

天地一体化信息网络应用运营发展研究

梅 强¹, 史 楠¹, 李彦晓², 彭雄宏¹, 江 昶¹

(1.天地信息网络有限公司, 北京 100041;

2.中电科航空电子有限公司, 四川 成都 611731)

摘要:立足卫星互联网的本质,从演进路径、全球部署情况和产业链3个角度介绍卫星互联网产业发展现状,并进一步对国外卫星互联网公司运营模式进行分析。在此基础上,结合天地一体化信息网络的网络特性,针对其基础业务,提出天地一体化信息网络的运营模式。最后,给出天地一体化信息网络应用运营的发展建议。

关键词:天地一体化信息网络;卫星互联网;卫星通信;卫星应用

中图分类号: TN927

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-8930.20200213

Research on Application Operation Development of Space-Integrated-Ground Information Network

MEI Qiang¹, SHI Nan¹, LI Yanxiao², PENG Xionghong¹, JIANG Chang¹

1.Space Integrated Ground Network Co., Ltd., Beijing 100041, China

2.China Electronics Technology Group Avionics Co., Ltd., Chengdu 611731, China

Abstract: Based on the essence of satellite internet, the development status of satellite internet industry from three aspects of evolution path, global deployment and industrial chain was introduced. The operation mode of foreign satellite internet companies was analyzed. On this basis, combined with the network characteristics of the space-integrated-ground information network, and aimed at its basic business, the operation mode of the space-integrated-ground information network was proposed. Finally, the development suggestions of the application and operation of the space-integrated-ground information network were given.

Keywords: space-integrated-ground information network, satellite internet, satellite communication, satellite applications

1 引言

1964年东京奥运会首次通过通信卫星系统进行了全球实况转播,至此卫星通信开启了市场化应用运营之路。然而,相较于地面通信网络的飞速发展,卫星通信领域的应用运营发展道路一波三折,困难重重。近年来,随着低轨卫星星座、高通量卫星载荷等技术的推动,基于卫星通信的卫星互联网迎来了历史发展机遇期。国外,卫星互联网组网计划加速落地,“星链”(Starlink)与“一网”(OneWeb)两个有代表性的卫星星座均计划2021年后提供全球服务。我国低轨道卫星系统技术逐步完善,天地一体化信息网络等多个卫星星座计划开始实施和部署,但卫星互联网产业整体尚处于初步兴起阶段。对国外卫星互联网商业模式的研究和分析,将会给国内卫星互联网产业发展带来诸多启发,有

效促进国内卫星互联网运营模式的成熟和发展。

2 卫星互联网产业发展现状

2.1 卫星互联网的本质

卫星互联网本质上是“卫星通信承载的互联网络”(Internet Over Satellite Communications),其核心是基于卫星通信构建的通信链路,通过接口与协议实现网络组网,承载各类网络信息服务。

单纯构建在卫星通信网络之上的互联网在应用运营方面势必会受限,需要与地面通信网络深度融合,形成用户侧相对“透明”的天地一体化信息网络资源,协同实现“互联网+”的产业生态体系。因此,自“卫星互联网”概念提出伊始,就遵循了天地一体化的发展道路。卫星互联网与天地一体化信息网络的关系如图1所示。

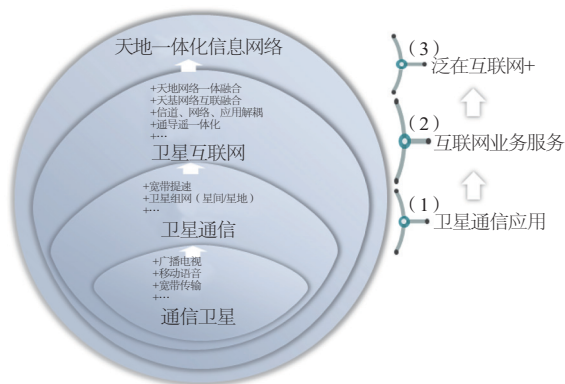


图1 卫星互联网与天地一体化信息网络的关系

基于卫星通信系统构建的卫星互联网资源，与地面通信网络具有很强的互补性，尤其体现在广域覆盖、高速移动、抗灾抗毁性强、网络快速开通等多个方面，可有效解决边远散、海上、空中等场景的互联网服务问题。因此，其成为近年来全球信息与航天领域的发展与竞争热点。

