



研究与开发

星地一体化网络终端用户协同管理系统研究与设计

陈旭琼, 袁丽, 李元洁
(航天恒星科技有限公司, 北京 100095)

摘 要: 星地融合一体化网络是卫星通信与地面通信融合发展的新方向, 具有广泛的应用前景, 网络架构的复杂化对卫星终端入网、退网的灵活度提出了更高的要求。在研究星地融合一体化网络技术特点及卫星终端入网退网场景的基础上, 提出终端用户协同管理系统, 设计相关功能模块及工作流程, 解耦终端入网和退网归属地, 解决了复杂网络架构下终端在空间侧和地面侧重复被管理、星地用户信息不一致等问题, 并利用双向、非对称的星地同步消息完成星地协同及空间侧状态监测, 提高了星地一体化网络的健壮性及终端入网退网的灵活性。

关键词: 卫星通信; 星地协同; 用户管理

中图分类号: TN927.2

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2025201

Research and design of network terminal user collaborative management system for satellite-terrestrial integration

CHEN Xuqiong, YUAN Li, LI Yuanjie
Space Star Technology Co., Ltd., Beijing 100095, China

Abstract: The integrated satellite-terrestrial fusion network, representing a pioneering direction in communication technology, is driven by the need to leverage complementary strengths of both domains. This convergence, while offering extensive application prospects, impose heightened demands on the flexibility of satellite terminal access and detachment processes due to the increasing architectural complexity. Against this background, a collaborative management system for terminal users was proposed. Through a comprehensive analysis of technical characteristics and operational scenarios, functional modules and workflows were designed to decouple home location dependencies during network transitions. This approach effectively addressed critical challenges, including redundant administrative management across spatial and terrestrial segments and inconsistencies in user state synchronization. By implementing bi-directional yet asymmetric synchronization protocols, seamless cross-domain coordination and real-time monitoring of orbital assets were achieved. These advancements enhanced the robustness of the integrated network and improved the agility of terminal mobility management.

Key words: satellite communication, satellite-terrestrial integration, terminal user management

0 引言

在通信技术的发展历程中,卫星通信网络和地面通信网络沿着不同的技术路线独立演进。近年来,伴随着空天地海广域互联、泛在接入需求的快速攀升,以卫星通信与地面通信融合为愿景的星地一体化网络研究逐渐成为技术新热点。目前,星地融合网络的研究多围绕无线资源管理^[1-2]、网络负载均衡^[3]为热点,较少涉及星地融合网络内与终端用户管理相关的内容。星地一体化网络的网络架构更为复杂,终端接入方式和途径也随之多元化,因此,对终端用户管理的灵活性提出了更高的要求。

本文从星地融合一体化网络的架构入手,分析其技术特点及卫星终端接入和退出网络的应用场景,提出星地协同终端用户管理系统,完成功能模块及工作流程的具体设计^[4],并对比分析星地协同模式与传统卫星通信模式下的技术特点,为卫星终端在星地一体化网络中的协同管理提供技术基础,解决卫星终端在星地一体化网络中被空间侧和地面侧重复管理等星地协同问题。

1 星地融合一体化网络架构研究

随着移动通信与卫星通信技术的发展,构建

空天地海一体化网络成为新一代通信技术的愿景。国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)提出的6G 3个目标之一,即通过卫星通信与地面网络的融合,实现以全球全域移动网络覆盖为目标的空天地海一体化网络^[5]。卫星通信网络是空天地海一体化网络的重要组成部分,在跨视距传输、天地互联等方面发挥着重要作用。

1.1 传统卫星通信系统网络架构

传统的卫星通信网络以通信卫星透明转发为主要工作模式,其网络架构主要由空间段、地面段及用户段组成。传统卫星通信网络架构如图1所示。

空间段,主要指通信卫星或由高中低轨道通信卫星组成的卫星群组,发挥空间无线中继站的作用,通过星上转发器放大并转发用户终端、信关站等地面站的无线信号,延长地面站的通信距离。

地面段,主要指卫星通信系统的地面设施及系统。早期的卫星通信系统常以单一主站为形式,近年来伴随高通量通信卫星的快速发展,地面段转变为由信关站、数据中心、地面业务网络共同构成。其中,信关站用于高通量卫星馈电波束接收与发送,其地理位置选址与高通量卫星馈

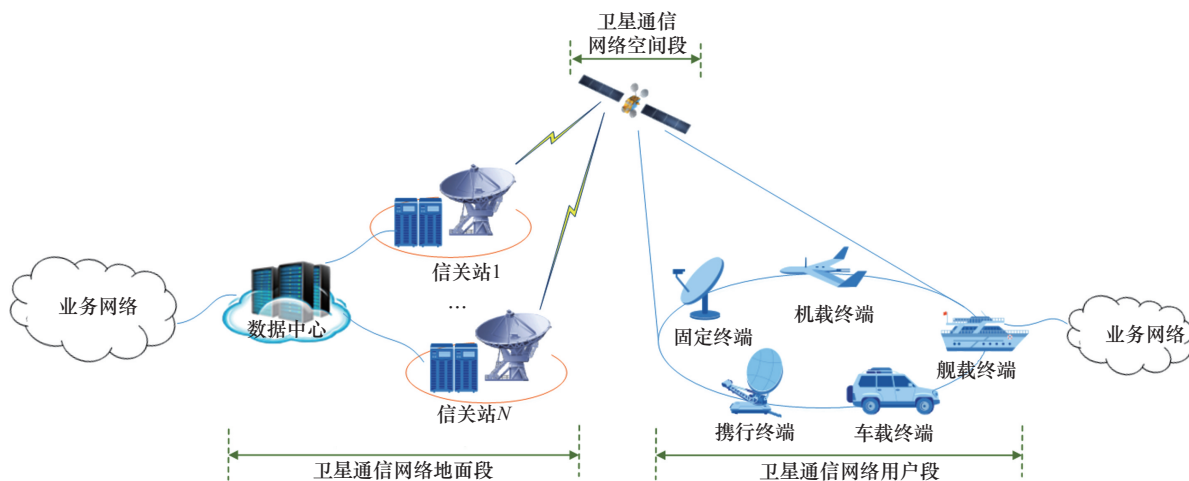


图1 传统卫星通信网络架构



电波束指向紧密相关,单颗高通量卫星对应的信关站常以信关站群组形式呈现,信关站群组之间通过地面光纤连接,并通过地面光纤连接到数据中心;数据中心具备终端认证、用户管理、资源管理、系统维护、运营服务以及与其他网络互连等功能;地面业务网络主要指某类或多类业务实现的承载网络,可以是面向特定用户建设的专网业务,也可以是互联网、蜂窝移动4G/5G核心网等地面公共业务网络。

