

Overview of NTN Industry Development

Lu Wang

Patent Examination Cooperation Sichuan Center of the Patent Office, CNIPA, Chengdu, Sichuan, 610299, China

Abstract

Non Terrestrial Network (NTN) is a multi-layer wireless communication network oriented towards satellite communication and low-altitude communication. It can realize the network connection between the earth and the sky, and is a key technology for 6G communication. Many countries regard NTN technology as an important development strategy, and all parties in the industry, including operators, network equipment, chip terminals, and satellite companies, are actively investing in the research and development of NTN technology. From the perspective of the NTN industry, this paper analyzes the current status of the development of the NTN industry with multiple dimensions, including national and local policies, industrial chain ecology and progress, 3GPP NTN standard progress, and CCSA NTN standard progress, hoping to provide a reference for the research and development of relevant innovation entities and all parties in the industrial chain.

Keywords

NTN; satellite communication; 6G; industry chain; standard

NTN 产业发展综述

王璐

国家知识产权局专利局专利审查协作四川中心, 中国 · 四川 成都 610299

摘要

非地面网络 (Non-Terrestrial Network, NTN) 是面向卫星通信和低空通信的一种多层无线通信网络, 能够实现天地一体的泛在连接, 是 6G 通信的关键技术之一。多个国家都将 NTN 技术视为重要发展战略, 运营商、网络设备、芯片终端、卫星公司等产业各方都积极投入 NTN 技术的研发。论文从 NTN 产业的视角, 分别从国家地方政策、产业链生态及进展、3GPP NTN 标准进展以及 CCSA NTN 标准进展多个维度对 NTN 产业发展现状进行分析, 期望为相关创新主体及产业链各方的研发提供参考。

关键词

NTN; 卫星通信; 6G; 产业链; 标准

1 引言

目前, 全球陆地蜂窝通信网络已经覆盖了 80% 的人口, 但由于全球人口分布相对集中, 从陆地面积来看蜂窝网络仅覆盖了 20% 的陆地面积, 仅为地表面积的 6%。人口稀薄地区的基站建设成本较高, 网络覆盖情况和网络体验仍待改善^[1]。此外, 当发生自然灾害或其他突发性紧急情况时, 蜂窝网络的地面设备常常受到损害, 无法保障应急通信需求。中国国土面积广阔, 全国覆盖的蜂窝网络工程难度较大, 建设成本较高。NTN 技术则完美解决了上述问题, 通过星地融合通信, NTN 能够提供无处不在的网络覆盖, 实现天地一体化的泛在网络。作为 6G 时代实现海空天地一体化的重要技术, NTN 技术是世界各国当前研究的热点。

【作者简介】王璐 (1992-), 女, 中国云南宣威人, 硕士, 知识产权师, 从事网络通信领域专利审查研究。

2 产业政策

NTN 作为 6G 的关键技术之一, 被美国、欧盟、日本等发达国家和地区视为重要发展战略, 前述国家和地区相继出台各项政策以推动 NTN 产业的发展, 相关政策覆盖从卫星制造、发射、地面设备到星座组网等的全产业链。2023 年 2 月, 西班牙授权 Globalstar 基于其卫星移动通信频谱提供互补的地面服务; 2023 年 3 月, 美国联邦通信委员会 (FCC) 通过地面频谱共享的提案, 允许卫星运营商在满足特定条件时申请使用地面蜂窝网络的频谱, 为手机直连卫星提供了政策支持。2023 年, 欧盟启动 6G-NTN 项目, 旨在设计和验证未来 NTN 的关键技术, 推动 6G NTN 的标准化工作。2024 年初, 美国联合 9 个盟友国达成“共同原则”以加强国际 6G 技术与标准合作。

近年来, 中国政府也高度重视 NTN 技术的研发与产业化推进, 陆续一系列政策法规, 助力 NTN 行业发展。2020 年 4 月, 卫星互联网首次作为通信网络基础设施被纳入国家