2.2 卫星互联网演进

全球卫星互联网发展主要经历了3个阶段，与地面通信网络竞争阶段、对地面通信网络补充阶段、与地面通信网络融合阶段。卫星互联网演进^[1]如图2所示。

20世纪80年代至21世纪初，以摩托罗拉公司“铱星”（Iridium）星座为代表的多个卫星星座计划提出，“铱星”星座通过66颗低轨卫星构建一个全球覆盖的卫星通信网。这个阶段主要以提供语音、低速数据等服务为主。随着地面通信系统快速发展，其在通信质量、资费价格等方面全面占优，卫星通信在与地面通信网络的竞争中逐渐处于下风。

2000–2014年，以“新铱星”（Iridium Next）、“全球星”（Globalstar）和“轨道通信”（Orbcomm）为代表的卫星通信，定位主要是对地面通信系统的补充和延伸。

2014年至今，以“一网”（OneWeb）公司、“太空探索技术”（SpaceX）公司等为代表的企业开始主导新型卫星互联网星座建设，卫星互联网与地面通信系统开始进行更多的互补合作、融合发展。卫星工作频段进一步提高，向着高通量方向持续发展，卫星互联网建设逐渐步入宽带互联网时期。

2.3 产业形势分析

2010–2019年全球卫星产业规模稳步增长，2019年全球卫星产业规模为2 860亿美元，同比增长3.20%。全球卫星产业规模如图3所示。从细分结构（如图4所示）中可以看出，卫星运营服务和地面设备制造一直是卫星产业的主要组成部分，2019年二者占卫星产业规模的份额达90.7%。

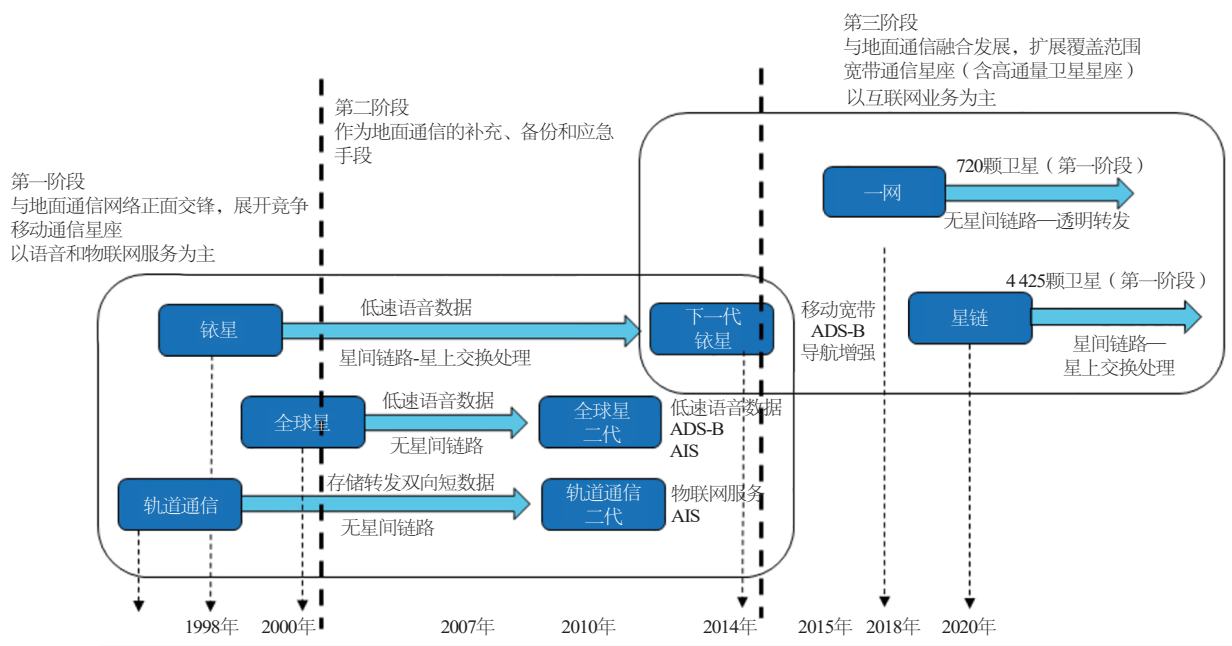
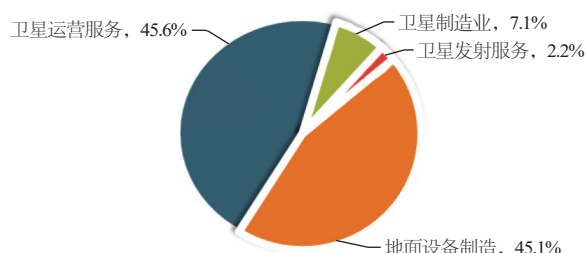


