

基于专利分析的面向 6G 智能超表面技术发展研究

马玉芳

国家知识产权局专利局 专利审查协作天津中心, 天津 300300

摘要:智能超表面 (Reconfigurable Intelligent Surface, RIS) 技术作为 5G-Advanced 和 6G 潜在关键技术之一, 具备 准无源、连续孔径、易于部署、低功耗、软件可编程、宽频响应和低热噪声等优势, 能够重新塑造电磁环境, 实现多种功能。通过统计分析了面向 6G RIS 技术相关专利的申请量趋势、区域分布及技术创新主体, 梳理了 4 个主要分支 RIS 器件、波束赋形、信道估计以及通信感知一体化(Integrated Sensing and Communication, ISAC)的专利技术演进路线, 以专利技术演进路线为依托, 揭示面向 6G RIS 技术最新的发展趋势及研究热点。通过全球面向 6G RIS 专利的跟踪与分析, 充分挖掘了专利中承载的技术信息, 发挥了专利信息对国内技术发展的引导作用。

关键词:面向 6G 智能超表面; 智能超表面器件; 波束赋形; 信道估计; 通信感知一体化

Research on the Development of 6G Intelligent Reconfigurable Surface Technology Oriented Based on Patent Analysis

Ma Yufang

Patent Examination Cooperation (Tianjin) Center, Patent Office of the National Intellectual Property Administration, Tianjin 300300 China

Abstract Reconfigurable Intelligent Surface (RIS)' as one of the potential key technologies for 5G-Advanced and 6G' boasts advantages such as quasi-passivity' continuous aperture' ease of deployment' low power consumption' software programmability' broad-band response' and low thermal noise. It has the capability to reshape the electromagnetic environment and enable a variety of functions. This study conducts a statistical analysis on the trends in application volume' regional distribution' and key players in technological innovation related to 6G intelligent surface technology patents. Furthermore' it examines the technological evolution paths of three main branches: RIS device' beamforming' channel estimation' and Integrated Sensing and Communication (ISAC). By relying on these patent technology evolution paths' the study uncovers the latest development trends and research hotspots in 6G intelligent surface technology. Through tracking and analyzing global patents focused on 6G intelligent surfaces' the technical information embedded in these patents is fully explored' highlighting the leading role of patent information in domestic technological development.

keyword RIS for 6G; RIS device; beamforming; channel estimation; ISAC

1 引言

RIS 是一种由亚波长尺寸单元按特定空间排布形成的人工电磁结构, 可以通过数字编码方式调控电磁波的各种物理特性, 如幅度、相位、频率、极化等, 其工作原理是通过在表面上集成大量微型天线和电子元件实现对电磁波的动力学控制, 从而显

著提升无线通信性能。RIS 技术凭借提高通信覆盖、改善定位准确度、提升传输效率、强化通信安全、扩展传输通道和减少干扰等优势, 在未来的通信领域中扮演着重要角色, 并成为 6G 无线通信的关键技术^[1-2]。随着从万物互联向万物智联的发展, 面向 6G RIS 能够提供更高速、更可靠、更智能且

更高效 的无线连接及数据处理能力,为 6G 技术的各种应 用场 景提供强大的技术支持^[3]。

专利是推动科技创新的关键因素,专利公开的 详细信息可以 促进知识的共享和技术的传播,避免 重复研发,加速技术进 步。通过对专利数据的深入挖掘和分析,可以揭示技术发展趋 势、竞争格局以及 潜在的市场机会。企业可以通过专利分析来 制定战 略决策、优化资源配置、提高创新能力和市场竞争 力。政府和研究机构也可以利用专利分析来评估政 策效果,指导科 技发展规划^[4-5]。杨辰泓等^[6]采用 文献分析及其他方法对 RIS 辅助的无线通信技术 创新趋势和关键技术进行了分析,但国内 外尚无通过 专利分析方法对面向 6G RIS 技术的创新趋势进行 研究的报道。因此,为更全面地了解国内外面向 6G RIS 技术 的发展情况,本文以专利数据为分析对象,对面向 6G RIS 技术 的发展现状进行分析,包括专利 申请趋势、技术创新主体分析 以及重点方向创新态 势分析,为面向 6G RIS 技术的发展提供 参考。

