



工业和信息化部出版质量优秀奖 河北省出版物印刷优质产品（一等品）  
全国中文核心期刊 中国核心期刊（遴选）数据库收录期刊 SCD来源期刊  
中国期刊全文数据库全文收录期刊 中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊  
万方数据资源系统数字化期刊群入网期刊 超星期刊域出版系统收录期刊  
中文科技期刊数据库全文收录期刊 美国《乌利希国际期刊指南》收录期刊  
日本科学技术振兴机构数据库（JST）收录期刊

# 无线电通信技术<sup>®</sup>

RADIO COMMUNICATIONS TECHNOLOGY

## 星地融合网络： 一体化模式、用频与应用展望

面向6G的天地一体无线网络技术研究

手机直连卫星通信：发展现状、应用场景和标准演进

面向低轨卫星的星地信道特性研究与仿真

星地融合网络中基于深度强化学习的多业务缓存策略

基于星地协同的低时延任务卸载算法

# 5

第49卷

总第295期

2023年9月

主办 中国电科网络通信研究院  
(中国电子科技集团公司第五十四研究所)

# 无线电通信技术

WUXIANDIAN TONGXIN JISHU

双月刊 1972年7月创刊 第49卷 第5期(总第295期) 2023年09月

## 目次

### 专题:6G 星地融合与手机直连技术

6G 星地融合与手机直连技术导读 .....	彭木根	773
星地融合网络:一体化模式、用频与应用展望 .....	张世杰,赵祥天,赵亚飞,彭木根	775
面向6G的天地一体无线网络技术研究 .....	程锦霞,邓伟,翁玮文,崔诗雨,马克,赵琳,杜琴,刘京,王桂英	788
手机直连卫星通信:发展现状、应用场景和标准演进 .....	王达,童建飞,穆飞宇	795
卫星互联网标准化发展分析 .....	王鹏,祝思婷,李辰,易轩	803
基于自适应算子与非支配排序的星地网络多目标优化方法 .....	李浩辉,周雨,田金今,赵晓辉,雷磊	809
低轨卫星信号捕获与跟踪技术综述 .....	方一鸣,赵祥天,赵亚飞,孙耀华,彭木根	816
空地一体网络接入选择与切换控制技术研究 .....	贾靖,王恒,夏旭,孙震强	826
面向卫星通信的6G雾计算网络技术与展望 .....	赵亚飞,周家恩,王鑫洋,孙耀华,彭木根	834
基于通信感知计算融合的低轨卫星网络体系架构与关键技术 .....	姜宁,章川扬之,亢晨宇,孙耀华,闫实,彭木根	842
通信导航一体化波形关键技术及研究进展 .....	王兆祺,徐然,公佳龙,刘喜庆,彭木根	853

### 专题:卫星互联网

卫星互联网导读 .....	刘荣科	865
面向低轨卫星的星地信道特性研究与仿真 .....	苏昭阳,刘留,郭志斌,张嘉驰,周涛	866
星地融合网络中基于深度强化学习的多业务缓存策略 .....	闫晓瞳,刘丹谱,张志龙	875
基于星地协同的低时延任务卸载算法 .....	赵天祺,赵洛月,师越,郑旷宇	883
基于最小跳数的星座网络拓扑抗毁性分析 .....	孙景云,张国亭,柳震,王进	891
卫星通信载荷向量化建模方法 .....	黄文乾,刘彧千,李晓,杨亚宁,赵光,李殷乔	897
基于导频结构的遥测时变信道均衡技术 .....	许琬琳,赵岭,贾冒华,雷永刚	905
基于FPGA的Multi-h CPM高速解调系统设计与实现 .....	刘誉楷,刘荣科,陈祺治	912
小卫星测控通信一体化透射阵天线设计 .....	白炳辰,张岩,俞能杰,叶浩然,张涛,张旭瑞	924
面向星载交换的地面检测系统设计与实现 .....	孙乐乐,张冬,周兆军,魏雯婷	930

