

论“互联网+”天基信息服务

李德仁^{1,2}

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: “互联网+”代表了一种新的社会形态, 为改革、创新、发展提供广阔的网络平台。随着互联网与传统产业的不断融合, “互联网+”正深刻改造、影响多个传统行业。“互联网+”给卫星对地观测与导航创造了大众化、普及化、智能化和实时化天基信息服务的有力条件。无处不在的地球空间信息大数据具有体量大、速度快、模式多样和真伪难辨的特性, 形成了“数据海量、信息缺失、知识难觅”的局面。要实现地球空间全天时、全天候、全地域服务于每个人的目标, 根本上解决现有地球空间信息服务系统覆盖能力有限、响应速度慢、体系协同能力弱的问题, 满足大数据时代对地球空间信息“4R”服务要求, 需要构建与地面网络深度耦合的“互联网+”天基信息服务体系。结合中国空天信息技术发展情况, 介绍了“互联网+”天基信息服务体系建设的实施思路, 分别对实现“互联网+”天基信息服务3个不同级别的特点进行了重点阐述。面向“互联网+”天基信息服务系统的要求, 对地球空间信息学的重点支撑技术和系统发展前景进行了展望。

关键词: “互联网+”, 天基信息服务, 空间信息网络, 对地观测脑EOB(Earth Observation Brain)

中图分类号: TP701 **文献标志码:** A

引用格式: 李德仁. 2016. 论“互联网+”天基信息服务. 遥感学报, 20(5): 708–715

Li D R. 2016. The “Internet Plus” space-based information services. Journal of Remote Sensing, 20(5): 708–715
[DOI:10.11834/jrs.20166222]

1 “互联网+”兴起

2015年3月两会期间, 全国人大代表马化腾提交了《以“互联网+”为驱动, 推进中国经济社会创新发展的建议》的议案, 引发全社会的高度关注。“互联网+”代表了一种新的社会形态, 为改革、创新、发展提供广阔的网络平台。“互联网+”通过发挥互联网在社会资源配置中的优化、集成和共享作用, 形成互联网为基础设施和工具的经济发展新形态。具体来说, 在“互联网+”时代, 通过物联网、云计算、大数据等手段, 实现互联网与传统行业的深度融合, 创造新的社会经济发展生态。随着互联网与传统产业的不断融合, 以互联网金融、在线影视、电子地图、在线房产、远程医疗、在线医疗、在线旅游为代表的各类电子商务应用正深刻改造、影响多个传统行业。

中国政府高度重视“互联网+”的发展。2015年3月5日, 十二届全国人大三次会议上, 李克强总理在政府工作报告中首次提出“互联网+”行动计划; 2015年7月4日, 国务院《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》指出: “增强北斗卫星全球服务能力, 构建天地一体化互联网络”、“充分利用多维地理信息系统、智慧地图等技术, 构建资源环境承载能力立体监控系统”, 为中国下一代天基信息服务体系构建提出了新要求。

“互联网+”为各行各业, 包括卫星对地观测与导航提供了无所不在的大众化、普及化、实时化和智能化服务的有利条件。我们要大力推进各种级别的“互联网+”天基信息服务, 将卫星导航定位、卫星遥感和卫星通信做大做强, 以满足中国国防建设、经济转型发展和大众民生的要求。

收稿日期: 2016-06-20; 修订日期: 2016-07-02; 优先数字出版日期: 2016-07-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 91438203, 41501383); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(编号: 2042016kf0163)

第一作者简介: 李德仁(1939—), 男, 教授, 中国科学院院士、中国工程院院士, 研究方向为以遥感、全球卫星定位系统和地理信息系统为代表的空间信息科学与技术。E-mail: drli@whu.edu.cn

2 大数据时代地球空间信息学的机遇与挑战

“互联网+”时代，地球空间信息学的数据获取手段已经从传统的专用传感器，如遥感、通信、导航卫星、航空飞行器、地面测量设备等扩展到物联网中上亿个无所不在的非专用传感器，如智能手机、城市视频监控摄像头(Li和Shao, 2009; Li等, 2015)。目前，在轨运行卫星已超过1000颗(其中美国500多颗，俄罗斯120多颗，中国140颗)；全球空中的有人飞机和无人机超过10000架，特别是近年来，无人机数量已迎来井喷式增长；地面移动测量系统与智能驾驶汽车超过300万辆；城市的各种智能监控传感器无处不在，据统计中国城市视频头已达到2000多万个；以智能手机、智能手表为代表的智能终端数量已达数十亿。这些具有通信、导航、定位、摄影、摄像和传输功能的时空数据传感器，数量众多，能提供PB和EB级连续图像，将大大地提高地球空间信息学的数据获取能力。

