




5G智慧物流 应用场景与解决方案 白皮书



联合编著

 HUAWEI 华为技术有限公司


 中国移动
China Mobile 中国移动通信集团有限公司

 昆明昆船物流信息产业有限公司

 BECKHOFF 德国倍福 (BECKHOFF) 自动化有限公司

 X Labs
Wireless

发布日期 2020-01-20

 物联网报告中心

前言

物流

古老而现代。对物流效率提升的新技术探索，永远在路上。

物流不仅是工业制造的供血中心，也是虚拟经济与实体经济的桥梁，物流本身也是最大的服务行业。物流的成本和效率，备受个人、企业、国家的关注。中国物流行业高速发展，但总体较为粗放、落后于发达国家，整个物流系统急需降成本。受2008年金融危机影响，我国工业增加值增速大幅放缓，制造业正在转型升级，物流领域的效率提升和成本压缩空间巨大。

无线通信已步入万物互联的5G时代。移动网络在继续丰富人们的沟通和生活的同时，也向全行业提供通用技术能力，借助无处不在的高速互联网络，提高各行各业的运作效率和服务质量。

5G技术使能工业互联网，推动信息化与工业化

深入融合为产业提供新动力。5G技术为传统的物流产业的发展插上腾飞的翅膀，整合人工智能成果和大数据智慧，提高制造物流、仓储物流、场外物流移动信息化程度和运营管理效率、生产节拍。

物流在事实上成为智能制造首选领域，物流是5G落地的优选行业。目前，华为联合多家行业领先的物流设备商，对常见物流自动化设备进行了5G工程化改造，并在5G网络下进行了长时间稳定运行。

本白皮书从5G智慧物流的发展背景出发，给出5G智慧物流的定义和价值，分析各种应用场景对网络的需求，从架构、网络、终端提出5G智慧物流端到端可落地的解决方案，阐述可靠性能力，并给出各个应用场景落地实施的建议，帮助产业链各方共同推进5G智慧物流发展，最后展望了智慧物流未来的宏伟愿景和推进节奏。



目录

[5G 智慧物流应用场景与解决方案白皮书]

前言

| | | | |
|------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| 01 5G智慧物流概述 | /P01 | 03 5G智慧物流项目实施E2E解决方案 | /P12 |
| 1.1 物流概述 | 01 | 3.1 5G智慧物流网络架构 | 12 |
| 1.2 5G智慧物流的发展背景 | 03 | 3.1.1 网络逻辑架构 | 12 |
| 1.3 5G智慧物流的定义 | 04 | 3.1.2 网络物理架构 | 12 |
| 1.4 5G智慧物流的价值 | 05 | 3.2 5G无线网络建网要求 | 13 |
| 1.4.1 对制造企业、物流园区的价值 | 04 | 3.2.1 网络能力需求概述 | 13 |
| 1.4.2 对物流设备商的价值 | 05 | 3.2.2 室内蜂窝网络能力 | 13 |
| 1.4.3 对网络运营商的价值 | 05 | 3.2.3 物流场景的建网标准 | 14 |
| | | 3.2.4 IoT物联能力 | 15 |
| 02 5G智慧物流应用场景分析 | /P06 | 3.3 5G虚拟园区网(VCN)解决方案 | 15 |
| 2.1 5G智慧物流应用场景分类 | 06 | 3.3.1 无线侧频段隔离技术 | 15 |
| 2.2 AGV 集群调度 | 06 | 3.3.2 核心网网关下沉、数据分流技术 | 15 |
| 2.3 AGV 协同控制 | 07 | 3.3.3 独立租户ID技术 | 15 |
| 2.4 RGV C2C控制 | 07 | 3.4 5G终端与物流设备集成方案 | 16 |
| 2.5 AGV 云化控制 | 08 | 3.4.1 终端选型建议 | 16 |
| 2.6 无人配送 | 08 | 3.4.2 协议连通性方案 | 16 |
| 2.7 智能拣选 | 09 | 3.5 5G无线网络可靠性能力 | 16 |
| 2.8 机器视觉 | 09 | 3.5.1 物流C2C控制应用可靠性评估方法 | 16 |
| 2.9 批量盘点 | 10 | 3.5.2 物流C2C控制实验室及现网评估结果 | 17 |
| 2.10 融合定位 | 11 | 3.6 5G网络持续演进 | 17 |
| 2.11 数字货架 | 11 | | |
| 2.12 其他物流园区应用 | 11 | 04 5G智慧物流未来展望 | /P18 |
| | | 05 缩略语 | /P19 |
| | | 06 参考文献 | /P20 |

01

5G 智慧物流概述

1.1 物流概述

从物料采购到最终产品交付到用户手上，端到端经历原材料供应商、生产制造商、物流服务商至少 12 大转移流程，物流必须满足定制化、高节拍、高效益的需求。物流全流程存在大量的自动化物流设备。物流效率瓶颈突破，物流与工艺与流程深度融合，都依赖信息、感知、定位和低时延大并发通信。

本白皮书聚焦工厂车间、物流园区内自有物流模式下，盘点、拣选、加工、装配、搬运各场景中的人-机-料、点-线-场信息化、数字化、智能化所需的无线通信需求和解决方案。用一张 5G 网络，打通企业的业务流、信息流、实物流、价值流，实现基于制造业工艺与流程的物流协同系统。