图2 卫星互联网演进



图3 全球卫星产业规模



数据来源：赛迪前瞻产业研究院整理

图4 2019年全球卫星产业细分结构

2.3.1 全球部署概况

目前，“一网”公司、O3b、“太空探索技术”公司等多家国外企业已提出卫星互联网计划。其中，O3b星座系统是目前全球唯一一个成功投入商业运营的中地球轨道（MEO）卫星通信系统；“太空探索技术”公司是全球迄今为止拥有卫星数量最多的商业卫星运营商，其部署的“星链”星座计划第16批60颗卫星已于2020年11月25日成功发射，累计已发射953颗卫星。

在空间基础设施建设、资源配置、服务体系规划、市场化机制探索等多方面国家相关政策（如图5所示）的鼓励下，我国卫星产业稳步发展，2017年以来天地一体化信息网络等多个近地轨道卫星星座计划相继启动。

2.3.2 产业链分析

卫星互联网产业链主要包括上游卫星制造、卫星发射服务，中游卫星管控、卫星运营、地面设备制造，下游政府客户、行业客户和个人客户。卫星互联网产业链如图6所示。

（1）卫星制造环节包括星上电子元器件、卫星平台、卫星载荷、卫星总装、卫星设计和测控。其中，卫星平台包括控制分系统、推进分系统、测控分系统、热控分系统和电源分系统等；卫星载荷包括移动通信载荷、宽带载荷、天基物联网载荷、天基中继载荷、天基监视载荷等。

（2）卫星发射环节包括运载火箭研制和发射服务提供。

（3）卫星管控环节包括平台管控和业务管控。卫星管控处在产业链上游与中游交界处，对于平台的管控属于产业链上游，面向载荷的业务管控属于产业链中游。目前，出现了平台与业务一体化管控的发展趋势。

（4）地面设备制造环节包括地面运维系统、应用网络和终端设备。其中，地面运维系统包括天线系统、发射系统、接收系统、信道终端系统、控制分系统和卫星运控中心；应用网络包括电信综合信息港、数据中心、地面传输网络、区域云资源池和边缘计算节点等；终端设备包括芯片及相关器件、卫星地面固定站、卫星移动终端、卫星无线电设备和卫星物联网终端等。