“新基建”的范畴。2021年11月，工信部发布的《“十四五”信息通信行业发展规划》从顶层规划层面明确提出基于协调发展的卫星网络体系，构建天地一体的信息网络。国务院等陆续发布的多项“十四五”规划也为 NTN 空间基础设施的创新升级提供了政策支持。2024年1月，工信部发布的《关于推动未来产业创新发展的实施意见》中进一步强调了前瞻布局 6G、卫星互联网、手机直连卫星等关键技术研究的重要性。地方层面，随着十四五规划的发布，各省市也结合自身的发展特点针对 NTN 行业做出了相应规划，北京、上海、陕西、四川、重庆、雄安等多地出台了相应的指导政策，涵盖了火箭运载、卫星、载荷、原材料、制造、芯片等各个产业方向。

3 产业链生态及进展

长期以来，卫星通信和地面移动通信分属两个产业链和生态链，彼此独立发展和演进。整体而言卫星通信的发展可分为三个阶段：第一阶段始于 20 世纪 80 年代，以铱星为代表的多个卫星星座计划在该阶段提出，旨在建设可与地面移动通信竞争的、覆盖全球的通信网络。2000 年前后进入第二阶段，在该阶段卫星公司主要为地面网络提供补充服务，通信规模有限。第三阶段从 2014 年开始，彼时 SpaceX 等公司开始主推新型卫星星座建设，卫星网络向着高通量方向持续发展。近年来，随着技术与产业发展，泛在通信需求的增长，卫星通信与地面移动通信产业生态开始融合，且有望在 6G 时代实现天地一体，为泛在立体空间提供全场景融合的新服务。

从体系架构来看，NTN 网络分为即天基段、地面段和应用段三部分，其中天基段也被称为空中段或空间段，天基段以星座中的通信卫星为主体，涵盖无人机、高空平台站等飞行器。地面段包括地面基站、控制中心、信关站等地面设施，负责与天基段的通信以及网络的管理和控制。应用段也被称为用户段，主要由各种用户终端构成，涵盖了各类移动设备、固定设备等。

天基段的产业链包括卫星部件/组件制造、卫星整星制造、卫星发射以及卫星运营。卫星平台和卫星载荷的制造是卫星制造的主要内容，其中，卫星平台制造涉及结构、电源、动力、遥测、热控以及姿控等方面的技术。卫星载荷主要包括通信载荷、星间链路、天基物联等，涉及天线、转发器、材料和电子元器件等方面的技术。卫星发射环节主要由火箭制造及火箭发射。卫星制造和卫星发射环节存在较高的技术门槛，研发成本较高、研发难度大且研发周期较长。前述环节，在国外 SpaceX 一家独大，国内则由中国航天科技集团、中国航天科工集团等央企占据主导地位。卫星运营主要包括方案服务（如通用解决方案和行业解决方案等），资源服务（如资源整合、灵活调度、按需服务等），产品服务（如移动通信、宽带广播、窄带通信、卫星固定服务等）。在卫星

运营环节，SpaceX 和 OneWeb 仍具有领先优势，SpaceX 推出的 Starlink 星座通过星间链路建立高速带宽通信网络，为用户提供卫星互联网网络服务，并计划为特斯拉的新能源汽车提供卫星信号。OneWeb 公司联合了多个龙头企业，在卫星制造、发射、运营等各个环节均有布局，针对卫星网络建立了完善的产业生态。与此同时，中国卫星网络集团、中国电信、中交集团、中国卫通等中国卫星通信运营商也在积极布局。

地面段的产业链主要包括地面站部件/组件制造以及地面运维控制，涉及接入网和核心网。应用段的产业链主要包括芯片模组天线、应用终端解决方案以及下游应用场景。前述环节吸引了众多企业参与，业界整体处于预研、测试及快速催熟阶段。