用户段,主要指卫星通信终端。面向不同应用场景,卫星通信终端可以呈现为便携、车载、舰载和机载等不同形态,这些终端工作在高通量卫星的用户波束覆盖范围内,用于建立卫星通信链路并实现入网。卫星通信终端将与数据中心进行信令交互,完成终端用户身份鉴权,确保接入卫星通信网络的用户具备合法性。

1.2 星地融合一体化网络的主要特征

随着空间通信互联需求的攀升,天地融合、星地协同已经成为空天地海一体化网络的重要特征,其发展趋势是将天基网络与地基网络进行有效融合,建立全覆盖的泛在网络。空天地海一体化网络将按照天地互联、天地协同、天地一体这3个阶段进行演进式发展^[6]。在传统卫星通信网络架构的基础上,星地融合一体化网络在空间段、用户段发生重大的技术变更,其特征可以归结如下。

1.2.1 空间段增加星上处理能力

前期受限于卫星平台载荷能力,卫星平台承担的功能相对简单,通信卫星多以透明转发为主要工作模式。目前开展的天地互连研究,以卫星通信与地面5G融合为主要工程实践目标,即维持卫星通信系统与地面5G网络的独立架构,依托通信卫星透明转发模式及地面专线,实现卫星通信网络与地面5G网络的初步融合^[7]。随着卫星研制能力的增强,卫星平台的载荷能力也逐步提升,通信卫星逐步从透明转发模式向星上再生模

式进行技术与过渡。以卫星通信与地面移动网络融合为例,越来越多的学术研究以星载核心网为研究对象^[8-10]。空间段通信卫星平台处理能力的增强,将带来星间通信、星上再生等具体模式的应用转变,使得卫星终端在星上平台注册并直接入网成为可能,这在一定程度上将减少空间段与地面段之间的信息交互频次,缩短卫星终端入网的时间。

1.2.2 增设星地协同网元

卫星通信网络和地面移动网络,作为两个独立完整的通信网络,在协议处理、用户终端接入等方面有着较大的差异性。在星地协同的技术研究中,初期的星地融合多以IP协议为基础平台,实现卫星通信网络与地面移动网络的跨网交互和协议转义。随着星上处理能力的增加,星地两侧都逐渐具备处理能力,星地融合一体化网络也逐渐演变为多层次异构网络。文献[11]在星地融合第3阶段系统融合层的接入网融合架构中,提到了星地资源协同网元,用于支撑融合接入网中的星地动态频谱资源协调。文献[12-13]进一步阐述了星地融合一体化网络的网络架构,该架构在原有空间段、地面段及用户段的基础上,新增了星地协同段及星地智能动态协作网元。星地智能动态协作网元是卫星网络与地面网络信息交互的协作平台,既可以作为独立实体运行,也可以采用分布式架构进行部署。上述文献中,星地协同相关网元主要围绕资源智能高效调度、面向分布式测控的动态高效调度等内容开展研究。

1.2.3 天基平台将发挥双重作用

面向6G愿景的泛在互联需求,星地融合一体化网络也在向着空、天、地、海等不同空间进行网络延伸,传统卫星通信网络新增空基段作为其架构组成。空基段主要以无人机、有人机、气球、飞艇、热气球等空中平台及邻近空间平台为主要形态^[14-16]。鉴于空基段的特殊位置,在一体

化网络中,空基段承担着“承上启下”的双重作用,对“上”的空基段节点搭载卫星通信终端设备,实现与天基段的协同工作,对“下”的空基段节点承载地面基站的部分功能,作为地面段的临机部署与覆盖延伸。从星地融合一体化网络架构的视角分析,天基平台既可以被视作卫星终端,作为一体化网络的被管理对象,也可以被视为天基接入网或核心网,承担一体化网络管理的相关功能。

1.3 星地融合一体化网络架构

综合分析,星地融合一体化网络是未来卫星通信技术发展的重要方向,当前对星地协同的研究多以网络架构及资源管理为主,且星地协同网络多以“卫星网络+地面移动网络”为架构目标,较少涉及星地协同的卫星通信网络架构以及终端管理相关内容。本文以星地一体化卫星通信网络为研究背景,重点研究星地一体化技术背景下的终端协同管理方法。

基于IP构建网络架构,呈现星上与地面双骨干的基本特点。文献[17]提出的多层次天地跨境

软件定义网络(software defined network, SDN),打破了网络控制器部署在地面段集中控制卫星和地面网络的技术限制,利用软件定义的方式,将网络控制器分别部署在地球静止轨道(geostationary orbit, GEO)卫星、高空平台站(high altitude platform station, HAPS)和地面网络,即网络控制平台可分卫星侧、空中侧和地面侧;文献[18]提出的异构网络(heterogeneous network, HetNet)将整个网络划分为核心网络和几个边缘网络域,其中核心网络(core network, CN)是HetNet的中心枢纽,分为地面核心网络(ground core network, GCN)和空间核心网络(space core network, SCN)。本文设计的星地融合一体化网络,是在传统卫星通信网络的基础架构上进行技术演进,由空间段、地面段、天基段用户段和海陆用户段组成。星地融合一体化网络架构如图2所示。

