

ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส
GNSS JAMMING DETECTION SYSTEM

จัดทำโดย

นาย กษมวัฒน์	ทานะพันธ์	รหัส 60010037
นาย กิตติศักดิ์	สรพนรินทร์	รหัส 60010086
นาย ตฤณ	พละสาร	รหัส 60010355

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส
GNSS JAMMING DETECTION SYSTEM

จัดทำโดย

นาย กษมวัฒน์	ทานะพันธ์	รหัส 60010037
นาย กิตติศักดิ์	สรพรนิรันดร์	รหัส 60010086
นาย ตฤณ	พลະສາ	รหัส 60010355

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.เวริต ภาคย์พิสุทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส

GNSS JAMMING DETECTION SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายกษมวัฒน์ ทานะขันธุ์ รหัสนักศึกษา 60010037
2. นายกิตติศักดิ์ สรรพนิรันดร์ รหัสนักศึกษา 60010086
3. นายตฤณ พลະສາร รหัสนักศึกษา 60010355



[Handwritten signature]

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. เจริญ ภาคย์พิสุทธิ)

P. Saprithi

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศ.ดร. พรชัย ทรัพย์นิธิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ให้คำปรึกษาอื่นๆ ทางผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร. เวธิต ภาคย์พิสุทธิ์ และ ศ.ดร. พรชัย ทรัพย์นิธิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ ท่านได้ให้คำแนะนำ ชี้แนวคิด วิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการ สนับสนุนให้ต่อยอดโครงการในการศึกษาถัดไป และต้องขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาเอกที่คอยควบคุม ดูแลแนะนำการใช้อุปกรณ์ให้การทำโครงการนี้ได้สำเร็จไปอย่างลุล่วง ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมชั้นปีที่ 4 ที่คอยให้ความช่วยเหลือเวลาขาดเหลืออะไรในยามเร่งด่วน

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่อาจจะไม่ได้กล่าวถึงในข้างขึ้น ที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

นายเกษมวัฒน์ ทานะพันธ์
 นายกิตติศักดิ์ สรรพนิรันดร์
 นายตฤณ พละสาร
 ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ระบบตรวจจับสัญญาณรบกวนจีเอ็นเอสเอส
GNSS JAMMING DETECTION SYSTEM

โดย	นายกษมวัฒน์ ทานะขันธุ์	60010037
	นายกิตติศักดิ์ สรรพนิรันดร์	60010086
	นายตฤณ พละสาร	60010355

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. เจริต ภาคย์พิสุทธิ์

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการคมนาคมทางบก ทางอากาศ และทางน้ำ มีการใช้สัญญาณจีเอ็นเอสเอส (GNSS: Global Navigation Satellite System) ในการระบุตำแหน่งยานพาหนะ เนื่องจากสัญญาณของระบบระบุพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียมเป็นระบบเปิด ส่งผลให้มีการรบกวนสัญญาณเกิดขึ้น ทั้งเจตนาและไม่เจตนา ก่อให้เกิดปัญหาในการระบุพิกัดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่งผลให้ระบบระบุตำแหน่งเกิดความผิดพลาด หรือในกรณีเลวร้ายที่สุด การระบุตำแหน่งไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นโครงการนี้คิดค้นอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบสัญญาณรบกวน GNSS โดยใช้ Raspberry pi ร่วมกับอุปกรณ์รับสัญญาณ GNSS ในการสร้างอุปกรณ์ตรวจจับการรบกวนสัญญาณ และระบุทิศทางของสัญญาณรบกวนในระยะที่เครื่องรับได้รับผลกระทบจากอุปกรณ์ปล่อยสัญญาณรบกวน จากนั้นนำไปประมวลผลว่า ค่าความแรงที่รับมานั้นน้อยกว่าที่กำหนดหรือไม่เพื่อวิเคราะห์การถูกรบกวน วิเคราะห์ร่วมกับสเปกตรัมของสัญญาณว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมอย่างไร และระบุประเภทของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ พร้อมทั้งถ่ายภาพวัตถุที่ต้องสงสัยว่าทำการปล่อยสัญญาณจากเครื่องส่งสัญญาณรบกวนออกมา และนำข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกได้ไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล พร้อมทั้งแสดงข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ผ่านหน้าเว็บไซต์

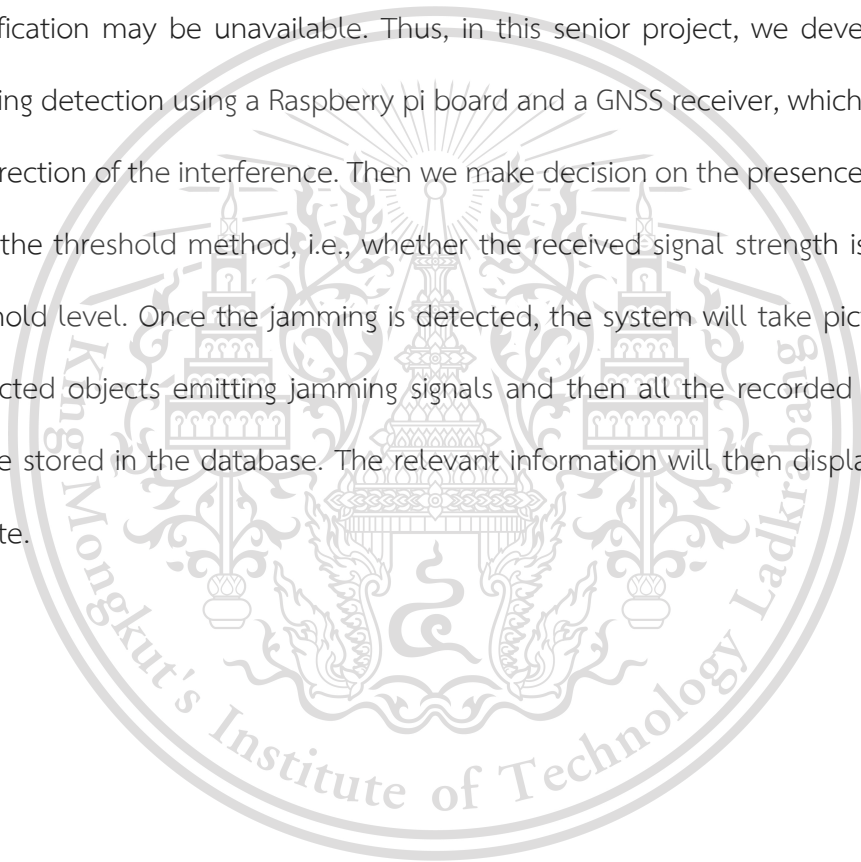
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ABSTRACT

Nowadays, transportation on land, air, and water rely on GNSS (Global Navigation Satellite System) signals to locate vehicles. Since the signals of the satellite positioning system is open and prone to signal interference both intentionally and unintentionally causing positioning errors or in the worst case, the location identification may be unavailable. Thus, in this senior project, we develop a GNSS jamming detection using a Raspberry pi board and a GNSS receiver, which can specify the direction of the interference. Then we make decision on the presence of jamming using the threshold method, i.e., whether the received signal strength is above the threshold level. Once the jamming is detected, the system will take pictures of the suspected objects emitting jamming signals and then all the recorded information will be stored in the database. The relevant information will then displayed on the website.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบจีเอ็นเอสเอส	3
2.1.1 องค์ประกอบของระบบดาวเทียมรับสัญญาณ	4
2.1.2 ย่านความถี่ดาวเทียม GPS	4
2.2 การส่งสัญญาณรบกวน	5
2.3 ทฤษฎี Free-space path loss	5
2.4 วิธีการหาตำแหน่งวัตถุ	6
2.5 วิจัยกำหนดด้วยซอฟต์แวร์ (RTL-SDR)	6
2.5.1 ช่วงความถี่ RTL-SDR	7
2.5.2 โปรแกรม rx_tools สำหรับ รับสัญญาณ RTL-SDR	7
2.6 ภาษาไพธอน	8
2.6.1 ส่วนประกอบในการทำงานของภาษาไพธอน	8
2.6.2 ข้อดีของภาษาไพธอน	8
2.7 โมดูล Raspberry 3 Pi Model B+	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 การสร้างเว็บไซต์	12
2.8.1 Front-end	13
2.8.2 Back-end	14
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปฏิญญานิพนธ์	15
3.1 การออกแบบ	15
3.1.1 การออกแบบการจัดเก็บข้อมูลของสัญญาณที่ได้รับจาก อุปกรณ์รับสัญญาณ	16
3.1.2 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์ รบกวนสัญญาณ	17
3.1.3 การทดสอบผลกระทบสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์ รบกวนสัญญาณต่ออุปกรณ์รับสัญญาณเทียบกับ ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์	18
3.1.4 การออกแบบระบบวิเคราะห์ตำแหน่งและถ่ายภาพวัตถุ ที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	21
3.1.5 การทดสอบการหาตำแหน่งพร้อมถ่ายภาพวัตถุต้อง สงสัยที่ส่งสัญญาณรบกวน	23
3.1.6 ระบบฐานจัดเก็บข้อมูล	26
3.1.7 หน้าเว็บไซต์	28
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	30
3.3.1 อุปกรณ์รบกวนชนิด SMA-Battery Jammer	30
3.3.2 อุปกรณ์รบกวนชนิด Non SMA-Battery Jammer	31
3.3.3 Raspberry Pi 3 Model B+	32
3.2.4 RTL-SDR dongle	33
3.2.5 Computer Server	34
3.2.6 กล้อง NWC-500	35
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4	
ผลการทดลอง	36
4.1 อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	35
4.2 ผลการทดสอบผลกระทบสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณต่อ อุปกรณ์รับสัญญาณเทียบกับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์	36
4.2.1 ผลการทดสอบกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมขณะไม่มีการ รบกวนสัญญาณ	36
4.2.2 ผลการทดสอบกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมขณะมีการใช้ อุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ระยะห่างต่างๆ	38
4.3 ระบบวิเคราะห์ตำแหน่งและถ่ายภาพวัตถุที่ติดตั้งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	49
4.4 ผลการทดสอบการหาตำแหน่งพร้อมถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวน สัญญาณ	52
4.5 ระบบฐานจัดเก็บข้อมูล	59
4.5 หน้าเว็บไซต์	60
บทที่ 5	
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผล	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก ก	75
ภาคผนวก ข	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	6
2.2	11
2.3	13
2.4	13
2.5	14
3.1	15
3.2	16
3.3	17
3.4	18
3.5	18
3.6	19
3.7	20
3.8	21
3.9	21
3.10	22
3.11	23
3.12	24
3.13	25
3.14	25
3.15	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่วนของการรับส่งข้อมูลของฐานจัดเก็บข้อมูลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 โปรแกรม phpMyAdmin สำหรับ MySQL Client	27
3.18 ตารางข้อมูลที่จัดเก็บภายใน Database	27
3.19 โครงร่างของหน้าโฮมเพจ	28
3.20 โครงร่างของหน้าแผงควบคุม	29
3.21 อุปกรณ์รบกวนชนิด SMA-Battery Jammer	30
3.22 อุปกรณ์รบกวนชนิด Non SMA-Battery Jammer	31
3.23 Raspberry Pi 3 Model B+	32
3.24 RTL-SDR Dongle	33
3.25 Server	34
3.26 กล่อง NWC-500	35
4.1 อุปกรณ์ภายในกล่องอุปกรณ์	36
4.2 ผลทดสอบของกำลังสัญญาณขณะไม่ถูกรบกวนสัญญาณของเครื่องรับสัญญาณเครื่องที่ 1 2 และ 3	38
4.3 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณ ณ ความถี่ 1575.42 ขณะไม่ใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ	38
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณในรูปแบบ box plot	40
4.5 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 5 เมตร	40
4.6 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 10 เมตร	41
4.7 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 15 เมตร	41
4.8 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 20 เมตร	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 25 เมตร	42
4.10	สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 30 เมตร	43
4.11	สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 35 เมตร	43
4.12	สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 40 เมตร	44
4.13	สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 45 เมตร	44
4.14	สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 50 เมตร	45
4.15	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด ชนิด Non SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณในรูปแบบ box plot	46
4.16	สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 3 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer	46
4.17	สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 6 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer	47
4.18	สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 9 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer	47
4.19	สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 12 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer	48
4.20	สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 15 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ Non-SMA-Battery Jammer เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.21	สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 18 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer	49
4.22	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณของระบบในรูปแบบกราฟ 2 มิติ	50
4.23	(ก) รูปถ่ายจากกล้องที่ติดตั้งกับอุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 1 (ข) รูปถ่ายจากกล้องที่ติดตั้งกับอุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 2	51
4.24	การส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลด้วย Rsync	52
4.25	(ก) ฐานข้อมูลในการจัดเก็บไฟล์ของค่ากำลังสัญญาณ (ข) ฐานข้อมูลในการจัดเก็บไฟล์ของสเปกตรัม (ค) ฐานข้อมูลในการจัดเก็บไฟล์ของภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัย	53
4.26	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-7.5,4)	54
4.27	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-2.5,4)	54
4.28	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (2.5,4)	55
4.29	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (7.5,4)	55
4.30	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ Non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-7.5,4)	56
4.31	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-2.5,4)	56
4.32	ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (2.5,4)	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ Non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (7.5,4)	57
4.34 ภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัยที่ตำแหน่ง (-7.5,4)	58
4.35 ภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัยที่ตำแหน่ง (-2.5,4)	59
4.36 ภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัยที่ตำแหน่ง (2.5,4)	59
4.37 ภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัยที่ตำแหน่ง (7.5,4)	60
4.38 ตารางสำหรับจัดเก็บข้อมูลในระบบจัดการฐานข้อมูล	61
4.39 (ก) ส่วนอธิบายภาพรวม และคำอธิบายของโครงการ (ข) ส่วนอธิบายการออกแบบ และทฤษฎีของโครงการ (ค) ส่วนอธิบายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (ง) ส่วนอธิบายการทดลอง และผลการทดลอง	63
4.40 (ก) ภาพถ่ายย้อนหลังที่ได้รับจากกล้องตรวจจับของเครื่องที่ 1 และ 2 (ข) แสดงค่ากำลังสัญญาณภายในหนึ่งชั่วโมงย้อนหลัง (ค) ตารางข้อมูลแสดงค่ากำลังสัญญาณย้อนหลังทั้งหมด	65
4.41 (ก) ปุ่มแสดงไคเรกทอรีของรูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 1 (ข) รูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 1	66
4.43 (ก) ปุ่มแสดงไคเรกทอรีของรูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 1 (ข) รูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 1	67
4.44 (ก) ปุ่มแสดงไคเรกทอรีของรูปภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณย้อนหลัง (ข) รูปภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณย้อนหลัง	68
4.45 (ก) ปุ่มแสดงไคเรกทอรีของรูปภาพแสดงสเปกตรัมสัญญาณที่รับได้ย้อนหลัง (ข) รูปภาพแสดงสเปกตรัมสัญญาณที่รับได้ย้อนหลัง	69
4.46 ปุ่มแสดงไคเรกทอรีของตารางข้อมูลย้อนหลัง	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ช่วงความถี่ของแต่ละตัวแปรจูนเนอร์	7
2.2 รายละเอียดของ Raspberry Pi 3 Model B+	10
3.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์รบกวนชนิด SMA-Battery Jammer	30
3.2 สเปกของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer	31
3.3 คุณสมบัติของอุปกรณ์รบกวนชนิด Non SMA-Battery Jammer	31
3.4 คุณสมบัติของ Raspberry Pi 3 Model B+	32
3.5 คุณสมบัติของ RTL-SDR Dongle	33
3.6 คุณสมบัติของ Computer Server	34
3.7 คุณสมบัติของ กล้อง NWC-500	35
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณ	39
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด Non SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมอย่างแพร่หลาย ทั้งการใช้งานในชีวิตประจำวัน และในภาคอุตสาหกรรม ข้อมูลจากดาวเทียมถูกส่งแบบ Broadcast หรือการกระจายคลื่นในพื้นที่ที่ต้องการ เนื่องจากดาวเทียมในการระบุตำแหน่ง อยู่ห่างจากพื้นโลกค่อนข้างมาก สัญญาณที่รับได้จึงมีความแรงต่ำ และสามารถถูกรบกวนได้ง่าย ปัญหาหนึ่งของระบบการสื่อสารดาวเทียมอย่างหนึ่งเกิดจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ (Jammer) ซึ่งถูกใช้งานในการตัดสัญญาณดาวเทียมเพื่อป้องกันการติดตาม มักถูกใช้กับกลุ่มคนขับรถบรรทุก และคนขับรถสาธารณะ ในบางกรณีอาจส่งผลกระทบต่อผู้ใช้สัญญาณดาวเทียมรายอื่น เช่น รถยนต์อัตโนมัติ เครื่องบิน การระบุเวลาในเซลล์ไซต์ของเสาสัญญาณมือถือ เป็นต้น ดังนั้นปัญหานี้จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากที่ต้องแก้ไขในระบบการระบุตำแหน่ง และการนำทาง

โครงการฉบับนี้ได้นำเสนอโครงการชื่อ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณของอุปกรณ์ส่งสัญญาณรบกวน โดยใช้งานอุปกรณ์รับสัญญาณ Realtek Software-defined radio (RTL-SDR) และอุปกรณ์ Raspberry Pi โดยออกแบบโปรแกรมให้วิเคราะห์สัญญาณที่รับได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณ และตรวจจับการเกิดการส่งสัญญาณรบกวน เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งพร้อมทั้งถ่ายภาพวัตถุต้องสงสัยที่มีการติดตั้งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ โดยแสดงผลการวิเคราะห์และภาพถ่ายย้อนหลังผ่านทางหน้าเว็บไซต์

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาวิธีการตรวจจับ และหาตำแหน่งการรบกวนสัญญาณของระบบระบุพิกัดตำแหน่งจีเอ็นเอสเอส พร้อมทั้งถ่ายภาพยานพาหนะที่ต้องสงสัยว่าปล่อยสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณรบกวน
- 2) เพื่อศึกษาการทำ web server และการรับ-ส่งข้อมูลผ่านฐานข้อมูล

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับการรบกวนสัญญาณ ในย่านความถี่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์ แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2. หาทิศทางของอุปกรณ์ส่งสัญญาณรบกวนในระยะที่อุปกรณ์ส่งสัญญาณรบกวนมีผลต่อการทำงานของระบบระบุพิกัดตำแหน่ง พร้อมทั้งถ่ายภาพของยานพาหนะที่ต้องสงสัยว่าปล่อยสัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณรบกวน
3. ออกแบบและจัดตั้งเซิร์ฟเวอร์ เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ ค่ากำลังสัญญาณภาพถ่ายของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ และสเปกตรัมของสัญญาณเมื่อถูกรบกวนสัญญาณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ ประกอบไปด้วย ระบบจีเอ็นเอสเอส การส่งสัญญาณรบกวน วิทยุกำหนดด้วยฮาร์ดแวร์ (RTL-SDR) โปรแกรม rx_tools ในอุปกรณ์ Raspberry Pi 3 Model B+ และภาษา Python สำหรับเขียนโปรแกรมการทำงาน

2.1 ระบบจีเอ็นเอสเอส

จีเอ็นเอสเอส หรือ ระบบนำทางด้วยดาวเทียม (GNSS: Global Navigation Satellite System) เป็นระบบที่ให้บริการข้อมูลตำแหน่งและเวลา ซึ่งสามารถระบุตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลกและในทุกสภาพอากาศ รวมถึงสามารถคำนวณความเร็วและทิศทางเพื่อนำมาใช้ร่วมกับแผนที่ในการนำทาง ในปัจจุบันมีหลายประเทศได้ส่งระบบดาวเทียมนำร่องเป็นของตัวเองดังนี้

- 1) GPS (Global Positioning System) ระบบดาวเทียมของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วยดาวเทียม 32 ดวง ที่วงโคจรสูง 20,200 กม.
- 2) GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) ระบบดาวเทียมของประเทศรัสเซีย ประกอบด้วยดาวเทียม 30 ดวง ที่วงโคจรสูง 19,100 กม.
- 3) Galileo (Galileo Positioning System) ระบบดาวเทียมของกลุ่มสหภาพยุโรป ประกอบด้วยดาวเทียม 30 ดวง ที่วงโคจรสูง 23,222 กม.
- 4) BeiDou ระบบดาวเทียมของประเทศจีน ประกอบด้วยดาวเทียม 35 ดวง ที่วงโคจรสูง 21,150 กม.
- 5) IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) เป็นระบบดาวเทียมระดับภูมิภาคของประเทศอินเดีย ซึ่งให้บริการ เฉพาะประเทศอินเดียและประเทศใกล้เคียง
- 6) QZSS เป็นระบบดาวเทียมระดับภูมิภาคของประเทศญี่ปุ่น เปิดให้บริการเฉพาะประเทศญี่ปุ่น และประเทศในแถบ Asia-Oceania

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.1.1 องค์ประกอบของระบบดาวเทียมรับสัญญาณ

องค์ประกอบของระบบ GPS ในการสื่อสารผ่านดาวเทียม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

ส่วนอวกาศ (Space Segment)

กลุ่มดาวเทียมนำร่องที่อยู่ในอวกาศทำหน้าที่ส่งคลื่นสัญญาณวิทยุมายังพื้นโลก สัญญาณดังกล่าวประกอบด้วยข้อมูลนำร่อง สำหรับคำนวณตำแหน่งของดาวเทียมนำร่องที่มีอยู่ในอวกาศ

ส่วนสถานีควบคุม (Ground Station)

สถานีควบคุมภาคพื้นดิน มีหน้าที่ในการสังเกต และควบคุมการทำงานของดาวเทียม ให้สามารถทำงานได้ตามปกติ รวมไปถึงตรวจวัดตำแหน่งดาวเทียมนำร่องในอวกาศ แล้วส่งค่าตำแหน่ง ดังกล่าวกลับไปยังดาวเทียมนำร่อง เพื่อให้ข้อมูลนำร่องมีความถูกต้องแม่นยำอยู่ตลอดเวลา

ส่วนผู้ใช้ (User Segment)

ผู้ใช้งานบนพื้นโลกจะใช้เครื่องรับสัญญาณวิทยุในการรับสัญญาณคลื่นวิทยุจากดาวเทียมนำร่อง แล้วทำการคำนวณร่วมกับค่าระยะห่างระหว่างดาวเทียมนำร่อง และเครื่องรับสัญญาณวิทยุ เพื่อใช้ในการประมวลผลตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณวิทยุหรือตำแหน่งของผู้ใช้งาน

2.1.2 ย่านความถี่ดาวเทียม GPS

สัญญาณวิทยุที่ดาวเทียม GPS ส่งออกมาเป็นคลื่นในช่วงที่เรียกว่า L-band มี 3 ความถี่ คือ

- 1) คลื่น L1 ที่ความถี่ 1,575.42 MHz โดยมอดูเลตแบบ BPSK ความถี่ L1 เป็น 154 ครั้งของความถี่นาฬิกามาตรฐาน 10.23 MHz
- 2) คลื่น L2 ที่ความถี่ 1,227.60 MHz โดยมอดูเลตแบบ BPSK ความถี่ L2 เป็น 120 ครั้งของความถี่นาฬิกามาตรฐาน 10.23 MHz
- 3) คลื่น L5 ที่ความถี่ 1176.45 MHz โดยมอดูเลตแบบ BPSK ความถี่ L5 เป็น 115 ครั้งของความถี่นาฬิกามาตรฐาน 10.23 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.2 การส่งสัญญาณรบกวน

การส่งสัญญาณรบกวนในที่นี้กล่าวถึงการส่งสัญญาณรบกวนระบบดาวเทียมจากบุคคลบางกลุ่ม โดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดความผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง ซึ่งสัญญาณรบกวนดังกล่าวเกิดจากการสร้างสัญญาณขึ้นในย่านความถี่ของสัญญาณ GNSS โดยสัญญาณรบกวนจะมีค่ากำลังสัญญาณที่มากกว่าสัญญาณดาวเทียม ส่งผลให้ค่าอัตราความหนาแน่นของคลื่นพาห์ต่อสัญญาณรบกวน (C/N0) ผิดเพี้ยนไปจากเดิม อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ (Jammer) สัญญาณสามารถรบกวนหรือตัดสัญญาณต่างๆ เช่น สัญญาณโทรศัพท์มือถือ สัญญาณ Wifi และสัญญาณ Bluetooth โดยอุปกรณ์รบกวนสัญญาณสามารถแบ่งตามประเภทของสัญญาณได้ 4 แบบดังนี้ Continuous wave signal, Chirp signal with one saw-tooth function, Chirp signal with multi saw-tooth functions, Chirp signal with frequency bursts

2.3 ทฤษฎีค่าการสูญเสียเชิงวิถีในอากาศว่าง

ทฤษฎีค่าการสูญเสียเชิงวิถีในอากาศว่าง (Free-space path loss) มีความสัมพันธ์กับการหาระยะทางของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณและอุปกรณ์ RTL-SDR เมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่ออกจากอุปกรณ์ RTL-SDR ค่ากำลังสัญญาณของฝั่งรับ (P_r) จะลดลง และเมื่ออุปกรณ์รบกวนสัญญาณเคลื่อนที่เข้าหาอุปกรณ์ RTL-SDR ค่ากำลังสัญญาณของฝั่งรับจะสูงขึ้นดังสมการที่ 2.1

$$P_r = P_t G_r G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad (2.1)$$

เมื่อ P_t คือ กำลังของสัญญาณฝั่งรับ (หน่วยวัตต์)

G_t คือ อัตราขยายของฝั่งส่ง

G_r คือ อัตราขยายของฝั่งรับ

λ คือ ความยาวคลื่น (หน่วยเมตร)

R คือ ระยะห่างระหว่างฝั่งส่ง และฝั่งรับ (หน่วยเมตร)

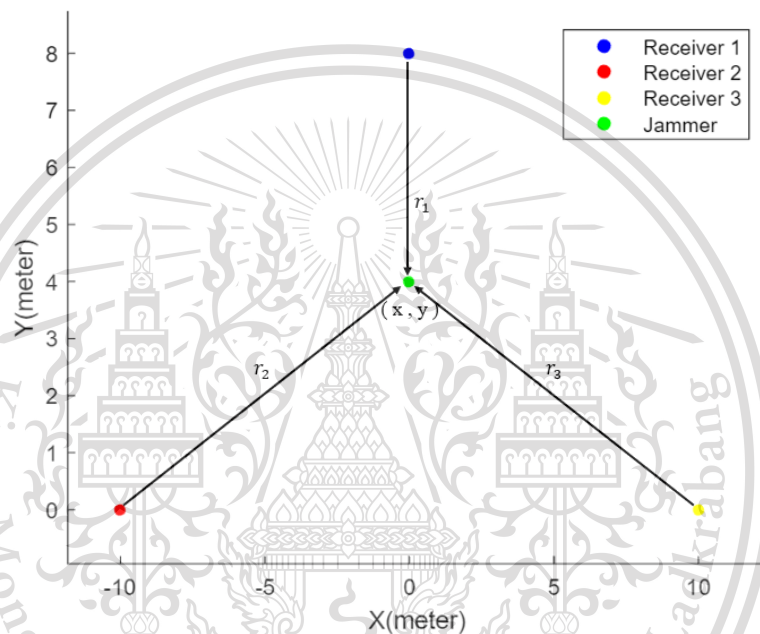
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.4 วิธีการหาตำแหน่งวัตถุ

การหาตำแหน่งของวัตถุในการจัดทำโครงงาน โดยใช้วิธีการหาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รับสัญญาณกับอุปกรณ์รับกวนสัญญาณด้วยทฤษฎี Free-space path loss ในข้อที่ 2.3 ซึ่งในการหาจุดตัดจะทำการคำนวณหาระยะห่างของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณกับอุปกรณ์รับสัญญาณจำนวน 3 เครื่อง เพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณ โดยสามารถแสดงวิธีการหาตำแหน่งวัตถุได้ดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 การหาตำแหน่งวัตถุ

จากรูปที่ 2.1 แสดงการหาตำแหน่งของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนจากระยะห่างระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับสัญญาณจำนวน 3 เครื่อง โดยตำแหน่งของเครื่องส่งจะถูกหาจากจุดตัดของวงกลมที่สร้างจากรัศมีวงกลม r_1 r_2 และ r_3 หรือระยะห่างระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับเครื่องที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

2.5 วิจัยกำหนดด้วยซอฟต์แวร์ (RTL-SDR)

RTL-SDR เป็น dongle USB (USB dongle) ที่สามารถใช้เป็นเครื่องรับสัญญาณวิทยุ ในย่านความถี่ 500 kHz ถึง 1.75 GHz โดยใช้คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งซอฟต์แวร์สำหรับอ่านค่าที่รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.5.1 ช่วงความถี่ RTL-SDR

ช่วงความถี่ของ RTL-SDR ขึ้นอยู่กับตัวแปรจูนเนอร์โดยเฉพาะที่ใช้ในดองเกิลและการดำเนินการโดยเฉพาะ ดองเกิลบางตัว เช่น RTL-SDR Blog V3 สามารถรับสัญญาณที่ต่ำกว่า 28 MHz ได้

ตารางที่ 2.1 ช่วงความถี่ของแต่ละตัวแปรจูนเนอร์

Tuner	ช่วงความถี่
Elonics E4000	52 – 2200 MHz โดยมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 1100 MHz to 1250 MHz (varies)
Rafael Micro R820T/2	24 – 1766 MHz (สามารถปรับได้ตั้งแต่ ~13 - 1864 MHz โดยใช้ไดเรกเตอร์ทดลอง)
Fitipower FC0013	22 – 1100 MHz
Fitipower FC0012	22 – 948.6 MHz
FCI FC2580	146 – 308 MHz และ 438 – 924 MHz

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าตัวแปรจูนเนอร์ของ Elonics E4000 และ Rafael Micro R820T/2 มีช่วงความถี่ที่มากที่สุด

