



卫星导航定位与北斗系统应用

GNSS, LBS and BeiDou System Applications

2012

中国卫星导航定位协会 编



测绘出版社

卫星导航定位与北斗系统应用

GNSS, LBS and BeiDou System Applications
(2012)

中国卫星导航定位协会 编

测绘出版社

· 北京 ·

©中国卫星导航定位协会 2012
所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

图书在版编目(CIP)数据
卫星导航定位与北斗系统应用 / 中国卫星导航定位
协会编. — 北京: 测绘出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-5030-2695-9
I. ①卫… II. ①中… III. ①卫星导航—全球定位系
统 IV. ①TN967.1 ②P228.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 215686 号

责任编辑	赵福生	封面设计	梁春江	李伟	责任校对	董玉珍
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83060872(发行部)	
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)	
邮政编码	100045				010—68531160(编辑部)	
电子邮箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com	
印 刷	北京金吉士印刷有限责任公司			经 销	新华书店	
成品规格	210mm×297mm					
印 张	19.5			字 数	600 千字	
版 次	2012 年 9 月第 1 版			印 次	2012 年 9 月第 1 次印刷	
印 数	0001—1000			定 价	60.00 元	

书 号 ISBN 978-7-5030-2695-9/P • 609
本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

本书编委会名单

主 编：刘经南

副主编：张荣久 李建成 苗前军 冉承其

郑 琪 闫忠文 高锡瑞 温宗勇

编 委：范京生 涂 波 张 力 韩丽华

白 巍 肖雄兵 刘 健 梁贺明

李冬航 蔡建平 梁聪伟 姬美祯

序 言

卫星导航与位置服务产业进入大发展、大繁荣的爆炸式增长期，北斗系统即将投入正式运行并覆盖亚太地区，全行业迎来了技术创新、产品创新、应用创新、服务创新的“四创新”大好格局。“举旗卫星导航，亮剑北斗应用，乘风位置服务，扬帆智慧物联”作为中国卫星导航定位协会的核心理念，既是战略目标，也是具体方针。当下所面向的业态可以说完全聚焦于“四上”，即车上（定位终端、监控终端、T 终端和车联网终端等）、手上（手机终端、智能终端、PAD 终端和 SoLoMo 终端）、网上（互联网和全国一个网的 CORS 网）、物上（物联网终端），紧迫的发展需求强化了推动产业进程的工作做法，且被提炼为“九点抓”，即：抓好起点，抓实支点，抓牢落脚点；抓住重点，抓深难点，抓强创新点；抓对热点，抓准亮点，抓稳制高点。

“九点抓”作为具体方针涵盖了整个产业链的各个环节，但可以针对产业链的结构和“做大产业，做强企业”的目标分为三组“三点抓”，以此来明确各层位的工作要求。

一要强化紧迫意识，抓好起点，抓实支点，抓牢落脚点。北斗芯片和导航终端的高端制造是起点，必须抓好，在国际竞争中的地位也由这个起点决定；而企业集群的强大和产业规模的提升是发展的核心支点，务实抓实是最不可或缺的；落脚点恰恰是产业化发展和社会化服务，抓牢这一点才能使导航与位置服务真正彰显出其泛在性的辐射作用，引领其快速、跨越地走向战略性新兴产业。

二要强化责任意识，抓住重点，抓深难点，抓强创新点。战略需求和行业应用是重点，要牢牢抓住，不可懈怠；政策保障和区域布局是难点，必须抓深抓透，国家层位的政策保障作用极其重要，越早推动越有成效，而区域布局更是重中之重，必须及时规划统筹，避免各地盲目重复建设和投入，及早形成产业发展的最优格局；独特领域应用和室内外一体化导航定位是当前非常需要创新和突破的着眼点，抓强这个创新点将开拓产业发展的新天地，任重道远，催人奋进。

三要强化使命意识，抓对热点，抓准亮点，抓稳制高点。大众化位置服务和 Telematics 已毋庸置疑地成为了热点，抓对的同时更要保持清晰的思路，构建健康稳健的商业模式，保障这一现实的热点需求与运营服务紧密对接；要抓准智慧城市和物联网这个亮点，在产业规划实施、统筹发展、专项立项、产业联动、协同共享等方面抓准抓很，乘势而上；要加强相关部门的沟通协调，主动作为，抓稳基于北斗系统的中国位置网建设这一全产业链的制高点，赢得各级政府及部门的大力支持，形成全国各级部门上下联动、开放资源、共享优势、共同推进中国位置服务网建设工作的良好局面。

强化实施“九点抓”的具体方针应该成为产业大发展的行动指南和行动纲领，中定协今年主办的“首届中国卫星导航与位置服务年会”和“首届中国卫星导航与位置服务展览会”，目的就是张扬和烘托这一主旨！本年度的征文活动也恰恰涵盖了全产业链，评选出的优秀论文也极具代表性。中定协一直致力于大力鼓励技术探讨、经验交流和问题辨析，每年都会提供这个平台和机会。今年特代表中定协向提供优秀论文奖金的奥吉通公司和出版本书的测绘出版社表示诚挚的感谢！更希望广大会员单位积极参与每年的征文活动，共同分享产业繁荣带给我们的喜悦、欢欣和期望！

张荣久

2012 年 9 月

目 录

综 述

自主性北斗创新引领智能信息产业 新时空服务体系开拓泛在导航服务 曹 冲 (3)

