



รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio-Radar เพื่อนำไปใช้งานค้นหา
ผู้รอดชีวิต ในกรณีเกิดภัยพิบัติตึกถล่ม ด้านความมั่นคงการทหาร และต่อต้านการค้ามนุษย์
Bio Radar Person Location Rescue and anti-Human trafficking

รองศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio-Radar เพื่อนำไปใช้งานค้นหาผู้รอดชีวิต ในกรณีเกิดภัยพิบัติตึกถล่ม ด้านความมั่นคงการทหาร และต่อต้านการค้ามนุษย์
Bio Radar Person Location Rescue and anti-Human trafficking

รองศาสตราจารย์.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ภาควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดโครงการ

ชื่อโครงการ (ไทย) การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio-Radar เพื่อนำไปใช้งานค้นหาผู้รอดชีวิต ในกรณีเกิดภัยพิบัติที่ถล่ม ด้านความมั่นคงการทหาร และต่อต้านการค้ามนุษย์

ชื่อโครงการ (อังกฤษ) Bio Radar Person Location Rescue and anti-Human trafficking
หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

สังกัด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio-Radar เพื่อการนำไปใช้
งานค้นหาผู้รอดชีวิต ในกรณีเกิดภัยพิบัติตึกถล่ม ด้านความมั่นคงการทหาร และต่อต้านการค้ามนุษย์

ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Bio Radar Person Location Rescue and anti-Human trafficking

แหล่งเงินทุน ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณเงิน 2560
จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 1,138,294 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 ถึง 30 กันยายน 2561

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ
หน่วยงานต้นสังกัด ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาระบบเรดาร์สำหรับประยุกต์ใช้ในการตรวจจับสัญญาณชีพของมนุษย์ เพื่อใช้ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย ในการเกิดเหตุแผ่นดินไหวแผ่นดินถล่ม ซึ่งจะใช้หลักการในการส่งคลื่นในย่านความถี่กว้างมาก หรือ ที่เรียกว่า Ultrawideband(UWB) โดยจะกำหนดให้สัญญาณ UWB เป็นสัญญาณแบบ พัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ในทางโดเมนทางเวลาที่แคบ ซึ่งจะทำให้ในโดเมนทางความถี่ มีความกว้างมากตามหลักการของสัญญาณ ในการส่งผ่าน UWB ก็เพื่อต้องการตรวจจับความถี่ใดความถี่หนึ่งที่ส่งไป ซึ่งความถี่ที่ส่งจากเครื่องส่งแบบ UWB จะมีหลายความถี่ออกไป และเมื่อกระทบกับร่างกายของมนุษย์ก็จะมีความถี่หนึ่งหรือหลายความถี่สะท้อนกลับมา และสัญญาณที่สะท้อนกลับมานั้นจะมีสัญญาณชีพปนมาด้วย เช่น สัญญาณคลื่นหัวใจ สัญญาณความถี่ของการหายใจ ซึ่งเราจะใช้เป็นการระบุว่าเป็นบุคคลที่มีชีวิตอยู่ได้ เพื่อทำการช่วยเหลือ โครงการวิจัยนี้ เราได้ทำการออกแบบสายอากาศสำหรับที่จะนำมาใช้ใน ระบบ UWB เพื่อที่จะสามารถส่งผ่านคลื่นทั้งหมดออกไปได้ โดยทั้งสายอากาศรับและส่ง จะมีความกว้างของ ช่วงการใช้งานประมาณ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ โดยสร้างสัญญาณ UWB จากเครื่องกำเนิดพัลส์ ที่ความถี่ 500 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 3 กิกะเฮิร์ตซ์ โดยผ่านชุดขยายเพื่อให้มีกำลังส่งออกในภาคส่งขนาด 2 วัตต์ และทางภาครับเมื่อรับสัญญาณกลับเข้ามาแล้วจะนำสัญญาณมาผ่านภาคขยายที่มีการรบกวนต่ำ LNA แล้วสัญญาณจะเชื่อมต่อผ่านออสซิลโลสโคปความถี่สูง ที่มีการสุ่มสัญญาณสูงสุด 40 กิกะแซมเปิลต่อวินาที แล้วทำการดึงข้อมูลผ่าน GPIB เพื่อนำเอาข้อมูลไปประมวลผลคำนวณหาความถี่ดอปเปลอร์ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยในงานวิจัยนี้ จะทำการทดลองที่ 2 ความถี่ คือ 500 เมกะเฮิร์ตซ์และ 3 กิกะเฮิร์ตซ์ โดยทำการส่งผ่านคลื่นผ่านอิฐมอดูแลงที่ความหนาในระดับต่าง และอิฐมอดูแลงที่ความหนาในระดับต่าง ผลการตรวจสอบที่ความถี่ 500 เมกะเฮิร์ตซ์จะตรวจสอบได้ชัดเจนกว่า 3 กิกะเฮิร์ตซ์และ ที่อิฐมอดูแลง จะมีการส่งผ่านคลื่นทั้งสองความถี่ได้ดีกว่าอิฐมอดูแลง

คำสำคัญ : เรดาร์ทางชีวภาพ , สัญญาณย่านความถี่สูงมาก

Research Title: Bio Radar Person Location Rescue and anti-Human trafficking
Researcher: Assoc.Prof.Dr. Pattarapong Phasukkit
Faculty: Engineering
Department: Electronics Engineering

ABSTRACT

This research project presents the development of radar systems for application in detecting human vital signs. For use in helping the victims In the earthquake, landslides Which uses the principle of transmitting waves in a very wide frequency band called Ultrawideband (UWB). Pulse with a pulse width in the domain via a narrow time Which makes the dome in the frequency way very wide, according to the principle of the signal to transmit UWB, in order to detect which frequency is sent Which the transmission from the UWB transmitter has many frequencies And when impacting the human body, there will be a frequency or frequency reflected back And the signal that reflects back will come with vital signs such as heart wave signals Breathing frequency signal Which we will use to indicate that a person has a life expectancy To help This research project We have designed an antenna that will be used in the UWB system in order to be able to pass all waves. By receiving and transmitting the antenna Will have a width of approximately 1 gigabyte of usage range by creating a UWB signal from a pulse generator at a frequency of 500 MHz and 3 GHz. Out in the 2 watt transmission sector and the receiver, when receiving the signal back and then bringing the signal through the amplifier with low LNA interference, the signal will be connected via a high frequency oscilloscope. With a maximum sampling of 40 gigabytes per second And then retrieving data via GPIB to bring data to the calculation of the frequency of the dropper using MATLAB program Through the waves through the red clay bricks at different levels of thickness And lightweight bricks at different thickness levels The results of the inspection at 500 MHz of HERCH will be more clearly examined than 3 GHz, and the red masonry bricks will be able to transmit both frequencies better than aerated bricks.

Keywords : : Bio-Radar , UWB

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเงินทุนในการพัฒนางานวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จ ลุล่วงด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

รายละเอียดโครงการ.....	I
บทคัดย่อ.....	II
ABSTRACT.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง.....	XIII
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	5
บทที่ 2.....	6
ทฤษฎี.....	6
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	7
2.1.1 โครงสร้างและการทำงานของหัวใจ.....	7
2.1.2 ความสัมพันธ์ของหัวใจกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	11
2.1.3 การเกิดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	12
2.2 หลักการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	13
2.3 การแปลผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	19
2.3.1 ลักษณะของกราฟคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะประกอบด้วย คลื่นย่อย 4 คลื่น ดังนี้.....	20
2.3.2 ช่วงเวลาของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ.....	21
2.3.3 ภาวะหัวใจเต้นผิดปกติ.....	21
3.ทฤษฎีเกี่ยวกับเรดาร์.....	26
เทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่ง(Ultra Wideband Technology).....	27
3.1 ความเป็นมา.....	27
3.2 ประวัติและความเป็นมาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง.....	29
3.3 ข้อกำหนดการทำงานของระบบสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง.....	30
3.4 ข้อกำหนดของระบบแถบกว้างยิ่งในสหรัฐอเมริกา.....	31
3.5 ข้อกำหนดของระบบแถบกว้างยิ่งในยุโรป.....	32
3.6 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง (Ultra wideband technology applications).....	33
3.7 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย	34
3.9 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ไร้สาย (Wireless body area network).....	35
3.10 การประยุกต์ใช้งานการหาตำแหน่ง (UWB localization)	35
4.หลักการทางด้านไปโอเรดาร์	36
4.1 การหายใจ.....	37
4.1.1 อัตราการหายใจ.....	38
4.1.2 ภาวะอัตราการหายใจผิดปกติ.....	39
4.1.3 ความลึกของการหายใจ	39
4.1.4 ความผิดปกติของการหายใจ	40
4.1.5 จังหวะของการหายใจ.....	40
4.1.6 ข้อควรจำในการวัดการหายใจ.....	40
4.2 ครอบเปอร์เรดาร์สัญญาณชีพเทคนิค.....	41
4.3 ชนิดของคลื่น (Type of Wave).....	42
4.3.1 แบบต่อช่วง (Burst).....	43
4.3.2 แบบต่อเนื่อง (Continuous).....	43
บทที่ 3	44
วิธีการวิจัย	44
3.1 สมการของสัญญาณที่ใช้ในการประมวลผล (Raw Data).....	46
3.2 การตัดสัญญาณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Clutter Reduction).....	49
3.3 การใช้ตัวกรองสัญญาณชนิดเรียบ (Smooth Filter).....	51
3.4 การแปลงฟูเรียร์ (Smooth Filter).....	52
บทที่ 4	53
ผลการทดลอง	53
4.1 ผลการทดลองที่ความถี่ UWB ความถี่ 3GHz.....	53
4.2 ผลการทดลองที่ความถี่ UWB ความถี่ 500MHZ	77
บทที่ 5	105
บทสรุป	105
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	106
เอกสารอ้างอิง.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1 แสดงการประยุกต์ใช้ BIORADAR ด้านการช่วยเหลือผู้ประสบภัย	2
รูปที่ 2 แสดงการประยุกต์ใช้ BIORADAR ด้านการต่อต้านการค้ามนุษย์	2
รูปที่ 2.1 แผนผังวงจรการทำงานของหัวใจ	8
รูปที่ 2.2 โครงสร้างและการทำงานของหัวใจ	9
รูปที่ 2.3 รูปวาดแสดงการกระตุ้นของคลื่นไฟฟ้าของหัวใจในการเต้นหนึ่งครั้ง	10
รูปที่ 2.4 อิเล็กโทรคาร์ดิโอแกรมประกอบด้วยคลื่นพี คิว อาร์ เอส และทีในแต่ละวงรอบ	11
รูปที่ 2.5 ระบบการนำสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ	12
รูปที่ 2.6 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบมาตรฐาน (STANDARD LIMB LEAD).....	14
รูปที่ 2.7 สามเหลี่ยมไอธอฟเฟ่น (EINTHOVEN'S TRIANGLE).....	15
รูปที่ 2.8 แบบจำลองแหล่งกำเนิดแรงดันของการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบมาตรฐาน	16
รูปที่ 2.9 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบ UNIPOLAR LIMB LEAD	17
รูปที่ 2.10 แนวแกนของหัวใจเปรียบเทียบกับวิธีการวัดแบบ UNIPOLAR LIMB LEAD	17
รูปที่ 2.11 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบ UNIPOLAR CHEST LEAD.....	18
รูปที่ 2.12 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบ MONITORING LEAD.....	19
รูปที่ 2.13 ลักษณะองค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติ.....	20
รูปที่ 2.14 คลื่นหัวใจ SINUS TACHYCARDIA.....	22
รูปที่ 2.15 คลื่นหัวใจ SINUS BRADY CARDIA.....	22
รูปที่ 2.16 คลื่นหัวใจ ATRIAL FIBRILATION (AF).....	23
รูปที่ 2.17 คลื่นหัวใจ PREMATURE ATRIAL CONTRACTION (PAC).....	23
รูปที่ 2.18 คลื่นหัวใจ PREMATURE VENTRICULAR CONTRACTION (PVC).....	23
รูปที่ 2.19 คลื่นหัวใจ ATRIAL FLUTTE.....	24
รูปที่ 2.20 คลื่นหัวใจ VENTRICULAR TACHYCARDIA (VT).....	24
รูปที่ 2.21 คลื่นหัวใจ FIRST DEGREE AV BLOCK.....	25
รูปที่ 2.22 คลื่นหัวใจ MOBITZ TYPE I.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23 เปรียบเทียบสเปกตรัมระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ	28
รูปที่ 2.24 เปรียบเทียบอัตราข้อมูลต่อบิตและระยะทางระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ	29
รูปที่ 2.25 ข้อกำหนดสเปกตรัมของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งภายในอาคารระหว่าง FCC และ ETSI	32
รูปที่ 2.26 ข้อกำหนดสเปกตรัมของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งภายนอกอาคารระหว่าง FCC และ ETSI	32
รูปที่ 2.27 การเชื่อมต่ออุปกรณ์โครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน.....	34
รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในอาคารโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย	34
รูปที่ 2.29 การเชื่อมต่อโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์.....	35
รูปที่ 2.30 การหาตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง	35
รูปที่ 2.31 การประยุกต์เอาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งไปใช้ในด้านการศึกษา	36
รูปที่ 2.32 แสดงแหล่งกำเนิดคลื่นหัวใจเพื่อใช้ในการตรวจจับ BIORADAR	37
รูปที่ 2.32 รูปแสดงการหายใจของมนุษย์.....	38
รูปที่ 2.33 รูปแสดงภาวะหายใจเร็วชั่วคราวในทารกแรกเกิด	39
รูปที่ 2.34 รูปแสดงปริมาตรของอากาศที่ไหลเวียนผ่านปอดในกระบวนการหายใจ.....	39
รูปที่ 2.35 รูปแสดงการหายใจรูปแบบต่างๆ.....	40
รูปที่ 3.1 การตรวจจับสัญญาณชีพในการทดลองจริง.....	44
รูปที่ 3.2 สัญญาณภาคส่งจากการทดลองของรูปที่ 3.1	45
รูปที่ 3.3 แผนผังวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่ของมนุษย์จากการวัดความถี่ดอปเพลอร์	46
รูปที่ 3.4 สัญญาณภาครับที่เกิดจากการแกว่งแขนของมนุษย์.....	47
รูปที่ 3.5 สัญญาณข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลอง (RAW DATA) ของรูปที่ 3.2.....	49
รูปที่ 3.6 สัญญาณภาครับจากการตัดสัญญาณที่ไม่เคลื่อนที่ออก (CLUTTER REDUCTION)	50
รูปที่ 3.6 การใช้ตัวกรองสัญญาณชนิดเรียบ (SMOOTH FILTER)	51
รูปที่ 3.7 การแปลงฟูเรียร์แต่ละแถวของตารางเพื่อหาความถี่ดอปเพลอร์	52
รูปที่ 4.1 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 1 ก้อน	53
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION)	55
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)	56
รูปที่ 4.8 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	57
รูปที่ 4.10 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	58
รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	58
รูปที่ 4.12 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	59
รูปที่ 4.13 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 3 ก้อน.....	59
รูปที่ 4.14 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	60
รูปที่ 4.15 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	60
รูปที่ 4.16 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	61
รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	61
รูปที่ 4.18 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	62
รูปที่ 4.19 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 4 ก้อน.....	62
รูปที่ 4.20 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	63
รูปที่ 4.21 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	63
รูปที่ 4.22 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	64
รูปที่ 4.23 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	64
รูปที่ 4.24 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	65
รูปที่ 4.25 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 5 ก้อน.....	65
รูปที่ 4.26 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	66
รูปที่ 4.27 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	66
รูปที่ 4.28 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	67
รูปที่ 4.29 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	67
รูปที่ 4.30 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	68
รูปที่ 4.31 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 6 ก้อน.....	68
รูปที่ 4.32 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	69
รูปที่ 4.33 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	69
รูปที่ 4.34 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.35	แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	70
รูปที่ 4.36	ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	71
รูปที่ 4.38	สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	72
รูปที่ 4.39	สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	72
รูปที่ 4.40	สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	73
รูปที่ 4.41	แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	73
รูปที่ 4.42	ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	74
รูปที่ 4.43	บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 2 ก้อน	74
รูปที่ 4.44	สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	75
รูปที่ 4.45	สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	75
รูปที่ 4.46	สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	76
รูปที่ 4.47	แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	76
รูปที่ 4.48	ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	77
รูปที่ 4.49	บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 1 ก้อน	77
รูปที่ 4.50	สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	78
รูปที่ 4.51	สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	78
รูปที่ 4.52	สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	79
รูปที่ 4.53	แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	79
รูปที่ 4.54	ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	80
รูปที่ 4.55	บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 2 ก้อน	80
รูปที่ 4.56	สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	81
รูปที่ 4.57	สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	81
รูปที่ 4.58	สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	82
รูปที่ 4.59	แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	82
รูปที่ 4.60	ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	83
รูปที่ 4.61	บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 3 ก้อน	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.62 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	84
รูปที่ 4.63 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	84
รูปที่ 4.65 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	85
รูปที่ 4.66 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	86
รูปที่ 4.67 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 4 ก้อน.....	86
รูปที่ 4.68 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	87
รูปที่ 4.69 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	87
รูปที่ 4.70 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	88
รูปที่ 4.71 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	88
รูปที่ 4.72 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	89
รูปที่ 4.73 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 5 ก้อน.....	89
รูปที่ 4.74 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	90
รูปที่ 4.75 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	90
รูปที่ 4.76 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	91
รูปที่ 4.77 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	91
รูปที่ 4.78 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	92
รูปที่ 4.81 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	93
รูปที่ 4.82 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	94
รูปที่ 4.83 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	94
รูปที่ 4.84 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	95
รูปที่ 4.85 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 1 ก้อน.....	95
รูปที่ 4.86 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	96
รูปที่ 4.87 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	96
รูปที่ 4.88 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	97
รูปที่ 4.89 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	97
รูปที่ 4.90 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.92 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	99
รูปที่ 4.93 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	99
รูปที่ 4.94 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	100
รูปที่ 4.95 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	100
รูปที่ 4.96 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	101
รูปที่ 4.98 สัญญาณภาคส่ง (TX) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง.....	102
รูปที่ 4.99 สัญญาณภาครับ (RX) ที่ได้ในการทดลอง.....	102
รูปที่ 4.100 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (RAW DATA) ในรูปแบบสองมิติ.....	103
รูปที่ 4.101 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (CLUTTER REDUCTION).....	103
รูปที่ 4.102 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT).....	104



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ลำดับเหตุการณ์การเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย.....	3
ตารางที่ 3.1 ข้อจำกัดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดย FCC สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร	31
ตารางที่ 3.2 ข้อจำกัดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดย ETSI สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร	33
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางสายอากาศ VIVALDI และอุปกรณ์การทดลอง.....	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

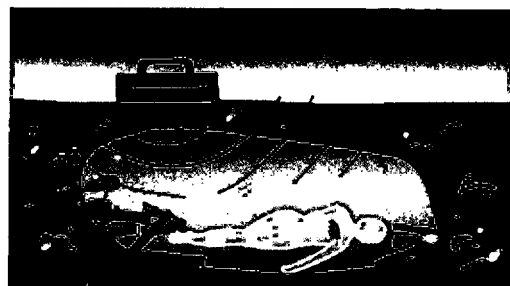
ในปัจจุบันภัยการพังทลายของสิ่งปลูกสร้าง หรือ การพังทลายอันเนื่องมาจาก มาตรฐานในการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นเหตุให้สิ่งปลูกสร้างพังทลาย ซึ่งหลังจากเกิดการพังทลายแล้ว สิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งคือ ช่วยเหลือผู้ที่ติดอยู่ในซากปรักหักพัง ตัวอย่าง เช่น การพังทลายของอาคารหอพัก ที่คลองหก จังหวัดปทุมธานี และ แผ่นดินไหวขนาด 7 แมกนิจูด ที่ประเทศเนปาล จากทั้งสองกรณี ทำให้เราสามารถเข้าใจได้ว่า ภัยพิบัติจากธรรมชาติ หรือการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐานก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ในประเทศเนปาล ในการออกแบบสิ่งปลูกสร้างไม่ได้มีการคำนึงถึงความทนทานต่อการเกิดแผ่นดินไหว เนื่องจาก ไม่พบการเกิดแผ่นดินไหวมาเป็นระยะเวลากว่า 80 ปี ซึ่งแตกต่างจากประเทศญี่ปุ่นที่มีการก่อสร้างคำนึงถึงการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่ง จากบทเรียนนี้ ทำให้มองเห็นอนาคตของประเทศไทย ซึ่งไม่ได้มีการคำนึงถึงการเกิดแผ่นดินไหว อาจจะเหตุผลเดียวกับประเทศเนปาล ก็เป็นไปได้ แต่ ประเทศที่เจริญต่างๆ เช่น ญี่ปุ่น ทราบดีว่า ภัยพิบัติที่เกิดจากภัยธรรมชาติ นั้น ไม่สามารถป้องกันการเกิดได้ ทำได้เพียงเฝ้าระวัง และ เตรียมพร้อมรับมือกับภัยพิบัติที่เกิดขึ้น ในประเทศญี่ปุ่น เครื่องมือที่ใช้ในการค้นหา ผู้รอดชีวิตจากภัยพิบัติ ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากยิ่งช่วยชีวิตได้เร็วเท่าไร โอกาสรอดของผู้ประสบภัยก็ยิ่งมีมากเท่านั้น ในประเทศไทยเราจะพบว่าในปัจจุบันที่ดินมีราคาที่สูงการปลูกสร้างอาคารที่พักอาศัย หรืออาคารสำนักงาน จึงมีการก่อสร้างขยายพื้นที่ในแนวตั้ง ที่เราเห็นในรูปแบบของอาคารสูงๆ นั้นเอง เป็นที่น่าเป็นห่วงถ้าเกิดการเกิดภัยพิบัติ ที่รุนแรงไม่มาก ก็สามารถสร้างความเสียหายให้กับโครงสร้างของอาคารได้ ฉะนั้น จำเป็นต้องพัฒนานวัตกรรม เพื่อช่วยในการค้นหาผู้รอดชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้น

จากรายละเอียดข้างต้น นวัตกรรมดังกล่าว สามารถที่จะมาช่วยสนับสนุนเจ้าหน้าที่ของภาครัฐในการต่อต้านการค้ามนุษย์ เช่น การลักลอบขนคนเข้าเมือง ในปัจจุบัน จุดสกัดต่างๆ มีความยุ่งยากในการที่จะตรวจค้นรถทุกคันได้อย่างละเอียด เพื่อป้องกันการลักลอบซ่อนคนในยานพาหนะ ในเครื่องมือในการค้นหาผู้รอดชีวิตจากภัยพิบัตินั้น ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหา คนที่แอบซ่อนในยานพาหนะได้ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทย ถูกปรับลดระดับการช่วยเหลือ และการกีดกันทางการค้า อันเนื่องมาจากปัญหาการค้ามนุษย์ ซึ่งใน ขณะนี้ได้เป็นวาระแห่งชาติ ที่จำเป็นต้องป้องกันและปราบปราม ซึ่งในระบบที่ทำการพัฒนานี้ สามารถที่จะประยุกต์ใช้ในการช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ต่อต้านการค้ามนุษย์ได้อีกด้วย

การใช้งานด้านการช่วยเหลือผู้ประสบภัย (การค้นหาผู้รอดชีวิตจากการเกิดภัยพิบัติ)



จากแหล่งข้อมูลการเฝ้าระวังแผ่นดินไหว

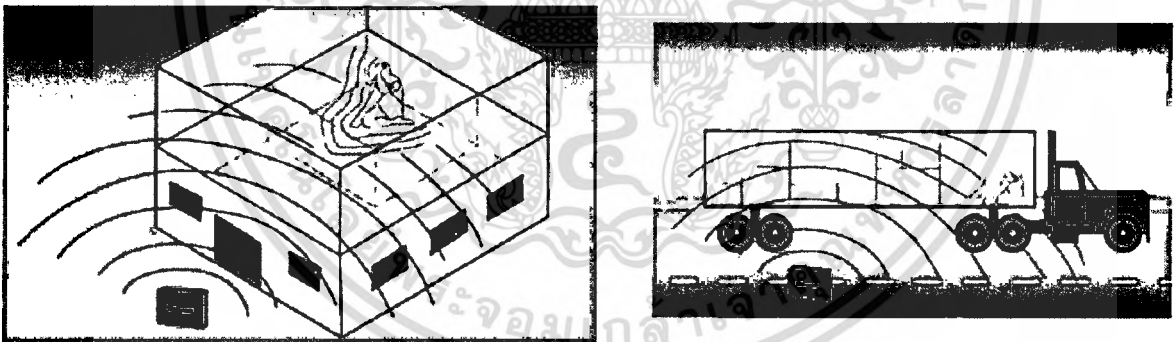


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงการประยุกต์ใช้ BioRadar ด้านการช่วยเหลือผู้ประสบภัย

การใช้งานด้านการป้องกันการค้ำมนุษย์ (การค้ำทามมนุษย์ ที่หลบซ่อนในยานพาหนะ)



รูปที่ 2 แสดงการประยุกต์ใช้ BioRadar ด้านการต่อต้านการค้ำมนุษย์

จากรายงานข้างต้น นั้นนำเสนอเพียงบางส่วน โดยเน้นหนักด้านสถิติแนวโน้มการเกิดภัยพิบัติ ซึ่งเป็นสิ่งที่ป้องกันการเกิดไม่ได้ แต่ควรจะมีวิธีการในการช่วยเหลือให้เร็วที่สุด ทางทีมผู้วิจัย เล็งเห็นประโยชน์จากการสร้างนวัตกรรมเพื่อใช้ในการงานด้านการช่วยเหลือผู้รอดชีวิต จากการเกิดแผ่นดินไหว หรือ จากอาคารถล่ม และยังสามารถประยุกต์ใช้งานด้านของการปราบปรามการค้ำมนุษย์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ลำดับเหตุการณ์การเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย

Date	Time	Locate	Lat. Long.	Mag.	Detail
23 พ.ค. 2455	09 24 น.	พม่า		7.9	รู้สึกได้ที่กรุงเทพฯ ประมาณ 3-4 วินาที
5 พ.ค. 2473	20 45 น.	พม่า (Pegu)	17.3 96.5	7.3 IX MM	รู้สึกได้ในภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทย รวมถึงกรุงเทพฯ อโยธยา จันทบุรี พิษณุโลก ราชบุรี นครชัยศรี และปราจีนบุรี
4 ธ.ค. 2473	01 .51 น.	พม่า	18.2 96.4	7.3	รู้สึกได้ที่กรุงเทพฯ เวลาประมาณตี 2 ของวันที่ 4 ธ.ค. ในจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือรู้สึกได้ 3 ครั้ง เมื่อเวลา 23.30 น. 24.00 น. และ 01.50 น. ครั้งแรกและครั้งที่สองนาน 1 นาทีครั้งที่สามนาน 3 นาที นอกจากนั้นยังรู้สึกได้ในภาคเหนือ ภาคกลาง รวมถึงปราจีนบุรี
16 พ.ค. 2476	08.12 น.	สุมาตรา ตอนบน	7.0 96.5	6.5	รู้สึกได้ที่จังหวัดสุราษฎร์ฯ พังงา นานประมาณ 30 วินาที และ เวลา 08.32 น. รู้สึกได้ที่จังหวัดตรัง
22 ก.ย. 2508	11 24 น.	พม่า	20.75 N 99.26 E	5.3 Mb	รู้สึกได้ที่ อ.ฝาง ถึง จ.เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน เชียงราย ลำปาง และลำพูน
14 ก.พ. 2510	08 36 น.	อันดามัน	13.7 N 96.5 E	5.6 Mb	รู้สึกได้ถึงกรุงเทพฯ
12 เม.ย. 2510	11 51 น.	สุมาตรา ตอนบน	5.16 N 96.31 E	6.1 Mb	รู้สึกได้ที่ จ.สตูล ภูเก็ต และสงขลา
28 เม.ย. 2514	22 32 น.	พม่า-จีน	22.98 N 101.02 E	5.6 Mb	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่
17 ก.พ. 2518	10 38 น.	พม่า-ไทย	17.63 N 97.90 E	5.6 Mb	รู้สึกได้ทั้งภาคเหนือและภาคกลาง รวมถึง กรุงเทพฯ มีความเสียหายเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29 ก.ย. 2518	20 42 น.	พม่า	18.29 N 96.36 E	5.1 Mb	รู้สึกสั่นไหวที่ลำปางนาน 2 วินาที สายไฟฟ้า แกว่ง รู้สึกสั่นไหวที่อาคารกรุงเทพประกันภัย ชั้น 7
4 เม.ย. 2526	09 51 น.	สุมาตรา ตอนบน	5.723 N 94.72E	6.6 Mb	รู้สึกสั่นไหวบนชั้น 22 ของตึกโชคชัย
15 เม.ย. 2526	16 23 น.	กาญจนบุรี	14.91 N 99.10 E	5.5 Mb	รู้สึกแผ่นดินไหวชัดเจนใน กทม.
22 เม.ย. 2526	07 37 น.	กาญจนบุรี	14.93 N 99.00E	5.9 Mb	รู้สึกแผ่นดินไหวตลอดภาคกลาง และภาคเหนือ หลายคนตื่นตระหนก เสียหายเล็กน้อยแก่อาคารใน กทม. รู้สึกสั่นไหว 2 ครั้ง เมื่อเวลา 07.37 และ 10.21 น.
22 เม.ย. 2526	10 21 น.	กาญจนบุรี	14.93N 99.07E	5.2 Mb	รู้สึกแผ่นดินไหวตลอดภาคกลาง และภาคเหนือ หลายคนตื่นตระหนก เสียหายเล็กน้อยแก่อาคารใน กทม. รู้สึกสั่นไหว 2 ครั้ง เมื่อเวลา 07.37 และ 10.21 น.

11 พ.ย. 2555	08.12 น.	ประเทศพม่า	22.93N,95.99E	6.6	รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ จ.นนทบุรี จ.กรุงเทพมหานคร
11 พ.ย. 2555	17.54 น.	ประเทศพม่า	22.74N,95.93E	5.8	รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ และบนตึกสูงของ กรุงเทพมหานคร
2 ก.ค. 2556	14.37 น.	ตอนเหนือของเกาะสุ มาตรา ประเทศ อินโดนีเซีย	4.64N,96.56E	6	รู้สึกสั่นไหวบริเวณ จ.ภูเก็ต จ.พังงา และอาคารสูงใน กรุงเทพฯ
21 มี.ค. 2557	20.41 น.	หมู่เกาะนิโคบาร์, ประเทศอินเดีย	7.64N, 94.21E	6.4	รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง จ.ภูเก็ต
5 พ.ค. 2557	18.08 น.	ต.ดงมะตะ อ.แม่ ลาว จ.เชียงราย	19.75N, 99.69E	6.3	ถนน อาคารและบ้านเรือน บริเวณใกล้จุดศูนย์กลาง ได้รับความเสียหายอย่างหนัก มีผู้เสียชีวิต 1 คน เกิด โคลนผุด รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงราย, จ.แพร่, จ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

					แม่ฮ่องสอน, จ.อุตรดิตถ์, จ.พิษณุโลก, จ.เชียงใหม่และ ตึกสูงในกรุงเทพมหานครฯ
6 ธ.ค. 2557	17.20 น.	ยูนนาน ประเทศจีน	23.29N, 100.29E	5.9	รู้สึกสั่นไหวที่ ตึกสูง จ.เชียงราย, จ.เชียงใหม่และ กรุงเทพมหานคร
19 ม.ค. 2558	21.04 น.	ต.เวียงมอก อ.เถิน จ. ลำปาง	17.50N, 99.35E	-2.8	รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เถิน จ.ลำปาง
20 ก.พ. 2558	13.02 น.	อ่าวพังงาทางทิศใต้ ของเกาะยาวใหญ่ อ.เกาะยาว จ.พังงา	7.87N, 98.57E	4	รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง อ.กะทู้ อ.ถลาง จ.ภูเก็ต, เกาะยาว ใหญ่ จ.พังงา
25 มี.ค. 2558	05.32 น.	นอกชายฝั่งทางทิศ ตะวันออกของ จ.ภูเก็ต	7.89N, 98.52E	3.8	รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง อ.กะทู้ อ.ถลาง จ.ภูเก็ต, เกาะยาว ใหญ่ จ.พังงา

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา อุปกรณ์ขั้นสูง ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้
 1. พัฒนาระบบการส่งคลื่นความถี่สูง ที่ผ่านสิ่งกีดขวาง เช่น อิฐ ไม้ และ โลหะ
 2. พัฒนาระบบการรับสัญญาณ ภาครับที่มีชุดขยายสัญญาณขนาดต่ำที่รับมาจากสายอากาศ
ภาครับ
 3. ทำการถอดสัญญาณซีพที่ผสมมาในสัญญาณความถี่สูงแล้วใช้หลักการวิเคราะห์สัญญาณ
เพื่อที่จะทราบสัญญาณซีพที่ปรากฏ
 4. พัฒนาระบบช่วยเหลือผู้รอดชีวิต เป็นนวัตกรรมที่นำมาใช้ได้จริง แทนการซื้อจากต่างประเทศ
ในราคาที่สูงมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

ในการพัฒนางานวิจัยนี้ พัฒนาชุดตรวจจับสัญญาณชีพแบบไร้สาย ของผู้รอดชีวิตในซากปรักหักพัง จากตึกถล่มหรือจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทางทีมวิจัยได้มีแนวความคิดในการพัฒนาระบบดังกล่าว เนื่องจากว่า เมื่อเกิดภัยพิบัติ หรือเกิดอุบัติเหตุ สิ่งที่ต้องการดำเนินการให้เร็ว ทางผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าหาข้อมูล และสอบถามไปยังประเทศญี่ปุ่น ในมหาลัที่ทางผู้วิจัย มีการทำงานร่วมกันอยู่ พบว่า ในประเทศญี่ปุ่น เครื่องมือที่ใช้ในการระบุผู้รอดชีวิตเรียกว่า 'Bioradar person location' เป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นมากในการช่วยเหลือผู้รอดชีวิต ในการที่จะทราบตำแหน่งของผู้รอดชีวิต ซึ่งราคาของเครื่องจะมีมูลค่าที่สูงมาก แต่ด้วยความจำเป็น จึงมีความคุ้มค่าเป็นอย่างมาก ทางผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่า เหตุใดอุปกรณ์นี้มีความจำเป็น เหตุผลเนื่องมาจากประเทศญี่ปุ่น ความถี่ในการเกิดแผ่นดินไหว มีความถี่สูงมาก และ เกิดขึ้นบ่อย เมื่อเกิดความเสียหาย อุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นต้องมีความพร้อมในการนำมาช่วยเหลือผู้รอดชีวิตแต่ถ้าจะมาพัฒนาในประเทศไทย การสนับสนุนคงจะยาก เนื่องจากภาพลักษณ์ของประเทศไทย เป็นประเทศที่ปลอดภัยพิบัติ แต่เมื่อไปค้นคว้าข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวแล้วกับพบว่า ไม่เป็นความจริงเลย ปริมาณการเกิดแผ่นดินไหว นั้น เมื่อเกิดในที่ใดๆ บนโลกย่อมส่งผลกระทบต่อเนื่องเป็นวงกว้าง และในการสร้างสิ่งปลูกสร้างของประเทศไทย ไม่ได้คำนึงถึงการต้านทานการเกิดแผ่นดินไหวเหมือนเช่นประเทศญี่ปุ่นเลย ฉะนั้น เมื่อมันเกิดขึ้น นวัตกรรมที่ทางทีมวิจัยทำการพัฒนา จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากในการช่วยเหลือผู้ที่ติดในซากอาคาร ทางทีมผู้วิจัย ได้ทำการทบทวนนวัตกรรม และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ พร้อมทั้งรวบรวมผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง จนได้ข้อสรุปในความเป็นไปได้ในการสร้างนวัตกรรมดังกล่าวให้สำเร็จ

ในโครงการวิจัยนี้ พัฒนาชุดรับ ส่งคลื่นความถี่สูงค่าๆ หนึ่งในที่มีปฏิกิริยาเมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อมนุษย์ ที่มีชีวิต และเกิดการสะท้อนกลับ (perfect electric conductor) และเกิดการมอดดูเลชันทางขนาดกับคลื่นไฟฟ้า ในร่างกาย เกิดการมอดดูเลตทางธรรมชาติ โดยอาศัยร่างกายเป็นชุดมอดดูเลตสัญญาณ เมื่อสัญญาณเดินทางกลับมายังชุดรับ จะเป็นสัญญาณที่มีขนาดที่ต่ำมาก จึงต้องมีวงจรที่มีความสามารถในการกู้คืนกลับมา เพื่อเข้าส่วนของการแปลงข้อมูลเป็นดิจิทัลเพื่อทำการประมวลผลในรูปแบบการประมวลผลสัญญาณ เพื่อตรวจสอบว่ามีสัญญาณชีพอยู่หรือไม่

คลื่นไฟฟ้าหัวใจ

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram; ECG) เป็นกระบวนการนำไฟฟ้าภายในเซลล์จึงเกิดการกระตุ้นในกล้ามเนื้อหัวใจทำให้เกิดการหดตัว และคลายตัวเป็นจังหวะตามที่ถูกกระตุ้นทำให้หัวใจสามารถขยายตัวรับเลือด และหดตัวสูบฉีดเลือดออกไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ทั่วร่างกายได้โดยผนังจากเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษทางไฟฟ้าที่สามารถทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายนอกเซลล์และภายในเซลล์แตกต่างกันได้

2.1.1 โครงสร้างและการทำงานของหัวใจ

หัวใจประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจเป็นส่วนใหญ่ จัดตัวสานกันเป็นห้องสี่ห้อง ได้แก่ หัวใจสองห้องบน (Atrium) และหัวใจสองห้องล่าง (Ventricle) ผนังของหัวใจห้องบนจะบางยืดขยายได้ง่าย ทำให้รับเลือดที่กลับสู่หัวใจได้แม้เพียงความดันเลือดต่ำๆ เลือดจากร่างกายจะไหลกลับสู่หัวใจทางหลอดเลือดดำใหญ่ด้านบน (Superior Vena Cava) และด้านล่าง (Inferior Vena Cava) เข้าหัวใจห้องบนขวาผ่านลิ้นกั้นหัวใจไตรคัสปิด (Tricuspid Valve) เข้าสู่หัวใจห้องล่างขวาผ่านลิ้นหัวใจพัลโมนารี (Pulmonary Valve) เข้าสู่ปอดทางหลอดเลือดแดง (Pulmonary Arteries) เพื่อแลกเปลี่ยนออกซิเจนและขจัดคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปอดเลือดจากปอดซึ่งเป็นเลือดดีจะไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายผ่านทางเส้นเลือดดำ (Pulmonary Veins) ผ่านลิ้นหัวใจไมตรัล (Mitral) เข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย ซึ่งมีผนังกล้ามเนื้อที่หนาเพราะต้องบีบตัวเพื่อเอาชนะความดันในหลอดเลือดแดงใหญ่ โดยจะสูบฉีดเลือดเข้าสู่หลอดเลือดแดงใหญ่กระจายไปสู่อวัยวะต่างๆ ของร่างกาย