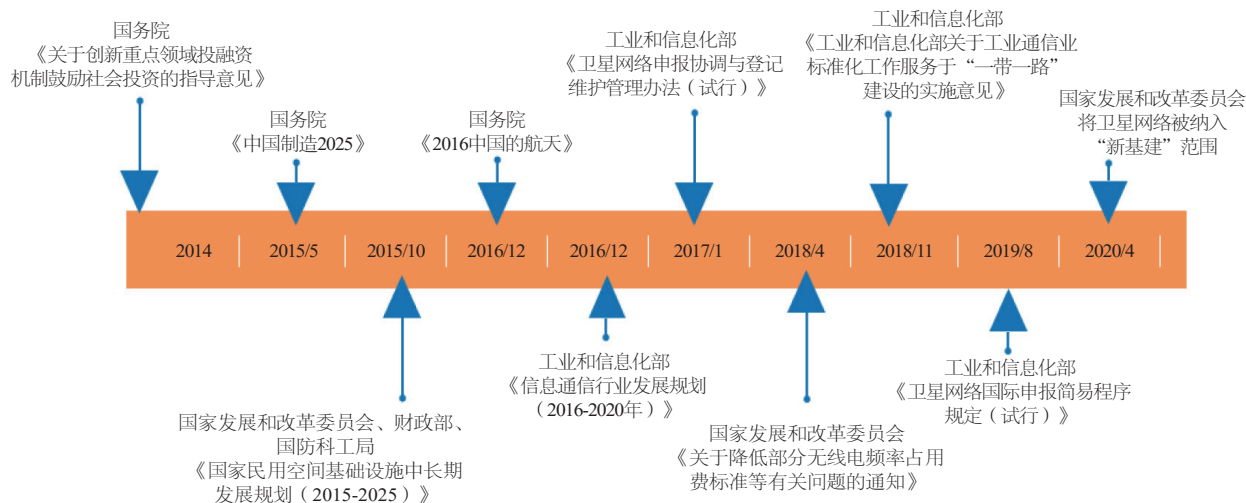


图5 2014年以来我国卫星行业相关政策

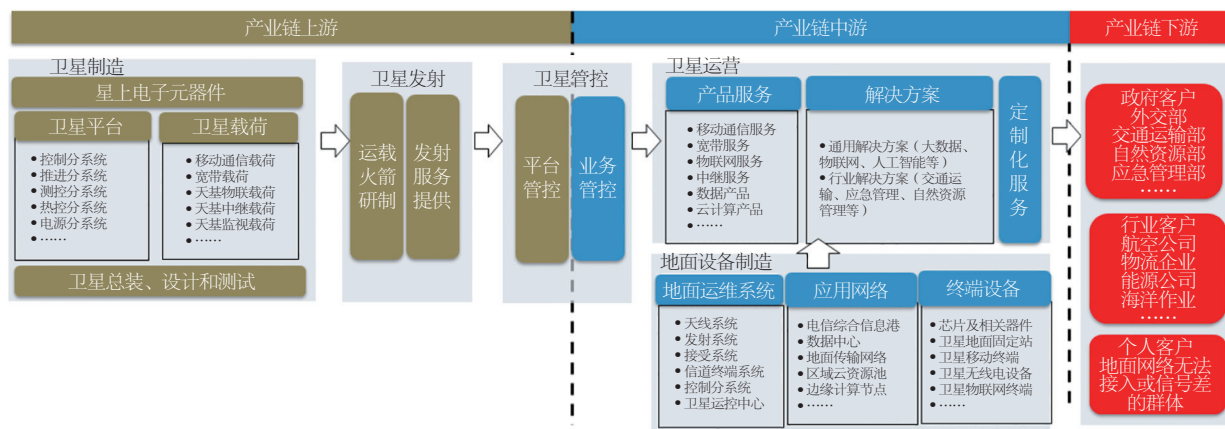


图6 卫星互联网产业链

(5) 卫星运营环节包括产品服务、解决方案和定制化服务。其中，产品服务包括移动通信服务、宽带服务、物联网服务、中继服务、数据产品、云计算产品；解决方案包括通用解决方案和行业解决方案。

上述卫星互联网产业链5个环节中，卫星运营服务是上下游产业链向高质量和高价值发展的重要牵引力。应用拓展情况决定卫星运营市场空间，亦是未来卫星互联网产业良性发展的保障。挖掘更多应用场景，并针对该场景提供增值服务，增强企业竞争力，成为未来卫星运营商的工作重点。单纯的卫星运营向“运营+服务”过渡，提供有针对性的增值服务，将成为未来卫星互联网发展不可逆的趋势。

3 卫星互联网运营模式分析

目前，卫星互联网主流运营模式有两类：一是，运

营卫星的同时进入产业链前端的卫星制造和终端制造，该模式资金需求量大，导致商用周期延长；二是，仅从事卫星运营，卫星资源和终端从外部采购，该模式行业客户触达能力较差，且供应链议价能力较低，建设成本无法控制。这两类运营模式都有明显弊端，2020年1-4月，国外“一网”公司等4家卫星通信企业进入破产保护状态，也印证了以上两类模式在可持续运营上存在问题。

将上述两种模式结合，深度参与到产业链上下游，与上下游厂商联合运营的“互联网+”模式，是更适合卫星通信企业的运营模式。卫星互联网运营可以借助“互联网+”的经营、管理和生产理念，赋能卫星网络的主营业务。亚马逊商业航天的业务逻辑以及商业航天与其主营业务的协同佐证了这一观点。商业航天与亚马逊的业务协同如图7所示。