增强北斗政府网站信息服务的几点建议 刘基余 (11)

北斗/GNSS 产业化发展现状及思考 崔 煜,张京宁 (16)

多模 GNSS 兼容与互操作技术浅析 王 垚,罗显志 (19)

北斗卫星导航系统产业化发展的几点思考 陶春燕,谢 欣,孔 维 (27)

北斗导航系统的应用

基于 RTK 的北斗用户终端动态定位精度监测和评估技术研究 胡志蕊,程晓滨,谢金石 (33)

基于北斗“云导航”的信息服务研究 胡安平 (37)

基于北斗的儿童安全云服务系统应用 高建波,孙泽夺,田彩萍,贾晓震,李 场 (42)

基于北斗导航的现代物流综合运输服务系统 朱俊涛,张 颖 (46)

基于北斗卫星的港口高精度定位调度管理系统 刘 冰 (50)

海洋渔业北斗系统应用 贺 维,王世伟 (54)

北斗探空仪在气象探中的应用 张恩红,曹云昌,李 黄 (59)

基于北斗系统的飞机人工增雨作业监控指挥系统 李明凡,张红领 (66)

北斗中继转发 AIS 研究 夏启兵 (70)

北斗卫星导航系统在航海保障物联网中的应用 吴功栋 (74)

基于北斗通信技术的海上溢油在线监测系统研究 邢伟坡,白亭颖,夏启兵,吴功栋 (78)

北斗/GPS 双模采集终端在卫生应急方面的应用和关键技术研究 刘 丹 (82)

基于北斗的光缆专线维护管理系统设计 刘运航,龚大亮,陈细秋 (89)

北斗系统在国防通信光缆维护中的应用 陈细秋,龚大亮 (94)

精密测地应用

CORS 应用相关规范初探 张 扬,李 剑,陈 豪,胡 承 (101)

对测绘气象地震部门联合建立 CORS 的思考 杨战青 (104)

哈尔滨市现代高程基准建设述评 张 琮,苏 贝 (108)

利用多日观测数据提高区域差分 GPS 系统模糊度计算精度的方法 郭思远,林 翔 (112)

地基激光时间传递系统设计与实现 龚大亮,陈细秋,翟鸿飞 (117)

地基 GPS 资料反演大气水汽含量研究 陈炳富,林国利,於永东 (122)

岭估计在空间直角坐标转换中的应用 赵 云,吴开俊,安剑英 (125)

CORS 系统的雷电防护设计 於永东,邹 盛,林国利,唐 刚 (129)

单基站系统在复杂地区物探测量中的研究及应用 丁翔宇,陈立增,平 武,曾宪均,周尚文 (132)

基于 GPS 的高速铁路沉降观测可行性研究 张训虎,王晓奇 (138)

GPS 技术在尾矿库坝体变形监测中的应用..... 张伟斌,於永东 (142)

导航与位置服务应用

面向导航与位置服务的“天地图”在线服务管理 查祝华,蒋 捷,熊 苹,黄 蔚 (147)

基于多种应急通信的位置服务技术集成研究与应用 林富明,张庆全,周 源 (151)

利用 3S 技术进行公安扁平化指挥系统平台的建设与集成 刘 丹 (155)

车友互联平台应用系统 吴 刚 (161)

基于移动互联网的 4S 店与车主智能服务系统的设计与实现 钟可华 (165)

公交车辆的智能 GPS 自动报站方法 庄益强 (169)

卫星导航定位在资源环境领域的应用 王让会,李 成,吕 雅,朱 旻,宗连玲 (174)

4S 技术及其在生态系统观测中的应用 杨哲海,周 勇,尚尔刚,毕记省,张 俊 (177)

卫星导航着陆系统现状及发展趋势 王党卫 (181)

导航电子地图的过程框架与优化 徐晋晖,曹晓航,向 哲,陈 丹 (188)

嵌入式跨平台卫星导航软件关键技术研究 梁高明,李祖骏,李叙林 (193)

移动 GIS 数据采集中样条曲线生成及应用 甘喜庆,谭 菊 (196)

导航路网的变化分析与对策 徐晋晖,曹晓航,向 哲,陈 丹 (200)

一种轨迹导航方法的探讨 董 路 (204)

美国城市地址信息标准化研究 宋启凡,侯忠伟,戚文华,王 强 (208)

移动测量系统在城市信息化建设中的应用研究 洪 波,曲 林 (213)

卫星系统与设备

北斗双模卫星导航 SoC 芯片的设计与实现 陈启亮,毕 波,黎军琛,高 参,梅其元 (219)

基于北斗芯片的接收机模块开发与应用 李卫民,张占宇 (224)

导航卫星激光测距系统振动监测及精度评估方法 王士军,张兆显 (228)

阵列天线与反射面天线在星地时间同步应用中的比对分析 刘魁星 (233)

卫星导航无人值守监测站时间基准远程校准方法 陈细秋,龚大亮 (237)

基于 TDC-GP2 的激光测距系统电路设计与实现 翟鸿飞,龚大亮 (240)

基于点积运算的弱信号位同步方法 吴雨航,张永学,孙永刚,王家欢 (246)

GNSS 多星座导航定位算法研究与实现 张 利,袁本银,鲍志雄 (249)

GPS 卫星定位系统工作原理初探..... 赵 云,钟生才 (253)

基于 Android 的车载导航系统的研究及实现 解玉芳 (258)

