

我国天地一体化航天互联网构想

沈荣骏

(总装备部, 北京 100720)

[摘要] 地面互联网技术的快速发展以及航天任务的复杂性不断提高, 产生了将互联网扩展到空间、建立天地一体化航天互联网的强烈需求, 并提供了实现的技术可能性。探讨了我国航天任务中存在的不同卫星天地协议不统一、航天任务数据不能共享、资源综合利用率低等问题, 分析了对未来任务的需求, 阐述了建设我国天地一体化航天互联网的重要意义; 介绍了国外航天互联网发展状况; 提出了我国天地一体化航天互联网的总体目标、组成、网络体系结构及网络协议的初步构想; 分析了需要突破的关键技术; 最后提出了发展步骤建议。

[关键词] 一体化航天互联网; 体系结构; 网络协议; 发展步骤

[中图分类号] TP393; V57 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)10-0019-12

1 引言

1973年, 瑟夫和卡恩首次提出了互联网的基本概念, 上世纪80年代末互联网开始兴起, 迄今互联网在技术领域带来了翻天覆地的变化, 深刻影响了人类社会生活的诸多方面。1998年, 美国国防高级研究计划局(DARPA)资助喷气推进实验室(JPL)启动了星际互联网的研究, 将地面互联网延伸到空间。2002年, 美国航空航天局(NASA)开始涉入该项研究。目前, 国外完成了概念研究, 进行了系统仿真、地面试验及飞行搭载试验, 提出了相关标准或建议书。“十五”期间, 我国在“八六三”等领域安排了部分研究, 一些单位也自行开展了相关工作, 但我们研究的侧重点与国外不尽相同, 取得的成果与国外相比差距还很大。天地一体化航天互联网的发展问题需要引起我们的高度关注。

2 建设我国天地一体化航天互联网的重要意义

2.1 改变天地操作中的频繁协议转换现状, 提高互操作效率

目前, 我国星上、星地和地面三部分传输协议尚未进行一体化设计。在遥感数据传输中需要进行至少2次协议转换, 而在业务测控操作中协议转换次数更多达5~6次, 见图1。为此, 需要配置多个协议转换设备, 且这类设备多为定制设备, 技术状态复杂, 降低了系统可靠性和操作维护效率。

建设天地一体化航天互联网, 将促进网络协议的统一, 减少天地互操作中不必要的协议转换, 系统效费比、可靠性和传输效率等将得到大幅提高。

2.2 改变天地专用协议过多局面, 促进规范化发展

在天地传输协议方面, 不同卫星多不相同。目前使用的有固定帧方式、分包方式、简化分包方式、固定帧与分包相结合方式等多种传输协议, 如图2所示。

由于不同的卫星采用不同的天地协议, 处理方式各有不同, 地面需要开发多种协议处理软件, 系统兼容性和可靠性较差。随着卫星数量的不断增加, 接口协调的工作量和难度也在不断增大。这种局面造成了人力、物力等多方面不必要的浪费。