2 数据来源

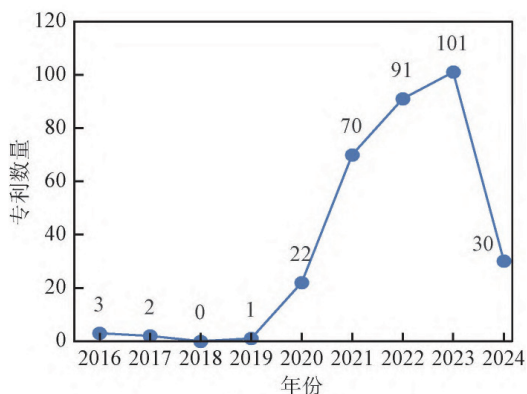
采用 6G、RIS 等关键词与 RIS 器件、波束赋形、

信道估计、ISAC 等关键词进行了组合,并结合分类 号 H01Q 等设计了检索式,利用 IncoPat 商业专利数 据库^[7]和中国 国家知识产权局专利检索及分析系 统^[8]完成了专利信息初步 检索。对初步检索的专 利文献,采用人工浏览手工去噪、去重、 分类号筛选 识别、关键词筛选和标引等 方法^[9],最终建 立 2016—2024 年全球面向 6G RIS 专利数据集,包含 340 项专 利(含发明、实用新型、外观设计专利),为 本研究提供研究基 础和支持依据。由于专利从申请 到公开需要 18 个月,部分申 请提前公开的通常需 要 6 个月,因此 2023 年以后的专利数据 仅供参考。在此基础上,对面向 6G RIS 的专利申请趋势、专 利 布局区域、全球技术创新主体等进行分析。

3 数据分析

3.1 专利申请趋势

如图 1 所示,面向 6G RIS 专利申请目前依然处



于快速增长期。可以看出,面向 6G RIS 的发展大致 划分 为两个阶段,2020 年之前的萌芽期和 2020 年 后的成长期。

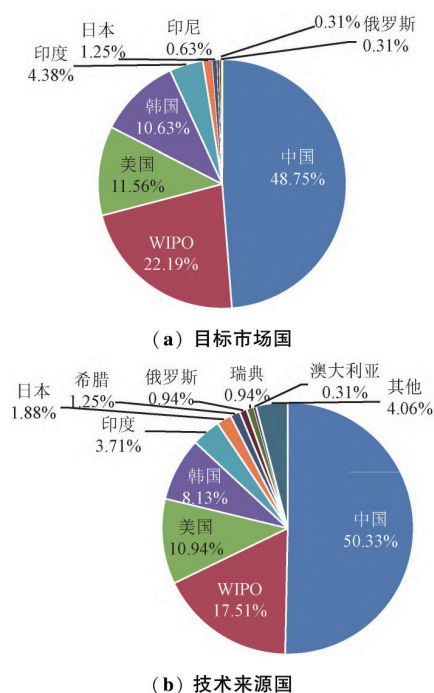
2016—2018 年,专利申请量增长缓慢,全球年专 利申请量 仅为个位数,属于面向 6G RIS 技术的萌芽 期。2020 年 7 月,三星公司发布了首个 6G 白皮书,将 RIS 列为 6G 无线使能技术 之一。2021 年 9 月,工 信部 IMT-2030(6G)推进组在 6G 研讨 会 RIS 分论坛 上正式发布了业界首个《智能超表面技术研究报告》^[10]。从 2020 年起,各大创新主体对该项技术积 极投入, 专利申请量呈现翻倍增长趋势,全球专利申

请量自 2020 年的 21 项/ 年快速增长至 2023 年的 92 项/ 年。从 2020 开始的 3 年时间里,面向 6GRIS 的专利技术呈飞 速增长趋势,原因在于面向 6G RIS 技术应用领域涉及 6G 典型 场景的各个方面,是 6G 通信研究的重点技术分支。根据专利 申请趋势分析 可知,面向 6G RIS 技术正逐渐从萌芽期步入成 长期。

3.2 全球专利布局区域专利年度申请趋势

图 2 为面向 6G RIS 专利全球目标市场国与技 术来源国分 布。通过分析可以了解面向 6G RIS 在 不同国家技术创新的活 跃情况,从而发现主要的技 术创新来源国和重要的目标市场。

目标市场国分布数据以专利发明公开国别为统 计指标,技 术来源国分布数据以最早优先权国别为 统计指标。从专利申请 趋势及目标市场国分布来 看,中国是目前最大的目标市场国, 且专利申请量优 势相对明显。虽然面向 6G RIS 技术在全球各 大洲 都有布局,但其目标市场主要是中国、美国,且申 请量排 名第一的中国的体量要远高于排名第二的美国。在亚洲地区, 韩国的申请量排在第二,印度申 请量排在第三,占据了一定的 比例。

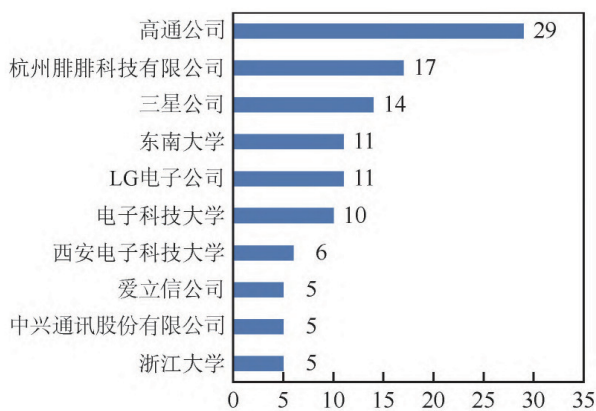


技术来源国分布与目标市场国专利分布情况大体一致,整体上看是各国创新主体在本土进行专利布局。中国是近年来面向 6G RIS 技术最大的技术来源国,中国创新主体近 5 年中申请了大量与面向 6G RIS 技术相关的专利。近些年,我国推出 6G 相关政策,国内无论是运营商、通信设备供应商均看中 6G 市场,纷纷结合自身已有基础,在面向 6G RIS 技术方面进行相应的研发和专利申请,各大高校也依托自身技术进行相关专利布局。

