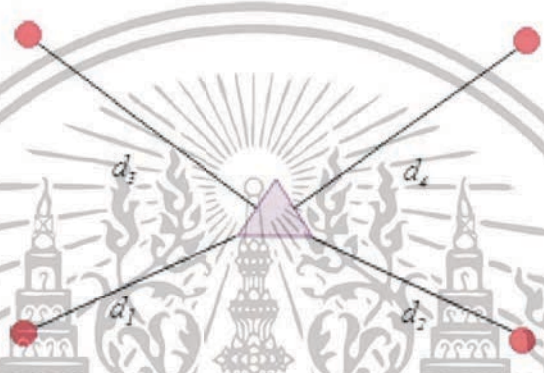
โดยที่ $RSSI$ คือระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ มีหน่วยเป็น เดซิเบลมิลลิวัตต์ (dBm)

n คือค่าคงที่การกระจายสัญญาณของตัวส่งสัญญาณ

d คือระยะห่างระหว่างตัวรับกับตัวส่งสัญญาณ มีหน่วยเป็น เมตร

A คือค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับใน 1 เมตร

จากสมการ (2.18) ถ้าค่าระยะทางมีค่าเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลให้ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับมีค่าลดลงจึงสามารถนำความสัมพันธ์นี้ไปประยุกต์ใช้สำหรับการระบุตำแหน่งของเป้าหมาย แสดงการหาระยะทางระหว่างโหนดอ้างอิงกับเป้าหมายได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การหาระยะห่างระหว่างโหนดอ้างอิงกับเป้าหมาย [9]

เมื่อคำนวณหาระยะห่างระหว่างเป้าหมายกับโหนดอ้างอิงได้แล้วจะนำเข้าสู่สมการของการระบุตำแหน่งโดยอ้างอิงจากค่าความเป็นไปได้สูงสุด สามารถทำการแปลงให้อยู่ในรูปของพิกัดคาร์ทีเซียนดังสมการ (2.19)

$$\begin{aligned}(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 &= d_1^2 \\ (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 &= d_2^2 \\ &\vdots \\ (x_n - x)^2 + (y_n - y)^2 &= d_n^2\end{aligned} \tag{2.19}$$

สามารถจัดรูปแบบได้ดังสมการ (2.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{cases} x^2 - x_n^2 - 2(x_1 - x_n)x + y_1^2 \\ -y_n^2 - 2(y_1 - y_n)y = d_1^2 + d_n^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 - 2(x_{n-1} - x_n)x + y_{n-1}^2 \\ -y_n^2 - 2(y_{n-1} - y_n)y = d_{n-1}^2 + d_n^2 \end{cases} \tag{2.20}$$

โดยที่ x_n และ y_n เป็นตำแหน่งในแกน x และแกน y ของโหนดอ้างอิงใด ๆ และ y เป็นตำแหน่งในแกน x และแกน y ของโหนดเป้าหมาย และทำการจัดรูปให้อยู่ในรูปของสมการ (2.21)

$$Xb = a \tag{2.21}$$

เมื่อ

$$x = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_n) & 2(y_1 - y_n) \\ \vdots & \vdots \\ 2(x_{n-1} - x_n) & 2(y_{n-1} - y_n) \end{bmatrix} \tag{2.22}$$

$$a = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_n^2 + y_1^2 - y_n^2 - d_1^2 + d_n^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - y_n^2 - d_{n1}^2 + d_n^2 \end{bmatrix} \tag{2.23}$$

และ

$$b = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.24}$$

โดยสามารถหาค่า b ได้จากสมการ (2.25)

$$\hat{b} = \begin{bmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} X^T a \tag{2.25}$$

2.7 การระบุตำแหน่งโดยวิธีมินแมกซ์ (Min-Max Algorithm)

การระบุตำแหน่งโดยวิธีมินแมกซ์เป็นหนึ่งในวิธีการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งบนพื้นฐานของการคำนวณระยะทางซึ่งสามารถหาได้โดยสมการ (2.18) เมื่อคำนวณหาระยะทางระหว่างเป้าหมายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

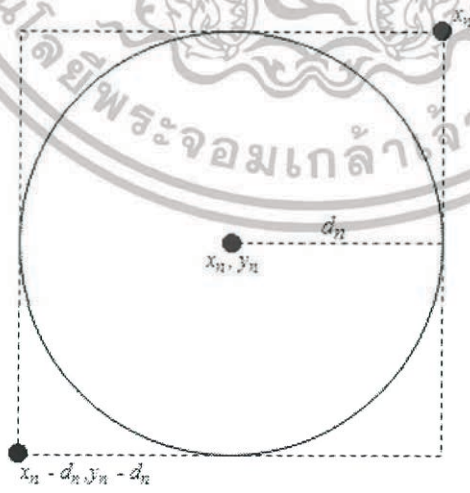
โหนดอ้างอิงได้แล้วจะนำค่าที่ได้ไปหาค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดของทุก ๆ โหนดอ้างอิงดังสมการ (2.26), (2.27), (2.28) และ (2.29) ซึ่งแสดงการหาค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดระหว่างโหนดอ้างอิงดังรูปที่ 2.14

$$x_{max} = \begin{bmatrix} x_{1max} = x_1 + d_1 \\ x_{2max} = x_2 + d_2 \\ \vdots \\ x_{nmax} = x_n + d_n \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

$$y_{max} = \begin{bmatrix} y_{1max} = y_1 + d_1 \\ y_{2max} = y_2 + d_2 \\ \vdots \\ y_{nmax} = y_n + d_n \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

$$x_{min} = \begin{bmatrix} x_{1min} = x_1 - d_1 \\ x_{2min} = x_2 - d_2 \\ \vdots \\ x_{nmin} = x_n - d_n \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

$$y_{min} = \begin{bmatrix} y_{1min} = y_1 + d_1 \\ y_{2min} = y_2 + d_2 \\ \vdots \\ y_{nmin} = y_n + d_n \end{bmatrix} \quad (2.29)$$



รูปที่ 2.14 การหาค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดระหว่างโหนดอ้างอิง [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาจะนำค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดไปหาค่าที่น้อยที่สุดของค่าที่มากที่สุดของพิกัด และหาค่าที่มากที่สุดของค่าที่น้อยที่สุดของพิกัดดังสมการ (2.30), (2.31), (2.32) และ (2.33) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.15

$$x_{min-max} = min(x_{max}) \tag{2.30}$$

$$x_{max-min} = max(x_{min}) \tag{2.31}$$

$$y_{min-max} = min(x_{max}) \tag{2.32}$$

$$y_{max-min} = max(x_{min}) \tag{2.33}$$

สามารถประมาณค่าพิกัดได้ดังสมการ (2.34)

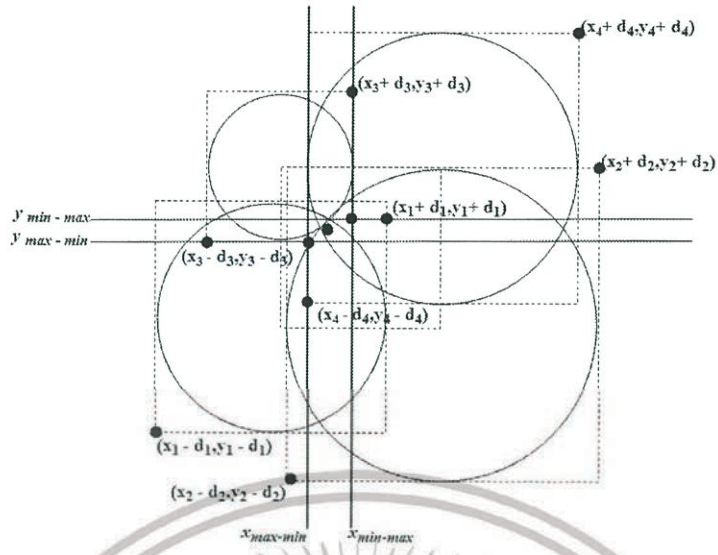
$$\mathrm{x} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \tag{2.34}$$

โดยที่ X และ Y มีค่าดังสมการ (2.35) และ (2.36)

$$\mathrm{x} = \frac{(x_{min-max} + x_{max-min})}{2} \tag{2.35}$$

$$y = \frac{(y_{min-max} + y_{max-min})}{2} \tag{2.36}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้วิธีมินแมกซ์ [9]

2.8 การระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์

เทคโนโลยีการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยอาศัยระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับเป็นการใช้ประโยชน์จากคลื่นความถี่วิทยุในการประมาณค่าระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตัวส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ตัวรับสัญญาณ เนื่องจากรูปแบบการสื่อสารเป็นการสื่อสารแบบไร้สายแม้ว่าระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตัวรับกับอุปกรณ์ตัวส่งจะเพิ่มขึ้นก็ไม่เป็นจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มสำหรับอุปกรณ์เสริมเพราะการระบุตำแหน่งสามารถทำงานได้อย่างปกติ เทคโนโลยีการระบุตำแหน่งเป้าหมายโดยอาศัยระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับจึงเป็นวิธีพื้นฐานที่สะดวก และประหยัดค่าใช้จ่าย

ในทางปฏิบัติสภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อการสื่อสารด้วยคลื่นความถี่วิทยุส่งผลกระทบต่อสัญญาณในลักษณะต่าง ๆ เช่น การสะท้อน มัลติปาธ การลดทอนหรือระดับกำลังส่งของเสาสัญญาณฝั่งส่งเป็นเหตุให้ผลลัพธ์ของการระบุตำแหน่งเกิดความผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญขึ้น ดังนั้นการนำเทคนิคพื้นฐานของฟิงเกอร์ปริ้นท์มาช่วยในการประมวลผลจึงเป็นการเพิ่มความแม่นยำให้กับการระบุตำแหน่ง

เริ่มต้นด้วยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วน ๆ แล้วทำการเก็บค่าความเข้มของสัญญาณที่อุปกรณ์ตัวรับสามารถตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตัวส่ง ในที่นี้คือแหล่งจ่ายสัญญาณวายฟายหรือแอคเซสพอยต์ เก็บค่าทุกพื้นที่ย่อยไว้ในฐานข้อมูล ผลลัพธ์ของการระบุตำแหน่งได้มาจากการเปรียบเทียบค่าความเข้มของสัญญาณได้ที่รับระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้จากการสำรวจกับค่าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ

ในการสื่อสารระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับนั้นจะวัดจากระดับพลังงานของสัญญาณจากอุปกรณ์ฝั่งส่งที่อุปกรณ์ฝั่งรับได้รับ โดยที่ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับจะมีหน่วยที่ใช้กันส่วนใหญ่คือเดซิเบล (decibel: dB) หรือเดซิเบลมิลลิวัตต์ (decibel-milliwatts: dBm) โดยอ้างอิงที่ระดับมิลลิวัตต์ที่ 0 เดซิเบลมิลลิวัตต์จะมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิวัตต์ สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$x = 10\log\left(\frac{P}{1mW}\right) \tag{2.37}$$

$$P = 1mW * 10^{\left(\frac{x}{10}\right)} \tag{2.38}$$

โดยที่ X คือ ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ มีหน่วยเป็นเดซิเบลมิลลิวัตต์

P คือ กำลังไฟฟ้า ในหน่วยวัตต์

การระบุตำแหน่งนิยมใช้ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในการอ้างอิงตำแหน่งของเป้าหมาย โดยเปรียบเทียบกับโหนดอ้างอิง ตามคุณลักษณะของสัญญาณโดยทั่วไปเมื่อระยะทางระหว่างตัวรับกับตัวส่งห่างออกไปจะทำให้ระดับความเข้มของสัญญาณที่ตัวรับวัดได้ก็จะมีค่าลดลง นอกจากระยะห่างแล้วสภาพแวดล้อมก็มีผลต่อระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับเช่นกันส่งผลให้เกิดความผิดพลาดเมื่อทำการตรวจวัด ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุจากกรณีดังต่อไปนี้

- การแผ่ของสัญญาณไม่เป็นเส้นตรง มักเกิดจากสิ่งกีดขวางทางกายภาพ เช่น อาคาร ต้นไม้ ภูเขา และระยะทางที่เพิ่มมากขึ้นก็ส่งผลให้เส้นทางของการสื่อสารมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงมากขึ้น
- การรบกวนของสัญญาณในการเข้าถึงแบบหลายทาง (Multiple Access Interference) เป็นปัญหาที่มักพบในเทคนิคการเข้าถึงแบบหลายทางของระบบสื่อสารโทรคมนาคมในรูปแบบของรหัส (Code division multiple access: CDMA) เกิดจากสัญญาณจากอุปกรณ์ที่มีกำลังส่งสูงกว่าไปรบกวนสัญญาณจากอุปกรณ์ที่มีกำลังส่งต่ำกว่า
- การแผ่ของสัญญาณถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอก เช่น แรงลม อุณหภูมิ หรือค่าความชื้นในอากาศ เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นเมื่อระยะทางมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean distance, Euclidean metric)

ระยะทางแบบยุคลิดคือระยะทางปกติระหว่างจุดสองจุดในแนวเส้นตรงซึ่งอาจสามารถวัดได้ด้วยไม้บรรทัดมีที่มาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส เหตุที่เรียกว่า “แบบยุคลิด” เนื่องจากเป็นการวัดระยะทางในปริภูมิแบบยุคลิด (หรือแม้แต่ปริภูมิผลคูณภายใน) คือไม่มีความโค้ง ไม่สามารถทำให้โค้งงอ และการใช้สูตรนี้วัดระยะทางทำให้กลายเป็นปริภูมิอิงระยะทางค่าประจำ (Norm) ที่เกี่ยวข้องก็จะเรียกว่าเป็นค่าประจำแบบยุคลิด (Euclidean norm) เช่นกัน

ระยะทางแบบยุคลิดระหว่างจุดสองจุด p และ q คือความยาวของส่วนของเส้นตรง $\overline{pq}$ ถ้า $p = p_1, p_2, \dots, p_n$ และ $q = q_1, q_2, \dots, q_n$ ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนเป็นจุดสองจุดบนปริภูมิยุคลิด n มิติ ระยะทางระหว่างจุด p กับ q คำนวณได้จาก

$$d(p,q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \cdots + (p_n - q_n)^2} \qquad (2.39)$$

2.8.3 การระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์

เป็นเทคนิคสำหรับการระบุตำแหน่งของเป้าหมายที่ใช้ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับประกอบกับการประมวลผลด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ เทคนิคนี้ประกอบไปด้วยสองขั้นตอน