### 工程实践及应用技术

基于图卷积网络的基站用户数量预测 .....	黄警明,陈翔	939
基于动态超表面天线的雷达通信一体化设计 .....	高克,张海洋,王保云	946
高效视频编码帧内预测算法优化与硬件架构设计 .....	熊启金,丁永强,林志坚	953
复杂环境下雷达抗干扰及多功能一体化波形设计方法研究 .....	范文,李淳泽,赵勇,张航	960
一种联合修正的稳健Capon波束形成算法 .....	唐佳雨,杨竞舟,胡登辉,张暘,李大鹏	971
基于快速链路动态感知的多路分流算法 .....	余超群,蔡建国,宋道斌,陈锋	979

### 其他

《无线电通信技术》2022年度十佳论文 .....	封二
低碳生活公益海报 .....	封三

本刊已被多种数据库收录,已加入“中国知网”“万方数据”优先出版。相关著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。

期刊基本参数:CN 13-1099/TN \* 1972 \* b \* A4 \* 214 \* zh \* P \* ¥25.00 \* 2000 \* 25 \* 2023-09

# RADIO COMMUNICATIONS TECHNOLOGY

Vol. 49 No. 5 (Total SN 295) 2023

## CONTENTS

### Special Topic : 6G Integrated Satellite-Terrestrial Networks and

#### Direct Satellite-to-Cellphone Connection Technology

Guide to 6G Integrated Satellite-Terrestrial Networks and Direct Satellite-to-Cellphone Connection Technology	PENG Mugen	773
Integrated Satellite-Terrestrial Networks : Integrated Mode , Frequency Usage and Application Prospects	ZHANG Shijie, ZHAO Xiangtian, ZHAO Yafei, PENG Mugen	775
Research on 6G Mobile and Satellite Convergence Wireless Network Technology	CHENG Jinxia, DENG Wei, WENG Weiwen, CUI Shiyu, MA Ke, ZHAO Lin, DU Qin, LIU Jing, WANG Guiying	788
Satellite Communication Supporting Direct Connection with Mobile Phones : Development Trend , Application Scenario , and Standards Evolution	WANG Da, TONG Jianfei, MU Feiyu	795
Analysis on Development of Satellite Internet Standardization	WANG Peng, ZHU Siting, LI Chen, YI Xuan	803
Adaptive Operator Adjustment and Non-dominated Sorting Based Multi-objective Optimization for Satellite-Terrestrial Systems	LI Haohui, ZHOU Yu, TIAN Jinjin, ZHAO Xiaohui, LEI Lei	809
A Survey on Low Earth Orbit Satellite Signal Acquisition and Tracking Technology	FANG Yiming, ZHAO Xiangtian, ZHAO Yafei, SUN Yaohua, PENG Mugen	816
Research on Access Selection and Handoff Control Technology for Integrated Air-Ground Networks	JIA Jing, WANG Heng, XIA Xu, SUN Zhenqiang	826
Research and Prospect of 6G Fog Computing Network for Satellite Communication	ZHAO Yafei, ZHOU Jiaen, WANG Xinyang, SUN Yaohua, PENG Mugen	834
Low Earth Orbit Satellite Network Based on Communication, Sensing and Computing Integration : Architecture and Key Technologies	JIANG Ning, ZHANG Chuanyangzhi, KANG Chenyu, SUN Yaohua, YAN Shi, PENG Mugen	842
Key Technologies and Research Progress of Integrated Communication and Navigation Waveform Design	WANG Zhaoqi, XU Ran, GONG Jialong, LIU Xiqing, PENG Mugen	853

### Special Topic : Satellite Internet

Guide to Satellite Internet	LIU Rongke	865
Research and Simulation of Satellite-Ground Channel Characteristics for LEO Satellites	SU Zhaoyang, LIU Liu, GUO Zhibin, ZHANG Jiachi, ZHOU Tao	866
Multi-type Services Caching Strategy Based on Deep Reinforcement Learning in Integrated Satellite-Terrestrial Networks	YAN Xiaotong, LIU Danpu, ZHANG Zhilong	875
A Satellite-Ground Based Low-latency Task Offloading Algorithm	ZHAO Tianqi, ZHAO Mingyue, SHI Yue, ZHENG Kuangyu	883
Analysis of Constellation Network Topology Survivability Based on Minimum Hops	SUN Jingyun, ZHANG Guoting, LIU Zhen, WANG Jin	891
Mathematical Modeling Vectorization for Satellite Communications Payload	HUANG Wenqian, LIU Yuqian, LI Xiao, YANG Yaning, ZHAO Guang, LI Yinqiao	897
An Telemetry Adaptive Equalization Algorithm Against Multipath Effect Based on Pilot Training	XU Wanlin, ZHAO Ling, JIA Maohua, LEI Yonggang	905
Design and Implementation of High-speed Demodulation System for Multi-h CPM Signal Based on FPGA	LIU Yukai, LIU Rongke, CHEN Qizhi	912
Design of Transmitarray Antenna for Small Satellite with Integration of Measurement, Control and Communication	BAI Bingchen, ZHANG Yan, YU Nengjie, YE Haoran, ZHANG Tao, ZHANG Xurui	924
Design and Implementation of Ground Detection System for Satellite Communication	SUN Lele, ZHANG Dong, ZHOU Zhaojun, WEI Wenting	930

