



专题：天地一体化信息网络

关于天地一体化信息网络发展建设的思考

吴巍¹, 秦鹏², 冯旭², 刘海蛟², 黄照祥²

(1. 中国电子科技集团公司第五十四研究所, 河北 石家庄 050081;

2. 中国电子科学研究院, 北京 100043)

摘要: 在维护和拓展国家利益时, 我国信息网络一直面临着“覆盖不出去、信息难兼容、服务响应慢、安全有隐患”的困境, 建设天地一体化信息网络, 是应对挑战的有效途径。基于此, 分析了国内外相关天地一体化信息网络系统发展现状及趋势, 给出了天地一体化信息网络体系结构设想、关键技术和实施策略。

关键词: 天地一体化信息网络; 体系结构; 实施策略

中图分类号: TN929.11

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017342

Reflections on the development and construction of space-ground integration information network

WU Wei¹, QIN Peng², FENG Xu², LIU Haijiao², HUANG Zhaoxiang²

1. The 54th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Shijiazhuang 050081, China

2. China Academy of Electronics and Information Technology, Beijing 100043, China

Abstract: When maintaining and expanding national interests, our country's information network has always been faced with the problem of "covering beyond its control, incompatible with information, slow in response to services and having security risks". Building a space-ground integration information network is an effective way to deal with the challenges. Based on this, the status quo and trend of the development of the integrated world-wide information network system at home and abroad were analyzed. The concept, key technologies and implementation strategies of a global integration of information network architecture were given.

Key words: space-ground integration information network, architecture, implementation strategy

1 发展背景及现状

天基网络与地面网络相比, 具有高、远和广域覆盖的突出特点^[1,2], 对于实现海上、空中以及地面系统难以覆盖的边远地区通信有其明显优势, 成为通信保障和商业应用的一个重要发展领域。然而, 由于人类大部分活动仍是以地面为主进行的,

因此基于各类卫星的系统和应用发展始终离不开天地一体化的基本要求。天地一体化信息网络的发展方向就是通过天基网络与地面网络的融合建设, 实现地球近地空间中陆、海、空、天各类用户与应用系统之间信息的高效传输与共享应用。

1.1 国外发展现状

美国已建成以高轨通信卫星为主体, 全球地



面电信港为依托，低轨移动通信星座等商用卫星为补充的天地一体化信息网络系统。伴随信息技术快速发展，天基信息网络在民用、商业领域的建设和应用快速发展，在重点建设高轨宽带卫星通信系统的同时，一些应用互联网技术、价格低廉的中低轨卫星信息网络呈现出蓬勃发展态势。

1979 年启动的 Inmarsat^[3] 卫星网络已构建了由 8 颗高轨海事卫星和 22 个地面关口站组成的天地一体网络，并实现与移动通信网、地面互联网互联，承担全球民航空中交通管制、船舶海上交通管制的大部分通信保障任务。1998 年 5 月，Iridium 系统^[4] 正式建成，成为目前世界上唯一一个支持全球无缝覆盖服务能力的低轨卫星移动通信系统。2007 年，Iridium NEXT 计划作为 Iridium 二代系统正式启动，在保持原有星座架构的基础上提供更大容量和更高速率的业务。O3b 公司^[5] 计划部署 16 颗卫星，单星吞吐量约为 12 Gbit/s。O3b 把业务分为骨干网、地面移动网干线、能源专业、海事专业和政府专业几大类，并有针对性地提供不同的速率和服务。Onweb 公司^[4] 将发射 720 颗卫星，提供直接面向用户的 Ku 频段互联网接入服务，计划 2018 年开始发射，2019 年提供服务。后期可能会再发射 1 972 颗卫星以完成最终的星座。SpaceX 公司通过挪威政府向 ITU 申报了 STEAM^[6] 系统的频率和轨位，从申报的情况来看，卫星数量为 4 257 颗，使用 Ku 和 Ka 频段，运行在 43 个轨道面。此外，SpaceX 还通过美国无线电通信委员会（FCC）向 ITU 申报了 6~8 颗 Ku 频段试验星，首发星为 MicroSat-1a 和 MicroSat-1b。