ขั้นตอนแรก ทำการแบ่งพื้นที่ที่สนใจทำการทดลองออกเป็นส่วน ๆ แล้ววัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในทุกพื้นที่ย่อยดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1 จากนั้นนำไปเก็บในฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเปรียบเทียบกับระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับของเป้าหมาย สำหรับกรณีที่พื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่ภายในอาคาร การตรวจวัดค่าความเข้มของสัญญาณเพียงหนึ่งครั้งต่อหนึ่งพื้นที่ย่อยอาจไม่เพียงพอที่จะเป็นฐานข้อมูลเพื่อการอ้างอิงเปรียบเทียบที่ละเอียดหรือแม่นยำพอ สำหรับพื้นที่ภายในอาคารนิยมใช้ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับเป็นฐานข้อมูล ความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลแปรผันตรงกับจำนวนรอบในการตรวจวัด กล่าวคือยิ่งค่าเฉลี่ยนั้นมีจำนวนรอบในการตรวจวัดมากเท่าไหร่ ความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลยิ่งมากขึ้น แสดงได้ด้วยตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ผลการวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับโดยอ้างอิงกับแอคเซสพอยต์ n จุด ใน m ตำแหน่ง

ตำแหน่ง	พิกัด	ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ
1	(x_1, y_1)	$\{RSSI_{11}, RSSI_{12}, \cdots, RSSI_{1n}\}$
2	(x_2, y_2)	$\{RSSI_{21}, RSSI_{22}, \cdots, RSSI_{2n}\}$
⋮	⋮	⋮
m	(x_m, y_m)	$\{RSSI_{m1}, RSSI_{m2}, \cdots, RSSI_{mn}\}$

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยจำนวน k ครั้งของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับโดยอ้างอิงกับแอคเซสพอยต์ n จุด ใน m ตำแหน่ง

ตำแหน่ง	พิกัด	ค่าเฉลี่ยจำนวน k ครั้งของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ
1	(x_1, y_1)	$\{RSSI_{11}, RSSI_{12}, \cdots, RSSI_{1n}\}$
2	(x_2, y_2)	$\{RSSI_{21}, RSSI_{22}, \cdots, RSSI_{2n}\}$
⋮	⋮	⋮
m	(x_m, y_m)	$\{RSSI_{m1}, RSSI_{m2}, \cdots, RSSI_{mn}\}$

ขั้นตอนที่สอง เมื่อเรามีฐานข้อมูลที่แม่นยำ และน่าเชื่อถือแล้วต่อไปคือการประมวลผลเพื่อระบุตำแหน่งของเป้าหมายโดยการเปรียบเทียบระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับของเป้าหมายกับระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในฐานข้อมูลสามารถประมวลผลด้วยอัลกอริทึมได้หลากหลายรูปแบบ ในปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้การหาระยะทางแบบยุคลิดสำหรับการเปรียบเทียบระยะทางระหว่างระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับจากเป้าหมาย กับค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณทุกตำแหน่งในฐานข้อมูลจากขั้นตอนที่หนึ่ง ตำแหน่งใด ๆ ในฐานข้อมูลอ้างอิงที่ให้ค่าระยะทางสั้นที่สุดคือผลลัพธ์ของการระบุตำแหน่ง

$$obs = \{RSSI_{obs1}, RSSI_{obs2}, \cdots, RSSI_{obs\,n}\} \tag{2.40}$$

โดยที่ obs คือระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับของเป้าหมายอ้างอิงกับแอคเซสพอยต์จำนวน n จุด จากสมการที่ 2.39 เราจะนำค่านี้ไปหาระยะทางแบบยุคลิดกับตารางที่ 2.2 จะได้

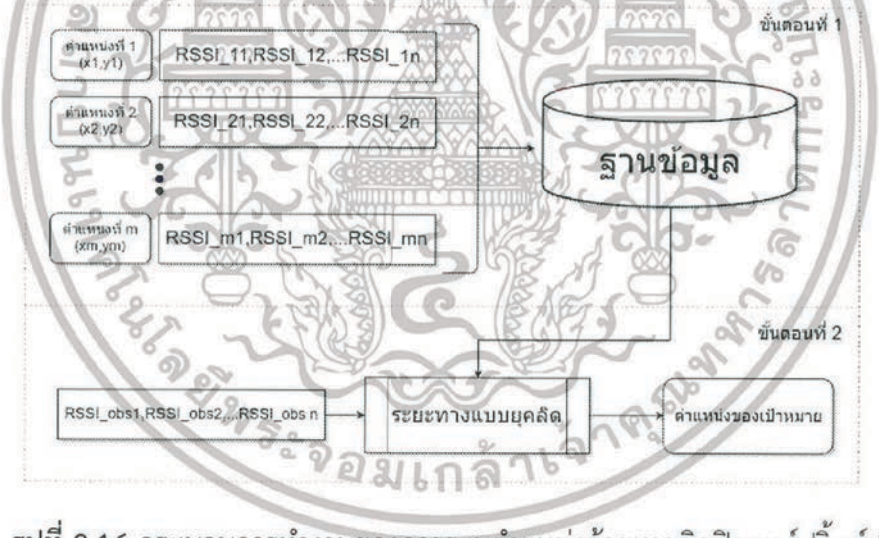
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$ED(1) = \sqrt{(RSSI_{obs1} - RSSI_{11})^2 + (RSSI_{obs2} - RSSI_{12})^2 + \cdots + (RSSI_{obs\,n} - RSSI_{1n})^2}$$
$$ED(2) = \sqrt{(RSSI_{obs1} - RSSI_{21})^2 + (RSSI_{obs2} - RSSI_{22})^2 + \cdots + (RSSI_{obs\,n} - RSSI_{2n})^2}$$
$$\vdots$$
$$ED(m) = \sqrt{(RSSI_{obs1} - RSSI_{m1})^2 + (RSSI_{obs2} - RSSI_{m2})^2 + \cdots + (RSSI_{obs\,n} - RSSI_{mn})^2}$$

โดยที่ $ED(m)$ คือผลลัพธ์จากการคำนวณหาระยะทางแบบยุคลิดระหว่างระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับของเป้าหมายกับค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในตำแหน่งที่ m จะได้เซตของผลลัพธ์จากการคำนวณระยะทางแบบยุคลิดดังนี้

$$\mathrm{ED} = \{\mathrm{ED}(1), \mathrm{ED}(2), \cdots, \mathrm{ED}(\mathrm{m})\} \tag{2.41}$$

ตำแหน่งที่ให้ผลลัพธ์ของการคำนวณเป็นค่าน้อยที่สุดภายในเซต ED ตำแหน่งนั้นคือผลลัพธ์ของการระบุตำแหน่งเป้าหมาย กระบวนการทั้งหมดสามารถแสดงด้วยภาพที่ 2.16



รูปที่ 2.16 กระบวนการทำงานของการระบุตำแหน่งด้วยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ [17]

2.9 รีแอคเนทีฟ

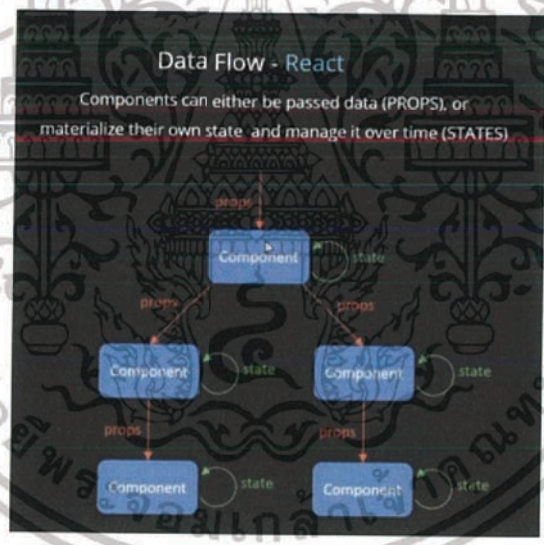
รีแอคเนทีฟเป็นโครงร่างซอฟต์แวร์จาวาสคริปต์ (JavaScript framework) ที่พัฒนาโดยเฟสบุ๊ค (Facebook) ช่วยให้เราสร้างแอพพลิเคชั่นบนมือถือ (Mobile application) ที่สามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS) และแอนดรอยด์ (Android) โดยมีพื้นฐานมาจากจาวาสคริปต์สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User interfaces: UI) ในการพัฒนาเว็บไซต์ ดังนั้นรีแอคเนทีฟจึงมีลักษณะโครงสร้างของภาษาที่คล้ายกับการพัฒนาเว็บไซต์ส่งผลให้ผู้ที่มีพื้นฐานในการพัฒนาเว็บไซต์อยู่แล้วสามารถพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนมือถือได้สะดวกยิ่งขึ้น

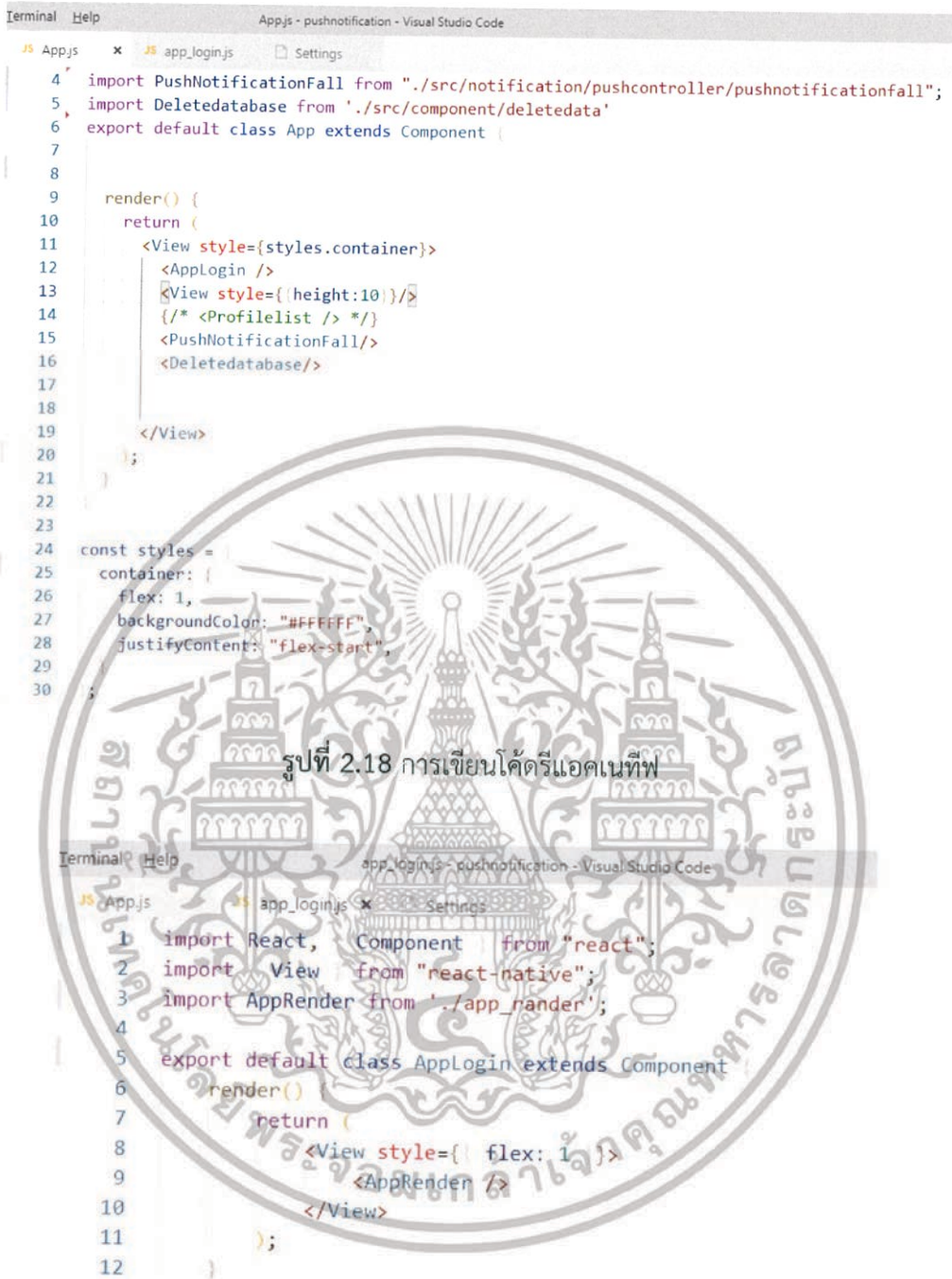
2.9.1 ลักษณะการทำงานของรีแอคเนทีฟ

ลักษณะในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นนั้นจะใช้จาวาสคริปต์ในการสร้างฟังก์ชันต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะการเขียนคล้ายกับภาษาเอชทีเอ็มแอล (Hypertext Markup Language: HTML) โดยเราจะเรียกคลาสแอพ (App) จากรูปที่ 2.18 ว่าคอมโพเนนต์ (Component) ภายในหนึ่งคลาสสามารถมีกี่คอมโพเนนต์ก็ได้ โดยจะมีพร็อพซ์ (Props) หรือเรียกว่าลูก (Child) ทำหน้าที่เป็นพารามิเตอร์ที่ถูกเรียกใช้งานระหว่างคอมโพเนนต์ต่าง ๆ โดยพร็อพซ์เปรียบเสมือนตัวกำหนดรูปแบบของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้หรือฟังก์ชันภายใต้คอมโพเนนต์ จากรูปจะพบว่าพร็อพซ์มีชื่อว่า AppLogin ภายใต้คลาสแอพซึ่งอยู่ภายในเมธอด render() เพื่อนำไปแสดงผลต่อไป



รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างพร็อพซ์และคอมโพเนนต์ [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



