



信息通信技术若干发展趋势

张同须, 余立

(中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 信息通信技术正在快速演进, 历经策源创新、迭代创新和融合创新3个阶段, 这3个阶段既有先后次序, 又相互重叠。根据当前新一代信息通信及相关技术的发展情况, 提出了一个总体技术发展框架, 进而据此对几个方面的技术发展趋势做了展望。总体来看, 信息通信技术和以往相比将更加多元化、融合化和一体化。

关键词: 信息通信技术; 算力网络; 人工智能; 融合; 绿色低碳; 网络安全

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2024075

Development trends of information and communication technology

ZHANG Tongxu, YU Li

China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: Information and communication technology underwent rapid evolution, experiencing three stages: source innovation, iterative innovation, and convergence innovation. These three stages were sequentially ordered yet overlapped with each other. An overall technology development framework was proposed, based on the current development of new-generation information communications and related technologies. Then, an outlook for technology development trends was made in several aspects. Overall, the development of information and communications technology was found to be more diversified, converged, and integrated than it had previously been.

Key words: information and communications technology, computility network, artificial intelligence, convergence, low-carbon green life, network security

0 引言

信息通信产业不仅是连接世界的纽带, 也是推动技术革新的关键力量。信息通信产业的发展促进了信息的快速交融, 推动了跨行业的技术融

合, 同时也引领了全球的科技进步。因此, 准确判断信息通信产业技术的发展趋势对预测行业动态、把握未来市场机遇至关重要。全球信息通信行业技术创新经历了近70年, 大致可以划分为策源创新、迭代创新、融合创新3个阶段。



(1) 策源创新。从20世纪中期到20世纪70年代末,信息通信领域实现了许多从0到1的创新,图灵机、香农信息论等基础理论,电子计算机、互联网、光纤技术、蜂窝移动通信等原创技术先后涌现,不仅标志着现代信息通信业的诞生,也为后续发展奠定了关键基础。

(2) 迭代创新。从20世纪80年代到21世纪初,信息通信技术不断演进升级,实现了从1G到4G的产业化、规模化发展;在此期间,移动互联网产业蓬勃兴起,为全球数十亿人带来科技创新的红利。

(3) 融合创新。近年来,5G、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术快速发展,形成相互支撑、齐头并进的链式变革,这些技术加速融入各领域,催生了自动驾驶、无人工厂、元宇宙等新业态和新模式,掀起了新一轮科技创新浪潮。

从国家角度看,信息通信技术的发展不仅是国家新型信息基础设施建设的关键组成部分,更直接影响一个国家在国际经济和科技竞争中的地位。我国在通信技术标准领域经历了1G空白、2G跟随、3G突破、4G同步、5G主导的历程,逐步实现了通信技术标准国际垄断的突破。从企业角度看,信息通信技术是数字化转型的基石,再有人工智能技术的加持,这种数智化服务为整个现代化产业的生产和业务流程提供了坚实支撑。3G促成了即时通信,孕育了QQ、微信等巨头,4G催生了短视频兴起,字节跳动、小红书等公司崛起。从个人角度看,信息通信技术的革新将极大地提升以人为中心的移动互联网业务使用体验。从通信、信息传递到购物、教育、娱乐和工作,都变得更加便捷高效。

当前,新一轮科技革命和产业变革深入发展,作为国民经济的战略性、基础性、先导性产业,信息通信业应善于从历史长河、时代大潮中分析趋势、把握规律。随着人类社会全面步入信息文明时代,信息和能量作为驱动人类文明进步

的两条主线,正由相对独立发展向彼此融合创新演变,信息能量化、能量信息化、信息能量一体化正在成为核心发展趋势。未来,随着无人驾驶、元宇宙、数字孪生等新技术的发展,时间、空间限制被打破,数字经济和实体经济将在更大范围、更宽领域、更深层次进一步融合。