可以预言，大数据时代地球空间信息学的应用也是无所不在的，从军民专业用户扩大到普通大众用户。面对地球空间大数据的到来，由于体量大、速度快、模态多样和真伪难辨，人们很难有效地从大数据中挖掘出它的巨大价值，从而形成“数据海量、信息缺失、知识难觅”的局面。现有的空间信息服务达不到自动化、实时化和大众化的智能服务水平，即在规定的时间内(right time)，将规定地点(right position)上的正确数据、信息和知识(right data, information & knowledge)送给需要的人(right person)(李德仁, 2004, 2011)。在欢呼大数据时代来临的同时，空间信息服务的形式和内容亟待创新。

同时，中国现有各自孤立的天基信息服务难以满足智慧地球时代广大军民的需求。一方面，中国对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但是。另一方面，目前中国现有的通信、导航、遥感卫星系统自成体系，现有卫星导航系统服务的信息内容仅涵盖位置“点”、路径“线”信息；尚未覆盖地表的各种要素、变化和相互关系，尚未与实时对地观测图像(视频)为代表的“面”信息关联；卫星导航服务的数

据通信主要依赖专用终端设备(如北斗终端)，或借助地面移动通信网络，通信容量和速度受限，海量信息无法及时传输。这种孤立的运行和服务方式已难以满足智慧地球时代广大军民的需求，也难以实现市场化和国际化。

3 “互联网+”天基信息服务的提出

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，满足大数据时代对地球空间信息“4R”服务要求，笔者认为，亟需根据中国国情和技术发展情况，有计划、分步骤地构建与地面网络深度耦合的集成化的天基信息实时服务体系。

首先，中国航天技术发展取得重大成就，为天基信息服务系统的建设提供了强大技术支撑。建国以来，特别是改革开放30多年以来，中国航天事业发展取得了辉煌的成就，已形成导航、遥感、通信、军事卫星组成的卫星体系。特别是在“高分辨率对地观测系统”、“第二代卫星导航定位系统”、“载人航天与探月工程”国家重大科技专项的推动下，中国航天对地观测技术已跨入“从有到好”的崭新阶段，在未来几年内可望形成较强的国际竞争力。

“互联网+”天基信息服务系统可实现卫星遥感、卫星导航、卫星通信与地面互联网的集成服务，支持全球用户在任何地方、任何时候的信息获取、高精度定位与多媒体通信服务，并构成中国北斗卫星的低轨移动增强系统，建立中国全新的北斗导航卫星全球增强系统，从而破解中国在海外建立地基北斗增强系统的难题。通过建设“一星多用、多星组网、多网融合”的卫星遥感、导航与通信集成的天基信息服务网络，实现与地面互联网互联互通，达到“天网”与“地网”的深度耦合，从而将广大军民用户所需的数据和信息实时送到他们的手机和移动终端，从而实现智能服务(李德仁, 2015)。

4 “互联网+”天基信息服务系的3个不同级别

根据国内外技术发展情况，笔者认为“互联网+”天基信息服务具有3个不同水平的级别。

4.1 初级阶段—Web GIS

Web GIS的主要特点是,将各类地理信息加工处理后送互联网,为其他应用业务提供地理基准。Web GIS是在1998年美国提出“数字地球”概念上的延伸(李德仁,1999),Web GIS是在Internet网络环境下的一种兼容、存储、处理、分析和显示与应用地理信息的计算机系统。它是Internet技术、Web技术和传统的GIS技术相结合的产物(邹伦等,2001),其基本出发点就是利用互联网发布地理信息,让客户通过浏览器浏览和获取地理信息系统中的数据和服务,以美国Google map、Google Earth、中国天地图(李志刚等,2012;龚健雅等,2010)和各大门户网站提供的导航地图为代表。自20世纪90年底起,在Web GIS推动下,全球开始步入数字地球和数字城市建设的阶段。中国已建成数字中国和数字城市基础框架,国家测绘地理信息局发布的“天地图”已成为数字中国和数字城市的重要载体。Web GIS提供的电子地图LBS服务通过与电子商务、汽车导航、物流、消费等行业融合,已成为人们日常工作、生活中不可或缺的空间信息支撑。

