

天地融合网络一致性能力开放方案

林琳¹, 朱斌¹, 王泽林¹, 王光全¹, 何建伟², 姚海鹏³

(1. 中国联合网络通信有限公司研究院, 北京 100176 ;

2. 航天科工空间工程发展有限公司, 湖北 武汉 430000 ;

3. 北京邮电大学, 北京 100876)

摘要: 面向地面5G网络与卫星通信网络融合架构的一体化能力开放问题, 首先介绍国内外5G与卫星通信融合研究现状, 然后提出在卫星与地面5G网络融合架构下的一致性能力开放分层架构, 最后论述卫星与地面5G网络融合架构下的一致性能力开放需求、可行性架构及应用方案。通过提出的基于5G与卫星通信网络融合的能力开放方案, 一方面连通卫星通信网络与地面5G网络能力调用路径, 将5G能力扩展至卫星通信领域应用; 另一方面, 串联卫星管理系统与5G能力平台为卫星管理系统信息用于5G能力决策、5G网络能力用于卫星链路选择提供技术参考。

关键词: 天地融合网络; 卫星通信; 能力开放; 5G-A

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-8930.2022035

Network Capability Exposure Scheme in Satellite and Ground Merged Network

LIN Lin¹, ZHU Bin¹, WANG Zelin¹, WANG Guangquan¹, HE Jianwei², YAO Haipeng³

1. China Unicom Research Institute, Beijing 100176, China

2. Aerospace Science and Industry Space Engineering Development Co., Ltd., Wuhan 430000, China

3. Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China

Abstract: Facing the issue of the integration capability opening of terrestrial 5G network and satellite communication network fusion architecture, first the research status of 5G and satellite communication fusion at home and abroad was introduced. Then a layered architecture for consistent capability opening under the fusion architecture of satellite and terrestrial 5G networks was proposed. Finally, the open requirements, feasible architecture and application scheme of consistent capability under the fusion architecture of satellite and terrestrial 5G networks was discussed. Through the proposed capability opening scheme based on the integration of 5G and satellite communication network, on the one hand, the capability invocation path of satellite communication network and terrestrial 5G network was connected, and 5G capability was extended to the application in the field of satellite communication. On the other hand, the platform provided technical reference for satellite management system information for 5G capability decision-making and 5G network capability for satellite link selection.

Keywords: satellite and ground merged network, satellite communication, capability exposure, 5G-A

0 引言

随着移动通信技术迅猛演进, 人们对移动通信的传输速率、覆盖、业务体验和应用提出了新的要求。在此

趋势下, 5G已经成为时代经济发展的新引擎。5G的关键技术特点包括传输速率高、业务种类多、连接容量大等, 可广泛部署于人口较为密集的城市等, 但在人迹罕

收稿日期: 2022-01-06; 修回日期: 2022-04-09

基金项目: 国家重点研发计划资助项目 (No. 2021YFB2900603)

Foundation Item: National Key Research and Development Program of China (No. 2021YFB2900603)

至或铺设地面网络困难的地区难以部署。

相比地面移动通信网络,卫星通信以其覆盖广、可作为应急通信保障、不受地理部署条件约束等突出优势,成为电信技术弥补偏远地区通信缺失和应对自然灾害应急通信的重要手段。近年来O3b、OneWeb以及Starlink等中低轨通信卫星星座方案的提出,推动了卫星通信与地面通信业务、互联网业务融合发展的趋势。卫星通信迎来了新一轮发展高潮。

为更好地适应未来社会对全球随遇接入和广域万物智联的要求,保证用户服务的连续性和一致性体验,各行各业都在推进地面移动通信网络和卫星通信网络的融合。如何利用5G已有产业链成果,融合卫星通信网络和地面移动通信网络场景,为世界范围内用户随时、随地、无缝漫游提供泛在连接支持,成为当前研究与行业所关心的热点话题。