非完整约束下的 EKF/RTS 在 GPS/INS 组合导航中的应用研究..... 洪海斌,郭 杭,陈晓智 (263)

无缝组合导航系统中磁航向的算法 陈晓智,郭 杭,洪海斌 (269)

Zigbee 无线传感器网络 RSSI 指纹库定位方法的研究 刘小康,陈 群,郭 杭 (274)

基于运动学模型辅助的车载导航系统 余恭敏,熊 剑,郭 杭,王吉旭 (279)

高精度车载 GPS/DR 紧组合导航算法研究 赵 琳,黄 攀,李 亮 (284)

基于北斗导航的组合导航系统设计 王佩生,韩逸飞 (290)

国产化北斗导航接收机..... 韩逸飞,刘 薇,赵景宁 (296)

一种车载无线终端视频监控数据保护方案 陈明捷 (300)

迈入智能信息产业的新时代, GNSS 打造国家新时空服务体系

“我们生活在一个崭新的科学技术革命时代,一个智能时空技术时代,或者说是新时空技术革命时代;我们正在从事前人从来没有从事过的伟大事业,这就是以北斗系统为核心动力的新一代信息技术革命和新兴智能信息产业革命;我们将实现新时空信息技术革命向智能信息产业革命的划时代跨越,将迎来新一代信息产业革命伟大时代的降临。这是多么自豪、多么光荣、多么任重道远的国家使命和历史重任。”这是作者曹冲对当今世界和美好未来的深情呼唤。我们每一个从事卫星导航工作的中国人都为身处这个伟大时代而庆幸,也深感所肩负的厚重责任。

“自主性北斗创新引领智能信息产业 新时空服务体系开拓泛在导航服务”一文创造性地提出了国家级新时空服务体系的概念。这个概念以北斗系统为核心,融合四大全球导航卫星系统,融合所有现存和未来的非卫星导航技术,构建一个“泛在感知、普适传输和智能服务”的金三角服务体系。这个体系将创造一个容纳当今全部信息技术的、可实现不间断定位和授时的智能信息社会。

阅读“增强北斗政府网站信息服务的几点建议”一文,让我们深深感受到老一代科学家那颗像关爱自己孩子一样精心呵护我们北斗星的拳拳之心。我们也期望国家相关部门对这些建议给予高度重视。

其余几篇论文分别从各种信号体制间的兼容性和可操作性方面,如何破解北斗应用市场化面临的各种难题方面作了深入的分析探讨。

自主性北斗创新引领智能信息产业 新时空服务体系开拓泛在导航服务

曹 冲

(中国卫星导航定位协会咨询中心,北京 100044)

摘 要:本文以北斗系统及其产业的全局和长远发展为出发点,论述卫星导航作为战略性新兴产业重要领域,其创新引领和产业关联度,其核心推动力、基础支撑力、融合穿透力,对于打造中国智能信息产业的国家综合实力和国际竞争力将发挥不可或缺的重大作用。同时,针对目前国内外卫星导航产业面临的机遇和挑战,提出营造国家级新时空服务体系的设想,阐述其定义和内涵、愿景和战略,论证其必要性和体系构成,以及总体规划、顶层设计与系统集成。以室内外定位导航技术的组合、整合和融合为主体,强调泛在感知、普适传输和智能服务的金三角构建理论,在开拓泛在导航与位置服务的基础性、共享性和关键性过程中,开创智能信息产业的服务新时代。

关键词:全球导航卫星系统;北斗卫星导航系统;定位导航授时;新时空技术;新时空服务体系;智能信息产业;新一代信息技术

1 引 言

我们生活在一个崭新的科学技术革命时代,一个智能时空技术时代,或者说是新时空技术革命时代;我们正在从事前人从来没有从事过的伟大事业,这就是以北斗系统为核心动力的新一代信息技术革命和新兴智能信息产业革命;我们将实现新时空信息技术革命向智能信息产业革命的划时代跨越,将迎来新一代信息产业革命伟大时代的降临。这是多么自豪、多么光荣、多么任重道远的国家使命和历史重任。

新科学技术革命,是以探索宇宙起源开始的,爱因斯坦的相对论揭示了宇宙的本质。“宇”是空间,无边无沿;“宙”是时间,无始无终。宇宙是物质组成,并在永恒的运动之中。归根结底,空间和时间是世界上最大的两个参量,一切事物和事件都离不开它们。而卫星导航实现了空间、时间参量的一体化提供,高精度、高效益、实时动态产生,利用数十个卫星就能够开展全球化、全天候服务。其本身就是一场重大的技术革命的序幕,是一场新时空技术革命前奏曲。

目前,包括北斗系统在内的全球导航卫星系统及其产业正处在大变化、大转折、大发展时期,GNSS 多系统并存和信息系统间的相互渗透融合成为大趋势,进入大数据、智能化和无线革命时代。今后 10~20 年将经历前所未有的四大转变:从单一的 GPS 时代转变为真正实质性的多星座并存、兼容的 GNSS 新时代,开创卫星导航体系全球化和增强多模化的新阶段;从以卫星导航为应用主体转变为 PNT(定位导航授时)与移动通信和因特网等信息载体融合的新时期,开创信息融合化和产业一体化,以及应用智能化的新阶段;从经销应用产品为主逐步转变为运营服务为主的新局面,开创应用大众化和服务产业化,以及信息服务智能化的新阶段;从室外导航转变为室内外无缝导航的新时空体系的新纪元,开创卫星导航为基石的多手段融合、天地一体化、服务泛在化和智能化的新阶段。四大趋势发展的直接结果是使应用领域扩大,应用规模跃升,大众化市场和产业化服务迅速形成。其中,美国的一系列 PNT 能力设计创新行动,很具代表性。它在大力推进 GPS 现代化和 GPSⅢ 计划的同时,又在开展面向 2025 年的国家 PNT 体系架构研究,并在推动其过渡演变计划,其关键重点是实现多种多样的技术与系统的集成融合,增强可维持性、可保障性、可替换性,实现真正的泛在服务。

