

附件1

前沿引领技术基础研究专项前沿项目邀约书

项目 1：新型泛在智能物联网理论与应用基础研究

项目负责人：王金龙

牵头承担单位：中国人民解放军陆军工程大学

一、项目方案概述

本项目面向智能产业、智慧生活等重大需求，针对现有物联网体系中的技术壁垒及未来物联网应用需求，以安全物联、智慧物联为目标，以基础理论研究与产业化未来发展为导向，通过自主可控研发，为快速高效的物联网生态体系发展提供技术与芯片设备支撑。拟解决的重大科学问题有：可扩展、可演化、柔性自愈的物联网新型网络架构；泛在物联网端边云协同组网；泛在物联网海量数据信息深度挖掘利用；自主可控超低功耗物联网芯片设计。在泛在智能物联网理论、机制、方法与技术等方面取得突破，支持广域覆盖、海量连接、服务质量可靠保障。

项目执行期为五年，分两个阶段，前三年为第一阶段，基本完成关键理论与技术研究，后两年为第二阶段，全面完成关键理论与技术研究，并在我省智能物联网关键性领域展开应用验证，最终形成新型泛在智能物联网理论、方法和技术体系，从而有力助推我省智能产业或智慧生活的新一轮技术变革。

二、项目考核指标

1. 形成柔性自愈物联网体系架构，支持多域可靠接入，搭建面向智能产业或智慧生活应用场景的示范性验证系统，具备自主演化、抗毁自愈、按需适配能力。

2. 形成面向泛在物联网的端边云智能协同组网理论与方法,网络系统整体性能提升 50%。

3. 形成海量数据信息融合处理与高效分发理论与方法,信息决策准确度提升 2 倍。

4. 研制具有完全自主知识产权的新型多模物联网芯片,功耗降低 40%。

5. 获得源头创新知识产权和研究成果,申请相关发明专利 10 项以上,在本领域重要学术期刊和会议上发表论文 20 篇以上。

三、课题分解方案

课题一：柔性自愈物联网体系架构与协同组织机理

研究立体智能协同新型物联网网络组织机理,构建具备自主演化、抗毁自愈、按需适配等核心能力的新型网络体系架构,适配未来海量多元的服务需求。

考核指标:形成柔性自愈物联网体系架构,支持多域可靠接入,具备自主演化、抗毁自愈、按需适配能力。

课题二：面向泛在物联网的端边云智能协同组网

开展面向泛在物联网的端边云智能组网、协同多域资源智能调配、可信资源共享与安全接入等理论方法研究,建立面向泛在物联网的端边云智能协同组网技术体系。

考核指标:形成面向泛在物联网的端边云智能协同组网理论与方法,网络系统整体性能提升 50%。

课题三：海量数据信息融合处理与高效分发

构建特征多维度、时空多尺度的多源信息适配表征和融合处理新型理论,突破基于类脑智能思想的业务综合决策和基于内容中心思想的业务高效分发等技术瓶颈,以充分挖掘与深度利用物联网海量数据信息。

考核指标：形成海量数据信息融合处理与高效分发理论与方法，信息决策准确度提升 2 倍。

课题四：自主可控超低功耗多模物联网芯片及组网设备研制

研制具备高效数传、安全运行、抗强干扰等能力的自主可控超低功耗多模物联网芯片及组网设备。

考核指标：研制具有完全自主知识产权的新型多模物联网芯片，功耗降低 40%。

四、对应约方要求

1. 课题一由牵头单位负责承担，现对课题二、三、四的负责人进行公开邀约。

2. 课题二、三的应约单位为省内无线通信领域优势高校或院所，建有相关领域的省级以上科研平台；应约人具有正高专业技术职称，承担过国家级重要科研项目，取得过重要高水平研究成果，在国内外同行中具有重要影响力。课题四的应约单位为省内集成电路芯片设计领域优势企业或院所，具有研制自主可控低功耗物联网芯片的条件；应约人具有正高专业技术职称，在集成电路领域有长时间的研究积累，已经取得具有国际高水平的研究成果。

项目 2：基于智能超表面的下一代移动通信新体制和新架构

项目负责人：崔铁军

牵头承担单位：东南大学

一、项目方案概述

世界各国已经开始布局新一代移动通信的研究，通过扩大天线规模、提高工作频段来提升移动通信系统性能的传统演进思路面临高硬件复杂度、高成本高能耗和覆盖能力不足等严峻挑战。传统移动通信技术正遭遇渐进式改进难以继续发展的重大障碍。近两年来，源于军事领域的智能超表面技术因其具有灵活调控电磁波的能力以及低成本、低能耗的特点，被国内外学术界和工业界普遍认为是最具潜力的新一代无线通信变革性技术之一。本项目面向新一代移动通信系统大容量、高可靠、低能耗等需求，开展基于智能超表面的移动通信新体制与新架构的研究。

项目执行期为五年，分两个阶段，前三年为第一阶段，基本完成关键理论与核心技术研究，后两年为第二阶段，全面完成系统应用和工程实现研究，并在我省移动通信等关键性领域展开应用验证，最终形成高效节能的移动通信新体制与新架构，从而有力助推我省信息产业的新一轮技术变革。

二、项目考核指标

(1) 技术指标：在基于智能超表面的新一代移动通信的电磁信息论、智能化电磁单元设计、电磁参数联合调控机理、新体制无线收发机架构、信道测量与建模、以及覆盖性能分析等基础理论方面取得突破，利用 2bit 的数字编码智能超表面实现时域、频域、空域联合调控，调控响应时间小于 $1\mu\text{s}$ 。实现基于智能超表面的数字信息直接调制的 MIMO 传输，速率大于 20Mbps，调制阶数不低于 16-QAM。利用智能超表面