2.5.2 โปรแกรม rx_tools สำหรับ รับสัญญาณ RTL-SDR

โปรแกรม rx_tools มีชุดคำสั่ง rx_fm, rx_power และ rx_sdr สำหรับรับข้อมูลจาก SDR ผ่าน command line ที่มีรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

- คำสั่ง rx_fm (ขึ้นอยู่กับ rtl_fm): demodulator สำหรับ FM และโหมดอื่นๆ
- คำสั่ง rx_power (ขึ้นอยู่กับ rtl_power): ตัวบันทึก FFT กำลังสัญญาณ
- คำสั่ง rx_sdr (ขึ้นอยู่กับ rtl_sdr): ปลอ่ยข้อมูลดิบ I/Q

นอกนี้ยังชุดคำสั่งจาก librtlsdr ไม่รวมอยู่ในโปรแกรม rx_tools มีดังต่อไปนี้

- คำสั่ง rtl_eeprom, rtl_test, rtl_ir: เฉพาะสำหรับอุปกรณ์ RTL-SDR
- คำสั่ง rtl_tcp, rtl_rpcd: เครือข่ายระยะไกลดู SoapyRemote แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ คำสั่ง rtl_adsb: ดู dump1090 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.6 ภาษาไพธอน

ภาษาไพธอน (Python) ถือกำเนิดขึ้นในปี ค.ศ.1980 ถูกพัฒนาขึ้นโดย Guido vanRossum ที่ Centrum Wiskunde & Informatica (CWI) ประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นภาษาหนึ่งที่ยอดนิยมใช้ในการเขียนโปรแกรม ถูกพัฒนาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม นั้นหมายความว่าภาษาไพธอนสามารถใช้งานได้หลายระบบปฏิบัติการ ทั้ง Unix Linux และ Windows อีกทั้งยังเป็น Open Source ทำให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถใช้ภาษาไพธอนมาพัฒนาโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ของตัวเองได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด ภาษาไพธอนเป็นภาษาระดับสูง จึงทำให้เขียนง่าย ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์อย่างลึกซึ้ง เพียงแค่เข้าใจไวยากรณ์และขั้นตอนการทำงานของภาษาไพธอนก็สามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาไพธอนได้แล้ว แต่เนื่องจากความเป็นภาษาระดับสูงที่มีข้อดีคือเขียนและพัฒนาได้ง่ายแล้วก็มีข้อจำกัดอยู่ข้อหนึ่ง คือจะทำงานหรือประมวลผลได้ช้าเมื่อเปรียบเทียบกับภาษาอื่น เช่น ซี (C) หรือ ฟอรัทแรน (Fortran)

2.6.1 ส่วนประกอบในการทำงานของภาษาไพธอน

- ก) คอมไพเลอร์ (Compiler) ใช้ตีความคำสั่งที่ผู้พัฒนาโปรแกรมเขียนขึ้นเพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน
- ข) อีดิเตอร์ (Editor) ใช้เขียนชุดคำสั่งเพื่อให้คอมไพเลอร์อ่านแล้วส่งคอมพิวเตอร์อีกครั้งหนึ่ง
- ค) เชลล์โต้ตอบ (interactive shell) หรือ อินเทอร์พรีเตอร์ (interpreter) ใช้ป้อนคำสั่งเพื่อสั่งการคอมพิวเตอร์แบบทันที

2.6.2 ข้อดีของภาษาไพธอน

- ก) ไพธอนเป็นภาษาสคริปต์ ทำให้ใช้เวลาในการเขียนและคอมไพล์ไม่มากเหมาะกับงานด้านการดูแลระบบ (System administration)
- ข) คำสั่งที่เขียนด้วยภาษาไพธอนสามารถนำไปทำงานบนระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย
- ค) การประมวลผลจะทำในแบบอินเทอร์พรีเตอร์ คือ จะประมวลผลไปที่ละบรรทัดและปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับ
- ง) เป็นภาษาแบบ Dynamic typing คือ สามารถเปลี่ยนชนิดข้อมูลได้ง่ายและสะดวก

เอกสารนี้เป็นเรวดเร็วที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- จ) มี Built-in Object Types คือ โครงสร้างของข้อมูลที่สามารถใช้ได้ ใน Python ซึ่งประกอบไปด้วย ลิสต์ ดิกชันนารี สตริง ที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง มีฟังก์ชันสนับสนุนฐานข้อมูล เช่น MySQL Sybase Oracle Informix ODBC และอื่นๆ
- ฉ) มีไลบรารีสนับสนุนด้านปัญญาประดิษฐ์

2.7 โมดูล Raspberry 3 Pi Model B+

โมดูล Raspberry Pi 3 Model B+ คือ บอร์ดประมวลผลขนาดเล็กที่มีรูปแบบการทำงานคล้ายกับคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง สามารถรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด จอมอนิเตอร์ และเมาส์ได้ นอกจากนี้ยังมีระบบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตทั้งแบบใช้สายและไร้สาย มีประสิทธิภาพในการทำงานได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการเล่นเกม การใช้งานอินเทอร์เน็ตสำหรับการส่งอีเมล หรือการเล่นไฟล์วีดีโอที่มีความละเอียดสูง (High-Definition) รองรับการติดตั้งระบบปฏิบัติการของ Linux ได้หลายระบบ เช่น Arch Linux Pidora (Fedora) Raspbian (Debian) เป็นต้น ซึ่งติดตั้งระบบบน SD Card

Raspberry Pi ได้ถูกออกแบบให้ภายในบอร์ดมีหน่วยประมวลผลหลายชนิด เช่น CPU GPU RAM และมีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นได้ ซึ่งมีรายละเอียดและโครงสร้าง แสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของ Raspberry Pi 3 Model B+

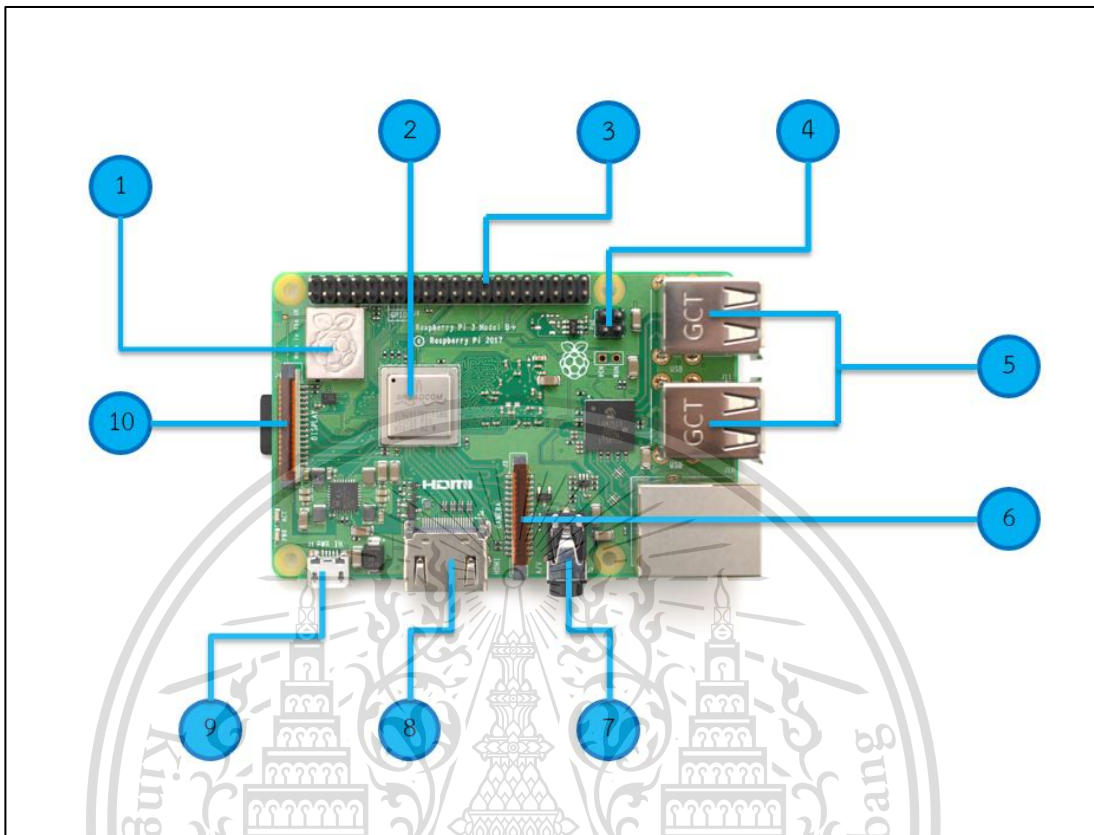
Features	Raspberry Pi 3 Model B+
Processor	Broadcom BCM2837 Processor Quad core A53 (ARM v8) 64-bit SoC
Memory	1GB LPDDR2 SDRAM
Bluetooth	Cypress BLE chip 2.4Ghz/5.0GHz IEEE 802.11ac
Ethernet	Fast Ethernet (300Mbps max)
USB	Four USB 2.0 ports
Connection	GPIO Header 40-pin
HDMI	1 x full size
Video	MIPI DSI display port, MIPI CSI camera port & 4 Pole stereo output and composite video port
Multimedia	H.264, MPEG-4 decode (1080p30). H.264 encode (1080p30). OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics.
Storage	microSD card slot for loading operating system and data storage
Power	USB connector for 5.1V / 2.5A dc
Bluetooth	4.2 BLE

จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของ Raspberry Pi 3 Model B+ โดยโครงการนี้เลือกใช้งาน Raspberry Pi 3 Model B+ เนื่องจากมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ทั้งในด้านของระบบประมวลผล และราคาของอุปกรณ์ โดยสามารถเชื่อมต่อการทำงานกับอุปกรณ์รับความถี่ RTL-SDR ผ่าน Port USB นอกจากนี้ยังมีระบบ I2C เพื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ ตลอดจนมี Port HDMI สำหรับเชื่อมต่อไปยังจอแสดงผล ซึ่งคุณสมบัติที่กล่าวมานี้เพียงพอต่อการใช้งานสำหรับการทำโครงการในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของบอร์ด Raspberry Pi Compute Module 3

หมายเลข 1 2.4 GHz and 5 GHz Wireless LAN Bluetooth 4.2/BLE

หมายเลข 2 BCM2837B0 64 bit Soc@1.4GHz with 1GB LPDDR2 SDRAM

หมายเลข 3 40 pin GPIO

หมายเลข 4 POE Header

หมายเลข 5 4 x USB 2.0 ports and Faster Ethernet over USB2.0 (300Mbps)

หมายเลข 6 MIPI CSI camera port

หมายเลข 7 4-pole stereo output and composite video port

หมายเลข 8 Full-size HDMI

หมายเลข 9 5V/2.5A DC via micro USB connector

หมายเลข 10 MIPI DSI display port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานภายในของ Raspberry Pi 3 Model B+ ใช้ภาษาไพธอน (Python) เนื่องด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ง่ายต่อการเรียนรู้ โดยภาษา Python มีโครงสร้างของภาษาไม่ซับซ้อนเข้าใจง่าย ซึ่งโครงสร้างภาษา Python จะคล้ายกับภาษา C มาก เพราะภาษา Python ถูกพัฒนาขึ้นมาจากภาษา C ทำให้ผู้ที่คุ้นเคยภาษา C อยู่แล้วใช้งานภาษา Python ได้ไม่ยาก นอกจากนี้ภาษา Python ยังมีความยืดหยุ่นสูงทำให้การจัดการกับงานด้านข้อความ และ Text File ได้เป็นอย่างดี
2. ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น เพราะตัวแปรภาษา Python อยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ GNU
3. ใช้ได้หลายแพลตฟอร์ม ในช่วงแรกภาษา Python ถูกออกแบบใช้งานกับระบบ Unix แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาตัวแปรภาษา Python ให้สามารถเข้ากับระบบปฏิบัติการอื่นๆ อาทิเช่น Linux Windows 95/98/ME Windows NT Windows 2000 OS/2
4. ภาษา Python ถูกสร้างขึ้นโดยได้รวบรวมเอาส่วนดีของภาษาต่างๆ เข้ามาไว้ด้วยกัน อาทิเช่น ภาษา C C++ Java Perl
5. ภาษา Python เป็นภาษาประเภท Server side Script การทำงานของภาษา Python จะทำงานด้านฝั่ง Server แล้วส่งผลลัพธ์กลับมายัง Client ทำให้มีความปลอดภัยสูง

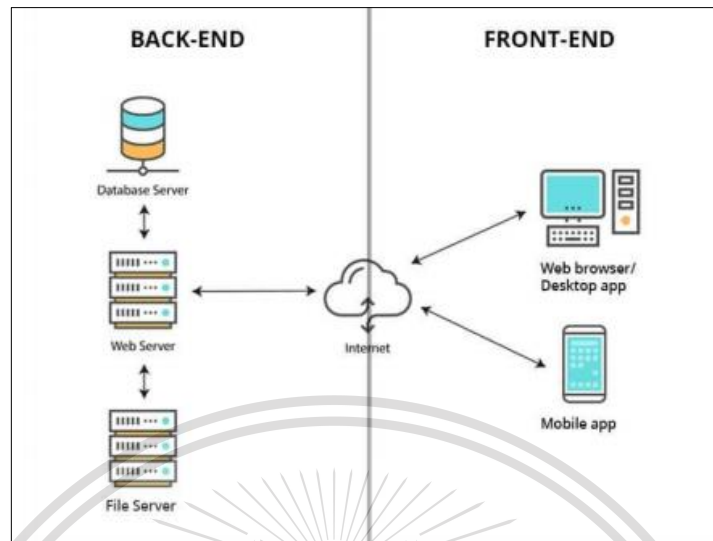
2.8 การสร้างเว็บไซต์

เว็บไซต์ คือ แหล่งที่เก็บรวบรวมข้อมูลเอกสารและสื่อต่าง ๆ เช่น วิดีโอ ภาพ เสียง ข้อความ ของแต่ละบริษัทหรือหน่วยงานโดยเรียกชุดเอกสารต่าง ๆ เหล่านี้ว่า เว็บเพจ (Web Page) และเรียกเว็บหน้าแรกของแต่ละเว็บไซต์ว่า โฮมเพจ (Home Page) หรืออาจกล่าวได้ว่า เว็บไซต์ก็คือ เว็บเพจอย่างน้อยสองหน้าที่มีลิงก์ (Links) ถึงกัน ทุกเว็บไซต์ที่สาธารณชนสามารถเข้าถึงรวมเรียกว่า “เว็ลด์ไวด์เว็บ” นอกจากนี้ยังมีเว็บไซต์ส่วนตัวที่สามารถเข้าถึงได้บนเครือข่ายส่วนตัวเท่านั้น เช่น เว็บไซต์ภายในของบริษัทสำหรับพนักงาน โดยทั่วไปเว็บไซต์จะมีไว้สำหรับจุดประสงค์เฉพาะ เช่น ข่าวสารการศึกษา การพาณิชย์ ความบันเทิง หรือเครือข่ายสังคม ในปัจจุบันการออกแบบเว็บไซต์นั้นเป็นเรื่องง่ายขึ้น เนื่องจากมีเครื่องมือในการออกแบบเว็บไซต์ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป หรือแม้กระทั่ง CMS (Content Management System) ยกตัวอย่างเช่น Joomla WordPress Drupal เป็นต้น โดยเว็บไซต์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของ Front-end และ Back-end ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 2.3 Front-end และ Back-end

2.8.1 Front-end

ส่วนที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเห็นและเข้ามาใช้งานได้ ส่วนนี้จะแสดงหน้าตาของเว็บไซต์ให้ผู้เข้าชมเห็น การออกแบบเว็บไซต์ในส่วนของ Front-end ที่ดีจะทำให้เว็บไซต์มีความสวยงาม การใช้งานที่เข้าใจง่าย สะดวก และทำให้ผู้เข้าชมเห็นว่าเว็บไซต์มีการพัฒนาอยู่ตลอด ดังนั้นนักพัฒนา Front-End ควรต้องมีความชำนาญในการออกแบบหน้าเว็บไซต์และโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับกราฟฟิก UX/UI อย่างเช่น Sketch InVision Studio หรือ Axure เป็นต้น โดยปกติคำสั่งที่ใช้ใน Front-End มีทั้ง HTML CSS และ JavaScript ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ Front-end

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากรูปที่ 2.4 คำสั่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างสรรค์ส่วนที่ End-user สามารถมองเห็นได้ ซึ่งประกอบด้วย Menu, Folder, Button และ Screen layouts

2.8.2 Back-end

Back-end คือ ส่วนสำคัญในการจัดเก็บ และรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ทั้ง username password ข้อมูลเว็บไซต์ต่าง ๆ หาก Back-end มีการอัปเดตก็จำเป็นต้องทำการสำรองข้อมูลเดิมเก็บไว้ และตรวจสอบก่อนทำการอัปเดต ส่วนนี้ยังรวมไปถึงการทำงานของเว็บไซต์ ความเร็วในการแสดงผล Back-end หรือ "ฝั่งเซิร์ฟเวอร์" เป็นส่วนที่ผู้ใช้ไม่สามารถมองเห็นได้ในเบราว์เซอร์ เช่น ฐานข้อมูลและเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งนักพัฒนา Back-end ต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น ความปลอดภัยของโครงสร้างและการจัดการเนื้อหา ภาษาในการพัฒนาในส่วนนี้ คือ PHP Python C++ และ .Net ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ Back-end

จากรูปที่ 2.5 เว็บไซต์ส่วนใหญ่เป็นเว็บไซต์แบบไดนามิก เช่น Facebook Google Maps ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่มีเนื้อหาเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา เว็บไซต์แบบไดนามิกจึงต้องการฐานข้อมูลที่ทำงานได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล เช่น โพรไฟล์ผู้ใช้ ภาพที่อัปโหลดหรือโพสต์บล็อก ซึ่งสิ่งที่พึงตระหนักสำคัญที่สุดนั่นคือ ความปลอดภัยของผู้ใช้งาน การกำหนดข้อกำหนดส่วนตัว (User Privacy) ให้แก่ผู้ใช้งาน จะช่วยให้เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

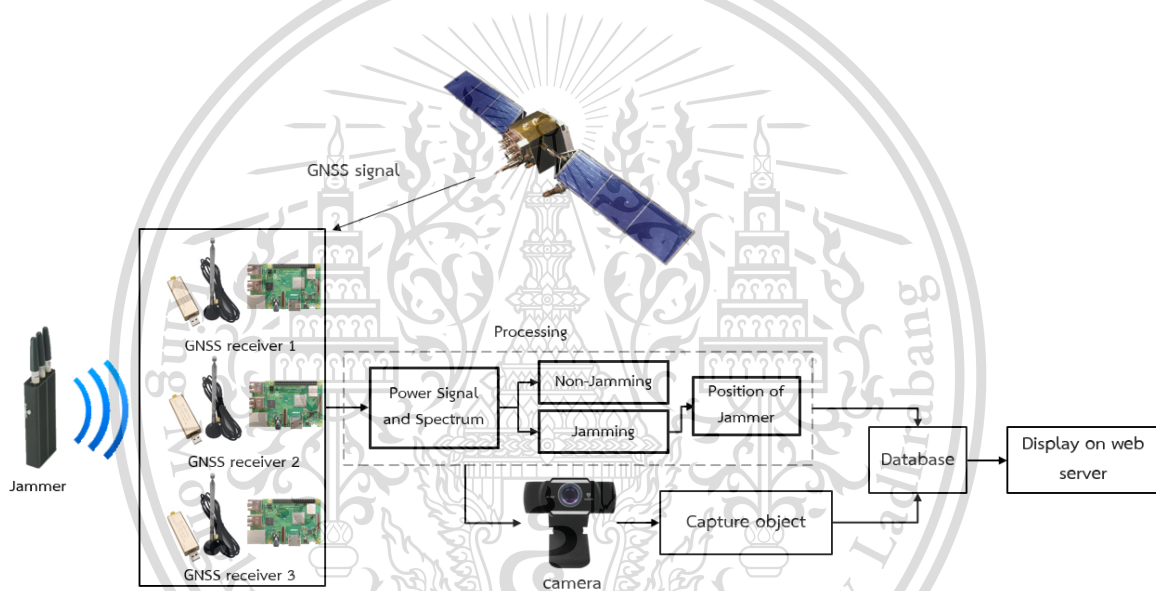
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

การออกแบบ และการจัดทำปริญญาานิพนธ์

3.1 การออกแบบระบบตรวจจับการส่งสัญญาณรบกวน

ในการออกแบบการทำงานของระบบทำการตรวจจับตำแหน่ง และถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่มีผลต่อสัญญาณจีเอ็นเอส สามารถแสดงการทำงานของระบบได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบตรวจจับอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจีเอ็นเอส

จากรูปที่ 3.1 ระบบจะทำการรับสัญญาณจีเอ็นเอสผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณ RTL-SDR จำนวน 3 เครื่อง แล้วทำการบันทึกข้อมูลกำลังสัญญาณเทียบกับเวลา และข้อมูลสเปกตรัมของสัญญาณในรูปแบบไฟล์ .txt จากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์การถูกรบกวนหรือไม่ เมื่อระบบพบว่าการรบกวนสัญญาณระบบจะทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ พร้อมทั้งถ่ายภาพของวัตถุต้องสงสัยที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ พร้อมทั้งส่งข้อมูล และภาพถ่ายที่บันทึกไว้ไปยังฐานข้อมูลเพื่อแสดงบนหน้าเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

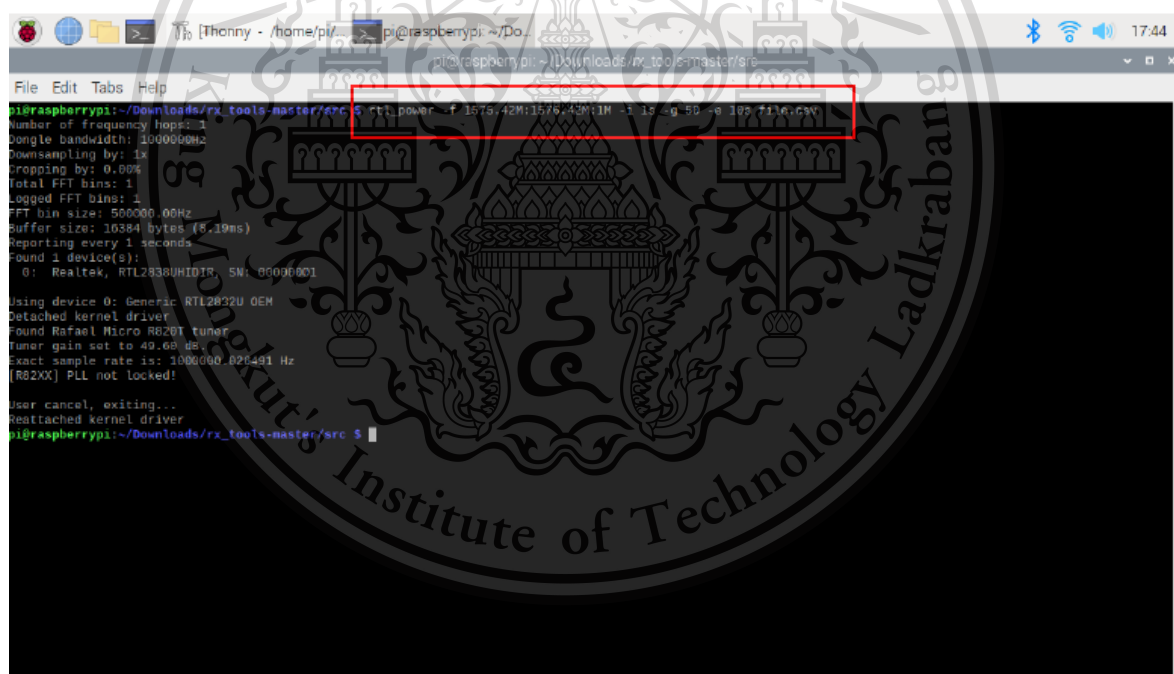
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.1.1 การออกแบบการจัดเก็บข้อมูลของสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์รับสัญญาณ

เมื่อนำอุปกรณ์รับสัญญาณ เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Raspberry Pi เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะเริ่มใช้คำสั่งจากโปรแกรม rx_tools แสดงดังรูปที่ 3.2 และมีขั้นตอนการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. เชื่อมต่อ RTL-SDR กับ Raspberry pi โดยใช้สาย USB
2. เปิดใช้งาน Raspberry pi แล้วเปิดหน้าต่าง command ขึ้นมา เพื่อเรียกใช้งานโปรแกรม rx_tools
3. ใช้งานคำสั่ง `rtl_power -f 1575.42M:1576.42M:1M -i 1s -g 50 -e 10s file.csv`
4. กด Enter เพื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม
5. โปรแกรมทำงานเสร็จสิ้น



```

pi@raspberrypi:~/Downloads/rx_tools-master/src$ rtl_power -f 1575.42M:1576.42M:1M -i 1s -g 50 -e 10s file.csv
Number of frequency hops: 1
Dongle bandwidth: 1000000Hz
Downsampling by: 1x
Cropping by: 0.00%
Total FFT bins: 1
Logged FFT bins: 1
FFT bin size: 500000.00Hz
Buffer size: 10384 bytes (8.19ms)
Reporting every 1 seconds
Found 1 device(s):
  0: Realtek, RTL2838UHIDIR, 5M, 06090001
Using device 0: Generic RTL2832U OEM
Detached kernel driver
Found Rafael Micro R820T tuner
Tuner gain set to 49.69 dB
Exact sample rate is: 1000000.020491 Hz
[R82XX] PLL not locked!

User cancel, exiting...
Reattached kernel driver
pi@raspberrypi:~/Downloads/rx_tools-master/src $

```

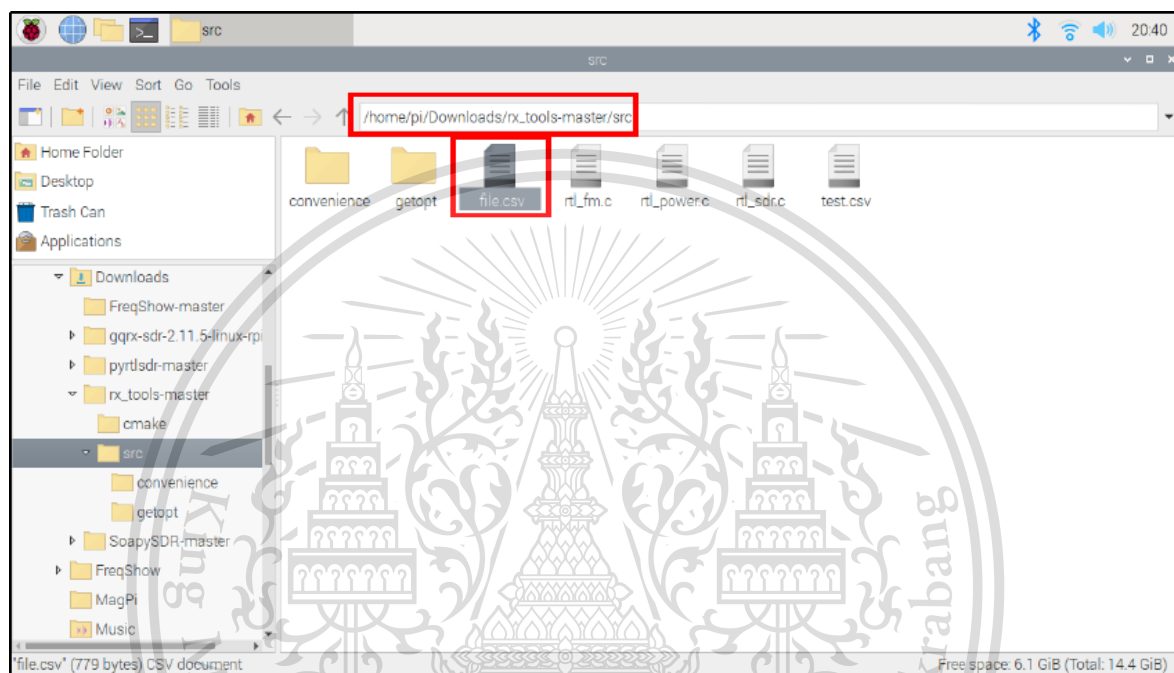
รูปที่ 3.2 การทดสอบใช้งานคำสั่ง rtl_power

จากรูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการใช้งานคำสั่งของ rtl_power ซึ่งรายละเอียดคำสั่ง คือ `rtl_power -f 1575.42M:1576.42M:1M -i 1s -g 50 -e 10s file.csv` หมายถึง การใช้งานอุปกรณ์รับสัญญาณ ที่ย่านความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 1576.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ช่วงห่างความถี่ 1 เมกะเฮิร์ตซ์ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เก็บค่าข้อมูลทุก 1 วินาที กำลังขยาย 50 และระยะเวลาในการรับค่า 10 วินาที เมื่อรับค่าเสร็จแล้ว โปรแกรมจะเก็บข้อมูลการรับสัญญาณไว้ในไฟล์นามสกุล .csv ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ข้อมูลในรูปแบบ file.csv

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ทำการบันทึกเป็น file.csv จะมีการบันทึกใน location : /home/pi/Downloads/rx_tools-master/src และเมื่อทำการเปิดไฟล์ file.csv จะแสดงข้อมูล วัน เวลา ความถี่เริ่มต้น ความถี่สุดท้าย ระยะห่างความถี่ และระดับพลังงานในหน่วย dBm

3.1.2 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

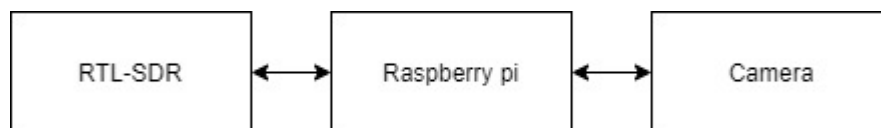
โดยในการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ จะทำการติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณ (RTL-SDR) ในการรับสัญญาณจีเอ็นเอสเอสที่ความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ และกล้องถ่ายภาพที่ใช้ในการถ่ายภาพวัตถุต้องสงสัยที่ทำการส่งสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อสัญญาณจีเอ็นเอสเอส โดยเชื่อมต่อกับ Raspberry pi ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ RTL-SDR กับกล้องถ่ายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