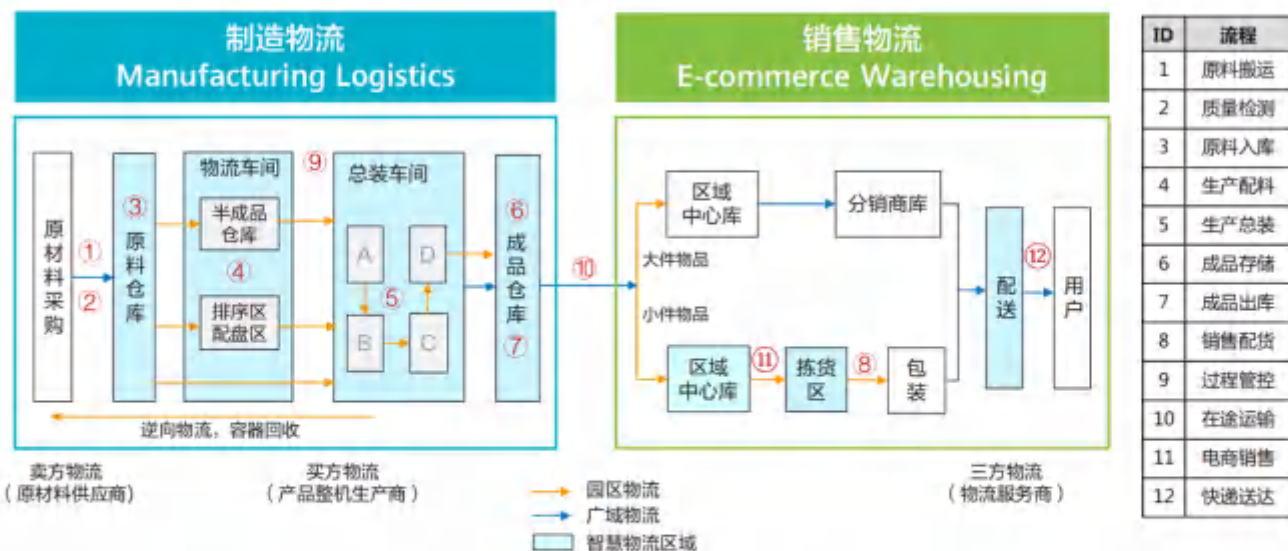


图 1: 物流全流程示意图

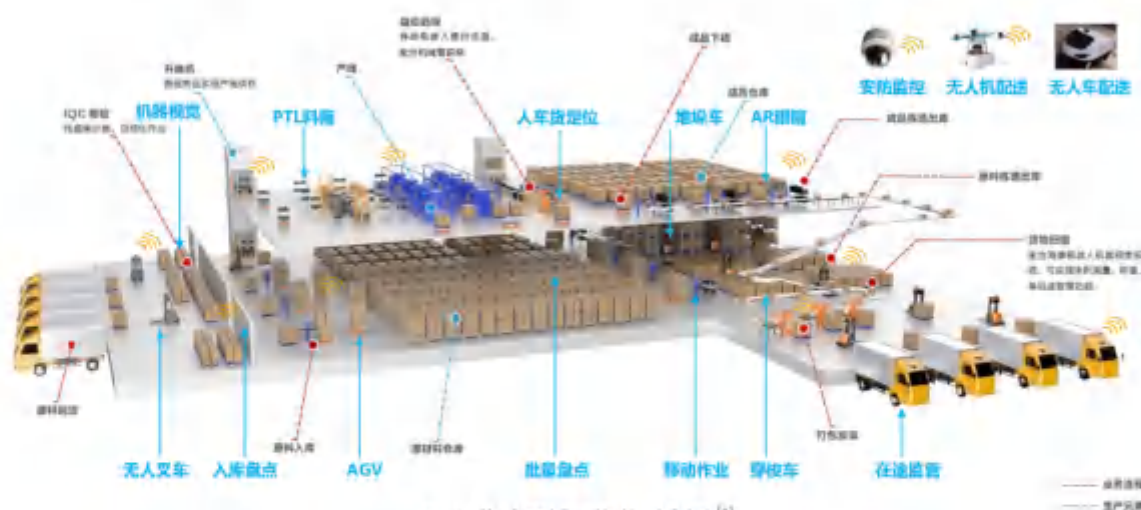


图 2: 物流区域、设备示意图^[1]



图 3: 企业仓库全景

| ID | 流程 | 区域 | 作业 | 物流设备 | 5G智慧物流应用场景 |
|----|-------|-------------|---------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 原料搬运 | 入库暂存区 | 无轨搬运 有轨搬运 | 无人叉车 环形穿梭车 | AGV云化控制 RGV C2C控制 |
| 2 | 质量检测 | 检验区 | 外观检测 | 工业相机 | 机器视觉质检 |
| 3 | 原料出入库 | 原料高架库 | 出入库 | 堆垛机 多层穿梭车 | RGV C2C控制 |
| 4 | 生产配料 | 翻包区 | 拣选、排序 | PTL货架 | 数字货架 |
| 5 | 生产总装 | 总装线 | 无轨搬运（大件） 有轨搬运 | AGV 悬挂单轨小车 | AGV协同控制 RGV C2C控制 |
| 6 | 成品存储 | 成品仓库 | 整库定期盘点、动态盘点 | RFID | 批量盘点 |
| 7 | 成品出库 | 道口 | 出入库盘点 | RFID | 批量盘点 |
| 8 | 销售配货 | 站台 | 拣选 | AR眼镜 | 智能拣选 |
| 9 | 过程管控 | 全车间、 全仓库 | 收-发-存-盘-供等异常处理 对人车货的定位 | 手持终端 5G终端 | 移动作业 融合定位 |
| 10 | 在途运输 | 道路 | 车辆监控、司机监控 | 摄像机 | 在途监控 |
| 11 | 电商销售 | 分拣中心 | 分拣 | 分拣AGV 交叉带分拣机 | AGV集群调度 RGV C2C控制 |
| 12 | 快递送达 | 园区、社区 | 配送 | 无人物流小车 物流无人机 | 云化VLSAM 远程控制 |

表 1: 物流全流程、区域、设备与对应的 5G 应用场景汇总

1.2 5G 智慧物流的发展背景

全球经济下滑明显，工业制造是主战场

2019年10月15日，国际货币基金组织（IMF）发布最新一期《世界经济展望报告》，将2019年全球经济增长预期下调至3%，为2008年金融危机爆发以来的最低水平^[2]。中国制造业增速的放缓是导致亚洲制造业PMI回落的主要因素。

据中国物流与采购联合会发布的全球制造业PMI综合指数，自2018年8月以来，全球制造业PMI呈现波动下行走势。自2019年7月开始，全球制造业PMI连续6个月运行在50%（荣枯线）以下^[3]。



图 4: 全球制造业 PMI 综合指数^[3]

“5G+ 工业互联网”已经是国之重器，政策导向十分明确

全球主要经济大国正进行大范围、更深层次的科技革命和产业变革，德国工业4.0、中国制造2025、美国先进制造领先战略、日本机器人新战略等国家战略不断涌现。第四次工业革命的基础平台是工业互联网，工业互联网是5G最主要的应用场景。

2019-06，中国发布5G牌照。2019-11，工信部印发《“5G+ 工业互联网”512工程推进方案》，从技术产业、创新应用、资源供给等方面提出细化发展目标和发展路径，加速推动“5G+ 工业互联网”落地实施。

中国物流大而不强，物流效率的提升空间巨大

2018年全年，中国社会物流总费用与GDP的比率为14.8%，高于发达国家的10%，物流效率和成本提升空间巨大。2018年，仓储行业整体较2017年下滑严重，从全年的走势来看，一共有8个月指数低于2017年^[3]。

2017年与2018年中国仓储指数走势对比图

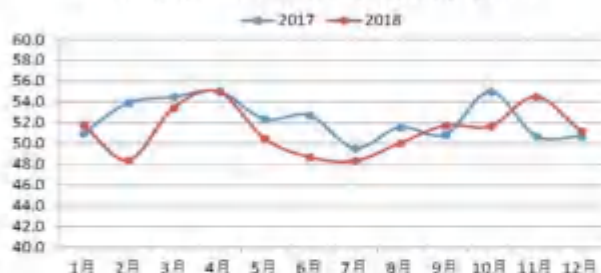


图 5: 2017年与2018年中国仓储指数走势对比图^[3]

智能制造系统解决方案中，物流领域的数字化已经领先，是5G落地的优选行业

智能制造是工业4.0的核心。中国是制造大国，发展智能制造是制造强国建设确定的主攻方向。

从中国智能制造系统解决方案供应商联盟2019年2月发布的数据中^[4]，2017年排名前六位的智能制造系统解决方案主中物流领域占比高达25%，输送、仓储、分拣&搬运的智能化方案已经是智能制造系统解决方案的最大场景。

2017年智能制造系统解决方案细分市场情况

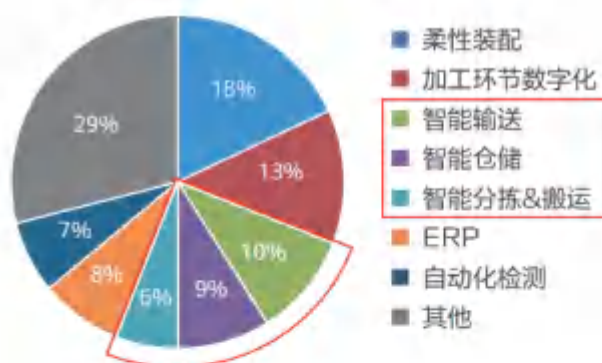


图 6: 智能制造系统解决方案中智能物流的占比

物流智能化成为企业重要的利润源

成本真相：人工成本增长，机器成本下降的剪刀差使“机器换人”策略成为必选。物流机器人在制造、仓储物流企业中需求愈发强烈。

行业真相：亚马逊、沃尔玛、各大电商...都是披着零售外衣的物流公司，秘诀就是物流自动化技术。成功的电商巨头均靠不断升级的物流自动化装备取胜。

1.3 5G 智慧物流的定义

指基于 5G 通信低时延、大带宽、大容量的技术优势，以及无线蜂窝网络特有的电信级高可靠、高安全、广覆盖能力，将工厂车间、物流园区的人-机-料-点-线-场进行数字化、无线化改造。以便利用大数据、IoT、AR、AI 等新兴技术，在信息化、自动化基础上，打造数字化、智能化方案。提高物流系统分析决策和执行效率，整合物流资源，融入工艺与流程，确保生产节拍。同时，5G 无线通信方式实现工厂网络扁平化，进一步使能柔性制造。

