

DOI:10.13203/j.whugis20170227



文章编号:1671-8860(2017)11-1501-05

论军民融合的卫星通信、遥感、导航一体 天基信息实时服务系统

李德仁^{1,2} 沈欣^{1,2} 李迪龙^{1,2} 李仕学¹

1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430079

2 地球空间信息技术协同创新中心,湖北 武汉,430079

摘要:介绍了军民融合战略的背景和天基信息系统发展的现状,阐述了建设军民融合卫星通信、遥感、导航(通导遥)一体天基信息实时服务系统的重大战略意义,提出了中国定位、导航、授时、遥感、通信(positioning, navigation, timing, remote sensing, communication, PNTRC)一体的天基信息服务系统建设构想,分析了系统建设目标、建设思路、路线图及应用前景,并对系统关键技术进行了分析论证,提出了 PNTRC 关键技术及相关建议,最后对中国 PNTRC 系统的发展进行了展望。

关键词:军民融合;天基信息服务系统;卫星遥感;卫星通信;卫星导航

中图法分类号:P208; P237.9

文献标志码:A

目前,中国将军民融合发展上升为国家战略。军民融合发展战略是从国家安全和发展战略全局出发作出的重大决策,是中国长期探索经济建设和国防建设协调发展规律的重大成果^[1]。

推进军民融合发展是一项复杂的系统工程,必须正确处理重点突破与整体推进的关系,区分好主次先后及轻重缓急,以重点突破带动整体跃升^[2]。国民经济和社会发展“十三五”规划为深入实施军民融合战略提出了引领性的战略性部署,明确提出:“实施军民融合发展工程,在海洋、太空、网络空间等领域推出一批重大项目和举措,打造一批军民融合创新示范区。”以卫星通信、卫星遥感、卫星导航为代表的太空领域是军民融合发展的重点领域,天基信息已广泛应用于国家安全、经济建设和大众民生的诸多领域,不仅具有军民共用的特点,也拥有巨大的市场价值^[3]。

“十二五”以来,以北斗卫星导航系统和高分辨率对地观测系统为代表的国家空间信息基础设施取得长足进步,空间信息基础设施在国民经济、社会发展以及国防建设中发挥了越来越大的作用^[4]。

随着国民经济转型发展和新形势下军事斗争的需求,中国对导航、遥感等天基信息的需求覆盖范围已从国内拓展到全球;在速度上,对空间信息的获取-传输-处理的响应速度趋向实时化^[5],对海量天基信息的传输-处理-分发的时效性提出了新的要求。但是,目前中国现有的通信、导航、遥感卫星系统自成体系,军民系统孤立,信息分离,服务滞后,已难以满足军民用户全球范围及近实时的要求,天基信息服务距市场化和国际化尚有较大差距。

要实现天基信息全天时、全天候、全地域服务于每个人的目标,根本上解决现有天基信息系统覆盖能力有限、响应速度慢、体系协同能力弱的问题,亟需构建卫星通信、导航、遥感一体(简称为通导遥一体)的天基信息实时服务系统,即同时提供定位、导航、授时、遥感、通信(positioning, navigation, timing, remote sensing, communication, PNTRC)服务的天基信息实时服务系统。建设卫星遥感、导航与通信集成的天基信息实时服务系统,通过多载荷集成、多星协同、天地网络互联,依托智能移动终端,最终将数据及信息按需地送达

收稿日期:2017-08-01

项目资助:中国工程院重大咨询研究项目(2017-ZD-01)。

第一作者:李德仁,教授,博士生导师,中国科学院院士,中国工程院院士,国际欧亚科学院院士,主要从事以 RS、GPS 和 GIS 为代表的空间信息科学的科研教学工作。drli@whu.edu.cn