一体化网络的管理平面,可以根据应用场景,采用分布式部署方式,部署在卫星侧、地面侧或天基侧,形成弹性分散、星地协同的网络管

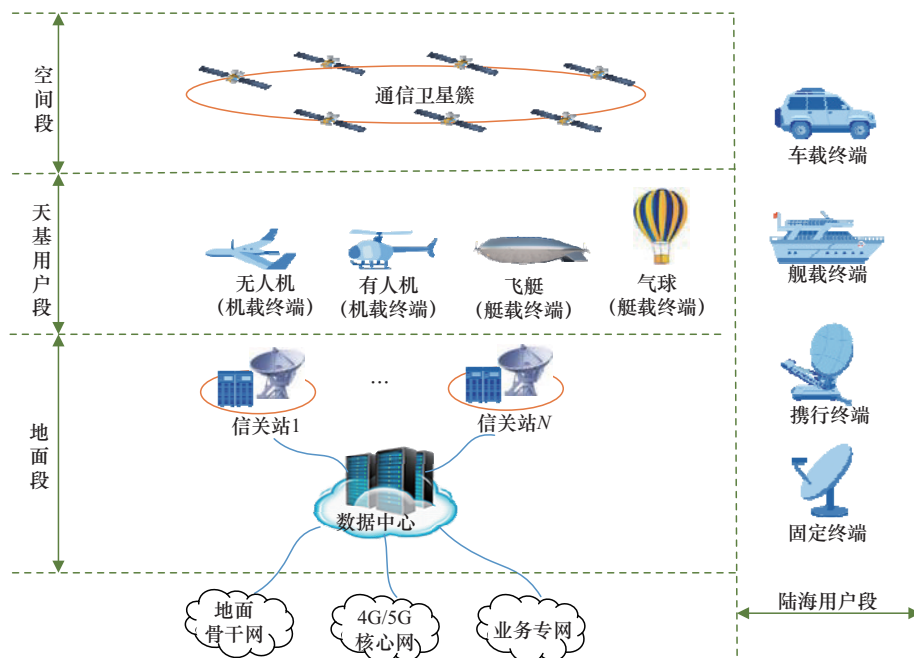


图2 星地融合一体化网络架构



理架构,有利于提高星地融合一体化网络的网络健壮性及抗毁性。在这种网络架构下,由于网络管理平台的分散化部署,用户段的卫星通信终端可以选择从卫星侧、地面侧、天基侧等不同管理平台完成入网及退网申请,卫星通信终端进入和退出网络的申请操作将更加灵活、复杂。本文设计的星地协同终端用户管理方法,可以避免同一卫星终端在卫星侧、地面侧或天基侧等不同管理平台出现重复入网、叠加管理、星地用户信息不一致等问题,可以实现卫星通信终端就近快速接入与退出星地融合一体化网络。

2 星地协同终端管理系统设计

在卫星通信网络或地面移动网络中,终端管理功能近似,主要包括终端入网申请、身份认证等功能,并负责存储终端的用户信息。在卫星通信网络中,终端管理功能多由网络控制系统承担;在地面移动网络中,终端管理多由核心网系统承担。在常规通信网络中,终端的用户管理多由地面侧网络管理系统完成。以文献[19]为例,在其提出的宽带多媒体卫星网络中,用户管理功能由地面侧的网络管理中心承担。当通信网络架构升级为星地融合一体化系统时,用户管理方式如果仍由地面侧承担,或者终端用户管理处理与终端入网方式呈现绑定关系(即空间侧注册终端在空间侧退网、地面

侧注册终端在地面侧退网),将限制终端接入网络和退出网络的灵活性,难以适应星地融合一体化网络的复杂应用场景。

本文设计的星地协同终端管理方法,主要研究不同管理平台之间终端管理的星地协同策略,终端入网鉴权与认证根据终端属性(卫星终端或地面移动终端)沿用卫星通信网络或地面移动网络的认证策略,通过解耦终端入网和退网的归属地,为星地融合一体化网络中的终端提供灵活的入网和退网流程。

2.1 功能模块设计

鉴于星地融合一体化网络管理平台为弹性分布式架构,星地协同终端管理作为单独功能单元,存在于星地融合一体化网络内部,分为地面侧和空间侧两部分。其中,地面侧部署在卫星信关站或数据中心,空间侧部署在具备星上处理能力的通信卫星或天基平台。星地协同终端管理单元由用户注册处理模块、用户注销处理模块、星地同步处理模块、用户数据库组成。其中,用户注册处理模块和用户注销处理模块在地面侧和空间侧采用无差异化设计和部署;星地同步处理模块分别在地面侧和空间侧部署,两者之间有星地同步处理交互。星地协同终端管理系统功能模块组成及部署分布如图3所示,各功能模块的主要作用如下。

2.1.1 用户注册处理模块

用户注册处理模块主要负责处理卫星终端

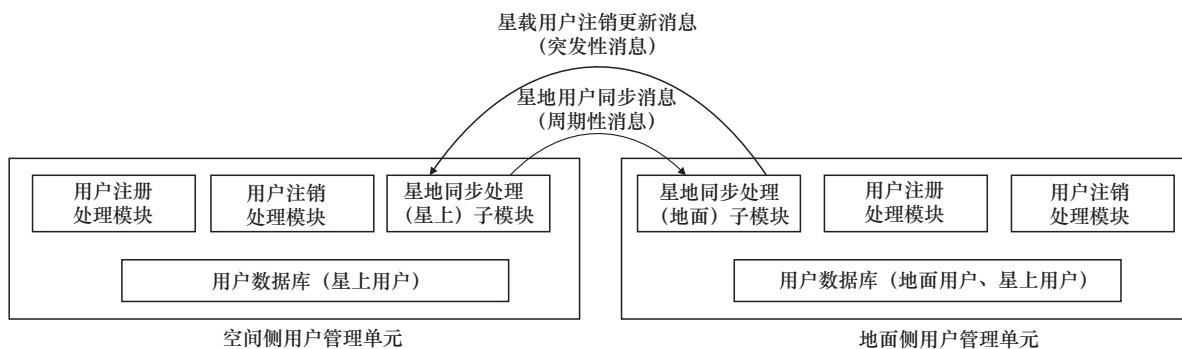


图3 星地协同终端管理系统功能模块组成及部署分布

的入网请求,完成身份认证及鉴权,并根据认证及鉴权结果判断卫星终端是否为合法用户,输出用户注册成功或失败的状态信息。当卫星终端被判定为合法用户后,用户注册处理模块将用户信息更新至用户数据库中。为降低设计复杂度,用户注册处理模块采用无差异化设计,分别部署在地面侧或空间侧。固定、便携、车载、舰载等以陆地和海域为主要活动范围的卫星终端,推荐从地面侧申请入网;机载等空域卫星终端,以及飞艇、气球等临近空间的卫星终端,可以选择从地面侧或空间侧申请入网。

