



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 43374—2023

## 空间数据与信息传输系统 航天器信息系统软件体系结构

Space data and information transfer systems—  
Spacecraft information system software architecture

2023-11-27 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	1
5 航天器信息系统软件体系结构和接口 .....	2
5.1 结构设计 .....	2
5.2 接口设计 .....	3
6 操作系统层 .....	4
7 中间件层 .....	4
7.1 结构说明 .....	4
7.2 亚网层 .....	4
7.3 传递层 .....	5
7.4 应用支持层 .....	5
8 应用管理层 .....	6
附录 A (资料性) 航天器信息系统软件体系结构中间件层软件构件列表 .....	7
参考文献 .....	10



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本文件起草单位：北京空间飞行器总体设计部、清华大学、中国航天标准化研究所、北京航空航天大学、厦门泮池科技研究院有限公司、同方股份有限公司。

本文件主要起草人：何熊文、詹盼盼、徐明伟、顾明、阎冬、程博文、齐征、杨丽君、朱剑冰、杨芫、刘君、燕宪文、原仓周、贾雨琴、周玉霞、许捷立、张红军、董振辉、李佳津、陈朝基、刘岩。





# 空间数据与信息传输系统 航天器信息系统软件体系结构

## 1 范围

本文件规定了航天器信息系统软件体系结构、接口和软件体系结构中的操作系统层、中间件层、应用管理层的组成。

本文件适用于航天器信息系统的软件系统设计、软件体系结构和软件构件设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 42041 航天术语 空间数据与信息传输

## 3 术语和定义

GB/T 42041 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 软件构件 software component

将功能接口、程序代码、数据等封装成一个可独立配置的、与外部环境分离的基本软件单元。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AN:模拟量(Analogue)

AOS:高级在轨系统(Advanced Orbiting System)

API:应用程序编程接口(Application Programming Interface)

BP:束协议(Bundle Protocol)

BSP:板级支持包(Board Support Package)

CAN:控制器局域网(Controller Area Network)

CCSDS:空间数据系统咨询委员会(Consultative Committee for Space Data Systems)

CPU:中央处理器(Central Processing Unit)

DS:串行数字量(Digital Serial)

IO:输入输出(Input/ Output)

IP:网际互联网协议(Internet Protocol)

IPoC:IP 通过 CCSDS(IP over CCSDS)

LTP:利克莱德传输协议(Licklider Transmission Protocol)

ML:内存加载(Memory Load)

PUS:包应用标准(Packet Utilisation Standard)  
RAM:随机存取存储器(Random Access Memory)  
ROM:只读存储器(Read-Only Memory)  
TC:遥控(Telecommand)  
TCP:传输控制协议(Transmission Control Protocol)  
TTE:时间触发以太网(Time Triggered Ethernet)  
UDP:用户数据报协议(User Datagram Protocol)  
USLP:统一空间数据链路协议(Unified Space Data Link Protocol)

## 5 航天器信息系统软件体系结构和接口

### 5.1 结构设计

航天器信息系统是运行于航天器上的用于航天器信息获取、处理与传输的系统。本文件的航天器信息系统在实际应用中可为航天器数据管理系统、综合电子系统或星务管理系统。空间数据与信息传输的参考体系结构见 GB/T 42037—2022。

航天器信息系统软件体系结构包括操作系统层、中间件层和应用管理层,如图 1 所示。该体系结构通过分层,对各层的业务和业务接口进行标准化,将一些通用的功能采用标准的软件构件实现,以提高软件的可重用性,支持软件构件重构和升级,屏蔽底层硬件接口和协议变化带来的影响,使得单层的变化不影响其他层。

航天器信息系统软件体系结构运行的硬件包含各种星载计算机的组件,是软件运行的基础,主要有 CPU、ROM、RAM、时钟、1553B 总线接口、CAN 总线接口、Spacewire 总线接口、TTE 接口、串口、DS 接口、ML 接口、AN 接口、ON/OFF 接口、看门狗、内总线接口和扩展硬件接口。

操作系统层作为底层硬件的支持平台,通过设备驱动程序框架和操作系统 API 屏蔽了底层硬件以及操作系统的差异。中间件层作为整个软件体系结构的核心,将多种标准化的业务和协议纳入其中,采用软件构件的形式实现。应用管理层在操作系统层和中间件层的支持下,通过对中间件层的软件构件组合,完成航天器信息系统的业务功能。在上述软件体系结构的支撑下,用户可对中间件层的软件构件进行选取和参数配置,并开发满足应用特殊需求的软件与之组装,实现软件快速开发。