1 总体技术发展框架

当前信息通信的技术发展特征,大致可以用如图1所示框架概括其内在的发展逻辑和相关关系。

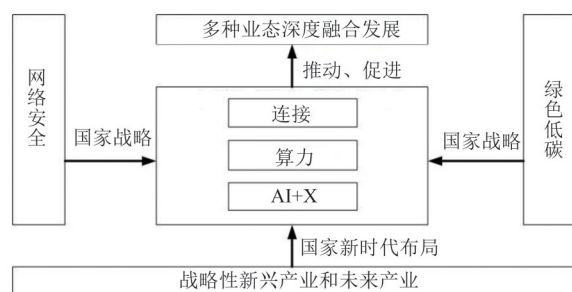


图1 当前信息通信技术发展框架

连接、算力和人工智能(artificial intelligence, AI)是现代信息通信技术和网络最重要的核心特征。连接技术将继续是网络的基本属性,无须赘述。算力随着信息技术(information technology, IT)与通信技术(communications technology, CT)不断深度融合,在网络发展中的比重越来越大,地位越来越重要,从而形成“算力网络”。人工智能随着大模型的突破性发展成为新的生产工具,从用于辅助千行百业提质增效,一跃升级为支撑社会转型发展不可或缺的核心能力,即“AI+X”,也成为现代信息网络的底座之一。

随着国民经济从高速发展向高质量发展转变,以及国家战略的需要,绿色低碳和网络安全成为信息通信业发展的两大核心要求,这样的要求将极大丰富和改变现代信息通信技术和网络的内涵和形态。与此同时,面向未来,战略性新兴产业、未来产业的发展又将成为信息通信业发展的关键推手。

这些因素的共同作用将推动现代信息技术和网络进一步向多业态、多层次的深度融合发展。下面将以此为基础,阐述如下几个方面的发展趋势。

2 技术发展趋势

2.1 信息通信基础设施由以连接为主形态的网络向连接+算力的新型综合信息设施演进,算力网络是其中的关键因素

根据中国信息通信研究院发布的数据^[1],2022年全球算力总规模达906 EFLOPS,增速达47%。预计未来5年全球算力规模将以超50%的速度增长,到2025年全球算力规模将超过3 ZFLOPS,至2030年将超过20 ZFLOPS。中国移动提出算力网络理念^[2],即以算为中心、网为根基,网、云、数、智、安、边、端、链等深度融合,提供一体化服务的新型信息基础设施。在算力网络未来的发展过程中,以下3个方面应尤其予以关注。

(1) 建设算、网基础设施,聚焦异构计算、存算一体、光网络等技术,奠定算力网络高质量发展的物理基础

在算力资源领域,创新异构计算、存算一体等技术是应对当前数据时代下算力需求持续增长的重要手段。传统的单一计算架构面临性能和功耗瓶颈,无法满足日益高涨的算力需求。异构计算能够提高算力和性能,降低功耗和成本,且具备多类型任务处理能力。异构计算存在三大技术难点:系统架构、指令集和编程模型多样性带来的开发难题,不同结构间的适配与升级问题,满足AI训练、推理等不同需求的性能的多样性合一问题。中国移动于2023年发布支持智算应用一键式跨架构迁移的平台——算力原生“芯合”,可实现应用一次开发、跨芯部署迁移。异构计算未来的攻关方向包括高效能异构计算架构、统一编程模型和工具链,以及可扩展和灵活的异构计算系统等。

随着大模型时代来临,智能数据处理和冯氏架构瓶颈成为通信领域的关键矛盾之一。存算一体架构将所有的计算都放在存储器内实现,从根本上消除了存算分离带来的存储墙问题,并能够有效改善功耗墙和内存墙。存算一体存在两大技术难点:存算一体AI核和系统级芯片(system on chip, SoC)的架构设计和实现,存算一体软件编译器的快速部署和实现。中国移动联合清华大学于2022年发布基于忆阻器的110 nm制程存算一体SoC,单芯片忆阻器集成规模突破300万,算力能效较相同工艺下的主流图形处理单元(graphics processing unit, GPU)提升2个数量级。未来需要围绕材料器件、芯片架构、编译软件和算法优化等方面进行全力攻关。

