



工业互联网产业联盟标准

AII/023-2021

面向航空领域的“5G+工业互联网”应用场 景及技术要求

Application scenarios and technical requirements of 5G in Industrial Internet
designed for Aviation Field

工业互联网产业联盟
(2021年12月30日发布)

目录

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 前言..... | 2 |
| 面向航空领域的 5G+工业互联网应用场景及技术要求..... | 2 |
| 1 范围..... | 2 |
| 2 规范性引用文件..... | 2 |
| 3 缩略语..... | 错误！未定义书签。 |
| 4 术语和定义..... | 2 |
| 4.1 5G 行业虚拟专网..... | 2 |
| 4.2 全连接工厂..... | 错误！未定义书签。 |
| 5 航空领域对 5G 通信需求..... | 3 |
| 5.1 概述..... | 3 |
| 5.2 整体架构..... | 3 |
| 5.3 应用场景分类..... | 4 |
| 6 设计研发典型应用场景及技术要求..... | 5 |
| 6.1 基于 AR 的飞机内部远程异地协同..... | 6 |
| 7 装备制造典型应用场景及技术要求..... | 7 |
| 7.1 全连接工厂..... | 7 |
| 7.2 人机协同远程控制..... | 8 |
| 7.3 基于 AR 的辅助装配..... | 9 |
| 7.4 双 AGV 协同配送..... | 1 0 |
| 8 质量控制典型应用场景及技术要求..... | 1 1 |
| 8.1 协同双目摄影测量..... | 1 1 |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| 8.2 机器视觉材料检测..... | 1 | 2 |
| 8.3 大场景表面机器视觉 8K 高分辨率质量检测..... | 1 | 3 |
| 9 生产管理典型应用场景及技术要求..... | 1 | 4 |
| 9.1 车间智能监控及预警..... | 1 | 4 |
| 9.2 巡检机器人..... | 1 | 6 |
| 10 试飞试验典型应用场景及技术要求..... | 1 | 7 |
| 10.1 多地远程协同改装..... | 1 | 7 |
| 10.2 试飞基地网络化测量与指挥监控..... | 1 | 7 |
| 10.3 基于 ATG 的飞机空地互联的试飞数据传输..... | 1 | 9 |
| 11 服务运营典型应用场景及技术要求..... | 2 | 0 |
| 11.1 VR 客舱全景漫游..... | 2 | 0 |
| 11.2 AR 辅助维修..... | 2 | 2 |



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件由工业互联网产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国联合网络通信有限公司、中国信息通信研究院、中国商用飞机有限公司、联想控股股份有限公司、中兴通讯股份有限公司、北京市商汤科技开发有限公司、杭州海康机器人技术有限公司、

本文件主要起草人：

黄璿、沈洲、牛柯、荆雷、周小飞、齐飞、黄颖、汪顺利、陈智超、倪金辉、余明明、刘云辉、毛世杰、张楠、赵羽、王磊、王飞、樊杨鑾、王川艳



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

面向航空领域的 5G+工业互联网应用场景及技术要求

1 范围

本文件规定了面向航空领域“5G+工业互联网”在设计研发、装备制造、生产管理、质量控制、试飞试验、航空运营等领域的典型应用场景及技术要求。

本文件适用于航空领域 5G+智慧设计、5G+智慧工厂、5G+智慧试验、5G+智慧运营等应用设计及部署实施。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

3.1 5G 行业虚拟专网

利用 5G 组网、网络切片和边缘计算等技术，为客户提供专属网络定制、数据隔离、质量保障的 5G 基础连接网络，实现大带宽、低时延、安全可靠的数据传输，满足客户生产、办公、管理等应用的通信服务需求。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

| | | |
|-----|-----------|---|
| 5G | 第 5 代通信技术 | The fifth generation communication technology |
| ATG | 空地通信 | Air to Ground |

| | | |
|-------|-------------|--|
| MEC | 边缘计算 | Multi-access Edge Computing |
| MES | 生产过程执行系统 | Manufacturing Execution System |
| PCF | 策略控制功能 | Policy Control Function |
| PLC | 可逻辑编程控制器 | Programmable Logic Controller |
| SCADA | 数据采集与监视控制系统 | Supervisory Control And Data Acquisition |

