
“宽带通信和新型网络”重点专项 2018 年度项目申报指南建议

围绕我国经济社会发展在信息通信领域的迫切需求，把握国际国内信息网络技术发展新趋势和新特点，以网络融合化发展为主线，根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》（国发[2005] 44 号）、《2006-2020 年国家信息化发展战略》（中办发[2006] 11 号）确定的各项任务和要求，根据国务院《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》，国家重点研发计划启动实施“宽带通信和新型网络”重点专项。根据本重点专项实施方案的任务部署，现提出 2018 年度项目申报指南建议。

本重点专项总体目标是：以国家战略需求为牵引，为使我国成为无线移动通信技术研发和标准的全球引领者、IP 网络和媒体网络技术和产业重要主导者，光通信领域达到国际先进水平，打下坚实理论、技术与产业基础，确保我国在信息技术重大变革中与世界同步，实现我国信息网络及其业务应用新的跨越式发展。到 2022 年，在具有自主知识产权的芯片、一体化融合网络、高速光通信设备、未来无线移动通信等方面取得一批突破性成果，掌握自主知识产权，制定产业标准，开展应用示范，贯彻军民融合深度发展战略，打造完善的产业协同创新体系。

本重点专项按照新型网络技术、高效传输技术、一体化综合网络试验与示范 3 个创新链（技术方向），共部署 21 个重点研究任务。专项实施周期为 5 年（2018-2022 年）。

1. 新型网络技术

1.1 互联网基础行为测量与分析（基础研究类）

研究内容：针对当前互联网和 IPv6 下一代互联网的基础网络行为缺乏全面而深入的理论认识的现状，研究网络基础行为的大规模精确测量、多维度关联分析等基本科学问题，进而建立互联网基础行为的基础理论体系，实现当前互联网和 IPv6 下一代互联网基础网络行为的可知晓、可解析。具体内容包括：研究互联网基础行为测量与分析方法，建立 IPv6 互联网基础行为大规模精确测量的方法学；研究互联网基础行为测量指标体系框架及关键测量指标的测量方法；研究巨量测量数据的高效管理与共享方法；研究网络基础行为多维度关联分析理论、网络基础行为的预测方法与定位技术；面向大规模生产网络，研制网络基础行为测量与基本分析原型系统。

考核指标：提出互联网基础行为的大规模分布式多参数联合精确测量方法与技术，包括分布式测量点部署优化方法、采样理论等；建立互联网基础行为测量的指标体系框架，提出不少于 4 种关键测量指标的测量方法；建立巨量测量数据的分类存储、管

理和共享平台，提出支持巨量数据长期保真存储的高效数据约减方法；建立互联网基础行为分析框架，提出网络基础行为的特征挖掘和多维度关联分析算法，构建大规模网络常态行为下典型网络子系统的规范性基准；提出网络异常行为的实时在线检测和预测方法，以及网络异常行为的追踪溯源和定位方法；网络基础行为测量与分析原型系统能够支持 100G 链路流量采集和测量，能够支持 PB 级别行为测量数据的存储、管理、共享与可视化，在大规模全国性主干网络中部署测量与分析平台，集成上述关键技术，支持主动和被动测量，要求部署的支持流量采集分析的被动测量节点数量不少于 30 个，主动测试节点数量不少于 1500 个。在关键技术上申请不少于 10 个专利；发表 50 篇以上高水平学术论文。

1.2 可扩展和安全可信的大规模编址路由自主技术体系、关键技术和应用示范（共性关键技术类）

研究内容：针对 IPv6 下一代互联网在规模部署全面演进过程中，面临巨大地址空间带来的可扩展和安全可信问题，建立具有真实地址、真实身份和真实路由行为的网络体系结构，通过大规模试验进行验证其关键技术与设备系统，对于加强下一代互联网技术创新，形成下一代互联网自主技术体系和技术产业生态具有重大战略意义。具体研究内容包括：研究与用户身份相关联的、可扩展和安全可信的 IPv6 编址方法；实现真实用户和真实路由行为可追溯的编址路由自主技术体系，构建涵盖接入网、主干网和

网间互联的试验验证平台；研究开发接入网地址和用户身份关联关键技术、专用设备及系统；研究开发主干网安全可信路由关键技术、专用设备及系统，支持真实路由行为追溯，支持基于用户可信身份的网络分级路由、监控和审计；研究开发网间互联可信路由关键技术、专用设备及系统，支持网间真实地址协作、路由攻击防御、分级路由过滤和追溯审计。

考核指标：大规模试验验证和应用示范系统涵盖接入网、主干网和网间互联；IPv6 地址生成机制支持多接入场景和多管理需求，IPv6 地址和身份可信关联支持多管理域协作；安全可信路由技术和系统涵盖接入、域内、域间等各层次区域，支持真实地址、真实身份和真实路由等网络全状态管理和控制，网络真实路径验证的分组验证开销不超过 10%；网间互联可信路由实现与国内、国际典型网络互联互通。