在设计上,根据用户数据库的记录,系统将卫星终端的入网请求区分为首次注册和非首次注册。对于首次注册的卫星终端,需要进行用户鉴权质询和用户身份校验;对于非首次注册的卫星终端,用户注册处理模块从用户数据库中获取其身份合法标记,省略用户鉴权质询,直接进行用户身份校验。

2.1.2 用户注销处理模块

用户注销处理模块主要负责处理卫星终端注销请求信息,并根据注销处理结果,输出注销成功或失败的状态信息。注销成功的卫星终端将释放其所用的卫星链路资源。用户注销处理模块同样采用无差异化设计,分别部署在地面侧和空间侧。

用户注销请求信息可由卫星终端、星上用户管理单元或地面用户管理单元发起。若为星上用户管理单元或地面用户管理单元发起的用户注销请求信息,需要卫星终端配合完成注销处理,若卫星终端多次拒绝配合,将采取强制注销处理。

用户注销分为短期注销和长期注销两种模式。短期注销多为临时离网的情况,此时用户状态信息冻结,用户身份仍为合法用户,用户数据库内仍存有该用户信息,一旦用户重新注

册,可快速恢复用户状态信息,但在注销期间,该卫星终端不享有卫星资源;长期注销多为永久离网的情况,此时用户信息彻底清除,用户身份置为非法,用户数据库清除该用户所有信息。

2.1.3 用户数据库

用户数据库主要用于存储卫星终端的用户信息,用户信息的内容包括但不限于用户身份、用户在网状态、注册位置、终端路由策略、用户优先级等内容。卫星终端根据在星地融合一体化网络的具体位置,可以选择从地面侧或空间侧进行入网、退网申请。当卫星终端从地面侧申请入网且注册成功后,其用户信息将被存储在地面侧的用户数据库。同理,当卫星终端从空间侧成功入网后,其用户信息将被存储在空间侧数据库。考虑空间存储能力有限且存储空间更加珍贵,星地协同一体化系统将地面侧用户数据库设置为系统的主用数据库,空间侧通过星地同步处理模块定期将其存储的用户数据同步至地面侧。

2.1.4 星地同步处理模块

星地同步处理模块是星地协同开展终端管理的关键模块。根据部署位置,地面侧部署星地同步处理(地面)子模块,空间侧部署星地同步处理(星上)子模块,两者之间通过星地同步信息交互。考虑通信卫星的星上处理能力大幅弱于地面,在设计上,星地同步处理(星上)子模块作为星地同步处理(地面)子模块的备份使用。星地同步信息的信息内容为空间侧或地面侧用户信息的增减变化内容,采用双向非对称设计方法,即当星地同步消息由空间侧发送时,呈现周期性特点,该信息用于将空间侧变化的用户信息同步至地面侧,同时地面侧也将利用该消息的定期发送情况,监控并判断空间侧运行状态;当星地同步消息由地面侧发送时,呈现突发性特点,该信息仅用于将地面侧变化的空间侧用户信息同步至



地面侧。这种设计既避免了星地融合一体化网络卫星终端用户信息的频繁传输,又兼顾了星地同步监测功能,提高了卫星信道的利用率。星地同步信息的发送周期可根据星地融合一体化网络的使用特点具体确定。

星地同步消息为星地之间双向传输消息,消息内容、收发频率均采用非对称的设计思路。星地同步消息的非对称设计方法见表1。

2.2 工作流程分析

根据卫星终端的入网申请发送与交互对象,可以将星地融合一体化网络的卫星终端分为空间侧用户和地面侧用户。其中,空间侧用户是指通过空间侧具备星上处理能力的通信卫星或天基平台完成入网鉴权的卫星终端;地面侧用户是指通过卫星信关站或数据中心完成入网申请及身份鉴别的卫星终端。按照本文设计思路,星地融合一体化网络的卫星终端,其入网方式与其退网方式完全设计解耦,最大限度屏蔽入网与退网的绑定限制,增加卫星终端入网退网的灵活度和便捷度,即空间侧用户也可以选择通过地面侧(卫星信关站或数据中心)完成注销申请处理,地面侧用户也可以选择通过空间侧完成注销申请处理,均不需要重复申请。

接入星地融合一体化网络的申请,由卫星终端主动发起,该工作流程为入网申请流程;退出星地融合一体化网络的申请,分为由卫星终端主动发起的退网申请和由地面侧/空间侧网络控制系统强制发起的终端退网请求。

根据上述定义,结合星地融合一体化网络的应用场景,入网注册和退网注销分为以下10种情况。

(1) 卫星终端发起入网注册请求,并在地面侧完成入网注册流程,该卫星终端被标记为地面侧用户。

(2) 卫星终端发起入网注册请求,并在空间侧完成入网注册流程,该卫星终端被标记为空间侧用户。

(3) 地面侧用户发起退网注销请求,并在地面侧完成退网注销流程。

(4) 地面侧用户发起退网注销请求,并在空间侧完成退网注销流程。

(5) 空间侧用户发起退网注销请求,并在地面侧完成退网注销流程。

(6) 空间侧用户发起退网注销请求,并在空间侧完成退网注销流程。

(7) 地面侧网络控制系统强制地面侧用户退网注销。

(8) 地面侧网络控制系统强制空间侧用户退网注销。

(9) 空间侧网络控制系统强制地面侧用户退网注销。

(10) 空间侧网络控制系统强制空间侧用户退网注销。

入网注册场景主要涉及上述(1)和(2)两种场景,目标是完成卫星终端的入网注册请求。入网注册由卫星终端发起,卫星终端根据预设或就近等原则,选择地面侧或空间侧完成

表1 星地同步消息的非对称设计方法

消息传输方向	消息发送频率	消息内容
空间侧发送,地面侧接收	周期性发送	空间侧运行状态 ^① 、空间侧处理的所有用户信息的变化量 ^②
地面侧发送,空间侧接收	突发性发送	地面侧处理的空间侧用户信息的变化量 ^③

注:① 常设消息内容。

② 临时消息内容。当出现终端入网(空间侧)、同域退网(空间侧)、异域退网(地面注册终端在空间侧退网)时,该内容将加载到星地同步消息中。

③ 临时消息内容。当出现异域退网(空间注册终端在地面侧退网)时,该消息将加载到星地同步消息中。

入网注册, 工作流程近似。考虑空间侧用户数据库容量有限, 仅将空间侧用户信息保存到空间侧数据库; 地面侧用户数据库为全网数据库, 即地面侧用户数据库将同时保存空间侧和地面侧用户信息, 空间侧用户信息的同步由星地同步处理模块完成。上述流程可归集为入网注册工作流程。

