

论 见

从央视春晚上人形机器人的集体舞,到世界人形机器人运动会众多机器人的竞速,人形机器人灵巧的互动展示让我们看到了其进入人类生产生活的种种可能。国内人形机器人产业发展迅猛,多家企业获得亿元订单,人形机器人的时代已近在咫尺。

近年来,人形机器人的快速落地,得益于以大模型为代表的人工智能技术的迭代发展。通过将大模型技术植入机器人智能控制算法,人形机器人环境感知与推理能力大幅提升,复杂操作与自我学习能力得到突破。目前,“大数据+预训练+微调”已成为人形机器人智能化主流范式,正推动通用型人形机器人在各行各业展开试点应用。

虽然技术的进步让人惊叹,但人形机器人距离真正意义上的实用化还有多远?回答这个问题,需要从数据、算法、硬件等多个方面探讨人形机器人实用化前景。

数据是人形机器人智能化之本。人形机器人真实行为数据匮乏,导致机器人大模型推理和物理行为映射之间存在断层。从产业界实践看,高质量机器人操作采集数据是提升人形机器人性能的前提。许多国家已经开始构建各自的人形机器人专业大数据集,启动多个人形机器人数据采集超级工厂。目前来看,数据规模带来的智能涌现效应已在机器人模型中初露端倪,仍需做进一步深入挖掘。

人形机器人离实用化还有多远

殷文昊

算法是人形机器人智能化之核。人形机器人智能算法首先得益于大模型技术的发展。随着算法的进步,大模型已在小型化、专业化方面取得显著突破,人形机器人适配程度显著提升。虽然当下产业界普遍认为人形机器人发展卡在“软”不在“硬”,但从长期看,如果硬件发展速度跟不上算法进步,终将成为影响人形机器人发展的新桎梏。

硬件是人形机器人智能化之基。人形机器人智能化需要与之匹配的硬件支撑。虽然当下产业界普遍认为人形机器人发展卡在“软”不在“硬”,但从长期看,如果硬件发展速度跟不上算法进步,终将成为影响人形机器人发展的新桎梏。

综上所述,目前人形机器人的智能化水平总体上还远未达到全民实用化要求,但已具备数年内初步实现大众化普及的条件。

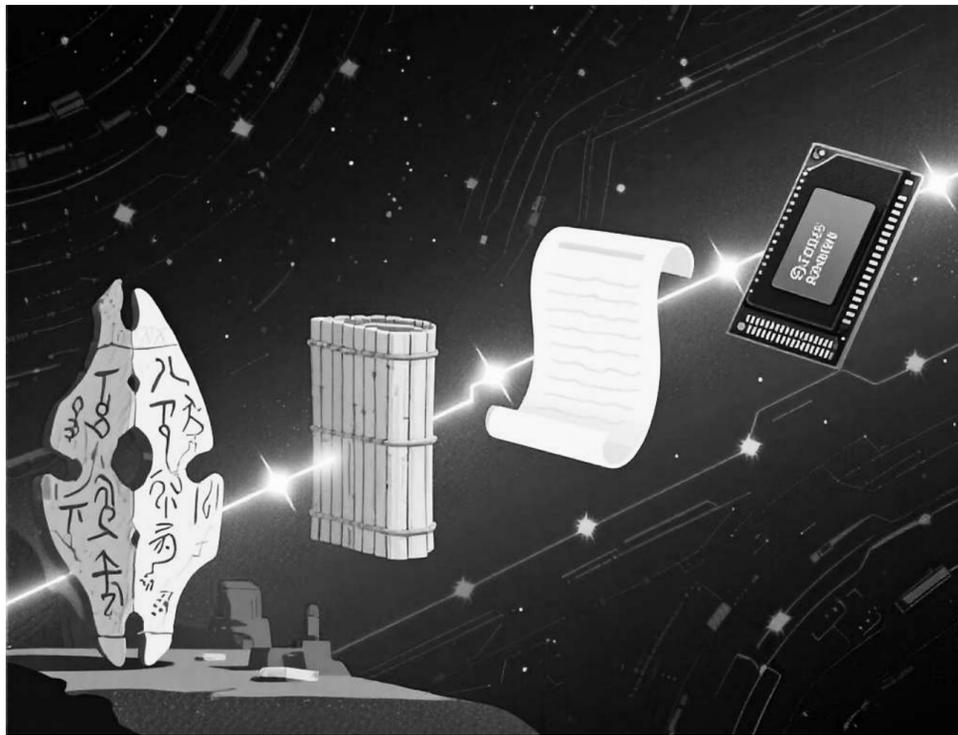
首先,人类社会存在大量重复性劳动,劳动环境可控,对机器智能化要求相对较低,这为机器人普及提供了广阔市场。经过针对性场景数据学习和基于模仿学习、强化学习的人类行为微调,人形机器人可以在工厂流水线、零售、物流、初级护理等多个领域实现商业化应用。

