การพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

Effectiveness of e-Learning Courseware Media of BMI 456 Biomedical Instrumentation IV on Ultrasound Imaging

โดย

ปิยะมาศ เสือเพ็ง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สนับสนุนทุนวิจัยโดย

ศูนย์สนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอน

มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปีการศึกษา 2556

ปิยะมาศ เสือเพ็ง 2556 : การพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีว-การแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 45 หน้า

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ภายหลังจากที่ได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 40 คน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง แบบฝึกหัดและแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน สถิติในการใช้การวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ พบว่าประสิทธิภาพของสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงเท่ากับ 88.33% อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง อยู่ในเกณฑ์ระดับมีความพึงพอใจมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.528

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Piyamas Suapang 2013: Effectiveness of e-Learning Courseware Media of BMI 456 Biomedical Instrumentation IV on Ultrasound Imaging Faculty of Science Rangsit University 45 Pages

The purposes of this study were 1) To of e-Learning Courseware Media of BMI 456 Biomedical Instrumentation IV on Ultrasound Imaging. 2) To evaluate the Courseware Media of BMI 456 Biomedical Instrumentation IV on Ultrasound Imaging. 3) To compare the achievement of students after that has been learned through e-Learning Courseware Media of BMI 456 Biomedical Instrumentation IV on Ultrasound Imaging. 4) To assess the satisfaction of the students after learning e-Learning Courseware Media of BMI 456 Biomedical Instrumentation IV on Ultrasound Imaging. The purposive sampling group was 40 students form the college of science. The instruments of this study were the e-Learning Courseware Media of on Instrumentation IV on Ultrasound Imaging, exercise and the questionnaire of the student's satisfactions. The percentages were used for statistical study. It was efficiency of the e-Learning Courseware Media of BMI 456 Biomedical Instrumentation IV on Ultrasound Imaging was 88.33% considered to be good level. The means of the student's satisfactions was 4.528 considered to be good level.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ธูสรานนท์ ที่ช่วยอนุเคราะห์ในเรื่องของการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาของการสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงให้กับผู้วิจัย และกรุณาให้คำแนะนำ อันเป็นประโยชน์ต่อการเรียบเรียงข้อมูลเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณ ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการค้นคว้าเอกสารเป็นอย่างดี คุณเกษสุดา ไชยวงศ์ จากศูนย์สนับสนุนและพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำจนสำเร็จได้ด้วยดี ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอให้คุณประโยชน์จากการทำวิจัยครั้งนี้เป็นของทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามจุดมุ่งหมาย

ปิยะมาศ เสือเพ็ง

มีนาคม 2557

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ I
กิตติกรรมประกาศ II
บทที่ 1 บทนำ 1
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
2. ขอบเขตของการวิจัย 1
3. วัตถุประสงค์ของโครงการ 2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
5. สมมติฐานการวิจัย 2
6. คำนิยามศัพท์ 2
7. ข้อจำกัดของงานวิจัย 2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 4
1. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
1.1 การสร้างภาพด้วยอัลตราซาวด์ 4
1.1.1 หลักการทางฟิสิกส์ของอัลตราซาวด์ 4
1.1.1.1 สมบัติของคลื่นเสียง 6
1.1.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วเสียง 8
1.1.1.3 อันตรกิริยาระหว่างอัลตราซาวด์และเนื้อเยื่อ 11
1.1.2 หลักการทำงานของเครื่องอัลตราซาวด์ 18
1.1.2.1 Piezoelectric Effect 18
1.1.2.2 การส่งและการรับคลื่น 20
1.1.2.3 Signal preprocessing 25
1.1.2.4 Scan Converter 27
1.1.2.5 Image Post Processing 28

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

2. ทบทวนวรรณกรรม.....32
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย.....34
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....34
1.1 ประชากร/กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา.....34
1.2 ออกแบบ สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และประเมินผล.....34
2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....35
3. เนื้อหาในการวิจัย.....35
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....35
5. วิธีการดำเนินการวิจัย.....36
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....38
1. ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน.....38
2. ผลการทดสอบสมมติฐาน.....39
3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์.....39
บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ.....44
1. บทสรุป.....44
2. ข้อเสนอแนะ.....44
3. การนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์.....44
เอกสารอ้างอิง.....45
ภาคผนวก.....46

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 (ก) คลื่นตามยาวและ (ข) คลื่นตามขวาง 5
รูปที่ 2.2 ช่วงความถี่ของเสียง.....6
รูปที่ 2.3 การสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงและการเกิดเป็นช่วงอัดช่วงขยายของโมเลกุลของอากาศ.....6
รูปที่ 2.4 สมบัติของคลื่นเสียง.....7
รูปที่ 2.5 (ก) ความถี่ของคลื่นเสียงและคาบของคลื่น (ข) ความถี่ของคลื่นเสียงและความยาวคลื่น .7
รูปที่ 2.6 การสะท้อนและการส่งผ่านคลื่นอัลตราซาวด์ในตัวกลางสองชนิด.....12
รูปที่ 2.7 การสะท้อนของคลื่นเสียงระหว่างพื้นผิวเรียบและขรุขระ 13
รูปที่ 2.8 การหักเหของคลื่น 14
รูปที่ 2.9 มุมตกกระทบและมุมหักเหของคลื่นอัลตราซาวด์ในตัวกลางสองชนิด 15
รูปที่ 2.10 การกระเจิงคลื่นอัลตราซาวด์.....16
รูปที่ 2.11 แผนผังโครงสร้างของหลักการทำงานของเครื่องอัลตราซาวด์.....18
รูปที่ 2.12 การผลิตและรับคลื่นเสียงความถี่สูง.....19
รูปที่ 2.13 รูปแบบการสแกนแบบ Linear และ Convex 21
รูปที่ 2.14 เทคนิคการสแกนแบบ Phased Array.....22
รูปที่ 2.15 การรับส่งคลื่นแบบ Beam Former.....23
รูปที่ 2.16 แสดงการโฟกัสขณะส่งและรับคลื่น.....24
รูปที่ 2.17 การกวาดลำคลื่นและการโฟกัส 24
รูปที่ 2.18 การประมวลผลแบบขนาน.....25
รูปที่ 2.19 การปรับขนาดหัวรับส่งคลื่นความถี่สูง 26
รูปที่ 2.20 การแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....27
รูปที่ 2.21 การทำงานของการ Scan Converter 28
รูปที่ 2.22 การทำงานของ Image Persistence 29
รูปที่ 2.23 การทำงานของ Image Transfer Functions.....30
รูปที่ 2.24 การทำงานแบบ Real-Time Image Processing.....38

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความเร็วเสียงในตัวกลางต่างๆ 8
ตารางที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์การสะท้อนระหว่างตัวกลางสองชนิด 12
ตารางที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ยแต่ละแบบฝึกหัด และคะแนนเฉลี่ยรวม 38
ตารางที่ 4.2 ความพึงพอใจของเรียนที่มีเรียนที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์จำนวนร้อยละ 40
ตารางที่ 4.3 แสดงระดับความพึงพอใจของผู้เรียนในด้านต่างๆเป็นค่าเฉลี่ย.....41
ตารางที่ 4.4 แสดงการแปลผลระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการสสอนอิเล็กทรอนิกส์ .43

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาททางด้านการศึกษาอย่างมาก หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับการสนใจมากนั้นคือการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning) ซึ่งจะนำเสนอบทเรียนในรูปแบบของการผสมผสานระหว่างวีดีโอ เสียง ภาพเคลื่อนไหวและตัวอักษรทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจ และง่ายต่อการทำความเข้าใจซึ่งนอกจากมีผลต่อการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนแล้ว ยังสามารถอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินการสอนได้ อีกทั้งยังมีความสามารถในการประเมินศักยภาพของผู้เรียนว่ามีความเข้าใจเนื้อหามากหรือน้อยเพียงใดการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์แบบที่สอดคล้องต่อความต้องการ การเรียนรู้ในปัจจุบัน

ในการเรียนการสอนรายวิชาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เป็นรายวิชาที่มีเนื้อหาปริมาณมากและมีหลักการการสร้างภาพที่ซับซ้อน ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการทำความเข้าใจ ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนมีจำกัด พื้นฐานความรู้ของผู้เรียนแตกต่างกัน การศึกษาภายในห้องเรียนอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ การพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงในรายวิชาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 ได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน ช่วยนักศึกษาให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชานี้เพิ่มขึ้น

2. ขอบเขตของการวิจัย

พัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์เรื่องการสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงในรายวิชาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อสร้างสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ภายหลังจากที่ได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ที่มีประสิทธิภาพ
2. ผู้เรียนที่ได้เรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ 80/80
3. ผู้เรียนมีความพึงพอใจและเจตคติที่ดีต่อรายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4
4. เป็นแนวทางให้อาจารย์และผู้สนใจนำไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนของตนเอง

5. สมมติฐานการวิจัย

เพื่อพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์เรื่องการสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงในรายวิชาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4

6. คำนิยามศัพท์

สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง สื่อที่ทำเป็นการ์ตูนอนิเมชั่น เป็นภาพเคลื่อนไว และมีเสียงบรรยายเนื้อเรื่อง โดยใช้โปรแกรม Flash รุ่น CS6 และ Dreamweaver รุ่น CS6

7. ข้อจำกัดของงานวิจัย

7.1 งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีระดับชั้นปีที่ 4 สาขาอุปกรณ์ชีว-การแพทย์และวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา BMI 456

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

7.2 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ โดยมีเนื้อหาสอดคล้องกับสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้ทำการศึกษา

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง หาประสิทธิภาพของสื่ออิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ภายหลังจากที่ได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

1. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

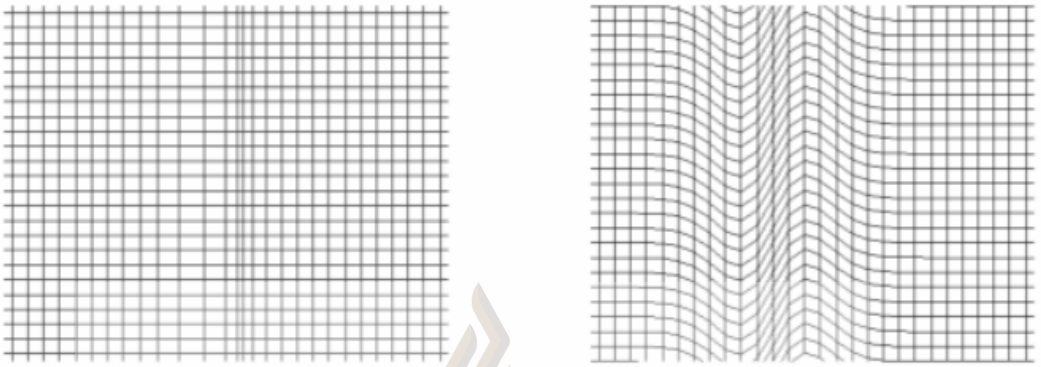
1.1 การสร้างภาพด้วยอัลตราซาวด์ (Ultrasound Imaging)

1.1.1 หลักการทางฟิสิกส์ของอัลตราซาวด์ (Physical Principles of Ultrasound)

คลื่นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบใหญ่ๆ คือ คลื่นกล (Mechanical Wave) และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) โดยที่คลื่นกลเป็นคลื่นที่อาศัยโมเลกุลของตัวกลางในการส่งผ่านพลังงานหรือการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นน้ำ คลื่นบนเส้นเชือก คลื่นเสียง เป็นต้น จึงทำให้คลื่นกลมีคุณสมบัติหลายประการที่ขึ้นอยู่กับตัวกลางนั้น เช่น ความเร็วของคลื่น เป็นต้น สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นไม่จำเป็นต้องอาศัยโมเลกุลของตัวกลางในส่งผ่านพลังงานหรือการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นแสง คลื่นวิทยุ รังสีเอกซ์ เป็นต้น จึงทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีสมบัติแตกต่างกับคลื่นกลอย่างมาก

คลื่นกลสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นและโมเลกุลของตัวกลางได้ 2 ประเภท คือ คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) เป็นคลื่นที่มีการสั่นของโมเลกุลของตัวกลางในแนวเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น ดังรูปที่ 2.1 (ก) และคลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เป็นคลื่นที่โมเลกุลของตัวกลางมีการสั่นไหวในแนวที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่น ดังรูปที่ 2.1 (ข)

ตัวอย่างของคลื่นตามยาว เช่น คลื่นเสียง คลื่นบนสปริง เป็นต้น และตัวอย่างของคลื่นตามขวาง เช่น คลื่นของผิวน้ำ คลื่นบนเส้นเชือก เป็นต้น ตามลำดับ

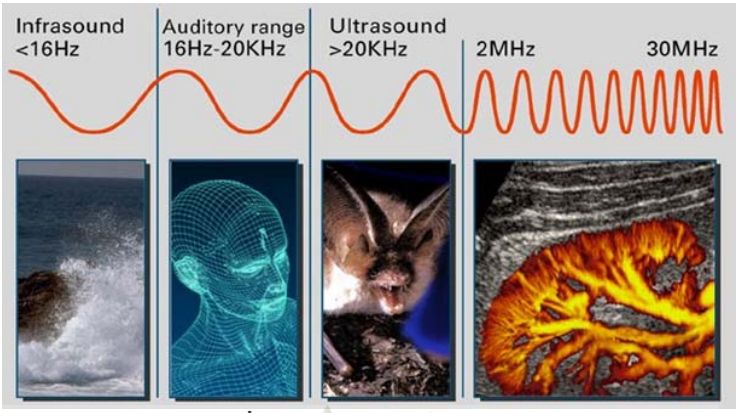


(ก) **(ข)**

รูปที่ 2.1 (ก) คลื่นตามยาวและ **(ข)** คลื่นตามขวาง

การส่งผ่านพลังงานของคลื่นเสียงมีลักษณะเป็นการเปลี่ยนแปลงของความดัน (Pressure) ที่มีจังหวะที่สม่ำเสมอ (Periodic) ผ่านตัวกลาง โดยที่การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นจากแรงที่มากระทำกับโมเลกุลของตัวกลาง ทำให้โมเลกุลเหล่านี้มีการสั่นไปสั่นมาและมีการส่งผ่านพลังงานนี้จากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง (โมเลกุลเหล่านี้ไม่ได้เคลื่อนที่ตามคลื่นเสียง แต่เป็นเพียงแค่การส่งผ่านพลังงานต่อๆ กันไป) สำหรับคลื่นเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินนั้นอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 16 Hz ถึง 20 kHz สำหรับ คลื่นอัลตราซาวด์เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ซึ่งเป็นความถี่ที่สูงกว่ามนุษย์สามารถจะได้ยินได้ โดยที่คลื่นอัลตราซาวด์ที่ใช้ในทางการแพทย์จะมีความถี่อยู่ในช่วง 2 MHz ถึง 30 MHz นอกจากนี้ คลื่นอัลตราซาวด์สามารถแบ่งประเภทตามการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ คลื่นอัลตราซาวด์สำหรับการตรวจวินิจฉัย คลื่นอัลตราซาวด์สำหรับการรักษาทางกายภาพบำบัด และคลื่นอัลตราซาวด์สำหรับการทำลายเซลล์มะเร็ง การแบ่งประเภททั้ง 3 ประเภทนี้ขึ้นอยู่กับพลังงานที่ใช้ โดยถ้าใช้สำหรับการวินิจฉัย คลื่นอัลตราซาวด์จะมีพลังงานต่ำที่สุดและความถี่อยู่ในช่วง 2 MHz ถึง 15 MHz สำหรับการใช้ทางกายภาพบำบัดจะมีพลังงานในระดับปานกลาง (1-3 วัตต์) และจะมีพลังงานสูงที่สุดถ้าใช้สำหรับการทำลายเซลล์มะเร็ง

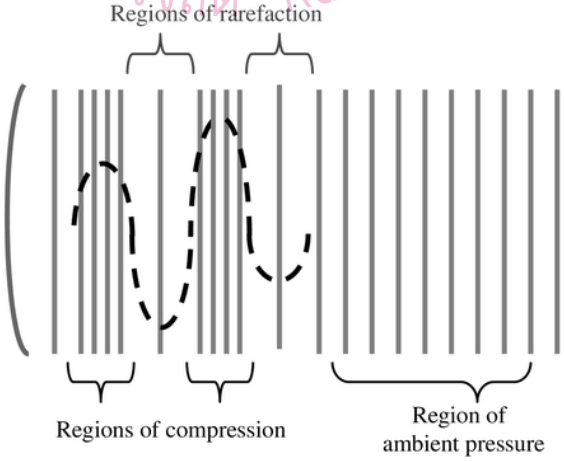
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 2.2 ช่วงความถี่ของเสียง

1.1.1.1 สมบัติของคลื่นเสียง

คลื่นเสียงสามารถแสดงได้โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของความดันที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละตำแหน่งของตัวกลาง โดยที่ ณ ตำแหน่งที่โมเลกุลของตัวกลางได้รับความดันที่เพิ่มขึ้น ทำให้โมเลกุลของตัวกลางอยู่ใกล้ชิดกันกว่าปกติ จะเรียกว่าอยู่ในส่วน Compression Zone หรือบริเวณความหนาแน่นสูง (High Density Region) หรืออยู่ในส่วนที่ความดันเป็นบวก ถ้าในขณะที่ความดันในบริเวณนั้นต่ำกว่าปกติ ทำให้โมเลกุลของตัวกลางอยู่ห่างกันกว่าปกติ จะเรียกว่าอยู่ในส่วน Rarefaction Zone หรือบริเวณความหนาแน่นต่ำ (Low Density Region) หรือบริเวณที่ความดันเป็นลบ การส่งผ่านของคลื่นเสียงจะมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงจากส่วนของ Compression Zone เป็น Rarefaction Zone สลับกันไป ดังรูปที่ 2.3 โดยมีคาบเวลาที่เปลี่ยนแปลงนี้คงที่ตามความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง และการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีการเคลื่อนที่ผ่านแต่ละตำแหน่งของตัวกลางตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

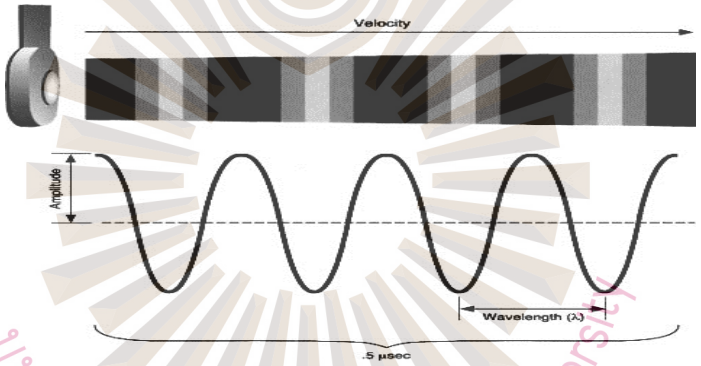


รูปที่ 2.3 การสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงและการเกิดเป็นช่วงอัดช่วงขยายของโมเลกุลของอากาศ