由此可见,卫星导航是新时空技术的核心和奠基石,它与通信和其他物理手段组成的新时空技术体

系,是多种截然不同的组构能力的集合,能够提供全时空、多手段、可互换、高可靠、无限量的泛在服务。新时空技术源于天基定位导航授时(PNT),后者包括北斗导航卫星系统在内的GNSS。显然,与天基PNT相比,新时空技术体系涵盖天基PNT、地基PNT、无线电PNT、惯性导航、传统的天文和地磁方式,以及传统和创新的其他非GNSS手段及其融合,其范围更宽广、意义更深远、构成更完善、功能更强大,真正成为无处不在、无时不在的国家基础信息设施,真正成为服务国防安全、经济发展、社会进步和民生改善的重大技术支撑系统,真正成为中国大国崛起、强国奠基的重大里程碑和体现战略威慑力的重要标志,真正成为推进新时空技术体系为主体的信息技术革命,以及以智能信息产业为主体的新一代信息产业的重大决策依据和部署指导方针基础所在。

尽管20世纪和21世纪的科学技术革命,赋予了当今时代许许多多头衔,诸如“航天时代”、“电子时代”、“信息时代”、“数码时代”、“移动时代”、“互联网或者网络时代”,但就其实质来说是一场电子信息革命,这场革命经历了数字化、网络化等发展阶段,现已逐步进入智能化,也就是“智能信息产业”发展的新阶段。所以,智能信息产业已经开始成为现阶段我国的战略性新兴产业的重要领域,成为电子信息产业这一国家支柱产业的重要新经济增长点和新兴的新时空产业。

2 智能信息产业发展的重要背景和前景

(1)我国16个中长期重大专项中有多个项目(包括“北斗”、“核高基”和“高分”系统等)属于新一代信息技术,支持推动智能信息产业,并且成为这一新兴信息产业的核心推动力和基石。

作为战略性新兴产业,其必备条件是具有新兴和战略性两大特征。新兴是指必须是高技术领域,具有核心和关键技术作为产业支撑基础与发展依托,同时必须是国家和社会发展的产业方向和人民大众的迫切需求与长远需求。以卫星导航、地球遥感和地理信息为要素的空间信息技术,在国家中长期发展重大专项中占有重要地位,确立了以“北斗”、“核高基”和“高分”为代表的专项,为智能信息产业发展壮大奠定了基础,指明了发展前景和方向。

(2)“北斗”等重大专项的实施,为智能信息产业的高速度、跨越式和可持续发展创造了前所未有的大好时机和环境,充分体现科技第一生产力和创新驱动、基础支撑、产业引领的作用。

“北斗”等重大专项创造了智能信息产业空前良好的发展机遇,成为推动产业发展的核心动力。由于智能信息产业是在现有许多电子信息产业中升华和羽化出来的战略性新兴产业,成为新兴产业新的经济增长点,有强大的产业基础支撑、巨大的应用服务需求、硕大无比的市场发展前景,能够实现产业的高速度、跨越式、可持续发展,成为其他一些产业望尘莫及的新兴产业。

(3)智能信息产业是以空间信息技术、新时空(泛在PNT——定位导航授时)技术和现代信息技术为核心推动力的智能化技术集合和产业群体。

应该指出的是,只有把北斗系统作为核心推力,形成全球导航卫星系统的天基PNT与其他多种多样的PNT手段的相互集成融合,才能构建泛在PNT和空间信息组合服务平台,形成以新时空技术为主体,由泛在传感网、普适传输网和云计算网络,或者说是智能服务网组成的时空信息,或者说是导航与位置服务系统为基础设施的智能信息产业体系。

智能信息产业是新兴信息技术的集合和战略性新兴产业集群,它是一系列信息智能化领域的组合:智能网络(包括云计算)、智能传感、智能通信、智能交通、智能物流、智能社区、智能电网、智能办公、智能管理、智能大厦、智能家庭、智能健康管理、智能车辆、智能手机、智能数字助理、智能位置服务等,所涉及的方面不胜枚举。

国家新时空服务体系应该考虑的相关要素包括:产品和服务的提供者,产品和服务的用户群、提供和应用的物理环境、领域,能力的各种各样的不同应用,以及新时空信息产生、采集、存储、传输和分发的技术资源和手段(图1)。应该指出,现代信息社会中的根本流程要素是泛在感知、普适传输、智能服务、物联互通,这是一切信息系统的科学研究、生产制造、应用服务的出发点和落脚点。



图 1 新时空服务体系要素概览

3 国家新时空服务体系的定义及其必要性

3.1 北斗系统和 GNSS 是国家新时空服务体系的核心与基石

新时空服务体系是从全球卫星导航系统即天基 PNT 概念发展而来的，所以包括北斗系统在内的 GNSS 是其核心、要素、主线和基石。同时新时空体系还包括与其他非 GNSS 的 PNT 手段的集成整合(含传统的无线电、地图、惯性、磁力导航等方法)，还要不断实现技术创新以及与其他系统的融合。