5 航空领域对 5G 通信需求

5.1 概述

航空领域中，飞机作为一种大体型产品，技术要求严苛，同时，在生产和试验过程中，飞机的移动重新标定是非常复杂的工程，所以飞机生产按照工位进行组织，在每个工位上基本都是飞机不动，设备、工装等进行移动，因此生产现场对于移动性通信有较强需求。5G 技术的三大特点（高并发、低延时、大带宽）将会促进航空行业的高速发展，5G 的百万级并发可实现生产要素的万物互联，让工厂里“万物智能”成为可能；5G 的毫秒级时延可以实现生产设备的精准执行，保障制造过程中 AGV、机床设备等的精准控制；5G 的大带宽有助于实现产品质量的视觉检测，让工位、产线检测与生产节拍实时同步；5G 的无线连接能够实现工业产线的柔性可拓展，将重新定义生产模式。

5.2 整体架构

航空领域业务场景复杂，需求变化多，考虑到不同企业、多种场景下不同的业务需求，且航空领域非常高的安全性要求，宜采用“企业 5G 行业虚拟专网”建设模式。后期，随着技术的持续演进和不断成熟，可采用 5G+MEC+网络切片技术构建相应的专网整体方案。

“5G+MEC+智能化应用”可为行业的转型升级提供高质量的网络保障，为企业搭建安全、可靠、低时延的“企业 5G 行业虚拟专网”；企业内部提供统一承载服务（若结合 PCF 可以划分业务优先等级，享受一定的差异化服务），通过 5G 的低时延、高带宽特性结合 MEC 平台的分流功能，实现企业生产和管理数据的本地分流。

