

DOI:10.16356/j.1005-2615.2021.S.017

## 5G 通导遥一体化在林业资源管理中的应用

张坐方<sup>1</sup>, 李洋<sup>2</sup>, 李莹<sup>2</sup>, 孙艺<sup>3</sup>, 梁润汉<sup>4</sup>

(1. 中国航天科工集团公司空间数据服务中心, 北京 100068; 2. 中国航天科工信息技术研究院, 北京 100068;  
3. 中国航天科工集团有限公司, 北京 100048; 4. 中国航天系统工程有限公司, 北京 100068)

**摘要:** 在 5G 快速发展的时代背景下, 为解决林业资源管理中网络覆盖有限、即时通信困难和遥感数据利用不充分等问题, 本文探讨了融合通信、导航、遥感卫星系统与地面移动通信网络, 实现即时通信、精准定位、遥感数据按需服务的可行性, 提出了“云+端”的 5G 通导遥融合应用模式, 推动新一代航天技术赋能智慧林业建设。

**关键词:** 5G; 通导遥一体化; 林业资源管理; 天基物联网

中图分类号: P237 文献标志码: A 文章编号: 1005-2615(2021)S-0102-05

## Integration of Satellite Communication-Navigation-Remote Sensing in 5G for Forest Resource Management

ZHANG Zuofang<sup>1</sup>, LI Yang<sup>2</sup>, LI Ying<sup>2</sup>, SUN Yi<sup>3</sup>, LIANG Runhan<sup>4</sup>

(1. Spatial Data Service Center, China Aerospace Science and Industry Corporation Limited, Beijing 100068, China;  
2. Research Institute of Information Technology, China Aerospace Science and Industry Corporation Limited, Beijing 100068, China; 3. China Aerospace Science and Industry Corporation Limited, Beijing 100048, China; 4. China Aerospace System Engineering Corporation Limited, Beijing 100068, China)

**Abstract:** In the current rapidly developing 5G era, in order to solve issues such as network coverage limitations, instant communication difficulties, and inadequate use of remote sensing data for forest resource management, many studies have been conducted. This article discusses the feasibility of integrating satellite communication-navigation-remote sensing systems with terrestrial mobile cellular networks to enable real-time communication, precision navigation, and on-demand service of remote sensing data. The combined application of spatio-temporal data cloud and mobile devices based on the satellite communication-navigation-remote sensing techniques promotes the smart forestry enabled by the new generation of aerospace technology.

**Key words:** 5G; satellite communication-navigation-remote sensing integration; forest resource management; space-based internet-of-things (IoT) network

中国幅员辽阔, 自然资源丰富, 地形地势复杂, 传统的技术手段难以满足资源调查与保护、灾害预警与监测等实际需求, 而卫星遥感技术全天时、全天候和大范围获取林区信息的能力可以实现森林精细化管理<sup>[1]</sup>, 导航和通信卫星的定位和通信功能可以支撑林业巡护及调查人员的精准定位、实时沟

通、信息上报; 多源卫星遥感数据结合人工智能分析技术, 可以大范围监测林地异常情况, 估算蓄积量等森林参数<sup>[1]</sup>。随着中国航天产业的不断发展, 具有“站得高、传得远、看得见”独特优势的空间信息网络已成为提升林业资源管理现代化水平、推进新时期生态文明建设的重要技术手段。

**基金项目:** 国家重点研发计划(2017YFD0600903)资助项目。

**收稿日期:** 2021-05-05; **修订日期:** 2021-06-10

**通信作者:** 李莹, 女, 高级工程师, E-mail: liying2011@otitan.com。

**引用格式:** 张坐方, 李洋, 李莹, 等. 5G 通导遥一体化在林业资源管理中的应用[J]. 南京航空航天大学学报, 2021, 53(S): 102-106. ZHANG Zuofang, LI Yang, LI Ying, et al. Integration of satellite communication-navigation-remote sensing in 5g for forest resource management[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2021, 53(S): 102-106.