退网注销场景主要涉及上述(3)~(10)共8种场景, 目标是完成卫星终端的退网注销申请, 或网络控制系统将卫星终端强制退网注销。由此可见, 退网注销流程的发起方可分为卫星终端和网络控制系统两种, 这两种情况的退网注销都由用户注销处理模块直接受理。在场景(7)~(10)的应用中, 退网注销由网络控制系统发起。此时, 网络控制系统将退网注销申请告知卫星终端, 并启动响应计时器, 若在响应计时器到期前, 卫星终端响应了退网注销申请, 则该场景将合并入卫星终端发起退网注销申请; 若响应计时器到期前, 卫星终端未响应, 则启动网络控制系统将卫星终端强制退网注销。

根据用户分类, 可以将退网注销场景分为两类: 一类是同域注销, 即退网与入网在星地融合一体化网络的同一侧, 对应上述(3)、(6)、(7)、(10)这4种场景, 将其工作流程归集为同域退网注销流程; 另一类是异域注销, 即退网与入网在星地融合一体化网络的不同侧, 对应上述(4)、(5)、(8)、(9)这4种场景, 将其工作流程归集为异域退网注销流程。这两类流程根据退网注销的发起方不同, 将进一步详化。星地一体化网络中卫星终端入网退网场景的工作流程归集情况汇总如图4所示。

综上分析, 在星地融合一体化网络中, 根据工作场景分析, 可以将卫星终端的用户管理归类设计为3个工作流程, 分别为入网注册流程、同域退网注销流程和异域退网注销流程。

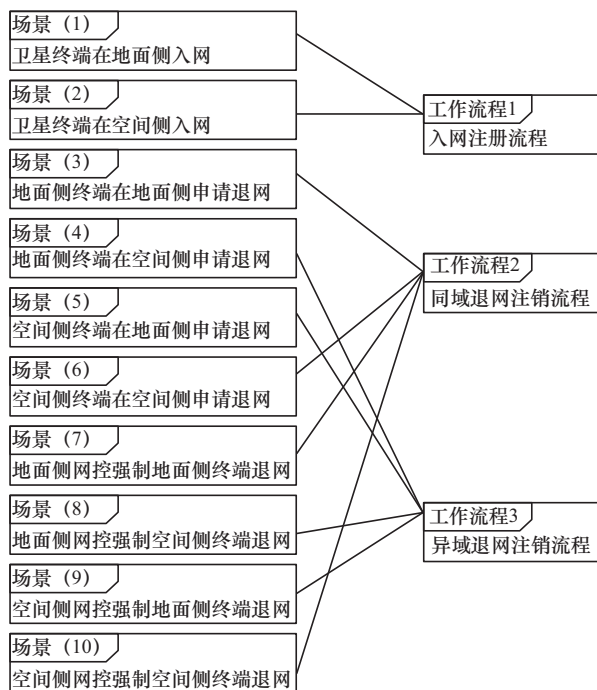


图4 星地一体化网络中卫星终端入网退网场景的工作流程归集情况汇总

2.3 工作流程设计

2.3.1 入网注册流程

入网注册流程由卫星终端发起, 根据入网注册处理的受理方不同, 卫星终端将被标记为地面侧或空间侧用户, 并依照工作流程完成相关信息在星地融合一体化网络中的同步更新。入网注册的交互流程如图5所示。

2.3.2 同域退网注销流程

根据退网注销的发起方不同, 同域退网注销流程设计有2个入口, 分别为卫星终端发起同域注销、地面/空间侧网控强制同域注销。其中, 当地面/空间侧网控发起强制同域注销申请后, 用户注销模块会首先生成注销请求告知卫星终端, 若卫星终端同意注销, 将按照卫星终端发起同域注销进入处理流程; 如果卫星终端不同意注销, 或由于卫星链路故障等情况, 地面/空间侧网控未收到注销响应, 将按照地面/空间侧网控强制同域注销进入处理流程。同域退网注销的交互流程如图6所示。