5G 蜂窝网络与传统 Wi-Fi 的对比如下：

| 维度 | Wi-Fi | 5G蜂窝 |
|----|-----------------------|-------------------------------|
| 干扰 | 免授权频谱，干扰不可控 | 频谱是法律保护的授权谱 |
| 兼容 | 其它Wi-Fi制式终端并存，性能下降严重 | 各代级的频谱是隔离的、技术向下兼容 |
| 并发 | 信道受限，超过20个终端并发，性能迅速恶化 | 可以支持万计终端并发 |
| 组网 | 不能大面积连续组网 | 蜂窝网络天然支持大面积连续组网 |
| 切换 | AP切换时延长，业务中断1~2S | 支持室内3万平米、道路30公里无切换 |
| 覆盖 | 覆盖弱 | 覆盖半径大，可以穿透高密仓库，天线点数是Wi-Fi的25% |
| 安全 | 安全保障弱 | 射频、终端、网络准入、数据、传输都有电信级安全保障 |

表 2: Wi-Fi 与 5G 蜂窝的技术对比

1.4 5G 智慧物流的价值

1.4.1 对制造企业、物流园区的价值

增加物流设备通信的可靠性、灵活性、连续性、安全性

通过 5G 蜂窝网络，替换传统的 Wi-Fi 和有线，增加通信的可靠性和灵活性。制造物流、园区物流、在途物流的快速发展需要一张无处不在的无线网络，随时随地联接物流设备、物流容器、物料、人，实现物流的数字化、智能化，使能物流工艺、制造工艺的加速发展。

促进物流系统的更大规模、高效率、低成本运行

在物流业务层面，5G 蜂窝通信体现出以下优势：

- 更高效率：5G 蜂窝大范围无切换、低时延，使能物流 AGV、RGV 高速度运行。设备资产的运行效率、仓库产线的吞吐量得以大幅提升。
- 更大规模：5G 并发能力大，能支持密集仓库的上千台 AGV 同时运行。场地成本大幅降低。
- 更低成本：Wi-Fi 漏波天线安装维护复杂，成本高昂。5G 蜂窝无接触，无震动，天线点位少。
- 更高性能：5G 蜂窝的时延、丢包、抖动都优于 Wi-Fi。因为通信问题的停机时间会大大减少。



图 7: 立体库示意图

实现物流全环节的信息化、数字化

通过 5G 技术，进行物流要素的感知、盘点、定位和通信，实现物流全环节的信息化、数字化。

使能工厂网络扁平化，减少投资

5G 蜂窝无线通信一张网连接全园区，消除之前各个子系统多个独立烟囱的网络。

聚集核心工艺流程，节省企业运营成本

无线蜂窝网交由运营商部署和维护，企业人才资源聚集到核心工艺提升，节省企业运营成本。

1.4.2 对物流设备商的价值

增加设备和系统稳定性，减少售后服务成本

5G 通信系统覆盖无盲区、容量不受限、切换无中断、干扰不离线等优势，使得厂家设备无故障运行时间大幅提升。基于 5G 大带宽，还可以对设备进行远程维护，减少物流设备商的售后维护成本。

促进物流设备关键性能指标领先，增强产品竞争力

5G 网络使得物流设备在运行速度、密度、平稳性、地址精度、可靠性上都会大幅度提升。

物流设备商基于 5G 能力，开发新设备、新功能、拓展新市场。

1.4.3 对网络运营商的价值

聚焦价值区域进行网络建设

物流区域本身是各个企业园区的设备高密、高价值区域，运营商通过物流区域切入企业园区生产网络建设，会非常顺畅。

打造面向行业的专网通信体验

运营商当前阶段完全可以通过成熟的核心网网关下沉、无线频谱切分、独立租户 ID 等技术手段，保障物流行业网络的低时延、数据安全、独立不受干扰。

构建新的服务模式

物流领域生态链成熟，系统集成商技能成熟，运营商在物流领域可以提供灵活的服务模式。



02

5G 智慧物流应用场景分析

2.1 5G 智慧物流应用场景分类

结合物流业务对通信要求的特征，将5G智慧物流应用场景总结为四大类：

第一类：行业 eMBB。基于5G大带宽的通信能力。

第二类：行业上行视频。基于视频与图像作业。

第三类：无线工业控制。基于5G低时延的实时控制。

第四类：5G感知技术。基于5G通信技术的感知和定位能力。

这四类无线应用场景对网络的带宽和时延要求各有不同，具体如下图所示：

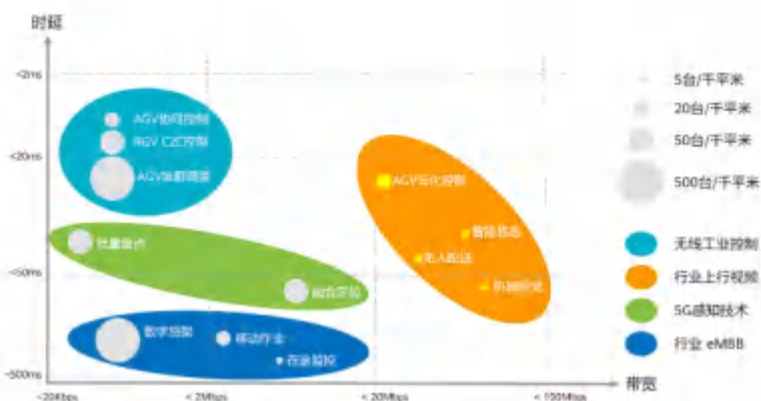


图 8: 5G 智慧物流应用场景对网络需求的分类示意图

2.2 AGV 集群调度

AGV 是物流行业目前最具自动化、智能化设备，也是发展最迅猛的技术，可见的方向是自主移动机器人 AMR。电商分拣平台上，几百台 AGV 同时运行。AGV 实时控制传输的数据量不大，但数据传输的频率很高、时延要求苛刻。



图 9: AGV 实时控制示意图

2.3 AGV 协同控制

工业制造和搬运对象大小不一，重的物件达到几百吨，不可能为每种规格的物件设计一款 AGV。多 AGV 协同搬运一个超大超重物件就很有必要，即减少 AGV 定制成本，又可以灵活组合复用，节约投资。超大设备的组装时，比如飞机机翼，也需要多个 AGV 同步托举，物件的停放位置精度也受同步启停的影响。超大设备运动转弯时，需要编队成组的不同 AGV 需要执行不同的运动参数。



图 11: 单 AGV 搬运大型工件示意图^[8]



图 12: 多 AGV 协同搬运示意图

2.4 RGV C2C 控制

堆垛机

堆垛机是自动化立体仓库的核心设备，通讯方式一般是采用有线通讯、红外通讯、Wi-Fi。

- ✧ 有线通讯方式对电缆和布线要求极高，而且故障率高，应用极不方便。
- ✧ 红外通讯必须直线对准安装，在环境恶劣，如粉尘多、照度差等条件下，数据传送的距离和可靠性较差，易出现数据传输中断等情况。
- ✧ Wi-Fi 由于技术本身的缺陷，存在干扰、容量、掉线等一系列问题，尤其是高架库中密集货品的对 Wi-Fi 信号的阻挡，也无法使堆垛机稳定运行。



