



综述

抢抓数字经济发展和数字化转型机遇， 加快推进信息通信科技创新 ——从 2020 年中国通信学会科学技术奖看信息通信科技发展趋势

中国通信学会

摘 要：以 5G、人工智能、天空地一体化网络等为代表的新一代信息通信技术创新、产业发展和新型信息基础设施建设，对于实施网络强国战略和全面建设社会主义现代化国家将起到重要的推动作用。结合当前信息通信领域的科技发展情况，中国通信学会总结梳理了信息通信领域科技创新的重点方向，包括新一代移动通信、网络赋能、量子通信、卫星互联网、智慧网络运维、网络空间安全、物联网和车联网、网络降本增效以及基础性技术等，为社会各界了解信息通信领域的科技发展情况提供参考。

关键词：5G；信息通信；科技创新；科学技术奖；趋势发展

中图分类号：F49

文献标识码：A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021024

Loosing no time to deploy digital economy and digital transformation to spur ICT innovation ——The latest ICT development trend showcased in the science and technology award of CIC in 2020

China Institute of Communications (CIC)

Abstract: ICT Innovation, industrial development and the new information infrastructure construction, represented by 5G, artificial intelligence, and integrated space-air-ground networks will play an important role in the implementation of the national strategy of building a powerful communications network and comprehensively building a modern socialist country. Based on the current technological development in the ICT field, the China Institute of Communications summarized and sorted out the key directions of technological innovation in this field, including a new generation of mobile communications, network enabling, quantum communications, satellite internet, smart network operation and maintenance, cyberspace security, and the internet of things and the internet of vehicles, network cost reduction and efficiency enhancement, and basic technologies, etc., providing references for all walks of life to understand the technological development in the ICT field.

Key words: 5G, information communication, scientific and technological innovation, science and technology award, trend of development



1 引言

当今世界正经历着百年未有之大变局。2020年,一场突发的新冠肺炎疫情给全球政治经济带来了巨大的危机与挑战。面对突如其来的疫情,我国在中国共产党的坚强领导下,取得了抗击疫情斗争的重大战略成果,在短时间内控制疫情蔓延,并在全世界经济持续低迷的情况下,率先恢复经济增长,为世界抗击新冠肺炎疫情及恢复经济注入一剂强心针。在全民抗疫斗争中,5G、大数据等新一代信息通信技术发挥了重要作用,5G网络支持远程办公,使用大数据统计复工复产情况,各类抗疫创新型应用(如健康码、行程码)及时显示用户健康出行情况,保证了抗疫斗争有序开展和复工复产复学。当前我国通信领域发展迅猛,以5G为代表的新一代信息技术领域处于世界领先地位,5G商用一年以来,网络建设快速推进、技术产业持续创新;同时,中央作出了加快新型基础设施建设的战略部署,将人工智能、大数据、卫星互联网等作为新型信息基础设施纳入“新基建”范畴,成为科技创新的热点。

“中国通信学会科学技术奖”是在工业和信息化部支持下,经科学技术部批准,由中国通信学会负责组织,面向全国通信行业设立的经常性科学技术奖,是我国信息通信领域最具权威性的科学技术类奖项,至今已连续评选18届。“中国通信学会科学技术奖”面向全国信息通信行业,重点奖励在信息通信科学研究、技术创新与开发、实现高新技术产业化和科技成果推广应用等方面取得突破或者做出突出贡献的个人和组织。奖励范围包括通信领域基础理论、决策科学、科研开发、工程应用和科普教育等方面的优秀成果。经过严格评审、公示,2020年“中国通信学会科学技术奖”共评选出35个获奖项目,其中一等奖9项、二等奖12项、三等奖14项。中国通信学会根据35个获奖项目,结合当前信息通信领域科

学技术发展情况,归纳梳理了本领域科学技术创新的9项趋势,希望能为社会各界了解信息通信领域的科技发展情况提供有价值的参考。

2 信息通信领域科学技术创新的趋势

(1) 5G商用推广,新一代移动通信技术创新加快推进

5G技术具有数据传输速率高、网络时延低的优势。传输速率最高可达10 Gbit/s,比4G LTE蜂窝网络快100倍;网络时延低于1 ms,远低于4G的30~70 ms。为满足经济社会发展对移动通信日益增长的需求,2019年6月6日,工业和信息化部向中国电信、中国移动、中国联通、中国广电发放5G商用牌照。中国正式进入5G商用阶段。