2.1.1.1 วงรอบการทำงานของหัวใจ (cardiac cycle) วงรอบการทำงานของหัวใจ หมายถึง ลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเต้นของหัวใจหนึ่งรอบ (รูปที่ 2.1) ได้แก่

1) ซิสโตล (systole) หมายถึง การหดตัวของห้องหัวใจที่ทำให้ห้องหัวใจว่างลง การหดตัวมีทั้งห้องบนและห้องล่าง จังหวะการทำงานเกิดเมื่อเลือดจากวงจรไหลเวียนของเลือดทั่วร่างกายเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา ในขณะที่ห้องบนซ้ายก็รับเลือดจากปอด ปริมาตรและความดันจะเริ่มสูงขึ้นในห้องบน ซึ่งเกิดขึ้นในระยะคลายตัว เมื่อความดันห้องบนมากกว่าห้องล่าง ลิ้นเอ-วีจะเปิดให้เลือดไหลเข้าสู่ห้องล่างซึ่งอยู่ในระยะคลายตัว จากนั้นห้องบนจะตีโพลาไรเซชัน ทำให้เกิดการหดตัวเรียกว่า เอเทรียลซิสโตล (atrial systole) บีบตัวไล่เลือดให้ผ่านจากห้องบนลงสู่ห้องล่าง เหตุการณ์นี้จะเริ่มเพิ่มปริมาตรและความดันของหัวใจห้องล่าง ขณะที่หัวใจห้องบนคลายตัวหัวใจห้องล่างก็เริ่มตีโพลาไรเซชันเพื่อการหดตัว ทำให้ความดันมากขึ้น ความดันที่มากขึ้นนี้จะทำให้ลิ้นเอ-วีปิด มีผลให้เกิดเสียงหัวใจเสียงที่ 1 (first heart sound) ระยะนี้ลิ้นหัวใจปิดหมดทุกลิ้น ระยะนี้มีการหดตัวไอโซเมตริก หรือเรียกว่าการหดตัวไอโซโวลูเมตริก (isometric contraction หรือ isovolumetric contraction) ซึ่งหมายถึง กล้ามเนื้อมีความตึงตัว มีแรงดัน แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของใยกล้ามเนื้อ จากนั้นหัวใจห้องล่างมีความดันสูงกว่าห้องบน ทำให้ลิ้นพัลโมนารีและลิ้นเอออร์ติกเปิดคลื่นตีโพลาไรเซชันจะแผ่กระจายไปทั่วห้องล่าง ทำให้เกิดเวนตริคิวลาร์ ซิสโตล (ventricular systole) มีการหดตัวของหัวใจห้องล่างตามมา เลือดจะถูกสูบออกจากหัวใจ โดยเลือดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องล่างซ้ายจะเข้าสู่หลอดเลือดเอออร์ตา เลือดจากห้องล่างขวาจะเข้าสู่หลอดเลือดปัลโมนารี อาร์เทอร์รี่
 ระยะนี้เป็นระยะที่หัวใจสูบฉีดเลือดออกจากหัวใจอย่างรวดเร็ว (rapid ejection period) และเป็นระยะ
 เริ่มต้น การบีบตัวแล้วจะเกิดระยะลดการสูบฉีด (reduce ejection) ตามมา ระยะนี้ความดันในห้องล่างจะ
 เริ่มต่ำลง ห้องบนเริ่มมีความดันสูงกว่าห้องล่าง เกิดรีโพลาไรเซชันของกล้ามเนื้อหัวใจ เมื่อความดันของ
 หัวใจห้องล่างต่ำลง จะทำให้เลือดในเอออร์ตาและปัลโมนารี อาร์เทอร์รี่ ดันกลับ เป็นผลให้ลิ้นเอออร์ติกและ
 ลิ้นปัลโมนารีปิด ทำให้เกิดเสียงหัวใจเสียงที่สอง ในระยะนี้เรียกว่าโปรโตไดแอสทอล (protodiastole) ระยะ
 นี้ลิ้นเอ-วียังปิดอยู่เนื่องจากแรงดันของเลือดจากการบีบตัวของห้องล่างซ้าย เป็นระยะของการคลายตัวไอโซ
 โวลูเมตริก (isovolumetric หรือ isometric relaxation) หลังจากระยะนี้แล้วก็จะเริ่มการทำงานใน
 วงรอบใหม่

2) ไดแอสทอล (diastole) หมายถึง ระยะการคลายตัวของหัวใจ ซึ่งเกิดขึ้นก่อนและระหว่างที่มี
 เลือดไหลเข้าสู่ห้องหัวใจ ระยะการคลายตัวดังกล่าวมีทั้งเอเทรียลและเวนตริคิวลาร์ ไดแอสทอล (atrial and
 ventricular diastole) ของห้องบนและห้องล่าง



รูปที่ 2.1 แผนผังวงจรการทำงานของหัวใจ

รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของการบีบและคลายตัวของ หัวใจห้องบนและล่างกับการเปิด
 ปิดของลิ้นในระยะต่างๆ ในหนึ่งรอบวงจรการเต้นเป็นขั้นตอนดังนี้

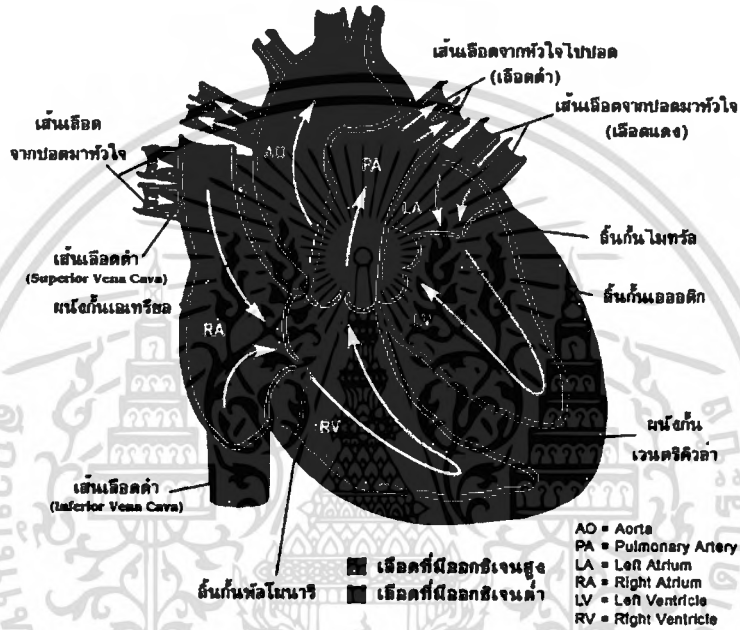
1. เริ่มต้นเอเทรียล ซิสทอล หัวใจห้องบนบีบตัวไล่เลือดจำนวนน้อยเข้าห้องล่างที่คลายตัว
2. เอเทรียล ซิสทอลสิ้นสุดเลือดทั้งหมดจากห้องบนเข้าสู่ห้องล่าง
3. ระยะแรกของเวนตริคิวลาร์ ซิสทอลห้องล่างบีบตัวผลกลิ้นเอ-วียปิด แต่แรงดันยังไม่เพียงพอที่จะ
 ดันให้เขมิลูนาร์เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระยะที่สองของเวเนทริกิวลาร์ ซิสโทล ห้องล่างบีบตัวมากขึ้นมีแรงดันมากกว่าในหลอดเลือดอาร์เทอรี ทำให้ดันลิ้นเซมิลูนาร์เปิดเลือดถูกสูบออกจากหัวใจ

5. ระยะเริ่มแรกของเวเนทริกิวลาร์ ไดแอสโทล ห้องล่างลดลงความดันของเลือดในหลอดเลือดดันกลับมีผลทำให้ลิ้นเซมิลูนาร์ปิด ห้องบนเริ่มคลายตัวเลือดเริ่มเข้าสู่ห้องบน

6. ระยะท้ายของเวเนทริกิวลาร์ ไดแอสโทล หัวใจทุกห้องคลายตัวเต็มที่เลือดในห้องบนเริ่มถูกสูบเข้าสู่ห้องล่าง (ลูกศรสีดำแสดงทิศทางการไหลของเลือด, ลูกศรสีเขียวยแสดงทิศทางการบีบตัวของหัวใจ)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างและการทำงานของหัวใจ

จากรูปที่ 2.2 แสดงถึงโครงสร้างและการทำงานของหัวใจ ภายในหัวใจประกอบด้วย เนื้อเยื่อที่สำคัญ 3 ชนิด ได้แก่

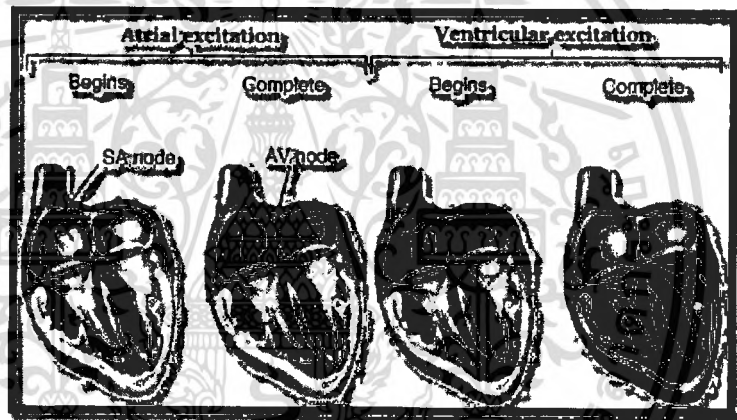
1) คาร์ดิแอก มัสเคิล ไฟเบอร์ (Cardiac Muscle Fiber) ประกอบขึ้นเป็นผนังของเอเทรียม (Atrium) และเวเนทริกิวลาร์ (Ventricle) เนื้อเยื่อดังกล่าวจะเกิดการหดตัวเมื่อถูกกระตุ้นจากความต้านทานระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่มีค่าต่ำ ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าแพร่ไปได้อย่างรวดเร็ว ระหว่างเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่งที่อยู่ติดๆกัน เรียงต่อกันไป มีผลทำให้การหดของเซลล์เหล่านี้ เกิดขึ้นพร้อมกันเหมือนเซลล์เดียว เรียกคุณสมบัตินี้ว่า Syncytium

2) โหนด เซลล์ (Nodal Cell) เป็นกลุ่มเซลล์พิเศษซึ่งสามารถสร้างคลื่นไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติมี 2 ชนิด ได้แก่ Sinoatrial Node (SA Node) อยู่บริเวณเอเทรียมขวา ใกล้กับ ซูพีเรียเวนาคาวา (Superior Vena Cava) และ Atrioventricular Node (AV Node) อยู่บริเวณใกล้ผนังกันระหว่างเอเทรียมทั้งสองและอยู่บริเวณรอยต่อระหว่าง เอเทรียมและเวเนทริกิวลาร์ปกติ SA Node เป็นตัวกลางคลื่นไฟฟ้าซึ่งถูกส่งต่อไปยังเซลล์อื่นๆ รวมทั้ง AV Node ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คอนดัคตติ้ง เซลล์ (Conducting Cell) ทำหน้าที่เป็นคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยคลื่นไฟฟ้าที่เกิดบนเอเตรียมเมื่อผ่านมายัง AV Node จะถูกส่งไปยังเวนทริเคิล โดยผ่านคอนดัคตติ้ง เซลล์ ที่ประกอบเป็นเนื้อเยื่อนำไฟฟ้าในหัวใจ (Bundle of His) ซึ่งแยกเป็นแขนซ้ายและขวาไปต่อกับระบบพัวร์คินเย (Purkinje System) อันประกอบด้วยแขนไฟเบอร์ที่นำคลื่นไฟฟ้าแยกไปตามกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของเวนทริเคิล

2.1.1.2 อัตราการเต้นของหัวใจ ในวงรอบการทำงานของหัวใจมีการสร้างคลื่นไฟฟ้า โดยมีจุดเริ่มต้นคือ SA Node ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์พิเศษอยู่บริเวณรอยต่อของหลอดเลือดแควเนียลเวนาคาวา กับหัวใจห้องบนขวา เรียกว่าเป็นตัวเริ่มต้นการทำงานของหัวใจ คลื่นไฟฟ้าจาก SA Node จะแผ่ไปที่ห้องบนเป็นผลให้เกิดการหดตัวของหัวใจห้องบน และคลื่นถูกส่งต่อไปยัง AV Node ที่อยู่ในผนังกันระหว่างห้องบน แล้วส่งต่อไปยังกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง โดยผ่านเอ-วีบันเดิลกับเส้นใยเพอร์คินเจ ซึ่งกระจายอยู่ทั่วหัวใจห้องล่างทำให้ครบรอบการเต้น 1 ครั้ง (รูปที่ 2.2) อัตราการเต้นของหัวใจวัดเป็นครั้งต่อนาที เช่น โค 40 ครั้งต่อนาที สุกกร 60 - 80 ครั้งต่อนาที ไก่ 200 - 400 ครั้งต่อนาที และคน 70-100 ครั้งต่อนาที เป็นต้น



รูปที่ 2.3 รูปวาดแสดงการกระตุ้นของคลื่นไฟฟ้าของหัวใจในการเต้นหนึ่งครั้ง

จากรูปที่ 3 จะเห็นเอส-เอ โหนดสร้างคลื่นไฟฟ้า (ระบายสีฟ้า) ออกมาและแผ่ทั่วห้องบน หลังจากนั้นคลื่นจะผ่านเอ-วี โหนดมาตามเอ-วี บันเดิล แล้วแผ่ไปทั่วหัวใจห้องล่างโดยเส้นใยเพอร์คินเจ

2.1.1.3 อัตราการเต้นของหัวใจ ในขณะที่สารเคมีที่มีโครงสร้างแบบเดียวกันกับสารที่หลั่งโดยปลายประสาทของพาราซิมพาเธติกซึ่งได้แก่ อะซิติลโคลีน ก็มีผลลดอัตราการเต้นของ หัวใจ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกาย ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ในพลาสมา (กรณีนี้เกี่ยวข้องกับ ฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน ; aldosterone) และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ เช่น อะดีโนซีน แต่ปัจจัยดังกล่าวมีความสำคัญน้อยกว่า นอกจากผลจากระบบประสาทอัตโนมัติที่มีต่อเอส-เอ โหนดแล้ว ยังมีต่อเอ-วี โหนด และระบบเหนี่ยวนำพิเศษของหัวใจอีกด้วย

2.1.1.4 เสียงของหัวใจ (heart sounds) ในวงรอบการทำงานของหัวใจมีเสียงหัวใจ เสียงของหัวใจได้ยินเสียงดังเป็นสองเสียงติดต่อกันตลอดเวลา เสียงแรกดัง “ตึบ” (lub) เสียงที่สองดัง “ตึบ” (dup) เสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรกเกิดจากการปิดของลิ้นเอ-วี ในขณะที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง เสียงที่สองเกิดจากการสั้นของลิ้นเซมิลูนาร์คือ ลิ้นเออร์ติกกับลิ้นพัลโมนารี เมื่อลิ้น ทั้งสองปิดเมื่อสิ้นสุดระยะโปรโตไดแอสโตล บางครั้งอาจพบเสียงที่ 3 เป็นเสียงเบา ๆ (murmur) เกิดจากเลือดไหลย้อนผ่านลิ้นกลับคืน ในกรณีของโรค ลิ้นหัวใจรั่ว เสียงของหัวใจสามารถวัดออกมาเป็นคลื่นทางไฟฟ้าโดยเขียนออกมาเป็นกราฟเรียกว่า โฟโนคาร์ดิโอแกรม

2.1.1.5 ลักษณะคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจสามารถสร้างคลื่นไฟฟ้าขึ้นมาได้เอง เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเอง คลื่นไฟฟ้านี้จะกระจายไปตามส่วนต่างๆ ของหัวใจและผ่านไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วทั้งหัวใจ คลื่นนี้สามารถบันทึกได้จากพื้นผิวของร่างกายทั่ว ๆ ไป โดยเครื่องมือที่ไวต่อการรับคลื่นนี้เรียกว่า อีเล็กโทรคาร์ดิโอกราฟ (electro - cardiograph) เครื่องมือนี้สามารถบันทึกคลื่นไฟฟ้าของหัวใจเป็นกราฟเรียกว่า อีเล็กโทรคาร์ดิโอแกรม (electrocardiogram ; ECG ; EKG) ซึ่งประกอบด้วยคลื่นพี คิว อาร์ เอส และที (P,Q,R,S และ T) ดังรูปที่ 4 คลื่นพีเป็นคลื่นดีโพลาไรเซชันซึ่งเกิดจากการแผ่ขยายคลื่นไฟฟ้าจาก เอส-เอ โหนดไปตามกล้ามเนื้อห้องบน จะทำให้เกิดการหดตัวของหัวใจห้องบนตามมา คลื่นคิว อาร์ และเอสเป็นคลื่นดีโพลาไรเซชันที่เกิดร่วมกัน (QRS complex) จะแพร่กระจายไปตามเอ-วี บันเดิล และแขนงของมันไปยังกล้ามเนื้อของหัวใจห้องล่าง เพื่อเริ่มการหดตัวของ หัวใจห้องล่าง และคลื่นที่เป็นคลื่นของรีโพลาไรเซชันของหัวใจห้องล่าง



รูปที่ 2.4 อีเล็กโทรคาร์ดิโอแกรมประกอบด้วยคลื่นพี คิว อาร์ เอส และทีในแต่ละวงรอบ

2.1.2 ความสัมพันธ์ของหัวใจกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

หัวใจเป็นอวัยวะที่มีพลังมากที่สุดของร่างกาย ทำหน้าที่คล้ายเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่มีเซลล์พิเศษทำหน้าที่เป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการทางไฟฟ้าอยู่ภายใน สามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าแผ่กระจายทั่วหัวใจ ทำให้เกิดเป็นคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้ขบวนการไฟฟ้างี้จะกระตุ้นทำให้หัวใจสามารถขยายตัวรับเลือด และหดตัวสูบฉีดเลือดออกไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ทั่วร่างกายได้เซลล์ของหัวใจนี้สามารถแบ่งตามคุณสมบัติทางสรีรวิทยาไฟฟ้า (Electrophysiology) เป็น 3 ประเภท ดังนี้

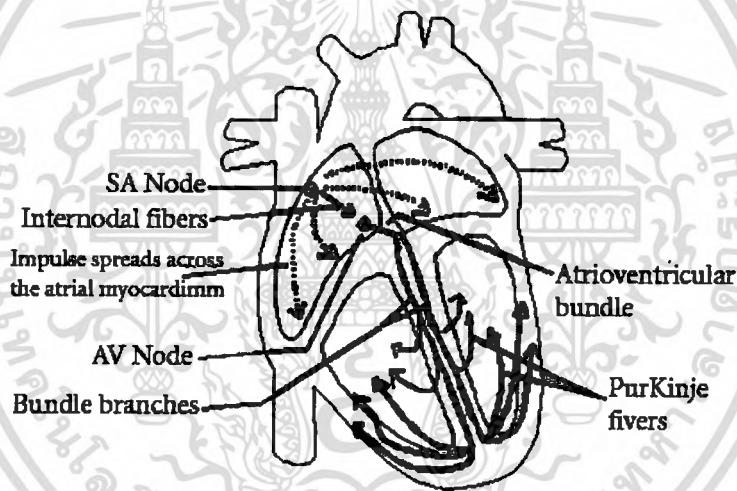
ประเภทที่ 1 ตัวกำเนิดสัญญาณกระตุ้น (Pacemaker Cell) ทำหน้าที่ให้กำเนิดจังหวะการเต้นของหัวใจ ทำให้เกิดจุดกำเนิดไฟฟ้าและจุดเริ่มต้นของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ประเภทที่ 2 เป็นเซลล์พิเศษทำหน้าที่นำคลื่นไฟฟ้าให้สามารถแผ่กระจายไปทั่วหัวใจ

ประเภทที่ 3 เป็นเซลล์กล้ามเนื้อทำหน้าที่หดตัวเมื่อได้รับการกระตุ้นจากคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ผนังหุ้มเซลล์หัวใจมีคุณสมบัติพิเศษทางไฟฟ้าที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายนอกเซลล์และภายในเซลล์ต่างกันได้ เช่นในระยะเวลาที่เซลล์พักตัว (Polarization) ภายในเซลล์มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ -60 ถึง -100 มิลลิโวลต์ และระยะเวลาที่เซลล์ได้รับการกระตุ้น (Depolarization) ศักย์ไฟฟ้าจะสูงขึ้นถึง +20 มิลลิโวลต์การที่มีศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกันนี้เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารเกลือแร่เช่น โซเดียมโปแตสเซียม ที่อยู่ภายนอกและภายในเซลล์ปกติภายในเซลล์มีโปแตสเซียมสูง สารเกลือแร่เหล่านี้จะซึมผ่านเข้าออกเซลล์เป็นระยะๆ ทำให้ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ระยะใดที่ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ลดต่ำลงมาก เซลล์จะตอบสนองเมื่อถูกกระตุ้นโดยโซเดียมภายนอกเซลล์จะเข้าสู่ภายในเซลล์อย่างรวดเร็ว ทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายในเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย ต่อมาศักย์ไฟฟ้าจะค่อยๆ ลดลง เพราะมีสารโปแตสเซียมซึมออกไปจากเซลล์ตามด้วยสารโซเดียมถูกขับออกนอกเซลล์จนในที่สุดศักย์ไฟฟ้า ภายในเซลล์จะลดต่ำลงจนสามารถตอบสนองต่อการกระตุ้นได้อีกปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นเป็นจังหวะต่อเนื่องทำให้ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงลักษณะคล้ายคลื่น ซึ่งสามารถบันทึกได้เรียกว่า คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram)

2.1.3 การเกิดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ



รูปที่ 2.5 ระบบการนำสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ

จากรูปที่ 2.5 แสดงระบบการเหนี่ยวนำสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ ที่ทำให้หัวใจสามารถคงสภาพการทำงานอยู่ได้อย่างปกติ การเต้นของหัวใจที่ปกติจะเริ่มจากตำแหน่ง S-A (SA: Sinoatrial Node) ภายในหัวใจห้องบน ข้างขวา โดยเกิดสัญญาณไฟฟ้าเป็นจังหวะและจะกระจายไปยังหัวใจห้องบนทั้งสองห้อง ทำให้หัวใจห้องบน หดตัวและบีบเลือดเข้าไปในหัวใจห้องล่างทั้งสองห้อง หลังจากนั้น สัญญาณจะไปที่ตำแหน่ง A-V (A-V: Atrioventricular Node) ซึ่งอยู่ที่ฐานหัวใจด้านกลาง ความเร็วในการเคลื่อนที่ของสัญญาณผ่านตำแหน่ง A-V จะ ช้ามาก ทำให้เกิดการหน่วงเวลาก่อนที่สัญญาณจะไปถึงหัวใจห้องล่าง สัญญาณที่ออกจากตำแหน่ง A-V จะเคลื่อนที่ไปตามเนื้อเยื่อนำไฟฟ้าในหัวใจ (Bundle of His) และกลุ่มเส้นใยเพอคินเย (Purkinje Fibers) ซึ่งเป็นแขนงเส้นใยที่นำคลื่นไฟฟ้าแยกไปตามส่วนต่างๆ ของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่าง ทำให้เกิดการหดตัวสูบฉีดเลือด ออกจากหัวใจไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ในช่วงวัยผู้ใหญ่ขณะอยู่นิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง S-A จะให้กำเนิดสัญญาณ ไฟฟ้าออกมาด้วยอัตราประมาณ 70 ครั้งต่อนาทีช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณไฟฟ้าจากตำแหน่ง S-A ถึงตำแหน่ง A-V โดยทั่วไปมีค่า 0.12-0.22 วินาที

2.2 หลักการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

การวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจสามารถวัดได้ด้วยวิธีการนำอิเล็กโทรด (Electrode) มาติดบริเวณร่างกาย เพื่อตรวจจับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ดังนั้นตำแหน่งที่ตรวจวัดจึงมีความสำคัญมาก เพราะการเปลี่ยนตำแหน่งของอิเล็กโทรดจะทำให้สัญญาณอีซีจีที่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย ในการตรวจวัดตามตำแหน่งต่างๆ เราเรียกว่า ลีด (Lead) โดยแต่ละลีดเกิดจากการวางอิเล็กโทรด ซึ่งเป็นขั้วบวกและขั้วลบไว้ในที่ต่างๆ บนร่างกาย แต่โดยหลักปฏิบัติสากลกำหนดการวัดไว้ 12 ลีด คือ

ลีด I, ลีด II, ลีด III

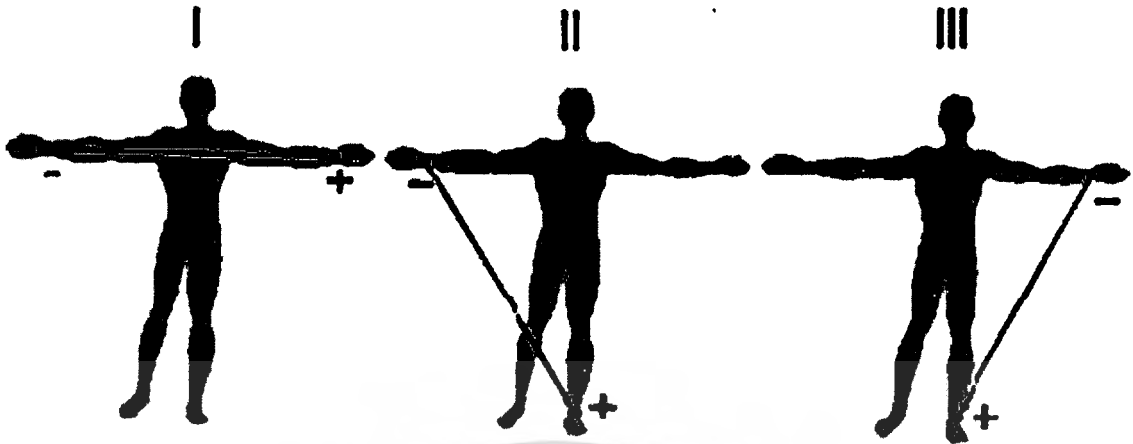
ลีด aVR, ลีด aVL, ลีด aVF

ลีด V1, V2, V3, V4, V5, V6

ตามมาตรฐาน ลีด I, II, III และ ลีด aVR, aVL, aVF เป็นลีดที่วางอยู่ในบริเวณด้านหน้าของร่างกายหรือหัวใจ ส่วน ลีด V1-V6 จะวางอยู่ในส่วนตามแนวนอนของร่างกาย โดยแบ่งรูปแบบการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่แตกต่างกัน 4 แบบ ดังนี้

1) วิธีการวัดแบบ Standard Limb Lead (Bipolar Limb Lead)

วิธีการวัดแบบ Standard Limb Lead เป็นต้นแบบการติดขั้วอิเล็กโทรดเป็นวิธีที่ค้นพบโดยวิลเลียม ไอร์โอฟิน (ค.ศ.1860-1927) ซึ่งเป็นศาสตราจารย์ทางด้านสรีรวิทยา อยู่มหาวิทยาลัยไลนเดน จากการทดลองไอร์โอฟินพบว่า การติดขั้วอิเล็กโทรดที่ทำให้คลื่นไฟฟ้ามี ขนาดสูงพอที่จะบันทึกได้นั้น จะต้องติดอิเล็กโทรดในตำแหน่งไหล่ขวา ไหล่ซ้าย และบริเวณกระดูกหัวเหน่า เมื่อลากเส้นตรงผ่านจุดทั้งสามนี้จะได้ในรูปสามเหลี่ยมเรียก สามเหลี่ยมไอร์โอฟินแต่ เพื่อความสะดวกจะใช้ตำแหน่งของแขนขวาแทนไหล่ขวา แขนซ้ายแทนไหล่ซ้าย และขาซ้ายแทนบริเวณกระดูกหัวเหน่า โดยใช้อิเล็กโทรดติดที่ขาขวาเพื่อต่อกับสายดิน



รูปที่ 2.6 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบมาตรฐาน (Standard Limb Lead)

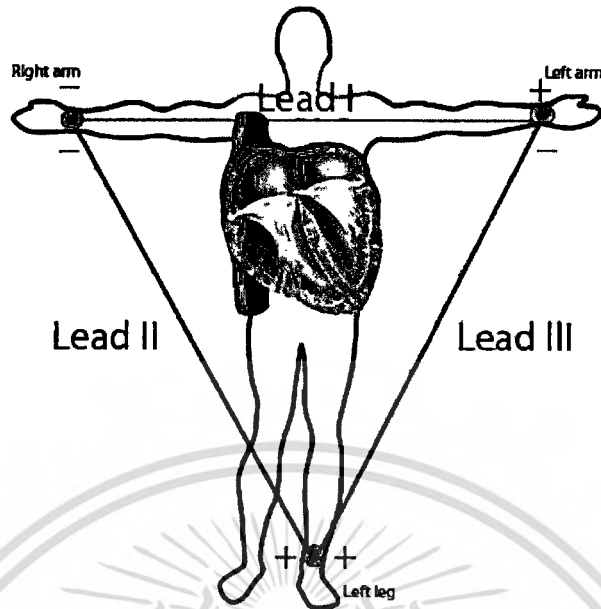
จากรูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งในการติดอิเล็กโทรดตามมาตรฐาน จะเป็นวิธีการวัดความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดด้วยกัน และ อิเล็กโทรดที่จุดหนึ่งจะเป็นขั้วบวก อิเล็กโทรดที่อีกจุดหนึ่งเป็นลบ ดังนั้นเราจึงอาจเรียก ลีดที่ได้จากการวางอิเล็กโทรดเช่นนี้ว่า standard limb lead แต่เนื่องจากอิเล็กโทรด ทั้ง 2 ขั้วนี้จะต้องวางอยู่บน แขน 2 ข้างหรือแขนกับขา เราจึงอาจเรียก ลีดที่ได้ว่าเป็น bipolar limb lead

Lead I เป็นความต่างศักย์ระหว่างแขนซ้ายกับแขนขวา (LA – RA)

Lead II เป็นความต่างศักย์ระหว่างเท้าซ้ายกับแขนขวา (LL – RA)

Lead III เป็นความต่างศักย์ระหว่างเท้าซ้ายกับแขนซ้าย (LL – LA)

เมื่อ RA = ศักย์ไฟฟ้าที่แขนขวา, LA = ศักย์ไฟฟ้าที่แขนซ้าย, LL = ศักย์ไฟฟ้าที่ขาซ้าย



รูปที่ 2.7 สามเหลี่ยมไอโธเฟน (Einthoven's Triangle)

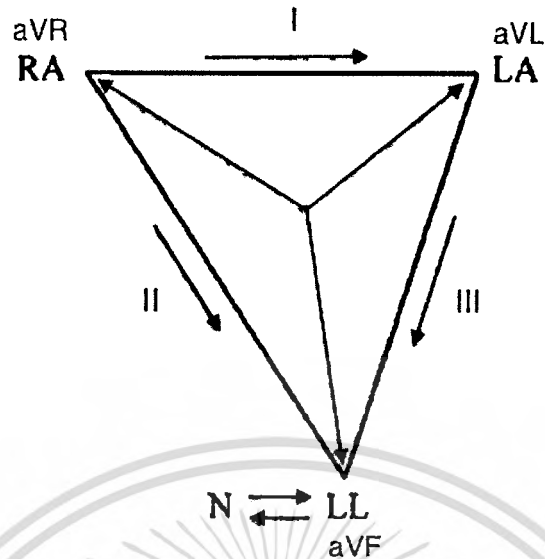
จากรูปที่ 2.7 แสดงวิธีการวัดศักย์ไฟฟ้าที่ได้ทั้งสามลีดเป็นปริมาณ คือ มีทั้งขนาดและทิศทาง เมื่อนำเอาเวกเตอร์ศักย์ไฟฟ้าของลีดทั้งสามวางด้วยกัน จะเห็นว่าเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า เรียกว่า สามเหลี่ยมไอโธเฟน ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$\text{Lead I} = \text{Lead II} + \text{Lead III}$$

หากนำเวกเตอร์ทั้งสามมาโดยทั้งสามผ่านจุดกึ่งกลางเดียวกันก็จะได้ว่า ทั้งสามลีดตัดกันเป็นมุม 60 องศา ของกันและกัน ซึ่งเรียกว่า Triaxial System

จากการวางอิเล็กโทรด ในรูปที่ 2.10 พิจารณาให้เวกเตอร์(Vector) ที่เกิดขึ้นบนแต่ละด้านของสามเหลี่ยมเป็นแหล่งกำเนิดแรงดัน (Voltage Source) ของลีด I, ลีด II, ลีด III ดังแสดงในรูปที่ 2.10 จะได้ผลรวมของความต่างศักย์ไฟฟ้าจากการวัดด้วยลีด I และลีด III มีค่าเท่ากับความต่างศักย์ที่ได้จากลีด II หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\text{Lead II} - \text{Lead I} - \text{Lead III} = 0$$



รูปที่ 2.8 แบบจำลองแหล่งกำเนิดแรงดันของการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบมาตรฐาน

จากรูปที่ 2.8 แสดงการนำแบบจำลองแหล่งกำเนิดแรงดันของการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาหาความสัมพันธ์ดังกล่าว ทำให้การวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบมาตรฐาน (Standard Limb Lead) นั้นไม่จำเป็นต้องตรวจวัดทุกสัด โดยสามารถเลือกวัดเพียง 2 สัด แล้วคำนวณหาสัดที่เหลือได้

2) วิธีการวัดแบบ Unipolar Limb Lead (Augmented Lead)

วิธีการวัดแบบ Unipolar Limb Lead เป็นการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งเดียวกับแบบ Standard Limb Lead โดยใช้วิธีการวัดทั้ง 3 จุด โดยเปรียบเทียบจุดหลักกับค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้ากับจุดที่เหลือ โดยเทียบกับอิเล็กโทรดอ้างอิง ซึ่งถือว่าศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์โวลต์ เรียกว่า เอกซ์โพลริง อิเล็กโทรด (Exploring Electrode) มีตำแหน่งมาตรฐานแบ่งได้เป็น 3 สัด คือ Lead aVR ใช้อิเล็กโทรดติดกับขั้วไฟฟ้าบวกวางที่แขนขวา เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า ของแขนซ้ายกับขาซ้าย

$$aVR = RA - \frac{1}{2} (LA + LL)$$

Lead aVL ใช้อิเล็กโทรดติดกับขั้วไฟฟ้าบวกวางที่แขนซ้าย เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า ของแขนขวากับขาซ้าย

$$aVL = LA - \frac{1}{2} (RA + LL)$$

Lead aVF ใช้อิเล็กโทรดติดกับขั้วไฟฟ้าบวกที่ขาซ้าย เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้าของแขนขวากับแขนซ้าย

$$aVF = LL - \frac{1}{2} (LA + RA)$$

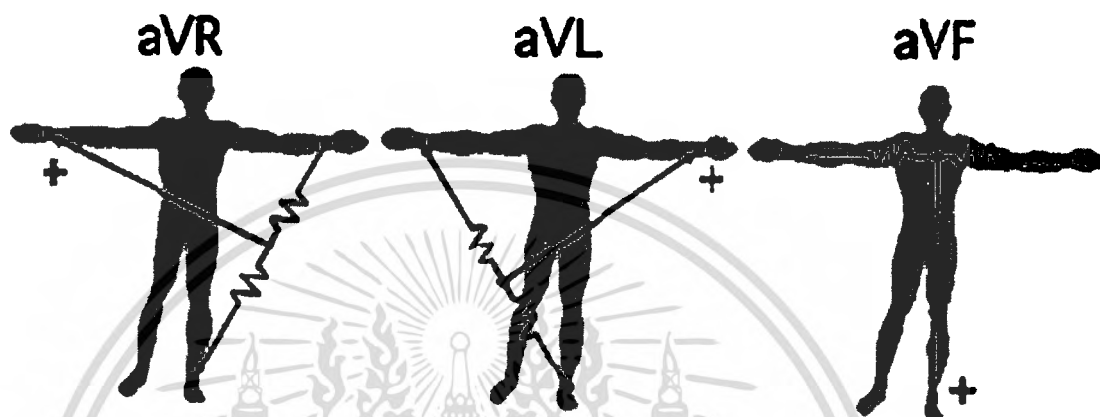
อักษร “a” หมายถึง Augmented ซึ่งการใช้ระบบนี้คือ ตัดขั้วลบบอกทำให้ อิเล็กโทรดที่บันทึกได้มีแอมพลิจูดสูงขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์

อักษร “V” หมายถึง Voltage คือค่าของศักย์ไฟฟ้า

อักษร “R” หมายถึง แขนขวา

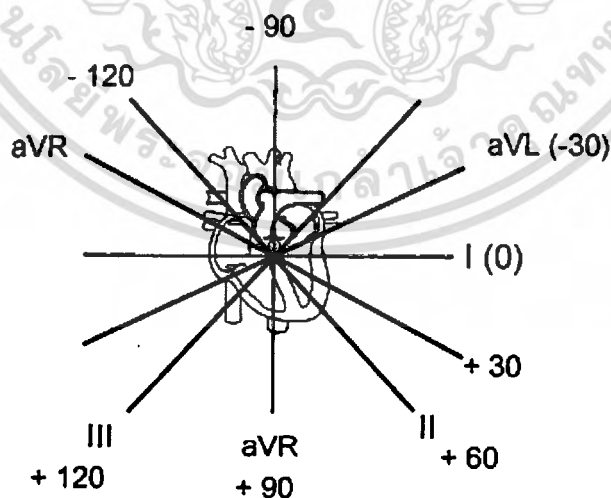
อักษร “L” หมายถึง แขนซ้าย

อักษร “F” หมายถึง ขาซ้าย



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบ Unipolar Limb Lead

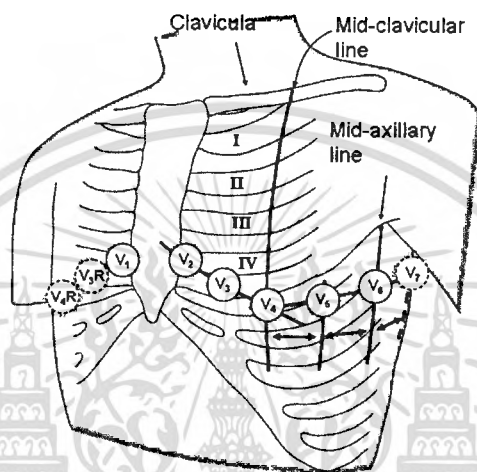
จากรูปที่ 9 แสดงตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบ Unipolar Limb Lead วิธีการนี้จะได้วิธีการมองหัวใจได้เพิ่มอีก 3 มุมมองที่ต่างจาก ไบโพลาลิมบ์ลีด (Bipolar Limb Lead) แต่ยังคงเป็นการมองหัวใจด้านหน้า (Frontal Plane) เมื่อรวมค่าศักย์ไฟฟ้าทั้งทั้ง 6 ลีด (Bipolar Limb Lead และ Unipolar Limb Lead) จะได้เวกเตอร์หน้า (Frontal Plane Vector) ที่ต่างกัน 6 มุม เรียกว่า Hexaxial ซึ่งนำมาประเมินแนวแกนของหัวใจได้แนวแกนหัวใจปกติจะอยู่ระหว่าง $+110$ ถึง -30 องศา แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 2.10 แนวแกนของหัวใจเปรียบเทียบกับวิธีการวัดแบบ Unipolar Limb Lead

