

信号调制——基带调制和射频调制



我们常说的信号调制 (Modulation)，其实在不同的语境 (Context) 下有着不同的意思。不过不只是初入行的员工，一些老鸟有时也常常会搞混淆。

简单来说，在移动通讯里常常有两个地方涉及到调制，但是意义完全不同。我们以发射机为例加以解释（接收机大体上是相反的过程，通常称为解调）。

第一个调制，俗称为基带调制—因为是发生在数字域上的。

在信号被调制之前，典型会经过如下变换：原始的语音或者 packet data → 数字化 & 信源编码（只对语音而言，IP data 则可以省却）→ 信道编码（比如 L2/L3 加保护，封包，交织等等），这时候就 ready for 基带调制。

信号调制的目的，是把需要传输的原始信息在时域、频域，或者码域上进行处理，以达到用尽量小的带宽传输尽量多的信息。很眼熟是吧：没错，这就是香浓定律专注的地方，也是无数算法工程师，DSP 工程师忙碌的地方。

Note: GMSK/QPSK/8PSK/16QAM/64QAM 分别表示了不同的调制方法，就是想方设法把原始的信息“简化编码”，以达到用最少的 symbol 来代表原来的 2^N 个 bit 的目的，接下来被传输的是 Symbol 而不是 bit。

GMSK: 1 symbol=1bit => QPSK: 1 symbol=2bit ... => 64QAM: 1 symbol=6bit

对于 CDMA，还会多一道“扩频”，得到的多个 Chip（chip 的个数 = 扩频码的长度）来代表 1 个 Symbol。

完成了这些信号映射，从硬件电路实现上来说，基带调制最终输出 IQ 信号，可以简单的获得：

$$I_b = A_b(t) \sin(\omega_b t); \quad Q_b = A_b(t) \cos(\omega_b t)$$

$A_b(t)$ = 基带信号的幅度； $\omega_b t$ = 基带信号的相位。两者均是时间的函数。

第二个调制，是常说的“射频调制”。也有称为 IQ 调制的，这名字源于调制的方法。常常有人把这里的 IQ 调制和前面的基带 IQ 信号以及后续要用到的本振 IQ 信号搞混。

从射频角度来说，这个也可以叫做频谱搬移，其目的是把基带调制的信号搬移到射频频率上，这样信号才能够以无线的方式发射出去。

这里基带信号通常为“零频信号”，即载波为 DC，频宽为信号带宽的调制信号；

射频调制可以用纯粹的三角函数来演示： $\cos a * \cos b - \sin a * \sin b$