在5G技术研发、网络部署中,中国信息通信科技工作者开展了大量创新型工作,取得了一批创新成果。在获得2020年中国通信学会科学技术奖的项目中,北京大学、中兴、西安空间无线电技术研究所经过十余年努力,联合研究提出了“同频同时全双工移动网络通信技术”并实现组网验证,可将频谱效率提升1倍以上;北京邮电大学联合北京佰才邦技术股份有限公司、中国电信,针对移动通信基础设施薄弱地区和灾害应急场景中的高效组网难题,研究提出了“敏捷立体覆盖无线组网技术”,研制了相应移动通信云基站、无人机空中基站,在西藏昌都、新疆和田等地区应用取得了良好效果;北京邮电大学、中国信息通信研究院组成的项目组持续推进“无线网络的云雾适配理论与方法”研究,针对无线通信与计算协同的“架构适配难、性能分析难、资源协同难”三大挑战,基于云雾适配的创新思想,构建了云雾无线组网机理,提出了异质资源云雾协同调配方法,形成一套无线网络的云雾适配新理论与方法体系;国家无线电监测中心联合电信企业开展了“5G频谱策略和兼容解决方案”研究,在全球率先完成5G系统与其他无线电业务间的多类型、

多场景干扰分析和测试验证工作,开创性提出 5G 射频指标以及多业务、多系统频率共享和干扰缓解工程方案,突破中频段兼容困难导致的频谱资源不足瓶颈,为我国 5G 商用提供了资源保障。

5G 产业发展需要信息通信产业与传统产业深度融合,涉及元器件、终端、网络、平台等多领域联动创新,在商用初期难免出现技术与应用不匹配、应用支撑产业生态不成熟等问题,且产业互联网的拓展涉及要素更为复杂,需要在多个产业布局,在技术研发、网络覆盖与优化、应用开放等方面开展协同创新,推动我国 5G 尽快走出导入期。此外,根据“使用一代、建设一代、研发一代”的信息技术发展规律,需要面向更高速率、更低时延、更广连接,对与 B5G/6G 相关的技术、标准、频谱等方面展开系统研究,在关键技术和设备上实现更高水平的自主知识产权突破。

(2) 跨领域融合创新活跃,网络赋能数字化转型

当前,与其他行业和领域的融合赋能是信息通信技术 (ICT) 创新发展的最突出特征之一。在经济社会加速数字化转型的背景下,ICT 赋能各行各业的步伐加快,网络赋能技术创新日趋活跃,满足各行业特定发展需求的融合性技术不断涌现,成为互联网由消费型向生产型转型的重要推动力。

在 2020 年中国通信学会科学技术奖评选中,涌现出一批网络赋能技术的创新成果。针对当前电网运行特性越发复杂、电网安全运行与稳定控制难度大幅提升的难题,中国电力科学研究院牵头实施的“电力实时广域稳定控制通信系统”项目,解决了跨区互联大电网的广域协调控制和低时延高可靠通信问题,提高了电力实时广域稳定控制系统的运维和管理水平,有效地保障了跨区电网互联的安全稳定运行,为未来实现能源互联网奠定了基础。中国电信牵头研发的“工业 PON

系统关键技术”,聚焦工业场景下光网络统一融合承载关键技术创新和应用推广,在全球首创将 PON 技术应用于工业互联网场景,攻克了 PON 融合承载工业园区网络的关键技术难题,为工业互联网发展提供更多技术选择。中国联通“企业级容器化大数据及微服务开发部署一体化能力输出平台”项目,运用 Kubernetes+Docker 的技术路线,可在线开放大数据、人工智能、云原生等基建环境,全面支撑数据中台和管理中台建设,赋能客户经营、产品创新和价值提升。

(3) 量子通信加快布局,量子保密通信实现突破

量子通信是利用量子叠加态和纠缠效应进行信息传递的新型通信方式,基于量子力学中的不确定性、测量坍缩和不可克隆三大原理可提供无法被窃听和计算破解的绝对安全性保证,主要分为量子隐形传态 (quantum teleportation, QT) 和量子密钥分发 (quantum key distribution, QKD) 两种。QT 目前仍处于理论研究和实验探索阶段,距离实用化尚有较大差距;而基于 QKD 与经典对称密码算法相结合的量子保密通信技术是量子通信领域中率先走向实用化和产业化的技术方向,有望为信息安全领域带来可实现长期安全性保障的保密通信方案。