亚马逊商业航天业务涵盖了产业链上游火箭制造和

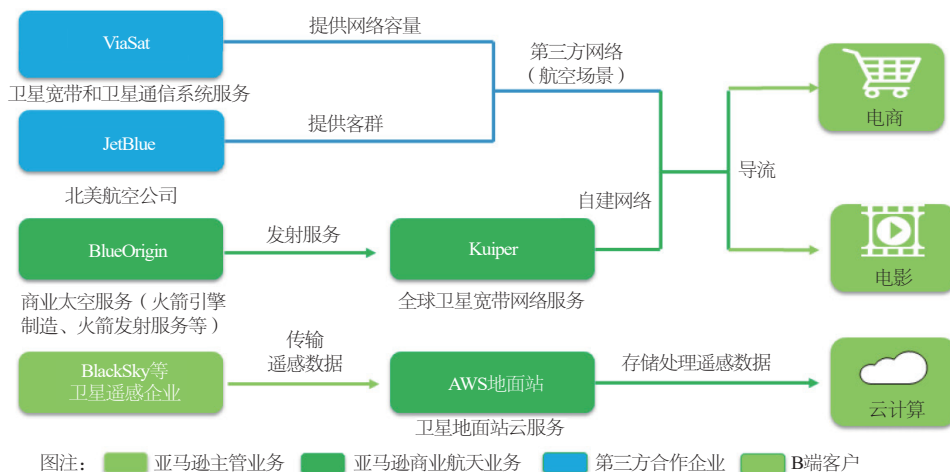


图7 商业航天与亚马逊的业务协同

卫星发射服务“蓝色起源”（BlueOrigin），产业链中游全球卫星宽带运营服务“柯伊伯”（Kuiper）和卫星地面站云服务（AWS Ground Station），产业链下游自身主营的电商、电影和云计算3类业务，形成了卫星互联网运营的商业闭环。此外，在航空和遥感领域，亚马逊分别与北美航空公司JetBlue和卫星遥感企业BlackSky两个第三方企业进行合作，弥补了航空客户和遥感数据缺失的两处短板。

因此，卫星互联网运营的成功关键是通过业务融合和技术创新，将价值链向产业链上下游转移。

4 天地一体化信息网络运营模式分析

4.1 网络特性

天地一体化信息网络是我国新一代信息基础设施的发展基础框架与网络资源集群，其核心任务是构建一个泛在可信的地球空间网络^[2]。在网络发展与应用的过程中，需突出体现以下几个特征。

一是网络发展的根本途径是实现天基与地面网络的全面融合。天基网络与地面网络、移动通信网络、用户专网可以实现安全便捷的互联融合，并将传输、网络、应用3个层面尽可能地解耦，以卫星互联网融合发展的思路拓展应用场景，夯实运营基础。

二是网络发展的重点是打造适合我国国情的卫星通信网络。其主要任务是实现全球覆盖、高低轨协同、星间组网、规模适度、体系开放、长期演进的发展目标，从解决有无开始，尽快形成基本能力，投入应用，规避航天工程高投入、长周期带来的运营风险。

三是网络发展的基础业务是弹性综合。天地一体化信息网络在天基系统业务的构建中，应改变传统通信卫星功能单一的模式，不再按照移动通信、宽带通信、数据中继等功能独立发展，而是以“轨道预设”的思路，弹性部署宽带、移动、中继、物联等基础业务，并视情况部署天基监视、导航增强等增量业务，实现天基信息节点效益的最大化。

四是网络发展的应用方向是实现万物互联。天地一体化信息网络以其业务的多样性、支撑用户的广泛性，实现空天地海纵向空间的全域联网，实现人、物、平台、环境甚至数据的按需联网，及静止、移动、高速的多状联网。

4.2 基础业务

天地一体化信息网络基础业务以通信服务为核心，兼顾了天基监视、导航增强和网信服务。天地一体化信息网络基础业务如图8所示。



图8 天地一体化信息网络基础业务

（1）天地一体化信息网络通信服务包括天基中继、宽带接入、移动通信和天基物联。天基中继利用高轨卫星的激光及微波中继载荷，实现遥感卫星、空间站等航天器以及地表特殊用户的高带宽全球数据回传，从根本上解决航天器等平台数据全球实时回传的难题，而且用户无须在全球建设地面数据接收站。天基中继主要面向政府部门的资源卫星、环境减灾卫星、极轨气象卫星以及各类商业遥感卫星提供服务。宽带接入依托高低轨卫星混合组网，面向军队用户，公安、应急管理、民政等政府用户，交通、电信等企业用户以及个人用户，提供Ka频段宽带接入服务，形式包括互联网接入、IP语音、宽带数据、高清视频等。移动通信利用低轨星座的移动通信载荷，面向军队、政府、行业用户以及个人用户，提供全球范围内低时延的移动通信服务，服务形式包括语音、短消息、窄带数据等。天基物联依托低轨星座的L频段载荷，实现陆地、海洋、极区、荒漠等表区域的窄带数据感知和传输，与地面物联网共同构成全球无缝的万物互联业务。天基物联主要应用于海洋、气象、地质状态、货物信息等的监测中。