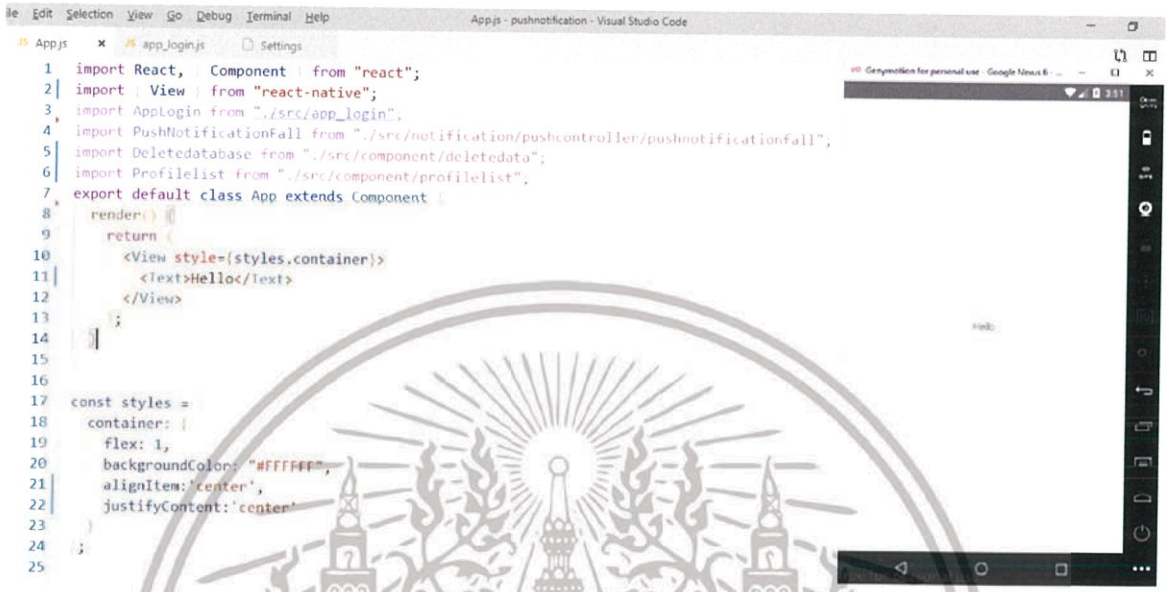
รูปที่ 2.18 การเขียนโค้ดรีแอคเนทีฟ



รูปที่ 2.19 พร็อพซ์ AppReander อยู่ภายใต้คอมโพเนนต์ AppLogin

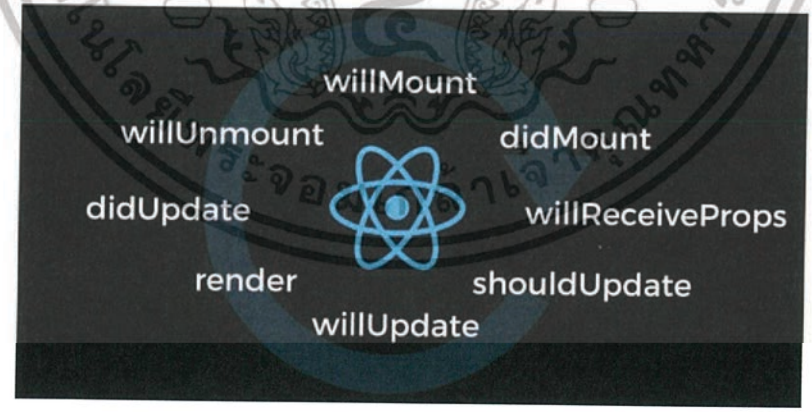
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเป็นตัวอย่างโค้ดพื้นฐานโดยจะเห็นว่ารูปแบบของโครงสร้างภาษานั้นค่อนข้างคล้ายการเขียนเว็บไซต์มาก



รูปที่ 2.20 การประมวลผล (Complie) คลาสที่ชื่อว่า ReactNative ผ่านโปรแกรมจำลองเครื่องจักรเสมือน (Emulator)

2.9.2 วงจรของรีแอคเนทีฟ



รูปที่ 2.21 วงจรของรีแอคเนทีฟ [13]

1. Constructor (): เมธอดนี้ถูกใช้เพื่อกำหนดค่าสภาวะ (State) แรกเริ่มของคอมโพเนนต์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. componentWillMount (): ถูกเรียกใช้หลังจาก Constructor () มักจะถูกใช้ในการอะซิงโครนัส (Asynchronous) ฟังก์ชันหรือเรียกใช้ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface: Api) จากรีแอคเนทีฟ
3. render (): เป็นเมธอดที่รวบรวมนำคลาสต่าง ๆ ที่มีอยู่มาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อแสดงผลให้ออกมาเป็นเว็บหรือแอพพลิเคชั่นตามที่ได้ออกแบบไว้
4. componentDidMount (): ทำงานหลังจาก render () จะถูกใช้เมื่อแอพพลิเคชั่นมีการเรียกใช้ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบเจซัน (Json) จากเว็บ เช่น การดึงรายชื่อต่าง ๆ จากเซิร์ฟเวอร์มาแสดงผลในแอพพลิเคชั่น หรือการสมัครสมาชิกผ่านแอพพลิเคชั่นก็จะทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของเจซันเพื่อเก็บบนเซิร์ฟเวอร์
5. componentWillReceiveProps (): เมื่อคอมโพเนนต์รับพร็อพซ์จากคลาสแม่ (Parent class) เมธอดนี้จึงจะถูกเรียกใช้งาน ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเดิมกับค่าใหม่ และอัปเดตสถานะตามค่าใหม่ที่ได้รับ
6. shouldComponentUpdate (): เมธอดนี้จะทำงานทุกครั้งก่อนที่แอพพลิเคชั่นมีการเริ่มทำการแสดงผลใหม่อีกครั้ง สามารถหยุดการเริ่มต้นการแสดงผลอีกครั้งได้โดยการใส่ค่า False ภายในฟังก์ชันได้
7. componentWillUpdate (): ฟังก์ชั่นจะถูกเรียกใช้ก่อนที่จะมีกระบวนการแสดงผลใหม่ ใช้เพื่อรับค่าพร็อพซ์ที่อัปเดตใหม่ และไม่สามารถใช้ร่วมกับคำสั่ง this.setState ({}) ได้
8. componentDidUpdate (): เมธอดนี้จะถูกเรียกหลักจากที่มีการอัปเดตค่าพร็อพซ์ ทำงานเมื่อส่วนต่อประสานกับผู้ใช้มีการอัปเดตข้อมูลใหม่เข้ามาในแอพพลิเคชั่น
9. componentWillUnmount (): ฟังก์ชันจะถูกเรียกใช้หลังจากคอมโพเนนต์ถูกนำออกหรือถูกทำลาย ซึ่งผู้พัฒนาสามารถที่จะลบการทำงาน หยุดการรับค่าจากเน็ตเวิร์ค รวมถึงล้างฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆภายในแอพพลิเคชั่นก่อนหน้านี้ได้

2.9.3 มาตรฐานอีซีเอ็มเอสคริปต์ 2015 (ECMAScript 2015: ES6)

มาตรฐานอีซีเอ็มเอสคริปต์ 2015 เป็นมาตรฐานของภาษาจาวาสคริปต์ที่ถูกกำหนดขึ้นในปีคริสตศักราช 2015 เป็นการปรับปรุงตัวภาษาใหม่ช่วยให้เขียนได้สะดวกยิ่งขึ้น มีวากยสัมพันธ์ (Syntax) ที่ใช้งานง่ายขึ้น

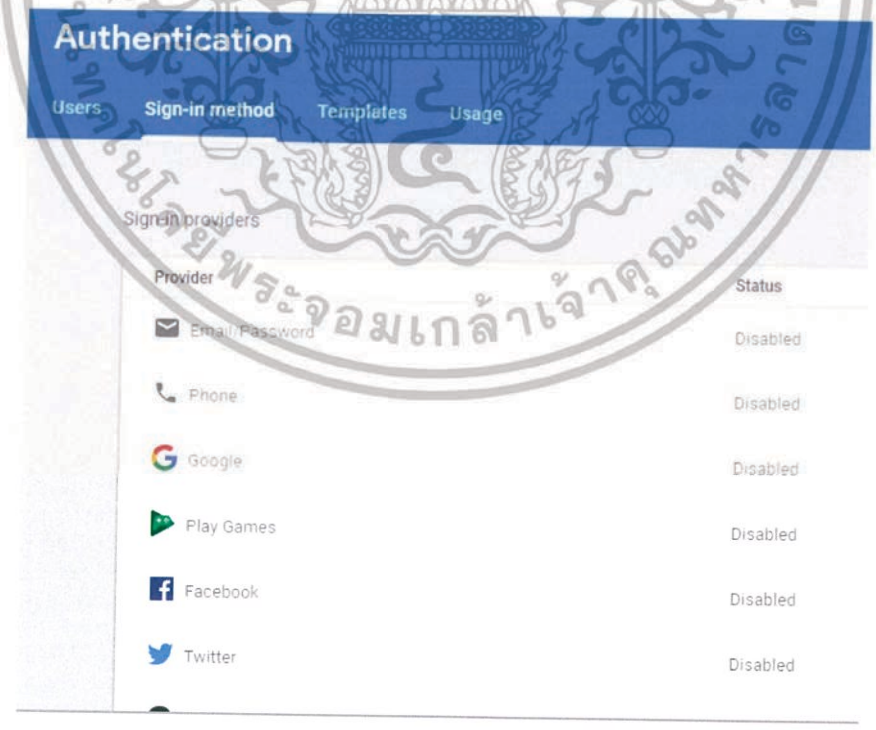
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ไฟร์เบส

บริการไฟร์เบสถูกออกแบบมาเพื่อเป็นส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ และแหล่งเก็บข้อมูลบนก้อนเมฆสำหรับพัฒนาแอพพลิเคชั่นแบบเวลาจริง (Realtime Application) รองรับหลายระบบปฏิบัติการแอพพลิเคชั่นไอโอเอส แอพพลิเคชั่นแอนดรอยด์ และแอพพลิเคชั่นบนเว็บ โดยไฟร์เบสเป็นฐานข้อมูลแบบเวลาจริงซึ่งมีส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถจัดเก็บ และเชื่อมต่อข้อมูลได้สะดวก กูเกิลได้ซื้อกิจการไฟร์เบส และมีการพัฒนาจากการให้บริการระบบจัดการเว็บไซต์ (Back-end) เพื่อเก็บข้อมูลเพียงอย่างเดียวมาเป็นระบบปฏิบัติการครบวงจรสำหรับนักพัฒนาแอพพลิเคชั่นรองรับบริการแทบทุกอย่างที่นักพัฒนาแอพพลิเคชั่นต้องใช้งาน

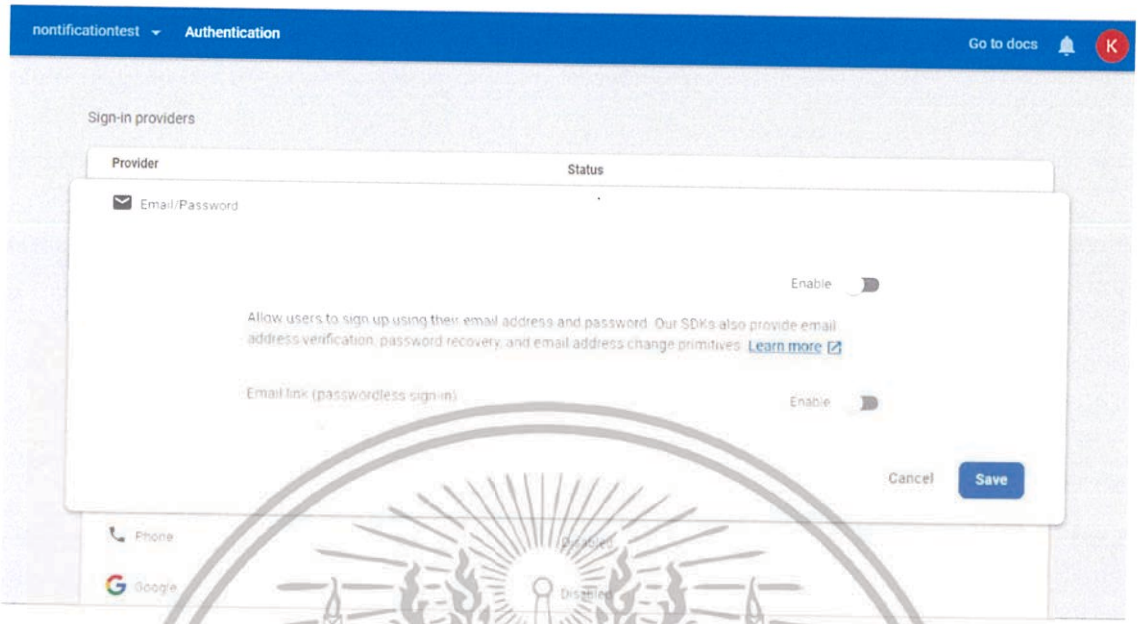
2.10.1 บริการของไฟร์เบสที่ใช้ในโครงงาน

ฐานข้อมูลแบบเวลาจริง (Realtime Database) เก็บ และเชื่อมต่อข้อมูลกับอุปกรณ์แบบเวลาจริง โดยจะอัปเดตข้อมูลกับอุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อกับในหน่วยเวลามิลลิวินาที และข้อมูลพร้อมส่งตลอดเวลาถึงแม้ว่าอุปกรณ์จะอยู่ในสถานะที่ไม่สามารถติดต่อได้การพิสูจน์ความแท้จริง (Authentications) ให้บริการในการดูแลความปลอดภัยของผู้ใช้บริการ รองรับรูปแบบการพิสูจน์ความแท้จริงหลายรูปแบบ อาทิเช่น อีเมลล์ เฟสบุ๊ค หรือโทรศัพท์ เป็นต้น ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 รูปแบบการพิสูจน์ความแท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 กำหนดรูปแบบการพิสูจน์ความแท้จริงของผู้ใช้งานเป็นอีเมลล์

2.11 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32

อีเอสพีไอโน่ 32 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมโมดูลสื่อสารแลนไร้สาย และบลูทูธ ใช้ชิพอีเอสพี 32 2.4 จิกะเฮิรตซ์ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต มีความเร็วสูงสุด 240 เมกะเฮิรตซ์ จำนวน 2 คอร์ พร้อมหน่วยความจำสแตติกแรม (SRAM) ขนาด 520 กิโลไบต์ และหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash memory) ขนาด 4 เมกะไบต์ รองรับการเชื่อมต่อไวเลสแลนที่ความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ตามมาตรฐานไอทริปเปิลอี 802.11 บี จี และเอ็น และบลูทูธโหมดคู่ (Dual Mode Bluetooth) พร้อมอินเตอร์เฟสเอนกประสงค์ (GPIO) สามารถพัฒนาโปรแกรมบนแพลตฟอร์มอาดุยโน่ (Arduino) โดยเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์แล้วโปรแกรมตัวบอร์ดผ่านอาดุยโน่ไอดีอีได้พร้อมวงจรอัพโหลดอัตโนมัติ บอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 นั้นเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนางานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งซึ่งเป็นอุปกรณ์ปลายทางเพื่ออ่านค่าจากเซ็นเซอร์หรือส่งค่าควบคุมไปยังอุปกรณ์ผ่านวายฟาย หรือบลูทูธ