1.3 软件定义网络关键技术与系统（共性关键技术类）

研究内容：面向运营商级网络服务定制化的转型需求，探索基于软件定义网络（SDN）的端到端网络协同可控架构与机理，研究支持异构设备混合组网的控制平面技术与系统；研究自动化、模型驱动的端到端业务编排平面技术与系统；研究白盒化、可重构、高效率的数据平面技术与系统，支持协议无关转发的高性能数据包处理；研究基于资源池化与精细粒度的 IP 网络与光网络协同技术与系统；研究支持 SDN、网络功能虚拟化、安全加密、标

签与隧道转发的服务器智能网卡技术与系统。构建基于软件定义的运营商级试验网络，并开展示范应用。

考核指标：实现运营商级 SDN 控制器，支持分布式集群扩展和多种南北向接口，支持 TB 级网络状态容量，支持毫秒级主备切换能力，在骨干、边缘接入、数据中心等端到端场景支持白盒和厂商设备混合组网，支持 SD-WAN，建立控制器能力评估指标和工具，贡献 ONOS/ODL 等开源社区核心代码。实现运营商级端到端业务设计、编排和运维管理系统，支持模型驱动的系统设计实现，贡献 ONAP 等开源社区核心代码；研制白盒化、协议无关高速转发设备，吞吐量不低于 6.4Tbps，支持开源网络设备操作系统；研发 IP+光协同控制器，可管理 IP 与光设备不少于 1000 台，可管理业务数量不少于 10K 个，开展现网试验与验证；实现软件定义的服务器智能网卡，聚合交换能力不低于 128Gbps。构建覆盖不少于 10 个城市的试验网络，城市间骨干带宽不低于 100Gbps，开展示范应用。

1.4 高性能路由器及关键技术（共性关键技术类）

研究内容：随着云计算、大数据、大视频的兴起，互联网流量飞速增长，研究我国自主知识产权、国际领先的高性能路由器和关键技术迫在眉睫。采用自主知识产权核心芯片，研制 T 级别高性能路由器，关键硬件组件冗余备份，支持 CLOS 交换矩阵无阻塞交换，支持高密度端口线速转发，支持大容量 IPv4 和 IPv6

双栈路由表，支持基于 SDN 的云网协同端到端自动化部署，支持流量智能调度、IP+光协同、网络切片等功能。研究下一代网络处理器体系架构及关键技术，实现芯片原型，研究标签堆栈加速处理机制，研究路由器缓存优化等技术。

考核指标：采用我国自主知识产权的网络处理芯片和交换芯片，高性能路由器设备单槽位接口容量不少于 4Tbps（256 字节），整机容量 64Tbps 以上；关键部件冗余备份；单槽可提供不少于 8 个 400GE 端口；双栈路由转发表容量达到 3M IPv4+1M IPv6，支持 IPv6 二维路由、可信源认证；支持 EVPN、BIER 等协议，支持 4 种以上 SDN 北向接口，支持 IP+光联合调度。下一代网络处理器芯片基于通用指令集处理器核和高级语言编程，支持处理器架构感知（TLB 表，Cache 层次等）的分组处理程序编程模型；研究路由器缓存优化技术，针对流量突发性和负载，给出毫秒级缓存大小配置数据。

1.5 智能媒体融合网络系统架构设计和网络试验（共性关键技术类）

研究内容：针对媒体融合发展对媒体业务形态、传输覆盖方式、接收服务手段提出的变化要求，基于高效广播与个性宽带的传输互补特性，研究广播与宽带协同传输、宽带云化、可管可控的智能媒体融合网系统架构和集成应用等关键技术；研发支持广播与宽带智能协同、跨网协同多屏互动和多屏同步呈现的 TVOS

智能电视机顶盒和家庭媒体网关设备；构建融合媒体云服务平台，建设试验网络，部署智能终端，开展智能媒体融合网的规模化应用示范。

考核指标：提交智能融合媒体网络系统架构和技术实现方案；研制融合媒体服务云平台原型平台系统以及相应 TVOS 智能机顶盒和智能网关原型样机，提交样机研制技术报告；实现 TVOS 智能终端样机产品化并完成 100 万台部署，提交产品检测报告；构建智能媒体融合应用示范网，提交试验和测试报告。

1.6 基于全维可定义的网络体系架构和关键技术（共性技术类，部省联动任务）

研究内容：面向信息网络与经济社会各领域深度融合环境下专业化服务需求，研究基础连接、节点、网络等全维可定义的新型网络基础结构和方法；研究面向存储、计算与传输资源一体的软件定义互连技术，支持异构协议在物理层的高效灵活互连互通；构建基于协议无关的高效可编程环境，研究通过支持转发平面全编程能力的软件定义转发技术来支持全网端到端业务切片；研究面向全维可定义的混合组网网络分层跨域控制技术；研究基于 NFV/SDN 的网络端到端资源适配和调度技术，研究其业务切片和自动生成模型。

考核指标：在全维可定义的基础结构与方法等方面取得突破，在基础连接、节点、网络等层面实现全链条可定义；研制全

维可定义网络原理验证系统，支持 PCIe、FC、Ethernet、RapidIO 等 4 种以上异构协议在物理层的互连互通，支持协议无关转发的高速数据报文解析，支持网络弹性控制，支持网络功能动态编排；研制协同业务编排器，实现多厂家业务链功能的编排和部署，实现 100 个 VNF 的网络服务一键式部署和生命周期管理；在关键技术上申请系列专利或登记软件著作权不少于 20 项，形成专利群，发表 50 篇以上高水平学术论文，向国内外标准化组织提交标准草案不少于 5 项。

