连续变量量子无源光网络：迈向高效、多用户量子密钥分发的新里程碑

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/31978.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

连续变量量子无源光网络：迈向高效、多用户量子密钥分发的新里程碑。 导读

在量子信息技术的浪潮中，量子密钥分发（QKD）作为保障信息安全的核心技术，正逐步从理论走向实践。然而，传统的QKD系统往往受限于高昂的成本和复杂的网络架构，难以在大规模网络中实现广泛应用。特别是，当涉及到多个用户时，如何在保持高安全性的同时降低成本和复杂度成为了一个亟待解决的问题。本研究正是在这样的背景下应运而生，旨在探索一种新型、高效且成本效益高的多用户QKD解决方案。

研究内容

随着量子通信技术的不断进步，连续变量QKD（CV-QKD）因其对硬件要求相对较低、易于与现有通信基础设施集成等优势而备受关注（如图1）。然而，尽管CV-QKD在点对点通信中已展现出良好的性能，但在多用户场景下，如何有效管理网络访问、确保各用户间的密钥分发效率和安全性仍是一大挑战。此外，现有的多用户QKD协议往往面临着密钥速率随用户数量增加而显著下降的问题，这进一步限制了其在实际应用中的推广。因此，开发一种能够克服这些挑战的新型多用户QKD网络架构显得尤为重要。

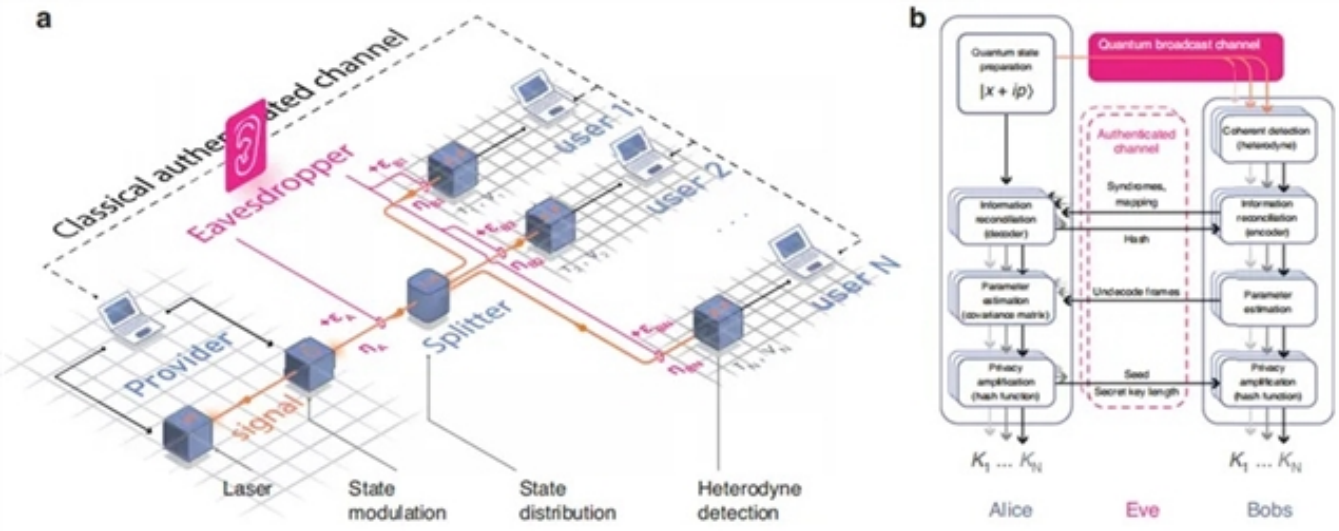


图1. 连续变量量子无源光网络（CV-QPON）架构与运作(来自：Fig1)。

丹麦技术大学研究团队提出了一种创新的连续变量量子无源光网络（CV-QPON）架构，该架构通过时间复用策略和先进的量子通信技术，实现了多个用户间的高效、安全密钥分发。CV-QPON利用一个无源光分路器将量子信号分配给多个用户，并通过时间复用技术共享单个光子探测器，从而显著降低了系统成本。