目前,以卫星为代表的空间技术已经从试验验证阶段进入到业务化运行阶段,成为经济建设和社会发展的力量。卫星通信网络覆盖全国,行云工程中低轨商业通信卫星星座蓬勃发展,服务能力不断提升;北斗卫星导航系统为中国和亚太地区提供定位精度优于10 m、测速精度优于0.2 m/s、授时精度优于50 ns的导航定位服务;遥感卫星在轨数量超过235颗<sup>[2]</sup>,它们为气象、海洋、农业、林业、国土和公共安全等重要领域提供信息服务和决策支持。

近年来,卫星遥感技术在中国林业资源管理领域的应用愈发广泛,但是中国现有的通信、导航、遥感卫星系统各成体系,导致信息分离、服务滞后。目前,中国卫星应用和市场化水平与国际先进水平相比尚有差距<sup>[3]</sup>,通信卫星的遥感和导航数据传输能力有限,导航卫星宽带传输能力不足<sup>[3-5]</sup>,遥感卫星资源利用率和空地一体化数据处理、应用水平偏低<sup>[6-8]</sup>。因此,随着空间基础设施的完善以及5G移动通信技术的发展,急需突破现有卫星通信、导航、遥感应用“泾渭分明”的传统模式,融合地面通信技术与卫星技术,实现天地互联、协同传输、按需服务。

本文结合当前5G技术热点,利用行云工程试验验证星具备的低成本快速接入能力,以及北斗卫星导航系统的导航定位能力,瞄准林业等自然资源领域对实时通信和遥感数据服务的共性需求痛点,提出“云+端”的通导遥融合应用模式。通导遥一体化终端负责采集数据并传输至云上,由林业时空信息云服务平台进行数据分析处理并赋能到端上,解决通信、导航服务从有限覆盖到全覆盖、非实时到准实时的行业难题,以及海量多源异构遥感数据快速处理发布的问题,实现单一要素到多要素数据融合应用,助力打造林业业务纵向全覆盖、横向全流程的信息化综合服务体系。

## 1 5G通导遥一体化技术

### 1.1 卫星通信技术

卫星通信是全球在轨卫星应用的首要领域。截止2018年底,全球共有在轨卫星2100颗,其中22%是商业通信卫星<sup>[9]</sup>。总的来说,通信卫星呈现向高通量和中低轨小星座“两极化”发展的趋势。高通量卫星采用多点波束,可提高通信容量,使单位带宽的价格下降,而构成通信卫星星座的小卫星成本低、数量多,打开了低成本的“万物互联,宽带接入”市场,以匹配地面移动通信的价格满足偏远林地、海洋等地面通信网络无法覆盖区域的宽带接

入需求。

行云工程是中国首个自主投资建设的低轨窄带物联网卫星星座,计划分 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 三个阶段,最终完成80颗低轨通信卫星的发射,实现全球范围内各种物联网信息节点或传感器的连接,形成万物互联互通的天基物联网,解决因地面移动通信基站覆盖不足而导致的数据传输盲区问题。

### 1.2 卫星导航技术

卫星导航可为广大地面、海洋、空中用户提供全天候位置服务,即通过导航卫星获取移动终端用户的地理坐标信息<sup>[10]</sup>。除此之外,卫星导航也是物联网的重要支撑,导航+传感器+物联网等平台化应用逐步成为主流。

中国的北斗导航卫星系统是全球四大导航卫星系统(Global navigation satellite system, GNSS)之一<sup>[9]</sup>,其发展遵从三步走战略,已在2020年完成35颗卫星发射组网,为全球用户提供位置服务。

### 1.3 遥感信息应用服务

遥感技术是空间对地观测的重要技术手段,能进行全天时、全天候和大范围同步监测,非常适合对大面积的林业资源进行及时有效的管理,如林地动态监测、森林参数估算、林火及病虫害监测预警及灾损评估等。现阶段遥感技术包括传统的光学遥感(如多光谱遥感、高光谱遥感等)和激光雷达、微波遥感等多源遥感技术。

