

跟着院士学科技

军事通信网,是联结战场武器平台的“神经系统”,是夺取信息优势的命脉所在。其能力高低,直接衡量着一个国家的军事实力。当前,人工智能技术与通信网络技术深度融合,集成先进电子、超材料和智能制造等前沿技术,加速推动通信网络向智能化方向演进。由此诞生的智能通信网络,已非单

纯的信息“管道”。在智能化战争时代,它正蜕变为实现“万物智联”的关键基石,如同为战场肌体植入一套高度智能、全域覆盖的“神经网络”。本期“跟着院士学科技”,我们邀请到军事科学院系统工程研究院研究员、中国科学院院士尹浩,向您讲解什么是智能通信网。

战场一张网 万物可“智联”

■李 玥 刘 琦 本报记者 贾启龙

织就覆盖作战全域的智能通信网络

未来战场,其广度与复杂度远超传统认知。陆、海、空、天、电、网等多域力量高度融合,战场态势瞬息万变。智能通信网的核心使命,正是将分布于这些领域的各类侦测设备、指控设备、武器装备、有/无人作战平台以及单兵系统等,高效、韧性地联结在一起,织就一张覆盖物理空间、网络空间乃至认知空间的一体化战场网络。

这张网络由智能“末梢”(如单兵终端、通信车、无人机)、“神经”(路由交换设备)、“中枢”(网络管控设备)及综合“节点”(如指挥所、武器平台)构成。作战单元展开,终端自动入网注册;管控中枢同步指挥神经节点,在终端间建立链路。用户需求一旦提出,系统立即计算最优路径,打通“高速管道”,让数据精准直达目标,实现战场信息服务的即时交付。

具体而言,这张智能网,托起四大关键网络:

首先,构成一张无形的“泛在感知网”。各域侦测设备通过它监测信号强度、频谱占用情况,追踪时延、吞吐量,识别任务优先级、带宽需求,分析用户轨迹、通信模式、资源消耗规律,形成对战场态势完整、清晰、近乎实时的认知。网络可以实时“看见”用户位置,“了解”用户需求,从而提供精准服务。

其次,打造一张敏捷的“指挥控制网”。各级指挥所、指挥控制系统、作战任务规划平台等关键节点,通过智能通信网紧密联结,形成高效的“指挥控制中枢”。依托网络的抗毁韧性,部分节点受损时,网络可实时感知,迅速启动预案,指挥路由节点自主协商,在断点处架设备用信息“桥梁”,确保指挥链路的畅通。

另外,构建一张模块化的“火力打击网”。根据任务需求,管控设备驱动路由交换设备,在不同建制火力单元间快速搭建高优先级临时“数据通道”,实现任务自动解耦、信息高效传输和火力平台按需聚合,将分散的火力单元动态组合为即用即组的模块化打击集群,使火力运用更加灵活。

最后,撑起一张主动服务的“后装保障网”。贯穿作战的运输、油料、弹药、卫勤等保障力量,可通过智能通信网实现保障状态全感知,支撑资源调度信息融合处理与快速分发,为高强度智能化作战提供持续、精准的物资保障信息服务。

打造认知战场的“智慧大脑”

这张庞大的网络如何做到“智能”?关键在于让网络具备认知能力,形成网络知识体系,打造“智慧大脑”。

如同人类通过思维认知世界、积累经验,我们将军事通信网拟人化为认知主体,将“多域感知—学习分析—优化决策”的认知模型植入终端,路由器、网管等设备,它们就会由此蜕变为具备“思考”能力的智能节点。信息通过这些节点,从终端向区域再向中心逐级融合汇



聚,最终构建起分级分布式的“网络大脑”,可对战场环境、自身状态、用户行为等多域信息进行感知、学习、分析、预测,形成对网络及其环境的深刻理解——这便是“网络认知”。

如果说网络认知是思考的过程,那么网络知识便是思考的成果。在智能通信领域,网络知识特指对网络元素(节点、链路、协议)及其交互机制的抽象表达。其关键在于“统一表征”——将物理层信号到应用层需求的信息进行标准化描述,以支撑智能体间的理解与应用。

网络知识包含三种类型:“数据信息型知识”是对网络中客观事物的陈述,能实时记录网速、信号、干扰等客观事实,为网络提供真实环境画像,让其“看清”自身状态;“关系计算型知识”通过模型揭示网络参数的映射关系与内在规律,让网络在复杂变化中“洞察”最优解;“逻辑决策型知识”包含处理问题的经验和预案,是网络自主优化演进的“养分”。

就像经验丰富的工程师能听声辨位判断故障,拥有丰富网络知识的智能通信网也具备“思考”能力。它能够预判风险、规划路径、优化资源配置,实现从“被动响应”到“主动预见”的跨越,为战场智能体提供针对性、差异化、主动式的服务,将信息优势转化为决策与行动优势。