在这种初级阶段,卫星遥感数据在地面接收站接收后,通过各种硬软件系统进行加工处理,提取有用信息,建成各种对信息送到互联网服务广大用户。李德仁(1994)曾在《环境遥感》上撰文建议建立自动化和智能化的空间对地观测数据处理系统。但是,这种服务方式具有明显的缺点:天基信息处理是离线、非实时的;送到网络上信息的地表现势性可能是不一致的。所以,这个阶段的Web GIS,如各类导航电子地图是无法保证100%精准和现势性。

4.2 中级阶段—Sensor Web GIS

中级阶段是目前空天信息服务研究和系统实现的主要形式。Sensor Web GIS的特点是,Web GIS通过传感网在线调用卫星和其他传感器数据,实现云计算支持下的空间信息服务。系统将各类空天传感器资源、数据处理资源、空间信息资源、地学知识资源、计算资源、网络资源和存储资源一体化纳入服务模型(见图1),通过在分布式注册中心进行注册,在云计算支持下,实现传感器调度、数据加工、信息提取和知识发现的网络化,为不同需求的用户提供精准服务(陈能成等,2008,2013)。

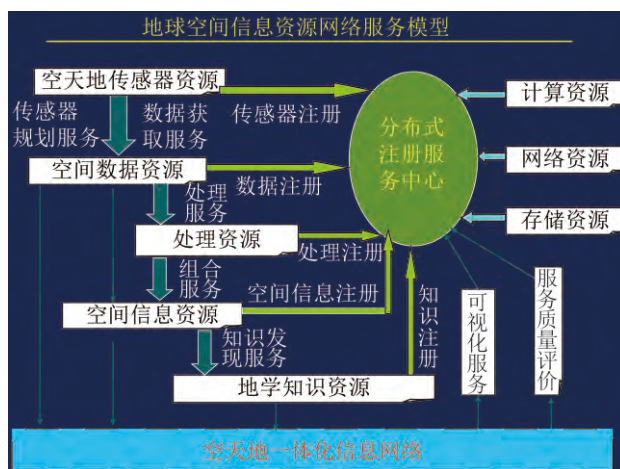


图1 地球空间信息资源网络服务模型

Fig. 1 Network service model of geospatial information resource

Sensor Web技术从2003年起逐渐发展并得到应用。2003年,美国西北部Roberts地区发生火灾,使用Sensor Web技术对此次火灾进行了灾情监测和灾后评估(图2)。首先,通过Sensor Web调用MODIS数据,MODIS卫星的时间分辨率相对较高,通过分析MODIS数据能够及时捕捉到火灾发生的地点;获知火灾发生地点后,通过Sensor Web调用和规划高分辨率卫星,如EO-1卫星,得到更详细的火灾相关情况;最后,通过人工现场调查验证,提高基于遥感影像反演火灾相关情况的精度。Sensor Web的火灾应用,改变了直接使用传感器或者已有“过时”数据的灾害应急模式。

Sensor Web GIS服务模型如图3所示。空天地传感器节点(如原位传感器节点、无人机传感器节点和卫星传感器节点等)通过Sensor Web服务(如传感器规划服务、传感器告警服务和传感器观测服务等)服务化传感器资源。数据节点负责各种处理,包括网络坐标变换服务、网络处理服务和网络覆盖服务。各种服务注册到Web目录服务中。客户端依据任务,组合各种服务,形成服务链,得到的结果最终通过网络地图服务呈现。此模型实现了卫星、无人机、地面传感数据的规划,是一种典型的基于传感器的Web GIS(Sensor Web GIS)。

武汉大学采用Sensor Web GIS技术研制了基于天地传感网的长江流域生态环境智能管理系统。长江水电资源开发与防洪、通航的矛盾日益突出:从防洪角度看,三峡水库等库区汛前要求放水,安全通航也要求如此;从发电角度看,要求