清华大学基于 QKD 模式牵头开展了对“量子保密通信的安全可靠传输理论与方法”的研究。与国内外同行相比,该项目在抗噪声抗损耗量子直接通信编码、量子保密通信的木马攻击和密集编码攻击检测与防范、量子态高效传输编码等方面取得了突破性创新,建立了新的量子保密通信安全可靠传输的理论方法,开启了新的研究方向,促进了量子保密通信的实用化发展,获得国际学术同行的高度评价。项目成果获得 2020 年中国通信学会科学技术奖一等奖。

QKD 本质上是一种点对点技术,通过构建 QKD 网络才能实现多用户间的保密通信。目前来



看,将点对点 QKD 扩展为多用户 QKD 网络的方案可以分为 3 类,分别基于无源光器件、可信中继和量子中继来实现。前两者虽然通过现有技术即可实现,但各有一定的局限性,目前距离实现真正的量子中继网络仍有不小的距离。此外,QKD 系统在光纤现网中的传输能力和安全成码率有限,且传输距离和安全密钥速率相互制约,量子保密通信应用场景受限明显,长距离传输的可信中继节点可能成为安全风险点,实际系统和器件的非理想特性有可能成为被窃听者利用的安全漏洞,需要进行安全性研究和测试,并采取防护措施。基于 QT 构建量子信息网络是量子通信未来创新的重点,也是欧美国家大力布局攻关的重要方向。

(4) 卫星互联网起步,空天地一体化通信技术创新活跃

2020 年 4 月,国家发展和改革委员会首次明确“新基建”范围,卫星互联网被纳入其中。当前,全球大部分人口密集地区已经实现较为完善的地面移动通信网络覆盖,但在海洋、沙漠、山区等偏远地区或飞机、高铁等高速移动的交通工具上,地面移动通信网络铺设难度大、运营成本高,容易受到地形和地理灾害的限制。卫星互联网基于卫星通信技术,通过发射一定数量的卫星形成规模组网、辐射全球,构建具备实时信息处理的大卫星系统,形成向地面和空中终端提供宽带互联网接入等通信服务的新型网络。卫星互联网受地理条件和自然灾害影响较小,具有全球覆盖、低成本、不受地域限制等优势。

空间信息网络是信息时代国家在太空领域的战略性公共基础设施和科技强国的重要技术标志,已成为各国发展和竞争的重点。跨地域、跨海域、跨空域的空天地一体化通信网络将多元通信平台设施结合起来,可提供更加广阔和多样化的无线通信业务,可广泛应用于远洋航行、导航定位、航空运输、航天测控、应急救援、大型交

通工具通信、光纤不可达地区生产管控等场景,实现全球无缝泛在网络覆盖,消除数字鸿沟。

在 2020 年中国通信学会科学技术奖获奖项目中,清华大学团队研究的“卫星动态按需覆盖通信技术”,打破了传统全覆盖模式,使用动态按需覆盖策略,在卫星通信波束自由度构造、波束自由度与用户需求最优匹配、面向用户多样性需求变化的动态资源优化等方面取得了创新成果,从根本上提高卫星通信效率,为我国卫星互联网发展提供了重要参考和借鉴;“空间信息网络无线资源优化与物理层安全技术研究”项目,针对空间信息网络组网和安全传输中的无线资源优化与物理层安全技术等基础性问题,创新性提出了星地混合网络容量上界和骨干卫星网功率控制模型,面向分布式星群的功率消耗、能耗与系统容量博弈关系模型,无线中继传输中物理层安全传输模型以及物理层安全波束成形理论方法,在有关重大项目中得到实际应用。

(5) 人工智能进入实用化时代,助力网络智慧运维

近年来,人工智能技术得到了长足发展,在很多行业得到运用,但在信息通信行业尚处启蒙阶段。基于人工智能的网络智慧运维目前已成为国内外信息通信行业的热点,未来或将成为网络标配。

当前,国内主要电信运营企业从网络运维技术、管理模式、组织架构方面加强创新,探索网络运维智能化转型;华为、中兴等解决方案提供商也在开展基于 AI、大数据和云计算的智能网络运维解决方案的研究。中国移动“面向通信行业的九天人工智能平台及应用”项目,运用人工智能技术快速、高效、低成本支撑通信行业生产应用,从基础平台、核心能力和规模化应用产品 3 个层面提供丰富的 AI 服务,实现算力、算法、数据和能力的开放,支撑自有产品、服务以及对外协作的智能化转型。“基于三维仿真的 4G/5G 无线网