1.2 国外发展趋势

（1）天地多网系深度融合

深入开展天网地网一体化设计与融合实践，天基信息网、地面互联网和移动互联网深度融合形成有机整体。

（2）天基网络中高中低轨卫星混合组网

高中低轨组网方案不断涌现，更好地适应区

域增强、快速响应等应用需求。

（3）微小卫星、模块化卫星成为研究热点

部署成百上千颗低轨微小卫星构成星座网络，卫星批量制造生产，火箭回收再用，大大降低卫星成本，缩短研制建设周期。

1.3 国内发展现状

我国卫星通信系统经过几十年独立自主发展，已形成一定建设规模，在行业和商业领域得到广泛应用，取得举世瞩目的成就。目前正在发展以固定业务为代表的宽带卫星通信系统和以移动业务为代表的窄带卫星通信系统，并开展高通量、宽带移动通信卫星研制建设。

我国主要建设发展中国星、亚太系列通信广播卫星系统，通信业务基本实现亚洲、欧洲、非洲、太平洋等区域覆盖，在全球卫星空间段运营服务商排名第六位。目前，在轨运行 C、Ku 频段民用通信卫星共 10 颗，包括中星 5A、中星 6A、中星 10 号、中星 11 号、中星 12 号、中星 16 号和亚太 5 号、亚太 6 号、亚太 7 号、亚太 9 号。我国高通量宽带卫星发展刚刚起步，整体技术水平、系统容量和服务能力与国外先进卫星系统尚有差距。2017 年发射的首颗高通量 Ka 宽带卫星中星 16 号，容量达 25 Gbit/s，国际上同期规划的卫星容量为 300 Gbit/s。

1.4 迫切需求

目前，我国天基信息网、互联网、移动通信网发展很不平衡，呈现“天弱地强”的特征。我国天基信息网虽然取得长足进步，但与美国等发达国家相比，存在卫星覆盖范围有限、网络体系不够合理、信息安全缺乏保障、频率轨位储备不足等问题，建设天地一体化信息网络^[7,8]，是应对挑战的有效途径。

2016 年 3 月，第十二届全国人民代表大会第四次会议审议通过了《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（草案）》，将天地一体化信息网络列入了“科技创新 2030—重

大项目”。

2 体系结构设想

天地一体化信息网络是国家战略性公共信息基础设施,按照统一的体系结构和协议标准,重点建设天基信息网,协同对地面互联网和移动通信网。天地一体化信息网络应用体系结构用于描述网络如何提供服务与支持各种应用系统;系统体系结构描述总体的组成、相互关系和运行环境;技术体系结构描述系统建设与运行相关的技术体制与标准规范。

2.1 应用体系结构

天地一体化信息网络重点突出“网络一体、安全一体、管控一体”理念,通过优化网络体系结构,统一传输与路由、接入与控制、安全与防护、运维与管理等技术体制,实现陆、海、空、天多层次联合组网和跨域按需信息共享,最终形成军民融合的国家战略性公共信息基础设施,为政府、军队、企业、大众等各类用户提供全球移动通信、航空应用、海事应用、抢险救灾与反恐维稳等信息服务,满足日益增长的信息化应用需求。图1所示为天地

一体化信息网络的应用体系结构。

在提供网络服务时,天地一体化信息网络采用“黑盒”结构,通过应用多粒度网络切片、网络资源虚拟化等技术,实现网络资源的物理或逻辑分割,通过网络分域隔离、跨域安全控制等途径,动态构建面向不同应用系统、具有不同安全等级的业务承载网,满足不同应用数据的共网传输,实现多业务融合应用。天地一体化信息网络融合应用模式如图2所示。