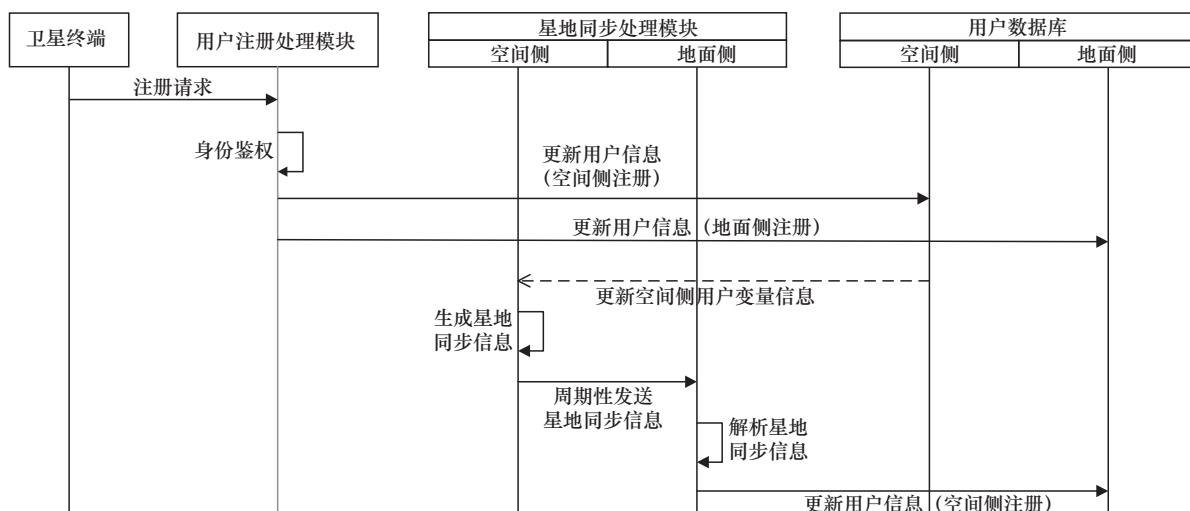


图5 入网注册的交互流程

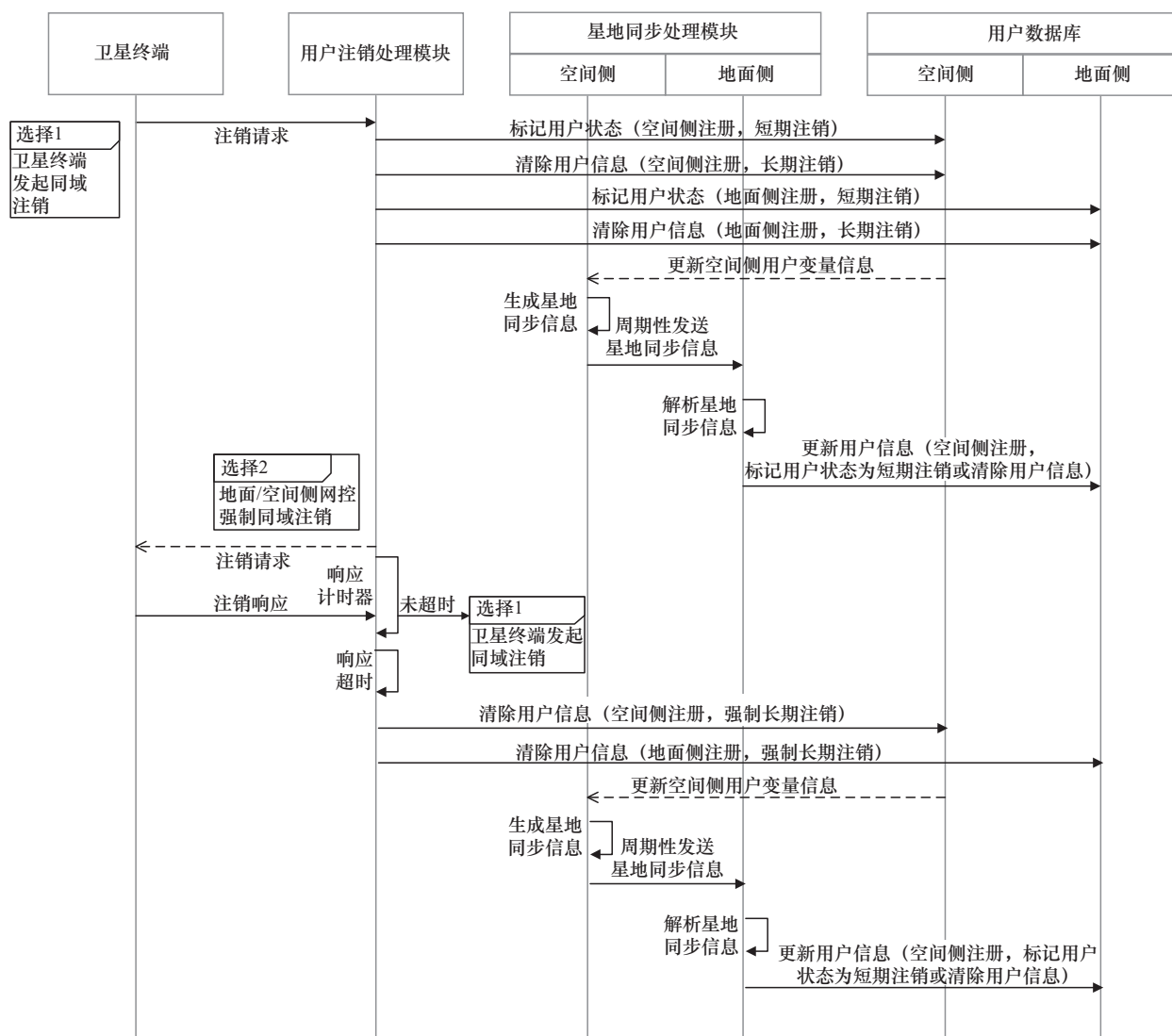


图6 同域退网注销的交互流程

2.3.3 异域退网注销流程

异域退网注销涉及 4 种使用场景，根据发起方可分为卫星终端发起异域注销、地面/空间侧网控强制异域注销。

在地面/空间侧网控强制异域注销时，根据拟被注销的卫星终端所属，由地面/空间侧网控先向拟被注销卫星终端发起注销请求。如果卫星终端在规定时间内完成同意注销响应，则地面/空间侧网控强制异域注销流程将直接进入卫星终端发起的同域注销流程；若卫星终端未在规定时间内完成注销响应，地面/空间侧网控强制异域注销流程将直接进入地面/空间侧网控强制同域注销处理流程。

在卫星终端发起异域注销流程时，将由注销受理方的用户注销处理模块直接执行异域注销操

作。完成终端注销后，由注销受理方的用户注销处理模块将用户状态变更消息或用户信息清除消息通过星地同步处理模块传输至卫星终端的注册受理方，完成星地融合一体化网络中用户信息的同步更新。

异域退网注销的交互流程如图 7 所示。

2.4 设计特点总结

针对星地融合一体化网络的卫星终端用户信息管理，本文提出并设计的星地协同终端管理系统由用户注册处理模块、用户注销处理模块、星地同步处理模块、用户数据库 4 个模块组成，并根据使用场景，设计了入网注册、同域退网注销和异域退网注销 3 种典型处理流程。这种设计方法和思路有如下特点。

