

**“宽带通信和新型网络”重点专项**  
**2020 年度项目申报指南建议**  
(征求意见稿)

**1. 新型网络技术**

**1.1 大规模确定性骨干网络架构及关键技术研究（共性技术类）**

**研究内容：**现有的骨干网面对激增的视频流量和工业机器应用，存在着大量的拥塞崩溃和数据包延迟等问题，并且只能将端到端的延迟减少到几十毫秒，缺少时延抖动的控制能力，无法满足工业互联网、远程医疗、电网继电保护、车联网、VR 游戏等新型业务 1-10 毫秒级时延与微秒级抖动需求。因此，需要研究大规模确定性骨干网技术来实现骨干网络端到端时延与抖动的确定性可控。

面向生产性互联网对骨干网络带宽、时延、抖动等确定性可控需求，探索大规模确定性骨干网络新型体系架构与机理；探索控制面可扩展资源预留机制，支持核心节点无逐流状态，研究确定性骨干网操作系统关键技术；研究开发骨干网一层与二层协同的确定性关键技术，支持基于时隙的按需细粒度硬切片；研究基于周期调度的三层确定性转发技术，支持边缘节点流量整形，严格避免微突发，支持骨干网端到端业务带宽、时延、抖动精确可控；构建示范应用网络，开

展远程操作等试验验证。

**考核指标：**设计一至三层自底向上精确可控的确定性骨干网络体系架构，满足带宽、时延等多种可控性需求，实现确定性骨干网络操作系统，支持骨干网端到端带宽预留与确定性时延保障，支持带宽、时延需求的自动协商与资源按需分配。研制一层二层确定性骨干网络核心技术与标准，支持MB级粒度的端到端硬切片。研制三层骨干网确定性转发技术与标准，支持基于时隙的三层端到端软切片，支持设备间时隙映射，支持骨干网端到端时延抖动控制，支持异步调度、长距链路。构建基于确定性网络设备与软件的100G骨干级试验网络，覆盖不少于3个城市，针对远程工业控制开展2个以上示范应用，提交国内国际标准提案5篇以上

## 1.2 时间敏感网络关键技术研究及验证（共性技术类）

**研究内容：**随着5G/B5G、工业互联网等的飞速发展，边缘网络承载的业务种类更加繁多，不仅要大数据传送，而且要保证传送的实时性和可靠性，如5G网络承载海量应用与连接，uRLLC业务要求时延低于1毫秒，时间敏感的工业和智能制造应用场景需要亚毫秒级的延迟和微秒级的抖动和高可靠性，车联网的车辆控制系统要求系统时延低于2毫秒，现有网络的“尽力而为”机制不能提供最小化时延和高可靠性保证，需要研究新的时延敏感高可靠网络架构和链路层技术来满足新型业务的承载。

面向5G接入、工业网络等边缘网络对带宽、时延、可靠性等的精确可控需求，探索时间敏感网络新型体系架构与

核心机理；研究时间敏感网络关键技术，支持严格时延与抖动控制的带宽保障机制，研究高精度时间同步，研究链路层流量整形和帧抢占机制，研究多源异构应用层业务互联互通和适配机制；研究时间敏感任务的精确感知和调度技术，研究服务质量控制、网络管理等的 YANG 模型，设计基于任务的带宽分配和优先级调度方法，研究分布式网络拓扑的网络调优技术，研究网络高可靠保障机制；构建基于时间敏感网络平台的试验网络，并开展试验验证。

**考核指标：**研究分布式转发与集中式控制融合的时间敏感网络体系架构，满足时延、抖动、带宽、丢包率、高可靠等多种可控性需求，建立时间敏感网络性能评估体系与评估工具；研究时间敏感网络系统，支持高精度时间同步、流量整形、帧抢占、系统配置、协议适配和互联互通，单节点对时间敏感业务流转发时延小于 50 微秒、转发的时延抖动小于正负 5 微秒、时间同步精度小于 20 纳秒；研究时延敏感任务的精确感知和调度技术，支持基于任务的带宽分配和优先级调度，支持无需预知流信息的优先级调度机制，分布式网络拓扑的网络调优技术，网络链路或节点故障切换时间低于 50 毫秒；构建试验网络，开展 3 种以上的典型试验验证。申请专利 15 项，提交标准草案 5 项。