通讯作者:沈欣,博士,副研究员。xinshen@whu.edu.cn

各类军民用户,服务于国民经济与国防建设主战场^[1]。

1 发展军民融合天基信息实时服务系统的战略意义

2015年3月,习近平主席在十二届全国人大三次会议解放军代表团全体会议时强调:把军民融合发展上升为国家战略,开创强军新局面,加快形成全要素、多领域、高效益的军民融合深度发展格局。2017年6月,中央军民融合发展委员会召开第一次全体会议指出:海洋、太空、网络空间、生物、新能源、新材料、信息技术等领域军民共用性强,在筹划设计、组织实施、成果使用全过程贯彻军民融合理念和要求。

鉴于天基信息的军民共用特性,发展通导遥一体的天基信息实时服务系统,平时可为中国和全球各类用户提供通信、遥感和导航信息服务,战时可支撑我军全球作战需要,可实现真正意义上的寓军于民、军民融合。

另一方面,发展新型天基信息服务系统,是实现中国空间科学技术跨越式发展的重要抓手。2016年5月30日,习近平主席在两院院士大会上强调:“必须推动空间科学、空间技术、空间应用全面发展。”推动天基信息服务为代表的空间应用技术的发展,以空间应用为抓手和突破点,可带动中国空间科学、空间技术的创新发展,进而全面提升中国空间科技的创新能力。

不难看出,发展通导遥一体的天基信息实时服务系统,是实践军民融合发展战略的重要着力点,可全方位支持我军在全球范围内“能打仗”“打胜仗”,对推动中国空间科技的发展和航天产业壮大意义重大。

2 PNTRC 建设目标与应用前景

2.1 PNTRC 建设目标

通导遥一体化天基信息实时服务系统的建设目标是:在遥感信息精度上,空间分辨率要达到分米级,时间分辨率要达到小时级甚至分钟级;在实时导航定位精度上,要达到分米级;在覆盖范围和通信能力上,要达到覆盖全球的语言、视频和图像通信;在服务能力上,要达到为各类军民用户提供快速、准确、智能化的PNTRC服务,实现各类卫星的系统联通、时空融合、服务畅通的目标。

通导遥一体化天基信息实时服务系统以“一

星多用、多星组网、天地互联、多网融合、统一基准、关联表征、数据挖掘、知识发现、星地协同、组网传输、智能处理、按需服务”为核心理念,以天基信息的实时化、智能化服务为牵引开展集成创新。在系统建设和产业化推广中,要充分发挥市场在资源配置中的核心作用,鼓励包括社会资本在内的创新要素参与系统建设和运营,保障系统的可持续发展,做大做强天基信息服务产业。

2.2 政策环境

2014年11月,国务院出台了《关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》,明确提出“鼓励民间资本参与国家民用空间基础设施建设”“鼓励民间资本研制、发射和运营商业遥感卫星,引导民间资本参与卫星导航地面应用系统建设”。

2015年5月,国防科工局印发《2015年国防科工局军民融合专项行动计划》,提出:“研究高分卫星应用产业发展指导意见,建设高分专项成果转化平台,以遥感卫星为突破口,促进卫星资源和卫星数据共享。”

2015年10月,国务院办公厅发布《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015~2025)》指出,中国卫星产业将步入黄金十年,卫星通信、卫星导航和卫星遥感迎来商业化机遇。

2016年7月,中共中央、国务院、中央军委印发了《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》,提出:“统筹空间基础设施建设,加大国家空间基础设施建设统筹力度。统筹信息基础设施建设,加强军地信息基础设施建设的顶层设计和统筹协调,优化总体布局。”

上述政策的陆续出台,为中国下一代军民融合的天基信息系统论证、设计、建设和应用提供了良好的政策环境。

2.3 应用前景

一方面,建设通导遥感一体的天基信息实时服务系统,将为卫星应用产业的发展注入新的活力,中国卫星产业将迎来新一轮创新发展的机遇。除增强现有天基遥感、通信、导航系统的功能外,通过通导遥一体的集成服务,可带动以实时位置服务为代表的天基信息增值服务产业的发展,特别是天基信息智能终端与应用软件、个人移动宽带通信、室内外一体化导航定位等下游应用领域,有望成为卫星应用产业未来新的增长点。