1.7 基于区块链技术的新型域名解析系统架构和关键技术 (共性技术类，部省联动任务)

研究内容：研究基于区块链技术的无中心化管理、各方参与、平等开放、可监管的新型根域名及各级域名的解析系统的架构、协议与标准，建立支持面向内容、身份、服务及地址等多模态的网络寻址架构；提出新型高性能、低延迟、高容错性、无分岔，适应联盟协同运作的共识算法与机制，结合异构场景研究高效的动态多重分布式存储编码，为新型域名解析系统平台研发高效能高安全的分布式存储系统，结合区块链技术构建不可篡改的日志管理方法；研究高精度的分布式时钟同步技术。

考核指标：提出基于区块链的分布式域名解析系统原型、架构、协议与标准；提出新型高效能、无分岔的共识算法与机制；研发结合动态多重分布式存储编码和区块链技术的分布式存储方

案域名系统；实现域名系统中融合高精度分布式同步时钟。关键技术申请系列专利，发表高水平论文 50 篇以上，向国家及 IETF/ITU/ETSI 等国际及本国标准组织提交标准草案 5 项以上。

1.8 基于数据驱动和人工智能的未来新型网络演进（共性技术类，部省联动任务）

研究内容：面向未来网络应用，利用大数据分析、机器学习、人工智能，全面改造未来网络架构和控制机制，实现自我学习、自我适应、自我演进；研究面向未来网络应用的大数据处理和人工智能理论，分析和利用各种复杂、异构数据，全面应对高维度、高速非平稳变化的系统状态与用户需求；研究基于大数据和机器学习的物理传输层优化理论，重新思考物理层的传输设计，开发低功耗与高效能的新一代通信传收机；研究基于人工智能技术的多层网络资源调配技术，支持不同类型、不同要求、不同特征的服务，开发有自我学习能力的人工智能技术为未来通信系统资源分配提供强大的复杂决策能力；研究基于数据驱动和人工智能的自适应网络控制新架构和新型组网技术，重新设计接入网络、传输网络、边缘计算、云计算网络的基础架构，提出通信和计算相融合的新理论、新技术，开发基于人工智能、服务人工智能的新网络体系。

考核指标：在支撑未来新型网络的机器学习和人工智能技术、数据驱动的多层传输机制和资源分配、基于大数据分析和面

向用户体验的网络智能服务、基于人工智能的自适应网络控制新架构、以数据驱动和人工智能为核心的新型组网技术等方面取得基础理论与方法突破；研制以数据驱动和人工智能为核心的新型网络架构原型设备与系统，以此构建一个综合试验网络，验证本项目的相关基础理论与技术，以满足网络体系结构持续演进与未来网络新业务的需求。关键技术申请发明专利，形成系列化的专利群；发表高水平学术论文 100 篇以上，提交国际或行业标准建议草案 5 项以上。

2. 高效传输技术

2.1 P 比特级光传输系统与关键技术研究（基础研究类）

研究内容：针对光纤传输网干线带宽每 9-12 个月翻一番（比摩尔定律快）的重大需求，解决 P 比特级超大容量光传输的多维度复用和多维度复用容量理论极限。开展 P 比特级超大容量光传输系统关键技术研究，包括 P 比特级多维复用光传输系统基础理论与方法研究、适用于 P 比特级光传输系统的核心光电单元研制等。提出 P 比特级超大容量光传输系统机理与模式，建立一整套 P 比特级超大容量光传输系统技术体系，完成高采样率模数转换/数模转换，高带宽的光调制驱动及跨阻放大器的研制，为实现从传统波分复用模式到新型多维度并行复用模式的转变，最大限度提升网络干线传输容量、最大限度提升系统谱效率，突破现有网络

光传输容量极限奠定技术基础和核心技术支持，以应对目前的传输容量危机，满足未来我国日益增长的带宽和容量需求。

考核指标：总目标为实现 **P** 比特级的传输基础理论研究、核心技术突破以及系统验证。完成支持 **P** 比特级相干光通信关键技术的研究，包括 1) 采样率不低于 90GS/s，分辨率不低于 8 比特的模数/数模转换技术；2) 研制支持传输速率不低于 64Gb/s 光调制驱动和跨阻放大技术；3) 谱效率不低于 200bit/s/Hz 的 **P** 比特级光传输系统架构。基于上述技术，采用自研的模数/数模转换器、光调制驱动单元及跨阻放大单元，实现 **P** 比特级传输系统验证。

2.2 T 比特级超长跨距光传输系统关键技术研究与应用示范 (共性关键技术类)

研究内容：随着光纤通信系统容量的提升，除骨干网外，光网络架构中的各个层级的传输容量都亟待升级。本项目针对海洋网和城域网传输两个不同的应用场景，对 **T** 比特级光传输系统进行研究。探索适用于海洋网和城域网体系下超长跨距场景下，**T** 比特级光传输系统的新型架构、新型放大技术、超高灵敏度调制接收技术等关键技术。搭建示范系统，开展 **T** 比特级超长跨距系统架构及关键核心光电器件的技术验证，并开展示范应用。