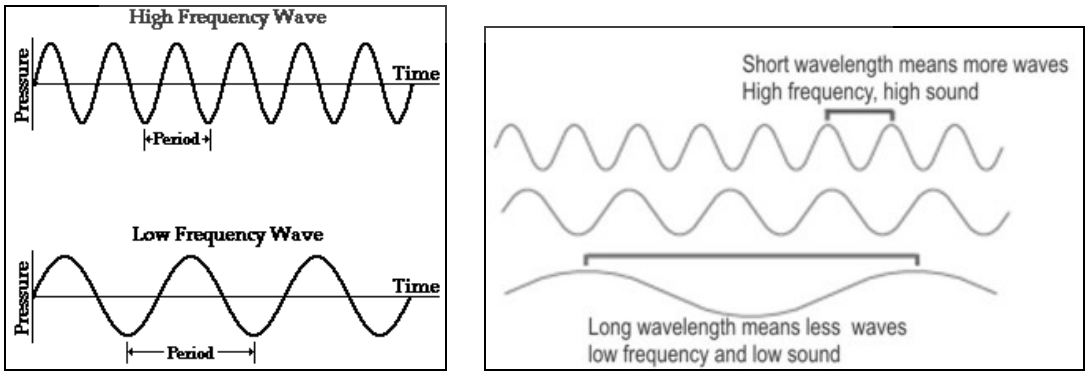
แหล่งที่เข้าถึง : http://radiographics.rsna.org:80/content/23/4/1019/F4.large.jpg

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สมบัติของคลื่นเสียงที่สำคัญ ได้แก่ ความยาวคลื่น (Wave Length) ความถี่ของคลื่น (Wave Frequency) คาบของคลื่น (Wave Period) แอมพลิจูด (Amplitude) และความเร็วเสียง (Acoustic Velocity) โดยที่ความยาวคลื่น คือ ระยะที่คลื่นมีการเปลี่ยนแปลงครบหนึ่งรอบ มีหน่วยเป็นเมตร (m) ดังรูปที่ 2.4 ความถี่ของคลื่น คือ จำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดๆ หนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา หรือจำนวนรอบที่แหล่งกำเนิดคลื่นหรือตัวกลางสั่นได้ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นรอบ/วินาที (Cycle/Second) หรือเฮิรตซ์ (Hz) คาบของคลื่น คือ ช่วงเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ได้หนึ่งความยาวคลื่น หรือเวลาที่แหล่งกำเนิดคลื่นหรือตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ มีหน่วยเป็นวินาที (s) ดังรูปที่ 2.5 (ก) แอมพลิจูด คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงในตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุลสูงสุดหรือต่ำสุด ซึ่งก็คือบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนของ Compression Zone หรือ Rarefaction Zone ตามลำดับ มีหน่วยเป็นเมตร (m) ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งถ้าความถี่ของคลื่นเพิ่มขึ้นแล้วความยาวคลื่นและคาบของคลื่นจะลดลง ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 สมบัติของคลื่นเสียง



(ก) **(ข)**

รูปที่ 2.5 (ก) ความถี่ของคลื่นเสียงและคาบของคลื่น **(ข)** ความถี่ของคลื่นเสียงและความยาวคลื่น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

และความเร็วเสียง คือ ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.1) มีหน่วยเป็นเมตร/วินาที (m/s)

$$v = \frac{\lambda}{T} \tag{2.1}$$

เมื่อ v เป็นความเร็วเสียง λ เป็นความยาวคลื่น T เป็นคาบของคลื่น และเนื่องจากคาบของคลื่นเป็นส่วนกลับของความถี่ของคลื่น $\left(f\alpha \frac{1}{T} \right)$ ดังนั้นเราสามารถเขียนสมการที่ (2.1) ใหม่ได้ดังสมการที่ (2.2)

$$v = \lambda f \tag{2.2}$$

เนื่องจากความเร็วเสียงในเนื้อเยื่ออ่อนมีค่าเท่ากับ 1,540 เมตร/วินาที และคลื่นอัลตราซาวด์ในทางการแพทย์จะมีความถี่อยู่ในช่วง 2 MHz ถึง 30 MHz ดังนั้นจากสมการที่ (2.2) คลื่นอัลตรา-ซาวด์ในทางการแพทย์จะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.77 มิลลิเมตร (mm) ถึง 0.05 มิลลิเมตร

1.1.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วเสียง

ความเร็วเสียงจะมีค่าคงที่ในแต่ละตัวกลาง โดยขึ้นอยู่กับสมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลาง (Elastic Properties) ความหนาแน่น (Density) ความสามารถในการบีบอัด (Compressibility) และอุณหภูมิ (Temperature) ของตัวกลางนั้น ดังข้อมูลในตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 2.1 ความเร็วเสียงในตัวกลางต่างๆ

ตัวกลาง	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความเร็วเสียง (m/s)	ความต้านเสียง ($kg/m^2.s \times 10^{-4}$)
อากาศ (Air)	1.2	330	0.0004
น้ำ (Water)	1,000	1,497	1.48
ปรอท (Mercury)	13,600	1,450	20.0
เนื้อเยื่ออ่อน (Soft Tissue)	1,060	1,540	1.63
กล้ามเนื้อ (Muscle)	1,080	1,580	1.70
ไขมัน (Fat)	952	1,440	1.38
กระดูก (Bone)	1,912	4,080	7.8

1) สมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลาง

สมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลางสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.3) เมื่อ v เป็นความเร็วเสียงในตัวกลาง c_{ij} เป็นสมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลาง และ ρ เป็นความหนาแน่นของตัวกลาง

$$v = \sqrt{\frac{c_{ij}}{\rho}} \tag{2.3}$$

สมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลางที่แตกต่างกันเป็นหนึ่งในเหตุผลที่ทำให้อัตราเร็วเสียงมีค่าแตกต่างกันในตัวลางของแข็ง ของเหลว และก๊าซ สมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลางเกี่ยวข้องกับการโอนเอียงของตัวกลาง เพื่อรักษารูปร่างและไม่ให้เกิดการผิดรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำกับตัวกลาง มีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Pound per Square Inch : lbs/inch^2) ตัวกลาง เช่น เหล็กจะเกิดการผิดรูปร่างน้อยกว่ายางเมื่อมีแรงมากระทำ เมื่อพิจารณาในระดับอะตอมหรือโมเลกุลตัวกลางของแข็งซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างแต่ละอะตอมหรือโมเลกุลที่มีความแข็งแรง ทำให้สามารถยืดหยุ่นได้ดี สามารถควบคุมอนุภาคให้กลับเข้าสู่รูปร่างเดิม และพร้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้อะตอมหรือโมเลกุลเหล่านั้นเกิดการสั่นจากคลื่นเสียงได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเสียงจึงสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่มีสมบัติความยืดหยุ่นสูง (เช่น เหล็ก) ได้รวดเร็วกว่าตัวกลางที่มีสมบัติความยืดหยุ่นต่ำ (เช่น ยาง) โดยทั่วไปความแข็งแรงของพันธะระหว่างอะตอมหรือโมเลกุลในตัวกลางของแข็งมีความแข็งแรงของพันธะมากที่สุด และความแข็งแรงของพันธะระหว่างอนุภาคอ่อนที่สุดในสถานะก๊าซ ซึ่งเป็นผลให้คลื่นเสียงเดินทางในของแข็งได้เร็วกว่าของเหลวและของเหลวเร็วกว่าก๊าซ แม้ว่าความหนาแน่นของตัวกลางก็มีผลต่ออัตราเร็วเสียงเช่นกัน แต่สมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลางมีผลต่ออัตราเร็วเสียงมากกว่ามาก

2) ความหนาแน่นของตัวกลาง

ความหนาแน่นของตัวกลางเป็นปัจจัยอันดับที่สองที่ส่งผลต่ออัตราเร็วเสียง ความหนาแน่นหาได้จากมวลของวัตถุต่อปริมาตร มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Kilogram per Cubic Meter : kg/m^3) โดยทั่วไปตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากจะมีมวลมาก เนื่องจากตัวกลางประกอบไปด้วยอะตอมหรือโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งอะตอมหรือโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะมีมวลมาก และเมื่อคลื่นเสียงเดินทางในตัวกลางจะส่งผ่านพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ไปยังอะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลาง ซึ่งการส่งผ่านพลังงานมักจะทำให้อะตอมหรือโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่เกิด

การสั่นมากกว่าจะทำให้โมเลกุลที่มีขนาดเล็กเกิดการสั่น จึงทำให้การส่งผ่านพลังงานของคลื่นเสียงทำได้ช้า กล่าวคือคลื่นเสียงจะเดินทางในตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากด้วยอัตราเร็วเสียงที่ช้า ตัวอย่างเช่น อลูมิเนียมมีความหนาแน่น 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าทองคำที่มีความหนาแน่น 19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เสียงจึงเดินทางในอลูมิเนียม (ด้วยอัตราเร็ว 0.632 cm/microsecond) ซึ่งเร็วกว่าเสียงเดินทางในทองคำ (ด้วยอัตราเร็ว 0.324 cm/microsecond)

3) ความสามารถในการบีบอัดของตัวกลาง

ความสามารถในการบีบอัด คือ ความสามารถในการถูกอัดของตัวกลางเมื่อได้รับแรงดัน ซึ่งตัวกลางที่มีอะตอมหรือโมเลกุลแต่ละอะตอมหรือโมเลกุลอยู่ชิดกันและการมีพันธะของอะตอมหรือโมเลกุลที่อัดแน่น แสดงว่าตัวกลางนั้นมีสมบัติความยืดหยุ่นสูง และความสามารถในการบีบอัดของตัวกลางต่ำ จึงทำให้คลื่นเสียงสามารถเดินทางผ่านอะตอมหรือโมเลกุลเหล่านั้นได้อย่างรวดเร็ว นั่นคือคลื่นเสียงจะสามารถเดินทางผ่านตัวกลางของแข็งได้ดีกว่าตัวกลางของเหลว ในทำนองเดียวกันคลื่นเสียงก็จะสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นก๊าซได้ยากกว่าตัวกลางของเหลว เนื่องจากตัวกลางที่เป็นก๊าซมีอะตอมหรือโมเลกุลแต่ละอะตอมหรือโมเลกุลอยู่ห่างกันและมีพันธะของอะตอมหรือโมเลกุลที่อัดแน่นน้อยกว่าตัวกลางของเหลว จึงสรุปได้ว่าอัตราเร็วเสียงในตัวกลางของแข็งจะมีอัตราเร็วเสียงที่เร็วกว่าอัตราเร็วเสียงในตัวกลางของเหลว และอัตราเร็วเสียงในตัวกลางของเหลวมีอัตราเร็วเสียงที่เร็วกว่าอัตราเร็วเสียงในตัวกลางที่เป็นก๊าซ ซึ่งอัตราเร็วเสียงที่คำนวณได้จากความหนาแน่นของตัวกลางและความสามารถในการบีบอัดของตัวกลาง โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.4) เมื่อ v เป็นความเร็วเสียง ρ เป็นความหนาแน่นของตัวกลาง และ K เป็นความสามารถในการบีบอัดของตัวกลาง

$$v = \frac{1}{\sqrt{K\rho}} \tag{2.4}$$

4) อุณหภูมิของตัวกลาง

นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราเร็วเสียงอีกปัจจัยหนึ่ง คือ อุณหภูมิของตัวกลาง เมื่อพิจารณาคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน นั่นคือมีสมบัติความยืดหยุ่น ความหนาแน่น และความสามารถในการบีบอัดของตัวกลางเท่ากัน ที่อุณหภูมิสูงคลื่นเสียงสามารถเดินทางได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ เพราะเมื่ออุณหภูมิของตัวกลางเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้อะตอมหรือโมเลกุลของตัวกลางมีพลังงานจลน์สูงขึ้น อะตอมหรือโมเลกุลเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น และความหนาแน่นของตัวกลางน้อยลง จึงทำให้คลื่นเสียงเดินทางได้เร็วขึ้น นั่นคืออัตราเร็วเสียงในตัวกลางเพิ่มขึ้นเมื่อ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อุณหภูมิสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น อัตราเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 40°C อยู่ในช่วง 355 m/s และอัตราเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 20°C อยู่ในช่วง 343 m/s

1.1.1.3 อันตรกิริยาระหว่างอัลตราซาวด์และเนื้อเยื่อ

คลื่นอัลตราซาวด์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในร่างกายจะเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับเนื้อเยื่อนั้น ขึ้นอยู่กับสมบัติของเนื้อเยื่อนั้นที่มีต่อคลื่นอัลตราซาวด์ รูปแบบอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นนี้คล้ายกับพฤติกรรมที่สังเกตได้ในคลื่นกลอื่นๆ ซึ่งได้แก่ การสะท้อน (Reflection) การหักเห (Refraction) การดูดกลืน (Absorption) และการกระเจิง (Scatter)

1) การสะท้อน

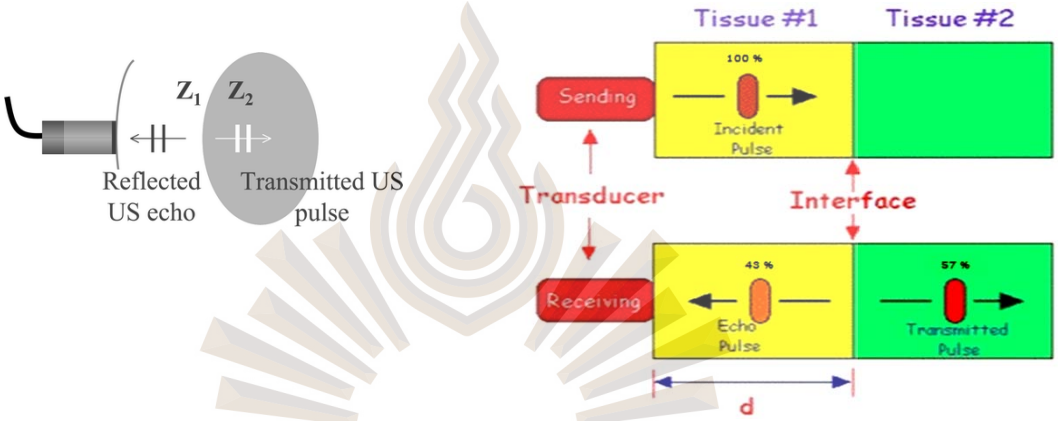
การสะท้อนเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญที่สุดของการสร้างภาพด้วยอัลตราซาวด์ทางการแพทย์เพื่อการวินิจฉัย เนื่องจากขนาดและปริมาณคลื่นอัลตราซาวด์ที่ได้จากการสะท้อนมีผลต่อข้อมูลภาพ ซึ่งการสะท้อนขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ปัจจัย ได้แก่ ความต้านเสียง (Acoustic Impedance) ของตัวกลาง ความต้านเสียงเป็นค่าแสดงถึงความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงในตัวกลาง มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร-วินาที ($kg/m^2.s$) และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.5) เมื่อ Z เป็นความต้านเสียงของตัวกลาง v เป็นความเร็วเสียง และ ρ เป็นความหนาแน่นของตัวกลาง โดยที่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นสูง จะมีความต้านเสียงสูง เสียงจึงสามารถเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเสียงที่ต่ำ แต่ในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่ำ จะมีความต้านเสียงต่ำ เสียงจะสามารถเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเสียงที่สูง ดังตารางที่ 2.1

$$Z = \rho v \tag{2.5}$$

การเกิดการสะท้อนเกิดจากตัวกลางสองชนิดที่มีค่าความต้านเสียงแตกต่างกัน ซึ่งจะเกิดการสะท้อนของคลื่นเสียงตรงรอยต่อของตัวกลางทั้งสอง และมีคลื่นเสียงบางส่วนที่สามารถส่งผ่านไปได้ ดังรูปที่ 2.6 โดยที่จะเกิดการสะท้อนมาก เมื่อตัวกลางทั้งสองชนิดมีค่าความต้านเสียงแตกต่างกันมาก เช่น ความแตกต่างอย่างมากของความต้านเสียงของเนื้อเยื่อและอากาศ ซึ่งในกรณีที่มีอากาศระหว่างหัวตรวจกับผิวหนังเกิดขึ้น พลังงานเกือบทั้งหมดของคลื่นอัลตราซาวด์จะสะท้อนกลับไปยังที่หัวตรวจนั้น ซึ่งอาจจะทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหายได้ และทำให้ไม่ได้รับสัญญาณคลื่นอัลตราซาวด์ที่สะท้อนจากอวัยวะภายใน สำหรับการวินิจฉัยมีแอมพลิจูดและปริมาณต่ำมาก ภาพที่ได้จึงไม่มีประโยชน์ในการวินิจฉัย ดังนั้นในการใช้งานระหว่างหัวตรวจกับผิวหนังต้องใช้ Acoustic Gel เพื่อลดความต้านเสียงที่แตกต่างกันมากระหว่างเนื้อเยื่อและอากาศ ในการแก้ปัญหา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ดังกล่าวข้างต้น ในทำนองเดียวกันการวินิจฉัยอวัยวะปอด จึงไม่นิยมใช้การสร้างภาพด้วยอัลตรา-ซาวด์ และการเกิดการสะท้อนเกิดขึ้นได้น้อย เมื่อตัวกลาง ทั้งสองชนิดมีค่าความต้านเสียงแตกต่างกันน้อย ดังตารางที่ 2.2 แต่ถ้าตัวกลางสองชนิดมีค่าความต้านเสียงเท่ากัน จะทำให้คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไปได้โดยสะดวก



รูปที่ 2.6 การสะท้อนและการส่งผ่านคลื่นอัลตราซาวด์ในตัวกลางสองชนิด

ตารางที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์การสะท้อนระหว่างตัวกลางสองชนิด

ตัวกลาง	เปอร์เซ็นต์การสะท้อน (Percentage Reflection)
เนื้อเยื่ออ่อนและอากาศ (Soft Tissue – Air)	99.9
ไขมันและกล้ามเนื้อ (Fat – Muscle)	1.08
ไขมันและไต (Fat – Kidney)	0.64
กล้ามเนื้อและตับ (Muscle – Liver)	1.5