在网络资源领域,建设全光网络是提升跨区域算力调度水平,为泛在算力资源提供运力保障的必要路径。光网络的技术难点集中在光传输技术、光网络管理和控制、光接入技术等。中国移动于2023年发布400 Gbit/s光传输现网技术试验网络,横跨浙江、江西、湖南、贵州4个省,实现5 616 km超长距离陆地实时现网传输。此外,中国移动联合清华大学、华为于2023年成功开通测试了1.2 Tbit/s带宽的超高速下一代互联网主干通路,连接北京-武汉-广州,总长3 000多千米。未来全光网络的攻关方向涉及光传输技术突破、光交换与光路由技术、光器件与光芯片技术等。

(2) 推动算网融合,结合算力路由、在网计算等技术,实现算力网络即取即用的社会级服务愿景

推动算网融合是应对数据中心能耗高、算力资源利用效率不足、区域发展不协调等挑战的必然选择。算网一体的核心技术之一为算力路由,该技术通过传统路由体系中引入算力因子,实现计算和网络的联合优化^[3]。算力路由的难点集中在算力资源的指标多样化、计算资源的动态性和不确定性以及算力、网络信息的跨域传递问题。2023年3月,由中国移动主导推进的算力路由工作



组在国际互联网标准化组织获批成立,负责算力路由相关标准的立项和制定。近日,中国移动发布了具备算力感知、通告、联合路由功能的全球首台算力路由器。算力路由的后续攻关方向包括优化网络拓扑结构、确保算力路由的高效运作、推进算力路由标准制定等。算网一体的另一关键技术为在网计算,该技术使用网络设备进行数据计算,可以在高速转发过程完成应用数据处理,缩短数据传输路径,是解决分布式应用通信瓶颈问题的重要技术^[4]。在网计算的发展面临应用场景竖井式、协议实现封闭化以及编程范式差异等挑战。目前,中国移动通过算力网络试验示范网(computing force network innovative test infrastructure, CFITI)实现了在网计算创新验证,并牵头完成了在网计算行业标准立项。未来需要攻坚计算语义映射、计算程序网内编排、网内资源池化等技术,推进在网计算成为网络内生的普适能力。

(3) 构建统一算网大脑,通过多要素融合编排、算网感知、算网智能化等技术,达成算网性能与资源的联合最优解

加快形成算网大脑是面对丰富的算网业务场景、高复杂度的算网环境以及按需定制、灵活高效的需求特性的关键环节。算网大脑是算网体系的神经中枢^[2],是对算力和网络资源统一编排、调度的核心系统,重要性不言而喻。建设算网大脑的难点主要体现在技术复杂性、资源调度和管理,以及跨域协同和标准化等。中国移动于2023年10月正式启动算网大脑“天穹”全网试商用,带来了3个分钟级变化:分钟级呈现、分钟级资源调度、分钟级任务式应用开发。未来还需要攻关的算网大脑关键技术包括以下3点:多要素融合编排提供业务需求和算网基础设施之间实现的最优供需匹配的能力,其核心包括资源调度算法、算力解构技术、算力网络多要素编排模型构建等;算网感知提供对业务与算网资源状态实时捕捉、理解以及预测的能力,其核心包括算

网一体化感知体系构建、算网资源状态的实时捕捉、理解以及预测等技术;算网智能化向算网用户提供智能的算网业务,其核心包括分层的算网智能化体系架构、算网智能化平台的构建等。

2.2 AI从“X+AI”的赋能型技术向“AI+X”的赋能+新型信息设施底座演进,将对信息通信行业产生颠覆性的变革

在传统的“X+AI”模式中, AI被视为一种辅助工具,被附加在现有的通信业务的流程和产品上,用以提高效率、增强用户体验。随着以自然语言大模型为代表的通用人工智能取得重大进展, AI由助力千行百业提质增效的辅助手段,升级为支撑经济社会转型不可或缺的基础设施和核心能力,为新一代信息技术深度融入经济社会各领域全环节、促进生产力变革带来重要契机^[5]。AI的赋能模式将从“X+AI”向“AI+X”转变,为了主动把握“AI+X”的时代潮流,开辟转型升级新路径,应着重关注以下3个方面。

