计算机研究与发展
Journal of Computer Research and Development
https://crad.ict.ac.cn
62(10): 2397−2397, 2025

DOI: 10.7544/issn1000-1239.ps20251001 **CSTR:** 32373.14.issn1000-1239.ps20251001

专家评述

层次协同的互联网低时延传输技术

苏金树

（军事科学院 北京 100071）

互联网是数字社会的关键基础设施，传输性能决定上层应用的体验与数据共享的价值. 随着5G/6G、云游戏、实时直播等新兴应用的兴起，互联网对低时延、大并发传输的需求日益迫切，因此传统分层、单点传输优化技术难以满足上述需求，迫切需要发展跨层跨栈、全网协同的新一代互联网传输技术. 李振宇团队面向大规模互联网服务，在传输协同控制、网络协同加速、应用协同决策等3个层次取得突破，发展了低时延传输技术与方法，并在多个工业系统中实际部署应用. 文章“大规模互联网服务的低时延传输技术”突出了“协同”的设计思想，对提升大规模互联网传输性能、鲁棒性和灵活性做出了系统性探索，主要创新有：

1）在应用层，从发送端的发送控制、内容分发、接收端缓冲控制3个阶段，提出了解决动态数据发送决策与网络可用资源不匹配矛盾的算法，特别是扁平化内容分发，打破了长期沿用的层次结构，可推动新一代媒体网络的发展. 该技术已部署验证.

2）在传输层，从端网协同、多路径协同、跨层协同3个维度，解决传输决策与网络状态欠协同的难题，优化了QUIC传输协议的时延特性. 强调从用户感知质量视角设计传输协议，即追求最大化用户感知质量，而非一味追求网络质量（如吞吐）的最大化. 该思路对传输协议优化和演进具有重要借鉴意义.

3）在网络层，提出定制化数据包传输加速的思想，设计了多通路数据包转发、传算协同数据包处理和网络编程规则计算方法，为差异化业务定制不同的处理逻辑. 不仅提升了数据包处理效率，还为发挥开放网络功能满足异构业务需求提供了可行的路径.

总而言之，该研究工作剖析了互联网中大规模低时延传输面临的挑战，并从应用、传输、网络3个层面，提出了一套经过大规模检验的解决方案. 在理论方法层面具有前瞻性，在工业界产生了显著应用效益，对支撑未来交互式应用发展，推动我国互联网核心技术创新具有重要的参考价值与实践意义.

评述专家



苏金树，军事科学院研究员，博士生导师. 主要研究方向为计算机网络、网络空间安全等.

亮点论文

吕格瑞，赵员康，张佳兴，潘恒，武庆华，李振宇. 大规模互联网服务的低时延传输技术 [J]. 计算机研究与发展，2025,62(10)：2398−2412. DOI: 10.7544/issn1000-1239.202550536