

## 附件 1

# “宽带通信和新型网络”重点专项 2018 年度项目申报指南

为落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》、《2006—2020 年国家信息化发展战略》提出的任务，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（以下简称“本重点专项”）。根据本重点专项实施方案的部署，现提出 2018 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：开展新型网络与高效传输全技术链研发，使我国成为普适性 IP 网络和媒体网络在技术与产业未来发展的重要主导者，5G 无线移动通信技术和标准研发的全球引领者，并在光通信领域研发达到国际先进水平，为“网络强国”和“互联网+”国家战略的实施提供坚实的技术支撑。在网络通信核心芯片、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，打造完善的技术协同创新体系。

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 24 个重点研究任务。专项实施周期为 5 年（2018—2022 年）。

本重点专项部分项目采用部省联动方式组织实施（项目名称后有标注）。应用示范类部省联动项目，由广东省科技厅推荐，广东省科技厅应面向全国组织优势创新团队申报项目。共性关键技术类部省联动项目，各推荐渠道均可推荐申报，但申报项目中至少有一个课题由广东省有关单位承担。

2018年，在3个技术方向启动24个研究任务，拟支持24—48个项目，拟安排经费总概算为8.2亿元。凡企业牵头的项目须自筹配套经费，配套经费总额与专项经费总额比例不低于1:1。

项目统一按指南二级标题（如1.1）的研究方向组织申报。除特殊说明外，拟支持项目数均为1—2项。项目实施周期不超过4年。申报项目的研究内容须涵盖该二级标题下指南所列的全部考核指标。基础前沿类、共性关键技术类项目的参研单位总数不超过10个，应用示范类项目的参研单位总数不超过15个。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“拟支持项目数为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. 新型网络技术

## 1.1 基于全维可定义的新型网络体系架构和关键技术(基础前沿类)

研究内容：面向信息网络与经济社会各领域深度融合、万物互联趋势下的高效率、智慧化、高可靠、低时延与内生安全等发展需求，以开放架构下 SDN/NFV 技术为基础，以网络基线技术创新为驱动，研究基于全维可定义的新型网络体系架构；研究软件定义互连技术，支持物理层、链路层、网络层协议的协同重构；研究软件定义多样化寻址与路由技术，支持 IP 标识、内容标识、身份标识、地理空间位置标识的寻址、路由以及相互间的互通，满足多元化和专业化的高效服务需求；研究网络资源智能适配和服务承载技术，实现网络资源与业务需求之间的智慧拟合；研究能够抑制随机性失效和人为蓄意扰动的网络内生安全构造技术，提供具有稳定鲁棒性和品质鲁棒性的可信网络服务能力。

考核指标：形成体系化可增量部署的创新网络基础架构，具备网络各层面的软件可定义能力、多样化高效灵活编址与路由能力、网络资源与服务智能适配能力和内生安全高鲁棒可信服务能力；研制原理验证系统，支持 PCIe、FC、Ethernet、RapidIO 等 4 种协议的协同重构，支持 4 种编址与路由机制以及相互间的互通，支持不少于 3 种典型场景下的网络智能控制与传输，能够展示不少于 20 种注入式扰动场景下的内生安全效应；申请不少于 30 项

国内外发明专利,向国内外标准化组织提交不少于5项标准草案。

## 1.2 互联网基础行为测量与分析(基础前沿类)

研究内容:针对当前互联网和 IPv6 互联网的基础网络行为缺乏全面而深入的理论认识现状,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 互联网基础网络行为的可知晓、可解析。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,实现基于 RFC2544 的时延、吞吐量、背靠背、帧丢失率等测试测量,并提出不少于4种关键测量指标的新测量方法;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。申请 10 项以上国内外发明专利。

### 1.3 一体化融合网络体系结构和关键技术研究（基础前沿类）

研究内容：针对互联网、移动通信网络、广播电视网、空间信息网络、海洋网络等多种异构网络的安全高效互联互通面临的技术难题，实现未来一体化的融合网络，以 IPv6 互联网体系结构为基础，研究大规模可扩展、时空大尺度、多维高性能、真实安全可靠、开放互联融合的一体化新型网络体系结构及其协议关键技术，为未来新型网络的发展奠定理论和技术基础。

