

「科普」从海浪轻松理解手机通讯的基本原理

大象韩 2020-04-02 16:06:31

疫情肆虐，偶尔在海边散步给家人打电话，看着远处一艘快艇驶过，海浪一波一波的涌来，拍打着岸边，发出哗哗的响声。

海浪似乎是从远处奔涌而来。不过仔细想想不对：港湾水流动很慢，远处的水跑过来很不容易，那些拍打岸边的，大都是靠近岸边的水。

就像球场观众席上的人浪从第一排传递到最后一排，但每一排其实都还在原地。“波浪”更多的是传递能量和信息，可以不传递物质。



图 1. 海浪带着能量和信息而来

除了这个现象外，还有几个其他现象也很有趣：

- 如果多艘船经过，产生的波浪会交叉碰撞，但交会过后还会继续按各自的波形前进，互相不影响。很多“过船事件”交叉在一起，浪花变得无规则，但仔细深究，每一朵浪花都在自己的位置记录了海面发生的“故事”。
- 船只越大速度越快，激起的波浪幅度也越大，传播的距离越远。有时传到岸边波形已经很弱，但是放大观察，它们还都在杂波中保持原来的波形，直到最后被“淹没”观察不到。

- 船体大小对波浪敏感程度不同，小船对大浪敏感，大船对小浪不敏感。假设岸边安装一个“波纹检测器”，根据波纹反推回去，就应该能知道远处船只大小、速度、方向、距离等信息，环境越安静越容易接收。

如果了解这些，其实就已经理解了无线通讯的基本概念。这些看似简单的自然现象中，已经包含了很多的科学原理：比如无线传输、叠加与干涉、功率放大与衰减、信号噪声比、天线灵敏度等等。

手机是现代科技的杰出代表，下面我们通过海浪来比拟，试图让更多人轻松理解现代科技的简单概念。毕竟每天都在用，了解更多心里会踏实些。

一、无线传输

电磁场跟水波类似，但它的速度等于光速。电子类似水分子，它们虽然也可以快速运动，但是做定向运动的速度很慢。就像水流比水波更难快速从远处跑过来一样，帮我们传递信息的，其实都是我们周围的那些电子。

比如我们从中国给美国打电话，电子无需从中国跑过去，只需要电场到了，那些电子就会随着电磁波的节拍运动，从而传递信息。

我们所处的空间，其实到处都充满了各种各样的电磁波，只是我们看不见它们。它们看似杂乱无章，但是我们却能从中接收分离得到各种有用信息，从而实现信息在全球无线传输，瞬间即通。

这里不是空无一物

这里每一寸空间中都充满着电磁波

但是我们看不见它

图 2. 无处不在密密麻麻的电磁波

二、天线

手机靠天线接收信号，天线内的电子随着外来的电磁波节拍起舞，表现出它的波形信息。不同的天线对不同频率的电磁波敏感程度不一样。频率越高，波长越小。现代手机工作频率更高了，所以天线也比过去的大哥大线更小巧。下图形象展示了跟波长尺寸相当的物体更敏感，也就是它可以更准确的传递波动的信息。

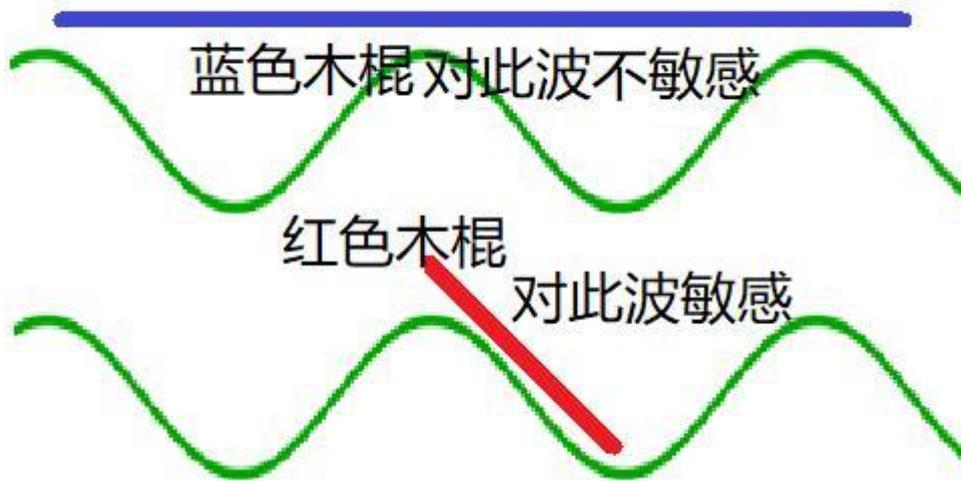


图 3. 不同尺寸对波的敏感不同

三、杂波与滤波

如同海水由船只，鱼，海风，岸等各种因素形成不规则的浪花一样，空气中电磁波远比海面的浪花复杂。移动基站、手机、WIFI、GPS 卫星等等都在发射电磁波，都在影响电子的行为。这就需要一个“滤波器”来过滤其他波形，选择出我们需要观察的波形，才能得到我们想要的信息。

需要说明的是，所谓的“杂波”相对的。比如对收音机的而言，手机和电视信号都是杂波，因为收音机无法解调这些信号。

为了不互相干扰，国际组织还规定了各种设备所使用的频段。比如收音机、电视机、手机使用的频段都不相同。滤波器可以让需要的波形通过，而阻止其他波形，这样电信号更容易识别和处理。