และประมวลผลข้อมูลสัญญาณเป็นข้อมูลไฟล์ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลสัญญาณและภาพถ่าย โดยสามารถแสดงการออกแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รับกวนสัญญาณได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รับกวนสัญญาณ

3.1.3 การออกแบบการทดสอบผลกระทบสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณต่ออุปกรณ์รับสัญญาณเทียบกับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์

ในการทดสอบผลกระทบของสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณต่ออุปกรณ์รับสัญญาณเพื่อนำข้อมูลขณะที่ถูก และไม่ถูกรบกวนสัญญาณ มาใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ โดยจะวิเคราะห์จากกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมว่ามีความผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณที่ไม่ถูกรบกวนอย่างไร โดยเริ่มจากการจัดเก็บข้อมูลสัญญาณ และสเปกตรัมขณะที่ไม่ถูกรบกวนเพื่อใช้ในการอ้างอิงข้อมูลกับข้อมูลสัญญาณ และขณะที่มีการรบกวนสัญญาณจากอุปกรณ์รับกวนสัญญาณ โดยในการสั่งใช้งานอุปกรณ์รับสัญญาณ RTL-SDR ที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi เพื่อเก็บข้อมูล โดยทำการออกแบบโปรแกรมไพทอนที่ใช้ในการสั่งทำงานการรับข้อมูลสัญญาณได้ดังรูปที่ 3.5

```

1 import os
2 from datetime import datetime
3 path = "/home/pi/Desktop/L1_TEST"
4 os.chdir(path)
5 filename_YMD = datetime.now().strftime('S_2_%Y-%m-%d.txt')
6 os.system('rtl_power -f 1575.42M:1576.42M:1M -i 1s -g 50 -e 10s '+str(filename_YMD))
7
  
```

รูปที่ 3.5 โปรแกรมไพทอนในการการสั่งใช้งานการรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากรูปที่ 3.5 ซึ่งชุดคำสั่ง rtl_power -f 1575.42M:1576.42M:1M -i 1s -g 50 -e 10s file.txt หมายถึง การใช้งานอุปกรณ์รับสัญญาณ ที่ย่านความถี่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 1576.42 เมกะเฮิรตซ์ ช่วงความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ เก็บค่าข้อมูลทุก 1 วินาที กำลังขยาย 50 และระยะเวลาในการรับค่า 10 วินาที พร้อมทำการบันทึกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ .txt โดยข้อมูลภายในไฟล์คือข้อมูลกำลังสัญญาณเทียบกับเวลา และในการวัดสเปกตรัมของสัญญาณข้อมูลสเปกตรัมของสัญญาณสามารถออกแบบโปรแกรมไพทอนที่ใช้ในการสั่งทำงานการรับข้อมูลสเปกตรัมสัญญาณได้ดังรูปที่ 3.6

```

PSD.py *X
10 sdr = RtlSdr()
11
12 sdr.sample_rate = 2.4e6
13 sdr.center_freq = 1575.42e6
14 sdr.gain = 50
15
16 samples = sdr.read_samples(256*1024)
17 #print(samples)
18 Text_file = open("/home/pi/Desktop/Data_Spectrum/RawDataSpectrum/"+name_Text, "w+")
19 np.savetxt(Text_file, samples, delimiter = ',')
20 Text_file.close()
21
22 sdr.close()
23 psd(samples, NFFT=512, Fs=sdr.sample_rate/1e6, Fc=sdr.center_freq/1e6)
24 xlabel('Frequency (MHz)')
25 ylabel('Relative power (dB)')
26 savefig('/home/pi/Desktop/Data_Spectrum/Spectrum/'+name_graph)
27 #show()
  
```

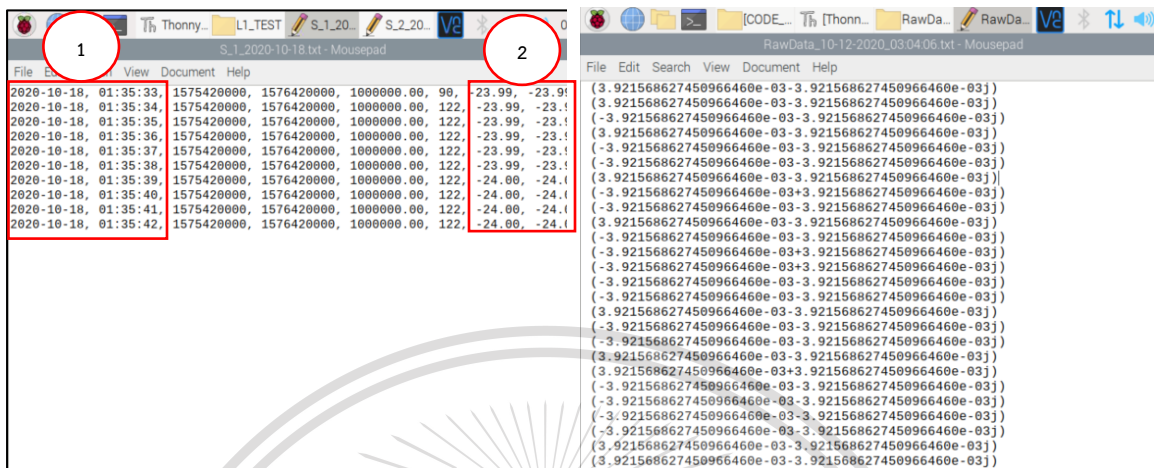
รูปที่ 3.6 โปรแกรมเก็บข้อมูล และภาพสเปกตรัมของสัญญาณ

จากรูปที่ 3.6 โปรแกรมโปรแกรม จะเก็บข้อมูลสเปกตรัม ที่ย่านความถี่กลางที่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์ ช่วงห่างความถี่จากความถี่กลางที่ 2.4 เมกะเฮิรตซ์ โดยมีกำลังขยาย 50 พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลสเปกตรัมในรูปแบบไฟล์ .txt และภาพสเปกตรัมของสัญญาณ โดยข้อมูลกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.7 (ก) ข้อมูลกำลังสัญญาณที่ทำการวัดได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณ

(ข) ข้อมูลสเปกตรัมที่ทำการวัดได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณ

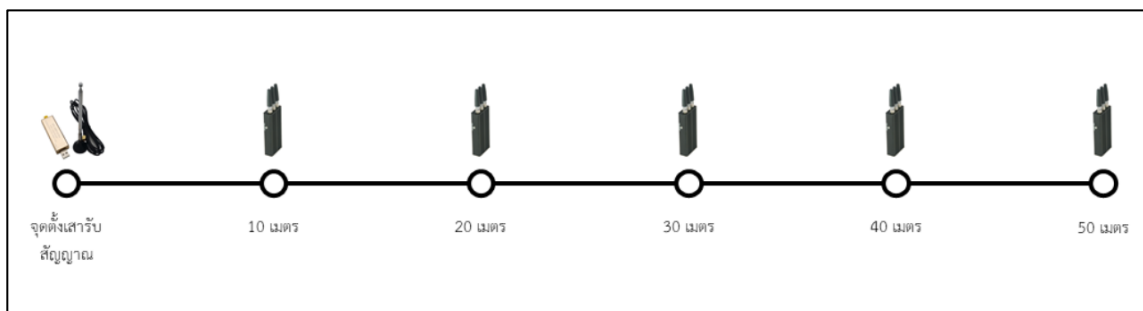
จากรูปที่ 3.7 (ก) และ (ข) แสดงข้อมูลกำลังสัญญาณ และค่าสเปกตรัมของสัญญาณที่วัดได้ โดยกรอบหมายเลข 1 คือข้อมูล ปี เดือน วัน เวลา ที่ทำการรับสัญญาณ หมายเลข 2 คือกำลังสัญญาณที่ทำการวัดได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณ ในการวัดสเปกตรัมของสัญญาณผู้ทดลองกำหนดช่วงความกว้างของความถี่ในการหาสเปกตรัมเป็นขนาด 2.4 เมกะเฮิรตซ์ จากความถี่กลาง โดยในส่วนของ การทดสอบ ผลกระทบสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณต่ออุปกรณ์รับสัญญาณเทียบกับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ที่ระยะต่าง ๆ เพื่อใช้ในการจัดทำเกณฑ์การวิเคราะห์ค่าเกณฑ์ของระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณกับอุปกรณ์รับสัญญาณ โดยกำหนดพื้นที่ในการทดสอบบริเวณข้างหอประชุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ และมีการกำหนดรุ่นของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ SMA-Battery Jammer และ Non SMA-Battery Jammer โดยการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.) การทดสอบวัดกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer โดยเริ่มจากการปล่อยสัญญาณรบกวนที่ระยะ 50 เมตร แล้วเคลื่อนที่เข้ามาหาอุปกรณ์รับสัญญาณครั้งละ 10 เมตร จำนวน 4 ครั้ง โดยทุกจุดจะทำการวัดระดับสัญญาณ และสเปกตรัมเป็นเวลา 5 นาที ที่ย่านความถี่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์ ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

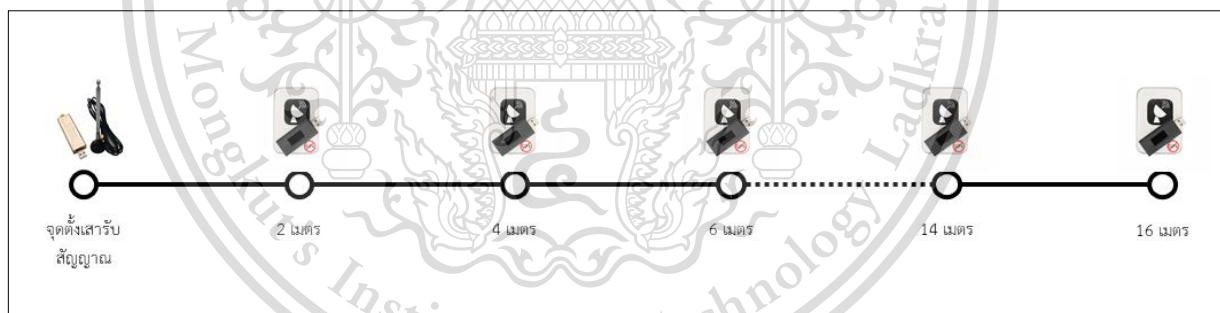
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 การทดสอบการวัดสัญญาณรบกวนที่ระยะต่าง ๆ โดยใช้อุปกรณ์รบกวนชนิด SMA-Battery

Jammer

2.) การทดสอบวัดกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด Non SMA-Battery Jammer โดยเริ่มจากการปล่อยสัญญาณรบกวนที่ระยะ 16 เมตร แล้วเคลื่อนที่เข้ามาหาอุปกรณ์รับสัญญาณครั้งละ 2 เมตร จำนวน 8 ครั้ง เมตร โดยทุกจุดจะทำการวัดระดับสัญญาณ และสเปกตรัมเป็นเวลา 5 นาที ที่ย่านความถี่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การทดสอบการวัดสัญญาณรบกวนที่ระยะต่างกัน โดยใช้อุปกรณ์รบกวนชนิด Non SMA-Battery

Jammer

3.1.4 การออกแบบระบบวิเคราะห์ตำแหน่งและถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

ในส่วนของการวิเคราะห์การถูกรบกวนสัญญาณ ระบบวิเคราะห์กรณีว่าข้อมูลสัญญาณมีการรบกวนสัญญาณหรือไม่เป็น 3 กรณีได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- 1) กรณีที่กำลังสัญญาณที่ได้รับมากกว่าระดับกำลังสัญญาณขณะที่ไม่ถูกรบกวนที่ได้จากการทดสอบข้อที่ 3.1.2 ระบบจะถือว่าเป็นการรบกวนสัญญาณจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ
- 2) กำลังสัญญาณที่ได้รับไม่มีความผิดปกติแต่หากรูปแบบสเปกตรัมมีรูปแบบที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิมระบบจะถือว่าเป็นการรบกวนสัญญาณจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ
- 3) กำลังสัญญาณที่ได้รับและรูปแบบสเปกตรัมไม่มีความผิดปกติระบบจะถือว่าไม่มีการรบกวนสัญญาณ

และสามารถแสดงการทำงานของโปรแกรมได้โดยหลักการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โปรแกรมวิเคราะห์การถูกรบกวนสัญญาณ

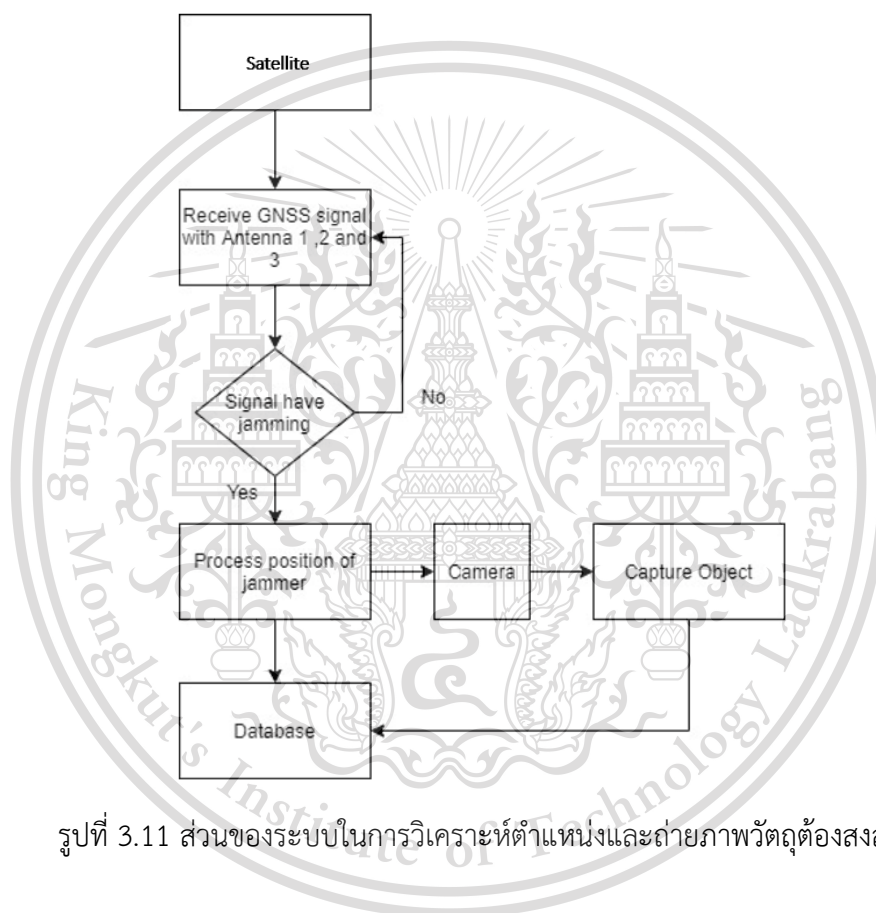
จากรูปที่ 3.10 ในส่วนของการวิเคราะห์ตำแหน่งและถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ จะใช้อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณทั้งหมด 3 ชุดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณข้อที่ 2.4 โดยระบบจะทำการตรวจวิเคราะห์ข้อมูลสัญญาณจากอุปกรณ์รับสัญญาณทั้ง 3 ชุด หากพบว่าข้อมูลมีการรบกวนสัญญาณ ระบบจะทำการวิเคราะห์หา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รับกวนสัญญาณกับอุปกรณ์รับสัญญาณทั้ง 3 ชุด โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ระยะห่างที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.2 จากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งของอุปกรณ์ เมื่อระบบวิเคราะห์พบตำแหน่งของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณ ระบบจะทำการส่งใช้งานกล้องถ่ายภาพเพื่อทำการถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รับกวนสัญญาณ สามารถแสดงการทำงานของโปรแกรมได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ส่วนของระบบในการวิเคราะห์ตำแหน่งและถ่ายภาพวัตถุต้องสงสัย

จากรูปที่ 3.11 จากนั้นระบบจะทำการส่งข้อมูลตำแหน่ง และภาพถ่ายของวัตถุต้องสงสัยไปยังฐานข้อมูลเพื่อแสดงไปยังหน้าเว็บไซต์

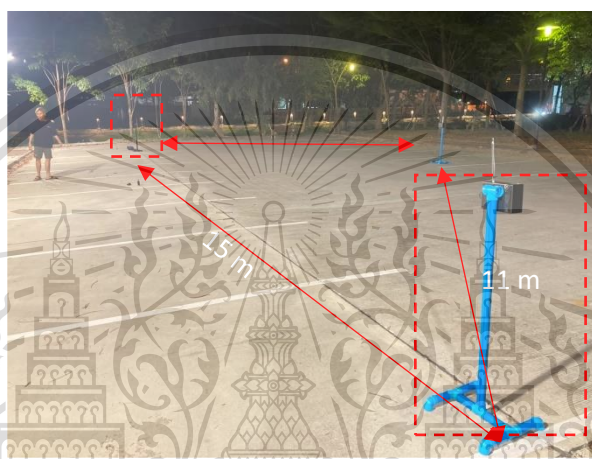
3.1.5 การทดสอบการหาตำแหน่งพร้อมถ่ายภาพวัตถุต้องสงสัยที่ส่งสัญญาณรบกวน

การทดสอบการหาตำแหน่งพร้อมถ่ายภาพวัตถุต้องสงสัยที่ทำการส่งสัญญาณรบกวน ซึ่งในการทดสอบจะทำการกำหนดพื้นที่ขนาด 500 ตารางเมตร และเป็นพื้นที่เปิดโล่งเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยเอกสารนี้รูปแบบการวางตำแหน่งของอุปกรณ์รับสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ซึ่งทำการกำหนดค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รับสัญญาณชุดที่ 1 ห่างกับชุดที่ 2 และ 3 เป็นระยะ 7.5 และ 11 เมตรตามลำดับ และให้อุปกรณ์รับสัญญาณชุดที่ 2 ห่างจากชุดที่ 3 เป็นระยะ 11 เพื่อให้รัศมีในการตรวจจับวัตถุต้องสงสัยของทั้งสามเครื่องครอบคลุมพื้นที่ให้ได้มากที่สุด โดยสามารถแสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุต้องสงสัยได้ดังรูปที่ 3.12



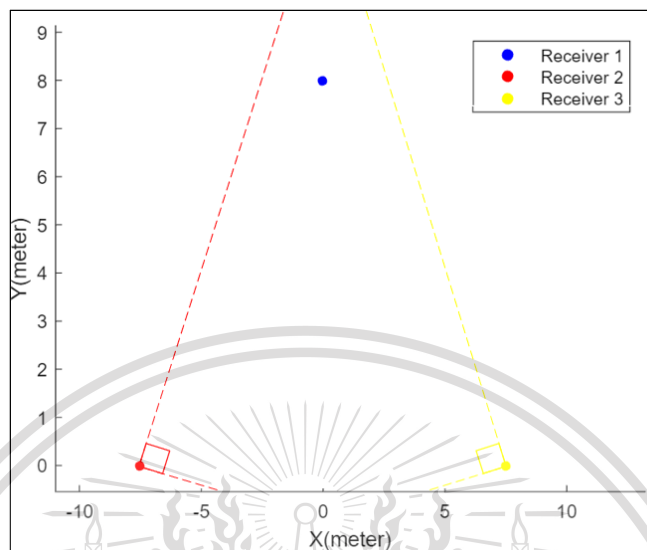
รูปที่ 3.12 รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ

จากรูปที่ 3.12 ในการทดสอบจะทำการติดตั้งกล้องถ่ายภาพไว้ที่อุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 1 และ เครื่องที่ 3 ซึ่งกล้องมีความสามารถถ่ายภาพในมุมที่สามารถถ่ายภาพได้อยู่ที่ 90 องศา โดยสามารถแสดงการวางมุมกล้องถ่ายภาพวัตถุต้องสงสัยในรูปแบบ 2 มิติได้ดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

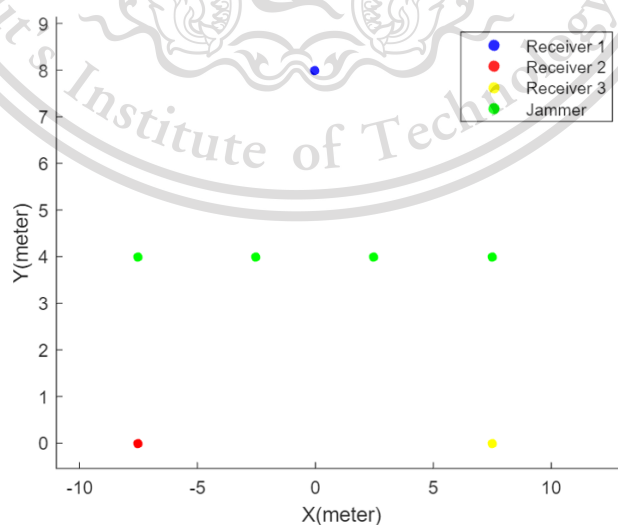
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 3.13 การวางมุมกล้องในการทดลอง

จากรูปที่ 3.13 ในการทดลองจะทำการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer และ Non-SMA-Battery Jammer ดังนี้ $(-7.5, 4)$ $(-2.5, 4)$ $(2.5, 4)$ และ $(7.5, 4)$ โดยในแต่ละจุดที่ทำการทดสอบจะใช้เวลาในการทดสอบเป็นเวลา 1 นาทีเพื่อหาความถูกต้องในการระบุตำแหน่งของระบบ โดยสามารถแสดงตำแหน่งการทดสอบในรูปแบบ 2 มิติได้ดังรูปที่ 3.14



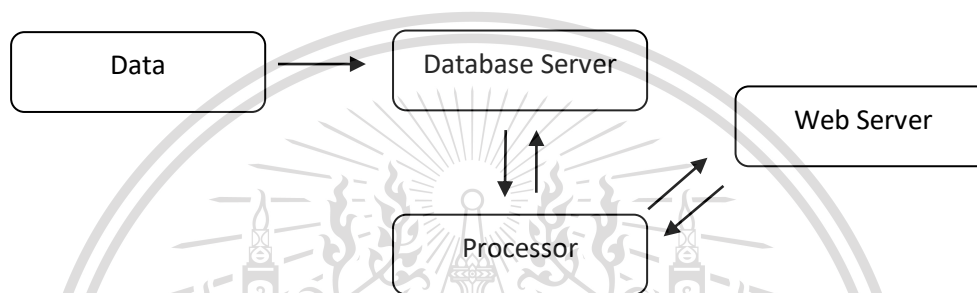
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ รูปที่ 3.14 การกำหนดตำแหน่งในการทดสอบให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

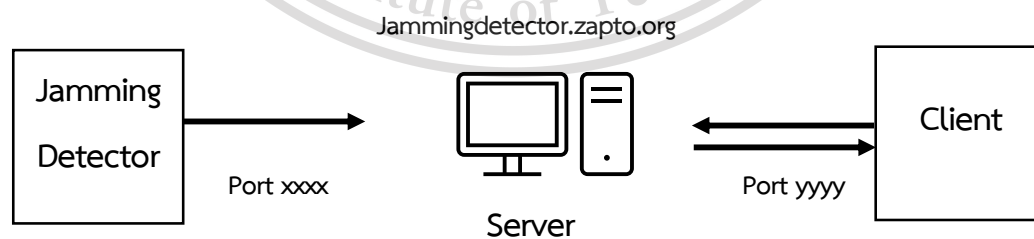
3.1.6 ระบบฐานข้อมูล

โดยระบบฐานข้อมูลจะจัดเก็บข้อมูลที่ได้รับจากระบบตรวจจับทิศทางอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลบนหน้าเว็บเซิร์ฟเวอร์โดยแสดงขั้นตอนการทำงานในรูปแบบบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.15 ระบบฐานข้อมูล

จากรูปที่ 3.15 แสดงการทำงานของระบบฐานจัดเก็บข้อมูล โดยเริ่มต้นข้อมูลที่รับได้จากอุปกรณ์ตรวจจับอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจีเอ็นเอสเอส จะถูกส่งเข้าสู่ฐานจัดเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลดังกล่าว คือ ข้อมูลค่ากำลังสัญญาณจากทั้งสามเสารับสัญญาณ จากนั้นฐานจัดเก็บข้อมูลจะทำการคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อหาตำแหน่ง และตรวจจับวัตถุต้องสงสัย ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจะถูกแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ โดยส่วนของการรับส่งข้อมูลของฐานจัดเก็บข้อมูลจะแสดงดังรูปที่ 3.16



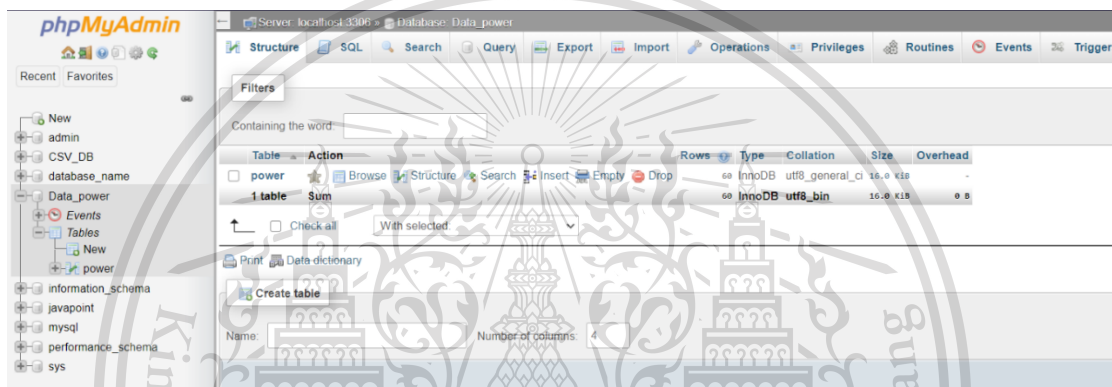
รูปที่ 3.16 ส่วนของการรับส่งข้อมูลของฐานจัดเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

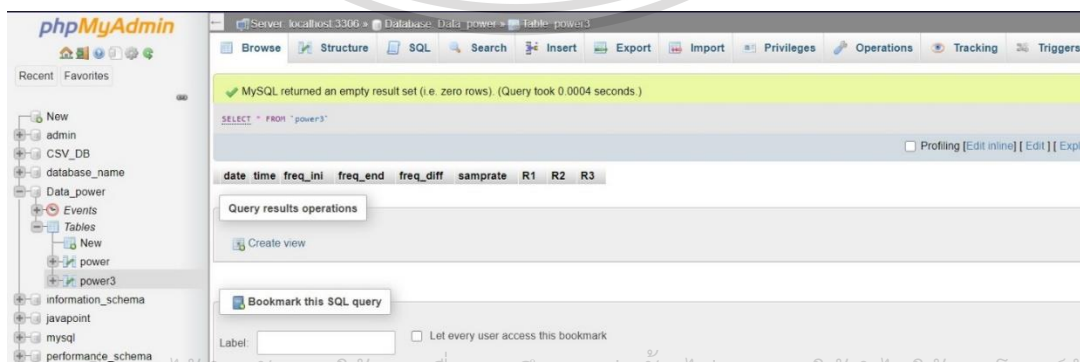
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 3.16 แสดงการรับส่งข้อมูลของฐานจัดเก็บข้อมูล โดยฐานจัดเก็บข้อมูลจะใช้ดีเอ็นเอสแปลงไอพีของเซิร์ฟเวอร์เป็น “jammingdetector.zapto.org” ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับอุปกรณ์รบกวนสัญญาณจีเอ็นเอสเอส จะรับส่งข้อมูลกับฐานจัดเก็บข้อมูลผ่านพอร์ต xxxx และผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลภายในฐานจัดเก็บข้อมูลผ่านพอร์ต yyyy โดยในการจัดการฐานข้อมูลจะใช้ phpMyAdmin เป็นโปรแกรมสำหรับ MySQL Client โดยใช้ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านบราวเซอร์ได้โดยตรง ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 โปรแกรม phpMyAdmin สำหรับ MySQL Client

จากรูปที่ 3.17 โปรแกรม phpMyAdmin สำหรับ MySQL Client โดยในการสร้างฐานข้อมูลจะกำหนดชื่อของฐานข้อมูลว่า “Data_Power” จากนั้นกำหนดชื่อตารางว่า “power” ภายในตารางจะประกอบไปด้วยคอลัมน์ที่สำคัญดังนี้ date time freq_ini freq_end freq_diff R1 R2 และ R3 โดย Rn จะหมายถึงกำลังสัญญาณจากเสารับสัญญาณทั้งสามเสา ในหน่วย dBm ดังแสดงรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ตารางข้อมูลที่จัดเก็บภายในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

