





医学影像分析

Medical Image Analysis

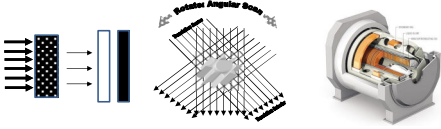
王宽全

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

第4章 超声成像模式和原理

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

回顾

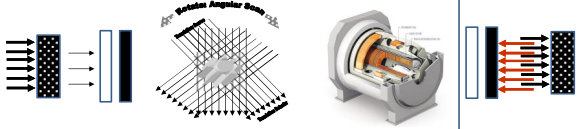


X光 CT MRI

透射 旋转透射 磁感应

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

回顾

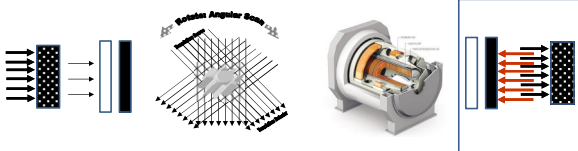


X光 CT MRI 超声

透射 旋转透射 磁感应 ?

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

回顾



X光 CT MRI 超声

透射 旋转透射 磁感应 反射

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 超声波
- 医学成像模式和机理
- 应用场景和案例

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 超声波
- 医学成像模式和机理
- 应用场景和案例

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

超声波

- 1. **超声波**
是一种机械波（纵波），其频率在20千赫兹以上。超过人类的听觉上限（20Hz~20KHz）。
- 2. **医学诊断用超声**
频率在3~15兆赫兹范围的超声。
- 3. **超声的特性**
 - ◆ 传导性：超声波可在气体、液体、固体等介质中传播；
 - ◆ 方向性：超声波可以朝一个方向传递很强的能量；
 - ◆ 超声波在传播过程中会产生反射、折射、散射、绕射、干涉等现象；
 - ◆ 超声波在液体介质中传播时，会在界面产生冲击（超声洁牙）和空化现象。

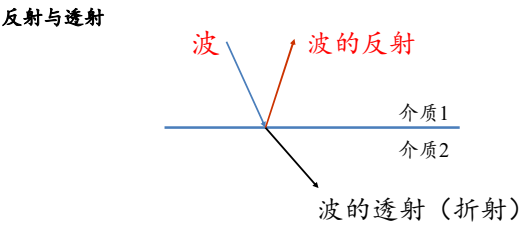
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

超声波成像的发展

- 超声波成像研究起源于二十世纪四十年代。
- 1942年奥地利的K.T.Dussik使用A型超声装置，用穿透法探测颅脑。
- 1952年，美国的D.H.Howry和Bliss开始使用B超检测人体。
- 1954年，瑞典人用M型超声检查心脏。
- 1956年，日本人首先将多普勒效应原理应用于超声诊断。
- 1959年，研制出脉冲多普勒超声。
- 1975年，美国的Greenleaf开始用计算机处理超声图像。
- 1983年，日本Aloka公司首先研制成功彩色血流图（CFM）。

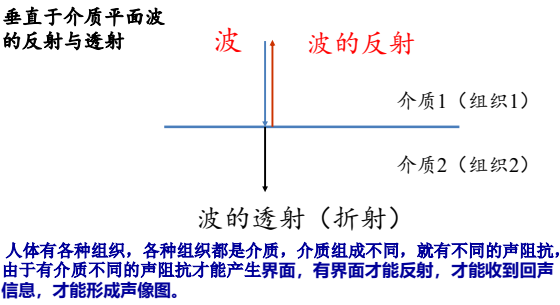
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