其次,虽然通用性是人形机器人最终追求,但在商业应用上可以按照实际需求进行精简和取舍。如在很多场景下,双腿移动并不是刚需。使用轮式驱动可以极大节约算力和硬件成本。因此,遵循“业务驱动,边研边用”的原则,人形机器人可在数年内初步看到规模化应用效应。

最后,全民机器人训练的条件已逐步成熟,必将引领小部分“尝鲜”,最终促进人形机器人技术全社会普及。随着机器人大模型开源生态的成熟、机器人产品价格降低以及国家政策支持和资本的推动,全民机器人训练热潮必将到来。这将变促进“数据飞轮”机制的良性运转,使某一领域通用型机器人产品成为可能。

存储技术:大数据时代的“记忆容器”

李玉倩 马 骁



存储介质不断发展,记录着人类文明的点点滴滴。

资料图片

高技术前沿

记忆之本——人类认知的“延伸大脑”

想象一下,假如有一个清晨,你的手机屏幕亮起,里面的存储空间却一夜归零——没有了通讯记录,没有了浏览记录,拍摄的照片和视频也消失得无影无踪。更可怕的是,这种“空白”蔓延至整个世界:银行系统瘫痪,物流信息中断,医院的电子病历化为乌有,城市智慧路灯的能耗记录荡然无存……

这并非末日幻想,而是存储技术消失后的世界样貌。

如果把现代社会比作一台超级计算机,那么存储技术就是它的“硬盘”,不仅记录当下,更封存着人类文明的“记忆切片”。

存储技术的本质,是将信息转化为某种物理状态并长久保存的过程。这种技术解决了信息在时间维度上的留存问题。没有存储技术,知识无法累积,历史无法考证,文明将如流沙般消散。古罗马时期亚历山大图书馆的大火之所以被视作人类文明的巨大创伤,正是因为它焚毁了难以估量的“存储”成果。

存储的重要性渗透在我们日常生活的方方面面。

对于个人来说,存储照片、邮件、工作文档的手机、电脑,都是数字化的“记忆容器”。在传输数据时,相信不少人遇到过“U盘已损坏”的电脑提示,也有人在利用手机拍摄视频时遭遇过“存储空间不足”的尴尬,这时,存储技术的重要性以非常直观的形式呈现在我们面前。

对于整个社会来说,存储是数字经济的“石油储备”。有研究显示,全球企业每年因数据丢失造成的损失高达1.7万亿美元,这相当于一个国家的GDP。对于人类文明而言,存储是人类认知的“延伸大脑”。大型强子对撞机每秒产生数PB数据,这些粒子碰撞的“蛛丝马迹”被存储下来,供全球物理学家探寻宇宙起源、物质本原等奥秘。没有强大的存储技术,现代科学探索寸步难行。

从3万年前洞穴岩壁上的野牛壁画,到今天一座座大数据中心的服务器阵列,人类对抗遗忘、累积智慧的脚步从未停止。存储空间的大小与可靠性,直接决定了人类文明“记忆”的容量与持久度。

时光长廊——

形形色色的存储介质

存储技术的历史,是一部不断追求更高密度、更快速度、更长寿命和更低

成本的进化史。让我们推开存储博物馆的大门,看看那些改变世界的“记忆容器”。

人类最早的存储介质是看得见摸得着的。早在远古时期,人类已经在石壁和龟甲上,记录祭祀等重要事件。到了春秋战国时期,人类将精神与智慧的结晶刻在竹简上,一套书可能需要一辆马车才拉得动。1895年,卢米埃尔兄弟拍摄了人类历史上第一部电影《火车进站》,其胶片长达17米。

1951年,雷明顿兰德公司推出了全球首台磁带机UNIVAC 1,开启了电子存储时代。在半个多世纪的时代变迁中,磁带虽然早已成为很多人口中的“恐龙”技术,却依然在数据中心扮演着“地下金库”的角色。单盘现代LTO-9磁带容量可达18TB,成本低廉,可稳定保存数据30到50年,且离线存储安全性极高。NASA的深空探测数据、迪士尼的百年影像资料,都选择磁带作为长期归档的工具。