3.3 技术创新主体分析

为了解面向 6G RIS 领域技术创新主体情况,

分析推动该技术领域发展的重要力量,进一步了解该领域的主要申请人及其整体竞争态势,帮助研究人员调整研发方向和提供研究思路,统计面向 6G RIS 领域前 10 名申请人的专利申请数量,从而更全面地评估主要申请人的知识产权布局,对申请人进行合并统计,遵循的主要原则为:中英文名称的同一法律实体,或同一企业集团的关联企业。合并分析后的面向 6G



RIS 全球专利主要申请人如图 3 所示。

由图 3 可以看出,面向 6G RIS 技术创新主要来自于中国、韩国、美国和瑞典。其中,在专利申请量

排名前 10 的创新主体中,中国有 6 个,分别为杭州腓腓科技有限公司、东南大学、电子科技大学、西安电子科技大学、中兴通讯股份有限公司以及浙江大学;韩国有两个,分别为三星公司和 LG 电子公司;美国有一个,为高通公司;瑞典有一个,为爱立信公司。

高通公司的专利申请量排名第一,共有 29 项专利申请。作为美国的主要创新主体,高通公司在 6G RIS 方面的研究进展显著,已取得一系列重要成就:在硬件研发方面,已经成功研制了两块 16×16 单元的感知型 RIS 硬件;在信道估计和波束成形技术方面,在 RIS 辅助通信传输中的信道估计和波束成形等关键技术方面进行了深入研究;在系统架构和网络部署方面,探索了基于 RIS 的网络控制系统架构,以及 RIS 在网络部署中的应用,包括级联信道解耦、RIS 调控约束解决方案、信道调控和信息调制融合等方面的研究。

杭州腓腓科技有限公司的专利申请量排名第二,共有 17 项

专利申请,作为中国的新兴移动通信设备制造厂商,其专利涉及透射式 RIS 辅助的跌倒检测方法、连续调相 RIS 及其波束赋形和快速波束追踪方法等。波束追踪方法等。

三星公司的专利申请量排名第三,共有 14 项专利申请,在其发布的 6G 白皮书中提到 RIS 是 6G 无线通信的关键使能技术之一,并展示了其在 RIS 技术方面的研究成果。三星公司的研究表明,RIS 能够通过使用超材料表面来改善波束的锐度,并将无线信号导向期望的方向。这有助于减少高频信号(例如毫米波)的穿透损失和阻挡。

除上述排名前三的企业类申请人外,我国高校申请人在 6G RIS 的研究进展显著,东南大学、电子科技大学、西安电子科技大学以及浙江大学在面向 6G RIS 技术方面已储备较多专利技术。

东南大学作为排名第一的高校申请人,在该项技术方面的研发时间以及技术覆盖面较广,东南大学崔铁军院士团队在 6G 研究方面取得了新进展,他们与香港城市大学合作,共同研发了具有边带抑制效应的波导集成时空编码超表面天线。东南大学基于信息超材料的 RIS 技术已入选 IMT-2030(6G) 7 项关键技术备选方案之一^[11],其研发团队作为该项技术组长,负责在 IMT-2030 框架下推动 RIS 进入未来 6G 国际标准^[12]。

另一重要高校申请人为电子科技大学,其面向 6G RIS 相关的专利申请量仅次于东南大学,电子科技大学的邓龙江院士团队与毕磊教授在非互易超表面领域取得了重要进展,提出并研制了磁性相位梯度型非互易超表面。这种超表面能够实现电磁波相位的任意双向非互易传输,为电磁信息的传输和调控提供了新的功能和范式。

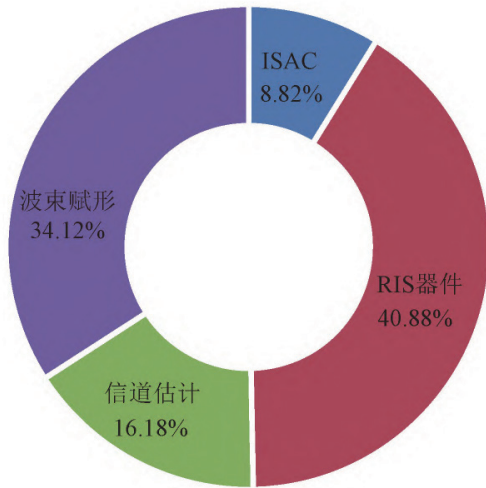
另一重要高校申请人为西安电子科技大学,李龙教授课题组提出了一种高性能联合调制功率放大可编程超表面携能通信系统,通过利用频率正交性和有源功率放大可编程超表面灵活的空间场操控能力,设计了具有 4 种独立相位调控状态的发射机,实现了高效率传输携能通信系统。此外,还有研究通过引入不同能量占比的联合调制方法,实现了高转换效率和高质量通信。

