## 基础研究关键科学问题凝练

通信感知一体化技术的最终目标就是在无线网络中实现通信功能和感知功能的融合，并实现二者的性能提升和相互的性能折衷。一个重要的问题是揭示通信和感知的内在联系和折衷，描述并实现通信感知一体化系统的性能边界。当前对于几种具体的问题模型，有部分关于通信感知一体化系统性能边界的结论，但是对于更为通用的问题模型仍无法给出理论框架。寻找普适通用的理论框架，描述并实现通信感知一体化系统的性能边界，可以为未来通信感知融合网络的研究提供方向指引和理论指导。此外，与雷达感知系统通常追求性能的最大化，注重分辨率和精度等业务性能不同，通信系统除了追求业务性能以外，还要更为关注能量效率，致力于在有限的资源条件下实现优越且高效的性能。随着通信感知一体化的发展，在资源受限的条件下实现通信和感知的高能效融合，是推动未来通信感知一体化网络大规模部署和落地的重要前提，同时也为通信感知融合网络传输理论和方法研究带来了新的挑战。因此，在资源受限场景下，深入分析通信和感知的内在折衷与联系，描述和刻画通信感知融合系统的性能边界，并寻找高能效传输理论与方法，实现通信和感知的最优融合，具有十分重要的意义。

**重点部署任务和方向**

**（1）资源受限约束下通信感知最优性能边界的普适刻画与实现**

从系统设计的角度来看，通信和感知既相互联系，又有所不同。一方面，通信和感知都占用相似的频谱和硬件资源，都需要较高的实时性和较强的抗干扰能力，信号处理上也具有相似性。这些相似之处使得通信和感知的融合成为可能，也为未来6G网络开创了新的应用场景。另一方面，二者在实现目标和性能指标上又有明显不同。移动通信的目标是在一定的资源约束下，实现可靠、快速、和高效的无线信息传输，其关键的性能指标除了时延、和可靠性等业务指标外，还包括频谱效率、和能量效率等效率指标。而雷达感知的目标则是探测、定位、跟踪和识别环境中的目标，获取目标的位置、速度和类型等感知信息，其更为关注分辨率、检测和虚警概率、和抗干扰能力等业务性能指标，对能量效率等效率指标的关注程度较低。这些不同之处使得通信和感知的融合不是简单的线性叠加，而是通信和感知之间相互的耦合、制约、和权衡。尤其是在资源受限条件下，通信感知融合网络中感知功能的实现可能会拖累整个系统的能量效率，使其难以达到系统设计要求，同时也会加大性能边界分析的难度。此外，通信感知融合网络的系统需求通常具有高动态、多变化的特点，与之相对应的系统性能指标也会不断变化，传统的性能边界分析方法无法覆盖到所有应用场景和系统需求，进而难以满足实际系统的需要。因此，在资源受限约束中，刻画和实现通信感知融合网络的最优性能边界，尤其是寻找具有普适特性的理论框架是一个十分重要的研究方向。

**（2）面向非理想硬件通信感知一体化场景的新型高能效调制技术**

调制是将信息转换为适合信道传输的信号的过程，是无线通信系统和雷达感知系统的一项关键技术。雷达和通信虽然都使用调制技术，但由于功能需求和信道特性的不同，它们在调制方式的设计目标和方法上有很大的不同。对于通信而言，调制设计侧重于在有限带宽和功率条件下尽可能的传输更多数据，同时保持可靠性，常见的调试方式有正交调幅、相移键控、和频移键控等。而对于感知而言，调制设计侧重于信号的时间分辨率和频率分辨率，以提高探测精度和抗干扰能力，多采用线性调频连续波、脉冲压缩、和伪随机编码等调制方式。寻找新的调制方式，融合通信和感知的需求，以同时满足信息传输和目标探测的双重任务是通信感知一体化研究的重要方向。此外，通信和感知对非理想功率放大器的性能要求也不同。经过调制之后的通信信号通常不具备恒包络特性，这就要求功率放大器拥有较大的动态工作范围，以防止非线性失真的出现。而雷达系统则不同，雷达信号通常是恒包络的，为了尽可能提高功率效率，功率放大器通常工作在非线性区间的饱和功率而对动态范围的要求较小。通信感知融合信号通常不具备恒包络特性，并且为了保证通信感知融合系统的高能效，功率放大器还需要工作在非线性区间，这又会进一步引入非线性失真。为了克服这些挑战，必须突破现有调制技术的理论框架，寻找新的自由度，设计一种全新的面向非理想硬件通信感知一体化场景的高能效调制技术，以同时满足通信和感知的需求并克服非理想功率放大器的非线性失真问题。