网络能力开放是电信网络实现网络即服务的必经之路,更是实现地面5G网络与卫星通信网络融合、连通天地网络融合业务的关键技术。

1 研究进展

目前,国内外学者在融合框架、技术标准体系、示范试验等方面,对5G技术和卫星通信网络融合的通信关键技术进行了深入研究,而二者融合的标准化工作正在稳步推动。

3GPP在5G网络设计中支持卫星接入,并在系列版本中针对卫星通信与5G网络融合问题进行研究。在初期版本中定义了基于透明转发模型和基于星载基站模型的卫星5G网络结构模式,并评估了在不同的网络结构下的端到端协议栈分配问题;在R16版本中增强了面向服务的体系结构(Service-Oriented Architecture, SOA)中网元部署的灵活性,将形成卫星通信和5G网络融合架构标准规范;R17版本将进一步强化前期版本中的网元功能及架构,同时将根据当前结构和功能将软件定义为卫星组件、基于非地面网络(Non-Terrestrial Networks, NTN)的新空口(New Radio, NR)的内容作为重点问题。

国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)在ITU-RWP5D-22会议报告中,确定了中继到站、小区回传、动中通、混和多播等4种星地5G融合的应用情景,并系统阐述了上述典型卫星应用情景中需要考虑的技术因素、商业模式等问题。在WRC-19会议上,多国政府对Non-GEO的投入与使用规定做出了调整,并规定占用特定频段的通信卫星需要在14年间进行所有卫星发射。这将极大地促进新空间网络建设,推进5G已有成果发挥更大功效。

2 基于5G与卫星通信网络融合的能力开放方案

能力开放是5G移动通信网络的关键技术,是实现5G网络内外部信息共享、能力调用的重要方式。对于5G与卫星通信网络融合网络而言,更是实现地面5G网络与卫星通信网络融合、连通天地网络融合服务/业务的关键技术。下面将重点论述5G与卫星通信网络融合网络下的能力场景及能力开放架构,对未来融合发展阶段的能力开放网络架构进行设想,以此为5G与卫星通信网络深度融合提供规划建议和技术参考。

2.1 能力开放分层架构

5G与卫星通信网络融合的能力开放分层架构是支持5G与卫星通信网络融合能力开放功能、服务和应用的系统架构,需要充分考虑到云原生、虚拟化和微服务等前沿理念,以实现网络资源、功能服务和数据之间的有效组织和联动,其总体框架如图1所示,分为资源层、能力层与应用层。

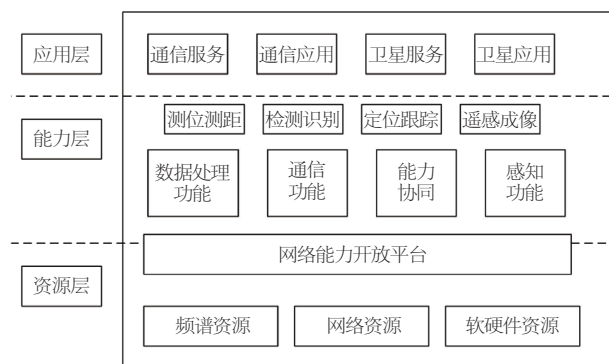


图1 5G与卫星通信网络融合的能力开放分层架构

资源层包括频谱资源、网络资源和软硬件资源,网络资源包括卫星通信网络和5G网络的通信设备资源、感知设备资源、一体化网络设备资源;软硬件资源包括计算存储资源及相关软件、硬件资源。网络能力开放平台通过调用资源层资源,封装形成不同原子化功能。

能力层包括数据处理功能、通信功能、感知功能和能力协同,具体包括通信数据处理、感知数据处理以及联合数据处理功能,无线接入与通信质量控制功能,目标定位、跟踪、检测和遥感成像功能。

应用层是能力层提供的服务与应用,包括基于位置服务、基于测距服务、基于遥感成像服务等,可进一步支持应急通信、海洋通信、航机服务,以及各类目标检测、识别和监控等通信服务、通信应用、卫星服务及卫星应用。

2.2 能力开放网络架构

根据国际标准最新研究进展, 5G网络为能力开放提供了网络功能, 以将其能力开放给第三方(如用户或其他运营商)。在5G网络能力开放架构中, 网络能力开放功能(Network Exposure Function, NEF)是5G网络提供能力开放的功能性网元。图2为5G和卫星通信网络融合的能力开放网络架构。在图2中, 网络结构纵向分为天基网络、陆基网络和用户终端3个部分。网络结构横向分为接入网、核心网、第三方3个部分。接入网包括固定接入网、移动接入网、卫星接入网。核心网包括陆基核心网、天基核心网。接入网、核心网为同一运营商网络设备。第三方为业务调用方, 可以是用户或其他运营商。

