

卫星通信与无线自组网在应急救援中的融合应用

刘颖

河北远东通信系统工程有限公司 河北石家庄 050200

摘要: 在大数据、物联网、人工智能等技术的推动下,各个行业中对5G移动通信以及全球卫星通信系统的应用越发广泛,尤其是世界范围内5G移动通信网络试点的建设,为我国各通信系统的建设提供了重要支撑,通过合理利用尾箱移动通信技术的优势,在与地面无线系统相结合的过程中,有效拓展了卫星移动通信系统的应用空间。下文首先进行了卫星通信和无线电通信概述,随后讨论了应急通信系统现状,最后分析了卫星通信和无线自组网在应急通信中的融合应用,仅供参考。

关键词: 卫星通信;无线自组网;应急救援

一、卫星通信和无线电通信概述

1. 卫星通信

(1) 卫星通信系统

卫星通信系统,需要依托于人造地球卫星作为中继点,完成对无线电波的转发,为两个和多个地面终端站建立通信通道。此系统具有通信容量大、稳定性强、运行高效等优势,特别是在人烟稀少区域、偏远山区、通信基础薄弱地区等具有重要的应用价值。作为核心中继单元的通信卫星相较其他通信系统,展现出四大突出优势:其一,覆盖范围广阔,通信距离不受地理限制;其二,具备多用户并发接入能力;其三,信道质量优异且运行可靠性高;其四,组网方式灵活多样。

系统集成短波/超短波通信、数字传输、音视频采集及单兵图像传输等设备,构建覆盖信息采集、处理、传输与存储的全流程解决方案。依托可视化集群调度网络,实时回传视频信号至机动指挥平台和后方中枢,实现音视频及作战数据的全时段动态传输与战场态势共享。

(2) 北斗短报文

作为我国自主建立的区域导航定位系统,北斗卫星定位系统的应用在应急通信中发挥着至关重要的作用,可以为我国领土以及周边区域的用户提供定位、通信、授时等专业化服务。在应急通信领域,该系统具有不可替代的战略价值。当遭遇重大灾害时,北斗系统的导航定位功能能够为指挥中枢提供精准态势感知,为抢险救灾力量规划最优行动路径,从而显著提升应急救援响应时效。其特有的短报文通信服务(RDSS)在极端条件下可实现应急信息传输,2008年汶川特大地震救援期间,灾区通过大规模应用的北斗终端设备,首次完成了震区

与外界的灾情信息交互。特别是在陆路交通全面瘫痪的特殊情况下,北斗导航定位服务为救援力量开辟生命通道提供了关键性地理信息支撑。

(3) 卫星电话

作为一种实用性极高的科技装备,卫星电话具备在线应急通信、战略特殊通信、全球海上常规通信等多方面的作用。该设备凭借通信稳定性强、操作便捷灵活等技术优势,在抢险救灾指令传输中发挥着关键性保障作用。以河北“7·19”特大洪涝灾害为例,在公共通信基站遭受损毁性破坏的危急时刻,百余部海事卫星电话被紧急调配至灾区,有力支撑了应急救援与灾后重建工作。特别是在灾区公用通信网络尚未恢复的阶段,海事卫星通信系统作为当时维系灾区内外联络的核心通信手段,有效保障了救灾指挥体系的正常运转。

2. 无线电通信

无线电通信技术系指利用电磁波在自由空间传播特性实现信息传递的通信方式,其摆脱物理线缆的束缚,具备高效的信息传输与数据交互能力。该技术以其网络架构灵活、终端设备便携、覆盖范围广阔等技术特性,可有效适配各类突发事件的应急通信需求。

作为现代应急管理体系的核心支撑技术,无线电通信对提升应急处置效能具有不可替代的作用。其核心价值主要体现在:快速构建临时通信网络,确保应急处置人员在黄金救援时段实现实时信息交互与协同作业;建立可靠的指挥通信链路,使决策中枢能够精准掌握现场态势并实施远程指挥调度,为科学决策提供技术保障。

当突发事件导致基础通信系统瘫痪、电力设施损毁时,无线电通信系统可通过构建后方指挥中心与前线机

动指挥平台之间的应急通信链路，保障关键指令的有效传递。特别是在跨区域应急救援场景中，依托短波通信网络建立的战略级通信体系，可充分发挥其突破地理限制的长距通信优势，实现全域范围的稳定联络。该技术支持模拟语音通信、等幅电报传输、高密级数据交互、数字加密通话、跳频抗干扰通信、低速抗毁数据传输及突发信号处理等多种工作模式，可全面满足中近距离作战单元间的指挥协同与信息互通需求。