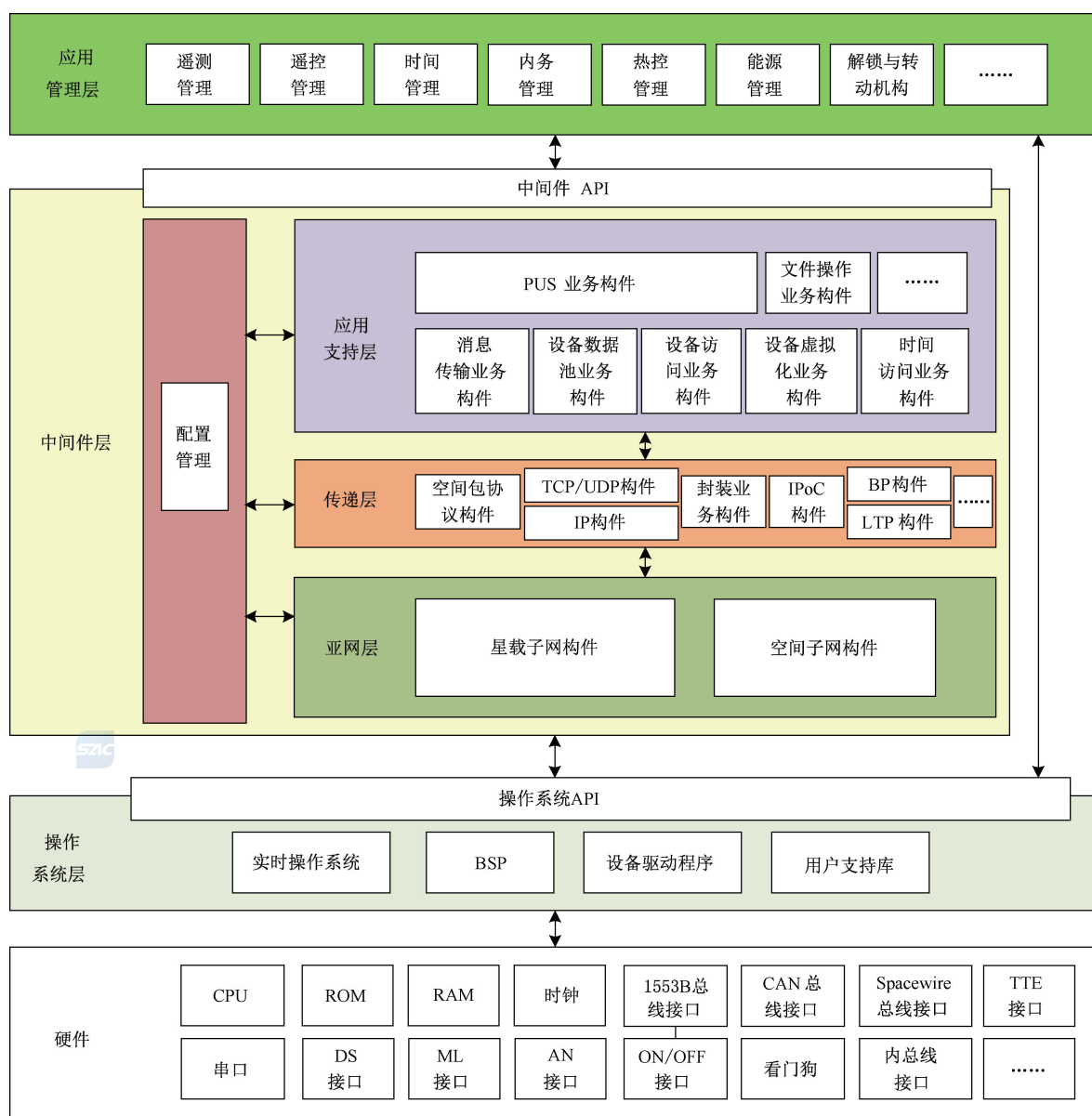


图 1 航天器信息系统软件体系结构

## 5.2 接口设计

### 5.2.1 层间接口

航天器信息系统软件体系结构的每一层应对上层提供标准的接口，每一层中具体的协议实现应符合该层对上层的接口要求。下面对各层的接口进行了说明。

- 操作系统层接口：包括任务管理接口、中断管理接口、内存管理接口、信号量管理接口、消息队列管理接口、定时器管理接口、IO 接口、设备驱动程序接口和用户支持库接口等。
- 亚网层接口：包括星载子网构件提供的包业务接口、存储器访问业务接口、同步业务接口和扩展子网业务接口，空间子网构件提供的 TC 空间数据链路协议接口、AOS 空间数据链路协议接口、USLP 接口和扩展数据链路协议接口。
- 传递层接口：包括空间包协议接口、TCP 协议接口、UDP 协议接口、IP 协议接口、封装业务接