水库蓄水发电。通过传感网技术，整合长江流域水文、气象、土壤和航标等空天地32种上万个传

感器(图4)，实现了长江干线生态环境监测网，并在发电、防洪和航道管理中种得到应用。

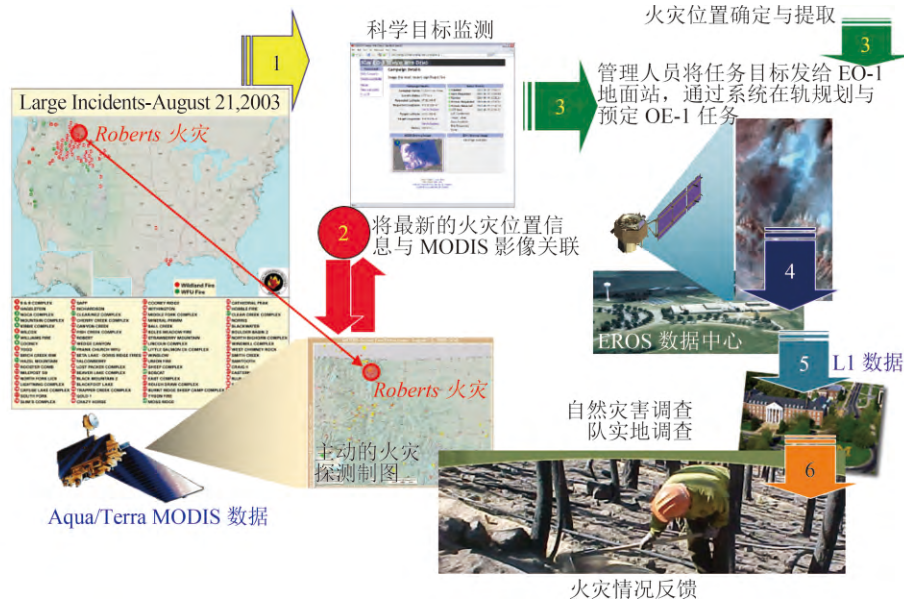


图2 Sensor Web火灾应用

Fig. 2 Sensor Web application in fire disaster response

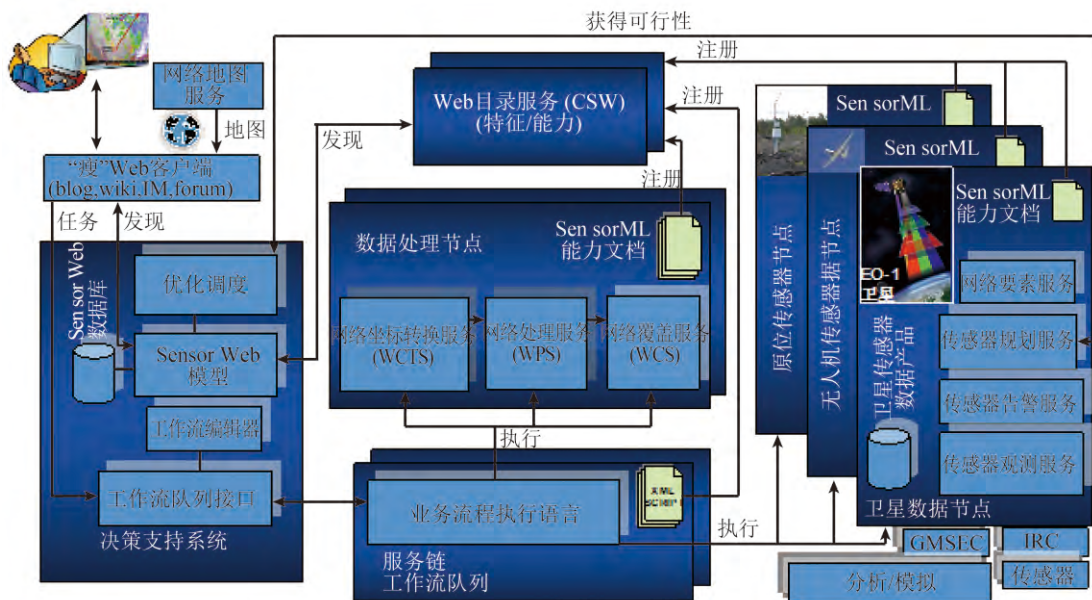


图3 Sensor Web GIS服务模型

Fig. 3 Service model of Sensor Web GIS

在金沙江下游梯级水电站水文泥沙分析系统，实现了溪洛渡和向家坝定时冲淤到实时冲淤的转变，2013年—2015年汛期分别提前蓄水8亿立方米、16亿立方米和18亿立方米，产生了巨大的经济效益。开发了长江上游大型水库群联合防洪抗旱系统，实现长江上游各控制性大型水库实时信