4 技术分支及演进

基于当前面向 6G RIS 技术按照研究热点方向进行归类和分析,绘制相应分支技术发展路线图,以揭示该领域的创新态势。如图 4 所示,面向 6G RIS 技术领域的专利申请主要涉及 RIS 器件、ISAC、信道估计及波束赋形。其中,40.88% 的专利分布在 RIS 器件,34.12% 的专利分布在波束赋形或波束成形技术,16.18% 的专利分布在信道估计,剩余 8.82% 的专利涉及 ISAC。可见,RIS 器件的技术储备最多,而 ISAC 技术则是未来技术突破方向。

4.1 RIS 器件

RIS 器件是一种基于超材料发展起来的新全球技术构成分析术,由大量 RIS 单元组成,这些单元能够调控入射电磁波



的幅度、相位、极化等电磁特性。RIS 器件几乎是一种被动设备，可以适应或改变发射器和接收器之间的无线电信号，从而实现无线传播信道的主动智能调控^[13-14]。综上所述，RIS 器件在 6G 技术中扮演着重要角色，通过其独特的电磁调控能力，可以显著提升通信系统的性能^[15]。

在 RIS 器件技术方面，有 139 项相关专利申请，专利申请量在面向 6G RIS 技术专利中排名第一，通过对这些专利进一步分析归类，可以发现 RIS 器件的演进方案主要包括 3 个分支：第一分支，是否有源，包括无源、有源以及混合方式；第二分支，RIS 波束赋形精度，从低精度到高精度；第三分支，从反射到透射。

4.1.1 是否有源 是否有源，包括无源、有源以及混合方式，现有

RIS 大多是准无源的，使得 RIS 反射链路面临固有的“乘性衰落”效应，而有源 RIS 通过在单元上集成功放来放大反射信号，可有效解决上述问题^[16]，RIS 器件是否有源技术发展路线如图 5 所示。

对于无源 RIS 器件，韩国先进科学技术研究院于 2021 年提出“可重构智能表面及其认证方法”（KR1020220138242）。可重新配置的 RIS 设备包括：RIS、多个无源天线，控制器能够控制所述多个无源天线，以在与终端完成相互认证之后，从所述基站接收的下行链路信号反射并发送到所述终端，能够防止对 RIS 的攻击。西安电子科技大学于 2023 年提出“一种基于频率选择表面的无源 RIS 增透膜及其在 5G 通信中的应用”（CN202311136713.6），增透膜粘贴在室外玻璃 3、室内玻璃 5 介质两侧，信号由基站发出，经由无源 RIS 传输至室内场馆，所述无源 RIS 表面通过调整辐射单元的反射相位来改变反射主波束的方向。

对于有源 RIS 器件，清华大学于 2022 年提出“基于集中放大架构的有源智能超表面天线”（CN202211570431.2），基于集

中放大架构的有源 RIS 能够实现收发波束独立调控，采用集中放大器既能提高发射信号的有效各向辐射功率，又能有效解决大规模分布式放大器引入电路自激问题，相比于无源 RIS 天线，有助于覆盖边缘信号增强和信息传输速率提升。北京电信规划设计院有限公司、中讯邮电咨询设计院有限公司于 2023 年提出“有源动态可调节的智能超表面设备”（CN202320941251.4），将 RIS 设备与光伏组件有机结合，有效地解决了 RIS 设备的供电问题。

对于有源和无源混合的 RIS 器件，西安电子科技大学先后于 2021 年、2022 年提出申请太阳能自供电的混合可重构智能反射表面方案（CN202110975932.8，CN202210125928.7），将太阳能电池与有源反射元件集成，解决了其供电问题。相对单独的有源 RIS 来说，可实现夜间正常工作，且实现了通信设备的小型化、节能化、智能化、低成本和减少后期维护成本，符合 6G 通信的绿色节能、智能可控的目标。

4.1.2 RIS 波束赋形精度

为提高 RIS 波束赋形精度，提出了多种高分辨

率 RIS 移相方法，可将移相精度从 1 bit 提高到 2 bit 甚至更高，例如多比特。RIS 器件波束赋形精度技术发展路线如图 6 所示。

东南大学提出“一种 1-比特毫米波电控可编程超表面”（CN202210144468.2）；电子科技大学提出一种“一种双通道双线极化 2 比特阵列天线”（CN202310616439.6），2 bit 的天线单元相比于 1 bit 设计具有更优的阵列辐射性能。安徽大学提出一种“一种 3 bit 双极化相位可调的可重构智能超表面”（CN202210901916.9），包括多个 3 bit 双极化相位可调的可重构 RIS 单元，每个 3 bit 双极化相位可调的可重构 RIS 单元上分别沿 x、y 轴两个方向上集成了一对变容管，通过控制变容管的两侧电压值可以在 x、y 轴两个方向上实现独立的 3 bit 调相。