โดยที่เปอร์เซ็นต์การสะท้อนคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.6)

$$\text{Percentage Reflection} = 100\alpha_R \qquad (2.6)$$

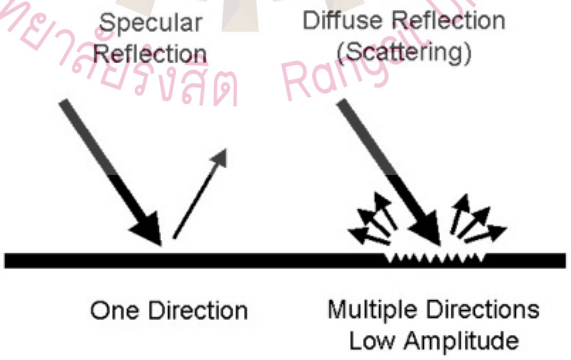
เมื่อ α_R เป็นสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflection Coefficient) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.7)

$$\alpha_R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \tag{2.7}$$

เมื่อ Z_2 เป็นความต้านเสียงของตัวกลางที่สอง Z_1 เป็นความต้านเสียงของตัวกลางที่หนึ่ง และเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านจึงสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.8)

$$\text{Percentage Transmission} = 100 - \text{Percentage Reflection} \tag{2.8}$$

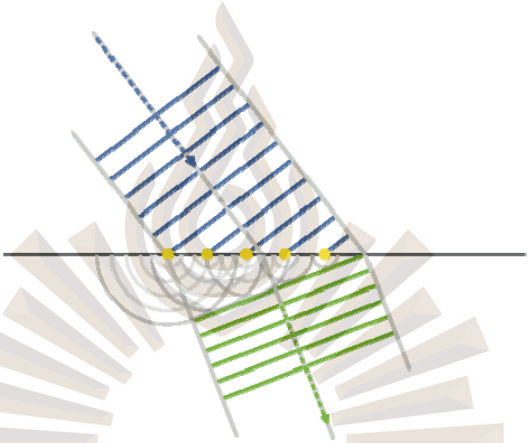
ปัจจัยที่สอง คือ มุมตกกระทบ (Incident Angle) เนื่องจากขนาดของการสะท้อนของคลื่นเสียงเกิดจากการที่คลื่นเสียงตกกระทบบนพื้นผิวที่มีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้มีมุมตกกระทบของคลื่นเสียงแตกต่าง โดยที่เมื่อมีมุมตกกระทบของคลื่นเสียงตั้งฉากกับพื้นผิว จะทำให้เกิดการสะท้อนมากที่สุด แต่ถ้ามุมตกกระทบของคลื่นเสียงในลักษณะเอียงกับพื้นผิว จะทำให้เกิดการสะท้อนน้อยกว่ามุมตกกระทบของคลื่นเสียงตั้งฉากกับพื้นผิว และถ้าหากพื้นผิวมีลักษณะขรุขระ จะทำให้เกิดการสะท้อนที่น้อยกว่ามุมตกกระทบของคลื่นเสียงตั้งฉากและลักษณะเอียงกับพื้นผิว และทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นแบบกระจายหลายทิศทางที่มีลักษณะดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การสะท้อนของคลื่นเสียงระหว่างพื้นผิวเรียบและขรุขระ

2) การหักเห

การหักเหเป็นอันตรกิริยาที่เกิดจากคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ ρ_1 ไปยังอีกตัวกลางอีกชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ ρ_2 ($\rho_1 \neq \rho_2$) จึงทำให้ความเร็วเสียงในตัวกลาง ρ_1 ที่มีความเร็วเสียง v_1 จะมีความเร็วเปลี่ยนเป็นความเร็วเสียง v_2 เมื่อเดินทางเข้าสู่ตัวกลาง ρ_2 เนื่องจากความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่ความถี่ของคลื่นเสียงคงที่ และมีทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเปลี่ยนไป ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การหักเหของคลื่น

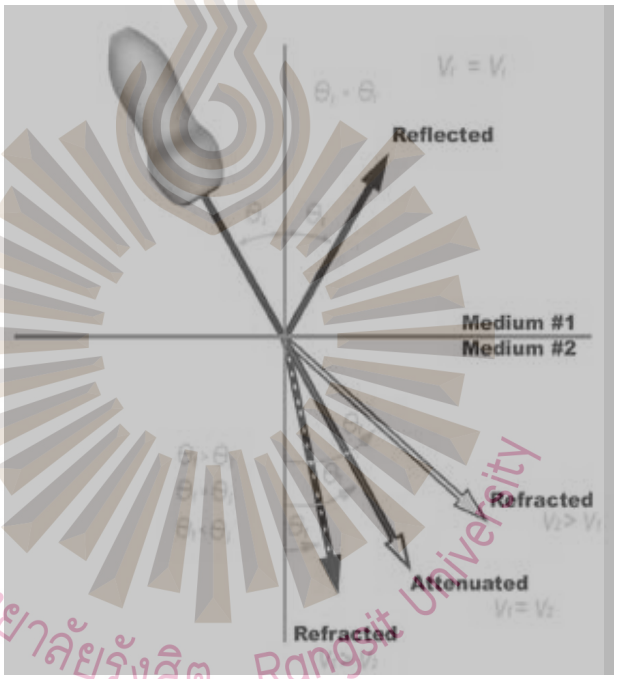
ซึ่งการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงจะเป็นไปตามกฎของสเนล (Snell's Law) ดังสมการที่ (2.9) การหักเหของคลื่นเสียงเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดสิ่งแปลกปลอม (Artifacts) การผิดรูป (Distortion) และสูญเสียความละเอียด (Loss of Resolution) ในภาพอัลตราซาวด์ และเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ความเข้มของเสียงลดลงได้เหมือนกับการกระเจิง

$$\frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_t} = \frac{v_1}{v_2} \tag{2.9}$$

เมื่อ θ_i เป็นมุมตกกระทบของคลื่นเสียงที่กระทำกับเส้นปกติ θ_t เป็นมุมหักเหของคลื่นเสียงที่กระทำกับเส้นปกติ v_1 เป็นความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางที่หนึ่ง และ v_2 เป็นความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางที่สอง ซึ่งเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบตรงรอยต่อโดยมีมุมตกกระทบ (θ_i) ไม่เป็นมุมฉาก ($\neq 90^o$) จะเกิดการหักเหของคลื่นเสียงโดยมีขนาดของมุมหักเห (θ_t) ขึ้นกับความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางที่หนึ่ง (v_1) และตัวกลางที่สอง (v_2) โดยที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นต่ำ ไปยังอีกตัวกลางอีกชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นสูง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

($\rho_1 < \rho_2$) ซึ่งทำให้ความยาวคลื่นและความเร็วเสียงในตัวกลางที่หนึ่งมากกว่าในตัวกลางที่สอง ($\lambda_1 > \lambda_2$ และ $v_1 > v_2$) จึงทำให้ขนาดมุมหักเหมีค่าน้อยกว่ามุมตกกระทบ ($\theta_t < \theta_i$) แต่ถ้าคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นสูง ไปยังอีกตัวกลางอีกชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นต่ำ ($\rho_1 > \rho_2$) ซึ่งทำให้ความยาวคลื่นและความเร็วเสียงในตัวกลางที่หนึ่งน้อยกว่าในตัวกลางที่สอง ($\lambda_1 < \lambda_2$ และ $v_1 < v_2$) จึงทำให้ขนาดมุมหักเหมีค่าน้อยกว่ามุมตกกระทบ ($\theta_t > \theta_i$) ซึ่งมุมตกกระทบจะเป็นมุมวิกฤต (Critical Angle) ก็ต่อเมื่อมุมหักเหมีขนาดเท่ากับ 90^o ดังรูปที่ 2.9



มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

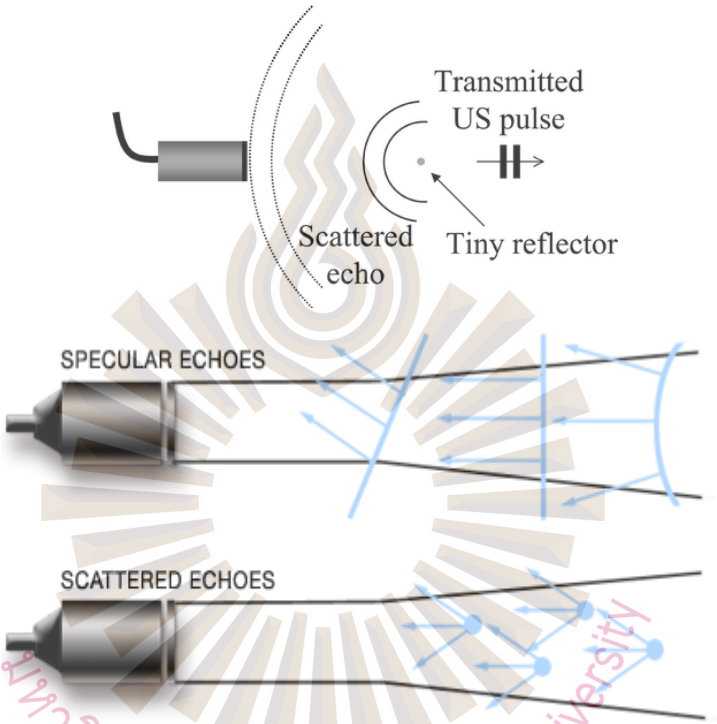
รูปที่ 2.9 มุมตกกระทบและมุมหักเหของคลื่นอัลตราซาวด์ในตัวกลางสองชนิด

3) การดูดกลืน

การถูกดูดซับ เป็นขบวนการของคลื่นเสียงที่มีการสูญเสียพลังงานให้กับตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งจะแตกต่างจากการหักเห และกระเจิง ที่ทำให้พลังงานของคลื่นเสียงลดลงเหมือนกันแต่ลดลงเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของคลื่น ดังนั้นการถูกดูดซับ เป็นขบวนการเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานของคลื่นเสียงไป (ปรกติเปลี่ยนจากพลังงานเสียงเป็นพลังงานความร้อนในตัวกลางที่วิ่งผ่าน) การถูกดูดซับของคลื่นอัลตราซาวด์นั้นขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่น และค่าความหนืด กับ Relaxation Time ของตัวกลาง

4) การกระเจิง

การกระเจิงของคลื่นเกิดขึ้น เมื่อคลื่นนั้นผ่านรอยต่อของตัวกลางสองชนิดที่มีขนาดของรอยต่อเล็กกว่าขนาดของความยาวคลื่นของคลื่นนั้น ทำให้คลื่นนั้นมีทิศทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ Intensity ของคลื่นลดลงได้ อนึ่งการกระจายตัวของคลื่นนี้ทำให้เกิดเป็นสัญญาณรบกวนบนภาพอัลตราซาวด์ (Salt And Pepper Appearance)



รูปที่ 2.10 การกระเจิงคลื่นอัลตราซาวด์

Relaxation Time ของตัวกลาง คือระยะเวลาของโมเลกุลที่ใช้ในการกลับสู่ตำแหน่งเดิมหลังจากถูกย้ายตำแหน่งไปเนื่องจากแรงของคลื่นอัลตราซาวด์ ถ้าสารที่มีค่า Relaxation Time ที่สั้น โมเลกุลของสารนั้นก็จะสามารถคืนสู่ตำแหน่งเดิมได้เร็ว ทำให้โมเลกุลของสารนั้นอยู่ที่ตำแหน่งเดิมเสมอเมื่อมีแรงของคลื่นอัลตราซาวด์มากระทำ แต่ถ้ามีค่า Relaxation Time ที่ยาว โมเลกุลของสารนั้นต้องใช้เวลานานในการกลับสู่ตำแหน่งเดิม ดังนั้นโมเลกุลของสารยังอาจที่จะยังไม่กลับมาสู่ตำแหน่งเดิมเมื่อมีแรงของคลื่นอัลตราซาวด์มากระทำอีกครั้งหนึ่ง เมื่อเป็นเช่นนี้พลังงานบางส่วนของคลื่นอัลตราซาวด์ จึงถูกใช้ไปเพื่อทำให้โมเลกุลนั้นกับไปสู่ตำแหน่งเดิม พลังงานที่ใช้ไปนี้ทำให้เกิดเป็นความร้อนขึ้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ความหนืด (Viscosity) คือความสามารถของโมเลกุลในการเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลอื่นโดยที่ถ้าความหนืดมีค่าสูงก็จะมีแรงต้านทานในการเคลื่อนไหวของโมเลกุลสูงตามไปด้วย ยกตัวอย่าง เช่น น้ำซึ่งมีค่าความหนืดที่ต่ำสามารถไหลได้คล่องตัวกว่าน้ำผึ้งซึ่งมีค่าความหนืดที่สูง ดังนั้นสารที่มีค่าความหนืดที่สูงก็จะมีการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อน (เพื่อที่จะได้เอาชนะแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล) มากกว่าสารที่มีค่าความหนืดที่ต่ำ

ความถี่ของคลื่นอัลตราซาวด์ ก็มีผลต่อการถูกดูดซับ โดยมีความสัมพันธ์ต่อทั้ง Relaxation Time และความหนืดของตัวกลาง โดยที่ถ้าความถี่มีค่าสูงขึ้น โมเลกุลก็จะมีการเคลื่อนไหวเร็วขึ้น ดังนั้นก็จะทำให้การสูญเสียพลังงานในรูปความร้อน เพื่อที่จะเอาชนะความต้านทานในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการเพิ่มความถี่ยังทำให้เวลาที่โมเลกุลมีสำหรับการเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งเดิมลดลง ดังนั้นจึงเกิดการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้นในการทำให้โมเลกุลกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมก่อนการกระทำครั้งต่อไปของแรง ค่าประมาณของความถี่และการถูกดูดซับ นั้นแปรตรงกัน กล่าวคือ ถ้าความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า การถูกดูดซับก็จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าด้วย ตัวอย่างสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับการถูกดูดซับ คือ ถ้าเราถูมือไปมา การเคลื่อนไหวนี้ทำให้เกิดความร้อน ถ้าถูมือเร็วขึ้น (ความถี่สูงขึ้น) ก็จะทำให้เกิดความร้อนมากขึ้น แต่ถ้าเราใช้โลชันทามือไว้ ความต้านทานของผิวหนังก็จะลดลง (ค่าความหนืดต่ำลง) ความร้อนก็จะเกิดขึ้นน้อยลง

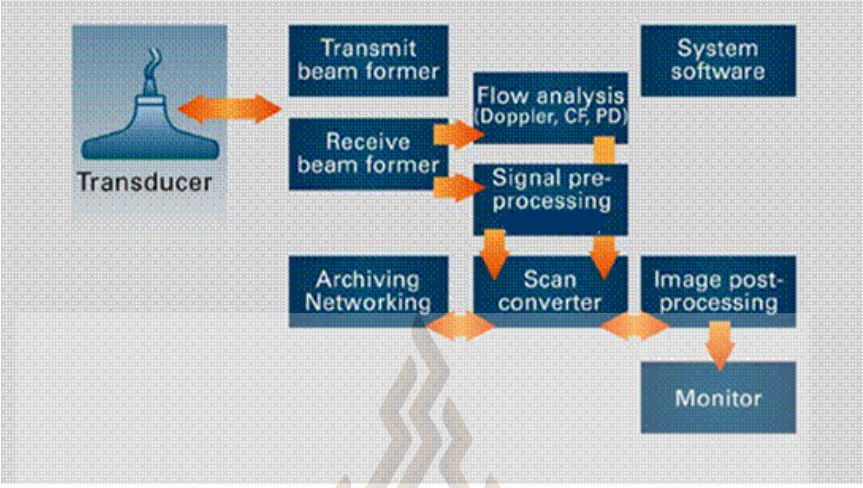
ในอัลตราซาวด์ คำ Attenuation นั้นใช้บอกถึงการลดลงของพลังงานเสียงเนื่องจากผลของการเปลี่ยนทิศทางของคลื่น (Scattering) และการสูญเสียพลังงาน (Absorption)

5) ความเข้ม (Intensity)

ความเข้มของคลื่นอัลตราซาวด์ เป็นค่าที่แสดงถึงพลังงานที่ไหลผ่านพื้นที่ต่อเวลา หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ เป็นอัตราที่พลังงานส่งผ่านโดยเคลื่อนไปยังบริเวณพื้นที่เล็กๆ ความเข้มใช้อยู่ในรูปเดซิเบล (dB) โดยเป็นค่าเปรียบเทียบระหว่าง ความเข้มใด ๆ ต่อความเข้มต่ำที่สุดที่มนุษย์สามารถจะได้ยิน

คลื่นอัลตราซาวด์ เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางก็จะมีค่าความเข้มที่ลดลงขึ้นอยู่กับค่า attenuation ของตัวกลางนั้น โดยที่ ณ ตำแหน่งที่ค่าความเข้มลดลงเหลือแค่ครึ่งหนึ่งของที่จุดตั้งต้นก็จะเรียกระยะทางระหว่างจุดตั้งต้นถึงที่ตำแหน่งนั้นว่า Half-Value Layer

1.1.2 หลักการทำงานของเครื่องอัลตราซาวด์



รูปที่ 2.11 แผนผังโครงสร้างของหลักการทำงานของเครื่องอัลตราซาวด์
ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

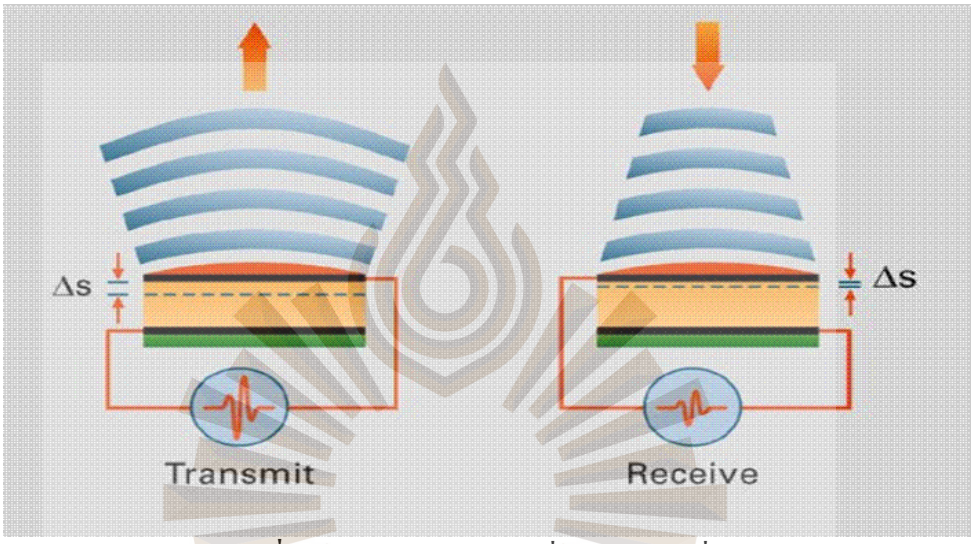
หลักการทำงานของเครื่องอัลตราซาวด์สำหรับการสร้างภาพในทางการแพทย์ เริ่มจากการส่งและการรับคลื่นอัลตราซาวด์ของทรานสดิวเซอร์ โดยอาศัยการเกิดปรากฏการณ์เพียวโซอิเล็กตริก (Piezoelectric Effect) ภายในทรานสดิวเซอร์ ในการผลิตคลื่นอัลตราซาวด์เพื่อส่งออกไปยังอวัยวะเป้าหมาย และรับคลื่นอัลตราซาวด์ที่สะท้อนกลับมายังทรานสดิวเซอร์ เพื่อแปลงคลื่นอัลตราซาวด์ที่สะท้อนกลับมานั้นเป็นสัญญาณไฟฟ้า

