

附件 3

“多模态网络与通信”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“多模态网络与通信”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：开展多模态网络核心芯片、设备、关键技术和创新环境构建的研究，初步构建全维可定义的多模态融合网络架构、协议体系、安全体系和服务体系，使我国成为支持演进和创新的新型网络技术的主导者；巩固我国在移动通信领域的领先优势，重点开展 5G 演进及 6G 技术的前期研究，开展天地一体化技术的先导研究，使我国成为 6G 技术、系统和标准的全球引领者，并使我国高频段通信系统核心模块和芯片达到国际先进水平；充分发挥我国在光通信系统产品上的领先优势，带动光通信核心模块和芯片逐步取得竞争优势；并与微电子、光电子、新材料等方面交叉融合，借助本领域已有的产业优势，在前沿技术上率先取得突破。

2021 年度指南部署围绕多模态网络、新一代无线通信、超宽带光通信 3 个技术方向，按照基础研究、共性技术两个层面，拟启动 10 项任务，拟安排国拨经费 2.64 亿元。共性技术类项目配

套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。除特殊说明外，每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家；共性技术类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 多模态网络

1.1 多模态网络的软件定义互连交换芯片关键技术与验证（共性技术类）

研究内容：面向多模态网络网元设备研制需求，以软件定义硬件为基础，开展多模态网络交换芯片架构、模态隔离转发技术、状态可编程技术、模态加载和编译技术等研究，突破软件定义数据链路层协议、软件定义报文解析、多模态混合可编程交换和软件定义 QoS、高负载下模态弹性无扰隔离技术、大规模状态表下的线速转发等关键技术难点，形成多模态高效芯片处理架构，完

成支撑多模态网络的软件定义互连交换处理器原理验证。

考核指标：提出高效多模态网络互连交换处理器架构和系列芯片设计方案与制造方案,具有存算一体异构集成结构,支持状态可编程,支持多模态加载、编译及运行,实现大规模状态表下的高性能转发,支持模态间的弹性隔离。端口传输速率 100Gb/s,支持不同模态下的有状态寻址或无状态寻址,流表项状态表大于 10k,支持两种以上软件定义数据链路层协议。完成设计方案 1 份、完成关键技术 in FPGA 上验证、形成关键技术验证报告 1 份,专利 15 篇。

1.2 工业互联网络模态关键技术研究及验证（共性技术类，拟支持 2 项）

研究内容：针对工业互联网人机物全面互联的发展趋势，以及港口、能源、交通、制造等工业应用特征，开展基于多模态网络的工业互联网络模态总体架构、网络控制管理技术、基于工业标识的寻址路由、异构工业网络融合和复合业务灵活编排技术、内网能力融合部署、云网边缘融合模型下的算力度量和工业智能技术、面向重点行业的模态生成和应用适配技术等研究，突破工业互联网共性能力生成、确定性转发、内生安全体系构建、快速高效的静态/动态流量调度、超低时延传输、边缘网络组网、大连接高效分发等技术难点，开展工业互联网络模态相关关键技术原理和原型系统验证，形成重点行业多模态网络解决方案。

考核指标：完成基于多模态网络的工业互联网络模态总体架

构的方案设计，构建基于多模态网络的工业网络和算力融合互联互通技术体系，建立基于多模态网络的工业网络模态能力评估体系与评估工具；完成多模态网络架构下，具有时延敏感特性的工业网络控制系统验证，支持不少于 3 个厂家的设备互联互通，流量调度延时时间达到<10 微秒级；端到端抖动不大于 20 微秒；完成工业互联网模态的内生安全方案，实现新设备基于可信身份的入网认证，具备主动 DoS 攻击防御、精细化访问控制的能力；完成异构硬件算力和用户算力需求可度量的算力服务系统、时延敏感网络边缘网关系统的方案验证，支持不少于 5 种工业网络模态；形成不少于 3 个行业的多模态网络解决方案，开展不少于 5 种典型应用验证；申请专利或者软件著作权 15 项以上，提交国际或国内标准草案 5 项以上。

1.3 多模态边缘网络芯片与设备关键技术研究及验证（共性技术类）

研究内容：围绕协议体制异构、安全等级不同、接入速率多样和服务需求差异等多模态边缘网络特性，开展多模态边缘网络协议体系、异构协议适配与融合，多模态用户安全准入与流量隔离，多模态报文确定性性能保证等技术的研究，突破异构协议高效适配与一体化融合技术、动态用户身份认证与安全加固技术、有限资源实时优化调度与确定性保证技术，完成多模态边缘网络芯片的创新性方案设计和多模态边缘网络设备关键技术的验证。

考核指标：提出多模态边缘网络协议体系，支持各种边缘网

络模态的平滑接入；设计轻量化的异构协议适配与融合机制，支持多模态边缘网络无损互联互通；设计多模态边缘网络内生安全机制，支持多模态用户安全准入与流量隔离；设计确定性资源调度算法，支持多模态报文确定性性能保证；完成边缘设备芯片的方案设计和高性能多模态网络边缘设备关键技术的验证，单端口速率不低于 40Gb/s,吞吐量不低于 2.56Tb/s，支持网络有状态数据平面可编程，具有存算异构集成结构。形成多模态边缘网络芯片和设备技术方案，提交方案设计报告一份，完成关键技术 in FPGA 上验证，完成技术验证报告一份，申请专利 10 项。

