

弱电工程中建筑设备通信网络的架构设计与性能分析

陈永华

奥乐科技有限公司

DOI:10.32629/bd.v10i1.4601

[摘要] 现代酒店综合体智能化设备种类繁多,传统通信组网模式难以适配复杂的运行环境,容易引发各类运行故障。本文围绕高端酒店建筑设备通信网络展开研究,结合实际工程项目完成整体网络架构搭建,根据不同智能子系统的功能特点规划对应的组网形式,同时对网络运行状态开展全面检测,分析现存故障的形成原因并完成针对性优化改造。本次研究搭建分层式混合拓扑网络,区分不同业务完成链路规划与隔离设置,针对长距离信号传输、设备远程控制、线路供电不稳等常见问题制定可行的整改方案。整套设计与优化方案可以保障通信网络稳定运行,有效解决高端酒店弱电系统在实际应用中遇到的各类通信故障,也能为同类型建筑智能化网络建设提供参考思路。

[关键词] 建筑弱电工程; 建筑设备; 通信网络; 网络架构; 性能优化; 酒店智能化

中图分类号: U665.2 **文献标识码:** A

Architecture design and performance analysis of construction equipment communication network in weak current engineering

Yonghua Chen

Aole Technology Co., Ltd.

[Abstract] There are many kinds of intelligent equipment in modern hotel complex, and the traditional communication networking mode is difficult to adapt to the complex operating environment, which is easy to cause various operational failures. In this paper, the communication network of high-end hotel building equipment is studied, and the overall network architecture is built in combination with the actual project. According to the functional characteristics of different intelligent subsystems, the corresponding networking forms are planned, and the network operation state is comprehensively tested, and the causes of existing faults are analyzed and targeted optimization and transformation are completed. In this study, a hierarchical hybrid topology network is built to distinguish different services to complete link planning and isolation settings, and feasible rectification schemes are formulated for common problems such as long-distance signal transmission, remote control of equipment, and unstable line power supply. The whole design and optimization scheme can ensure the stable operation of communication network, effectively solve all kinds of communication faults encountered in the practical application of weak current system in high-end hotels, and also provide reference ideas for the construction of intelligent network in similar buildings.

[Key words] building weak current engineering; Construction equipment; Communication network; Network architecture; Performance optimization; Hotel intellectualization

引言

如今大型商业酒店和城市综合体普遍配套楼宇自控、客房智能、音视频、安防、能源管理等各类智能设备,弱电通信网络承担着数据交互与指令传输的作用,是整套智能化系统稳定运行的关键。高端酒店智能设备数量多,线路传输距离长短不一,音视频与控制信号交织传输,再加上强弱电相互干扰,传统组网模式常会出现信号中断、传输延迟、设备遥控失灵等问题,也增

加了日常运维难度。本文以温州市水上旅游服务基地(万豪酒店)智能化工程作为研究实例,该项目属于市、省两级重点工程,一共建设14类智能化子系统,设备数量多,传输应用场景复杂。笔者结合该项目实际情况,从网络整体架构、子系统组网、性能检测以及故障优化等方面进行全面分析,归纳出适合高端酒店建筑设备通信网络的设计方案与问题处理办法。