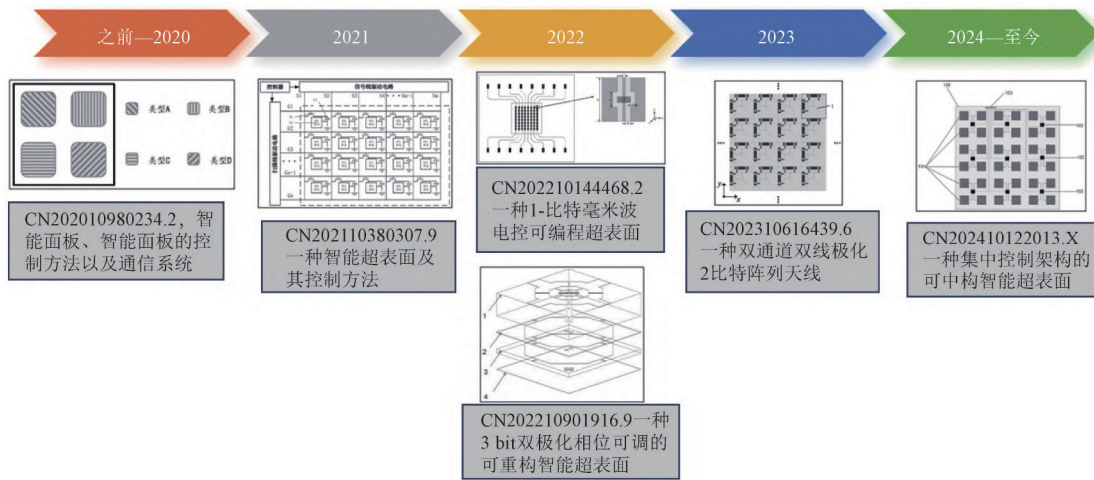
对于多比特技术，中兴通讯股份有限公司于 2020 年提出“智能面板、智能面板的控制方法以及通信系统”（CN202010980234.2），方案中每一类电磁单元具有对入射电磁波的 K-比特调控功能。

华中科技大学于 2021 年提出“一种智能超表面及其控制方法”（CN202110380307.9），通过模拟通断电路实现对 RIS 单元的模拟控制，相较于现有技术采用 1 bit 或 2 bit 量化处理的数字控制方式，能够采用更高分辨率的模拟控制，从而减少量化损失，提高控制精度。清华大学提出“一种集中控制架构的可重构智能超表面”（CN202410122013.X），采用集中控制型 RIS，将用于调节和控制相位的射频开关芯片与天线单元分离。设计了多比特多极化 RIS 天线。

4.1.3 从反射到透射

主流 RIS 是反射式的，近年来出现了透射式

RIS、联合反-透射式 RIS 等新形态，以支持室外 RIS 同时



服务于室内外用户,扩大 RIS 的应用范围^[17]。RIS 器件从反射到透射技术的发展路线如图 7 所示。

反射式 RIS 是 RIS 器件技术专利申请最早且专利数量最多的应用方向。华为提出“无线信号反射器及使用该无线信号反射器的无线通信方法”(WORU21000080);华中师范大学提出“反射型双极化 1 bit 编码器件、方法以及系统”(CN202211672827.8);北京邮电大学提出“一种相位可连续调控的大带宽智能反射面”(CN202310867175.1);浙江大学提出“机械动态可调的电磁波反射面单元及阵列式反射面”(CN202410448437.5)。

对于透射式 RIS,东南大学提出“一种具备滤波功能和调相功能的透射型可重构智能超表面”(CN202311080798.0);华南理工大学提出“一种宽带惠更斯超表面单元、透射阵列天线及设计方法”(CN202410025197.8)。

对于联合反-透射式 RIS,电子科技大学提出“基于介质超表面的双模式太赫兹波束调控器及方法及应用”(CN202010270800.0),器件可以通过热控或光控实现两种工作模式:透射模式和反射模式间的动态切换;三星公司提出“包含多个单位单元的 RIS”,用于向用户设备发送和接收信号的反射/透射可重配置智能表面;重庆邮电大学提出“一种在透射和反射模式下的多功能多频率复用编码超表面”(CN202310260707.5),单元结构在全空间模式下具有高性能反射和透射功能。

4.2 波束赋形

RIS 波束赋形对于提升通信质量至关重要。目前主要采用 3 种波束赋形方法^[18]:1 运用交替迭代优化法,该技术通过协同迭代优化的方式找出发射器和 RIS 之间的最优波束赋形权重^[19];2 以代码为基础的波束搜索方式,借助已有的编码集进行启发的波束搜索^[20];3 依赖于人工智能数据驱动的方案,即用神经网络自动产生需要的 RIS 波束赋形参数^[21]。这些方法各自具有独特的优势,共同推动了 RIS 技术在无线通信领域的应用和发展。RIS 在算法设计方面主要集中在波束赋形于信道估计,