2.11.1 คุณสมบัติของโมดูลอีเอสพีดับเบิลยูอาร์โอโอเอ็ม 32 (ESP-WROOM-32)

วายฟาย

- ช่วงความถี่การทำงาน 2.4 – 2.5 จิกะเฮิรตซ์
- รองรับเกณฑ์วิธี (Protocol) 802.11 บี จี และเอ็น
- รองรับช่วงเวลาป้องกัน (Guard interval) ขนาด 0.4 ไมโครวินาทีบลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รองรับเกณฑ์วิธีบลูทูธ 4.2 บีอาร์ อีดีอาร์ และบีแอลอี
- มีความไวในการรับสัญญาณที่ -98 เดซิเบลมิลลิวัตต์
- รองรับการส่งสัญญาณในระดับคลาส 1, 2 และ 3

ฮาร์ดแวร์

- รองรับหลายอินเตอร์เฟส
- มีเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบฮอลล์ (Hall Sensor) และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ
- แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.3 ถึง 3.6 โวลต์
- กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยในการทำงาน 80 มิลลิแอมป์

ซอฟต์แวร์

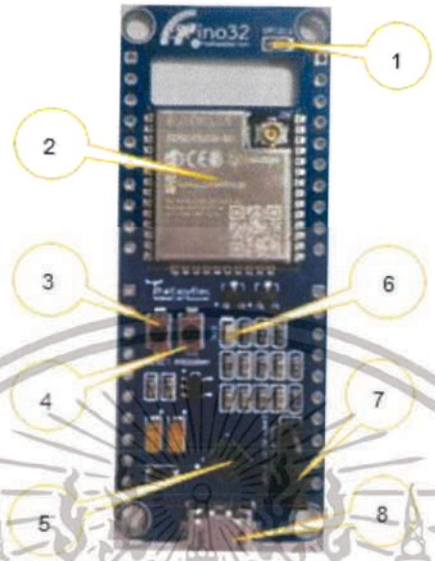
- รองรับวายฟายในโหมดการทำงานแบบสถานี (Station) แบบซอฟต์แอคเซสพอยต์ (Soft-AP) แบบสถานีพร้อมกับเป็นซอฟต์แอคเซสพอยต์ และแบบจุดต่อจุด
- รองรับมาตรฐานความปลอดภัย และการเข้ารหัส

2.11.2 คุณสมบัติของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32

- ใช้โมดูลอีเอสพีดับเบิลยูอาร์โอโอเอ็ม 32
- ใช้ชิพอีเอสพี 32 ในความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ วายฟาย และบลูทูธ
- มีวงจรสำหรับโปรแกรม และสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของบอร์ด
- ใช้ไฟเลี้ยงผ่านพอร์ตไมโครยูเอสบี (Micro USB) พร้อมวงจรรักษาระดับแรงดันเพื่อเป็นแหล่งจ่ายอุปกรณ์บนบอร์ด
- สามารถเขียนโปรแกรม และอัพโหลดผ่านอาดุยโนโอดีอีได้โดยไม่ต้องกดสวิตช์
- มีหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) เชื่อมต่อกับอินเตอร์เฟสเอนกประสงค์ขาที่ 16 สำหรับผู้ใช้สั่งแสดงสถานะตามต้องการ
- มีคอนเนคเตอร์ตัวผู้แถวเดี่ยว 10 ขา จำนวน 4 แถว แยกเป็นสองฝั่ง ฝั่งละ 2 แถว สามารถเสียบลงบนบอร์ดทดลอง (Breadboard) ได้ใช้ความยาว 21 ช่อง (เว้นช่องว่างระหว่างแถวฝั่งละ 1 ช่อง) เป็นขา เชื่อมต่อต่าง ๆ
- ขนาดของบอร์ดกว้าง 25.4 มิลลิเมตร และยาว 65 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 ส่วนประกอบของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู

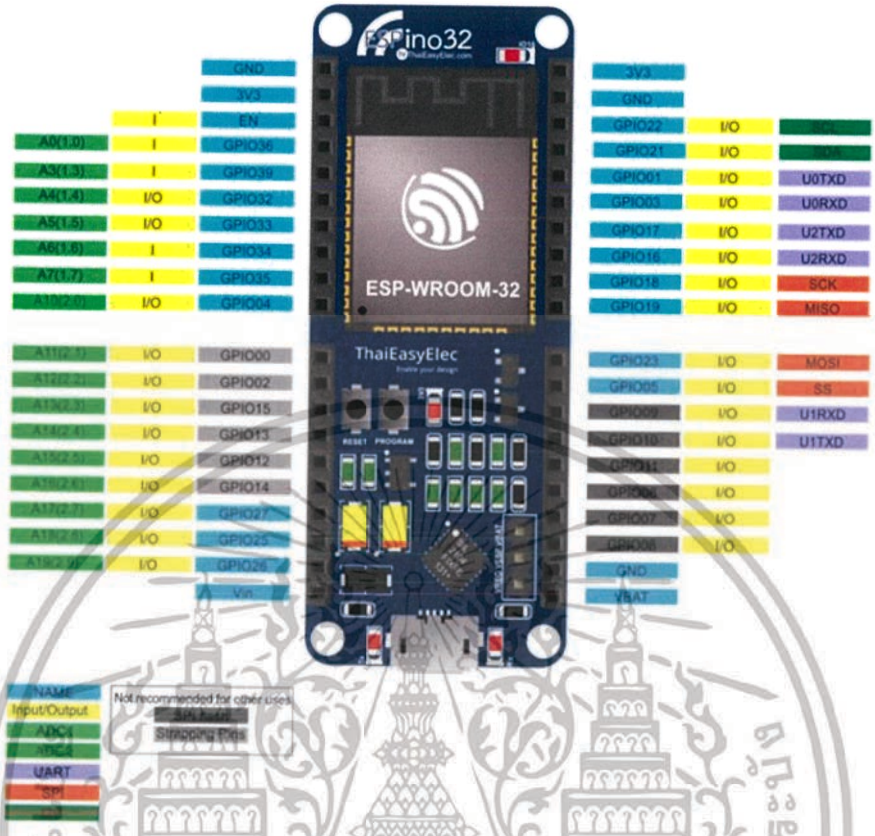


รูปที่ 2.24 ส่วนประกอบของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู

หมายเลข 1	หลอดไดโอดเปล่งแสงที่เชื่อมต่อกับขาเอนกประสงค์ที่ 16 ขา
หมายเลข 2	โมดูลอีเอสพีดับเบิลยูอาร์โอโอเอ็ม 32
หมายเลข 3	สวิตช์รีเซ็ต
หมายเลข 4	สวิตช์โปรแกรม
หมายเลข 5	ชิพยูเอสบีไปยังอนุกรม (USB-to-Serial)
หมายเลข 6	หลอดไดโอดเปล่งแสงสำหรับสถานะไฟเลี้ยงแรงดัน 3.3 โวลต์
หมายเลข 7	จัมพ์เปอร์เลือกแหล่งจ่ายไฟ
หมายเลข 8	พอร์ตไมโครยูเอสบีสำหรับจ่ายไฟเข้า และเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อโปรแกรมตัวบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ขาต่าง ๆ ของบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 ยู [14]

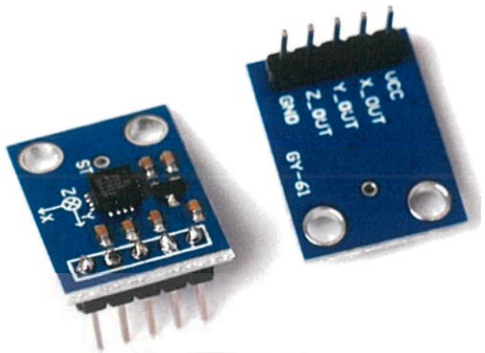
2.12 โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61

โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 เป็นโมดูลวัดค่าความเร่งแบบ 3 แกนที่ใช้ชิพเอดีเอ็กซ์แอล 335 (ADXL335) จากบริษัทอนาล็อก ดีไวเซส (Analog Devices) ผลลัพธ์จากชิพจะแปรผันกับแรงดันไฟฟ้าจากขานั้น ๆ ชิพสามารถวัดค่าความเร่งสถิต (Static acceleration) เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเช่น การเอียง ทั้งยังสามารถวัดความเร่งที่มีการเปลี่ยนแปลง (Dynamic acceleration) ที่เป็นผลจากการสั่นสะเทือนหรือการเคลื่อนไหว เป็นต้น

ผู้ใช้งานสามารถเลือกแบนด์วิดท์ของชิพให้เหมาะสมกับงานโดยใช้ตัวเก็บประจุกับขาผลลัพธ์ของแต่ละแกนโดยที่แกนเอ็กซ์ และแกนวายสามารถเลือกใช้แบนด์วิดท์ได้ตั้งแต่ 0.5 เฮิรตซ์ ถึง 1600 เฮิรตซ์ ในส่วนของแกนแซดนั้นจะใช้ช่วงของแบนด์วิดท์ตั้งแต่ 0.5 เฮิรตซ์ ถึง 550 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.1 คุณสมบัติของโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61



รูปที่ 2.26 โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 [16]

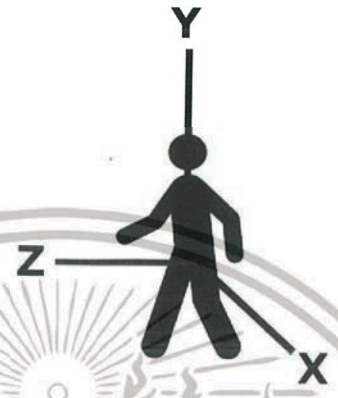
- เอดีเอ็กซ์แอล 335 นั้นมีขนาด 4 x 4 x 1.45 มิลลิเมตร
- ใช้พลังงานต่ำ ประมาณ -350 ไมโครแอมป์
- ทำงานที่ 3.3 ถึง 5 โวลต์
- อุณหภูมิคงที่
- สามารถปรับแบนด์วิดท์ได้ด้วยตัวเก็บประจุเพียงตัวเดียวต่อ 1 แกนที่ใช้วัด
- มีช่วงการวัดน้อยที่สุดเท่ากับ $\pm$3 จี

2.13 การตรวจจับอิริยาบถล้ม

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้นำค่าความเร่งทั้งสามแกนที่วัดได้จากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับการล้มของผู้สวมใส่ การตรวจจับอิริยาบถล้มมีขั้นตอนการทำงานคล้ายกับการระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ กล่าวคือมีการสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงเพื่อการจำแนกอิริยาบถเป็นขั้นตอนแรก ฐานข้อมูลนี้ประกอบไปด้วยค่าเฉลี่ยความเร่งทั้งสามแกนของแต่ละอิริยาบถจากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูล อิริยาบถที่ได้ทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาอ้างอิงได้แก่ ยืน เดิน นั่ง นอน ล้มไปข้างหน้า ล้มไปข้างหลัง ล้มไปทางซ้าย และล้มไปทางขวา โดยที่ความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลอ้างอิงจะแปรผันตรงกับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง และจำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่าง ขั้นตอนที่สองคือการจำแนกอิริยาบถเพื่อตรวจจับอิริยาบถล้มโดยการเก็บค่าความเร่งทั้งสามแกนจากผู้สวมใส่ในระยะเวลาหนึ่งเพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยของความเร่งทั้งสามแกน แล้วนำค่าเฉลี่ยของความเร่งทั้งสามแกนที่ได้ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงเพื่อทำการจำแนกอิริยาบถของผู้สวมใส่ เปรียบเทียบโดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดดังสมการ (2.39) ซึ่งอิริยาบถในฐานข้อมูลอ้างอิงที่ทำให้เกิดระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดกับค่าเฉลี่ยความเร่งทั้งสามแกนจากเป้าหมายจะถือว่าเป็นอิริยาบถของเป้าหมายในขณะนั้น



รูปที่ 2.27 ตำแหน่งแกนความเร่งของโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 เมื่อสวมใส่โดยผู้ใช้

2.14 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน ได้แก่ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เทคโนโลยีวายฟาย การพัฒนาแอพพลิเคชั่น อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน วิธีการระบุตำแหน่งเป้าหมายแบบต่าง ๆ เป็นต้น โครงงานนี้เลือกใช้วิธีการระบุตำแหน่งของเป้าหมายโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์เนื่องจากมีความซับซ้อนน้อย นำไปใช้งานได้สะดวกสามารถประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมที่ผู้จัดทำสนใจ และให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ ในส่วนของการจำแนกอิริยาบถเพื่อตรวจจับอิริยาบถล้มประยุกต์ใช้โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบวิธีเดียวกับการระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

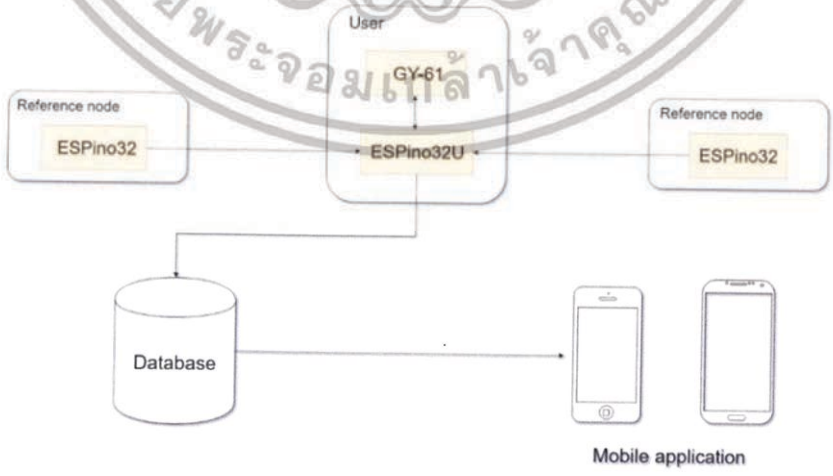
บทที่ 3
การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 แนวคิด