(1) 大规模、高质量数据驱动的多模态以及新结构的AI大模型,实现“AI+X”的高效、优质赋能

AI大模型凭借其庞大的参数规模和广泛的数据训练,能够融合多种技术,实现从感知到理解、推理的跃升,并且能够学习和适应大量不同的应用场景,为多元化的AI应用铺平了道路。LLaMa、GPT-4等大模型证明了通过增加模型参数和扩大训练数集的规模,可以显著提升AI模型的智能水平。未来, AI大模型将朝着超大规模预训练模型的方向发展,模型参数规模将实现百万亿级的突破,以更全面地服务于各行各业。在扩大模型参数规模的同时,模型性能均能得到不同程度的提升。而相较于100倍参数规模、无监督训练的模型,利用人工标注数据进行有监督微调后的模型具有更好的效果。这表明提升训练数据规模与质量同等重要。此外,多模态预训练模型,如Stable Diffusion、Qwen-VL等,通过整合

不同模态的数据信息,使AI能够提供更全面的分析和理解。最新的Sora进一步将模态拓展至视频,标志着AI大模型从单一模态向多模态发展的趋势,这将进一步推动“AI+X”赋能模式的演进。AI大模型的计算架构可以分为稠密和稀疏两种结构。稠密结构在计算过程中激活所有神经元,导致高昂的训练成本,而稀疏结构仅需部分神经元参与计算,可显著降低训练成本。例如,采用混合专家系统(mixture of experts, MoE)结构的Mixtral-8×7B模型证明了,稀疏结构能够在降低算力消耗的同时,在多项任务上达到与稠密结构相媲美的效果^[6]。因此,为了实现更高效的“AI+X”赋能模式,研发新型模型结构的AI大模型也将成为一个关键趋势。

(2) 高效微调、云边端多智能体联合协同,提升AI在特定应用场景中的性能与协作效率

AI大模型通过预训练掌握了丰富的知识,但在特定应用领域中,微调技术显得尤为重要。在实际工程应用中,利用少量高质量的特定领域数据,采用Q-LoRA、Prefix-tuning等微调技术对模型进行微调,可以显著提高模型性能^[7]。因此,进一步研发高效微调技术将成为一个关键趋势。在“AI+X”赋能过程中,多智能体的协同合作是另一项关键技术。每个智能体负责不同的功能和任务,通过有效的通信和协作机制,实现复杂系统的智能化管理和控制。因此,设计和实施多智能体之间的交互协议、决策机制和学习策略,将成为未来的研究重点,以确保系统的整体效能和稳定性。为了在各种环境下高效地部署AI大模型,需要采用高效的部署技术,包括模型压缩、量化以及分割等技术,以适应不同的硬件和平台的限制。同时,持续集成和持续部署对于AI大模型的快速迭代和更新极为关键。随着计算需求的增长,单独依赖云计算中心或单一边缘设备已不足以满足快速响应的需求,因此,云、边、端的联合协同将成为一种新的发展趋势。通过在云计算中心进行

大规模计算和存储,在边缘端进行快速响应和实时处理,在设备端执行数据采集和初步分析,可以优化数据处理流程,降低时延,提升系统效率。

(3) 构建“泛在融合”的新基础设施、“智能原生”的新服务、“联合创新”的新生态,推动“AI+X”赋能模式的高质量发展

在传统的“X+AI”赋能模式中,AI被用来为特定任务提供点状赋能。这种赋能模式通常从业务环节切入,从底向上驱动。通过在局部提质和增效来实现AI赋能。相比之下,在“AI+X”赋能模式中,AI被视为一种新的信息和系统集成方式,通过点线面体多种模式赋能整个系统,自顶向下驱动,对整个系统实现端到端升级,对原有业务流程进行重构,并升级原有组织管理结构和模式。在“AI+X”的赋能模式下,AI不仅是单个任务的辅助工具,而且是整个系统的提供者、汇聚者和运营者,从而形成新的运营模式,最终提供新质生产力。为了实现优质的“AI+X”赋能模式,未来的发展趋势是构建“泛在融合”的新基础设施。信息生成和运用主体正在从以人为主向“人机物”拓展,信息基础设施需要提供信息感知、传送、存储、处理一体化服务。中国移动将推进“数网融合”“算网融合”“智网融合”,为数据流通、算力调度和智能服务提供支撑^[8]。另一个重要方向是打造“智能原生”的新服务。利用AI技术,中国移动将加速产品形态、交互方式、客户体验的变革。通过打造“智能应用”和“推理引擎”,提供支持自然语言多轮对话、行业级AI大模型等服务,满足个性化、定制化需求。最后,构建“联合创新”的新生态是推动发展的关键,与产业伙伴共享AI大模型能力,打造模型即服务的新模式。