1.1.2.1 Piezoelectric Effect

ปรากฏการณ์เพียวโซอิเล็กตริกเป็นปรากฏการณ์ที่ใช้ในการผลิตและรับคลื่นอัลตราซาวด์ เนื่องจากภายในทรานสดิวเซอร์ของเครื่องอัลตราซาวด์ประกอบด้วยผลึกเพียวโซอิเล็กตริกจำนวนมาก (Piezoceramic Transducer Elements) การผลิตจะเริ่มจากป้อนศักดิ์ไฟฟ้าให้กับผลึกเพียวโซอิเล็กตริก ทำให้โมเลกุลของผลึกเกิดการสั่นและการเปลี่ยนแปลงของโครงร่างผลึกในเชิงกล กล่าวคือโครงร่างผลึกเกิดการอัดตัวและขยายตัว ซึ่งทำให้ผลึกมีความหนาที่เปลี่ยนแปลงไป (Δs) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ก่อให้เกิดคลื่นอัลตราซาวด์ขึ้น และในทางกลับกันเมื่อผลึกเพียวโซอิเล็กตริกรับคลื่นอัลตราซาวด์ คลื่นอัลตราซาวด์ที่มากระทบนี้ทำให้ความหนาของผลึกเพียวโซอิเล็กตริกเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ก่อให้เกิดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือสัญญาณไฟฟ้า

ทรานสดิวเซอร์ของเครื่องอัลตราซาวด์ ซึ่งทำด้วยผลึกเพียวโซอิเล็กตริก (Piezoceramic Transducer Elements) เมื่อป้อนศักดิ์ไฟฟ้ากระแสสลับให้จะทำให้เกิดการสั่นขึ้น โดยความถี่ที่สั่นจะขึ้นกับความหนาของทรานสดิวเซอร์

$$\text{โดยที่ความหนา} = \frac{\lambda}{2} \tag{2.10}$$



รูปที่ 2.12 การผลิตและรับคลื่นเสียงความถี่สูง

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

ทรานสดิวเซอร์จะมีรูปแบบการสแกนทั้งหมด 3 ชนิด คือ

1) ***Linear Scan*** เกิดจากการทำงานแบบ Parallel Array หรือ Alinear Array ทำให้ได้ภาพที่เกิดจาก ลำคลื่นขนานมักใช้ในการสร้างภาพที่อวัยวะตื้นๆ

2) ***Sector Scan*** เกิดจากการทำงานแบบ Phased Array มักใช้ในการสร้างภาพหัวใจและสมอง เนื่องจากใช้ทางเข้าของคลื่นไม่ใหญ่มากนัก

3) ***Convex Scan*** เกิดจากการทำงานแบบ Phased Array ซึ่งจะรวมข้อดีของ Sector ซึ่งใช้ทางเข้าเล็ก และ Linear ซึ่งใช้ถ่ายภาพบริเวณตื้นๆ มักใช้ถ่ายภาพอวัยวะในช่องท้อง

Axial Resolution ความละเอียดในทิศทางเดียวกับ การเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราซาวด์ นั่นคือความสามารถในการแยกระยะทางระหว่างวัตถุในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตรา-ซาวด์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Lateral Resolution ความละเอียดในทิศทางตั้งฉากกับ การเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราซาวด์ นั่นคือความสามารถในการแยกระยะทางระหว่างวัตถุในทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราวซาวด์

1.1.2.2 การส่งและการรับคลื่น (Transmit and Recive Beam Former)

การรับและการส่งคลื่นอาศัยหน่วยที่เรียกว่า Beam Former ซึ่งประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย คือ หน่วย Transmit Beam Former และ Recive Beam Former โดยที่ Transmit Beam Former เป็นหน่วยป้อนศักดิ์ไฟฟ้าให้กับผลึกเพียวโซอิเล็กตริกในทราสดิวเซอร์ เพื่อให้ Transducer Array ผลิตคลื่นอัลตราซาวด์ ซึ่งมีเทคนิคการสแกน 2 รูปแบบคือ Linear Array และ Phase Array จากนั้นคลื่นอัลตราซาวด์ที่ได้จะส่งไปยังอวัยวะเป้าหมายและสะท้อนกลับมายังหน่วย Recive Beam Former เพื่อแปลงคลื่นอัลตราซาวด์ที่สะท้อนกลับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณภาพ และเข้าสู่หน่วยการประมวลผลสัญญาณเบื้องต้น (Signal Preprocessing) ซึ่งรายละเอียดของเทคนิคการรับและส่งคลื่นมีดังนี้

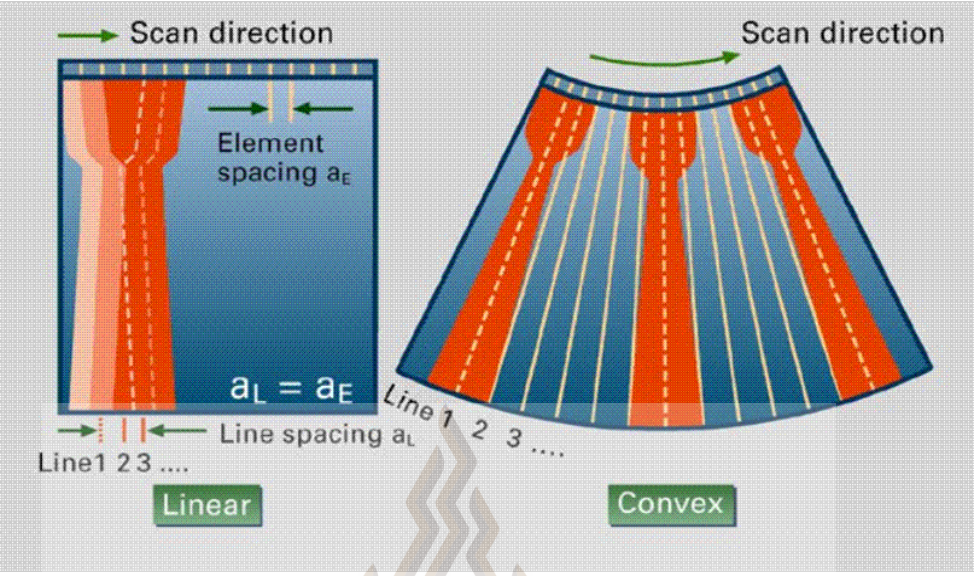
หน่วย Transmit Beam Former เป็นหน่วยป้อนศักดิ์ไฟฟ้าให้กับผลึกเพียวโซอิเล็กตริกในทรานสดิวเซอร์ เพื่อผลิตคลื่นอัลตราซาด์สำหรับการตรวจวินิจฉัย โดยมีเทคนิคการสแกนคลื่นอัลตราซาวด์ 2 รูปแบบ คือ

1) เทคนิคการสแกนแบบ Linear Array

เทคนิคการสแกนแบบ Linear Array เป็นเทคนิคการสแกนที่พบในรูปแบบการสแกนแบบ Linear Scan และ Convex Scan ซึ่งใช้ทรานสดิวเซอร์ระหว่าง 128 และ 256 อัน โดยแบ่งการทำงานออกเป็นชุดๆ ไล่ลำดับกันไป (A Group of m of These n Elements) จึงทำให้ขนาดของทางเข้าของลำคลื่น (Aperture) ขึ้นอยู่กับจำนวนผลึกเพียวโซอิเล็กตริก (จำนวน m ผลึก) ที่ถูกกระตุ้นในชุด (จำนวน n ชุด) นั้น เนื่องจากจำนวนผลึกเพียวโซอิเล็กตริกที่ได้รับการกระตุ้นที่มากขึ้นเสมือนขนาดทรานสดิวเซอร์ที่ใหญ่ขึ้นนั่นเอง ซึ่งอาจสูงถึง m = 32, 64, 128 ผลึกหรือมากกว่านี้

ระยะห่างระหว่างผลึกเพียวโซอิเล็กตริกแต่ละอัน (a_E) ขึ้นกับจำนวนผลึกเพียวโซอิเล็กตริกต่อความยาวของ Probe หรือ Scanning Width ซึ่งจะมีผลต่อรายละเอียดของภาพ (Resolution) ด้วย เนื่องจากเมื่อจำนวนผลึกเพียวโซอิเล็กตริกมากขึ้นทำให้ระยะห่างลดลงส่งผลให้รายละเอียดของภาพสูงขึ้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 2.13 การรูปแบบการสแกนแบบ Linear และ Convex
ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

2) เทคนิคการสแกนแบบ Phased Array

เทคนิคการสแกนแบบ Phased array เป็นเทคนิคการสแกนที่พบในรูปแบบการสแกนแบบ Sector Scan ซึ่งมีการทำงานคล้ายกับแบบ Linear Arrays แต่มีจำนวนทรานสดิวเซอร์น้อยกว่าและทุกอันถูกกระตุ้นไม่แยกเป็นชุด โดยสามารถทำมุมได้ถึง + 45 องศา โดยใช้ทรานสดิวเซอร์ 64 ถึง 128 อัน ซึ่งช่องว่างระหว่างทรานสดิวเซอร์เท่ากับ 0.5 λ เพื่อลด Side Lobes และ Grating Lobes

จากรูปที่ 2.14 มีทรานสดิวเซอร์จำนวน n อัน ตั้งแต่ อันที่ 1 ถึง n โดยที่ τ_1 เป็นเวลาที่หน่วงอันที่ 1 τ_n เป็นเวลาที่หน่วงอันที่ n φ คือทิศทางของคลื่น A คือความยาวของแถวทรานสดิวเซอร์ และ c คือความเร็วของคลื่นเสียง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กันดังสมการ (2.11)

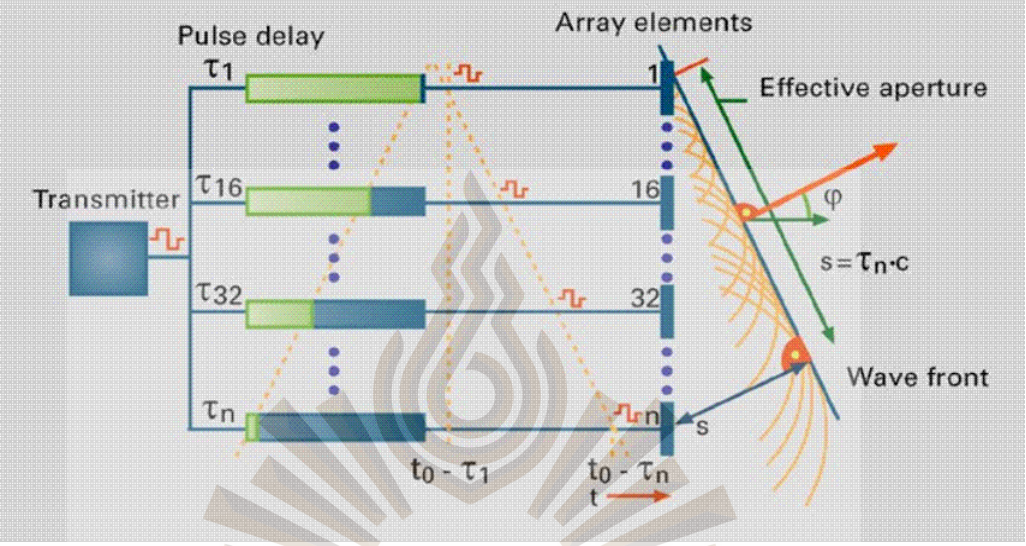
$$\varphi = \frac{arc \quad \sin \quad [(\tau_1 - \tau_n) \times c]}{A} \qquad (2.11)$$

และให้สังเกตว่า เมื่อเวลาต่างกันมากขึ้น (τ_1 - τ_n) มุม φ ก็จะมากขึ้น เมื่อมุมของลำคลื่นเปลี่ยนไปทำให้ขนาดของหน้าคลื่นเปลี่ยนแปลงด้วย เมื่อ A' เป็นขนาดของหน้าคลื่น (Effective Aperture) ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดของทรานสดิวเซอร์และมุมของลำคลื่น ดังสมการ (2.12)

$$A' = A\cos\varphi \qquad (2.12)$$

เทคนิคการสแกนแบบ Phased Array จะจ่ายศักย์ไฟฟ้าสำหรับการกระตุ้นทรานสดิวเซอร์ครั้งเดียว แต่จะมีการหน่วง (Delay) แบ่งเวลาให้คลื่นเสียงที่ถูกผลิตมานี้ ถูกปล่อยออกมาไม่พร้อม

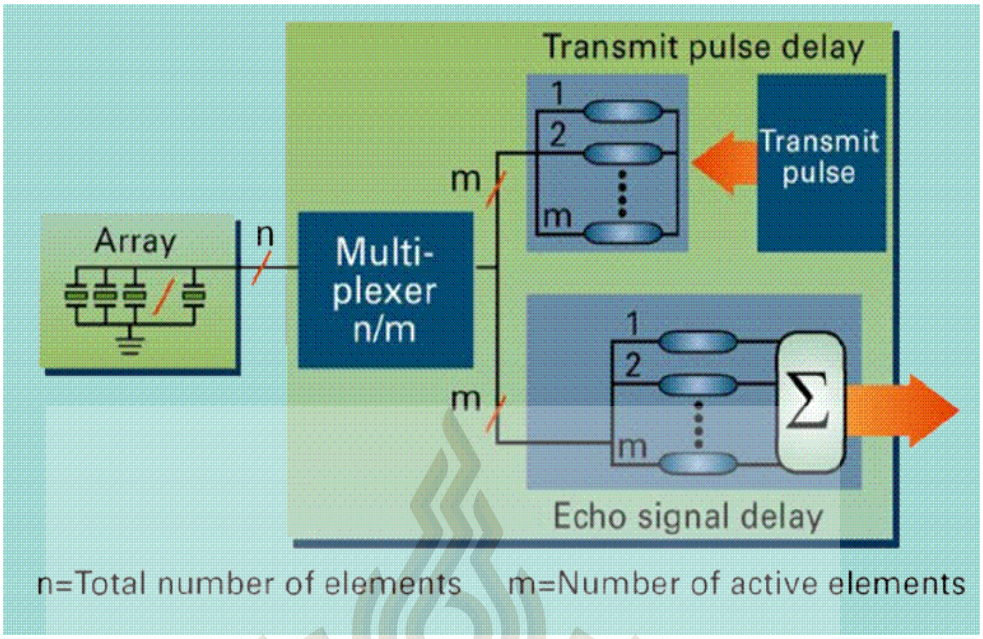
กันโดยเมื่อการหน่วงเวลามีความแตกต่างกันมากขึ้นจะทำให้มุมในการส่งคลื่นนั้นมีขนาดมากขึ้นตามด้วย โดยไม่กระตุ้นทรานสดิวเซอร์หลายครั้งสำหรับผลึกเพียวโซอิเล็กตริกแต่ละชุด เช่นเดียวกับเทคนิคการสแกนแบบ Linear Array



รูปที่ 2.14 เทคนิคการสแกนแบบ Phased Array

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

โดย Transmit Pulse จำนวน 1 Pulse จะสร้าง High Voltage Pulse จากนั้น Transmit Pulse Delay Line จะต้องมี Channels จำนวนเท่ากับจำนวนทรานสดิวเซอร์ เพื่อใช้ในการส่งคลื่นเสียงจำนวน 1 เส้น โดย Transmit Pulse Delay line จะเป็นตัวควบคุมการหน่วงเวลาในการส่งคลื่น ซึ่งจะใช้เทคนิคในการโฟกัสที่คงที่และการกวาดลำคลื่น เพื่อให้ Transducer Array ผลิตคลื่นเสียงความถี่สูง และ Receive Beam Former จะเป็นตัวรับสัญญาณที่เป็นศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากผลึกเพียว-โซอิเล็กตริกในทรานสดิวเซอร์ โดย Transducer Array จะเป็นตัวรับคลื่นเสียงความถี่สูงจากนั้น Multiplexer จะเป็นตัวกำหนดชุดของทรานสดิวเซอร์ที่จะส่งสัญญาณเข้าสู่ Echo Signal Delay โดย Echo Signal Delay นี้จะมีจำนวนของ Channels เท่ากับจำนวนของ ทรานสดิวเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมการหน่วงเวลาเพื่อการรับคลื่น โดยจะใช้เทคนิคในการรับคลื่นตามมุมของการกวาด การโฟกัสขณะรับคลื่นเสียงตลอดช่วงและการรวมสัญญาณ และสัญญาณที่ออกจาก Receive Beam Former จะเข้าสู่กระบวนการประมวลผลสัญญาณของภาพ (Signal Preprocessing) ต่อไป



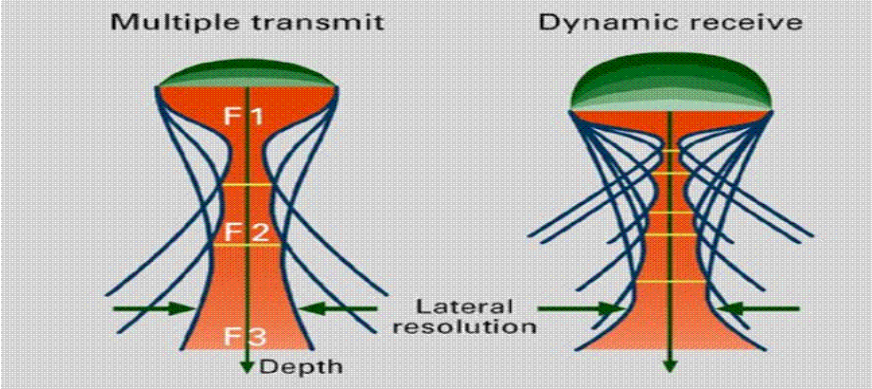
รูปที่ 2.15 การรับส่งคลื่นแบบ Beam Former