2.3 改变信息不能很好共享局面, 充分发挥航天

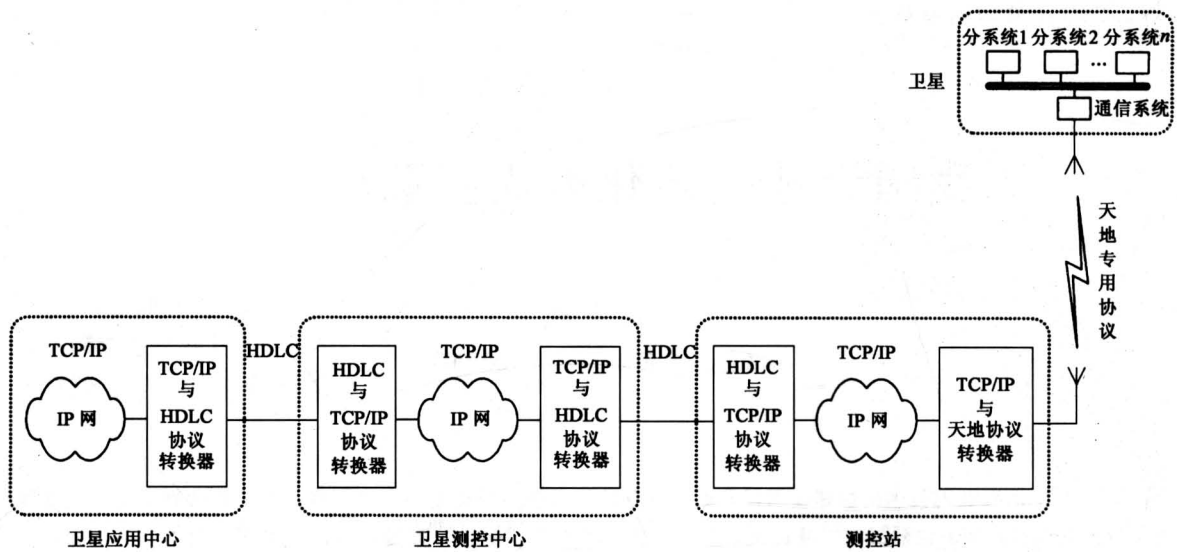


图 1 天地互操作基本流程

Fig.1 Basic procedures for interoperation between space and ground

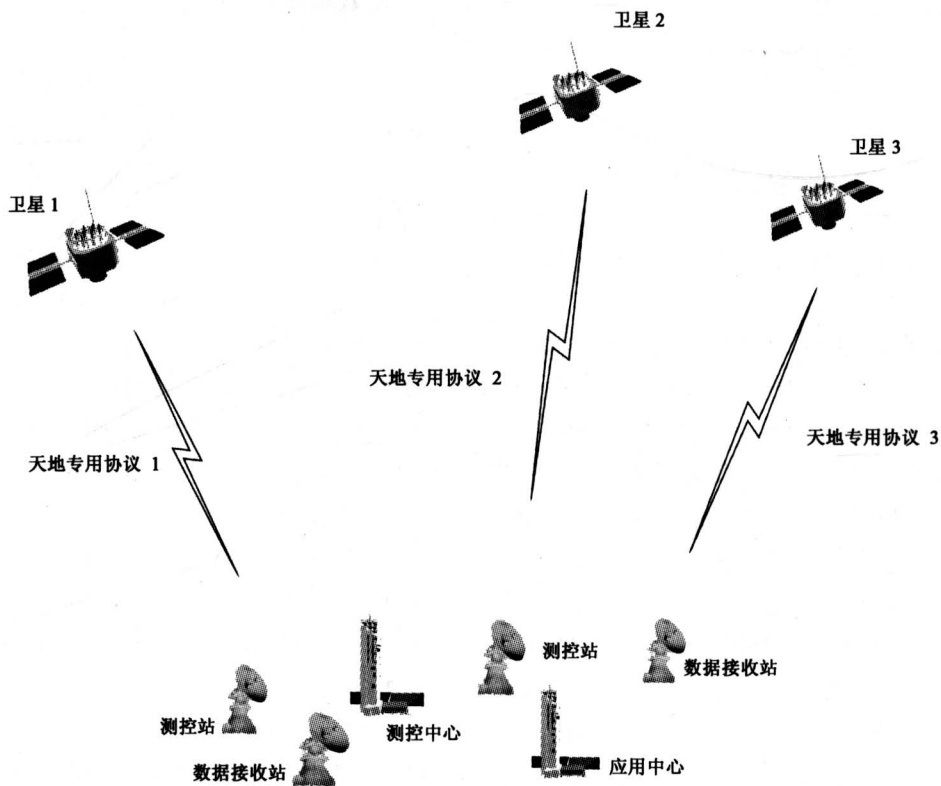


图 2 目前天地传输协议应用状况示意图

Fig.2 Status quo applications of current space - ground transfer protocols

应用效益

随着航天技术的快速发展，我国民用航天遥感和军用航天信息获取两大体系已经初步形成。航天

应用渗透到了气象、海洋、测绘、地球资源探测、空间科学探测、国防等诸多领域，为相关领域的发展建设做出了很大贡献。

但是由于种种原因，目前不同种类的卫星系统分属我国不同部门，获取的大量遥感数据未能很好地实现共享与综合利用，信息资源浪费严重。

建立一体化航天互联网，可以为航天信息的获取、存储与分发提供统一的平台，促进航天信息的统一管理、高效共享和综合利用，充分发挥我国航天工程的应用效益，更好地为社会、经济和国防建设服务。

2.4 避免重复建设，促进航天资源整合优化

不同用户部门分别建立各自的业务数据接收站，这些接收站在地理布局、设备配置及主要技术状态方面有很大的相似性，相当一部分可以相互兼容，但是未能实现资源共享。这种局面随着后续卫星数量的增多恐有愈演愈烈之势，对国家财力、人力、物力将造成极大浪费。

我国航天测控网的建设较好地做到了统筹规划、协调发展，但是近年来，部分卫星用户部门建设或计划建设各自的测控站。这些测控站从布站位置和功能等方面并未对航天测控网起到有效的补充作用，多数站建成后任务单一、利用率低。

建立天地一体化航天互联网，将有效地促进已建和在建航天资源的互联互通和综合利用，为未来航天资源的统筹规划、优化设计、综合建设奠定技术基础，促进航天事业协调、有序、健康发展。

2.5 发展航天互联网是未来航天活动的必然要求

当前及未来的航天活动将愈来愈复杂。飞船交会对接、中继卫星系统出现了星间链路；海洋监视卫星等分布式卫星编队和星座出现了群控、数据插入与融合技术；深空探测器、各种着陆器呈现空间无线局域网的形态；空间站等复杂航天器内部各系统需采用网络方式以更好解决数据传输问题。

可见，随着航天任务的快速发展，特别是星间链路的出现，以往点对点传输方式独存的局面将不复存在，航天器与航天器互联成为航天活动的发展趋势和必然要求，研究并建设包括天基互联网和地基互联网在内的天地一体化航天互联网势在必行。

3 国外航天互联网发展状况^[1-6]

3.1 基本情况

航天互联网的发展源于地面互联网技术的推动和航天任务自身的需求。美国、欧洲等航天大国纷纷开始航天互联网的相关技术研究。

1998 年，JPL 启动的星际互联网（interplanetary

internet, IPN）项目主要研究地球以外使用互联网实现端到端通信的方案。目前已完成相关体系结构、数据格式的初步定义，形成了相关互联网工程任务组（IETF）协议草案，正在对协议进行详细定义以及演示验证。

2000 年 10 月，JPL 开展了名为下一代空间互联网（NGSI）的项目研究。NGSI 下设 4 个工作组，分别研究动态利用空间链路、多协议标签交换协议、移动 IP 和安全问题。考虑到“国际组织空间数据系统咨询委员会”（CCSDS）建议是专为空间链路设计、经过多次航天任务考验，并考虑到保护已有的投资及国际联网，NGSI 在数据链路层仍使用 CCSDS 建议，对现有的多协议标签交换协议、移动 IP 进行了适合空间任务的扩展。通过概念研究、部分硬件开发和仿真试验，提出了一套基于 CCSDS 的空间互联网有关建议。

2001 年，美国哥达德航天中心开展了名为 OMNI（operating mission as nodes on the internet）的研究项目，主要研究利用地面商用 IP 协议实现空间通信的方案。OMNI 利用 IP 网络、数据中继卫星（TDRSS）开展了地面试验，并在航天飞机上进行了飞行搭载试验。OMNI 证明了在空间使用地面 IP 协议的可行性。

CCSDS 于近年对有关建议进行了修订，允许在网络层使用地面互联网 IPv4 和 IPv6 数据包，同时参考地面 IP 技术开发了一套涵盖网络层到应用层的空间通信协议规范（SCPS）。在地面网络协议方面，为了支持各航天机构地面设施的交互操作，欧空局（ESA）开发了基于 CCSDS 空间传输协议的地面传输协议 SLE（空间链路扩展），目前已纳入 CCSDS 建议体系结构，从而将 CCSDS 空间传输协议延伸到地面航天设施。

3.2 美国提出的星际互联网体系结构

美国的星际互联网体系由以下几类要素构成：主干网络、接入网络、星座或编队组网、近距网络，如图 3 所示。

3.2.1 主干网（backbone networks） 主干网是一个负责信息传输与分发的高速宽带网络，主要由数据中继卫星系统、地面测控网、地面数据网和深空网等构成，如图 4 所示。