2.3 多种技术和形态的融合趋势愈发明显,将成为6G等未来技术发展的主要方向

融合一直是通信行业发展的趋势。从技术上看,CT和IT技术的快速发展,以及云技术在运



营商中的广泛采用,催生了算网技术的一体发展并逐步形成了算力网络体系。从功能上看,原本独立的两个领域——通信和感知,目前正在逐步走向一体化实现。从形态上看,元宇宙概念的兴起,使得数字孪生、虚拟空间等技术的研究备受关注,未来虚拟世界和实体世界的融合将是必然方向之一。从提供业务的范围来看,空天地一体的研究受到高度关注,尤其是卫星通信技术,由于火箭技术的快速进步,火箭发射卫星的能力大幅提升,发射成本大幅降低,再加上国家安全的需要,使之沉寂数十年后再次受到业界的高度重视。这些也都是6G的重要研究方向。

(1) 算网融合,构筑算力网络体系,通过算网融合支撑实现“以网强算,以算强国”

随着信息通信技术发展,云技术在运营商中广泛应用,催生了算力网络体系的建立。算力网络支撑云网融合从1.0走向2.0,这一趋势主要依赖算力网络的控制与转发、编排与调度、算力建模等技术。控制与转发技术涵盖在分布式环境对计算资源的有效管理和任务的智能路由。编排与调度技术是指在分布式系统中合理安排和优化计算任务的执行。算力建模技术对分布式计算资源进行抽象和建模。这一趋势不仅满足信息技术的资源需求,也推动了通信、计算领域的协同创新。

(2) 通感融合,通过跨域技术的持续攻关提供高精度感知与环境重构等能力,实现万物智联

原本独立的两个领域——通信和感知,正在逐步走向一体化^[9]。这一趋势主要依赖于空口技术、网络技术、人工智能服务感知技术的突破。空口技术包括通感一体波形设计、多天线感知等技术,使能无线能力向感知能力扩展。网络技术包括网络多节点协作感知、组网资源分配等技术,以网为根基实现高精度感知。人工智能服务感知技术则是通过算法对感知数据进行优化处理辅助通信决策。通感一体化将支持自动驾驶、无人机协作等高精度感知业务,促进虚拟与现实深度融合。

(3) 虚实融合,通过创新技术的综合应用实现数字世界和物理世界的高效互动与深度融合

在现代通信技术的进步中,虚拟与实体世界的融合展现出极大的潜力和重要性。这一趋势主要依赖于数字孪生、虚拟现实和增强现实等技术的综合应用。数字孪生技术通过创建设备或系统的虚拟副本来优化性能和预测故障。虚拟现实技术可使技术人员在无风险的虚拟环境中处理复杂网络问题。增强现实技术通过叠加虚拟信息到用户视野来增强实际世界的体验。虚拟和实体世界的融合不仅提高了操作效率和服务质量,还为用户带来了革新性的互动体验。

(4) 空天地融合,聚焦卫星通信、融合网络等关键技术实现天基、空基、地基网络的互联、协同和融合

空天地一体(或者空天地海一体)这一发展趋势主要依赖于星地融合时频同步、星地异构协同传输、低轨卫星通信等技术的创新发展^[10]。星地融合时频同步技术确保卫星与地面站之间在时间和频率上的同步。星地异构协同传输技术通过卫星与地面异构设备的协同工作实现高效数据传输。当前,大众手机可以实现直连高轨卫星,提供短消息与语音通话服务,但由于容量小(几十万户)、速率低(2 kbit/s)、时延高(500 ms)等缺点,无法支持更高速率、更低时延业务类型,限制了手机直连卫星的广泛应用,因此低轨卫星通信技术重新得到青睐。低轨卫星在容量、速率、时延等方面具有明显优势,可提供Mbit/s级别连接速度,时延低至十几毫秒,是未来手机直连卫星的重要发展方向。