จากการศึกษาเรื่องการระบุตำแหน่งด้วยเทคนิคพื้นฐานของฟิงเกอร์ปริ้นท์ ผู้จัดทำจึงได้เกิดความสนใจที่จะประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับเทคโนโลยีวายฟายมาใช้ในการทดลองเพื่อทำการระบุตำแหน่งโดยอาศัยค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับจากโหนดอ้างอิงมาประมวลผลเป็นตำแหน่งของผู้สวมใส่ อีกทั้งยังใช้ในการส่งต่อสถานะการล้มของผู้สวมใส่ที่ประมวลผลได้จากเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่งสามแกนเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลเพื่อนำข้อมูลไปแสดงบนแอพพลิเคชั่นมือถือต่อไป ตัวอุปกรณ์สำหรับผู้สวมใส่ถูกออกแบบให้อยู่บนส่วนหัวของเข็มขัดเพื่อความแม่นยำของผลลัพธ์จากการประยุกต์ใช้โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 และความสะดวกในการสวมใส่

3.2 การสร้างและออกแบบระบบ

องค์ประกอบหลักที่สำคัญของระบบประกอบไปด้วยส่วนของอุปกรณ์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและแอพพลิเคชั่นบนมือถือสำหรับผู้ใช้งาน การออกแบบได้คำนึงถึงการทำงานแบบเวลาจริง ความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์จากการประมวลผล การตีความข้อมูลที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย และแอพพลิเคชั่นที่ง่ายต่อการใช้งานเป็นหลัก ระบบได้ถูกแยกออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ โหนดอ้างอิง ส่วนของผู้ใช้งาน ฐานข้อมูล และแอพพลิเคชั่นบนมือถือ ซึ่งได้แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ส่วนของการระบุตำแหน่ง

จากแผนภาพจะพบว่าฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานในระบบประกอบไปด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 และอีเอสพีไอโน่ 32 ยู ทั้งคู่เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมโมดูลสื่อสารไวเลสแลนและบลูทูธ แตกต่างกันที่อีเอสพีไอโน่ 32 ยู จำเป็นต้องต่อสายอากาศในขณะที่อีเอสพีไอโน่ 32 มีสายอากาศบนบอร์ดอยู่แล้ว

อีเอสพีไอโน่ 32 ถูกตั้งค่าให้ทำงานในโหมดซอฟต์แอคเซสพอยต์เป็นโหนดอ้างอิงในระบบ มีหน้าที่กระจายสัญญาณวายฟายภายในเครือข่าย คล้ายกับการทำงานของแอคเซสพอยต์เพียงแต่ไม่มีส่วนเชื่อมต่อสายเน็ตเวิร์คเหมือนแอคเซสพอยต์ ส่วนอีเอสพีไอโน่ 32 ยู เป็นส่วนที่อยู่กับเป้าหมายหรือผู้สวมใส่ มีหน้าที่ตรวจวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับจากโหนดอ้างอิงเพื่อนำไปประมวลผลหาตำแหน่ง และรับค่าความเร่ง 3 แกนจากโมดูลวัดค่าความเร่งแบบสามแกนจีวายหกหนึ่ง มาประมวลผลเพื่อตรวจจับการล้มของผู้สวมใส่ อีเอสพีไอโน่ 32 ยู ถูกตั้งค่าให้ทำงานในโหมดสถานีจึงสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลได้



รูปที่ 3.2 การทำงานในโหมดซอฟต์แอคเซสพอยต์ของอีเอสพีไอโน่ 32

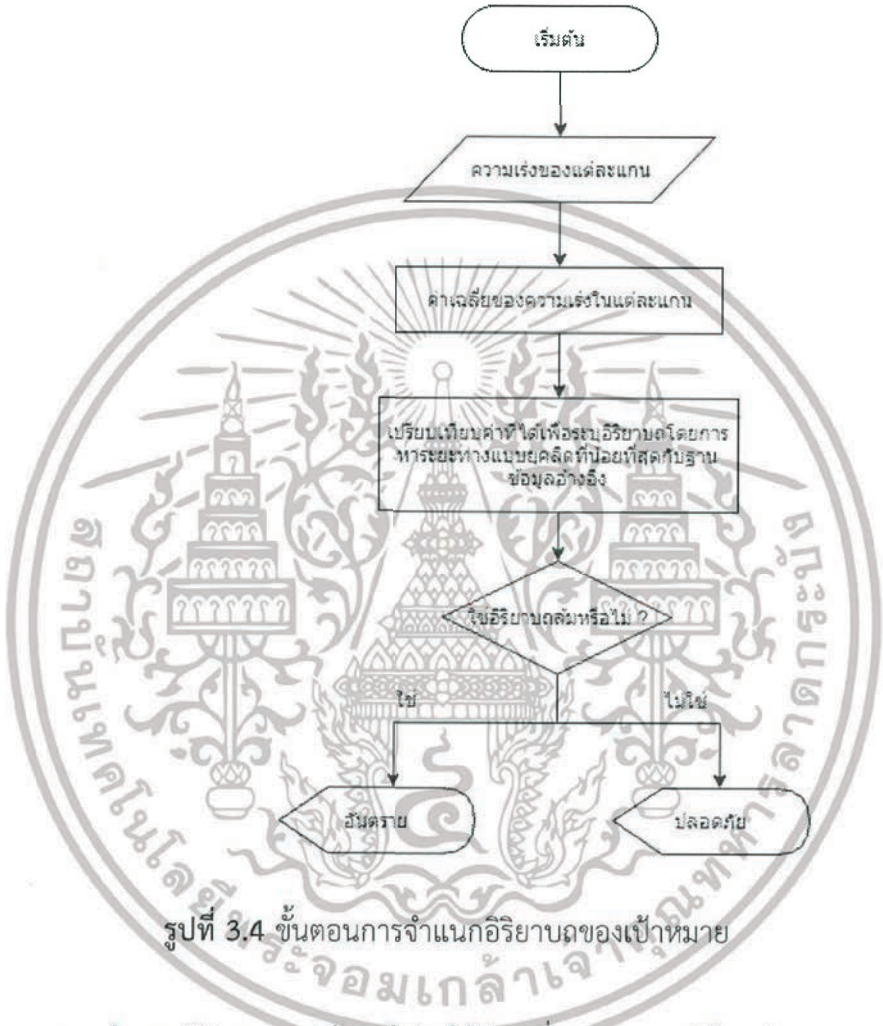


รูปที่ 3.3 การทำงานในโหมดสถานีของอีเอสพีไอโน่ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนของการตรวจจับอริยาบถล้ม

การตรวจจับอริยาบถล้มของเป้าหมายเป็นการประยุกต์ใช้โมดูลวัดค่าความเร่งแบบสามแกนจีวายหกหนึ่ง โดยใช้ค่าความเร่งในแต่ละแกนของแต่ละอิริยาบถมาเป็นเกณฑ์ในการจำแนกอิริยาบถของเป้าหมาย หรือผู้สวมใส่ มีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.4

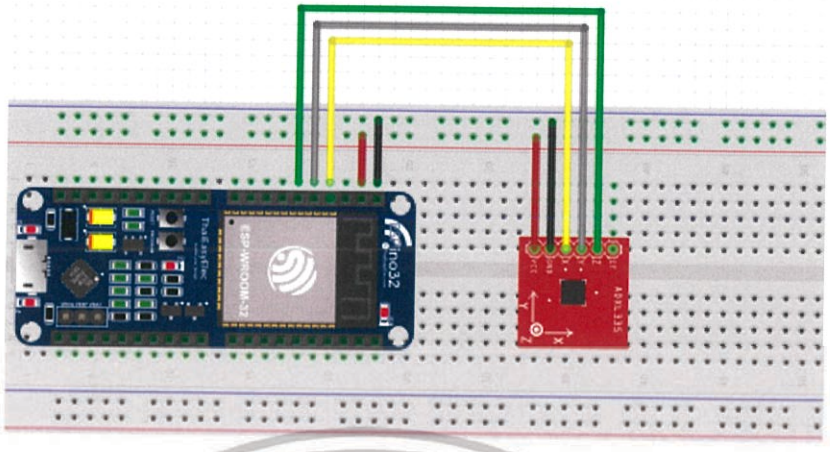


รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการจำแนกอิริยาบถของเป้าหมาย

การจำแนกอิริยาบถของผู้สวมใส่จะใช้ค่าเฉลี่ยของความเร่งในแต่ละแกนมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงโดยวิธีการหาระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดเพื่อจำแนกอิริยาบถนั้นว่าใกล้เคียงกับอิริยาบถใดในฐานข้อมูลอ้างอิงมากที่สุด หากผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบเป็นอิริยาบถล้มจริงอุปกรณ์จะแสดงข้อความว่า“อันตราย”

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 กับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 แสดงด้วยรูปที่ 3.5 และตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อระหว่างอีเอสพีไอโน่ 32 กับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61

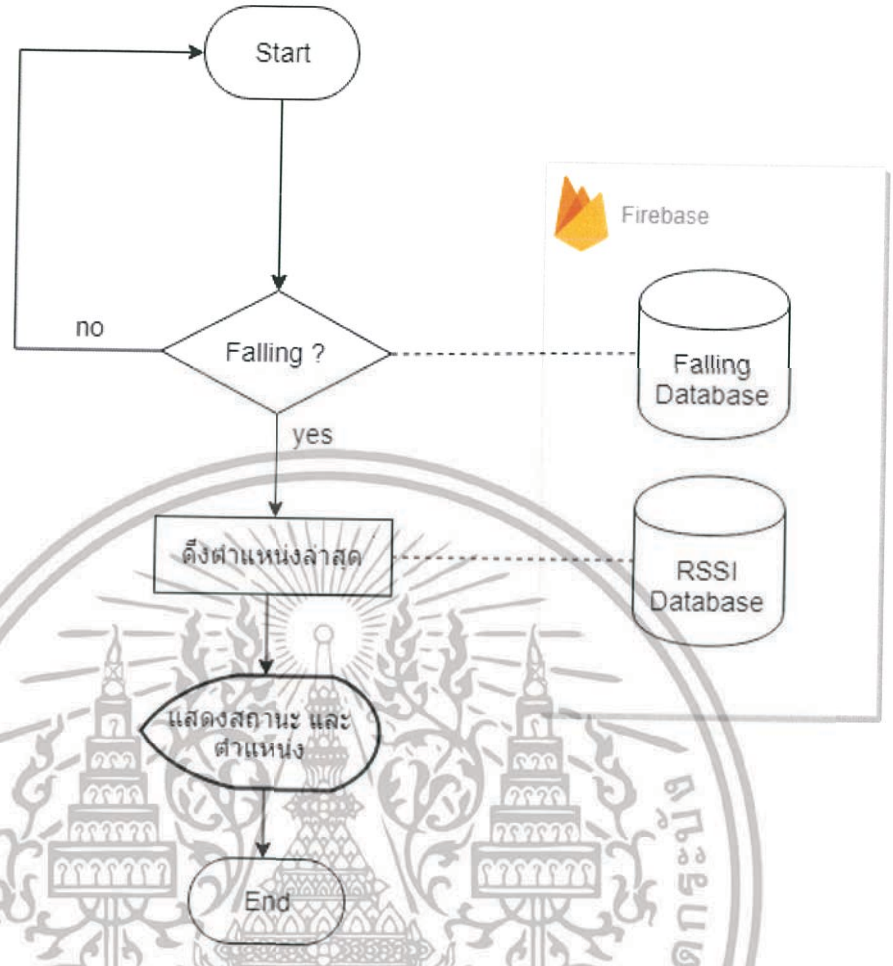
ตารางที่ 3.1 การเชื่อมต่อระหว่างอีเอสพีไอโน่ 32 กับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61

โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61	อีเอสพีไอโน่ 32
VCC	+3.3 V.
X_out	A0
Y_out	A3
Z_out	A4
GND	GND

3.2.3 ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์

ในส่วนของซอฟต์แวร์นั้นได้มีการออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบเพื่อตรวจสอบอริยาบถของผู้สวมใส่ตามรูปที่ 3.6 ซึ่งจะอธิบายระบบการทำงานภายในแอพพลิเคชั่นของเราดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



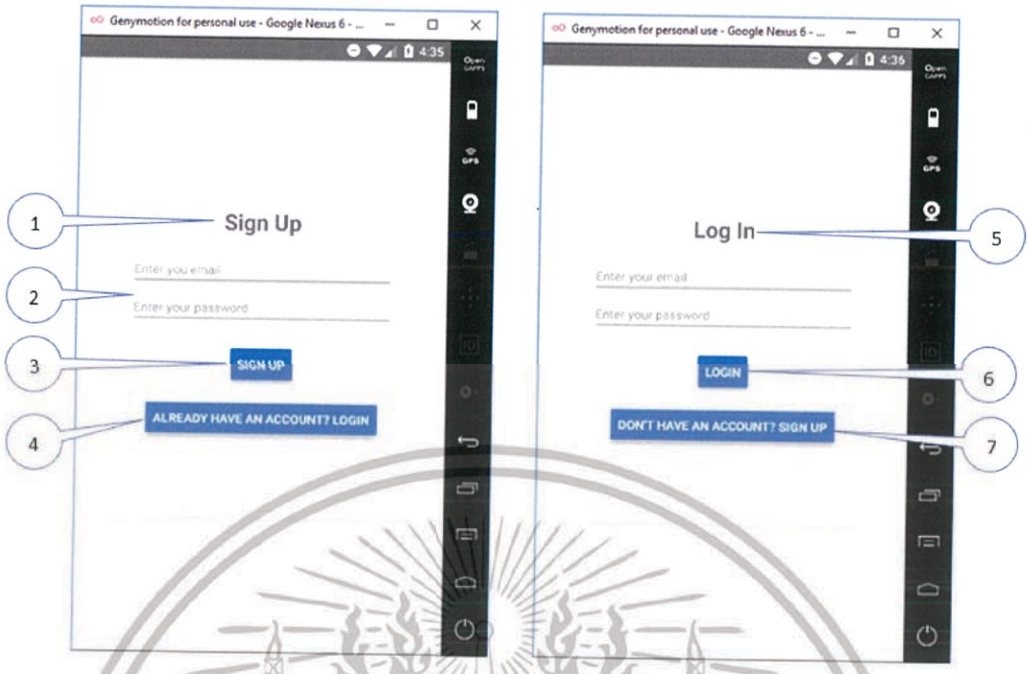
รูปที่ 3.6 ลำดับขั้นตอนการทำงานของแอพพลิเคชั่น

จากรูปที่ 3.6 เมื่อซอฟต์แวร์พบว่าสถานะการล้มเป็นจริง ระบบจะดึงตำแหน่งล่าสุดของผู้สวมใส่จากฐานข้อมูลแล้วส่งข้อความแจ้งเตือนพร้อมกับตำแหน่งล่าสุดของผู้สวมใส่ไปยังส่วนติดต่อผู้ใช้งานบนแอพพลิเคชั่น