主干网络负责传送用户航天器的指令、注入数据、遥测信息及应用数据等。在确保安全性的前提下，该网络还可提供与地面互联网的接口。

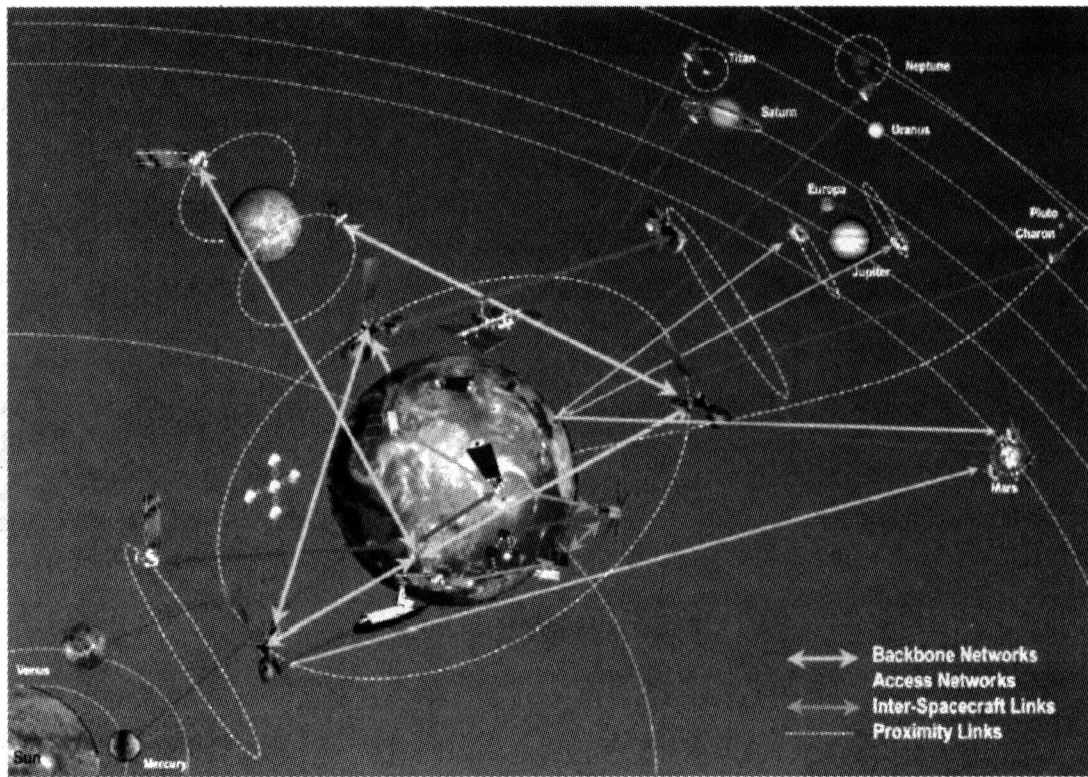


图 3 星际互联网体系结构^[1]

Fig.3 System architecture of interplanetary internet^[1]

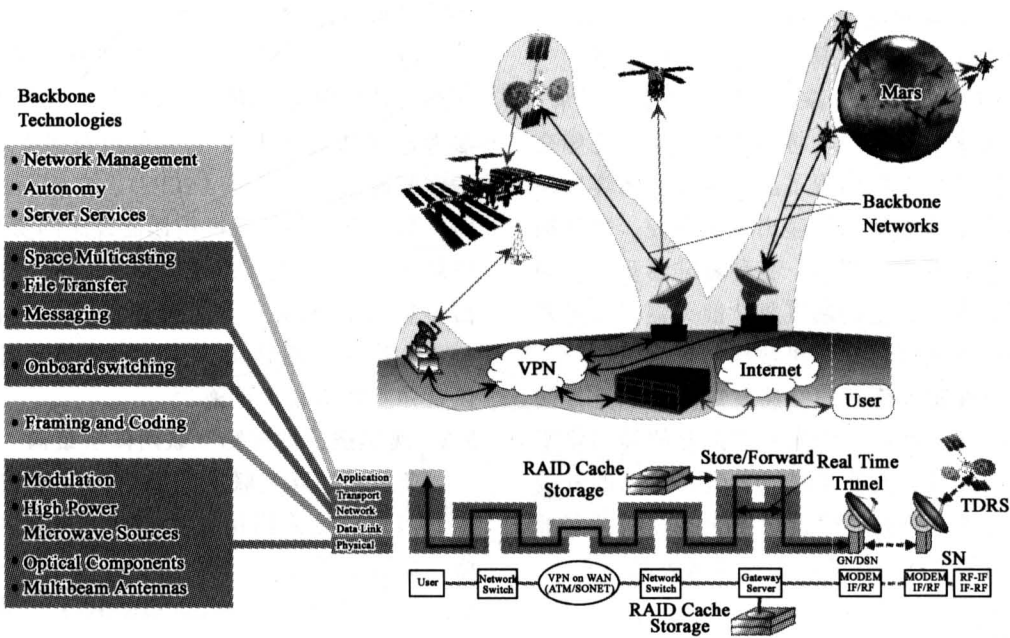


图 4 主干网示意图^[2]

Fig.4 Schematic of backbone network^[2]

用户可通过本部门的局域网或者保密线路拨号连接到该航天器的运行管理中心。运行管理中心与

地面站由专用的通信系统连接。地面运行管理中心的数据分配系统提供两种业务：

1) 在线数据传送业务。用户航天器与主干网网络建立连接时，如果用户恰巧在线，则可实时获得航天器的数据。

2) 离线数据传输业务。用户航天器与主干网网络建立连接时，如果用户处于离线状态或者想获得

以前的数据，可以从数据记录存档分系统里调取。

3.2.2 接入网 (access networks) 接入网络指用于航天器和主干网建立连接和信息交换的设备所构成的网络，如图 5 所示。

航天器端是指航天器的通信分系统，在主干网

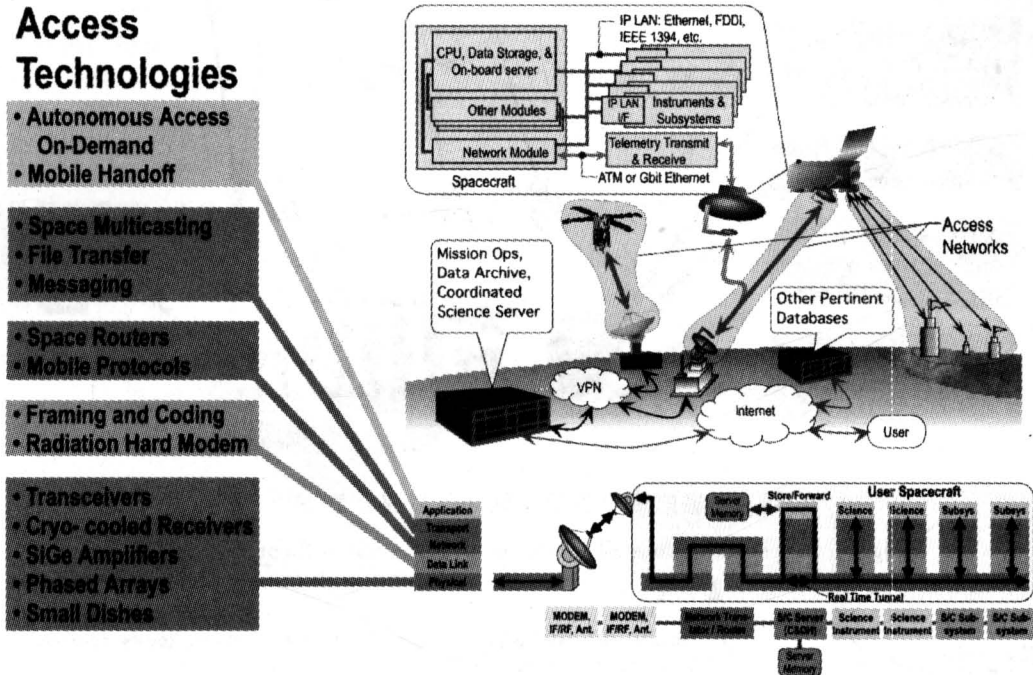


图 5 接入网示意图^[2]