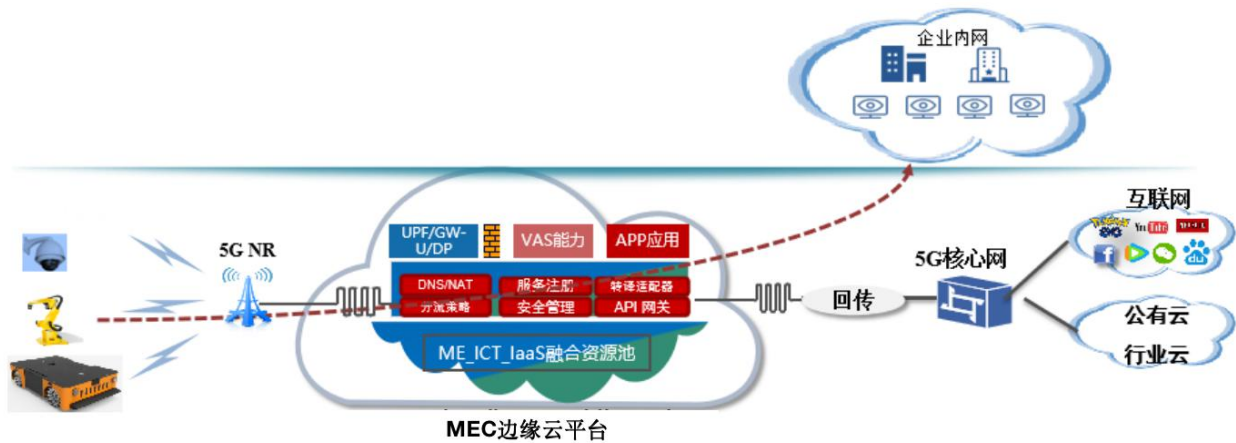


图1 5G+MEC 构建企业 5G 行业虚拟专网组网图

根据企业对不同业务流安全隔离的要求，在虚拟企业专网中应用网络切片技术可为企业构建业务粒度级别的精细化安全子网。

企业不同类型、不同隔离要求的业务流，如视频类、工控类、办公类等业务可以划分为不同网络切片，享受虚拟专网不同等级、带宽的承载服务，在不同的逻辑管道进行隔离承载。

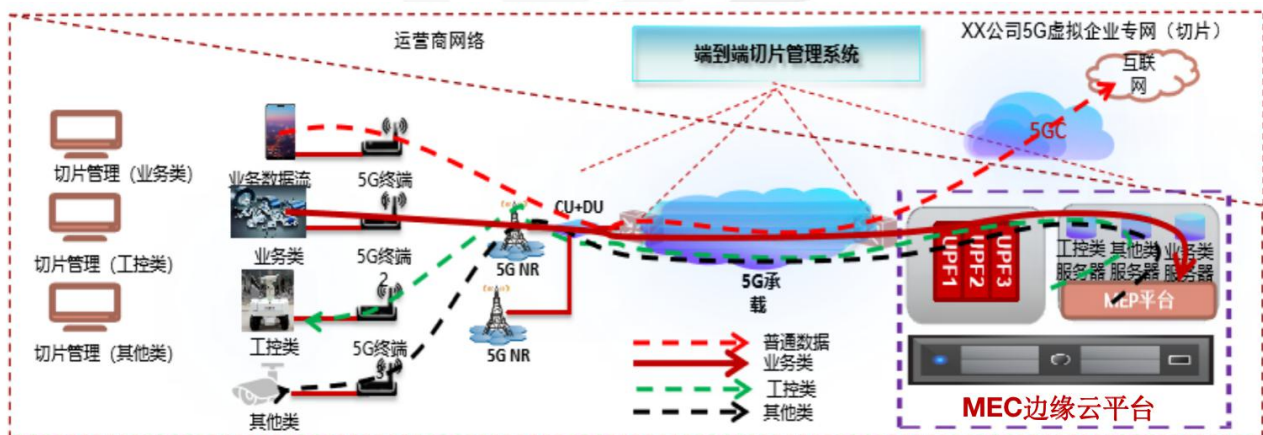


图2 企业 5G 行业虚拟专网网络切片应用组网图

5.3 应用场景分类

根据航空制造全生命周期进行划分，大致可分为设计研发、装备制造、质量控制、生产管理、试飞试验、服务运营等各板块典型应用场景。

表 1 应用场景分类表

| | 视频类场景 | 采集&控制类场景 |
|------|---------------------------------------|---|
| 设计研发 | 基于 AR 的飞机内部远程异地协同 | |
| 装备制造 | | 全连接工厂 人机协同远程控制 基于 AR 的辅助装配 双 AGV 协同配送 |
| 质量控制 | 机器视觉材料检测 大场景表面机器视觉 8K 高分辨率 质量检测 | 协同双目摄影测量 |
| 生产管理 | 车间智能监控及预警 | 巡检机器人 |
| 试飞试验 | | 多地远程协同改装 试飞基地网络化测量及指挥 监控 基于 ATG 的飞机空地互联的 试飞数据传输 |
| 服务运营 | VR 客舱全景漫游 AR 辅助维修 | |

6 设计研发典型应用场景及技术要求

6.1 基于 AR 的飞机内部远程异地协同

6.1.1 场景描述

现场工作人员在工作中遇到问题需要求助远程专家时，通过 5G AR 眼镜呼叫远程专家，专家通过 PC 或者 PAD 等设备接入。专家可以看到现场工作人员的第一视角画面，在实时音视频的基础上对问题进行远程指导，可利用标注工具、文件传输、屏幕共享等功能对现场人员进行指导，可实现远端的专家与现场工作人员的远程线上协同工作，帮助现场工作人员远程确定问题并指导解决。基于 5G 技术，可以提供高速率、低时延、较好移动性的 AR 体验，可以有效提升现场人员与远程专家之间的交互效果，增强工作效率，降低出差成本。

6.1.2 业务需求

- a)、为远程专家提供实时视频和语音交互操作，不到现场也可有效解决问题；
- b)、释放现场人员双手，提升现场人员远程沟通体验；
- c)、支持通过三维数据或技术文档进行现场沟通。

6.1.3 通信技术要求

表 2 基于 AR 的飞机内部远程异地协同场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|--|---|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P) | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M bps。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 不敏感 | 如需提供稳定文件传输，下行带宽推荐 10Mbps。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 网络时延 | 端到端时延 $< 400\text{ms}$ | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | 不敏感 | |

7 装备制造典型应用场景及技术要求

7.1 全连接工厂

7.1.1 场景描述

飞机零件的质量管控十分重要，传统的管控方式使用纸质的单据，效率低且容易出错，需要通过有效的过程管控来确保零件的制造质量。为提升企业生产管控能力，通过高效的传感手段，实现人员、设备、物料等各类生产要素实时感知，利用5G通讯技术，可实现车间的全生产要素连接（设备互联、刀具互联、工装互联、物料互联、产品互联、人的互联）。全连接工厂最终实现现场生产资源的精细化实时管控，实现现场生产高度透明与产品全生命周期的可追溯。