中国的卫星遥感研究起步于20世纪70年代,以1999年成功发射第1颗传输型对地遥感卫星中巴资源一号01星为标志,整体进入卫星遥感旺盛发展期。近年来,中国卫星遥感技术不断提高,相继成功发射了风云、环境、资源、高分、高景、气象和海洋等系列卫星,已经形成光学、雷达和高光谱等多传感器组合,高中低分辨率结合的全方位、全天时和立体化的对地观测体系,遥感数据呈现多元化、实时化和海量化发展趋势。

### 1.4 融合5G的通导遥一体化应用模式

5G,即第五代移动通信技术,是最新一代的蜂窝移动通信技术,具有高带宽、高传输速率、低消耗、低延时、大容量和大量连接等特点<sup>[10]</sup>,最大传输速率可达到10 GB/s<sup>[4]</sup>,其高性能可促进林业资源管理升级变革,如推动导航定位精度达到亚米级、实现遥感数据实时智能化和自动化处理等。自2013年提出5G计划至2020年中国加快部署5G网络基础设施建设以来<sup>[3,11]</sup>,发展地面移动通信网络与卫星技术融合的空间信息技术已成为大势所趋。截至2020年9月,中国已累计建设开通5G基站69万个,基站数量全球排名第一<sup>[12]</sup>。依托5G在通信性能、即时传输等方面的优势,空间信息应用

技术可提供更高维度、更高精度的数据服务,以及更加可靠、更大范围的天地连接能力。

卫星技术和5G移动通信优势互补,一方面,为充分发挥5G的高性能,需密集布设5G基站,然而,并非所有地方均满足基站建设的条件,偏远山区、林地、沙漠和海洋等基站建设条件差的地区则需要利用通信卫星进行补充<sup>[3,11]</sup>。另一方面,通信卫星的数据传输速率及容量有限,且时延较高,需要利用5G网络实现即时通信。遥感卫星需要过境或通过中继卫星向地面站下传数据,通过打通星间通信链路,并结合5G网络,形成覆盖全国的高速通信网络,利用星上分析计算技术,建设多源卫星对地观测数据的实时传输及处理机制,将满足卫星数据即时采集、处理、分发至用户的行业需求。

将大规模阵列天线、超密集组网等5G关键技术与卫星导航技术相结合,一方面可以扩大定位范围,弥补移动通信定位方法因缺少基站而无法使用的弊端;另一方面可以通过辅助全球导航卫星系统(Assisted global navigation satellite system, AGNSS)辅助卫星信号的获取,提高卫星导航定位的速率、准确性以及一定的通信能力<sup>[5,10]</sup>。基于5G的AGNSS是指通过5G移动通信网络向卫星信号接收机发送导航卫星的历书、星历、频率范围、标准时间和近似位置等辅助信息,提高接收机灵敏度,从而更加高效、准确地获取位置信息<sup>[10]</sup>。

## 2 技术框架

目前市场上面向林业资源监管的卫星应用平台与终端,通常仅具备通信、导航、遥感应用中的一项或两项功能,缺乏融合三者的应用系统。本文提出的5G通导遥一体化应用系统包括3部分:通信导航模组、通导遥一体化终端和林业时空信息云服务平台(图1)。

通信导航模组由基于行云工程的天基物联网通信模块、北斗卫星导航模块和5G移动通信模块组成。其中,天基物联网通信模块的设计包括天基物联网卫星通信协议设计和仿真验证、空间信号多普勒频偏补偿技术、通信模块小型化及低功耗技术等,可大幅提升星地通信接入性能,满足信息快速传输的需求。

通导遥一体化终端由普通智能手机以及集成通信导航模组的背夹组成,实现林业资源监管过程中移动终端数据的实时回传以及精准定位,例如野外调查数据回传、森林防火设备位置获取以及护林



图1 5G通导遥一体化应用技术框架

Fig.1 Architecture design of integration system of satellite communication-navigation-remote sensing in 5G

员野外实时沟通等,解决数据传输中面临的速率低、带宽窄、高时延等问题,应用场景涵盖森林防火、林业巡护和资源调查等多项林业业务。

林业时空信息云服务平台是支撑通导遥一体化终端的基础性平台,汇聚数据服务、接口服务、功能服务以及计算存储服务等,基于互联网或移动终端为用户提供随时可用、随处可用的林业空间数据服务。