其中波束赋形技术的专利数量占总数的 34.12%(116 项),专利申请数量排名第二,是面向 6G RIS 技术中的研究热点。波束赋形技术发展路线图如图 8 所示。

LG 电子公司于 2020 年提出“无线通信系统中终端和基站的信号收发方法和装置”(KR1020237011986),并且涉及用于在无线通信系统中基于大型智能表面(Large Intelligent Surface, LIS)在基站和终端之间进行通信的方法和装置,该方法涉及向 LIS 发送(S3701)同步信道。基于同步信道接收从 LIS 发送的 LIS 登记请求信道(S3703)。基于接收到的 LIS 注册请求信道,向 LIS 发送 LIS 注册完成信道(S3705)。调整 LIS 的反射光束图案(S3707)。基于调整后的 LIS 的反射波束方向图,通过 LIS 向终端发送信号(S3709)。

在通过机械旋转实现波束赋形技术方面,东南大学于 2021 年提出“用于实现动态波束赋形的莫尔超表面”(CN202111569674.X),动态可调超材料通过机械旋转实现波束扫描和波束形状切换。

为解决传统相控阵功耗高、造价昂贵的问题,杭州腓腓科技有限公司于 2022 年提出“基于可重构折射超表面的信号发射接收方法及装置”(CN202210631523.0),由于可重构折射超表面不存在馈源遮挡的问题,所以它的辐射效率比传统可重构反射超表面天线的高。

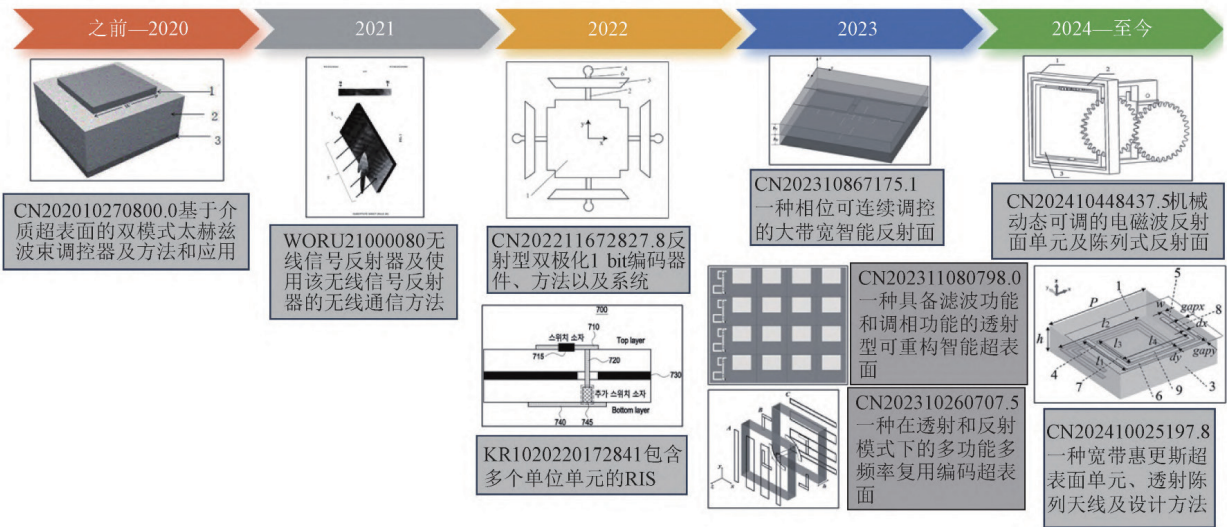
在无源波束性能改善方面,三星公司于 2023 年提出“用于智能反射表面(IRS)辅助的蜂窝系统波信息传输与接入技术

束训练的方法和装置”(WOKR23006045),该方法使获得的无源波束增益显著更高,能够在参考信号不正交的情况下避免由于同时传输而引起的干扰,并且向终端提供更好的吞吐量。

对于基于码本的波束成形技术,高通公司于 2024 年提出“可重构表面的基于码本的波束成形考虑”(IN202447039313),该方法能够有效地支持用于可重构表面的基于码本的波束成形考虑。

4.3 信道估计

RIS 通信系统的高效运行,信道估计发挥着关键作用^[22]。



RIS 单元众多,准确预测信道仍然是一个技术难题。当前,RIS 信道估计算法主要包括两类:一是采用基于 RIS 信道的时间和空间特征,以降低需要使用的导频信号量,进而提高信道估计的效果;二是借助在 RIS 中集成的感测器(例如毫米波雷达或相机等),并综合各种信道的物理属性及多源数据进行信道估计^[23]。这种方法能够提供更为全面的信道信息,有助于提高信道估计的准确性。

对于 RIS 在算法设计方面,主要集中在波束赋形与信道估计,其中信道估计技术的专利数量占总数的 16.18%(55 项),是面向 6G RIS 技术非常具有研究价值的领域,信道估计的技术发展路线如图 9 所示。