超声波属性



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

超声波属性



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

超声波属性

- 透射：可以穿透人体组织！
- 反射：可以接受反射信号，用于成像！

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 超声波
- 医学成像模式和机理
- 应用场景和案例

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

发射声波与接受反射波



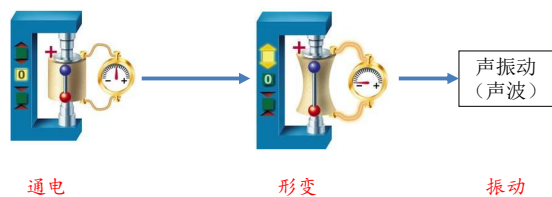
Single

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

超声波发射

逆压电效应：交替电压使压电材料厚度交替变化，产生声振动（电能→声能），**发射信号！**

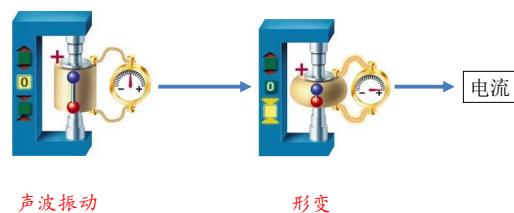


哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

超声波接受

压电效应：声波的作用下压电材料产生形变，两端电极交替变化。（声能→电能），**接受信号！**

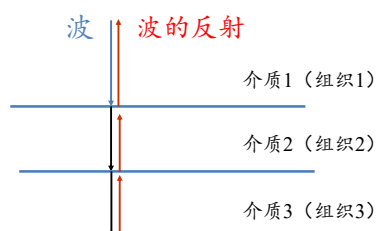


哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

反射条件

从两个组织结构之间的**边界**部分反射，然后部分透射。
人体不同的器官、组织被作为**不同介质**！



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

如何利用这些反射信号成像？

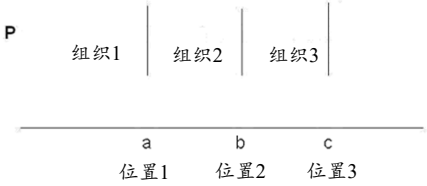
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

成像机理

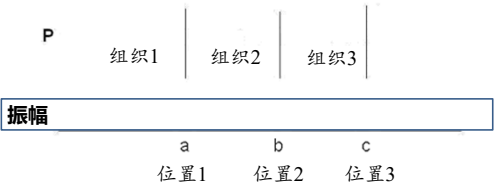
组织空间位置 → 像素位置
组织信号强度 → 像素值

空间位置探测



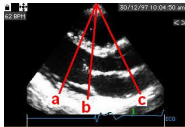
时间：发射和接收脉冲之间的时间间隔，是指声音在组织中以声音速度c传播到界面并返回所花费的时间。计算散射体的深度（相对位置）。

信号强度探测

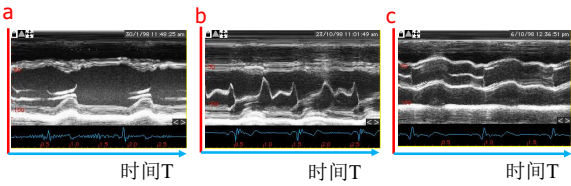


幅度：不同结构反射不同量的反射能量，反射能量可由振幅给出。因此根据得到的幅度可以区分不同的结构。

M型超声

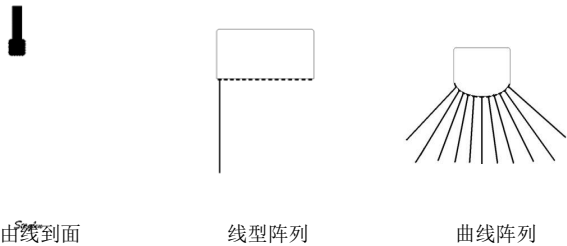


一维信号随着时间的展开（平铺）



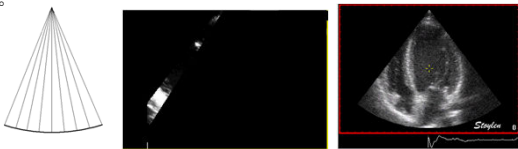
B型超声

- B模式可以反映二维信息，一维信号在空间上的展开（平铺）



B型超声

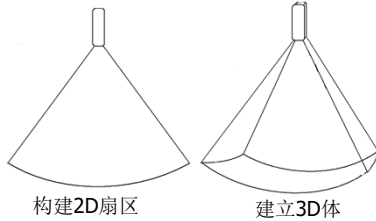
- B模式可以反映二维信息。
- 发出脉冲，反射超声波，并根据反射信号建立B模式线。



通过使超声波束扫过一个扇区。当发出脉冲时，换能器必须等待返回的回波，然后才能发出新的脉冲。光束的一次完整扫描将建立一幅完整的图像，即一帧。如今技术以约每秒50帧（FPS）的速度建立具有足够深度和分辨率的图像。所以我们能够看到较为连贯的图像。

3D超声

- 3D超声波可以反映三维信息。
- 由面到体。



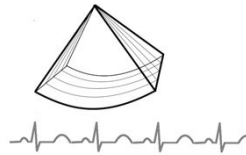
要想实时响应，意味着3D超声必须大幅度降低帧密度，因此分辨率往往较差。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

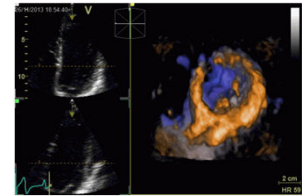
HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