### **1.3 内生安全支撑的新型网络体系结构与关键技术（共性技术类）**

**研究内容：**针对传统网络安全以“打补丁”为主的被动防御问题，研究网络体系结构内生安全机理和网络空间安全

信任锚点，研究网络基本标识的可信机理，保证网络基本标识可验证、可追溯、不可篡改，研究可信任路由控制，预防路由劫持，研究“云-边-端”全过程可信转发，研究大规模动态可信行为分析，实现网络行为回放和数据取证。

**考核指标：**提出内生安全支撑的新型网络体系结构，设计可信网络身份、地址、名字等网络标识符命名体系；设计可信任路由控制机理和协议，能有效防范路由劫持；设计“云-边-端”全过程可信转发机制；设计实现支持可信网络标识、可信任路由协议和可信转发机制的高性能路由器；设计实现大规模动态可信行为分析系统；开展大规模试验示范。发表高水平论文不少于 30 篇，申请发明专利不少于 20 项，提交国际或国内标准 5 项。

#### **1.4 面向大规模分布式人工智能应用的关键网络技术研究（共性技术类）**

**研究内容：**人工智能已经成为互联网的重要应用之一。大规模分布式人工智能系统（比如分布式机器学习、联合学习、边缘智能等）要求海量的数据和模型同步，为网络带来巨大的传送带宽压力；分布式机器学习迭代式计算的特点，要求计算节点之间进行高效率的网络同步；跨域分布式机器学习还要求数据隐私保护。需要研究面向大规模分布式人工智能应用的关键网络技术，提高网络传送性能，降低网络同步开销，提升大规模分布式人工智能系统的性能、可靠性和数据隐私保护能力。

研究支持大规模分布式机器学习的网络互联拓扑，研究

面向参数同步/异步网络优化的数据并行与模型并行机器学习架构，研究面向广域/局域的无损网络高效数据传送技术，研究跨广域网的分布式边缘智能网络，研究计算/网络资源的联合优化调度，研究意图驱动的机器学习数据接入控制和路由控制，研究用于机器学习数据分布式存储的无损网络鲁棒技术，研究大规模分布式机器学习的网络负载均衡。

**考核指标：**提出面向分布式机器学习优化的新型网络拓扑，相比传统的 Fat-Tree 网络拓扑，在支持相同数量计算节点和使用相同链路带宽的场景下，分布式机器学习的网络吞吐率提升 100%以上；提出数据并行与模型并行混合的分布式机器学习网络同步算法，机器学习任务的整体吞吐率提升 100%以上；提出支持分布式机器学习的新型无损网络高效数据传送技术，相比传统传送协议，在 100G 网络带宽下，对分布式机器学习计算加速 1 倍以上；提出基于数据隐私保护的联合学习框架，跨广域网的流量开销减少 50%以上。

### **1.5 面向计算存储传送资源融合的网络虚拟化技术（共性技术类）**

**研究内容：**针对各类新型网络技术、功能和业务的不断演进发展需求，将网络硬件基础设施资源与功能服务逻辑分离，通过建立基于计算存储传送资源融合的网络虚拟化架构，将网络功能的承载实体直接编程映射到网络最底层，协同调度底层的计算存储传送资源，以提高网络功能的快速部署、弹性控制能力以及业务响应速度等，为上层应用提供高效、灵活、专业的电信级个性化网络服务，已成为当前信息网络