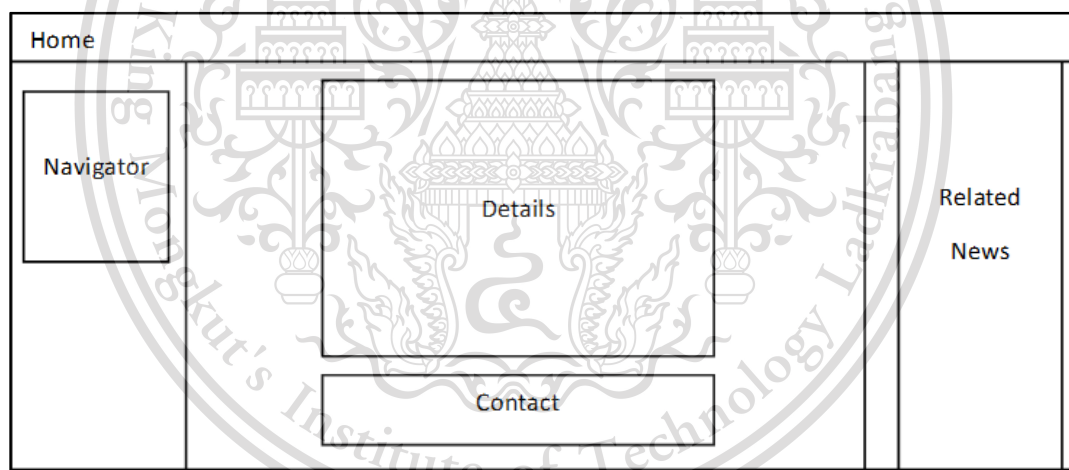
จากรูปที่ 3.18 เมื่อ date วัน เดือน ปี time คือเวลา freq_ini คือความถี่เริ่มต้น freq_end คือความถี่สุดท้าย freq_diff คือขนาดแบนวิทท์ R1 คือกำลังสัญญาณจากเสารับสัญญาณเครื่องที่ 1 R2 คือกำลังสัญญาณจากเสารับสัญญาณเครื่องที่ 2 และ R3 คือกำลังสัญญาณจากเสารับสัญญาณเครื่องที่ 3

3.1.7 หน้าเว็บไซต์

ในหน้าเว็บไซต์ จะใช้ Apache เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ ในส่วนของความปลอดภัยจะใช้โปรโตคอล https แบบ self-sign certificate โดยในการแสดงผลลัพธ์ของโครงการและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จะทำการแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์ ซึ่งจะประกอบไปด้วย

1.) หน้าโฮมเพจ

จะแสดงรายละเอียดโครงการ ขอบเขต วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการทำงาน อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ และข่าวที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ซึ่งในหน้าโฮมเพจจะออกแบบโดยคำนึงถึงความน่าสนใจเป็นหลัก สามารถแสดงการออกแบบหน้าโฮมเพจได้ดังรูปที่ 3.19



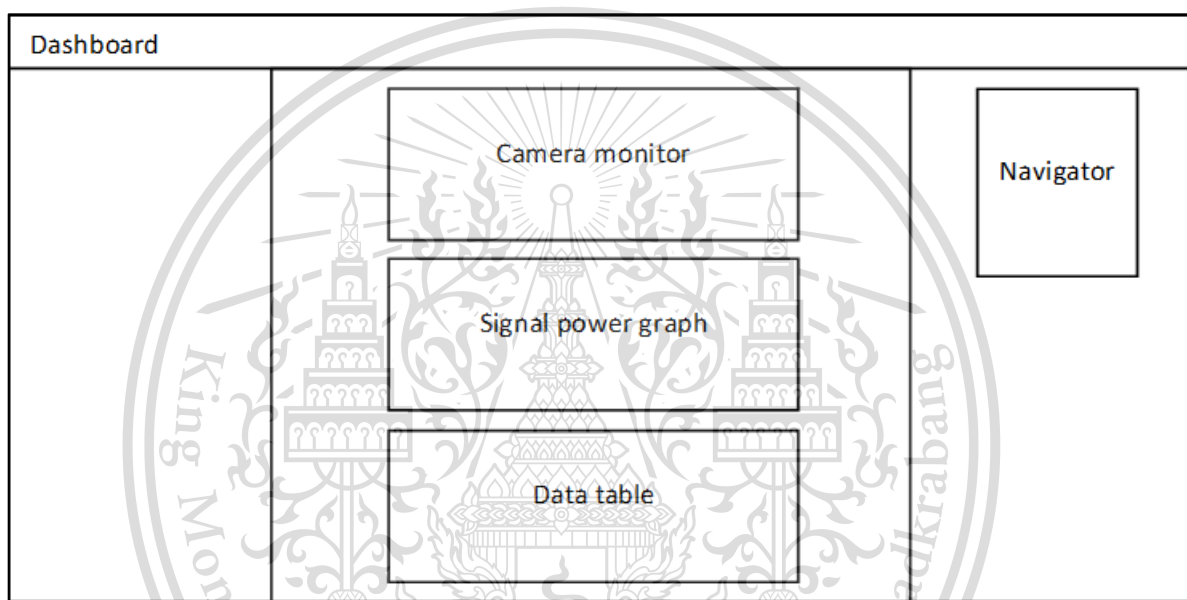
รูปที่ 3.19 โครงร่างของหน้าโฮมเพจ

จากรูปที่ 3.19 ในส่วนของโครงร่างหน้าโฮมเพจจะแสดงในส่วนของ Navigator จะแสดงหัวข้อเนื้อหาภายในหน้าเว็บไซต์ ในส่วนของ Details จะประกอบไปด้วย 5 ส่วนคือ 1) Abstract จะแสดงความเป็นมาและความสำคัญ 2) Overview จะแสดงภาพรวมเป้าหมายของโครงการ 3) Design จะแสดงการออกแบบและทฤษฎีของโครงการ 4) Equipment จะแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 5) Experiment

จะแสดงการทดลอง และผลการทดลอง ในส่วนของ Contact จะแสดงช่องทางการติดต่อให้กับผู้เข้าชมเว็บไซต์ ในส่วนของ Related News จะแสดงข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับระบบนำทางด้วยดาวเทียม GNSS

2.) หน้าแผงควบคุม

จะแสดงภาพวิดีโอย้อนหลังที่ได้รับจากกล้องตรวจจับ กราฟเชิงเส้นแสดงค่ากำลังสัญญาณภายในหนึ่งชั่วโมงย้อนหลัง และตารางข้อมูลแสดงค่ากำลังสัญญาณทั้งหมด สามารถแสดงการออกแบบหน้าแผงควบคุมดังแสดงรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 โครงร่างของหน้าแผงควบคุม

จากรูปที่ 3.20 ในส่วนของโครงร่างแผงควบคุมจะแสดงในส่วนของ Camera monitor จะแสดงภาพถ่ายที่ได้รับจากกล้องถ่ายภาพในอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณรบกวนเมื่อมีการตรวจสอบว่าถูกรบกวนสัญญาณ ในส่วนของ Signal power graph จะแสดงกราฟของค่ากำลังสัญญาณ ณ เวลาต่าง ๆ ในส่วนของ Data table จะแสดงตารางข้อมูลของค่ากำลังสัญญาณทั้งหมดที่ทำการบันทึกได้ และในส่วนของ Navigator จะแสดงหัวข้อเนื้อหาภายในหน้าเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์รบกวนชนิด SMA-Battery Jammer



รูปที่ 3.21 อุปกรณ์รบกวนชนิด SMA-Battery Jammer [12]

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์รบกวนชนิด SMA-Battery Jammer

กำลังในการจ่ายไฟ	AC adapter (AC 110-240V DC5V)
พลังงานที่ใช้	1 W
กำลังในการส่ง	24dbm
กำลังส่งออกช่องสัญญาณ	3dbm/30Khz(min)
พอร์ตเอาต์พุต	CDMA/GSM ,DCS/PHS/3G/GPS/WIFI
เสาอากาศ	3 Antenna

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.2 สเปกของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer

Type	Output port	Frequency	Radius range
Type A	GSM/CDMA	896-960 MHZ	0.5-15M depending on the mobile Service provider's Network condition
	3G	2010-2070 MHZ	
	DSC/PHS	1800-1920 MHZ	
Type B	GSM/CDMA	896-960 MHZ	0.5-15M depending on the mobile service provider's network condition
	GPS	1570-1580 MHZ	
	DSC/PHS	1800-1920 MHZ	
Type C	GPS	1570-1580 MHZ	5-25 M
Power supply : Ac220V-Dc5v		Built-in Battery: 1500mA/h	

3.2.2 อุปกรณ์รบกวนชนิด Non SMA-Battery Jammer



รูปที่ 3.22 อุปกรณ์รบกวนชนิด Non SMA-Battery Jammer [13]

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของอุปกรณ์รบกวนชนิด Non SMA-Battery Jammer

กำลังในการจ่ายไฟ	DC 5 โวลต์ 0.5 แอมป์
พลังงานที่ใช้	1 วัตต์
กำลังในการส่ง	23 เดซิเบลมิลลิวัตต์
กำลังส่งออกช่องสัญญาณ	3 เดซิเบลมิลลิวัตต์/30กิโลเฮิร์ตซ์(นาที)
พอร์ตเอาต์พุต	GPS / Beidou
เสาอากาศ	เสาอากาศรอบทิศทางภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2.3 Raspberry Pi 3 Model B+



รูปที่ 3.23 Raspberry Pi 3 Model B+ [14]

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของ Raspberry Pi 3 Model B+

Features	Raspberry Pi 3 Model B+
Processor	Broadcom BCM2837 Processor Quad core A53 (ARM v8) 64-bit SoC
Memory	1GB LPDDR2 SDRAM
Bluetooth	Cypress BLE chip 2.4Ghz/5.0GHz IEEE 802.11ac
Features	Raspberry Pi 3 Model B+
Ethernet	Gigabit Ethernet over USB 2.0 (300Mbps max)
USB	Four USB 2.0 ports
Connection	GPIO Header 40-pin
HDMI	1 x full size
Video	MIPI DSI display port, MIPI CSI camera port & 4 Pole stereo output and composite video port
Multimedia	H.264, MPEG-4 decode (1080p30). H.264 encode (1080p30). OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics.
Storage	microSD card slot for loading operating system and data storage
Power	USB connector for 5.1V / 2.5A dc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2.4 RTL-SDR dongle



รูปที่ 3.24 RTL-SDR dongle [14]

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติของ RTL-SDR dongle

ช่วงความถี่ในการทำงาน	100KHz to 1700MHz
ความต้านทานของอินพุต	50 Ohms
วัสดุ	Metal
แหล่งจ่ายไฟ	4.5V USB
เสาอากาศ	SMA female

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2.5 Server



รูปที่ 3.25 Server [15]

ตารางที่ 3.6 คุณสมบัติของ Server

CPU	Intel® Core(TM) i7-10700 2.9GHz, 8 Cores, 16MB Cache
RAM	12 GB 1333 MT/s DDR3
BOARD	ASUS P8Z68-V LX Intel Motherboard LGA 1155 Z68 SATA 6 Gb/s and USB 3.0 ATX Intel Z68 ATX DDR3 2200
HDD	2 x 1TB 7.2k Entry SATA 3.5in
POWER	Cooler Master Power Supply 500W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2.6 กล้อง NWC-500



รูปที่ 3.26 กล้อง NWC-500

ตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียดของ กล้อง NWC-500

Resolution	1920x1080 Full HD 5 Megapixels up to 50 megapixels Video mode : 24bit true color
Frame rate	Image focus : 5cm to infinity
Lens	Lens Specification : 5P high quality Lens
Interface	USB interface : Driverless USB2.0, support USB1.1
Info noise rate	Noise signal ratio : greater than 48dB(30F/s 220LUX)

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

เมื่อระบบทำงานตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งผลที่ทำการจัดเก็บในการทดสอบคือ ไฟล์ข้อมูลกำลังสัญญาณ ไฟล์ข้อมูลสเปกตรัม ความถูกต้องในการวิเคราะห์ผลกระทบขณะถูกรบกวนสัญญาณ ความแม่นยำในการระบุตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ กล้องสามารถถ่ายภาพวัตถุได้ทั่วพื้นที่ในการทดสอบหรือไม่ และภาพถ่ายสามารถถ่ายวัตถุต้องสงสัยได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

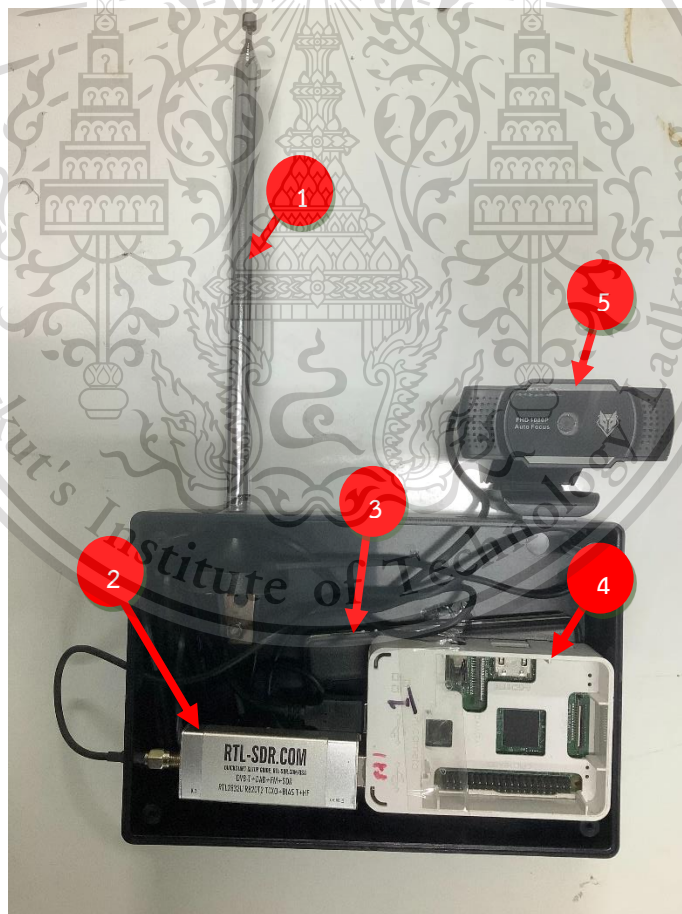
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

ผู้จัดทำได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองลงในส่วนของกล่องอุปกรณ์หลัก ซึ่งใช้กล่องไฟฟ้าอเนกประสงค์ขนาดสูง 12 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร และใช้ท่อพีวีซีในการจัดทำขาตั้งกล่องอุปกรณ์ โดยที่เมื่อทำการติดตั้งขาตั้งเข้ากับกล่องอุปกรณ์จะทำให้มีความสูง 1.42 เมตร โดยภายในกล่องอุปกรณ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ภายในกล่องอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากรูปที่ 4.1 ในกล่องอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วย Raspberry Pi ที่เป็นส่วนประมวลผลหลักซึ่ง RTL-SDR ที่ใช้รับสัญญาณ GPS แบทเตอ รีที่เป็นแหล่งพลังงานให้กับ Raspberry Pi และกล่องที่ใช้ในการถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รับกวนสัญญาณ โดยจะจัดวางไว้ภายในกล่องอุปกรณ์ดังนี้

หมายเลข 1 คือ เสาอากาศรับสัญญาณ

หมายเลข 2 คือ RTL-SDR dongle

หมายเลข 3 คือ แบตเตอรีที่เป็นแหล่งพลังงาน

หมายเลข 4 คือ Raspberry Pi

หมายเลข 5 คือ กล้อง NWC-500

4.2 ผลการทดสอบผลกระทบสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณต่ออุปกรณ์รับสัญญาณเทียบกับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์

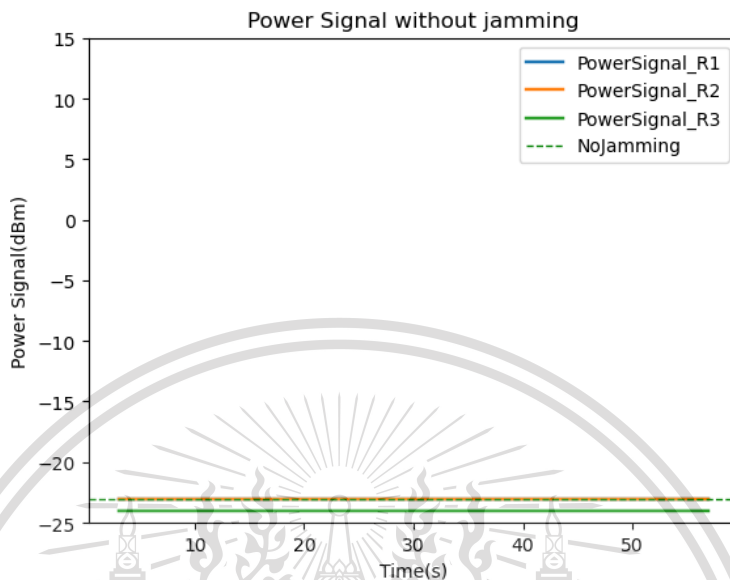
4.2.1 ผลการทดสอบกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมขณะไม่มีการรบกวนสัญญาณ

ในการทดสอบจะทำการส่งใช้งานอุปกรณ์รับสัญญาณ RTL-SDR ที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi จำนวน 3 ชุด ให้ทำการรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลสัญญาณจีเอ็นเอสเอสขณะไม่มีการรบกวนสัญญาณ ที่ความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ในรูปข้อมูลไฟล์ โดยวิธีการส่งเริ่มทำงานอุปกรณ์ทั้ง 3 ชุด ในเวลาพร้อมกัน ซึ่งทำการทดสอบการจับเก็บข้อมูลสัญญาณ เป็นระยะเวลา 1 นาที ในช่วงความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 1576.42 เมกะเฮิร์ตซ์ จากนั้นทำการพล็อตกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบของค่ากำลังสัญญาณระหว่างอุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 1 2 และ 3 แสดงดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

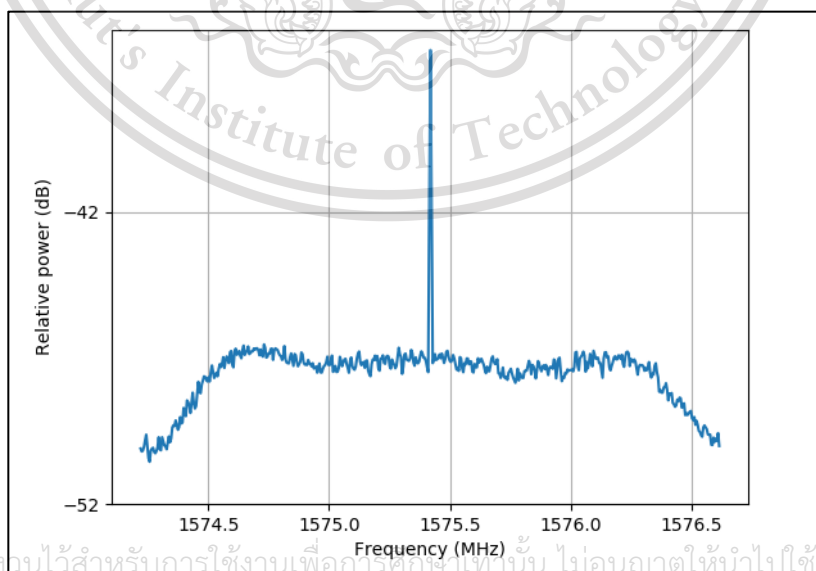
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 4.2 ผลทดสอบของกำลังสัญญาณขณะไม่ถูกรบกวนสัญญาณของเครื่องรับสัญญาณเครื่องที่ 1 2 และ 3

จากรูปที่ 4.2 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่ากำลังสัญญาณขณะไม่ถูกรบกวนสัญญาณ พบว่า ข้อมูลกำลังสัญญาณบันทึกได้มีความแตกต่างกันเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 2.15 ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่ากำลังสัญญาณจากทั้ง 3 เครื่อง เท่ากับ -23 dBm ในส่วนของข้อมูลสเปกตรัมระบบทำการแสดงในรูปแบบกราฟข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง Relative power กับความถี่ ขณะไม่มีการใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ขณะไม่ใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไข ไร้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีนำไปใช้

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

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

จากรูปที่ 4.3 แสดงค่าสเปกตรัมของสัญญาณ โดยลักษณะของสัญญาณจะมีค่าสูงสุด ณ บริเวณความถี่ 1575.42 เมกะเฮิรตซ์

4.2.2 ผลการทดสอบกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมขณะมีการใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ระยะห่างต่างๆ

1.) ผลการทดสอบวัดกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมที่ระยะห่างต่าง ๆ ขณะใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณ และระยะห่างในรูปแบบตารางที่ 4.1 และในรูปแบบของพล็อตกล่อง (box plot) ดังรูปที่ 4.4

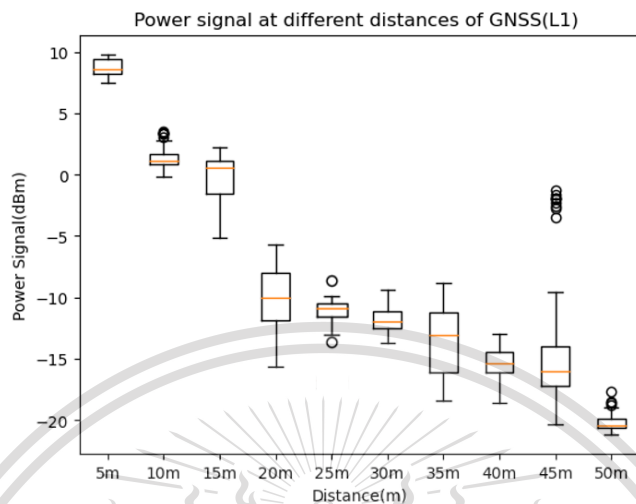
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณ

ระยะห่าง (m)	กำลังสัญญาณ (dBm)
5	8.67
10	1.67
15	0.47
20	-10.69
25	-11.58
30	-13.07
35	-14.01
40	-15.29
45	-16.34
50	-21.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

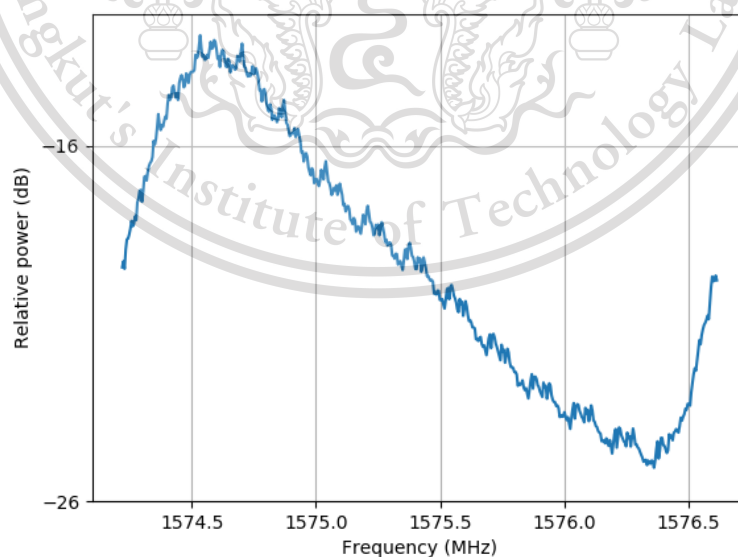
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณในรูปแบบ box plot

จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณกับอุปกรณ์รับสัญญาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังสัญญาณมีค่าลดลงเป็นไปตามสมมติฐาน และสเปกตรัมของสัญญาณที่ระยะต่างๆ สามารถแสดงดังรูปที่ 4.5 ถึงรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.5 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด

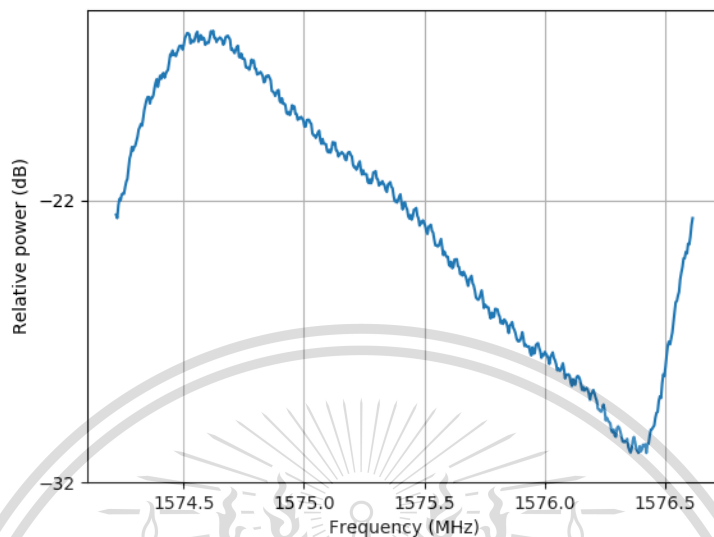
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยไปเองโดยไม่ได้มอบให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 5 เมตร

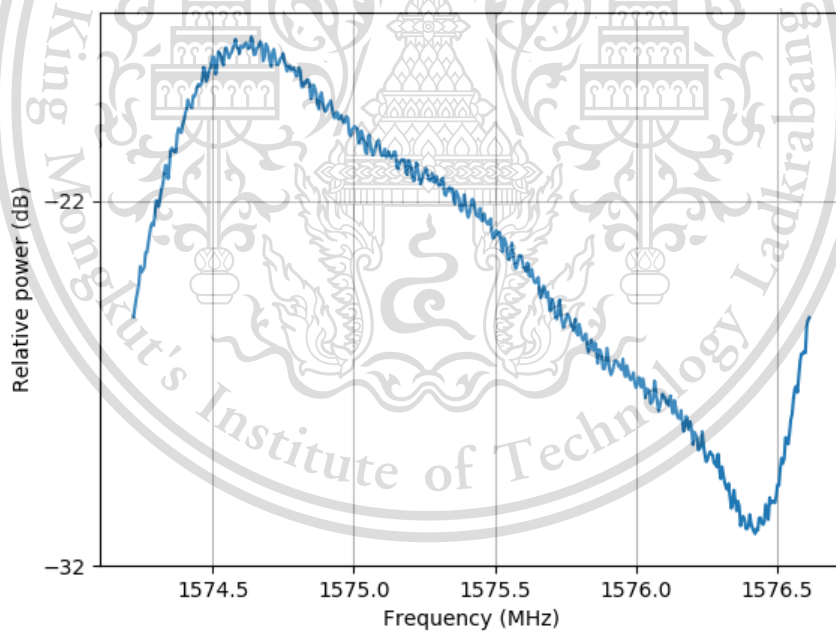
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.6 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 10 เมตร

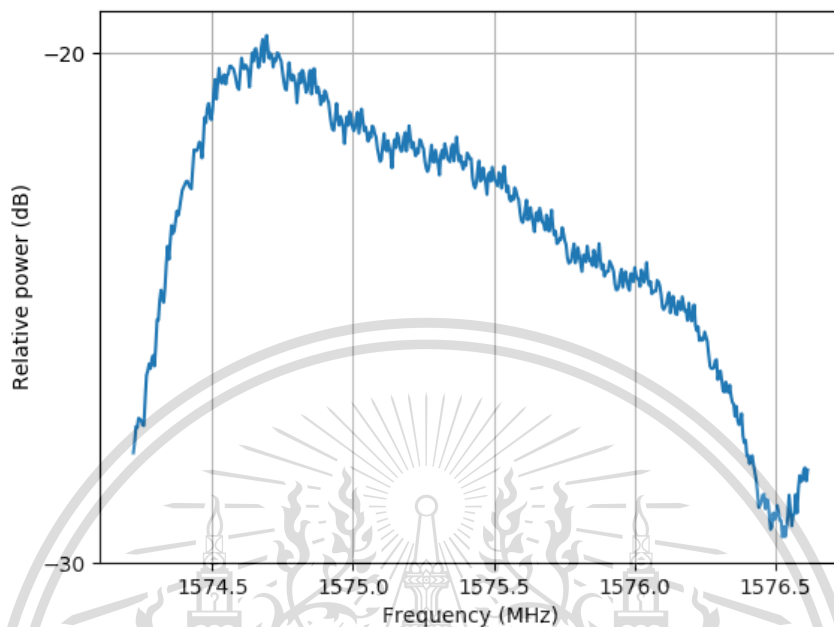


รูปที่ 4.7 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 15 เมตร

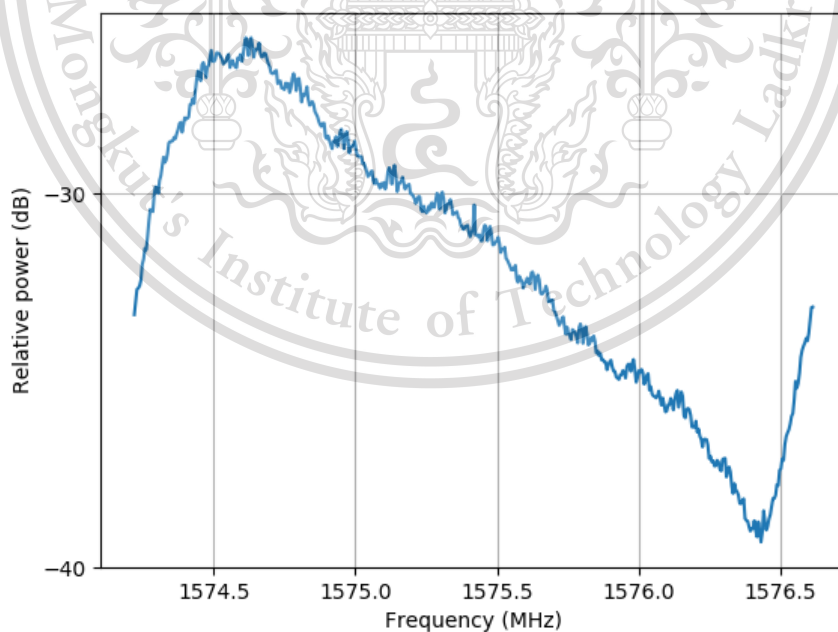
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 20 เมตร