### 2.1 通导遥一体化终端功能设计

林业巡护是林业资源管理中必不可少的一环,护林员通过日常巡护或实地核查遥感监测到的林地变化,及时发现滥砍盗伐、林地侵占、林业有害生物和森林火灾等林地破坏事件。下面以林业巡护为例介绍通导遥一体化终端的功能设计。

#### 2.1.1 地图操作

##### (1) 地图展示

实现巡护责任区分布图、巡护站分布图等巡护专题图的分级分类显示和查询,支持矢量地图、栅格地图的分层叠加显示。实现地图基本操作,如浏览、放大缩小、全图浏览和底图切换等。

##### (2) 轨迹记录

可自动记录护林员巡护的路线轨迹,并及时上传至巡护管理中心。

### (3) 位置查看

实时定位当前人员位置信息,同时也可以互相查看队友位置信息。

### (4) 路径导航

支持指定地点间的路径规划与导航。实现管护区域、巡护路线、打卡点、资源数据和任务数据的浏览、查询。

### (5) 地图测量

提供距离测量、面积测量以及测量结果清除功能。

## 2.1.2 巡护管理

### (1) 身份在线验证

用户登陆系统时,需输入自己的单位、姓名和联系方式等,以便后台管理系统进行人员、轨迹查询等。

### (2) 个人信息查询

可查询个人巡护范围、个人考勤记录和历史巡护记录等。

### (3) 考勤签到

根据当前巡护人员位置信息进行考勤记录,为巡护人员考评提供依据。

## 2.1.3 消息传输

### (1) 消息提醒

及时接收上级管理部门下发的预警信息、通知公告等内容。

### (2) 紧急呼救

在野外遇到突发情况时,可向提前设置好的紧急联系人发送呼救信息。

### (3) 实时沟通

支持护林员之间、护林员与后台的实时通信。发生紧急情况时,后台可在线对护林员进行远程指挥调度。

## 2.1.4 事件上报

### (1) 森林资源记录

巡护过程中记录森林资源情况,包括小班信息、森林资源和野生动植物信息等。

### (2) 林地破坏上报

巡护过程中发现滥砍盗伐、违法开垦和侵占林地、非法采伐或毁坏古树名木等行为,及时报告有关情况,包括位置、事件描述、现场照片/视频和处置措施等,配合林政执法工作。

### (3) 森林防火记录

日常巡查过程中,若发现森林火灾或违章用火事件,巡护人员及时上报火灾位置、火情描述、现场照片/视频和处置措施等信息。

### (4) 林业有害生物防治事件上报

及时发现和报告林业有害生物情况,记录有害生物发生的详细信息,包括发现位置、类型、现场照片/视频和灾损面积等。

### (5) 野生动植物损害上报

积极保护野生动植物,及时上报乱捕滥猎和乱采滥挖行为,包括种类、数量、发生地点和现场照片/视频等。

## 2.1.5 数据服务

基于5G低时延、高速率和大容量的数据传输性能,结合边缘计算、机器学习和人工智能等技术,可以在野外提供基础的实时数据处理与应用服务,如智能识别上传图片中的植物种类。

## 2.2 林业时空信息云服务平台

云平台结合在线分布式计算、时空数据可视化等技术,对海量异构空间数据进行处理,提供时空数据的展示、查询和分析等功能。

### 2.2.1 数据加载系统

该系统是云平台的基础部分,通过对数据的扫描、入库等步骤完成基本的数据录入工作。

### 2.2.2 图像处理系统

该系统具备多源遥感数据自动化处理能力,包括辐射校正、几何校正、影像融合、图像增强、图像镶嵌等,为用户提供标准化遥感数据产品。

### 2.2.3 内容发布系统

该系统负责不同影像主题的建立与管理。通过建立不同的主题,如正射影像主题、地面高程数据主题等,实现影像数据的分组、分批次管理以及同一主题数据的整合。对需要进行快速发布的影像数据进行切片处理,利用后台快速并行的处理方式,达到提高影像浏览速度的目的。