络智能规划调度系统”利用自研模型和算法,实现了4G/5G基站智能选址、网络空闲载波软调度以及基站全生命周期自动化评估,在2020年疫情防控工作中,高效精准支撑并保障了广东省与抗疫相关部门及30个定点医院移动通信信号的稳定。

人工智能助力智慧网络运维,将有效提升网络维护工作效率,增强故障智能诊断、故障自愈能力,提高网络的可靠性和生存性,节约运行维护成本,取得显著的经济效益和社会效益。

(6) 网络空间安全形势复杂严峻,新技术强化安全保障

网络空间安全是国家安全的重要组成部分,稳定的安全保障是网络空间繁荣稳定的前提和基础。当前,网络空间安全形势严峻,网络攻击频繁发生,政府、重要企事业单位网站成为黑客攻击的重点目标。网络空间安全面临的一大问题是全球数字化转型、网络空间拓展,导致网络空间安全与物理世界安全相互交织,经济社会运行面临前所未有的安全挑战。同时,人工智能的发展,给网络安全攻防技术带来了新的可能,也带来诸多新的安全风险挑战。

网络空间安全不仅需要从法律制度规则上加以规范,更需要通过技术创新加强安全风险发现与监测,及时加以防控,从而提升抵御安全威胁的能力。在2020年中国通信学会科学技术奖获奖成果中,“关键信息基础设施网络资产发现及威胁监测技术与应用”项目首次研制了集网络资产采集、资源库构建、资产发现和归属判别、威胁检测、安全主动验证、信息泄露线索发现为一体的关键信息基础设施网络资产发现与威胁监测平台,解决网络资产归属不清、安全监测风险不明等问题,在电信、金融、能源等多个领域得到应用,有效提升关键信息基础设施安全保护水平;“基于云边情报协同的智能威胁检测和分析技术攻关及规模应用”项目,提出了智能威胁检测和分析技术,可为各类网站提供安全防护、及时检

测并阻断各类网络攻击;“基于云边情报协同的智能威胁检测和分析技术攻关及规模应用”项目,在网络端到端安全技术基础上,推出了一键登录、SIM认证、实名认证、区块链存证等系列服务,为手机端应用、PC端IT系统提供安全便捷的账号登录、身份认证能力。

(7) 物联网深化行业应用,车联网携手5G加快突破

物联网已成为全球新一轮科技革命与产业变革的重要驱动力。在历经概念兴起驱动、示范应用引领等阶段后,近年来物联网技术取得了显著进步,产业逐步趋于成熟,逐渐在各行业得到深化应用,正加快转化为现实生产力。海康威视多年深耕视频监控领域,牵头研发了“视频物联网智能分析关键技术”,着眼视频物联网领域,提出了柔性可重构的多维感知体系架构、复杂网络环境下视频监控系统运行管理和软件维护技术、智能分析视频的压缩编码技术以及跨时空多源数据关联技术,解决了原有体系架构僵化、网络管理复杂、高清视频传输困难、视频分析缺乏智能等技术难题,推动了视频监控行业的技术进步,在智慧城市、“雪亮工程”等重大项目中发挥了重要作用。

车联网是借助新一代信息通信技术,实现车内、车与车、车与路、车与人、车与服务平台的全方位网络连接。蜂窝车联网(C-V2X)无线通信技术是构建“人—车—路—云”协同车联网产业生态的关键性技术。随着我国5G商用的推广,基于C-V2X与5G等新技术相结合的车联网应用,正在从信息服务向提升安全效率和自动驾驶服务演进。中国联通牵头实施的“车联网关键技术研究及创新业务示范”项目,针对智慧交通面临的技术难点,采用C-V2X与5G/4G技术相结合的“车—路—云”一体化端到端网络整体架构,基于5G空口、边缘计算、网络切片、高精度定位、安全防护策略等关键技术,可满足不同场景的业



务需求，为后续推动车联网创新业务应用打下了良好基础。加快推进 C-V2X 技术创新及产业化，不仅有利于车联网生态的打造，也有利于 5G 的商业化应用，发展潜力巨大，应用前景广阔。