基础设施资源调度和服务提供的重要方式。

应对网络基础设施计算存储传送资源深度融合趋势，建立具有内生安全和智慧属性的网络虚拟化架构，支持基于计算存储传送资源协同调度的功能弹性部署和服务质量保障；以提高业务质量一致性为驱动，研究面向全网计算存储传送资源的统一业务编排管理和智能运维技术，实现全网业务统一管理、业务统筹调度与路径优化；研究基于用户体验的网络计算存储传送资源一体协同控制技术，支持端到端网络资源全局高效调度与控制；研究支持虚拟功能快速部署和演化升级的高性能可编程数据平面技术，支持大容量高带宽转发及虚拟化资源池；面向典型场景，研究基于计算存储传送资源协同调度的网络服务承载技术，实现网络服务的智能、安全承载。

**考核指标：**基于计算存储传送资源融合和协同调度，实现运营商级别的端到端业务智能、安全承载；研制支持网络虚拟化的高速可编程转发设备，支持网络协议灵活解析和重构，支持虚拟功能的动态加载和重构，吞吐量不低于 3.2Tbps；研制面向计算存储传送资源融合的功能编排器和控制器，支持不少于 4 类网络切片，各网络切片可独立灵活编程；研发智能、安全服务承载系统，接入带宽不小于 100G，支持在 2 种以上典型场景中开展应用；发表高水平论文 20 篇以上，申请专利或登记软件著作权 20 项以上，提交标准草案 5 项以上。

## 2. 高效传输技术与设备

## 2.1 超宽带光载太赫兹无线传输理论与关键技术研究 (基础研究类)

**研究内容:** 聚焦基于光子学理论的太赫兹超宽带大容量无线传输以满足新型应用对带宽的需求,开展超宽带光载太赫兹无线传输理论与关键技术研究,重点突破:(1)复杂光与无线链路超宽带太赫兹信号传输理论与信道模型;(2)光子辅助超宽带太赫兹信号多通道相干合成及接收技术;(3)太赫兹通信核心光电器件;(4)太赫兹通信核心器件测量与表征技术;(5)大容量长距离光载太赫兹 MIMO 传输技术。

**考核指标:** (1) 完成大容量长距离光载太赫兹信号传输演示,实现 400Gb/s 太赫兹信号空间传输,距离不小于 100 米;

(2) 基于自主研发的核心太赫兹光电器件,实现速率不低于 50Gb/s 的光载太赫兹信号实时化产生与接收,传输距离不低于 10 米。

## 2.2 全波段、低噪声光纤放大器(共性技术类)

**研究内容:** 针对光纤传输网干线带宽急剧增长的重大需求,聚焦单模光纤传输容量增长乏力的难题,将光传输系统的工作波长范围拓展至全波段,开展全波段低噪声光纤放大器研究。研究基于多材料体系的宽带有源光纤,研究影响光放大器带宽、噪声、效率、串扰等问题的物理机制,确定获得全波段、低噪声光放大器的技术途径,研制系列宽波段低噪声光放大器,搭建全波段光纤传输系统。

**考核指标:** (1) 研制出 O+E 波段(1260-1460 nm)、S

波段（1460-1530 nm）、C+L-波段（1530-1605 nm）、L++U波段（1600-1675 nm）光纤放大器，噪声系数： $\leq 4\text{dB}$ ，增益： $\geq 25\text{ dB}$ ；（2）全波段光波导放大器（1260-1675 nm），噪声系数： $\leq 4\text{dB}$ ，增益： $\geq 15\text{ dB}$ ；（3）全波段光纤传输系统（传输速率： $\geq 1000\text{ Tbit/s}$ ）。

### 2.3 全波段城域光传输系统研究与应用示范（共性技术类）

**研究内容：**针对光纤传输网干线带宽急剧增长的重大需求，聚焦单模光纤传输容量增长乏力的难题，将光传输系统的工作波长范围拓展至全波段，开展全波段低噪声光纤放大器研究。研究基于多材料体系的宽带有源光纤，研究影响光放大器带宽、噪声、效率、串扰等问题的物理机制，确定获得全波段、低噪声光放大器的技术途径，研制系列宽波段低噪声光放大器，搭建全波段光纤传输系统。