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธีการวัดแบบ Unipolar Chest Lead (Unipolar Percordial Lead) วิธีการวัดแบบ Unipolar Chest Lead เป็นการบันทึกการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้า โดยใช้ขั้วอิเล็กโทรดบันทึก (Exploring Electrode, ขั้วบวก) วางบนตำแหน่งผนังบริเวณทรวงอก โดยเปรียบเทียบกับตำแหน่งศูนย์ ซึ่งตำแหน่งศูนย์ทำได้โดยนำขั้วไฟฟ้าที่วางตำแหน่งแขนขวา แขนซ้ายและขาซ้ายมารวมกัน สามารถวัดศึกได้ 6 ตำแหน่ง คือ V1, V2, V3, V4, V5 และ V6 โดยคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้เป็นการดูหัวใจด้าน Horizontal Plane



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบ Unipolar Chest Lead

จากรูปที่ 11 แสดงตำแหน่งที่วางอิเล็กโทรดทั้ง 6 ตำแหน่ง ดังนี้

ลีด V1 วางตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 4 และที่ 5 ซิดกระดูกหน้าอกด้านขวา

ลีด V2 วางตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 1 และที่ 5 ซิดกระดูกหน้าอกด้านซ้าย

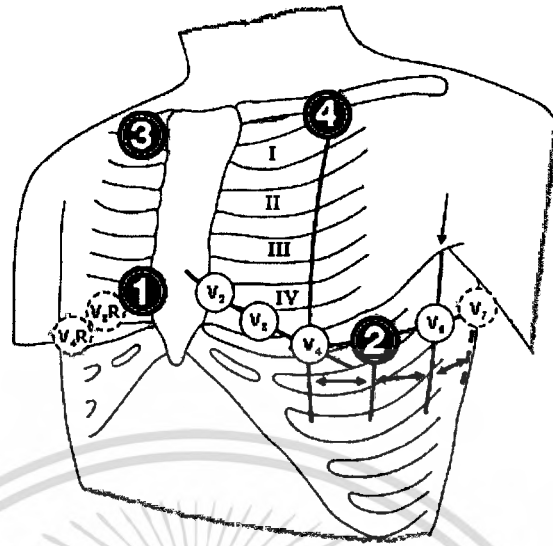
ลีด V3 วางตำแหน่งระหว่าง V2 และ V4

ลีด V4 วางตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 4 และที่ 5 แนว Medclavicular Line

ลีด V5 วางตำแหน่งเดียวกับระดับ V4 แต่ตรงแนว Anterior Axillary Line

ลีด V6 วางตำแหน่งเดียวกับระดับ V5 แต่ตรงแนว Midaxillary Line

4) มอนิเตอร์ลีด (Monitoring Lead)



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบ Monitoring Lead

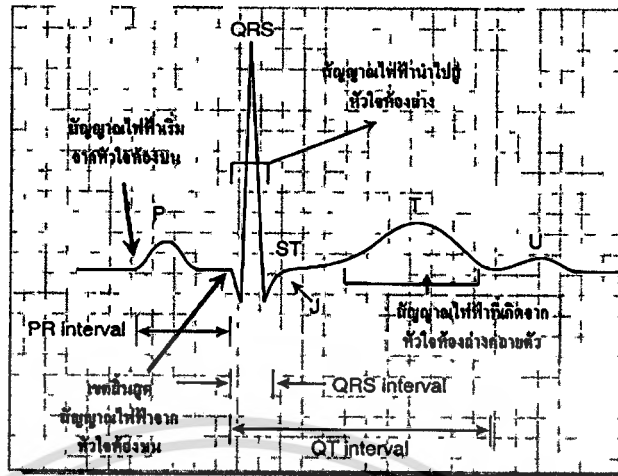
จากรูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งของการวัดแบบมอนิเตอร์ลีด ที่ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจตลอดเวลา (ECG Monitoring) โดยใช้ขั้วไฟฟ้าที่ติดอิเล็กโทรดเป็นขั้วบวกและลบเปรียบเทียบกับสายดิน วางอิเล็กโทรดที่ผิวหนังบริเวณทรวงอกแทนที่จะติดที่แขน ขา เหมือนในรูปแบบ bipolar limb lead ดังนั้นจึงเป็นการปรับรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการโมนิเตอร์รูปแบบที่นิยมใช้คือ

1. MCL 1 (M = Modified, C = Chest Position สำหรับขั้วบวก, L = Left Arm สำหรับขั้วลบ) หมายถึง การวางอิเล็กโทรดที่ติดขั้วบวกไว้ตำแหน่งเดียวกับ V1 คือระหว่าง ตำแหน่งกระดูกซี่โครง ที่ 4 และที่ 5 ซิดกระดูกหน้าอกด้านขวา วางอิเล็กโทรดที่ติดขั้วลบไว้ใต้กระดูกไหปลาร้าซ้าย ส่วนขั้วที่ติดสายดินมักวางใต้กระดูกไหปลาร้าขวา

2. MCR 5 (M = Modified, C = Chest Position สำหรับขั้วบวก, R = Right Arm สำหรับขั้วลบ) หมายถึง การวางอิเล็กโทรดที่ติดขั้วบวกไว้ตำแหน่งเดียวกับ V5 วาง อิเล็กโทรดที่ขั้วลบไว้ใต้กระดูกไหปลาร้าขวา ส่วนขั้วที่ต่อสายดินมักวางใต้กระดูกไหปลาร้าซ้าย

2.3 การแปลผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ คือ การบันทึกหน้าที่การทำงานของหัวใจ ซึ่งสามารถบันทึกได้ตั้งแต่มาก่อนการบีบตัวของหัวใจไปจนถึงการคลายตัวของหัวใจในแต่ละครั้ง กราฟจากการบันทึกจะเกิดขึ้นเป็นจังหวะ มีความถี่เท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจ



รูปที่ 2.13 ลักษณะองค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติ

จากรูปที่ 2.13 แสดงองค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ปกติประกอบด้วยคลื่น P Q R S และ T ที่ จะนำมาใช้ประโยชน์ในการแปลความหมายการทำงานของหัวใจ ดังนั้นกราฟที่ได้จากการบันทึกต้องสามารถ บ่งบอกถึงช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงของคลื่น ซึ่งจะถูกนำมาใช้ทางการแพทย์ ในการแปลความหมายของ สัญญาณ โดยการเทียบกับช่วงเวลาที่เป็ค่ามาตรฐาน เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสัญญาณจะทำให้ทราบความ ผิดปกติของหัวใจในแต่ละอาการได้

2.3.1 ลักษณะของกราฟคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะประกอบด้วย คลื่นย่อย 4 คลื่น ดังนี้

1. คลื่น P (P Wave) แสดงถึงผลรวมทางไฟฟ้าของการเกิดดีโพลาไรเซชันที่หัวใจห้องบนทั้งสอง ห้อง เนื่องจากผนังกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนไม่หนานัก จึงเห็นรูปคลื่นไฟฟ้าไม่สูงนัก ไม่เกิน 0.3 มิลลิโวลต์ และใช้เวลาไม่เกิน 0.11 วินาทีในคนปกติ เมื่อบันทึก 12 ลีด มาตรฐานจะได้ Positive Deflection ในลีด II, AVL, AVF และ V1 – V6 เพราะทิศทางของการดีโพลาไรเซชัน วิ่งเข้าหาขั้วบวกของอิเล็กโทรด และจะ บันทึกได้ Negative Deflection ใน Lead III, V1 – V2 อาจบันทึกได้ในลักษณะหัวตั้งหรือหัวกลับ

2. คลื่น QRS (QRS Complex) คลื่น QRS แสดงถึงการเกิดดีโพลาไรเซชันที่หัวใจห้องล่างทั้งสอง ห้องซึ่งหมายถึงเวลาที่ใช้ดีโพลาไรเซชันผ่านผนังกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างทั้งสอง และเนื่องจากผนังหัวใจห้อง ล่างแต่ละห้องหนาไม่เท่ากัน จึงทำให้บันทึกได้ QRS Complex รูปร่างแตกต่างกันในแต่ละลีด แต่เวลาที่ใช้ ไม่ควรเกิน 0.10 วินาที หากเกินกว่านี้แสดงว่ามีการขัดขวางระบบสื่อนำหรือการนำสัญญาณไม่ได้ผ่านระบบ สื่อนำประกอบด้วยคลื่น Q, R และ S ในการบันทึกบางทีลีดจะบันทึกได้เพียง QR, R หรือ RS แต่จะเรียก รวมกันว่า QRS Complex

คลื่น Q หมายถึง Negative Deflection ที่พบครั้งแรกหลังคลื่น P

คลื่น R หมายถึง Positive Deflection ที่พบครั้งแรกหลังคลื่น P

คลื่น S หมายถึง Negative Deflection ที่พบครั้งแรกหลังคลื่น R

3. คลื่น T (T Wave) แสดงถึงผลรวมทางไฟฟ้าของการเกิดดีโพลาไรเซชันของหัวใจห้องล่างทั้งสองห้องก่อนที่หัวใจห้องล่างทั้งสองห้องจะคลายตัว มีขนาดประมาณ $1/8 - 2/3$ ของคลื่น R บันทึกได้ในลักษณะหัวตั้งเกือบทุกลีด ยกเว้น AVR, AVL และ V1

4. คลื่น U (U Wave) แสดงถึงช่วงรีโพลาไรเซชัน (Repolarization) ของกล้ามเนื้อ Papillar ที่ยึดลิ้นหัวใจ AV มักบันทึกได้ไม่ชัดเจนและจะพบในสภาวะที่มีโพแทสเซียมไอออนในน้ำนอกเซลล์ต่ำ (Hypokalemia)

2.3.2 ช่วงเวลาของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

1. ช่วงเวลา P-R (P-R Interval) วัดเริ่มจากคลื่น P จนถึงเริ่ม QRS Complex บางครั้งเรียกว่า P-Q Interval ระยะนี้หมายถึงระยะที่ใช้ในการดีโพลาไรเซชัน กล้ามเนื้อหัวใจห้องบนทั้งสอง และถูกหน่วง (Delay) ที่ AV Node ระยะนี้ไม่ควรเกิน 0.20 วินาทีหากใช้เวลามากกว่านี้แสดงว่ามีการขัดขวางเกิดขึ้น

2. ช่วงเวลา QRS (QRS Interval) วัดตั้งแต่เริ่มคลื่น Q ถึงสิ้นสุดคลื่น S ช่วงเวลานี้ไม่ควรเกิน 0.10 วินาทีอาจถึง 0.11 วินาทีในลีด V2 และ V3

3. ระยะ V.A.T (Ventricular Activation Time) แสดงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการส่งสัญญาณจากกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างในสุดถึงชั้นนอกสุด วัดเริ่มจากคลื่น Q จนถึงจุดสูงสุดของคลื่น R

4. ช่วงเวลา Q-T (Q-T Interval) วัดจากระยะเริ่ม QRS Complex จนถึงสิ้นสุดคลื่น T หมายถึงระยะเวลาในการดีโพลาไรเซชันและรีโพลาไรเซชันในกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างทั้งหมด ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงตามอายุเพศ และอัตราหายใจในชายไม่ควรเกิน 0.42 วินาทีและในหญิงไม่ควรเกิน 0.43 วินาที

5. ช่วงเวลา R-P (R-P Interval) วัดจากจุดสูงสุดของ R Wave ที่อยู่ถัดไปสามารถนำมาคำนวณหาอัตราของหัวใจห้องล่างได้

6. ช่วงเวลา P-R (P-R Interval) ระดับของเส้นปกติจะอยู่ระดับเส้นพื้นฐาน (Isoelectric Line) เส้นนี้เริ่มดูตั้งแต่จบคลื่น P จนถึงเริ่ม QRS Complex

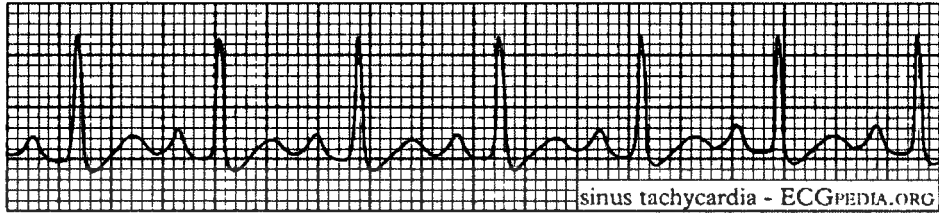
7. ระยะ S-T (S-T Segment) เริ่มวัดจากจบ QRS Complex (บางที่เรียก Junction) ถึงเริ่มคลื่น T ปกติอยู่ระดับเส้นพื้นฐาน เปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยจาก -0.5 มิลลิเมตร ถึง +2 มิลลิเมตร ถ้าระยะนี้อยู่ระดับสูงกว่านี้เรียกว่า Elevated ST Segment และถ้าลดต่ำกว่านี้เรียกว่า Depressed ST Segment ซึ่งบอกถึงสภาวะที่ความผิดปกติของกล้ามเนื้อหัวใจตั้งแต่ได้รับภยันตราย (Injury) ขาดเลือด (Ischemia) และกล้ามเนื้อตาย (Infarction)

2.3.3 ภาวะหัวใจเต้นผิดปกติ

หัวใจเต้นผิดปกติ (Arrhythmia) หมายถึง การที่หัวใจเต้นผิดจังหวะ หรือเต้นผิดปกติในอัตราเร็ว ทำให้คลื่นไฟฟ้าหัวใจมีความผิดปกติในอัตราจังหวะ หรือรูปร่างอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือผิดปกติหลายอย่าง

ประกอบกัน ซึ่งตามปกติ SA node จะให้กำเนิดประจุไฟฟ้า 60 – 100 ครั้ง/นาที ความผิดปกติของการกำเนิดคลื่นไฟฟ้า ที่สำคัญมีดังนี้

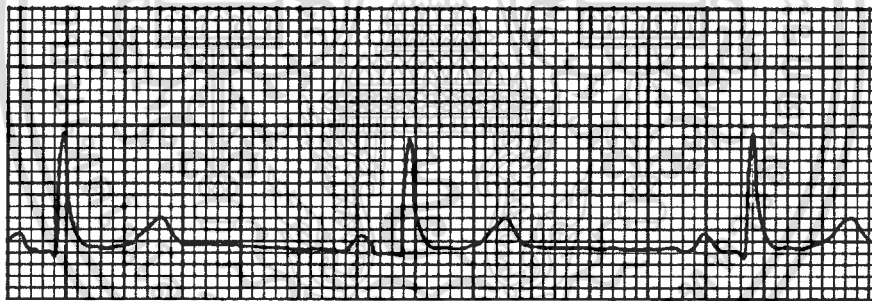
1. Sinus Tachycardia



รูปที่ 2.14 คลื่นหัวใจ Sinus Tachycardia

ภาวะที่คลื่นหัวใจเหมือน Normal sinus แต่อัตราการเต้นเร็วกว่า 100 ครั้ง/นาที มักพบในภาวะออกกำลังกาย ภาวะวิตกกังวลหรือเครียด ภาวะที่มีการหลั่ง Catecholamine เพิ่มขึ้นภาวะโปแตสเซียมต่ำ ภาวะพร่องออกซิเจน (Hypoxia) ภาวะ sinus tachycardia มักเป็นการตอบสนองทางสรีระของร่างกายตามปกติ ไม่จำเป็นต้องรักษา แต่ควรแก้ไขต้นเหตุที่ไปกระตุ้นหัวใจจึงจะทำให้หัวใจเต้นช้าลงจนปกติเองได้ ยกเว้นถ้าเกิดมากเกินไป โดยไม่เหมาะสมแก่สาเหตุ อาจรักษาโดยกลุ่ม Beta blocker ได้

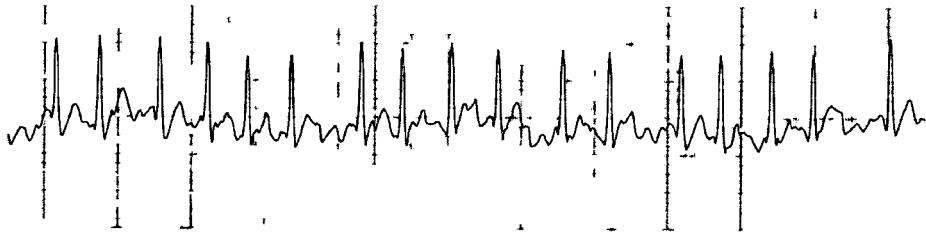
2. Sinus Brady cardia



รูปที่ 2.15 คลื่นหัวใจ Sinus Brady cardia

ภาวะที่คลื่นหัวใจเหมือน Normal sinus แต่อัตราการเต้นช้ากว่า 60 ครั้ง/นาที ถ้าช้ากว่า 40 ครั้งต่อนาทีมักมีความดันโลหิตต่ำร่วมด้วยหรือ มีอาการหน้ามืดได้ ซึ่งถือว่าเป็นกรณีเร่งด่วนเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ อาทิ ฉีด atropine หรือ Isoproterenol หยดเข้าทางหลอดเลือดดำ ถ้าไม่ได้ผลอาจต้องใช้เครื่องกระตุ้นหัวใจ (Pace maker) สาเหตุที่พบบ่อยคือ กล้ามเนื้อหัวใจตายเฉียบพลัน ผลจากยา Beta blocker

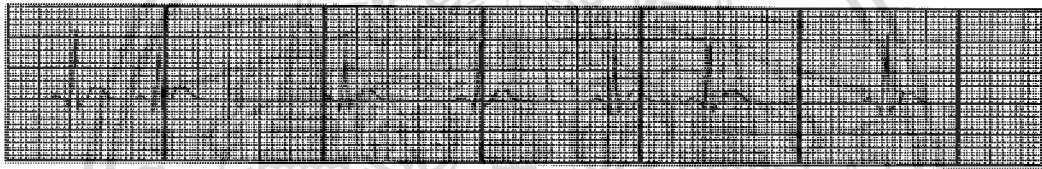
3. Atrial fibrillation (AF)



รูปที่ 2.16 คลื่นหัวใจ Atrial fibrillation (AF)

ภาวะที่หัวใจห้องบนเต้นเร็วหรือสั่นพริ้ว เกิดจาก Ectopic focus ใน atrium ปลอ่ยประจุไฟฟ้า ออกมาถี่มากและไม่สม่ำเสมอ อัตราเต้นเร็วมากกว่า 400- 700 ครั้ง /นาที สาเหตุความผิดปกติเกิดจาก อายุมาก ภาวะโรคหัวใจขาดเลือด โรคความดันเลือดสูงกล้ามเนื้อ หัวใจพิการเป็นต้น

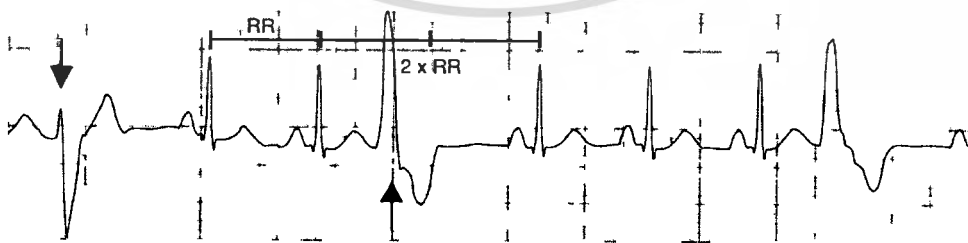
4. Premature atrial contraction (PAC)



รูปที่ 2.17 คลื่นหัวใจ Premature atrial contraction (PAC)

ภาวะที่การเต้นของหัวใจห้องบนซึ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำโดยจุดผิดปกติ (ectopic Foci) ที่ไม่ใช่ SA node ทำให้เกิด P wave เร็วกว่ากำหนด บางครั้งซ้อนอยู่บน T Wave ทำให้รูปร่างของ T wave เปลี่ยนไปบางครั้ง PAC ไม่สามารถเหนี่ยวนำหัวใจห้องล่างได้จึงไม่มี QRS complex สาเหตุของความผิดปกติเกิดจากคลื่นหัวใจตีบ ต่อมไทรอยด์เป็นพิษจากยาดีจิตาลิส ในผู้ป่วยที่เกิดภาวะ PAC อาจไม่รู้สึกรับผิดชอบผิดปกติ พยาบาลมีหน้าที่สังเกต ติดตาม และบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจถ้าพบ PAC เกิน 6 ครั้ง /นาที ให้รายงานแพทย์

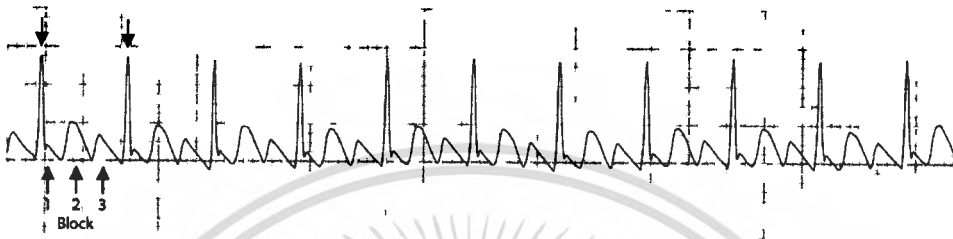
5. Premature ventricular contraction (PVC)



รูปที่ 2.18 คลื่นหัวใจ Premature ventricular contraction (PVC)

ภาวะความผิดปกติที่เกิดจาก Ectopic foci ในหัวใจห้องล่าง จึงพบ QRS wave โดยไม่มี P wave นำมาก่อน และ QRS ที่เกิดขึ้นจะมีรูปร่างผิดปกติ มีความกว้างเกิน 0.12 วินาที และมีช่วงหยุดหลังจากนั้น เนื่องจาก refractory period ของ PVC จะไปกันไม่ให้หัวใจเต้นตามปกติได้ชั่วขณะหนึ่ง ST segment และ T wave จะชี้ไปในทางตรงกันข้าม

6. Atrial flutter

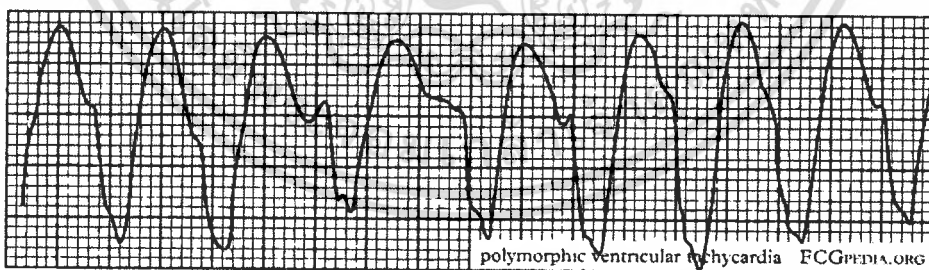


รูปที่ 2.19 คลื่นหัวใจ Atrial flutter

เกิดจากมี Ectopic focus ใน atrium กระตุ้นให้มี Depolarization อย่างเร็วและสม่ำเสมอ อัตรา 250 -350 ครั้ง / นาที ทำให้ P wave เป็นรูปฟันเลื่อย QRS complex เกิดจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจาก atrium ไป ventricle จึงไม่สัมพันธ์กัน สาเหตุเกิดจากความเครียด บุหรี่ แอลกอฮอล์ หรือความผิดปกติที่หัวใจ ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจห้องล่างปกติก็ไม่ต้องรักษา ยกเว้นมีอาการเจ็บหน้าอก ภาวะหัวใจล้มเหลวร่วมด้วยให้ยา Digitalis หรือทำ

Cardio version ดังนั้นการพยาบาลต้องสังเกตและบันทึก ECG โดยเจาะช่วงที่ผิดปกติ สังเกตอาการเจ็บหน้าอก หรืออาการภาวะหัวใจล้มเหลวต้องรีบรายงานแพทย์ และควรเตรียมเครื่องกระตุ้นหัวใจให้พร้อม

7. Ventricular tachycardia (VT)

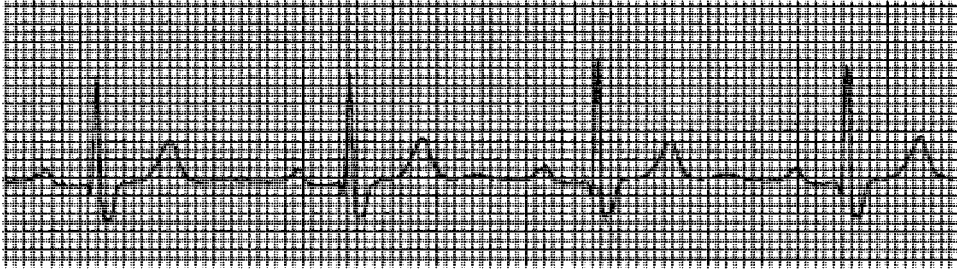


รูปที่ 2.20 คลื่นหัวใจ Ventricular tachycardia (VT)

Ventricular tachycardia (VT) คือภาวะ ที่ ventricle เป็นจุดกำเนิดของการเต้นของหัวใจ โดยเต้นในอัตราที่เร็วมาก แต่สม่ำเสมอ 101 -250 ครั้ง/นาที ไม่มี P wave QRS รูปร่างผิดปกติและกว้างกว่า 0.12 วินาที สาเหตุของอาการเช่นเดียวกับ PVC แต่รุนแรงกว่า เป็นภาวะฉุกเฉิน ดังนั้นการพยาบาล ต้องบันทึก ECG ตลอดเวลา ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงต้องพร้อมที่จะช่วยเหลือทันที ค้นหาสาเหตุ และวางแผนแก้ไข เตรียมพร้อม CPR และ Defibrillation ทันทีที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็น VF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. First degree AV block

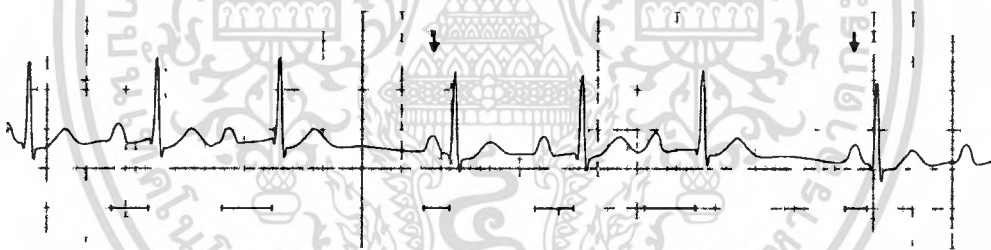


รูปที่ 2.21 คลื่นหัวใจ First degree AV block

จุดกำเนิดไฟฟ้าเกิดจาก SA node แต่การเหนี่ยวนำ Av node ถูกหน่วงให้ช้าลง ดังนั้นลักษณะคลื่นไฟฟ้าจึงเหมือน Sinus rhythm ทุกอย่างยกเว้น PR interval ยาวกว่าปกติ คือมากกว่า 0.20 วินาทีคงที่ตลอด ไม่จำเป็น ต้องรักษาแต่พยาบาลต้องคอยติดตามอย่างใกล้ชิด

9. Second degree AV block

กระแสไฟฟ้าที่สร้างจาก SA node เหนี่ยวนำผ่าน AV node แต่ถูกขัดขวางทำให้ลงไปยัง ventricle ไม่ได้บางส่วน การเหนี่ยวนำไฟฟ้าผ่าน AV node จะค่อย ๆ ถูกหน่วงให้ช้าลง จึงเห็นคลื่นไฟฟ้าหัวใจ PR interval ค่อยๆยาวออก จนในที่สุดมีแต่ P wave โดยไม่มี QRS ตามหลัง ไม่ต้องรักษา



รูปที่ 2.22 คลื่นหัวใจ Mobitz type I

ภาวะนี้จะพบว่าหัวใจเต้นเป็นปกติ มี PR interval คงที่ สม่ำเสมอเท่ากันทุกครั้ง แต่มีบางครั้ง เกิดการขัดขวางไม่ให้ไฟฟ้าผ่าน AV node แบบทันทีทันใด จึงเห็นคลื่นไฟฟ้าหัวใจ มีแต่ P wave โดยไม่มี QRS ตามหลังบางครั้ง ภาวะนี้ต้องรักษาด้วยการใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้า (pacemaker) ให้ยา atropine และ Isoproterenol ควบคู่กันไปกับการใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้า ดังนั้นการพยาบาลต้องสังเกตติดตามบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งอาจกลายเป็นชนิดที่รุนแรงมากขึ้น และจัดให้ผู้ป่วยได้พักให้ออกซิเจน

3. ทฤษฎีเกี่ยวกับเรดาร์

เรดาร์ เป็นระบบที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเครื่องมือในการระบุระยะ (range) , ความสูง (altitude) รวมถึงทิศทางหรือความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เดิมทีตั้งแต่ปี ค.ศ. 1941 คำว่า "เรดาร์" ในภาษาอังกฤษสะกดด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ คือ RADAR และย่อมาจากคำว่า Radio Detection and Ranging อย่างไรก็ตามในระยะหลัง คำนี้ได้กลายเป็นคำทั่วไปในภาษาอังกฤษ เราจึงพบเห็นการสะกดด้วยตัวพิมพ์เล็กแทน สำหรับใน สหราชอาณาจักร คำว่าเรดาร์ แต่เดิมถูกเรียกว่า RDF (Radio Direction Finder)

ประวัติศาสตร์ของเรดาร์สามารถกล่าวย้อนไปตั้งแต่สมัยแรกเริ่มค้นพบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในปี ค.ศ. 1886 Heinrich Hertz ได้สาธิตคุณสมบัติการสะท้อนของคลื่นวิทยุ ในปี ค.ศ. 1904 วิศวกรชาวเยอรมัน Hülsmeyer ประสบความสำเร็จในการทดลองตรวจจับเรือที่อยู่ท่ามกลางหมอกที่บดบังได้สำเร็จ อย่างไรก็ตามเขายังไม่สามารถระบุตำแหน่งของเรือได้ ต่อมา ค.ศ. 1917 นิโคลา เทสลา ได้อธิบายหลักการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการตรวจจับและวัดความเร็วของวัตถุ ในปี ค.ศ. 1922 Albert H. Taylor และ Leo C. Young แห่ง U.S. Naval Research Laboratory (NRL) สาธิตการตรวจจับตำแหน่งของเรือโดยใช้เรดาร์ และต่อมาในปี ค.ศ. 1930 Lawrence A. Hyland แห่งห้องทดลอง NRL เช่นกัน เป็นคนแรกที่สามารถตรวจจับเครื่องบิน (โดยบังเอิญ) โดยใช้เรดาร์ได้สำเร็จ จากความสำเร็จนี้ส่งผลให้มีการจัดสิทธิบัตรเรดาร์ชนิด Continuous Wave (CW) ในปี ค.ศ. 1934

วิวัฒนาการของเรดาร์ได้ก้าวไปอย่างรวดเร็วในช่วงกลางยุค 1930 มีการพัฒนาทั้งใน สหรัฐอเมริกา บริเตนใหญ่ ฝรั่งเศส เยอรมนี รัสเซีย อิตาลี และ ญี่ปุ่น ในสหรัฐอเมริกา R.M. Page แห่งห้องทดลอง NRL สามารถพัฒนาเรดาร์แบบใหม่ที่เรียกว่า Pulsed radar ได้สำเร็จในปี ค.ศ. 1936 ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1938 เรดาร์ถูกเริ่มนำมาใช้ในการรบเป็นครั้งแรกใน SCR-268 ซึ่งเป็นระบบดักจับและทำลายเครื่องบินรบ (antiaircraft fire control system) และในปี ค.ศ. 1939 ระบบเรดาร์ SCR-270 ก็ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับเป็นระบบเตือนภัยล่วงหน้า (early warning system) ระบบ SCR-270 เป็นที่รู้จักในนาม Pearl Harbor Radar เนื่องจากเรดาร์สามารถตรวจจับผู้บุกรุกได้ล่วงหน้า 30 นาที แต่จากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติการทำให้เพิกเฉยต่อการเตือนของเรดาร์จนทำให้เกิดโศกนาฏกรรม Pearl Harbor ในที่สุด

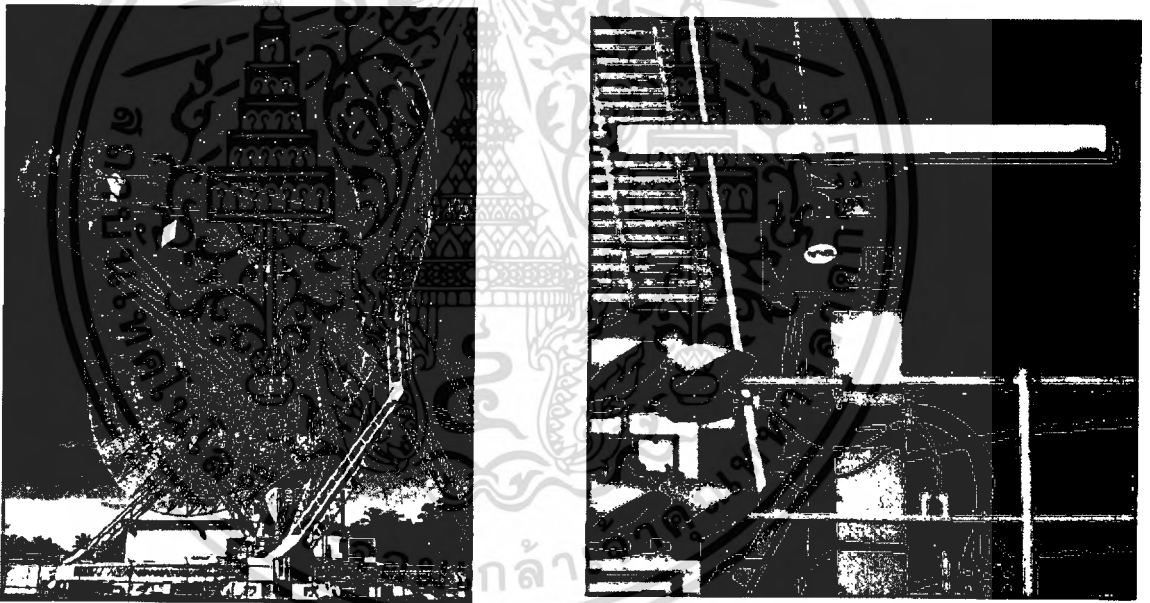
ในส่วนของบริเตนใหญ่ เนื่องจากในช่วงนั้นถูกกดดันจากข่าวลือว่าเยอรมนีกำลังพัฒนาอาวุธใหม่ที่เรียกว่า death ray แม้ว่าท้ายที่สุดแล้วจะพบว่าอาวุธดังกล่าวไม่มีทางเป็นไปได้ แต่แรงกระตุ้นดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ Robert Watson-Watt สามารถคิดค้น Pulsed radar ได้สำเร็จและในปี ค.ศ. 1938 ถูกนำมาใช้ในระบบ Home Chain สำหรับป้องกันการโจมตีจากกระสวยไกล โดยระบบนี้ถูกใช้จนกระทั่งจบสงครามโลกครั้งที่ 2

ระบบเรดาร์ในช่วงก่อนปี ค.ศ. 1940 ใช้ความถี่ในย่าน HE และ VHE เป็นหลัก ต่อมาในปี ค.ศ. 1940 จากการที่อังกฤษและสหรัฐอเมริกาแลกเปลี่ยนเทคโนโลยีทางด้านเรดาร์ต่อกันทำให้มีการพัฒนาเรดาร์ที่ทำงานที่ความถี่ย่านไมโครเวฟได้สำเร็จ สำหรับประเทศอื่นๆ ที่มีการพัฒนาด้านเรดาร์เช่น ฝรั่งเศส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรัสเซียในช่วงนั้นก็ต้องชะงักเมื่อถูกรุกรานจากเยอรมนี สำหรับญี่ปุ่น การพัฒนาเทคโนโลยีด้านเรดาร์ ในช่วงนั้นเป็นผลพวงจากการที่ญี่ปุ่นสามารถยึดเรดาร์ของสหรัฐได้ที่ฟิลิปปินส์ และการแลกเปลี่ยนเทคโนโลยีกับเยอรมนี ในตอนท้ายของสงครามโลกครั้งที่ 2 เทคโนโลยีเรดาร์ที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ในแง่ของประสิทธิภาพจึงเป็นเรดาร์ที่ทำงานที่ย่านความถี่ไมโครเวฟและเป็นแบบ pulsed radar[1]

ในยุคแรกๆ วิวัฒนาการเรดาร์ขับเคลื่อนไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญทางการทหาร แต่ในปัจจุบัน เรดาร์ถูกนำมาใช้งานในชีวิตประจำวันมากขึ้น ได้แก่เรดาร์จับความเร็วรถยนต์ของตำรวจเพื่อตรวจจับผู้ขับขี่ที่ขับรถเร็วเกินตามที่กฎหมายกำหนด การวัดความเร็วลูกเบสบอลหรือเทนนิสในการแข่งขันกีฬา การใช้เรดาร์ในการพยากรณ์อากาศ ใช้นำทางเครื่องบินโดยสาร ใช้เป็นระบบเตือนการชนสิ่งกีดขวางของรถยนต์ ใช้ในระบบดาวเทียมเพื่อสร้างภาพถ่ายทางอากาศที่แสดงสภาวะของโลก เช่นสภาพป่า น้ำ มลภาวะ หรือการใช้ที่ดิน เป็นต้น