3.2 国家新时空服务体系架构研究的必要性

当前，全球导航卫星系统已从单一的 GPS 进入到多系统并存的 GNSS 发展转折阶段，同时卫星导航又正在进入与各种各样的通信系统集成和融合发展的转折阶段。此外，卫星导航大众化应用与服务还迫切要求实现室内外无缝的新时空服务发展转折阶段。这一系列发展转折需要进行 GNSS 的系统之系统的研究、导航与通信的融合创新研究，以及多系统、多模式、多层次的资源整合和管理体制机制创新；需要从整体全局上、国家战略层面上、产业发展高度上、缩小与国际先进水平的巨大差距上、更加长远的时间周期上，对国家新时空体系架构进行研究，制定新时空体系发展路线图，以便认清形势、凝聚目标、集中攻关、实现跨越，从而彻底摆脱由于缺乏战略研究、预先研究、基础研究所造成的总体上的盲目被动和技术上的捉襟见肘，以期在类似于“北斗”这样重大的工程实施和系统运营中，在总体上赢得主动，在以新时空技术为支撑系统的智能信息产业推进中的技术上赢得主动，在错综复杂的国际市场竞争中赢得主动，进而赢得话语权和竞争力优势。

4 新时空服务体系的构成

国家级新时空服务体系是系统之系统的复杂组合体，它有助于我们从更加长远的观点、更加高深的层次去梳理思路、考虑发展战略，冷静地面对挑战和机遇。面对巨大落后而又能够发挥后发优势，奋起直追，打造国家能力和综合实力，谋划实现跨越式发展的国家大计和国家目标，造福全国人民，并为全世界作贡献。

新时空体系架构包括目标与愿景、发展战略及四大组成板块。四大组成板块分别是总体策划与顶层设计、基础设施与资源共享、集成融合与解决方案、协调管理与合作联合(图 2)。

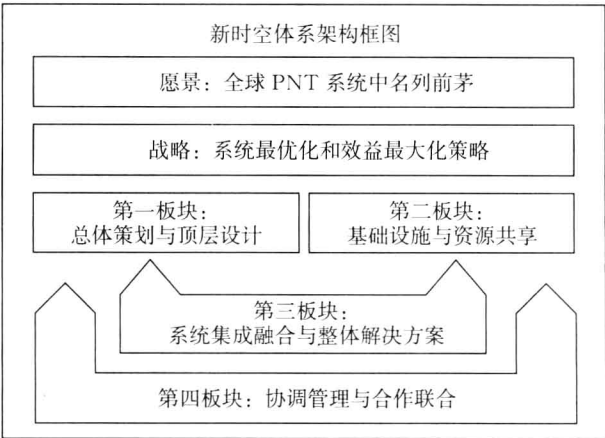


图 2 新时空服务体系总体构成框架

4.1 目标与愿景

今后 20 年间,通过以北斗全球系统为核心和主体的天基 PNT 作为奠基石,通过国家政策和多源资金作为粘合剂和风向标,发挥集腋成裘、聚沙成塔的不可替代的作用,促进总体策划、资源共享、集成整合和合作联合,实现我国逐步成为新时空技术与产业大国和强国的伟大抱负,确保在新时空体系的综合实力和核心竞争力方面进入国际前三甲。

为保证国家新时空服务体系目标与愿景的实现,必须做好以下工作:一是制定相关的国家政策,并且进行公开宣示,保证政策的开放性、稳定性和透明性,赢得国内外的诚信度,不断促进新时空技术进步和创新;二是在国家目标指导下,促进各部门、各地区的新时空活动和行动计划的有机组合和联合,共同分享信息,强化标准化工作,加强提供协调基础上的新时空能力;三是最大程度地运用来自军方、民间、商业界和外国的系统与技术,以及资金与资源,实现各种可用信号的集成,形成可确保的高性能的新时空技术和产业发展的解决方案。

4.2 发展战略

为实现国家级新时空体系架构的目标与愿景,采用体系最优化和效益最大化战略。该战略强调采用高效的标准解决方案,满足绝大多数用户需求,这些用户使用公共的外部 PNT 信息源。当然,在某些对于可靠性和安全性有特殊要求的情况下,也允许一些效率或者实用性不高的专门解决方案继续存在。该战略还鼓励采用低成本的自主能力,以弱化对新时空基础设施的依赖性。重要举措如下:

(1)北斗全球系统是国家新时空服务体系的奠基石。在新时空体系中应发挥并且保持北斗全球系统奠基石作用,不断实现技术创新和能力增强。频率的增加、频谱的分离、可靠的信号结构、实时组网、增强抗干扰能力,均会大大地增强定位导航授时能力,产生更为广泛深入应景的应用。

(2)强化新时空信号的观测,保障服务质量和安全性。监测国内外 PNT 信号,以检验服务水平、观测环境效应、检测异常现象、识别信号干扰,并近实时地进行发布,强化对军民用信号、国内外信号及其服务的评估。

(3)加强提供完好性保障的高精度解决方案的方法研究,以利于生命安全应用。这是国家新时空服务体系将来必须解决的难题,在确保完好性的条件下,定位精度达到 10 cm;必须对基础设施和坐标框架进行升级改造,同时要改进绝对和相对导航技术,以及探索多源或者全源 PNT 信息的无缝集成的方法。