二、应急通信系统现状

当前，应急通信系统的网络架构（如图1所示），主要由两大功能模块构成：其一为救援分队与救援中心间的数据传输通道，其二为救援分队内部各用户终端间的信息交互网络。鉴于救援分队与救援中心通常存在较远距离，跨区域乃至跨省市部署的情况亦不鲜见，其通信链路主要依托IP骨干网构建，通过集成卫星通信信道或地面光纤传输通道实现前出救援分队与救援中心的数据贯通。分队内部通信网络方面，陆上救援分队依据作战环境特点，采用有线与无线混合组网模式实现终端互联，而海上救援分队则受限于特殊作业环境，统一采用无线通信技术完成各终端设备的组网集成。

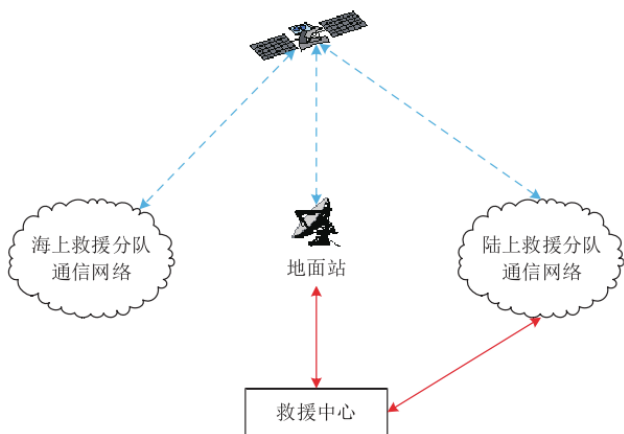


图1 应急通信网总体架构

在应急救援场景下，由于基础设施普遍处于损毁状态且救援分队对机动性要求较高，各终端用户间需构建灵活可快速部署的通信网络，因此通常采用无线组网方式。当分队用户呈分散式分布时，应优先采用卫星通信系统，鉴于用户节点间无法实现直接通信，通常需通过指定中继节点进行信息转发，以避免过度占用星上转发器资源。若分队用户呈现集中式分布，则建议选用集群通信系统，但需注意其存在通信距离受限且主要支持语音业务的固有局限。对于位置相对固定的陆上救援分队，可采用临时敷设地面光缆的有线组网方案。为降低工程

实施难度并减少光缆用量，通常选用星型或链型拓扑结构：链型网络适用于用户节点纵深分布的场景，但存在单点故障导致全网瘫痪的潜在风险；星型网络则适用于用户节点区域化集中的场景，同样需要通过指定核心节点实现用户间的信息中继传输。

三、卫星通信和无线自组网在应急通信中的融合应用

1. 无线中心自组网

(1) 概述

无线自组网技术作为依托预设基础设施的通信体系，具备无中心化特征和动态组网能力，在公共安全应急处置领域展现出显著的应用价值。该技术体系以COFDM调制技术和Mesh多跳自组网协议为核心，基于分布式无线电架构构建，依托设备的纯IP架构、扁平化拓扑、多跳中继及自主组装特性，可自适应形成星型、网状、树型及链式拓扑结构，具备灵活组网和快速部署能力，能提供高稳定性、大带宽、广覆盖及抗遮挡的无线通信保障。在应急救援场景中，该技术能够为灾害现场、突发事件区域以及重点监测目标构建高效稳定的通信传输链路，支持高清音视频信号的实时采集、低延时回传与同步处理。

无中心自组网系统采用基于动态路由协议的双向可逆传输机制，通过智能节点协作实现去中心化架构，可在数据采集端与业务应用端间构建多路径冗余通信链路。该系统依托分布式节点自主协商技术，支持双向数据传输通道的动态建立与实时反转，在复杂电磁环境中实现采集终端传感器数据与业务平台控制指令的双向同步交互。借助标准化的网络结构，该系统能够完成同基层设备数据的精准对接，为多路高清音频、视频的同时处理和节点路径的优化提供依据支持，并且在TCP/IP标准协议的作用下，还可以完成采集数据的实时传输，为上层业务平台的调用分析、数据转发提供基础支撑。该技术本质是由分布式无线节点构成的自组织网络，采用去中心化网络管理模式，摆脱固定基础设施依赖。通过智能终端与无中心设备无线互联构建可视化多媒体集群系统，为各级指挥中心态势研判、决策制定及行动指挥提供多维信息支撑与可靠技术保障。

(2) 特点

第一，全无线组网架构，具备灵活部署特性。系统可实现全天候、全地域即时组网，彻底摆脱对固定有线通信设施的依赖，满足快速响应与机动部署需求。

第二，多跳中继传输机制，实现全域覆盖保障。基

于新一代COFDM调制解调技术构建的分布式网络，具有优异的非视距传输性能，通过智能中继链路构建技术，在复杂电磁环境及多变地理条件下，仍可构建稳定通信链路。特别在非规则地形场景中，系统通过自主建立多级中继传输通道，确保音视频及数据业务的全域覆盖与可靠传输。