图 13: 立体库堆垛机示意图

交叉带分拣机

交叉带分拣机用在快递的枢纽分拣中心，上位机在一个 PLC 的扫描周期内，需要对几百台辆运行中的小车刷新道口位置。时延和可靠性要求苛刻，当前使用漏波天线。漏波天线在封闭腔体里的安装维护十分困难。每公里交叉带分拣机有 50 个信号接收单元，每秒千次的以上的信息通信。



图 14: 交叉带分拣机示意图^[9]

多层穿梭车

多层穿梭车在立体库的固定轨道上水平运行，进行货箱存取，每个巷道的每层货架都配置一个穿梭车。无线信号从堆垛机的线性覆盖，变为全库立体覆盖，要求更苛刻。通信设备数量也是堆垛机的近 10 倍。



图 15: 立体库多层穿梭车示意图^[15]

地面电动单轨系统

地面电动单轨系统（EMS）的通讯方式基本都是 Wi-Fi 漏波天线。漏波天线由于每个信号点的信号微小，对方向性和收发距离要求严苛，安装工艺要求高。大型仓库要跨车间运输，漏波天线成本很难接受。5G 无线通信可以非常轻松解决这些痛点。



图 16: 地面电动单轨系统示意图^[17]

空中悬挂式自行车

空中悬挂式自行车输送线采用滑触线通信，本身存在磨损失效、抖动接触不良等低可靠性。另外，高空作业维护



图 17: 空中悬挂输送系统示意图^[18]

困难，运行中电气设备的数据采集和设备维护所需的大数据通信，低带宽的通信能力更无法承载。5G 无线通信将彻底消除以上问题。

2.5 AGV 云化控制

5G 的上行大带宽、低延时使得 AGV 的云化视觉导航成为可能。将 AGV 本地摄像头数据上传，在云上进行计算处理，可以消除在每个 AGV 本地部署激光雷达、工控机 \GPU、购买算法 license 的大量硬件、软件成本。

视觉导航一般要求至少每 100ms 周期必须刷新上传一次视觉帧以及下发位置信息，以防碰撞。上传和下发的时延要控制在 20ms 以内。以便给云端的图像处理和位置计算留出充裕的时间。

VSLAM 深度相机图像实时上传到云端，需要近百 Mbps 的上行大带宽。



图 18: 云化 VSLAM 系统示意图

2.6 无人配送

园区物流小车：

目前园区内无人驾驶物流车已经上路运行，实现对最后一公里配送的完美补充。开放道路自动驾驶也日趋成熟。目前上路的物流小车自身导航还是靠激光传感器和本地计算，后续云化发展后，用 5G 回传 1 路 4K 的视频和 5 路 1080P 的视频，用于导航计算和监控，上行视频带宽需求约为 40 Mbps。

突发情况下无人小车需要被远程接管，控制时延要求小于 20ms。



图 19: 园区无人驾驶物流车示意图

物流无人机:

无人机五项关键技术: 机体结构、机体材料、飞行控制、无线通信遥控、无线图像回传。其中后两个与无线网络强相关。

5G大带宽、广覆盖的无线网络,可以推动无人机向高航速、高带宽、保密、抗干扰的方向发展。另外基于运营商签约 SIM 卡的无人机,也会为 150 米低空的无人机监管带来技术保障。

5G 回传 6 路 1080P 的视频信号,用于远程监控、接管,上行视频带宽需求约为 24Mbps。

无人机巡航速度通常在 60 km/h, 远程控制需要 20ms 以下的短时延。



图 20: 物流无人机示意图

2.7 智能拣选

拣选作业是仓储物流中劳动最密集, 耗时最多的环节。



图 21: 基于 5G 的移动 AR 示意图

AR 拣选可以在视觉环境中使用箭头导航员工到具体的货物位置, 然后系统会显示需要进行挑拣的货物的数量, 员工可以完成拣选操作, 将工作过程和要求可视化、流程规范化, 提高效率、降低成本, 避免重复劳。

目前 5G 能做到 1080P 的视频传输低于 30ms, 加上 5G 特有的大带宽, 完全可以承载基于视频上下行的 AR 眼镜业务。



图 22: AR 取料位置指引示意图

2.8 机器视觉

物流领域的机器视觉, 主要用工业相机在出入库环节, 对包装箱进行外观破损检测; 在高架库放货环节, 对货箱摆放姿态的检测; 在拣选、分拣环节, 对操作人员动作规范性识别; 以及在电商快递场景, 对手写地址等字符进行识别。

工业相机需要大数据上传, 如果采用 5G 网络, 2 秒内可以将非压缩照片上传到边缘服务器, 加上图片处理时间, 可以满足 3~4 秒一完成个货品外观检测的节奏。

目前主要的工业相机厂家已经启动内置 5G 通信模组的技术更新。



图 23: 工业相机执行质量检测示意图^[11]

2.9 批量盘点

对成千上万计物料的盘点是所有工厂、仓库的巨大痛点。物流的信息化离不开 RFID 技术。

华为将 5G 多天线等先进算法，引入 RFID 技术领域，极大提升传统 RFID 通信可靠性及定位能力。华为创新 RFID 解决方案具备以下优势：分离架构，空间隔离避免干扰，使灵敏度提升，接收距离近百米。



图 24: 无源 RFID 解决方案示意图

自动盘点：

无线分离网络架构，解决同步技术障碍，通信距离提升到 100 米以上，实现无人自动盘点。

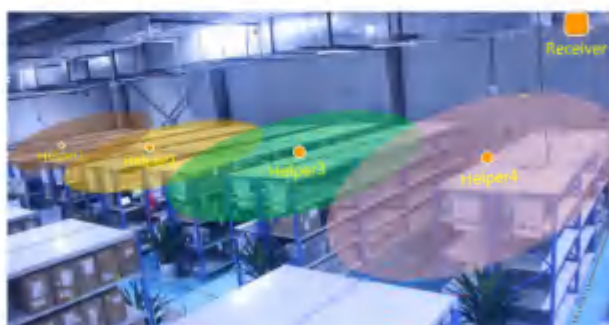


图 25: 自动盘存示意图

自动收货：

支持多个 Helper 组网，基于标签在不同 Helper 覆盖下读取时间先后关系，判断是入库还是出库。

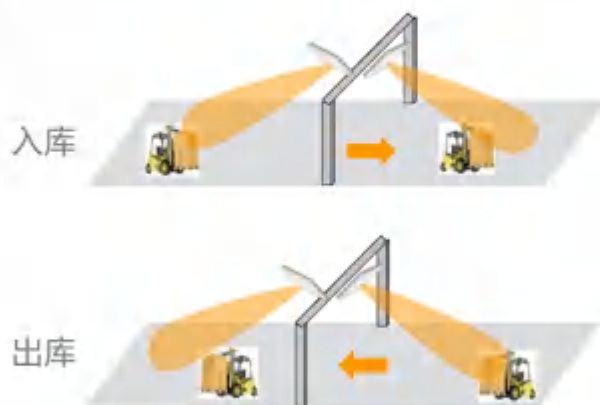


图 26: 出入库盘点示意图

轨迹跟踪：

每个标签，Receiver 可以识别出其被哪个 Helper 激活，将这个 Helper 作为标签的定位参考。当目标经过参考标签位置，Helper 激活参考标签，留下其脚印信息。