考核指标：以 IPv6 互联网体系结构为基础，提出新型的一体化融合网络体系结构与协议体系；研发一体化融合网络可扩展路由技术和典型核心路由交换系统，支持三种以上异构网络间的一体化互联和多维高效路由；研发支持时空大尺度、路径多元化的新型智能传送技术，实现差异传送路径间的协同控制，协同传送

和动态适应路径的调整;研发一体化融合网络真实安全可信技术,实现源地址认证、用户身份认证和路由信息认证;向 IETF 等国际和国内标准化组织提交 5 项标准草案。

#### 1.4 大规模安全可信的编址路由关键技术和应用示范(共性关键技术类)

研究内容:针对 IPv6 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,建立具有自主技术体系的新型网络体系结构,保证网络实体各关联要素的验证、映射及路由行为的真实,通过大规模试验验证其关键技术与设备系统。研究与用户身份可灵活关联的、可扩展和可验证的 IPv6 编址方法;实现网络实体网络行为各要素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上网验证相关联的关键技术、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、监控和追溯;研究开发网间互联可信路由关键技术、专用设备及系统,支持网间地址验证的协作、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种管理

需求，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，支持地址分配、身份认证和路由行为等网络全状态的管理和控制，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。

### 1.5 开放协同可控的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，探索开放协同可控的软件定义网络（SDN）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、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：实现运营商级高性能、高可靠、高可扩展的 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，向 ONOS/ODL 等开源社区贡献核心代码。实现运营商级业务设计、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 10000 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。

#### 1.6 自主可控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，迫切需要研究具备我国自主知识产权、技术上国际领先的高性能路由器及其关键技术。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分组交



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；采用我国自主研发、安全可控的路由操作系统，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，对突发流量给出毫秒级缓存。

1.7 新型域名解析系统架构和关键技术（共性关键技术类，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和权威域名解析系统的架构、协议与标准，建立新型域名解析架构；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根域名解析共识算法与机制，结合异构场景研究高效的动态多重分布式存储编码，为新型根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，提供高精度安全事件分析。

考核指标：提出基于区块链的分布式根域名解析系统原型、

架构、协议与标准，支撑国家网络空间主权理念；提出新型高性能、无分叉的区块链共识算法与机制，事务处理时延小于 1 分钟；研发基于区块链技术的分布式存储方案根域名系统，容量线性可扩展，实验系统容量大于 200TB；域名系统中同一个物理地点的服务器其分布式同步时钟支持实时高精度的事件分析；至少有 5 个国家级域名参与分布式根域名解析方案的实验；申请 10 项以上国内外发明专利，向国家及 IETF/ITU/ETSI 等标准组织提交 5 项标准草案。

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

研究内容：面向未来网络的复杂场景应用，利用大数据分析、机器学习、人工智能，改造相关的未来网络架构和核心控制机制，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，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复杂决策能力；研究基于大数据和机器学习的物理传输层和接入层优化理论，着眼未来非平稳高动态的应用场景，研究新的物理层、接入层传输和控制机制；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；整

体考虑接入网络、传输网络、边缘计算、云计算网络的有机结合，提出通信和计算相融合的新理论，研究基于人工智能的新型组网关键技术。

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建立起能支撑海量业务服务、高差异用户需求和非平稳动态应用环境的技术体系；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，验证本项目的相关基础理论与技术。与传统的基于模型的网络设计方案相比，物理层非平稳环境下平均链路速率至少增加 20%，接入层平均支撑用户数量至少增加 30%，网络层平均包延迟至少减少 30%。申请 10 项以上国内外发明专利，提交国际或行业标准建议草案 4 项。