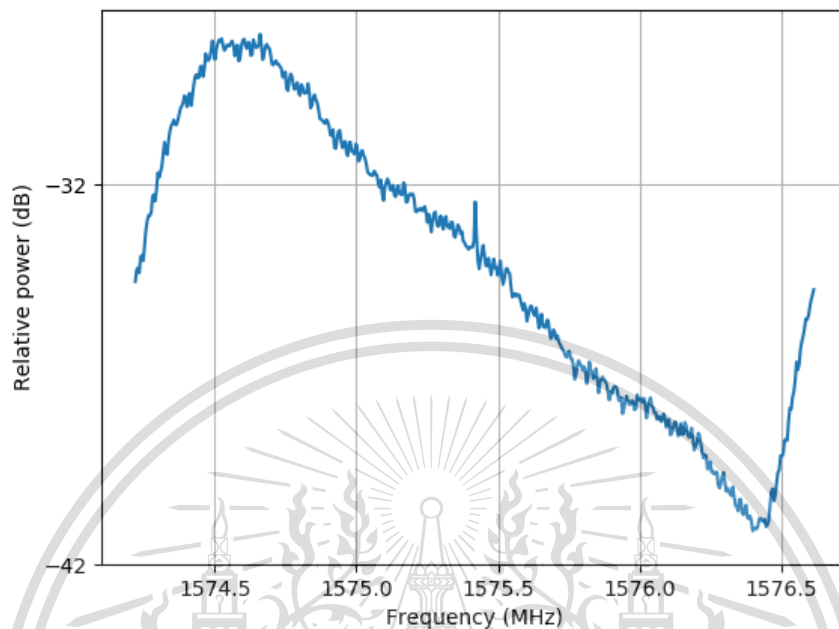


รูปที่ 4.9 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด

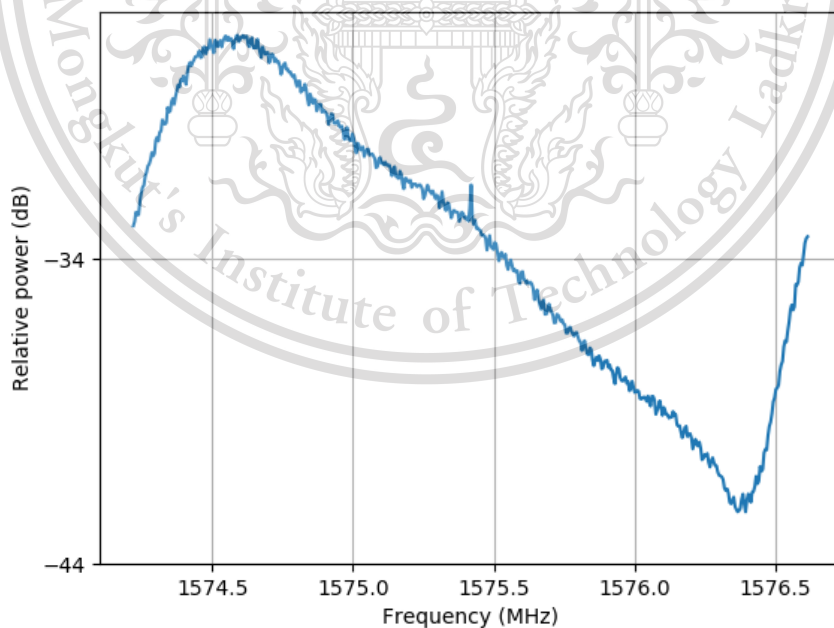
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 25 เมตรให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.10 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 30 เมตร



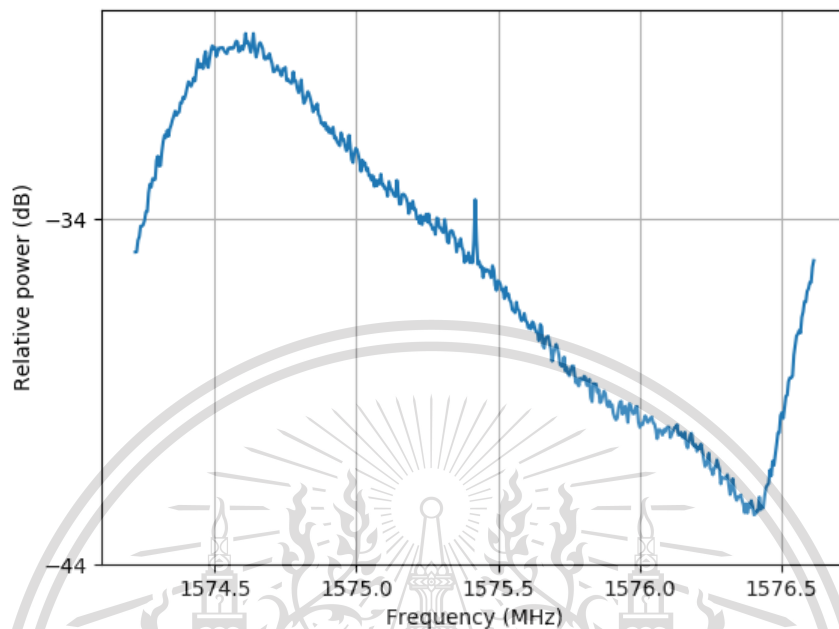
รูปที่ 4.11 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 35 เมตรให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

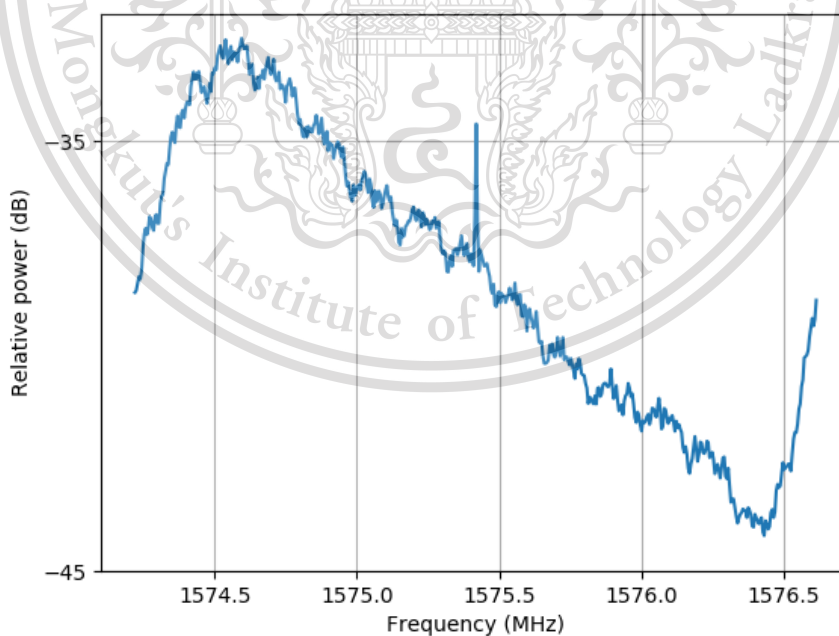
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.12 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 40 เมตร



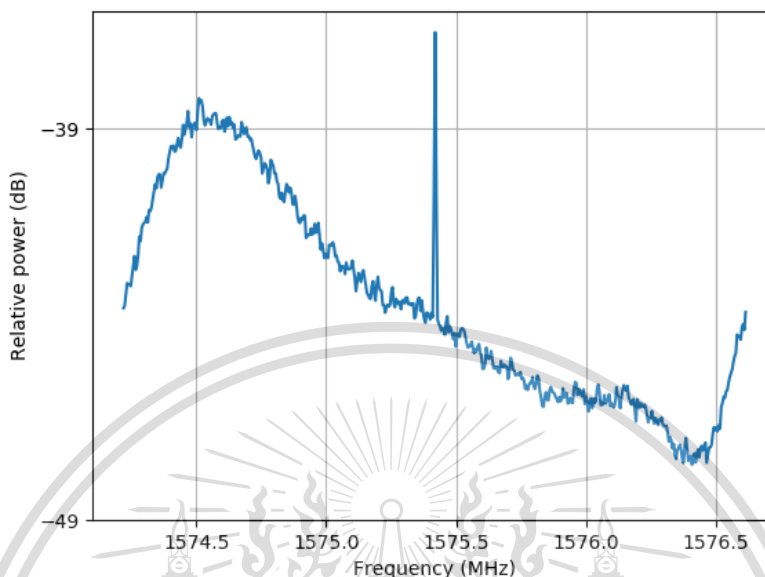
รูปที่ 4.13 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 45 เมตรให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.14 สเปกตรัมของกำลังสัญญาณขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด SMA-Battery Jammer ที่ระยะห่าง 50 เมตร

จากรูปที่ 4.5 ถึงรูปที่ 4.14 พบว่าค่า Relative Power ของกราฟสเปกตรัมมีการลดลงต่อระยะห่างออกจากเครื่องรับสัญญาณ

3.) ผลการทดสอบวัดกำลังสัญญาณ และสเปกตรัมที่ระยะห่างต่าง ๆ ขณะใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด Non SMA-Battery Jammer สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณ และระยะห่างในรูปแบบตารางที่ 4.2 และในรูปแบบของพล็อตกล่อง (box plot) ดังรูปที่ 4.15

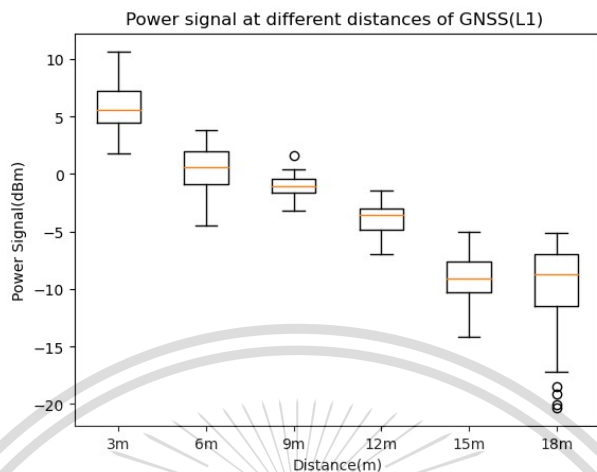
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด Non SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณ

ระยะห่าง (m)	กำลังสัญญาณ (dBm)
3	6.25
6	-0.33
9	-0.78
12	-4.22
15	-9.58
18	-12.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

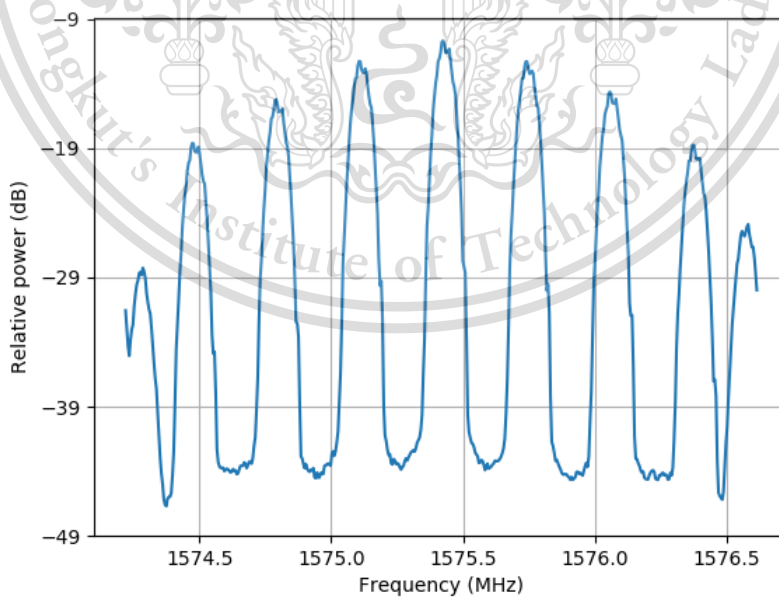
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณต่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด Non SMA-Battery Jammer กับอุปกรณ์รับสัญญาณในรูปแบบ box plot

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รบกวนสัญญาณกับอุปกรณ์รับสัญญาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังสัญญาณมีค่าลดลงเป็นไปตามสมมติฐาน และสเปกตรัมของสัญญาณที่ระยะต่างๆ สามารถแสดงดังรูปที่ 4.16 ถึง 4.21



รูปที่ 4.16 สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 3 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด

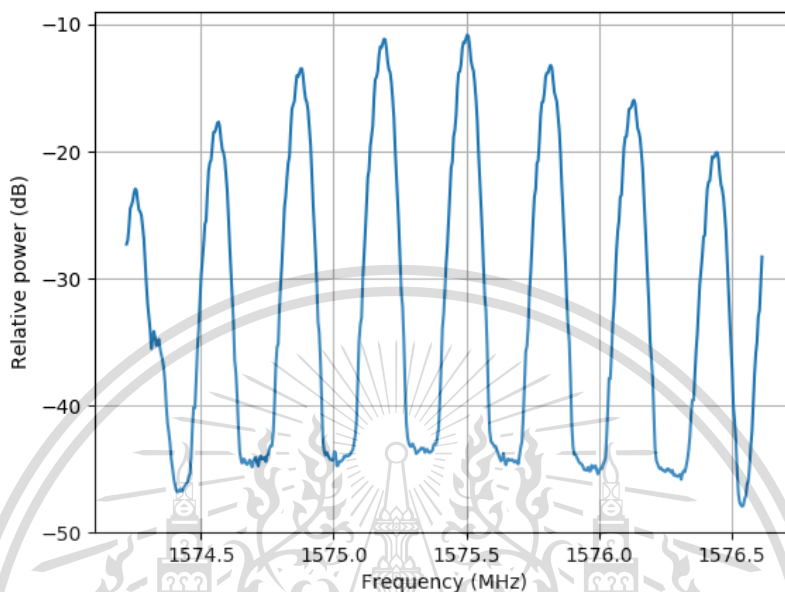
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น โปรดอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Non SMA-Battery Jammer

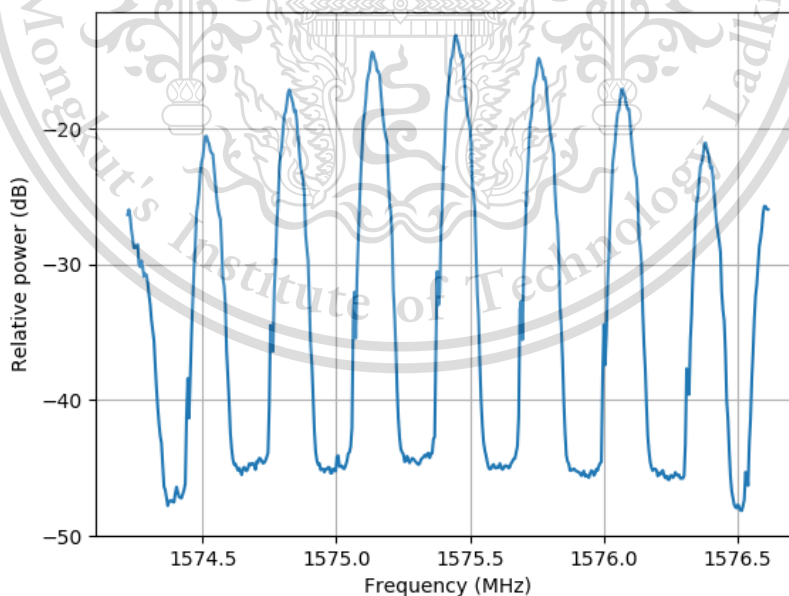
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.17 สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 6 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non-SMA-Battery Jammer

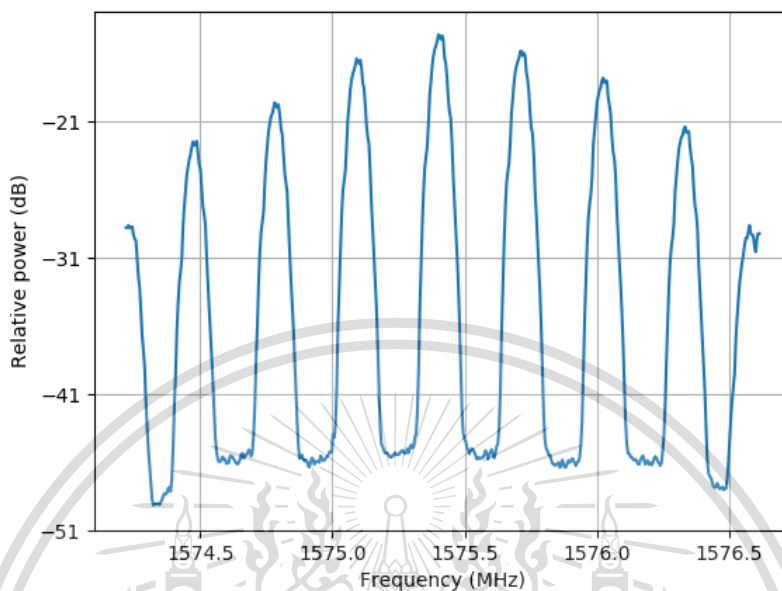


รูปที่ 4.18 สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 9 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non-SMA-Battery Jammer

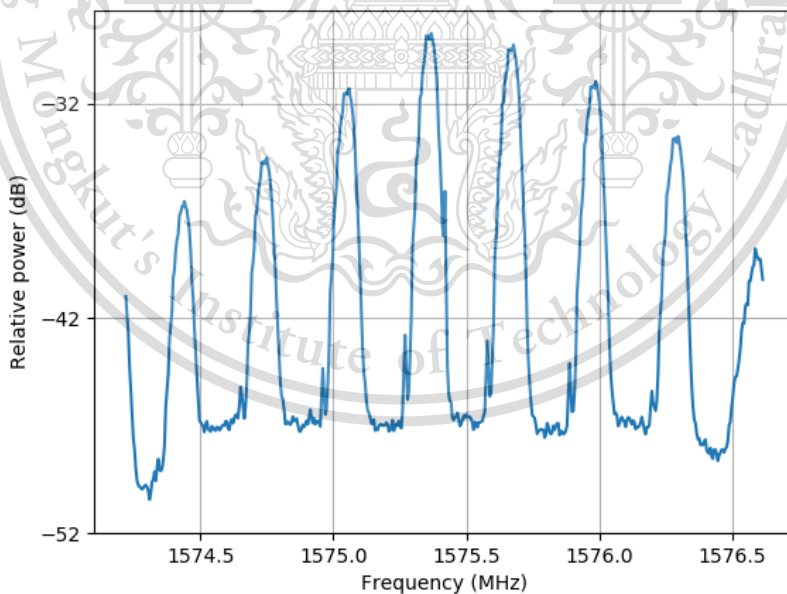
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.19 สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 12 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer

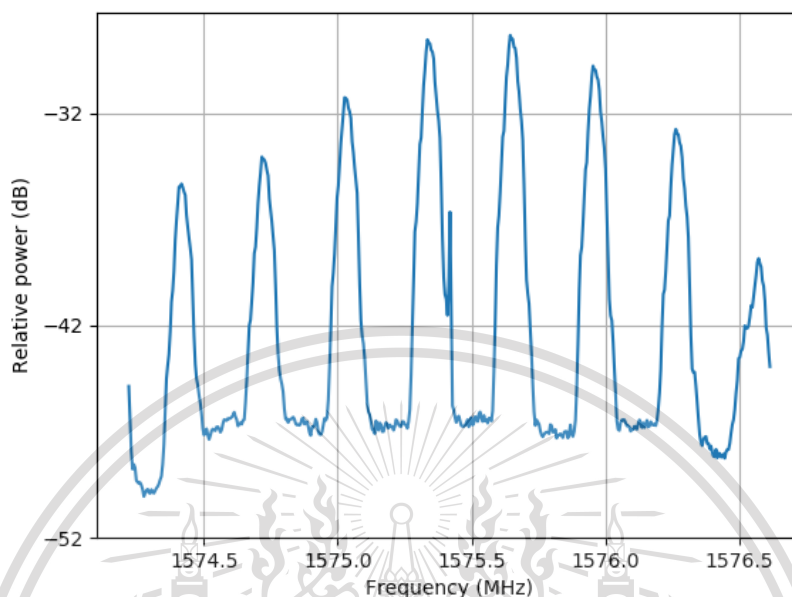


รูปที่ 4.20 สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 15 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.21 สเปกตรัมของสัญญาณ ณ ระยะห่าง 18 เมตรขณะใช้อุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ชนิด Non SMA-Battery Jammer

จากรูปที่ 4.16 ถึงรูปที่ 4.21 พบว่าค่า Relative Power ของกราฟสเปกตรัมมีการลดลงต่อระยะห่างออกจากเครื่องรับสัญญาณ

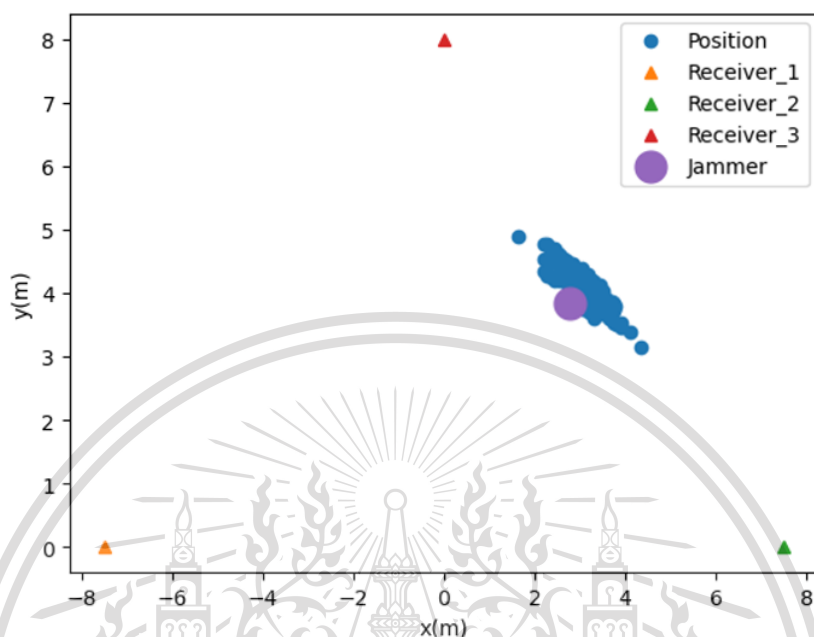
4.3 ระบบวิเคราะห์ตำแหน่งและถ่ายภาพวัตถุที่ติดตั้งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

เมื่อทำการเริ่มทำงานระบบจะทำการรับสัญญาณของอุปกรณ์รับสัญญาณจำนวนสามเครื่อง โดยวิเคราะห์สัญญาณตามกรณีที่ได้ทำการออกแบบ พบว่าระบบสามารถตรวจจับการรบกวนสัญญาณได้อย่างแม่นยำเมื่ออุปกรณ์รับสัญญาณสามารถวิเคราะห์ได้ว่ามีรบกวนสัญญาณมากกว่า 2 ชุดขึ้นไป ในส่วนของการวิเคราะห์ตำแหน่งของวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ เมื่อระบบตรวจพบการรบกวนสัญญาณ ระบบจะทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ โดยใช้เกณฑ์ข้อมูลระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รับสัญญาณกับอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ได้จากข้อ 4.2 ร่วมกับเทคนิค Three cycle equation ซึ่งจะแสดงการพล็อตตำแหน่งออกมาในรูปแบบกราฟ 2 มิติดังรูปที่ 4.22 พร้อมทั้งส่งใช้งานกล้องถ่ายภาพที่ติดตั้งบนอุปกรณ์รับสัญญาณชุดที่ 1 และ 2 โดยสามารถแสดงการถ่ายภาพของกล้องได้ดังรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณของระบบในรูปแบบกราฟ 2 มิติ



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ข)

รูปที่ 4.23 (ก) รูปถ่ายจากกล้องที่ติดตั้งบนอุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 1

(ข) รูปถ่ายจากกล้องที่ติดตั้งบนอุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 2

จากรูปที่ 4.22 ถึงรูปที่ 4.23 แสดงภาพถ่ายจากกล้องที่ติดตั้งไว้บนอุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 1 และ 2 โดยจะแสดงเวลาในการถ่ายภาพไว้ที่มุมซ้ายล่างของรูป และแสดงเฟรมเรทไว้ที่มุมซ้ายบนของรูป เมื่อระบบทำการวิเคราะห์ตำแหน่งพร้อมถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รับสัญญาณสำเร็จจะทำการส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล และแสดงไปยังหน้าเว็บไซต์ โดยที่อุปกรณ์รับสัญญาณแต่ละเครื่องจะส่งไปข้อมูลไปยังฐานข้อมูลด้วย Rsync ซึ่งเป็นคำสั่งไว้สำหรับ Backup ข้อมูลจากอุปกรณ์รับสัญญาณแต่ละเครื่องไปยังฐานข้อมูลได้ตั้งรูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

pi@raspberrypi: ~/Desktop/CODE_TEST_S1
File Edit Tabs Help
+ python3 /home/pi/Desktop/CODE_TEST_S1/Read.py
Time : 21:57:31 , PowerSignal : -22.96
Time : 21:57:32 , PowerSignal : -22.93
Time : 21:57:33 , PowerSignal : -23.02
Time : 21:57:34 , PowerSignal : -23.17
Time : 21:57:35 , PowerSignal : -23.10
Time : 21:57:36 , PowerSignal : -23.10
Time : 21:57:37 , PowerSignal : -22.90
Time : 21:57:38 , PowerSignal : -23.22
Time : 21:57:39 , PowerSignal : -23.15
+ python3 /home/pi/Desktop/CODE_TEST_S1/PSD.py
Found Rafael Micro R820T tuner
[R82XX] PLL not locked!
Power_Peak_dB 1: -36.513872232235094
Noise_rms_dB 1: -46.48726965397561
SNR 1: 9.073397421749515
+ python /home/pi/Desktop/CODE_TEST_S1/upload.py
sending incremental file list
L1_TEST/
L1_TEST/01-04-2021_21:57_S_1.txt

sent 274 bytes received 47 bytes 214.08 bytes/sec
total size is 779 speedup is 2.43
sending incremental file list
Spectrum_S1/
Spectrum_S1/Jamming_01-04-2021_21:57:45.png

sent 25,643 bytes received 47 bytes 17,126.57 bytes/sec
total size is 27,373 speedup is 1.07

```

รูปที่ 4.24 การส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูลด้วย Rsync

จากรูปที่ 4.24 ข้อมูลที่ทำการบันทึกได้จะถูกส่งไปยังฐานข้อมูล โดยจะมีข้อมูลของค่ากำลังสัญญาณ สเปกตรัม และภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัยเมื่อถูกตรวจสอบว่าโดนรบกวนสัญญาณได้ดังรูปที่ 4.25

```

kasawat@P302:/var/www/html/jammingdetector.com/public_html/SERVER/Data_Spectrum/PowerSignal/L1_TESTS 1s
10-03-2021_22:48_S_1.txt 15-03-2021_22:51_S_1.txt 16-03-2021_22:13_S_1.txt 16-03-2021_22:13_S_1.txt
10-03-2021_22:48_S_1.txt 15-03-2021_22:53_S_1.txt 16-03-2021_22:16_S_1.txt 23-03-2021_23:02_S_1.txt
10-03-2021_22:59_S_1.txt 15-03-2021_22:55_S_1.txt 16-03-2021_22:20_S_1.txt 23-03-2021_23:13_S_1.txt
10-03-2021_23:01_S_1.txt 15-03-2021_23:01_S_1.txt 16-03-2021_22:24_S_1.txt 23-03-2021_23:21_S_1.txt
10-03-2021_23:01_S_1.txt 15-03-2021_23:03_S_1.txt 16-03-2021_22:28_S_1.txt 23-03-2021_23:21_S_1.txt
10-03-2021_23:03_S_1.txt 15-03-2021_23:03_S_1.txt 16-03-2021_22:32_S_1.txt 23-03-2021_23:22_S_1.txt
10-03-2021_23:05_S_1.txt 15-03-2021_23:04_S_1.txt 16-03-2021_22:36_S_1.txt 23-03-2021_23:27_S_1.txt
10-03-2021_23:07_S_1.txt 15-03-2021_23:06_S_1.txt 16-03-2021_22:40_S_1.txt 29-03-2021_23:30_S_1.txt
10-03-2021_23:09_S_1.txt 15-03-2021_23:08_S_1.txt 16-03-2021_22:44_S_1.txt 29-03-2021_22:44_S_1.txt
10-03-2021_23:10_S_1.txt 15-03-2021_23:09_S_1.txt 16-03-2021_22:53_S_1.txt 29-03-2021_22:48_S_1.txt
10-03-2021_23:12_S_1.txt 15-03-2021_23:11_S_1.txt 16-03-2021_22:56_S_1.txt 29-03-2021_22:56_S_1.txt
10-03-2021_23:14_S_1.txt 15-03-2021_23:12_S_1.txt 16-03-2021_23:00_S_1.txt 29-03-2021_22:57_S_1.txt
15-03-2021_22:22 15-03-2021_23:14_S_1.txt 16-03-2021_23:08_S_1.txt
15-03-2021_22:35_S_1.txt 15-03-2021_23:15_S_1.txt 16-03-2021_23:04_S_1.txt
15-03-2021_22:40_S_1.txt 16-03-2021_22:22 16-03-2021_23:09_S_1.txt
kasawat@P302:/var/www/html/jammingdetector.com/public_html/SERVER/Data_Spectrum/PowerSignal/L1_TESTS

```

(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

kasawat@T302: /var/www/html/jammingdetector.com/public_html/SERVER/Data_Spectrum/Spectrum/Spectrum_S1$ ls
Jamming_10-03-2021_22:49:18.png Jamming_15-03-2021_23:04:17.png Jamming_16-03-2021_22:43:19.png
Jamming_10-03-2021_23:00:15.png Jamming_15-03-2021_23:05:38.png Jamming_16-03-2021_22:47:26.png
Jamming_10-03-2021_23:02:51.png Jamming_15-03-2021_23:07:39.png Jamming_16-03-2021_22:56:12.png
Jamming_10-03-2021_23:04:29.png Jamming_15-03-2021_23:09:14.png Jamming_16-03-2021_22:59:43.png
Jamming_10-03-2021_23:06:13.png Jamming_15-03-2021_23:10:41.png Jamming_16-03-2021_23:03:49.png
Jamming_10-03-2021_23:08:12.png Jamming_15-03-2021_23:12:15.png Jamming_16-03-2021_23:07:50.png
Jamming_10-03-2021_23:10:11.png Jamming_15-03-2021_23:13:51.png Jamming_16-03-2021_23:12:18.png
Jamming_10-03-2021_23:12:00.png Jamming_15-03-2021_23:15:32.png Jamming_16-03-2021_23:16:13.png
Jamming_10-03-2021_23:13:40.png Jamming_15-03-2021_23:16:59.png Jamming_23-03-2021_23:06:01.png
Jamming_10-03-2021_23:15:19.png Jamming_16-03-2021_22:15:37.png Jamming_23-03-2021_23:14:12.png
Jamming_15-03-2021_22:36:17.png Jamming_16-03-2021_22:19:13.png Jamming_23-03-2021_23:21:32.png
Jamming_15-03-2021_22:41:19.png Jamming_16-03-2021_22:23:14.png Jamming_23-03-2021_23:27:21.png
Jamming_15-03-2021_22:53:03.png Jamming_16-03-2021_22:27:13.png Jamming_29-03-2021_22:40:02.png
Jamming_15-03-2021_22:54:41.png Jamming_16-03-2021_22:31:13.png Jamming_29-03-2021_22:44:41.png
Jamming_15-03-2021_22:56:12.png Jamming_16-03-2021_22:35:12.png Jamming_29-03-2021_22:48:35.png
Jamming_15-03-2021_22:58:48.png Jamming_16-03-2021_22:39:15.png Jamming_29-03-2021_22:56:21.png
kasawat@T302: /var/www/html/jammingdetector.com/public_html/SERVER/Data_Spectrum/Spectrum/Spectrum_S1$