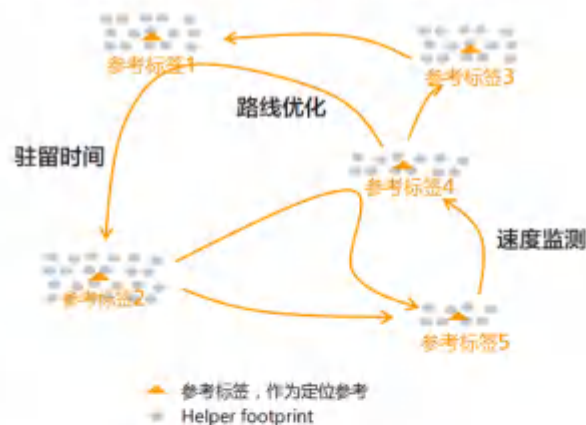


图 27: 轨迹跟踪示意图

逆向物流：

除了物流本身盘点外，车间的逆向物流还需要对物料包装箱的盘点，对各供应商的空箱进行管理和数量盘点。

03

5G 智慧物流项目 实施 E2E 解决方案

3.1 5G 智慧物流网络架构

3.1.1 网络逻辑架构

涵盖生产制造、物流园区、在途物流所需的 5G 智慧物流网络逻辑架构图如下：

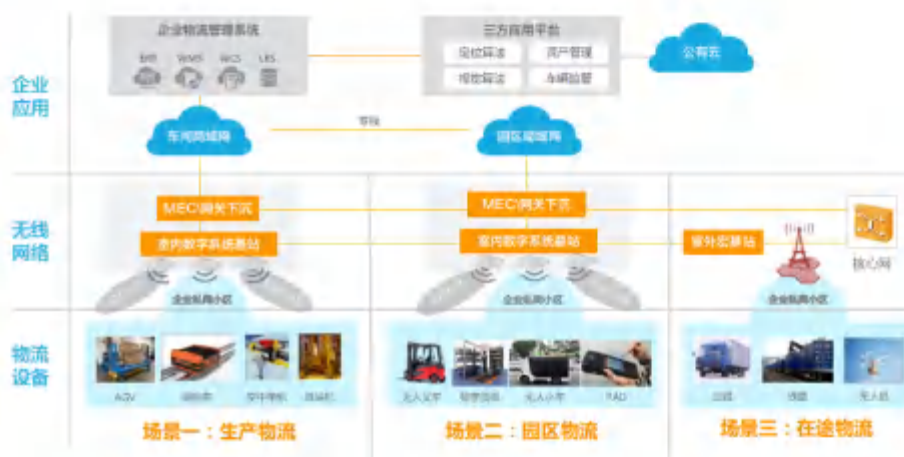


图 31: 5G 智慧物流网络逻辑架构图

3.1.2 网络物理架构

基于华为 DIS 室内数字系统和核心网网关下沉的物流室内覆盖物理架构图如下：

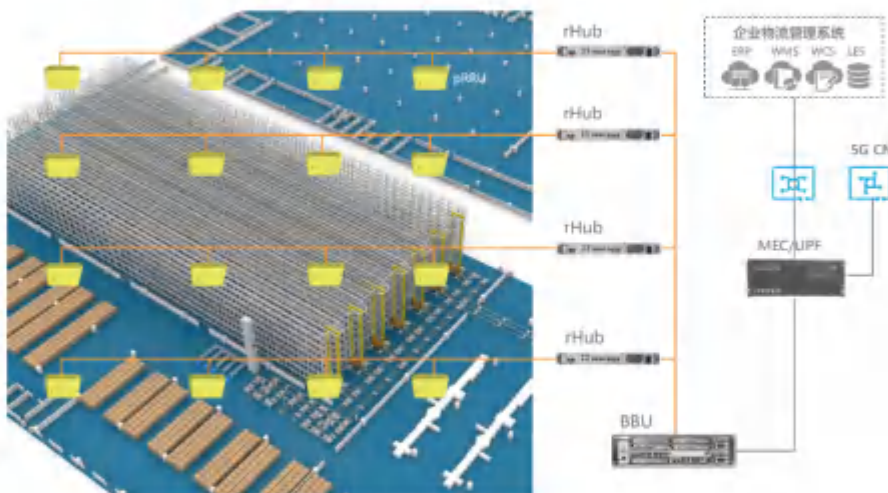


图 32: 5G 智慧物流网络物理架构图

3.2 5G 无线网络建网要求

3.2.1 网络能力需求概述

根据上文应用场景的分析，总结出 5G 智慧物流业务对网络需求：

| 大类 | 描述 |
|--------|---|
| 连续网络覆盖 | 园区室内外网络无缝广域覆盖，满足物流业务移动性的需求。满足立体库密集场景的穿透 |
| 大面积无切换 | 单个工厂车间、物流仓库面积达3万平米，AGV在其中运行需要保证无切换 |
| 位置定位能力 | 纯蜂窝技术下1米精度，满足设备、人员定位管理需求 |
| 低时延通信 | AGV协同作业低于10ms的网络时延 |
| 大带宽通信 | 上行30Mbps(云化VALSM)，视频传输不出现卡顿现象 |
| 通信安全可靠 | 企业数据不出园区、数据本地分流 |

表 3: 5G 智慧物流业务对无线网络的需求

3.2.2 室内蜂窝网络能力

3.2.2.1 高架库信号穿透能力

针对物流室内场景中最密集的高架库对信号阻挡与损耗问题，华为联合业界大厂进行了专题测试。

选择一个实际运行的工业零配件仓库，共 7 个巷道，每一个巷道有 8 层货架，所有货位都放满货箱。在距离天线最远的第 1 个巷道中，测量堆垛机运行的 1m 水平高度的接收机路径损耗。