在CV-QPON网络中，该研究还开发了一种新的量子密钥分发协议，该协议能够在保持高安全性的同时，显著提高密钥分发效率。该协议通过精确控制量子信号的调制和测量过程，以及采用先进的数字信号处理技术来恢复量子符号，从而实现了在高斯噪声和资源受限条件下的信息论安全性。

此外，研究人员还通过实验验证了CV-QPON网络的性能和安全性，如图2和3展示了CV-QPON网络在不同条件下的密钥速率和安全性表现，进一步验证了该研究的理论分析和实验结果的可靠性。结果表明，在多种网络配置和用户数量下，CV-QPON均能保持较高的密钥速率和较低的信息泄露风险。

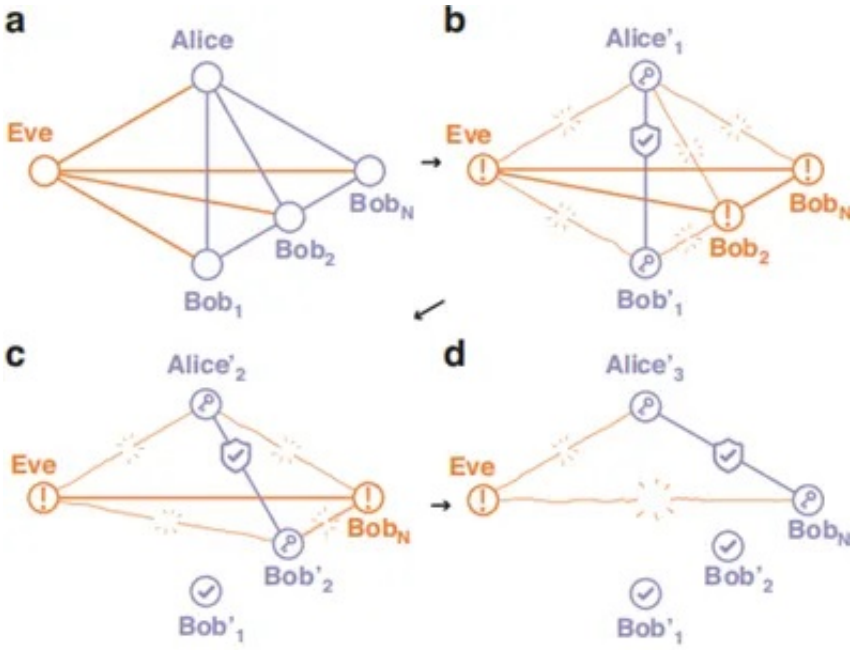


图2. 广播协议中不同方之间的相关性。

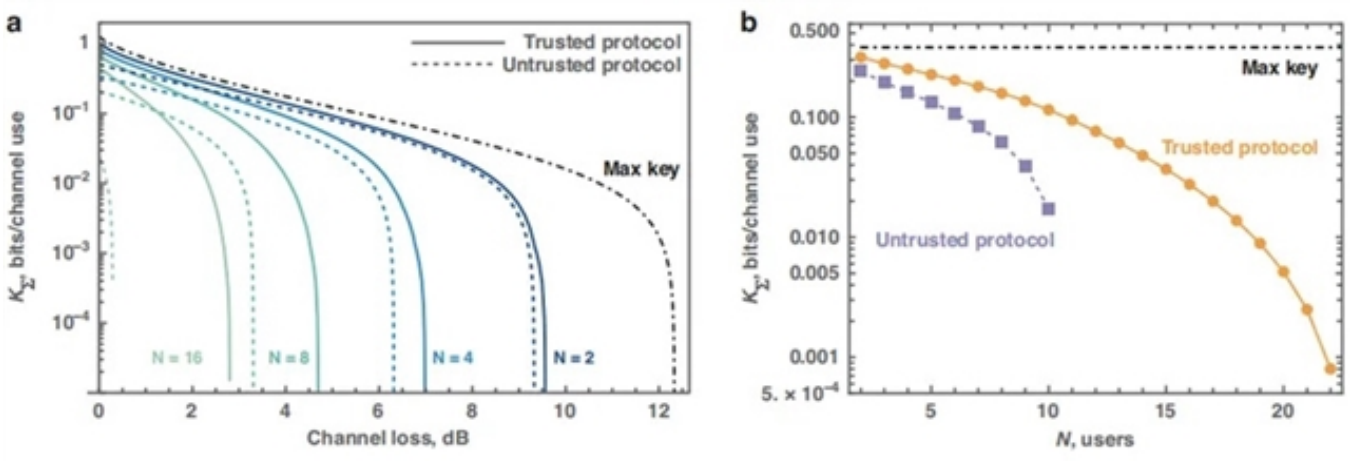


图3. CV-QPON协议的性能和容量分析。

该研究成功提出了一种创新的CV-QPON架构和相应的量子密钥分发协议，该架构和协议在保持高安全性的同时，显著提高了多用户QKD系统的效率和成本效益。如图4展示了CV-QPON网络的实验设置，包括量子信号的产生、分配、测量和数据处理等关键环节。通过理论分析和实验验证，该研究证明了CV-QPON网络在多种网络配置和用户数量下均能保持良好的性能表现。