息、预报调度信息以及流域内水雨情信息的实时共享，效率由原来的小时级提高到20 min到达长江防总、30 min到达国家防汛抗旱总指挥部。开发了长江干线航道管理系统，航道管理效率得到多方面发展(表1)。

又如目前广泛应用的出行打车软件，也是建

立在Sensor Web GIS的一种典型应用。车辆调度中心能够根据用户位置、在线车辆实时传回的位置信息信息,运用Web GIS技术和实时路况信息,将

用车需求实时的发送给司机和用户,大大提高了出行效率。

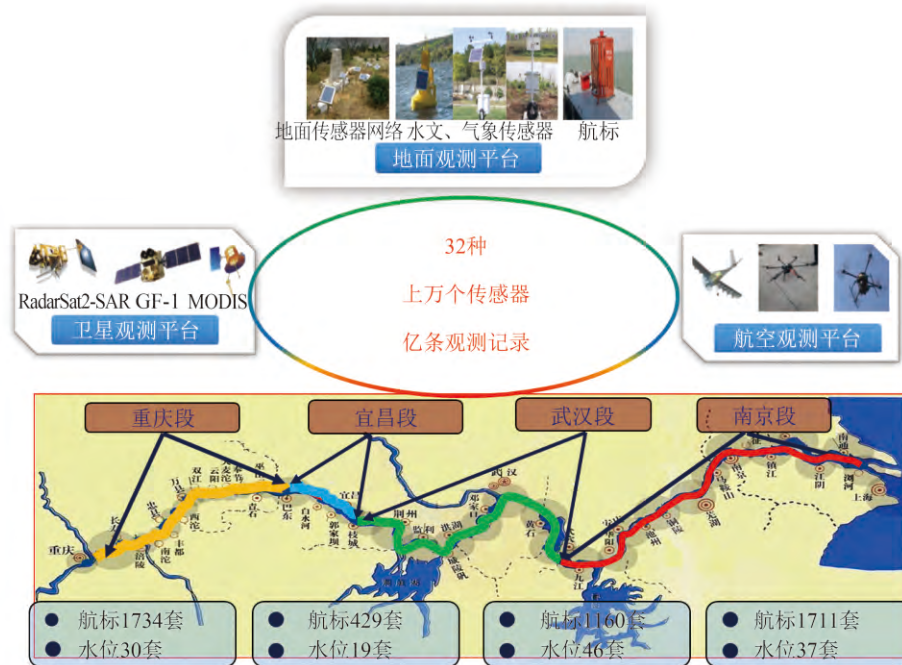


图4 长江流域生态环境智能管理系统传感器配置

Fig. 4 Sensor configuration in intelligent management system of yangtze river basin's ecological environment

表1 长江流域生态环境智能管理系统支持航运应用效果

Table 1 shipping application effect of intelligent management system of Yangtze River basin's ecological environment

应用场景	应用前	应用后
航标维护模式	巡检制	监控值守制
浅水航道尺度发布	每10天发布一次	每7天发布一次
航标异常发现时间	最长至1 d	最长10 min
航标异常恢复时间	8 h	2 h
水位测报	一天1次或3次人工读尺	每小时1次遥测遥报

这种服务模式比“互联网+”天基信息服务初级阶段有重大进步,它实现了网络GIS与空天传感器的实时融合。但是,数据仍需要在地面站接收,由于卫星数量和传输能力限制,尚达不到全球实时获取和处理卫星资源的水平,限制了天基信息服务的实时化和自动化程度。

4.3 高级阶段—Smart Sensor Web GIS

高级阶段的特点是,通过空天地各类传感器组网、星地实时处理、信息快速传输和聚焦服

务,最终实现全球全覆盖的在线实时PNTRC(定位、导航、授时、遥感、通信)服务。可细分为两个步骤:

第1步:构建基于对地观测脑EOB(Earth Observation Brain)的空间信息网络。将现有各类导航卫星、通信卫星、通信卫星和其他空间平台组网,构建EOB,实现协同观测、在轨处理,实现对各类任务协同的灵性服务。

空间信息网络(李德仁和沈欣,2005;李德仁,2015)是由带有遥感、通信、导航载荷的卫星和飞机等空间节点构成(图5),通过动态建链组网,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,空间信息网络结构图如图2。目前中国正在空间信息网络基础理论和关键技术领域实施多项重大研究项目。

EOB是各类空天传感器的相机和星地处理系统的集成,对所拍摄的所有影像将进行快速处理、信息提取和驱动相应应用,模拟脑认知中的感知、认知和行动3个过程。因而,EOB是脑认知科学与地球空间信息科学的融合,是极高挑战性的命题。

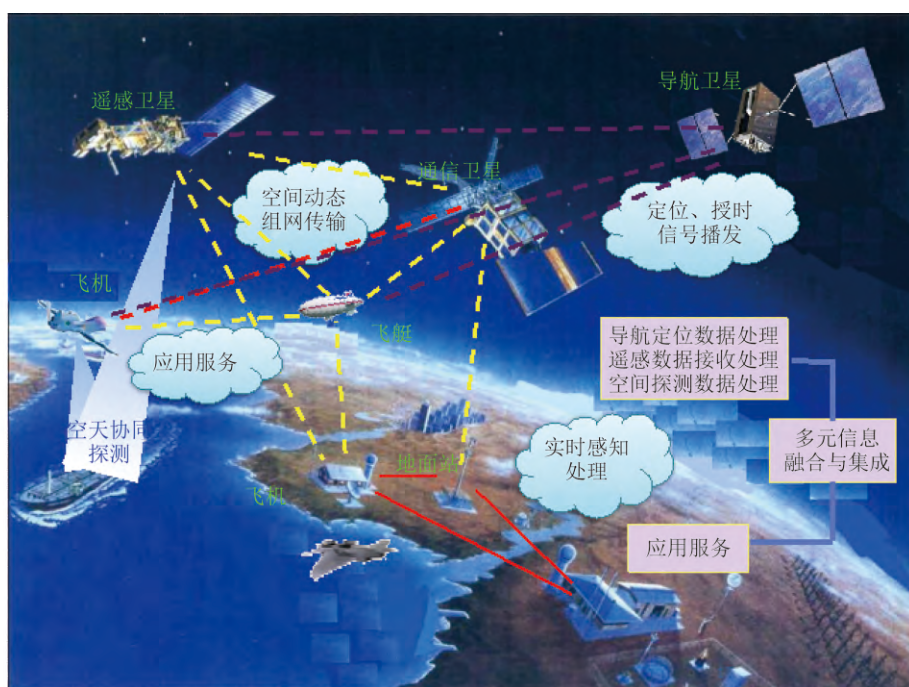


图5 空间信息网络结构

Fig. 5 Structure of space information network

遥感对地观测可以通过开发多种不同空间信息脑来实现这3个过程的自动化。(1)地球空间信息海量数据获取；(2)智慧空间数据挖掘；(3)地球空间数据驱动应用。

依托空间信息网络，可对敏感事件协同组网观测，通过星地资源协同，在对地观测脑的支持下，实现多源传感器高质量实时成像、星上高精度实时几何定位、数据智能压缩方法、复杂场景典型目标智能检测、变化检测与预测等处理后，经过卫星、地面通信节点多跳链路，回传地面服务中心，可提高对全球突发事件的快速响应能力。

第2步：天基信息实时服务系统。构建若干颗(60—100颗)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、移动网的整体集成，实现对全球表面分米级空间分辨率、小时级甚至分钟级时间分辨率的数据采集和米级精度的导航定位服务，在时空大数据、云计算和天基信息服务智能终端支持下，通过天地通信网络全球无缝的互联互通，实时地为国民经济各部门、各行业和广大手机用户提供快速、准确、智能化的天基信息增值服务，通过“互联网+”，将服务抵达广大军民用户的智能终端，如智能手机。

其重要功能有：

(1)基于实时数据的位置服务。通过协同观

测、星地协同处理和星地快速传输，可实现全天时、全天候、近实时的获取处理卫星遥感和视频数据，将信息及时推送给用户的手机和各类移动终端，时空分辨率分别优于0.5 h、0.5 m。

