

数字孪生在智慧生活的应用探索

宋锡楼

胜通和科技有限公司江苏分公司 江苏南京 210000

[摘要] 数字孪生技术基于物理实体与虚拟模型的实时交互,在智慧生活中展现出广泛的应用潜力。研究探讨了3R技术、物联网、5G、深度学习、大数据与区块链等关键技术对数字孪生的支撑作用,并分析了这些技术的具体实现方式和功能协作。在智慧图书馆、智慧教育、智慧机场、智慧医疗、智能家居等场景中,数字孪生通过优化资源配置、提升系统管理效率和改善用户体验,实现了从设计到应用的全链条覆盖。

[关键词] 数字孪生; 智慧生活; 关键技术; 应用探索

一、数字孪生

数字孪生是一项通过实时数据映射,将物理实体与虚拟模型连接起来的技术,使物理空间和数字空间能够动态交互。该概念源于航天领域,最早在阿波罗项目中用于监控飞行器的运行状态,帮助快速应对突发状况。2003年,密歇根大学教授Michael Grieves提出了“与物理产品等价的虚拟数字化表达”的初代定义,此后经历了“镜像的空间模型”和“信息镜像模型”等阶段性命名的演变。2011年,美空军研究实验室与美国航空航天局首次在飞行器领域正式提出数字孪生的概念,并于2012年发布技术路线图,推动了相关技术的普及应用。2014年,洛克希德·马丁与波音等公司启动应用研究,逐步建立起理论与技术体系。随着应用领域从军事和航空扩展到工业制造、智慧城市和医疗健康,数字孪生的实时性和互动性显著提升,推动了复杂系统管理的优化和行业转型。自2017年起,这项技术连续被Gartner列为十大战略技术趋势之一,显示出其广泛的应用潜力和未来价值。

数字孪生的标准化工作正逐步推进。国际标准化组织(ISO)和电气电子工程师学会(IEEE)已经制定了初步的框架,包括模型定义、数据交互格式和系统接口要求。这些标准为不同平台和领域之间的互操作性提供了技术支持,避免了开发过程中的重复劳动。

二、数字孪生在智慧生活中的关键技术

1. 3R (AR、VR、MR) 技术

增强现实(AR)、虚拟现实(VR)和混合现实(MR)技术为数字孪生提供了丰富的交互手段。这些技术通过构建虚拟环境或在现实场景中叠加数字信息,帮助用户直观地了解复杂系统或场景。AR技术通过实时增强物理世界的信息呈现,实现虚实结合的高效互动。VR技术则构建完全虚拟的三维空间,为设计与仿真提供了全新的解决方案。MR技术融合了虚拟现实与增强现实的特点,在多个领域的应用中展现了独特优势。3R技术在数字孪生的智慧生活应用中,能够优化用户体验,提升交互效率,同时推动更多场景的沉浸式应用开发。

2. 物联网与标识技术

物联网通过多种感知终端实现对现实世界的全面感知,为数字孪生的实现奠定了技术基础。射频识别(RFID)、二维

码和传感器等标识技术,能够为物理实体分配唯一标识,从而实现物理对象与其数字孪生体之间的高效映射。物联网通过有线或无线网络,为孪生数据的实时传递和更新提供支持,使虚拟模型能够动态反映物理实体的状态。这种技术架构不仅提高了数据采集与处理的效率,还能实现分布式设备的同步监控和管理。在智慧图书馆建设中,通过物联网采集图书位置、环境监测等数据,配合计算中心完成实时分析与监控,为物理与虚拟实体的对接提供支持。

3. 5G 与协同计算技术

5G通信技术以其低延迟、高速度、大容量的特性,为数字孪生中的数据传输与设备互联提供了基础保障。在数字孪生系统中,5G网络能够支持大规模设备之间的数据交换,提升了信息传输的实时性。边缘计算在此体系中发挥了重要作用,通过在靠近数据源的位置部署计算资源,感知终端可将部分数据传递至具备计算和存储能力的边缘节点。边缘节点对数据进行分析、处理与过滤后,仅将重要信息传输至云端,这种方式不仅缓解了中心服务器的负载压力,还减少了由于网络传输引起的延迟问题。

云计算则为数字孪生提供了高弹性的算力和存储能力,按需分配资源以满足系统对海量数据的处理需求。通过分布式架构,云计算能够整合不同节点的计算资源,为复杂任务提供强大的支持。协同计算技术结合边缘计算和云计算的优势,将部分业务前移至边缘侧处理,同时利用云端的算力对数据进行进一步分析。协同机制优化了资源分配与数据流动,提高了系统的响应速度与运行效率。

在智慧生活的应用中,5G、边缘计算与云计算的融合逐步克服了传统技术在实时性、带宽利用率及算力分配上的局限。例如,边缘计算架构中的任务前移方式,在应对大量数据流的同时,减少了系统的延迟,为各类智能场景提供了基础支持。

4. 深度学习技术

深度学习技术在数字孪生的智慧生活应用中,通过处理非结构化数据和复杂模式,实现了数据的智能化分析与决策优化。卷积神经网络和循环神经网络等算法,能够高效处理图像、语音和时间序列数据,为数字孪生提供预测性维护、

行为分析和系统优化等功能。深度学习模型还可以持续学习新数据,不断改进其对复杂场景的适应能力。在智慧医疗和智能交通领域,深度学习已成为提升系统精度和可靠性的重要手段。