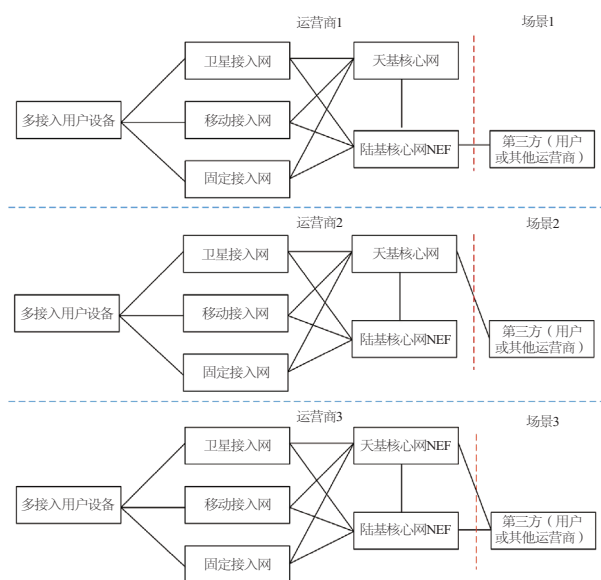


图2 5G和卫星通信网络融合的能力开放网络架构

在陆基核心网中的能力融合方案是5G与卫星通信网络融合一致性能力开放的典型方案。在图2中的场景1的方案中, NEF位于陆基核心网。NEF作为能力开放接口, 卫星核心网向陆基核心网展示卫星通信网络的能力, 陆基核心网向第三方展示陆基网络和卫星通信网络的能力。

在基于卫星的核心网中, NEF位于基于卫星的核心网中。在图2中的场景2中, 陆基核心网注册并展示天基核心网的能力, 天基核心网向第三方展示陆基网络和卫星通信网络的能力。

在图2中的场景3下, NEF位于陆基核心网和天基核心网。陆基核心网向第三方展示陆基网络的能力, 卫星核心网向第三方展示卫星通信网络的能力。

2.3 能力开放应用方案

2.3.1 需求场景

在5G与卫星通信融合组网应用实践中, 由于卫星链路带宽有限并且稳定性较差, 用户提出了聚合多条卫星链路提升上行带宽和卫星链路异常时的智能切换等需求。针对这些需求, 现有技术一般采用硬件聚合路由器方案。现有硬件解决方案存在一定局限性, 具体分析如下:

(1) 采用提前固定配置方式, 无法根据卫星链路状态进行实时智能调整;

(2) 不支持能力开放, 第三方应用无法灵活修改相关配置;

(3) 路由器接口数量有限, 可扩展性不足;

(4) 增加了额外的硬件采购成本。

下面将重点基于5G核心网NEF、NWDAF提供的网络能力开放功能, 设计并研发5G+卫星数据链路智能管理平台, 以此实现5G与卫星融合组网场景下的卫星链路智能分析、聚合、选路等功能, 并支持将相关能力开放给第三方行业客户。

通过基于5G与卫星通信网络融合的能力开放方案, 从业务路径上, 打通卫星通信网络与地面5G网络能力调用路径, 串联车载专网与地面5G网络, 将5G网络能力扩展至卫星通信领域应用。从平台架构上, 串联卫星管理系统与5G能力平台, 将卫星管理系统信息用于5G能力决策、将5G网络能力应用于卫星链路选择。

2.3.2 网络架构

5G与卫星通信网络融合的能力开放方案总体网络架构如图3所示。在本方案中, 5G+卫星数据链路管理平台作为5G与卫星通信网络融合的能力开放方案核心锚点。5G+卫星数据链路管理平台通过5G核心网NEF网元接入5G网络, 提供终端访问配置功能, 并支持能力开放功能。用户面功能(User Plane Function, UPF)与数据网络(Data Network, DN)之间可能存在多条链路, 会话管理功能(Session Management Function, SMF)和UPF通过不同的网络实例(Network Instance, NWI)进行标识。