Fig.5 Schematic of access network^[2]

端指主干网节点上与航天器通信分系统对应的分系统，包括天线、收发设备等。通过相应的射频设备可以建立到主干网的节点星的星间链路，以使该航天器连接到主干网、地面互联网，直至最终用户。发生在航天器没有能够和主干网建立联接时的业务数据，由星上服务器临时存储，一旦链接建立，就可自动将该数据发送到主干网。

3.2.3 星座或编队飞行网络 (inter-spacecraft networks) 星座或小卫星编队飞行网络指协作飞行的航天器如星座或卫星编队内用于交换数据的星间链路构成的网络，如图 6 所示。

一般来讲，可以利用射频/激光链路使得航天器星座/编队内组网，由星座内的某一航天器作为主星，专门处理与主干网的接口，其他航天器配备星座内星间链路通信的能力，来自地面的指令也由主星处理分发给星座或编队内其他航天器。另外一种方法是使星座或编队内所有航天器都具有平等地位，既拥有星座/编队内星间链路通信的能力，又拥

有和主干网通信的能力，在某一时刻由任一航天器和主干网相连，并负责向其他航天器转发来自主干网的指令，将其他航天器的数据转发到主干网节点。

3.2.4 近距无线网络 (proximity wireless networks)

在一些航天任务中，需要对不同类型的航天器协调工作，如载人空间站与飞船的交会对接、火星轨道器与着陆器之间的释放和对接。如果完全依靠地面对多航天器进行测量和控制，将会带来极大的开销。主干网节点只与执行该任务的一个或少数主航天器之间建立链路，完成信息交换。而在主航天器与其他航天器之间建立的网络称之为近距无线网络。该网络的特点是作用距离短、耗费功率低、成本低、拆装方便，如图 7 所示。

4 我国天地一体化航天互联网构想

4.1 总体目标

我国天地一体化航天互联网建设的总体目标是：建成一个综合性的星间、星地及地面互联互通

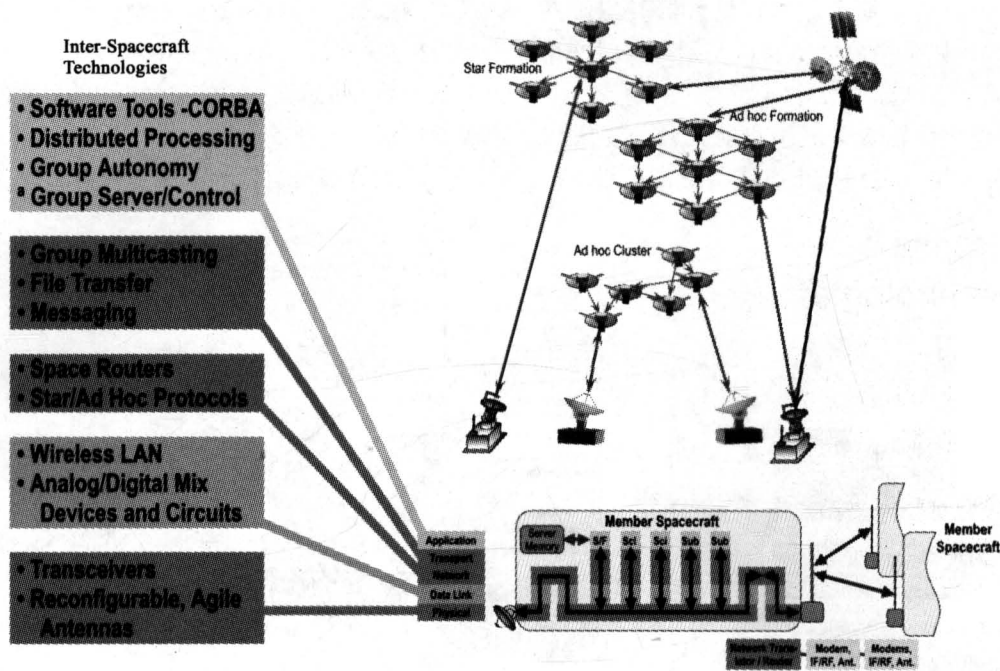


图 6 星座或小卫星编队飞行网络示意图^[2]

Fig.6 Schematic of constellation or smallsat formation flight network^[2]

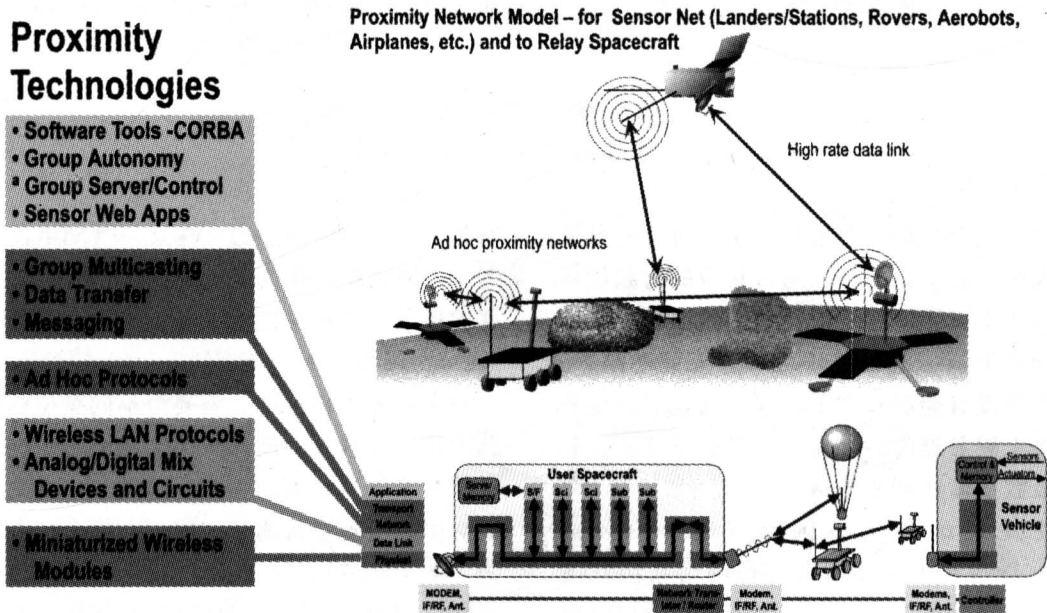


图 7 近距无线网络示意图^[2]