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

1) การโฟกัสขณะส่งและรับคลื่น (Transmit and Receive Focusing)

การโฟกัสตอนส่งคลื่น (Multiple Focusing) สามารถโฟกัสลำคลื่นที่ความลึกต่างๆ ได้ ทำให้ Lateral Resolution ดีขึ้น แต่เป็นการโฟกัสแบบคงที่เท่านั้น เนื่องจากในการส่งคลื่นทรานสดิวเซอร์ทุกอันจะทำงานเสมือนอันเดียวกันเพื่อส่ง 1 ลำคลื่น ดังนั้นการส่งคลื่นครั้งที่ 1 จะโฟกัสที่ตำแหน่ง F_1 การส่งคลื่น ครั้งที่ 2 จะโฟกัสที่ตำแหน่ง F_2 การใช้เทคนิคนี้ทำให้ต้องเพิ่มจำนวนครั้งในการส่งคลื่นต่อ 1 เส้น การสร้างภาพ ทำให้ความเร็วในการสร้างภาพลดลง (Frame Rate ลดลง)

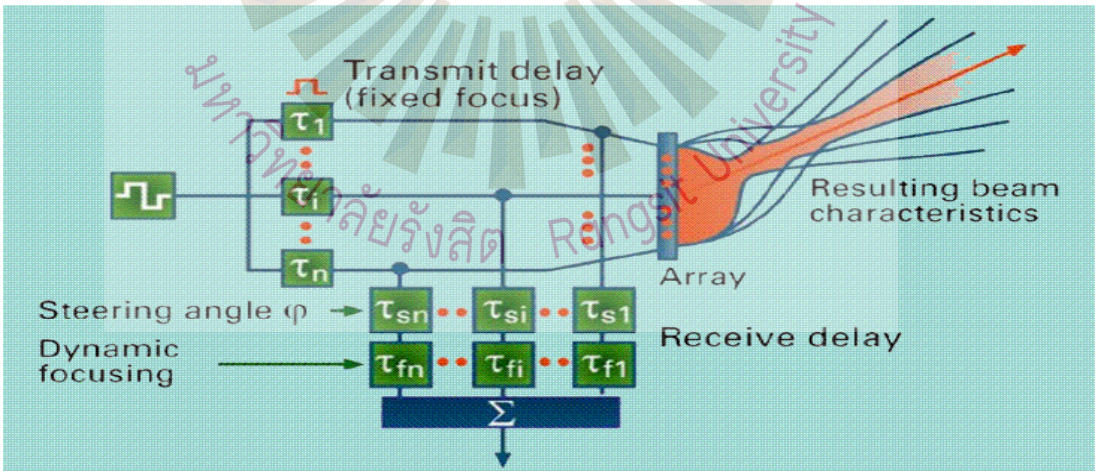
การโฟกัสขณะรับคลื่น (Dynamic Focusing) สามารถโฟกัสได้หลายช่วงในต่อการส่งลำคลื่นออกไปเพียงครั้งเดียว โดยสามารถตั้งโปรแกรมการหน่วงเวลาการรับคลื่นจากความลึกต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งการควบคุมการหน่วงเวลาและการปรับขนาดของลำคลื่นโดยการเพิ่มหรือลดจำนวนทรานสดิวเซอร์



รูปที่ 2.16 แสดงการโฟกัสขณะส่งและรับคลื่น
ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

2) การกวาดลำคลื่นและการโฟกัส (Beam Steering and Focusing)

การทำงานแบบ Phased Array เพื่อให้ได้รูปแบบภาพ Sector นั้นทำได้โดยการควบคุมที่ Delay Line เช่นเดียวกัน โดยการควบคุมขณะส่งทำให้เกิดการกวาดลำคลื่นและการโฟกัสแบบคงที่ได้ และการควบคุม Delay Line ขณะรับคลื่นก็จะทำให้สามารถโฟกัสการรับคลื่นจากหลายๆ ระยะได้ (Dynamic Focusing)



รูปที่ 2.17 การกวาดลำคลื่นและการโฟกัส
ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

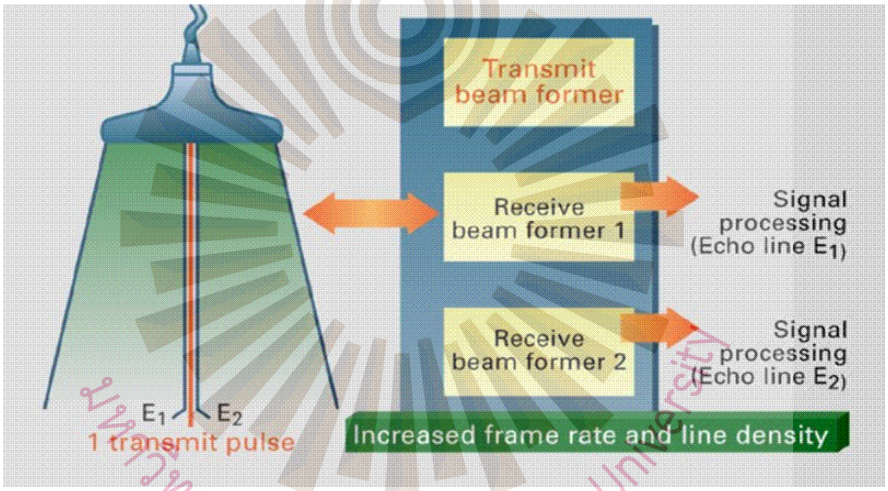
หลังจากที่ได้สัญญาณ สัญญาณจะถูกส่งผ่านทาง Recive Beam Former จะเข้าสู่ Signal Preprocessing ซึ่งเป็นกระบวนการประมวลผลของภาพ โดยมี 3 เทคนิคคือ 1. การประมวลผลภาพ

แบบขนาน (Parallel Processing) 2. การปรับขนาดของหัวรับส่งคลื่นความถี่สูง และ 3. การแปลงสัญญาณ อนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog – to – Digital Conversion)

1.2.3 Signal preprocessing

1) การประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing)

เนื่องจากเราสามารถตั้งโปรแกรมของการทำงานของแต่ละทรานสดิวเซอร์ให้ต่างกันได้ ทำให้สามารถรับคลื่นที่สะท้อนกลับเข้าสู่ทรานสดิวเซอร์ได้หลายเส้น จากการส่งคลื่นออกไปเพียงครั้งเดียว จึงจำเป็นต้องใช้การทำงานแบบหลายช่องพร้อมๆ กัน โดยการใช้การประมวลผลแบบขนาน เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการแสดงภาพและจำนวนเส้นคลื่นต่อหน่วยระยะทาง ซึ่งก็คือรายละเอียดของภาพจะสูงขึ้น



รูปที่ 2.18 การประมวลผลแบบขนาน

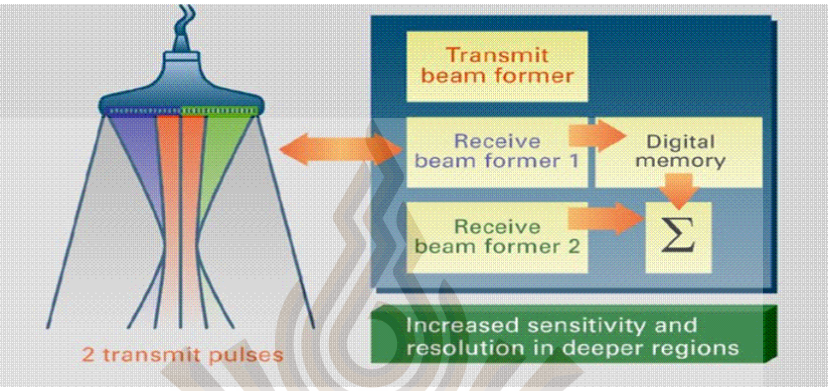
ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

2) การปรับขนาดของหัวรับส่งคลื่นเสียงความถี่สูง (Synthetic Aperture)

เมื่อต้องการสร้างภาพจากตำแหน่งที่ลึกมากๆ วิธีที่ดีที่สุด คือ ใช้ทรานสดิวเซอร์ให้มีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการรวมคลื่นหลายๆ เส้นเข้าด้วยกันได้แม้ว่า $m < n$ การสังเคราะห์ขนาดของหัวรับส่งคลื่น แบบส่งออกสองคลื่นและรับกลับสองคลื่น ทำโดยหลังจากที่ส่งคลื่นแรกออกไปแล้วจะทำ การประมวลผลขนาดของสัญญาณที่สะท้อนกลับมา โดยนับเป็นเพียงครึ่งเดียวของสัญญาณกลับและเก็บไว้ จากนั้นเมื่อส่งคลื่นเส้นที่สองออกไปก็จะรับสัญญาณเข้ามาประมวล

และเก็บจากนั้นจึงนำไปประมวลกับ ครึ่งแรกเพื่อให้ได้เป็น 1 เส้นภาพ จากการส่งคลื่นออกไป 2 ครั้ง

ผลจากการสังเคราะห์นี้ทำให้เสมือนว่าหัวรับส่งคลื่นมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ Sensitivity สูงขึ้น, Lateral Resolution ดีขึ้น แต่ต้องยอมให้ความเร็วในการสร้างภาพลดลง



รูปที่ 19 การปรับขนาดหัวรับส่งคลื่นความถี่สูง

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

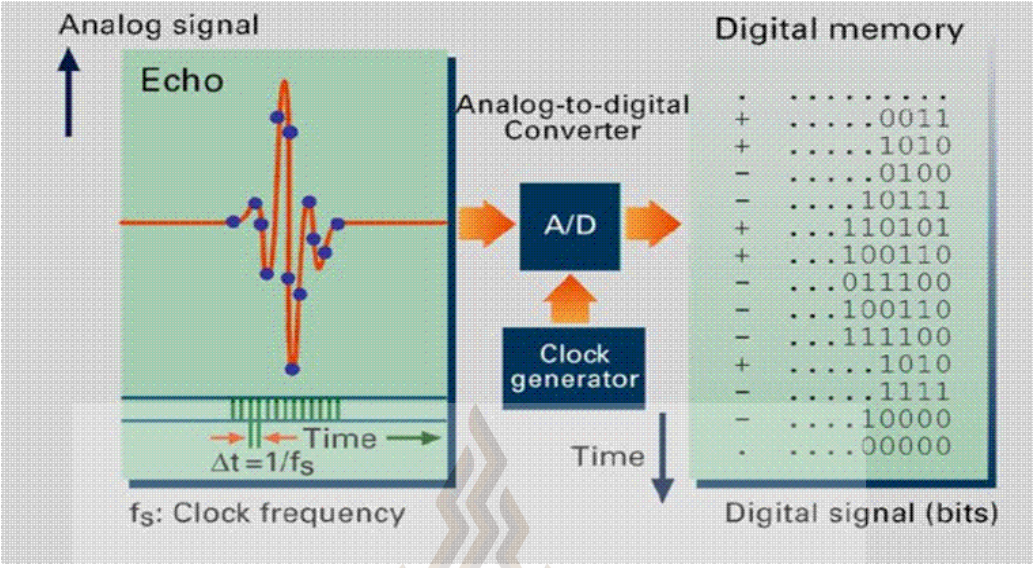
3) การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog-to-Digital Conversion)

การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเป็นการเปลี่ยนค่า Voltage ให้เป็นเลขฐานสอง (Binary Code Number หรือ Bits) โดยที่ f_s จะหมายถึง Clock Frequency หรือ Sampling Rate ถ้า A/D Converter มีขนาด 9-Bit จะแปลงสัญญาณได้ตั้งแต่ ±000000001, ±000000010, ±000000011 จนถึงสูงสุด ±111111111 หรือ ±1, ±2, ±3 จนถึงสูงสุด ±512

Δt คือ ระยะห่างของเวลาระหว่างการ Sampling Rate ในแต่ละจุด โดยถ้าให้ f_s สูงขึ้น Δt จะลดลง ทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากขึ้น เช่น ถ้าให้ f_s เท่ากับ 150 เมกะเฮิตรซ์ Δt มีค่าน้อยกว่า 7 นาโนวินาที (ns) สุ่มขนาดของสัญญาณที่มีความถี่ 15 เมกะเฮริ์ต ทำให้สามารถเก็บขนาดสัญญาณได้ จำนวน 10 ตัวอย่าง

ถ้าใช้ A/D Converter ขนาด 16 bits จะทำให้ขนาดของสัญญาณที่เล็กที่สุดถึงใหญ่ที่สุด (Dynamic Range) มีค่าเท่ากับ 1 ถึง 65536 หรือคิดเป็นหน่วยเดซิเบลได้ 96 เดซิเบล

ข้อดีของ A/D Converter เมื่อเทียบกับ Analog คือ มีความแม่นยำ (More Precise) มากกว่า, มีความคงตัว (Stable) มากกว่า, เชื่อถือได้ (Reliable), มีความยืดหยุ่นสามารถตั้งโปรแกรมได้ Flexible (Programmable)



รูปที่ 20 การแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

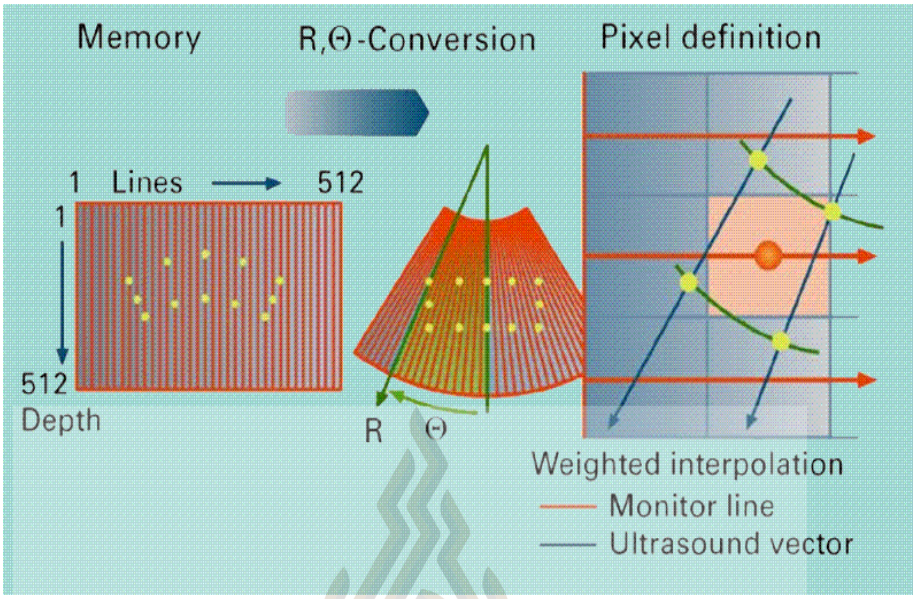
เมื่อสิ้นสุดกระบวนการประมวลผลของภาพหลังจากนั้นจะเข้าสู่ Scan Converter ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณคลื่นเสียงและเก็บข้อมูลขนาดของสัญญาณกลับเสียงสะท้อนกลับมาจากแต่ละเส้น ลำคลื่นเพื่อแสดงผลบนจอภาพให้ถูกต้องตามลักษณะทางกายภาพ ซึ่งจะมีด้วยกัน 2 เทคนิค คือ

1. การสร้างภาพด้วยลำคลื่นขนาน (Parallel Scan)
2. การสร้างภาพด้วยลำคลื่นไม่ขนาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1.1.2.4 Scan Converter

Scan Converter ทำหน้าที่ แปลงและเก็บข้อมูลขนาดของสัญญาณคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาจากแต่ละเส้นลำคลื่น (Line of Sight) เพื่อแสดงบนจอภาพให้ถูกต้องตามลักษณะทางกายภาพของการสร้างภาพ แต่ละชนิด ได้แก่ การสร้างภาพด้วยลำคลื่นขนาน (Parallel Scan) โดยใช้ระบบโคออดิเนตคาร์ทีเซียน พิกัด (x, y) ทำให้ไม่มีการบิดเบี้ยวของภาพ (Without Any Distortion) และสร้างภาพด้วยลำคลื่นไม่ขนาน จะเก็บข้อมูลในระบบโคออดิเนตคาร์ทีเซียน ซึ่งแปลงให้อยู่ในระบบโพลา (Converted into Polar Coordinates) พิกัด (R, θ) เมื่อ R เป็นระยะทางจากทรานสดิวเซอร์ และ θ เป็นมุมของการกวาดลำคลื่น การคำนวณข้อมูลแต่ละจุดภาพ (Pixel) ด้วยเทคนิค Interpolation จากข้อมูลที่เก็บอยู่ในระบบโพลา



รูปที่ 2.21 การทำงานของการ Scan Converter

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

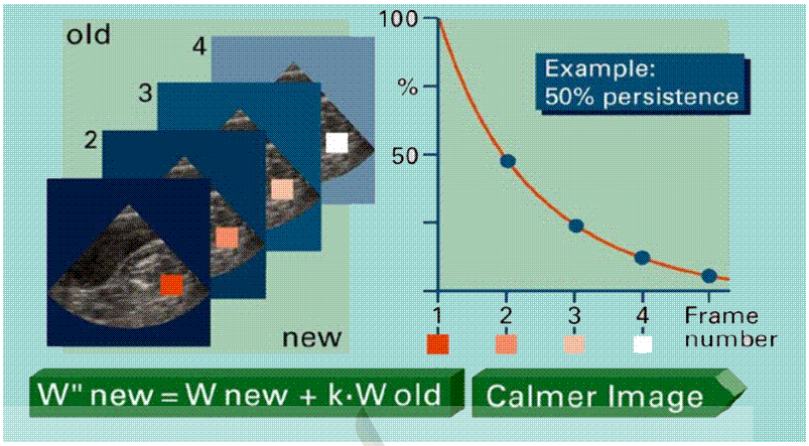
หลังจากนั้นสัญญาณจะเข้าสู่ส่วน Image Post Processing เพื่อเป็นการปรับปรุงภาพหลังจากการประมวลผลภาพ โดยมีหลายเทคนิคดังนี้ เช่น Image Persistence, Image Transfer Function และ Real time processing จากนั้นจะเข้าสู่ส่วนของ Monitor ซึ่งเป็นจอแสดงผลภาพของอวัยวะที่ทำการอัลตราซาวด์ออกมา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1.2.5 Image Post Processing