2.2 系统体系结构

天地一体化信息网络采用“天网地网”架构,即以地面网络为依托,以天基网络为拓展,主要由天基骨干网、天基接入网、地基节点网组成,并与地面互联网、移动通信网融合互联,图3给出了天地一体化信息网络系统体系结构。

- 天基骨干网由布设在地球同步轨道的多个天基骨干节点组成,主要实现骨干互联、骨干接入、宽带接入、网络管控等功能。
- 天基接入网由布设在低轨和临近空间的若干天基接入节点组成,主要实现移动通信、宽带接入、安全通信、天基物联网等功能。

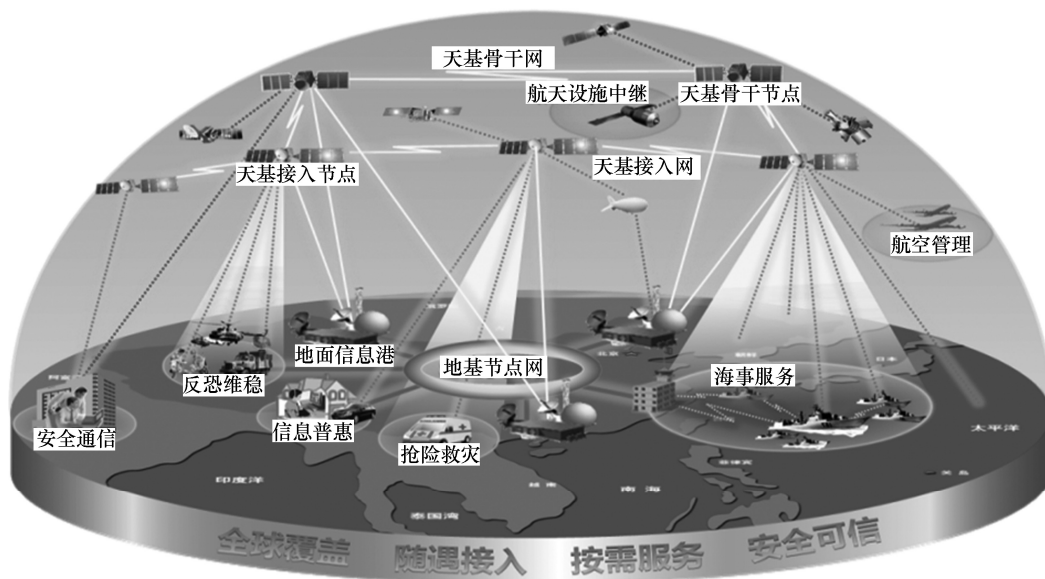


图1 天地一体化信息网络应用体系结构

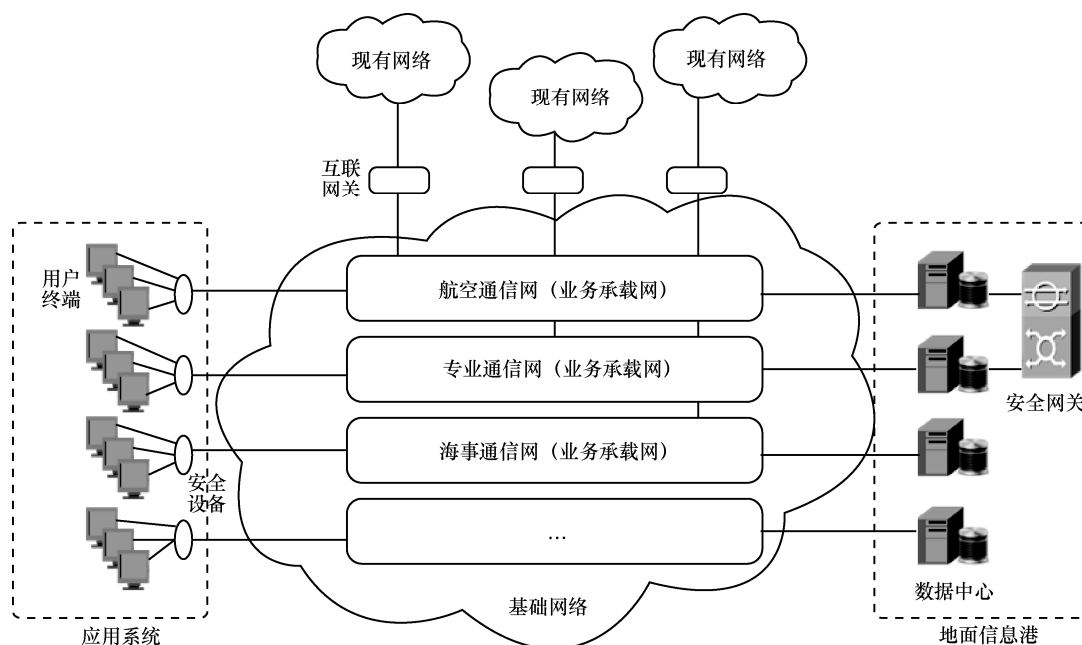


图2 天地一体化信息网络融合应用模式

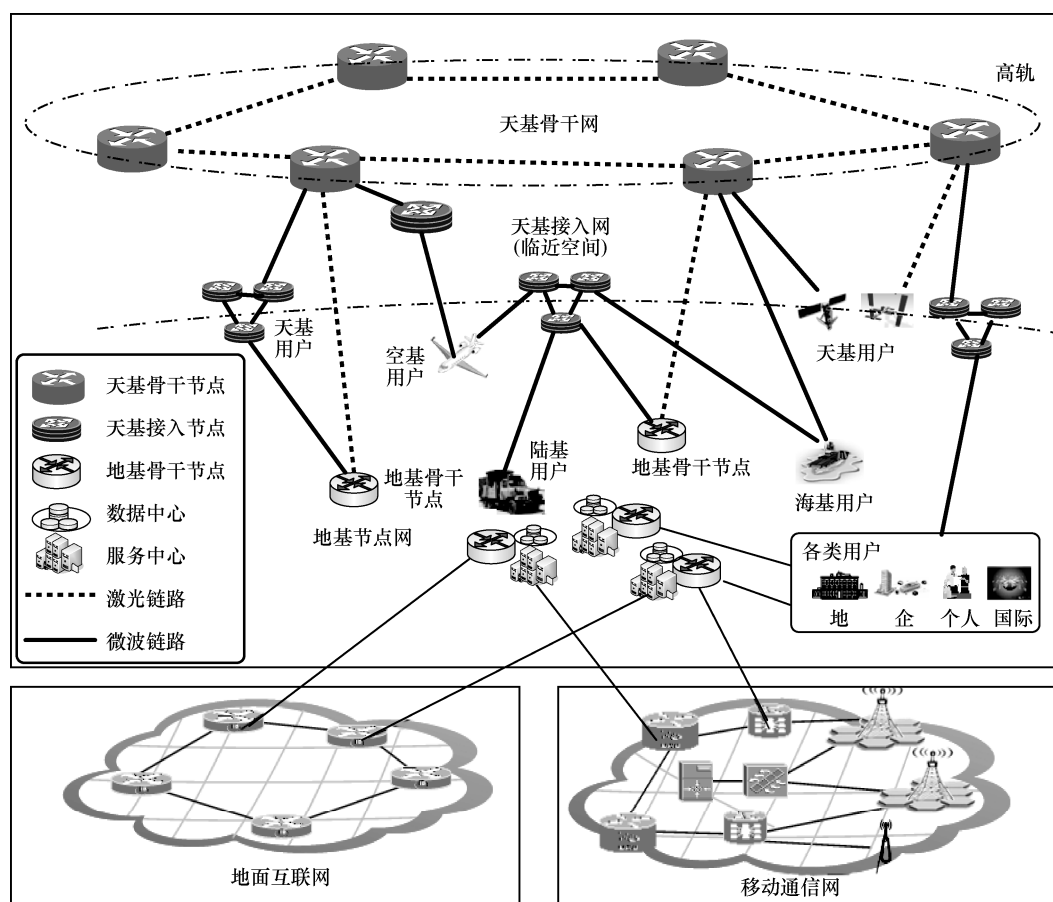


图3 天地一体化信息网络系统体系结构

