

5G 在物流仓储行业的融合应用研究

赵婧博¹, 乔亚娟¹, 张学智¹, 赵慧杰¹, 孙 健², 陆 燕³

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209; 2. 中国电信股份有限公司北京分公司, 北京 100010;

3. 中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200060)

摘要: 物流业是支撑国民经济发展的基础性、战略性、先导性产业。仓储作为物流行业关键环节, 面临碎片化仓储的利用率低、高标仓占比少、分拣准确率低、多仓管理难等“效率泥潭”, 而提升仓储效率瓶颈的关键是加强数字物流基础设施建设。作为新型数字化基础设施的关键技术之一, 5G 在提供低延时、高带宽、海量接入的网络能力基础上, 可以利用网络切片、边缘计算和端边云协同等先进技术, 促进计算和存储资源在端边云设施上的高效分配, 从而以更加灵活、高效、快速迭代、可演进的模式推动物流仓储的智慧化升级。梳理了基于 5G 的物流智能仓储的应用场景, 论述了 5G 技术助力物流仓储智能升级中发挥的作用和价值。

关键词: 5G; 物流仓储; 边缘计算; 网络切片; 端边云协同

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.212233

中文引用格式: 赵婧博, 乔亚娟, 张学智, 等. 5G 在物流仓储行业的融合应用研究[J]. 电子技术应用, 2021, 47(11): 16–19.

英文引用格式: Zhao Jingbo, Qiao Yajuan, Zhang Xuezhi, et al. Research on integrated application of 5G in logistics and warehousing industry[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(11): 16–19.

Research on integrated application of 5G in logistics and warehousing industry

Zhao Jingbo¹, Qiao Yajuan¹, Zhang Xuezhi¹, Zhao Huijie¹, Sun Jian², Lu Yan³

(1. Research Institute of China Telecom Corporation limited, Beijing 102209, China;

2. China Telecom Corporation Limited Beijing Branch, Beijing 100010, China;

3. China Telecom Corporation Limited Shanghai Branch, Shanghai 200060, China)

Abstract: Logistics industry is a basic, strategic and leading industry supporting the development of national economy. As the key part in the logistics industry, warehousing is faced with the “efficiency mire”, such as low utilization rate, low proportion of high-standard warehouses, low sorting accuracy, and difficult multi-warehouse management. The key to improve the efficiency of warehousing is to strengthen the construction of digital logistics infrastructure. As one of the key technologies in the new digital infrastructure, 5G can provide network capabilities with low latency, high bandwidth and massive access. 5G can also make use of advanced technologies such as network slicing, edge computing and end-edge-cloud collaboration to promote efficient allocation of computing and storage resources on edge-cloud facilities. Thus a more flexible, efficient, fast iterative and evolvable model will promote the intelligent upgrading of logistics and warehousing. This paper sorts out the application scenarios of intelligent logistics warehousing based on 5G, and discusses the role and value of 5G technology in facilitating intelligent upgrading of logistics warehousing.

Key words: 5G; logistics warehousing; multi-access edge computing; network slicing; end-edge-cloud collaborative architecture

0 引言

根据国家统计局数据^[1], 我国当前物流总费用与 GDP 值的比值约在 14%, 高于美国日本等发达国家的 8%~9%, 其中约 47% 是仓储环节成本^[2], 而仓储环节正面临的碎片化利用率低、高标仓占比少、分拣准确率低、多仓管理难等“效率泥潭”。国家发展和改革委员会在《关于推动物流高质量发展促进形成强大国内市场的意见》中明确提出: 为巩固物流降本增效成果, 提出加大重大智能物流技术研发力度, 加强物流核心装备设施研发

攻关, 推动关键技术装备产业化, 加强数字物流基础设施建设, 提高物流软件智慧化水平等政策意见。

5G 是构建的新型基础设施的关键技术之一^[3]。5G 克服了传统有线和 Wi-Fi 等技术的灵活性差、信号覆盖和终端数受限、难以大范围移动、干扰严重等问题, 可支撑大规模物流装备的实时协同控制; 利用多接入边缘计算(Multi-access Edge Computing, MEC), 将物流装备的算力需求上移至边缘, 实现低成本轻量化部署和快速迭代升级^[4]。同时, 基于 5G 广域网架构, 技术标准化和通用