第三，动态拓扑自适应机制，构建冗余通信体系。采用分布式智能路由协议架构，系统具备自主感知网络拓扑变化能力。当遭遇设备移动、突发断联或物理损毁等状况时，可实时实施拓扑重构与路由优化，保障语音、图像及数据传输的连续性。网络拓扑结构的动态变化不会影响业务传输质量，各类通信服务可通过智能选路机制实现无缝切换。

第四，完全分布式对等网络架构采用无中心化拓扑结构，其核心设计理念建立在全节点对等协同基础之上。每个网络节点均具备信息采集模块、中继转发单元与终端应用接口三重功能属性，其中信息采集模块支持多协议数据捕获与智能预处理，中继转发单元内置动态路由优化算法，终端应用接口则可适配各类边缘计算场景。指挥中枢节点基于共识机制实现分布式决策，通过智能合约支持权限的实时动态迁移，在设备位置或网络环境变更时无需进行参数重置操作。

(3) 优点

第一，设备具有微型化设计、低功耗运行及便捷安装特性。通过采用新一代COFDM无线调制解调技术并优化结构设计，具有显著降低设备体积与能耗指标的作用，在保障连续稳定运行的同时，满足移动部署与快速架设的作业需求。

第二，设备支持全IP化组网架构。基于无中心自组网技术平台，全面兼容TCP/IP、UDP等标准通信协议体系，具备良好的网络兼容性和协议开放性，可实现异构通信系统间的无缝对接。

第三，设备具备智能流量调度功能。当网络传输通道出现拥塞时，系统将自动评估链路状态及业务流量，通过动态路径选择机制建立最优传输链路，实现业务流量的智能分流与均衡调度，有效提升网络带宽利用效率，保障通信质量稳定性。

2. 无中心自组网和卫星通信融合应用方案

现有卫星通信系统基于标准TCP/IP协议。无中心自组网系统采用IP扁平化核心制式及TCP/IP协议，其传输核心设备可直连卫星收发设备。系统兼容机动指挥中心

现有设备，通过IP网络交换设备实现应急现场高清音视频、多源数据实时回传及交互，确保与卫星通信系统无缝对接，达成现场与机动及固定指挥中心的互联互通。

面对应急灾害及重大公共安全事件时，根据地形快速部署机动卫星通信系统，采用多跳、网型等组网模式建立自组网通信通道。通过前端高清音视频采集传输设备，向指挥中心实时回传现场处置信息，依托无中心自组网的动态宽带网络特性构建多点互联链路，并与机动指挥中心的IP扁平化网络及高清矩阵系统对接，实现多节点联合组网和大屏可视化。同时以机动指挥中心为中介，经卫星系统将现场数据同步至上级指挥中心，为实时掌握救援态势和精准决策提供支撑。水平传达、垂直传达、双向可逆是卫星通信系统和无中心自组网系统的重要优势，工作人员利用手持自组网多媒体终端，可同指挥中心完成视频、音频互动，借助此种会议模式，为集中调度、资源共享、信息传递等应急救援工作的顺利开展提供保障支持。

结束语

总之，在应急通信系统当中，卫星通信与无线自组网的融合运用尤为关键，特别是抗毁性、可靠性、机动性等方面的优势，能够有效提升服务保障能力，为应急救援工作的顺利开展提供重要支持。

参考文献

- [1] 罗常青. 宽带无线自组网与卫星移动通信的融合应用[J]. 通信世界, 2018(07): 38-42.
- [2] 邓可, 张保和. 无线自组网的多场景方案及实现[J]. 无线电工程, 2018, 48(08): 661-665.
- [3] 汤镇焯. 无线MESH网络技术的研究与应用[J]. 电子测试, 2019(02): 76-78.
- [4] 郭碧莲. 基于卫星及无线自组网技术的车队通信系统设计[J]. 信息与电脑, 2020(03): 159-161.
- [5] 罗常青. 宽带无线自组网与卫星移动通信的融合应用[J]. 卫星应用, 2018, 78(07): 138-142.
- [6] 赵森, 郑珊珊. 应急通信保障中无线自组网技术的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2019, (03): 18.
- [7] 林磊. 无线自组网技术在应急通信网络中的应用[J]. 黑龙江科学, 2019, 10(14): 92-93.
- [8] 杜永锋, 徐双全. 浅析应急通信技术现状及发展趋势[J]. 现代电信科技, 2021, (06): 45.