3.2.3.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานได้คำนึงถึงประสบการณ์ของผู้ใช้งานเป็นหลัก คือเข้าใจง่าย และใช้งานสะดวก ส่วนประกอบต่าง ๆ ของส่วนติดต่อผู้ใช้งานในแอพพลิเคชั่นจะแสดงดังรูปที่ 3.6 และ รูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

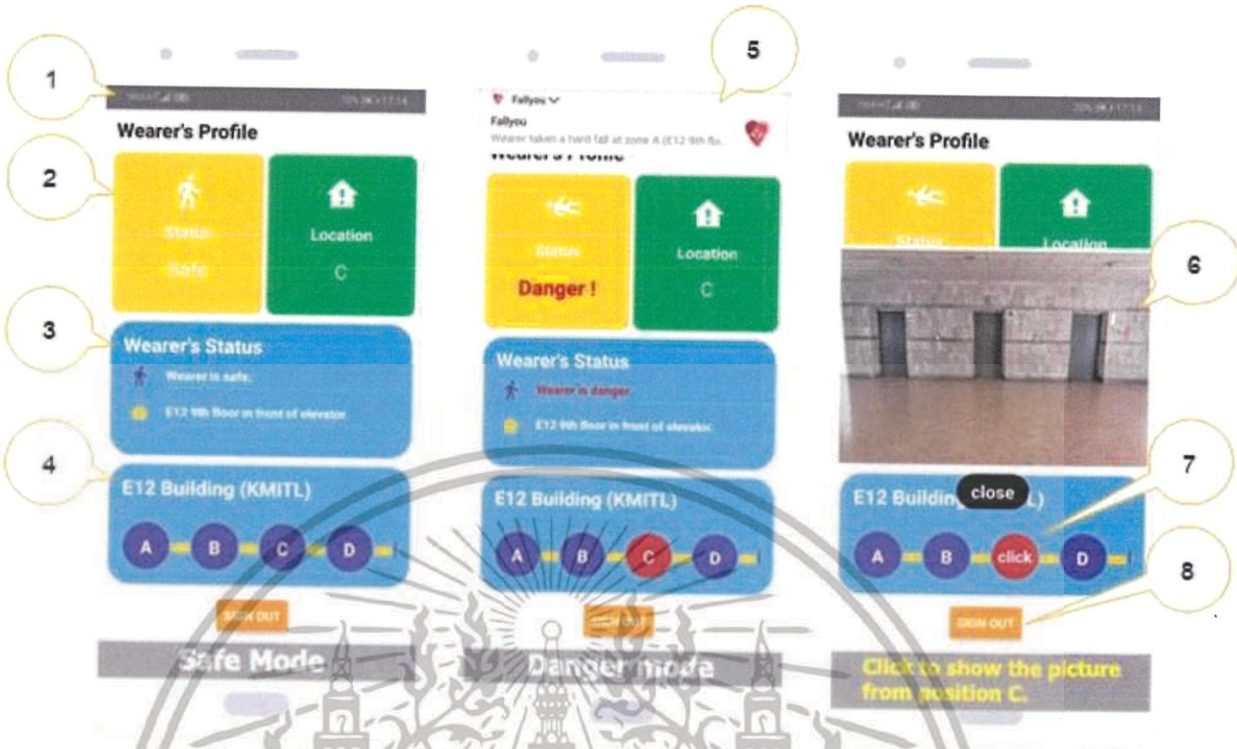


รูปที่ 3.7 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานในหน้าลงทะเบียน และหน้าลงชื่อเข้าใช้

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบของหน้าลงทะเบียน และหน้าลงชื่อเข้าใช้

ตำแหน่ง	ความหมาย
1	หน้าลงทะเบียน
2	ช่องกรอกชื่อผู้ใช้งาน และรหัส
3	ปุ่มยืนยันการลงทะเบียน
4	ปุ่มกดเมื่อเคยลงทะเบียนแล้วสามารถไปสู่หน้าลงชื่อเข้าใช้ได้เลย
5	หน้าลงชื่อเข้าใช้
6	ปุ่มยืนยันการลงชื่อเข้าใช้
7	ปุ่มกดเมื่อไม่มีชื่อผู้ใช้งานเพื่อไปยังหน้าลงทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานในหน้าหลักของแอพพลิเคชั่น

ตารางที่ 3.3 ส่วนประกอบของหน้าหลัก

ตำแหน่ง	ความหมาย
1	ชื่อแอพพลิเคชั่น
2	สถานะการล้ม และบอกตำแหน่ง
3	สถานะการล้ม และบอกตำแหน่ง
4	ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในพื้นที่
5	แถบแจ้งเตือน แสดงตำแหน่งที่ผู้สวมใส่ล้ม
6	รูปภาพของบริเวณที่ผู้สวมใส่ล้ม
7	กดเพื่อแสดงรูปภาพของบริเวณที่ผู้สวมใส่ล้ม
8	ปุ่มออกจากระบบ

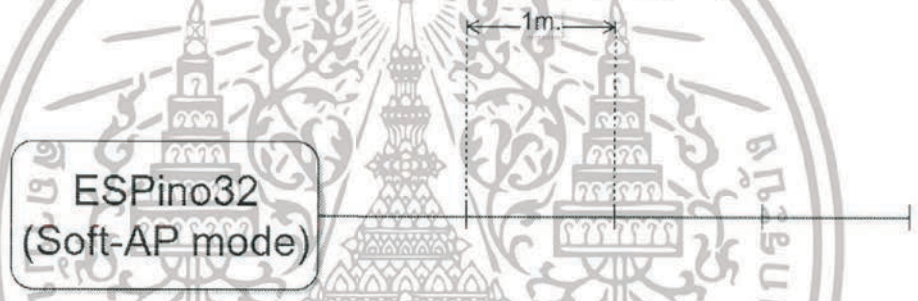
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แนวทางการศึกษาทดลอง

การศึกษาทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของระบบว่าเป็นไปตามจุดประสงค์ และให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำหรือไม่ ประกอบไปด้วยการศึกษาเกี่ยวกับระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับภายในอาคาร การทดลองระบุตำแหน่งภายในอาคาร และการทดลองแสดงข้อมูลแบบเวลาจริงบนแอพพลิเคชั่น

3.3.1 การทดลองเกี่ยวกับระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับภายในอาคาร

เป็นการทดลองเพื่อสังเกตแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มสัญญาณที่ได้รับภายในอาคาร เมื่อระยะทางเปลี่ยนไปโดยจะทำการวัดระหว่างบอร์ดอีเอสพีไอโน่ 32 โหมดซอฟต์แอคเซสพอยต์ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณกับอีเอสพีไอโน่ 32 ยู โหมดสถานีทำหน้าที่ตรวจวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับโดยทำการเพิ่มระยะห่างระหว่างทั้งสองขึ้นเรื่อย ๆ แสดงด้วยรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การทดลองวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในระยะต่าง ๆ

3.3.2 การทดลองระบุตำแหน่งภายในอาคาร

การทดลองระบุตำแหน่งของเป้าหมายภายในอาคารโดยอาศัยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1.เก็บค่าระดับความเข้มของสัญญาณบนจุดอ้างอิงเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงในการระบุตำแหน่งด้วยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ โดยจะทำการเก็บเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมด 40 รอบ ระหว่างโหนดอ้างอิงกับโหนดเป้าหมายในทุก ๆ จุดอ้างอิงบนพื้นที่ทดลอง

2.ทำการเก็บค่าระดับความเข้มของสัญญาณเหมือนในข้อที่ 1 ต่างกันที่เก็บเพียง 5 รอบ และไม่เก็บเป็นค่าเฉลี่ย

3.ทดลองเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของฐานข้อมูลโดยนำระดับความเข้มของสัญญาณที่วัดได้แต่ละรอบจากขั้นตอนที่ 2 มาคำนวณหาระยะทางแบบยุคลิดกับทุกตำแหน่งในฐานข้อมูลอ้างอิงเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ทำการเก็บค่าระดับความเข้มของสัญญาณเหมือนขั้นตอนที่ 2 โดยเพิ่มจำนวนจุดที่ทำการเก็บค่าให้มีความละเอียดมากขึ้น

5.ทดลองเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของฐานข้อมูลโดยนำระดับความเข้มของสัญญาณที่วัดได้แต่ละรอบจากขั้นตอนที่ 4 มาคำนวณหาระยะทางแบบยุคลิดกับทุกตำแหน่งในฐานข้อมูลอ้างอิงเพื่อทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลอ้างอิง

3.3.3 การทดลองจำแนกอิริยาบถในกิจวัตรประจำวันกับการล้ม

1. เก็บค่าความเร่ง 3 แกนของอิริยาบถที่แตกต่างกัน ได้แก่ ยืน นั่ง เดิน และนอน

2. เก็บค่าความเร่ง 3 แกนของอิริยาบถล้มที่ประกอบไปด้วยล้มไปข้างหน้า ล้มไปข้างหลัง ล้มไปทางซ้าย และล้มไปทางขวา

3. การเก็บค่าความเร่ง 3 แกนในขั้นตอนที่ 1 และ 2 เก็บจากกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวน 10 คน ค่าที่ได้จากการเก็บรวบรวมจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยความเร่งในแต่ละแกนของแต่ละอิริยาบถแล้วนำมาเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกอิริยาบถ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คนจะมีน้ำหนัก และส่วนสูงที่ต่างกัน เพื่อความละเอียดของฐานข้อมูลอ้างอิงที่ใช้สำหรับจำแนกอิริยาบถ

4. เก็บค่าความเร่ง 3 แกนเหมือนในขั้นตอนที่ 1 และ 2 เพื่อนำมาทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกอิริยาบถ ทดสอบโดยการหาระยะทางแบบยุคลิดระหว่างค่าความเร่งที่นำมาทดสอบกับค่าความเร่งเฉลี่ยของแต่ละอิริยาบถในฐานข้อมูลอ้างอิง

3.4 บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงโครงสร้าง และแนวทางในการออกแบบระบบ รูปแบบการเชื่อมต่อข้อมูลจากอุปกรณ์ไปสู่แอพพลิเคชั่นบนมือถือ ส่วนประกอบของส่วนติดต่อผู้ใช้งาน รวมไปถึงแนวทาง และวิธีการทดลองการระบุตำแหน่งโดยใช้เทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์ การจำแนกอิริยาบถโดยการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง 3 แกนกับค่าเฉลี่ย และการดึงข้อมูลมาแสดงบนแอพพลิเคชั่นจากฐานข้อมูลไฟร์เบส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองเกี่ยวกับระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับภายในอาคาร

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับทุก ๆ ระยะ 1 เมตร รวมทั้งสิ้น 10 เมตรภายในอาคารว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

สมมุติฐาน

การเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับภายในอาคารเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มลดลงแต่ลดลงแบบไม่เป็นเส้นตรงที่คงที่

อุปกรณ์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32	1 ตัว (ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณ)
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ยู	1 ตัว (ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณ)
คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง
ฐานข้อมูลไฟร์เบส	



รูปที่ 4.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ยู เชื่อมต่อกับเสาอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

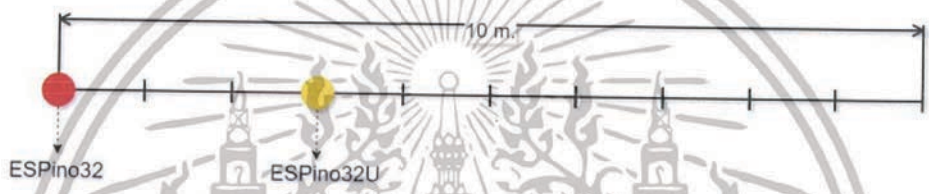
1.อัพโหลดโปรแกรมการทำงานให้อีเอสพีไอโน่ 32 ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณ และให้อีเอสพีไอโน่ 32 ยู ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณเพื่อวัดระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับแล้วส่งต่อค่านั้นเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล

2.ทำการจัดวางไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้ง 2 ตัวให้ห่างกันเป็นระยะ 1 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.2

3.บันทึกผลระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ

4.เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนที่ 3 แล้วทำขั้นตอนที่ 2 และ 3 อีกครั้งโดยเพิ่มระยะห่างขึ้น 1 เมตร จนกระทั่งระยะห่างมีค่าเท่ากับ 10 เมตร

5.ทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 เป็นจำนวน 10 รอบ



รูปที่ 4.2 ภาพจำลองการจัดวางตำแหน่งของอีเอสพีไอโน่ 32 และอีเอสพีไอโน่ 32 ยู

สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมสำหรับการทดลองครั้งนี้คือภายในอาคารช่วงทางเดินหน้าห้องชั้น 9 ตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สถานที่ทำการทดลองสำหรับการทดลองที่ 4.1

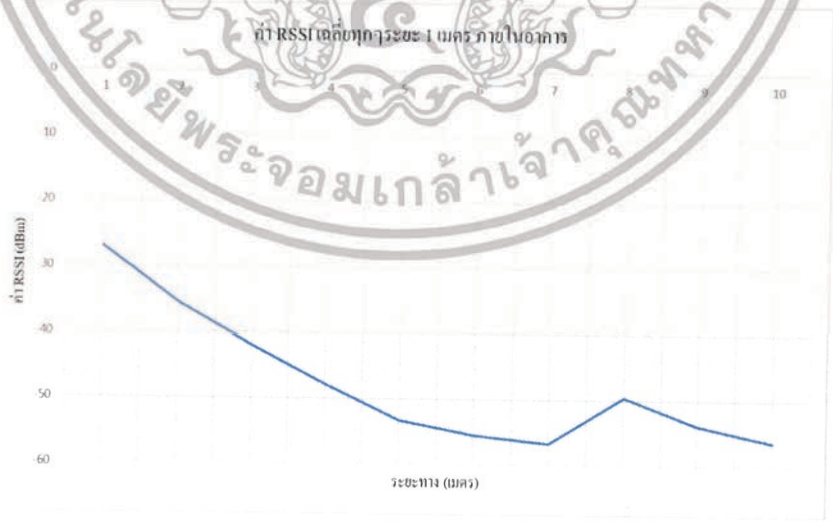
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับทุก ๆ ระยะ 1 เมตรภายในอาคารแสดงด้วยตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับทุก ๆ ระยะ 1 เมตรภายในอาคาร

ระยะห่าง (เมตร)	ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ (เดซิเบลมิลลิวัตต์)
1	-27.07
2	-35.53
3	-41.93
4	-47.87
5	-53.27
6	-55.47
7	-56.67
8	-49.6
9	-53.87
10	-56.33