化水平高,向 6G 的技术演进路线清晰^[5],利用端边云协同能力,可实现物流软件的多云协同部署,提升物流软件的智慧化水平^[6]。

1 5G 助力物流仓储的发展方向

为解决物流仓储当前面临的“效率泥潭”,仓储建筑需朝着大型园区化和枢纽式、立体空间高密化方向发展;仓储作业需朝着少人化、仓配一体化等方向发展;仓储装备需朝着大规模、高可靠、智能化方向发展;仓储管理需能适应跨区域的多仓协作、共享共用等要求。结合我国物流高质量发展的政策意见,梳理出 5G 在物流仓储发展方向上发挥的价值:助力仓储装备的规模化、助力物流软件的智慧化。

(1) 仓储装备的规模化

大规模使用仓储装备是提升仓储效率的关键。针对可靠连接类仓储装备,5G 能够提供大带宽、广连接、低延时等特性,从而支撑大规模物流装备的实时协同效率。针对具有 AI 能力的仓储装备,5G 结合 MEC 可以实现终端算力的上移,提高仓储装备的运行效率、准确率、稳定性,保证物流系统作业效率和作业质量。根据不同仓储装备协同运作的需求,5G 的网络切片技术可以在统一架构的基础上用较低成本为用户灵活提供个性化、柔性化、差异化的网络服务。

(2) 物流软件的智慧化

当前的物流管理软件还存在碎片化、功能少、部署成本高、云化水平低、开放兼容性差等问题,难以应对大规模协同式物流作业和实时化、专业化、一体化等管理需求。基于 5G 广域网架构提供的端边云基础设施能力,能够实现物流软件运营和智慧化升级所需要的计算和存储资源在端边云设施上的更高效供给,进而大幅度降低物流软件的运营成本,达到智慧化的效率提升。

2 基于 5G 的物流智能仓储的应用场景

基于上文所述 5G 在物流仓储发展方向上发挥的价值,本节具体介绍基于 5G 的智能物流仓储的应用场景。

2.1 基于 5G 专网自动化仓储装备

2.1.1 可靠连接类仓储装备

目前,我国的仓储发展正处在自动化阶段,以自动

导引车(Automated Guided Vehicle,AGV)、堆垛机、穿梭车为代表的连接类仓储装备在搬运、拣货、存取三大场景实现广泛应用^[7]。利用 5G 的大带宽、广连接、低延时等特性来支持大规模仓储装备的连接和移动范围,可保证仓储装备连接的可靠性和稳定性^[8]。典型的连接类仓储装备 AGV 和穿梭车如图 1 所示^[9],通信需求如表 1 所示。

表 1 典型的连接类仓储装备通信需求表

通信需求	穿梭车		AGV		升级包
	调度控制	设备运行状态	调度控制	设备运行状态	
单次传输数据量/B	1 500	1 500	1 500	1 500/1 500	2M/4M
端到端时延/ms	30	100	30	100	1 000
最大并行设备数量/(个/m ²)	0.1			0.1	

2.1.2 具备 AI 能力的仓储装备

随着人工智能技术的发展,智能叉车、视觉机械臂等具备 AI 能力的高端仓储装备不断涌现,大规模智能机器人的集群调度和智能化升级需求愈发迫切。5G 利用 MEC 的就近计算和边缘存储能力,将仓储装备的算力上移,能够在节省终端的硬件成本和缩减开发周期的同时,满足时延敏感的业务要求,提高仓储装备的运行效率、准确率、灵活性,保证物流系统作业效率和作业质量。典型的具有 AI 能力的仓储装备智能叉车和视觉机械臂如图 2 所示^[10],通信需求如表 2 所示。