**考核指标：**（1）研制出 O+E 波段（1260-1460 nm）、S 波段（1460-1530 nm）、C+L-波段（1530-1605 nm）、L++U 波段（1600-1675 nm）光纤放大器，噪声系数： $\leq 4\text{dB}$ ，增益： $\geq 25\text{ dB}$ ；（2）C 波段（1530~1565 nm）片上硫系光波导放大器，增益： $\geq 12\text{ dB}$ ；（3）全波段光纤传输系统（传输速率： $\geq 1000\text{ Tbit/s}$ ）。

## 3. 卫星通信技术

### 3.1 面向天地一体化空间智能计算的卫星组网技术（共性技术）

**研究内容：**为了进一步提升卫星通信覆盖性能、快速响



应能力，减少全球布站，下一代卫星通信网络应具备较强的在轨处理能力，能够高效调度天基资源完成通信、组网和业务处理，实现在轨通信服务。

面向实现多种垂直行业的智能通信服务质量保障，开展空间高效能、高性能和高可靠在轨智能组网和服务技术研究，突破空间高性能异构分布式通信信号和协议处理、星地融合的网络虚拟化服务、空间移动边缘计算、卫星通信载荷资源智能管控等关键技术，完成地面原型系统设计和演示验证。

**考核指标：**具备平台在轨自主运行管理能力；支持多星协同通信协议及业务的在轨处理功能，设计在轨处理能力大于 1Tbps；支持星载 CPU/GPU/FPGA/DSP 等多种异构处理资源虚拟化；支持不少于 1000 个节点的处理任务的协同。标准草案、研究报告、专利、论文、地面原型系统演示验证。

### 3.2 面向天地一体化大规模星座超密组网系统设计及性能评估技术（共性技术）

**研究内容：**随着低成本小卫星技术的发展，星座规模不断扩大，空间超密组网对系统设计及性能评估提出了新的挑战，特别是在用频和干扰管理、空间超密组网架构和协议设计、运行维护方案以及性能评估等方面。

针对未来上万颗卫星构成的大规模星座系统，开展多种轨道大规模星座网络架构优化设计、组网协议设计、用频和干扰管理、资源分配、高效运维、即插即用、性能评估等关键技术研究，研制半物理仿真演示验证系统。

**考核指标：**设计支持星座规模不小于 10000 颗；流量密

度提升 10 倍；支持激光、毫米波等多种通信手段的综合利用和干扰管理；设计支持多种轨道的混合组网；建立完善性能评估体系；仿真系统具备多种网络架构、协议、算法、载荷模拟和评估能力。标准草案、研究报告、专利、论文、半物理仿真演示验证系统。

### 3.3 双频段收发共口径相控阵天线及芯片研制（共性技术）

**研究内容：**聚焦未来空天地一体化融合网络中终端在多轨道、多星、星地覆盖区之间无缝切换的应用需求，以低成本、小型化和通用化为目标，突破双频段低成本多波束相控阵芯片、双频段收发共口径多波束天线、高效天线阵测试算法等关键技术，完成芯片样片研制和天线原型样机演示。

**考核指标：**多波束相控阵芯片：Ku/Ka 频段，通道数  $\geq 4$ ，衰减范围/精度为 30dB/0.5dB，移相范围/精度为 360 度/5.625 度，发射机通道功率附加效率  $\geq 15\%$ ，通道幅度一致性  $\leq 0.5\text{dB}$ ，通道相位一致性  $\leq 5.625^\circ$ ，具有温度补偿功能。收发共口径多波束相控阵天线：Ku/Ka 频段，波束数量  $\geq 2$ ，天线口径  $\geq 0.45\text{m}$ ，收发天线单元间隔度大于 40dB，扫描范围  $\geq \pm 60$  度，副瓣  $\leq -15\text{dB}$ 。