另一方面,系统建成后,可作为我军天基信息基础设施,依托系统提供的全天候遥感、高精度导航定位及全球宽带通信能力,为我军在全球范围

实施的各类军事行动持续提供实时、快速、准确的天基信息服务,大幅提升我军信息化条件下的体系作战能力。

3 PNTRC 建设内容与构想

PNTRC 系统的核心功能包括高精度实时增强导航与授时、快速遥感(视频)信息服务、天地一体移动宽带通信服务。

3.1 PNTRC 系统建设路线图

针对 PNTRC 需求的分析和中国天基信息系统建设的现状,笔者提出中国 PNTRC 发展分两步走。

1) 第一步:构建空间信息网络。将现有各类通信卫星、导航卫星、遥感卫星和其他空间平台组网,通过协同观测和传输工作,实现对各类任务协同的灵性服务^[5]。通过动态建链组网^[6]实时获取、传输和处理海量数据,实现天基信息的体系化应用,结构图如图 1 所示。

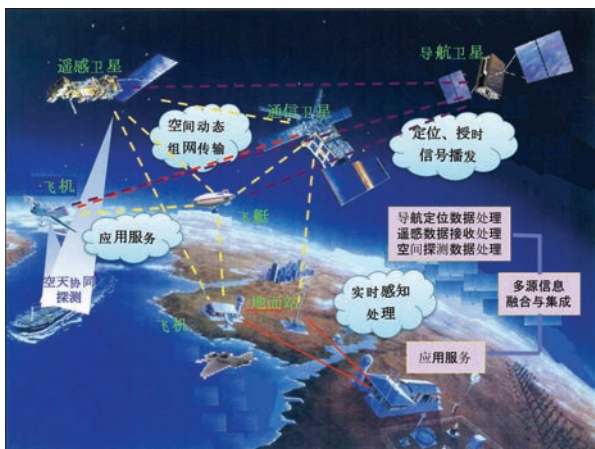


图 1 空间信息网络结构

Fig. 1 Structure of Space Information Network

依托空间信息网络,可对敏感事件协同组网观测^[7-8],在轨数据处理后,通过卫星通信节点多跳链路,数据通过星间、星地网络协同传输至地面,经快速处理后实施应急反应,提高中国对全球突发事件的快速响应能力。

2) 第二步:通导遥一体的天基信息实时服务系统。建设 100~120 颗同时具有遥感、导航与通信功能的低轨卫星组成的星座,与北斗系统、空天一体化网络及地面网络深度耦合,构成新一代 PNTRC 系统。

系统的初步设想如下。

1) 卫星:不少于 100 颗低轨(500~800 km)卫星组网。

2) 遥感信息服务指标:空间分辨率优于 0.5 m;时间分辨率全球目标优于 1 h,至分钟级;覆盖范围为全球。

3) 实时导航定位精度:米级/分米级;

4) 地面移动通信:覆盖全球的语音、视频和图像通信。

该系统的主要特色有:

1) 军民深度融合,应用前景广阔。系统平时服务经济建设和民生服务,战时服务于军方“打赢”需求。

2) 一星多用,多星组网、多网融合。通过通信、遥感、导航等载荷与平台高效集成,依托天-空-地一体化网络,实现卫星资源的按需配置、数据的快速传输和信息的聚焦服务。

3.2 PNTRC 系统主要关键技术

PNTRC 系统建设面临天基信息智能获取平台与载荷、天-空-地一体化的信息处理、智能天基信息应用 3 大方面,包括 7 大关键技术:对地观测新技术、对天对地导航定位新方法、信息时空基准、卫星资源组织与调度、空间网络通信与安全、智能卫星平台与载荷和天基信息智能应用,形成一个理论、技术和应用相对完整的技术体系。

1) 对地观测新技术。主要研究在云计算环境下多平台、多传感器、多角度、高空间分辨率、高时间分辨率、高光谱分辨率遥感对地观测数据获取和处理的新机理、新方法。利用人工智能技术,研制具有在轨处理和提取的新方法,将对地观测卫星上升为对地观测脑^[9-10],实现在轨云检测、目标检测和变化检测。