对于应用信道估计算法实现定位,诺基亚公司于 2020 年提出“由诸如智能反射表面(SIR)的可重新配置反射表面辅助的 UE 定位”(US17920954),UE 对传输进行测量,并且可以确定到达角、到达时间或参考信号接收功率的(一个或多个)测量,和、或确定信道估计。

对于提高无线通信系统的容量和能效,华为公司于 2021 年提出“用于智能表面辅助通信中的信道重构的方法和装置”(WOUS21045479),该方法以低成本的方式有效地重构智能反射面辅助无线通信中

的信道,从而提高无线通信系统的容量和能效。对于复杂信道估计的计算复杂度改进,韩国电子通信研究院于 2022 年提出“在通信系统中估计信道的的方法和装置”(US18086276),该方法降低了复杂信道估计的计算复杂度,提高了基于智能反射面的通信系统的性能。对于通信信道改进场景,中国联通于 2023 年提出“一种智能超表面 RIS 的部署方法及测试方法”(CN202310943763.9),该方法解决了相关技术中存在的 RIS 部署中安装不准确、安装效率低的问题,适

4.4 ISAC

作为 6G 技术中具有巨大发展潜力的领域,ISAC 主要特点

在于软件和硬件设备之间的协作工作,这使得它们能共同完成对实体世界及虚拟世界的感应任务,并提供广泛的智能化通信服务^[24]。此项创新科技不仅能够传输数据时捕捉周围环境的信息,还可有效提高通信与认知的效果,ISAC 实现了信息的融合,使其相互补充。它不仅可以在相同的频谱上工作,还能共享硬件和信号处理模块,以提供多样化的感知服务^[25]。

ISAC 技术专利数量占总数的 8.82%(30 项),是目前面向 6G RIS 领域新兴技术方向,ISAC 技术发展路线如图 10 所示。

ISAC 技术应用场景广泛,山西大学于 2022 年提出“一种三维 RIS 辅助的煤矿通感一体化网络优化方法及装置”(CN202210033832.8),优化煤矿通信网络模型中三维智能地表的反射系数矩阵,完成煤矿通信一体化网络的优化。北京邮电大学于 2022 年提出“面向通信感知一体化的智能超表面的波束赋形方法和装置”(CN202211412346.3)。

对于 ISAC 系统的频谱效率及通信速率,重庆邮电大学于 2023 年提出“智能反射表面辅助的通信感知一体化系统波束成型方法”(CN202310110643.0),支持较高的信息速率并保证了系统的探测能力,增强了系统通信感知的性能,降低了雷达波形对多用户通信的干扰,提高了 ISAC 系统的频谱效率。西北工业大学于 2023 年提出“一种可重构智能表面辅助安全传感和通信控制方法及系统”(CN202311808740.3),该方法根据时变信道状态部署 ARIS,最大化安全通信速率,保证信息的安全传输。将 ARIS 辅助的 ISAC 网络环境建模为马尔可夫决策过程,采用深度确定性策略梯度算法优化无人机位置,使安全传输速度最大化。

郑州大学于 2024 年提出“一种透射反射双功能可重构智能表面辅助通感一体化的安全通信系统及方法”(CN202410153503.6),该方法包括建立反射双功能可重构智能表面辅助 ISAC 系统模型。提出了反射双功能可重构智能表面耦合相移来同时实现感知和通信策略,并形成了能量分裂

和时间切换的反射双功能可重构智能表面操作协议的有源和无源波束形成相结合的优化问题。北京天坦智能科技有限公司于2024年提出“一种融合反射和透射于一体的智能超表面”(CN202410187559.3),利用半无源器件实现全空间的被动波束赋形(即可控通信环境),相比于现有的传统RIS技术,增添了可控透射的功能,并增加了调节与部署的灵活性。

5 结束语

从全球专利分析情况来看,面向6G RIS技术正逐渐从萌芽期步入成长。基于专利信息分析,对我国政府和研究机构提出以下建议。

目前面向6G RIS技术研发热点情况如下:RIS器件的技术储备最多,RIS器件的研究主要集中在无源、有源以及混合方式3个方面。对于RIS,在算法设计方面,主要集中在波束赋形与信道估计。ISAC技术虽然目前申请量较少,但无疑是未来的技术突破方向。因此,我国政府宜重点支持RIS器件、波束赋形、信道估计、ISAC等领域的技术研发,研究机构也应加强在这些领域的研究深度并申请高价值

专利。我国是最大的目标市场国和技术来源国,专利数量排名领先,面向6G RIS技术也从萌芽期逐渐进入成长期,因而相关领域技术的标准化和产业化是当前需要重点关注的问题。建议推进标准化与产业化进程。加快标准制定:积极参与国际和国内6G RIS技术的标准化工作,推动形成统一的技术标准和测试规范,为产业化奠定基础。促进产业链协同发展:加强上下游企业的合作,推动形成完整的产业链体系,包括材料供应、设备制造、测试验证等环节,实现协同发展。

参考文献:

- [1] NI X J,EMANI N K,KILDISHEV A V,et al. Broadband Light Bending with Plasmonic Nanoantennas[J]. Sci- ence,2012,335:427.
- [2] AIETA F,GENEVET P,KATS M A,et al. Aberration-free Ultrathin Flat Lenses and Axicons at Telecom Wave- lengths Based on Plasmonic Metasurfaces[J]. Nano Let- ters,2012,12(12):4932-4936.
- [3] NI X,WONG Z J,MREJEN M,et al. An Ultrathin Invisi- bility Skin Cloak for Visible Light[J]. Science,2015, 349:1310-1314.
- [4] 马克,陈燕,孙全亮. 产业技术创新过程中专利竞争情报的领航功能与作用[J]. 科技促进发展,2017,13(7):567-572.
- [5] 房华龙,王艳坤. 专利技术分析方法的探讨[J]. 中国发明与专利,2011(1):77-79.
- [6] 杨辰泓,桑健,李潇,等. RIS辅助的无线通信:原型验证与实测进展[J]. 电信科学,2024,40(7):1-12.
- [7] IncoPat.IncoPat 全球专利数据库 [DB/OL].[2024-信息传输与接入技术
- [8] 中国国家知识产权局. 专利检索及分析系统 [DB/ OL]. [2024-11-08]. <https://pss-system.cponline.cn/pa.gov.cn/conventionalSearch>.
- [9] 马天旗. 专利分析:检索、可视化与报告撰写[M]. 2版. 北京:知识产权出版社,2021.
- [10] IMT-2030(6G)推进组. 智能超表面技术研究报告[R]. 北京:IMT-2030(6G)推进组,2021.
- [11] IMT-2030(6G)推进组. 6G总体愿景与潜在关键技术白皮书[R]. 北京:IMT-2030(6G)推进组,2021.

- [12] IMT-2030(6G)推进组. 通信感知一体化技术研究报告[R]. 北京:IMT-2030(6G)推进组,2021.
- [13] LI L L,ZHAO H T,LIU C,et al. Intelligent Metasurfaces: Control,Communication and Computing[J]. eLight,2022, 2(7):75-98.
- [14] DAI L L,WANG B C,WANG M,et al. Reconfigurable In- telligent Surface- based Wireless Communications:Antenna Design,Prototyping,and Experimental Results[J]. IEEE Access,2020,8:45913-45923.
- [15] ZHANG Z J,DAI L L. Reconfigurable Intelligent Surfaces for 6G:Nine Fundamental Issues and One Critical Prob- lem[J]. Tsinghua Science and Technology,2023,28(5): 929-939.
- [16] ZHANG Z J,DAI L L,CHEN X B,et al. Active RIS vs. Passive RIS:Which Will Prevail in 6G? [J]. IEEE Trans- actions on Communications,2023,71(3):1707-1725.
- [17] MU X D,LIU Y W,GUO L,et al. Simultaneously Trans- mitting and Reflecting (STAR)RIS Aided Wireless Com- munications[J]. IEEE Transactions on Wireless Commu- nications,2022,21(5):3083-3098.
- [18] BRANCATI G, CHUKHNO O, CHUKHNO N, et al. Reconfigurable Intelligent Surface Placement in 5G NR/ 6G:Optimization and Performance Analysis[C] // 2022 IEEE 33rd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC). Kyoto:IEEE,2022:1-6.
- [19] YU Z,HU X,LIU C,et al. Location Sensing and Beam- forming Design for IRS-enabled Multi-user ISAC Systems [J]. IEEE Transactions on Signal Processing,2022,70: 5178-5193.
- [20] SUN G C,ZHANG Y Q,HAO W M,et al. Joint Beam- forming Optimization for STAR-RIS Aided NOMA ISAC Systems [J]. IEEE Wireless Communications Letters, 2024,13(4):1009-1013.
- [21] ZHU Q,LI M,LIU R,et al. Joint Transceiver Beamform- ing and Reflecting Design for Active RIS-aided ISAC Sys- tems [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2023,72(7):9636-9640.
- [22] WU Q,ZHANG S,ZHENG B,et al. Intelligent Reflecting Surface Aided Wireless Communications:A Tutorial[J]. IEEE Transactions on Communications, 2021, 69(5): 3313-3351.
- [23] TANGW K,CHEN M Z,DAI J Y,et al. Wireless Commu- nications with Programmable Metasurface: New Para- digms,Opportunities, and Challenges on Transceiver De- sign[J]. IEEE Wireless Communications,2020,27(2): 180-187.
- [24] LIU F,CUI Y H,MASOUIROS C,et al. Integrated Sensing and Communications: Toward Dual-functional Wireless Networks for 6G and Beyond[J]. IEEE Journal on Select- ed Areas in Communications,2022,40(6):1728-1767.
- [25] WANG X, FEI Z, HUANG J, et al. Joint Waveform and Discrete Phase Shift Design for RIS-assisted Integrated Sensing and Communication System Under Cramer-rao Bound Constraint[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technolo gy,2022,71(1):1004-1009.