（2）导航增强利用低轨星座的导航增强载荷，为大众用户、汽车和船舶等行业用户，提供北斗系统的信息增强和信号增强服务。

（3）天基监视利用低轨卫星的ADS-B和AIS载荷，分别为空中交通管理部门等航空领域客户和船舶海事等海洋领域客户，提供全球实时航空器和船舶的位置监视服务。

（4）天地一体化信息网络依托地面信息港面向国家部委、各地方政府、各垂直行业用户，提供标准货架类和定制类的网络服务、数据服务、增值信息服务等网信服务。

4.3 运营模式

基于卫星移动通信、宽带接入、天基物联、网信服务等基础业务，天地一体化信息网络与地面通信网络、物联网、云计算相互赋能和融合，协同产业链上下游企业，共同打造新型信息基础设施，服务政府、行业和个人。

人用户。

(1) 融合模式

卫星移动通信与地面移动通信互联互通,利用卫星网络以提供回程服务、基站拉远等方式作为地面移动通信网络的补充^[3]。其运营模式如图9所示。

天基宽带接入面向接入、边缘、汇聚和核心各层MEC(多接入边缘计算)服务器进行内容分发从而提升网络效率^[4]。如图10所示,MEC的内容缓存功能可提前将视频等业务资源缓存至各层云平台,用户有需求时可高速拉取资源,相对于地面骨干网络“存储—转发”模式,天基宽带使得5G的网络分发功能实现资源的“一步到位”。

天基物联网应围绕物联网云平台,打造物联网终端、物联网通信系统和行业应用的商业闭环^[5]。天基物联网运营模式如图11所示。

(2) 协同模式

依托地面信息港云计算、大数据和人工智能等技术优势,与遥感、气象等领域企事业单位开展合作,引入上述领域产业链上游的技术服务、模型训练、数据源等第三方合作伙伴,共建遥感、气象等应用生态。面向政府、企业和个人用户提供在线用图、接入、增值产品等

服务,构建遥感数据、气象数据等云服务的模式。综合网信服务运营模式如图12所示。

4.4 发展建议

(1) 优化投入产出比是提高应用运营质量的关键

为保证天地一体化信息网络的顺利应用运营,需在投入产出比这个关键指标上下功夫。投入产出比是指在特定周期内,投入经费与运营收入之间的比值。投入产出比越小,表明该业务市场运营效益越好,其再投入与长期发展运行的可行性也越强。投入产出比为

$$\text{投入产出比}_T = \frac{\sum_{k=1}^n I_k}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad (1)$$

其中,周期 T 应按照系统研制、发射部署、在轨运行的全过程全寿命计算;周期 T 内,投入成本 I_k 应为具体业务的研发(I_1)、生产(I_2)、部署(I_3)、运行维护(I_4)、市场运营(I_5)等各个流程投入成本的总和,涉及卫星平台、运载发射、测控运控等公共部分应给予加权分摊;周期 T 内,产出 R_i 应为天基物联(R_1)、天基中继(R_2)、卫星移动通信(R_3)、宽带接入(R_4)等业务收入的总和,产出 R_i 应在未来市场进行客观研究分析的基