Fig.7 Schematic of proximity wireless network^[2]

的网络系统，凡与航天器有关的数据接收、传输分发、运行控制等资源均应一并予以有机整合，服务不再局限于一种卫星，也不再对应于一类用户，而是向多种用户提供多种类型的信息，实现信息共享

和统筹建设。同时，通过天地一体化航天互联网的研究和建设，带动相关技术创新和相关产业的发展。

4.2 航天互联网组成

航天互联网可分为空间段和地面段两部分，通过天地链路连接成一个一体化的互联网络。航天互联网将通过具有安全防护能力的网络为不同客户提供端到端的信息传输服务。

空间段包括所有的航天器：中继卫星；只有对地链路的单颗航天器；有对地链路和中继链路的单颗航天器；有星间链路的飞行器编队和星座；其他航天器。

地面段包括所有与航天器有关的设施设备：数据接收网，含民方、军方不同部门的卫星地面接收站；空间目标监视网；天文观测网；地基航天测控网，含 USB 测控网、UCB 测控网、深空测控网等；中继卫星地面系统；业务测控网；用户业务应用

网；在轨服务保障网：研制单位的在轨诊断和维护系统；其他与航天任务有关的系统或网络。

4.3 网络体系结构

天地一体化航天互联网络规模庞大、结构复杂、网络伸缩性强，用户动态接入，网络拓扑结构不断变化并包含多个异构的子网（含卫星编队和星座等），涉及用户卫星系统、中继卫星系统、地基测控网、用户业务网等诸多层面。设计科学、合理的网络体系结构十分重要。

整个网络可分为主干网、子网（包括星座和编队子网、近距离无线子网、多址或单址独立节点）和接入网络（包括空间接入网和地面接入网）。我国天地一体化航天互联网体系结构如图 8 所示。

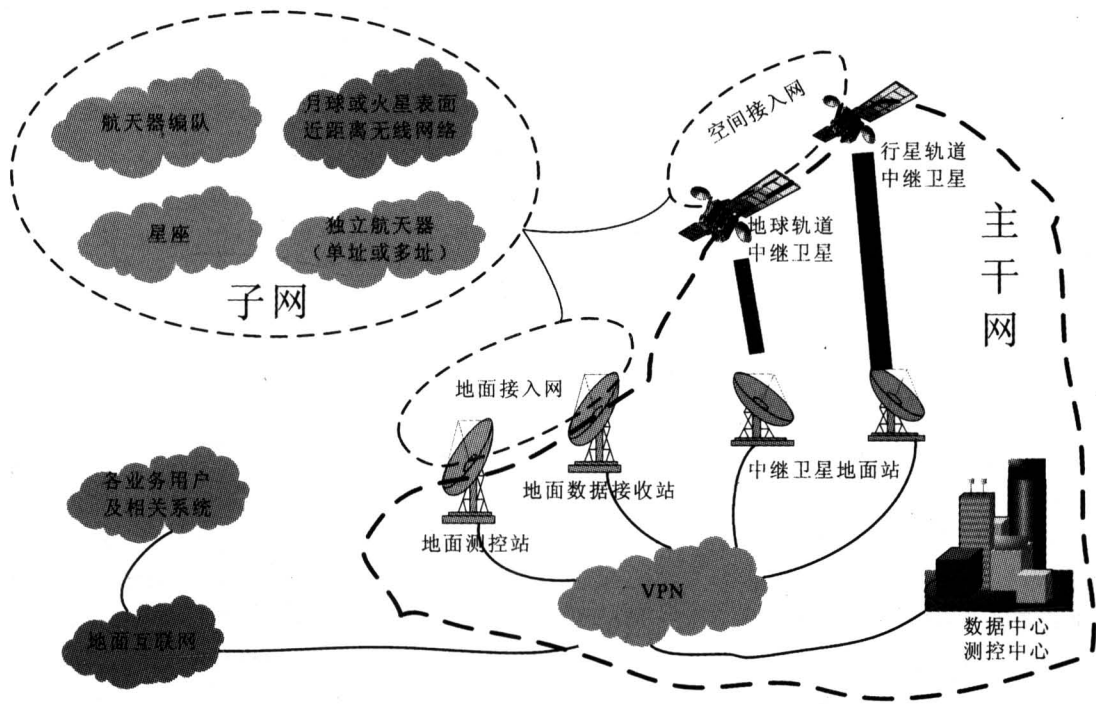


图 8 我国天地一体化航天互联网体系结构示意图

Fig.8 Schematic system architecture of China's integrated space-ground internet

1) 主干网。负责用户航天器与地面之间应用数据及测控信息的传输与分发，主要由我国地面数据接收网、空间目标监视网、天文观测网、航天测控网、业务测控网和中继卫星系统（包括地球轨道中继卫星和深空中继卫星）构成。由统一的运行管理中心管理，并设置高效统一的数据服务系统为不同用户服务。

2) 子网。包括以下几类：

·独立节点。分为单址和多址两种。单址指只有一个网络地址，这类节点通常直接与主干网连

接，目前的大多数卫星属此类。多址指一个航天器有多个网络地址，分系统或独立部件允许有自己的网络地址，如空间站。这类航天器通常以子网形式与主干网连接，航天器内部分系统的增减不影响其他系统的数据传输。

·星座子网和编队子网。有星间链路的星座或卫星编队互联后构成的局域网。无星间链路的星座或卫星编队卫星不构成子网，每颗卫星成为独立节点。

·近距离无线网络。由若干近距离航天器通过

无线手段通信构成的网络。主干网节点只与执行该任务的一个或少数主航天器之间建立链路。主要在飞船的交会对接、月球或火星等轨道器与着陆器之间的释放与对接等环境下使用。

3) 接入网。联接主干网和子网的节点设备(包括天线、收发设备)所构成的网络,分为地面接入网和空间接入网。基于以上划分,目前的数据网和测控网中的不同设备单元将分属主干网和接入网。其中射频部分及基带属于接入网;计算机信息系统及其后端属于主干网。

这样的体系结构不完全等同于物理组成,目的是利于整个网络的分工、运行管理和协议制定等。

4.4 网络协议

网络协议是网络能否构成与良好运行的先决条件。天地一体化航天互联网是一个规模庞大、结构复杂的特殊网络,要求网络必须能够稳定运行、快速重构,具有可扩展性;能够方便用户和其他子网接入,且支持用户动态接入和退出。网络协议必须适应其特殊性。