1) Image Persistence

Persistence หรือ Correlation เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานในส่วนของหลังการประมวลผลภาพ (Post Processing) โดยการเฉลี่ยข้อมูลภาพตามเวลาก่อนนำมาแสดงบนจอภาพ เมื่อได้ข้อมูลภาพใหม่มาจะนำมารวมกับข้อมูลภาพเดิมแล้วเฉลี่ย จากภาพเป็นการเฉลี่ยที่ 50% ซึ่งสามารถปรับระดับการเฉลี่ยได้ตามต้องการ ขึ้นกับลักษณะการเรืองแสงค้าง (Afterglow) ของจอภาพและการเคลื่อนไหวของอวัยวะ เช่น อวัยวะที่ไม่เคลื่อนไหว หรือ เคลื่อนไหวช้า การเฉลี่ยข้อมูลภาพจะทำให้ S/N Ratio สูงขึ้น และอวัยวะที่ไม่เคลื่อนไหวเร็ว เช่น หัวใจ การเฉลี่ยมากเกินไปจะทำให้ภาพไม่ชัด คุณภาพลดลง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



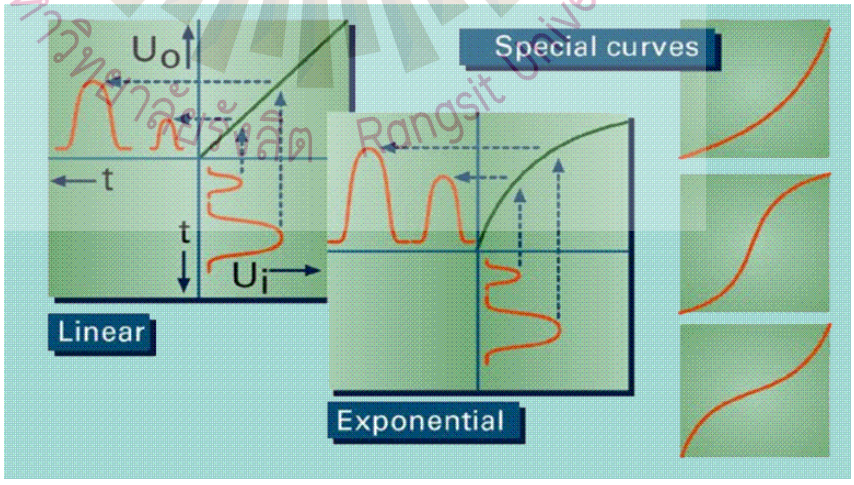
รูปที่ 2.22 การทำงานของ Image Persistence

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

2) การปรับปรุงคุณสมบัติของภาพจาก Scan Converter

เป็นการเลือกลักษณะของ Curve ที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของภาพจาก Scan Converter สู่ Mmonitor ทำให้สามารถเพิ่ม (Enhance) หรือลด (Reduce) ขนาดของสัญญาณภาพหรือปรับคอนทราสของภาพ

ชนิดของ Curve ที่ใช้ เช่น Linear Transfer, Gray Scale Compression, Gray Scale Expansion, S-Shaped



รูปที่ 2.23 การทำงานของ Image Transfer Functions

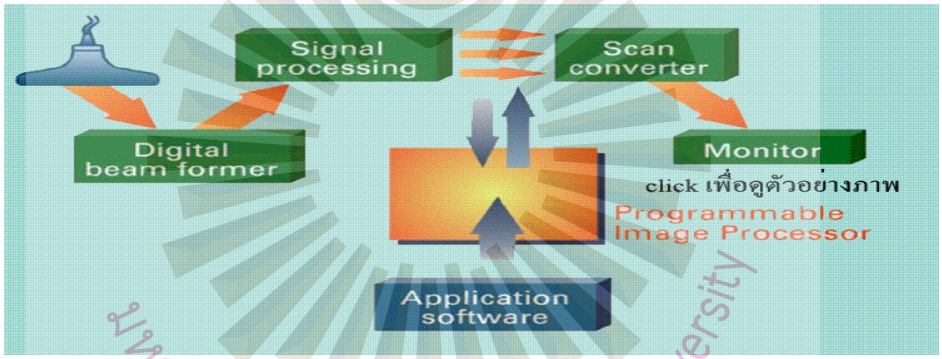
ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

3) เทคนิคการสแกนแบบ Real - Time

การพัฒนาหน่วยประมวลผลภาพให้มีความเร็วสูง แล้วนำมารวมกับเครื่องอัลตราซาว์ด ทำให้ความเร็วในการประมวลผลเพิ่มขึ้น (Post Processing) สามารถคำนวณวิธีการประมวลผลที่ซับซ้อนได้มากขึ้น หน่วยประมวลผลอาจมีมากกว่า 1 ตัวก็ได้ ยิ่งทำให้สามารถคำนวณเพื่อการประมวลผลภาพได้อย่างรวดเร็ว

ในระบบของเครื่องอัลตราซาว์ด หน่วยประมวลผลภาพ อยู่ระหว่าง Signal Pre Processing และ Scan Converter ข้อมูลภาพอาจถูกส่งตรงไปยัง Scan Converter หรือผ่านการประมวลผลของหน่วยประมวลผลก่อน

การนำ Programmable Image Processor มาใช้ช่วยให้มีการนำวิธีการประมวลผลใหม่ๆ มาใช้ได้อย่างรวดเร็ว เช่น Automatic Calculation of Contours, Adaptive Image Contrast Optimization, 2D และ 3D Panoramic Imaging



รูปที่ 2.24 การทำงานแบบ Real-Time Image Processing

ที่มา: ดัดแปลงภาพมาจากเอกสารประกอบการบรรยายบริษัทซีเมนซ์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1.1.2.6 หลักการการสร้างภาพ

1) โหมดเอ (A mode)

การสร้างภาพแบบโหมดเอจะเริ่มจากการผลิตจะเริ่มจากป้อนศักดิ์ไฟฟ้าในกับผลึกเพียวโซอิเล็กตริกที่อยู่ในทรานสดิวเซอร์ จากนั้นผลึกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความหนาทำให้ได้คลื่นเสียงความถี่สูง ส่งเข้าสู่อวัยวะของผู้ป่วยเมื่อคลื่นเสียงความถี่สูงกระทบกับอวัยวะจะทำให้บางส่วนถูกดูดกลืนไว้ แล้วบางส่วนถูกสะท้อนกลับมายังทรานสดิวเซอร์ เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับผลึกเพียวโซอิเล็กตริกจะทำให้ผลึกมีการเปลี่ยนแปลงตามความหนา ทำให้ได้ศักดิ์ไฟฟ้าออกมา คลื่นที่

สะท้อนกลับมามีค่าน้อยมาก จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณก่อนที่จะส่งไปยังหน่วยแสดง โดยที่สัญญาณที่แสดงบนจอภาพ เป็นแบบเส้นหรือสัญญาณที่สูงขึ้นจากแนวฐาน (baseline) ซึ่งแสดงถึงขนาดของสัญญาณที่สะท้อนกลับมายัง ทรานสดิวเซอร์

2) โหมดบี (B mode)

การสร้างภาพบีโหมดจะทำงานคล้ายกลับเครื่องเอโหมด โดยเริ่มจากการผลิตจะเริ่มจากป้อนศักดิ์ไฟฟ้าในกับผลึกเพียวโซอิเล็กตริกที่อยู่ในทรานสดิวเซอร์ จากนั้นผลึกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความหนาทำให้ได้คลื่นเสียงความถี่สูง ส่งเข้าสู่อวัยวะของผู้ป่วยเมื่อคลื่นเสียงความถี่สูงกระทบกับอวัยวะจะทำให้บางส่วนถูกดูดกลืนไว้ แล้วบางส่วนถูกสะท้อนกลับมายังทรานสดิวเซอร์ เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับผลึกเพียวโซอิเล็กตริกจะทำให้ผลึกมีการเปลี่ยนแปลงตามความหนาทำให้เกิดศักดิ์ไฟฟ้าขึ้น โดยทรานสดิวเซอร์จะมีเทคนิคการสแกนดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องหลักการสร้างภาพของเครื่องอัลตราซาวด์ทางการแพทย์ ในบีโหมดจะมีส่วนที่แตกต่างกับเครื่องเอโหมด คือจะมีส่วน Realtime และ A/D converter เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และการแสดงภาพของ B mode จะแปลงขนาดของสัญญาณโดยใช้ A/D converter เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นดิจิตอล หลังจากนั้นจะแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นจุดสว่าง เขียนเป็นภาพ 2 มิติ ขึ้นแสดงบน monitor

3) โหมดเอ็ม (M mode)

ทำงานคล้ายกับ B mode โดยเริ่มจากการผลิตจะเริ่มจากป้อนศักดิ์ไฟฟ้าในกับผลึกเพียวโซ-อิเล็กตริกที่อยู่ในทรานสดิวเซอร์ จากนั้นผลึกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามความหนาทำให้ได้คลื่นเสียงความถี่สูง ส่งเข้าสู่อวัยวะของผู้ป่วยเมื่อคลื่นเสียงความถี่สูงกระทบกับอวัยวะจะทำให้บางส่วนถูกดูดกลืนไว้ แล้วบางส่วนถูกสะท้อนกลับมายังทรานสดิวเซอร์ เมื่อคลื่นเสียงกระทบกับผลึกเพียว-โซอิเล็กตริกจะทำให้ผลึกมีการเปลี่ยนแปลงตามความหนาทำให้เกิดศักดิ์ไฟฟ้าขึ้น โดยทรานสดิวเซอร์จะมีเทคนิคการสแกนดังที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องหลักการสร้างภาพของเครื่องอัลตราซาวด์ทางการแพทย์ มีส่วน Realtime ละ A/D converter และการเกิดภาพเป็นจุดสว่างเหมือนเครื่องบีโหมด แต่การบันทึกตัวบันทึกจะมีการเคลื่อนไหวตามแนวแกนเวลา ใช้สำหรับบันทึกหา หรือตรวจสิ่งที่มีการเคลื่อนไหว อย่างหัวใจ หรือลิ้นหัวใจ

2. ทบทวนวรรณกรรม

1) พนัส โภคทวี (2551) ได้วิจัยเรื่อง การวิจัยสื่อการเรียนการสอน e-Learning เรื่อง การสร้างภาพ 3 มิติ และภาพเคลื่อนไหว โดยมีจุดประสงค์เพื่อ พัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชา CPA 230 ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเนื้อหาของสื่อการสอน e-Learning เรื่อง การสร้างภาพ 3 มิติและภาพเคลื่อนไหวนี้ ได้อธิบายถึงความรู้โดยรวมของวิธีการพื้นฐานที่ใช้ในการสร้างงาน 3 มิติ ประเภทภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวเบื้องต้น แนวความคิดในการสร้างงาน 3 มิติ และขั้นตอนวิธีการใช้งานโปรแกรมสร้างงาน 3 มิติ นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบผลการเรียนเป็นร้อยละระหว่างนักศึกษาวิชา CPA 230 ปีการศึกษา 2549 ซึ่งยังไม่ได้มีการใช้สื่อการสอน e-Learning กับนักศึกษาวิชา CPA 230 ปีการศึกษา 2550 ที่ได้ทดลองใช้สื่อการสอน e-Learning พบการวิจัยพบว่าแนวโน้มผลการเรียนของนักศึกษาที่ใช้สื่อการสอนที่ได้คะแนนตั้งแต่ 70 คะแนนขึ้นไปมีจำนวนมากขึ้นกว่านักศึกษารุ่นที่ยังไม่ได้มีการใช้สื่อการสอน 16.34% ส่วนผลการเรียนของนักศึกษาที่ใช้สื่อการสอนที่ได้คะแนนตั้งแต่ 69 คะแนนลงมามีจำนวนลดลงกว่านักศึกษารุ่นที่ยังไม่ได้มีการใช้สื่อการสอน 14.84% นอกจากนั้นผลการประเมินการใช้สื่อการสอนจากศึกษาพบว่าร้อยละ 81.13 ของกลุ่มทดสอบมีความพึงพอใจในการใช้สื่ออยู่ในระดับดีถึงดีมาก

2) สุภาวดี วาทิกทินกร (2552) ได้วิจัยและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง ทดลองใช้ และประเมินผล กระบวนการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นครู กศน. 15 อำเภอ ของจังหวัดน่าน จำนวน 202 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือกระบวนการจัดการความรู้ แบบสอบถาม และข้อมูลบันทึกรายได้ รายจ่ายครอบครัว การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) เนื้อหาการเรียนรู้เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต ประกอบด้วย การเรียนรู้เรื่องชีวิตโดยการเรียนรู้การปรับกระบวนการคิด การเปิดโลกทัศน์ โดยการเรียนรู้จากการศึกษาข้อมูลของชุมชนอื่น การเรียนรู้ทางเลือกเพื่อนำไปสู่การเลือกที่เหมาะสมกับศักยภาพและทุนของตนเอง การวางแผนการเรียนรู้ต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหาชีวิต หรือพัฒนาต่อยอดได้ 2) วิธีการเรียนรู้มีรูปแบบการเรียนเป็นไปตามอัธยาศัย และมีการเรียนแบบชั้นเรียนบ้างเป็นบางครั้ง และเรียนรู้บนฐานชีวิตของชุมชน ผู้เรียน คือทุกคนในชุมชน 3) มีเครือข่ายการเรียนรู้ พัฒนาต่อยอดความรู้ให้เกิดการเรียนรู้ต่อเนื่อง โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการวิจัยพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต ที่ผู้รับบริการสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และมีการกระจายสื่อนั้นไปสู่ชุมชนได้อย่างทั่วถึง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3) วันฤดี สุขสงวน (2554) ได้วิจัยเรื่อง ประสิทธิของสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา ACC 103 : การบัญชีบริหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา ACC 103 : การบัญชีบริหาร 2) ศึกษาประสิทธิภาพของสื่อการสอน 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการสอน 4) ศึกษาถึงคุณธรรมและจริยธรรมที่ผู้เรียนได้รับจากสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบสอบถาม และแบบทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการบัญชีบริหารเป็นครั้งแรก จำนวน 89 คน ในภาคการศึกษาที่ 1/2554 เป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistic Package for Social Sciences) สถิติที่ใช้มรการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย ความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ T-test ผลการวิจัยพบว่าสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ทรอนิกส์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 92.66/93.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ตั้งไว้คือ 80/80 และผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 และผู้เรียนได้รับคุณธรรม จริยธรรม จากการเรียนด้วยสื่อสารการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา ACC 103 : การบัญชีบริการ มีจำนวนร้อยละ 100 ของจำนวนผู้เข้าเรียนทั้งหมด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์ และศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรายวิชา BMI 456 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่โดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อสร้างสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง หาประสิทธิภาพของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ภายหลังจากที่ได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร/กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา นักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์และอุปกรณ์ชีวการแพทย์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชารายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 40 คน

1.2 ออกแบบสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และประเมินผล

1. สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง กาสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
2. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบฝึกหัดระหว่างเรียน เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
3. แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ บทเรียน e-Learning ผ่านระบบออนไลน์

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 และความพึงพอใจ

3. เนื้อหาในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย บทเรียนจำนวน 15 หัวข้อ

1) หลักการทางฟิสิกส์ของอัลตราซาวด์
2) สมบัติของคลื่นเสียง
3) ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วเสียง
4) สมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลาง
5) ความหนาแน่นของตัวกลาง
6) ความสามารถในการบีบอัดของตัวกลาง
7) อุณหภูมิของตัวกลาง
8) อันตรกิริยาระหว่างอัลตราซาวด์และเนื้อเยื่อ
9) หลักการทำงานของเครื่องอัลตราซาวด์
10) Piezoelectric Effect
11) การส่งและการรับคลื่น
12) Signal preprocessing
13) Image Post Processing
14) รูปแบบของการสร้างภาพ
15) แบบฝึกหัด

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

4.1 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ที่ใช้ในการทดสอบระหว่างเรียนและหลังเรียน

4.2 แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในการเรียนของนักศึกษา ที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และสถานที่ที่ทำการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ บทเรียนสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ e-Learning ในออนไลน์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

สถานที่ที่ทำการทดลอง คือ ห้องเรียน 4-618 อาคารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยารังสิต

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์

1.1 วิเคราะห์ผู้เรียน ซึ่งจากประสบการณ์สอนวิชานี้มาเป็นระยะเวลามากกว่า 10 ปี พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่สามารถนำทฤษฎีที่เรียนไปประยุกต์ใช้กับโจทย์แบบฝึกหัดได้ กล่าวคือถ้าโจทย์แบบฝึกหัดที่แตกต่างไปจากตัวอย่างที่สอน นักศึกษาจะทำไม่ได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยคิดว่าเป็นเพราะนักศึกษาเรียนด้วยความจำ ต้องเห็นตัวอย่าง และทำตามตัวอย่าง จึงจะทำได้ ดังนั้นสื่อการสอนในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงออกแบบเนื้อหาให้เป็นกรณีศึกษา โดยสร้างเนื้อเรื่องจากหลักการสร้างภาพสำหรับเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ เพิ่มตัวอย่าง และภาพภาพประกอบ เพื่อทำให้นักศึกษามีความเข้าในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

1.2 ศึกษาขอบเขตเนื้อหา รายวิชา BMI 456 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นความถี่สูง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

2. ขั้นตอนการออกแบบ นำข้อมูลในการวิเคราะห์ มาทำการออกแบบบทเรียนสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์

2.1 ทำการเขียนเค้าโครงเรื่อง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เรื่องการสร้างภาพด้วยคลื่นความถี่สูง แล้วทำการสอดแทรกตัวอย่าง และภาพประกอบ เพื่อทำให้นักศึกษามีความเข้าในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

2.2 ทำการเขียน Storyboard ในขั้นนี้ผู้วิจัยดำเนินการเขียน Storyboard ของแต่ละหัวข้อ รวม 15 หัวข้อ และตรวจอบความถูกต้อง

3. ขั้นตอนการพัฒนา

3.1 ทำการพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ ตามการเขียน Storyboard ที่ได้วางแผนไว้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2 นำบทเรียนสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ของมหาวิทยาลัยรังสิต ในระบบการเรียนการสอนออนไลน์ e-Learning รายวิชา BMI 456 : อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเรื่องประสิทธิผลของสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 ในหัวข้อเรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนภายหลังจากที่ได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่อการ และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงโดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

จากการนำบทเรียน e-Learning รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงโดยนำไปทดลองใช้กลับกลุ่มตัวอย่างที่นักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์และอุปกรณ์ชีวการแพทย์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชารายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 40 คน และหลังเรียนจบแล้วมีการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน เพื่อใช้คะแนนที่ได้ไปเป็นข้อมูล ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียน เพื่อใช้คะแนนที่ได้ไปเป็นข้อมูล ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียน ซึ่งประกอบด้วย คะแนนเฉลี่ยแต่ละแบบฝึกหัด และคะแนนเฉลี่ยรวม ดังแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ยแต่ละแบบฝึกหัด และคะแนนเฉลี่ยรวม