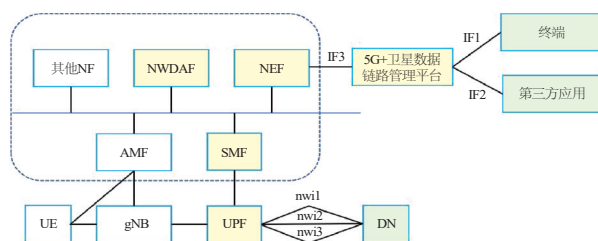


图3 5G和卫星通信网络融合的能力开放方案总体网络架构

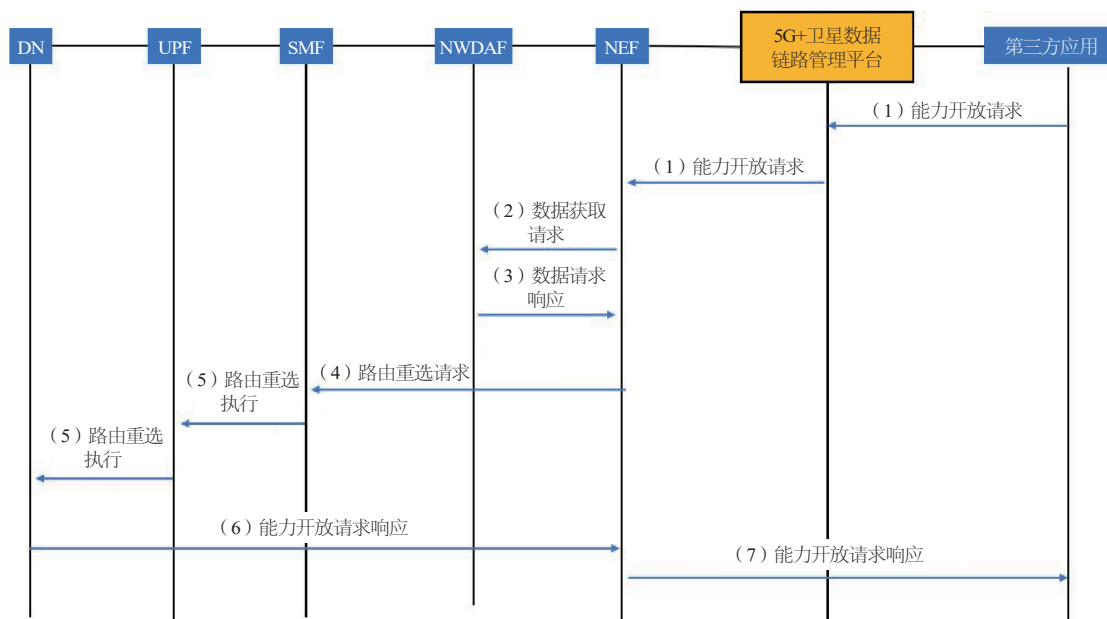


图4 5G和卫星通信网络融合的能力开放方案端到端典型信令流程

在5GC网络采用5G核心网整体下沉、部分5G核心网下沉、仅UPF下沉的部署方案，终端通过5G基站接入5G网络，与核心网信令交互在本地完成，数据面流量通过UPF与卫星链路间的N6接口访问外部DN。

2.3.3 网络典型信令流程

本小节将基于2.3.2小节的网络架构，介绍5G与卫星通信网络融合的能力开放方案端到端典型信令流程，如图4所示。

步骤（1）：第三方应用触发能力开放请求，发送带有业务数据信息的请求消息至5G+卫星数据链路管理平台。

步骤（1）：5G+卫星数据链路管理平台鉴权该能力开放请求，通过后将该请求转发至NEF。

步骤（2）：NEF识别请求的业务数据信息类型，进行内部信息检索或转发至NWDAF进行业务数据信息获取请求。

步骤（3）：NWDAF与5G CNF或星地链路数据平台交互，获取相关星地链路数据如链路质量、链路运行状态等信息。将获取的星地链路数据通过消息响应返回至NEF。

步骤（4）：NEF分析上述星地链路数据，决策适用于该次业务数据信息传输的星地链路，并触发路由重选请求至SMF。在该条路由重选请求中携带有新的星地链路标识NWI及DNAI。