```

(ข)

```

kasawat@T302: /var/www/html/jammingdetector.com/public_html/SERVER/Image1$ ls
'2021-03-29 22:55:19.585719.png' '2021-03-29 23:00:23.121677.png' '2021-03-29 23:00:42.866003.png'
'2021-03-29 23:00:02.114096.png' '2021-03-29 23:00:34.278543.png'
kasawat@T302: /var/www/html/jammingdetector.com/public_html/SERVER/Image1$

```

(ค)

รูปที่ 4.25 (ก) ฐานข้อมูลในการจัดเก็บไฟล์ของค่ากำลังสัญญาณ

(ข) ฐานข้อมูลในการจัดเก็บไฟล์ของสเปกตรัม

(ค) ฐานข้อมูลในการจัดเก็บไฟล์ของภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัย

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ทำการบันทึกจะมีการบันทึกใน location :
/var/www/html/jammingdetector.com/public_html/SERVER/... ซึ่งในแต่ละไดเรกทอรีจะเป็น
ไฟล์ข้อมูลของค่ากำลังสัญญาณ สเปกตรัม และภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัย

4.4 ผลการทดสอบการหาตำแหน่งพร้อมถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

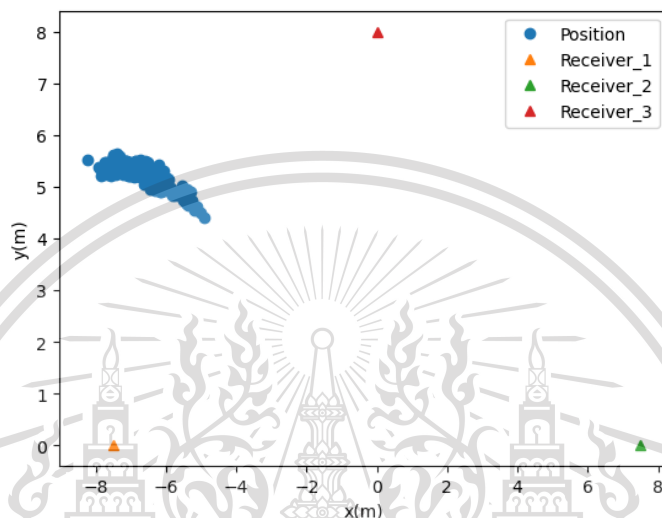
ผลการทดสอบการหาตำแหน่งพร้อมถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ โดยทำการทดสอบการส่งสัญญาณรบกวนขณะอยู่กับที่ ซึ่งใช้พื้นที่ ณ บริเวณที่จอดรถข้างหอประชุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นสถานที่ทดลองพื้นที่ขนาด 500 ตารางเมตร และเป็นพื้นที่เปิดโล่งเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยรูปแบบการวางตำแหน่งของอุปกรณ์รับสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยทำการกำหนดตำแหน่งในการทดสอบการหาตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณดังนี้ (-7.5,4) (-2.5,4) (2.5,4) และ (7.5,4) ซึ่งตำแหน่งของอุปกรณ์รับสัญญาณเครื่องที่ 1 2 และ 3 อยู่ที่ตำแหน่ง (-7.5,0) (7.5,0) และ (0,8) ตามลำดับ เมื่อเริ่มทำการทดสอบจะทำการเก็บข้อมูลกำลังสัญญาณ และสเปกตรัม จากนั้นระบบจะนำข้อมูลที่ไดวิเคราะห์หาระยะห่างระหว่างเสารับสัญญาณแต่ละเครื่องกับอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ จากนั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

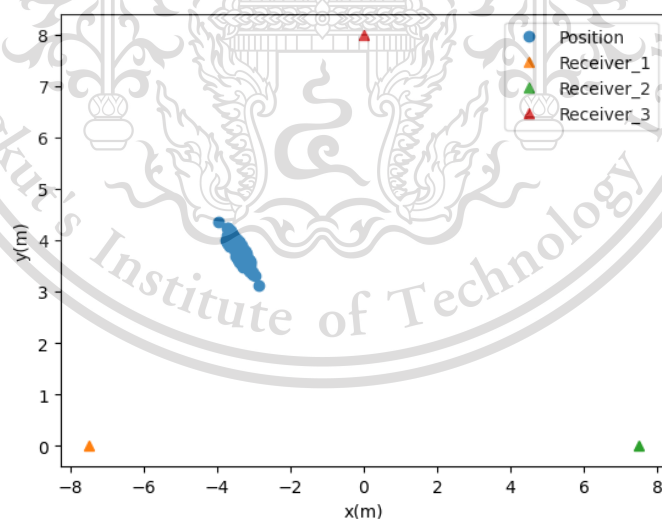
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

นำไปวิเคราะห์หาตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ เมื่อเสร็จสิ้นจะสามารถแสดงการระบุตำแหน่งที่ระยะต่างๆในรูปแบบกราฟ 2 มิติได้ดังรูปที่ 4.26 ถึง 4.33



รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-7.5,4)

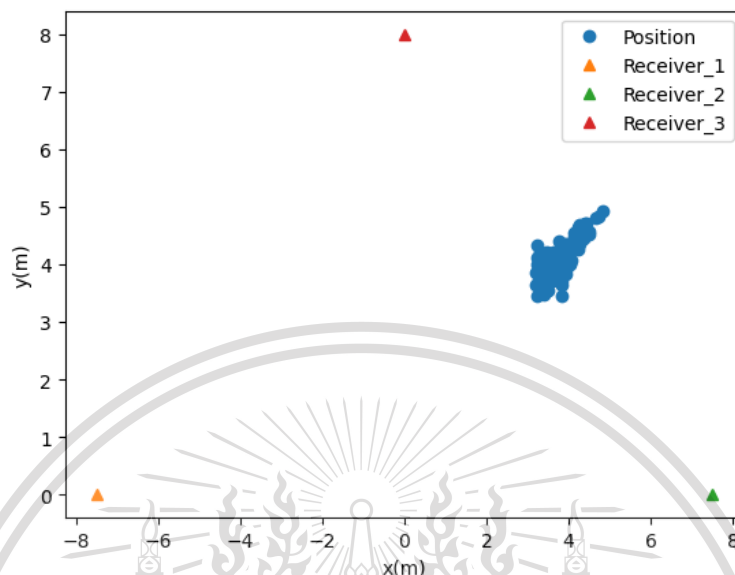


รูปที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-2.5,4)

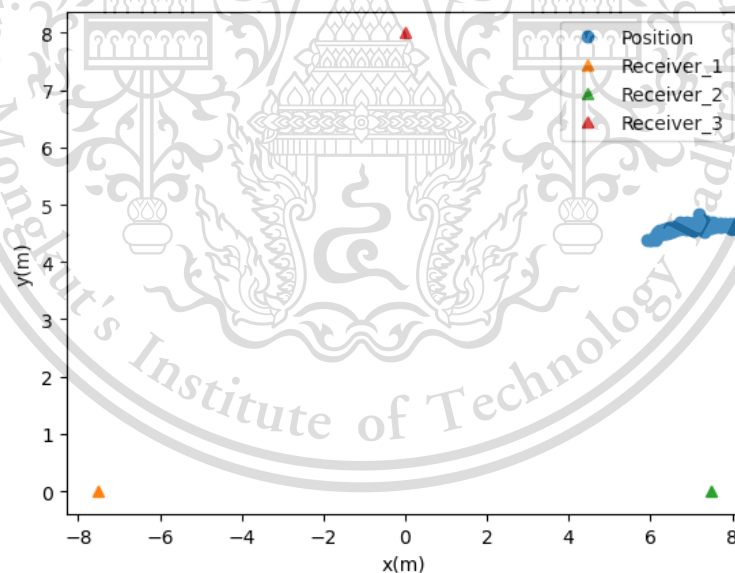
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (2.5,4)

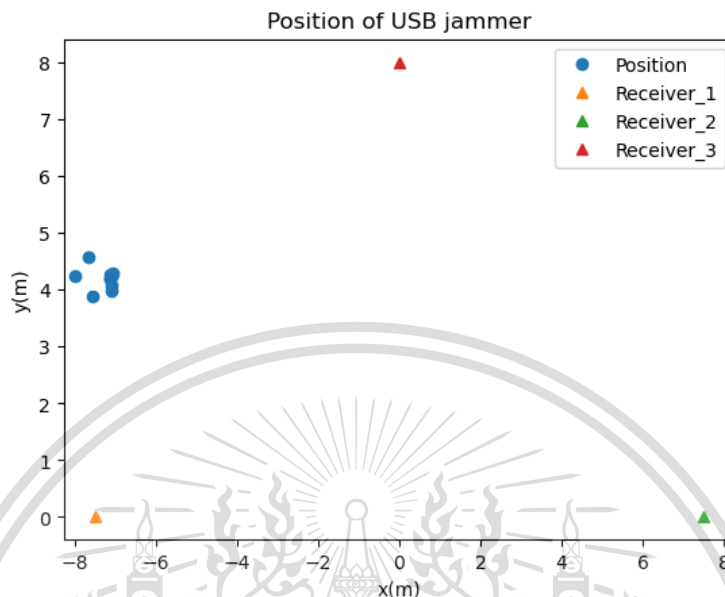


รูปที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (7.5,4)

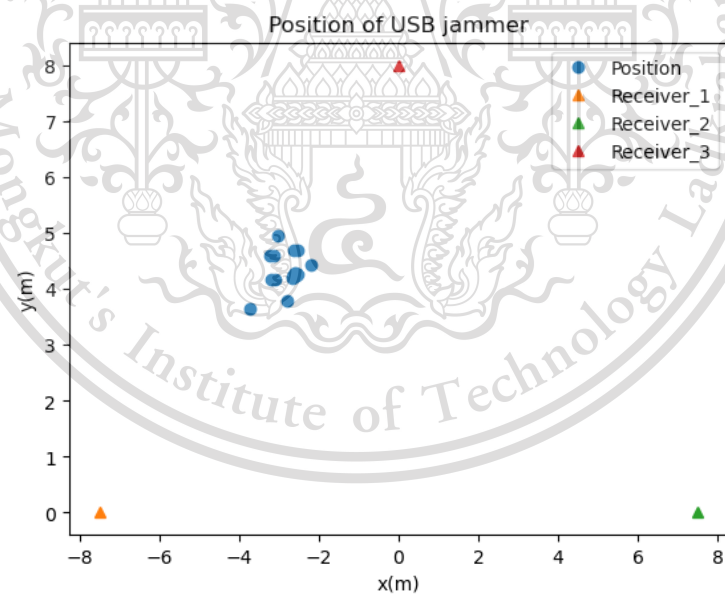
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ Non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-7.5,4)

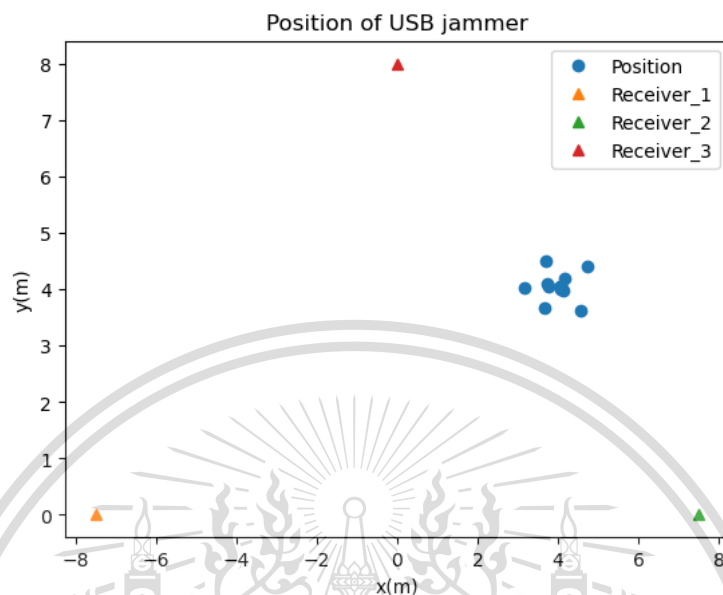


รูปที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ Non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (-2.5,4)

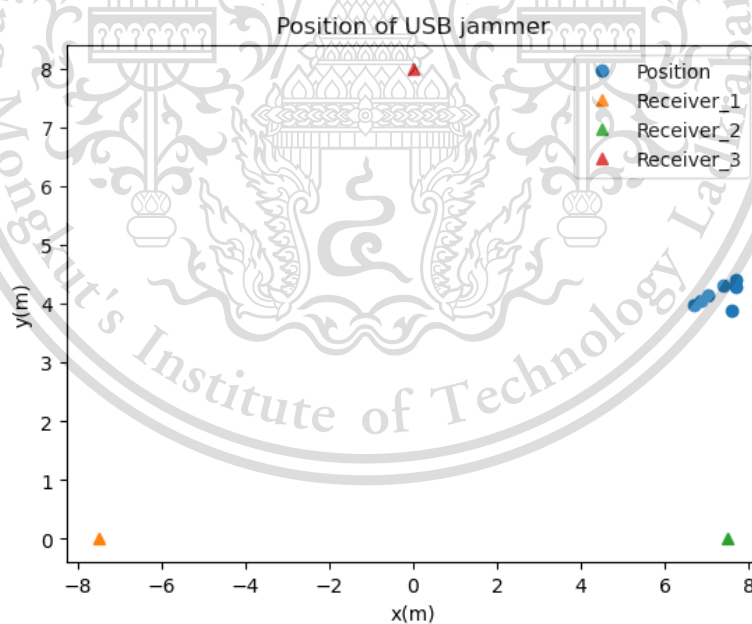
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ Non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (2.5,4)



รูปที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ Non SMA-Battery Jammer ที่ตำแหน่ง (7.5,4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากรูปที่ 4.26 ถึง 4.33 แสดงการระบุตำแหน่งอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ซึ่งพบว่าการวิเคราะห์ตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer จากสัญญาณข้อมูลพบว่ามี ความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งอยู่ที่ 1.3 เมตร และชนิด Non SMA-Battery Jammer จากสัญญาณ ข้อมูลพบว่ามี ความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งอยู่ที่ 0.8 เมตร เมื่อหาตำแหน่งเสร็จสิ้นระบบจะทำการ ถ่ายภาพวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณสามารถแสดงภาพถ่ายได้ดังรูปที่ 4.34 ถึง 4.37



รูปที่ 4.34 ภาพถ่ายวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ตำแหน่ง (-7.5,4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.35 ภาพถ่ายวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ตำแหน่ง (-2.5,4)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.36 ภาพถ่ายวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ตำแหน่ง (2.5,4)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.37 ภาพถ่ายวัตถุที่ใช้งานอุปกรณ์รบกวนสัญญาณที่ตำแหน่ง (7.5,4)

จากรูปที่ 4.34 ถึง 4.37 แสดงภาพถ่ายวัตถุที่ได้จากการทดสอบระบบสามารถวิเคราะห์ตำแหน่งพร้อมทั้งถ่ายภาพวัตถุกล้องสามารถบันทึกภาพถ่ายได้ทั่วพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบได้ และมีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 500x300 pixel ซึ่งสามารถแยกแยะวัตถุได้

4.5 ระบบฐานจัดเก็บข้อมูล

ระบบฐานจัดเก็บข้อมูลได้ออกแบบฐานข้อมูลด้วย MySQL Server โดยใช้งานร่วมกับ phpMyAdmin ซึ่งทำให้สามารถสร้าง แก้ไข หรือลบตารางได้ง่ายขึ้น โดยการจัดเก็บข้อมูลจะใช้การอัปโหลดข้อมูลที่ได้จากการทดลองเข้าไปในตารางข้อมูล ซึ่งข้อมูลจะเรียงตามวันเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลในการทดลอง โดยสามารถแสดงตารางจัดเก็บข้อมูลใน MySQL ได้ดังรูปที่ 4.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

date	time	freq_ini	freq_end	freq_diff	samprate	R1	R2	R3
2021-03-23	23:22:44	1575420000	1576420000	1000000	122	-18.5	-12.88	-9.19
2021-03-23	23:03:05	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.14	-17.05	-2.77
2021-03-23	23:04:37	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.29	-14.66	-23.78
2021-03-23	23:03:33	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.14	-17.17	-3.73
2021-03-23	23:05:12	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.28	-14.87	10.8
2021-03-23	23:04:08	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.37	-15.19	2.13
2021-03-23	23:03:01	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.46	-17.07	-1.35
2021-03-23	23:05:40	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.51	-15.03	9.19
2021-03-23	23:05:08	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.55	-15.19	11.4
2021-03-23	23:21:18	1575420000	1576420000	1000000	122	-21.4	-16.63	-2.38
2021-03-23	23:03:36	1575420000	1576420000	1000000	123	-19.65	-16.61	-6.17
2021-03-23	23:27:07	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.11	-22.91	0.54
2021-03-23	23:05:43	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.77	-15.21	9.72
2021-03-23	23:03:20	1575420000	1576420000	1000000	122	-19.73	-16.94	-4.52
2021-03-23	23:04:04	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.89	-14.7	-23.77
2021-03-23	23:03:46	1575420000	1576420000	1000000	122	-19.76	-17.33	-22.93
2021-03-23	23:27:09	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.62	-22.91	1.39
2021-03-23	23:04:52	1575420000	1576420000	1000000	122	-20.45	-14.2	-19.28
2021-03-23	23:22:45	1575420000	1576420000	1000000	121	-18.09	-12.65	-7.45

รูปที่ 4.38 ตารางสำหรับจัดเก็บข้อมูลในระบบจัดการฐานข้อมูล

จากรูปที่ 4.38 ตารางจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูลจะทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่ได้รับ โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณคือ ค่ากำลังสัญญาณของทั้งสามเสารับสัญญาณ ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกจัดเก็บในคอลัมน์ R1 R2 และ R3 ตามลำดับ โดยข้อมูลภายในฐานข้อมูลจะถูกนำไปใช้งานแสดงผลในตารางและกราฟภายในหน้าเว็บไซต์

4.5 หน้าเว็บไซต์

หน้าเว็บไซต์จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือหน้าโฮมเพจ และหน้าแผงควบคุม โดยในการแสดงผลหน้าเว็บไซต์สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. หน้าโฮมเพจ

โดยจะทำการแสดงข้อมูลพื้นฐานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ประกอบด้วย คำอธิบายของงาน ภาพรวมของงาน การออกแบบการทำงานของระบบ อุปกรณ์ที่ใช้ และวิธีการทดลอง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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


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

JAMMINGDETECTOR HOMEPAGE DASHBOARD Telecommunication Engineering 15:10:07

JammingDetector

The direction detector of the interference device

Global Navigation Satellite System (GNSS) is widely used in position navigation and time such as exploration, military, aviation, navigation, and time identification. However, the GNSS signals are disturbed from the jammers which aim to disrupt or misleading the positioning. Although there are many jamming detection methods, most of detection methods are quite delay. Therefore, in this paper, the real-time jamming detection is proposed by using the signal powers from Signal Defined Radio (SDR). The proposed jamming detection not only detect jamming occurrence but also estimate the position of jammer via Friis equation.

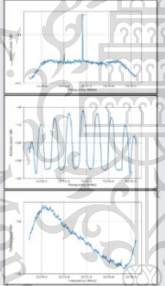


GPS Positioning

Affect of Jamming signal

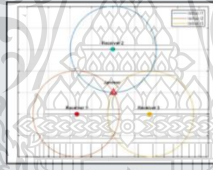
- Autopilot Unavailable!
- GPS Not Working!

Design & Method




Figure(a)

Figure (a) show the PSD values of the received signals without and with jamming, respectively. In the non-jamming case, the PSD has only one peak at 1575.42 MHz whereas the signal spectra with jammers have peaks at several frequencies.



Figure(b)

Figure (b) the red, blue, and yellow circles represent the estimated distances between the jammers and the receiver 1, 2 and 3, respectively. Then, the jammer's location is determined by the intersection point of the three circles.



Figure(c)

Figure (c) the blue point is the position of the analyzed jammer. The red square is the real position of the jammer. In an analysis, we found that the errors of the jammer position are about 1 to 2 meters.

Equipments

Portable signal mobile jammers



Properties	value
Output Power	24dBm
Frequency Ranges	CDMA/ GSM, DCS/PHS/3G/GPS
Power Supply	AC adapter (AC 110-240V DCSV)

USB GPS signal jammers



Properties	value
Output Power	23dBm
Frequency Ranges	GPS/Beidou
Power Supply	DC 5V 0.5A

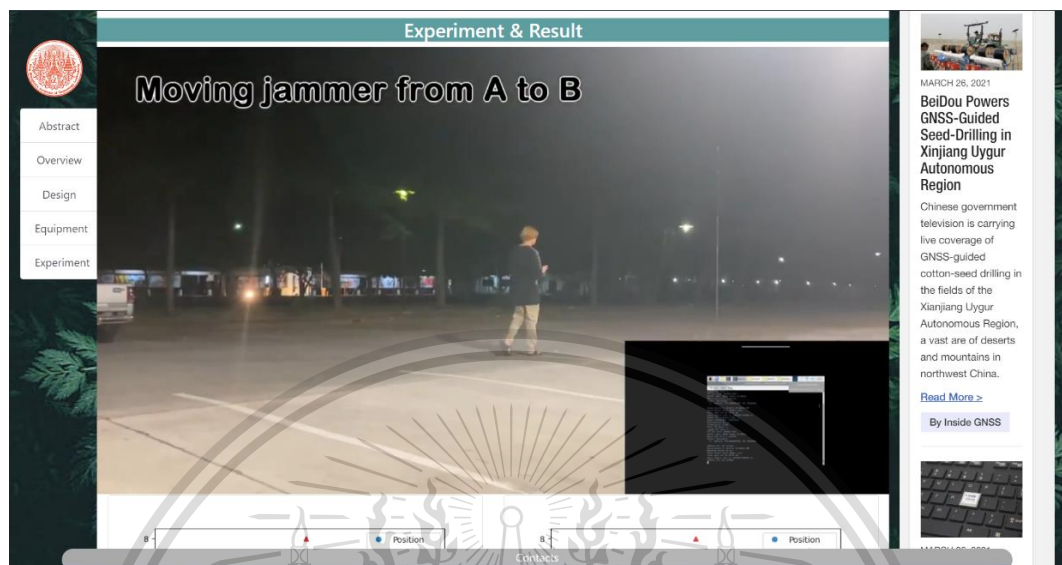
Provider Sapcorda Fully Acquired by Member of the Former Joint Venture

Wireless and positioning company u-box of Thalwil, Switzerland has acquired full ownership of Sapcorda Services GmbH, a joint venture formed by the company with Bosch, Geo++ and Mitsubishi Electric in 2017.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ค)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ง)

- รูปที่ 4.39 (ก) ส่วนอธิบายภาพรวม และคำอธิบายของโครงการ
 (ข) ส่วนอธิบายการออกแบบ และทฤษฎีของโครงการ
 (ค) ส่วนอธิบายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
 (ง) ส่วนอธิบายการทดลอง และผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.39 เพื่อให้ผู้ใช้งานเว็บไซต์สามารถเข้าใจเป้าหมาย และขั้นตอนวิธีการทำงานต่าง ๆ ของระบบซึ่งจะแสดงภาพรวมของโครงการเพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจถึงประโยชน์ที่จะได้รับพร้อมทั้งอธิบายในส่วนของทฤษฎีของโครงการ และอธิบายอุปกรณ์ที่ใช้ในงานทดสอบ

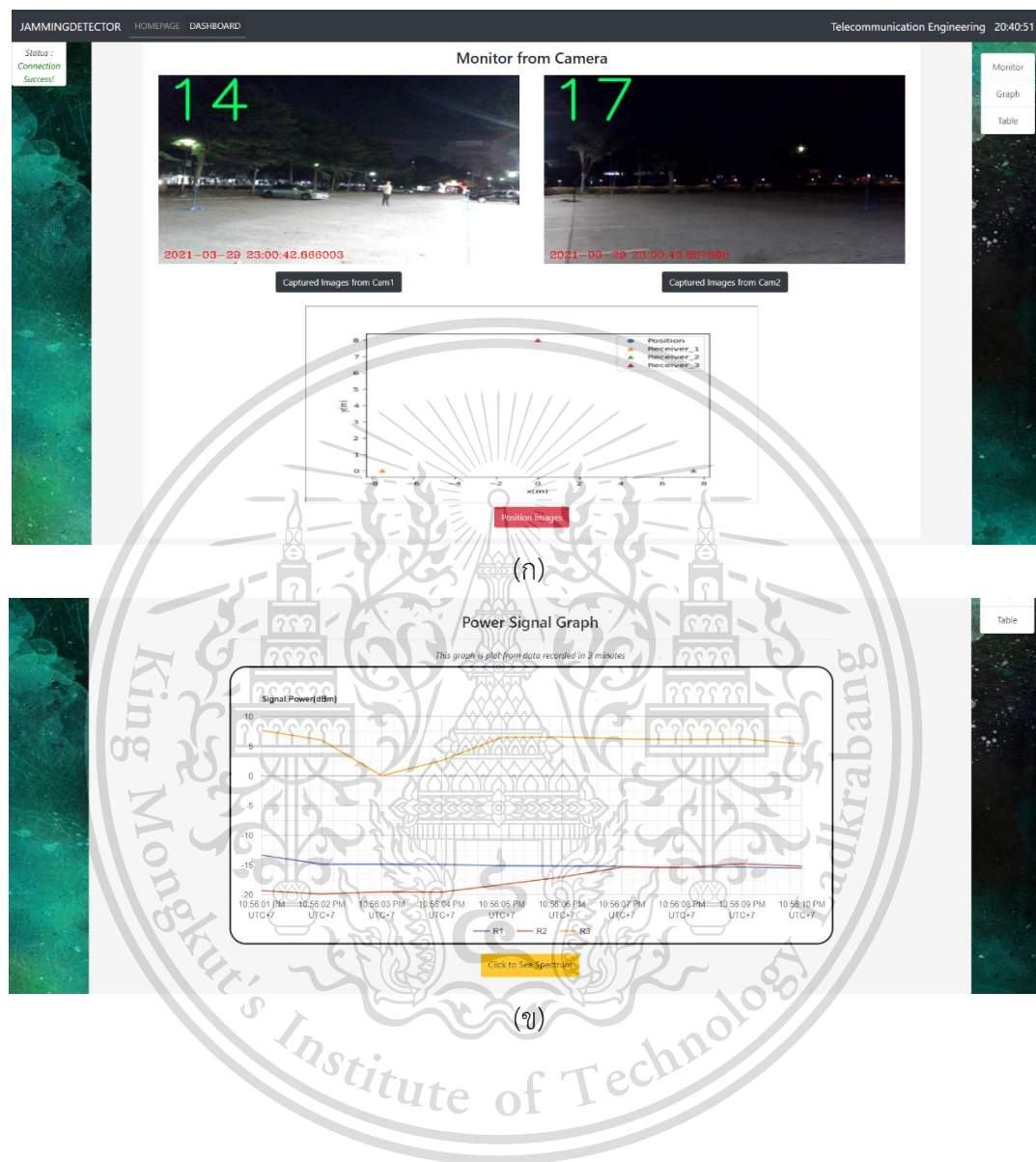
2. หน้าแผงควบคุม

ภายในแผงควบคุมจะแสดงผลลัพธ์ของระบบ โดยจะประกอบไปด้วย ภาพถ่ายวัตถุต้องสงสัย ย้อนหลังที่ได้รับจากกล้องตรวจจับเครื่องที่ 1 และ 2 กราฟแสดงค่ากำลังสัญญาณภายในหนึ่งชั่วโมง ย้อนหลัง และตารางข้อมูลแสดงค่ากำลังสัญญาณย้อนหลังทั้งหมด สามารถแสดงหน้าแผงควบคุมของเว็บไซต์ได้ดังรูปที่ 4.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Table DATA recorded

All Record Data

Start Date: End Date: Search:

Date	Time	Power(R1)	Power(R2)	Power(R3)
2021-03-29	22:56:10	-15.56	-15.22	5.36
2021-03-29	22:56:09	-15.35	-14.8	6.21
2021-03-29	22:56:08	-15.42	-15.46	6.1
2021-03-29	22:56:07	-15.26	-15.38	6.23
2021-03-29	22:56:06	-15.19	-17.04	6.54
2021-03-29	22:56:05	-15.14	-18.31	6.48
2021-03-29	22:56:04	-14.9	-19.56	2.57
2021-03-29	22:56:03	-14.85	-19.51	0.04
2021-03-29	22:56:02	-14.87	-19.85	6.02
2021-03-29	22:56:01	-13.34	-19.34	7.66
2021-03-29	22:33:51	-3.76	-7.71	8.24
2021-03-29	22:33:50	-3.49	-7.6	8.1