2.4 绿色低碳从作为信息通信技术和网络的一般属性向基本属性演进,是信息通信行业迈向可持续发展的关键途径

移动通信技术的发展,给用户带来超大带宽、超低时延通信、感知泛在全新体验的同时也大幅增加了能耗。以5G基站为例,单站功耗约为

4G的2.5~3.5倍^[11]。为应对能耗挑战,中国移动推出“C2三能计划”,旨在通过清洁能源、能耗优化和极简网络架构,实现绿色转型、降低能耗。

(1) 推行清洁能源协同供给,突破储能瓶颈,从源头打造绿色低碳

在未来通信网络的构建中,绿色供电和储能将成为行业可持续发展的关键。清洁能源技术的发展使得风电、光伏等可再生能源的协同供给成为可能;同时,“锂进铅退”等绿色储能技术的演进提高了蓄电介质的能量密度,为通信基站的运行提供更加稳定的能源。未来通信行业将更加注重能源的协同供给与配置优化,从而降低能源成本,推动通信行业可持续发展。

(2) 依托能耗优化技术,提升设备资源利用率,减少非必要能源浪费

应对通信行业能源需求激增的另外一个重要技术方向为能耗优化,包括智能关断^[12]和液冷散热技术。智能关断技术允许不同类型的服务与设备共享同一频谱设备,使网络更灵活、高效地利用频谱资源。此外,使用浸没式、微通道等液冷散热技术可提升数据中心的能效和稳定性。未来,通信行业将会更注重能耗优化技术的攻关,打造低碳数据中心与低碳网络。

(3) 打造极简通信网络,突破传统架构能耗壁垒,开创绿色通信新范式

极简网络的目标是重构通信网络架构,构建基础网、云网和算网极简架构,降低网络复杂度,提高网络资源利用率,同时减少人工干预并降低运营成本。未来将基于用户和业务需求,制定极简网络方案,简化网络层级、优化载频配置,从而革命性提升网络效率。

2.5 网络和信息安全技术和体系将进一步迭代升级,是未来信息通信网络的重要特征

构建安全信息通信基础设施至关重要,不仅是移动互联网行业的基础保障,更是构建网络空间命运共同体的迫切要求^[13]。传统通信行业主要

关注硬件安全,以保障通信服务的稳定运行。而现在各种网络攻击、信息窃取等安全问题层出不穷。为做好网络公共安全建设,提供放心服务,未来网络公共安全的发展重心将逐步向平台和应用等软件领域倾斜。

(1) 设备安全技术,加固基础防护设施,为网络稳定运行保驾护航

设备安全是通信网络稳定运行的关键,是通信行业自诞生至今始终关注的核心要素。未来将强化芯片、固件等基础设施的安全内置。研发访问控制、身份验证、安全启动等技术,确保仅授权用户能访问设备。关注802.1X协议等链路层安全技术,为设备提供动态访问控制。挖掘接口加密等接口安全技术,防止未经授权访问和数据泄露。探索加密通信、入侵检测与防御技术,确保物联网/车联网设备间安全通信。

(2) 平台安全技术,构筑多层次防护体系,确保数据传输安全可靠

数字化时代,网络平台安全至关重要。未来将聚焦云防火墙、自动化协同响应等技术,保护网络边界,抵御恶意流量和攻击。推进系统硬化技术,通过关闭非必要服务和端口、修补漏洞来降低风险。挖掘零信任安全模型和差分隐私技术,增强云计算服务的安全性和隐私保护。

(3) 应用安全技术,推进AI与数据安全创新,确保高效、可靠、私密的通信环境

通信行业正努力构建安全的通信应用环境,以满足用户对于高速、可靠和私密通信的需求。未来通信行业将不断创新与优化AI及数据安全,实现安全贯穿业务和数据全链路。研发对抗训练、数据分布修正等技术,提高AI系统在训练和推理过程中抵御安全威胁的能力。探索量子加密、访问控制、数据脱敏等技术,确保数据的机密性、完整性和可用性,防止数据泄露、被篡改和丢失。