口、IPoC 协议接口、BP 协议接口、LTP 协议接口和扩展协议接口。

- d) 应用支持层接口:包括 PUS 业务接口、文件操作类业务接口、消息传输业务接口、设备数据池业务接口、设备访问业务接口、设备虚拟化业务接口、时间访问业务接口和扩展业务接口。

中间件 API 由亚网层接口、传递层接口和应用支持层接口提供,操作系统 API 由操作系统层接口提供。航天器信息系统软件体系结构的每一层除直接调用下一层的接口外,还支持跨层调用,如应用管理层可调用中间件 API,也可直接调用操作系统 API。

### 5.2.2 软件构件接口

中间件层可采用软件构件的形式实现。软件构件接口包含两类:需要的外部接口和对外提供的接口。需要的外部接口是本构件调用的其他构件的接口,在配置管理中进行设置。

对外提供的接口包括以下三类接口:

- a) 初始化接口:供其他构件调用,完成构件的初始化;
- b) 构件配置接口:供配置管理调用,完成构件的运行时配置,构件配置接口可与初始化接口合并为同一个接口;
- c) 功能接口:供其他构件调用,完成本构件的功能。

## 6 操作系统层

为了支持不同操作系统的更换,航天器信息系统软件体系结构采用标准化的操作系统 API,采用设备驱动程序框架,支持信息系统各种不同设备类型接口的驱动,并具备可扩展能力,使得软件能适应不同的设备控制需求。

操作系统层将操作系统的接口进行封装,提供统一的操作系统 API。在航天器信息系统中,不同的操作系统应支持统一的访问接口。操作系统层的组成包括实时操作系统、BSP、设备驱动程序、用户支持库和操作系统 API 等。当需要更改或扩展底层硬件接口时,可通过更新或增加设备驱动程序予以支持。

操作系统层运行于硬件之上,通过操作系统 API 向中间件层和应用管理层提供统一的接口。

## 7 中间件层

### 7.1 结构说明

中间件层是位于操作系统层和应用管理层之间的通用服务层,具有标准的协议和程序接口,可实现不同硬件和操作系统平台上的数据共享和交互支持。为了使中间件层具有很好的可扩展性,支持业务和协议的更新,中间件层内部分为三层,每一层都可能通过配置管理进行构件的配置,层次划分自下而上为亚网层、传递层和应用支持层。

亚网层的星载子网构件对星内通信机制进行了标准化,空间子网构件对星地、星间通信机制进行了标准化。传递层的软件构件实现了网络传输和路由功能。应用支持层的 PUS 业务构件实现星地应用协议的标准化,结合传递层的空间包协议构件、TCP 构件、UDP 构件、IP 构件以及应用支持层的消息传输协议构件,可实现星地、星间、星内通信一体化设计。

中间件层包含的软件构件列表见附录 A。

### 7.2 亚网层

亚网层处于传递层以下,调用操作系统层的接口,并对上层提供统一的软件接口,以屏蔽底层数据链路的不同,同时提供一组业务构件用于支持上层的构件。亚网层包括星载子网构件和空间子网构件

两大类。

星载子网构件包括包业务构件、存储器访问业务构件、同步业务构件、1553B 构件、CAN 构件、Spacewire 构件、TTE 构件、ML 构件、DS 构件、串口构件和扩展构件,如图 2 所示。包业务构件将业务数据单元从子网的一端传输到同一个子网的另一端。存储器访问业务构件可以获取、写入或者修改本地节点或远程节点中存储器的数据。同步业务构件为时间码获取、时间码状态维护和事件管理提供统一接口。1553B 构件、CAN 构件、Spacewire 构件、TTE 构件、ML 构件、DS 构件、串口构件分别实现了 1553B 总线、CAN 总线、Spacewire 总线、TTE 总线、ML 接口、DS 接口、串口协议的功能。星载子网构件在操作系统设备驱动程序的支持下,完成星载总线或网络协议,并支持其他星载子网业务和协议的扩展。

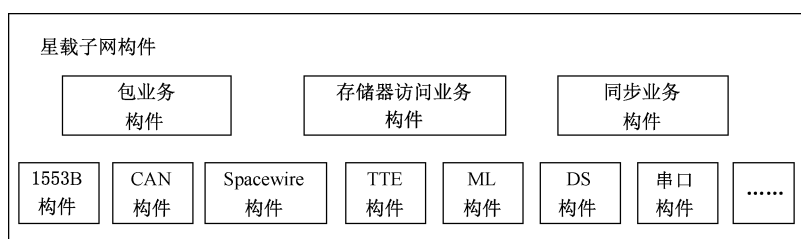


图 2 星载子网构件组成

空间子网构件包括 TC 空间数据链路协议构件、AOS 空间数据链路协议构件、USLP 构件等,如图 3 所示。空间子网构件在操作系统设备驱动程序的支持下,实现 TC 空间数据链路协议、AOS 空间数据链路协议、USLP,并支持其他空间数据链路协议的扩展。