### 2.2.4 数据展示系统

该系统以天地图为底图,叠加经过处理的遥感数据,支持用户对图层进行开启和关闭,实现三维综合展示与交互,支持对底图任意放大、缩小和漫游等地图基本操作。满足用户多角度、多时态浏览数据的需求。

### 2.2.5 数据查询系统

该系统提供多源遥感数据的查询检索与快速提取功能,具备各类数据在空间与时间上的整合关联能力,能够按照用户指定的语义条件进行所有关联数据的检索、抽取与打包,查询方式包括:关键字查询、空间关联查询、时间查询、条件查询和坐标点查询等。

### 2.2.6 遥感数据应用系统

建设遥感数据应用系统,融合机器学习和人工

智能技术,结合用户特定业务需求,实现遥感数据信息提取、异常/变化监测以及目标识别追踪等主要功能。应用场景包括林地分类提取、滥砍盗伐及林地非法占用监测等。

### 3 结 论

本文针对林业资源管理中地面移动通信网络覆盖率低、即时通信困难、卫星遥感数据利用率低等问题,分析了结合5G的通导遥一体化技术在推动林草资源精细化管理中的作用和潜力,提出5G通导遥一体化技术面向林业业务的应用技术框架,重点分析了通导遥一体化终端以及林业时空信息云服务平台的技术关键点。在本技术框架的基础上对各项技术进行深化研究,不断提高卫星通信和导航的实时性及精准性,实现遥感数据及时获取、快速处理、按需服务,推动新一代航天技术促进林业行业变革,赋能智慧林业建设。

#### 参 考 文 献:

- [1] 丛充. 简述遥感技术在现代林业中的应用[J]. 科技风, 2019(34): 8.
- [2] 李德仁. 5G时代空间信息如何实现智能服务[J]. 科学中国人, 2019(19): 44-45.
- [3] 李德仁. 展望5G/6G时代的地球空间信息技术[J]. 测绘学报, 2019, 48(12): 1475-1481.  
LI Deren. Towards geospatial information technology in 5G/6G era[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2019, 48(12): 1475-1481.
- [4] 夏彦东, 邓宁静. 卫星导航与5G移动通信融合架构的关键技术与应用前景[J]. 中国新通信, 2019, 21(18): 23.
- [5] 王明旭, 张万东, 陈周天, 等. 卫星导航与5G移动通信融合架构与关键技术[J]. 通讯世界, 2017(20): 50-51.
- [6] 廖兵, 魏康霞. 基于5G、IoT、AI与天地一体化大数据的鄱阳湖生态环境监控预警体系及业务化运行技术框架研究[J]. 环境生态学, 2019, 1(7): 23-31.
- [7] 吴雨, 胡文蓉, 况长虹, 等. 面向自然灾害安全应急管理的通导遥一体化应用研究[J]. 中国新通信, 2020, 22(19): 106-108.
- [8] 石婷婷, 历芳婷, 张亮. 通导遥一体化在自然资源管理中的应用初探[J]. 地理空间信息, 2020, 18(8): 22-24, 6.
- [9] MESSIER D. SIA satellite industry report: Over two thousand satellites operating in orbit[EB/OL]. (2019-05-13)[2021-03-10]. <http://www.parabolicarc.com/2019/05/13/sia-satellite-industry-report-thousand-satellites-operating-orbit/>.
- [10] 田晨冬, 李克昭. 卫星导航与5G的融合在位置服务中的应用[C]//第十届中国卫星导航年会论文集——S02导航与位置服务. 中国卫星导航系统管理办公室学术交流中心: 中科北斗汇(北京)科技有限公司, 2020: 58-62.
- [11] 周子强. 抓住5G机遇 助力数字经济[J]. 中国集体经济, 2021(1): 157-158.
- [12] 赛迪智库无线电管理研究所. 5G发展展望白皮书(2021)[N]. 中国计算机报, 2021-03-01(008).

(编辑:刘彦东)