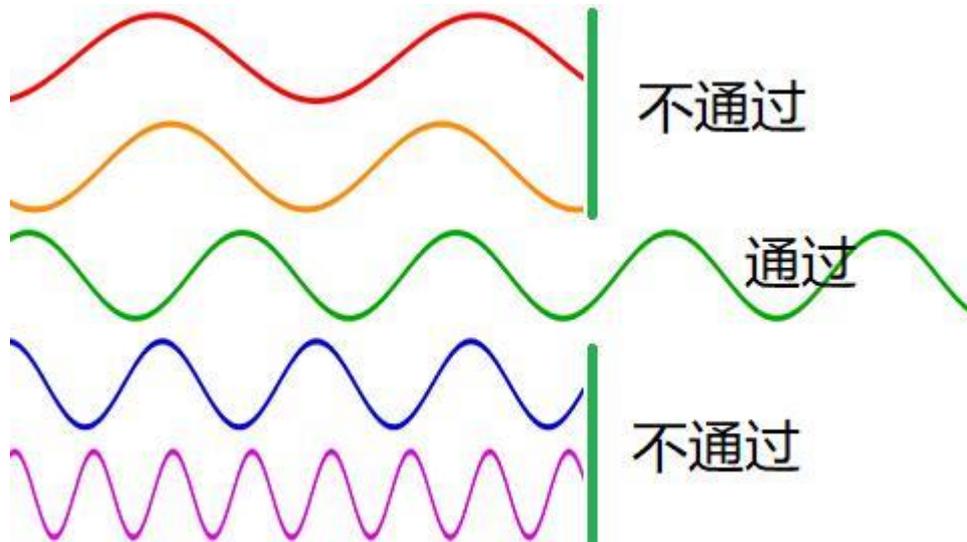


图 4. 滤波示意图

四、放大衰减与信号噪声比

大船掀起的浪花大传播的远，小船掀起的浪花小，会被“噪声”淹没。要在空气中传播电磁波，需要进行功率放大后发射出去。即便如此，远处的接收端的信号还是很微弱，因此需要低噪声放大器。发射靠的是大功率，接收靠的是高灵敏度。另外还要靠各种基站卫星中继，目的只有一个：就是让有用的信号更清晰传播更容易。

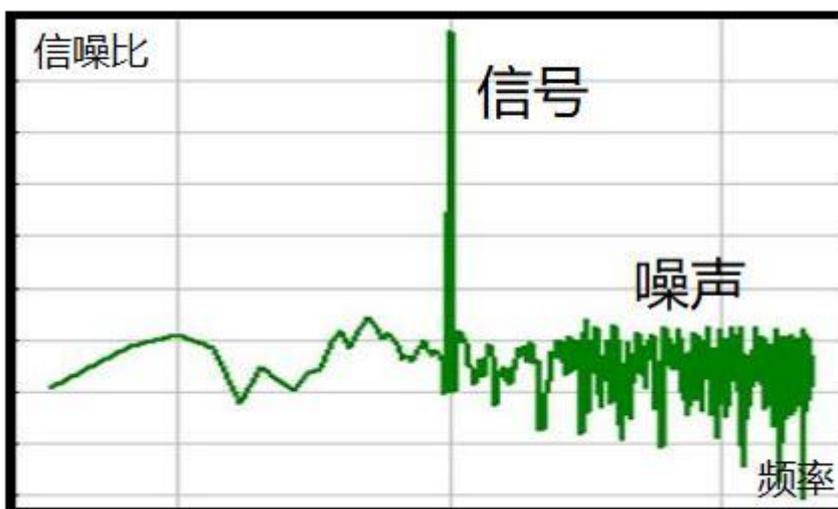


图 5. 信号与噪声

手机发射接收信息的主要模块下面几个，我们已经理解了一大半：

1. 天线(Antenna): 接收电磁波或将电磁波发射出去。
2. 滤波器(Filter): 滤出需要的波，保障信号在不同频率互不干扰传输。
3. 功率放大器(PA): 负责发射通道的射频信号放大；
4. 低噪声放大器(LNA): 负责接收通道中的小信号放大；
5. 开关(Switch): 负责接收、发射通道之间的切换；
6. 双工器(Duplexer): 负责发射接收双工切换。

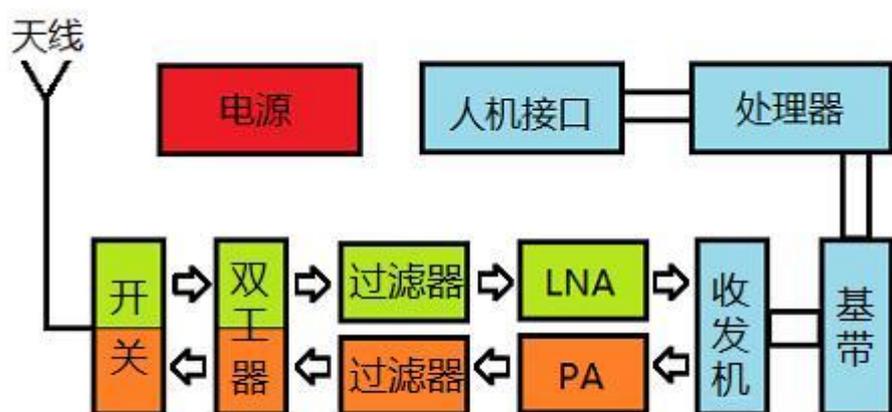


图 6. 手机主要工作模块

至于其他的模块，比如电源提供电力，人机接口提供屏幕显示键盘输入耳机音箱等，基带和处理器都是处理数字信号，比较容易理解。

手机就像海岸边的“波纹检测器”一样，通过天线检测到一系列电磁波，然后滤波、放大，再根据规则（协议）把它还原出来，于是我们就看到了远处的信息图像，听见

了远处的声音。我们的信息以相反的形式，通过天线发射出去，别人也听见看见了
我们，就是这么简单而神奇。

(大象 20200331)