NTN 技术能够实现天地一体的融合网络，服务手持、船载、车载、机载等用户终端，其典型应用场景包括手机直连卫星、汽车直连卫星、海运场景、航空场景、智慧农业以及各类应急保连接服务等。其中，大众手机直连卫星服务基于统一终端，用户规模大、产业链复用程度高，是 NTN 的重要应用场景。根据中国信通院分析报告，国内市场 2023 年手机出货量累计 2.89 亿部，2026 年预计将达 3.14 亿，三年内预估 NTN 芯片出货量有望突破 5000 万片。对于汽车直连卫星的场景，中国汽车工业协会预估 2024 年全国汽车出货量约为 2500 万台，2025 年约为 2620 万台，2026 年约为 2755 万台，其中约有 2%~3% 的比例为高端车型。根据 NTN 卫星直连模组在汽车前装的渗透趋势，2024 年预计采用 NTN 技术的汽车直连卫星的高端车型约为 5 万台，到 2026 年逐渐从高端车型拓展到中低端车型，达到 52.3 万台。

根据带宽要求，NTN 可被分为 IOT NTN（窄带）和 NR NTN（宽带），其中 IOT NTN 主要提供低速数据传输、短消息等功能，而 NR NTN 侧重支持宽带数据、语音等功能。目前，高通、泰雷兹、爱立信基于低轨卫星启动了 5G 太空项目，以开展 NTN 试验。SpaceX 和 T-Mobile 公司成立技术联盟，开展“手机直连卫星”研究测试。AST SpaceMobile 公司与 AT&T 合作，完成基于存量手机直连卫星的双向语音通话测试。西班牙卫星通信公司 Sateliot 完成了基于 3GPP R17 标准的 IOT NTN 测试，并获得欧洲航天局认可^[2]。美国卫星运营商 Skylo 已宣布推出基于摩托罗拉手机的 NTN 商用服务（APP 模式的卫星短数据）。韩国移动运营商 LG U+ 与高校合作，利用量子计算机优化用于 6G 通信的低轨卫星网络结构。华为、苹果手机已基于卫星私有协议支持卫星通信功能。

国内产业各方也积极投入 NTN 技术产业，2023 年 4 月，中国 IMT-2020（5G）推进组正式成立 NTN 工作组，旨在推动制定手机卫星通信的“中国标准”，NTN 工作组成员涉及芯片厂商、网络设备/终端厂商、运营商、科研单位企业以及高校。

目前,在IoT NTN方面,中兴、华为、中信科、佰才邦等设备厂商已经完成了NTN基站研发,联发科、展锐等芯片厂商已推出芯片,VIVO、OPPO、小米等也已推出支持IoT NTN的试验终端,中国移动、中国电信已完成IoT NTN外场测试^[2]。NR NTN方面,相关芯片将在2024年问世,大唐电信、华为、中兴等也已完成NR NTN基站研制,中国移动、中国电信积极推进NR NTN实验室测试,整个体系已经具备端到端测试验证能力。同时卫星公司也在积极开展大规模相控阵天线、激光星间链路研究,以支撑NTN技术的发展。

4 GPP NTN 标准进展

3GPP作为通信行业最重要的国际标准化组织之一,为了促进标准统一和产业规模化,启动了NTN体制的标准化研究。3GPP在Release 15(R15)阶段首次提出支持NTN的5G研究立项,该阶段的主要研究内容包括NTN的应用场景和信道模型。R16阶段基于R15研究了NTN组网架构、物理层设计和高层设计等解决方法^[3]。

R17阶段,3GPP主要关注基于透明转发架构系统,正式启动了NR NTN和IoT NTN规范的制定。在该阶段,NR NTN重点提出了以下增强技术:①网络架构:支持透明转发模式下手机直连卫星,解决核心网侧注册、会话建立流程中的关键问题。②时频同步:引入终端侧和卫星测的时频补偿机制,参考星历信息弥补服务链路(终端-卫星)和馈电链路(卫星-信关站)引入的大时延和多普勒频偏。③移动性:引入基于时间和位置信息的小区选择/重选和切换机制,提高了移动性管理的准确性。④频谱:引入n255(上行:1626.5~1660.5MHz,下行:1525~1559MHz)和n256(上行:1980~2010MHz,下行:2170~2200MHz),作为支持NTN技术体制的卫星频段,采取频分双工模式,规范了手持终端的射频性能要求。IoT NTN复用了NR NTN的部分技术,并针对非连续覆盖提出要求。