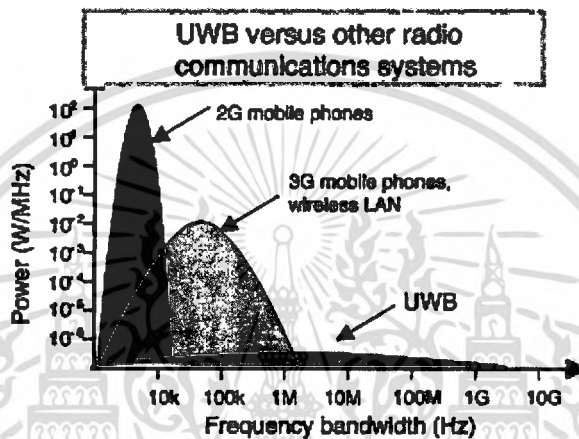
เทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่ง(Ultra Wideband Technology)

เขียนโดย เว็บไซต์ภายนอก | 02 กันยายน 2011

แหล่งที่มา <http://www.ecti-thailand.org/emagazine/views/92>

3.1 ความเป็นมา ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว และเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่มีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาประเทศ และชีวิตความเป็นอยู่ในปัจจุบัน เช่น การติดต่อสื่อสารทางไกลทั้งใน ประเทศและระหว่างประเทศ การประชุมผ่านทางไกล การเรียนการสอนผ่านทางไกล การติดต่อสื่อสารส่วนบุคคล การติดต่อสื่อสารระยะสั้น ๆ ยกตัวอย่างเช่นโครงข่ายในเป็นสำนักงาน และการโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย เป็นต้น เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายเหล่านี้ล้วนแล้วมีความ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับ อนุญาต ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มต้องการความเร็วสูงมากในการส่งผ่านข้อมูล ดังนั้นเพื่อให้ได้ตามความต้องการของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความกว้างของแถบความถี่ และความจุของช่องสัญญาณ จึงเป็นประเด็นการพัฒนาเข้าไปสู่เทคโนโลยี 3G, 4G, 5G WiMedia และ WiMAX ในอนาคตอันใกล้นี้ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก ๆ สำหรับการศึกษาวิจัย มีเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายมากมายที่ได้รับความสนใจ แต่มีเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง (Ultra wideband; UWB) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจมาก เพราะมีแถบกว้างมากมีแบนด์วิดท์กว้างถึง 7.5 GHz ในช่วงความถี่ระหว่าง 3.1 GHz ถึง 10.6 GHz และใช้กำลังงานต่ำ บนมาตรฐาน IEEE802.15.3a หรือ WPAN [1] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 2.23 เปรียบเทียบสเปกตรัมระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ

เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งจึงเหมาะสมสำหรับการนำไปพัฒนาระบบไร้สายแบบแถบกว้างทั้งในปัจจุบันและอนาคต สามารถประยุกต์ใช้ในระบบสื่อสารต่าง ๆ ได้มากมาย ซึ่งเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งนี้เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาจากระบบเรดาร์ที่ใช้ในด้านทางการทหารและได้เล็งเห็นถึงประโยชน์มหาศาลที่สามารถออกแบบมาใช้ ในระบบไร้สายที่ต้องการความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสำหรับพลเรือน จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งนี้ มีการรับส่งข้อมูลด้วยสัญญาณพัลส์ที่แคบมากเป็น ns ซึ่งพัลส์ที่มีช่วงเวลาแคบๆ จะมีสเปกตรัมที่กว้างมาก จึงทำให้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งนี้มีราคาถูกลง เนื่องจากอุปกรณ์ภาครับและภาคการรับส่งสัญญาณแบบอิมพัลส์ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ขนาดเล็ก ทำให้ใช้กำลังงานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบแถบแคบที่ใช้กันอยู่ อีกประการหนึ่งสัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งจะมีสัดส่วนของแบนด์วิดท์ในการส่งมากกว่าหรือเท่ากับ 20 % ของแถบความถี่กลาง หรือมีการใช้แถบความถี่มากกว่าหรือเท่ากับ 500 MHz ซึ่งจะเห็นว่ามีสัดส่วนมากกว่าแถบความถี่ของระบบการสื่อสารไร้สายที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาก ซึ่งอยู่บนสัดส่วนแบนด์วิดท์ของสัญญาณ ซึ่งสามารถกำหนดได้ดังสมการที่ 1

$$B_f = \frac{BW}{f_c} = 2 \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L} \quad (2.1)$$

ซึ่ง f_H คือความถี่สูงสุดและ f_L คือความถี่ต่ำสุดของแถบความถี่ที่ใช้งานในระบบแถบกว้างยิ่ง

จากคุณสมบัติต่างๆ ของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งที่ได้กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าเหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ใช้งานในลักษณะของโครงข่ายพื้นที่ส่วนบุคคลแบบไร้สาย (Wireless personal area networks;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WPANs) การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างๆในการรับส่งข้อมูลที่เป็นมัลติมีเดีย ที่มีขนาดของข้อมูลที่ใหญ่ ต้องการความเร็วสูงในการรับส่ง เช่น การติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ กล้องวิดีโอ กล้องถ่ายรูป เครื่องสแกนเนอร์ เป็นต้น เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งก็มีคุณสมบัติและสามารถรองรับความต้องการดังกล่าวได้มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงใช้ในระยะทางสั้นที่ระยะทาง 10 เมตรจะมีความเร็ว 110 Mb/s และมีอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้นในระยะทางที่สั้นลง โดยที่ระยะทาง 2 เมตรจะมีความเร็วสูงถึง 480 Mb/s [2]

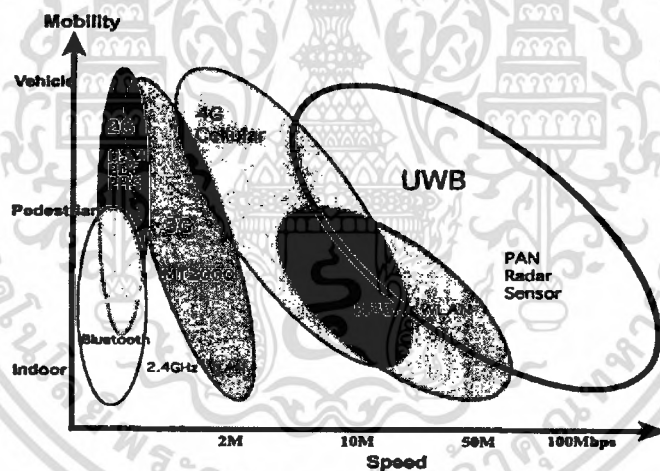
ความจุของช่องสัญญาณหรืออัตราข้อมูลต่อบิตสูง ดังแสดงการเปรียบเทียบให้ในรูปที่ 2 ซึ่งขนาดความจุที่มากของเทคโนโลยีแบบแถบกว้างยังสามารถพิจารณาได้จากทฤษฎีของ Hartley-Shannon ดังสมการที่ 2

$$C_c = BW \log_2(1 + SNR) \quad (2.2)$$

เมื่อ C_c คือค่าความจุช่องสัญญาณสูงสุด

BW คือแบนด์วิดท์

SNR คืออัตราส่วนสัญญาณกำลังงานต่อสัญญาณรบกวนกำลังงาน f



รูปที่ 2.24 เปรียบเทียบอัตราข้อมูลต่อบิตและระยะทางระหว่างแถบกว้างยิ่งและแถบความถี่อื่น ๆ

3.2. ประวัติและความเป็นมาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง

เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนานตั้งแต่สมัยที่ Marconi ได้สาธิตการทดลองโดยใช้ Spark gap ในการรับ-ส่งสัญญาณส่งสัญญาณวิทยุอิมพัลส์ (Impulse radio) ข้ามมหาสมุทรแอตแลนติก ในปี 1901 ต่อมาในปี ค.ศ. 1962 ได้ประดิษฐ์เครื่องส่งวิทยุแถบกว้างยิ่งโดยใช้หลักการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโดเมนทางเวลาและได้ถูกนำไปใช้ในการส่งสัญญาณในโครงข่ายไมโครเวฟในปี ค.ศ. 1963-1966 ซึ่งมีการแนวทางในการพัฒนาว่าต้องมีรูปแบบที่ง่ายและไม่ซับซ้อน โดยใช้คุณลักษณะของการตอบสนองความถี่ เช่น ขนาดของสัญญาณ และเฟส ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของผลตอบสนองของสัญญาณจากฟังก์ชันในการส่งผ่านสัญญาณของช่องสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์สัญญาณนั้นได้ใช้เครื่อง ออสซิลโลสโคปในการสุ่มค่าของสัญญาณ เพื่อมาทำการวิเคราะห์และพัฒนาโครงข่ายในระบบโมโครเวฟ และรูปแบบของสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่าน โดยการวิเคราะห์และการวัดสัญญาณ

เทคนิคในการวัดสัญญาณนั้นแรกเริ่มได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับแถบความถี่กว้างในปี ค.ศ. 1968 ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาสัญญาณที่มีขนาดแคบได้อย่างรวดเร็ว และได้ถูกนำไปใช้ในการส่งสัญญาณติดต่อสื่อสารแบบเรดาร์ ในปี ค.ศ. 1972 และในปีต่อมาเครื่องออสซิลโลสโคป ที่ใช้การวิเคราะห์ ความถี่ที่สูงขึ้นก็ได้ถูกสร้างขึ้น จึงทำให้มีการกำหนดแถบความถี่กว้างยิ่งในปี ค.ศ.1973 ต่อมาในปี ค.ศ.1980 นั้นก็ได้มีการกำหนดให้ เทคโนโลยี แถบความถี่กว้างยิ่งนี้ไม่จำเป็นต้องใช้คลื่นพาหะ ในการส่งสัญญาณเหมือนอย่างแถบความถี่กว้างอีกต่อไป และเป็นจุดที่แตกต่างจากการส่งคลื่นวิทยุแบบอื่นที่มีมาก่อนหน้านั้น และต่อมาได้ถูกพัฒนาในประเทศสหรัฐอเมริกาต่อในปี ค.ศ. 1989

ในช่วงเวลาเกือบ 30 ปี ทฤษฎีของแถบความถี่กว้างยิ่งได้ถูกพัฒนาทั้งด้านเทคนิคและอุปกรณ์ ตัวอย่าง เช่น ในปี ค.ศ.1989 ได้มีการจดสิทธิบัตรมากกว่า 50 ชิ้น เกี่ยวกับการสร้างสัญญาณแถบความถี่กว้างยิ่งและวิธีในการรับส่งสัญญาณและการนำแถบความถี่กว้างยิ่งได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานหลากหลายรูปแบบ เช่น ในการติดต่อสื่อสารในระบบเรดาร์การป้องกันการชนกันของคลื่นมือถือ, ระบบบอกพิกัด และตรวจวัดระดับของเหลว โดยใช้คุณลักษณะของแถบถี่กว้างยิ่ง

โดยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 เทคโนโลยีแถบความถี่กว้างยิ่งได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในระบบการติดต่อสื่อสารอย่างรวดเร็วโดยรัฐบาลสหรัฐอเมริกา จนปี ค.ศ. 1998 ได้มีการเริ่มพิจารณามาตรฐานและข้อกำหนดและในปี ค.ศ. 2002 ได้มีการประกาศใช้ข้อกำหนดแถบความถี่กว้างยิ่ง และได้จัดการประชุมวิชาการระดับนานาชาติครั้งแรก

3.3. ข้อกำหนดการทำงานของระบบสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ได้ถูกกำหนดขึ้นในการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งนั้นก็คือการจัดสรรความถี่ในการใช้งาน ซึ่งได้มีกลุ่มทำงานในสหรัฐอเมริกาได้พยายามทำการถอดถอนการจำกัดของข้อกำหนดในการใช้งานช่วงความถี่ของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งจากกฎข้อบังคับเดิมของคณะกรรมการการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา โดยกลุ่มทำงานนี้ได้ก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ โดยใช้ชื่อว่า Ultra wideband working group (UWBWG) เพื่อทำการเจรจาข้อตกลงร่วมกับ FCC [2] เช่นเดียวกันกับในยุโรปก็ได้มีการหาข้อตกลงการจัดสรรคลื่นความถี่และการแทรกสอดของควมถี่วิทยุซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีกำหนดแถบความถี่สำหรับการใช้งานในระบบแถบกว้างยิ่งในสถาบันกำหนดมาตรฐานทางโทรคมนาคมแห่งสหภาพยุโรป (European telecommunications standards institute; ETSI) หรือ สหพันธ์โทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International telecommunication union; ITU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ข้อกำหนดของระบบแถบกว้างยิ่งในสหรัฐอเมริกา

ในปี ค.ศ. 1998 คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งสหรัฐอเมริกา (Federal communications commission; FCC) ได้ออกประกาศเกี่ยวกับการตรวจสอบหรือ Notice of inquiry (NOI) โดยถึงแม้ว่าจะได้คาดการณ์ถึงระดับกำลังงานที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณที่มีระดับต่ำมากๆ แล้วก็ตาม ยังมีกลุ่มผู้ที่สนับสนุนในระบบเดิมที่มีใช้งานกันอยู่ได้ทำการต่อต้าน การนำระบบแถบกว้างยิ่งมาใช้งาน สำหรับการสื่อสารของพลเรือนซึ่งชื่อเรียกร่องโดยมากจะเกี่ยวข้องกับการคาดการณ์ถึงการเพิ่มขึ้นของระดับการแทรกสอดในแถบความถี่ที่มีอยู่อย่างจำกัด อาทิเช่น แถบความถี่ในการกระจายสัญญาณโทรทัศน์ แถบความถี่ที่สำรองไว้สำหรับคลื่นวิทยุทางดาราศาสตร์และระบบ GPS โดยที่องค์กรบริหารการบินแห่งสหรัฐอเมริกาหรือFederal aviation administration (FAA) ได้แสดงความเป็นห่วงต่อการแทรกสอดของสัญญาณที่มีต่อระบบความปลอดภัยในกิจการการบินและทิศทางในการค้นคว้าเกี่ยวกับเครื่องส่งในระบบแถบกว้างยิ่งด้วยเช่นกัน

ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2002 ทาง FCC ได้ออกกฎสำหรับระบบแถบกว้างยิ่งซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตของการแพร่กระจายกำลังงานฉบับที่หนึ่งสำหรับระบบแถบกว้างยิ่งและยังอนุญาตให้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในลักษณะทางการค้าอีกด้วย โดยรายงานล่าสุดของคำประกาศและระเบียบการฉบับที่หนึ่งได้เผยแพร่ต่อสาธารณชน เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2002 ซึ่งในเอกสารได้กล่าวถึงการอนุญาตใช้งานในระบบแถบกว้างยิ่งทั้ง 4 ประเภทและการกำหนดขอบเขตการแพร่กระจายพลังงานสำหรับการใช้ในประเภทต่าง ๆ โดยจากนิยามข้างต้น ส่วนข้อจำกัดการแพร่กระจายกำลังงานโดย FCC ได้แสดงให้เห็นในตารางที่ 1 สำหรับใช้ในการสื่อสารข้อมูลทั้งภายในและภายนอกอาคาร

ตารางที่ 3.1 ข้อจำกัดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดย FCC สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร

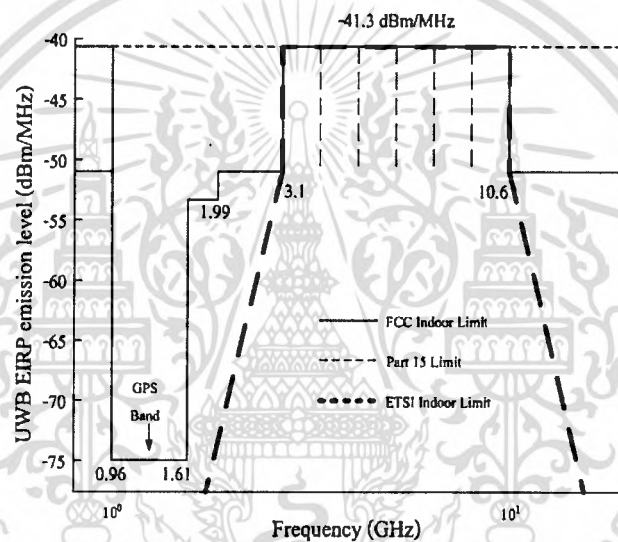
ความถี่ [MHz]	ภายในอาคาร	ภายนอกอาคาร
	EIRP in dBm	EIRP in dBm
960 - 1610	-75.3	-75.3
1610 - 1990	-53.3	-63.3
1990 - 3100	-51.3	-61.3
3100 - 10600	-41.3	-41.3
สูงกว่า 10600	-51.3	-61.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

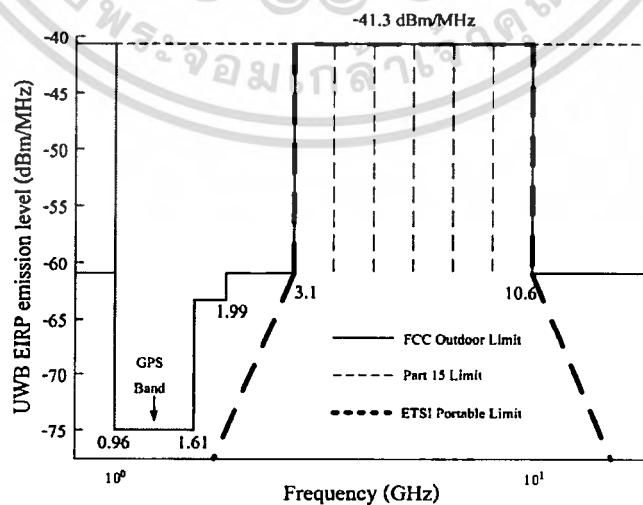
3.5 ข้อกำหนดของระบบแถบกว้างยิ่งในยุโรป

ปัจจุบันโครงร่างของข้อกำหนดระบบแถบกว้างยิ่งในทวีปยุโรปอยู่ในช่วงรอข้อมูลทางเทคนิคที่เกี่ยวกับผลกระทบของระบบแถบกว้างยิ่งบนระบบเดิมที่มีใช้กันอยู่โดยทางยุโรปนั้นบางส่วนของข้อกำหนดจะรัดกุมกว่าของทางสหรัฐอเมริกา เพราะทางด้านยุโรปนั้นในส่วนของเทคโนโลยีใหม่ต้องแสดงให้เห็นว่าส่งผลกระทบน้อยหรือไม่ส่งผลเสียหายต่อระบบเดิมที่มีอยู่ โดยข้อจำกัดการแพร่กระจายกำลังงานสำหรับการใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคารที่กำหนดโดย ITU หรือ ETSI แสดงให้เห็นในตารางที่ 2

ในรูปที่ 2.25 และ 2.26 แสดงการเปรียบเทียบข้อกำหนดการจำกัดสเปกตรัมความถี่ของแถบกว้างยิ่งระหว่าง FCC และ ETSI ภายในและภายนอกอาคารตามลำดับ



รูปที่ 2.25 ข้อจำกัดสเปกตรัมของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งภายในอาคารระหว่าง FCC และ ETSI



รูปที่ 2.26 ข้อจำกัดสเปกตรัมของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งภายนอกอาคารระหว่าง FCC และ ETSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ข้อจำกัดในการแพร่กระจายแถบกำลังงานโดย ETSI สำหรับการใช้งานในการสื่อสารทั้งภายในและภายนอกอาคาร

	ช่วงความถี่ [GHz]		
	$f < 3.1$	$3.1 < f < 10.6$	$f > 10.6$
ภายในอาคาร	$-51.3 + 87\log(f / 3.1)$	-41.3	$-51.3 + 87\log(10.6 / f)$
ภายนอกอาคาร	$-61.3 + 87\log(f / 3.1)$	-41.3	$-61.3 + 87\log(10.6 / f)$

3.6. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra wideband technology applications)

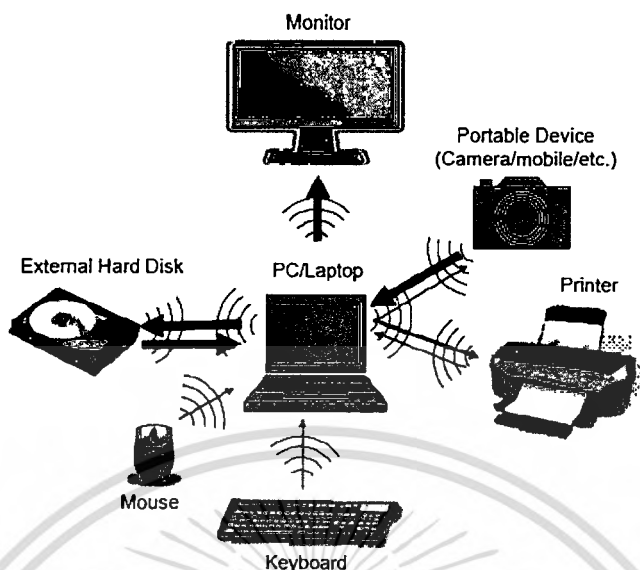
เทคโนโลยีแบบแถบกว้างยิ่งยวดถูกนำมาใช้ในระบบการสื่อสารระยะสั้นระหว่างคอมพิวเตอร์อุปกรณ์ที่อยู่ภายในอาคารสำนักงาน และโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย ที่มีความต้องการความเร็วสูง ซึ่งสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากสายอากาศนั้นอาจจะถูกลดทอนกำลังงาน (Power attenuation) โดยปัจจัยต่างๆ เช่น ถูกลดทอนโดยผนังหรือกำแพงของอาคาร จากวัสดุอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ทั้งหมดนี้ได้กล่าวมาแล้วแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณที่ทางด้านเครื่องรับ เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งยวดนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบยกตัวอย่าง เช่น

- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน (Offices network)
- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย (Ohm network)
- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ (Body area network)
- การประยุกต์ใช้งานการหาตำแหน่ง (UWB localization)
- การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายไร้สายทางการแพทย์ (Wireless medical network)
- ฯลฯ

3.7 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน

โดยรูปที่ 2.27 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในโครงข่ายที่ได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมภายในอาคารสำนักงาน สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งมีแนวทางการศึกษาวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การเชื่อมต่ออุปกรณ์โครงข่ายภายในอาคารสำนักงาน

3.8 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย

ในรูปที่ 28 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของโครงข่ายสภาวะแวดล้อมภายในบ้านพักอาศัย จะมีลักษณะการนำไปใช้ติดต่อสื่อสารภายในอาคารซึ่งมักจะมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อช่องสัญญาณในการสื่อสาร เช่น กำแพง ประตู อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ ผนัง สิ่งกีดขวางต่าง ๆ ซึ่งสิ่งกีดขวางแต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่ไม่เหมือนกัน คุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลกระทบต่ออย่างสูงทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านมีลักษณะแตกต่างกัน สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งมีแนวทางการศึกษาวิจัย

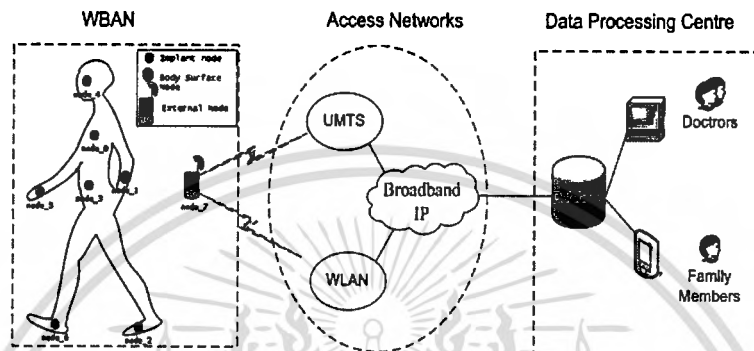


รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในอาคารโครงข่ายภายในบ้านพักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ไร้สาย (Wireless body area network)

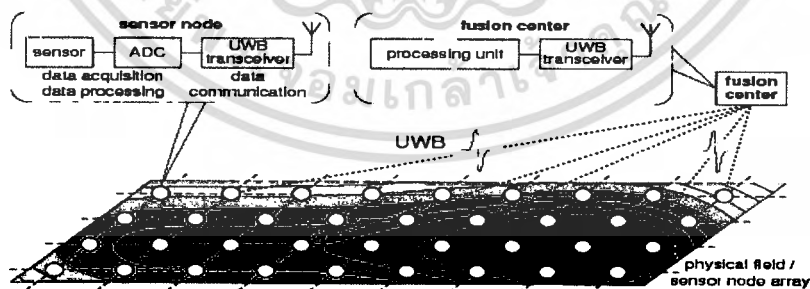
ในรูปที่ 2.29 เป็นลักษณะการใช้งานในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์โครงข่ายบนร่างกายมนุษย์ไปยังเครื่องมือวัด อาจจะมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงได้ และจากร่างกายมนุษย์ อย่างไรก็ตามแนวทางการหาพารามิเตอร์และการวิเคราะห์ต่างๆได้



รูปที่ 2.29 การเชื่อมต่อโครงข่ายบนร่างกายมนุษย์

3.10 การประยุกต์ใช้งานการหาตำแหน่ง (UWB localization)

รูปที่ 2.30 เป็นลักษณะการใช้งานในการหาตำแหน่งโดยพิจารณาจากการสูญเสียเชิงวิถี และเวลาประวิง แต่อาจจะมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงได้ทำให้เกิดการผิดพลาดในการหาพิกัดตำแหน่งได้

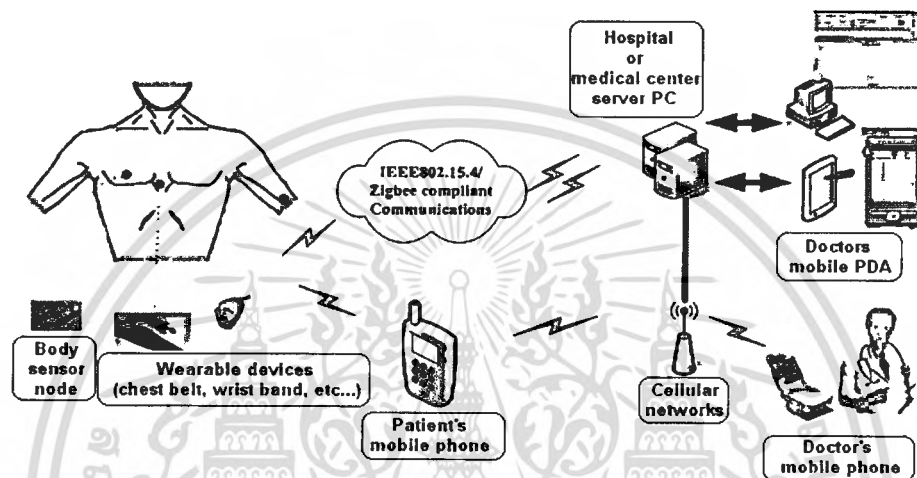


รูปที่ 2.30 การหาตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายทางการแพทย์ไร้สาย (Wireless medical network)

รูปที่ 2.31 เป็นลักษณะการใช้งานโครงข่ายทางการแพทย์แบบไร้สายโดยพิจารณาจากผลกระทบจากร่างกายมนุษย์ทำให้คุณลักษณะจำเพาะของอุปกรณ์หรือเครื่องวัดทางการแพทย์เปลี่ยนไป และการเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่าย ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสื่อสารในสภาวะแวดล้อมจริงได้ทำให้เกิดการผิดพลาดได้ อย่างไรก็ตามควรหาวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ได้



รูปที่ 2.31 การประยุกต์เอาเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่งไปใช้ในการทางการแพทย์

4. หลักการทางด้านไบโอเรดาร์

หลักการทางด้านไบโอเรดาร์เป็นวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบ ค้นหาวัตถุที่มีค่าทางไบโอลลอจิสต์ โดยใช้วิธีการทางเรดาร์ ตรวจสอบเช็ค ค้นหาสิ่งมีชีวิต โดยที่สามารถตรวจค้นหาวัตถุที่ซ่อนอยู่หลังสิ่งปลูกสร้างได้ ซึ่งการพัฒนาอุปกรณ์ใดๆ ก็ตามนั้นที่สามารถตรวจสอบ สิ่งมีชีวิต คน สัตว์ หรืออื่นๆ นั้น จะเรียกว่า “ไบโอเรดาร์”

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

วิธีการพื้นฐานของไบโอเรดาร์นั้นจะอาศัยการสะท้อนกลับของคลื่น ที่มีการมอดูเลชันด้วยสัญญาณค่าหนึ่งแล้วเกิดการสะท้อน สิ่งเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในร่างกายของมนุษย์ เช่นการเคลื่อนที่ของหัวใจ โดยที่ระบบไบโอเรดาร์สามารถตรวจวัดได้ ถึงแม้จะอยู่ในสภาวะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวที่น้อย เช่น การนอน โดยเมื่อส่งสัญญาณไปปะทะ แล้วสะท้อนกลับมาจากร่างกายนั้นจะเกิดกระบวนการมอดูเลตสัญญาณกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยอาศัยร่างกายมนุษย์เป็นตัวมอดูเลตเตอร์ โดยความถี่ที่จะมาทำการมอดูเลต จะมีค่าประมาณ 0.2-0.5 Hz ซึ่งเป็นความถี่ของการขยับของปอดในการหายใจ เข้า-ออก และความถี่ 0.7-1.5 Hz โดยที่ขนาดของสัญญาณจะมีการเปลี่ยนแปลงกับการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ โดยการเคลื่อนไหวของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้ามเนื้อ ขนาด 1 เซนติเมตรนั้น จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณความถี่ที่ส่งมาสะท้อน จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมจึงสามารถตรวจสอบสิ่งมีชีวิตได้ โดยใช้หลักการเรดาร์ ซึ่งถ้าทำการส่งคลื่นด้วยความถี่สูงๆ ย่านไมโครเวฟ ก็จะสามารถทำการตรวจจับการขยับของหัวใจได้ โดยที่หัวใจมีการเคลื่อนไหวประมาณ 1 มิลลิเมตร โดยในการตรวจสอบสัญญาณที่สะท้อนกลับนั้นยังต้องอาศัยขบวนการในการวิเคราะห์สัญญาณเข้ามาช่วยเพื่อที่จะทำการแยกแยะ สัญญาณในร่างกายได้



รูปที่ 2.32 แสดงแหล่งกำเนิดคลื่นหัวใจเพื่อใช้ในการตรวจจับ BioRadar

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้แก้ปัญหาในงานวิจัยซึ่งประกอบหลักการทำงาน โดยประกอบด้วย การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย การทดสอบด้วยวิธีการปลดปล่อยคลื่นเสียง (Acoustic Emission Testing), การแปลงสัญญาณความถี่เสียงในโดเมนความถี่ การแปลงสัญญาณความถี่ในรูปแบบสเปกตรัม และหลักการวิเคราะห์

4.1 การหายใจ

กระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซของร่างกายระหว่างอากาศภายนอกกับเซลล์ กระบวนการหายใจ มี 3 กระบวนการที่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กัน

Pulmonary ventilation (การระบายอากาศ) การเคลื่อนไหวของอากาศเข้าปอด การสูดเอาอากาศเข้าไป ในถุงลมปอด เรียกว่า หายใจเข้า (expiration, exhalation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External respiration การแลกเปลี่ยนก๊าซ O_2 และ CO_2 ในปอด (alveoli of lung) กับ เลือดในระบบไหลเวียนเลือด (circulating blood) กับ เซลล์ของเนื้อเยื่อ

Internal respiration การแลกเปลี่ยน O_2 และ CO_2 ในเลือด (circulating blood) กับ เซลล์ของเนื้อเยื่อ

4.1.1 อัตราการหายใจ

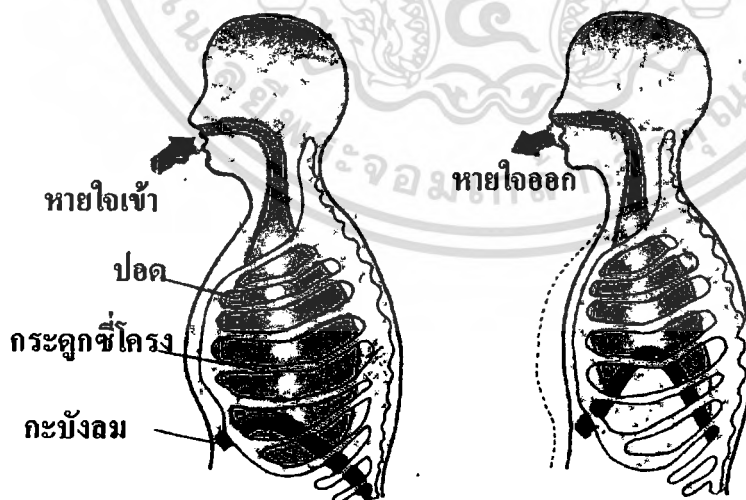
การนับการหายใจเข้าและออกนับเป็น 1 ครั้ง สังเกตใน 1 นาที

หน่วยวัดการหายใจ เป็นครั้งต่อนาที

วัดการหายใจขณะผู้ป่วยพักและไม่ระวังเกี่ยวกับการหายใจ

ช่วงปกติของอัตราการหายใจ ตามอายุ

ทารกแรกเกิด (newborn)	ประมาณ 35-40 ครั้งต่อนาที	0.58 – 0.66 Hz
ทารก (6 เดือน)	ประมาณ 30-50 ครั้งต่อนาที	0.50 – 0.83 Hz
อายุ 2ปี	ประมาณ 25-32 ครั้งต่อนาที	0.41 – 0.53 Hz
เด็ก	ประมาณ 20-30 ครั้งต่อนาที	0.33 – 0.50 Hz
วัยรุ่น	ประมาณ 16-19 ครั้งต่อนาที	0.26 – 0.84 Hz
ผู้ใหญ่	ประมาณ 16-20 ครั้งต่อนาที	0.26 – 0.80 Hz



รูปที่ 2.32 รูปแสดงการหายใจของมนุษย์

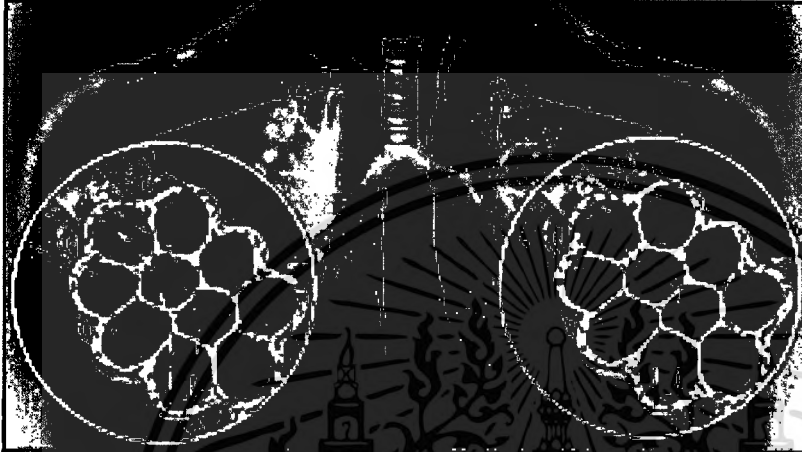
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ภาวะอัตราการหายใจผิดปกติ

Tachypnea อัตราการหายใจในผู้ใหญ่ มากกว่า 24 ครั้งต่อนาที

Bradypnea อัตราการหายใจในผู้ใหญ่ น้อยกว่า 10 ครั้งต่อนาที

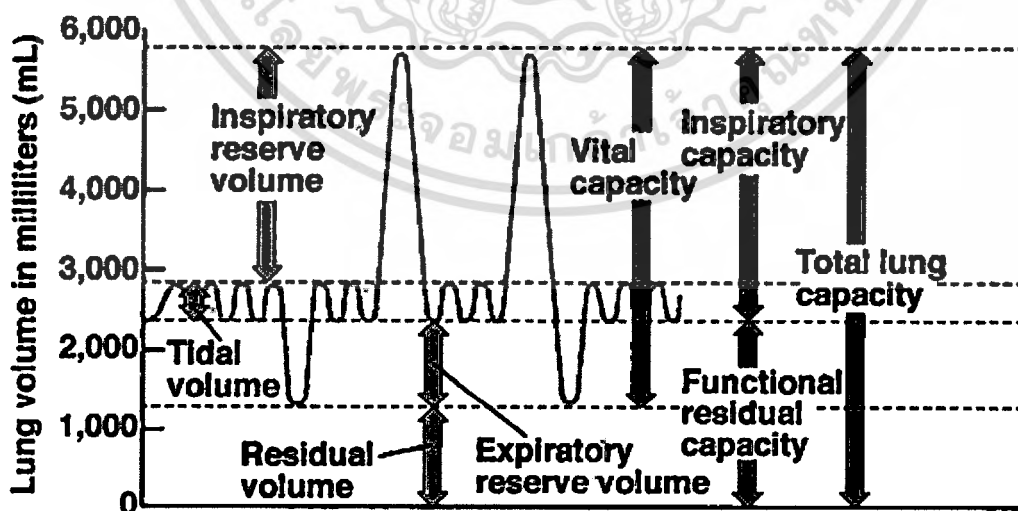
Apnea การไม่หายใจ - หยุดหายใจ



รูปที่ 2.33 รูปแสดงภาวะหายใจเร็วชั่วคราวในทารกแรกเกิด

4.1.3 ความลึกของการหายใจ

สังเกตการณ์เคลื่อนไหวของทรวงอก สามารถบอกได้ว่าหายใจลึกหรือตื้น การหายใจลึกเป็นการนำเอาอากาศเป็นจำนวนมากเข้าและออกจากปอด, การหายใจตื้นตรงกันข้ามกับการหายใจลึก อาจเนื่องจากทางเดินอากาศแคบ เนื้อปอดน้อยก็ได้



รูปที่ 2.34 รูปแสดงปริมาณของอากาศที่ไหลเวียนผ่านปอดในกระบวนการหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ความผิดปกติของการหายใจ