1 建筑设备通信网络总体架构设计

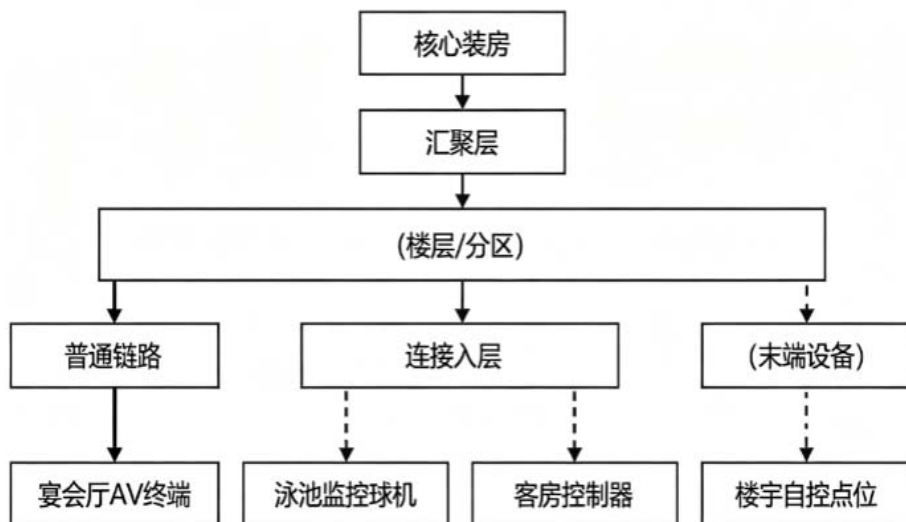


图1 项目建筑设备通信网络整体拓扑图

1.1 项目概况与智能化系统组成

本项目为对标万豪品牌标准的高端酒店兼水上旅游综合体,项目占地19.98亩,总建筑面积6万 m^2 ,建筑总高98米,设置314间客房,场地内还配套宴会厅、户外泳池与码头等功能区域。项目共搭建14套智能化子系统,按照实际业务用途可以划分为三大类别,其中控制类系统包含楼宇自控、客控、能源计量、电子巡更、防盗报警以及车辆管理系统,音视频类系统由AV系统、有线电视、视频监控组成,综合布线、计算机网络、无线对讲、UPS电源、综合管路统一归为基础承载类系统。不同业务对通信条件有着不同要求,设备控制指令数据体量小,对传输时延要求严格,音视频数据流占用带宽资源较大,泳池、远端点位等场景还需要线路具备长距离传输与抗干扰能力,这也要求本次搭建的通信网络,能够同时承载多种类型的业务稳定运行^[1]。

1.2 通信网络拓扑结构设计

合建筑主楼客房、宴会厅、公共区域、户外泳池以及机房等不同分区的布局特点,本项目放弃结构简单的总线型网络,选用目前大型建筑弱电通信领域常用的星型加树形混合拓扑进行搭建。项目在核心机房部署核心交换机,作为整个网络的数据汇聚中心,各个楼层和独立功能分区分别安装汇聚交换机,摄像头、控制器、音视频终端、传感器等末端设备,都以星型方式就近接入对应区域的交换机。针对泳池监控、宴会厅大屏、远端投影机这类传输距离较远的设备,单独布设专用传输链路。项目整体网络层级与设备分布如图1项目建筑设备通信网络整体拓扑图所示:

1.3 网络分层与功能划分

本项目整体采用三层网络架构,各层级硬件设备、传输协议与业务功能划分明确,不仅方便日常故障排查,也便于后期开展冗余配置工作。核心层主要配备核心交换机、集中式UPS电源与服务器群组,主要负责全网数据转发、路由调度以及系统整体管控,该层级对设备吞吐量和运行可靠性有着极高要求。汇聚层由

各分区汇聚交换机和区域中继设备组成,主要完成区域内数据汇总、协议转换、权限划分与带宽分配工作,同时承担着衔接核心层与接入层的作用。接入层包含接入交换机、传输器、总线模块以及各类末端通信单元,直接对接现场所有智能设备,完成控制指令、音视频信号、传感数据的接收与发送。在网络搭建过程中,把控制类业务和音视频类业务使用物理链路相互隔离,有效减少不同信号之间的串扰问题,保障网络整体运行质量。数据层应用了文件服务器、数据库服务器和管理服务器,用来存储和管理智慧楼宇产生的实时数据,与其他系统数据共享完成其他部分的联动,提供统一的数据交换标准支持整个数据层的运行^[2]。