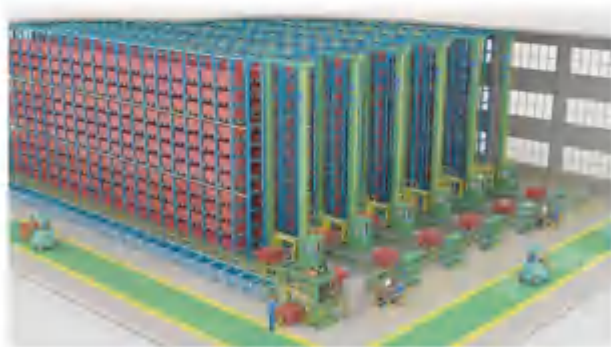


图 33: 高架库示意图

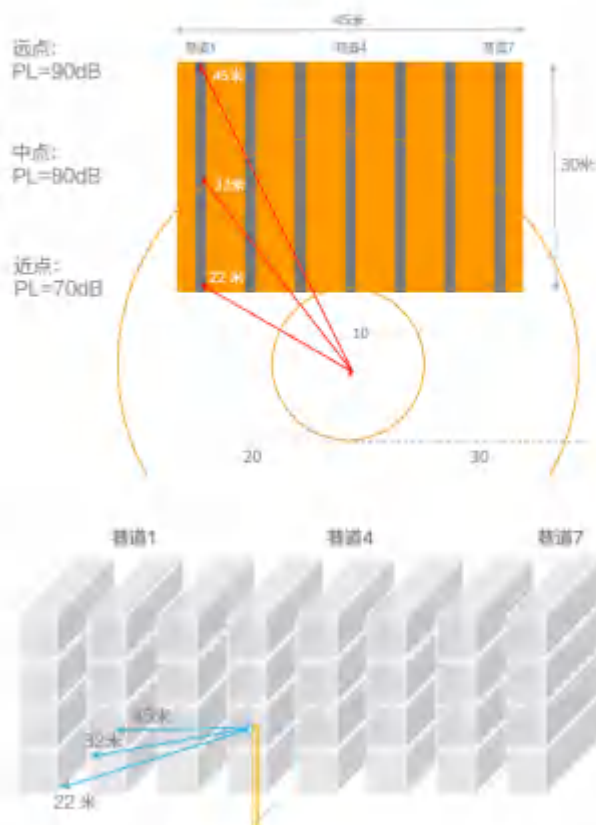


图 34: 3.5GHz 频段下立体库路损示意图

5 个频段下的路径损耗随收发距离变化如下图所示。

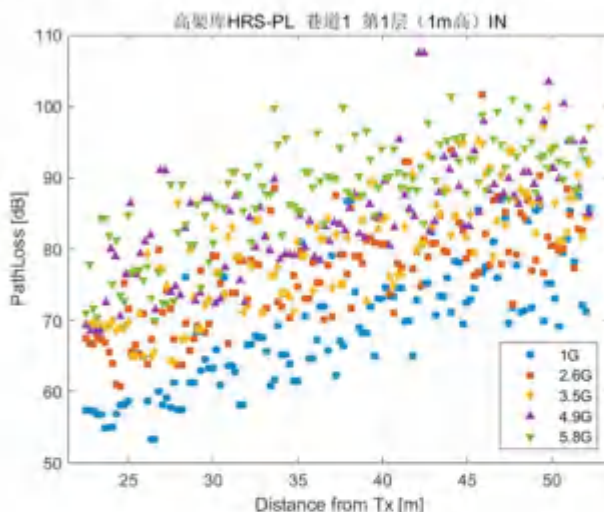


图 35: 不同频段的立体库路损与距离的变化图

从常用 3.5GHz 频谱看，仓库中穿透货架的 50 米路径（NLOS 径）的路损在 90dB 左右。40 米路径的信号路损在 80dB 左右，目前华为 DIS 系统的天线，可以支持在仓库巷道中的物流设备通信所需的信号穿透。

3.2.2.2 超大车间信号覆盖和连续性能力

针对工厂超大面积的车间内的信号覆盖及切换问题，华为联合业界大厂进行了专题测试。

在一个实际运行的 3 万平米设备总装车间，部署了 15 个 5G 室内天线，单天线覆盖半径可以到 30 米，车间内所有位置的实测信号强度都大于 -85dBm，满足通信需求。

在 3 万平米的车间中，一共有 2KM 的运输通道，供物流设备长距离运行。目前基于华为的 5G DIS 方案，实现了全车间 3 万平均范围内只配置 1 个小区，确保携带 5G 终端的物流设备在车间中运行无切换发生，大大增加了设备通信的连续性、稳定性。

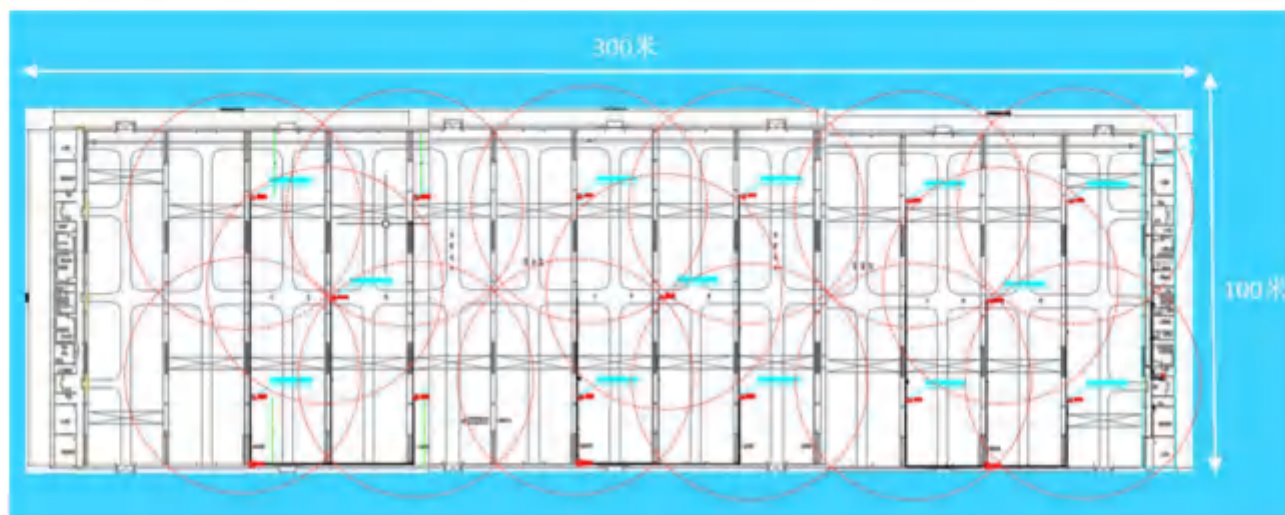


图 36: 超大车间 5G 网络覆盖图

3.2.3 物流场景的建网标准

与 MBB 业务不同，物流场景的设备通信有几个典型特性：

- » 超深度覆盖：高架库场景，巷道狭窄、货物密集，对信号穿透强度的要求高
- » 长距离无切换：物流设备在大型车间运行，需要 300 米内无切换
- » 切换带设计复杂：不同的车间格局和流程工艺要求下的切换带设计差异很大
- » 并发量超大：极端情况下，一个万平米的车间的物流设备，大概近万次 / 秒的并发通信

| 典型位置 | 小区下行边缘 CSI-RSRP | CSI-SINR | 小区边缘速率bps | E2E时延 | 连续无切换距离 | 空间覆盖率 |
|--------------|-----------------|----------|-------------------------|--------|---------|-------|
| 高架库 | ≥-85dBm | >10 | DL≥100Mbps UL≥10Mbps | ≤30 ms | 100米 | 100% |
| 分拣平台 | ≥-85dBm | >10 | DL≥10Mbps UL≥10Mbps | ≤20 ms | 200米 | 100% |
| 生产车间 物流车间 | ≥-90dBm | >5 | DL≥300Mbps UL≥30Mbps | ≤30ms | 300米 | 100% |
| 园区路面 | ≥-100dBm | >5 | DL≥300Mbps UL≥30Mbps | ≤30ms | 1000米 | 100% |

表 4: 物流各区域建网标准^{[9] [10]}

3.2.4 IoT 物联能力

企业当前已部署的抄表、烟感、路灯等 LPWA 物联网业务，也会继续在 5G 网络下正常运行。

2019 年 7 月，3GPP 正式向 ITU-R（国际电信联盟）提交 5G 候选技术标准提案，NB-IoT 技术被正式纳入 5G 候选技术集合，作为 5G 的组成部分与 NR 联合提交至 ITU-R，预计将于 2020 年 6 月正式对外发布。

3GPP 全会决议，由蜂窝物联技术 Cellular IoT（包括 NB-IoT 和 LTE-M）来支持 5G LPWA（Low Power Wide Area，低功耗广域网）业务需求。NB-IoT 是 5G 候选技术的重要组成部分，是满足 5G 大规模机器连接（mMTC）场景需求的主要技术手段。

3.3 5G 虚拟园区网 (VCN) 解决方案

为了满足企业工业设备在 5G 网络上通信所需的大带宽、低时延、无干扰、数据安全等企业专线等级的诉求，华为 Xlabs 创新地构建 VCN 方案。

3.3.1 无线侧频段隔离技术

基于 NSA 4/5G 双模基站，或者 4G、5G only 基站，对该企业，单独定义独立小区（一个 LTE 载波，或者一定 5G 带宽）。确保设备通信不被人的通信所干扰。

3.3.2 核心网网关下沉、数据分流技术

- 基于核心网网关 CU 分离架构，为企业建立独立的本地网关 UPF(SGW-U/PGW-U)，实现超低时延。
- 不同 SIM 卡用户，在不同类型小区接入；业务过程中，根据 APN/PLMN/TAC/切片 ID 等，SMF(MME/SGW-C/