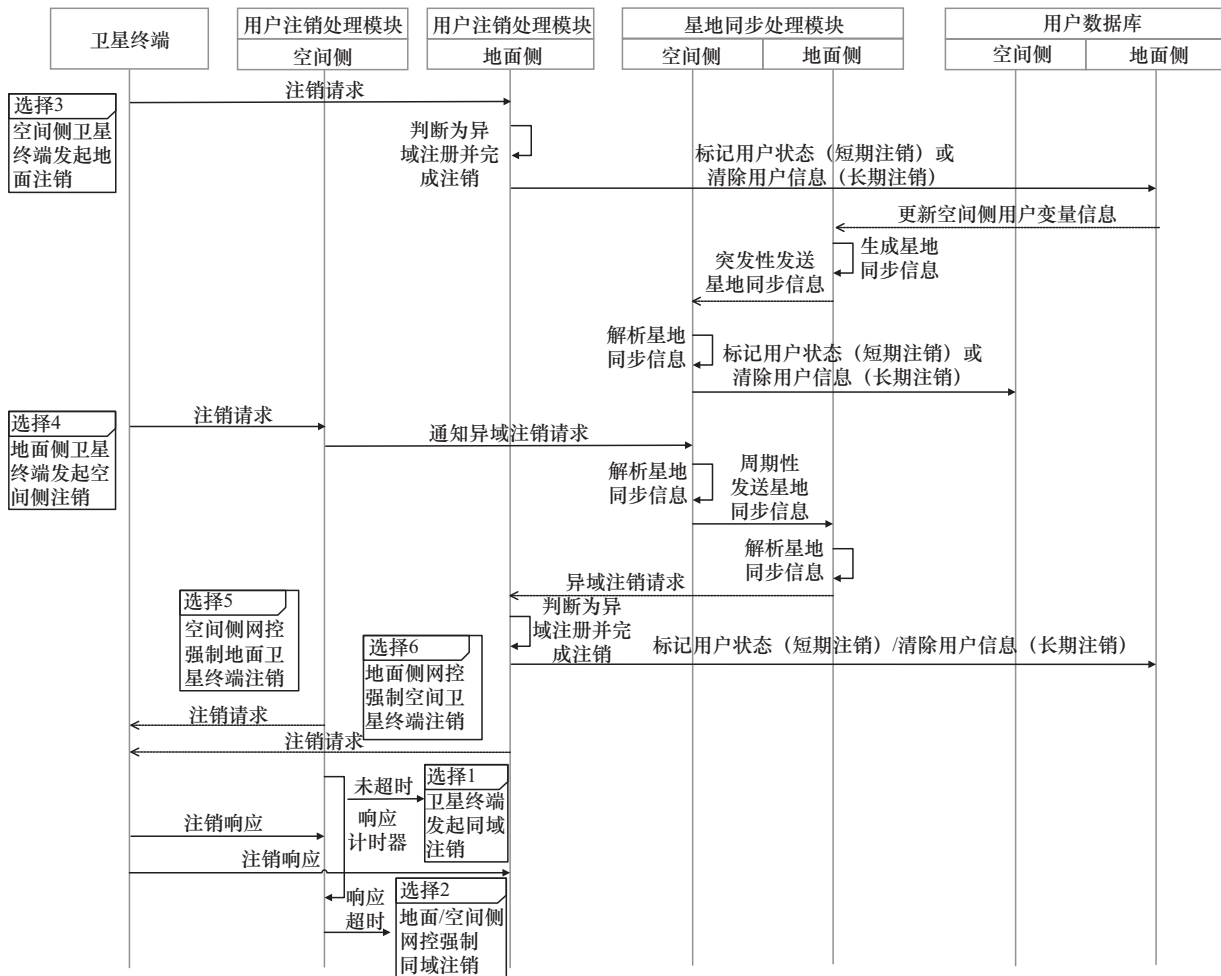


图7 异域退网注销的交互流程



(1) 用户注册处理模块和用户注销处理模块,在地面侧和空间侧采用无差异化设计和部署,提高了模块的复用性,降低了设计复杂度。

(2) 伴随空间段星上处理能力的增强,以及天基平台将承担卫星终端和网络控制的双重作用,星地融合一体化网络中会出现空基、天基、地基等多个网络接入/退出点位,呈现分散、多样化的入退网需求。本设计将卫星终端的注册/注销与入网地点和方式解耦合,为星地融合一体化网络的卫星终端提供了更加灵活、高效的入网方式,实现了卫星终端就近入网、就近退网,避免了同一卫星终端在空间和地面两侧出现频繁注册、重复被管理、星地用户信息不一致等问题,以满足星地融合一体化网络快速接入、灵活退出的使用需求。

(3) 考虑地面存储能力远超通信卫星及空基侧的存储能力,星地协同终端管理系统将地面侧用户数据库设置为主用数据库,保留网络内全部在网及短期注销终端的用户信息,空间侧终端管理系统仅管理空间侧用户。这种设计保障了在空间侧用户管理功能故障或卫星链路故障时,地面侧终端管理系统可以快速接管空间侧终端用户,避免空间侧终端出现再次申请入网、无法完成时钟同步等情况,保障空间侧终端业务的连续性和完整性,提高了星地融合一体化网络的稳健性。

(4) 星地同步信息为星地之间双向、非对称性消息,除更新用户信息变化量外,还将作为地面侧监控空间侧运行状态的重要标志,避免了通信终端入网退网信息、空间侧状态监控信息频繁、重复占用卫星信道,提高了星地融合一体化网络的卫星信道利用率。

与传统卫星通信网络的卫星终端管理系统相比较,星地一体化网络的卫星终端协同管理具有解耦化设计、分布式部署的技术特点,有助于增强天地融合网络的终端入网退网灵活度及系统抗毁能力。终端用户管理在传统卫星通信网络与星地融合一体化网络的对比见表2。

3 结束语

本文阐述了星地融合一体化网络的技术特点,重塑了星地融合网络的系统架构,提出了面向星地一体化网络的终端用户协同管理系统。该系统以卫星终端用户的入网、退网及地空之间的协同管理为主要研究内容,细化设计出用户注册、用户注销、星地同步处理、用户数据库4个功能模块,并将10种复杂的工作场景提炼简化为3种典型工作流程,实现了卫星终端在星地一体化网络中入网与退网归属地的解耦,解决了卫星终端在星地融合系统中被重复管理的问题。本文通过终端用户管理实现方法在卫

表2 终端用户管理在传统卫星通信网络与星地融合一体化网络的对比

对比项	卫星网络类别	
	传统卫星通信网络	星地融合一体化网络
网络控制平台部署位置	地面侧	地面侧、空间侧
卫星终端部署位置	海、陆、空	海、陆、空
卫星终端入网	地面侧入网	地面侧、空间侧均可入网
卫星终端退网	地面侧退网	地面侧、空间侧均可退网
用户数据库	地面侧多点互备	地面侧为空间侧备份、地面侧多点互备
星地同步消息	卫星透明转发,不涉及此类消息设计	双向、非对称设计