7.1.2 业务需求

a)、**人员全连接**：通过5G连接RFID、UWB、人脸视频识别对人员进行全面管理，实时感知人员位置、工作人员状态以及工作时长，实现人员台账管理、人员定位管理、人员轨迹跟踪。

b)、**设备全连接**：包括设备视频监控以及固定、移动设备的连接。固定设备如机床、铺贴机、铺丝机，热压罐等，移动设备如扫码枪、移动AGV等，通过利用5G工业网关或内嵌5G工业模组，实现设备连接通信和数据采集，并对设备运行信息进行全面的分析。

c)、**物料全连接**：包括仓储物料管理和现场物料管理。利用条码/二维码、RFID等技术实现对整个生产、运输、产出环节的梳理，从物料采购到成品返修等全部环节的管理，扫描枪、识别器等设备可通过内嵌5G模块或外置5G网关进行连接和数据传输。

d)**产品全连接**，利用条码/二维码、RFID实现对产品的直接管理，通过手持终端对产品全过程进行全面跟踪，从而实现产品生产过程的全面连接。

e)、**工装全连接**：工装包含普通工装和数字化工装，普通工装通过条码/二维码、RFID、UWB对工装进行标识，再利用手持终端或基站实现工装的全面监控；数字化工装通过5G工业网关实现工装全面连接，实现工装全面实时监控管理。

f)、**工刀量具全连接**：通过对工刀量具进行喷码，在使用的过程中读取信息，从而实时掌握工刀量具信息，针对数字化量具，利用5G工业网关实现连接，从而实现工刀量具全生命周期管理。

7.1.3 通信技术要求

表 3 全连接工厂场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|--|---|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P) | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求， |
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 并发量 | 终端设备数据上传，并发量不少于 1000 个。 | |
| 网络时延 | 端到端时延 $< 200\text{ms}$ | 主要满足现场人员操作系统响应 |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | $< 1\%$ | |

7.2 人机协同远程控制

7.2.1 场景描述

航空制造过程中生产工艺多且复杂，其中热处理、酸洗、喷漆等作业环境恶劣，空气中常常伴有高度分散的漆雾和挥发出来的溶剂变成细小颗粒物，很容易被吸进人体肺部危害身体健康。因此需要通过在生产现场安装配置机器人，工人在远程通过使用控制手柄来控制机械臂，机械臂会根据操作人员的手臂运动及相关指令完成生产作业。操作人员基于 5G 网络，采用移动 Pad 终端，对于机械臂的运动进行控制，需满足低延时、运行平滑等要求，可实现生产人员在生产车间中“走动操作”。

7.2.2 业务需求

面向飞机制造这种零件种类繁多、批量小、变化多的场景，具体的需求为：

- a)、使用机械臂替代人在恶劣危险环境中工作；
- b)、操作人员可以在远程实时获取现场信息，查看相关工作是否满足要求；
- c)、操作人员也可以在远程实时地控制机械臂，按照要求完成现场生产工作。

7.2.3 通信技术要求

表4 人机协同远程控制场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|---|--|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P), 推荐 10Mbps | 未来推荐使用 4K 视频, 单路带宽不低于 10M bps。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P), 推荐 10Mbps | 此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 网络时延 | 端到端时延 $< 150\text{ms}$ | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | $< 1\%$ | |

7.3 基于 AR 的辅助装配

7.3.1 场景描述

工人佩戴 5G+AR 设备，通过 AR 设备摄像头识别产品，根据产品零部件身份处理单元找到具体的信息，然后在生产指导信息的配合下，查询到具体对应的装配信息。然后利用摄像头在特定装备配合下识别出待安装对象的位置信息。最后把视频画面和各种 AR 虚拟信息进行虚实叠加处理，在 AR 设备中显示出来，工人佩戴 AR 眼镜即可根据显示的指导画面进行装配操作，5G 以其高速率和低时延，可以有效提升终端数据传输速率、AR 实际体验。

7.3.2 业务需求

- a)、工人在如空间狭小、高空作业、封闭环境等各种复杂环境下进行工作；
- b)、利用 AR 眼镜实现对线缆标签，零件标签或外形进行识别；
- c)、AR 眼镜中可通过虚实叠加的影像或者给予操作说明等方式，对安装过程给予指导。

7.3.3 通信技术要求

表 5 基于 AR 的辅助装配场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|---------------------------------------|---|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P) | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P) | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 网络时延 | 端到端时延 $<100\text{ms}$ | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | $<1\%$ | |