空间网络以及天地间网络的特殊性主要表现在以下几方面:

1) 距离远、传输时延大,深空探测更是如此。空间和天地间传输路径远比地面网络长,带来的传输时延也较长。协议应答时间长,原有地面 IP 网机制不再适用。在应用数据传输与网管协议以及实现实时性功能时,都必须考虑这个因素。

2) 链路质量较差。空间、天地间的微波或激光链路地面广泛采用的光纤链路相比,受环境影响严重,链路性能不稳定、误码率高,甚至造成链路中断,特别是在深空通信中更难于保障,必须采取相关策略进行协议改进,以适应这种质量的链路。

3) 网络拓扑结构动态变化。运载火箭发射段以及在轨航天器在可见弧段建立连接,接入和退出变化快,网络的拓扑结构也将随之产生周期性变化,并对实时性提出了较高要求。

4) 高可靠性和安全性要求。航天任务的特点决定了必须保证高可靠性和高安全性。由于空间信息传输的暴露性,与传统网络相比,更容易遭受敌方的窃听、毁坏和攻击。因此在协议设计中必须进行相关的安全协议和安全解决方案设计。

针对上述空间网络以及天地间网络的特殊性,目前在航天任务中研究和使用的协议主要包括两

类:一是基于 CCSDS 的互联网传输协议;二是基于地面 IP 协议标准的空间 IP 协议。

4.4.1 基于 CCSDS 的互联网传输协议 基于 CCSDS 的互联网传输协议在数据链路层使用分包遥测、分包遥测和高级在轨系统(AOS)建议。在网络层至应用层使用 SCPS, SCPS 包括网络协议(SCPS - NP)、安全协议(SCPS - SP)、传输协议(SCPS - TP)、文件传输协议(SCPS - FTP)。在无线子网使用近空链路(proximity space link)协议,如图 9 所示。

在地面网络,主要采用 TCP/IP 协议,针对航天任务的特点对 TCP/IP 协议进行适当改进,并结合使用 CCSDS 的空间链路扩展(SLE)协议。

CCSDS 建议专为空间链路设计,充分考虑空间链路带宽资源的珍贵性,协议效率较高;自身的协议体系也比较完善;较多航天机构已采纳、应用,继续使用可保护有关航天机构的已有研发和应用投资。应用到未来航天互联网时,存在的主要问题一是无法与地面网直接互操作,存在协议转换;二是静态路由支持能力强,但移动接入能力差,如需支持动态路由则需增加协议开销;三是开发、测试、维护费用相对 TCP/IP 较高。

4.4.2 基于地面 IP 协议标准的空间 IP 协议 空间通信在无线传输部分的不可靠、上/下行链路不对称、移动性等方面与地面移动通信遇到的问题很相似。地面使用的 IP 技术及其在安全、移动方面的扩展技术应该也可用于空间通信中。如果空间通信可以对 IP 及其扩展技术直接利用或仅作局部的修改,则可大大降低空间任务的操作成本,并容易实现标准化和推广应用。

空间 IP 协议的主要思想是将“空间”部分严格限定在物理层,地面设备除射频部分外可直接使用商业设备。在物理层,沿用原有的天线及射频设备,但商用路由器一般不支持纠错编/译码,需要在射频设备与商用路由器之间增加一个用于信道纠错编/译码的模块,链路层可根据情况选择合适的标准协议(可直接利用或仅作局部修改),其他各层均可采用标准 TCP/IP 协议。