- 地基节点网由布设在国土范围内的多个地基骨干节点组成, 主要实现天地互联、地网互联、运维管控、应用服务等功能。

天基骨干网、天基接入网、地基节点网、地面互联网、移动通信网之间通过标准的网间接口 (NNI) 实现互联, 各自独立运行、联合运用, 通过用户网络接口 (UNI) 提供服务。

2.3 技术体系结构

按照“网络一体化、功能服务化、应用定制化”思路, 采用资源虚拟化、软件定义网络等技术, 从逻辑上将天地一体化信息网络划分为网络传输、网络服务、应用系统 3 个层次。同时, 立足提高体系安全防护及快速响应能力, 突出安全防护、运维管理的一体化保障支撑作用, 形成如图 4 所示的“三层两域”技术体系结构。

(1) 网络传输层

在统一的网络协议体系下, 采用“分域自治、跨域互联”机制, 确保各自独立运行和自主演化的天基骨干网、天基接入网、地基节点网等子网协同完成一体化网络路由、端到端信息传输, 实现大时空尺度联合组网应用。

(2) 网络服务层

在统一的云平台框架下, 按照“资源虚拟、云端汇聚”机制, 实现天基分布式信息资源向地面信息港聚合, 并以多中心形式联合提供网络与

通信、定位导航授时增强、遥感与地理信息等服务, 形成功能分布、逻辑一体的服务体系。

(3) 应用系统层

面向天地一体化信息网络各领域应用, 将网络传输、网络服务等功能向用户端延伸, 通过网络分域隔离、跨域安全控制等途径, 动态构建面向不同应用系统、具有不同安全等级的业务承载网, 并与本地应用组合集成, 构建满足不同需求的应用系统。

(4) 安全防护

按照“弹性体系、内生安全”思路, 强化物理安全和网络安全一体化设计^[9], 从体系结构层面建立弹性可扩展的网络体系, 同时形成适应高动态网络特性, 并能覆盖网络、服务、应用多层次的网络安全防护体系。

(5) 运维管理

在统一的运维管理框架下, 采用“分级管理、跨域联合”机制, 集成综合测控、网络管理、服务管理、运维支撑手段, 通过跨域联合管理, 生成全网统一运行态势, 支持实现全网资源跨域联合调度, 为用户提供一体化运维服务。

