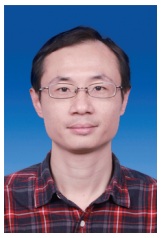
智能超表面技术专题导读

专题策划人 >>>



赵亚军，中兴通讯股份有限公司无线研究院技术预研总工；目前主要从事5G标准化和6G技术研究；主要研究方向包括智能超表面（RIS）、频谱共享、CoMP及灵活双工等；已申请4G/5G相关发明专利200余项，其中有20余项纳入4G/5G标准。

费泽松，北京理工大学教授、博士生导师，工业和信息化部重点学科实验室副主任；主要研究领域包括移动通信（5G/6G）、卫星通信、通信感知融合、智能通信等；先后主持国家自然科学基金、国家科技重大专项、国家重点研发计划等科研项目10余项；获中国电子学会自然科学奖二等奖1项；发表论文100余篇。

随着无线网络容量需求的持续快速增长，无处不在的无线连接将在未来十多年真正成为现实，但高度复杂的网络、高成本的硬件和日益增加的能源消耗也成为未来无线网络面临的关键问题。一直以来，“随心所欲”地调控电磁波是人们不断追寻的梦想。麦克斯韦方程组的出现使得人类对电磁波的掌控能力有了飞速提升，但受限于材料相对固定的电磁参数，人们对电磁波的控制力仅局限于发射机和接收机。

近年来，智能超表面（RIS）因其能够灵活操控信道环境中的电磁特性，一出现就吸引了业界的广泛关注。RIS通常由大量精心设计的电磁单元排列组成，通过给电磁单元上的可调元件施加控制信号，可以动态地控制这些电磁单元的电磁性质，进而实现以可编程的方式对空间电磁波进行主动智能调控，形成幅度、相位、极化和频率可控制的电磁场。作为超材料的二维实现，RIS天然具有低成本、低复杂度和易部署的特性，可以应对未来无线网络面临的需求与挑战。RIS的引入使得无线传播环境从被动适应变为主动可控，有助于构建一个人为可控的智能无线环境。

从2020年开始，中国学术界与产业界联合开展了一系列RIS产业推进活动，极大地促进了RIS的技术研究与工程化进程。2020年6月，IMT-2030（6G）推进组无线技术组成立“RIS任务组”；同年9月，中国通信标准化协会（CCSA）TC5-WG6完成“RIS研究项目”立项；2021年9月17日，IMT-2030（6G）推进组在6G研讨会RIS分论坛上正式发布业界首个《智能超表面技术研究报告》；2021年9月24日，“第一届智能超表面技术论坛”[1]大会召开；2022年4月7日，智能超表面技术联盟（RISTA）[2]成立，成为RIS技术被学术及产业界广泛认可的标志性事件。

作为未来关键技术领域中一个极具潜力的方向，RIS有机会在5G-Advanced网络中提前落地，并可能在未来6G网络中使能智能无线环境，带来全新的网络范式。近几年，RIS的技术研究与工程化进展迅速，在多个领域已经初步展示其强大的性能。但在规模商用前，RIS仍在技术研究与工程应用方面面临诸多问题与挑战。本期专题的论文从方法论、基本原理、软硬件关键技术及应用等角度探讨RIS的研究进展及相关成果，期望能对读者有所帮助。RIS引入无线网络，被认为有机会给无线网络带来全新的网络范式。

邬江兴院士、金梁教授等在《无线通信发展范式与RIS的赋能作用》中首次较为全面地阐述“改造定制无线环境”的无线通信发展新范式，并给出对于新范式的理论探索以及智能超表面赋能的实践规范。

太赫兹波的灵活高效调控一直是其应用的关键挑战之一，来自北京理工大学的吕昕教授、司黎明副教授等在《集成石墨烯的太赫兹波束成形智能超表面》中提出了一种基于石墨烯的太赫兹RIS，为灵活调控太赫兹波提供了新的

DOI：10.12142/ZTETJ.202203001
收稿日期：2022-06-06

1. 智能超表面技术论坛，http://www.risforum.com
2. 智能超表面技术联盟，http://www.risalliance.com

思路。

作为RIS研究领域引领性团队之一，来自东南大学的程强教授等在《智能超表面的设计及应用》中较为系统地介绍了智能超表面的基本概念、物理机理和设计方法，以及空间波束赋形、非线性谐波调控和多谐波联合调控技术，进而展示智能超表面技术的一些示范性应用。

RIS的引入对无线信息与能量同传带来了新的可能，来自澳门大学的武庆庆等在《智能反射面辅助的无线信息与能量传输研究综述》中全面介绍了RIS辅助无线信息与能量传输方面的全球研究现状，并展望了物理层安全、无人机通信和多IRS协同辅助等6个新的研究主题和研究方向。

根据对信号操作方式的不同，RIS可以被分为透射型和反射型，来自上海交通大学的陈文教授等在《透射可重构超表面多天线通信系统》中较为全面地介绍了基于透射RIS的多天线系统，为B5G/6G无线收发机架构提供了新的设计思路。来自北京航空航天大学的张岩等在《宽带透射阵设计及其近场研究》中提出并设计了一种基于紧耦合偶极子的宽带透射阵天线，引入等效延迟距离的概念用于设计透射阵，并对其菲涅尔区电场进行研究。

相对于传统多输入多输出（MIMO），RIS的码本设计面临新的挑战。来自中兴通讯股份有限公司的崔亦军和窦建武等在《基于标量衍射理论的RIS波束码本设计》中研究了基于傅里叶光学中标量衍射理论的RIS物理波束调控的码本设计方法。

RIS将成为未来通感一体化的关键使能技术之一。来自大连理工大学的李明教授等在《智能超表面在通信感知一体化系统中的应用》中系统阐述了智能超表面辅助无线通信系统和雷达感知系统的工作原理、性能优势和实际应用，进而介绍了智能超表面辅助通感一体化系统的可行性、优势及应用前景。而来自北京理工大学的郑重等在《智能超表面辅助通信感知一体化》中针对通感一体化面临的挑战，探讨了RIS辅助通信感知一体化系统的典型应用，并深入讨论了RIS辅助通信感知一体化系统在联合波束设计、RIS单元模式切换以及安全通信等方面的研究现状。

另外，来自南京信息工程大学的李斌教授等在《智能超表面辅助车载边缘计算》中，针对障碍物遮挡对车联网中路边单元（RSU）服务性能的影响，提出一种智能超表面辅助的车载边缘计算（VEC）部分任务卸载方案。

本专题文章由来自中国的高校和企业中从事RIS技术研究的专家学者撰写，较为全面地反映了RIS技术创新的最新成果。在此，对各位作者的大力支持和精心撰稿表示衷心的感谢！希望本专题能对RIS技术的进一步研究和发展起到重要参考和积极推动作用。

赵亚军 费泽松

2022年6月5日