รูปที่ 4.4 กราฟค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับทุก ๆ ระยะ 1 เมตร ภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.4 ที่ระยะห่าง 1 เมตร ถึง 7 เมตร ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้นจากนั้นระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างเป็น 8 เมตร ไม่ลดลงตามทฤษฎีเนื่องจากสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่มีสิ่งกีดขวางทำให้เกิดการสะท้อน การจางหาย และการหักเห ของสัญญาณ อย่างไรก็ตามระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในระยะห่าง 9 และ 10 เมตร ก็มีแนวโน้มที่ลดลงแม้ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับจะไม่ลดลงในทุกระยะห่างตามทฤษฎีแต่ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นยังอยู่ในระดับที่สามารถกำจัด หลีกเลี่ยง และยอมรับได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการคำนวณหาตำแหน่งของเป้าหมายต่อไป

4.2 การทดลองสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการระบุตำแหน่งภายในอาคาร

จุดประสงค์

เก็บค่าระดับความเข้มของสัญญาณไว้ใช้เป็นฐานข้อมูลของอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์เพื่อนำไประบุตำแหน่งของเป้าหมาย

สมมุติฐาน

ฐานข้อมูลสำหรับการระบุตำแหน่งด้วยอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์เมื่อนำมาคำนวณหาระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดกับค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในตำแหน่งเดิมของตัวมันเอง แล้วต้องให้ผลลัพธ์เป็นตำแหน่งของตัวมันเองเท่านั้น จึงจะถือเป็นฐานข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

อุปกรณ์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32	2 ตัว (ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณ)
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ยู	1 ตัว (ทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณ)
คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง
ฐานข้อมูลไฟร์เบส	

วิธีการทดลอง

1.จัดเตรียมพื้นที่ขนาดความยาว 30 เมตร แล้วแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ส่วนเท่ากัน

2.จัดวางตัวกระจายสัญญาณที่ขอบทั้งสองข้างของพื้นที่ (ตำแหน่งที่ 0 เมตร และตำแหน่งที่ 30 เมตร) ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เก็บค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับบนจุดกึ่งกลางของแต่ละพื้นที่ ได้แก่ ตำแหน่ง B, E, H, K และ N แล้วบันทึกผลการทดลอง และพักเป็นเวลา 5 นาที เพื่อหลีกเลี่ยงผลจากการสะท้อน และหักเหของสัญญาณ

4.ทำตามขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งจนครบ 40 รอบ

5.หาค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในแต่ละตำแหน่งเป็นฐานข้อมูลของอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งโดยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์

6.ทำตามขั้นตอนที่ 3 เป็นจำนวน 5 รอบ

7.ทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์โดยนำผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 6 ในแต่ละรอบมาหาระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดกับฐานข้อมูลของอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์ด้วยสมการที่ 2.3 และบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.5 ภาพจำลองการจัดพื้นที่สำหรับการทดลองที่ 4.2

สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมสำหรับการทดลองครั้งนี้คือภายในอาคารช่วงทางเดินหน้าห้อง 905 ถึงหน้าห้อง 901 ชั้น 9 ตึก 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 สถานที่ทำการทดลองสำหรับการทดลองที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองแล้วจะได้ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับของแต่ละตำแหน่ง แสดงด้วยตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับของแต่ละตำแหน่ง

	ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ (เดซิเบลมิลลิวัตต์)	
ตำแหน่ง	โหนดอ้างอิงที่ 1	โหนดอ้างอิงที่ 2
B	-43.45	-59.925
E	-54.375	-63.45
H	-60.275	-62.175
K	-62.375	-55.75
N	-58.4	-45.375

ผลลัพธ์จากการทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์สามารถแสดงด้วยตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์

	ทดสอบฐานข้อมูล	
ตำแหน่งบนฐานข้อมูล	ตำแหน่งที่นำมาทดสอบ	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (จุด)
1	1	0
2	2	0
3	3	0
4	4	0
5	5	0

สรุปผลการทดลอง

เมื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลสำหรับการระบุตำแหน่งด้วย อัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์ พบว่าฐานข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเหมาะสำหรับการนำไปใช้ระบุตำแหน่งสำหรับพื้นที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วยเทคนิคฟิงเกอร์ปริ้นท์

จุดประสงค์

ทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลสำหรับการระบุตำแหน่งภายในอาคารด้วย อัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์

สมมุติฐาน

ฐานข้อมูลสำหรับการระบุตำแหน่งด้วยอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์ เมื่อนำมาคำนวณหาระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดกับค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับบนจุดใด ๆ ในพื้นที่เดียวกันกับตัวมันเอง แล้วต้องให้ผลลัพธ์เป็นตำแหน่งของตัวมันเองเท่านั้นจึงจะถือเป็นฐานข้อมูลที่มีความแม่นยำ

อุปกรณ์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 2 ตัว
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ยู 1 ตัว
คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
ฐานข้อมูลไฟร์เบส
ฐานข้อมูลสำหรับการระบุตำแหน่งจากการทดลองที่ 4.2

วิธีการทดลอง

1.พื้นที่สำหรับการทดลองเป็นพื้นที่เดียวกันกับการทดลองที่ 4.2

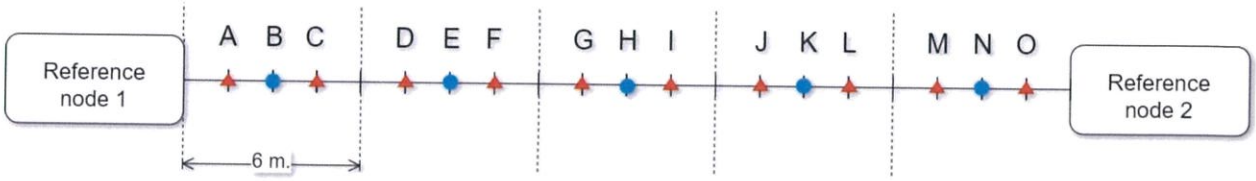
2.วัดระยะห่างออกจากจุดกึ่งกลางของแต่ละพื้นที่ไปทางซ้าย และขวาเป็นระยะ 1.5 เมตรเพื่อกำหนดเป็นจุดเก็บค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับ แสดงได้ด้วยรูปที่ 4.7 คือตำแหน่ง A, C, D, F, G, I, J, L, M และ O

3.เก็บค่าระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับบนตำแหน่งที่ A ไปจนถึงตำแหน่งที่ O แล้วพักเป็นเวลา 5 นาที เพื่อหลีกเลี่ยงผลจากการสะท้อน และหักเหของสัญญาณ

4.ทำตามขั้นตอนที่ 3 จนครบ 5 รอบ

5.ทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์โดยนำผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 4 ในแต่ละรอบมาหาระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดกับฐานข้อมูลของอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์ด้วยสมการที่ 2.3 แล้วบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพจำลองการจัดพื้นที่สำหรับการทดลองที่ 4.3

ผลการทดลอง

ผลลัพธ์จากการทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์สามารถแสดงด้วยตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลสำหรับอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์

ตำแหน่งที่นำมาทดสอบ	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ระยะห่างผิดพลาดเฉลี่ย (เมตร)
A	B	0
B	B	0
C	B	1.2
D	E	0
E	E	0
F	E	1.2
G	H	1.2
H	H	0
I	H	0
J	K	0
K	K	0
L	K	0
M	N	0
N	N	0
O	N	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

เมื่อทดสอบความแม่นยำของฐานข้อมูลสำหรับการระบุตำแหน่งด้วยอัลกอริทึมฟิงเกอร์ปริ้นท์แล้ว พบว่าผลลัพธ์ของการทดสอบค่อนข้างแม่นยำ แม้จะยังมีความผิดพลาดแต่ก็อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เพราะฉะนั้นฐานข้อมูลสำหรับการระบุตำแหน่งนี้สามารถใช้งานได้จริง

4.4 การทดลองสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับตรวจจับอิริยาบถล้ม

จุดประสงค์

เพื่อสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกอิริยาบถ

สมมุติฐาน

อิริยาบถที่ต่างกันต้องให้ค่าความเร่งเฉลี่ยในแต่ละแกนต่างกัน และอิริยาบถเดียวกันต้องให้ค่าความเร่งเฉลี่ยในแต่ละแกนใกล้เคียงกัน

อุปกรณ์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน 32	1 ตัว
โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61	1 ตัว
คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง
ฟูก	1 อัน

วิธีการทดลอง

1.ติดตั้งโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 ไว้ที่หัวเข็มขัด

2.เก็บค่าความเร่งเฉลี่ยของแต่ละอิริยาบถจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 คน โดยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลอิริยาบถละ 30 วินาทีต่อครั้ง และเก็บข้อมูลอิริยาบถละ 10 ครั้งต่อคน อิริยาบถที่ทำการเก็บข้อมูลประกอบไปด้วยอิริยาบถยืน นั่ง นอน เดิน ล้มไปข้างหน้า ล้มไปข้างหลัง ล้มไปทางขวา และล้มไปทางซ้าย

3.บันทึกค่าความเร่งเฉลี่ยแต่ละแกนของแต่ละอิริยาบถของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนเพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกอิริยาบถ

ผลการทดลอง

ความเร่งเฉลี่ยของแต่ละอิริยาบถจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 คน แสดงด้วยตารางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มขวา

ผู้ทดลอง	ค่าความเร่งของอิริยาบถล้มไปขวา		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	2116.901666	1914.579667	1909.804
คนที่ 2	2192.665962	1849.817498	1890.930416
คนที่ 3	2099.012333	1856.153333	2082.338333
คนที่ 4	2143.423667	1883.032333	1986.007667
คนที่ 5	2149.153667	1825.798	1936.866
คนที่ 6	2097.235667	1859.794	2011.637
คนที่ 7	2198.623333	1878.087	1792.517667
คนที่ 8	2101.998333	1819.580667	2021.353667
คนที่ 9	2185.239667	1786.471	1788.713
คนที่ 10	2142.694922	1852.590389	1935.574194

ตารางที่ 4.6 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มซ้าย

ผู้ทดลอง	ค่าความเร่งของอิริยาบถล้มซ้าย		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	1480.844664	1767.657998	1925.102082
คนที่ 2	1484.717872	1821.694666	1910.1326
คนที่ 3	1491.536667	1743.995333	1879.885333
คนที่ 4	1490.054	1900.227333	1873.493333
คนที่ 5	1491.14	1857.365	1876.213
คนที่ 6	1562.096333	1957.971818	1815.733334
คนที่ 7	1513.447408	1699.297	1975.708889
คนที่ 8	1500.312667	1840.849091	1945.464
คนที่ 9	1522.674	1875.239394	1995.19
คนที่ 10	1504.091512	1829.366404	1910.769175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มหลัง

ผู้ทดลอง	ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มหลัง		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	1770.114815	1769.1	2202.823704
คนที่ 2	1803.872387	1718.267017	2189.152833
คนที่ 3	1770.524667	1803.645	2191.766
คนที่ 4	1786.274667	1978.765667	2152.526
คนที่ 5	1770.471	1818.576	2178.806333
คนที่ 6	1773.524667	1704.045	2164.123333
คนที่ 7	1839.281685	1840.478889	2204.756667
คนที่ 8	1825.445333	1834.593334	2195.441333
คนที่ 9	1860.457	1863.822	2191.545667
คนที่ 10	1799.996247	1814.588101	2185.660208

ตารางที่ 4.8 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มหน้า

ผู้ทดลอง	ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มหน้า		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	1827.418998	1915.114663	1496.810333
คนที่ 2	1739.113087	1927.685667	1503.344
คนที่ 3	1901.195	1880.953	1481.859333
คนที่ 4	1840.667	1926.727667	1484.224333
คนที่ 5	1826.842333	1829.582	1477.553667
คนที่ 6	1975.087333	1899.387	1529.151667
คนที่ 7	1677.036	1951.387	1528.146
คนที่ 8	1892.701667	1890.128667	1499.382333
คนที่ 9	1765.301667	1944.557333	1526.025
คนที่ 10	1827.262565	1907.280333	1502.944074

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถเดิน

ผู้ทดลอง	ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถเดิน		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	1779.661667	2095.338	2117.603333
คนที่ 2	1842.470667	2078.924667	2130.306
คนที่ 3	1735.048	2068.338	2130.331667
คนที่ 4	1784.414074	2096.152963	2121.141482
คนที่ 5	1807.918333	1983.311667	2195.980667
คนที่ 6	1794.349	2110.319333	2095.82
คนที่ 7	1760.752667	2158.787667	1974.835333
คนที่ 8	1803.277333	2172.614333	2000.804
คนที่ 9	1822.088	2010.081333	2183.306
คนที่ 10	1792.219971	2085.985329	2105.569831

ตารางที่ 4.10 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถนั่ง

ผู้ทดลอง	ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถนั่ง		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	1784.602	2203.689333	1896.473667
คนที่ 2	1842.345667	2210.08	1864.326333
คนที่ 3	1833.202667	2189.083	1713.442333
คนที่ 4	1837.548	2210.309	1844.894
คนที่ 5	1835.119667	2210.450333	1868.752667
คนที่ 6	1791.096667	2188.009667	1961.884333
คนที่ 7	1790.032667	2197.747	1900.825667
คนที่ 8	1653.548	2144.229333	1925.738
คนที่ 9	1870.504334	2207.987333	1881.337333
คนที่ 10	1804.222185	2195.731667	1873.074926

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถยืน

ผู้ทดลอง	ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถยืน		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	1795.99	2205.1	1897.21
คนที่ 2	1811.83	2204.6	1905.25
คนที่ 3	1792.45	2206.4	1880.55
คนที่ 4	1855.22	2207.3	1795.75
คนที่ 5	1843.22	2211.7	1870.53
คนที่ 6	1836.58	2204.9	1907.56
คนที่ 7	1748.82	2199.4	1862.5
คนที่ 8	1775.66	2201.4	1883.49
คนที่ 9	1879.14	2194.8	1944.28
คนที่ 10	1815.43	2204	1883.01

ตารางที่ 4.12 ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถนอน

ผู้ทดลอง	ความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถนอน		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
คนที่ 1	1777.613334	1756.257333	2227.820667
คนที่ 2	1848.564334	1674.026333	2210.248667
คนที่ 3	1748.087333	1749.929333	2226.899333
คนที่ 4	1770.544	1820.666	2230.560667
คนที่ 5	1852.885333	1732.431333	2227.149
คนที่ 6	1708.835334	1684.359	2186.817333
คนที่ 7	1752.612333	1765.606667	2226.478
คนที่ 8	1788.460667	1684.486333	2201.638667
คนที่ 9	1785.611667	1718.073667	2223.572
คนที่ 10	1781.468259	1731.759555	2217.90937