考核指标：研制两套不同应用场景的超长传输系统：1) 超长单跨海洋传输：采用自主研发的光纤光缆，自研的高速成帧芯片、信号处理单元、集成光调制器和接收机，驱动器和跨阻放大单元，

实现总传输速率不低于 10Tb/s，传输距离不小于 400km 的超长单跨距实时光传输系统，并实现现网示范应用；2) 城域网传输：超低成本、单偏振、单探测光传输模块，总速率不低于 1Tb/s，传输距离不小于 300km 的城域网实时光传输系统，并作示范工程应用。

2.3 广覆盖、超大容量的新型光接入系统研究及应用示范(共性关键技术类)

研究内容：为了满足下一代光接入网设备更大覆盖范围、超大容量、更多接入类型的发展需求，开展面向下一代超大容量、广覆盖的新型光接入技术基础研究、系统集成和示范应用。研究符合光接入网长期演进的新型光接入系统，研究超密集光接入网的高灵敏度低成本相干检测技术、非线性串扰抑制方法、相干信号实时接收技术、超密集波分复用相干收发技术等，研究适应下一代光分配网络的大容量无线前传新型架构、新的接口规范及大容量低时延弹性智能的光与无线融合等关键技术。在此基础上，研制光接入局端和用户侧设备样机，搭建示范系统，开展超大容量、广覆盖、多元融合的下一代新型光接入技术验证，并开展现网示范工程应用。

考核指标：根据不同类型接入网需求，1) 研制 C 波段超密集波分复用相干接入实时系统，下行总容量不低于 3.2Tb/s，波长到户速率不低于 10Gb/s，功率预算不低于 26dB，接入距离不低于 20 公里，并完成示范工程应用；2) 研制支持 5G 前传的多元融合光

接入系统，支持 eCPRI/CPRI 接口，单端口速率支持 50Gb/s 及以上，等效总容量不低于 800Gb/s，接入距离不低于 10 公里，并完成现网示范工程应用。

2.4 基于新型光纤、新放大高速光传输技术及系统验证（基础研究类）

研究内容：光纤通信经过五十年的高速大容量长距离持续发展和 100T 比特级带宽提升，目前单纤和单波长传输容量，已接近香农限，迫切需要寻找新途径，比如新波段、新光纤、新型放大方式等。本项目建立以新波段、新光纤、新放大为核心的高速光传输系统的理论模型，完成以新波段、新光纤、新放大为核心的高速光传输系统架构设计，探索基于新波段新光纤的光传输系统的调制解调及复用解复用新工作机理，研制新波段调制解调、复用解复用核心光电器件及模块，分析新波段、新光纤、新放大为核心的新一代高速光传输损伤机理及补偿机制，搭建一套基于新波段、新光纤、新放大的高速光传输理论验证系统。

考核指标：在新型光纤研究方面：研制多芯少模光纤，其单芯直径为 $17 \pm 0.5 \mu\text{m}$ ，包层直径为 $250 \pm 5 \mu\text{m}$ ，三个导模的色散数值不高于 $18.5 \pm 2 \text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ ，包含模分复用、空分复用方式总通道数不低于 30。设计、制作多芯少模光纤，将空间复用维数密度与单模光纤比提高至少 25 倍，LP01 模损耗 $< 0.32 \text{ dB/km}$ 。设计、制作超模光纤，减小空间模式色散。指标：空间模式数 ≥ 6 （大

于等于 6), 空间模式色散 $\leq 8\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ 。研制插入损耗不高于 2dB, 光芯片体积不大于 32mm³ 的空分复用光纤复用/解复用关键单元。在新放大机理研究方面: 研制空分复用增益光纤, 增益倍数不低于 20dB, 其稀土离子掺杂浓度 > 2500 ppm, 模式增益差不高于 2dB, 并做传输系统验证。研制 2 微米波段增益光纤实现单模放大, 增益倍数不低于 20dB, 纤芯数值孔径范围 0.2-0.25, 斜率效率大于 30%。基于自研的新型光纤和光纤放大器, 实现大空间复用维数密度 (相比于单模光纤提高至少 25 倍) 的光传输系统验证。在新波段通信系统方面: 研制 2 微米通信用空心光子带隙光纤, 单模截止波长小于 1.7 μm , 光纤损耗小于 5dB/km, 光纤包层直径 125 μm , 非线性系数小于 0.01 W⁻¹• km⁻¹。在 2 μm 新波段实现单波传输距离不低于 2 公里光子带隙空心光纤链路, 传输速率不低于 50Gb/s。

2.5 同轴宽带接入关键技术研究及规模应用示范 (共性关键技术类)

研究内容: 研究万兆同轴宽带接入技术, 重点突破有线电视电缆网络全频谱资源获取与利用、超高频谱效率与接近香农极限的物理层信息传输、支持适应不同业务服务质量保证的高效灵活超低延迟媒体接入控制层机制等关键基础技术, 研制具备万兆接入能力同轴宽带接入原型设备及关键射频元器件, 形成一系列拥有自主知识产权的万兆同轴宽带接入行业和国际标准建议。