2.6 新兴技术产业加速布局, 战略新兴产业和未来产业研究日趋受到关注

布局新兴技术产业, 在当今科技迅速发展的背景下, 显得尤为重要。布局新兴技术产业主要可以分为战略性新兴产业和未来产业两个方面, 战略性新兴产业可以理解为对现有新技术的研究与应用; 未来产业则是对未来信息技术和未来网络的提前布局。下面将以量子、存算一体和AI大模型为例阐述新兴技术产业的重要性。

(1) 量子芯片与量子计算: 引领未来计算与信息传递技术变革

未来, 通信行业将迎来全新变革, 而量子技术将成为引领这一变革的重要力量。量子芯片是量子计算机的核心, 它利用量子比特 (qubits) 处理信息。与传统的二进制比特不同, qubits 可以同时处于 0 和 1 的状态, 这使得量子计算机在处理复杂问题时具有巨大的并行计算优势^[14]。量子芯片的发展预示着计算能力的飞跃, 特别是在解决优化问题、模拟量子系统和密码学等领域。

量子计算则是指利用量子芯片进行信息处理的过程, 其优势在于能够处理传统计算机难以解决的大规模计算问题。量子计算的潜力在于其对现有计算模型的颠覆, 预示着计算效率和能力的根本变革。

量子芯片和量子计算技术的突破将为量子通信提供硬件和技术基础。量子通信利用量子纠缠和量子密钥分发技术, 确保信息传输的安全性。其优势在于提供了一种理论上不可破解的通信方式, 对于保护敏感数据至关重要。量子通信技术的发展将为金融、国防和个人隐私保护等领域提供新的安全通信解决方案。

(2) 存算一体: 合并数据存储与处理, 极大提升数据处理效率

在传统架构中, 数据必须在存储和处理单元之间频繁传输, 这不仅增加了处理时间, 也导致了能量上的浪费。存算一体技术通过融合存储和

计算单元, 能够在数据存储位置直接进行数据处理, 显著提高数据处理速度, 同时降低能耗^[15]。这种整合带来的高效性和能效优化对于应对当今数据量爆炸式增长尤为关键。在大数据分析、云计算、物联网、人工智能等领域, 存算一体技术能够实现更快速的数据处理和更低的能源消耗, 为这些领域带来革命性的变革。存算一体不仅代表了计算技术的未来趋势, 也是推动各行各业智能化升级的关键因素。

(3) AI大模型: 通信行业智能化升级的关键驱动力

随着人工智能技术的飞速发展, AI大模型已成为未来通信行业技术发展的基础底座。这些大规模预训练模型拥有处理和理解大量数据的能力, 能够提供更精准的预测、更自然的语言理解和更复杂的决策支持。AI大模型的发展不仅极大地推动了机器学习和深度学习技术的进步, 还在自然语言处理、图像识别、自动化决策等多个领域显示出巨大的应用潜力。此外, 这些模型在语音识别、情感分析、机器人技术等方面也展现了强大的应用前景。AI大模型因其在数据处理和分析方面的高效率和准确性, 正成为推动通信行业智能化升级的关键驱动力。

3 结束语

本文对当前通信行业的技术现状进行了系统的综述, 并对未来技术发展方向做了展望, 覆盖算力网络、“AI+X”、多技术及形态融合、绿色低碳、网络公共安全以及新兴技术产业六大领域, 预示着通信产业未来的技术发展风向。本文概述了通信技术在现代社会的重要地位, 重点分析了各种发展趋势的内在逻辑和相互关联, 强调了这些趋势对全球经济和社会发展的深远影响。未来, 通信技术的不断进步将推动全球信息社会的建设, 促进经济发展和科技创新, 也将为人们的生活带来更多便利与价值, 提升社会福祉。面对

科技的高速演进,通信行业技术发展的挑战与机遇并存,技术发展与迭代的脚步一刻也不能停歇。我们需要不断更新知识和技能,以适应通信行业的发展需求。同时积极探索新技术,推动行业创新与升级,为全球经济和社会发展注入新的动力。