(4)保护军用 PNT 技术的先进性。在公共的可用性和性能不断提高的情况下,军用技术的先进性受到挑战,必须采取平衡措施,确立保护军用 PNT 技术先进性的国家对策。在确保军用独立性的前提下,从使用成本和可用性性能考虑,可以采用双轨制,有条件地使用民用信号和国外系统信号。

4.3 总体策划与顶层设计

国家应该抓好大事、要事。对于国家新时空服务体系架构,尤其要抓好总体、系统、顶层、创新的持续发展的大策划。总体之所以重要,因为其事关全局,事关长远,事关成败得失,应该列为新时空体系的重中之重。主要任务如下:

(1)北斗卫星导航系统概念的创新。GPS 概念是在 30 多年前提出的,主要针对军用设计而建立。科学发展和技术进步大大改变了整个世界,全球导航卫星系统的组成已不能仅用如空间段、地面段、用户段这样的“老三段”来表述,必须实现总体概念上的创新。目前最为突出的难题是 GNSS 的脆弱性,主要体现在解决环境问题方面,因此,环境段顺理成章地应纳入 GNSS 总体组成部分。同时,卫星的实时组网、信号结构的更新换代、信号的网络传输、多系统共存、多模化服务、多手段融合,以及层出不穷的新思想、新知识、新系统、新技术,亟待我们发挥后发优势,优化整合国内外先进的新思想和新概念,实现卫星导航系统的持续创新。

(2)GNSS 的兼容互操作可交换。对于北斗导航系统而言,首先是要全面解决与其他 GNSS 的兼容互操作可交换问题,从某种程度上说,这是关系到北斗系统生存发展的大事,要及早做,快点做,好好做。实际上,这是关于市场竞争力,而且是核心竞争力的问题,如果做好了,我们能够借力发力,做不好,则可能会被边缘化。频点和信号研究是当务之急,一定要有高瞻远瞩的解决方案,要通过双边和多边谈判,合理解决这一瓶颈问题。这方面的工作重点在国内,在于我们要做实实在在的工作,在实际系统中加快推进实施。

(3)GNSS 的系统之系统。GNSS 的组成包括全球系统、区域系统和增强系统,已建、在建和规划建设系统所包含的卫星总数量接近或者超过 140 颗。这么多系统和卫星,来自不同的国家、不同的时代、不同的需求、不同的设计,如何充分地利用它们,这是一个崭新的课题,必须从系统之系统的概念高度,进行再设计、再利用,研究“系统之系统”的概念及其真实内涵,全面确立北斗系统在 GNSS 中的定位。而对总体组成的每一段均赋予与时俱进的崭新含义,分别升级成为空间星系系统、环境增强系统、运控运营系统 and 应用服务系统,实现完整的现代化卫星导航系统总体设计。这比设计一个新系统的难度要大得多,但这是一种学习和提高的良好机遇,是千载难逢的机遇,也是我们缩小与国际 GNSS 总体水平差距的重大机遇。

(4)新时空体系能力的升级创新。我国国家新时空体系能力的实现是个集成创新的过程,将现有的和将有的 GNSS 和非 GNSS 定位导航授时能力进行组合、整合和融合,形成综合的国家新时空服务体系能力,以解决目前卫星导航系统存在的不足,进一步扩展其能力和应用服务范围,用新时空服务体系创新方案,适应新的应用与服务需求,适应大众化市场需求,适应军用的高可靠性、高安全性、高性能需求,适应室内外无缝对接的泛在新时空服务的需求。

(5)战略性新兴产业发展战略。国家新时空服务体系推动的是一个战略性新兴产业,是在现有的大信息产业中萌生出来的,以新一代信息技术为技术基础的智能信息产业。该产业由于其广泛的产业关联度,应用与服务的大众化、全球化特质,以及与通信产业和互联网产业良好的互补性、融合性、带动性等优势,因而具备成长为战略性新兴产业,进而发展成为新兴的支柱产业的基本条件。通过发展战略研究,形成产业发展大政方针和规划指导意见、管理法规和市场准则、重大工程项目指南和部署计划、产业集成整合方向和产业链的构成完善、典型示范和科普推广、应用服务的真情实景体验与创意平台环境。

4.4 基础设施与资源共享

为保证顺利实现国家新时空服务体系架构及其既定目标和任务,应该大力建设基础设施,比如建设国家级连续跟踪观测网络、信号干扰监测网络和评估预警系统、导航与通信融合专用网络、国家级网络化一体化科技大平台、云计算导航与位置服务网络和大数据资源池等。另外,新时空体系中需要保证数据的及时采集、合理处理和最大限度的分发。协调各个机构组织部门,实现真正意义上的资源共享。其中包括以下几方面:

(1)连续跟踪观测网络 and 数据处理分发。连续跟踪观测站网低水平重复建设,以及后期继续运营维护

缺乏经费支持,为此需要采取国家行动,通过优中选优的方式,全方位整合相关资源,集合成为精品网络,以保证其长期维持运营和共享化服务。重要的是提高网络的整体观测质量,实现规范化管理,形成数据采集、传输、存储、处理和分发的一条龙服务模式,成为科研和产业发展的重要基础信息支撑来源。

