

数字展览馆的多系统融合交互方案设计

严梦佳

杭州立众数字科技有限公司, 浙江杭州, 310000;

摘要: 在数字化转型和文化科技深度融合的背景下, 传统展览馆正加快向数字展览馆演进。数字展览馆不仅是文化展示的载体, 更是信息技术与多感官交互的集成平台。随着人工智能、物联网、大数据、虚拟现实等技术的快速发展, 数字展览场馆正从“内容数字化”向“体验智能化”升级。本文围绕数字展览馆中多系统融合交互的实际需求, 深入探讨了系统整合架构、数据协同机制与交互体验优化路径, 从技术逻辑、运行机制到用户交互三个维度提出了具有落地价值的设计方案, 旨在构建一个融合感知智能、信息通达与交互人本的展览新生态。

关键词: 数字展览馆; 系统融合; 交互设计; 虚拟现实; 用户体验; 智能感知

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 02. 051

1 融合架构: 多系统集成的技术设计基础

1.1 模块化架构下的异构系统整合

数字展览馆所涉及的各类系统, 在开发厂商方面、接口协议方面以及数据结构方面, 都存在着颇为显著的差异。若要达成有效融合的目标, 首要的任务便是去构建起统一的模块化中间件架构。此架构把服务总线(ESB)当作骨干部分, 将内容发布系统、环境控制系统、设备控制系统等诸多业务子系统一一接入进来, 并且借助微服务架构来对功能实施解耦操作, 进而实现系统之间在数据调用、流程驱动以及权限管理等方面的统一化。于中间件平台之中, 引入标准化的API以及设备适配器, 如此一来, 能够把旧有的系统统一进行封装, 使其变成数据服务节点, 再通过数据中台把所有的运行参数、内容资源以及用户行为数据全部集中起来加以处理。凭借着这样的架构, 数字展览馆便能够实现‘前台一体化展示, 后台多系统联动’的效果, 有效避免出现信息孤岛的问题, 同时还可以提升系统的可维护性以及横向扩展的能力。

1.2 云边协同的数据处理机制

展览馆内部感知节点颇为密集, 如此一来, 其数据流便呈现出高频率且低延迟的特性。在这种情况下, 单一的中心处理模式是没办法同时满足对实时性以及稳定性这两方面要求的。所以呢, 融合设计就应当采用“云边协同”这种架构。具体来讲, 要把核心业务逻辑放置在云端, 以此来达成统一调度以及模型训练的目的; 与此同时, 还得在边缘端, 像是导览终端、智能触控台之类的地方, 去部署边缘计算节点, 从而实现快速响应以及本地容错的功能。人脸识别系统来举例, 边缘设备能够实时对图像进行捕捉, 并且还能做初步的分析工作, 而云端则负责执行识别模型的持

续训练以及身份匹配更新的任务。要是网络出现中断的情况, 边缘系统依然可以确保局部功能正常运行。该架构在很大程度上提升了系统的弹性能力, 而且还通过分层缓存机制来保障数据的一致性以及接口的稳定性, 进而为多系统交互给予了坚实的数据支撑。

1.3 数字孪生驱动的系统映射模型

融合架构一方面要求实现技术方面的集成, 另一方面还得在逻辑层面构建起“虚实映射”这样的关系。借助数字孪生技术, 能够把展馆里的每一个物理展品、各个空间区域以及每一个设备单元都以数字化的形式在虚拟空间当中进行复刻。各个系统的数据要和孪生对象达成动态绑定的状态, 进而达成对实体空间的全息感知以及实现远程控制的目的。举例来讲, 和环境监测系统联动起来, 一旦孪生空间里的某个区域其CO₂的浓度超出了设定的阈值, 那么系统便能够触发通风设备来进行联动; 而当和照明系统相结合的时候, 就可以依据人流热力图来自动对灯光的亮度以及色温做出相应的调整。数字孪生还能够充当可视化的界面, 让后台的管理者可以通过3D可视面板非常直观地去查看各个系统的运行状态, 以此来提升跨系统调度的效率以及让决策更具科学性。

2 协同机制: 多源信息的融合策略与智能驱动

2.1 数据语义统一与跨系统交互协议设计

在多系统相互融合的环境当中, 数字展览馆里的各类子系统常常是由不同的厂商所开发出来的, 它们分别服务于不一样的业务模块, 并且各自运用着特定的数据模型以及通信协议。如此一来, 便出现了‘信息孤岛’的这种现象, 它对系统协同方面的效率以及整体的智能化水平都产生了极为严重的限制作用。要想解决这样一个问题的话, 那就得从底层语义建模这