参考文献:

- [1] 中国信息通信研究院. 中国算力发展指数白皮书(2023)[R]. 2023.
China Academy of Information and Communications Technology. China computing power development index white paper (2023)[R]. 2023.
- [2] 中国移动通信集团有限公司. 中国移动算力网络白皮书[R]. 2021.
China Mobile Communications Co., Ltd. China mobile computing power network white paper[R]. 2021.
- [3] 段晓东, 姚惠娟, 付月霞, 等. 面向算网一体化演进的算力网络技术[J]. 电信科学, 2021, 37(10): 76-85.
DUAN X D, YAO H J, FU Y X, et al. Computing force network technologies for computing and network integration evolution[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(10): 76-85.
- [4] 中国移动通信集团有限公司. 在网计算(NACA)技术白皮书[R]. 2023.
China Mobile Communications Co., Ltd. Network assisted computing acceleration (NACA) technology white paper[R]. 2023.
- [5] 华为技术有限公司. 智能世界2030[R]. 2021.
Huawei Technologies Co., Ltd. Intelligent world 2030[R]. 2021.
- [6] JIANG A Q, SABLAYROLLES A, ROUX A, et al. Mixtral of experts[J]. arXiv preprint arXiv:2401.04088, 2024.
- [7] LIALIN V, DESHPANDE V, RUMSHISKY A. Scaling down to scale up: A guide to parameter-efficient fine-tuning[J]. arXiv preprint arXiv:2303.15647, 2023.
- [8] 杨杰. 从“5G+”到“AI+”,携手共创数智未来[R]. 世界移动通信大会. 2024.
YANG J. From “5G+” to “AI+”, create a digital future together[R]. Mobile World Congress. 2024.
- [9] IMT-2030(6G)推进组. 通信感知一体化技术研究报告[R]. 2022.
IMT-2030(6G) Promotion Group. Research report on integrated communication perception technology[R]. 2022.
- [10] 中信科移动通信技术股份有限公司, 无线移动通信全国重点实验室(中国信科). 星地融合通信白皮书[R]. 2023.
China Information and Communications Technology Group Co., Ltd., National Key Laboratory of Wireless Mobile Communications (China Information Technology). White paper on integrated terrestrial-satellite communication[R]. 2023.
- [11] 韩夏. 移动通信和互联网在中国的现状及发展机遇[J]. 通信世界, 2001(2): 17.
HAN X. The present situation and development opportunities of mobile communication and Internet in China[J]. Communications World, 2001(2): 17.
- [12] 安涛, 何明宪. 双碳目标达成与移动通信基站节能减排技术的探索[J]. 移动通信, 2022, 46(3): 93-98, 102.
AN T, HE M X. Exploration on energy conservation and emission reduction technology of mobile communication base station under double carbon target[J]. Mobile Communications, 2022, 46(3): 93-98, 102.
- [13] 李金鑫. 论习近平构建网络空间命运共同体思想的时代意义[J]. 决策探索(下), 2019(4): 18.
LI J X. On the epochal significance of Xi Jinping's thought on building a community of shared future in cyberspace[J]. Policy Research & Exploration, 2019(4): 18.
- [14] 郭光灿, 周正威, 郭国平, 等. 量子计算机的发展现状与趋势[J]. 中国科学院院刊, 2010, 25(5): 516-524.
GUO G C, ZHOU Z W, GUO G P, et al. Present status and trends of development of quantum computers[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2010, 25(5): 516-524.
- [15] 中国移动通信集团有限公司. 存算一体助力算力网络创新发展[R]. 2022.
China Mobile Communications Corporation. The integration of storage and computation to boost innovation in the development of computing networks [R]. 2022.

作者简介



张同须 (1964-), 男, 中国移动通信有限公司研究院原院长, 现任中国移动科学技术委员会常务副主任、教授级高级工程师, 长期从事移动及数据通信网络的设计及研究工作。



余立 (1981-), 男, 中国移动通信有限公司研究院中国移动(浙江)创新研究院副院长、教授级高级工程师, 长期从事通信网络、人工智能领域的研究工作。