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.13 ฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกอิริยาบถล้ม

อิริยาบถ	ค่าความเร่งเฉลี่ย		
	แกนเอ็กซ์	แกนวาย	แกนแซด
ล้มขวา	2142.695	1852.59	1935.574
ล้มซ้าย	1504.092	1829.366	1910.769
ล้มหน้า	1827.263	1907.28	1502.944
ล้มหลัง	1799.996	1814.588	2185.66
เดิน	1804.222	2195.732	1873.075
นั่ง	1792.22	2085.985	2105.57
ยืน	1815.434	2203.962	1883.014
นอน	1781.468	1731.76	2217.909

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าค่าความเร่งเฉลี่ยแต่ละแกนของอิริยาบถล้ม ได้แก่ ล้มขวา ล้มซ้าย ล้มหน้า และล้มหลัง มีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับอิริยาบถที่ปลอดภัย ได้แก่ เดิน นั่ง และยืน ยกเว้นอิริยาบถนอนที่ยังมีความใกล้เคียงกับอิริยาบถล้มหลังอยู่

4.5 การทดลองตรวจจับอิริยาบถล้ม

จุดประสงค์

ทดสอบความแม่นยำของการตรวจจับอิริยาบถล้ม

สมมุติฐาน

การหาระยะทางแบบยุคลิดระหว่างค่าความเร่งเฉลี่ยของอิริยาบถล้มทิศทางใด ๆ กับค่าความเร่งเฉลี่ยของแต่ละอิริยาบถในฐานข้อมูลอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้ต้องเป็น “ล้ม”

อุปกรณ์

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพีไอโน่ 32 1 ตัว

โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร่ง 3 แกนจีวาย 61 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง
ฟูก	1 อัน

วิธีการทดลอง

1.เก็บค่าความเร่งเฉลี่ยของแต่ละอิริยาบถจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 5 คน โดยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลอิริยาบถละ 30 วินาทีต่อครั้ง และเก็บข้อมูลอิริยาบถละ 10 ครั้งต่อคน อิริยาบถที่ทำการเก็บข้อมูลประกอบไปด้วยอิริยาบถยืน นั่ง นอน เดิน ล้มไปข้างหน้า ล้มไปข้างหลัง ล้มไปทางขวา และล้มไปทางซ้าย

2.นำผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 1 ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกอิริยาบถด้วยวิธีการหาระยะทางแบบยุคลิดที่สั้นที่สุดเพื่อตรวจจับอิริยาบถล้ม และทำการบันทึกผล

ผลการทดลอง

ผลลัพธ์ของการตรวจจับอิริยาบถล้มแสดงด้วยตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตาราง 4.14 ผลลัพธ์ของการตรวจจับอิริยาบถล้ม

อิริยาบถ	จำผลลัพธ์ที่เป็น “ล้ม” (ครั้ง)	จำนวนผลลัพธ์ที่เป็น “ปลอดภัย” (ครั้ง)	ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง (%)	อิริยาบถที่ผิดพลาด
ล้มขวา	50	0	100	-
ล้มซ้าย	49	1	98	นั่ง
ล้มหน้า	50	0	100	-
ล้มหลัง	41	9	82	นอน
ยืน	0	50	100	-
นั่ง	0	50	100	-
เดิน	0	50	100	-
นอน	9	41	82	ล้มหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.15 สรุปผลการตรวจจับอิริยาบถล้ม

จำนวนของการทดลอง (ครั้ง)	200
ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง (ครั้ง)	190
ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง (%)	95

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าสามารถตรวจจับอิริยาบถล้มได้ค่อนข้างดี แต่ยังมีปัญหาในการแยกอิริยาบถล้มหลังกับนอนอยู่เล็กน้อยเนื่องจากจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยสำหรับการสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงและการตรวจจับอิริยาบถจริงอาจมีข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับอิริยาบถที่สนใจมากเกินไป ส่งผลให้ค่าความเร่งเฉลี่ยในฐานข้อมูลอ้างอิงของอิริยาบถล้มใกล้เคียงกับอิริยาบถนอนทำให้ไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุปผล

5.1 บทสรุป

จากการศึกษาทดลองสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

5.1.1 การระบุตำแหน่งเป้าหมายภายในอาคาร

สภาพแวดล้อมภายในอาคาร และสิ่งกีดขวางส่งผลให้เกิดการสะท้อนหรือหักเหของสัญญาณวายฟาย ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการระบุตำแหน่งภายในอาคาร นอกจากนั้นแล้วภายในอาคารหรือบริเวณที่มีสัญญาณวายฟายอื่นสัญญาณวายฟายเหล่านั้นจะรบกวนสัญญาณวายฟายจากโหนดอ้างอิงที่สนใจทำให้ระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับมีความผิดเพี้ยน

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแก้ไข และลดผลกระทบโดยการเพิ่มจำนวนครั้งที่ทำการเก็บระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับบนจุดอ้างอิงแต่ละจุด จำนวนครั้งที่มากขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มของสัญญาณที่ได้รับมีความเสถียร และน่าเชื่อถือเหมาะแก่การนำไปใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อระบุตำแหน่งของเป้าหมาย

อย่างไรก็ตามปัญหาที่เกิดจากสภาพแวดล้อมไม่สามารถแก้ไขได้อย่างสมบูรณ์ทำได้เพียงลดผลกระทบเท่านั้น จากการทดลองเพื่อทดสอบความแม่นยำของผลลัพธ์พบว่าผลลัพธ์มีความน่าเชื่อถือ มีความผิดพลาดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งในเรื่องจำนวนครั้งที่ให้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาด และระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ผิดพลาดกับตำแหน่งที่ควรจะเป็น ดังตารางที่ 4.4

5.1.2 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น

เนื่องจากอุบัติเหตุมีโอกาสเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาดังนั้นระยะเวลาการทำงานของระบบจึงเป็นปัจจัยหลักสำหรับการออกแบบและพัฒนา อุปกรณ์ของผู้สวมใส่และฐานข้อมูลเชื่อมต่อกันด้วยสัญญาณวายฟาย ส่งผลให้การส่งข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลอาจเกิดความล่าช้าเพราะระยะห่าง และสภาพแวดล้อม ดังนั้นในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น จึงมีเป้าหมายหลักคือทำให้ระยะเวลาในการทำงานร่วมกันระหว่างแอพพลิเคชั่นกับฐานข้อมูลมีค่าน้อยที่สุด นอกจากนั้นแล้วความช่วยเหลือที่รวดเร็วเป็นสิ่งที่ผู้ประสบอุบัติเหตุล้มควรได้รับทำให้เกิดเป้าหมายอีกหนึ่งข้อนั้นคือการแสดงข้อมูลที่เข้าใจได้ง่ายแสดงตำแหน่งของเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นเป็นไปด้วยดีมีส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่เรียบง่ายสื่อสารข้อมูลให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้สะดวก ภายในส่วนติดต่อผู้ใช้งานมีการแสดงตำแหน่งในรูปแบบแผนที่โดยสังเขปสามารถแสดงรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของบริเวณโดยรอบที่เป้าหมายประสบอุบัติเหตุล้ม มีการแจ้งเตือนที่ชัดเจนบนอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน และการทำงานร่วมกันกับฐานข้อมูลใช้เวลาน้อยเข้าใกล้การทำงานแบบเวลาจริง

5.1.3 การตรวจจับอิริยาบถล้ม

การตรวจจับอิริยาบถล้มสามารถจำแนกอิริยาบถล้มออกจากอิริยาบถทั่วไปในชีวิตประจำวันได้ดี แต่ยังไม่สามารถระบุทิศทางของการล้ม และจำแนกอิริยาบถยืน เดิน และนั่งออกจากกันได้อย่างชัดเจน เพราะเป็นการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์กับวิธีการทางคณิตศาสตร์เพียงเบื้องต้น การจำแนกอิริยาบถล้มหลังกับอิริยาบถนอนยังไม่สามารถจำแนกได้ถูกต้องชัดเจนเนื่องจากข้อจำกัดในการทดลองเกี่ยวกับความแรงของการล้ม และจำนวนข้อมูลที่ใช้เพื่อหาค่าเฉลี่ย

จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยสำหรับการสร้างฐานข้อมูลอ้างอิง และการตรวจจับอิริยาบถมีผลต่อการตรวจจับอิริยาบถล้ม จำนวนข้อมูลที่มากเกินไปจะทำให้มีข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับอิริยาบถที่สนใจ ในขณะเดียวกันจำนวนข้อมูลที่น้อยเกินไปอาจทำให้การทำงานของการตรวจจับอิริยาบถล้มไม่ครอบคลุมช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุล้มส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่ผิดพลาดตามมา

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

- สภาพแวดล้อมภายในอาคาร และสัญญาณรบกวนจากแอคเซสพอยต์อื่นทำให้ผลลัพธ์ของการระบุตำแหน่งผิดเพี้ยน
- คอมพิวเตอร์ไม่มีประสิทธิภาพมากพอสำหรับพัฒนาแอพพลิเคชั่นส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการพัฒนา
- ความเร็วของเป้าหมายส่งผลต่อการระบุตำแหน่ง
- การสร้างฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับการระบุตำแหน่ง และตรวจจับอิริยาบถล้มใช้เวลานาน
- ข้อจำกัดในการทดลองเกี่ยวกับความแรงของการล้ม
- จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยสำหรับการสร้างฐานข้อมูลอ้างอิง และการตรวจจับอิริยาบถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สิ่งที่สามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคต

- เพิ่มจำนวนโหนดอ้างอิงเพื่อให้เกิดความครอบคลุมพื้นที่ภายในอาคาร และเพิ่มความแม่นยำสำหรับการระบุตำแหน่งภายในอาคาร
- ใช้รหัสประจำเครื่อง (MAC Address) จำแนกโหนดอ้างอิงแทนชื่ออ้างอิงแอคเซสพอยต์ (SSID) เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานให้กับระบบระบุตำแหน่ง
- พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานให้มีความทันสมัย น่าสนใจ ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และทำงานได้ตามเวลาจริง
- พัฒนาอุปกรณ์ให้มีขนาดเล็กลง เพิ่มความกะทัดรัดเพื่อความสะดวกสบายของผู้สวมใส่
- พัฒนาแอพพลิเคชั่นให้สามารถใช้งานได้จริงบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส
- ประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนมากขึ้น และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีประโยชน์กับการตรวจจับอิริยาบถล้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Wikipedia contributors. (2019, March 13). Internet of things. In Wikipedia, The Free Encyclopedia, Retrieved 07:33, March 14, 2019, From: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Internet_of_things&oldid=887614419

[2] Matana Wiboonyasake, ทำความรู้จักกับ Internet of Things, Retrieved 13:26, March 9, 2018, From: https://www.aware.co.th/iot-คืออะไร/

[3] BeFirst network, Internet of Things (IOT) คืออะไร และสถิติการค้นหา การแชร์ Internet of Things (IoT), January 12, 2018, From: https://www.mindphp.com/บทความ/242-iot-internet-of-things/4222-internet-of-things-iot.html

[4] BeFirst network, ตัวอย่างสำคัญของการใช้ IoT ในระดับโลก, February 23, 2017, From: https://www.befirstnetwork.com/iot/

[5] Technology Tracking Department (2003) WiFi Technology, : . From: https://www.researchgate.net/profile/Prem_Baboo/post/Need_your_suggestions_and_guide_for_my_project/attachment/59d629b179197b8077988363/AS%3A336680620969988%401457282323890/download/Wi-Fi+report.pdf

[6] นางสาวกิติมา เพชรทรัพย์, นายแสงเพชร ศรีนิ่ม, นายวัชรากร เลิศวัฒนาสกุล, นายปวีย์ เพชรรักษ์, รูปแบบของการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย, January 18, 2019, From: http://thaigoodview.com/library/contest1/tech04/20/wireless/n04.html

[7] ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs), มาตรฐาน IEEE 802.11, January 22, 2019, From: http://web.agri.cmu.ac.th/it/download/document/wifi_report.pdf

[8] (2012). Algorithms Used in Wi-Fi Positioning Systems. In E. C. Chan, & G. Baciu, (Eds.). Introduction to wireless localization: with iPhone SDK Examples (First Edition ed., 35-68). Singapore: John Wiley & Sons.

[9] Jonmprom, K., Nakarach, N., & Bokam, T. (2010). Localization and tracking in wireless sensor network (Dissertation, king mongkut's institute of technology ladkrabang, 2010). Bangkok: KMITL.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] ระดับความเข้มของสัญญาณ (RSSI), January 22, 2019,
From: https://dict.drkrok.com/rssi/

[11] อาสาสมัครวิกิพีเดีย. "ระยะทางแบบยุคลิด." วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. วิกิพีเดีย, สารานุกรมเสรี, 21 ก.ย. 2014. เว็บ. 10:33, กันยายน 21, 2014,
From: https://th.wikipedia.org/w/index.php?title=ระยะทางแบบยุคลิด&oldid=5604864

[12] Data Flow – React, ความสัมพันธ์ระหว่าง Props และ Component , January 22, 2019,
From: https://www.thitiblog.com/wp-content/uploads/2018/02/maxresdefault-960x540.jpg

[13] Basanth Kumar Varma Alluri, React Native LifeCycle, May 22, 2018,
From: https://www.linkedin.com/pulse/react-native-lifecycle-basanth-kumar-varma-alluri

[14] คู่มือการใช้งานบอร์ด ESPino32, January 22, 2019,
From: https://thaieasyelec.com/downloads/ETEE061/ESPino32_User_Manual_TH.pdf

[15] Apipoj Piasak, Data Scientist: Variance and Standard Deviation, May 7, 2016,
From: https://blog.derlivery.com/data-scientist-variance-and-standard-deviation-90a97a1f33d5

[16] ANALOG DEVICES, Small, Low Power, 3-Axis ±3 g Accelerometer (ADXL335), January 22, 2019,
From: https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/adxl335.pdf

[17] Danijel Cabarkapa, Ivana Grujić, and Petar Pavlović, The diagram of the BLE fingerprinting method, January 18, 2019,
From: https://www.researchgate.net/figure/The-diagram-of-the-BLE-fingerprinting-method_fig2_288004326

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้