研制基于自主知识产权核心芯片的同轴宽带接入产品设备及其网管系统，进行规模部署和示范应用，提升我国已经铺设广播电视同轴宽带接入能力，使之成为国家信息基础设施的一个重要组成部分。

考核指标：以高性能同轴电缆接入技术为基础，建立具备超宽通信模拟带宽（不低于 1GHz）、超高频谱效率（不低于 10bit/s/Hz）、超低延迟（平均 1ms 以内）、超精细带宽分配颗粒度（带宽分配粒度 256Kbps）、灵活适应多业务需求 QoS 保证、支持 10Gb/s 接入速率的万兆同轴宽带接入技术，研制万兆同轴宽带接入局端/终端原型样机及其关键射频元器件，形成一系列拥有自主知识产权的相关行业和国际标准建议，制定万兆同轴宽带接入物理层传输技术和媒体接入控制层行业标准草案 1 份，向国际电信联盟（ITU-T）提交不少于 2 份万兆同轴宽带接入技术标准提案。

研制基于自主知识产权核心芯片的同轴宽带接入系统局端/终端工程样机及其网管系统，具备双向网络感知与管控能力。进行规模部署和应用示范，覆盖用户超过 100 万户，单用户接入能力超过 500Mbps，实现包括 4K/8K 交互式高清晰度电视、VR/xR 等多种业务示范，示范通过楼内同轴电缆提供的集客业务。通过此课题的示范，使广播电视同轴宽带接入网成为国家宽带基础设施的一个重要组成部分。

2.6 大规模无线通信物理层基础理论与技术（基础研究类）

研究内容：针对未来移动通信的巨流量、巨连接持续发展需求，以及由此派生出的大维空时无线通信和巨址无线通信两个方面的科学问题，开展大规模无线通信物理层基础理论与技术研究，形成大规模无线通信信道建模和信息理论分析基础、无线传输理论方法体系及计算体系，获取源头创新理论与技术成果，构建实测、评估与技术验证原型系统。具体研究内容包括：1) 面向未来全频段全场景大规模无线通信系统构建，建立典型频段和场景下统一的大维信道统计表征模型，研究大维统计参数获取理论方法；2) 围绕大维空时无线通信和巨址无线通信，开展大规模无线通信极限性能分析研究，形成大规模无线通信信息理论分析基础；3) 研究具有普适性的大维空时传输理论与技术，突破典型频段和场景下大维信道信息获取瓶颈，解决大维空时传输的系统实现复杂性以及对典型频段和场景的适应性问题，支撑巨流量的系统业务承载；4) 研究大维随机接入理论与技术，解决典型频段和场景下大维随机接入的频谱和功率有效性、实时性及可靠性等问题，支撑巨连接的系统业务承载；5) 研究大规模无线通信的灵巧计算、深度学习及统计推断等理论与技术，形成大规模无线通信计算体系，解决计算复杂性和分析方法的局限性等问题。

考核指标：形成大规模无线通信信道建模和信息理论分析基础，建立大规模无线通信物理层传输理论方法体系及计算体系，获取源头创新理论与技术成果，支持系统频谱效率、功率效率、

速率容量和用户终端容量等指标 10 倍以上的提升，为未来大规模无线通信系统的构建奠定坚实的理论基础；完成实测、评估及技术验证原型系统构建，基站侧天线单元总数不少于 256，大维随机接入的终端总数不少于 100，系统配置可灵活扩展；申请相关领域的核心知识产权 50 项以上，发表高水平学术论文 100 篇以上，取得重要的国际影响。

2.7 面向基站的大规模无线通信新型天线与射频技术（共性关键技术类）

研究内容：面向未来移动通信应用，满足全场景、巨流量、广应用下无线通信的需求，解决跨频段、高效率、全空域覆盖天线射频领域的理论与技术实现问题，研究可配置、大规模阵列天线与射频技术，突破多频段、高集成射频电路面临的包括低功耗、高效率、低噪声、非线性、抗互扰等多项关键性挑战，提出新型大规模阵列天线设计理论与技术、高集成度射频电路优化设计理论与实现方法、以及高性能大规模模拟波束成型网络设计技术，研制实验样机，支撑系统性能验证。

考核指标：实现多频段共口径多功能集成大规模天线、高性能大规模模拟波束成型网络、立体覆盖大规模天线阵列。阵列天线单元数 ≥ 512 ，多频段共口径集成天线辐射效率 $\geq 70\%$ ，不同频段端口隔离度 $\geq 25\text{dB}$ ，波束成型网络损耗小于 3dB，立体覆盖天线阵列覆盖角达到全空域。实现面向基站的高集成、高效率、宽带可

配置多通道射频电路，工作频率覆盖 0.4-6GHz 频段，可支持 2 个以上多频点，信号带宽在 200kHz-200MHz 范围内可配置，功放线性化后效率 $\geq 40\%$ 。在关键技术上申请系列专利，形成专利群，发表一批高水平学术论文。