步骤（5）：SMF接到路由重选请求后重新配置路由规则，转发至新的星地链路所属UPF。

步骤（5）：UPF根据NWI重选新的星地链路，执行

路由重选。

步骤（6）-（7）：DN返回能力开放请求响应至NEF及第三方应用，完成星地链路数据开放及星地链路重选。

通过5G与卫星通信网络融合的能力开放方案端到端典型信令流程可实现根据所传输数据业务特点及星地链路实际状态，动态进行星地链路重选。一方面提高星地链路利用效率，另一方面连通卫星通信网络与地面5G网络能力调用路径使天地网络协同赋能。

参考文献：

- [1] IMT-2030（6G）推进组. 6G总体愿景及潜在关键技术白皮书[Z]. 2021.
IMT-2030 (6G) Promotion Group. White paper on 6G overall vision and potential key technologies[Z]. 2021.
- [2] 国家发展和改革委员会. 空天地一体化通信系统白皮书[Z]. 2020.
National Development and Reform Commission. White paper on air-space-ground integrated communication system[Z]. 2020.
- [3] 中国联通研究院. 中国联通空天地一体化通信网络白皮书[Z]. 2020.
China Unicom Research Institute. China Unicom air-space-ground integrated communication network white paper[Z]. 2020.
- [4] 中国联通研究院. 中国联通5G网络能力开放白皮书[Z]. 2019.
China Unicom Research Institute. China Unicom 5G network

- capability open white paper[Z]. 2019.
- [5] 王光全, 朱斌, 李红五, 等. 5G网络能力开放关键技术及应用[M].北京: 人民邮电出版社. 2021.
- WANG G Q, ZHU B, LI H W, et al. Key technologies and applications of 5G network capability opening[M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press. 2021.
- [6] YAO H P, WANG L Y, WANG X D, et al. The space-terrestrial integrated network: an overview[J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 56(9): 178-185.
- [7] LIN L, ZHU B, WANG Q, et al. A novel 5G core network capability exposure method for telecom operator[C]//Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Parallel & Distributed Processing with Applications, Big Data & Cloud Computing, Sustainable Computing & Communications, Social Computing & Networking. Piscataway: IEEE Press, 2020: 1450-1454.
- [8] YAO H P, QIU C, ZHAO C L, et al. A multicontroller load balancing approach in software-defined wireless networks[J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2015: 1-8.
- [9] 朱斌, 符刚. 5G网络能力开放发展策略研究[J]. 邮电设计技术, 2018(9): 1-5.
- ZHU B, FU G. Research on the development strategy of 5G network capability exposure[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2018(9): 1-5.
- [10] 林琳, 吕光旭, 符刚. 基于能力开放的物联网参数协商方案研究[J]. 邮电设计技术, 2019(5): 27-30.
- LIN L, LYU G X, FU G. Research on the IoT parameter negotiation scheme based on capability exposure[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2019(5): 27-30.
- [11] JIN X N, ZHANG P Y, YAO H P. A communication framework between backbone satellites and ground stations[C]//Proceedings of 2016 16th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT). Piscataway: IEEE Press, 2016: 479-482.
- [12] 林琳, 朱斌, 王光全. 基于5G-A通信感知融合的能力开放技术[J]. 移动通信, 2022, 46(2): 9-12, 25.
- LIN L, ZHU B, WANG G Q. 5G-A network capability openness technologies based on harmonized communication and sensing[J]. Mobile Communications, 2022, 46(2): 9-12, 25.
- [13] 朱斌, 胡悦, 王光全. 空天地海协同应用综述[J]. 移动通信, 2021, 45(5): 47-52.
- ZHU B, HU Y, WANG G Q. An overview of collaborative application of space-air-ground-sea integration[J]. Mobile Communications, 2021, 45(5): 47-52.
- [14] 郑重, 缪中字, 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.
- [15] 翟立君, 潘沐铭, 汪春霆. 卫星5G技术的发展和展望[J]. 天地一体化信息网络, 2021, 2(1): 1-9.
- ZHAI L J, PAN S M, WANG C T. Development and prospect of satellite 5G technology[J]. Space-Integrated-Ground Information Networks, 2021, 2(1): 1-9.
- [16] 王静贤, 张景, 魏肖, 等. 卫星5G融合网络架构与关键技术研究[J]. 无线电通信技术, 2021, 47(5): 528-534.
- WANG J X, ZHANG J, WEI X, et al. Research on architecture and key technologies of integrated satellite-5G networks[J]. Radio Communications Technology, 2021, 47(5): 528-534.
- [17] 刘超, 陆璐, 王硕, 等. 面向空天地一体多接入的融合6G网络架构展望[J]. 移动通信, 2020, 44(6): 116-120.
- LIU C, LU L, WANG S, et al. Prospects for a multi-access air-space-terrestrial integrated 6G network architecture[J]. Mobile Communications, 2020, 44(6): 116-120.
- [18] 沈学民, 承楠, 周海波, 等. 空天地一体化网络技术: 探索与展望[J]. 物联网学报, 2020, 4(3): 3-19.
- SHEN X M, CHENG N, ZHOU H B, et al. Space-air-ground integrated networks: review and prospect[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2020, 4(3): 3-19.
- [19] 汪春霆, 翟立君, 卢宁宁, 等. 卫星通信与5G融合关键技术与应用[J]. 国际太空, 2018(6): 11-16.
- WANG C T, ZHAI L J, LU N N, et al. Key technologies and application of satellite communications and 5G integration[J]. Space International, 2018(6): 11-16.
- [20] 马越. 卫星导航与5G移动通信融合架构与关键技术研究[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(24): 38-39.
- MA Y. Research on the fusion architecture and key technologies of satellite navigation and 5G mobile communication[J]. Computer Knowledge and Technology, 2019, 15(24): 38-39.
- [21] 王柏岩, 韩笑冬, 刘治军, 等. 低轨卫星接入网与5G系统融合网络架构及关键技术分析[C]//第十六届卫星通信学术年会.[出版地不详: 出版社不详], 2020.
- WANG B Y, HAN X D, LIU Z J, et al. Analysis of network architecture and key technology of fusion of low-orbit satellite access network and 5G system[C]//The 16th Annual Conference on Satellite Communications. [S.l.:s.n.], 2020.
- [22] 郭全兴. 卫星通信网络与地面网络融合的5G网络架构研究[J]. 数字化用户, 2019, 25(45): 9.
- GUO Q X. Research on 5G network architecture of satellite network and terrestrial network fusion[J]. ShuZiHua YongHu,