2 关键子系统通信网络设计

2.1 楼宇自控系统通信网络

伴随着AIoT技术在智能建筑特别是其楼宇自控系统中的进一步融合应用,“人工智能”也逐渐向“应用智能”发展,以绿色智能建筑、智能建筑能效管理以及人工智能和物联网应用为核心,采用最新信息技术构成的智能建筑已经成为了未来智能建筑的发展方向^[3]。楼宇自控系统主要对建筑内机电设备、照明、能耗及各类公共设施进行状态监测,同时完成设备远程启停操作,系统传输内容以短小数据包为主,对指令实时性要求较高。本项目采用总线与以太网相结合的混合组网模式,现场自控控制器借助Buspro总线接入HDL交换机,再通过以太网将数据与控制指令上传至中控主机。在前期设计中,宴会厅内面积48 m^2 的LED大屏供电回路仅配置本地配电箱,工作人员需要打开设备暗门手动完成启停操作,这套供电回路并未接入楼宇自控和中控通信网络,设备远程控制功能完全无法使用。结合现场实际工况来看,该系统在设计阶段就要充分考虑硬件兼容性,网络架构必须适配继电器模块、延时接触器等强电执行器件,以此保障弱电端发出的通信指令,可以顺利联动强电回路完成相应动作,满足整体使用需求。

2.2 客控系统通信网络

客控系统负责管控酒店客房内灯光、空调、窗帘、插座等日常用电与智能设备，系统覆盖酒店全部客房，布设范围十分广泛，单台控制器产生的数据量较小，但整体同时在线的终端设备数量较多。项目按照楼层划分区域搭建星型网络，每间客房的控制器统一接入本楼层的接入交换机，再逐级向上连接至汇聚层设备。为避免不同业务相互影响，单独划分专用VLAN对客控网络进行隔离，防止其与音视频系统争抢网络带宽。结合酒店实际运营需求，项目明确了通信运行指标，要求整套客控系统的指令传输时延控制在100ms以内，稳定的传输速度能够保证宾客操作客房设备时得到即时反馈，提升使用体验，也保障酒店客房智能化功能平稳运行。

2.3 AV系统通信网络

AV系统由LED大屏、投影机、信息发布、背景音乐以及各类会议设备共同组成，系统以传输高清音视频流为主，不仅占用网络带宽大，同时对传输线缆、布线距离也十分敏感。项目最初采用HDMI线缆直接连接投影机与LED大屏，部分线路布设长度达到30m。结合行业应用经验可知，HDMI线缆常规有效传输距离不超过15m，超出距离限制后，信号会出现明显衰减，外加现场电磁环境影响，容易引发画面花屏、信号中断等问题。本章节明确该系统原始的线路长度、传输介质和通信方式，完整记录初始组网各项参数，能够为下一阶段开展网络性能测试、排查故障以及制定优化方案提供可靠的参照基准。

3 网络性能分析与优化

3.1 网络带宽与延迟测试

本次测试在项目竣工后于现场开展，使用网络测试仪、时延分析仪、信号检测仪作为检测工具，分别对AV系统、监控系统、楼宇自控系统开展带宽与时延检测。本次测试采用两项核心计算指标，网络带宽利用率计算公式如下所示：

$$\eta = \frac{R_{\text{实际}}}{R_{\text{额定}}} \times 100\%$$

式中： η 为带宽利用率， $R_{\text{实际}}$ 为实测实时流量， $R_{\text{额定}}$ 为链路标称带宽。端到端传输时延计算公式如下所示：

$$T_{\text{总}} = T_{\text{传输}} + T_{\text{转发}} + T_{\text{处理}}$$

式中： $T_{\text{总}}$ 为总时延， $T_{\text{传输}}$ 为介质传输时延， $T_{\text{转发}}$ 为交换机转发时延， $T_{\text{处理}}$ 为终端设备数据处理时延。实测结果显示，采用30mHDMI布线的AV系统带宽波动明显，图像码流无法保持稳定，整体时延超出合格标准，设备运行期间频繁出现信号断流、画面丢失的情况。宴会厅LED大屏的供电回路未布设通信线路，没有对应的远程控制时延数据，该设备完全脱离中控网络管理。泳池监控快球采用DC12V供电搭配混合链路传输，供电线路总长65m，线缆规格为RVV2×1.0mm²，线路产生较大电压压降，云台执行遥控指令时会伴随供电波动，直接造成指令传输断断续续，设备使用体验较差。