紧随其后的是“旋转舞台”——机械硬盘。1956年,IBM公司推出的全球首台采用硬磁存储的计算机系统RAMAC重达1吨,体积相当于两台厨房冰箱。其容量仅有5MB,相当于一张高清照片的十分之一。而今天,希捷Exos M系列单盘容量已达30TB,能装下1500万本《红楼梦》。机械硬盘通过高速旋转的磁盘和精密磁头读写数据,像一个微观的“黑胶唱机”。它凭借巨大的容量和低廉的成本,依然是海量数据的理想港湾,但其机械结构带来的速度瓶颈和能耗问题也日益

凸显。

1980年,东芝工程师冈富士雄发明的“浮栅晶体管”催生了闪存,一场“闪存革命”拉开序幕。固态硬盘是其最耀眼的应用。与机械硬盘不同,固态硬盘没有机械结构,数据存储在NAND闪存颗粒中。打个比方,如果机械硬盘是用钢笔在纸上写字,固态硬盘就是用电荷在芯片上“画”0和1。2023年,消费级固态硬盘的读写速度已突破每秒10000MB,相当于每秒能传输20部5GB的4K电影。它让笔记本电脑开机快如闪电,程序加载行云流水。

从SATA到NVMe PCIe接口,固态硬盘的速度纪录不断刷新。U盘的演变更是惊人。2000年,8MB的“拇指驱动器”售价50美元。如今,只要十几元即可买到64GB的U盘,容量翻了8000倍。

当传统存储技术逼近物理极限,科学家们将目光投向更微观的世界。

DNA存储,是大自然最精妙的存储介质。其将0/1数据编码为A/T/C/G 4种碱基序列。理论上,1克DNA可存储约2亿GB数据,相当于数个大型数据中心,可在低温干燥环境下保存数千年。2012年,哈佛大学成功将一本书编码进DNA。2016年,微软与华盛顿大学合作,用DNA存储了200MB数据。虽然目前DNA合成成本高昂,但这种技术的潜力已经可以预见。

玻璃存储是另一种颇具潜力的存储技术。玻璃存储就是利用飞秒激光在玻璃内部写入和读取数据。这

种“数字水晶”耐高温、高压、水泡、强磁,寿命以万年计,是为人类文明打造“终极备份”的理想选择。华中科技大学武汉光电国家研究中心研究团队打造的“玻璃硬盘”计划将于今年落地产业化,未来将服务于数据中心、AI大模型训练数据存储等重要领域。

量子存储是量子技术实用化的研究方向之一。利用量子比特的叠加态特性,量子存储理论上能“同时存储海量信息”。今年2月,北京量子信息科学研究院研究团队研制出的光声量子存储器,以4035秒的信息存储时长刷新世界纪录。这项研究为固态量子信息存储带来了新的可能性。量子存储技术的发展,对量子计算、量子通信等技术的应用具有重要意义。

洪流之下——

“数据海啸”的破局之道

根据国际数据公司预测,2025年全球数据总量将达到175ZB(175万亿GB),相当于175万亿部高清电影。面对这场“数据海啸”,存储技术正面临四大挑战。

挑战一:能否存得下?人类每天产生海量数据。天文观测、基因测序、自动驾驶、物联网设备

的“记忆容器”,是支持社会运转的“血液”,也是为后代保存文明成果的“时光长廊”。

那么,究竟什么是存储技术?它正在为我们带来哪些改变?又有着怎样的发展潜力和前景?请看本期解读。

爆发式增长,数据增长远超摩尔定律。如何经济、高效地管理EB(相当于10亿GB)、ZB(相当于1000EB)级别的存储池?传统的“全量存储”模式已难以维系。

挑战二:能否取得到?

自动驾驶汽车每秒生成4TB传感器数据,需要实时分析避障;远程手术中,医生指令必须以微秒级延迟传输。即使是NVMe固态硬盘,在面对AI训练的数据洪流时也可能成为瓶颈。数据传输对于存储性能的需求,正在以难以想象的速度“飙升”。

挑战三:能否用得起?

全球数据中心耗电量已占全球总用电量的1%至3%,超过一些国家总用电量。其中,存储系统的能耗占比高达25%。机械硬盘的旋转、固态硬盘的散热、冷却系统的运行,都在不断吞噬着电能,“绿色存储”迫在眉睫。

挑战四:能否守得住?