5. 大数据与区块链

大数据技术为数字孪生的建设提供了数据存储、挖掘和分析能力。通过对多源数据的整合与分析,数字孪生系统能够发现潜在模式,为优化资源配置和决策提供依据。区块链技术通过分布式账本和加密机制,提升了数据存储与传输的安全性,确保数据的可信度和完整性。两者的结合在智慧生活中应用广泛,例如智慧城市中的交通调度优化和能源管理。区块链技术还为数据共享提供了公平透明的机制,有助于促进跨系统协作。

三、数字孪生在智慧生活中的应用及发展趋势

1. 智慧图书馆

智慧图书馆通过数字孪生技术构建了完整的虚拟与物理交互系统,为实现资源管理和服务提升提供了技术支持。每本书籍和设备被分配唯一的标识,使其与虚拟空间中的模型实现精准映射。RFID、传感器和监控设备等感知终端实时采集数据,覆盖书籍状态、设备运行以及环境监测信息,这些数据通过网络传输至计算平台,完成动态建模和分析处理。数字孪生图书馆能够同步反映图书馆的实际运作情况,支持资源借阅、设备管理以及学习和休闲场所的状态检测。

图书馆数字孪生系统由多个功能模块组成,包括全域感知与智能检测。全域感知模块涵盖图书位置、设备使用状态和环境参数,确保虚拟与现实实体的信息实时互通互联。智能检测模块对借阅数据和设备状态进行监控,帮助管理者优化资源配置并提升设备利用率。

2. 智慧教育

智慧教育通过数字孪生技术实现了虚拟课堂与教学资源的数字化管理。教师可使用虚拟实验室模拟真实教学场景,学生能够在沉浸式环境中进行学习和互动。每间教室和设备的数字孪生模型将物理状态与虚拟平台同步,为教学管理提供实时数据支持。教学设施的使用效率得到提升,课程资源的分配更加合理。系统通过数据分析预测教学需求,并为学生定制个性化学习路径。数字孪生技术在教育领域的应用还使远程教育更加高效,使偏远地区的学生能够获得优质的教育资源,促进了教育公平。

3. 智慧机场

智慧机场通过数字孪生技术提升了机场的运行效率和服务质量。航站楼的布局、行李传输系统以及乘客流动状态可通过数字模型实时监控与优化。每架飞机、每件行李和每位乘客的数据均与虚拟空间中的数字孪生模型关联,系统根据实时数据调整安检通道分布和资源配置。传感器网络与边缘计算结合,支持对突发事件进行快速响应和处理。数字孪生技术还为航班管理和机场设备的维护提供了精准预测支持,有效减少了航班延误和设备故障的发生。智慧机场的建设促

进了交通枢纽的智能化转型。

4. 智慧医疗

智慧医疗通过数字孪生技术为每位患者创建个性化健康模型,覆盖从疾病诊断到治疗规划的全流程。通过实时采集患者的基因信息、生活习惯和病史等多维数据,系统可以动态构建患者的数字孪生体,用于模拟疾病的发展趋势。医生可利用这些数据辅助诊断,并设计精准的治疗方案。例如,药明康德成功建立了阿尔茨海默病的数字孪生模型,用于预测病程进展并测试药物作用效果。医疗设备的数字孪生技术实现了对设备运行状态的实时监控,提前发现故障隐患,避免设备中断对诊疗过程的影响。

手术规划中,数字孪生通过构建虚拟器官模型,协助医生模拟手术过程,分析风险点并优化手术步骤。英特尔与拜耳联合研究的数字孪生心脏模型,为心血管疾病的预防和治疗提供了新工具。此外,数字孪生在药物测试中表现出显著优势,通过虚拟患者代替传统动物实验,不仅减少实验成本,还大幅缩短了药物研发周期。个性化医疗进一步结合人工智能和基因组学技术,为慢性病患者提供精准用药建议和疾病管理方案,推动了医疗服务的智能化和精细化发展。

5. 智能家居

智能家居利用数字孪生技术构建了物理空间与虚拟空间的互动平台。每件家电设备通过唯一标识连接至数字模型,系统对设备状态、能源消耗以及环境数据进行实时监控与分析。用户可通过数字孪生平台远程操作家电,并根据系统建议优化能源使用策略。异常检测功能能够识别设备故障并发出提醒,减少了安全隐患。智能家居还通过与其他物联网设备的协同工作,提升了家庭生活的便利性和舒适性。这一技术使家庭环境的管理更加智能化和个性化,为智慧生活提供了更丰富的场景体验。

四、结语

数字孪生技术正以其独特的虚实交互特性和广泛的技术支撑,在智慧生活领域展现出巨大的发展潜力。通过深度融合3R技术、物联网、5G、深度学习等现代技术,数字孪生的应用场景不断丰富,从图书馆、教育到医疗、家居等领域,系统的智能化程度和用户体验显著提升。这一技术不仅改变了传统管理和服务模式,还为个性化服务和精准化决策提供了全新路径。

[参考文献]

- [1] 邹鹏, 肖译文, 邹佳芳. 数字孪生城市应用场景研究及框架构建[J]. 中国建设信息化, 2023, (19): 118-121.
- [2] 李玉琳, 吕宝龙, 张恩韶, 等. 数字孪生技术推动智慧社区建设的应用研究[J]. 智能城市, 2023, 9(01): 11-15.
- [3] 林良金. 数字孪生赋能的图书馆智慧学习网络空间构建研究[J]. 河南图书馆学刊, 2023, 43(07): 109-113.
- [4] 李红岩, 郎许锋, 李灿, 等. 基于数字孪生技术的智慧医疗现状分析与中医诊疗模式探讨[J]. 软件导刊, 2023, 22(09): 45-51.