基于地面 IP 协议标准的空间 IP 协议的这种框架结构见图 10,相应的协议栈结构如图 11 所示。

空间 IP 协议的主要优点是:可以使用商用网络设备与地面互联网直接互操作,实现端到端的通

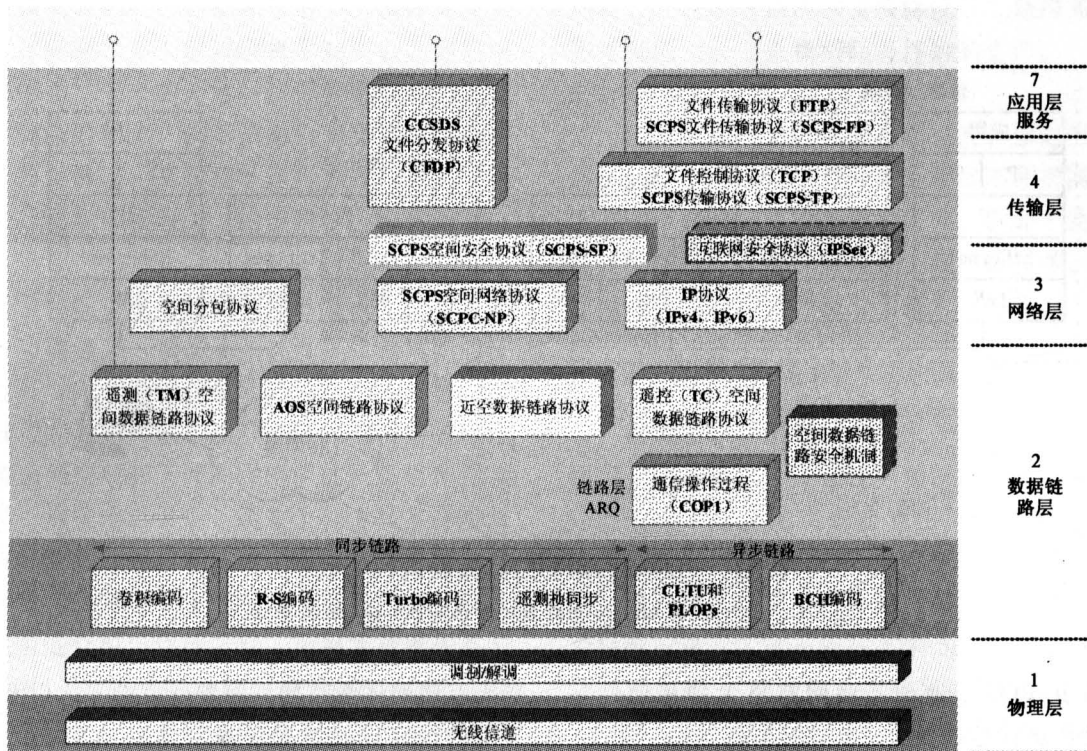


图 9 基于 CCSDS 的航天互联网协议解决方案

Fig.9 CCSDS-based space internet protocol solution

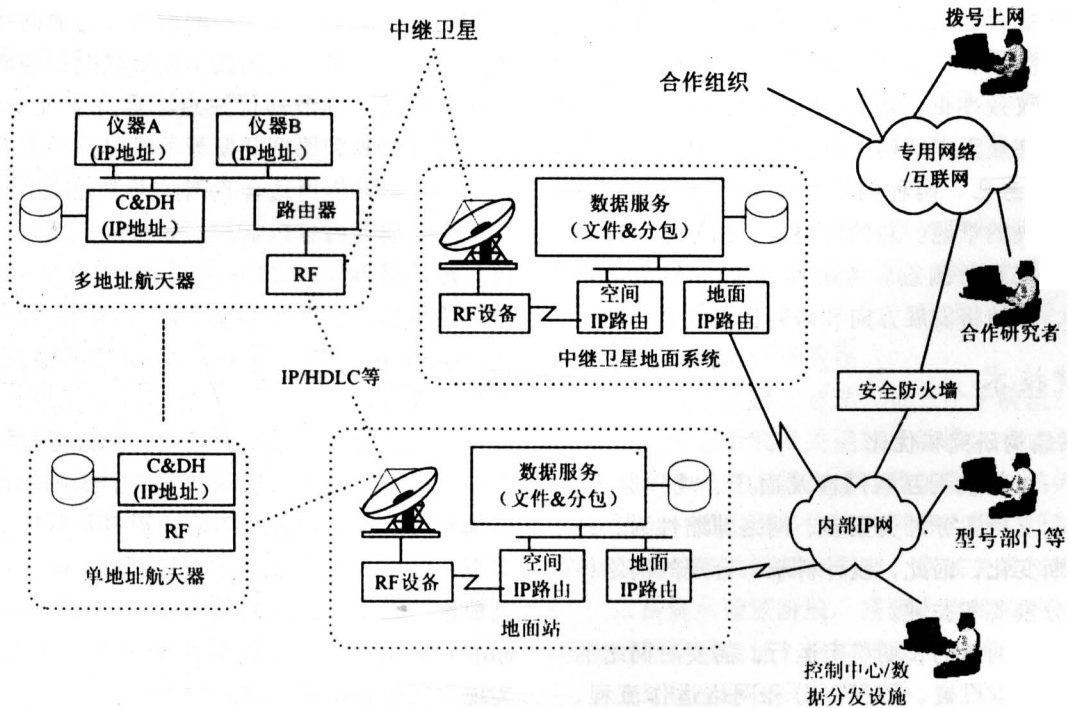


图 10 基于 IP 的航天互联网架构

Fig.10 IP-based space internet architecture

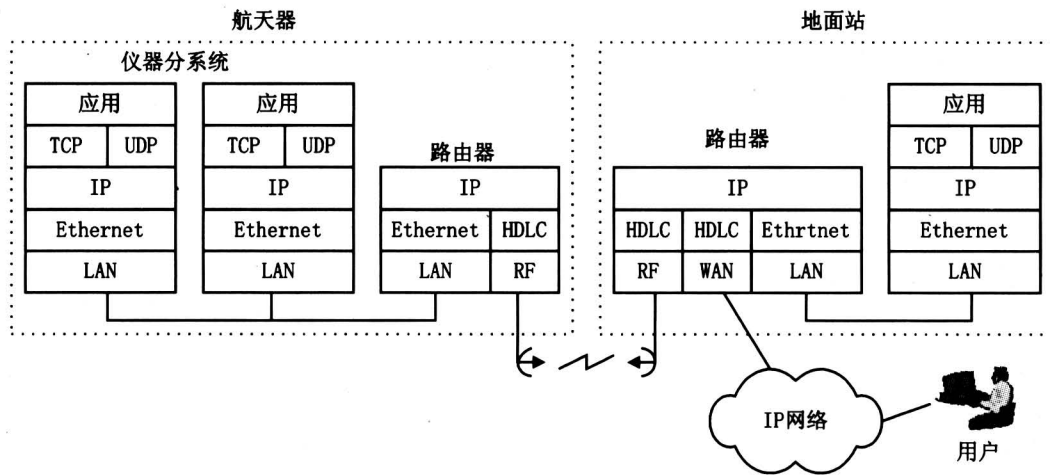


图 11 一种端到端的空间互联网协议栈

Fig.11 A type of end-to-end space internet protocol stack

信；空间 IP 协议与地面互联网有更大的相似性，组网灵活性更优越、强大；既支持静态路由，又支持动态路由和移动接入；可用商用网络设备，降低空间任务的操作成本；航天器和地面设备研制工作执行同一个标准。但 IP 协议是为地面设计的，应用于空间存在的主要问题，一是与目前现有的空间协议相比，技术体制变化大，由于 IP 协议提供了更为复杂、完善的功能，对航天器的处理能力也提出了更高的要求；二是 IP 协议比专为空间特性制定的专用协议效率低，虽然目前有很多改进措施，但这些措施在航天中应用还有待进一步评估。

4.4.3 基本意见 两种网络协议各有优缺点，都存在需要解决的难题。总的思路是，两条途径要同步研究，但宜有所侧重。考虑到 IP 的发展前景等多种因素，不妨将发展方向和研究重点放在 IP 上。

5 关键技术

5.1 体系结构研究和优化

天地一体化航天互联网涉及面广、规模庞大、结构复杂、支持业务种类繁多、网络伸缩性强、拓扑结构不断变化，因此，设计科学、合理的网络体系结构十分重要和关键。

为了保证网络的长期稳定运行，需要对网络的层次结构、节点设置、子网划分和网络运作流程、网络能承载的业务性能等进行研究。通过对我国航天任务的全部需求和后续任务的规划进行详细分析，结合我国技术发展现状，提出适合我国国情的

航天互联网体系结构。随着研究的深入以及网络协议等的研究进展情况还需对体系结构进行调整和优化。

5.2 网络协议技术

设计好网络管理模式和一个从物理层到应用层都适合各方要求的协议体系并保障协议的效率和安全性，是十分复杂和艰难的工作。

研究中，需以我国空间网络及地面网络的发展为牵引，充分考虑我国技术发展状况，全面分析两种协议的技术细节和优缺点，重点研究空间 IP 协议，通过仿真和原型开发等手段对两种方案进行对比试验，最终提出适合我国航天发展的网络协议。

主要研究内容包括：网管协议、接入与退出协议、传输层协议、文件传输协议和消息传递方式、空间路由协议、无线网络协议、编码方式、服务质量 (QoS) 模型以及网络地址和空间组地址的划分原则，等等。

空间信息资源包括原始信息和处理后的数字化产品 (文本、图表、图像等)，由于来源于不同部门和系统，其表示方式与格式约定各不相同。为了实现相互交换与共享，必须制定相关标准，统一信息数据的表示方式 (功能标准)、格式约定 (技术标准) 和交换方式 (数据管理标准)。此项工作是实现空间信息资源共享的基础性工作。