个方面开始着手去做,借助语义中台的构建来达成在语言层面上的相互贯通。这个中台是以本体工程理论作为依据的,通过对展览馆业务场景之中所涉及的一些核心元素,像是展品、观众、行为、还有设备等等进行抽象处理,进而构建起一个包含‘概念—实体—属性’这样三层的语义结构,把命名空间、属性关系以及数据词汇都给统一起来,这样就能在不同的系统之间让语义实现对齐的状态。票务系统里面的‘用户ID’以及导览系统当中的‘访客编号’,它们是可以被统一映射成为‘观众身份’,如此便能够避免出现冗余以及混淆的情况。与此同时,为了确保数据通信既高效又具备兼容性,系统会采用比较轻量化的MQTT和RESTful协议标准去搭建起一座跨系统通信的桥梁,把系统之间的交互过程给抽象成为那种‘事件驱动’的信息流,以此来实现状态的实时同步以及接口的弹性扩展。这样的一种机制不但能够提升现有系统相互协作的效率,而且还能给展馆在后续引进外部AI模块、智能导航设备或者是扩展线上服务的时候提供标准化的接入接口,从而让系统的开放性以及适应性都得到增强。

2.2 多系统行为联动与策略引擎集成

数字展览馆如今的运行模式已不再局限于单一系统各自分散着去响应相关情况了,而是转变为多个感知层以及执行层相互之间协同起来进行联动。在这样的一种背景之下,去构建起一套能够统一发挥作用的行为策略引擎就显得很有必要了。这套引擎可不单单是要针对各类不同的事件做出较为精准的判断,而且还要切实达成跨系统的指令调度以及资源协调等相关事宜。该策略引擎是依靠着规则驱动还有数据建模这两方面的机制来运行的,它会把传感器所采集到的诸如环境数据、观众行为数据、设备状态数据等等各类数据统一进行处理操作,并且会借助逻辑判断或者深度学习模型去预测观众行为可能会出现的变化情况,进而能够自动触发与之相对应的联动场景。就比如说吧,当在某个展厅出现人流数量超过了安全阈值这样的情况时,策略引擎便会同时调动起语音广播系统来发出限流提醒的相关内容,让导航系统对参观路线做出相应的调整,促使照明系统加强对引导区域的光照强度,同时还会控制数字导览终端去推送疏散图文等相关信息,以此来实现全方位的安全响应保障。

在服务优化方面,策略引擎能够依据观众的驻足时间、兴趣关键词以及历史路径等相关数据来推荐内容。比如说,对于那些偏爱历史类展项的观众,策略引擎可自动为其规划参观路径,或者触发定制的解说脚本。此外,策略引擎同导览机器人、灯光系统以及

数字交互墙相互融合之后,展馆就能够依照观众的个体行为营造出情境式互动体验。就好比在某件珍贵展品跟前,一旦感应到观众的驻足时长超过了设定的时间,马上就会触发背景音乐渐渐淡入、光影聚焦起来,与此同时机器人解说也会同步开展,以此营造出一种‘展品主动回应观众’的拟人化场景,从而在很大程度上提升了沉浸感以及互动价值。

2.3 智能运维体系下的自动化控制机制

数字展览馆里有着数量繁多的系统,其运行机制颇为复杂。传统那种依靠人工值守以及定期巡检的运维模式,实在是难以契合高频、实时且稳定运行所提出的要求。在这样的情形之下,去建设一个由AI以及自动化技术来驱动的智能运维体系,已然成为一件必须要去做的事情。该体系把“自感知—自诊断—自恢复”当作核心理念,将RPA(机器人流程自动化)和AI预测模型融合起来,进而打造出一个具备自主学习以及动态调整能力的控制平台。系统会全天候地对各个子系统的运行参数加以监测,像是CPU温度、响应延时、内存占用、电能消耗等等这些参数都在监测范围内。然后结合过往的历史运行数据去构建出一个“健康模型”,只要一察觉到异常波动的情况出现,便会马上进入到预警模式当中。

当内容播放系统发生卡顿情况或者长时间没有响应的时候,系统能够率先去执行清理缓存、重启相关服务之类的操作;要是经过这样的处理之后依然没办法恢复正常状态,那么就会触发边缘节点的资源接管这一机制,以此来确保内容展示不会出现中断的情况。与此同时,针对不同服务节点被访问的热度情况,系统可以动态性地对负载分布以及内容缓存优先级加以调整,其目的在于减轻带宽方面所承受的压力以及减少系统出现的延迟状况。除此之外,系统自身还拥有远程故障定位以及分级响应这样的功能,维护人员借助可视化平台能够实时去查看系统的拓扑图、运行日志以及事件链追踪等内容,进而达成“一键诊断、一键修复”的效果。这样一种具备高度自动化和智能化特点的运维体系,不但在很大程度上降低了维护所需要花费的成本以及人力方面的投入,而且还为展馆能够全天候运行以及实现规模化复制给予了十分有力的支撑。

3 体验优化:多感官交互的沉浸设计路径

3.1 多通道感知技术构建用户行为模型

在数字展览馆这一场景之下,观众的行为数据已不再仅仅局限于充当“出入记录”或者“购票信息”这般的被动存档资料了,而是摇身一变,成为了能够对展项调度起到驱动作用、推动内容得以定制并且促