2) 对天对地导航定位新方法。主要研究深空定位技术、新一代全球卫星导航系统技术和天空地一体的导航定位增强技术,为对地观测、卫星通信、深空探测等任务提供精密的时空基准,为广大军民用户提供全天候连续、实时、高精度的位置、速度和时间信息服务。

3) 地球时空基准建立与维持。主要研究基于多源观测的全球统一历元地球参考框架构建理论与方法、地球构造与非构造影响因素时变特征分析、全球动态地球框架非线性运动预测模型构建方法与实现、基于连续运行基准站的高精度三维速度场构建等技术,通过静态的地面跟踪站和动态的卫星和天体来共同建立、维持中国自主的全球高动态时空基准。

4) 卫星资源组织与调度。研究复杂环境下多任务条件下传感器资源、数据传输资源的一体化组织、调度方法,包括资源卫星组织模型,多任务

条件下资源按需调度方法,适应资源变化、任务扰动的资源快速重组方法,开展卫星资源组织与调度仿真验证,保证信息资源的按需重构和能力伸缩,满足海量用户对天基信息资源智能化服务的要求。

5)空间网络通信与安全。研究变时空条件下的空间信息网络体系架构、面向服务的空间信息网络模型、空间信息网络动态配置与重构、可扩展的异质异构节点组网、时变网络的信息传输理论、分布式海量信息协作传输等关键技术,实现高动态环境下海量信息的高效传输;针对空间网络的开放特性,研究空间信息安全体系,空间信息加密、节点动态感知与网络自愈机制等关键技术,保障空间网络中信息传输的安全、可信。

6)智能卫星平台与载荷。研究基于载荷的平台一体化设计、智能卫星的多载荷配置、新型通导遥载荷设计、软件卫星等关键技术。

7)天基信息智能应用。研究由同时具有遥感、导航与通信功能的低轨卫星组成的天基网与现有地面互联网、移动网集成服务的关键技术,在时空大数据、云计算和智能终端支持下^[11],通过天地通信网络全球无缝的互联互通,为军民用户提供快速、准确、智能化天基信息服务。

3.3 PNTRC 技术攻关的建议

PNTRC 系统涉及航天、信息、测绘、通信、人工智能等多个领域,技术体系复杂、攻关难度大,国际上亦没有成功的经验可以借鉴。迫切需要在信息科学、航天科学、地球科学、人工智能等相关学科开展协同创新。鉴于 PNTRC 系统建设的重大战略意义和协同创新需求,笔者认为,中国应围绕通导遥一体的天基信息实时服务系统这一重大使命,组建空天信息国家实验室,按照“体现国家意志、实现国家使命、代表国家水平”的定位,围绕 PNTRC 系统的 7 大关键技术开展协同攻关,在通导遥一体化服务领域产出一批具有国际先进水平的成果,引领世界空间信息领域科学技术的发展,支撑中国未来天基信息服务科学技术的可持续发展。

4 结 语

本文介绍了军民融合战略的背景和天基信息发展的现状,阐述了建设军民融合通导遥一体天基信息实时服务系统的重大战略意义,提出了中国 PNTRC 系统建设构想,分析了系统建设目标、建设思路、路线图、应用前景,并对系统关键

技术进行了分析论证,提出了 PNTRC 关键技术攻关的相关建议。

从当前国家需求和国际高科技发展形势看,建设中国自主的天基信息实时服务系统,是实践党中央提出“军民深度融合”战略的重要途径,也是落实《“互联网+”行动的指导意见》要求的有力举措。鉴于西方国家尚未形成这样的使用服务系统,中国应该抓住机遇,组建空天信息国家实验室,开展天基信息服务协同创新,推动中国 PNTRC 的军民应用,全面推动中国空间科学、空间技术、空间应用的发展,实现空间科技“富国”“强军”“利民”的宏伟目标。