根据可靠连接类仓储装备和具有 AI 能力的仓储装备在规模化协同使用过程中出现的差异化通信需求,5G 专网可通过网络切片技术,基于特定切片用户组的无线资源分配和隔离要求,满足不同业务的 SLA(Service Level Agreement)需求,灵活定制、合理部署硬件设备和网络资源^[11]。5G 专网的切片分类要求如表 3 所示。

2.2 端边云协同的智慧化物流软件

智能仓储的物流软件主要包括仓库管理、分拣管理、仓库控制和仓库数据等系统,如图 3 所示。

仓库管理系统(Warehouse Management System,WMS)为仓储作业过程和上下游环节提供更快、更准确、更精细的信息系统支持。为了满足对仓储管理的全局性精细化要求,WMS 需要利用大数据、云计算等技术解决集中



图 1 典型的 AGV 和穿梭车示意图

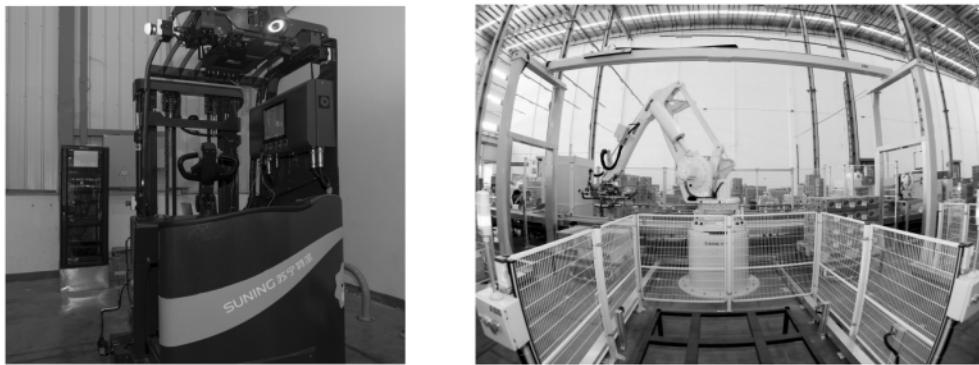


图 2 典型的智能叉车和视觉机械臂示意图

表 2 典型的具有 AI 能力的仓储装备通信需求表

通信需求	智能叉车		视觉机械臂		
	调度控制	设备运行状态	任务调度	运动学控制	设备运行状态
单次传输数据量/B	5M	-	5M	25K	30M
数据速率/(Mb/s)	-	80	1.5	10	500
端到端时延/ms	30	30	30 000	20	480
最大并行设备数量/(个/m ²)	0.01		0.003		

表 3 基于 5G 专网的智慧仓储网络切片示例

切片标识	切片用途	典型终端举例	切片保障方案
S-NSSAI			
调度控制切片 (Ctrl)	调度控制	穿梭车、堆垛机、智能叉车、AGV、智能叉车、视觉机械臂等	PRB 资源预留方式, 资源类型为 strict。上行资源预留比例 20%, 80% 资源共享
生产辅助切片 (Aux)	设备运行状态/升级等	穿梭车、堆垛机、智能叉车、AGV、智能叉车、视觉机械臂等	切片级 QoS 保障方案(GBR)。5QI: 83 或 4
共享切片 (Share)	数据采集/监控类业务	人工拣选终端、监控摄像机等其他	切片级 QoS 保障方案(Non-GBR)。5QI: 8 或 9

管理问题,逐渐向一体化、集中化、柔性化方向发展。

分拣管理系统(Distribution Management System, DMS)支持物品分拣计划调度、分播管理等生产过程。随着分拣准确性、时效性和协同性要求的持续提高,DMS 需要在调度算法和管理效率等智慧化方向上持续演进。

仓库控制系统(Warehouse Control System, WCS)是介于业务系统生产管理层和设备执行层之间的一层管理控制系统。目前的 WCS 系统根据不同的底层电气硬件

