DOI: 10.7544/issn1000-1239.qy20261001 CSTR: 32373.14.issn1000-1239.qy20261001

前　言

随着云边协同计算、物联网技术与第五代移动通信的深度融合，动态异构网络已成为下一代互联网的主流组网形态。海量异质终端（如智能工控设备、车载单元、可穿戴设备及各类传感器）呈爆发式增长，广泛渗透到工业制造、智慧城市、医疗健康等关键领域。然而，终端设备的泛在互联与资源受限特性，使其在复杂网络环境中面临前所未有的安全威胁：从物理层的硬件固件漏洞、侧信道攻击，到网络层的拜占庭投毒、数据窃听，再到应用层的恶意代码注入、漏洞利用等。这些安全挑战不仅关乎个体隐私与数据资产，更直接影响到关键基础设施的稳定运行和国家网络空间安全。因此，构建全面、高效、自适应的终端安全防护体系，已成为学术界和产业界亟需攻克的重大课题。

为进一步推动我国学者在终端安全防护领域的研究，及时报道最新研究成果，《计算机研究与发展》组织了“动态异构网络中海量异质终端安全防护技术”专题。本专题通过公开征文共收到38篇投稿，论文分别从终端安全检测、密码学保护、联邦学习防御、漏洞复现与修复等多个方面阐述了终端安全防护关键支撑技术研究的重要意义。专题审稿严格按照《计算机研究与发展》期刊的审稿要求进行，特邀编委先后邀请了多位相关领域的专家参与评审，每篇论文邀请至少2位专家进行评审，历经初审、复审、终审等阶段，最终共录用文章10篇。这10篇文章涵盖了云边协同场景安全防护、联邦学习安全聚合与入侵检测、漏洞自动化复现与固件安全等多个研究方向，在一定程度上反映了当前国内各单位在终端安全防护领域的主要研究热点和创新进展。

1　云边协同场景安全防护

在云边协同场景下，数据安全存储与高效去重是终端防护的重要环节。王荣熙等作者的“云边存储场景下面向动态异构网络的跨用户数据加密去重”提出了一种基于服务器辅助加密和时段检测的加密去重方案，显著降低了边缘节点的存储负担。针对机密计算环境中虚拟机状态盲区和容灾性能瓶颈，马鸿展等作者的“ResiCVM: 基于客内特权隔离的云集群容灾备份架构”设计了虚拟机内部特权级隔离的安全快照机制，实现了高性能的弹性容灾备份。陈大江等作者的“面向物联网终端的云边协同日志异常检测技术”提出了一种基于BERT与Llama协同的语义增强检测模型实现高精度异常判别，显著降低了边缘终端的检测开销。面向资源受限的物联网终端，余韦等作者的“物联网中基于区块链与雾计算的轻量级访问控制机制”构建了双层混合属性基加密与物理不可克隆函数相结合的方案，为跨域访问提供了细粒度、可审计的安全保障。针对现有状态通道难以适配智能终端动态断连与资源受限环境的问题，王晨等作者的“面向智能终端的状态通道离线代理与容错恢复框架”提出一种支持动态成员管理、TEE辅助离线代理及基于LDPC码容错状态恢复的机制，显著提升了智能终端场景下状态通道的灵活性与可用性。

2 联邦学习安全聚合与入侵检测

针对动态异构网络中联邦学习面临的拜占庭攻击和投毒威胁，周辉等作者的“面向数据异质性的联邦学习投毒防御框架”提出了一种基于多维一致性评分与历史行为建模的防御方法，能够有效识别并抑制恶意客户端上传的毒化梯度；姜植元等作者的“基于梯度指纹决策的拜占庭鲁棒联邦学习网络入侵检测方法”则通过分析不同攻击的梯度统计特征，构建了轻量级指纹决策树，以单位计算开销实现多类型攻击的全覆盖鲁棒聚合。此外，蔡子诺等作者的“面向动态异构网络中异质终端的量子原生联邦聚合算法”创新性地将量子叠加编码与投影测量引入联邦学习，构建了端到端的量子原生通信与聚合框架，大幅降低了通信开销并提升了抗窃听能力。

3 漏洞自动化复现与固件安全

针对漏洞利用材料异构、自动化复现难度大的问题，伍一鸣等作者的“ValidPoC: 基于大语言模型的 PoC-Nuclei 模板生成与漏洞复现验证方法”提出了 ValidPoC 框架，通过 Semgrep 辅助的语义解析和大模型多代理协作，将异构漏洞利用材料转化为结构化的 PoC-Nuclei 模板，并基于“执行-评估-修复”闭环优化实现了高成功率的漏洞复现。此外，刘瑶等作者的“基于自适应多分辨率特征解耦的动态异构网络时间序列分类”则从终端行为时序分析的角度，通过多分辨率嵌套表示学习实现了时间分辨率与特征维度的双向对齐，为终端威胁检测提供了高精度、轻量化的分类模型。

本专题的顺利出版离不开各位作者、审稿专家和编辑部等方面的全力支持和无私贡献，我们对此致以诚挚的感谢。终端安全防护研究是一个发展迅速且活跃的领域，学科前沿的瞬息万变给特邀编辑和审稿人的审稿、选稿工作带来了巨大挑战。由于投稿数量大、主题广泛、时间安排紧张、专题容量有限等原因，本专题仅选择了部分有代表性的研究工作予以发表，无法全面体现该领域所有的最新研究工作。部分优秀稿件无法列入专题发表，敬请谅解。

我们要特别感谢《计算机研究与发展》编委会和编辑部，从专题的立项到征稿启事的发布，从审稿专家的邀请到评审意见的汇总，以及最后的定稿、修改和出版工作，都凝聚了他们辛勤的汗水。本专题的出版期望能给广大相关领域研究人员带来启发和帮助。在审稿过程中难免出现不尽人意之处，希望各位作者和读者包容谅解，同时也请各位同行不吝批评指正。最后，再次衷心感谢各位作者、审稿专家、编辑部和特邀编委的辛勤工作。

秦志光（电子科技大学）
刘哲理（南开大学）
纪守领（浙江大学）
秦 臻（电子科技大学）
2026 年 7 月