星通信网络与星地融合一体化网络的对比分析得出, 本文设计的终端用户协同管理系统能够满足星地融合一体化网络的使用需求, 对未来空天地海立体复杂网络的实现及其终端协同管理具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 曹欢, 苏泳涛, 周一青, 等. 基于星地协同处理的资源管理技术研究[J]. 高技术通讯, 2020, 30(12): 1205-1214.
CAO H, SU Y T, ZHOU Y Q, et al. Research on resource management technology based on satellite-ground collaborative processing[J]. Chinese High Technology Letters, 2020, 30(12): 1205-1214.
- [2] 刘杨, 彭木根. 星地融合智能组网: 愿景与关键技术[J]. 北京邮电大学学报, 2021, 44(6): 1-12.
LIU Y, PENG M G. Satellite-ground fusion intelligent networking: vision and key technologies[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2021, 44(6): 1-12.
- [3] SHAHID S M, SEYOUM Y T, WON S H, et al. Load balancing for 5G integrated satellite-terrestrial networks[J]. IEEE Access, 2020, 8: 132144-132156.
- [4] 陈旭琼, 熊越, 叶广健, 等. 基于星地同步的卫星终端用户管理装置及方法: CN114337780A[P]. 2022-04-12.
CHEN X Q, XIONG Y, YE G J, et al. Satellite terminal user management device and method based on satellite-ground synchronization: CN114337780A[P]. 2022-04-12.
- [5] ITU. 5th ITU-T workshop on network 2030 concluding remarks[R]. 2019.
- [6] 潘筱涵, 陆璐, 邓平科, 等. 基于天基极简核心网的星地协同组网架构、技术及试验[J]. 电信科学, 2024, 40(6): 49-59.
PAN X H, LU L, DENG P K, et al. Architecture, technologies and experiment of satellite-terrestrial network based on space-based simplified core network[J]. Telecommunications Science, 2024, 40(6): 49-59.
- [7] 郑重, 缪中宇, 郑寒雨, 等. 卫星通信与地面5G融合发展路线探讨[J]. 航天器工程, 2021, 30(5): 115-124.
ZHENG Z, MIAO Z Y, ZHENG H Y, et al. Discussion of integrated development roadmap for satellite communications and ground 5G[J]. Spacecraft Engineering, 2021, 30(5): 115-124.
- [8] 吴晓文, 焦侦丰, 凌翔, 等. 面向6G的卫星通信网络架构展望[J]. 电信科学, 2021, 37(7): 1-14.
WU X W, JIAO Z F, LING X, et al. Outlook on satellite communications network architecture for 6G[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(7): 1-14.
- [9] 陈婉琨, 林琳, 穆佳, 等. 星地网络融合架构及组网场景分析[J]. 邮电设计技术, 2023(11): 1-6.
CHEN W J, LIN L, MU J, et al. Space-ground network convergence architecture and networking scenarios analysis[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2023(11): 1-6.
- [10] 任伟龙, 张霄, 姚艳军, 等. 天地一体化信息网络星地协同管理架构设计[J]. 通讯世界, 2020, 27(5): 21-22.
REN W L, ZHANG X, YAO Y J, et al. Design of satellite-ground collaborative management architecture for space-ground integrated information network[J]. Telecom World, 2020, 27(5): 21-22.
- [11] 孙耀华, 彭木根, 赵亚飞, 等. 低轨卫星互联网: 从星地融合迈向通导遥一体化[J]. 北京邮电大学学报, 2024, 47(6): 69-98.
SUN Y H, PENG M G, ZHAO Y F, et al. Low earth orbit satellite network: from satellite-terrestrial convergence to the integration of communication, navigation and sensing[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2024, 47(6): 69-98.
- [12] 邓伟, 赵琳, 翁玮文, 等. 面向星地协同的接入网架构与关键技术[J]. 天地一体化信息网络, 2023, 4(3): 12-22.
DENG W, ZHAO L, WENG W W, et al. Architecture and key technologies of access network for satellite-terrestrial cooperation[J]. Space-Integrated-Ground Information Networks, 2023, 4(3): 12-22.
- [13] 翁玮文, 程锦霞, 刘京, 等. 基于星地协同组网的天地一体关键技术研究[J]. 电信科学, 2024, 40(6): 3-10.
WENG W W, CHENG J X, LIU J, et al. Key technical research of space-terrestrial integrated network based on satellite-terrestrial collaborative networking[J]. Telecommunications Science, 2024, 40(6): 3-10.
- [14] 崔新雨, 伍杰, 周一青, 等. 空天地一体化融合组网的挑战与关键技术[J]. 西安电子科技大学学报, 2023, 50(1): 1-11.
CUI X Y, WU J, ZHOU Y Q, et al. Challenges of and key technologies for the air-space-ground integrated network[J]. Journal of Xidian University, 2023, 50(1): 1-11.
- [15] 付书航, 周笛, 盛敏, 等. 空天地海一体化网络体系架构与网络切片技术[J]. 移动通信, 2021, 45(5): 8-14.
FU S H, ZHOU D, SHENG M, et al. An architecture and network slicing technology in space-air-ground-sea integrated net-



work[J]. Mobile Communications, 2021, 45(5): 8-14.

- [16] 张更新, 廖磊瑶, 何元智. 面向空天地海一体化的卫星通信关键技术研究[J]. 电信科学, 2024, 40(6): 11-24.

ZHANG G X, LIAO L Y, HE Y Z. Study on the key technologies of satellite communication for space-air-ground-sea integration[J]. Telecommunications Science, 2024, 40(6): 11-24.

- [17] SHI Y P, CAO Y R, LIU J J, et al. A cross-domain SDN architecture for multi-layered space-terrestrial integrated networks[J]. IEEE Network, 2019, 33(1): 29-35.

- [18] FENG B H, ZHOU H C, ZHANG H K, et al. HetNet: a flexible architecture for heterogeneous satellite-terrestrial networks[J]. IEEE Network, 2017, 31(6): 86-92.

- [19] 吴宏瑞. 宽带多媒体卫星网络管理系统接入管理方案的研究与实现[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2008.

WU H R. Research and implementation of access management scheme for broadband multimedia satellite network management system[D]. Fuxin: Liaoning Technical University, 2008.

[作者简介]



陈旭琼 (1983-), 女, 航天恒星科技有限公司高级工程师, 主要研究方向为卫星通信、通信协议分析、系统架构设计。



袁丽 (1988-), 女, 航天恒星科技有限公司工程师, 主要研究方向为卫星通信、卫星链路分析与设计。

李元洁 (1988-), 女, 航天恒星科技有限公司工程师, 主要研究方向为卫星通信、终端接入。