(2) 信号干扰监测网络和评估预警系统。卫星导航系统的根本弱点是其容易被干扰的脆弱性问题,这对于安全应用是个致命伤,必须采取相应的措施,而信号干扰源的监测、定位、报告、缓解和消除系统及其监测服务网络是必不可少的,同时一旦发现干扰,必须快速进行评估,在某些情况下,还需要进行可能干扰的评估预警。

(3) 模型化和 PNT 软件工具集成工程。我们在定位导航授时硬环境上做了很多努力,但在软环境上及模型化技术和软件,特别是软件工具方面却往往重视不够。为此,必须大力推动模型化工程和新时空系统软件工具的集成工程,从根本上建立并增强模型化和仿真能力,这不仅是卫星导航技术与产业发展的需要,而且也适应多种物理手段和可交换信息源条件下的需求,适应将来系统和用户装备发展的需要,并能将这些核心分析整体框架和能力迅速推广到企业应用中。

(4) 仿真、设计、开发、测试和验证平台。卫星导航产业是个新兴产业,刚刚开始发展成长,许多科技研发的条件不具备,而且产业的主体是中小型企业,无力购置大型的科技支撑平台设备。因此,由国家集中投入国家级的仿真、设计、开发、测试和验证平台,以及真情实景演示和展示平台,作为科技研发和产业发展支撑平台的重要组成部分,保证其高水平、共享性、公益性和高效能。

(5) 时间和空间参考系统。新时空体系的基础是时间和空间参考系统,在此方面,我们与国际水平相比存在差距,与将来的新时空服务体系需求存在更大的差距。为此,要大力改进标准、定标技术和参考系统的参照框架,以支持将来实时的绝对定位精度和完好性需求。新时空能力的明显改进,将要求与这些能力相关的信息基础设施有根本性的改进。对于可交换的 PNT 传感器需要实现接口协议、性能和信息交换的标准化。需要探索的领域包括:地固和天体参考框架、地球指向、地球栅格、定时、测频、物理模型化数据传递技术。

4.5 集成融合与解决方案

除了基础设施的建设之外,还需要软件的系统集成与相应的解决方案配合硬件的使用。尤其是国家新时空服务体系内部的融合,包括天基/地基、室内、室外等新时空系统。外部与通信系统、互联网网络等的结合,保证新时空体系在最短的时间发挥最大效应。主要解决方案如下:

(1) 卫星导航系统与通信系统的融合。这种融合更多的是将通信网络作为新时空信息的定位技术手段和数据源来使用,而不仅仅是将其作为传送新时空信息辅助和增强数据与地理信息系统的数据通道,从而增强所提供的服务的牢靠性。因此,需要认真识别和评价 PNT 与通信系统融合的方法、标准和可能获得的能力。基于无线电 PNT 和无线电通信的融合会促进通信能力直接向提供新时空能力的转变,这也是运用分散的源和信息途径的多种物理手段一体化的思路,能够在传统的无线电导航频谱以外提供服务,增加新时空服务的牢靠性。为此,首先对目前已经存在的蜂窝网、WiFi 网、蓝牙网、射频电子标签(RFID)网等进行集成融合,确定最佳的解决方案。从长远来说,还需要在新的通信网络上进行探索和开拓。

(2) 天基 PNT 与地基 PNT 能力的集成演化。为了支持多样化的 PNT 源和信息通道,必须研究天基 PNT 和地基 PNT 能力的演化和融合。毫无疑问,卫星导航系统是新时空服务体系架构的奠基石,随着技术的进步,体系架构肯定会在充分应用卫星导航系统基础之上,并适当考虑某些地基 PNT 要素和能力。但是应该看到,后者在一定场合应用有限,也有可能有些现成系统已不适合 2030 年的应用需要,如塔康导航、甚高频全向信标系统/测距装备、e 罗兰、盲降式仪表着陆系统等。

值得指出的是,对于关键基础设施的精密时间和时间间隔的用户,应确保其得到并能够利用多个可用源。所以,近期应重点推广北斗兼容的解决方案,同时认证将来的需求,继续推进新的解决方案的研发。

为避免干扰和强化可交换能力,应该推行 PNT 伪卫星和无线电信标基站标准。伪卫星从已经测定点地面位置上发送无线电测距信号,在 GNSS 信号被遮挡的条件下,射频(RF)信标基站支持基于位置的服务。这些设备的广泛使用,有可能造成兼容性、互操作和频谱的挑战。标准的制定应该有利于伪卫星和

无线电信标与其他基于射频的 PNT 解决方案的集成和避免冲撞。而用户群体应该仔细研究伪卫星、信标和自主技术间的合理平衡。

(3)自主 PNT 技术与外部 PNT 技术的组合。合理开发和应用通过不同来源与信息途径的信息集成的用户设备,提供可靠的解决方案。自主 PNT 技术是个很复杂的群体,它们包括惯性、微机电系统、电子罗盘、指南针、地图匹配、加速度计、时间计量和保持系统、各种航向推算系统,它们能够在基于射频的 PNT 能力提供服务出现故障时,继续提供相关的服务,并辅助 RF 信号的重新捕获。

(4)室外 PNT 与室内 PNT 的全方位无缝整合。实际上,这是个导航与通信、天基与地基、自主与外部、室内与室外 PNT 的高度集成融合的整体解决方案,进而推动集导航、通信、多种物理手段、多种可互换 PNT 源于一体的泛在的新时空应用与服务系统解决方案,以及新时空系统与遥感系统和地理信息系统的一体化解决方案。这是本板块的主体,也是所有集成融合的最终目标和愿景,是今后 10~20 年的奋斗目标。