选择不同的平台,烟囱式的 WCS 无法支持更大规模的协同作业,随着 WCS 智能化功能的逐步加强,需要持续增强的算力保障和更可靠实时调度能力。

仓储数据系统将仓储数据进行备份汇总,挖掘潜在的如监控、运营、运维等提升管理效率的功能。

物流软件运营和智慧化升级需要更高效的计算和存储资源,5G 广域网架构中的边云协同基础设施能力可以按需地提供资源分配和保障。WCS 和本地仓储数据系统主要服务于园区内的智能终端,且对业务处理时延要求较高,更适合部署在本地 MEC(园区级或区域级)中。WMS、DMS 和集中仓储数据系统服务于多个物流园区和全局系统,需要满足复杂的智慧化升级需求,而且对成本比较敏感,更适合部署在低成本的公有云中。利用公有云和边缘云之间的协同策略可实现资源的高效利用,从而大幅度降低物流软件的运营成本,提高智慧化物流软件的效率。智能仓储的业务系统根据不同通信需求情况,建议分布式部署在公有云和 MEC 中^[12-15],如图 4 所示。

3 结论

本文重点分析了物流仓储行业的发展趋势,聚焦 5G 在智能仓储中具有潜力的发展方向和应用场景。2021 年是 5G 规模发展的关键年,《5G 应用“扬帆”行动计划(2021—2023 年)》明确提出了“5G+智慧物流”的发展方