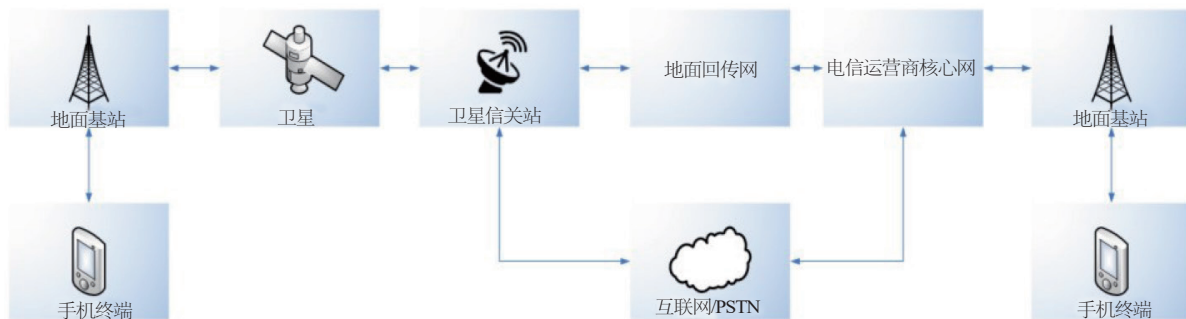


图9 卫星移动通信运营模式

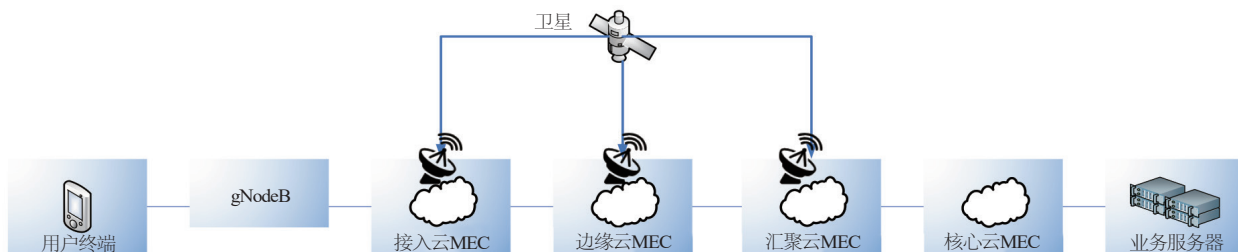


图10 天基宽带运营模式



图11 天基物联网运营模式

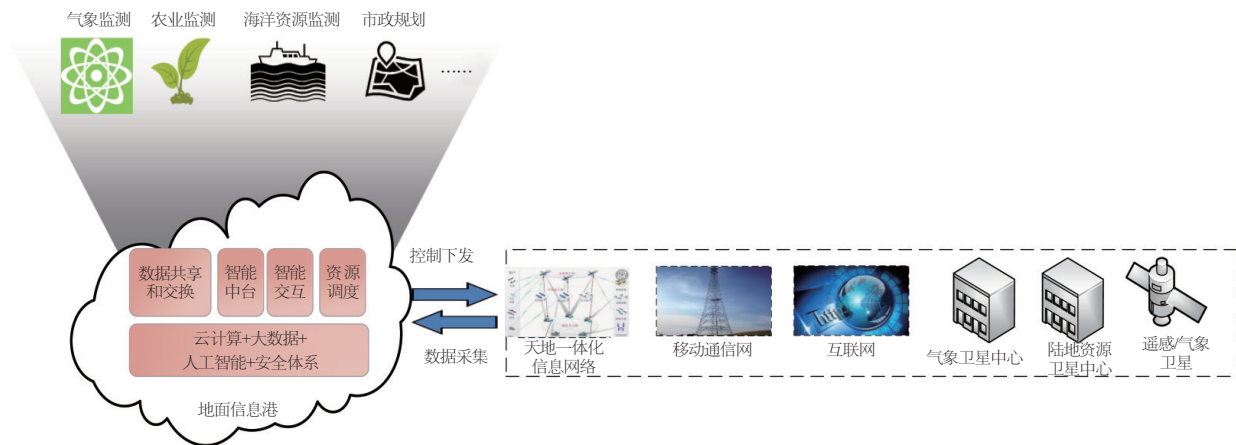


图12 综合网信服务运营模式

础上进行科学预测，技术能力、发展阶段、卫星平台以及运营模式的差异化可能会导致各业务的投入产出比结果存在较大差别。

根据当前卫星通信产业情况与市场发展趋势分析，近一段时期内，天基物联、天基中继等新兴业务的投入产出比较小，超出盈亏线；卫星移动通信等传统业务投入产出比处于盈亏线附近；宽带接入业务受到地面网络的冲击，投入产出比将在较长时间内处于盈亏线以下。

(2) 多渠道协同用力是提高应用运营质量的重点方向

一是在需求方面，做到聚焦用户，深耕需求，夯实卫星网络市场基础；二是在服务方面，实现细分资源，优化服务，构建丰富的业务服务供给侧；三是在制造方面，面向转型，降本提效，打造适宜产业化发展的制造链生态。具体要从需求、政策、资源、服务、成本、基础6个要素着手，如图13所示。



图13 天地一体化信息网络发展6个要素

在需求方面，以用户为中心，卫星通信以及信息产业协同开展行业应用研究，研发应用场景，创新应用模式，拓展应用市场。

在政策方面，政府管理部门鼓励创新与规范发展并行，政策引导与依法管理并举，为新产业、新业态培育营造良好的政策环境。行业相关领域创新商业模式，给予优先扶植与支撑措施，降低全产业整体运营成本，做大应用市场。