3.2 网络可靠性分析

本次从传输稳定性、链路抗干扰能力、供电可靠性、远程控制可用性四个维度，对整套通信网络开展可靠性综合评价。结合测试数据和现场运行状态，逐一梳理三类故障的形成原因。第一类为AV系统长距离HDMI传输故障，项目初期选用的传输介质不符合长距离使用要求，布线长度超出线缆标准传输范围，叠加现场电磁干扰影响，直接造成链路传输可靠性大幅下降。第二类是宴会厅LED大屏只能手动启停的问题，根源在于前期组网规划存在疏漏，大屏配套的强电执行设备并未接入建筑设备通信网络，远程控制功能彻底失效。第三类为泳池监控快球遥控失灵故障，该设备供电线路距离长，搭配的线缆线径偏小，线路压降问题突出，负载变化引发的供电波动会干扰通信信号，设备频繁启动电源保护机制，让通信指令无法正常执行。综合所有问题可以判断，项目最初的网络架构与布线方案，无法满足高端酒店7×24小时不间断运行的基本要求，必须针对现存问题实施专项优化改造。

3.3 网络故障诊断与冗余设计

针对AV系统30mHDMI线缆超长传输引发的信号衰减、干扰问题，经故障诊断确定传输方式是问题核心，依托设备自带的HDBaseT协议，将原有传输线路改造为六类网线组网传输，为每台音视频终端加装HDBaseT传输器，同时每条链路布设两根六类网线实现链路冗余，改造后借助网络传输的优势突破距离限制，双链路设计也规避了单线中断风险，音视频信号传输始终保持稳定。

针对LED大屏无法远程控制的问题，排查得知设备配电箱仅支持本地手动操作，未接入楼宇自控网络，现场加装HDL-MBUS01 IP. 431单口交换机与HDL-MR0820. 432八路继电器模块，通过HDL Buspro总线对接继电器模块再控制原有交流接触器，交换机以以太网方式接入中控主机，打通弱电网络与强电控制回路，同时将控制总线单独划分VLAN，和音视频网络做物理隔离，避免控制指令带宽被挤占，改造后工作人员可通过中控平板远程完成大屏通断电操作。针对泳池65mDC12V供电监控快球故障，先采用15~16V可调压电源缓解线路压降，故障依旧偶发，最终选用70WPOE供电模块搭配六类网线，终端使用分离模块输出12V电压，监控链路接入专用接入交换机并预留冗余上联端口，彻底解决压降与供电冲击问题，设备云台控制、图像传输均恢复正常。项目整体采用链路冗余、设备冗余、VLAN隔离三重防护设计，有效提升了通信网络的容错能力。

4 结语

本文结合高端酒店实际弱电工程项目，完成建筑设备通信网络整体架构设计与分层规划，依据楼宇自控、客房控制、音视频等核心子系统的运行特点分别设计组网方案，通过现场测试排查出网络传输、设备控制、线路供电等方面的问题，结合现场工况逐一完成故障整改并搭配冗余设计提升网络稳定性。文中形成的网络搭建思路、故障分析方法与优化手段，贴合高端酒店及同类大型建筑弱电工程的实际施工与运维需求，能够帮助从

业人员规避传统组网方式存在的隐患,提升建筑智能化通信系统的运行质量与使用年限,对后续同类项目的方案设计、现场施工以及日常运维都具有实际的借鉴与应用价值。

[参考文献]

[1]王明峰.星级酒店的弱电设计探讨[J].中国建设信息化,2026,(8):66-69.

[2]詹治国,林少波,郭栋,等.智慧楼宇通信技术架构及关键技术研究[J].计算机测量与控制,2022,30(12):175-179+217.

[3]王宏,韩晨,李丹丹,等.AIoT技术在绿色智能建筑楼宇自控系统中的最新发展和应用探究[J].华中师范大学学报(自然科学版),2021,55(1):52-60.

作者简介:

陈永华(1984--),男,汉族,湖北省武穴市人,黄冈师范学院,本科,电气工程及其自动化,从事建筑智能化行业多年,主持及参建多项获奖智能化工程,发明及实用新型专利多项。