## 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（基础前沿类）

研究内容：针对光纤传输网干线带宽每 9—12 个月翻一番的重大需求，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，基于自主可控器件，建立一整套 P 比特级超大容量光传输系统技术体系，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提供核心技术支持，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：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。研究支持 P 比特级相干光通信关键技术，完善光纤信道下香农信息论的发展，提出高波特率、大谱效率光信号的产生、探测和处理方法；构建 P 比特光传输系统降低信道损伤和串扰的方法体系。基于上述技术，掌握逼近光纤传输系统香农容量极限的实现方法，搭建实验验证平台，实现谱效率不低于 200bit/s/Hz、传输距离不少于 1000 公里、容量距离积不低于 1000Pb/s×km 的 P 比特级光纤传输系统验证。

## 2.2 基于新型光纤、新放大高速光传输技术及系统验证（基础前沿类）

研究内容：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：

(1) 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  $18.5\pm 2\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ ，模式色散小于  $1\text{ns}/\text{km}^{1/2}$ ，空间复用维数密度与单模光纤比提高至少 25 倍，LP01 模损耗  $< 0.32\text{ dB}/\text{km}$ ，有效模场面积  $> 90\mu\text{m}^2$ ，串扰  $< -60\text{ dB}/\text{km}$ ，弯曲损耗  $< 0.2\text{ dB}$  @ 弯曲半径为 15cm 时。设计、制作超模光纤，减小空间模式色散。指标：空间模式数  $\geq 6$ ，空间模式色散  $8\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ 。研制插入损耗不高于 2dB、光芯片体积不大于  $32\text{mm}^3$  的空分复用光纤复用/解复用关键单元。

(2) 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  $> 2500\text{ ppm}$ ，实现 1000km 传输链路模式增益差不高于 2dB。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）距离不小于 100km 的光传输系统验证。

(3) 在新波段通信系统方面：研制 C 波段到  $2\mu\text{m}$  宽带通信

用空心光纤，单模截止波长小于  $1.7\mu\text{m}$ ，光纤最低损耗小于  $3\text{dB/km}$ ，光纤包层直径  $250\pm 5\mu\text{m}$ ，非线性系数小于  $0.01\text{ W}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ 。研制匹配宽带集成光源。基于自研的宽带空心光纤和光源，在 C 波段到  $2\mu\text{m}$  波段逐一实现单波传输距离不低于 2 公里空心光纤链路传输，传输速率不低于  $50\text{Gb/s}$ 。

### 2.3 大规模无线通信物理层基础理论与技术（基础前沿类）

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，以及由此衍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。研究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；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；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；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；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，提升系统频谱效率、功率效率、速率容量和用户终端容量等指标 10 倍以上(相比于现有移动宽带和窄带物联网技术)，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 50 项以上国内外发明专利，取得重要的国际影响。

#### 2.4 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。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；城域网传输：采用超低成本、单偏振、单探测光传输模块，实现总速率不低于 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。

## 2.5 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，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；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。

## 2.6 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。

## 2.7 太赫兹无线通信技术与系统(共性关键技术类)

研究内容: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,研究高速高精度的太赫兹信号捕获和跟踪技术;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，研制太赫兹高速通信射频单元；集成太赫兹通信基带、射频和天线，开发太赫兹高速通信实验系统，完成太赫兹高速通信试验。

考核指标：形成太赫兹高速通信总体技术方案和信道模型，为未来太赫兹通信技术标准制定奠定基础。基于自主可控器件，完成太赫兹高速通信实验系统 2 套，工作频率大于 0.2THz，射频带宽大于 10GHz，信息传输速率大于 30Gbps，地面传输距离大于 1000 米，误码率小于  $1E-6$ ，捕获跟踪精度优于 0.003 度。申请 30 项以上国内外发明专利。

2.8 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，部省联动任务 )

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 3.5GHz 与 4.9GHz 等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。阵列天线单元数不低于 512，多频段共口径集成天线辐射效率不低于 70%，不同频段端口隔离度不低于 25dB，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 6GHz 以下的核心频段，可支持 2 个以上多频点，信号带宽在 200kHz—200MHz 范围内可配置，功放线性化后效率不低于 40%。申请 10 项以上国内外发明专利。

2.9 面向数据中心的短距离光互连技术（共性关键技术类，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 级高集成度硅基混合集成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；针对数据中心间光互连研究超高速率、高频谱效率、模块化的硅基光子集成芯片及模块及相干接收技术，研究适合于短距离光互联的信号处理技术。