Hypoventilation หายใจช้าและตื้น

Hyperventilation หายใจเร็วและลึก

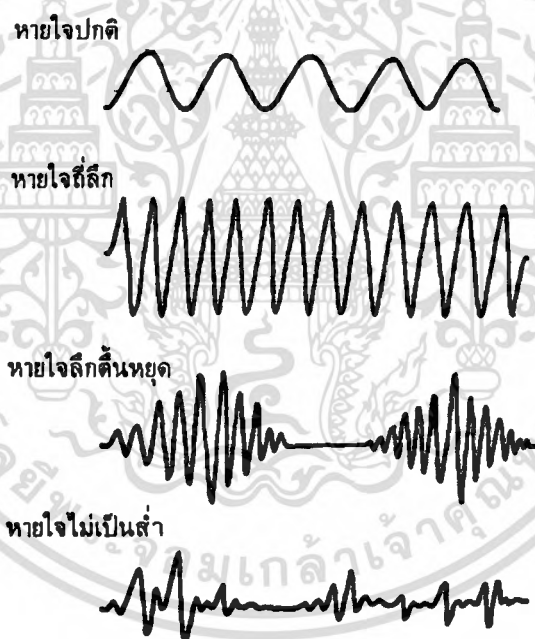
4.1.5 จังหวะของการหายใจ

การหายใจที่ปกติจังหวะการหายใจเข้าและหายใจออกจะเท่ากัน สังเกตการณ์หายใจว่า

จังหวะสม่ำเสมอหรือไม่ การหายใจไม่สม่ำเสมอ เช่น

Cheyne stokes respiration การหายใจเป็นช่วง ๆ ไม่สม่ำเสมอ โดยจะเพิ่มอัตราการหายใจ, หายใจเร็วลึก และตามด้วยช่วงที่หยุดหายใจ แล้วกลับมาหายใจเร็วอีก

Biot respiration การหายใจปกติสลับกับการหายใจเร็วลึก ไม่สม่ำเสมอเป็นช่วงสั้น ๆ 2-3 ครั้ง แล้วตามด้วยหยุดหายใจช่วงสั้น ๆ อีก



รูปที่ 2.35 รูปแสดงการหายใจรูปแบบต่างๆ

4.1.6 ข้อควรจำในการวัดการหายใจ

ถ้าผู้ป่วยมีอาการหรือออกกำลังกายมา ควรให้พักก่อน 5-10 นาที

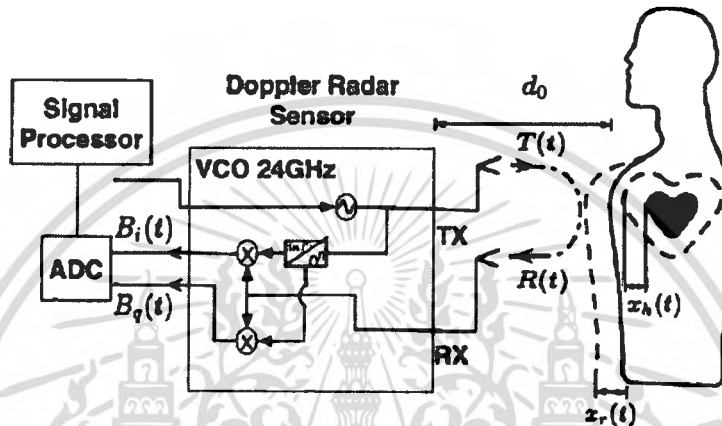
ในทารกแรกเกิด เด็กเล็กให้ประเมินการหายใจเป็นอันดับแรก เพื่อป้องกันเด็กตกใจ ทำให้ค่าไม่แน่นอน

สำหรับผู้ใหญ่ให้ประเมินการหายใจหลังวัดชีพจร เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยระมัดระวังเกี่ยวกับการหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทรอปเปอร์เรดาร์สัญญาณชีพเทคนิค

ในการประมวลผลของระบบสัญญาณชีพด้วยเทคนิคทรอปเปอร์เรดาร์ สัญญาณที่ได้รับประกอบด้วยความถี่เปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนความเร็วเป้าหมาย (Doppler Effect) สมมติว่าเป้าหมายที่ตรวจพบคือทรวงอกของมนุษย์ สัญญาณ Doppler echo รวมถึงข้อมูลการหายใจและการเต้นของหัวใจที่อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการเคลื่อนไหวของหน้าอกที่เกิดจากการหายใจและการเต้นของหัวใจ ความถี่ในการหายใจมักอยู่ในช่วง 0.1–0.8 Hz และความถี่การเต้นของหัวใจในช่วง 0.8–2.0 Hz



รูปที่ 2.36 แสดงผังการทำงานโดยรวมของทรอปเปอร์เรดาร์

โดยระบบเรดาร์ของ CW Doppler ที่ส่งสัญญาณที่มีความถี่ f และแอมพลิจูดสัญญาณที่ส่งเป็นไปตามสมการที่ 2.3

$$s(t) = \cos(2\pi ft + \phi(t)) \quad (2.3)$$

เมื่อ $\phi(t)$ คือ เฟสสัญญาณรบกวนของออสซิลเลเตอร์ สัญญาณนี้สะท้อนจากวัตถุมนุษย์ในระยะ d กับฟังก์ชันของการกระจัดของกระบังลมที่กำหนดโดย $x(t)$ สัญญาณที่สะท้อนคือแอมพลิจูดและความถี่มอดูเลตโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุ และ $x(t)$ น้อยกว่า d สามารถละเลย $x(t)$ ได้ เฟสเริ่มต้น และสัญญาณรบกวนที่ได้รับ $R(t)$ เป็นไปตามสมการที่สมการที่ 2.2

$$R(t) = \cos\left(2\pi ft - \frac{4\pi d}{\lambda} - \frac{4\pi x(t)}{\lambda} + \phi\left(t - \frac{2d}{c}\right)\right) \quad (2.4)$$

เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่น c หมายถึงความเร็วของแสง สัญญาณที่ได้รับจะถูกมอดูเลตโดยการเคลื่อนไหวระยะของเป้าหมาย สัญญาณเคลื่อนไหวของเป้าหมายจะถูกตีมอดูเลต โดยสัญญาณนี้จะถูกคูณด้วยสัญญาณ local oscillator ที่ได้รับมาจากแหล่งเดียวกับสัญญาณที่ส่ง ดังนั้นเมื่อเรดาร์ดอปเลอร์ใช้ออสซิลเลเตอร์เดียวกันสำหรับเครื่องส่งและ local oscillator และสัญญาณ $R(t)$ และออสซิลเลเตอร์ที่ได้รับนั้นผสมกัน สัญญาณเอาต์พุตเบสแบนด์ของระบบเป็นไปตามสมการที่ 2.3

$$B(t) = \cos\left(\theta - \frac{4\pi x(t)}{\lambda} + \Delta\phi(t)\right) \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$\theta = \cos\left(\frac{4\pi d}{\lambda} + \theta_0\right) \quad (2.6)$$

คือการเปลี่ยนเฟสคงที่และ $\Delta\phi(t)$ คือเฟสสัญญาณรบกวนและสามารถคำนวณได้เป็นไปตามสมการที่ 2.5

$$\Delta\phi(t) = \phi(t) - \phi(t - 2d/c) \quad (2.7)$$

ขึ้นอยู่กับ Doppler Effect คลื่นความถี่วิทยุของร่างกายผ่านการเปลี่ยนเฟสหลักสองช่วง การเคลื่อนไหวจึงเป็นระยะสามารถจำลองเป็น

$$x(t) = a_r \cos(2\pi f_r t) + a_h \cos(2\pi f_h t) \quad (2.8)$$

เมื่อ a_r และ a_h สัมพันธ์กับความกว้างของการสั่นของการหายใจและการเต้นของหัวใจตามลำดับและ f_r และ f_h สอดคล้องกับความถี่ของการหายใจและการเต้นของหัวใจตามลำดับ



Reproduced with kind permission from ResMed. © ResMed Limited.

รูปที่ 2.7 การติดตั้งดอปเปอร์เรดาร์แบบไม่สัมผัสในห้องปฏิบัติการนอนหลับหรือที่บ้าน

4.3 ชนิดของคลื่น (Type of Wave)

คลื่นเสียงทางกลที่ปลดปล่อยออกจากวัตถุและตรวจจับด้วยหัวทดสอบนั้น คลื่นเสียงชนิดคลื่นผิว (Surface Wave) มักส่งผลมากกว่าคลื่นชนิดตามยาว (Longitudinal Wave) และคลื่นชนิดตามขวาง (Shear Wave) ทั้งนี้เนื่องจากแอมพลิจูดของระยะขจัดสูงกว่า และการลดทอนของพลังงานน้อยกว่าคลื่นชนิดอื่นเนื่องจากการเคลื่อนที่ไปบนผิวของวัตถุ เมื่อหัวตรวจสอบเปลี่ยนคลื่นเสียงทางกลเป็นคลื่นเสียงทางไฟฟ้าแล้ว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 แบบต่อช่วง (Burst)

เป็นคลื่นที่มีลักษณะเกิดขึ้นเป็นช่วง ดังแสดงในรูป พารามิเตอร์ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกับงานที่มีสัญญาณแบบเป็นช่วง ได้แก่ เคานท์ (Count), แอมพลิจูด (Amplitude), ฮิต (Hit)

4.3.2 แบบต่อเนื่อง (Continuous)

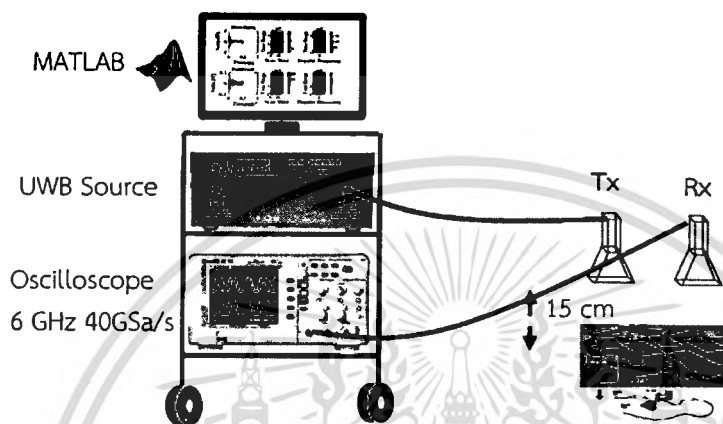
เป็นคลื่นที่เกิดต่อเนื่องกันไป ดังแสดงในรูปที่ 2.12 เช่น สัญญาณเสียงจากการรื้อของวาล์วเป็นต้น พารามิเตอร์ที่มักใช้วิเคราะห์ข้อมูลกับสัญญาณแบบต่อเนื่องคือ ค่าระดับสัญญาณเฉลี่ย (ASL), AErms หรือ ทางโดเมนความถี่ เป็นต้น



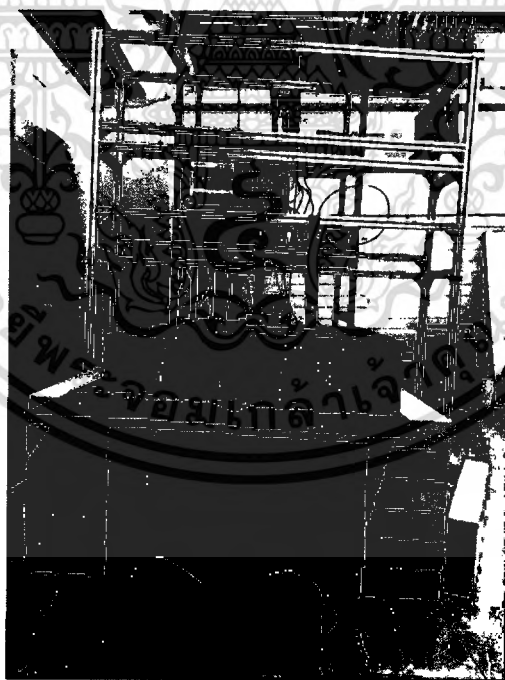
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

หัวข้อนี้ได้ศึกษาการประมวลผลสัญญาณของการตรวจจับสัญญาณชีพของมนุษย์ภายใต้ วัสดุ ก่อสร้างที่ถล่ม เช่น อิฐมอญแดง อิฐมวลเบา ที่ความหนาของอิฐระดับต่างๆ เพื่อทำการตรวจสอบหาสัญญาณระบุสัญญาณชีพ พร้อมทั้งคำนวณหาระยะลึก เพื่อทราบตำแหน่งของผู้ประสบภัย



(ก) การเซตระบบของการประมวลผลสัญญาณของการตรวจจับสัญญาณชีพของมนุษย์



(ข) การทดลองจริง

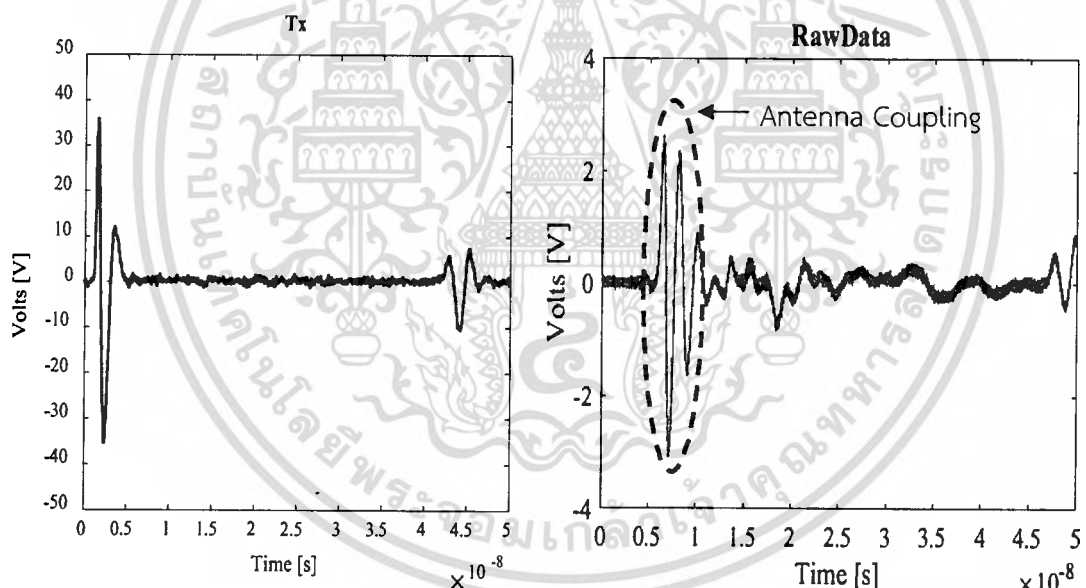
รูปที่ 3.1 การตรวจจับสัญญาณชีพในการทดลองจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางสายอากาศ Vivaldi และอุปกรณ์การทดลอง

ความถี่กลางของเสาอากาศแบบ Vivaldi	1 GHz
ความกว้างของย่านความถี่ (Frequency Bandwidth)	520 MHz ,3GHz
ระยะห่างระหว่างสายอากาศทั้งสอง	15 cm
ระยะห่างระหว่างมนุษย์และเสาอากาศ	1m, 1.5m, 2m, 2.5m, 3 m
เครื่องกำเนิดสัญญาณ UWB ยี่ห้อ Picosecond Pulse Labs, Model-2600	$V_{out} = 45 \text{ V}$
อุปกรณ์รับสัญญาณ Agilent Oscilloscope, DSO80604B	ย่านความถี่ 6 GHz 40 GSa/s

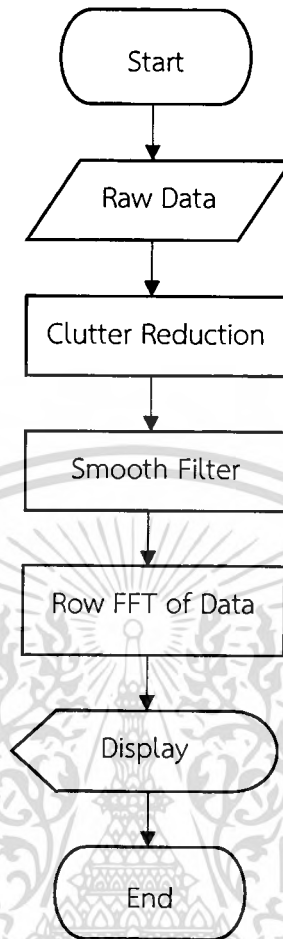
จากนั้นทำการปล่อยคลื่นสัญญาณที่ภาคส่งแล้วทำการเก็บสัญญาณที่ภาครับแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 สัญญาณภาคส่งจากการทดลองของรูปที่ 3.1

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าสัญญาณภาครับมีความเพี้ยนมากเนื่องพลังงานภาคส่งแพร่มายังภาครับมาก (Antenna Coupling, Mutual Inductance) ส่งผลให้สัญญาณที่สะท้อนจากมนุษย์เห็นค่าได้น้อยมาก สาเหตุเกิดจากความถี่กลางของเสาอากาศ 1 GHz ไม่เข้ากัน (Impedance Mismatch) กับความถี่กลางของเครื่องกำเนิดสัญญาณ ปัญหาสามารถถูกแก้โดยออกแบบเสาอากาศใหม่ให้เหมาะกับความถี่ของเครื่องกำเนิด อย่างไรก็ตามในหัวข้อนี้จะนำเสนอวิธีการตรวจจับสัญญาณของมนุษย์จากการวิธีการตรวจจับความถี่ต่อเพลอร์ของมนุษย์ตามแผนผังที่แสดงด้านล่าง (Signal Processing Flowchart) ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

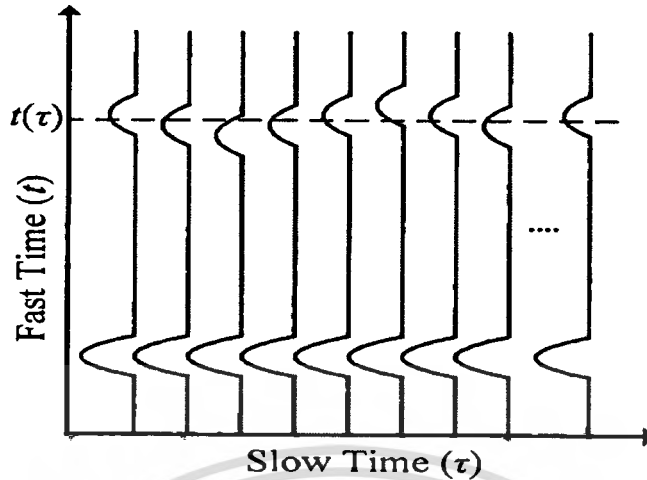


รูปที่ 3.3 แผนผังวิธีการตรวจจับการเคลื่อนที่ของมนุษย์จากการวัดความถี่ดอปเปลอร์

จากรูปที่ 3.3 แสดงวิธีการประมวลผลสัญญาณขั้นพื้นฐานของสัญญาณ UWB ในการตรวจจับการเคลื่อนที่ของมนุษย์หรือวัตถุอื่นๆ จากการวัดความถี่ดอปเปลอร์ โดยขั้นตอนแรกคือการเก็บข้อมูลของสัญญาณ

3.1 สมการของสัญญาณที่ใช้ในการประมวลผล (Raw Data)

สัญญาณที่ภาครับ (Received Signal) มีความถี่ของสัญญาณภาคส่งบวกกับความถี่ดอปเปลอร์ของมนุษย์ ($f_0 + f_d$) จึงเป็นการยากที่จะหาความถี่ดอปเปลอร์ด้วยวิธี demodulation ทั่วไป ดังนั้นในการหาความถี่ดอปเปลอร์นั้นสามารถหาได้จากการเปลี่ยนแปลงของมุมเฟสของสัญญาณที่สะท้อนจากมนุษย์ ($d\phi/d\tau = 2\pi f_d$) ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 สัญญาณภาครับที่เกิดจากการแกว่งแขนของมนุษย์

โดยที่

แกนตั้ง t คือแกนเวลาของสัญญาณภาครับเรียกว่า time range หรือ fast time

แกนนอน τ คือเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเรียกว่า scan time หรือ slow time

นอกจากนี้สัญญาณภาครับ $R(t, \tau)$ สามารถถูกอธิบายได้ตามสมการด้านล่างดังต่อไปนี้

$$R(t, \tau) = \sum_p \sigma_p s(t - t_p) + \sum_h \sigma_h s(t - t_h(\tau)) \quad (3.1)$$

โดยที่

$s(t)$ คือสัญญาณ UWB ภาคส่งถูกอธิบายในสมการ (1.13)

$\sum_p \sigma_p s(t - t_p)$ คือจำนวนสัญญาณที่ได้จากวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ (static target signals) โดย σ_p คือขนาดของสัญญาณสะท้อน (Reflection amplitude)

$\sum_h \sigma_h s(t - t_h(\tau))$ คือจำนวนสัญญาณที่ได้จากมนุษย์ (human motion) โดย σ_h คือขนาดของสัญญาณสะท้อนของมนุษย์ (Reflection human amplitude) นอกจากนี้ $t_h(\tau)$ คือเวลาที่เลื่อน (Time Shift) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของวัตถุตั้งสมการที่ (3.2) โดยที่ c คือความเร็วแสงค่า ส่วนค่า “2” ในสมการนั้นหมายถึงการประมาณระยะทางขาไปบวกกับระยะทางขากลับของสัญญาณ เนื่องจากการว่างเสาอากาศทั้งสองมีระยะใกล้กันเมื่อเทียบกับตำแหน่งของมนุษย์

$$t_h(\tau) = \frac{2d(\tau)}{c} \quad (3.2)$$

และ $d(\tau)$ คือระยะห่างระหว่างมนุษย์และเสาอากาศถูกอธิบายสมการที่ (3.3)

$$d(\tau) = d_0 + A_w \sin(2\pi f_w \tau) + A_r \sin(2\pi f_r \tau) + A_h \sin(2\pi f_h \tau) \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ d_0 คือตำแหน่งของมนุษย์ที่ไม่เคลื่อนที่ (nominal distance) และ $A_w \sin(2\pi f_w \tau)$, $A_r \sin(2\pi f_r \tau)$, $A_h \sin(2\pi f_h \tau)$ คือระยะทางแบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย (simple harmonic motion) ที่เกิดจากการแกว่งแขน การหายใจ และการเต้นของหัวใจตามลำดับ โดยที่ A_w, A_r, A_h คือขนาดของสัญญาณ และ f_w, f_r, f_h คือความถี่ต่อเพลอร์

จากสมการ $R(t, \tau)$ เป็นฟังก์ชันเวลาต่อเนื่อง (continuous time signal) ถูกอธิบายเป็นฟังก์ชันเวลาไม่ต่อเนื่อง (Discrete Time Signal) เนื่องจากค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณเป็นข้อมูลแบบดิจิทัล

$$R[n, m] = \sum_p \sigma_p s[n\Delta t - t_p] + \sum_h \sigma_h s[n\Delta t - t_h[m\Delta \tau]] = c[n] + h[n, m] \quad (3.4)$$

ในทางปฏิบัติจริงสัญญาณภาครับเกิดความเพี้ยนและสามารถถูกอธิบายได้ดังต่อไปนี้

$$R[n, m] = h[n, m] + c[n] + l[n, m] + w[n, m] + q[n, m] \quad (3.5)$$

โดยที่

$h[n, m]$ คือสัญญาณการเคลื่อนไหวของมนุษย์ (human micro-motion signal)

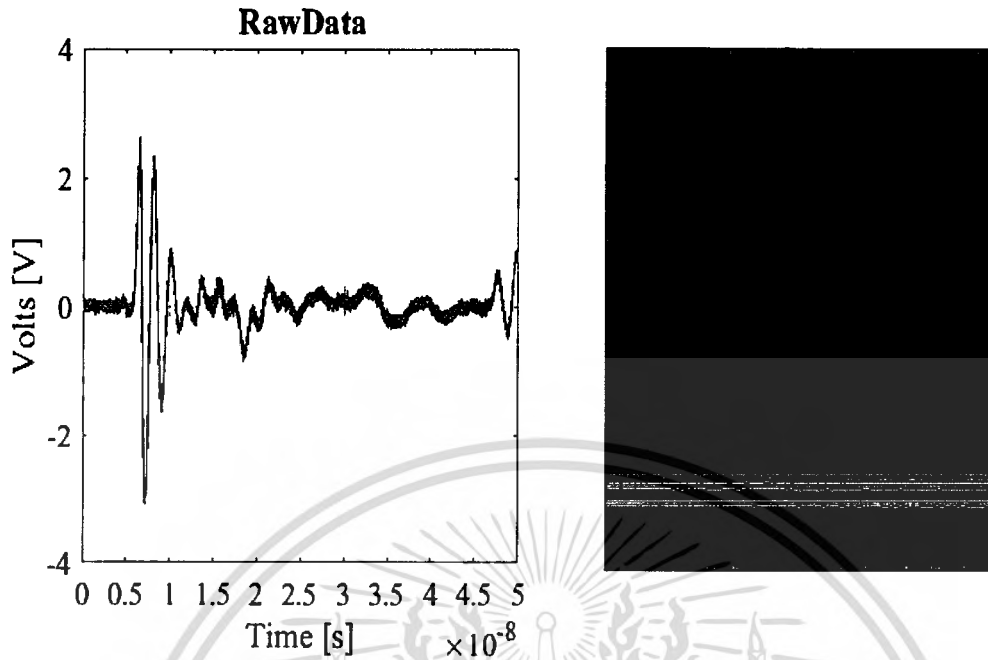
$c[n]$ คือสัญญาณรบกวนที่ไม่มีเปลี่ยนแปลง (static clutter) เกิดจากสัญญาณที่ส่งนั้นตกกระทบกับวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ เช่น กำแพงและวัตถุรอบๆ ของสนามทดสอบ

$l[n, m]$ คือความเพี้ยนของสัญญาณเชิงเส้นตรง (linear trend) เกิดจากระบบการทริกเกอร์ของเรดาร์ (Radar Trigger) เช่น อุปกรณ์ A/D ที่ถูกรบกวนเป็นต้น

$w[n, m]$ คือสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Add White Gaussian Noise, AWGN) โดยมากเกิดจากความร้อนของตัวอุปกรณ์ในระบบ

$q[n, m]$ คือสัญญาณรบกวนที่มีการเปลี่ยนแปลง (non-static clutter) เช่นวัตถุรอบข้างมีการเคลื่อนไหวที่ไม่ใช่มนุษย์

สุดท้ายการทดลองจริงของรูป 3.2 สามารถอธิบายในรูปสมการ (3.5) ได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 สัญญาณข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลอง (Raw Data) ของรูปที่ 3.2

ในหัวข้อต่อๆ ไปจะกล่าวถึงวิธีการลดสัญญาณ $c[n]$, $l[n, m]$, $w[n, m]$ และ $q[n, m]$ ตามลำดับ ส่งผลให้สัญญาณ $h[n, m]$ มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อตรวจจับตำแหน่งของมนุษย์จากความถี่คอปเพลอร์

3.2 การตัดสัญญาณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Clutter Reduction)

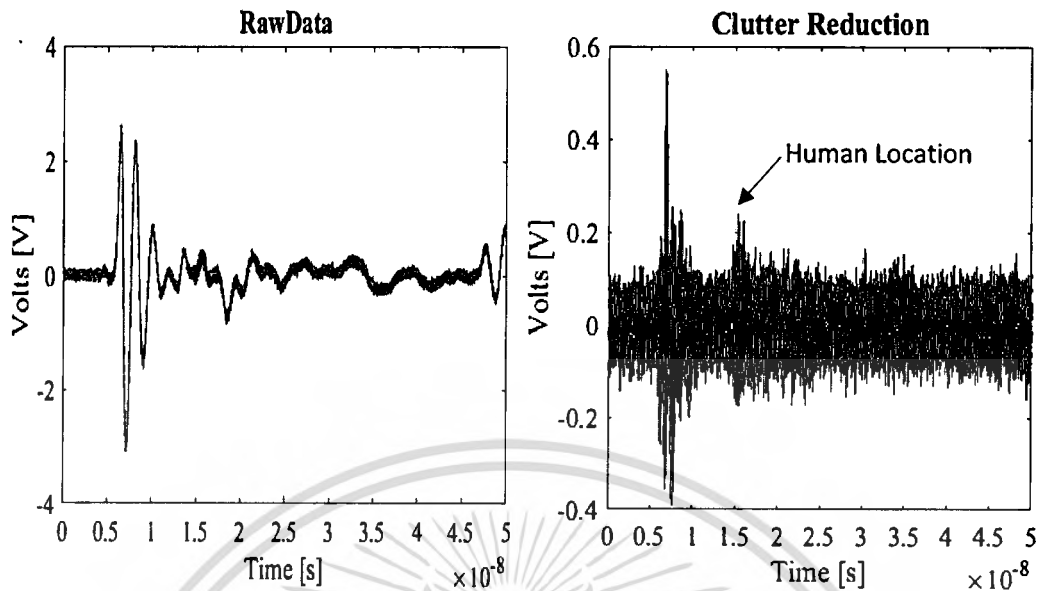
สัญญาณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง $c[n]$ สามารถถูกพิจารณาเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือฟังก์ชันค่าเฉลี่ยได้ดังสมการด้านล่าง

$$c[n] = \sum_p \sigma_p s[n\Delta t - t_p] = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M R[n, m] \quad (3.6)$$

ดังนั้นสัญญาณภาครับที่ถูกปรับปรุงคือ

$$\Omega[n, m] = R[n, m] - \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M R[n, m] \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 สัญญาณภาครับจากการตัดสัญญาณที่ไม่เคลื่อนที่ออก (Clutter Reduction)

จากรูปที่ 3.6 สามารถระบุตำแหน่งของมนุษย์ได้จากการเคลื่อนไหวเล็กน้อย ในกรณีการทดลอง สัญญาณของ antenna coupling มีขนาดสัญญาณที่มากและมีการเปลี่ยนแปลงของเวลาเล็กน้อยเนื่องจาก ความคลาดเคลื่อนอุปกรณ์ความถี่สูงภาครับภาคส่งและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง อย่างไรก็ตามปัญหานี้หรือ ปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณของกำแพงสามารถถูกแก้โดยการกำหนดให้เป็นศูนย์เพราะเรารู้อยู่แล้วว่าขนาด สัญญาณเหล่านี้มีค่ามากกว่าสัญญาณของมนุษย์ เพราะกำลังภาครับแปรผกผันกับตำแหน่งของมนุษย์แบบ ยกกำลังสี่ $Pr \propto 1/d^4$ โดยกระบวนการทางโปรแกรมถูกนำเสนอที่อัลกอริทึม 3.1

Algorithm 3.1 Clutter Reduction

Require: we need to reduce the clutter environment

- 1: $s_{dc}[n, 1] = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M R[n, m]$
- 2: for $m = 1$ to M do
- 3: $R[n, m] = R[n, m] - s_{dc}[t, 1]$
- 4: end for

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การใช้ตัวกรองสัญญาณชนิดเรียบ (Smooth Filter)

เมื่อทำการตัดสัญญาณชนิดคงที่แล้ว ต่อมาทำการลดสัญญาณรบกวนเพื่อเพิ่ม Signal to Noise Ratio (SNR) โดยอัลกอริทึมตามด้านล่าง

Algorithm 3.1 Clutter Reduction

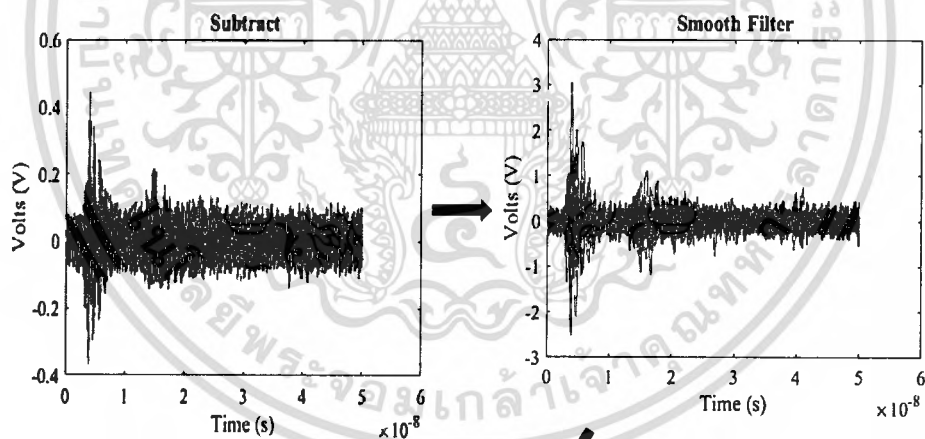
Require: we need to reduce the clutter environment

- 1: $s_{dc}[n, 1] = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M R[n, m]$
- 2: for $m = 1$ to M do
- 3: $R[n, m] = R[n, m] - s_{dc}[t, 1]$
- 4: end for

for $\tau = 1$ to M do

$$R[t, \tau] = \frac{1}{2\lambda + 1} (R[t + \lambda, \tau] + R[t + \lambda - 1, \tau] + \dots + R[t - \lambda, \tau])$$

โดย λ คือจำนวนค่าที่ใช้ในการเฉลี่ย

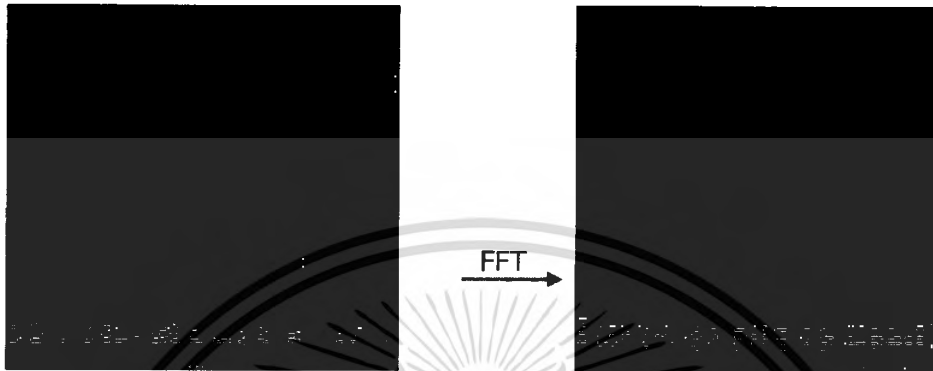


รูปที่ 3.6 การใช้ตัวกรองสัญญาณชนิดเรียบ (Smooth Filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การแปลงฟูเรียร์ (Smooth Filter)

สุดท้ายใช้การแปลงฟูเรียร์ในแนวนอนของข้อมูล (FFT of Row Data) เพื่อหาความถี่ต่อเพลอร์ของเป้าหมายที่เคลื่อนที่ [3], [4]



รูปที่ 3.7 การแปลงฟูเรียร์แต่ละแถวของตารางเพื่อหาความถี่ต่อเพลอร์

คำนวณระยะห่างระหว่างมนุษย์อย่างง่ายที่ได้จากการทดลอง โดยระยะจริงคือ 2.1 เมตร

$$R \approx \frac{ct}{2} = \frac{3 * 10^8 * 1.5 * 10^{-8}}{2}$$

$$R = 2.25 \text{ m}$$

ความคลาดเคลื่อนของระยะทาง

$$\text{error} = \left| \frac{2.1 - 2.25}{2.1} \right| * 100 \% = 7.14 \%$$

ค่าความคลาดเคลื่อนโดยมากเกิดจากเสาอากาศตัวส่งและตัวรับอยู่ห่างกัน แต่มีความจำเป็นต้องวางระยะห่างถึง 15 cm เนื่องจากระยะใกล้กันมากขึ้นทำให้ความเหนี่ยวนำร่วมของเสาอากาศ (antenna coupling) มากขึ้น ส่งผลให้เกิดแรงดันที่ช่องสัญญาณของเครื่อง oscilloscope เกินพิกัน 5V

บทที่ 4

ผลการทดลอง

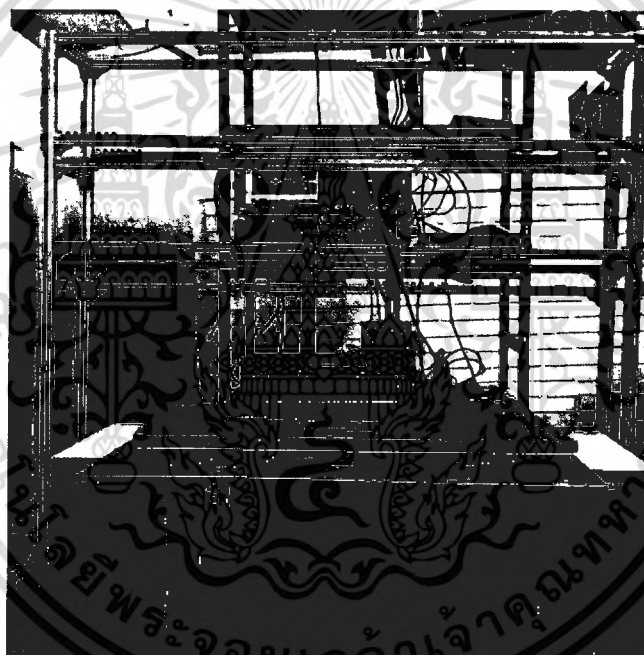
ทำการทดสอบระบบการค้นหาผู้ประสบภัยโดยใช้สัญญาณย่านความถี่กว้างมาก (UWB) โดยในบทนี้จะทำการทดลองที่ระบบ UWB ที่ความถี่ 500MHz และ 3GHz

4.1 ผลการทดลองที่ความถี่ UWB ความถี่ 3GHz

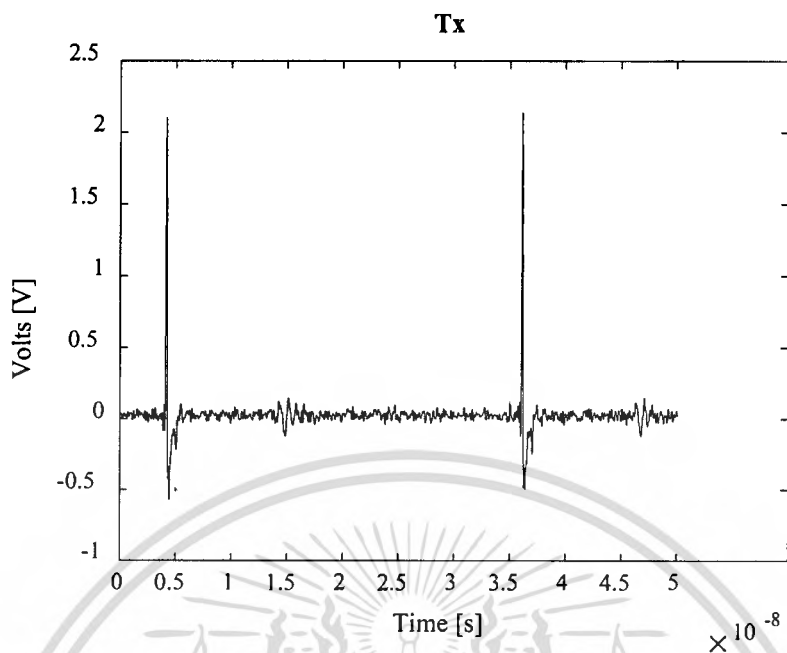
4.1.1 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา 1 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