R18阶段仍聚焦透明转发模式,2024年6月18日,R18标准正式冻结。在该阶段,NR NTN进一步完善5G卫星组网能力,重点包括:①支持10GHz以上频段部署:3GPP将考虑相关共存场景,R18指定的超过10GHz的3个新NTN频段是n510、n511和n512。②覆盖增强:考虑NTN时延大和卫星高速运动特性,重点增强上行信道,在PUCCH信道引入重复传输机制以提高信号质量,在PUSCH信道引入DMRS联合信道估计以提高信道估计准确度。③移动性和服务连续性增强:针对卫星小区频繁切换信令开销大的问题,引入RACH-less和不改变PCI的切换方案优化信令流程,降低切换开销,并在陆地和卫星小区边界通过广播小区覆盖范围避免对小区频点的盲目搜索。④基于卫星回传架构的星上MEC,支持星上本地数据交换功能:考虑到某些边缘地区的基站与核心网之间难以部署回传网

络,3GPP提出了集成卫星回传的5G网络架构。并针对卫星链路引入的较长数据包延迟和有限带宽等问题,通过在高轨卫星上部署UPF和/或EASDF等核心网网元,实现星上MEC和星上本地数据交换。

IoT NTN体制则主要增强了:①移动性增强:支持无线链路失败前的相邻小区测量和相应的测量事件触发、支持适用于eMTC和NB-IoT的相邻小区星历系统信息信令,并沿用R17 NR NTN中引入的移动性增强方案来适应eMTC的移动性。并针对非对地静止星座稀疏导致的不连续覆盖问题,增强AMF网络功能,使其能够根据卫星的覆盖周期调整移动可达定时器和/或隐式去注册定时器的值,避免网络在无卫星覆盖时仍频繁寻呼卫星接入的物联网终端,并增设等待定时器来防止当卫星覆盖再次可用时,大量物联网终端同时向网络发起移动注册更新,产生信令风暴问题。②业务体验增强:通过禁用HARQ混合自动重传请求反馈,避免由于无空闲HARQ进程ID而无法传输新数据的情况,减轻了HARQ等待对物联网终端设备数据传输速率的影响。

2024年初,3GPP已批准R19阶段的工作项目(work item,WI),NR NTN将聚焦再生模式,工作重点包括基站上星、上行链路容量增强、下行覆盖增强、广播服务的服务区域通知能力、NTN+RedCap(reduced capability)^[4],IoT NTN的工作重点则包括存储转发模式研究以及上行能力增强。

5 CCSA NTN 标准进展

基于国内运营商的实际需求,中国通信标准化协会CCSA基于3GPP标准推进国内的5G NTN标准定制工作,根据发展现状,当前推荐采用透明转发模式进行NTN初步部署,在无线接入层面重点关注IoT NTN的空口支持,在核心网层面同时支持IoT NTN和NR NTN两种业务类型,完备NTN窄带物联的行标体系。

6 结论

NTN技术是实现天地一体化的重要途径,3GPP NTN标准正在加快制定中,促进了星地网络的融合。集成地面通信和卫星通信能力的终端是未来的发展方向,需要产业链各方联合推动标准的完善,加快NTN技术的产业化进程,共同构建天地一体的信息网络。

参考文献

- [1] 张莹莹,李爽.NTN非地面网络技术发展综述[J].广播与电视技术,2023,50(12):33-36.
- [2] 邓伟.基于3GPP NTN的天地一体技术与产业发展研究[J].通信世界,2023(21):16-19.
- [3] 中国电信.5G NTN技术白皮书[R/OL].2023.
- [4] 刘会,叶阳,丁志东,等.星地融合下的手机直连关键技术研究[J].电信科学,2024,40(4):10-17.