

《数字孪生底座能力提升》

-段方

某电信运营商资深专家

北京大学博士后

北京邮电大学兼职教授

1 数字孪生概述

1.1 数字孪生内涵与发展历程

1.2 数字孪生典型特征与概念辨析

1.3 数字孪生的发展层次

1.3.1 信息静态建模及映射

1.3.2 状态实时传感

1.3.3 数据分析及控制

1.3.4 数字可视化及运维

1.4 数字孪生的网络需求

1.4.1 物联网的发展驱动

1.4.2 传感器的发展驱动

1.4.3 数据采集与数据建模

1.4.4 AR/VR 的带宽需求

1.5 数字孪生的发展现状

1.5.1 行业应用角度

制造业

农业

智慧城市等

1.5.2 技术发展角度

状态感知

感知

传输

同步孪生

数据建模

静态关系建模

动态状态建模

AutoCAD 的价

值 数据传输

网络传输

共享协议

语义理解

AI 分析

异常检测

资源评估

故障修复

自动驾驶

可视化

3D 建

模

AR/VR

元宇宙

1.5.3 边缘计算与边缘智能

边缘计算基础

从孪生到计算

训练与推理

边缘智能与智能孪生

1.6 【示例】附件-数据孪生的实际案例

2 数字孪生网络 (DTN)架构及关键技术

2.1 数字孪生网络架构

2.1.1 定义

2.1.2 主要特点

2.2 物理网络层

2.2.1 承载网络

2.2.2 SDN/NFV 化

2.2.3 云化/智能化

2.2.4 能力编排

2.2.5 安全防护

2.3 孪生网络层

2.3.1 网络孪生体管理

2.3.2 服务映射模型

2.3.3 数据共享仓库

2.4 网络应用层

2.4.1 网络可视化

2.4.2 网络管理

2.4.3 意图验证等

2.5 DTN 关键技术

2.5.1 目标驱动的数据采集

2.5.2 多元数据存储

2.5.3 多维网络建模

2.5.4 交互可视化

2.6 全景数据服务/全生命周期建模

2.7 全域孪生体管理/全维网络透视

2.8 全向接口协议技术

2.9 【示例】附件-DTN 案例分析

3 5G 行业网数字孪生关键技术与应用

3.1 网络数字孪生基础概念

3.1.1 物理空间与虚拟空间

3.1.2 从映射到控制

3.2 5G 行业网（5G 专网+行业现场网） 数字孪生驱动力

3.2.1 Subtopic

3.3 5G 专网数字孪生平台

3.3.1 通信方面

RFID 无源物

联 确定性传

输

中低速通信

精准定位

3.3.2 边缘计算平台

协议适配

云边协同

质量探针

算力协同与编排

边缘 **AI** 模型

3.3.3 行业现场网数字孪生平台

云化 **PLC** 工控

现场网数字孪生

3.3.4 办公终端

智慧生产

智慧运维

工业互联网等

3.4 5G 专网数字孪生关键技术

3.4.1 网络态势感知技术

3.4.2 2D/3D 数字可视化

3.4.3 服务集成与管理

3.5 行业现场网数字孪生技术

3.5.1 概述

3.5.2 现场网数字孪生平台

3.5.3 相应关键技术

3.5.4 场景和案例

3.6 5G 专网数字孪生典型应用场景和应用案例

3.6.1 智能制造

3.6.2 智慧园区

3.6.3 行业现场网

3.7 【示例】附件——某企业 5G 行业网数字孪生白皮书

4 基于数字孪生网路的 6G 无线网络自治

4.1 自治网络概念

4.2 6G 基于网络数字孪生的网络自治基本概念

4.2.1 三体

4.2.2 五态

4.2.3 双闭环

4.3 6G 基于网络数字孪生的网络自治技术特征与网络架构

4.3.1 技术特征

4.3.2 端到端架构

4.3.3 数据面

4.3.4 智能面

4.4 6G 基于网络数字孪生的网络自治关键技术

4.4.1 数据增广技术

4.4.2 数据与知识协同驱动的预验证

4.4.3 知识图谱与图神经网络

4.4.4 仿真服务化

4.4.5 验证结果纠偏技术

4.5 6G 基于网络数字孪生的网络全生命周期自治

4.5.1 持续规划

4.5.2 虚实建联

4.5.3 防愈结合

4.6 6G 基于网络数字孪生的网络自治应用案例

4.6.1 大规模天线波束权值优化

4.6.2 智能深度 RAN 切片

4.6.3 多维资源联合调度

4.7 【示例】附件-某企业基于数字孪生网路的 6G 无线网络 自治白皮书

5 总结