4.6 协调管理与合作联合

国家新时空体系架构要求部门之间有广泛的协调与合作,从而确保新时空业界的必要的信息共享水平,确保有效运作、高效采购(数据源设备和用户设备),以及相关的科学与技术应用开发,这主要体现在以下几方面:

(1)国家新时空服务体系协调程序和管理体制机制改革与创新。确定国家新时空服务体系的协调程序是第一位的。在体系架构范围内,国家新时空体系需求确立、项目协同整合和决策,都需要一个长效的系统程序加以实现,其范围要超过天基定位导航授时。支持和组织专家组开发并形成国家新时空体系协调程序和管理体制机制的改革与创新,这项研究强调新时空体系需求分析、计划评估和成本估算;在关键技术领域,建议并推进政府的科学和技术创新项目,以及商业研究和开发;同时为新时空体系计划办公室、服务提供者和用户,提供系统工程和集成支持。

(2)新时空技术与系统的知识、技术、创新和信息交流互动平台。该平台是科学普及、产业推进、知识创新、行业交流、人才培养的综合性平台,是新兴产业必须具备的能力。该平台贯彻“从群众中来,到群众中去”的指导思想,至少承担新产业和新知识的宣传普及、新技术和新产品的推广传播、新应用和新服务的演示体验、新思维和新概念的创新探讨、新信息和新动向的交流互动、新领域和新人员的培养进等修六项任务。

(3)标准规范体系与质量检测和认证许可。建立标准规范体系是国家新时空服务体系实施最优化和效益最大化战略的最有效的途径。认可并开发满足用户需要的公共标准,服务于新时空信息的交换,保证和保护本地化区域定位信息的表述。

利用来自多种手段和多样化源的信息,由于缺乏标准化信息接口协议,有可能造成数据混乱、无保障和不可靠。用户需要方便地通过多种多样的渠道进入多个数据源,所有的相关新时空信息均可用于资讯的决策取舍,同时信息必须受到保护,防止非授权使用、滥用和盗用。因此,在充分利用现有标准的同时,迫切需要合理开发相关新的标准。

确定位置时使用不同的坐标系会影响互操作和相关的安全性,因为不同坐标系相互转换时会产生误差,这种情况存在于军用和民用中,或者两者之间。为此必须对各种坐标系进行评估,采用合理的技术、方法和相应的标准,在本地和区域运营中确保互操作性的实现。

针对生命安全领域和关键设施用户对外国 PNT 系统的应用,应该开发合理清晰的使用判据和服务兼容性标准。开发者和使用者希望利用所有系统,提供多系统 PNT 接收机,增加可用性,实现增值服务,从而也会增加市场的商业竞争。为此,应该提倡使用多系统 PNT 兼容接收机,通过这种增强解决方案提高精度和可用性,在系统出现故障或者脆弱性问题时提供更好的可靠性。

(4)国际合作与产业联盟。国际合作是卫星导航及其关联拓展产业的必修课题。GNSS 的民用已经成为若干大国的历史共业,是扯不断、理还乱的系统之系统。频率、信号、星座布设和计划安排都是敏感话题,在兼容互操作可交换的许多方面需要协商谈判,需要合作共赢,需要多层次、多模式、多渠道的国际合

作与交流。

产业联盟是时代的产物,其任务有三:协助政府开展战略研究,拟定发展规划,制定政策法规及行业规范,配合行业制定和宣贯标准规范,进行市场与产业的调查研究,开展产品的质量检测和认证,实施技术咨询和信息服务;建立自主创新平台,组织技术攻关、成果转化、产品推广,强化国内外技术交流和跨国企业间的深层次合作联合,推进系统与技术、应用与服务、市场与管理的全方位创新行动计划。

中国自主建设的北斗全球卫星导航系统的快速建设是中国航天事业发展的重要组成部分。北斗全球卫星导航系统的关键作用是提供时间和空间基准,以及所有与位置相关的实时动态信息,业已成为国家重大的空间和信息化基础设施,成为新时空服务体系、新一代信息技术和新兴的智能信息产业核心推动力和共用基础,也成为体现我国现代化大国地位和国家综合国力的重要标志。它是经济安全、国防安全、国土安全和公共安全的重大技术支撑系统和战略威慑基础资源,也是建设和谐社会、服务人民大众、提升生活质量的重要工具。由于其广泛的产业关联度和与通信产业的融合度,能有效地渗透到国民经济诸多领域和人们的日常生活中,成为带动现代信息产业转型升级、集成融合发展、多系统一体化快速、持续发展的引擎,成为高技术产业高成长的助推器。

中国卫星导航系统发展以科学发展观引导市场,走快速发展、绿色发展、智能发展、跨越发展、规模发展和可持续发展道路,大力推进以北斗卫星导航系统为核心动力的智能信息产业体系,加强与国外系统的交流合作,最终实现这一战略性新兴产业的高速度、跨越式和可持续发展,促进低碳经济和绿色发展,全面服务于国家安全、经济发展、社会进步和人民生活。

参考文献:(略)

作者简介:曹冲,原中国电波传播研究所研究员级高工,现任中国卫星导航定位协会咨询中心主任,近二十多年来主要从事卫星导航应用与服务及产业化研究。