

## "通信原理" — 思政作业1

古语云：“鱼和熊掌不可兼得”。从工程实践到人生百态，从系统设计到世事炎凉，总是充满了各种各样的折中与权衡。没有完美的设计方法，也没有完美的解决方案。在工程系统当中，我们总是需要在尽可能满足特定需求的前提下，在质量和成本之中做出选择，其中不乏成本与效益间的取舍，时间与空间上的权衡，效率与质量间的考量。资源总是有限的，但我们的智慧是无止境的，如何在各种性能指标与约束条件之间进行取舍，用更小的代价获得更好的输出，激励着我们不断思考和前进。

以模拟通信系统为例，其性能指标主要包括精确度，而约束条件则包括带宽效率、功率效率、硬件实现复杂度等。为了提高系统的信噪比，输出信号常常占据很大的带宽，导致系统的带宽效率降低，如FM调制；类似的，为了降低硬件实现的复杂度，可能需要修改信号的调制方式，加入直流信号，但同时也会降低输出信号的信噪比和系统的功率效率，如AM-DSB-C调制。因此，性能指标与约束条件在模拟通信系统中的折中关系无处不在。尽管如此，在学习各种调制解调方案的过程中，我们也看到了前人为提高系统能力而做出的不懈努力和探索。从AM-DSB-SC调制开始，尽管其在数学表达上较为简单，但其实际解调时所需要的锁相环的实现、固定的50%带宽效率和相对较低的准确度让其显得不是那么尽如人意。为了降低硬件实现的复杂度，AM-DSB-C在调制时加入了直流分量，使用包络检测器进行解调，有效减小了硬件要求，但直流分量的存在也导致了输出信噪比和功率效率的下降，不失为一种折中关系。在另一方面，为了提高带宽效率，AM-SSB在双边调制的基础上滤掉了信号的上边带或下边带，但对滤波器和解调器等硬件提出了较高的要求；AM-VSB允许滤波器保留下(上)边带的一部分频谱，虽然在一定程度上放宽了滤波器，但系统的带宽效率也还是与系统的滤波器性能成正比——硬件

复杂度越高,带宽效率越高。最后,为了解决AM调制输出信噪比不高的问题,FM调制使用带宽换取准确度,虽然带宽效率只能保持在50%以下,但输出信噪比却可以大幅增长,解调时的硬件复杂度也有一定程度的改善。可以看到,调制解调方案的各种优化和改进其实就是性能指标与约束条件之间的博弈,一个方面的提高总是会伴随有一个甚至多个条件的限制,需要我们根据实际需要不断权衡与取舍。

在我看来,折中关系的存在一部分源自于资源的有效限和匮乏,另一部分源自于技术上的壁垒。以FM为例,若带宽资源无限,我们将不会吝啬牺牲带宽效率来获得更多的输出信噪比;同理,若滤波器可以简单、方便地实现理想化的陡峭边缘,我们将不会使用VSB调制,以带宽效率为代价降低硬件实现复杂度。尽管每种折中关系都有其具体的背景,但其都是为了在某些方面获得更高的性能,它们在数学上的本质都是一样的——我们可以量化各种性能指标和约束条件,严格地将其限制关系描述为函数。如在FM中,带宽效率 $\gamma = \frac{B_s}{2(1+\beta)B_s}$ ,则 $\beta = \frac{1}{2\gamma} - 1$ ,有输出信噪比 $SNR \sim \beta^2 = (\frac{1}{2\gamma} - 1)^2$ 。通过此类约束函数,我们可以了解性能指标与约束条件之间的相对变化关系,在求取函数极值的过程中不断逼近最优折中关系。对于工程实践中比较复杂的制约情况,若约束函数为凸函数,我们可以利用凸优化的相关理论来求解或者借助数值方法、神经网络等工具获得最优值。当然,在条件允许的情况下,我们也可以在初始方案的基础上针对问题不断优化,直到满足系统要求。

俗话说,“有得必有失”。不论何时何地,权衡与折中总是一个不变的话题。但我们知道,更优的决策来自于更加自由的选择。虽然受限于资源和技术,我常常不得不面临取舍,但只有不断去了解、去创新、去开拓,我们才能有更多的方向和资本做出选择,才有可能打破这种窘境,找到更好的出路。“未来已来,将至已至”,我们必须夯实基础知识、扎实专业根基,才能够培养自己的核心素养,为领域的发展和难题的化解,贡献出自己的一份力量。