在资源方面，开展星地间、卫星星座间的资源协同，尤其要大力开展空间资源的合作与融合，提升卫星通信的整体服务资源保障能力。需重点解决体制、资源、终端兼容等技术难题以及跨星座运营难题。

在服务方面，卫星通信网络与地面网络融合发展，必须不断提升自身能力，力争在网络QoS方面形成与地面网络趋于同质的能力，与地面网络相当的低时延、高速率、用户接入能力和业务体验。

在成本方面，尽量降低用户侧的使用成本，除降低资源费率外，还需要优先突破用户终端的低成本制造难题。形成包含集成测试、低成本天线、自主产业化芯片、新材料新工艺4层级产业链的低成本制造。

在基础方面，产业融合，跨界融合，将底层资源服务与上层行业服务绑定融合，扭转传统通信卫星投入产出比过高的不利局面。

5 结束语

天地一体化信息网络作为国家新一代信息基础设施，其核心本质是卫星通信网络，不仅是一个项目，更是一个体系开放、长期演进的网信框架和开放的公共基础平台。天地一体化信息网络的应用运营应秉承开放共赢的理念，在天地一体化技术与基础能力体系框架下，凝聚各行业各领域的力量，细分市场，融合发展，创新协同，开启天地一体化信息网络应用运营新局面。

参考文献：

- [1] 肖永伟, 孙晨华, 赵伟松. 低轨通信星座发展的思考[J]. 国际太空, 2018 (11):24-32.
- XIAO Y W, SUN C H, ZHAO W S. Discussion on the problem of LEO communication constellation system design[J]. Space International, 2018 (11):24-32.
- [2] 吴曼青, 吴巍, 周彬, 等. 天地一体化信息网络总体架构设想[J]. 卫星与网络, 2016 (3):30-36.
- WU M Q, WU W, ZHOU B, et al. The overall framework of space-integrated-ground information network[J]. Satellite & Network, 2016(3):30-36.
- [3] 姜玉文, 张更新, 赵来定, 等. 卫星通信与5G融合系统发展综述[C]//第十五届卫星通信学术年会论文集. 北京:[出版者不详], 2019:56-65.
- JIANG Y W, ZHANG G X, ZHAO L D, et al. Summary of satellite communication and 5G convergence system development[C]// The 15th Annual Conference of satellite communication. [S.l.:s.n.], 2019:56-65
- [4] 陈宁宇, 曹正玉, 吕韞哲, 等. 面向5G MEC融合的静止轨道卫星通信应用浅析[C]//第十六届卫星通信学术年会论文集. 北京:[出版者不详], 2020: 327-332.
- CHEN N Y, CAO Z Y, LV Y Z. et al. Application analysis of geostationary orbit satellite communication for 5G MEC[C]// The 16th Annual Conference of satellite communication. [S.l.:s.n.], 2020: 327-332.
- [5] 崔雪伟. 基于NB-IoT的低轨卫星物联网业务流程的研究与设计[D]. 南京: 南京邮电大学, 2019.
- CUI X W. Research and design of business process for LEO

satellite internet of things based on NB-IoT[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2019.

[作者简介]



梅强 (1973-), 男, 硕士, 天地信息网络有限公司研究员, 中国电子科技集团有限公司天地一体化信息网络副总设计师, 硕士生导师, 主要研究方向为卫星通信与专用网络技术。



史楠 (1980-), 男, 硕士, 天地信息网络有限公司工程师, 中国电子科技集团有限公司天地一体化信息网络总设计师助理, 主要研究方向为卫星通信、移动通信。



李彦骁 (1993-), 男, 硕士, 中电科航空电子有限公司工程师, 中国电子科技集团有限公司天地一体化信息网络项目设计师, 主要研究方向为卫星通信应用。



彭雄宏 (1973-), 男, 博士, 天地信息网络有限公司研究员, 中国电子科技集团有限公司天地一体化信息网络总设计师助理, 主要研究方向为卫星通信与信息系统。



江昶 (1990-), 男, 博士研究生, 天地信息网络有限公司工程师, 中国电子科技集团有限公司天地一体化信息网络市场运营推广牵头负责人, 主要研究方向为卫星网络市场和商业模式。