

基于移动通信技术的远程监控通信系统

邹 亿

贵州省邮电规划设计院有限公司 贵州 贵阳 550003

摘 要：本文设计的基于移动通信技术的远程监控通信系统，以全域覆盖的蜂窝移动通信网络为核心传输载体，搭建前端采集、中端传输、后端处理的三层标准化架构，通过蜂窝移动通信传输、轻量化编码加密、多层级信号抗干扰三类核心技术，实现多源异构监控数据的双向稳定传输。系统配套带宽自适应调节、断点续传重连、全量数据校验等多重稳定性保障机制，无需依赖现场专用局域网或有线链路，可适配工业厂区、野外偏远站点等复杂场景，具备部署灵活、运维成本低、通用性强、传输实时性好的核心优势，能够有效解决传统有线监控系统部署受限、运维复杂的痛点，为各类分散式监控场景提供高可靠的无线远程监控解决方案。

关键词：移动通信技术；远程监控；无线通信；数据传输；系统架构

引言：在工业运维、野外监测、智慧城市等领域的监控需求持续拓展的背景下，传统有线监控系统受限于有线链路铺设成本高、点位调整难度大、偏远区域无法覆盖等短板，已难以适配分散式、移动式、无人值守类监控场景的业务需求。随着国内蜂窝移动通信网络实现全域连续覆盖，依托成熟公域移动通信链路搭建远程监控通信系统，成为突破传统监控方案场景限制的可行技术路径。本文围绕无线化、实时化、模块化、轻量化的核心设计目标，构建一套不依赖专用有线网络的远程监控通信体系，通过标准化的模块设计与多层级的传输保障机制，解决复杂环境下多源异构监控数据的稳定传输难题，为各类特殊监控场景提供高兼容性的技术支撑。

1 系统总体设计思路

基于移动通信技术的远程监控通信系统，核心设计目标为实现无线化、实时化、模块化、轻量化的数据传输与远程监控，以公域移动通信网络为核心传输载体，搭建前端采集层、中端传输层、后端处理层的三层标准化架构体系。系统整体设计严格遵循通用性、运行稳定性、多设备兼容性的核心原则，不依赖现场专用局域网或有线传输链路，依托已实现全域覆盖的成熟移动通信链路完成双向数据交互，可适配不同场景下各类监控终端设备的差异化数据传输需求，无需针对特定场景进行大规模硬件改造^[1]。

系统整体设计逻辑为：通过前端部署的多类型采集设备，获取监控现场的各类原始数据，包含高清视频图像、多维度环境传感数据、工业设备全量运行参数等多源异构信息；由监控终端内置的标准化移动通信模块完成数据封装、协议编码与链路加密处理，通过移动通信网络将加密后的数据包远距离传输至指定后台服务端；

后台系统同步完成数据解密、协议解析、结构化存储与可视化展示，同时支持后台控制指令的反向下发，实现对前端监控设备的远程参数调节、运行状态管控与自定义功能调度。整体架构各层级分工明确、边界清晰，各功能模块可独立运行且跨层级协同联动，保障系统在复杂现场环境下持续高效稳定运转。

2 系统核心通信技术

2.1 移动通信传输技术

本系统核心采用成熟的蜂窝移动通信传输技术作为主数据传输载体，利用公域移动通信网络的广域连续覆盖特性，实现无物理距离限制的双向远程数据通信。该技术依托全域部署的基站信号覆盖完成数据的上行采集回传与下行指令分发，前端监控终端通过标准化工业级移动通信模组直接接入公共通信网络，无需在监控点位布设网线、光纤等有线传输介质，省去现场有线链路的施工与维护环节。相较于传统短距离无线局域网传输，蜂窝移动通信技术覆盖范围不受局域网路由设备的信号覆盖半径限制，可适配野外作业区、偏远站点、分散式监控点位等特殊监控场景。同时，移动通信网络可通过APN虚拟专网搭建专属数据传输通道，抗电磁干扰能力更强，能够有效降低复杂工业环境下数据传输过程中的丢包、超时、乱序问题，保障监控全量数据传输的连续性与实时性^[2]。

2.2 数据编码与加密技术

为适配移动通信网络的动态带宽波动特性，同时保障全链路监控数据的传输安全性，系统搭载适配移动通信场景的专属数据编码与加密技术。前端采集的高清视频、多源传感、设备运行状态等原始数据体量较大，直接传输会占用大量网络带宽资源、显著增加端到端传输