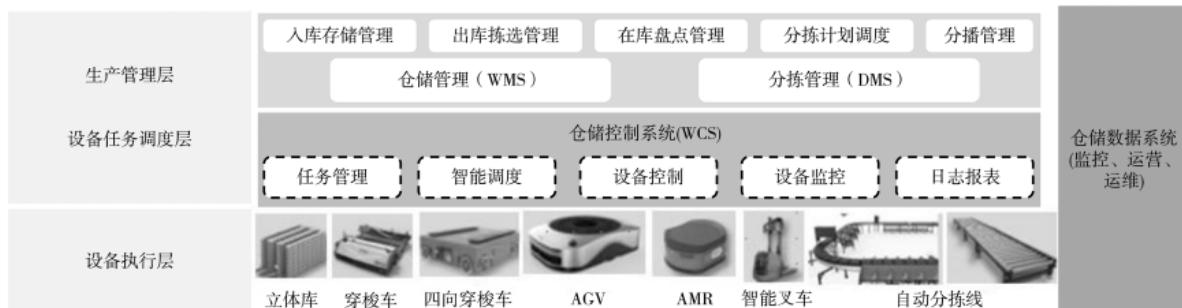


图 3 智能仓储的软件架构示意图

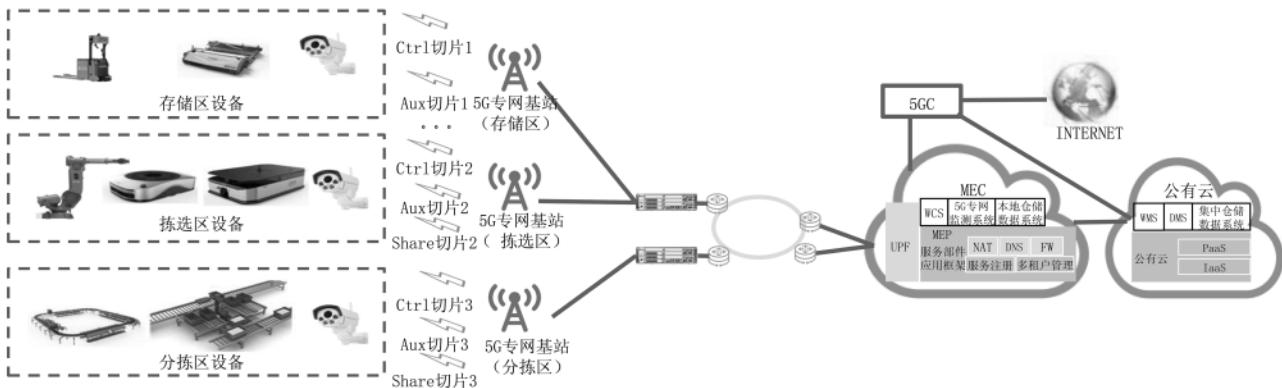


图 4 基于 5G 专网的物流智能仓储架构图

向,加强 5G 在仓库等场所的应用创新,推动 5G 在智能分拣、无人仓储等场景应用落地,推进端边云协同的物流自动化智能装备和基础设施建设,助力物流行业实现智能仓储。根据全球物流行业发展的最新趋势,无人仓储、云仓等创新模式已成为重要方向,同时新冠疫情防控也推动了仓储作业的少人化、无人化和冷链产品的溯源需求。5G 作为构建数字物流基础设施的关键技术之一,将与大数据、人工智能、区块链等技术深度融合,推动物流仓储的智慧化升级和创新。

参考文献

- [1] 李彦林.解读《国家物流枢纽布局和建设规划》[J].物流时代,2019(2):36–39.
- [2] 王媛媛.智能化仓储的发展启示[J].中国邮政,2017(3):56–59.
- [3] 尤肖虎,潘志文,高西奇,等.5G 移动通信发展趋势与若干关键技术[J].中国科学:信息科学,2014,44(5):551–563.
- [4] 尤肖虎,张川,谈晓思,等.基于 AI 的 5G 技术——研究方向与范例[J].中国科学:信息科学,2018,48(12):1589–1602.
- [5] 赵亚军,郁光辉,徐汉青.6G 移动通信网络:愿景,挑战与关键技术[J].中国科学 F 辑,2019,49(8):963–987.
- [6] 王响雷.5G 时代的智慧物流发展与物流技术变革[J].物流技术与应用,2021,26(6):90–94.
- [7] 王坤,张皓琨,荆彦明.我国物流仓储装备产业发展趋势[J].起重运输机械,2018(2):59–64,101.

(上接第 15 页)

- 模式[J].移动通信,2020,44(1):44–47.
- [8] 陈斌,陈武军,樊忠文,等.5G+MEC 专网智能制造工厂[J].通信技术,2021,54(1):215–223.
- [9] 赵远,辛冰,马洪源,等.边缘计算商业模式及落地部署关键方案[J].电信科学,2020,36(9):160–171.

(收稿日期:2021-07-16)

- [8] 梁睿.“智能物流”助力我国物流装备行业转型升级[J].起重运输机械,2017(11):43.
- [9] 中国电信,京东物流.5G 赋能未来物流[Z].2020.
- [10] 中国物流与采购联合会,苏宁物流,江苏移动,等.5G 智慧物流创新示范白皮书[Z].2020.
- [11] 董石磊,赵婧博,黄鹏.物流智能仓储的 5G 专网性能[J].电信科学,2021,37(9):153–158.
- [12] 沈云,丁鹏,薛裕颖,等.基于 5G 边云协同的柔性智能制造技术方案[J].移动通信,2021,45(2):18–23.
- [13] 吴吉义,李文娟,曹健,等.智能物联网 AIoT 研究综述[J].电信科学,2021,37(8):1–17.
- [14] SONG Y,YU F,ZHOU L,et al.Applications of the Internet of Things(IoT) in smart logistics:a comprehensive survey[J].IEEE Internet of Things Journal,2020,8(6):4250–4274.
- [15] 肖子玉,吕红卫,赵存,等.面向垂直行业的 5G 网络规划设计方法论及产品化解决方案[J].电信科学,2021,37(6):143–149.

(收稿日期:2021-10-15)

作者简介:

赵婧博(1981-),女,硕士,工程师,主要研究方向:5G 专网的关键技术。

乔亚娟(1997-),女,硕士,助理工程师,主要研究方向:5G 专网。

张学智(1983-),男,硕士,工程师,主要研究方向:5G 在垂直行业的技术与应用创新。



扫码下载电子文档

作者简介:

叶会标(1973-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:5G 通信技术应用。

沈国强(1965-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向:5G 技术的功能性。

樊忠文(1992-),男,硕士,主要研究方向:5G 通信技术优化与进展。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所