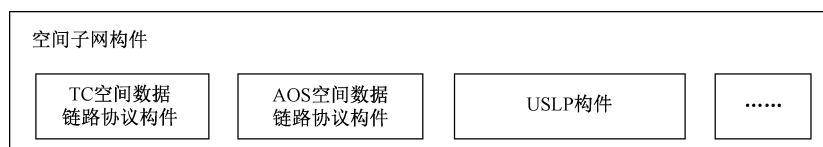


图 3 空间子网构件组成

### 7.3 传递层

传递层包含了传输层和网络层的功能,用于对传递层以上的业务或用户提供标准接口,实现数据传输和路由。

传递层调用亚网层的接口,并对上层提供统一的软件接口。主要由以下构件组成:

- a) TCP/UDP 构件、BP 构件、LTP 构件实现传输层的功能,实现了 TCP 协议、UDP 协议、BP 协议和 LTP 协议;
- b) 空间包协议构件、IP 构件、封装业务构件和 IPoC 构件实现网络层的功能,实现了空间包协议、IP 协议(包括 IPv4 和 IPv6 协议)、封装业务和 IPoC 协议。

### 7.4 应用支持层

应用支持层提供支持航天器信息系统应用的标准业务。应用支持层调用传递层的接口,并对上层提供统一的软件接口。

应用支持层包括文件操作业务构件、航天器接口业务构件、PUS 业务构件,并可通过扩展业务构件实现应用支持层业务功能的扩展。各构件的具体功能如下。

- a) 文件操作业务构件实现文件访问和文件管理功能,包括文件访问业务构件、文件管理业务构件。
- b) 航天器接口业务构件实现航天器信息系统的基础数据处理功能,包括消息传输业务构件、设备数据池业务构件、设备访问业务构件、设备虚拟化业务构件、时间访问业务构件。其中消息传输业务构件用于提供消息通信服务,设备数据池业务构件、设备访问业务构件和设备虚拟化业务构件用于实现对设备和参数的访问,时间访问业务构件用于处理和提供星载时间。
- c) PUS 业务构件实现与航天器信息系统领域功能相关的业务,主要包括遥控确认业务构件、设备命令分发业务构件、常规/诊断参数报告业务构件、参数统计报告业务构件、事件报告业务构件、存储器管理业务构件、功能管理业务构件、时间管理业务构件、包传送控制业务构件、在轨作业定时计划业务构件、在轨监视业务构件、在轨存储和回收业务构件、事件动作业务构件、在轨作业程序业务构件等。

## 8 应用管理层

应用管理层包含遥测管理、遥控管理、时间管理、内务管理、热控管理、能源管理、解锁与转动机构和扩展应用等航天器信息系统功能对应的应用软件。应用软件调用中间件层和操作系统层的接口,完成航天器信息系统的业务和功能。由于有下层的软件构件支持,应用管理层功能的实现仅需将不同的软件构件按照特定的逻辑予以组合。

应用管理层软件的具体实现形式在不同的航天器信息系统中可能有所不同。在具备多任务操作系统支持的情况下,表现为多个任务(在有的操作系统中也可表现为进程、线程或分区等),这些任务采用中间件层与操作系统层提供的标准接口进行航天器任务处理,完成航天器任务规定的功能。

## 附录 A

(资料性)