3 关键技术

面对保障国家安全、维护国家利益、普惠社会民生等国家重大战略需求, 顺应网络化、一体

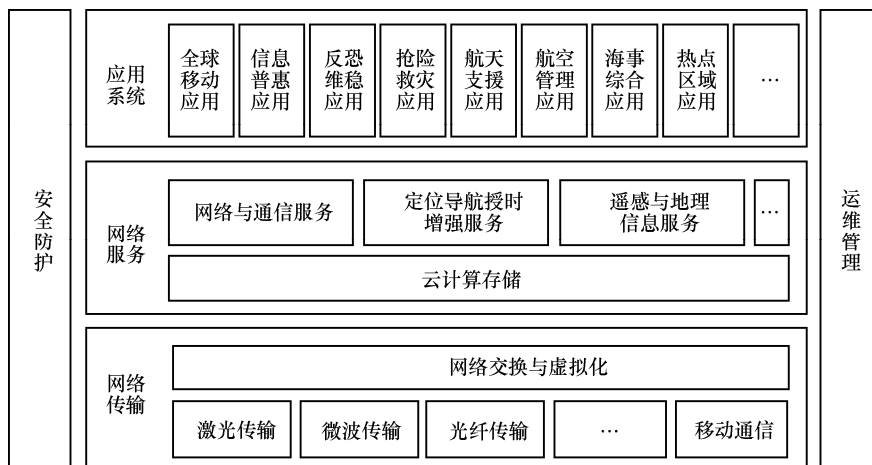


图 4 天地一体化信息网络技术体系结构



化、智能化等信息技术发展大势，建设天地一体化信息网络，需要重点突破传输组网、应用服务、安全防护和运维管理 4 个方面的关键技术。

3.1 传输组网技术

面向大时空尺度端到端信息传输与组网需求，研究长寿命高可靠星间/星地高速信息传输技术，吸收现有网络协议体系和软件定义网络、网络功能虚拟化等未来网络技术成果，设计软件定义的网络体系结构，自主创新天地一体化信息网络组网协议，采用以网络资源为中心的统一时空编址、智能寻址和路由、异构网络融合互联和面向差异服务能力的网络虚拟化与切片映射等技术，支持实现天基信息网、地面互联网、移动通信网互联互通和高效融合。

3.2 应用服务技术

面向网络化按需服务需求，采用云计算、大数据、分布式数据中心等技术成果，面向空天资源共享与利用，构建多中心分布式云服务平台，采用资源虚拟化、服务封装等技术，实现网络与通信、定位导航授时增强、遥感与地理信息服务融合部署，并基于固定或机动节点形成统一的服务环境，支持用户（应用系统）按需选取网络服务与本地应用组合，实现智能高效的网络信息服务模式。

3.3 安全防护技术

面向物理安全、网络安全一体化需求，采用多维动态重构的安全防御系统架构以及基于安全防护引擎的动态赋能、高可信安全认证与接入控制、基于属性的实名管理及动态授权、多源数据融合处理与安全态势智能感知、多级网络域间安全隔离、统一安全策略管理等技术，提升网络“安全免疫”能力，有效应对网络确定性安全风险和不确定性安全威胁，确保网络和所承载信息的安全可信。

3.4 运维管理技术

面向天地一体化运营维护需求，吸收现有网

络管理技术，结合天地一体化信息网络特点，建立统一的全网运维管控框架，提供运维管理数据采集、态势生成、资源规划、配置管理、效能评估全过程支撑，通过跨域联合管理，实现统一运行态势生成、故障快速定位以及面向任务的资源规划与配置，提高运维水平。

4 实施策略建议

天地一体化信息网络涉及专业领域广、技术难度高、工程规模大，需统筹规划、协调推进、周密实施，创新工程方法和实施策略。

如图 5 所示，天地一体化信息网络实施秉承“体系引领、创新驱动、开放共享、沿途下蛋”的推进策略，其中，“体系引领”，突破传统系统思维，采用体系思维，从系统工程向体系工程演变，设计体系结构和标准规范，提出共性要求，持续集成，增量式交付能力；“创新驱动”，在网络科技创新的基础上，还要探索政府支持企业技术创新、管理创新和商业模式创新的新机制；“开放共享”，聚集国内外优势力量，众筹众创，组建产业联盟集中优势力量，共建军民融合的信息基础设施；“沿途下蛋”，秉承服务先行的理念，边建设边应用，迅速产生成果和效益，推进天地一体化信息网络持续健康发展。

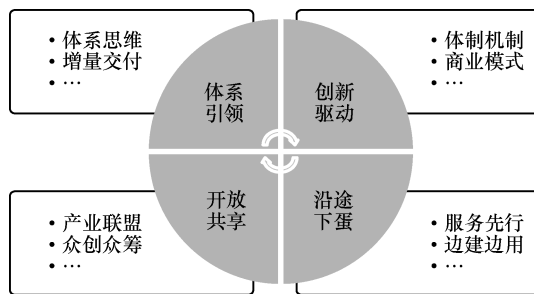


图 5 推进策略

5 结束语

天地一体化信息网络是“十三五规划纲要”部署的重大专项，该项目的部署和启动对于保障

国家安全、维护和拓展国家利益、推动军民深度融合、促进国民经济和社会发展具有重大意义。希望全国从事信息网络与航天技术与装备研制的技术人员能够积极参与该重大专项的科技创新工作,形成多专业领域优势互补的创新团队,协同攻关,为天地一体化信息网络建设做出贡献。