5.3 网络管理技术

网络管理是航天互联网的核心。网络管理不仅承担状态的监视任务，还需对天基和地基的数据接

收和测量控制资源进行分配和管理，协调并消除资源冲突。目前存在多个用户运行控制中心、测控中心和网管中心，未来的天地一体化资源管理中心要实现全部资源的管理，包括信息自动交换和海量数据存储与分发管理，其职能、运行方式与目前有很大的不同，需要审慎研究，给出科学、合理的解决方案。

空间子网或节点与地面网络的节点相比，空间系统设备功能迥异、繁简不一，既可以是简单的传感器，也可以是复杂的星载计算机系统。尽管通过地面的管理和控制可以实现功能强大的网络管理任务，但考虑到空间和天地间网络中的长延迟特性和管理规模，从管理的灵活、高效上，卫星本身需具有全部或部分的管理功能。由于节点本身的能力差异，选择适当的管理者完成适当的管理任务，选择适当的卫星适合担当代理节点，如何实现管理者与代理的交互，以及存在地基管理控制中心的前提下，如何实现管理任务的分配等，成为网络传输协议和网络管理研究的难题。

5.4 网络安全防护技术

系统越庞大，接入越方便、越开放，就越容易被攻击，加之航天互联网的空间段及天地间通信的空间暴露特性容易被攻击。因此，在系统建设时，必须重视安全保密与防护，必须研究和采取安全抗毁措施，研究安全方案和安全协议，提高系统和网络的生存能力。这是利用公共协议后，大家普遍关心的问题。

5.5 仿真环境建立及演示验证

研究和建设天地一体化航天互联网是一项复杂的系统工程。对于如此庞大、复杂且采用了大量新技术的系统，仅纸上谈兵不行，不通过地面仿真和验证，将无法对大系统方案设计和潜在问题进行有效验证和考核，也不能轻易推广应用。其中，协议的仿真和验证工作更是不可或缺。

5.6 空间网络交换设备

星载交换机和空间路由器是航天互联网的关键设备，是空间网络协议执行的 2 个主要部件。

由于航天互联网中的航天器需要动态接入和退出；空间链路的时延大、误码率比地面高；数据传输有实时性要求；另外星载设备必须满足一定的空间环境使用要求。因此，空间网络交换设备研制难度极大，特别是高性能产品。

星载交换机和空间路由器的研制应解决的主要

问题，一是改进路由和交换协议，二是提高星载设备处理能力，三是加强元器件研制生产。

5.7 其他航天领域共性关键技术

随着数据传输速率的不断提高，加之形成网络后，对主干网的传输和交换要求将不断提高，有必要开展高速数据传输等技术研究，例如千兆级空间激光通信技术、可控多波束大型天线技术、高效纠错编码技术、特高频段射频技术，等等。

6 发展步骤建议

航天互联网的建设难度大，建设周期长，涉及面广，协调量大，关键技术和新技术多，是一个复杂的系统工程。从实现步骤上，建议实施“四步走”战略。

第一步：推出来。即通过研究和试验，推出系列标准或规范。这一阶段的特征是“分建、分管，烟囱式发展”，不妨称之为研究宣贯阶段。

第二步：联起来。即将不同部门的系统进行联接，实现信息交互。地面系统开始改造，不同部门不同单位的地面网络进行连接，并在改造中推广应用制定的标准和规范，实现互联互通和信息共享。新研制的航天器开始启用新的标准和规范。“分建、分管，互联互通”是这一阶段的特征，该阶段称为信息共享阶段。

第三步：管起来。即建立资源管理中心，对测控、测控、数据接收设施和数据库进行统一管理。这一阶段的特征是“分建、统管，综合利用”，可称为综合利用阶段。

第四步：统起来。即对空间资源和地面资源进行优化设计、统筹建设，最大限度地提高效益。“统建、统管，高度一体化”是这一阶段的特征，该阶段称为统筹建设阶段。

第一步是关键，它又包括三个子阶段：

一是概念研究及关键技术阶段。完成我国航天互联网概念研究，提出适合我国国情的航天互联网体系结构；提出网络协议和网管方案；研制星载网络交换设备等关键部件原型，突破关键技术。

二是演示验证阶段。搭建适度规模的地面仿真环境进行演示验证，视情开展飞行试验。

三是标准制定及宣贯阶段。根据前期成果，完成相应标准和规范的制定，在相关部门和单位进行宣贯。

在科学发展观的指引下，为适应我国航天技术

快速发展趋势, 促进信息共享和资源综合利用, 充分发挥航天建设和应用效益, 建议加快开展我国天地一体化航天互联网的研究和建设。这是一件利国、利民、利军的大好事, 同时也是一件大难事, 第一步必须尽快迈出去。立项是当务之急。针对天地一体化航天互联网整体性强、环节多的特点, 建议国家有关部门要加强投资力度, 选定一家牵头单位, 吸纳全国优势单位共同参与研究, 合理分工, 发扬航天大协作精神, 争取尽早研制出实用化成果, 为国民经济发展和国防建设做出积极贡献!

参考文献

- [1] Bhasin K, Hayden J L. Developing architectures and technologies for an evolvable NASA space communication infrastructure[Z]. 2004
- [2] Bhasin K, Hayden J L. Space internet architectures and technologies for NASA enterprises[Z]
- [3] Israel D, Parise R, Hogue K, Ed Criscuolo. Demonstration of Internet technologies for space communication [Z]. 2003
- [4] Malakooti B. Roadmap for Developing Reconfigurable Intelligent Internet Protocols for Space Communication Networks [R]. 2004
- [5] Israel D, et al. STS - 107 case study: end-to-end IP space communication architecture [A]. Ground Systems Architectures Workshops (GSAW) 2003 [C]. Manhattan Beach CA, March 2003
- [6] Bergamo M A. High-throughput distributed spacecraft network: architecture and multiple access technologies [Z]. Computer Networks, 2004

Some Thoughts of Chinese Integrated Space - Ground Network System

Shen Rongjun

(General Armaments Department, Beijing 100720, China)

[Abstract] The rapid development of terrestrial network technologies and the increasing complexity of space missions have generated a strong demand to extend the internet to space and to establish an integrated space-ground network system, and technologies today have already provided feasibility for doing so. The current situation in China is that space-ground protocols are not unified for different spacecraft in spaceflight missions. Space mission data can not be shared and the integrated data utilization ratio is still low. This paper analyzes the demand of future space missions and demonstrates the significance for China to develop its integrated space-ground network system. Status quo of space-based network system abroad is introduced. A concept on the overall objective, composition, network system architecture, and network protocols is proposed. Some key technologies are analyzed. Finally, suggestions are given regarding the steps of development.

[Key words] integrated space network; system architecture; network protocols; steps of program development