-สายอากาศชนิด Vivaldi

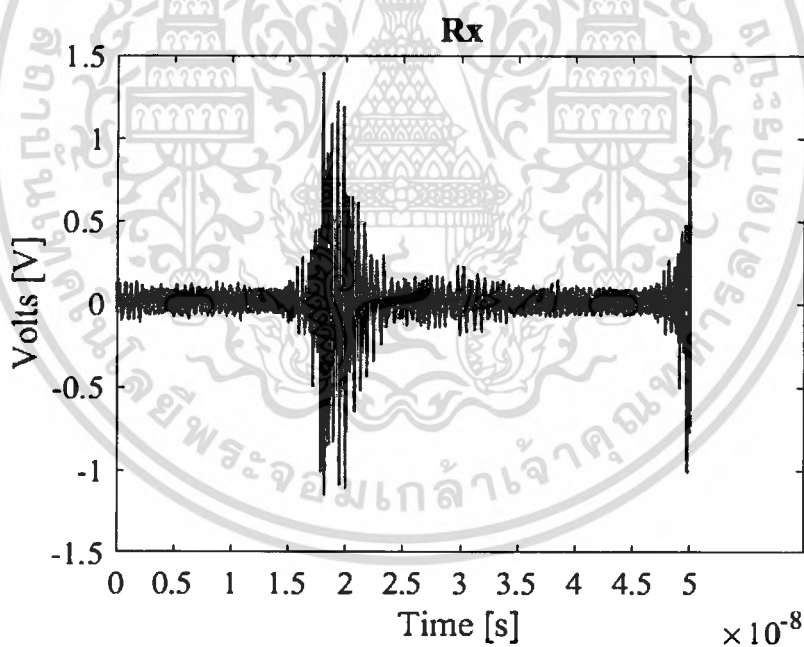
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm



รูปที่ 4.1 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 1 ก้อน



รูปที่ 4.2 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.3 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

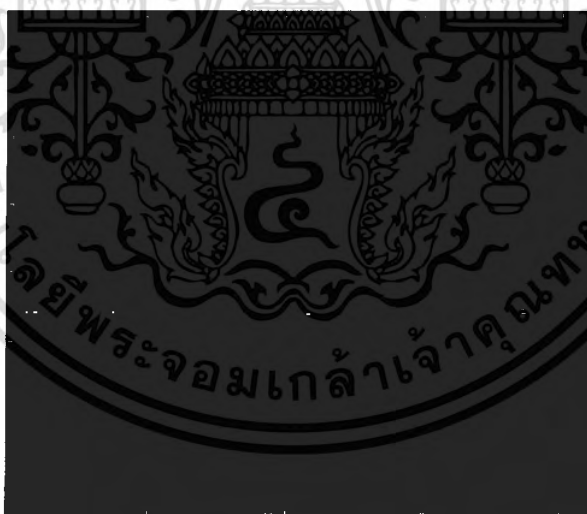
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.4 สัญญาณภาครับที่ถูกรับแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

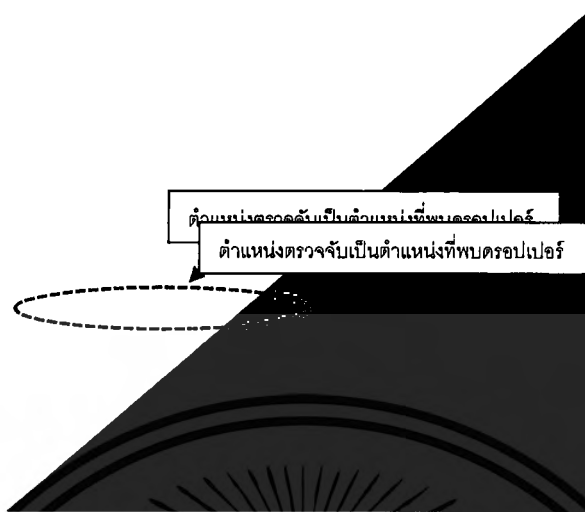
Clutter Reduction



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

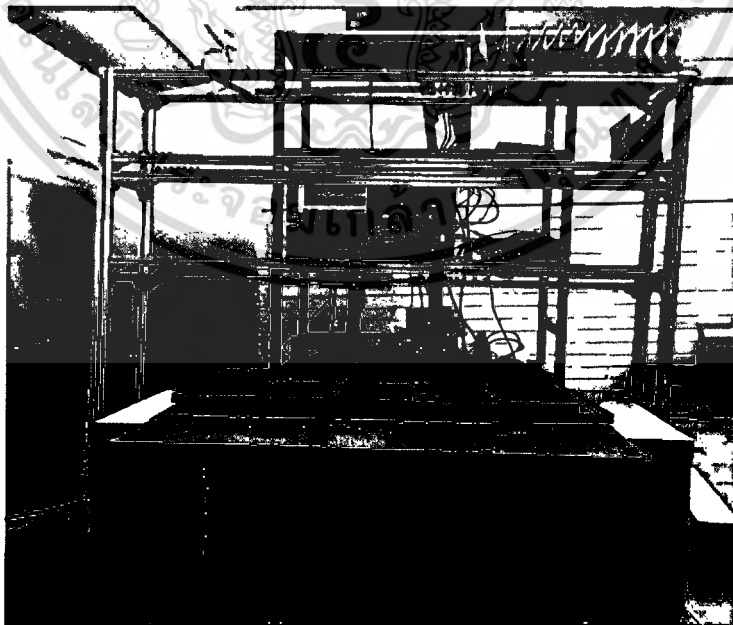
FFT in along Scan time



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

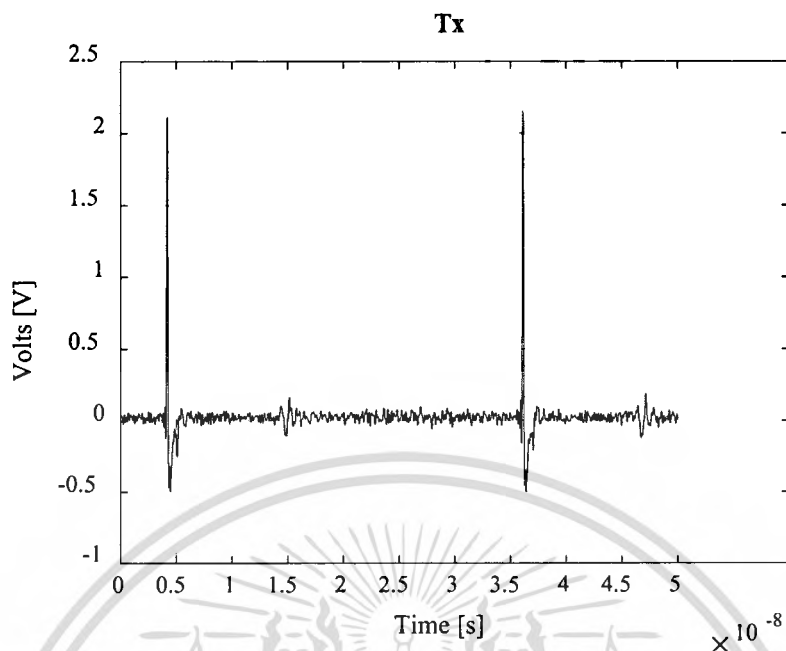
4.1.2 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา 2 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

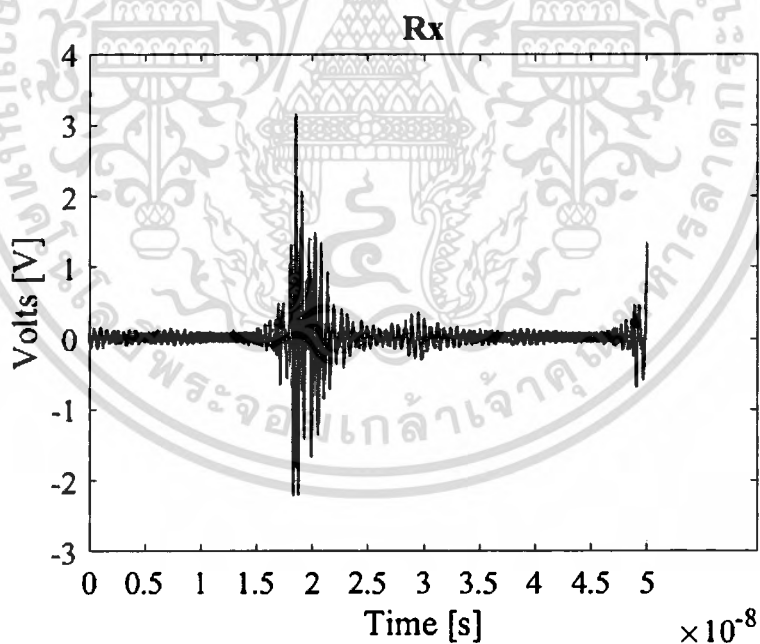


รูปที่ 4.7 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสภภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 3 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



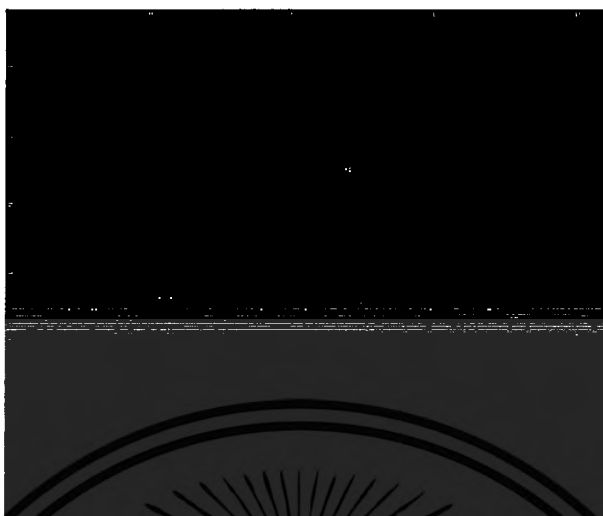
รูปที่ 4.8 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



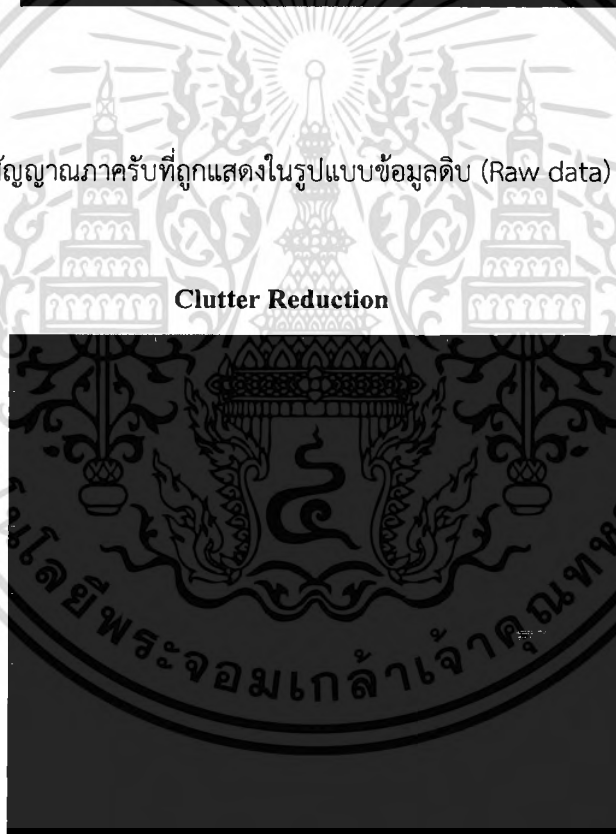
รูปที่ 4.9 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



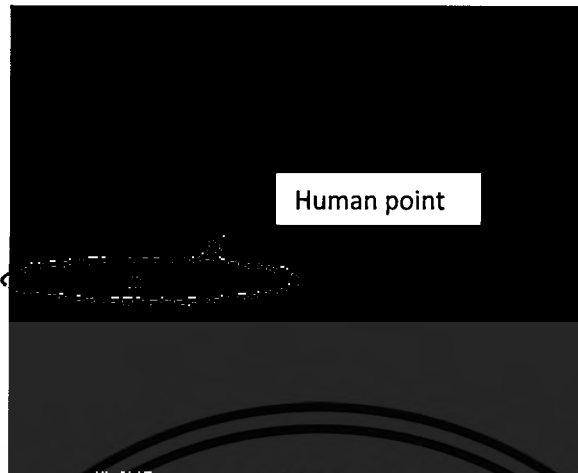
รูปที่ 4.10 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ



รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.12 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT)

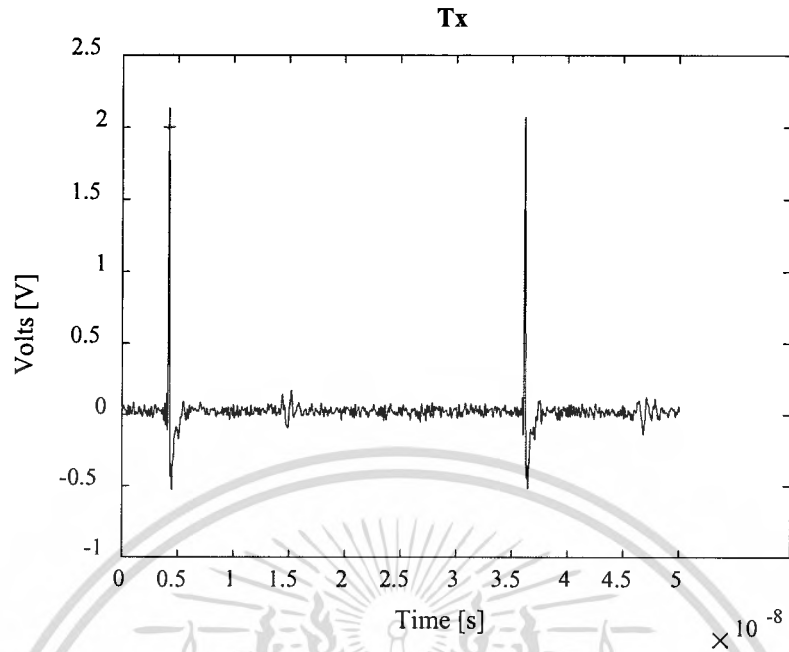
4.1.3 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา 3 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

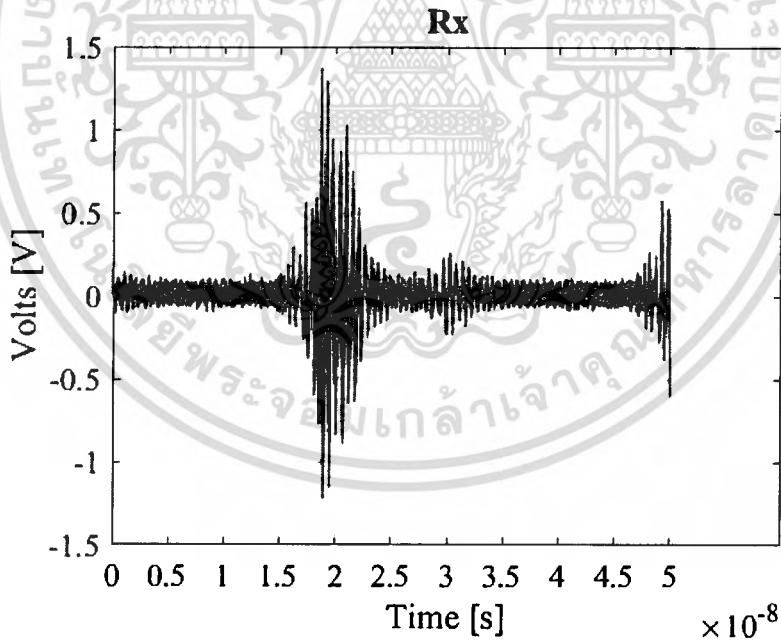


รูปที่ 4.13 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสภภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 3 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



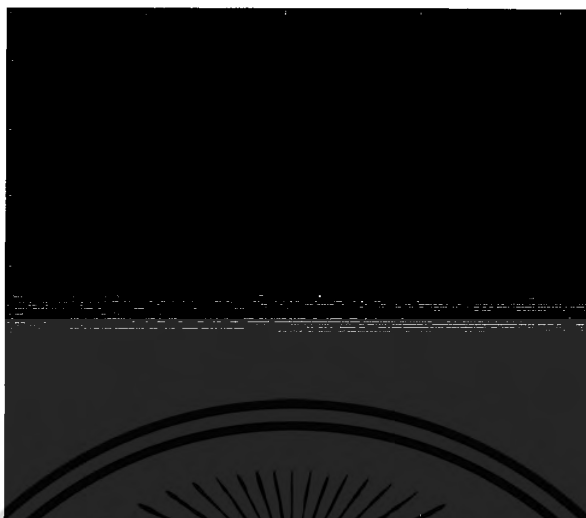
รูปที่ 4.14 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.15 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



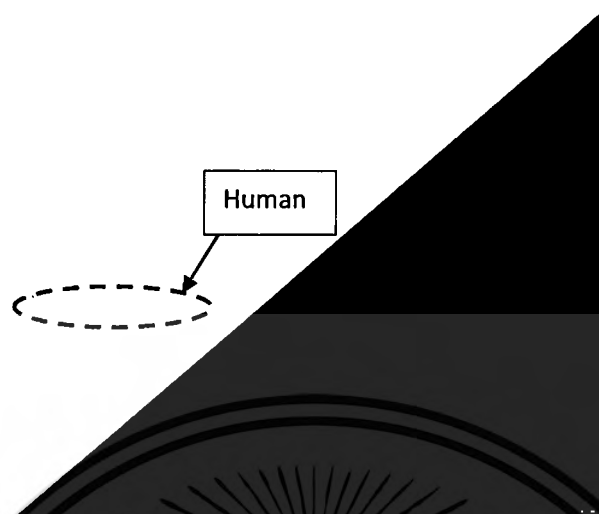
รูปที่ 4.16 สัญญาณภาพที่ถูกรับที่แสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ



รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณภาพที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.18 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

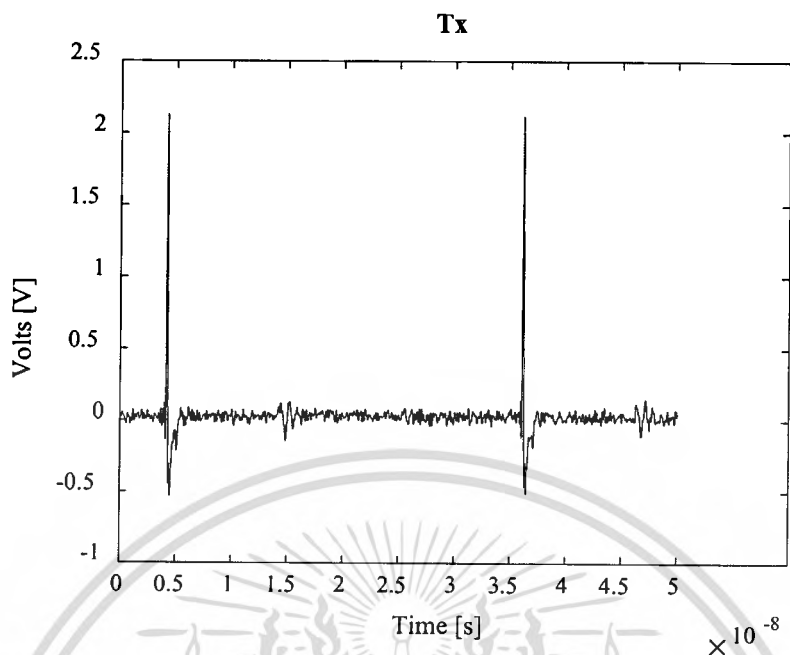
4.1.4 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา เท่ากับ 4 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

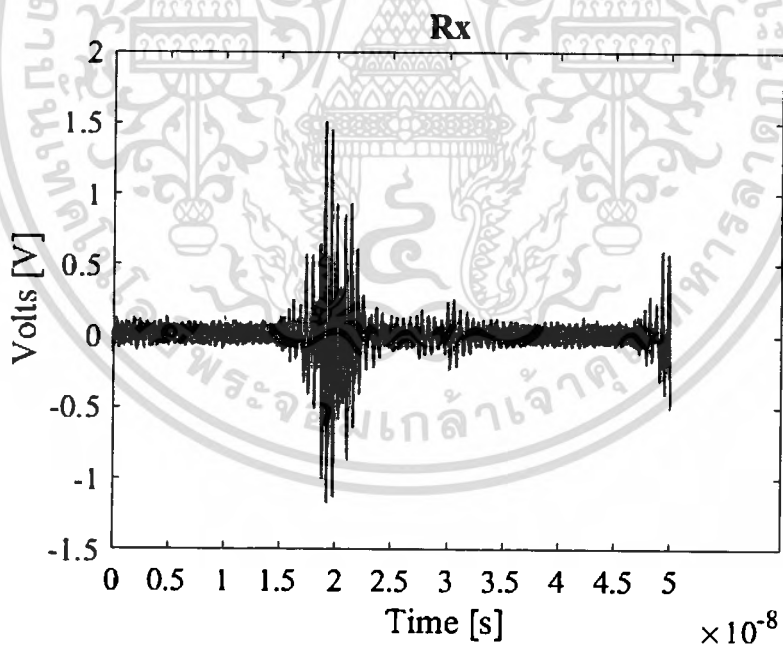


รูปที่ 4.19 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสภภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 4 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



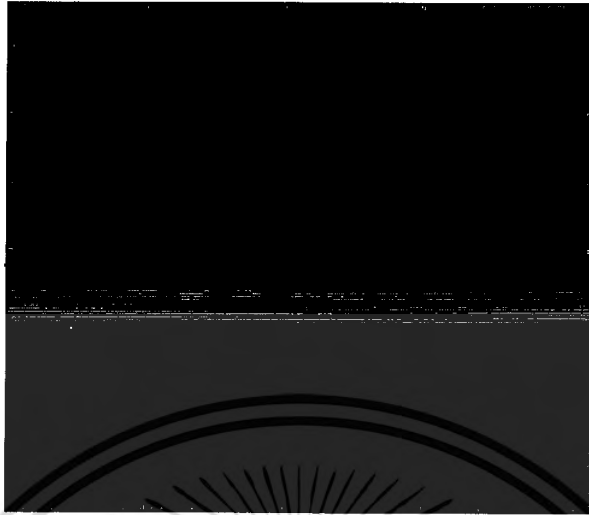
รูปที่ 4.20 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.21 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.22 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

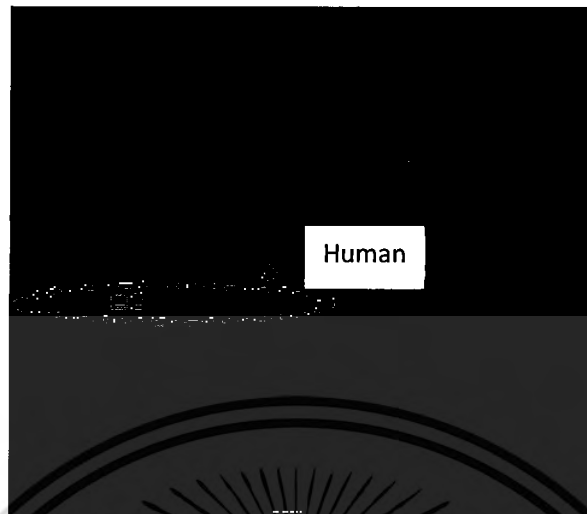
Clutter Reduction



รูปที่ 4.23 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

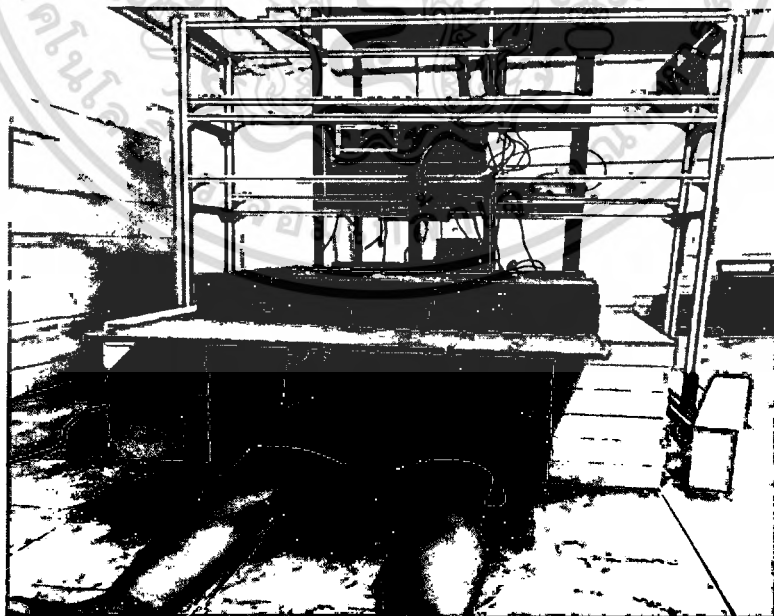
FFT in along Scan time



รูปที่ 4.24 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

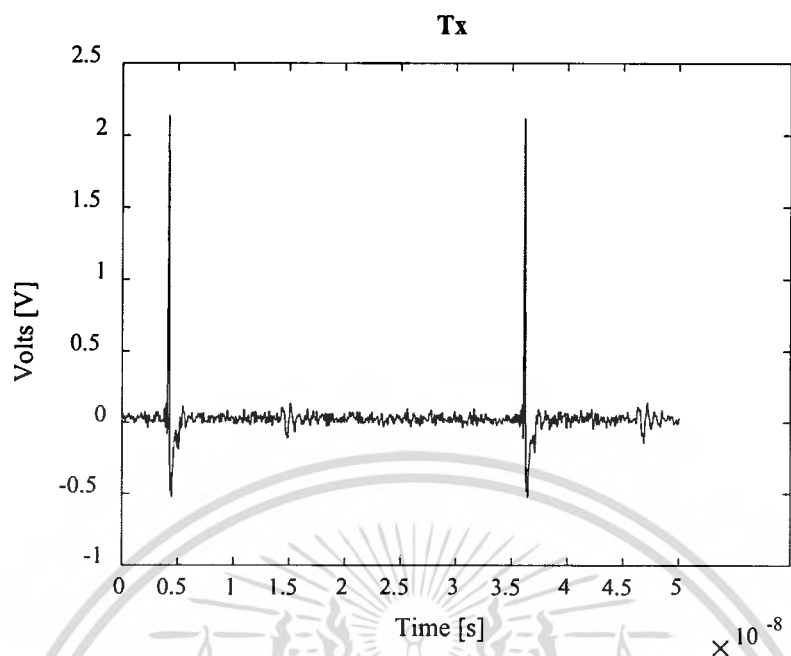
4.1.5 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา เท่ากับ 5 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

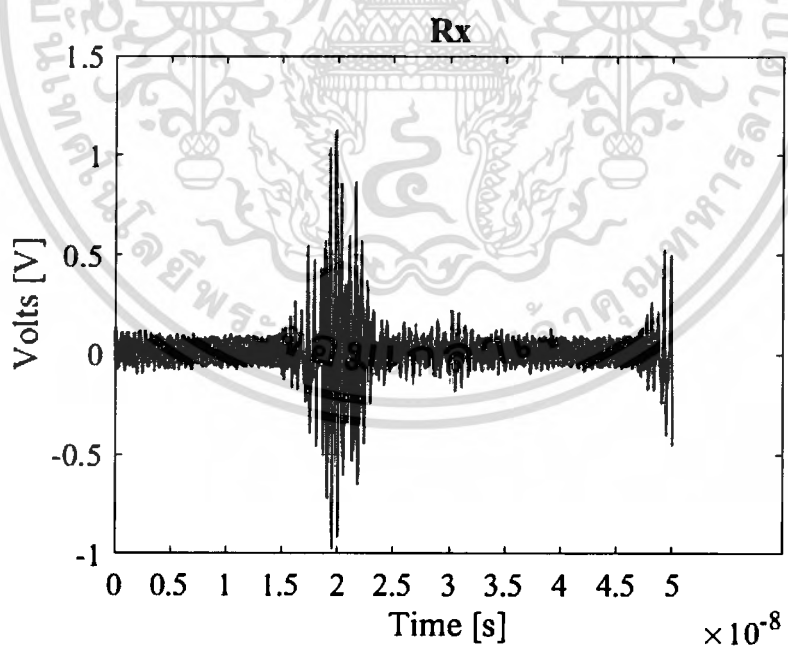


รูปที่ 4.25 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 5 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



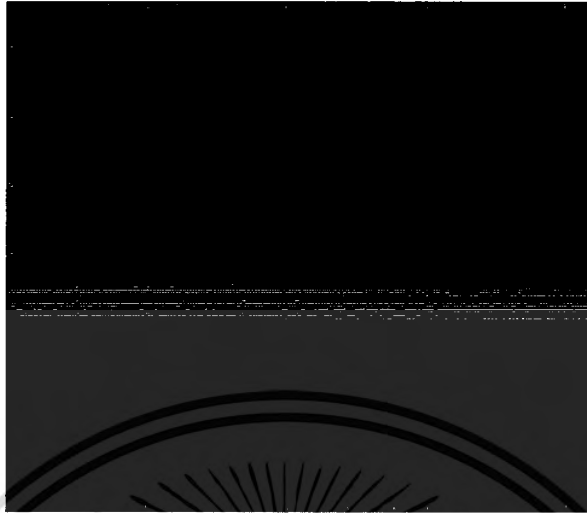
รูปที่ 4.26 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกโปรตรวจสอบในการทดลอง



รูปที่ 4.27 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.28 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

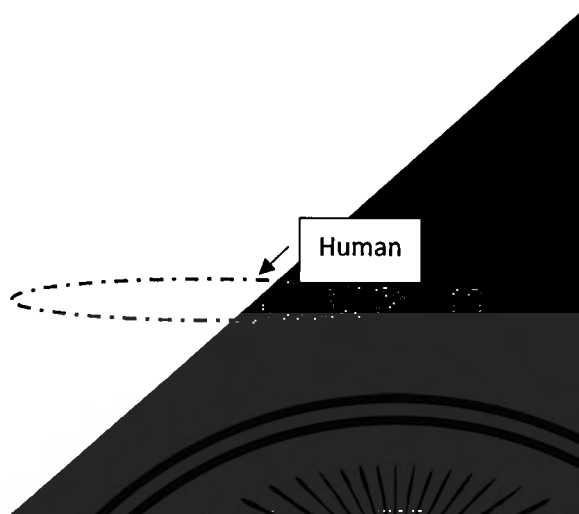
Clutter Reduction



รูปที่ 4.29 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.30 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

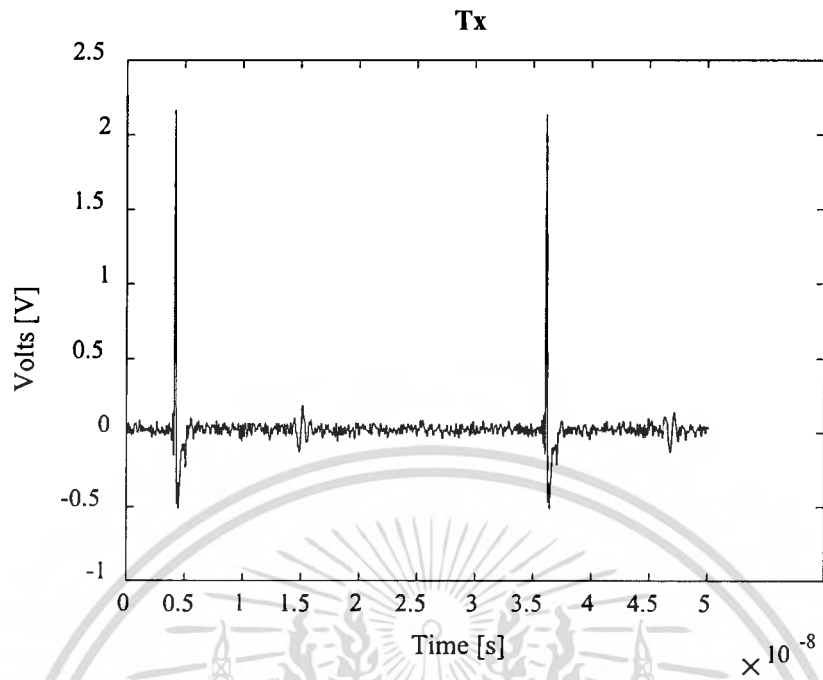
4.1.6 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา เท่ากับ 6 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

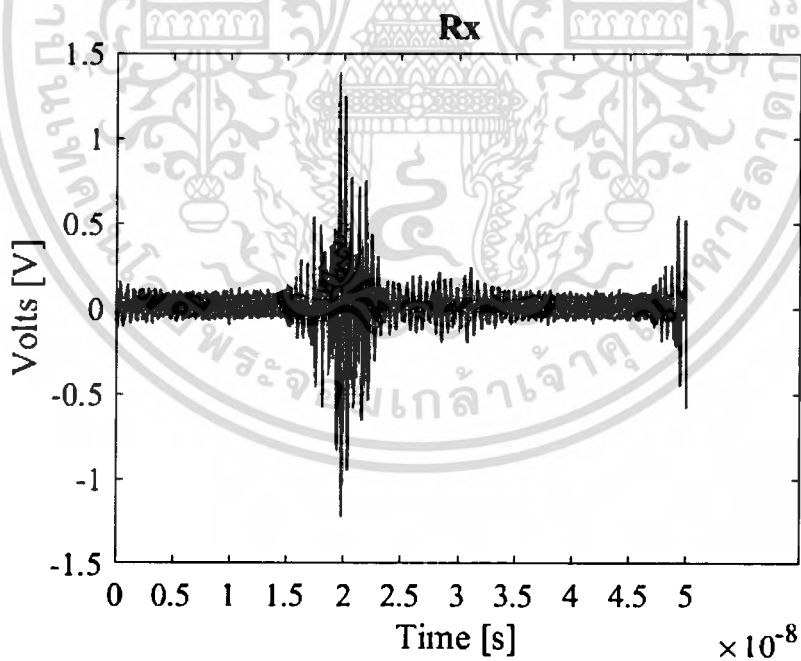


รูปที่ 4.31 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 6 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



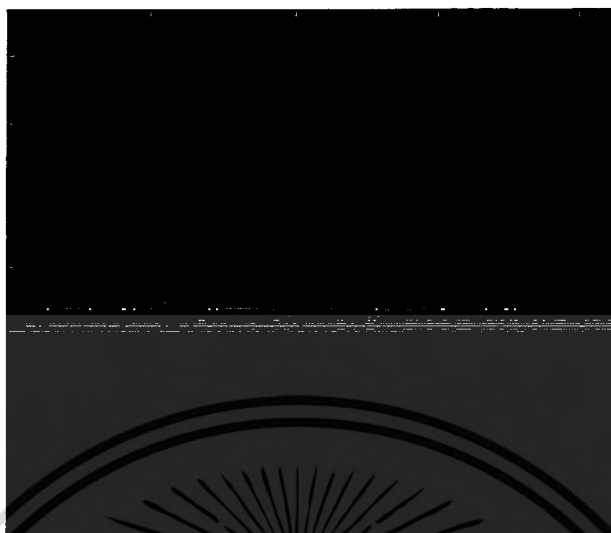
รูปที่ 4.32 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.33 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



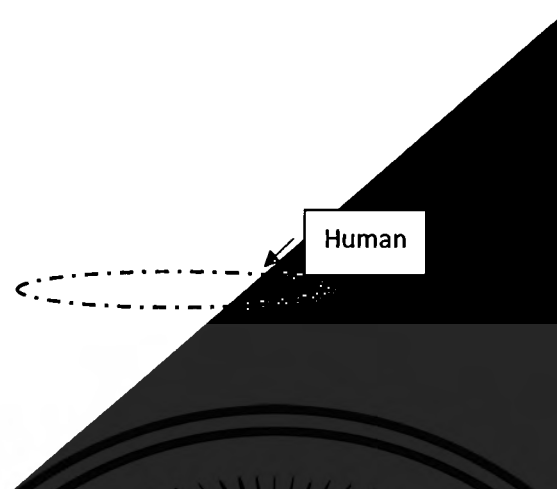
รูปที่ 4.34 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ



รูปที่ 4.35 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.36 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

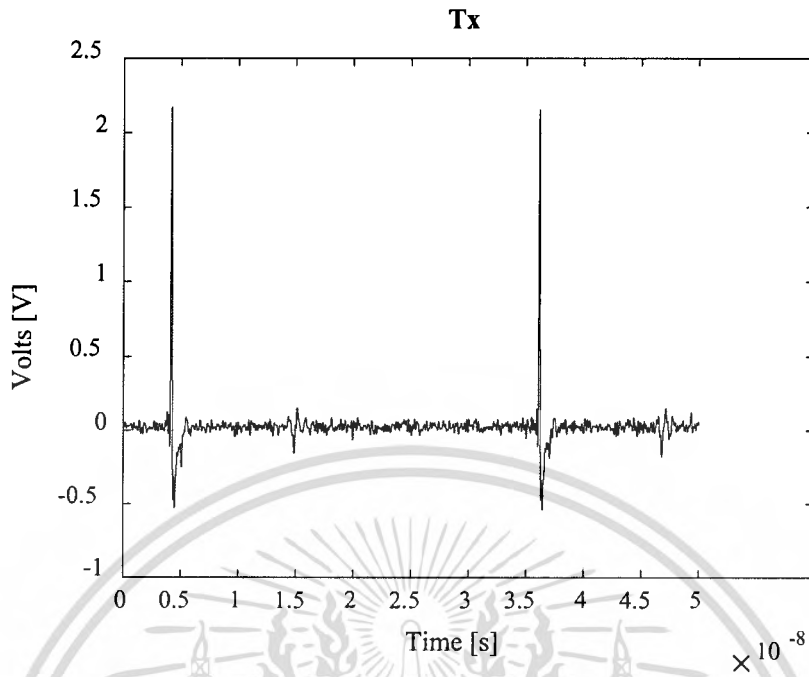
4.1.7 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐมวลเบา มีขนาดความหนา เท่ากับ 10 เซนติเมตร ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