7.4 双 AGV 协同配送

7.4.1 场景描述

双 AGV 协同配送的场景基于 5G 低时延特性，通过实时同步 AGV 的关键位置、舵角和加速度等信息而实现两台 AGV 之间的同步。该场景可实现双 AGV 的协同配送。在部分大型零件搬运的场景下，可采用两台 AGV 进行协同配送，以代替传统的行吊搬运方式。运送中心下达指令时，双 AGV 能同时接收中央调度系统的命令，实现车间内自动导引、优化路线及车辆调度等功能。

7.4.2 业务需求

- a)、根据运输零件的情况，选择相应的 AGV 进行配送；
- b)、运送中心下达调度指令，双 AGV 可实时获取调度指令，并按照预定动作进行响应；
- c)、双 AGV 响应后，还需获取对端 AGV 的信息，以判断对端是否处于合适位置或状态，如正常则进行后续操作。如果对端 AGV 的位置或状态不合适，则可直接和对端或与运送中心进行通信，以协调和对端的后续操作。

7.4.3 通信技术要求

表 6 双 AGV 协同配送场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|-------------------------|--|
| 上行带宽 | 16Mbps | 高清相机（1080P）4 路，未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 10Mbps | 从运送中心侧对 AGV 进行少量命令下达。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 网络时延 | 空口时延 $\leq 30\text{ms}$ | AGV 远程指令下达 |
| 时延抖动 | $< 5\text{ms}$ | 双 AGV 接收指令时延差 |
| 丢包率 | $< 1\%$ | |

8 质量控制典型应用场景及技术要求

8.1 协同双目摄影测量

8.1.1 场景描述

协同双目摄影测量场景是一个结合了 5G 移动网络通讯技术和全自动化工装与产品高效检测的场景。通过 5G 网络，可实现两个相机在无线部署的条件下达到相互同步，并实时将拍摄的相片传输到远端的服务器中自动进行相片拼接处理，拼接完成后的数据，可在远端服务器中进行自动化的偏差分析，并通过手机、平板电脑等移动终端，获取服务器数据处理后的结果。

8.1.2 业务需求

- a)、在产线附近安装双目摄影测量设备，该设备采用 5G 网关接入；
- b)、针对产品进行检测，仅需一名工作人员可进行自动化在线质量检测；
- c)、两台相机自动将拍摄的照片通过 5G 网络传输到服务器，服务器自动实现照片的拼接处理并进行偏差分析，相关分析结果通过 5G 网络反馈到测量人员的 5G 手机或 Pad 上；

8.1.3 通信技术要求

表 7 协同双目摄影测量场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|--------|--|
| 上行带宽 | 80Mbps | 1 秒 20 张照片的速率，每张照片 3~4M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 网络时延 | <30ms | 相机到后端处理服务器网络传输延时 |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | 不敏感 | |
| 时钟误差 | <10us | 两个相机终端需满足时钟同步要求，确保两个相机在限定时间范围内完成同时拍摄。 |

8.2 机器视觉材料检测

8.2.1 场景描述

通过工业相机对材料表面进行检测，将 5G 技术和机器视觉技术相结合，实现材料异常色差、缝隙、多余物在线检测的场景。部分生产场景下，机器视觉采集数据量较大，但现场施工或设备原因，难以使用有线网络接入，而采用 5G 高速率特性可实现数据快速传输。基于 5G/云计算/机器视觉技术，使用多台工业相机对零件表面进行实时拍摄，并将拍摄的图像快速上传到云端服务器，进行快速地分析和计算，一旦发现问题，将问题第一时间反馈到操作现场，进行快速响应和处理。

8.2.2 业务需求

- a)、生产过程中零件半成品上禁止有任何形式的多余物残留；
- b)、检测尺寸必须严格地控制在指定的毫米级范围之内；
- c)、基于在线检测系统，对加工过程进行实时拍摄，并将图像上传云端进行后续处理分析；
- d)、发现问题后，即刻响应给予报警，并进行继续后续处理。

8.2.3 通信技术要求

表 8 机器视觉材料检测场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|--------|--|
| 上行带宽 | 80Mbps | 3 路 1080P 相机，每路相机秒 8 张照片总带宽要求为：（4M+4M+2M）*8=80M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 网络时延 | 不敏感 | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | <1% | |