2. 新一代无线通信

2.1 6G 通信—感知—计算融合网络架构及关键技术(共性技术类)

研究内容：海量数据驱动 6G 网络向智能化演进，算力需求飞速增长。依赖于环境信息感知和超强算力的自动驾驶等无人化业务、沉浸式体验业务孕育催生，通信节点的内生智能感知能力亟待提升。亟需研究 6G 通—感—算融合网络架构，构建智能、分布式算力、通感的融合；研究智能通—感—算一体化的融合技术、多维信息感知与数据处理机制、干扰管理技术；研究 6G 通—感—算融合的资源管理；研究实时/智能/绿色的算力网络技术，为 6G 通—感—算融合网络架构提供算力支撑；研制通—感—算一体化试验系统。

考核指标：形成一套 6G 通—感—算深度融合的网络架构方

案，同时具备 AI 计算和无线计算两种能力，显著降低 6G 网络的部署成本、能耗水平，提升系统容量、速率和可靠性，降低时延。与通一感一算非融合的系统相比，通信容量、能效和可靠性的性能指标提升 50%，时延降低 50%，感知精度达到厘米级。构建软件仿真与试验验证平台，对 6G 通信—感知—计算融合网络架构及关键技术开展性能评估。申请发明专利不少于 20 项，其中国际专利不少于 5 项；提交国际国内标准技术提案 10 篇。

2.2 6G 超低时延超高可靠大规模无线传输技术（共性技术类）

研究内容：工业物联网、自动驾驶等垂直行业应用对 6G 网络提出了超低时延超高可靠及信息时效性的需求，低时延和高可靠成为 6G 支撑智能物联的基础性指标。开展 6G 超低时延超高可靠大规模无线传输理论研究，建立面向低时延高可靠通信的信道容量表征；研究海量终端低时延高可靠通信的跨域协同及适配技术；研究时频空码波及计算缓存多域资源的协同和调度技术；研究海量终端低时延高可靠通信接入与多连接技术；研究 6G 超低时延超高可靠无线空口技术，实现无线传输环境、业务模型和用户特征等多维特性的深度适配。

考核指标：建立超低时延超高可靠大规模无线传输技术体系，提出跨域协同及适配、低时延高可靠接入及多连接技术。传输时延和可靠性相比于 5G URLLC（3GPP R15）的性能指标提升 1 个数量级以上。构建软件仿真与试验验证平台，对 6G 超低时延超高可靠大规模无线传输技术开展性能评估。申请发明专利不少

于 20 项，其中国际专利不少于 5 项；提交国际国内标准技术提案 10 篇。

2.3 Q/V 频段宽带星载相控阵多波束天线技术(共性技术类)

研究内容:面向低轨道卫星互联网星座业务向更高的通信频段延伸发展的需求，研究突破宽带 Q/V 频段星载相控阵多波束天线总体设计、超密集收发组件与多波束形成网络集成、空时频多维抗干扰、波束灵活赋型以及机电热一体轻量化设计等关键技术，研制 Q/V 频段天线原理样机，申请国家发明专利不少于 1 项。

考核指标:(1)频段:发射 37.5~42.5GHz,接收 47.2~50.2GHz、50.4~52.4GHz;(2)波束数量:发射不小于 8 个,接收不小于 8 个;(3)极化方式:圆极化;(4)最大单波束带宽:不小于 1GHz;(5)支持跳波束扫描应用模式,扫描范围大于等于 $\pm 45^\circ$ 圆锥区域;(6)支持波束赋形,支持功率在波束间的灵活分配;(7)支持功率向特定波束集中,单波束最大可达 EIRP:不低于 58dBW;(8)单波束最大 G/T:不低于 13dB/K;(9)样机重量不大于 35kg。

2.4 天地一体多场景、宽窄带融合接入技术(共性技术类)

研究内容:面向未来天地融合多频段、宽窄带一体、大容量和安全接入需求,开展多频段天地一体接入新型波形设计、基于业务与环境感知的大连接低时延接入管控和按需服务技术、面向跳波束捷变覆盖的波形优化设计及空间分集传输技术、面向天基物联网的大容量、低复杂度非正交多址接入技术、天基物联网空中信号重构及低复杂度检测方法、星地非理想链路条件下的物理

层安全接入技术研究以及基于多业务子带滤波的资源切片方法，研制原理样机，完成演示验证。

考核指标：波形支持 L/S、Ku、Ka 和 Q/V 多频段的天地一体化接入；波形设计支持相控阵跳波束服务模式，波束切换时间不大于 100 μ s；在相同 SINR 下，新波形设计较 OFDM 的频谱效率提升 10%，相同频谱效率下峰均比较 OFDM 降低至少 3dB；物联网信道超载率不小于 200%，单波束支持用户数不小于 10 万（1.5MHz 带宽）；物理层传输和安全一体化设计，非合作用户误码率可达 50%；支持至少 2 种场景不同波形的切片处理。