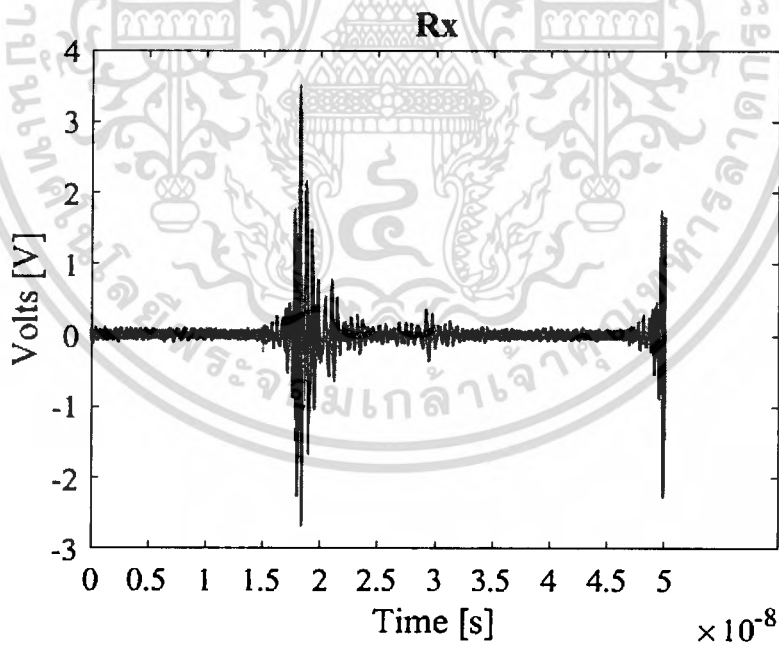


รูปที่ 4.37 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 1 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



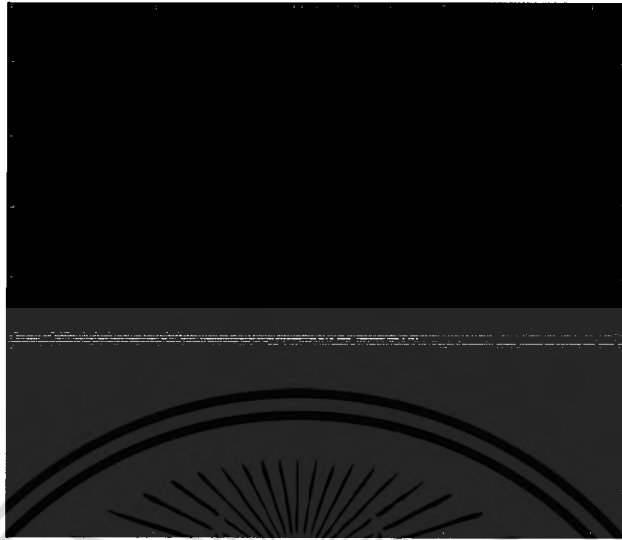
รูปที่ 4.38 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.39 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.40 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

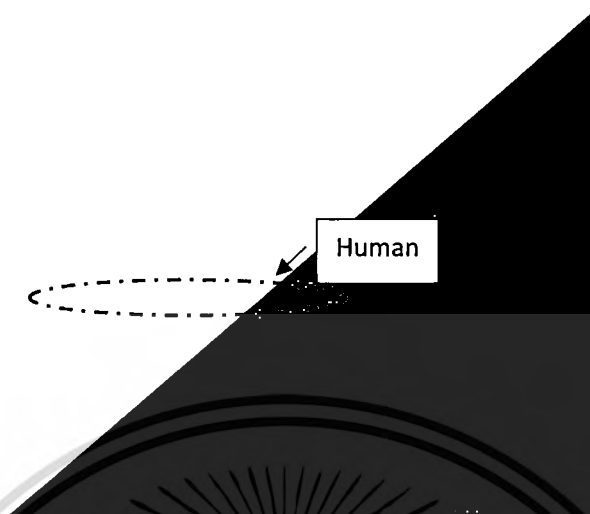
Clutter Reduction



รูปที่ 4.41 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.42 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

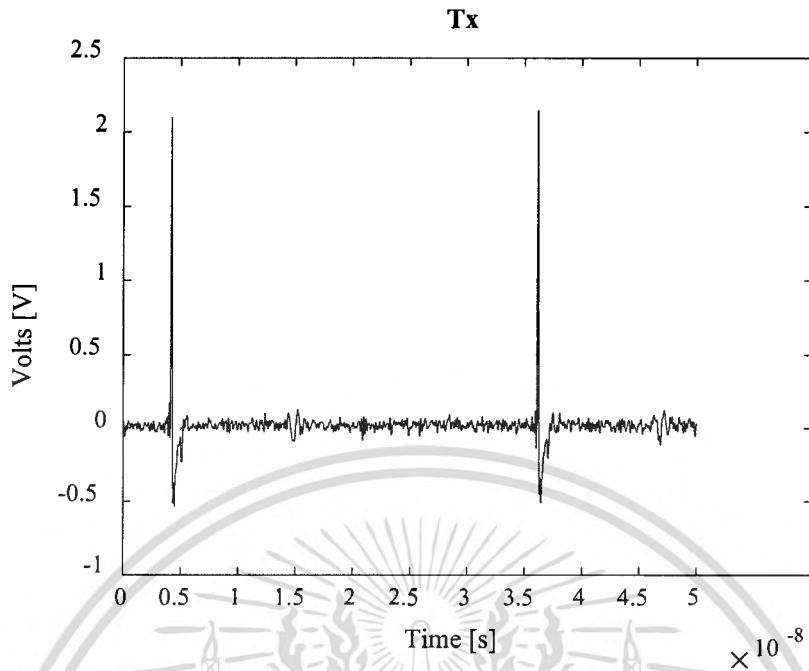
4.1.8 ผลการทดลองที่ความถี่ 3GHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวาง โดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐมวลเบา มีขนาดความหนา 2 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาด ความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

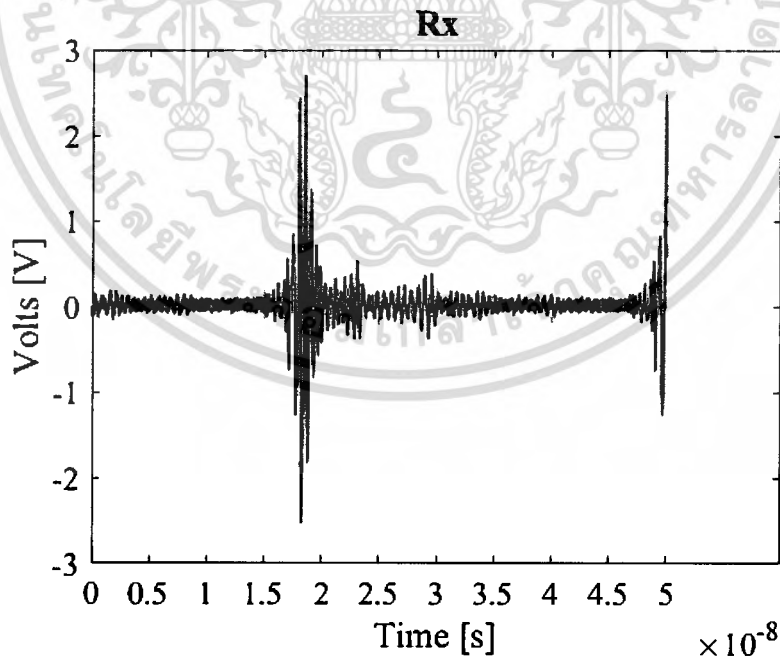


รูปที่ 4.43 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสภภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



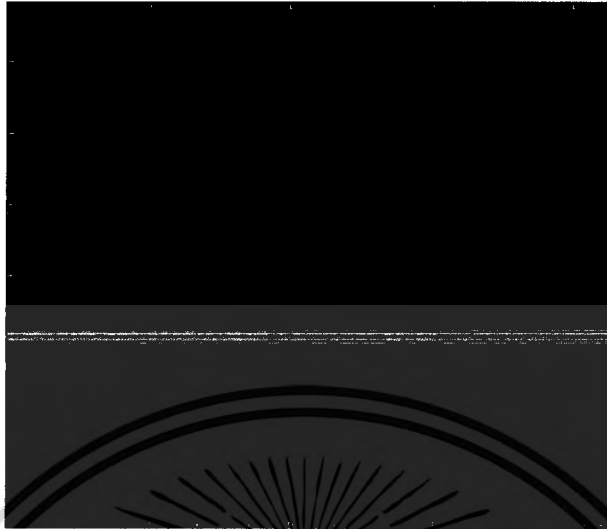
รูปที่ 4.44 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.45 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.46 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

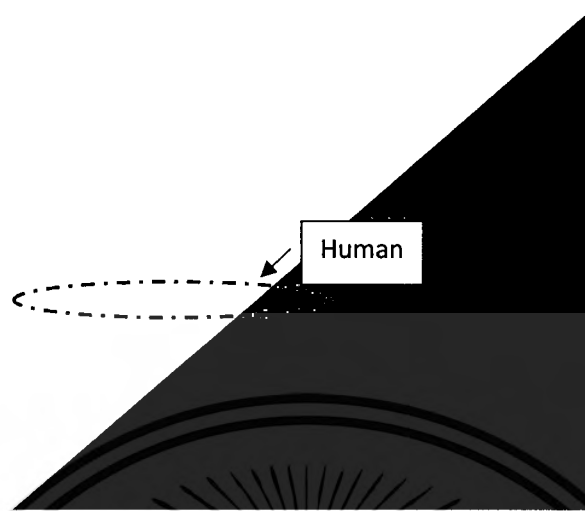
Clutter Reduction



รูปที่ 4.47 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time

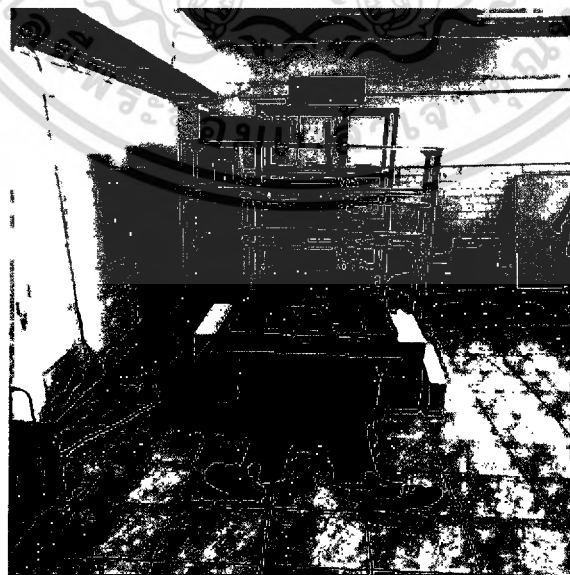


รูปที่ 4.48 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

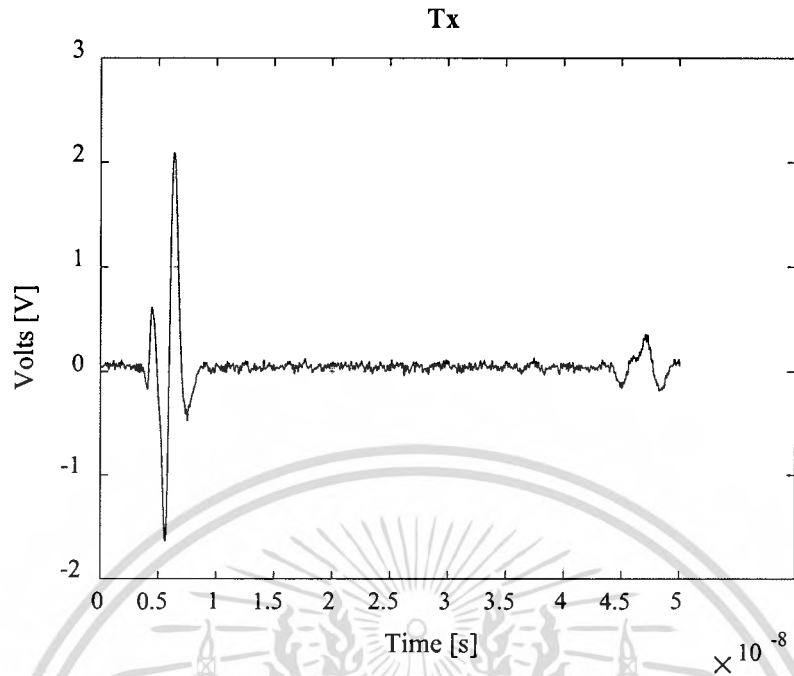
4.2 ผลการทดลองที่ความถี่ UWB ความถี่ 500MHz

4.2.1 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา เท่ากับ 1 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

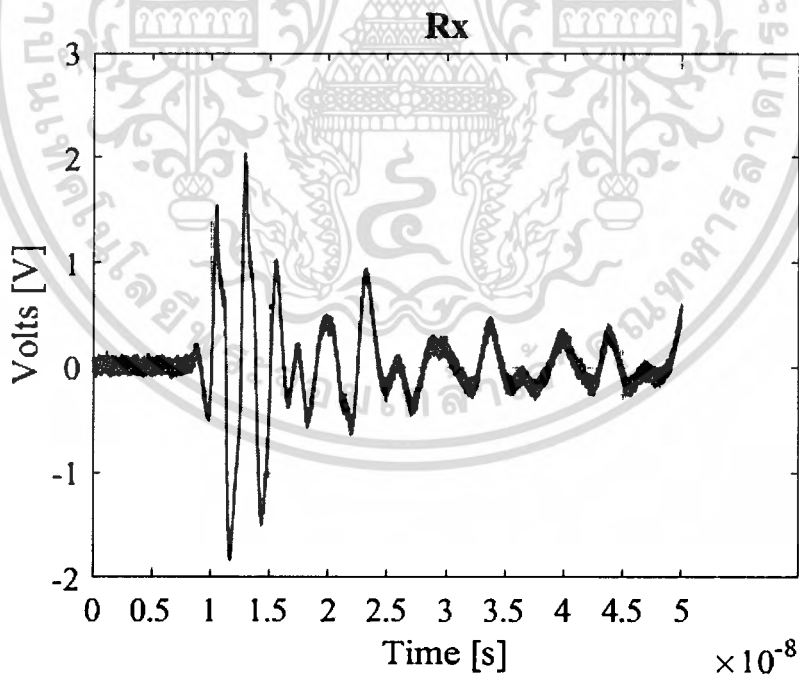
- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm



รูปที่ 4.49 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสพภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 1 ก้อน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



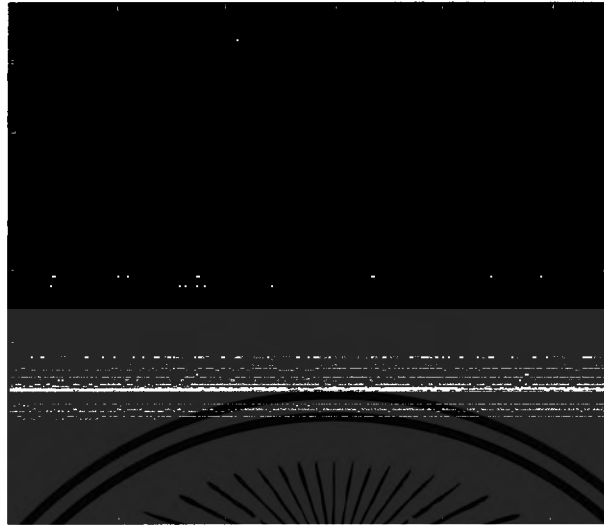
รูปที่ 4.50 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.51 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.52 สัญญาณภาครับที่ถูกต้องแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

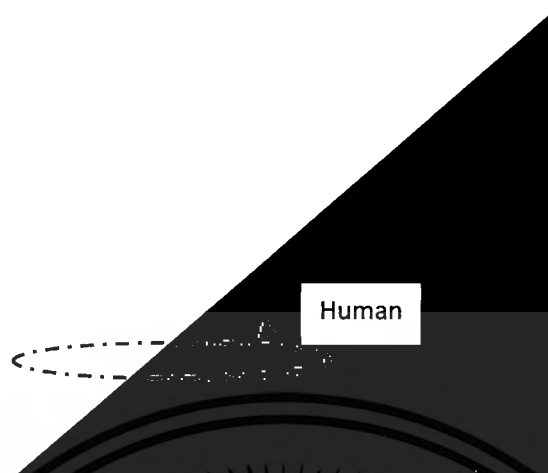
Clutter Reduction



รูปที่ 4.53 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

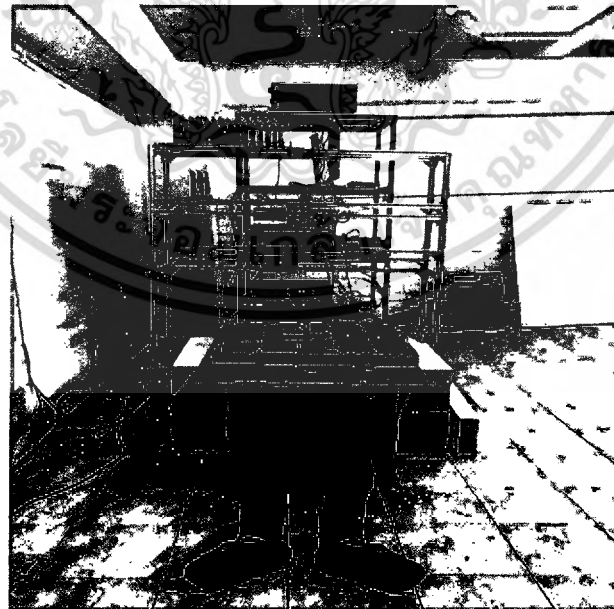
FFT in along Scan time



รูปที่ 4.54 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT)

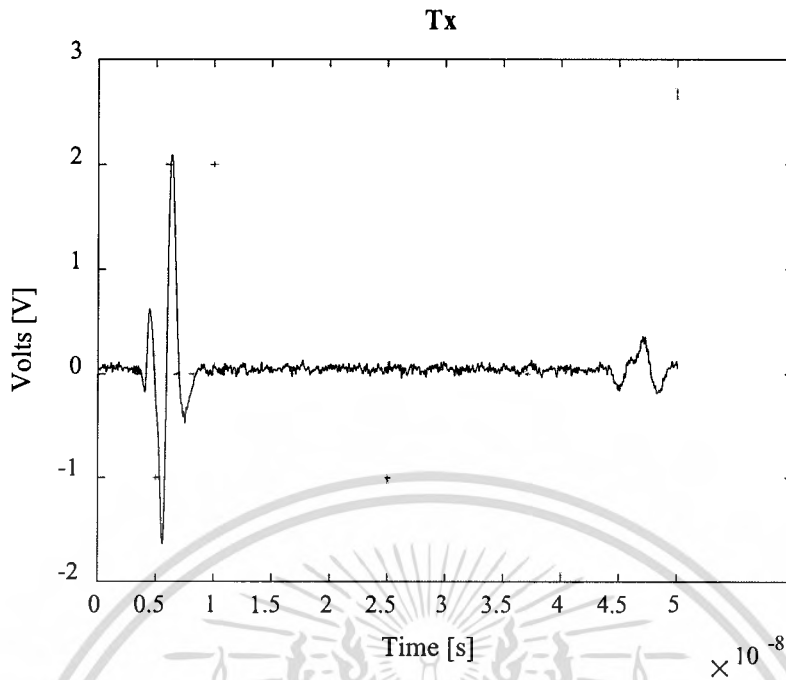
4.2.2 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา เท่ากับ 14 เซนติเมตร ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 3GHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

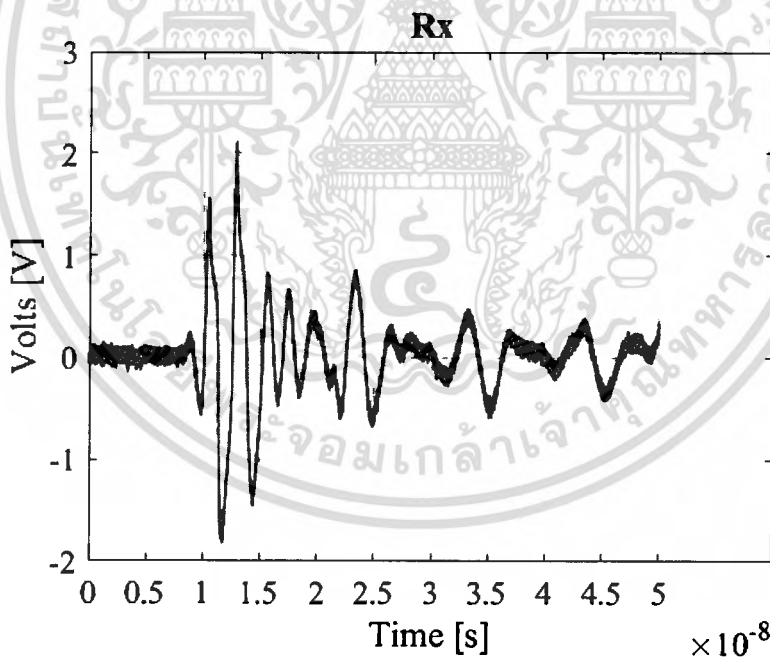


รูปที่ 4.55 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสพภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.56 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.57 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



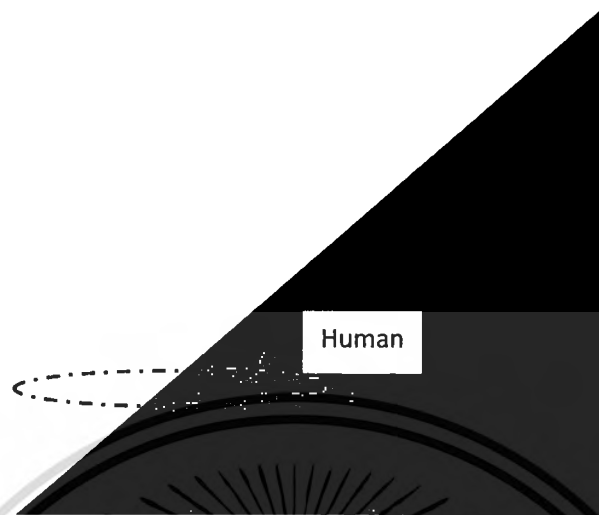
รูปที่ 4.58 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ



รูปที่ 4.59 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.60 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

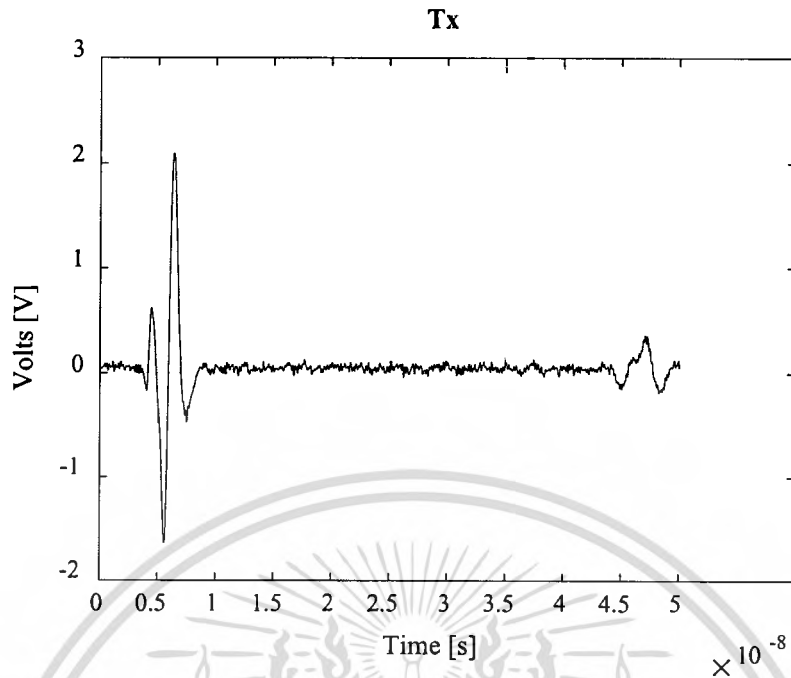
4.2.3 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา 3 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 500 MHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

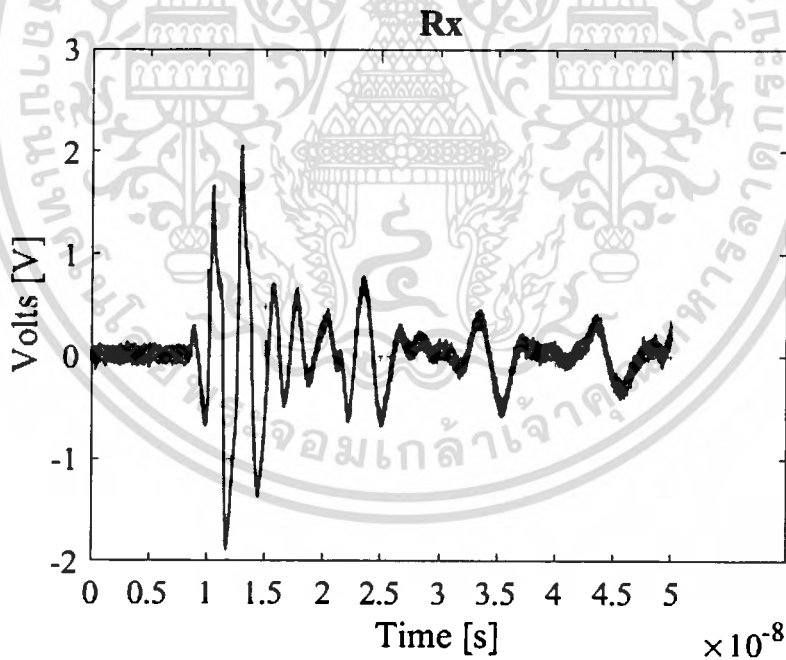


รูปที่ 4.61 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 3 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.62 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.63 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.64 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

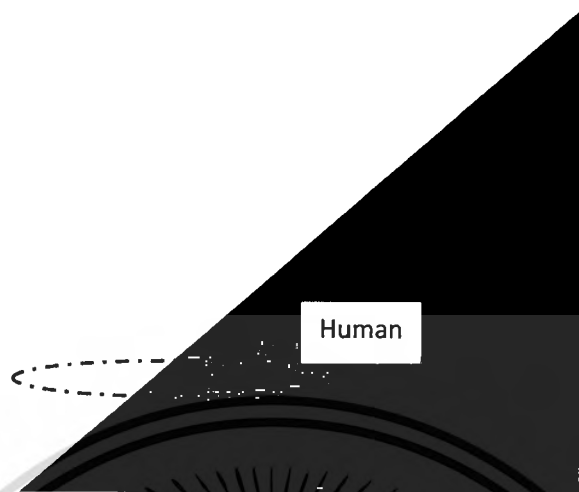
Clutter Reduction



รูปที่ 4.65 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.66 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

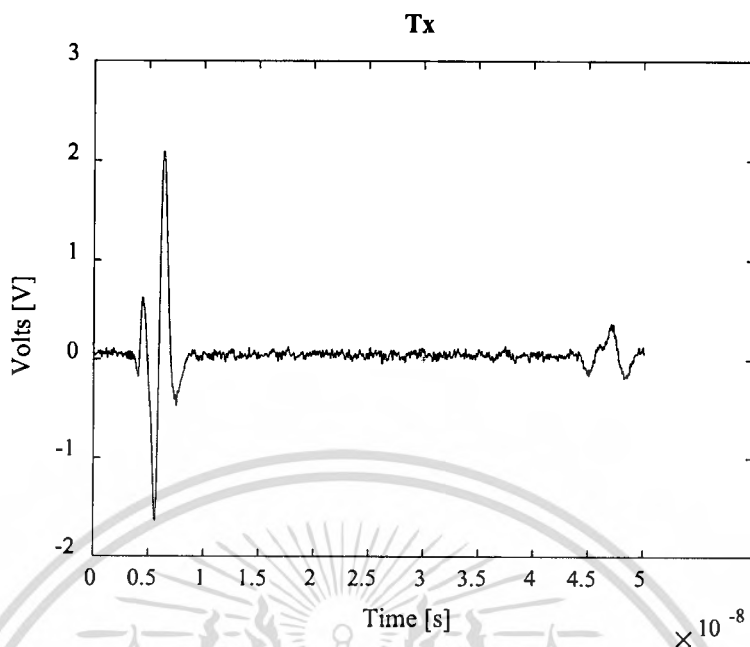
4.2.4 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา 4 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 500 MHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

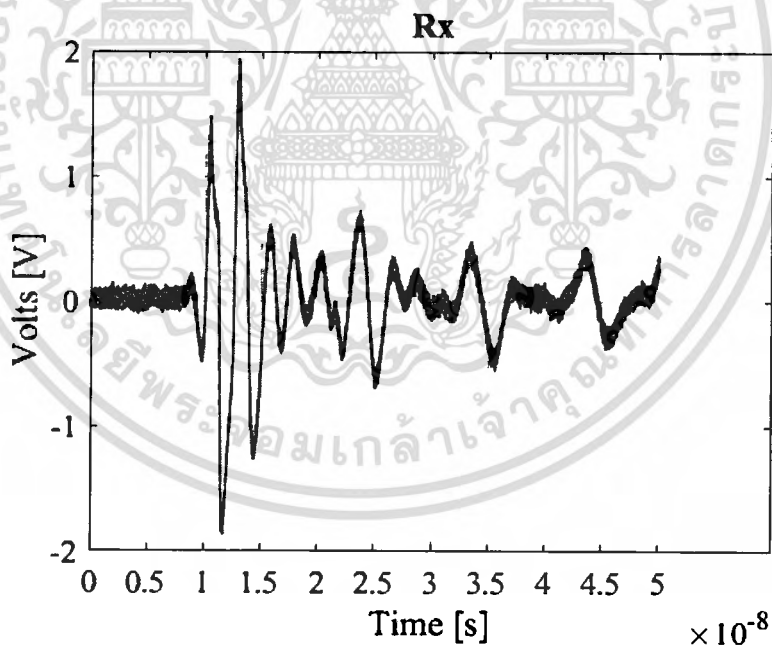


รูปที่ 4.67 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสบภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 4 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



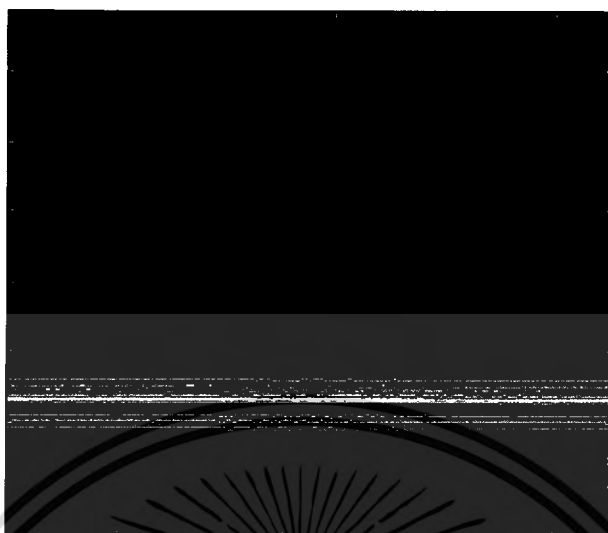
รูปที่ 4.68 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.69 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



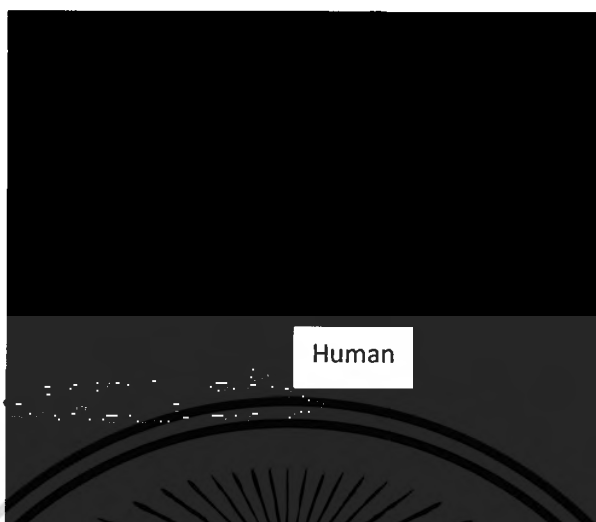
รูปที่ 4.70 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ



รูปที่ 4.71 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.72 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

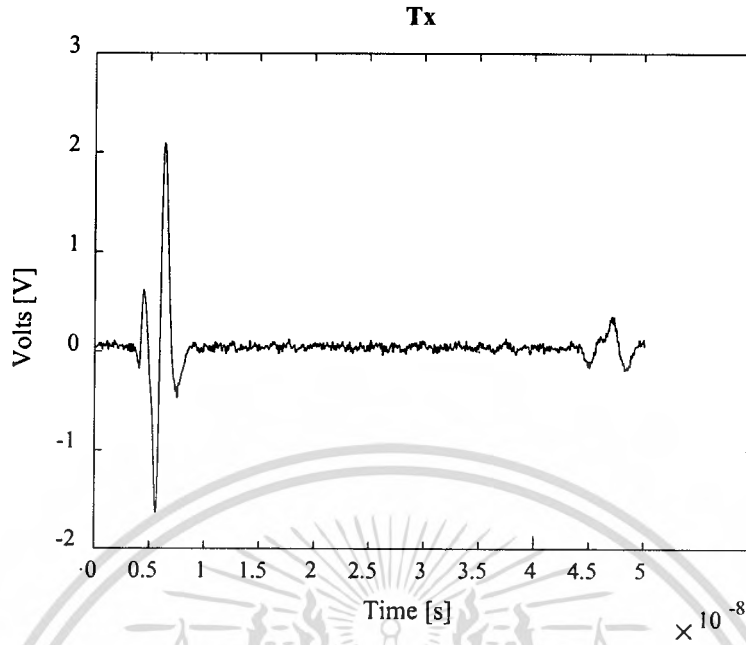
4.2.5 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา 5 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 500 MHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

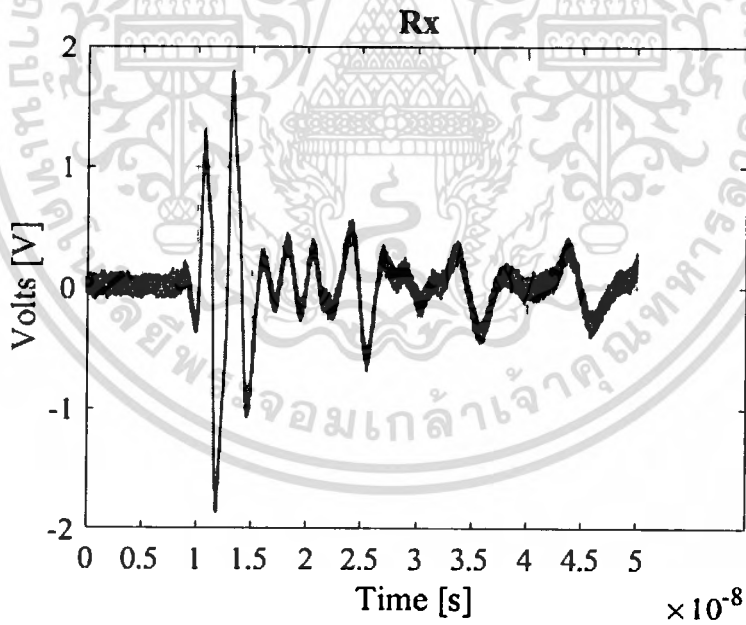


รูปที่ 4.73 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสภภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 5 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.74 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.75 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



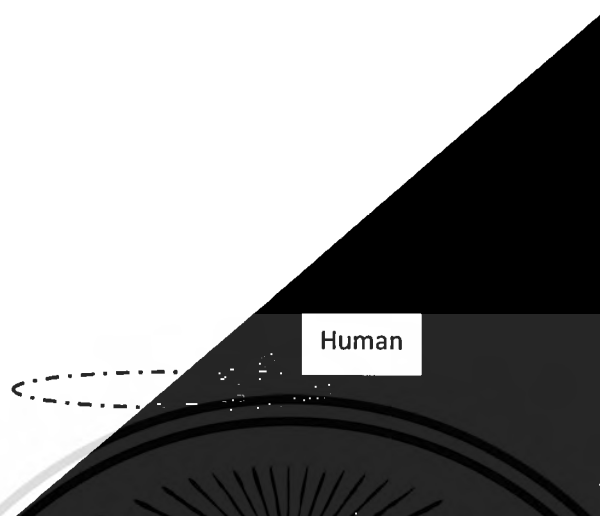
รูปที่ 4.76 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ



รูปที่ 4.77 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.78 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

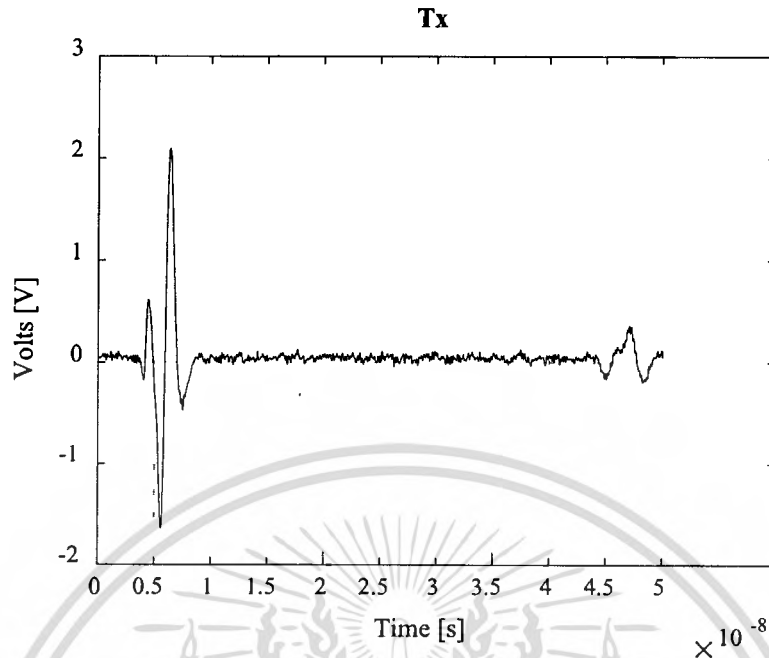
4.2.6 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวางที่เป็นชนิดอิฐแดง มีขนาดความหนา 6 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 500 MHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

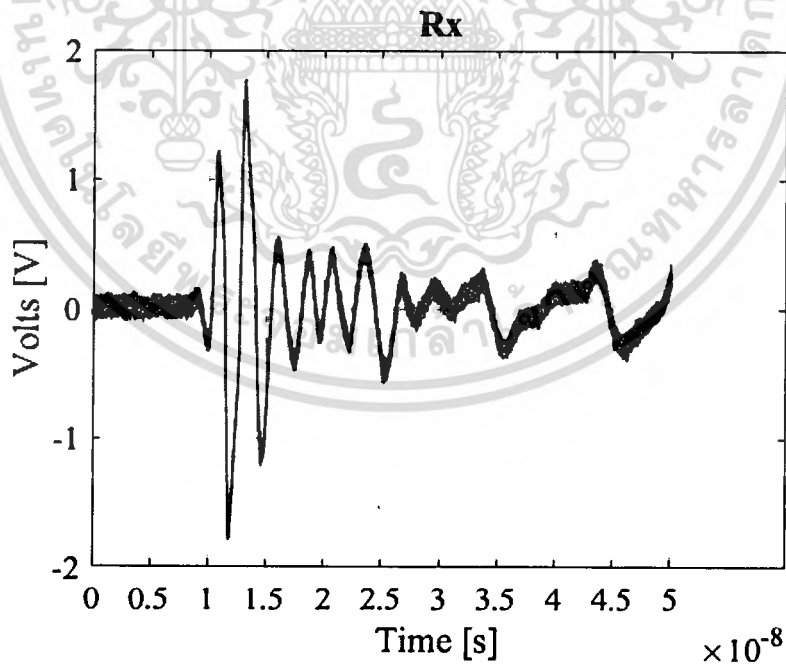


รูปที่ 4.79 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสพภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐแดง ความหนา 5 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.80 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.81 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.82 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