考核指标：基于硅基混合集成技术，研究用于数据中心机架内或机架间，传输距离不低于 50 米的嵌入式光互联技术，嵌入式光互连总速率不低于 1.2Tb/s，集成密度不低于 500Gb/s/cm<sup>2</sup>，

含驱动电路和数字信号处理单元，总能耗不超过 5pJ/bit；研究传输距离不低于 10 公里的数据中心内部光互联技术，利用硅基器件和技术，研究无需色散补偿、直接检测等多种低成本实时信号处理技术，单通道传输速率大于 400Gbps；上述两种技术均在国家级数据中心或超算中心开展数据中心内部应用示范；申请 30 项以上国内外发明专利。

2.10 基于新型空分复用技术的光通信系统（共性关键技术类，部省联动任务）

研究内容：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；研制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，应用于超算中心光网络互连与交换。

考核指标：提升超算中心网络机柜间通信、机柜内部通信等各部分的能效，大幅降低现有超算中心组网技术的总能耗；研究基于硅基集成的轨道角动量产生、复用/解复用和收发芯片；研制

特种模分复用光纤，可以支持超过 80 个波长和 10 个以上轨道角动量模式的稳定传输，传输距离最远可以达到 20km，在单根光纤中演示  $>200\text{bit/s/Hz}$  频谱效率和  $>100\text{Tb/s}$  总传输容量，满足未来超算中心的数据传输和组网需求；在国家级超算中心开展系统验证；申请 30 项以上国内外发明专利。

2.11 面向微型化高速长距离传输的可见光通信系统研究（共性关键技术类，部省联动任务）

研究内容：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；研究高速可见光通信 MIMO/OFDM 调制与传输技术；研究硅基光电集成的微型化高速无线传输可见光通信系统技术；研究硅衬底上垂直结构 LED 和高电子迁移率晶体管的制备以及集成技术，并研究模块之间的耦合技术，构成集成高、体积小、信息快速传递的微型化可见光通信系统。

考核指标：突破微型化高速无线传输的可见光通信系统的关键技术，实现面向可见光通信的应用；针对高速发射模块和发射模块，发射模块在单颗白光 LED 器件功率不低于 2W、光效不低于  $100\text{lm/W}$  时，单波长带宽不低于 300MHz，接收模块带宽不

低于 500MHz; 探测器及专用集成电路支持 1500MHz 通信需求; 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 5Gbps; 针对 Si 基光电集成系统, 大幅度降低可见光通信系统的体积, 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 50Gbps, 传输距离不低于 5m, 平均误码率不高于  $1E-8$ ; 提供整个系统软硬件进行业务演示; 申请 50 项以上国内外发明专利。

## 2.12 兼容 C 波段的毫米波一体化射频前端系统关键技术 (共性关键技术类, 部省联动任务)

研究内容: 为满足未来移动通信基站功率和体积约束下高集成部署和大容量的需求, 研究 30GHz 以内毫米波一体化大规模 MIMO 前端架构和关键技术以及与 Sub 6GHz 前端兼容的技术。针对毫米波核心频段融合分布参数与集总参数的电路建模与设计方法, 采用低功耗易集成的分布式天线架构与异质集成技术, 大幅提升同等阵列规模下毫米波阵列的发射 EIRP 和接收通路的噪声性能。同时探索多模块毫米波核心频段分布式阵列与 Sub 6GHz 大规模全数字化射频前端的共天线罩集成化设计技术, 探索高效率易集成收发前端关键元部件以及辐射、散热等关键技术问题, 突破大规模 MIMO 前端系统无源与有源测试和校正等系统级技

术；最终前端系统在高频段与低频段同时实现大范围波束扫描，且保持高频段与低频段前端之间的高隔离。

考核指标：实现未来移动通信 30GHz 以下毫米波核心频段一体化射频前端系统，并支持与 Sub 6GHz 的集成与双频段并发工作，满足下列指标：毫米波分布式阵列天线整体效率大于 65%、EIRP 大于 35dBm、整机接收噪声系数低于 6.5dB；毫米波频段和 Sub 6GHz 频段支持高低频大范围扫描，支持共天线罩且天线罩的插入损耗小于 1dB；与毫米波前端集成的 Sub 6GHz 前端平均发射功率大于 1 瓦时的效率超过 30%；形成基于国内自主可控基础专利之上的知识产权池，申请 20 项以上国内外发明专利，其中国际发明专利 5 项。