为了让种类繁多、架构各异的智能体如“战友”般协同,智能通信网建立了标准化的“交互语言”。这套语言超越了底层数据格式的互通,追求高层语义的共享。通过交互语言,智能体可以高效传递、理解、反馈表达知识与指令,具备会话生成、语义理解、自主对话等能力。例如,针对作战任务,结合先验知识,智能体可通过多轮“对话”与“握手”,按需自动联网,高效实施任务。

这套交互语言设计时充分考虑了严酷的战场环境。凭借“语义抗噪”和“语义压缩”技术,即使在强干扰、高动态的复杂电磁环境下,核心语义信息依然能被精准识别和还原;即使带宽受限,也能

用最少的比特传达明确的信息。确保极端环境下,智能体仍能“听得清、说得明、联得上”,保持精准高效的协同。

锻造更强健的“神经网络”

作为未来战场上的赋能“倍增器”,智能通信网的建设面临着技术创新与实战应用的双重挑战,每一步都需慎之又慎。

从技术维度看,挑战主要体现在算力调配与算法安全两个方面。智能化作战对算力提出了近乎苛刻的要求——海量传感器数据、复杂的AI模型训练、实时的协同决策都需要强大的算力支撑。然而在强对抗、高动态的战场环境下,算力资源的调度与供给存在巨大瓶颈。即使在分级分布式架构体系下尽可能让数据在靠近源头的地方处理,也难以完全满足需求。此外,人工智能算法本身存在脆弱性。对抗样本攻击可以轻易扰动输入数据;数据污染可以在模型训练阶段植入后门;算法的“黑箱”特性导致其决策过程难以溯源和审计。一旦“网络

大脑”被敌方诱导生成错误的知识图谱,后果不堪设想。

从应用维度看,复杂电磁环境与认知域对抗的交织叠加,对网络的韧性和可靠性提出了前所未有的考验。电磁频谱领域的争夺日趋白热化,作战双方势必会利用强干扰、高功率微波、硬毁伤等手段,尽力使对手的智能体沦为“断线风筝”。与此同时,认知域的攻击手段更加隐蔽——通过伪造战场态势、注入虚假特征信息、传播欺骗性指令,诱导对手指挥决策偏离正确轨道,实现“不战而屈人之兵”。因此,智能通信网不仅要能抵御物理层面的硬杀伤,还要具备在认知域“明辨是非”的防御能力。

建设发展军事智能通信网,是一项宏大而艰巨的系统工程。建设这样的工程,需要高层建筑的顶层设计,需要汇聚团队和力量在多个领域联合攻关、携手创新。我们必须坚持自主可控,筑牢算法安全,锻造出真正管用、顶用的智能“神经中枢”,为打赢未来战争提供坚实保障。

上图:智能通信网覆盖全域战场概念图。AI图片

版式设计:吴淮江

寄语青年科技人才

左图:尹浩近照。AI修饰生成素描画

青年科技人才要在基础理论上沉潜专注,在关键技术上行稳致远,以务期必成的决心与毅力,砥砺前行,勇挑重担,为实现科技自立自强、担当时代重任贡献青春力量。

★ 热点追踪

当地时间7月23日,美国费城,2026年国际数学家大会现场,一个属于中国数学的历史性时刻来临。

菲尔兹奖获奖名单正式公布,中国籍数学家王虹、邓煜,双双站上领奖台。消息一出,全网热议不断,无数国人为之振奋。

不少人对菲尔兹奖感到陌生。在国际科学界,它有着“数学界诺贝尔奖”的美誉,评选标准却更为严苛——奖项每4年评选一次,每一届最多4位获奖者,并且获奖者在获奖当年年龄不得超过40周岁。超高的评选门槛,让这枚奖章格外珍贵。90多年来,全球仅有60多位数学家获此殊荣。

万众赞叹的荣光背后,从来不是一时运气,而是持续多年耐住寂寞、扎根一域的坚守。王虹最初并非数学专业出身,靠着一腔热爱深耕不辍,一步步追赶、突破;邓煜年少时便斩获奥数金牌,在科研陷入瓶颈时,拒绝了金融行业的高薪邀约,始终坚守纯粹的学术研究。长久的沉淀与定力,让他们得以攻克世界级数学难题,站上国际学术的最高舞台。

王虹啃下的是困扰学界百年的三维挂谷猜想。挂谷猜想来自著名的转针问题:在某些图形中,长度为1个单位的线段(一根针)可以转过180°,在这个过程中该线段总是保持在图形内,在所有这样的图形里,哪种图形具有最小面积?三维挂谷猜想就是把这一问题由平面空间拓展到立体空间。关于这个问题的求证,二维场景早有定论,可三维层面却困住了全球数学家数十年。王虹与合作者运用精细的多尺度归纳方法,证明了三维挂谷猜想,补齐了几何与调和分析领域的关键短板。