### Engineering Practice and Application Technology

Prediction of Base Station Users Number Based on Graph Convolutional Network	HUANG Jingming, CHEN Xiang	939
Beamforming Design for Dual-functional Radar-communication Systems with Dynamic Metasurface Antennas	GAO Ke, ZHANG Haiyang, WANG Baoyun	946
Algorithm Optimization and Hardware Architecture Design for HEVC Intra Prediction	XIONG Qijin, DING Yongqiang, LIN Zhijian	953
Radar Anti-jamming and Multifunctional Integrated Waveform Design in Spectrum-dense Environment	FAN Wen, LI Chunze, ZHAO Yong, ZHANG Hang	960
A Joint Modified Robust Capon Beamforming Algorithm	TANG Jiayu, YANG Jingzhou, HU Denghui, ZHANG Yang, LI Dapeng	971
Multi-path Splitting Algorithm Based on Fast Link Dynamic Awareness	YU Chaoqun, CAI Jianguo, SONG Daobin, CHEN Feng	979

# 无线电通信技术<sup>®</sup>

WUXIANDIAN TONGXIN JISHU

双月刊 1972年7月创刊

49卷 第5期 (总第295期) 2023年9月18日

主管单位 中国电子科技集团有限公司  
主办单位 中国电科网络通信研究院  
(中国电子科技集团公司第五十四研究所)

## 《无线电通信技术》编辑委员会

顾问 (按姓氏笔画排序)

王沙飞 (院士) 刘韵洁 (院士) 孙玉 (院士)  
张平 (院士) 陈志宁 (新加坡 院士) 周成虎 (院士)  
龚建雅 (院士) 樊邦奎 (院士)

主任委员 宋志群

副主任委员 白宝明 王钢 金石

委员 (按姓氏笔画排序)

王新	方志军	孔令军	冯建元	朱立东	朱永东	刘俊	刘光毅
刘丽哲	刘荣科	刘彩霞	刘雅娟	关信红	江昊	许书彬	孙韶辉
李莉萍	杨文	杨凯	吴金亮	吴建军	汪春霆	宋春晓	宋瑞良
张杰	张之义	张宏纲	张持健	张钦宇	张海君	张海璇	陈晖
陈泽华	陈锶奇	陈曙东	林云	罗青松	金红军	周锐	周水庚
郑霖	赵亚军	赵海涛	赵淦森	郝志安	费泽松	贺玉成	夏明华
高飞飞	黄韬	章嘉懿	彭木根	雷菁	廉保旺		

总编 殷云志

主编 黄玉兰

副主编 展雪梅 吕坤

编辑 胡晓彦

出版 《无线电通信技术》编辑部

地址 石家庄市中山西路589号 邮政编码: 050081

电话 0311-86924954

投稿 ctibjb@163.com <https://www.wxdt.cbpt.cnki.net>

网址 <https://www.cti.ac.cn>

国际标准连续出版物号 ISSN 1003-3114

国内统一连续出版物号 CN 13-1099/TN

印刷 河北亿源印刷有限公司

国内发行 河北省报刊发行局

国内邮发代号 18-149

国外发行 中国国际图书贸易集团有限公司

国外发行代号 BM8266

广告发布登记 13010420170008

定价 25.00元



期刊公众号



在线阅读·投稿

ISSN 1003-3114



9 771003 311233



RADIO COMMUNICATIONS TECHNOLOGY