2.13 基于第三代化合物半导体的射频前端系统技术（共性关键技术类，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射频前端系统集成技术及毫米波有源和无源电路设计理论与方法。探索具有完全自主知识产权适用于新一代无线通信毫米波频段的第三代半导体器件的功率密度、线性、散热等性能提升技术及使用该类器件实现高性能功率放大器、低噪声放大器、双工开关等关键有源电路的原创性拓扑结构；侧重研究从半导体器件结构、工艺制程等方面及创新电路架构设计提升功



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 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；提出基于 GaN HEMT 的高集成度射频集成前端的设计新理念与新方法；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。在关键电路方面，在 26–40GHz 的频段范围内实现以下指标：1）射频前端发射部分功率放大器 MMIC 实现功率密度达到  $4\text{W}/\text{mm}^2$ ，功率附加效率（PAE）超过 35%，输出功率超过 40dBm；2）射频前端低噪声放大器 MMIC 实现噪声系数小于 1.5dB，带宽达 10GHz，增益超过 20dB；3）射频前端双工开关 MMIC 实现插入损耗小于 1.5dB，隔离度大于 30dB。必须采用国内半导体工艺线，提供自主知识产权的核心芯片样品。申请 20 项以上国内外发明专利，国际专利 5 项。

### 3. 应用示范

#### 3.1 智能媒体融合网络试验与示范（应用示范类，部省联动

任务)

研究内容：以 4K/8K 和 VR/AR 融合媒体内容的跨网传输和多终端关联服务为目标，研究可管可控的智能媒体融合网系统架构以及媒体服务云平台与制播云平台协同联动、广播与宽带网络协同传输、多终端关联应用集成等关键技术，研究智能媒体融合网体系架构，研究软件定义网络及网络功能虚拟化在智能媒体融合网云平台、骨干、城域、接入中的实现策略与实现技术，研制相关系统设备，构建智能媒体融合网络，在广东省开展规模技术试验与应用示范；研究以深度学习、强化学习等 AI 算法驱动的智能媒体引擎关键技术，实现融合网络的智能感知与资源适配以及内容的智能推荐/分发能力；研究面向 4K/8K 超高清、交互式 VR/AR 全景视频等新业务应用的跨网络智能媒体传送协议、多终端关联内容的同步呈现技术；研究符合国家标准的超清 4K/8K 编码、HDR、3D Audio 技术在智能媒体融合网中的实现技术和实现策略。研究 IPV6 网络技术在智能媒体融合网云平台、骨干、城域、接入、终端中的实现策略与实现技术；研究有线/无线/卫星/IPTV 协同覆盖的智能媒体传输关键技术，研究无线增强广播与 5G 增强宽带的协同传输关键技术；研发支持广播与宽带接收、多屏互动和多屏同步呈现的 TVOS 智能电视机顶盒、家庭媒体网关设备以及 4K 智能电视一体机；研究符合国家密码要求的信息安