2021年,美国最大燃油管道商因勒索软件攻击瘫痪,被迫支付440万美元赎金。数据泄露事件频发,存储系统成为网络攻击重灾区。此外,机械硬盘寿命只有数年,技术过时更是巨大挑战。如何实现长期可靠的数据存储是一个不容回避的问题。

在数字经济加速发展的背景下,数据的高效存储与合理配置至关重要。在这方面,除了全球范围内的科技攻关,中国提出的创新性方案——“东数西存”战略,尤为引人注目。

“东数西存”战略以构建“热一温一冷一冰”4级智能分层存储体系为关键路径,通过数据全生命周期的价值分级实现资源优化配置。高频热数据因需毫秒级响应,优先部署于东部数字产业密集区,依托完善的基础设施保障实时交互体验;中频温数据动态调配于东西部间,平衡资源使用效率;低频冷数据与归档级“冰数据”则迁移至西部,利用西部地区土地广袤、成本低廉及清洁能源优势,降低存储成本并减少碳排放。

这一模式打破了传统“数据围城”,推动东部聚焦高附加值应用创新,西部承接存储需求激活关联产业,促进东西部在基建、能源消纳、数据流通等领域形成互补。此举既破解了东部资源紧张与西部资源闲置的矛盾,又通过绿色存储助力实现“双碳”目标,最终构建起优势互补、协同共赢的数字生态,为全国数字可持续发展注入动力。

从龟甲兽骨到DNA链,从机械齿轮到量子比特,存储技术的每一次进化,都是人类对“记忆”本质的更深层探索。或许在不久的将来,博物馆里陈列着机械硬盘的“古董”,实验室里用DNA存储着人类艺术史,而在个人智能手表里,一块指甲盖大小的芯片,正安静地保存着一生的记忆。我们也会更加深刻地认识到,所谓文明的进步,从某种角度看,不过是人类不断寻找更可靠的“记忆容器”的过程,而这个过程,永远不会结束。此刻你读过的这些文字,也正无声地流淌进这一宏大的时代存储之中。

驯服波动的能量——

让清洁能源稳定供电的秘密

强裕功 朱 煜



当我们看着风力发电机叶片时转时停,太阳能板在云层遮挡下忽明忽暗,或许会好奇:这些“时有时无”的清洁能源,如何才能变成持续稳定的电力?其实,科学家们早已找到一套巧妙的方案,让波动的清洁能源变得可控可调。

应对清洁能源波动性的核心支撑来自储能系统。它并非单一设备,而是由多种技术协同构成的动态调节网络,其通过“时空转移”实现电能供需匹配:在清洁能源发电盈余时储存能量,供应不足时释放能量,从而稳定供电。

储能系统内的不同储能单元,按响应速度和容量进行分工:短时储能设备可在毫秒至秒级内响应,抵消阵风、云层遮挡等突发波动;中长时储能设备则处理小时至天级的能量调节,应对昼夜变化或连续阴雨天气等情况。然而,仅靠储能系统的被动调节还不够。作为电力系统的神经中枢,智能电网在其间发挥着主动调控的作用。它本质上是具备“感知—预测—决策—执行”闭环能力的数字化电力网络,通过全域部署的传感器实时采集风光功率、电网负荷、设备状态等数据,结合气象预测模型,可提前数分钟至数天预判发电波动趋势。

基于这些预判,电网调度系统会制定精细化策略:当预测到发电缺口时,提前指令储能系统释放能量或调用备用电源;当检测到发电盈余时,引导多余电力流向储能设备或可调节负荷。

这种主动调控模式突破了传统电网“被动适应”的局限,可以动态平衡清洁能源的随机性,保障了供电质量。通过多能互补机制从供给侧降低波动性,是提供稳定电力的又一思路。该机制不局限于单一能源,而是整合不同类型清洁能源,利用它们在不同时间、空间上的供电能力差异实现互补:太阳能白天供电能力强,风能夜间或冬季更稳定,生物质能、地热能等可提供基础电力,水电具备快速调节能力。

依托统一调度平台,采用该机制的供电系统可根据实时工况动态分配各能源供能:晴天优先消耗太阳能,大风时侧重风电,风光同时减弱时启动备用能源。当清洁能源发电出现波动时,储能系统快速响应,智能电网统筹调度,多能互补动态补位,共同将不稳定的清洁能源转化为持续可靠的电力。

左图:海上风力发电机组。

新华社发

趣闻·新知