บทเรียน	จำนวนข้อสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยที่ได้	ประสิทธิภาพ
ก่อนแบบฝึกหัด	18	18	7.4	41.11
หลังแบบฝึกหัด	18	18	15.9	88.33

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

จากตารางข้างต้นพบว่า ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนในกระบวนการเรียนของแต่ละแบบฝึกหัด มีดังนี้ ก่อนเรียนแบบฝึกหัดมีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนเท่ากับ 41.11 หลังเรียนแบบฝึกหัดมีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนเท่ากับ 88.33 เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนพบว่าผู้เรียนมีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนหลังเรียนที่มีประสิทธิภาพในการเรียนสูงขึ้นมากกว่าประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนก่อนเรียน

3. ผลการทดสอบสมมติฐาน

จากสมมติฐานการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า พัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียง โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินงานตามการตั้งสมมติฐานได้เป็นอย่างดี

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีสื่อการสอนใน 7 ด้าน คือ

1) ด้านอักษร

2) ด้านภาพ

3) ด้านสีสัน

4) ด้านสัญรูป (ICON) และปุ่ม (button)

5) ด้านเบราว์เซอร์ (BRowser)

6) ด้านการเชื่อมโยง

7) ด้านการนำเสนอเนื้อหา ดังนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.2 ความพึงพอใจของเรียนที่มีเรียนที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์จำนวนร้อยละ

รายการประเมิน	5		4		3		2	1
	มากที่สุด		มาก		ปานกลาง		น้อย	น้อยที่สุด
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
1. ด้านตัวอักษร								
ชนิดของตัวอักษรชัดเจน อ่านง่าย	20	50.00	18	45.00	2	5.00	0	0
ชนิดของตัวอักษรเหมาะสมกับเนื้อหา	22	55.00	13	32.50	5	12.50	0	0
สีของตัวอักษรเหมาะสมกับสีพื้นหลัง	21	52.50	15	37.50	4	10.00	0	0
2. ด้านภาพ								
ภาพเหมาะสมกับเนื้อหา	23	57.50	14	35.00	3	7.50	0	0
ขนาดของภาพมีความเหมาะสม	23	57.50	13	32.50	4	10.00	0	0
ภาพทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น	25	62.50	14	35.00	1	2.50	0	0
ภาพที่ใช้ให้รู้สึกเหมือนได้อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นจริง	19	47.50	18	45.00	3	7.50	0	0
3. ด้านสี								
ความสวยงาน สบายตา	24	60.00	13	32.50	3	7.50	0	0
ความแตกต่างของสีพื้นหน้าและหลัง	24	60.00	11	27.50	5	12.50	0	0
4. ด้านสัญรูป และปุ่ม								
การสื่อความหมายมีความชัดเจน	26	65.00	12	30.00	2	5.00	0	0
มีขนาดเหมาะสมกับบทเรียน	20	50.00	18	45.00	2	5.00	0	0
ตำแหน่งการจัดวางมีความเหมาะสม	29	72.50	10	25.00	1	2.50	0	0
5. ด้านเบราว์เซอร์								
การแสดงผลภาษาไทย-อังกฤษไม่ผิด	25	62.50	12	30.00	3	7.50	0	0
การเชื่อมโยง และโปรแกรมต่างๆ	26	65.00	11	27.50	7	7.50	0	0

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.2 ความพึงพอใจของเรียนที่มีเรียนที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์จำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย (ต่อ)

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
	มากที่สุด จำนวนร้อยละ	มาก จำนวนร้อยละ	ปานกลาง จำนวนร้อยละ	น้อย	น้อยที่สุด
6. ด้านการเชื่อมโยง					
ความถูกต้องของการเชื่อมโยง	26 65.00	11 27.50	3 7.50	0	0
การเชื่อมดยงไปสู่เนื้อหาที่สัมพันธ์กัน	22 55.00	14 35.00	4 10.00	0	0
รูปแบบของการเชื่อมโยง	28 70.00	11 27.50	1 2.50	0	0
ความเหมาะสมของจำนวนการเชื่อมโยง	27 67.50	10 25.00	3 7.50	0	0
สามารถกลับมายังหน้าแรกของบทเรียนได้ตลอดเวลา	25 62.50	12 30.00	3 7.50	0	0
7. ด้านการนำเสนอเนื้อหา					
ความถูกต้องและความชัดเจน	24 60.00	14 35.00	2 5.00	0	0
ครอบคลุมประเด็นสำคัญ	23 57.50	14 35.00	3 7.50	0	0
การใช้ภาษาอ่านเข้าใจง่าย	23 57.50	12 30.00	5 12.50	0	0
ปริมาณข้อความที่นำเสนอต่อหน้าจอ	24 60.00	13 32.50	3 7.50	0	0
ความเหมาะสมของตำแหน่งในการนำเสนอเนื้อหา	26 65.00	12 30.00	2 5.00	0	0

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.3 แสดงระดับความพึงพอใจของผู้เรียนในด้านต่างๆเป็นค่าเฉลี่ย

รายการประเมิน	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ด้านตัวอักษร			
ชนิดของตัวอักษรชัดเจน อ่านง่าย	40	4.450	0.50
ชนิดของตัวอักษรเหมาะสมกับเนื้อหา	40	4.425	0.47
สีของตัวอักษรเหมาะสมกับสีพื้นหลัง	40	4.425	0.47
		4.433	

ตารางที่ 4.3 แสดงระดับความพึงพอใจของผู้เรียนในด้านต่างๆเป็นค่าเฉลี่ย (ต่อ)

รายการประเมิน	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ด้านภาพ			
ภาพเหมาะสมกับเนื้อหา	40	4.500	0.51
ขนาดของภาพมีความเหมาะสม	40	4.475	0.50
ภาพทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น	40	4.600	0.56
ภาพที่ใช้ให้รู้สึกเหมือนได้อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นจริง	40	4.400	0.48
		4.543	
3. ด้านสี			
ความสวยงาน สบายตา	40	4.525	0.52
ความแตกต่างของสีพื้นหน้าและหลัง	40	4.475	0.50
		4.500	
4. ด้านสัญรูป และปุ่ม			
การสื่อความหมายมีความชัดเจน	40	4.575	0.55
มีขนาดเหมาะสมกับบทเรียน	40	4.450	0.48
ตำแหน่งการจัดวางมีความเหมาะสม	40	4.675	0.61
		4.566	
5. ด้านเบราว์เซอร์			
การแสดงผลภาษาไทย-อังกฤษไม่ผิด	40	4.600	0.56
การเชื่อมโยง และโปรแกรมต่างๆ	40	4.550	0.54
		4.575	
6. ด้านการเชื่อมโยง			
ความถูกต้องของการเชื่อมโยง	40	4.550	0.53
การเชื่อมดยงไปสู่เนื้อหาที่สัมพันธ์กัน	40	4.500	0.51
รูปแบบของการเชื่อมโยง	40	4.450	0.49
ความเหมาะสมของจำนวนการเชื่อมโยง	40	4.525	0.52
สามารถกลับมายังหน้าแรกของบทเรียนได้ตลอดเวลา	40	4.600	0.56
		4.525	
7. ด้านการนำเสนอเนื้อหา			
ความถูกต้องและความชัดเจน	40	4.475	0.50
ครอบคลุมประเด็นสำคัญ	40	4.600	0.56

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

การใช้ภาษาอ่านเข้าใจง่าย	40	4.625	0.58
ปริมาณข้อความที่นำเสนอต่อหน้าจอ	40	4.525	0.52
ความเหมาะสมของตำแหน่งในการนำเสนอเนื้อหา	40	4.575	0.55
		4.560	

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 ข้างต้น เป็นผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ที่มีต่อสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียง พบว่า ผลการประเมินในทุกวันข้ออยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 4.4 ขึ้นไป และโดยภาพรวมทุกหัวข้อ อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งในแต่ละหัวข้อสามารถแปลผลได้ตารางที่ 4. 4

ตารางที่ 4.4 แสดงการแปลผลระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการสสอนอิเล็กทรอนิกส์

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านตัวอักษร	**4.433**	พึงพอใจมากที่สุด
2. ด้านภาพ	**4.543**	พึงพอใจมากที่สุด
3. ด้านสี	**4.500**	พึงพอใจมากที่สุด
4. ด้านสัญรูป และปุ่ม	**4.566**	พึงพอใจมากที่สุด
5. ด้านเบราว์เซอร์	**4.575**	พึงพอใจมากที่สุด
6. ด้านการเชื่อมโยง	**4.525**	พึงพอใจมากที่สุด
7. ด้านการนำเสนอเนื้อหา	**4.560**	พึงพอใจมากที่สุด
โดยภาพรวม	**4.528**	พึงพอใจมากที่สุด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

1. บทสรุป

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง หาประสิทธิภาพของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนภายหลังจากที่ได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากเรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละเนื้อหาตามศักยภาพและความพร้อมของผู้เรียนได้

2. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีแบบทดสอบแบบอัตนัย เพื่อให้นักศึกษาได้ทำแบบทดสอบในเชิงวิเคราะห์ โดยเป็นการเปิดโอกาสให้นักศึกษาแสดงความรู้หรือความคิดเห็นส่วนตัวได้ การสอบแบบที่ให้นักศึกษาบรรยายแสดงความรู้หรือแสดงความคิดเห็นของตนเอง

3. การนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ได้สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ที่มีประสิทธิภาพ
2. ผู้เรียนที่ได้เรียนรู้ผ่านสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ 80/80
3. ผู้เรียนมีความพึงพอใจและเจตคติที่ดีต่อรายวิชา BMI 456 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4
4. เป็นแนวทางให้อาจารย์และผู้สนใจนำไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนของตนเอง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เอกสารอ้างอิง

1) Hendee WR, Riten ER. Medical Imaging Physics. 3rd ed, st. Louis, Mosby Year Book; 1992, p 77.
2) Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography) : Part 1. Description of system. Br J Radiol 1973;236:63-80.
3) Kuhl DE, Edwards RQ. Image separation radioisotope scanning. Radiology 1963;80:653-661.
4) Kuhl DE, Hale J, Eaton WI. Transmission scanning : a useful adjunct to conventional emission scanning for accurately keying isotope deposition to radiographic anatomy. Radiology 1966;87:278-284.
5) Mongkolsuk M. A study of CT image reconstruction using back projection method. The Thai Joumal of Radiology 1983;20:49-284.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

คู่มือการใช้งาน

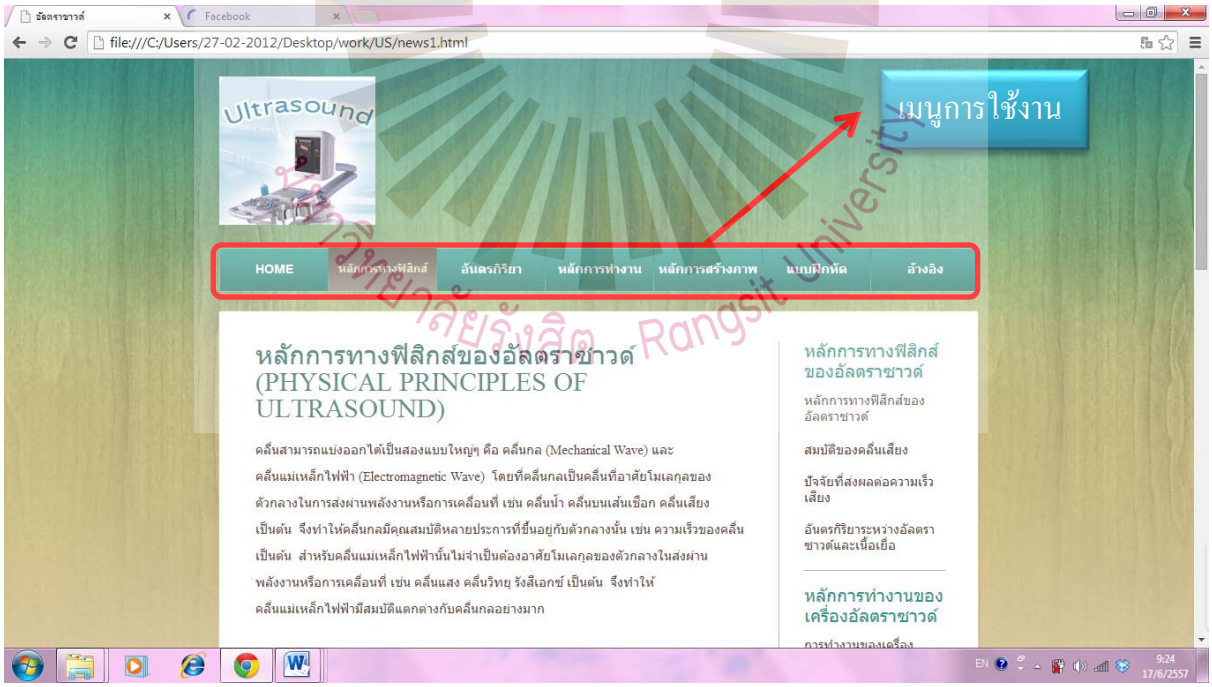
สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา BMI 456

อุปกรณ์ชีวการแพทย์ 4 เรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

1. เมนูการใช้งาน

เมนูการใช้งานของระบบนี้ประกอบด้วย

1. HOME เชื่อมโยงมายังหน้าหลักของระบบ
2. อันตรกิริยา เชื่อมโยงมายังหน้าเพจของเนื้อหาเกี่ยวกับอันตรกิริยาUS
3. หลักการทำงาน เชื่อมโยงมายังหน้าเพจของเนื้อหาเกี่ยวกับหลักการทำงานของ US
4. หลักการสร้างภาพ เชื่อมโยงมายังหน้าเพจของเนื้อหาเกี่ยวกับหลักการสร้างภาพของ US
5. แบบฝึกหัด เชื่อมโยงมายังหน้าเพจของเนื้อหาเกี่ยวกับแบบฝึกหัดของ US
6. อ้างอิง เชื่อมโยงมายังหน้าเพจของเนื้อหาเกี่ยวกับอ้างอิงของ US



รูปที่ 1 เมนูการใช้งาน

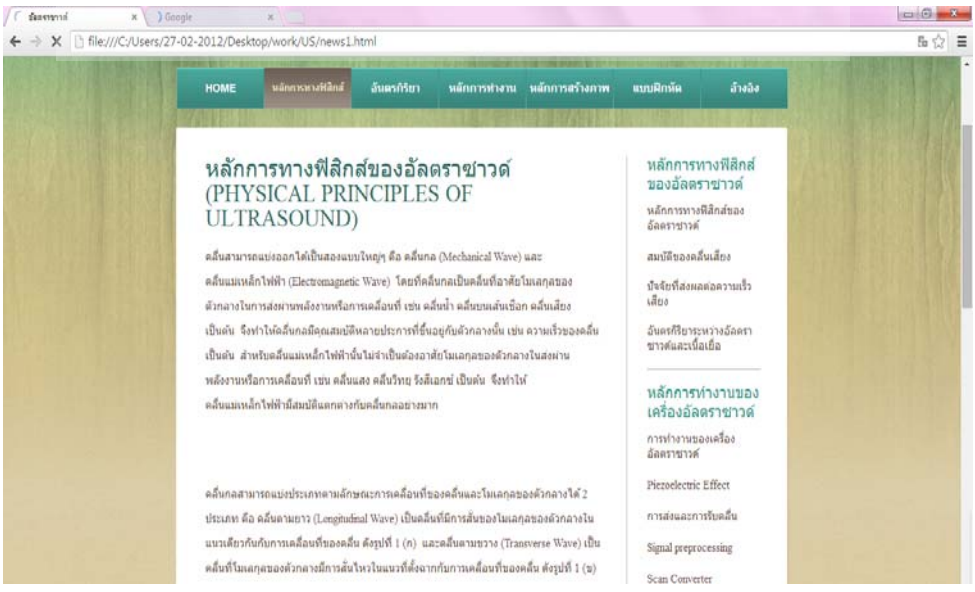
2. หน้าเพจของเว็บไซต์

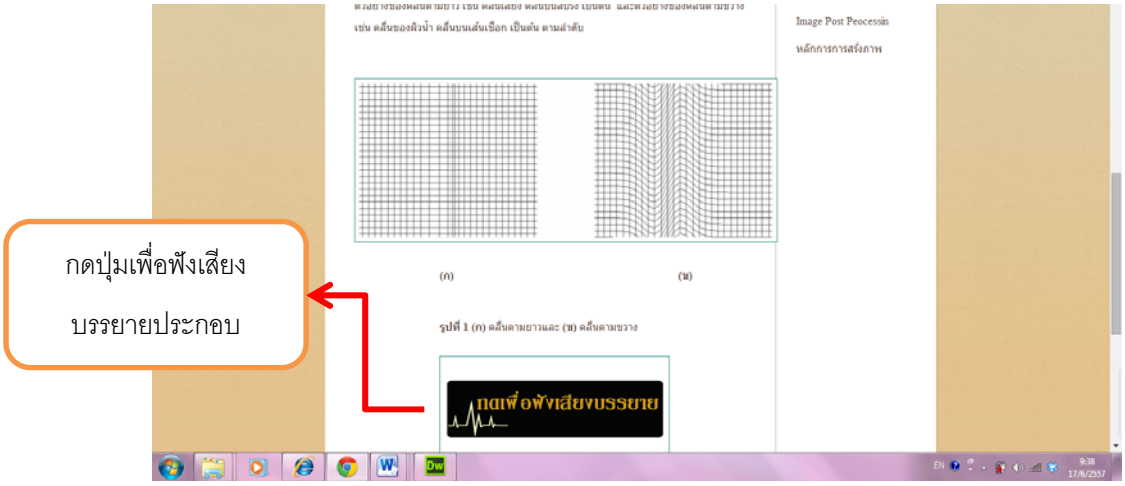
2.1 หน้าเพจหน้าหลัก

รูปที่ 2 หน้าเพจ HOME

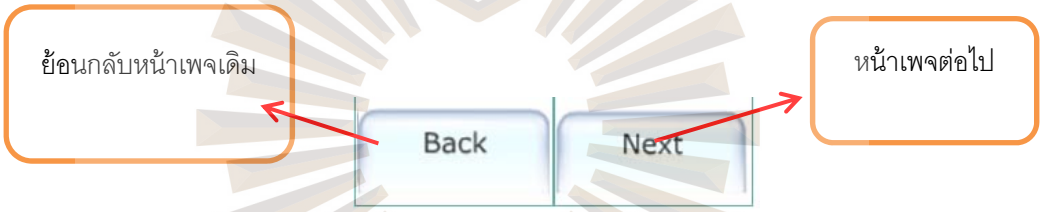
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.2 หน้าเพจหน้าต่างๆของเว็บไซต์