使体验实现升级的关键核心变量。借助于多通道感知系统的部署安排,展馆便有能力针对观众的行为路径、交互所采用的方式以及情绪方面的反应等等诸多情况,达成精准的捕捉效果,并且进一步完成建模工作。这里所说的这些感知节点涵盖了红外人流计数器、具备高精度特点的眼动追踪仪、通过深度摄像头得以实现的姿态识别系统,除此之外,还有集成语音识别与自然语言处理功能于一身的交互终端等等。就实际的应用状况而言,系统能够捕捉到某一位观众在文物交互屏幕之上目光移动的具体轨迹,精准识别出其予以关注的图像区域以及点击的频次,随后再结合姿态系统针对其操作动作所做出的判断,经过综合考量之后,得出该展项所具备的“受欢迎维度”以及“使用难易度”等相关情况,从而为展览策划以及交互优化等工作提供具有定量性质的依据。而语音交互系统呢,则是通过对语音内容以及语调展开分析,以此来判定观众所提出问题的意图所在,同时明确其情绪倾向,进而为后续推送信息的类型以及交互风格等方面做出智能化的调整举措。通过把这些源自不同渠道的多源数据集成整合到统一的用户画像系统之中,展馆在观众进入之后,马上就能够识别出其兴趣所属的类别、行为方面的偏好以及使用习惯等情况,进而主动地对内容的排布方式、展示的节奏以及信息的层级等进行调整,最终达成真正意义上的那种“感知驱动、服务定制”的个性化智能展览之效果。

3.2 XR 技术驱动的沉浸式互动体验

扩展现实技术(XR)正慢慢地变成数字展览馆里极具变革性的一项技术,它成功突破了物理空间所存在的限制,使得观众的参观行为得以从以往的“静态观看”转变为“动态参与”的模式。AR(增强现实)技术能够把数字信息叠加放置在真实场景之上,就拿古代瓷器展区来说,观众借助手机或者AR眼镜便可以看到瓷器烧制过程的三维重现情况;VR(虚拟现实)技术则是构建起那种能让人完全沉浸其中的体验空间,观众可以“走进”宋代的园林、唐代的寺庙,在经过历史还原的场景当中自由自在地漫游;至于MR(混合现实)技术,它进一步推动了虚拟与现实之间交互的同步性与响应性,比如通过手势操作就能够直接触发虚拟展项的内容展开,又或者利用空间识别在真实的展厅里投影出隐藏起来的内容,以此达成“展览空间的拓展再造”这样的效果。再结合作捕捉系统的话,观众能够直接用自己的双手去操控文物进行转动、放大、切片解构等一系列操作,进而体验到“信

息解码”的主动参与过程。另外,XR技术还对远程展览体验给予支持,依靠WebXR平台以及云渲染技术,身处异地的观众能够实现“虚拟同步导览”,通过远程协同的模式来共享展项互动以及展开相关讨论。这一连串基于XR的沉浸交互形式,不但重新构建了展品的表达呈现方式,而且催生出了知识传播、文化理解以及艺术体验等方面的全新模式。

3.3 以人为中心的交互界面与信息可达性设计

在多系统相互融合这个前提条件之下,交互界面得避免出现那种“复杂堆叠”的情况,要把“简单、直观、可让人理解”当作核心的原则来开展统一的设计工作。对于不同的人群,像是老年观众呀、儿童呀、外籍游客等等,系统得给出多语言、多种风格以及多路径的信息访问的途径,语音导览、手语动画、屏幕引导线索等等这些方式,从而构建起一个不存在障碍的信息环境。并且导览终端以及数字标牌应该要具备“情境适配”的本领,要按照当前的人流密度、展项开放的实际状况以及环境的亮度情况,自动地去调整界面的内容以及视觉方面的效果。通过引入HCD(Human-Centered Design)理念,再加上建立可用性测试的机制,保证各类观众在不同的场景当中都能够获取到顺畅、舒适并且还富有趣味性的互动体验。

4 结语

数字展览馆的多系统融合交互方案设计,既是技术系统工程的融合重构,更是以人为核心的体验重塑。本文从融合架构、协同机制到体验优化三个维度出发,系统分析了多系统集成关键技术路径与设计原则。随着AIoT、5G、数字孪生等技术的持续进化,未来数字展览馆将进一步实现“全要素互联、全场景感知、全过程协同”的运行格局,真正成为文化传播、教育赋能与科技交互的新型空间载体。推动此类方案的落地与标准化,有望为数字文化基础设施建设注入新动能,助力构建全民共享的智慧文化新生态。

参考文献

- [1]刘贞.数字技术在博物馆展览中的应用研究[J].参花,2025,(11):75-77.
- [2]谭梅.数字时代的博物馆:从线上展览到扩展现实技术的应用及意义[J].文物鉴定与鉴赏,2025,(07):60-63. DOI:10.20005/j.cnki.issn.1674-8697.2025.07.015.
- [3]郑运帷.传播学视角下自然科学博物馆沉浸式数字媒介的展览应用探讨[J].自然科学博物馆研究,2025,10(01):23-31.