2.8 太赫兹无线通信技术与系统（共性关键技术类）

研究内容：太赫兹通信具有频谱资源丰富、传输速率高等优势，是未来移动通信中极具优势的宽带无线接入及空间信息网络高速传输的重要手段。面向空间高速传输和下一代移动通信的应用需求，研究太赫兹高速通信系统总体技术方案，研究太赫兹空间和地面通信的信道模型，研究高速高精度的捕获和跟踪技术；研究低复杂度、低功耗的高速基带信号处理技术和集成电路设计方法，研制太赫兹高速通信基带平台；研究太赫兹高速调制技术，包括太赫兹直接调制技术、太赫兹混频调制技术、太赫兹光电调制技术；开发太赫兹无线通信实验系统，完成太赫兹高速无线通信试验。

考核指标：工作频率大于 0.2THz，通信速率大于 30Gbps，地面传输距离大于 1000 米，误码率小于 $1E-6$ 。在关键技术上申请系列专利，形成专利群，发表一批高水平学术论文。

2.9 面向数据中心的短距离光互连技术（共性技术类，部省联动任务）

研究内容：针对数据中心内部光互连研究 Tb/s 级高集成度

低能耗嵌入式光互连；研究基于新型高有效模式带宽光纤传输的光互连技术；进行高动态可重构、可支持灵活数据颗粒度的高速光互连网络的研究和实验验证；针对数据中心间光互连研究超高速率、高频谱效率、模块化的相干接收技术，研究收发前端和后端先进的各种数字信号处理技术，支持电色散补偿。

考核指标：（1）数据中心内部光互连实现高密度嵌入式光互连及互连网络，其核心指标为：嵌入式光互连速率不低于 1.2Tb/s，集成密度不低于 500Gb/s/cm²，能耗不高于 5pJ/bit(含驱动电路和数字信号处理单元)，传输距离不低于 50 米；动态重构时间不高于百毫秒；全线速数据交换粒度小于 100Mbit。成果用于数据中心或超算中心，用于应用示范。（2）实时光收发机直接检测传输速率达到 4x100Gb/s，无光色散补偿传输距离大于 10 公里；实时相干检测单波长速率到达 1Tb/s，无光色散补偿传输距离大于 40 公里。（3）基于直接检测的信号波特速率大于 160Gbaud/s；通过集成光器件实现单边带的产生和线性化直检；实现双偏振脉冲幅度调制(PAM)和离散多音频(DMT)信号，调制速率大于 400Gb/s，无光色散补偿传输距离超过 10 公里；在国家级数据中心或超算中心开展数据中心内部光互连应用示范。（4）数据中心间光互连研制基于相干检测的超高速率光互连，单波长速率突破 1.6 Tb/s，单个单板\模块收发速率突破 10 Tb/s；在国家级数据中心或超算中心开展数据中心间光互连应用示范，传输距

离不小于 40 公里。(5) 应用于光互连网络的信号收发模块传输速率可调范围从 $4 \times 100 \text{ Gb/s}$ 到 $4 \times 400 \text{ Gb/s}$, 支持不同调制格式混合调制; FEC 算法延时小于 10 微秒, FEC 编码增益大于 12dB; 40 公里传输系统延时小于 250 微秒, 整体光互连系统延时下降 10% 以上, 在 1 Tb/s 高速相干系统上完成验证。(6) 关键技术申请发明专利, 形成系列化的专利群; 发表高水平学术论文 100 篇以上, 提交国际或行业标准建议草案 5 项以上。

2.10 基于新型空分复用技术的光通信系统（共性技术类，部省联动任务）

研究内容：要实现新型空分复用技术在下一代光通信系统的应用与发展，研究并掌握新型光束的产生、传输与检测等基本物理机制，探索其中的科学问题；研究产生和调控光束模式复用/解复用的新机理，研究高效产生高阶模式复用光束的新方法，以及利用偏振、相位调控对新型光束的全光动态调控技术；发展支持新型模式复用光束稳定传输的特种光纤，设计支持高阶模式复用传输的新型光纤，同轴的模式复用信道数达到 10 路以上。研制相应的高集成光电子芯片和特种光纤，应用于城域光网络。

考核指标：改进数据中心网络各个部分的能效包括机柜间的通信以及机柜内部的通信，实现超低的总功耗，较现有的光数据中心组网技术大幅降低能耗，实现 100 倍以上能效增益；研制特种模分复用光纤，可以支持超过 80 个波长和 10 个轨道角动量模

式的稳定传输，支持数据中心超高($\geq 1\text{Pb/s}$)带宽的数据交换连接，满足未来数据中心的数据传输和组网需求。关键技术申请发明专利，形成系列化的专利群；发表高水平学术论文 100 篇以上，提交国际或行业标准建议草案 5 项以上。

2.11 面向微型化高速长距离传输的光通信系统研究（共性技术类，部省联动任务）

研究内容：（1）研究高速发射模块和高速接收模块技术。研发满足高速率可见光通信需求的照明、通信两用高带宽白光 LED 器件信号发射模块；研发高速可见光通信探测器及可见光接收机等可见光通信专用单片或准单片集成电路等接收模块。（2）研究高速可见光通信 MIMO/OFDM 调制与传输技术。（3）研究 Si 基光电集成的微型化高速长距离传输光通信系统技术。研究 Si 衬底上垂直结构 LED 和高电子迁移率晶体管的制备以及集成，并研究模块之间的耦合，构成集成高、体积小、信息快速传递的微型化光通信系统。