(8) 加快共建共享和绿色化发展，推进网络降本增效

在 5G 等信息通信技术实用化过程中，通过技术创新降低网络运营成本、提升经营效益成为影响商业化进程的重要方面。我国电信运营企业加强与上下游的协同合作，不断创新性地研究提出网络降本增效技术和解决方案，取得了良好的效果。

网络设施的共建共享将有效降低通信网络建设和运营成本，是电信运营企业贯彻新发展理念的本质要求。中国电信、中国联通全球首创的“5G 共建共享关键技术”，实现了 5G 共享网络的端到端解决方案和产业化规模商用，建成全球首例、规模最大的 5G 共建共享网络，显著提升 5G 用户体验和网络覆盖能力。在实际操作中，运营企业加强与设备提供商的合作，完成了 3.5 GHz 频段大带宽、大容量、高性能共建共享基站设备的研发和商用。

随着数字化转型的加快，全社会对宽带无线移动通信和数据中心服务器的需求量猛增，加强技术创新，增加绿色清洁能源应用普及，降低设备单位能耗，成为电信运营商降本增效实现绿色化发展的必然选择。中国铁塔公司针对能源消耗高、解决方案单一的现状，围绕移动通信基站分布式光伏双极化供电、动力电池梯级再利用、削峰填谷综合利用、光伏上塔等关键技术，开展了技术攻关和应用创新，并取得了突破。中国移动实施的“新型高效混合供电技术研究与应用”项目，攻克了交直流电源单元（PSU）并联工作、多路供电比例动态响应、非一致性蓄电池组并联充放电保护等技术难题，进一步提高了数据中心供电系统效率。

(9) 瞄准产业链供应链短板，加快基础性技术攻关

我国信息通信网络国产化设备已逐渐成为主流，但其中的处理、存储、基带等核心芯片国产化进程却较为缓慢。在美国限制打压的背景下，通信核心芯片的国产化成为大势所趋，迫切需提升国内集成电路技术的整体水平，同时也亟需加快通信芯片基础性技术攻关，着力培育形成国产通信芯片创新生态系统。以 2020 年获奖项目为例，微波电路小型化是当前的热点和趋势，广东工业大学牵头研究了“大带宽小型化微波通信集成电路设计方法”，解决微波接收机存在的镜像干扰和无法实现超宽带的问题，在国际上率先将基于分布参数电路和基于集总参数电路的两种设计方法进行融合，通过高精度和快速可迭代设计，改进了无源微波电路的小型化设计方法，实现了一系列小型化微波无源电路，并实现产业化，取得了良好的商业效果。

国内网络测试仪器仪表长期依赖国外厂商。针对新兴无线通信系统对弱信号检测识别的需求和挑战，深圳大学、北京邮电大学等单位联合开展“自适应控制的宽带无线通信测试关键技术”研究，利用弱信号检测识别、高精度射频校准测量等原创技术自主研发了无线通信测试仪器，打破国外公司在无线信令测试技术方面的垄断，解决我国电子信息制造业亟需的高端测量仪器仪表需求，取得显著社会效益。

在未来，应推动信息通信基础器件、基础工艺、关键基础材料等产业质量水平整体提升，促进一批能够助力高质量发展、引领新一轮科技革命和 ICT 产业变革的信息通信基础技术和产品突破；同时应推动补短板 and 锻长板相结合、“点式突破”与“链式协同”相结合、高校及科研院所引导与生产企业主导相结合、安全可控与开放创新相结合，加快构建新时代产业基础能力体系，打造具有更高附加值、更安全可靠、更强创新力的

信息通信支撑能力。

3 结束语

我国正处于实现中华民族伟大复兴的关键时期,经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。在这一历史进程中,新一代信息通信技术将发挥重要作用,加强信息通信科技研究应用以及发展趋势研判就显得格外有意义。我们相信,以5G、人工智能、天空地一体化网络等为代表的新一代信息通信技术创新、产业发展和新型信息基础设

施建设,对于实施网络强国战略和全面建设社会主义现代化国家都将起到重要的推动作用。我们倡议,广大信息通信科技工作者面向世界信息科技前沿、面向数字经济发展和经济社会数字化转型重大需求,加强基础研究、注重原始创新、强化学术交流合作,为创新驱动发展战略实施和网络强国建设做出更多更大贡献。本文涉及内容广泛,希望能够就信息通信领域科技发展趋势为业界同仁提供参考,也希望能够为政府部门在政策制定方面提供参考。