参 考 文 献

- [1] Li Deren. Construction of Commercial High Resolution Remote Sensing Satellite System to Promote the Deep Military-Civil Integration[J]. *Defence Industry Conversion in China*, 2015(9):8-11(李德仁. 建设商业化高分辨率遥感卫星系统 推动军民深度融合[J]. 中国军转民, 2015(9):8-11)
- [2] Wang Wenhua. Striving for Major Breakthrough in Key Areas of Civil-Military Integration[J]. *Decision-Making & Consultancy*, 2016(4): 10-13(王文华. 努力在军民融合的关键重点领域实现重大突破[J]. 决策咨询, 2016(4): 10-13)
- [3] Li Deren, Shen Xin. Commercial Operation of China's High-Resolution Earth Observation System is Imperative[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(4):386-389(李德仁,沈欣. 中国高分辨率对地观测系统的商业化运营势在必行[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2014,39(4):386-389)
- [4] Li Deren, Tong Qingxi. Several Cutting-Edge Scientific Issues of High-Resolution Earth Observation[J]. *Science China, Earth Science*, 2012, 42(6): 805-813(李德仁,童庆禧. 高分辨率对地观测的若干前沿科学问题[J]. 中国科学:地球科学, 2012, 42(6):805-813)
- [5] Li Deren, Shen Xin. On Civil-Military Integrated Space-Based Real-Time Information Service System[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2015, 40(6):711-715(李德仁,沈欣. 论中国空间信息网络的构建[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2015,40(6):711-715)
- [6] Shen Rongjun. Some Thoughts of Chinese Integrated Space-Ground Network System[J]. *Engineering Science*, 2006, 8(10):19-30(沈荣骏. 中国天地一体化航天互联网构想[J]. 中国工程科学, 2006, 8(10): 19-30)

- [7] Li Deren, Shen Xin. On Intelligent Earth Observation Systems[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2005, 30(4): 9-11(李德仁, 沈欣. 论智能化对地观测系统[J]. 测绘科学, 2005, 30(4): 9-11)
- [8] Li Deren. On Space-Air-Ground Integrated Earth Observation Network[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2012, 14(4): 419-425(李德仁. 论天空地一体化对地观测网络[J]. 地球空间信息科学学报, 2012, 14(4): 419-425)
- [9] Li Deren, Wang Mi. Earth Observation Brain (EOB): An Intelligent Earth Observation System [J]. *Geo-spatial Information Science*, 2017, 20(2): 134-140
- [10] Li Deren, Wang Mi. From Earth Observation Satellite to Earth Observation Brain[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2017, 42(2): 143-149(李德仁, 王密. 从对地观测卫星到对地观测脑[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2017, 42(2): 143-149)
- [11] Li Deren. The “Internet Plus” Space-Based Information Services[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2016, 20(5): 708-715(李德仁. 论“互联网+”天基信息服务[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 708-715)

On Civil-Military Integrated Space-Based Real-Time Information Service System

LI Deren^{1,2} SHEN Xin^{1,2} LI Dilong^{1,2} LI Shixue¹

1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 Collaborative Innovation Center of Geospatial Technology, Wuhan 430079, China

Abstract: We introduce the background of civil-military integration strategy, analyze the achievements and challenges of the present situation of China's space-based information system, and discuss the strategic significance of the construction of a civil military integrated space-based real-time information service system. A proposal for the construction of communication-navigation-remote sensing integrated space-based information service system (including positioning, navigation, timing, remote sensing, and communication functions, PNTRC) is put forward. The ultimate goal is a implementation strategy, technical roadmap, and prospective PNTRC application. Key technologies for the construction of PNTRC are analyzed, some suggestions for key technologies are presented.

Key words: civil-military integration; space-based information service system; satellite communication; satellite navigation; satellite remote sensing

First author: LI Deren, professor, Academician of Chinese Academy of Sciences, Academician of Chinese Academy of Engineering, Academician of International Academy of Sciences for Europe and Asia. He has concentrated on the research and education in geospatial information science and technology represented by RS, GPS and GIS. E-mail: drli@whu.edu.cn

Corresponding author: SHEN Xin, PhD, associate researcher. E-mail: xinshen@whu.edu.cn

Foundation support: The Major Consulting Research Project of China Academy of Engineering, No. 2017-ZD-01.