考核指标：突破微型化高速长距离传输的光通信系统的关键技术，实现面向光通信的应用。（1）针对高速发射模块和发射模块，在白光 LED 器件功率大于等于 3W、光效大于等于 110lm/W 时，单波长带宽大于等于 300MHz；白光收发模块单颗 LED 功率大于等于 3W，带宽大于等于 500MHz；探测器及专用集成电路支持 1500MHz 通信需求；（2）针对高速可见光通信，研究调制编码，阵

列复用等高效传输技术；研究上下行体制和组网技术；单一节点接入速率不低于 10Gbps. (3) 针对 Si 基光电集成系统，大幅度降低可见光系统的体积，实现可见光通信系统的高度集成；整个系统实现实时通信，传输速率不小于 100Gbps，传输距离不低于 10m，平均误码率不高于 10^{-8} 。需提供整个系统软硬件做演示考核。相关技术发表 SCI 论文不少于 30 篇；形成基础核心专利，申请中国发明专利不少于 50 项，申请国际 PCT 专利不少于 10 项。

2.12 Sub 6GHz & mmWave 天线和射频一体化集成技术研究 (共性技术类，部省联动任务)

研究内容：研究 Sub 6GHz 与毫米波频段一体化集成的关键技术；探索基于 PCB 的 C Band 低剖面天线与射频前端滤波器、PA 和 LNA 以及开关的有源无源一体化集成技术；研究 mmWave(26GHz)AiP 的分布式天线架构与异质集成；研究精准相位控制技术，大幅提升整体高频的发射 EIRP、接收通路的噪声性能以及波束扫描性能的技术。研究 C Band 和 mmWave 双频段集成的公共电路设计与高效集成。

考核指标：面向移动通信核心频段 AiP/AoP 的实现体系，实现基本理论和基本技术突破，包括：融合分布参数与集总参数元件建模；分布式天线架构设计和建模；低成本的相控设计；C Band 前端有源和无源子系统集成。提供 C Band AoP 样机和 mmWave (26GHz) 样机各 2 套。各个频段的核心指标具体为：C

Band(3.5GHz)AoP 核心指标为：支持 C Band 60MHz 以上带宽；支持 20%以上的功放效率；支持 48dBm 以上 EIRP；通道数目大于 16 路；并行流数大于 4；支持 64QAM 调制；LOS 覆盖距离大于 100m。mmWave(26GHz)分布式 AiP 核心指标为：支持 200MHz 以上带宽；天线整体效率大于 65%；35dBm 以上 EIRP；正负 60 度波束扫描；2 流以上 MIMO 传输；支持 64QAM 调制。相位分辨率优于 22.5 度，整机接收噪声系数低于 5dB。C Band&mmWave 的集成核心指标：支持 C Band 和 mmWave 一体化集成，天线罩在高低频均支持大范围扫描和 1dB 以内的共用天线罩插入损耗；支持双频段并发。

2.13 基于第三代化合物半导体的射频前端系统技术（共性技术类，部省联动任务）

研究内容：针对新一代无线通信的需求，研究基于第三代化合物半导体工艺的毫米波电路设计理论与方法。探索适用于新一代无线通信毫米波频段的双工开关、功率放大器、以及低噪声放大器等关键电路的拓扑结构；提出基于 GaN HEMT 的混合微波集成以及单片微波集成电路（MMIC）设计新理念与新方法；研究 GaN MMIC 中低损耗互联（传输线）以及其他高性能无源功能性器件（如功分器，耦合器等）的设计方法；研究提升功率放大器输出功率、效率以及线性度等关键指标的设计方法；研究提升低噪声放大器噪声系数和带宽等关键指标的设计方法；研究提升双工开关的插入损耗、隔离度和线性度等关键指标的设计方法。探索基于第三

代化合物半导体芯片的集成与封装技术。研究包含多种功能电路的高集成度 MMIC 上的设计及性能优化方法,研究从封装方面提升电路性能的方法,实现毫米波芯片、封装与天线一体化,优化前端系统的整体射频性能。

考核指标: 形成完善的基于第三代化合物半导体的射频前端电路与系统的设计与封装集成整体解决方案。形成基于国内自主可控基础专利之上的知识产权池,申请专利 20 项,国际专利不少于 5 项, 发表 SCI 论文 30 篇以上。在关键电路方面实现一下指标: 1) 以 GaN HEMT 工艺实现的功率放大器 MMIC 实现功率密度达到 4W/mm, 功率附加效率 (PAE) 超过 30%, 输出功率超过 40dBm; 2) 以 GaAs mHEMT 工艺实现的低噪声放大器 MMIC 实现噪声系数小于 1.5dB, 带宽达 10GHz, 增益超过 20dB; 3) 以 GaAs pHEMT 或 GaN HEMT 工艺实现的双工开关 MMIC 实现插入损耗小于 1.5dB, 隔离度大于 30dB, IIP3 分别大于 40dBm (GaAs pHEMT) 和 50dBm (GaN HEMT)。