邓煜则突破了希尔伯特第六问题的核心瓶颈。这一问题由数学大师大卫·希尔伯特提出,要求从微观的粒子动力学出发,宏观推导出流体力学方程。简单来说,构成水流、气流的微观粒子运动在理论上能够回溯,可现实中的流水、刮风、气体扩散都只能单向进行,科学家虽然能凭借经验公式开展气象、流体测算,却始终无法用数学的方式,从微观粒子运动规律推导出宏观流体的运行逻辑。邓煜和团队创新推演方法,用完整严谨的数学证明搭建起微

菲尔兹奖『双响』,中国数学家站上领奖台

■陈菲莹

观与宏观物理现象之间的理论桥梁,解开了这道尘封百年的数学物理难题。

这份来自数学殿堂的至高荣誉,是里程碑,更是新起点。它激励着后来者,在探索未知的征途上,敢于挑战“不可能”,勇于开拓“无人区”。他们的故事昭示着:唯有对真理纯粹的热爱,唯有数十年如一日的坚韧求索,唯有对“无用之用”的坚定守护,方能孕育出改变世界的伟大突破。

“深海搓澡工”:为巨轮“除垢”

■贾轩闻 焦伟轩 梁 澳

★ 科普笔记

2026年7月,山东青岛港,“惠中5号”货轮缓缓驶入港口。海面之上,拆卸集装箱的车辆来来往往,一片繁忙。海面之下却是另一番景象:藤壶、贻贝、藻类密密匝匝地“钉”在船体上,将钢铁变成了它们的家园。

这些“免费乘客”从不付租金,反而向船东收取高昂的“税金”。中等程度生物污损就能让一艘中型集装箱船的燃料消耗增加20%至40%。全球船队每年为此多消耗约3000万吨燃料,增加二氧化碳排放约1亿吨。

军舰的情况更加复杂。2006年,澳大利亚海军“图文巴”号护卫舰在长期执行任务后,船体布满海洋生物,最大航速下降近10%,被迫中断任务返港清理。不仅仅是速度问题——污损的船体在水下会发出更多噪声,像拖着一个“声学尾巴”,极大增加了军舰被探测到的概率。

大多数船舶都面临这一挑战。而传统解决方案各有局限:干船坞清洗彻底但昂贵费时;潜水员清洗灵活但风险高、受天气影响大。于是,一种全新的方案正在兴起。

“惠中5号”货轮停靠港口,一个特别的水下清洁团队开始行动。与以往不同,这次没有潜水员入水,几个智能机器人被放入海中。

这些专业水下清洗机器人就像壁虎和章鱼的结合体——它们能像壁虎一样牢牢吸附在船体表面,又能像章鱼般灵活移动。它们搭载的水下视觉系统能自动识别污损程度,分辨藤壶、贻贝和海藻,为清除这些生物附着物定制专属方案。

清洗技术本身是一场物理学的巧妙应用。空化射流技术通过高速水流产生数百万个微气泡,这些气泡在船体表面破裂时释放的能量刚好足够剥离生物附着物,但对船漆影响很小。实验室数据

显示,这种“温柔而有力”的清洗方式去污率超过90%,船漆损伤率不到5%。

机器人清洗的最大优势在于“不停工清洁”——船舶在装卸货物的同时,水下清洁同步完成。浙江大学在舟山港的测试显示,机器人清洗后的船舶燃料效率提升明显。一艘定期接受“机器人除垢”的集装箱船相比未清洁的同类,燃料效率平均高出15%-20%。按年计算,一艘大型集装箱船可因此节省75万至100万美元。

其经济效益显而易见。船东的投资通常可在6~12个月内通过节省的燃料费收回,更不用说节省的干船坞费用和避免的停航损失。对于航运公司来说,这已经成为一种标准的效率优化手段。

其环保价值更为显著。如果全球船队都能保持清洁,航运业每年可减少5%~10%的碳排放。世界自然基金会指出,这将是航运业实现2050年碳中和目标的重要贡献。

其军事应用同样重要。美国海军研究显示,清洁船体不仅可以提高航速,还能降低15%~30%的声学信号,这对潜艇的隐蔽性尤为重要。事实证明,预先清洁过船体的舰艇在某次多国海军演习中体现出明显优势。

技术进步正在加速这一进程。新一代机器人将配备更先进的传感器,能检测船体腐蚀、涂层损伤甚至微裂纹。结合数字孪生技术,船舶维护将从定期检修转向预测性维护——在问题发生前就被发现并解决。在更为广阔的未来,这些机器人不仅能清洁船舶,还能维护海上风力发电站、海底管道和各种海洋工程结构。

夕阳西下,完成水下“除垢”的货轮缓缓离开港口。在码头边,机器人已被收回,准备迎接下一艘船。

这些“深海搓澡工”的工作悄无声息,却意义深远。它们用灵巧的“双手”,不仅洗去了船体沉重的负担,更在无形中,擦拭着人类航运业通往绿色未来的航路。