3D超声心动图

- 可以考虑**拼接**技术来补偿。
- 牺牲实时性换分辨率。
- 每次只形成整体的一部分，最后再将部分拼接成整体。



每次只采集一个心跳的信息，最后将四个心跳的信息拼接起来。（**心电图门控**）



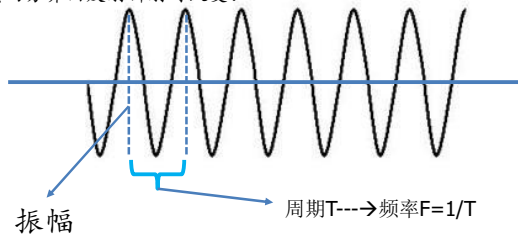
经过渲染的3D超声示意图

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

回顾波属性

在没有相对运动情况下，频率不会改变，而振幅会随着不同介质的分界面反射折射时改变！



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

频率信息如何利用？
是否可以利用频率得到相比CT和MRI更加丰富的信息？

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

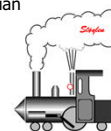
可以，我们可以利用多普勒效应
探测血流的方向和速度！
这个是CT和MRI无法做到的！

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

多普勒效应

奥地利物理学家及数学家克里斯琴·约翰·多普勒 (Christian Johann Doppler)
1842年



火车的汽笛声，当火车驶向观察者时音调（频率）较高，而随着火车离开而降低。

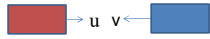
接收体向前运动而多收到（距离/波长）个振动，即收到的**频率增加了**；相反，声源和接收体做背离运动时，接收体收到的**频率减少**。



哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT • Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

多普勒效应—检测血流速度



$$f = \frac{c \pm v}{c \mp u} f_0$$

其中， f 为观察到的频率， f_0 为原始发射频率， c 为波在介质中的传播速度， v 为接收方移动速度， u 为发出方移动速度。

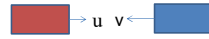
血流速度

只有一个未知量，可以很容易计算出来

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

多普勒效应—检测血流方向



$$f = \frac{c \pm v}{c \mp u} f_0$$

f 为观察到的频率， f_0 为原始发射频率

$$\text{频差 } f_d = f - f_0$$

$f_d > 0$ 相对运动

$f_d < 0$ 反向运动

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

目录

- 超声波
- 医学成像模式和机理
- 应用场景和案例

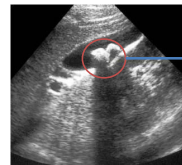
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

胆结石或者钙化

如果两种材料中的声速相差很大，则反射能量 \approx 总入射量，几乎不会有能量传递到深层材料中。这发生在软组织和骨骼之间的结合区域，以及软组织和空气之间的结合区域，这意味着可以将最深的材料视为阴影。

这一现象可以用来诊断结石和钙化



胆结石

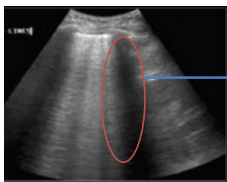
哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

气体伪影

如果两种材料中的声速相差很大，则反射能量 \approx 总入射量，几乎不会有能量传递到深层材料中。这发生在软组织和骨骼（钙化）之间的结合区域，以及软组织和空气之间的结合区域，这意味着可以将最深的材料视为阴影。

这一现象也会带来伪影（气体伪影）

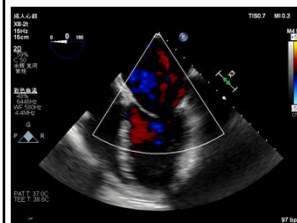


气体伪影

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

多普勒成像效果

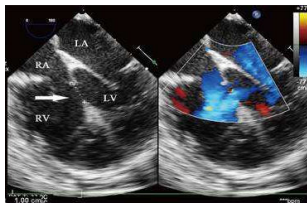


反流现象：
根据血液流动方向，
判断心室血液是否流入心房，
判断瓣膜疾病。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组

HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

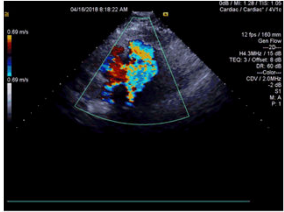
多普勒成像效果



对流现象：
根据血液流动方向，
双心室血液对流，
室间隔缺损。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

多普勒成像效果



对流现象：
根据血液流动方向，
双心房血液对流，
房间隔缺损。

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine

成像部分结束！

医学图像分析是接下来的主要内容！

哈尔滨工业大学·感知计算研究中心·计算医学课题组
HIT •Computational Perception Center • Research Group of Computing Medicine