3. 应用示范

3.1 一体化融合网络试验与示范 (应用示范类, 部省联动任务)

研究内容: 在广东省开展新型网络试验与示范, 搭建跨区域的规模验证和应用示范网络, 覆盖电信级运营网络、数据中心网

络、行业网络等典型应用环境；开展新型网络组网试验，重点围绕新型网络体系架构和全维可定义等方面进行试验验证；研究新型网络测试方法并开发相应工具，开展网络创新应用的研究和示范。

考核指标：试验网络至少包含 15 个实体节点和 100 个虚拟节点，单个实体节点端口数量不少于 10 个，支持 5 种以上典型应用环境，在发表高水平国际学术会议与期刊论文 30 篇以上，累计申请专利或登记软件著作权 20 项以上，提交国际、国家或行业标准建议草案不少于 5 项。

3.2 面向海洋覆盖的应用示范网络（应用示范类，部省联动任务）

研究内容：针对特定海洋环境，实现基于 SDN/NFV 的宽带无线通信、光传输及卫星通信、IPv4/IPv6 网络等一体化融合网络示范应用。实现超大容量、超远距离，低成本的广域热点覆盖的移动宽带接入，支持热点覆盖的新型多用户接入、多点协作传输编码、免调度接入、基于多源基站的多跳通信网络。开展平台适应性设计，临地空间通信、馈电、传感信息一体化传输与控制系统优化。研究可重构可编程毫米波射频前端芯片及功率器件模组应用，开展小型化低功耗、射频天线一体化设计的 Tbps 基站及宽带业务终端设计。开展平台、一体化载荷、宽/窄一体化融合接入的集成设计与优化测试。研究从物理连接到协同应用的网络容量

模型，在功率、频率、空间等综合资源受限条件下，提出面向不同应用服务/任务的资源优化配置方法；研究低复杂度高频谱效率的高效新型多址、多点协作信道编码技术及方案，满足一体化网络节点对覆盖区内海量用户快速接入，高可靠低时延数据传输、广域移动宽带增强的需求；研究根据用户等级、业务类别、链路资源等方面进行接入机制和策略设计。实现密钥管理、安全路由、安全切换、安全隔离以及安全传输等安全保证技术的系统验证。搭建网络评测体系测试测量环境，建设网络功能性能测试平台。验证一体化融合网络智能运维管控，验证虚拟化开通、跨域跨层的业务快速定制。

考核指标：完成面向海洋覆盖应用的小型化基站、多业务终端设计。终端接入带宽可扩展到 1Gbps。单基站覆盖距离不小于 70 公里，小型基站下行数据吞吐量可扩展超过 1Tbps。高速光无线融合系统传输距离 5 米，传输速率>100Gbps；传输距离 50 米，传输速率>50Gbps。单波长光传输速率 25Gbps，系统总速率 100Gbps。验证有线网络和无线网络融合处理测试平台；实现基于 SDN/NFV 的视觉网络故障检测和定位；终端接入带宽测试能力测试能力大于 1Gbps；骨干网传输带宽测试能力大于 100Gbps。

3.3 基于低功耗、低时延、海量连接的工业互联网应用示范 (应用示范类，部省联动任务)

研究内容：研究工业互联网终端感传一体化技术、工业互联

网数据融合技术、工业互联网感传组网技术、工业互联网环境下的设备安全、网络安全及工业数据安全等机制；针对工业互联网数据感传一体设计，研究工业互联网的分布式感知、高效融合和可靠传输的一体化技术，研究感传接口标准化、能力开放、业务可定义等关键技术；研究复杂实况下的终端自适应感知、融合采集与控制技术，使能平台协同机制，包括数据的分布式聚合、挖掘和协同共享技术，面向工业互联能力聚合、业务融合重构、终端协议自适应进行探索性研究；研究工业制造低功耗、低时延物联网网络的传输机制，针对终端感传组网、网络连接性管理、智能业务处理，对其终端接入、网络组网、智能运营等进行探索研究，并通过工业互联网仿真试验对上述技术进行有效性验证。

考核指标：针对工业互联网中控制类、采集类、交互类等业务，采用广覆盖、低功耗、安全的物联网络技术进行规模化应用示范，形成国内主流物联模块与终端的技术评测体系。终端规模500万以上，规模化应用15项以上；针对典型低时延业务，采用融合组网技术，在工业制造和无人驾驶等领域开展物联终端接入管理、网络组网、智能运营、流量精细管控等场景应用示范，并通过大数据分析、人工智能等提升工业互联网的价值；搭建工业互联网应用示范平台，提供工业设备管理、网络连接性管理、智能业务处理等功能，基于终端协议适配、能力聚合开放及应用托管环境实现海量设备接入、应用开发集成与运营，形成工业互联

应用创新孵化体系，以应用拉动产业发展。引入各类合作伙伴不少于 30 家，开发应用不少于 30 个；申请不少于 5 项发明专利，发表 20 篇以上高水平学术论文。