8.3 大场景表面机器视觉 8K 高分辨率质量检测

8.3.1 场景描述

航空产品大都属于大型产品，体积大、精度要求高，且质量控制严格，表面不允许出现划痕、凹陷、凸起、掉漆等情况。传统人工方式费时费力，而且容易出现遗漏，需要通过移动平台+8K 超高清分辨率对大尺寸表面进行视觉采集质量分析。该场景突破了传统检测无法利用三维数模信息的局限，实现大部件表面划痕、凹陷、凸起、掉漆等多种缺陷的智能化检测功能。由于使用移动平台+8K 超高分辨率相机，难以采用有线方式接入，需要通过 5G 网络传输到云端，然后在云端进行计算分析。

8.3.2 业务需求

- a)、搭建智能移动平台承载 8K 高分辨率视觉相机；
- b)、8K 高分辨率视觉相机拍摄照片后，通过 5G 网关传输至云端服务器；
- c)、服务器基于人工智能算法的表面检测实时数据收集、分析和排查的应用系统，可实现云端自动判定，相关结果可实时显示在检测人员的 5G 手机或 Pad 终端上。

8.3.3 通信技术要求

表 9 大场景表面机器视觉&高分辨率质量检测场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|---------|--|
| 上行带宽 | 120Mbps | 一台 8K 相机(80Mbps), 4 台辅助相机(4*10Mbps)。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 网络时延 | 不敏感 | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | <1% | |

9 生产管理典型应用场景及技术要求

9.1 车间智能监控及预警

9.1.1 场景描述

车间生产中各类数据都会被汇总上传进行分析，相应的在人员管理这一部分，传统的数据展示无法把人员身份信息和人员轨迹很好的融合，难以和实际生产场景关联。利用人工智能视觉算法，可以部署 5G 移动摄像头，通过视频流分析识别到人员身份、人员轨迹，并通过接口把数据和数字孪生系统做对接，把人员在工位的精确的信息、轨迹都实时地呈现在数字孪生系统上。

9.1.2 业务需求

a)、人员定位管理

实时获取人员精确位置、全面掌控人员分布，并以平面（2D）、立体（3D）和列表三种视图方式实时显示定位区域内不同类型人员（标签卡）的实时位置。

b)、物资定位管理

通过在车间部署 5G 摄像头，车间内重要物资加装进行单独的识别训练，对物资进行智能管理，解决乱堆乱放、遗落等问题，提高生产的自动化程度，提高各业务环节效率。

c)、视频监控联动

5G 视频高精定位基于视频监控系统，并搭建 3D 孪生车间，在二维/三维电子地图上显示视频监控及人员位置，任意切换调取视频监控。对于发生异常的情况，基于人员历史轨迹不同位置及不同时段调取相应位置相应时间段的历史视频监控，并与历史轨迹联动播放，方便事故分析及责任划定。

9.1.3 通信技术要求

表 10 车间智能监控及预警场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|---|---|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ （720/1080P）， 推荐 10Mbps | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |

| | | |
|------|-----|--|
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 网络时延 | 不敏感 | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | <1% | |

9.2 巡检机器人

9.2.1 场景描述

巡检机器人在生产场景下自主移动巡检，通过摄像头及各种传感器采集车间内的资产、环境等信息，在本地处理后通过 5G 网关把采集的信息传递到云端服务器，对车间实现全面检查、资产盘点、环境监控等应用场景功能，提升车间巡检的效率和准确率，减少巡检人力。

9.2.2 业务需求

- a)、通过服务器远程和本地控制结合的方式，实现巡检机器人在车间自主行进；
- b)、巡检机器人通过 IP 摄像头、红外摄像头、RFID 读写器、传感器采集信息，并通过本地 5G 网关设备将数据上传到服务器；
- c)、服务器分析上传的视频、图片和数据，进行分析，提供实时查看和响应。

9.2.3 通信技术要求

表 11 巡检机器人场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|---|---|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P), 推荐 10Mbps | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 网络时延 | 空口时延 $\leq 30\text{ms}$ | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | <1% | |

10 试飞试验典型应用场景及技术要求

10.1 多地远程协同改装

10.1.1 场景描述

现场施工人员佩戴 5G+AR 眼镜，设计人员可以实时远程观察机上设备安装环境，并利用设备三维数模进行虚拟安装，在虚实结合的场景中评估设备安装和线缆铺设的可行性，提升工作效率。

10.1.2 业务需求

- a)、试飞改装设计人员可以实时远程观察机上设备安装环境；
- b)、现场安装人员可利用 AR 眼镜进行三维数模虚拟安装；
- c)、设计和安装人员在虚实结合的场景中评估设备安装和线缆敷设的可行性，从而做到一次设计准确无误，提高设计质量，提升改装工作效率。