PGW-C) 选择对应的 UPF(SGW-U/PGW-U)，实现数据分流。

- 对于企业 ID，提供独立的本地性能统计功能。

3.3.3 独立租户 ID 技术

- 对某个大型企业客户定义企业专用 ID 号码，并批量制作独立的 SIM 卡。确保专网专用。
- 一个基站内，为企业服务的小区用企业 ID 标识，其他资源小区用公网 PLMN 标识，基站和两个网关分别建立路由，实现一个基站支持多种网络 ID 标识。
- 未实现和部署 E2E 切片流程前，采用 sub PLMN +TAC 等形式试水企业专网，实现切片后，把 sub PLMN+TAC 转变为切片 ID 即可，整体组网/功能和商业逻辑不变。

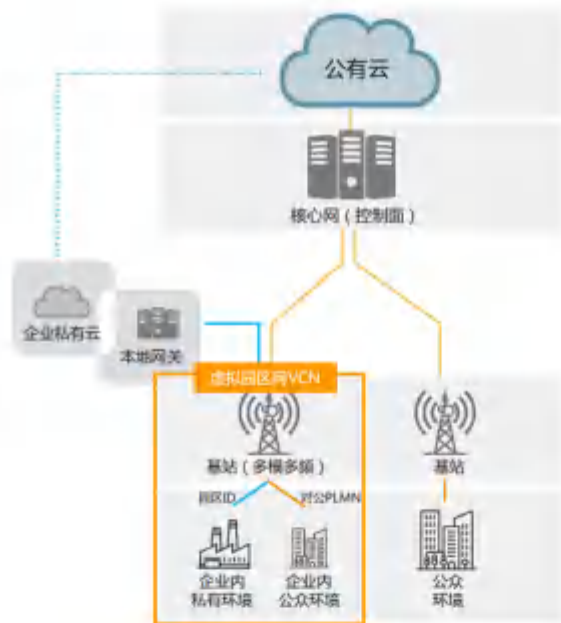


图 37: VCN 架构

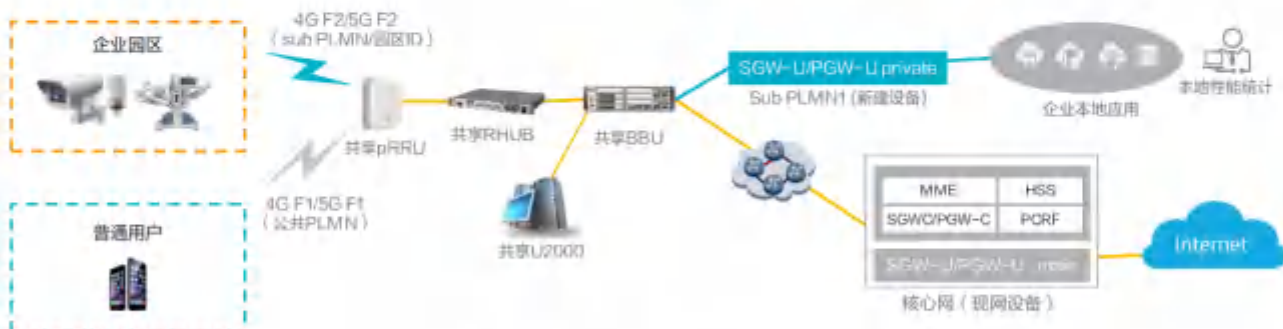


图 38: 基于 sub PLMN NSA 组网方案

3.4 5G 终端与物流设备集成方案

3.4.1 终端选型建议

据 GSA 报告，到 2019 年 10 月，全球已发布的 5G 终端有 172 款，38 款终端已经商用。到 2019 年 11 月，总计 15 款 CPE 进行发布或者商用。

华为自 2003 年就开始大力投入通讯模组研发，至今已经有近二十年丰富经验，使能各行各业无线网络高速连接。2019 年 10 月，华为发布 MH5000 5G 工业模组，售价 999 元。2020 年，CPE 的售价也会降到 300 美金以下。

截止到 2019 年 12 月，典型几类已商用的 5G 模组和终端，如下：



图 39: 几类已商用的 5G 模组和终端

基于当前终端形态和物流场景，物流设备进行 5G 改造推荐的 5G 终端如下：

| 物流设备分类 | 设备名称 | 建议终端形态 |
|--------|-----------------------------------|---------|
| 室内小型设备 | 钢平台分拣AGV, 交叉带分拣机 | 工业模组 |
| 室内大型设备 | 搬运AGV、无人叉车、环形穿梭车、堆垛机、悬挂单轨小车、PTL货架 | CPE WIN |
| 室外设备 | 无人物流小车、物流无人机 | CPE WIN |

3.4.2 协议连通性方案

现场级工业控制协议主要用于局域网，目前 R15 版本的 5G 网络基于 TCP/IP 的架构，只支持 L3 通信。一般工业协议涉及几类 L2 通信，如 ARP 地址发现、DCP 组态 / 拓扑，1588 类的授时（如 PN-PTP）、L2 循环 IO 通信，告警事件上报（L2 协议）。

为使能工业协议在 5G 网络上承载，华为 xLabs 不断构建行业连通性解决方案，解决以下的网络连通性问题，使得当前工业各种协议在 5G 网络下顺畅运行。

- 小网（子网）和大网连通的问题（端侧只能在小网）
- IP 私网穿透大网的问题（端侧和服务侧，个别协议不能穿透大网）
- 非 IP 私网穿透大网的问题（端侧和服务侧都非 IP 协议）

3.5 5G 无线网络可靠性能力

3.5.1 物流 C2C 控制应用可靠性评估方法

华为 X Labs 实验室联合工业控制系统厂商 BECKHOFF，对 5G 网络在工业设备控制可靠性方面，进行了专业研究和大量测试和评估。选择有代表性的真实控制业务设计测试 Case，通过多组 10 小时连续主动发送业务包测试，评价系统的 5G 传输延时可靠性。

定义为：在 5G 网络上传输 n 个业务包，小于等于特定时长 T 到达包数量 m 与 n 之比。

在应用环境中采用两台 PLC 模拟真实业务在 5G 网络中实现数据报文的收发。



图 40: CPE 在物流自动化设备上的应用

支持图 41 所示的测量发包策略 (Request - Response 交互)，测量业务环回传输时延可靠性。其中一台为主 PLC，以每 1ms 的速度发送请求报文，报文大小 500bytes、1500bytes 可配置，从 PLC 实时监听主 PLC 发送的报文，接受成功后及时做出响应，主 PLC 在接收到响应后计算报文传输延时，并再次发送请求报文进行轮询测试。主 PLC 实时统计 0~100ms 中所有报文的延时效数，超 100ms 的延时视为报文丢失，不做统计。

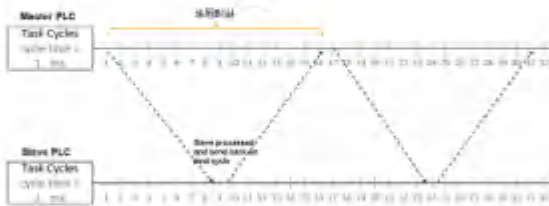


图 41：测量发包策略 (Request - Response 交互)