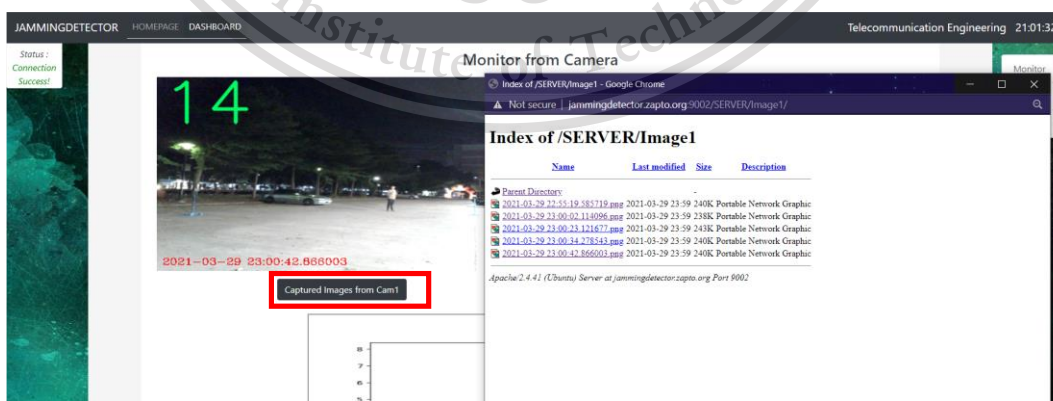
(ค)

รูปที่ 4.40 (ก) ภาพถ่ายย้อนหลังที่ได้รับจากกล้องตรวจจับของเครื่องที่ 1 และ 2

(ข) กราฟแสดงค่ากำลังสัญญาณภายในหนึ่งชั่วโมงย้อนหลัง

(ค) ตารางข้อมูลแสดงค่ากำลังสัญญาณย้อนหลังทั้งหมด

จากรูปที่ 4.40 เพื่อให้ผู้ใช้งานเว็บไซต์สามารถตรวจสอบได้ว่าพื้นที่ที่ทำการติดตั้งระบบมีการรบกวนสัญญาณหรือไม่ และตรวจสอบว่าผู้ต้องสงสัยที่ทำการรบกวนสัญญาณคือใคร ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกดูข้อมูลโดยการเลือกเวลาที่ต้องการจากของ Start Date และ End date และภายในหน้าเว็บไซต์สามารถเลือกดูข้อมูลย้อนหลังทั้งหมดต่างๆ ผ่านปุ่มต่างๆ ภายในหน้าเว็บไซต์ได้ดังรูปที่ 4.41 ถึง 4.42

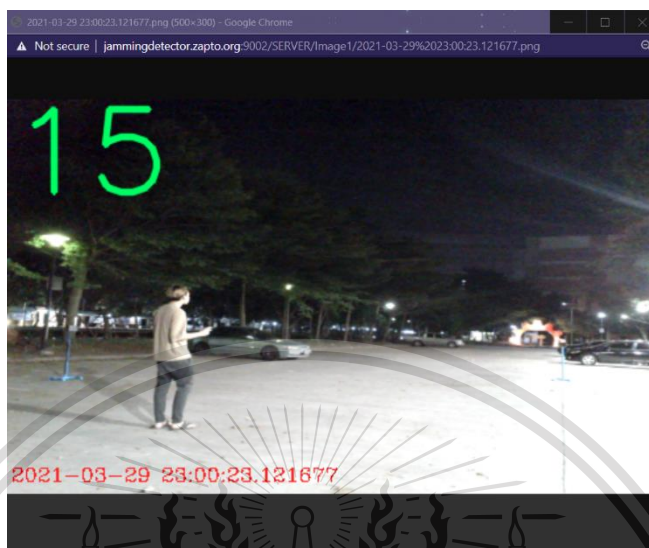


(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

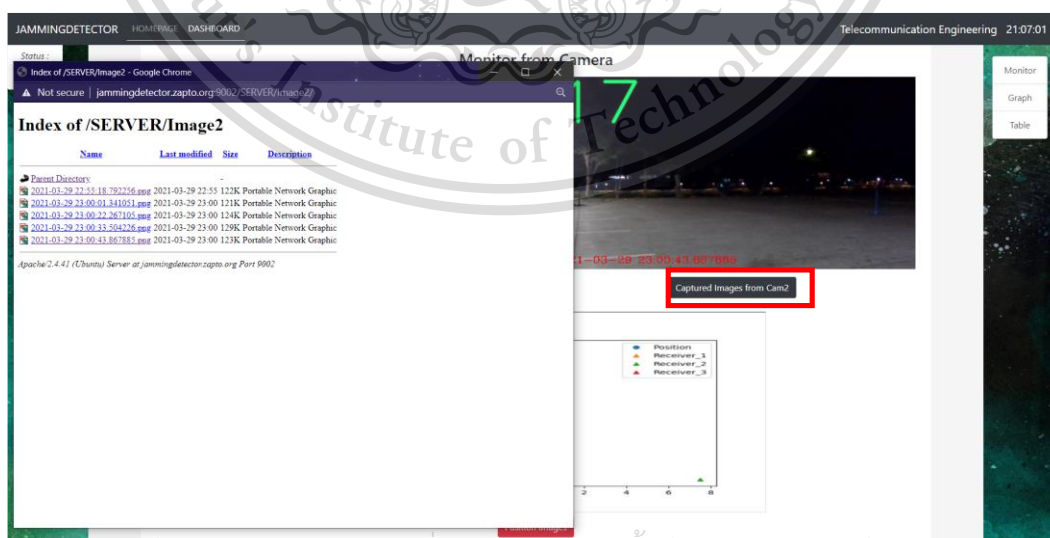
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข)

รูปที่ 4.41 (ก) ปุ่มแสดงไดเรกทอรีของรูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 1
(ข) รูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 1

จากรูปที่ 4.41 ปุ่มแสดงไดเรกทอรีของรูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 1 จะอยู่ภายในกรอบสีแดง เพื่อแสดงรูปภาพย้อนหลังทั้งหมดจากกล้องที่ 1 โดยจะแสดงรายชื่อไฟล์ วันเวลาที่แก้ไขไฟล์ครั้งล่าสุด ขนาดของไฟล์ และคำอธิบายรูปภาพ

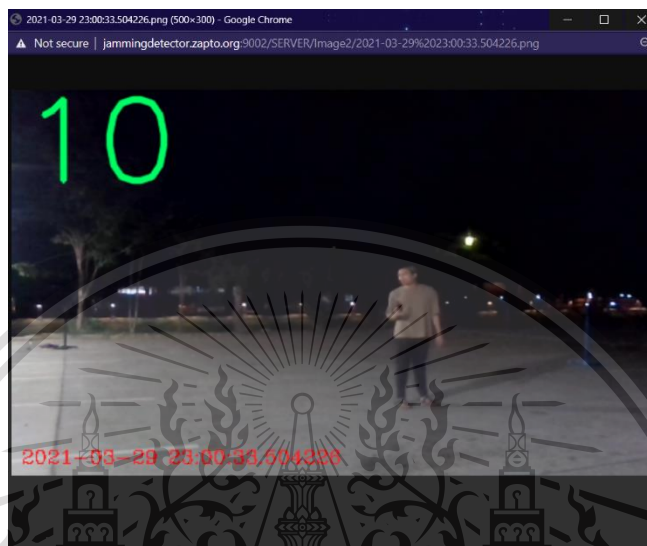


(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ข)

รูปที่ 4.42. (ก) ปุ่มแสดงไต่แรกทอรีของรูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 2

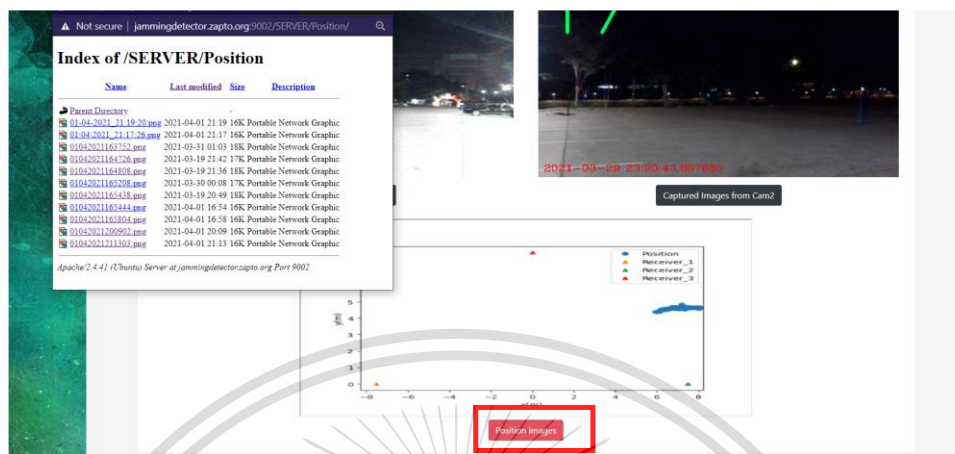
(ข) รูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 2

จากรูปที่ 4.42 ปุ่มแสดงไต่แรกทอรีของรูปภาพย้อนหลังจากกล้องที่ 2 จะอยู่ภายในกรอบสีแดง เพื่อแสดงรูปภาพย้อนหลังทั้งหมดจากกล้องที่ 2 โดยจะแสดงรายชื่อไฟล์ วันเวลาที่แก้ไขไฟล์ครั้งล่าสุด ขนาดของไฟล์ และคำอธิบายรูปภาพ โดยปุ่มแสดงสารบบของรูปภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณย้อนหลังจะแสดงดังรูปที่ 4.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก)



(ข)

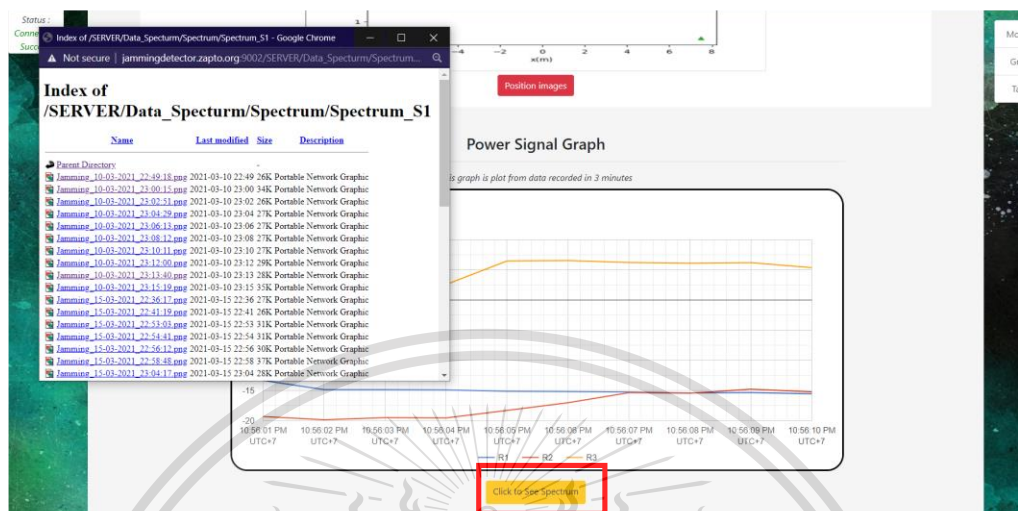
รูปที่ 4.43 (ก) ปุ่มแสดงไต่แรกทอรีของรูปภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณย้อนหลัง
(ข) รูปภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณย้อนหลัง

จากรูปที่ 4.43 ปุ่มแสดงไต่แรกทอรีของรูปภาพแสดงตำแหน่งของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณย้อนหลังจะอยู่ในกรอบสีแดง เพื่อแสดงรูปภาพตำแหน่งของอุปกรณ์รับกวนสัญญาณย้อนหลังทั้งหมด โดยจะแสดงรายชื่อไฟล์ วันที่เวลาที่แก้ไขไฟล์ครั้งล่าสุด ขนาดของไฟล์ และคำอธิบายรูปภาพ โดยปุ่มแสดงสารบบของรูปภาพแสดงสเปกตรัมสัญญาณที่รับได้ย้อนหลังจะแสดงดังรูปที่ 4.44

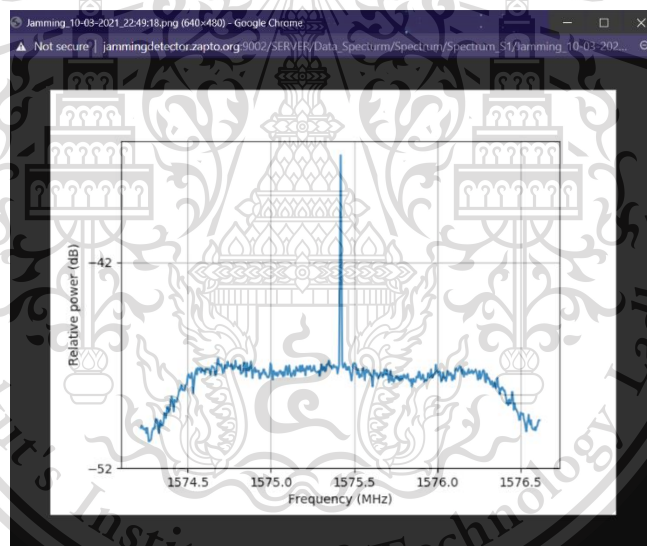
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.44 (ก) ปุ่มแสดงไดเรกทอรีของรูปภาพแสดงสเปกตรัมสัญญาณที่รับได้ย้อนหลัง

(ข) รูปภาพแสดงสเปกตรัมสัญญาณที่รับได้ย้อนหลัง

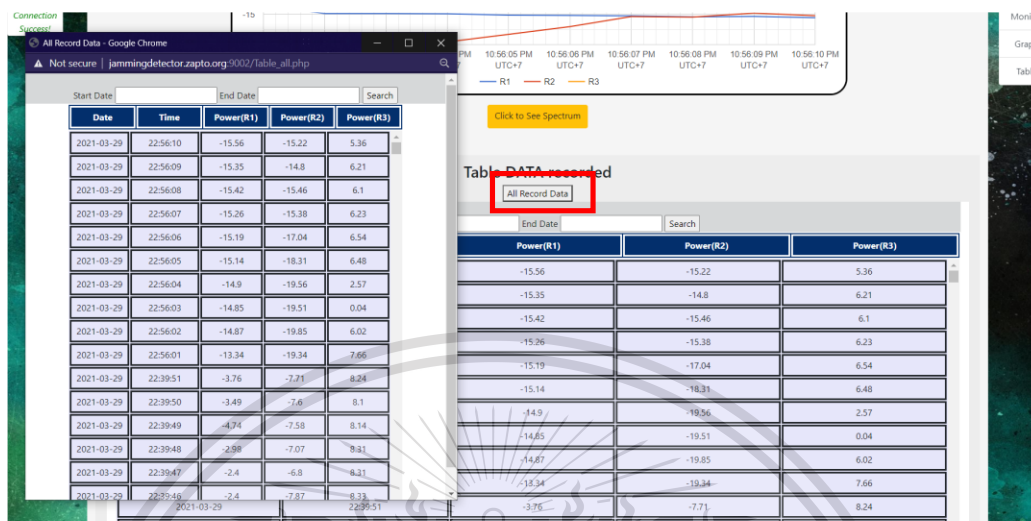
จากรูปที่ 4.44 ปุ่มแสดงไดเรกทอรีของรูปภาพแสดงสเปกตรัมสัญญาณที่รับได้ย้อนหลังจะ
อยู่ภายในกรอบสีแดง เพื่อแสดงรูปภาพสเปกตรัมสัญญาณที่รับได้ย้อนหลังทั้งหมด โดยจะแสดงรายชื่อไฟล์
วันเวลาที่แก้ไขไฟล์ครั้งล่าสุด ขนาดของไฟล์ และคำอธิบายรูปภาพ โดยปุ่มแสดงสารบบของตารางข้อมูล

ย้อนหลังจะแสดงดังรูปที่ 4.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.45 ปุ่มแสดงไดเรกทอรีของตารางข้อมูลย้อนหลัง

จากรูปที่ 4.45 ปุ่มแสดงไดเรกทอรีของตารางข้อมูลย้อนหลังจะอยู่ในกรอบสีแดง เพื่อแสดงตารางของข้อมูลย้อนหลังทั้งหมด โดยจะแสดงข้อมูลตารางคล้ายกับตารางข้อมูลภายในหน้าแผงควบคุม เพียงแต่ภายในหน้าตาต่างนี้จะแสดงข้อมูลทั้งหมดโดยไม่ตัดบางแถวออกเหมือนเช่นในหน้าแผงควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 อุปกรณ์ตรวจจับทิศทางของสัญญาณรบกวนด้วย Raspberry Pi

ในการออกแบบระบบตรวจจับสัญญาณรบกวน Raspberry Pi สามารถรับค่าความถี่ที่ต้องการได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณ (RTL2832U) ที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โดยจะใช้ย่านความถี่ 1575.42 เมกะเฮิร์ตซ์ ในระบบ GNSS ซึ่งสามารถดึงค่าข้อมูลกำลังสัญญาณตามทีออกแบบไว้มาวิเคราะห์ว่ามีการรบกวนของสัญญาณหรือไม่ ซึ่งค่าที่กำหนดการถูกรบกวนของสัญญาณจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณคือ ค่ากำลังสัญญาณที่ได้รับน้อยกว่า -22 dBm ตัดสินใจว่าไม่มีการรบกวนของสัญญาณจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ และค่ากำลังสัญญาณที่ได้รับสูงกว่า -22 dBm จะมีการรบกวนของสัญญาณจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ตลอดจนคำนวณหาตำแหน่งของอุปกรณ์ส่งสัญญาณรบกวน และสามารถดึงค่าข้อมูลสเปกตรัมของสัญญาณมาวิเคราะห์รูปแบบสเปกตรัมขณะที่มีการรบกวนของสัญญาณจากอุปกรณ์รบกวนสัญญาณทั้งแบบชนิด SMA-Battery Jammer และ Non SMA-Battery Jammer ซึ่งพบว่าสเปกตรัมมีรูปแบบเป็น sawtooth wave ในส่วนของการคำนวณหาพิกัดตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ ซึ่งวัดกำลังสัญญาณของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณชนิด SMA-Battery Jammer และ Non SMA-Battery Jammer โดยวิเคราะห์หาตำแหน่งของเครื่องส่งสัญญาณรบกวนออกมาในรูปแบบระนาบสองมิติ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งอยู่ที่ 0.8 เมตร และในส่วนของการถ่ายภาพวัตถุต้องสงสัย โดยกล้องถ่ายภาพที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi สามารถใช้ความละเอียดในการถ่ายอยู่ที่ 500×300 pixel ซึ่งกล้องสามารถถ่ายภาพวัตถุได้ทั่วพื้นที่ที่ทำการติดตั้งระบบ ซึ่งสามารถแยกแยะวัตถุภายในภาพได้ชัดเจน โดยระบบหลังจากตรวจพบตำแหน่งในพื้นที่ที่ติดกล้องจะทำการบันทึกภาพและข้อมูลความถี่แล้วแสดงไปยังหน้าเว็บไซต์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) อุปกรณ์รับสัญญาณแต่ละตัวที่ใช้ในการทดสอบเก็บค่ากำลังสัญญาณมีค่ากำลังสัญญาณที่ผิดพลาดในบางเวลาที่มีการทำการทดสอบเก็บค่ากำลังสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์ Raspberry pi จ่ายไฟเลี้ยงไปยัง SDR ไม่เพียงพอทำให้ค่ากำลังสัญญาณที่ทำการวัดได้มีความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บรรณานุกรม

[1] Robert X. Seger., “rx_tools”

https://github.com/rxseger/rx_tools.

[2] Alejandro Lampropulos., “Jammer Detector”

<https://medium.com/worldsensing-techblog/how-to-build-a-jammer-detector-d4e3dd919faa>

[3] Tony DiCola, “Freq Show: Raspberry Pi RTL-SDR Scanner”

<https://learn.adafruit.com/freq-show-raspberry-pi-rtl-sdr-scanner/installation>

[4] Ronak Bhojani and Rutvij C. Joshi, “An Integrated Approach for Jammer Detection using Software Defined Radio,” *Procedia Computer Science* 79, pp. 809 – 816, 2016.

[5] Arif Sari, Ahmed Alzubi, “Path Loss Algorithms for Data Resilience in Wireless Body Area Networks for Healthcare Framework,” *Security and Resilience in Intelligent Data-Centric Systems and Communication Networks*, 2018

[6] Adrian Rosebrock, “Accessing the Raspberry Pi Camera with OpenCV and Python”

<https://www.pyimagesearch.com/2015/03/30/accessing-the-raspberry-pi-camera-with-opencv-and-python/>

[7] Chottiwatt Jitprasong, “เจาะลึกระบบดาวเทียมนำทางที่ไม่ได้มีแค่ GPS มันทำงานอย่างไร สรุปทุกข้อมูล”

<https://spaceth.co/gnss/>

[8] Ruihui Di, Honglei Qin, and Xiaobai Li, “Research of GPS anti-jamming based on circular antenna array,” *Data Science Journal*, vol.6, pp. 783-788, 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- [9] Daniele Borio, Cillian O'Driscoll and Joaquim Fortuny, "GNSS Jammers: Effects and countermeasures," 2012 6th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies (Navitec 2012) & European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing, pp. 1-7 , 2012.
- [10] Malek Karaim, Haidy Elghamrawy, Mohamed Tamazin and Aboelmagd Nouredin, "Investigation of the effects of White Gaussian Noise jamming on commercial GNSS receivers," 2017 12th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES), pp. 468-472, 2017.
- [11] Maggie Cheng, Yi Ling, Wei Biao Wu, "Time Series Analysis for Jamming Attack Detection in Wireless Networks," GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference, pp. 6-7, 2017.
- [12] Cell Phone Signal Jammer, For Office, 20-50 Meter
<https://www.indiamart.com/proddetail/cell-phone-signal-jammer-21246126762.html>
- [13] USB Flash Disk Mini GPS Signal Jammer/U-Disk GPS Blocker
<https://newerton.en.made-in-china.com/product/ujUNRCxXIWc/China-USB-Flash-Disk-Mini-GPS-Signal-Jammer-U-Disk-GPS-Blocker.html>
- [14] RTL-SDR DONGLES (RTL2832U)
<https://www.rtl-sdr.com/buy-rtl-sdr-dvb-t-dongles/>
- [15] Dell Optiplex 7080 MT i7-10700 8G 1TB AMD2G WIN10PRO
https://www.quickserv.co.th/commercial/search/OptiPlex%207080%20MT.html?gclid=CjwKCAjwu5CDBhB9EiwA0w6sLWYe4kKQ3AraEUaltVEiARGdLYFA3p28c8-2hi5C9QuTd4Wq6225ehoCJEMQAvD_BwE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

[16] BENQ Monitor LED 19.5 DL2020 and DVI (Black)

https://shopee.co.th/BENQ-Monitor-LED-19-5--DL2020%2BDVI--Black--i.800472.60779802?gclid=CjwKCAjwu5CDBhB9EiwA0w6sLbHE18rdz9SzlABtBmyZXrBWKGMk1oiAd_F6JULZ00X7p_8Re65_hoCQAKQAvD_BwE

[17] PHP Connect to MySQL

https://www.w3schools.com/php/php_mysql_connect.asp

[18] The MySQL Command-Line Client

<https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/mysql.html>

[19] Animate.css Library

<https://animate.style/>

[20] Multi line Google Line Chart, using data from mySQL db

<https://stackoverflow.com/questions/43324462/multi-line-google-line-chart-using-data-from-mysql-db>

[21] Justin Ellingwood. “How To Create a Self-Signed SSL Certificate for Apache in Ubuntu 16.04”

<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-create-a-self-signed-ssl-certificate-for-apache-in-ubuntu-16-04>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

รางวัลที่ได้รับจากงานประกวด มหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ 2563 (Thailand Research Expo 2020)

เกียรติบัตร และรางวัลระดับเหรียญเงิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม

เพื่อการศึกษาค้นคว้า

ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หรือทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เขียนงานวิจัยส่งในงาน ECTI-CON 2021

IEEE 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2021), Chiang Mai, Thailand, 19-22 May 2021

Real-Time Jamming Detection and Position Estimation via Software-Defined Radio (SDR)

1st Kasamawat Thanakan
School of engineering
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Thailand, Bangkok 10520
email : 60010037@kmitl.ac.th

2nd Kitisak Sapphaniran
School of engineering
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Thailand, Bangkok 10520
email : 60010087@kmitl.ac.th

3rd Trin Palasam
School of engineering
King mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Thailand, Bangkok 10520
email : 60010355@kmitl.ac.th

4th Pornchai Supnathi
School of engineering
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Thailand, Bangkok 10520
email : porchai.su@kmitl.ac.th

5th Waid Phakphisut
School of engineering
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Thailand, Bangkok 10520
email : waid.ph@kmitl.ac.th

6th Chotipong Sakorn
School of engineering
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Thailand, Bangkok 10520
email : 62601097@kmitl.ac.th

Abstract— Global Navigation Satellite System (GNSS) is widely used in position navigation and time such as exploration, military, aviation, navigation, and time identification. However, the GNSS signals are unavailable from the jammers which aim to disrupt or mislead the positioning. Current jamming detection methods, do not estimate the distance from jammers has store spectrum images for later retrieved. Therefore, in this paper, the real-time jamming detection is proposed by using the signal powers from Signal Defined Radio (SDR). The proposed jamming detection not only detect jamming occurrence, but also estimate the position of jammer via Friis equation.

Keywords—GNSS, Jamming detection, Friis equation, SDR.

I. INTRODUCTION

Global Navigation Satellite System (GNSS) jammers are the small portable devices which transmit the interference signals to the GNSS receivers with the goal of misleading or disrupting positioning. Most often, the Position, Navigation and Time attendance (PNT) service are affected from jammers. As a well-known example, the jammer from a truck driver disrupted the GNSS reference station of Newark Liberty International airport, USA [1-3]. At present, GNSS jammers pose a major threat to GNSS users. Hence, jamming detections are mitigations need to be solved.

We can detect the jamming using the GNSS parameters such as signal-to-noise ratio (SNR) and power spectrum density (PSD), which are fluctuated significantly by jammers [4-5]. The jamming occurrence is considered by the comparison of abnormal parameter values with thresholds, which can be obtained by the probability of those parameters without jamming.

As jammers are illegal worldwide, the position estimation of jammers is important for legal proceeding. For this reason, the estimated jammer position is proposed in [6], however, it can only be used in some jammer devices.

In this work, we study the impacts of two types of jammers, commercially available, in example, USB GPS signal jammer and portable mobile signal jammer. Moreover, the jamming detection and estimated jammer position based on the use of SNR and PSD are presented. Both parameters can be estimated and collected by the Software-Defined Radios (SDR) on a Raspberry Pi board as shown in Fig. 1.

There set of SDR systems are used together for data processing.

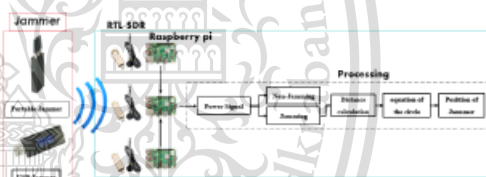


Fig. 1. Overview of the jamming detection system

In the figure, after collecting GNSS parameters, the thresholds from the mean of SNR without jamming are estimated for jamming decision purpose. When jamming occurrence is detected by the system, the distances between the potential jammer and each SDR are calculated by the Friis equation. The spectrum images are also stored in the database.

The rest of paper is organized as follow. The signal model and impacts of jammer are Shown in Section II. Then the theory, experimental setup and results are presented in Section III and Section IV, respectively. Finally, we conclude this work in Section V.

II. SIGNAL MODEL AND IMPACT OF JAMMERS

A. Model of received signals

The received signal $y(t)$ at the SDR receiver can be expressed as [1]

$$y(t) = \alpha(S_{\text{sat}}(t) + \eta(t)), \quad (1)$$

where $S_{\text{sat}}(t)$ is the GNSS signals, α is gain of the SDR receiver and $\eta(t)$ is the additive white gaussian noise.

The received GNSS signals are converted to digital form at sampling time (T_s). Then the signal model can be rewritten as

$$y[n] = \alpha(S_{\text{sat}}[n] + \eta[n]). \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

B. Impact of jamming

In this work, the SNR and PSD are considered for jamming detection. The effects of jammer in those parameters are shown in Fig.2 and Fig.3

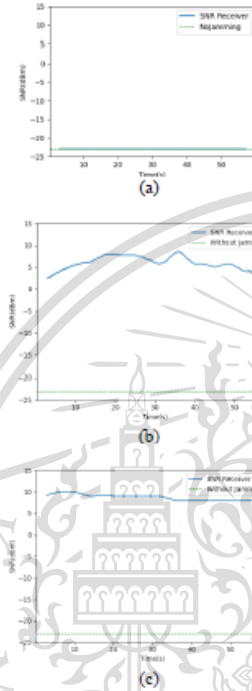


Fig. 2. (a) The SNR without jamming (b) The SNR with jamming from USB GPS signal jammer and (c) Portable mobile signal jammer respectively.

Figure 2 shows the SNR when on jamming and non-jamming. The blue line is the SNR that can be received with a moving average. The green line is the non-jamming threshold level its SNR level is -23 dBm. In Figure 2 (a) the SNR line received without jamming is at the same level as the green line. In Figures 2 (b) and (c) when the distance between the receiver and the jammer is the same, the received SNR value will greatly raise from the non-jamming SNR by compares with the green line.

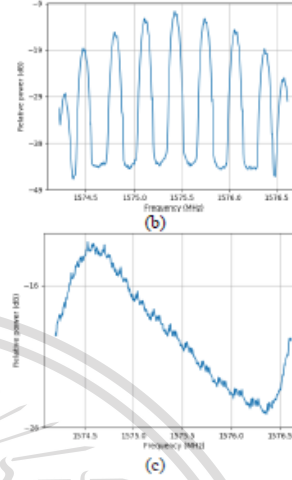
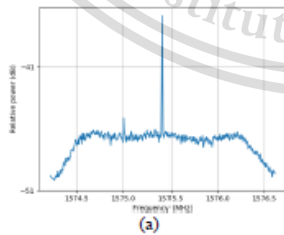


Fig. 3. (a) The PSD without jamming, (b) The PSD with jamming from USB GPS signal jammer and (c) Portable mobile signal jammer respectively.