10.1.3 通信技术要求

表 12 多地远程协同改装场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|---------------------------------------|---|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P) | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 网络时延 | 端到端时延 $<150\text{ms}$ | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | $<1\%$ | |

10.2 试飞基地网络化测量与指挥监控

10.2.1 场景描述

飞行试验时需要在试飞基地试飞跑道两侧部署大量试飞测量和监控设备，并且需要将上述设备的测量与监控数据实时传输到试飞指挥大厅进行指挥监控。以往受制于无线通信带宽，只能采用有线光纤通信。对于确定的试飞基地，需要根据试飞测量方案在试飞跑道两侧预埋光纤通信接口，后期一旦需要调整，增加测量点和设备，新预埋光纤的工作量较大且施工周期较长。而对于特殊试飞科目现场，申请预埋光纤流程复杂成本较高，往往只能敷设光缆明线，容易造成光缆损坏。

通过在试飞基地建设 5G 测试专网，为试飞飞机、地面测量和指挥监控设备及试验人员配备 5G 通信终端，将实现各地试飞现场的试飞测量与指挥监控系统 5G 无线高速组网；通过建设试飞现场与中心园区之间的 5G 企业虚拟专网，将实现试飞现场与中心指挥大厅和数据中心的远程互联和多地协同。

10.2.2 业务需求

a)、通过 5G 网络实现试飞现场测量与指挥监控系统的高速无线互联、可以利用 5G 网络代替传统有线网络实现测量与指挥监控系统布站；

b)、通过异地与总部间网络，本地应用平台将业务数据传输到总部，实现与数据中心的通信，在指挥大厅可进行异地监控；

c)、对试飞测量业务的现场进行管理，实现测量终端无线化，并通过 5G 网络实现测量数据上行到边缘侧服务器，边缘侧可以实现现场测量交互，完成测量任务；

d)、试飞现场可部署 5G 摄像头，对试飞现场进行全面监控，同时保障边缘侧及中心可同步监控，从而提升作业效率；

10.2.3 通信技术要求

表 13 试飞基地网络化测量与指挥监控场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 上行带宽 | 8 路视频 $\geq 32\text{M bps}$ | 8 路视频 (1080P)，用于飞机试飞现场视频监控，未来推荐使用 4K |

| | | |
|------|-----------|--|
| | | 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 200Mbps | 用于试飞数据的快速卸载和传输此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 网络时延 | 空口时延<30ms | 满足试飞测量（激光雷达、跟踪仪、工业相机、遥感）设备对飞机试飞状态进行实时监控。 |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | <0.1% | |

10.3 基于 ATG 的飞机空地互联的试飞数据传输

10.3.1 场景描述

基于 ATG 的飞机空地互联应用主要依赖地面基站实现对于空中在航飞行器（如民航客机）的通信服务。地面站通过对空覆盖，形成满足需求的空中小区；同时，在航飞行器通过机载终端，与地面站进行连接，实现数据传输，可以将地面网络数据转换为不同的制式为舱内的用户提供业务支撑。