实现覆盖增强，覆盖 2.6GHz 和 26GHz 工作频段，阵列规模不小于 64×64 单元，相位状态不小于 2 种，波束扫描范围不小于 $\pm 45^\circ$ ，接收信号功率提升不低于 20 倍。搭建完整的仿真平台，对基于智能超表面的无线传输理论与关键技术进行必要的验证和性能测试，并构建原型验证硬件平台，对其中一些关键技术进行必要的物理验证。

(2) 知识产权：发表国际高水平期刊论文 40 篇以上和权威会议论文 20 篇以上；申请国际/国家发明专利 20 项以上；提交国际/国内标准化提案 10 项以上。

(3) 人才培养：培养博士研究生 15 名以上，培养硕士研究生 20 名以上。项目实施期间，还将参加与本项目研究内容密切相关的主流国际、国内会议，并邀请国内外知名移动通信专家进行学术研讨；

(4) 产业价值：形成基于智能超表面的新一代移动通信新体制与新架构体系，以支撑未来移动数据流量的进一步增长、物联网设备的海量连接以及垂直行业应用的广泛需求，对产业升级变革以及构建未来自主可控的移动通信网络均具有重大意义。

三、课题分解方案

课题一：智能超表面的电磁信息论和智能设计方法

从信息熵的角度出发，研究智能超表面的数字编码图案（即比特流）及其远场方向图的统计概率模型及其信息熵，建立智能超表面数字编码图案信息熵及其辐射电磁场信息熵之间的关联，构建融合麦克斯韦方程和香农信息论的全新电磁信息论。将人工智能技术与智能超表面有机融合，探索数字编码单元的快速建模和多参数表达方法，在深入挖掘单元物理机理的同时结合深度学习算法，构建面向智能超表面智能设计的深度神经网络，开发智能超表面性能评估的相关理论与算法，并通过实验对所设计的单元特性进行验证。建立描述单元与电磁波相互作用的等效

电路模型，通过等效电路仿真获取的一系列数据，有助于建立和训练深度学习模型。

考核指标：建立电磁信息论，探明智能超表面编码信息熵与电磁信息熵的关联。形成一套智能化设计超表面单元的神经网络，实现单元结构智能化设计。

课题二：基于智能超表面的新架构移动通信系统

建立完备的时-空联合编码超表面理论，研究具有时间特性梯度变化的超表面对电磁波的响应，同时研究各类时空特性下电磁响应的变化规律，分析归纳出通用的结论。研究如何设计相应的编码序列来实现电磁波的时域、频域和空域联合调控。基于信号处理方法，从解析角度建立时空编码超材料的理论模型。构建基于智能超表面的低成本、低复杂度、多通道和多波束的新体制发射系统。可省去数模转换、混频、滤波等子系统，对功放线性度要求低，可极大地简化通信系统发射机的硬件构架。同时，借助空时编码的优势，实现空间分集和时间分集，将信息调制与波束调控融为一体。研究智能超表面实现超大规模无线发射机的基本方法，研究不同调制方式和传输方案下的误码率、星座图与发射功率、传输速率的关系。借助空时编码理论，建立空时编码矩阵与智能超表面空时资源的双重映射关系。借助智能优化算法和机器学习算法来设计空时编码矩阵对应的谐波方向图，分析空时联合编码调制对空间和频率的调控方法。

考核指标：利用 2bit 的数字编码智能超表面实现时域、频域、空域联合调控，调控响应时间小于 $1\mu\text{s}$ 。实现基于智能超表面的数字信息直接调制的 MIMO 传输，速率大于 20Mbps，调制阶数不低于 16-QAM。

课题三：基于智能超表面的信道增强和电磁环境操控

对智能超表面进行无线信道测量及建模，开展室内外典型环境及不

同频段下信道路径损耗与小尺度衰落的测量与建模。结合智能超表面阵元数量众多、调控机制多样等特点，设计可靠实用的室内外信道测量系统，充分考虑室内外不同场景特征以及不同频段信号的传播特性，设计可行的测量方案。基于信道实测数据，研究高精度全维信道参数估计算法以及高精度信道预测方法。进一步，利用信道预测结果及基于随机几何的无线网络建模理论，研究典型用户与接入基站/智能超表面及干扰基站/智能超表面之间的距离变化，分析典型用户接收信号与干扰强度的统计特征。研究分布式小尺寸智能超表面与单个大尺寸智能反射面的性能差异，分析智能超表面的引入及其尺寸和密度对系统覆盖性能的影响。在移动通信、轨道交通专用通信等技术领域开展智能超表面规模化应用原理验证。

考核指标：利用智能超表面实现覆盖增强，覆盖 2.6GHz 和 26GHz 工作频段，阵列规模不小于 64×64 单元，相位状态不小于 2 种，波束扫描范围不小于 $\pm 45^\circ$ ，接收信号功率提升不低于 20 倍。

四、对应约方要求

应约单位的科研保障条件、应约人需具备条件及拟开展的研究工作的要求等方面内容。课题一由牵头单位负责承担，现对课题二、三的负责人进行公开邀约。

课题二的应约单位应分别在基于智能超表面的移动通信基础算法和系统构建具有深厚的研究积累，已经取得多项具有国际先进水平的研究成果；课题负责人应主持过相关领域的国家级科研项目（单项百万级以上）；所依托单位为省内信息领域的优势高校或院所，建有相关领域的国家或省部级重点实验室。课题三的应约单位需为省内信息领域优势企业或新型研发机构，在新一代移动通信系统关键技术等领域有较强的科研储备，在移动通信系统实现和场景应用方面有较强的工程技术能

力，具备在移动通信、轨道交通专用通信等技术领域开展智能超表面规模化应用验证的条件。