2019, 25(45): 9.

- [23] 黄海. 卫星通信与5G融合关键技术与应用的研究[J]. 中国军转民, 2020(15): 63-64.

HUANG H. Research on key technologies and applications of satellite communication and 5G fusion [J]. Defense Industry Conversion in China, 2020(15): 63-64.

- [24] 林彬, 张治强, 韩晓玲, 等. “空天地海”一体化的海上应急通信网络技术综述[J]. 移动通信, 2020, 44(9): 19-26.

LIN B, ZHANG Z Q, HAN X L, et al. Key technologies for space-air-ground-ocean integrated networks towards maritime emergency: an overview[J]. Mobile Communications, 2020, 44(9): 19-26.

- [25] 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. Assumption of the overall structure of the integrated information network of space and earth[J]. Satellite & Network, 2016(3): 30-36.

- [26] 唐飞龙, 徐明伟, 李克秋, 等. 软件定义的天地一体化信息网络[J]. 中国计算机学会通讯, 2018, 14(3): 63-67.

TANG F L, XU M W, LI K Q, et al. Software-defined space-earth integrated information network[J]. Communications of CCF, 2018, 14(3): 63-67.

[作者简介]



林琳 (1986-), 高级工程师, 中国联通研究院宽带互联网研究部研究员, 主要从事核心网网络技术演进、网络能力开放、空天地能力应用等相关研究工作。

朱斌 (1980-), 教授级高级工程师, 中国联通研究院宽带互联网研究部科室主任, 主要从事卫星通信、网络能力开放、核心网技术等相关领域的研究工作。

王泽林 (1983-), 高级工程师, 中国联通研究院宽带互联网研究部总监, 主要从事网络技术、数据与接入等领域的研究及组织工作。

王光全 (1968-), 教授级高级工程师, 中国联通研究院科技委专家, 主要从事网络技术、光通信、量子加密通信等领域的研究及组织工作。

何建伟 (1981-), 高级工程师, 现就职于航天科工空间工程发展有限公司, 主要从事卫星通信与地面5G融合技术研究、卫星应用创新产品研发、空间工程产业化论证实施等工作。

姚海鹏 (1984-), 北京邮电大学副教授, 博士生导师, 主要研究方向包括网络人工智能、机器学习、未来网络体系架构、卫星互联网等。