2.5 天地融合智能组网技术（基础研究类）

研究内容：面向天地融合的组网互联与信息传输需求，结合卫星网络动态拓扑、异构链路等条件，探索网络的自主管控与调度机理，研究网络结构与功能的弹性自适应技术、星地网元自适应动态协作部署技术、多尺度网络切片及智能适配技术、天地一体混合业务感知和智能接入控制技术、天地一体多维网络资源智能感知技术以及时敏确定性路由转发技术，构建地面原型系统，完成演示验证，申请国家发明专利不少于 2 项。

考核指标：（1）支持面向异构业务和网络协议的智能服务部署、迁移、升级及扩容等能力，支持不少于三种组网协议的动态加载；（2）适应不同业务需求与节点处理能力，支持网络功能柔性分割与网元动态协作部署；（3）支持至少 5 类业务的智能感知、识别和自动化网络配置，识别准确性不低于 95%；（4）实现时空

大尺度下的细粒度网络资源利用态势的感知，资源类型不少于 6 种，时间精度可达毫秒级；（5）支持多要素的灵活切片，可同时运行至少 5 类切片策略；（6）实现时延可预测的大尺度空间路由机制，时延预测误差不超过 10%。

3. 超宽带光通信

3.1 高速长距光纤传输系统软件设计平台（基础研究类）

研究内容：面向高速长距离单模光纤传输系统的应用需求，聚焦灵活性、可靠性、可演进性，基于计算机编程语言，研究开发具有自主知识产权的高速长距光纤通信系统仿真软件平台，服务于下一代高速长距光纤通信系统设计开发和系统应用，填补国内空白。基础仿真性能对标业界现有商用软件，实现光电器件建模、光纤信道建模和经典收发算法集成；仿真建模支持 GPU 加速，支持灵活可编程和人工智能收发算法。开发一套完整开源、可靠的、智能化、可编程的高速长距光纤通信系统仿真软件平台。

考核指标：（1）基于高速长距单模光纤传输系统，实现 C+L 波段，最少 40 通道、单波长最高速率不低于 800 Gb/s、最长距离不低于 1000 公里的仿真软件平台，面向少模多芯空分复用光纤传输系统应用需求，建立新型光纤（多芯光纤、少模光纤）模型库，实现至少 7 芯 6 模、单通道最高速率不低于 100 Tb/s、最长距离不低于 1000 公里的仿真软件平台；（2）智能仿真软件平台包括光电器件建模模块、光纤信道建模模块以及收发端数字信号处理算法模块，支持多通道、双偏振信号传输，光纤信道建模支

持经典分布傅里叶算法建模和人工智能建模双模式；（3）源代码通过计算机编程语言（C、C++、Python 等）以及开源代码库实现，支持 GPU 加速，收发算法支持灵活编程，支持人工智能算法，具备实现端到端深度学习算法的能力；（4）软件需要开源，模块化可扩展，具有图形用户界面（GUI）控制光学组件布局、传输系统参数以及算法模块，同时具有可视化工具分析时域波形、光谱、眼图、星座图等；（5）在背靠背底噪相同的情况下，40 通道 800Gb/s 信号 1000 公里仿真软件平台运行结果与真实系统的误码率在同一量级；（6）申请不少于 10 项发明专利、10 项软件著作权。

3.2 面向工业互联网应用的超低延迟、超大连接无源光网络关键技术研究（共性技术类，拟支持 2 项）

研究内容：聚焦工业互联网中的确定性低延迟和低抖动传输、单主站多点控制等新特性、新场景的应用需求，开展匹配工业多样化场景应用网络的支持超大连接的无源光网络新型接入复用架构研究，研究基于 P2MP 架构的低成本高集成度光接入系统、工业互联网汇聚网关 OLT 与接入网关 ONU 的关键技术，探索通过多维复用、相干光检测等多种路线提升单端口在线连接数并降低端到端传输延迟的方案。研究超大连接下工业无源光网络智能管理运维方案，开展边云协同模型架构及功能研究，构建面向工业智能的边云协同模型与要求的统一标准规范，进一步完善工业互联网边缘计算行业标准体系，开展工业无源光网络在新场景下

的示范演示，推动相关产业标准制定，实现成果落地。

考核指标：针对工业多样化场景应用需求，研制低延迟、超大连接工业无源光网络系统，系统单个 OLT 设备可同时支持用户光接入节点数不少于 1024 个，单节点接入能力最大不低于 50Gb/s，各接入节点上下行单节点转发延时可根据业务应用场景灵活配置，平均延迟最小不超过 10 μ s，定时精度不超过 50ppb，工业 ONU 网关支持边缘计算以及容器功能，支持 Modbus、EtherNet/IP、EtherNet TCP/IP、DL/645、IEC104、S7、OPC 等 30 种工业协议，匹配工业互联网智能制造的各类设备，开展支持智能运维的工业无源光网络在新场景下的示范应用。申请不少于 30 项发明专利，贡献国际标准提案不少于 10 项。