(2)天地一体化移动宽带通信服务。能克服地面通信网络覆盖范围不足的局限，可为全球任意位置的用户提供安全、可靠、高速的天地一体化通信和数据传输服务。

(3)卫星导航增强服务。目前北斗直接定位精度为10 m左右，利用低轨卫星组成移动CORS站与地面固定CORS站集成，为各种类型北斗用户(包括地面手机用户)提供米级/分米高精度实时导航定位服务。

要实现这种水平的“互联网+”天基信息实时服务，还有许多关键技术需要攻关，主要包括：星基导航增强技术、天地一体化网络通信技术、多源成像数据在轨处理技术、天基信息智能终端服务技术、天基资源调度与网络安全、全球空天地一体化的非线性地球参考框架构建技术以及基于载荷的卫星平台设计与研制等。

5 结 语

建设与互联网融合一体的天基信息服务系

统, 将为卫星应用产业的发展注入新的活力(李德仁等, 2014), 中国卫星遥感、卫星通信、卫星导航等产业将迎来新一轮的发展机遇。除增强遥感、通信、导航功能外, 通过卫星遥感、通信与导航技术的集成创新, 带动实时位置服务为代表的天基信息增值服务产业的发展, 如新型天基信息服务移动终端与软件(如手机APP)、卫星多媒体通信服务、实时精密导航定位服务等。

笔者认为, 从当前国家需求和国际高科技与产业发展形势看, 发展中国自主的“互联网+”天基信息服务系统, 是落实《“互联网+”行动的指导意见》要求的有力举措, 是实践国家提出“军民深度融合”战略的重要途径, 鉴于西方国家尚未形成这样的实用服务系统, 中国应该抢抓机遇, 群力攻关, 做出原创性的科技创新。

志 谢 感谢陈能成教授、沈欣博士、陈泽强博士的大力支持。

参考文献(References)

- Chen N C, Di L P, Gong J Y and Zheng Z. 2008. Sensor observation service registry and search based on catalogue service for Web. *Journal of Remote Sensing*, 12(3): 411–419 (陈能成, 狄黎平, 龚健雅, 郑重. 2008. 基于Web目录服务的地学传感器观测服务注册和搜索. *遥感学报*, 12(3): 411–419)
- Chen N C, Yang X L and Wang X L. 2013. Design and implementation of geospatial sensor web information public service platform. *Journal of Geo-Information Science*, 15(6): 887–894 (陈能成, 杨训亮, 王晓蕾. 2013. 地理空间传感网信息公共服务平台的设计与实现. *地球信息科学学报*, 15(6): 887–894)
- Gong J Y, Chen J, Xiang L G, Xiong H J, Wu H Y and Wang Y D. 2010. GeoGlobe: Geo-spatial information sharing platform as open virtual earth. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 39(6): 551–553 (龚健雅, 陈静, 向隆刚, 熊汉江, 吴华意, 王艳东. 2010. 开放式虚拟地球集成共享平台GeoGlobe. *测绘学报*, 39(6): 551–553)
- Li D R. 1994. On development of an automatic and intelligent remote sensing data processing system for earth observation from space. *Remote Sensing of Environment*, 9(1): 1–10 (李德仁. 1994. 论自
- 动化和智能化空间对地观测数据处理系统的建立. *环境遥感*, 9(1): 1–10)
- Li D R. 1999. NII, NSDI and digital earth. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 28(1): 1–5 (李德仁. 1999. 信息高速公路、空间数据基础设施与数字地球. *测绘学报*, 28(1): 1–5)
- Li D R. 2004. Opportunities for geomatics. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 29(9): 753–756 (李德仁. 2004. 地球空间信息学的机遇. *武汉大学学报(信息科学版)*, 29(9): 753–756)
- Li D R. 2011. The mission of the earth space information science. *Science & Technology Review*, (29): 3 (李德仁. 2011. 地球空间信息学的使命. *科技导报*, (29): 3)
- Li D R. 2015. Construction of commercial high-resolution remote sensing satellite system to promote military and civilian depth fusion. *Defense Industry Conversion in China*, (9): 8–11 (李德仁. 2015. 建设商业化高分辨率遥感卫星系统推动军民深度融合. *中国军转民*, (9): 8–11)
- Li D R, Cao J J and Yao Y. 2015. Big data in smart cities. *Science China Information Sciences*, 58(10): 1–12 [DOI: 10.1007/s11432-015-5396-5]
- Li D R and Shao Z F. 2009. The new era for geo-information. *Science in China Series F: Information Sciences*, 52(7): 1233–1242 [DOI: 10.1007/s11432-009-0122-9]
- Li D R and Shen X. 2005. On intelligent earth observation systems. *Science of Surveying and Mapping*, 30(4): 9–11 (李德仁, 沈欣. 2005. 论智能化对地观测系统. *测绘科学*, 30(4): 9–11)
- Li D R, Shen X, Ma H C and Zhang G. 2014. Commercial operation of China's high-resolution earth observation system is imperative. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 39(4): 386–389 (李德仁, 沈欣, 马洪超, 张过. 2014. 中国高分辨率对地观测系统的商业化运营势在必行. *武汉大学学报(信息科学版)*, 39(4): 386–389)
- Li Z G, Jiang J, Zhai Y, Wang Q and Huang W. 2012. “TIANDITU” technical architecture for supporting distributed service aggregation. *Journal of Geomatics*, 37(5): 13–15 (李志刚, 蒋捷, 翟永, 王茜, 黄蔚. 2012. 面向分布式服务聚合的“天地图”总体技术架构. *测绘地理信息*, 37(5): 13–15)
- Wu L, Zhang J, Tang D S and Liu Y. 2001. The system and structure of internet-based GIS. *Geography and Territorial Research*, 17(4): 20–24 (邬伦, 张晶, 唐大仕, 刘瑜. 2001. 基于Web GIS的体系结构研究. *地理学与国土研究*, 17(4): 20–24)