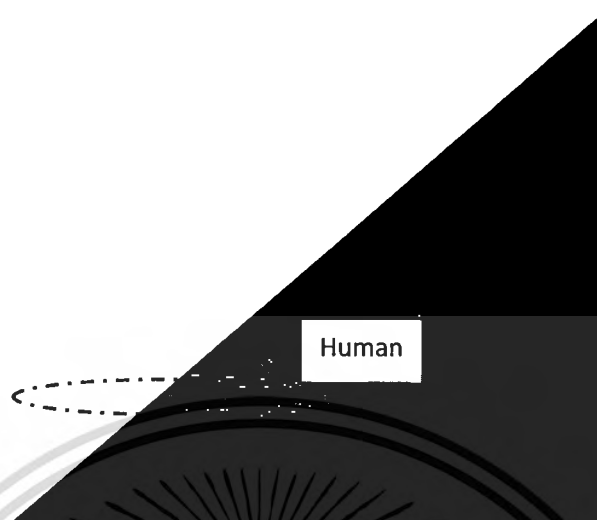
Clutter Reduction



รูปที่ 4.83 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

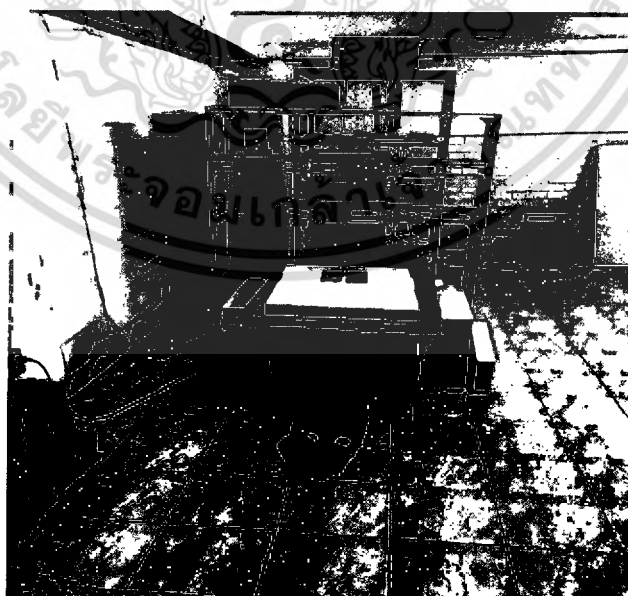
FFT in along Scan time



รูปที่ 4.84 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT)

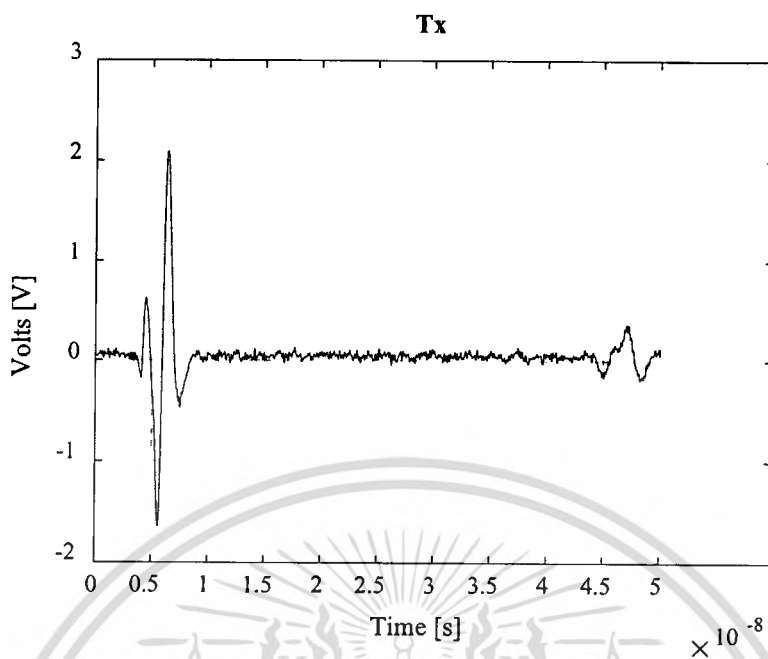
4.2.5 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐมวลเบา มีขนาดความหนา 1 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 500 MHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

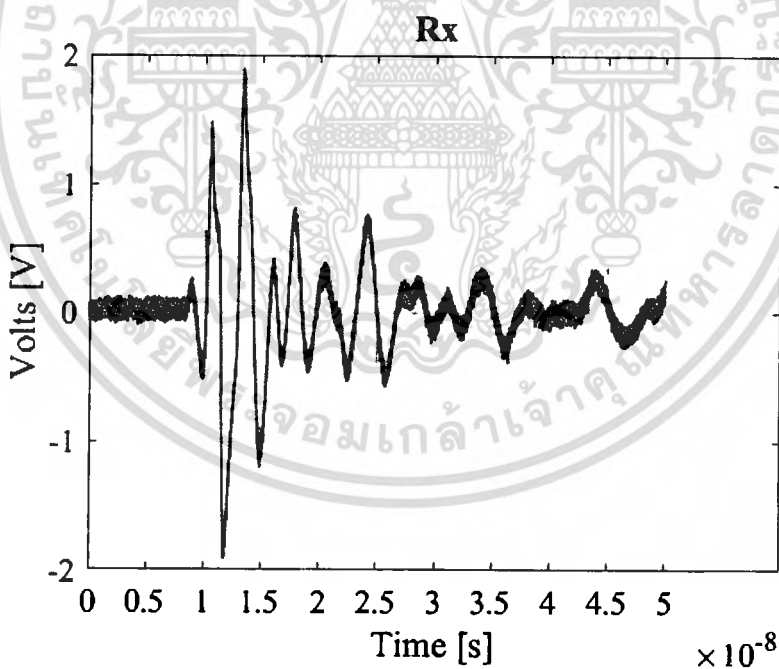


รูปที่ 4.85 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสพภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 1 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.86 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.87 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.88 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

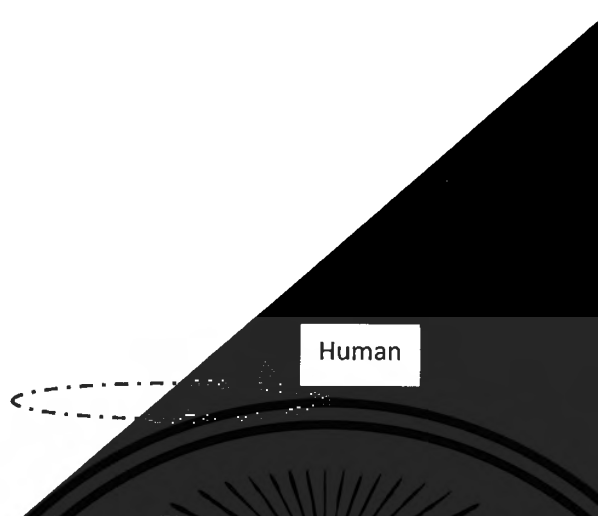
Clutter Reduction



รูปที่ 4.89 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

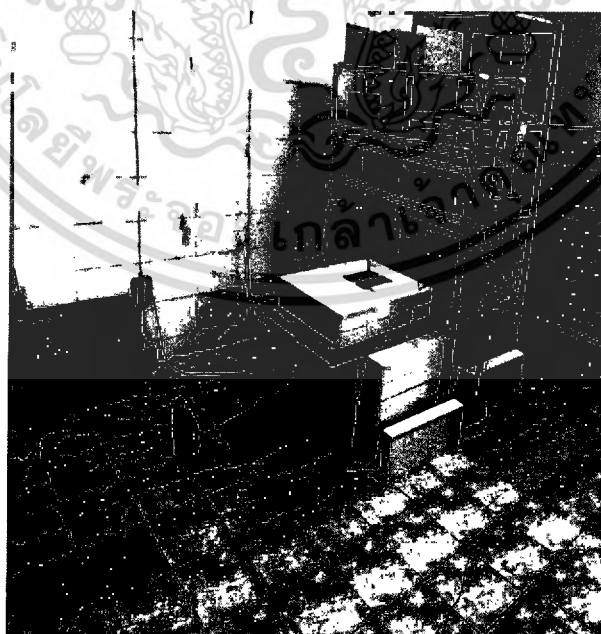
FFT in along Scan time



รูปที่ 4.90 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูรีเยร์ (FFT)

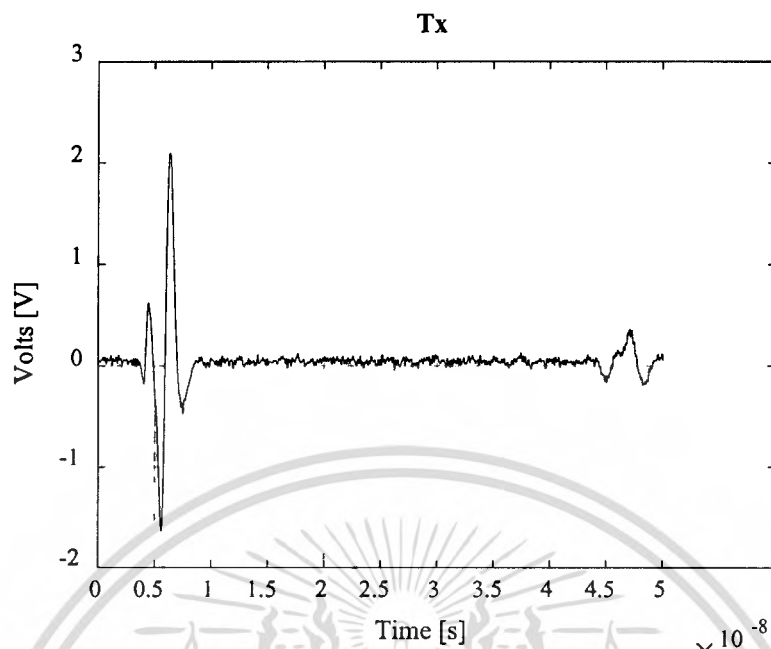
4.2.6 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐมวลเบา มีขนาดความหนา 2 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 500 MHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

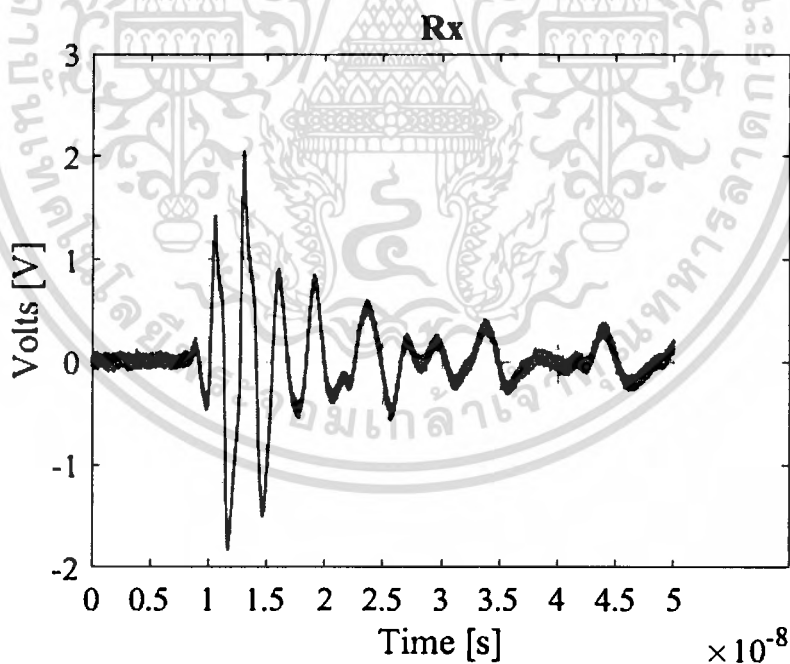


รูปที่ 4.91 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสพภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



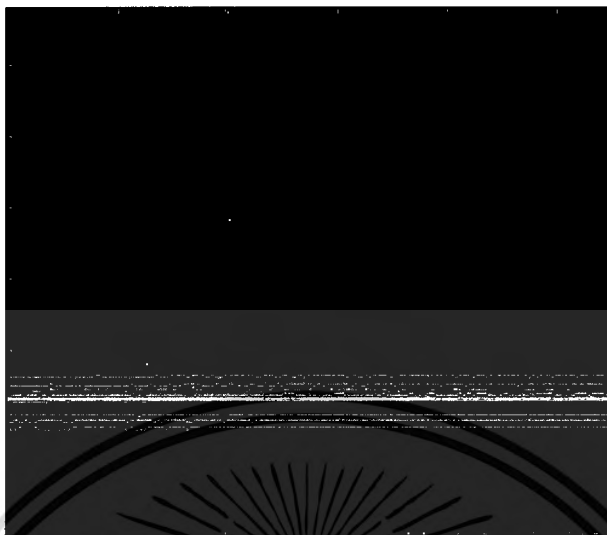
รูปที่ 4.92 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกโปรตรวจสอบในการทดลอง



รูปที่ 4.93 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.94 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

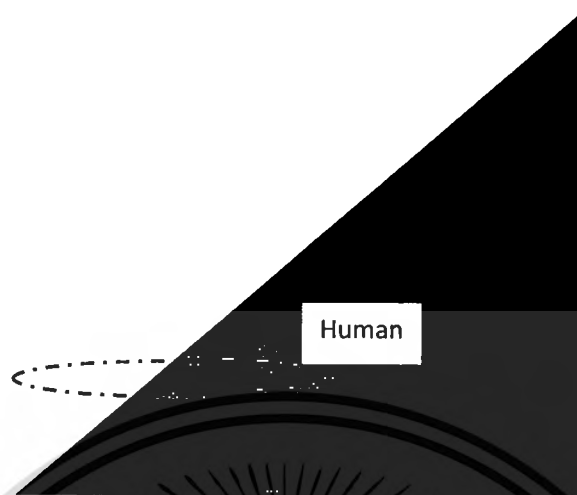
Clutter Reduction



รูปที่ 4.95 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



รูปที่ 4.96 ผลการทดลองแสดงตำแหน่งของมนุษย์ หลังผ่านกระบวนการฟูริเยร์ (FFT)

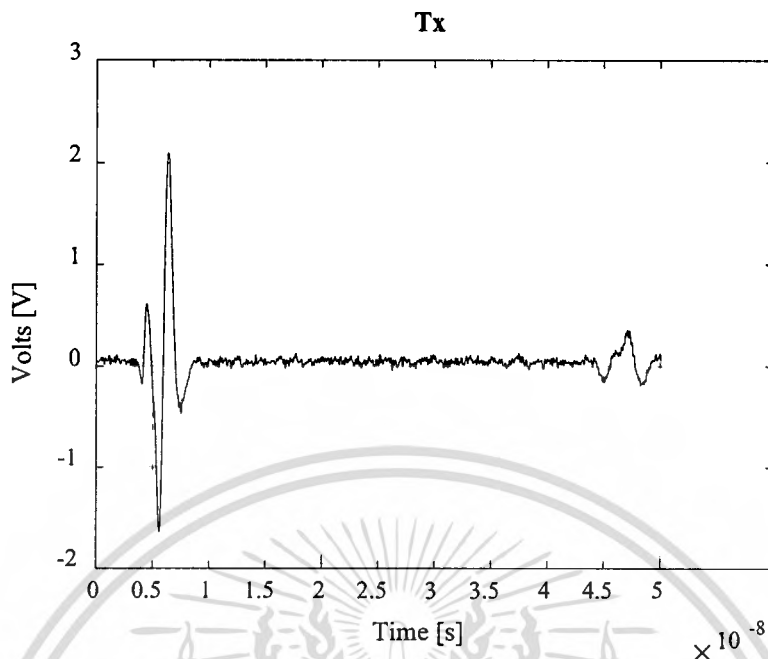
4.2.7 ผลการทดลองที่ความถี่ 500 MHz โดยทำการเปลี่ยนแปลงระดับของความหนาของสิ่งกีดขวางโดยสิ่งกีดขวาง ที่เป็นชนิดอิฐมวลเบา มีขนาดความหนา 3 ก้อน ส่งผ่านคลื่น UWB ที่ความถี่ 500 MHz ขนาดความแรงของสัญญาณ 2 วัตต์

- สายอากาศชนิด Vivaldi
- ภาครับมีชุดขยาย LNA ขนาด +30dBm

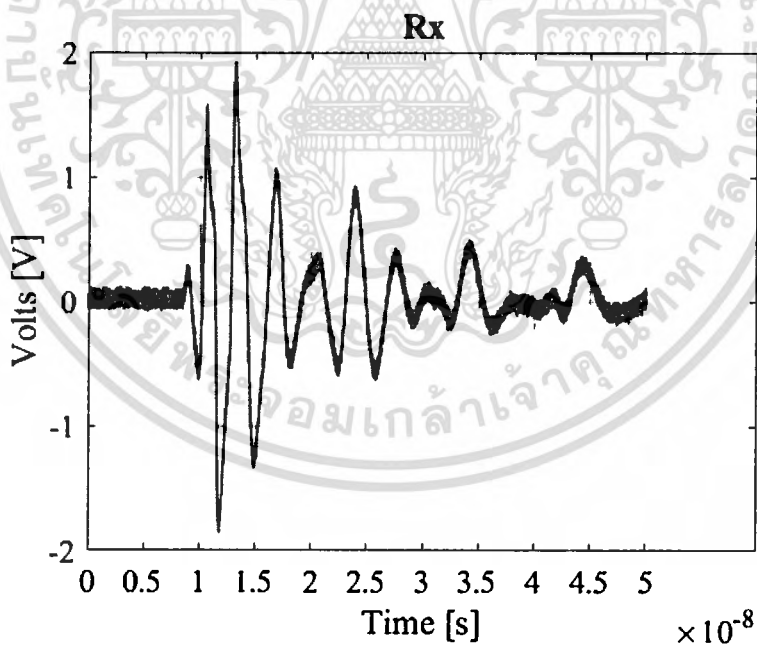


รูปที่ 4.97 บรรยากาศการทดลองค้นหาผู้ประสพภัยภายใต้สิ่งกีดขวางชนิดอิฐมวลเบา ความหนา 3 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.98 สัญญาณภาคส่ง (Tx) ที่ทำการส่งออกไปตรวจจับในการทดลอง



รูปที่ 4.99 สัญญาณภาครับ (Rx) ที่ได้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rx table



รูปที่ 4.100 สัญญาณภาครับที่ถูกแสดงในรูปแบบข้อมูลดิบ (Raw data) ในรูปแบบสองมิติ

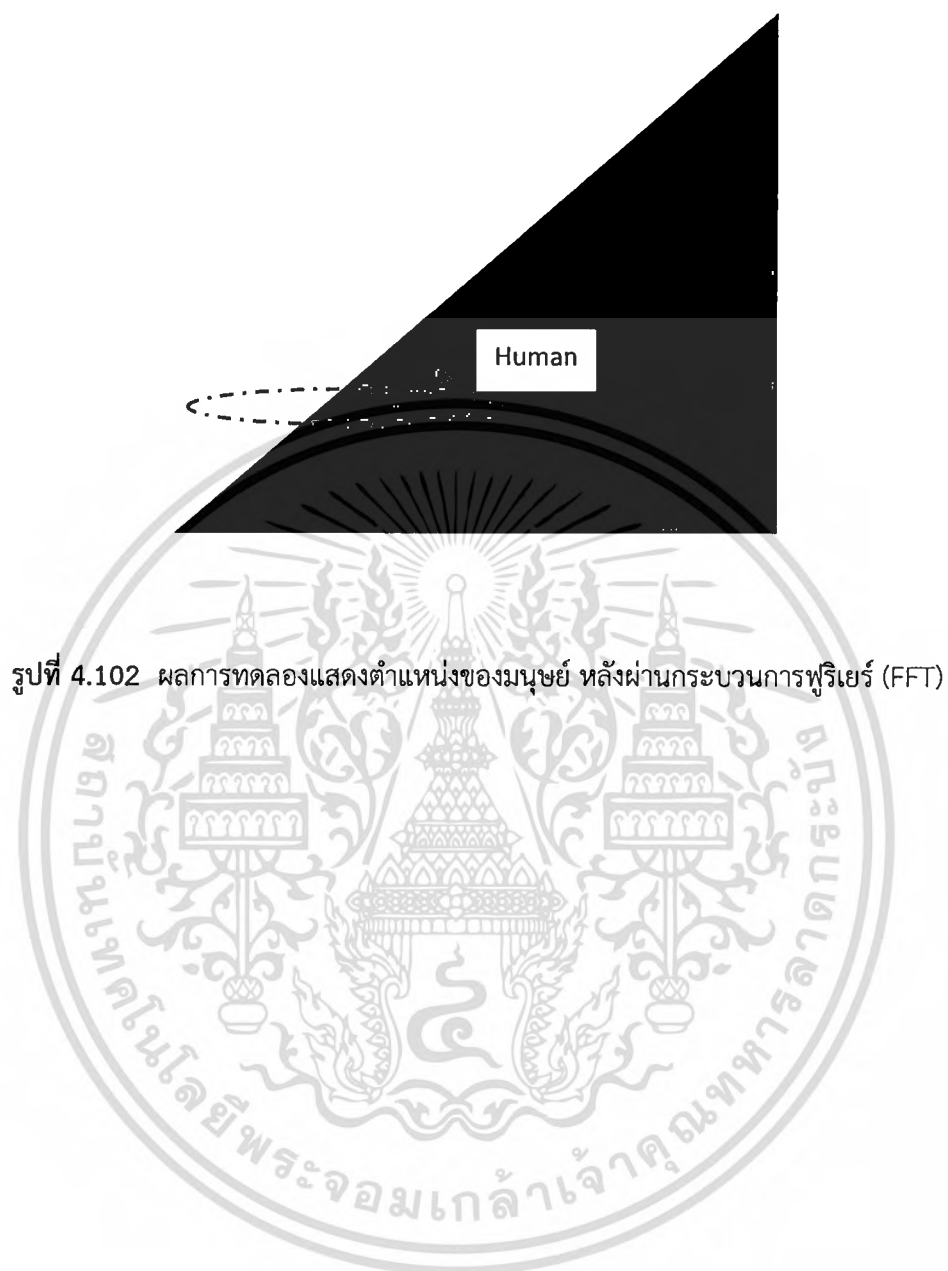
Clutter Reduction



รูปที่ 4.101 แสดงสัญญาณภาครับที่ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวน (Clutter Reduction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FFT in along Scan time



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

โครงการวิจัยฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาระบบเรดาร์สำหรับประยุกต์ใช้ในการตรวจจับสัญญาณซีพของมนุษย์ เพื่อใช้ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย ในการเกิดเหตุแผ่นดินไหวแผ่นดินถล่ม ซึ่งจะใช้หลักการในการส่งคลื่นในย่านความถี่กว้างมาก หรือ ที่เรียกว่า Ultrawideband(UWB) โดยจะกำหนดให้สัญญาณ UWB เป็นสัญญาณแบบ พัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ในทางโดเมนทางเวลาที่แคบ ซึ่งจะทำให้ในโดเมนทางความถี่มีความกว้างมากตามหลักการของสัญญาณ ในการส่งผ่าน UWB ก็เพื่อต้องการตรวจจับความถี่ใดความถี่หนึ่งที่ส่งไป ซึ่งความถี่ที่ส่งจากเครื่องส่งแบบ UWB จะมีหลายความถี่ออกไป และเมื่อกระทบกับร่างกายของมนุษย์ก็จะมีความถี่หนึ่งหรือหลายความถี่สะท้อนกลับมา และสัญญาณที่สะท้อนกลับมานั้นจะมีสัญญาณซีพปนมาด้วย เช่น สัญญาณคลื่นหัวใจ สัญญาณความถี่ของการหายใจ ซึ่งเราจะใช้เป็นการระบุว่าเป็นบุคคลที่มีชีวิตอยู่ได้ เพื่อทำการช่วยเหลือ โครงการวิจัยนี้ เราได้ทำการออกแบบสายอากาศสำหรับที่จะนำมาใช้ในระบบ UWB เพื่อที่จะสามารถส่งผ่านคลื่นทั้งหมดออกไปได้ โดยทั้งสายอากาศรับและส่ง จะมีความกว้างของช่วงการใช้งานประมาณ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ โดยสร้างสัญญาณ UWB จากเครื่องกำเนิดพัลส์ ที่ความถี่ 500 เมกกะเฮิร์ตซ์ และ 3 กิกะเฮิร์ตซ์ โดยผ่านชุดขยายเพื่อให้มีกำลังส่งออกในภาคส่งขนาด 2 วัตต์ และทางภาครับเมื่อรับสัญญาณกลับเข้ามาแล้วจะนำสัญญาณมาผ่านภาคขยายที่มีการรบกวนต่ำ LNA แล้วสัญญาณจะเชื่อมต่อผ่านออสซิลโลสโคปความถี่สูง ที่มีการสุ่มสัญญาณสูงสุด 40 กิกะแซมเปิลต่อวินาที แล้วทำการดึงข้อมูลผ่าน GPIB เพื่อนำเอาข้อมูลไปประมวลผลคำนวณหาความถี่ดอปเปลอร์ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองที่ 2 ความถี่ คือ 500 เมกกะเฮิร์ตซ์และ 3 กิกะเฮิร์ตซ์ โดยทำการส่งผ่านคลื่นผ่านอิฐมอญแดงที่ความหนาในระดับต่าง และอิฐมวลเบาที่ความหนาในระดับต่าง ผลการตรวจสอบที่ความถี่ 500 เมกกะเฮิร์ตซ์จะตรวจสอบได้ชัดเจนกว่า 3 กิกะเฮิร์ตซ์และ ที่อิฐมอญแดง จะมีการส่งผ่านคลื่นทั้งสองความถี่ได้ดีกว่าอิฐมวลเบา

บทที่ 6

สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

จากงานวิจัยนี้ทางทีมวิจัยได้พัฒนาระบบการตรวจสอบมนุษย์ โดยใช้ UWB ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง แต่จำเป็นต้องปรับปรุงขนาดให้มีความเหมาะสม สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก หลักการในการประมวลผลสัญญาณในการตรวจจับ สามารถนำไปใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาโทปริญญาเอกในการทำงานวิจัย เพื่อพัฒนาอัลกิทึมที่เหมาะสม ทางทีมวิจัยได้ลู่วงถึงการได้มาซึ่งสัญญาณชีพที่สามารถตรวจจับได้ และในการพัฒนาต่อยอดทางด้านฮาร์ดแวร์ ก็เพียงพัฒนาลงบนอุปกรณ์ FPGA ซึ่งเป็นหัวใจในส่วนของ การสร้างสัญญาณ UWB และในการตรวจจับสัญญาณ



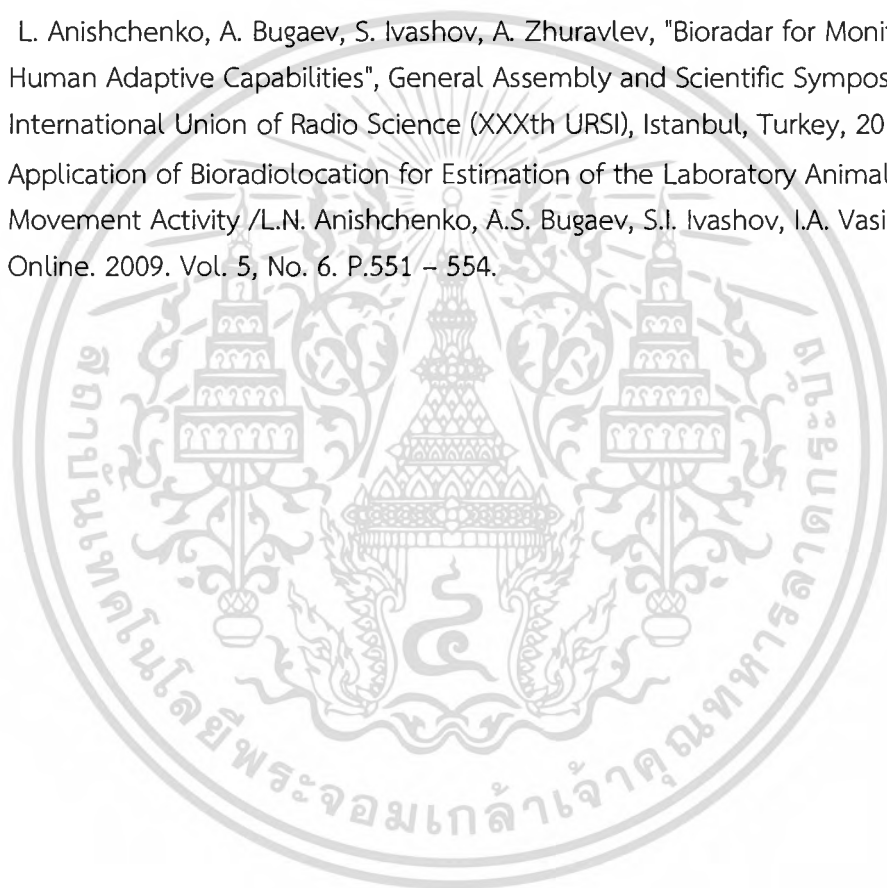
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. F. Soldovieri, I. Catapano, L. Crocco, L.N. Anishchenko, and S.I. Ivashov, "A Feasibility Study for Life Signs Monitoring via a Continuous-Wave Radar", *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2012, Article ID 420178, 5 pages, 2012.
2. Hui Xu, Bangyu Li, Xinsheng Che, and Jian Ren, Analyzing the Effect and Selecting the Parameter of Bioradar Antenna for Measurement // *Communications in Computer and Information Science* Volume 176, 2011, pp 451-456.
3. Fu Rui-ling, Li Hongxia, Application of Adaptive Spectral-line Enhancer in Bioradar // *Proc. Of 2011 International Conference on Computer and Automatic Engineering*, 2011, pp.121-125.
4. Immoreev, I.Y., "Practical applications of UWB technology", *Aerospace and Electronic Systems Magazine*, IEEE , vol.25, no.2, pp.36,42, Feb. 2010.
5. Jing Li, Lanbo Liu, Zhaofa Zeng, Fengshan Liu, "Simulation and signal processing of UWB radar for human detection in complex environment", *Ground Penetrating Radar (GPR)*, 2012 14th International Conference on , vol., no., pp.209,213, 4–8 June 2012.
6. Fu-Kang Wang, Tzyy-Sheng Horng, Kang-Chun Peng, Je-Kuan Jau, Jian-Yu Li, Cheng-Chung Chen, "Detection of Concealed Individuals Based on Their Vital Signs by Using a See-Through-Wall Imaging System With a Self-Injection-Locked Radar", *Microwave Theory and Techniques*, IEEE Transactions on , vol.61, no.1, pp.696,704, Jan. 2013.
7. Otsu M., Nakamura R., Kajiwaru A., "Remote respiration monitoring sensor using stepped-FM", *Sensors Applications Symposium (SAS)*, 2011 IEEE , pp.155,158, 22-24 Feb. 2011.
8. S.I. Ivashov, V.V. Razevig, A.P. Sheyko, I.A. Vasilyev, "Detection of Human Breathing and Heartbeat by Remote Radar", *Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2004)*, March 28–31, 2004, Pisa, Italy, pp. 663-666.
9. "Xaver 400 Compact, Tactical Through-Wall Imaging System". *Camero-tech.com*. Retrieved 2014-03-13.
10. R. Zetik et al., Detection and localization of persons behind obstacles using M-sequence through-the-wall radar / *Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence. Technologies for Homeland Security and Homeland Defense V*, ed. By E.M. Carapezza // *Proc. Of SPIE* Vol. 6201 62010I-1-62010I-12 "Product 3". *Lifesensor.co.jp*. Retrieved 2014-03-13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. M. Pieraccini, G. Grazzini, D. Dei, C. Atzeni, GPR system to locate survivors of natural disasters // Proc. Of 12th International Conference on ground penetrating radar, June 16–19, 2008, Birmingham, UK.
12. Staderini E.M., "UWB Radars in Medicine", IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2002. No. 1. P. 13–18.
13. M. Alekhin, L. Anishchenko, A. Tataraidze, et al., "A Novel Method for Recognition of Bioradiolocation Signal Breathing Patterns for Noncontact Screening of Sleep Apnea Syndrome", International Journal of Antennas and Propagation, vol. 2013, Article ID 969603, 8 pages, 2013.
14. L. Anishchenko, A. Bugaev, S. Ivashov, A. Zhuravlev, "Bioradar for Monitoring of Human Adaptive Capabilities", General Assembly and Scientific Symposium of International Union of Radio Science (XXXth URSI), Istanbul, Turkey, 2011. pp.1-4.
15. Application of Bioradiolocation for Estimation of the Laboratory Animals' Movement Activity /L.N. Anishchenko, A.S. Bugaev, S.I. Ivashov, I.A. Vasiliev //PIERS Online. 2009. Vol. 5, No. 6. P.551 – 554.



บันทึกการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่ 2560A11802058 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561

แหล่งทุน :

โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน

ชื่อโครงการ :

การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio Radar เพื่อการนำไปใช้งานค้นหาผู้รอดชีวิต ในกรณีเ

ชื่อหัวหน้าโครงการ :

รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ว/ค/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ตอกเบี้ยรับ	ค่าใช้สอย
	งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน)		1,339,170					
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 85%)		1,138,294					
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 = 15%)		200,876					
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3)							
	หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1)		650,000	650,000			650,000	
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2)		450,000	450,000			450,000	
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 3)							
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 4)							
	งบประมาณคงเหลือ		1,339,170					
	รายละเอียดค่าใช้จ่าย							
ครั้งที่ 1								
	หัว port จำนวน 8 ชุด			10,000			10,000	
	อลูมิเนียมแผ่น			21,200			21,200	
	อ่างผสมปูน			3,000			3,000	
	อุปกรณ์ชุดกรองสัญญาณ จำนวน 10 ชุด			50,000			50,000	

แหล่งทุน :

โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน

ชื่อโครงการ :

การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio Radar เพื่อการนำไปใช้งานค้นหาผู้รอดชีวิต ในกรณีเ

ชื่อหัวหน้าโครงการ :

รศ.ดร. ภัทพงษ์ ผาสุกกิจ

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ดอกเบี้ยรับ	ค่าใช้สอย
	อุปกรณ์สร้างกำแพงผนังเบา			45,000			45,000	
	อุปกรณ์สร้างกำแพงผนังหนัก			45,000			45,000	
	อุปกรณ์สร้างห้องทดสอบการส่งและรับคลื่น			34,000			34,000	
	ไอซี FPGA จำนวน 10 ชุด			40,000			40,000	
	ไอซีขยายสัญญาณต่ำ LNA จำนวน 20 ชุด			40,000			40,000	
	ไอซีเรียงกระแส			3,750			3,750	
	ไอซี สำหรับมัลติเพล็กซ์สัญญาณ จำนวน 20 ชุด			80,000			80,000	
								391,950
	ไอซี สำหรับลดทอนกำลังงาน จำนวน 10 ชุด			20,000			20,000	
	อุปกรณ์ทำสายอากาศ ความถี่กว้าง			50,000			50,000	
	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชุด LNA จำนวน 11 ชุด			55,000			55,000	
	คอนเนคเตอร์ความถี่สูง จำนวน 10 ชุด			45,000			45,000	
	บอร์ดทดลอง FPGA จำนวน 24 ชุด			120,000			120,000	
	อุปกรณ์ IC ADC จำนวน 20 ชุด			80,000			80,000	
	ตัวแปลงสัญญาณเสียงจาก Digital เป็น Analog จำนวน 3 ชุด			12,000			12,000	
	ตัวแปลงสัญญาณเสียงจาก Analog เป็น Digital จำนวน 3 ชุด			12,000			12,000	

แหล่งทุน :

โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน

ชื่อโครงการ :

การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio Radar เพื่อการนำไปใช้งานค้นหาผู้รอดชีวิต ในกรณีเ

ชื่อหัวหน้าโครงการ :

รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุกกิจ

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายรับ	
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ตอกเบียรับ	ค่าใช้จ่าย
	ไอซีเวียงกระแสด จำนวน 16 ตัว			16,000			16,000	
	CPU Intel Pentium G860 3.00 GHz			4,670				
	Arduino MEGA Shield จำนวน 10 ชุด			9,050				
	รวมครั้งที่ 1							
	รายละเอียดค่าใช้จ่าย							
ครั้งที่ 2								
	จ้างเหมาในการประกอบชิ้นงาน			85,000			85,000	
	จ้างเหมาในการทำตัวกันคลื่นทดสอบความถี่สูง			89,000			89,000	
	จ้างเหมาในการทำตัวกันคลื่นรบกวน			80,000			80,000	
	จ้างเหมาในการลงอุปกรณ์แบบ SMT			43,000			43,000	
	จ้างเหมาในการทำวัด ทดสอบ และเก็บผล			85,000			85,000	
	จ้างเหมาสร้างสายอากาศนำคลื่นอัลตราไวด์แบนด์			65,000			65,000	
	จ้างเหมาสร้างออกแบบลายวงจร เพื่อลงอุปกรณ์ความถี่สูง			60,000			60,000	

แหล่งทุน :

โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน

ชื่อโครงการ :

การพัฒนาระบบการระบุบุคคล โดยใช้หลักการ Bio Radar เพื่อนำไปใช้งานค้นหาผู้รอดชีวิต ในกรณีเ

ชื่อหัวหน้าโครงการ :

รศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ		
			รับ	จ่าย	คงเหลือ		ดอกเบี้ยรับ	ค่าใช้สอย
	ค่าเช่ายานพาหนะ			12,000			12,000	
	ค่าเดินทาง			8,500			8,500	
	ค่าถ่ายเอกสาร			8,000			8,000	
	ค่าเย็บหนังสือ เข้าปกหนังสือ			8,000			8,000	
	รวมครั้งที่ 2							
	รวมทั้งหมด							

๓๙ - ๙.

ลงชื่อหัวหน้าโครงการ

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ไม่ใช้ตัดทิ้งไป แต่ต้องลงชื่อ หัวหน้าโครงการ และวันที่