全技术在智能媒体融合网中的实现技术和实现策略；研究基于家庭网关设备的家庭智能组网技术，实现家庭智能设备的自组网、家居设备控制，开展家庭物联关键技术研究。

考核指标：实现融合媒体新业务制播与服务部署时长由年度级降为月度级；提交融合网络智能媒体引擎原型系统，与现有单一网络传输方案相比，网络流量峰均比降低 50%，视频播放平均时延降低 20%并支持异构多接入下的自动码率适配；制订统一的智能媒体传送协议，研发相应实时编码和处理设备，多终端之间的内容呈现误差小于 150ms；提出单向广播和双向交互的协同传输方案，单天线广播传输效率达到 6bit/s/Hz，支持多通道动态分配传输，研发验证样机；建立符合国密的 DRM 及 CA 体系；建立端对端的 IPv6 体系；建立符合国家标准的超清体系；建立符合 NFV/SDN 架构融合无线、光纤、同轴电缆接入网体系；研制基于 TVOS 的智能机顶盒、智能网关及 4K 智能电视一体机样机，实现产品化并完成 100 万台部署；开展家庭智能组网及智慧家居、物联网示范应用，在广东省实现产品化并完成 10 万用户部署；构建智能媒体融合应用示范网，提交试验和测试报告。提交国内行业标准建议草案 3 项，申请 10 项以上国内外发明专利，软件著作权 15 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：针对广东省特定海洋环境，构建广东省海洋经济区 200 海里范围的区域海上信息高速公路示范。实现海域内公众移动通信及船舶、海况、作物、海洋边界等的监测监控，实现大容量、远距离的广域覆盖的宽带接入；针对海洋通信基础设施建设条件受限下，研究网络容量模型和资源优化配置方法；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；开展平台、载荷一体化集成设计与试验。

考核指标：提交面向广东省特定海洋环境的通信覆盖设计总体方案；完成广东省海洋经济区 1 万平方公里以上区域覆盖的海上信息高速公路示范建设，将公众移动通信网络从陆地覆盖推进到 200 海里覆盖，实现用户接入速率达到 100Mbps 以上；实现海域内超过 1000 艘船舶的态势感知能力；实现海域内超过 100 万台物联网终端接入能力；实现海域内融合声纳浮标探测信息接入的边界监控能力；申请 10 项以上国内外发明专利。

3.3 低功耗、低时延、海量连接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的分布式感知与可靠传输一体化技术，开展低功耗高性能异构体系架构、边缘计算、接口协议标准化、业务可定义等关键技术与验证。研究工业制造低

时延的智能组网技术，开展终端有线/无线融合接入、网络连接性管理、网络资源实时分析、高可靠通信调度、流量精细管理等关键技术与验证。研究工业互联网应用场景建模、仿真及测试验证技术，开展低功耗精准测量、网络性能调优、端到端网络切片质量、大规模节点网络可靠性等关键技术与仿真。研究端网云协同的工业互联网安全防护技术，开展跨平台异构网络环境中的弱计算资源下实体身份标记和鉴别、安全组网与传输等关键技术与验证。研究复杂实况下的物云网融合关键技术，开展终端自适应感知、使能平台协同、数据分布式聚合技术研究，结合工业互联网典型场景在广东省开展规模技术试验与应用示范。

考核指标:

(1) 研发满足行业标准化主要技术指标的感传终端，低功耗模块在 PSM 状态下平均功率低于 0.015mW，在 Idle 状态下平均功耗低于 5mW；制订模块与终端和应用测试评价指标体系，评测模块与终端不少于 30 款，构建应用仿真场景不少于 10 个。

(2) 制定统一的安全防护体系，支持用户零干预下的全网标识化认证，支持零功耗国密级 SDK 安全模块适配弱计算通信模块；研制统一的多元化终端接入与动态管理、智能安全组网与多级流量精细化管控的开放运营平台，应用区分定制化，终端在线规模 500 万以上，平台清单处理能力 10 亿条以上；

(3) 在珠三角地区搭建工业互联网应用示范平台,实现海量设备接入和智能业务运营。在工业制造领域,部署终端/模块/传感器不少于 1 万个,实现终端时间同步精度优于 $\pm 1\text{ms}$ ,工业控制与反馈指令端到端延迟小于 25ms,传输可靠性大于 99.99%;

(4) 在智能家电领域,制造端实现面向客户定制的柔性制造、基于工业大数据的 AI 注智和自主机器人应用,在产品端实现智能产品不少于 1 亿套;在汽车无人驾驶领域,实现基于高精度地图与车载传感器的实时定位,定位误差小于 20cm,数据传输和控制指令端到端延迟小于 100ms,智能网联无人车互联能力不少于 10 辆。

(5) 整体项目将形成工业互联网应用创新孵化体系和应用推广体系,开发应用不少于 30 个,推广客户不少于 100 家;申请 10 项以上国内外发明专利,登记软件著作权 10 项,提交国内行业标准建议草案 3 项。