延迟,甚至引发网络拥塞导致数据丢包。因此系统通过轻量化自定义编码算法对原始数据进行分层压缩处理,在完整保留核心数据信息与关键特征的前提下,大幅缩减待传输数据整体体量,精准适配移动通信网络的动态带宽阈值,有效提升全链路数据传输效率。为避免数据在无线传输过程中出现明文泄露、非法篡改、伪造接入等安全问题,系统对压缩编码后的结构化数据进行二次加密封装,通过非对称密钥加密算法为每一个传输数据包添加专属安全校验字段。后台服务端接收到加密数据包后,通过预分配的对应密钥完成解密操作与数据完整性校验,校验通过后再执行数据解析与还原流程,可有效抵御无线传输过程中的各类网络攻击,全方位保障监控数据的完整性与传输安全性。

2.3 信号抗干扰技术

移动通信网络在工业厂区、野外山地、城市密集楼宇等复杂环境下,易受到强电磁辐射干扰、物理信号遮挡、无线信号多径效应等因素影响,导致传输信号出现非预期衰减、信号强度大幅波动,直接降低监控系统的长期运行稳定性。为此,系统集成适配移动通信场景的专业信号抗干扰技术,通过硬件级信号滤波处理、动态信道自适应切换、冗余数据重传校验等多层机制优化全链路传输质量。系统可实时监测当前移动通信信道的接收信号强度、信噪比与丢包率等核心指标,自动切换至传输质量最优的通信信道,主动规避干扰严重的传输频段;针对传输过程中出现的数据包丢失、信号比特失真问题,通过循环冗余校验机制及时识别异常数据帧,触发局部定向数据重传指令,无需全量数据重复传输,在控制传输时延的前提下保障核心监控数据不会出现缺失、错乱,确保系统在各类复杂现场环境下仍可稳定完成全量数据传输工作。

3 系统整体架构与模块设计

3.1 前端数据采集模块

前端数据采集模块是整个远程监控通信系统的核心数据来源,主要负责监控现场各类多源异构信息的实时采集与前置初步预处理,由视频采集单元、传感采集单元、终端控制单元三个独立子单元协同组成。视频采集单元通过高清可见光摄像头、红外夜视摄像头等终端设备,采集监控区域的实时动态画面,支持定时静态图像抓拍与连续动态视频录制,可根据后台指令灵活调整采集分辨率与帧率。传感采集单元搭载温度、湿度、压力、振动、位移等多类型工业级传感器,可根据不同监控场景的定制化需求,采集对应的环境状态参数与设备全量运行参数。终端控制单元主要负责统筹管控各类采集设备的运行状态,精准控制采集频率、输出数据格

式,同时对采集的原始数据进行本地简单滤波、去噪预处理,自动剔除无效数据与环境干扰生成的异常数据,为后续传输环节提供高可靠的优质数据基础。该模块整体采用低功耗硬件方案设计,具备轻量化、高防护等级的特性,可长期无间断稳定运行,适配各类户外、无人值守的特殊监控场景^[3]。

3.2 移动通信传输模块

移动通信传输模块是整个远程监控通信系统的核心传输载体,承担前端采集侧与后台处理侧之间的全量双向数据交互功能,主要由工业级移动通信模组、信号接收发射单元、多协议数据接口单元三部分组成。移动通信模组为模块的核心功能部件,可兼容接入当前主流的全制式蜂窝移动通信网络,完成终端侧与后台指定服务器的稳定网络对接,支持APN虚拟专网的加密接入配置。信号接收发射单元负责无线信号的收发、功率放大与频段适配,通过硬件级信号增益设计,保障野外、偏远点位等弱信号环境下的基础传输连通能力。多协议数据接口单元支持与前端采集模块、后台处理系统的标准化数据对接,适配RS485、以太网等多种工业常用接口类型,实现不同格式异构数据的协议转换与适配传输。该模块支持全双工双向数据传输,不仅可将前端采集的全量监控数据实时上传至后台服务端,还可低延迟接收后台下发的各类控制指令,完成前端设备的远程参数调整与状态管控,实现前后端的高效数据互通与远程交互,是保障系统远程监控功能稳定落地的关键核心模块。

3.3 后台数据处理与管控模块

后台数据处理与管控模块是整个远程监控通信系统的核心控制中枢,主要完成全链路数据接收、协议解析、结构化存储、可视化展示与前端远程管控的全流程工作。模块接收到前端传输的加密数据包后,自动完成身份校验、解密、解码与数据还原,将经过压缩编码的传输数据恢复为完整的视频画面、传感参数、设备运行状态等原始监控信息。同时,模块具备分级分类数据存储功能,可按采集时间、监控点位编号、数据属性类型对全量监控数据进行归档存储,自动生成标准化数据台账,方便后续历史数据的快速调取与运行状态复盘。此外,该模块搭载定制化可视化展示界面,可实时展示各监控点位的在线状态与实时监控数据,支持运维人员远程查看现场运行情况、调整前端设备采集参数、下发启停与模式切换控制指令,实现对前端所有监控终端的全方位远程管控。