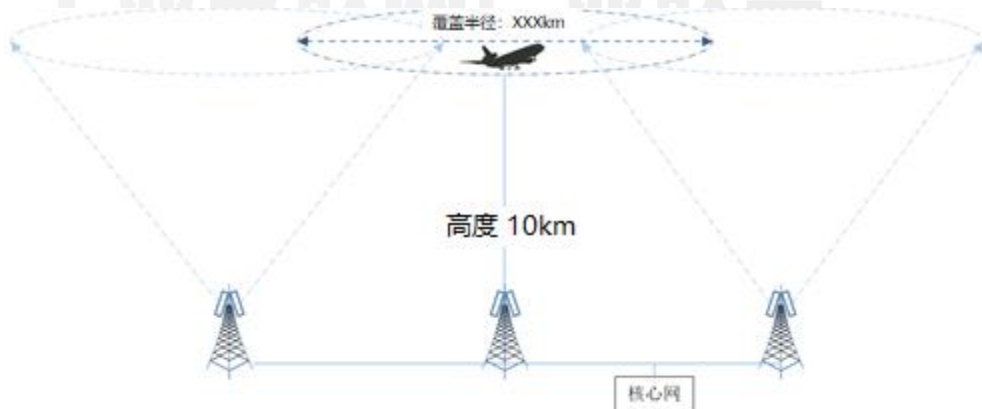


图3 ATG 空地互联示意图

10.3.2 业务需求

a)、从业务角度来看，目前基于 ATG 的飞机空地连接主要提供 eMBB 类业务支撑。

b)、在试飞阶段完成空地通信的数据传输，传输内容主要为舱内外视频监控的视频类信息，发动机等飞机部件的运行消息类信息、飞行日志等文件类信息。

10.3.3 通信技术要求

表 14 基于 ATG 的飞机空地互联的试飞数据传输场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|----------------|---|
| 上行带宽 | 50Mbps@100MHz | 单路视频（720/1080P）回传，需 4 路视频，实时消息流 10Mbps，日志文件传输 20Mbps。 |
| 下行带宽 | 100Mbps@100MHz | |
| 网络时延 | 不敏感 | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | 不敏感 | |

11 服务运营典型应用场景及技术要求

11.1 VR 客舱全景漫游

11.1.1 场景描述

由于客舱场景精细、数据模型量巨大，传统客舱漫游只能实现部分舱段，不能实现整舱漫游及动画体验，局限性明显；同时，无法实现 VR 交互体验，无法实现异地协同漫游体验，对设计师、客服人员以及客户体验效果不佳。VR 客舱全景漫游基于虚拟现实的实时交互，通过三维数字模型和实时流数据，结合 5G 和云端渲染，利用 5G 高速率、低时延、大带宽的特性，实现远程客舱内饰选型，提升客户飞机内饰选型的效率，节省大量设计、服务人员差旅费，实现客舱异地协同漫游，显著提升系统实时性、沉浸感，为客户全方位展示飞机的内饰特色，并赋予其自主、实时、异地协同选择的权利。



图 4 VR 远程客舱内饰造型示意图

11.1.2 业务需求

a)、用户可以通过 VR 眼镜体验观看，在 3D 环境中身临其境地体验飞机客舱，了解详细的参数配置；

b)、用户可以通过 VR 眼镜选择和自定义飞机装饰的选项,进行款式、颜色、内饰等个性化搭配选装，打造定制化的飞机。

11.1.3 通信技术要求

表 15 VR 客舱全景漫游场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|-------------|---|
| 上行带宽 | 不敏感 | 该通信需求是保障体验流畅的基本要求，且以下为实验室环境下的测试数据。 同时设置以下前提： 固定码率模式30Mbps； 分辨率2880*1440； 帧率60Fps； 采用UDP+FEC传输协议。 |
| 下行带宽 | >60Mbps | |
| 网络时延 | 端到端时延<100ms | |
| 时延抖动 | <8ms | |
| 丢包率 | <0.01% | |

| | | |
|--|--|--------------------|
| | | 此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
|--|--|--------------------|

11.2 AR 辅助维修

11.2.1 场景描述

维修人员带上 5G+AR 眼镜后，就能看到派发给自己的任务工单。选择任务工单开始按步骤顺序执行，检修工单执行完毕后，检修结果和每个执行步骤的安全视频记录会上传到云服务器中。如若发生异常情况无法处理时，维修人员可以呼叫远程专家寻求帮助，专家也可以用 MR、标注、下发文档等方式指导操作。指导结束后，AR 视频会被记录在云端服务器中，方便后期追溯和经验数据库积累。

11.2.2 业务需求

a)、以 AR 设备为载体，把飞机检修操作大纲 AR 电子化，转化成更加直观、更容易让人理解接受的 AR 检修工单。以 AR 工作流的方式来执行，充分避免错检漏检的情况发生。从流程制度上确保检修的质量和效率。

b)、检修过程中出现意外情况或者故障原因无法定位时，可以呼叫远程专家，在远程专家的帮助下解决问题。

11.2.3 通信技术要求

表 16 AR 辅助维修场景通信技术要求

| 类别 | 通信要求 | 备注 |
|------|--|---|
| 上行带宽 | 单路视频 $\geq 4\text{M bps}$ (720/1080P), 推荐 10Mbps | 未来推荐使用 4K 视频，单路带宽不低于 10M。此参数为单个终端或单套系统对应要求。 |
| 下行带宽 | 不敏感 | |
| 网络时延 | 端到端时延 200ms | |
| 时延抖动 | 不敏感 | |
| 丢包率 | $< 1\%$ | |



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

参考文献 (a11)



目
录

工业互联网产业联盟[®]
Alliance of Industrial Internet