采用上述测试方法和工具，评估了物流 RGV/AGV C2C 控制的如下应用系统组网模型 Field to Edge Cloud。



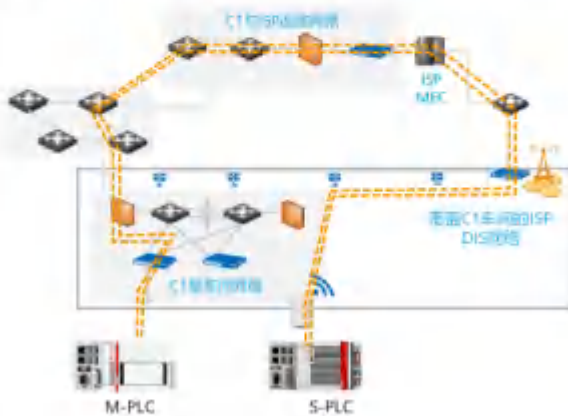
图 42：Field to Edge Cloud Model

3.5.2 物流 C2C 控制实验室及现网评估结果

华为 X Labs 实验室 5G 网络和控制测试环境的组网如下图：



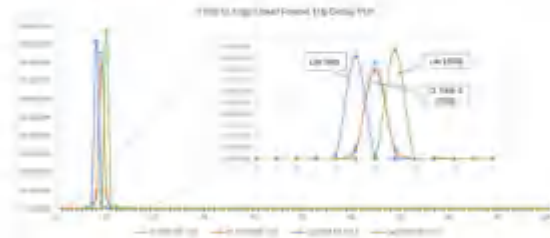
某企业 (C1) 现场 5G 网络和控制测试环境的组网如下图：



以上两中场景使用的所有 5G 设备都是商用设备和商用版本，只是基站之后的传输网络结构不同。

实验室和企业现场测试都包括 500B 和 1500B 两种包，各测试。

从测试结果的 PDF 看出，四个场景下，E2E 环回时延主要集中于 7~11ms 之间。



从测试结果的 CDF 看出，四个场景下，E2E 环回时延可靠性结果是 20ms @99.992% 和 30ms @99.997%。



实际的工业控制中上位机 (Master PLC) 给下位机 (Slave PLC) 的单个通信经历路径时间，是环回测试的一半。即 5G 网络下 C2C (Controller 2 Controller) 控制时延可靠性结果是：

- ✦ 10ms @99.992%
- ✦ 15ms @99.997%

目前，5G 时延可靠性已经可以涵盖 90% 以上的物流自动化场景。随着 5G 标准不断演进，时延和可靠性都会继续大幅度提升。

3.6 5G 网络持续演进

第一版国际标准 (Rel-15) 已全部完成，主要针对 eMBB 场景。

第二版增强标准 (Rel-16) 正在制定中，预计 2020 年 3 月完成冻结。增强低时延、高可靠面向工业互联网的 uRLLC 场景。

第三版，面向海量机器类通信的 mMTC 演进的 Rel-17 标准，2019-12 月已经完成 23 个标准立项。预计 2021 年 6 月完成冻结。

后续 5G 技术会继续加强定位、切片等能力，促进 5G 落在各行业各类应用中落地。

04 5G 智慧物流未来展望

物流是 5G 落地的优选行业

物流在事实上成为智能制造首选领域的主要原因是：物流场景信息化基础薄弱、数字化改造空间大，人力成本高企、成本效率提升明显，时延要求不太苛刻，AGV 等自动化物流设备发展迅猛，因此物流场景是企业数字化、智能化改造的首选场景。

物流场景中的设备、容器、人必然在各种区域内移动，对无线通信存在极大的刚需，是 5G 落地的优选行业。

加速企业融合创新，催生智慧物流、智能制造等新业务

各类自动化设备能力在不断发展，对基础通信要求也不断提升，比如：物流现场控制 C2C 通信需要 10ms 低时延；未来的 AGV 的协同控制需要 1~3ms 的低时延；未来的云化 vSLAM 导航需要上行百 M 的大带宽；未来的自主移动机器人更是引入了大量传感信息，对无线网络的低时延和大带宽同时都要求苛刻。这些物流领域的科技新方向必然在 5G 蜂窝通信网络下加速实现。

同时，无线蜂窝网络具备平滑演进能力，将与边缘计算、云计算、大数据、数字孪生和人工智能等技术相结合渗透到业务各个环节，助力企业朝无线化和智能化发展。

后续，对时延要求苛刻的过程控制系统（APC）、调度优化系统、制造执行系统（MES）等生产过程控制系统的需求会逐渐增加；伴随数字化全面落地，用户互联互通的探索实践，5G 通信带动工业互联网、工业云平台、工业大数据、AI 等智能制造的高级系统解决方案也会陆续出现。



05 缩略语

| 缩略语 | 全称 | 说明 |
|--------|--|-----------------|
| GPMI | Global Purchasing Managers' Index | 全球采购经理指数 |
| 5G | The 5th Generation mobile communication technology | 第五代移动通信技术 |
| eMBB | Enhanced Mobile Broadband | 增强移动宽带 |
| LPWA | Low Power Wide Area | 低功耗广覆盖 |
| IoT | Internet of Things | 物联网 |
| eMTC | enhanced Machine Type Communication | 增强型机器对机器通信 |
| NB-IoT | Narrowband Internet of Things | 一种新型窄带物联网技术 |
| 3GPP | Third Generation Partnership Project | 第三代移动通信标准化伙伴项目 |
| NSA NR | Non-standalone NR | 非独立NR，5G协议的一种 |
| VSLAM | Visual simultaneous localization and mapping | 基于视觉的同步定位与地图构建 |
| WMS | Warehouse Management System | 仓库管理系统 |
| WCS | Warehouse Control System | 仓储控制系统 |
| LES | Logistics Execution System | 物流执行系统 |
| RCS | Robot Control System | 机器人控制系统 |
| C2C | Controller 2 Controller | 控制器到控制器 |
| AGV | Automated Guided Vehicle | 自动导引运输车 |
| AMR | Autonomous Mobile Robots | 自主移动机器人 |
| RGV | Rail Guided Vehicle | 轨道引导车 |
| EMS | Electric monorail systems | 电气单轨系统 |
| PTL | Pick to light | 亮灯自动拣选 |
| AR | Augmented Reality | 增强现实 |
| CSI | Channel state information | 信道状态信息 |
| SINR | Signal to interference plus noise ratio | 信号干扰噪声比 |
| RSRP | Reference signal received power | 参考信号接收功率 |
| VCN | Virtual Customer Network | 虚拟园区网 |
| DIS | Digital Indoor System | 室内数字系统 |
| MB | MByte | 计算机中的一种储存单位，兆字节 |

06

参考文献

- [1] <https://www.hikrobotics.com/robot/robotplaninfo.htm?type=543&oid=4702>
- [2] IMF: 世界经济展望 (2019 年 10 月)
<https://www.imf.org/zh/Publications/WEO/Issues/2019/10/01/world-economic-outlook-october-2019>
- [3] 中国物流与采购联合会: 指数持续下行, 全球经济弱势运行 —— 从 CFLP-GPMI 看 2019 年世界经济形势
<http://www.chinawuliu.com.cn/xsyj/202001/06/346519.shtml>
中国物流与采购联合会: 从中国 (2017、2018) 仓储指数看 2019 年仓储行业形势
<http://www.chinawuliu.com.cn/office/30/176/14193.shtml>
- [4] 中国智能制造系统解决方案供应商联盟: 中国智能制造系统解决方案市场研究报告 2019-02
- [5] <http://www.dematic.cn/dematic/index.html#/sproduct/295>
- [6] <https://www.kuka.com/zh-cn/行业/机器人自动化解决方案数据库/2016/07/solution-robotics-airbus>
- [7] <http://www.eisenmann-china.com/products-and-services/?Sid=10&Pid=170>
- [8] <http://www.yicangkeji.com/product-DZBQ.html>
- [9] 《5G 业务体验建网标准白皮书》华为 2019-09
- [10] 《3GPP TS 22.261》Table 7.1-1 Performance requirements for high data rate and traffic density scenarios
- [11] <https://www.hikrobotics.com/vision/visionplaninfo.htm?type=587&oid=2065>

创泽智能机器人集团主要产品



智能服务机器人



智能陪护机器人



安防巡检机器人



消毒机器人



智能党建机器人



智能教育机器人



智能导诊机器人



银行智能机器人



室外智能消毒机器人



多功能消毒机器人



全自动智能消毒杀菌机器人



智能医用消毒机器人



了解更多登录官网

www.chuangze.cn