4 系统工作原理与运行特性

4.1 系统完整工作流程

系统整体运行流程呈闭环式循环, 全程自动化完成, 无需人工干预。(1) 前端数据采集模块按照预设频率, 持续采集监控现场的视频图像、环境参数、设备运行数据等信息, 并完成数据预处理, 剔除无效干扰数据; (2) 预处理后的有效数据传输至移动通信传输模块, 模块对数据进行编码压缩、加密封装, 通过移动通信网络将数据包远程上传至后台服务器; 后台数据处理模块接收数据包后, 完成解密、解码、数据解析, 将监控数据可视化展示并归档存储; (3) 工作人员可根据后台展示的监控状态, 按需下发远程控制指令, 指令通过移动通信网络反向传输至前端终端, 完成设备参数调节、功能切换等操作, 形成完整的远程监控闭环^[4]。

4.2 系统传输稳定性保障机制

系统通过多重机制保障移动通信传输过程的稳定性与可靠性。(1) 带宽自适应调节机制, 系统可根据当前移动通信网络的带宽状态, 自动调整数据压缩比例与传输速率, 网络带宽充足时保障高清数据传输, 带宽受限情况下优先传输核心关键数据, 避免数据卡顿、中断; (2) 断线重连机制, 当出现临时信号中断、网络波动时, 系统终端会自动重复尝试网络连接, 恢复网络后自动补传中断期间的监控数据, 避免数据缺失; (3) 数据校验机制, 对每一组传输数据包进行编码校验, 后台自动核对数据包完整性, 针对异常、丢失数据触发重传指令, 最大限度保障监控数据传输的完整性、连续性, 提升系统整体运行稳定性。

4.3 系统适配性与优势特性

相较于传统有线监控系统, 基于移动通信技术的远程监控通信系统具备差异化的显著适配优势。(1) 部署灵活性更强, 系统无需大范围铺设有线传输线路, 终端设备可根据监控点位的实际需求灵活布设、按需调整安装位置, 适配分散式点位、移动作业场景、偏远无有线网络覆盖区域等传统监控方案难以落地的特殊场景。(2) 建设与全生命周期运维成本更低, 省去有线链路铺

设、定期线路巡检、线路老化故障更换等大额持续性投入, 设备现场安装调试流程标准化程度高, 后期仅需针对终端本身开展常规运维, 整体运维工作量大幅降低。

(3) 场景通用性更广, 系统各功能模块可适配不同协议的各类采集终端设备, 支持视频图像、多源传感、工业设备运行状态等多类型异构数据传输, 可覆盖工业运维、野外监测、智慧城市等多种监控场景的基础业务需求。其四, 数据传输实时性更好, 依托高速蜂窝移动通信链路, 大幅缩短端到端数据传输延迟, 实现现场运行状态的毫秒级同步与低延迟远程管控^[5]。

结束语

本系统通过对移动通信传输、数据安全加密、信号抗干扰等核心技术的整合应用, 完成了三层架构下各功能模块的标准化设计, 实现了全链路闭环的远程监控业务流程, 有效突破了传统有线监控系统的场景部署限制。经过多重稳定性保障机制的协同作用, 系统可在工业强电磁干扰、野外信号遮挡等复杂环境下, 持续保障监控数据传输的完整性与实时性, 同时大幅降低系统全生命周期的建设与运维成本。后续可进一步拓展5G切片、边缘计算等技术的融合应用, 持续优化系统的低延迟传输与本地数据预处理能力, 进一步拓宽系统在更多高要求特殊监控场景下的适配范围。

参考文献

- [1]董岩,刘文,雍际.基于移动通信的电力工程远程监控系统设计研究[J].通信电源技术,2026,43(4):62-64.
- [2]马二伟.基于移动通信的火电厂电气设备能耗远程监控技术[J].通信电源技术,2026,43(10):124-126.
- [3]鲁伦,李蓉蓉.移动通信技术在蓄电池远程核容监测系统中的应用[J].通信电源技术,2026,43(8):106-108.
- [4]杨丹.5G技术在卫星移动通信系统上行链路传输中的应用[J].信息记录材料,2026,27(2):97-99.
- [5]章绍京.5G物联网移动通信技术在智慧校园安全监控中的应用探讨[J].信息产业报道,2026,(3):0197-0199.