参考文献:

- [1] 秦鹏, 陆洲, 黄照祥, 等. 天地一体化网络体系能力参考模型设计[J]. 中国电子科学研究院学报, 2016, 11(6): 629-635.
QIN P, LU Z, HUANG Z X, et al. The design of reference model for the capability of integrated network system[J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2016, 11(6): 629-635.
- [2] 秦鹏, 陆洲, 石磊, 等. 面向多任务并发驱动的服务定制网络地面系统设计[J]. 中国电子科学研究院学报, 2015, 10(5): 492-496.
QIN P, LU Z, SHI L, et al. Design of ground system for SCN driven by concurrent multitasking[J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2015, 10(5): 492-496.
- [3] 郭春启. 第四代 Inmarsat 系统的应用及新一代卫星系统简介[J]. 电视技术, 2014, 38(10): 101-104.
GUO C Q. The fourth generation inmarsat system and a brief introduction to next generation satellite system[J]. Video Engineering, 2014, 38(10): 101-104.
- [4] 朱贵伟. O3b 卫星[J]. 卫星应用, 2014(8): 76.
ZHU G W. O3b satellite[J]. Satellite Application, 2014(8): 76.
- [5] 王亚, 朱立东. 太空互联网发展及应用[J]. 国际太空, 2016(3): 43-49.
WANG Y, ZHU L D. Space internet development and application[J]. Space International, 2016(3): 43-49.
- [6] 刘悦, 廖春发. 国外新兴卫星互联网星座的发展[J]. 科技导报, 2016, 34(7): 139-148.
LIU Y, LIAO C F. The development of overseas emerging satellite internet constellation[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(7): 139-148.
- [7] 吴曼青. 关于天地一体化信息网络发展的考虑[C]//“天地一体化信息网络”高峰论坛, 2013年9月24日, 北京, 中国, [出版地不详: 出版者不详], 2013.
WU M Q. Consideration of the development of integrated information network[C]//Global integration of information network summit forum, Sept 24, 2013, Beijing, China. [S.l.: s.n.], 2013.
- [8] 张乃通, 赵康健, 刘功亮. 对建设我国“天地一体化信息网络”的思考[J]. 中国电子科学研究院学报, 2015, 10(3): 223-230.
ZHANG N T, ZHAO K L, LIU G L. Thought on constructing the integrated s-terrestrial information network[J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2015, 10(3): 223-230.
- [9] 邬江兴. 拟态计算与拟态安全防御的原意和愿景[J]. 电信科学, 2014, 30(7): 2-7.
WU J X. Meaning and vision of mimic computing and mimic security defense[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(7): 2-7.

作者简介



吴巍 (1956-), 男, 中国电子科技集团公司首席科学家、研究员级高级工程师、博士生导师, 通信网信息传输与分发技术国家重点实验室主任。长期从事通信网络技术与装备研制工作, 作为技术负责人或总设计师, 主持完成了多项国家重大科研与工程任务, 在通信网络与信息系统技术自主创新和工程应用上取得了多项创造性成果, 获得国家科学技术进步奖二等奖 1 项, 省部级一等奖 6 项、二等奖 5 项, 发明专利授权 25 篇, 出版专著 4 部。

秦鹏 (1987-), 男, 博士, 现就职于中国电子科学研究院, 主要研究方向为天地一体化信息网络。

冯旭 (1987-), 男, 博士, 现就职于中国电子科学研究院, 主要研究方向为天地一体化信息网络。

刘海蛟 (1988-), 男, 博士, 现就职于中国电子科学研究院, 主要研究方向为天地一体化信息网络。

黄照祥 (1976-), 男, 博士, 现就职于中国电子科学研究院, 主要研究方向为信息系统总体。