Figure 3 show the PSD values of the received signals without and with jamming, respectively. In the non-jamming case, the PSD has only one peak at 1575.42 MHz in Fig.3(a), whereas the signal spectra with jamming from USB GPS signal jammer have peaks at several frequencies in Fig.3(b) and the signal spectra with jamming from Portable mobile signal jammer have a frequency interference range in the form of a sine wave in Fig.3(c).

III. JAMMING DETECTION

A. Jamming decision

Jamming detection in base on a binary hypothesis testing of the hypothesis

$$\begin{aligned} H_0 &: \text{non-jamming} \\ \text{and} \\ H_1 &: \text{jamming} \end{aligned} \quad (3)$$

where H_0 and H_1 are the null and alternative hypotheses.

Let SNR_r and μ_{SNR_r} be the received signal-to-noise ratio by SDR and mean of SNR without jamming, respectively. To detection the jamming, the thresholds (T_h) are obtained by

$$T_h = \mu_{SNR_r} + \sqrt{2}\delta_{SNR_r}, \quad (4)$$

where δ_{SNR_r} is the standard deviation of the normal received SNR [7].

Then the jamming decision (d) is established by

$$d = \begin{cases} H_0 & : SNR_r \leq T_h \\ H_1 & : SNR_r > T_h \end{cases} \quad (5)$$

B. Friis equation

The Friis Equation is used to determine the distance between jammer and SDR receiver. Let P_r be the received power signal, then the Friis equation with jamming signal is obtained by

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

$$P_r = P_t^{jam} + G_t^{jam} + G_r + 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right), \quad (6)$$

where P_t^{jam} is the power signal of the jammer, G_t^{jam} is the jammer gain, G_r is the gain of the GNSS receiver, λ is the wavelength (in meters) and d is the distance between jammer and the GNSS receiver(meters).

IV. EXPERIMENTAL SETUP AND RESULTS

In this research, SNR and PSD values with and without jammers are collected by the developed SDR receivers. The properties of those devices are shown in Tables I to III

TABLE I. PROPERTIES OF PORTABLE SIGNAL MOBILE JAMMERS

Parameters	Values
Output Power	24dBm
Frequency ranges	CDMA/ GSM, DCS/PHS/3G/GPS
Power supply	AC adapter (AC 110-240V DC5V)



Fig. 4. An image of the portable signal mobile jammers (Celestialmog)

TABLE II. PROPERTIES OF USB GPS SIGNAL JAMMERS

Parameter	Values
Output Power	23dBm
Output port	GPS/Beidou
Power supply	DC 5V 0.5A

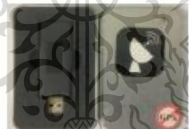


Fig. 5. An image of the USB GPS signal jammers (GW-JU2)

TABLE III. RTL-SDR DONGLES (RTL2832U) DEVICE CHARACTERISTICS

Parameter	Values
Frequency Range	100KHz to 1700MHz
Input Impedance	50 Ohms
Power supply	4.5V USB



Fig. 6. RTL-SDR DONGLES (RTL2832U)

To detect jamming and estimated the jammer location, the SNR and PSD of GNSS signals without and with jamming

are stored with the SDR receivers. The storage is divided into two formats according to the jammer types. First, the SNR and PSD with the portable signal mobile jammers are collected. In the experiment, we set the receiver gain to 50 dB with a bandwidth value of 1 MHz and the distance between the portable jammer and the SDR receivers as 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 meters. After word, the USB GPS signal jammers are enabled to store SNR values and spectrum when the distance between receiver and jammers are 3, 6, 9, 12, 15 and 18 meters.

Tables IV and V show the means of the SNR without and with USB GPS jammers, portable signal mobile jammers, respectively.

TABLE IV. AVERAGE SNR VALUES WHEN JAMMED AND NON-JAMMED FROM THE USB GPS SIGNAL JAMMERS

Distance (meter)	SNR (dBm)
without jammer	-23
3	6.25
6	-0.33
9	-0.78
12	-4.22
15	-9.58
18	-12.77

TABLE V. AVERAGE SNR VALUES WHEN JAMMED AND NON-JAMMED FROM PORTABLE SIGNAL MOBILE JAMMERS

Distance (meter)	SNR (dBm)
without jammer	-23
5	8.67
10	1.67
15	-1.47
20	-10.69
25	-11.58
30	-13.07
35	-13.61
40	-15.79
45	-20.34
50	-21.20

Then the jamming detection threshold is established by the mean of SNR in each of the distance in Tables IV to V. To detect a jamming, the algorithm of the jamming detection system is shown in Fig.7.

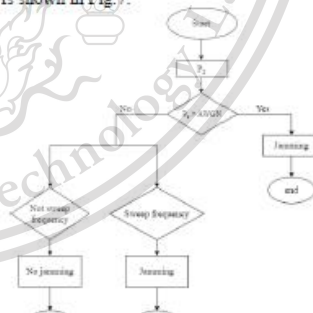


Fig. 7. Block Diagram of jamming detection algorithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Figure 7 shows the jamming detection program, which is initiated by receiving the SNR from the SDR. Then the jamming decision is made based on the threshold. In addition, we recheck the initial decision together with the bandwidth of received signal. If the bandwidth is not swept, the system decides that the jammer is not activated. The errors of jamming detection are shown in Tables VI and VII, respectively.

TABLE VI. ERRORS WHEN JAMMED FROM THE USB GPS SIGNAL JAMMER AT DIFFERENT DISTANCES

Distance (meter)	Error (%)
3	6.72
6	9.41
9	14.13
12	19.30
15	30.69
18	51.55

TABLE VII. ERRORS WHEN JAMMED FROM THE PORTABLE GPS SIGNAL JAMMER AT DIFFERENT DISTANCES

Distance (meter)	Error (%)
5	4.25
10	6.13
15	10.92
20	12.87
25	18.44
30	29.12
35	45.19
40	50.41
45	59.98
50	62.43

From the Table VI and VII, the maximum error is about 51.55% at the 18 meters whereas the minimum error is about 6.72% at the 3 meters with USB jammer. Moreover, the minimum and maximum errors with portable jammer are about 4.25% and 62.43%, respectively.

After finished detection, The jammer location is estimated from the distance between the jammers and the three SDR receivers. The distances are estimated from the simple Friis equation. If jamming is detected, the circles with a radius equal to the calculated distance system are established as shown in Figure 8.



Fig. 8. The estimation of the jammer location.

From Fig. 8, the red, blue, and yellow circles represent the estimated distances between the jammers and the receiver 1, 2 and 3, respectively. Then, the jammer location is determined by the intersection point of the three circles.

To test the jammer positioning performance, the jammers are also moved to different location in Fig. 8.

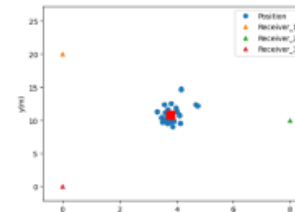


Fig. 9. Estimated of the jammer location in 2D plot

In Fig.9, the blue point is the position of the analyzed jammers. The red square is the real position of the jammer. In an analysis, we found that the errors of the jammer position are about 1 to 2 meters.

V. CONCLUSION

In this work, the jamming detection and estimated jammer positions are proposed. The maximum error of jamming detection is about 51.55% at 18 meters distance with USB GPS jammer whereas the minimum error is equal to 6.72% in the case of the USB GPS jammer at 5 meters distance and the maximum error of jamming detection is about 62.43% at 50 meters distance with portable jammer whereas the minimum error is equal to 4.25% in the case of the portable jammer at 5 meters distance. In addition, the maximum error reduction depends on the transmitting power of the interfering device that the transmit power is constant at different distances.

REFERENCES

- [1] R. Bhojani and R. Joshi, "An Integrated Approach for Jammer Detection using Software Defined Radio" *Procedia Computer Science* 79, pp. 809 – 816, 2016.
- [2] R. Di, H. Qin, and X. Li, "Research of GPS anti-jamming based on circular antenna array" *Data Science Journal*, vol.6, pp. 783-788, 2007
- [3] D. Borio, C. O'Driscoll and J. Fortuny, "GNSS Jammers: Effects and countermeasures," 2012 6th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies (Navitec 2012) & European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing, pp. 1-7, 2012.
- [4] D. Borio and C. Gioia, "Real-time jamming detection using the sum-of-squares paradigm," 2015 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS), pp. 1-6, 2015.
- [5] M. Karim, H. Elghamrawy, M. Tamazin and A. Noureldin, "Investigation of the effects of White Gaussian Noise jamming on commercial GNSS receivers," 2017 12th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES), pp. 468-472, 2017.
- [6] E. Cetin, C. Sun, H. Zhao, J.W. Cheong, A.G. Dempster, L. Demicheli and W. Feng, "Moving Variance-Based Signal Quality Monitoring Method for Spoofing Detection", *GPS Solutions* (2018), 2018.
- [7] Maggie Cheng, Yi Ling, Wei Biao Wu, "Time Series Analysis for Jamming Attack/Detection in Wireless Networks", *GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference*, pp. 6-7, 2017.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โปรแกรม python สำหรับรับค่ากำลังสัญญาณ

```
import os
from datetime import datetime
path = "/home/pi/Desktop/L1_TEST"
os.chdir(path)
filename_YMD = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d_S_1.txt')
os.system('rtl_power -f 1575.42M:1576.42M:1M -i 1s -g 50 -e 60s '+str(filename_YMD))
```

โปรแกรม python สำหรับการวัดสเปกตรัม

```
#PSD.py
from pylab import *
from rtlsdr import *
import numpy as np
from datetime import datetime
name_graph = datetime.now().strftime('Jamming_%d-%m-%Y_%H:%M:%S.png')
name_Text = datetime.now().strftime('RawData_%d-%m-%Y_%H:%M:%S.txt')
sdr = RtlSdr()
sdr.sample_rate = 2.4e6
sdr.center_freq = 1575.42e6
sdr.gain = 50
samples = sdr.read_samples(256*1024)

sdr.close()
power = psd(samples, NFFT=512, Fs=sdr.sample_rate/1e6, Fc=sdr.center_freq/1e6)
xlabel('Frequency (MHz)')
ylabel('Relative power (dB)')
savefig('/home/pi/Desktop/Data_Spectrum/Spectrum/'+name_graph)

median = np.median(power)
power_db = 10*np.log10(power)
max_power_db = np.max(power_db)
median_db = 10*np.log10(median)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

snr = max_power_db - median_db

print("Power_Peak_dB 3: ",max_power_db)
print("Noise_rms_dB 1: ",median_db)
print("SNR 1: ",snr)

```

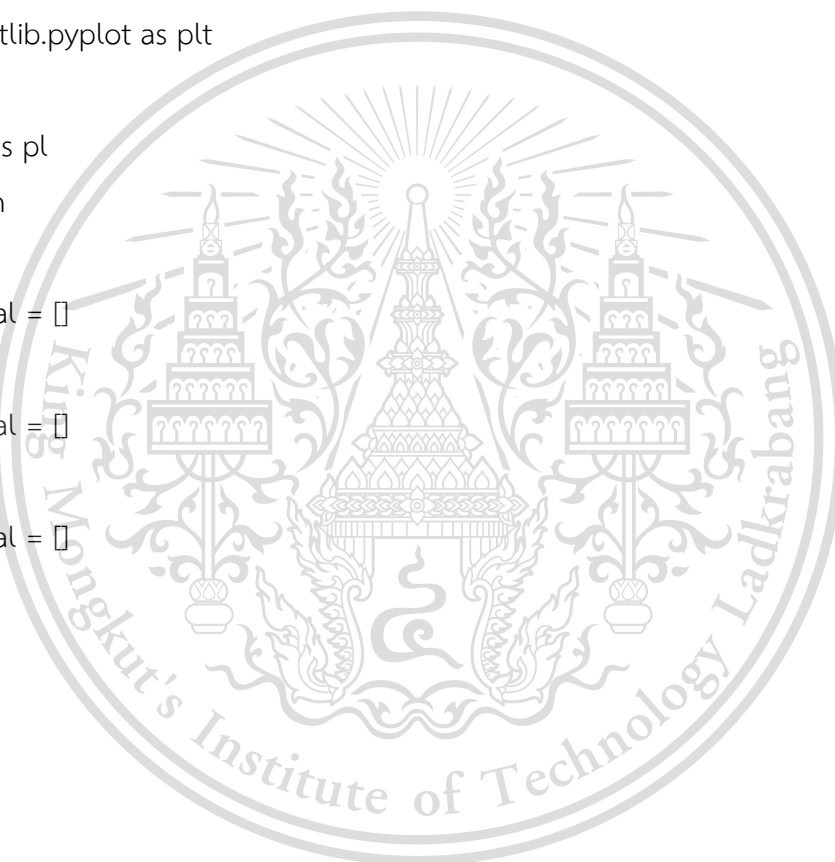
โปรแกรม python สำหรับคำนวณตำแหน่งของอุปกรณ์รบกวนสัญญาณ

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import csv
import pylab as pl
import random

power_Ss = []
power_Ss_1_cal = []
power_Ss2 = []
power_Ss_2_cal = []
power_Ss3 = []
power_Ss_3_cal = []
Times3 = []
Times2 = []
Times = []
Distance = []
Distance2 = []
Distance3 = []
x_list_1 = []
x_list_2 = []
x_list_3 = []
y_list_1 = []
y_minus_list_1 = []
y_list_2 = []
y_minus_list_2 = []
y_list_3 = []

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y_list_3 = []

```

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

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

```

y_minus_list_3 = []
count = 0
#Calculate Distance of Powersignal
def calculate_1(power):
    if 2 < float(power) <= 15: # 3m
        dis = (3 * (0.74 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 1:", dis)
        Distance.append(float(dis))
    elif -4 < float(power) <= 2: # 6m
        dis = (6 * (-7.61 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 1:", dis)
        Distance.append(float(dis))
    elif -6 < float(power) <= -4: # 9m
        dis = (9 * (-11.74 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 1:", dis)
        Distance.append(float(dis))
    elif -8 < float(power) <= -6: # 12m
        dis = (12 * (-13.85 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 1:", dis)
        Distance.append(float(dis))
    elif -13 < float(power) <= -8: # 15m
        dis = (15 * (-19.84 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 1:", dis)
        Distance.append(float(dis))
    elif -20 < float(power) <= -13: # 18m
        dis = (18 * (-21.34 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 1:", dis)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

Distance.append(float(dis))
else: # > 14m not detect
    print("out of range Detect Signal")
def calculate_2(power):
    if -2.26 < float(power) < 10: # 3m
        dis = (3 * (0.74 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 2:", dis)
        Distance2.append(float(dis))
    elif -8 < float(power) < -2.26: # 6m
        dis = (6 * (-7.61 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 2:", dis)
        Distance2.append(float(dis))
    elif -10.5 < float(power) < -8: # 9m
        dis = (9 * (-11.74 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 2:", dis)
        Distance2.append(float(dis))
    elif -14.13 < float(power) < -10.5: # 12m
        dis = (12 * (-13.85 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 2:", dis)
        Distance2.append(float(dis))
    elif -16.02 < float(power) < -14.13: # 15m
        dis = (15 * (-19.84 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 2:", dis)
        Distance2.append(float(dis))
    elif -20 < float(power) < -16.02: # 18m
        dis = (18 * (-21.34 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 2:", dis)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

Distance2.append(float(dis))
else: # > 14m not detect
    print("out of range Detect Signal")
def calculate_3(power):
    if -2 < float(power) < 15: # 3m
        dis = (3 * (0.74 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 3:", dis)
        Distance3.append(float(dis))
    elif -4.9 < float(power) < -2: # 6m
        dis = (6 * (-7.61 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 3:", dis)
        Distance3.append(float(dis))
    elif -10.61 < float(power) < -4.9: # 9m
        dis = (9 * (-11.74 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 3:", dis)
        Distance3.append(float(dis))
    elif -13.23 < float(power) < -10.61: # 12m
        dis = (12 * (-13.85 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 3:", dis)
        Distance3.append(float(dis))
    elif -17.32 < float(power) < -13.23: # 15m
        dis = (15 * (-19.84 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 3:", dis)
        Distance3.append(float(dis))
    elif -20 < float(power) < -17.32: # 18m
        dis = (18 * (-21.34 + 23)) / (float(power) + 23)
        dis = '%.2f' % dis
        print("Distance 3:", dis)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

Distance3.append(float(dis))
else: # > 14m not detect
    print("out of range Detect Signal")
#Read txt file from Receiver1
def openfile_1(file):
    for row in file:
        power_S = row[7]
        power_S_22 = row[6]
        power_Ss.append(float(power_S)+23)
        power_Ss_1_cal.append(float(power_S_22)+23)
        #date = row[0]
        Time = row[1]
        #Times.append(date)
        Times.append(Time)
        calculate_1(power_S)
#Read txt file from Receiver1
def openfile_2(file):
    for row in read_csv:
        power_S = row[7]
        power_S_22 = row[6]
        power_Ss.append(float(power_S)+23)
        power_Ss_2_cal.append(float(power_S_22)+23)
        #date = row[0]
        Time = row[1]
        #Times.append(date)
        Times2.append(Time)
        calculate_2(power_S)
#Read txt file from Receiver1
def openfile_3(file):
    for row in read_csv:
        power_S = row[7]
        power_S_22 = row[6]
        power_Ss.append(float(power_S)+23)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

power_Ss_3_cal.append(float(power_S_22)+23)
#date = row[0]
Time = row[1]
#Times.append(date)
Times3.append(Time)
calculate_3(power_S)

```

```

with open('110321/Data_Specturm/PowerSignal/L1_TEST/02-04-2021_03%3A09_S_1.txt') as
csv_file:

```

```

    read_csv = csv.reader(csv_file,delimiter=',')
    openfile_1(read_csv)

```

```

with open('110321/Data_Specturm/PowerSignal/L2_TEST/02-04-2021_03%3A09_S_3.txt') as
csv_file:

```

```

    read_csv = csv.reader(csv_file,delimiter=',')
    openfile_2(read_csv)

```

```

with open('Data_Specturm/PowerSignal/L3_TEST/13-02-2021_22%3A28_S_3.txt') as csv_file:

```

```

    read_csv = csv.reader(csv_file,delimiter=',')
    openfile_3(read_csv)

```

```

mean_distance = np.average(Distance)
max_distance = np.max(Distance)
min_distance = np.min(Distance)
mean_max_min = (max_distance + min_distance)/2
deffren = np.abs(mean_distance-mean_max_min)

```

```

Time_first = Times[0]
Time_last = Times[len(Times)-1]

```

```

# calculate circle points position

```

```

def Calculate_circle_1(R1,R2):

```

```

    for R1,R2 in zip(Distance,Distance2):

```

```

        x = ((R1**2 - R2**2)/ 30) # (x-h1)^2 + (y-k1)^2 = R1^2 , (x-h2)^2 + (y-k2)^2 = R2^2 , (x-
h3)^2 + (y-k3)^2 = R3^2

```

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

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

```

x_list_1.append(x)
y = np.sqrt(R1 ** 2 - x ** 2)
y_list_1.append(y)
y_minus_list_1.append(-y)
print("X 1:",x)
print("Y 1:",y)

```

```
def Calculate_circle_2(R1,R3):
```

```

for R1,R3 in zip(Distance,Distance3):
    x = ((R1**2 - R3**2 + 25)/ 10)
    x_list_2.append(x)
    y = np.sqrt(R1 ** 2 - x ** 2)
    y_list_2.append(y)
    y_minus_list_2.append(-y)
    print("X 2:",x)
    print("Y 2:",y)

```

```
def Calculate_circle_3(R2,R3):
```

```

for R2,R3 in zip(Distance2,Distance3):
    x = ((R2**2 - R3**2 + 25)/ 10)
    x_list_3.append(x)
    y = np.sqrt(R2 ** 2 - x ** 2)
    y_list_3.append(y)
    y_minus_list_3.append(-y)
    print("X 3:",x)
    print("Y 3:",y)

```

```
Calculate_circle_1(Distance,Distance2)
```

```
Calculate_circle_2(Distance,Distance3)
```

```
Calculate_circle_3(Distance2,Distance3)
```

```
h_list = []
```

```
k_list = []
```

```
h_list_clean = []
```

```
k_list_clean = []
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

def find_threepoint_calculate(x1,y1,x2,y2,x3,y3):
    for x1,y1,x2,y2,x3,y3 in zip(x_list_1,y_list_1,x_list_2,y_list_2,x_list_3,y_list_3):
        x12 = x1-x2
        x13 = x1-x3

        y12 = y1-y2
        y13 = y1-y3

        x31 = x3-x1
        x21 = x2-x1

        y31 = y3-y1
        y21 = y2-y1

        #x1^2 - x3^2
        sx13 = x1**2 - x3**2
        #y1^2 - y3^2
        sy13 = y1**2 - y3**2

        sx21 = x2**2 - x1**2
        sy21 = y2**2 - y1**2
        f = (((sx13) * (x12) + (sy13) * (x12) + (sx21) * (x13) + (sy21) * (x13)) / (2 * ((y31) * (x12) -
(y21) * (x13))))
        g = (((sx13) * (y12) + (sy13) * (y12) + (sx21) * (y13) + (sy21) * (y13)) / (2 * ((x31) * (y12) -
(x21) * (y13))))
        c = ((-x1**2 - y1**2) - (2 * g * x1) - (2 * f * y1))
        h = -g
        k = -f
        sqr_of_r = h**2 + k**2 - c
        r = round(sqr_of_r,2)
        h_list.append(h)
        k_list.append(k)
        print("Center = (",h,",",k,")")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```
print("Radius = ",r)
```

```
find_threepoint_calculate(x_list_1,y_list_1,x_list_2,y_list_2,x_list_3,y_list_3)
```

```
print("x1: ",x_list_1)
```

```
print("x2: ",x_list_2)
```

```
print("x3: ",x_list_3)
```

```
print("y1: ",y_list_1)
```

```
print("y2: ",y_list_2)
```

```
print("y3: ",y_list_3)
```

```
arry_h = np.array(h_list)
```

```
arry_k = np.array(k_list)
```

```
result_h = arry_h[np.logical_not(np.isnan(arry_h))]
```

```
result_k = arry_k[np.logical_not(np.isnan(arry_k))]
```

```
print(result_h)
```

```
print(result_k)
```

```
median_h = np.median(result_h)
```

```
median_k = np.median(result_k)
```

```
print("Medain h: ",median_h)
```

```
print("Medain k: ",median_k)
```

```
for x_1 in result_h:
```

```
    if -median_h <= x_1 <= median_h:
```

```
        h_list_clean.append(x_1)
```

```
for x_2 in result_k:
```

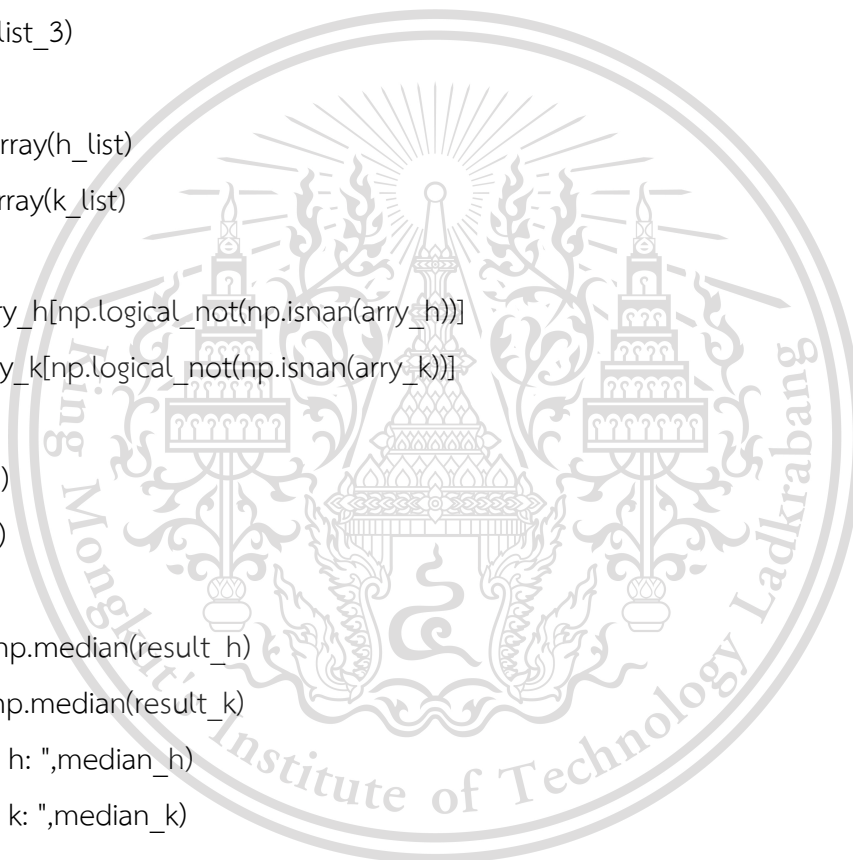
```
    if -median_h <= x_2 <= median_k:
```

```
        k_list_clean.append(x_2)
```

```
for x in range(abs(len(k_list_clean)-len(h_list_clean))):
```

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if len(k_list_clean) > len(h_list_clean):
    k_list_clean.pop(random.randrange(len(k_list_clean)))
elif len(h_list_clean) > len(k_list_clean):
    h_list_clean.pop(random.randrange(len(h_list_clean)))
### plot arrow ####

arrow_x = np.array(x_list_1)
arrow_y = np.array(y_list_1)
arrow_y2 = np.array(y_minus_list_1)

u = np.diff(arrow_x)
v = np.diff(arrow_y)
v2 = np.diff(arrow_y2)
pos_x = arrow_x[:-1]+u/2
pos_y = arrow_y[:-1]+v/2
pos_y2 = arrow_y2[:-1]+v2/2
norm = np.sqrt(u**2 + v**2)
norm2 = np.sqrt(u**2 + v2**2)

fig, ax = pl.subplots()
plt.figure(1)

ax.plot(-7.5,0,'^',label="Receiver_1")
ax.plot(7.5,0,'^',label="Receiver_2")
ax.plot(0,8,'^',label="Receiver_3")
plt.xlabel("x(m)")
plt.ylabel("y(m)")
plt.legend(loc='upper right')
plt.title('Position of USB jammer')
plt.show()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โปรแกรม python สำหรับแคปภาพวัตถุต้องสงสัย

```

import cv2
import numpy as np

#variables
#distance from camera to object(face) measured
know_distance = 200
#width of face in the real world of object plane
know_widht = 25

GREEN = (0,255,0)
RED = (0,0,255)
WHITE = (255,255,255)
fonts = cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX
cap = cv2.VideoCapture(1)
#face detector object
face_detector = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_fullbody.xml')

# hog = cv2.HOGDescriptor() # add
# hog_class = hog.setSVMDetector(cv2.HOGDescriptor_getDefaultPeopleDetector()) # add

#focal Length finder funktion
def FocalLength(mesured_distance, real_width, width_in_rf_image):
    focal_length = (width_in_rf_image * measured_distance)/real_width
    return focal_length

# distance estimation function
def Distance_finder(Focal_Length, real_face_width, face_width_in_frame):
    distance = (real_face_width * Focal_Length)/face_widht_in_frame
    return distance

def face_data(image):
    face_widht = 0
    gray_image = cv2.cvtColor(image,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = face_detector.detectMultiScale(gray_image,1.2,3) #face_detector

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

for (x,y,h,w) in faces:
    cv2.rectangle(image,(x,y),(x+w,y+h),GREEN,3)
    face_widht = w

return face_widht

# reading reference image from directory
ref_image = cv2.imread("opencv_frame_0.png")
ref_image_face_width = face_data(ref_image)
Focal_length_found = FocalLength(know_distance, know_widht, ref_image_face_width)
print(Focal_length_found)
cv2.imshow("image",ref_image)

while True:
    _,frame = cap.read()
    frame = cv2.resize(frame,(600,400))
    # calling face_data function
    face_widht_in_frame = face_data(frame)

    # finding the distance by calling function Distance finder
    if face_widht_in_frame != 0:
        Distace = Distance_finder(Focal_length_found, know_widht,face_widht_in_frame)
        #Drawing Text on the screen
        cv2.putText(frame,f"Distance = {Distace} cm",(50,40),fonts,0.5,(GREEN),2)
        cv2.imshow("Test",frame)
        if cv2.waitKey(1) == ord("q"):
            break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โปรแกรม python สำหรับสั่งใช้งานของระบบ

```
# RunJamming.py
import os
from datetime import datetime
filename_YMD = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d_S_1.txt')
filename_YMD2 = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d_S_2.txt')
os.system("sudo python /home/pi/Desktop/CODE_TEST/Test_file_S1.py & ssh
pi@192.168.43.190 sudo python Desktop/CODE_TEST_S2/Test_file_S2.py")
os.system("sudo sshpass -p '123456' scp
pi@192.168.43.190:/home/pi/Desktop/L1_TEST/"+str(filename_YMD2)+"
/home/pi/Desktop/L1_TEST")
os.system("sudo python /home/pi/Desktop/CODE_TEST/PSD.py")
os.system("sudo python /home/pi/Desktop/CODE_TEST/powersignal.py & sudo python
/home/pi/Desktop/CODE_TEST/Plot_circle.py")
old_name = "/home/pi/Desktop/L1_TEST/"+str(filename_YMD)
old_name2 = "/home/pi/Desktop/L1_TEST/"+str(filename_YMD2)
x = int(input("Rename File :"))
filename = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d_S1_'+str(x)+'.txt')
filename2 = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d_S2_'+str(x)+'.txt')
new_name = "/home/pi/Desktop/Data_Spectrum/RawFile/"+filename
new_name2 = "/home/pi/Desktop/Data_Spectrum/RawFile/"+filename2
os.rename(old_name,new_name)
os.rename(old_name2,new_name2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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