The “Internet Plus” space-based information services

LI Deren^{1,2}

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: "Internet Plus" represents a new form of society that provides vast platforms of reform, innovation, and development. With the gradually deepening integration of the Internet and traditional industries, the “Internet Plus” has prompted profound transformation and has generated obvious influence on many traditional industries, such as manufacturing, agriculture, finance, education, and logistics. In the big data era, the instrumental acquisition of geo-information expands from professional air-space-ground sensors, such as satellites, airplanes, and UAVs, to billions of non-dedicated sensors connected to the Internet of things. Ubiquitous geospatial data sensors with communication, navigation, positioning, photo/video imaging, and broadband data transmission functions are in development. Furthermore, millions of video cameras in cities can continuously provide images with PB and EB data size. These ubiquitous sensors can greatly enhance the data acquisition ability of geomatics. The application of geomatics is becoming increasingly pervasive, expanding from expert users to global public users. However, given the volume, velocity, variety, and veracity of data, effectively extracting useful information from big data is difficult, thus resulting in situations of "massive data, missing information, and unavailable knowledge".

The ultimate goal of geo-spatial information services is to deliver the right data, information, or knowledge to the right person in the right place at the right time. To provide global all-time, all-weather services to everyone, we should overcome the defects of existing geo-spatial information service systems, such as limitations of coverage area, slow response, and weaknesses of systematic interoperability. Therefore, we propose an “Internet Plus” space-based information service coupled with ground networks. In line with the principles of "one satellite with multiple functions, multi-satellite networking, and multiple network cooperation", a proposal for an integrated space-based information service system is presented. This space-based network with remote sensing, navigation, and communication functions can be seamlessly integrated with existing ground Internet and mobile networks. With the support of spatial-temporal big data, cloud computing, and intelligent terminals for space-based information services, all sectors of the national economy, industries, and the vast majority of public users will be provided with rapid, accurate, and intelligent positioning, navigation, timing, remote sensing, and communication services in real time. Considering the development condition of aerospace and information technologies, we describe a trilogy of an “Internet Plus” space-based information service system construction: web GIS in the primary stage, sensor web GIS in the intermediate stage, and smart sensor web GIS in the advanced stage. The key characteristics of the three stages are emphasized. Finally, the development prospects of the “Internet Plus” space-based information service system and its key technologies are discussed.

Key words: Internet Plus, space-based information service, space information network, earth observation brain

Supported by National Natural Science Foundation of China (No.91438203, 41501383)