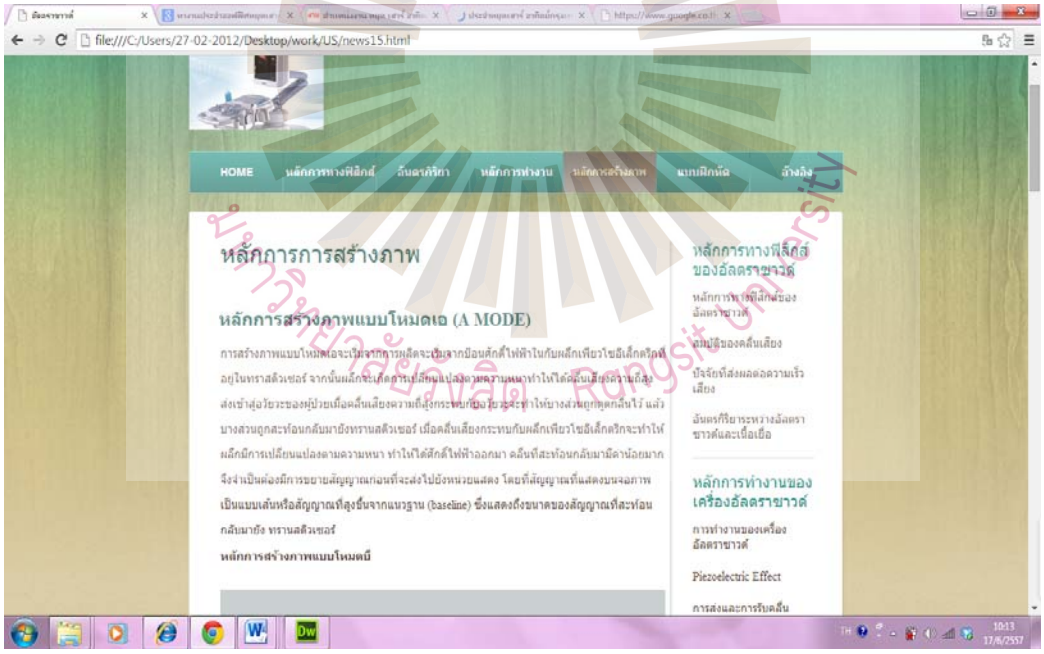
รูปที่ 3 หน้าเพจหลักการทำงานของ US



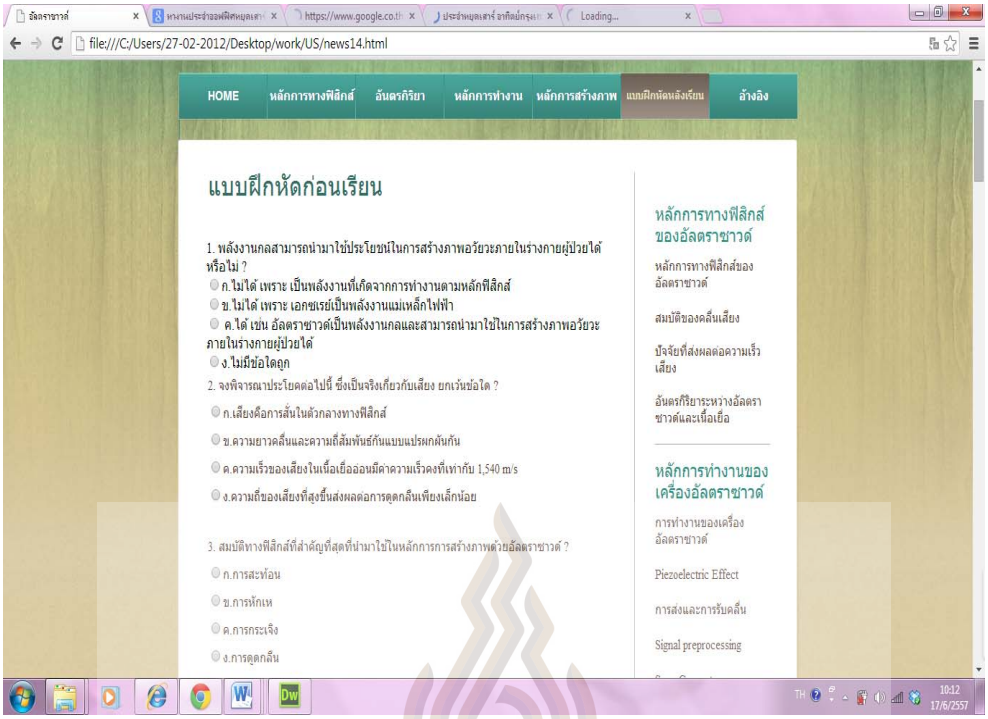
รูปที่ 4 ปุ่มเมนูการใช้งาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 5 หน้าเพจหลักการทำงานของเครื่องอัลตาซาวด์



รูปที่ 6 หน้าเพจหลักการสร้างภาพ



รูปที่ 7 หน้าเพจแบบฝึกหัด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบฝึกหัด

1. พลังงานกลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างภาพอวัยวะภายในร่างกายผู้ป่วยได้หรือไม่ ?
   ก. ไม่ได้ เพราะ เป็นพลังงานที่เกิดจากการทำงานตามหลักฟิสิกส์
   ข. ไม่ได้ เพราะ เอกซเรย์เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า
   ค. ได้ เช่น อัลตราซาวด์เป็นพลังงานกลและสามารถนำมาใช้ในการสร้างภาพอวัยวะภายในร่างกายผู้ป่วยได้
   ง. ไม่มีข้อใดถูก
2. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ซึ่งเป็นจริงเกี่ยวกับเสียง ยกเว้นข้อใด ?
   ก. เสียงคือการสั่นในตัวกลางทางฟิสิกส์
   ข. ความยาวคลื่นและความถี่สัมพันธ์กันแบบแปรผกผันกัน
   ค. ความเร็วของเสียงในเนื้อเยื่ออ่อนมีค่าความเร็วคงที่เท่ากับ 1,540 m/s
   ง. ความถี่ของเสียงที่สูงขึ้นส่งผลต่อการดูดกลืนเพียงเล็กน้อย
3. สมบัติทางฟิสิกส์ที่สำคัญที่สุดที่นำมาใช้ในหลักการการสร้างภาพด้วยอัลตราซาวด์ ?
   ก. การสะท้อน
   ข. การหักเห
   ค. การกระเจิง
   ง. การดูดกลืน
4. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ข้อใดเป็นจริงเกี่ยวกับการสะท้อนของอัลตราซาวด์ ?
   ก. การสร้างภาพหัวใจด้วยอัลตราซาวด์แบบ 2 มิติประกอบด้วยทั้งการสะท้อนและการกระเจิง
   ข. การกระเจิงเกิดจากพื้นผิวขนาดใหญ่และเรียบ
   ค. การสะท้อนเกิดขึ้นอย่างมาก เมื่อคลื่นอัลตราซาวด์ตกกระทบตรงส่วนติดต่อกับเนื้อเยื่อแบบตั้งฉาก
   ง. การสะท้อนเกิดขึ้นมากที่สุดที่ส่วนติดต่อกับเนื้อเยื่อมีค่าความต้านเสียงเท่ากับศูนย์
5. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ซึ่งเป็นจริงเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นอัลตราซาว์ ยกเว้นข้อใด ?
   ก. การสะท้อนเกิดขึ้นที่ส่วนติดต่อกับเนื้อเยื่อ หรือพื้นที่ความต้านเสียง
   ข. การสะท้อนสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความต้านเสียงที่แตกต่างกันระหว่างเนื้อเยื่อ 2 ชนิด
   ค. ลำคลื่นอัลตราซาวด์เกิดการสะท้อนโดยมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ง. อากาศเกิดการสะท้อนได้สูงเพราะค่าความต้านเสียงของอากาศสูง

6. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ซึ่งเป็นจริงเกี่ยวกับการลดทอน ยกเว้นข้อใด ?

ก. เกิดขึ้นจากความเสียดทาน

ข. เกิดขึ้นจากการกระเจิง

ค. เกิดขึ้นจากการกระจาย

ง. เกิดขึ้นจากของเหลวดูดกลืนพลังงานของอัลตราซาวด์อย่างเร็วรวด

7. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ซึ่งเป็นจริงเกี่ยวกับความยาวคลื่นและความถี่ ยกเว้นข้อใด ?

ก. ความละเอียดปรับปรุงได้โดยปรับความถี่ของคลื่นเสียงให้สูงขึ้น

ข. ความละเอียดปรับปรุงได้โดยปรับความยาวคลื่นให้สูงขึ้น

ค. ความถี่ของคลื่นเสียงลดลงถูกดูดกลืนได้น้อยกว่าความถี่ของคลื่นเสียงสูงขึ้น

ง. ความถี่ของคลื่นเสียงสูงขึ้นทำให้บริเวณ Near Field ยาวขึ้น

8. ข้อใดกล่าวถูกต้อง ?

ก. การโฟกัสเป็นปัจจัยที่มีผลต่อ lateral resolution และ axial resolution

ข. ข. คลื่นอัลตราซาวด์ที่ใช้ในการสร้างภาพมีความกว้างของช่วงความถี่กว้าง (Frequency Bandwidth) ส่งผลต่อดี lateral resolution และ axial resolution ของภาพ

ค. การใช้อัตราการขยายคลื่นสูงทำให้ได้ภาพที่มี lateral resolution และ axial resolution ที่ดี

ง. การโฟกัสและระยะเวลาของพลัส (Pulse Duration) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อ lateral resolution และ axial resolution ตามลำดับ

9. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ซึ่งเป็นจริงเกี่ยวกับลำคลื่นอัลตราซาวด์ ยกเว้นข้อใด ?

ก. คลื่นอัลตราซาวด์มีความเข้มอย่างมากในบริเวณ Near Field

ข. ความกว้างกำหนดความละเอียดตามทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

ค. ความกว้างกำหนดความละเอียดทิศทางตั้งฉากการเคลื่อนที่ของคลื่น (Lateral Resolution)

ง. การโฟกัสเพิ่มขึ้นทำให้บริเวณ Far Field แผ่ออก

10. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความละเอียด (Resolution) ?

ก. ความละเอียดปรับปรุงด้วยการโฟกัส

ข. ความละเอียดดีขึ้นด้วยความถี่สูงหรือความยาวคลื่นต่ำ

ค. ความละเอียดดีขึ้นในบริเวณ Near Field

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ง. ถูกทุกข้อ

11. ข้อใดกล่าวผิด ?

ก. ผลึกเพียวโซอิเล็กตริกถูกกระตุ้นด้วยค่าความต่างศักย์ที่เท่ากันและพร้อมกันทุกชุดในการสแกนแบบ Linear array

ข. ผลึกเพียวโซอิเล็กตริกถูกกระตุ้นด้วยค่าความต่างศักย์ที่เท่ากันและพร้อมกันในแต่ละชุดในการสแกนแบบ Linear array

ค. ผลึกเพียวโซอิเล็กตริกถูกกระตุ้นด้วยค่าความต่างศักย์ที่เท่ากันและพร้อมกันในการสแกนแบบ Phase array

ง. ผลึกเพียวโซอิเล็กตริกถูกกระตุ้นด้วยค่าความต่างศักย์พร้อมกัน แต่ปล่อยคลื่นอัลตราซาวด์ไม่พร้อมกันในการสแกนแบบ Phase array

12. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการโฟกัสลำคลื่นเสียงความถี่สูง ?

ก. วิธีการโฟกัสลำคลื่นอัลตราซาวด์มี 2 วิธี คือ Transmit Focusing และ Recive Focusing

ข. วิธีการโฟกัสลำคลื่นอัลตราซาวด์มี 2 วิธี คือ Electronic Focusing และ Mechanic Focusing

ค. วิธีการโฟกัสลำคลื่นอัลตราซาวด์มี 2 วิธี คือ การโฟกัสสำหรับการสแกนแบบ Linear Array และ Phase Array

ง. ไม่สามารถโฟกัสลำคลื่นเสียงความถี่สูงได้

13. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ข้อใดเป็นจริง ?

ก. ลำคลื่นอัลตราซาวด์แคบปรับปรุงความละเอียดในแนว Lateral

ข. ความถี่สูงขึ้นทำให้ความละเอียดเพิ่มขึ้นและการสร้างภาพโครงสร้างได้ลึกขึ้น

ค. การโฟกัสปรับปรุงความละเอียดในบริเวณ Near Field แต่ทำให้ลำคลื่นบริเวณหลังจากนั้นกางออก

ง. ความกว้างของลำคลื่นสัมพันธ์กับความถี่ของคลื่นเสียง จ. ความละเอียดที่บริเวณ Near Field ดีที่สุด

14. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ซึ่งเป็นจริงเกี่ยวกับการแสดงผลการตรวจหัวใจด้วยเสียงสะท้อน ยกเว้นข้อใด ?

ก. การสร้างภาพโหมดเอใช้ยอดแหลมสัญญาณในแนวนอนไปตามแกนแนวตั้ง เพื่อแสดงลักษณะของเนื้อเยื่อและตำแหน่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราซาวด์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ข. การสร้างภาพโหมดเอ็มแสดงลักษณะการสร้างภาพตามทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราซาวด์ความละเอียดสูง และการแสดงการเคลื่อนไหวพิเศษของการเคลื่อนที่ของหัวใจ

ค. การสร้างภาพโหมดเอ็มไม่แสดงเพียงการเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราซาวด์ (แนวตั้ง) แต่ยังสัมพันธ์กับทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราซาวด์อีกด้วย

ง. การสร้างภาพ 2 มิติก่อให้เกิดอัตราเฟรม (Frame Rate) ลดลงมากกว่าการสร้างภาพโหมดเอ็ม

15. จงพิจารณาประโยคต่อไปนี้ ซึ่งเป็นจริงเกี่ยวกับระบบการตรวจด้วยคลื่นอัลตราซาวด์ ?

ก. คลื่นหนึ่งขบวนประกอบด้วยผลึกองค์ประกอบย่อยเพียงชิ้นเดียวในทรานสดิวซ์เซอร์ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่เชิงกลศาสตร์ข้ามไปยังบริเวณที่สนใจ

ข. การสแกน Linear Array ปล่อยลำคลื่นแคบจากผิวหน้าทรานสดิวซ์เซอร์เล็กๆ จึงทำให้สามารถส่งสัญญาณผ่านช่องเล็กๆ เพื่อการสร้างภาพได้

ค. การสแกน Phased Array กวาดลำคลื่นอัลตราซาวด์ได้นอกเหนือจากรูปแบบ Fan-shaped Sector

ง. ไม่ว่าการสแกน Phased Array หรือ Linear Array ก่อให้เกิด Subject to Side หรือ Grating Lobes

16. ข้อใดกล่าวผิด ?

ก. Gain เป็นอัตราการขยายความเข้มคลื่นอัลตราซาวด์

ข. Depth gain compensator เป็นอัตราการขยายความเข้มคลื่นอัลตราซาวด์ตามความลึก

ค. การปรับ Gain ทำให้ภาพอัลตราซาวด์สว่างเฉพาะตำแหน่ง

ง. การปรับ Depth gain compensator ทำให้ภาพอัลตราซาวด์สว่างเฉพาะตำแหน่งตามความลึกที่ปรับแต่งค่าดังกล่าว

17. ข้อใดกล่าวถูกต้อง หากต้องการภาพอัลตราซาวด์เป็นภาพสี ความละเอียดของภาพ 10x10 จุดภาพ เมื่อสัญญาณภาพมีความถี่ 15 MHz ?

ก. พิจารณาเลือก A/D Converter 24 bits และค่า Sampling Frequency 15 MHz

ข. พิจารณาเลือก A/D Converter 8 bits และค่า Sampling Frequency 150 MHz

ค. พิจารณาเลือก A/D Converter 24 bits และค่า Sampling Frequency 150 MHz

ง. พิจารณาเลือก A/D Converter 8 bits และค่า Sampling Frequency 15 MHz

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

18. ข้อใดกล่าวผิด ?

ก. ความละเอียดของภาพขึ้นอยู่กับ A/D Converter และ Sampling Frequency

ข. หน่วย Scan Converter ทำหน้าที่แปลงระบบพิกัดของรูปแบบการสแกนให้แสดงผลบนหน้าจอมอนิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

ค. ค่า Depth คือ ความสามารถในการเดินทางของคลื่นอัลตราซาวด์ได้ไกลที่สุด

ง. ค่า Dead Zone คือ ระยะที่เครื่องสร้างภาพด้วยอัลตราซาวด์ไม่สามารถแสดงภาพได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อ e- Learning

หัวข้อเรื่อง การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของท่านในแต่ละหัวข้อ มีความหมายดังนี้

5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง พึงพอใจมาก
3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง พึงพอใจน้อย
1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
<u>ด้านตัวอักษร</u>					
ชนิดของตัวอักษรชัดเจนอ่านง่าย					
ชนิดของตัวอักษรเหมาะสมกับเนื้อหา					

สีของตัวอักษรเหมาะสมกับสีพื้นหลัง					
ด้านภาพ ภาพเหมาะสมกับเนื้อหา ขนาดของภาพมีความเหมาะสม ภาพทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ภาพที่ใช้ให้รู้สึกเหมือนได้อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นจริง					
ด้านสี ความสวยงาม ความสบายตา ความแตกต่างของสีพื้นหน้าและหลัง					
ด้านสัญรูป และปุ่ม การสื่อความหมายมีความชัดเจน มีขนาดเหมาะสมกับบทเรียน ตำแหน่งการจัดวางมีความเหมาะสม					
ด้านเบราว์เซอร์ การแสดงผลภาษาไทย-อังกฤษไม่ผิด การเชื่อมโยงและโปรแกรมต่างๆ					
ด้านการเชื่อมโยง ความถูกต้องของการเชื่อมโยง การเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาที่สัมพันธ์กัน รูปแบบของการเชื่อมโยง ความเหมาะสมของจำนวนการเชื่อมโยง สามารถกลับมายังหน้าแรกของบทเรียนได้ตลอดเวลา					
ด้านการนำเสนอเนื้อหา ความถูกต้องและชัดเจน ครอบคลุมประเด็นสำคัญ การใช้ภาษาอ่านเข้าใจง่าย ปริมาณข้อความที่นำเสนอต่อหน้าจอ ความเหมาะสมของตำแหน่งในการเสนอเนื้อหา					

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ความคิดเห็นอื่นๆ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University