航天器信息系统软件体系结构中间件层软件构件列表

航天器信息系统软件体系结构中间件层包含的主要软件构件列表如表 A.1 所示。

表 A.1 中间件层包含的主要软件构件列表

序号	内部分层	构件分类	软件构件	软件构件功能描述
1	亚网层	空间子网构件	TC 空间数据链路协议构件	实现 TC 空间数据链路协议
2			AOS 空间数据链路协议构件	实现 AOS 空间数据链路协议
3			USLP 构件	实现 USLP 空间数据链路协议
4			扩展数据链路协议构件	支持扩展数据链路协议
5		星载子网构件	包业务构件	实现航天器接口业务的包业务,通过星载子网传输数据到该子网的另一个端点
6			存储器访问业务构件	实现航天器接口业务的存储器访问业务,向设备的内存或寄存器读出或写入数据
7			同步业务构件	实现航天器接口业务的同步业务,向业务用户通知事件
8			1553B 构件	实现 1553B 总线链路协议
9			CAN 构件	实现 CAN 总线链路协议
10			Spacewire 构件	实现 Spacewire 总线链路协议
11			TTE 构件	实现 TTE 链路协议
12			ML 构件	实现 ML 链路协议
13			DS 构件	实现 DS 链路协议
14			串口构件	实现串口链路协议
15			扩展子网业务构件	支持扩展业务或协议
16	传递层	传输协议构件	TCP/UDP 构件	实现 TCP 和 UDP 协议
17			BP 构件	实现 BP 协议
18			LTP 构件	实现 LTP 协议
19		网络协议构件	空间包协议构件	实现空间包协议
20			IP 构件	实现 IPv4 和 IPv6 协议
21			封装业务构件	实现封装业务
22			IPoC 构件	实现 IPoC 协议
23		传递层扩展协议构件	传递层扩展协议构件	实现扩展的传输协议、网络协议

表 A.1 中间件层包含的主要软件构件列表（续）

序号	内部分层	构件分类	软件构件	软件构件功能描述
24	应用支持层	航天器接口业务构件	设备数据池业务构件	实现设备数据池业务,从设备获取数据并存储在设备数据池中,从设备数据池中读取数据
25			设备访问业务构件	实现设备访问业务,对航天器内设备进行设备读取、设备写入操作
26			设备虚拟化业务构件	实现设备虚拟化业务,对航天器内虚拟设备进行指令发送、数据获取操作
27			消息传输业务构件	实现消息传输业务,在两个应用程序之间接收和发送消息,多播一个消息到一个已定义分组内的所有应用程序,广播一个消息到航天器内所有的应用程序
28			时间访问业务构件	实现时间访问业务,维护并向用户提供航天器时间
29		文件操作业务构件	文件访问业务构件	实现文件访问业务,包括打开、关闭、读取和写入文件、扩展到文件、插入数据到文件、从文件中删除数据等功能
30			文件管理业务构件	实现文件管理业务,包括目录操作、拷贝文件、合并文件、重命名文件、锁定文件、解锁文件、从文件库中找到文件、列出目录内容等功能
31		PUS 业务构件	遥控确认业务构件	实现 PUS 遥控确认业务,对上行遥控指令进行正确性校验和反馈
32			设备命令分发业务构件	实现 PUS 设备命令分发业务,包括 ON/OFF 指令分发和 ML 指令分发
33			常规/诊断参数报告业务构件	实现 PUS 常规/诊断参数报告业务,选择特定参数进行定频采集,并组织遥测包下传
34			参数统计报告业务构件	实现 PUS 参数统计报告业务,向地面报告一个采样间隔内星上参数的最大值、最小值、平均值和标准偏差值等功能
35			事件报告业务构件	实现 PUS 事件报告业务,用于报告各种事件,如星上故障或异常、星上自主行为、各种操作的正常运行等情况
36			存储器管理业务构件	实现 PUS 存储器管理业务,用于星上不同内存区域的加载、下卸和检查等管理
37			功能管理业务构件	实现 PUS 功能管理业务,执行特定功能,这些功能是非标准的,有特定的请求和报告数据结构

表 A.1 中间件层包含的主要软件构件列表（续）

序号	内部分层	构件分类	软件构件	软件构件功能描述
38	应用 支持层	PUS 业务 构件	时间管理业务构件	实现 PUS 时间管理业务,包括改变时间报告产生频率、时间报告、集中校时、均匀校时等功能
39			包传送控制业务构件	实现 PUS 包传送控制业务,控制遥测源包到地面的传送,对特定业务类型的包进行“使能禁止”操作
40			在轨作业定时计划业务构件	实现 PUS 在轨作业定时计划业务,通过指令调度表的方式进行指令延时遥控和程控
41			在轨监视业务构件	实现 PUS 在轨监视业务的,维持参数监视清单,参数发生变化时产生事件报告
42			在轨存储和回收业务构件	实现 PUS 在轨存储和回收业务,支持按时间段删除、下传存储数据和“使能禁止存储”等功能
43			事件动作业务构件	实现 PUS 事件动作业务,定义一个动作,当给定的事件被监测到时自主执行该动作
44			在轨作业程序业务构件	实现 PUS 在轨作业程序业务,定义一组能加载的操作程序,可以管理这些程序的存储和在地面控制下执行
45		扩展业务 构件	扩展业务构件	支持扩展业务功能,用于应用管理层实现特定的业务功能

参 考 文 献

- [1] GB/T 42037—2022 空间数据与信息传输系统 参考体系架构
- 



