

新一代光传输技术专题导读



专题策划人



陈建平



唐雄燕

中国工程院首批外籍院士、前美国光学学会主席、美国国家工程院院士厉鼎毅先生，曾将光纤的发明誉为20世纪最伟大的技术发明。近40年来，光纤通信蓬勃发展，极大地推动了信息技术的广泛应用。当前，传统电信业务持续增长，以人工智能（AI）为代表的新业务呈现爆炸式增长态势。无论是骨干网、接入网，还是数据/算力中心乃至片上互联，都呼唤着新一代光传输技术，以应对在容量、时延、功耗和成本等方面的挑战。此外，光纤在传感等领域的优势正推动通信与传感的一体化发展。为此，本期以“新一代光传输技术”为主题，特邀学术界与产业界的专家学者，深入探讨其中的关键技术问题，分享建设性的解决方案。

《基于低复杂度Transformer的光纤信道快速精确建模技术》一文，针对现有基于物理模型的分步傅里叶算法迭代运算量大、复杂度高的问题，提出了一种基于Transformer时序神经网络的建模架构。该方法将绝对位置编码优化为旋转位置编码，从而更有效地感知符号间相对位置信息，使其更贴合光纤非线性的物理特征，显著提升了建模精度；同时，将传统的全局自注意力机制改进为滑动窗口注意力机制，使每个符号仅需计算在其非线性关联长度范围内的相关性，从而

大幅降低了计算复杂度。光纤信道建模对于表征光纤特性、开发先进数字信号处理算法具有重要意义。该文提出的建模技术有望成为下一代高速光纤通信系统中信道建模的有效工具，进一步推动光通信技术的发展。

《面向智算中心互联的光算协同技术研究》一文，针对智算中心互联对光网络提出的新需求，系统剖析了其核心诉求与技术挑战，深入探讨了智算互联架构及光算协同关键技术，涵盖确定性承载、安全可靠、任务式带宽、长距离无损传输以及算网协同管控编排等方向。文章进一步介绍了智算网络的典型应用实践：面向跨智算中心分布式协同训练，搭建了基于光传送网（OTN）互联的现网试验环境，在广域收敛比不低于16:1的条件下，实现了百亿参数AI大模型跨域分布式训练性能不低于95%；试验采用单波800 Gbit/s速率，成功完成300 km传输验证，有力证明了光算协同技术在长距离、高可靠、大带宽算力互联场景中的实用价值。该研究不仅为智算中心互联提供了可落地的技术方案，也为运营商拓展算网一体化服务、创新商业模式提供了重要参考。

《50G-PON平滑演进的挑战和方案研究》一文，针对现网宽谱以太网无源光网络（EPON）终端存量较大的运营商，提出一种50G-PON三代时分共存方案，旨在解决从EPON、10G-EPON向50G-PON演进过程中面临的宽谱终端波长冲突与兼容性难题。论文研究了50G-PON光线路终端（OLT）

侧采用下行 $1\,366 \pm 2\text{ nm}$ 负啁啾电吸收调制激光器 (EML) 与上行四速率时分复用突发接收机, 保障了 20 km 传输距离与 29 dB 功率预算; 并通过融合三模 Combo 光模块与统一动态带宽分配 (DBA) 调度, 实现了 EPON、10G-EPON 和 50G-PON 三代系统及 6 类终端的全兼容共存, 相关方案已在实验室环境中完成测试验证。该研究为运营商在现有 EPON 区域部署 50G-PON 设备, 提供了一种有效降低部署成本与实施难度的技术路径。

《数字副载波复用光纤通感融合系统干涉衰落抑制研究》聚焦通感融合 (ISAC) 这一信息光子技术重要方向, 针对基于数字副载波复用 (DSM) 架构的相位敏感光时域反射 (Φ -OTDR) 技术所面临的干涉衰落问题, 提出一种接收端多域集成的数字信号处理解决方案。该方案创新性地融合相位域、频率域与空间域的技术优势, 通过协同作用有效抑制干涉衰落, 且无须额外增加硬件复杂度, 兼顾了系统灵活性与成本效益。论文通过系统实验验证了该方案的可行性, 为提升通感融合系统的环境适应性与实用化水平提供了关键技术支撑, 也为光电子系统中的多域协同信号处理提供了新思路。

《新一代光传输网络关键器件和集成化技术研究》一文, 围绕新一代光传输网络向超大容量、超长距离、高灵活性和低能耗方向发展的需求, 系统梳理了关键器件与集成化技术的相关研究进展。文章综述了光电集成技术平台的特点与选择, 并深入探讨了可调谐光源、集成化收发芯片、集成光波导放大器 (EDWA)、智能光交换等关键器件及先进封装技术的最新发展。同时, 文章还分析了上述技术与器件在超大

容量传输系统、数据中心互连及 5G 承载网中的应用, 阐述了多材料异构集成、热管理和封装成本等方面面临的挑战, 并对共封装光学、晶圆级制造与智能化光网络等未来发展趋势进行了展望。

本期专题的作者来自知名高校、光通信头部企业与科研机构, 从器件、系统、通感算协同等角度, 对新一代光传输技术展开了深入剖析。期待这些高质量的研究成果能够为高校师生、光通信企业与通信运营商提供有益的参考和启示, 并在此对所有作者和审稿专家的大力支持表示由衷的感谢!

策 划 人 简 介

陈建平, 上海交通大学特聘教授, 曾任第七届国务院学位委员会学科评议组成员, 目前担任中国通信学会第一届光电融合技术专业委员会副主任委员; 长期从事光通信与光电子集成技术研究和教学工作; 作为首席科学家承担完成国家“973”计划项目“超高速低功耗光子信息处理集成芯片与技术基础研究”, 曾获国家教学成果奖二等奖, 策划创建的上海交大平湖智能光电研究院已成为中国光电子芯片封装、测试与失效分析重要平台; 作为副主编, 出版《光电集成技术》丛书。

唐雄燕, 教授级高工, 现任中国联通研究院副院长、首席科学家, 下一代互联网宽带业务应用国家工程研究中心主任, 新世纪百千万人才工程国家级人选, 北京邮电大学兼职教授、博士生导师, 工业和信息化部信息通信科技委委员, 中国通信学会理事和会士, 中国光学工程学会常务理事和会士; 长期从事信息通信新技术新业务研发和管理工作, 主要专业领域为宽带通信、光纤传输、互联网/物联网、新一代网络等; 发表论文 200 余篇, 出版专著 11 部。