此外，研究团队还揭示了CV-QPON网络在应对高斯噪声和资源受限条件时的优势，为未来的量子通信技术研究提供了新的思路和方法。这一研究成果不仅有助于推动量子通信技术的实用化进程，还为构建大规模、高效、安全的量子通信网络奠定了坚实的基础。

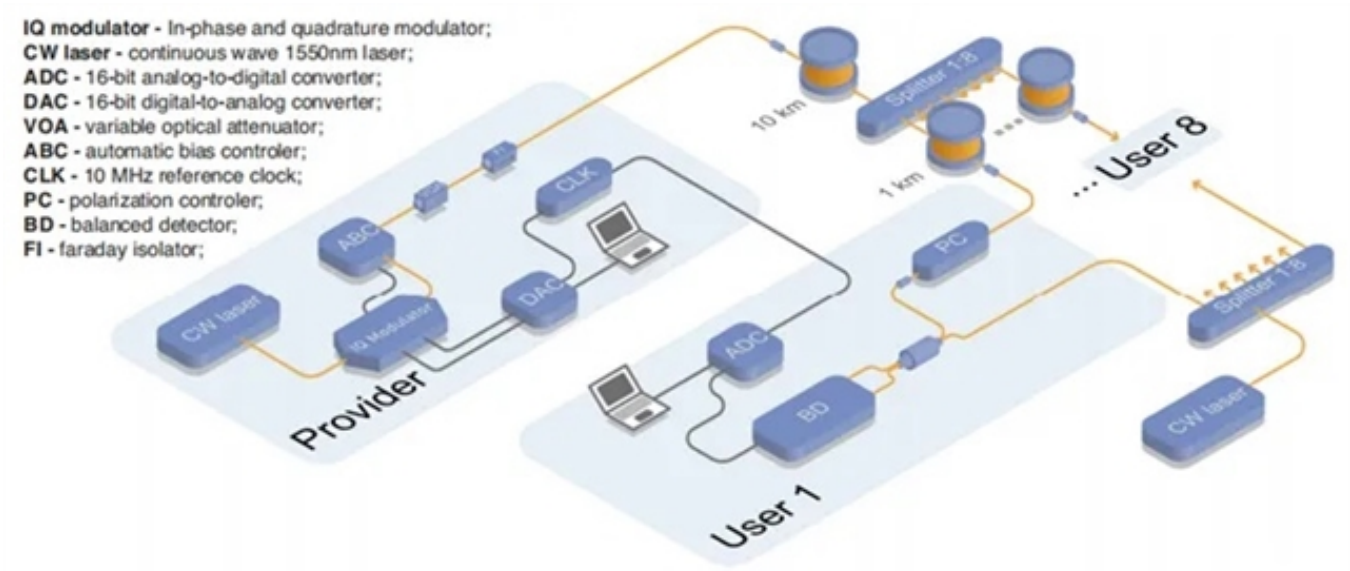


图4. CV-QPON的实验设置。

该文章近日发表在国际顶尖光学期刊《Light: Science Applications》，题为Continuous-variable quantum passive optical network，丹麦技术大学的Adnan A. E. Hajomer为文章的第一作者，此外Adnan A. E. Hajomer还与Ivan Derkach和Tobias Gehring为论文的共同通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01633-9

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：Adnan A. E. Hajomer 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发