

Approximation Algorithm for Noisy Quantum Circuit Simulation

含噪量子线路的近似模拟算法

黄鸣宇 官极 方望 应明生

Approximation Algorithm for Noisy Quantum Circuit Simulation, 投稿于ICCAD 2023

联系人: 黄鸣宇 电话: 18810916965

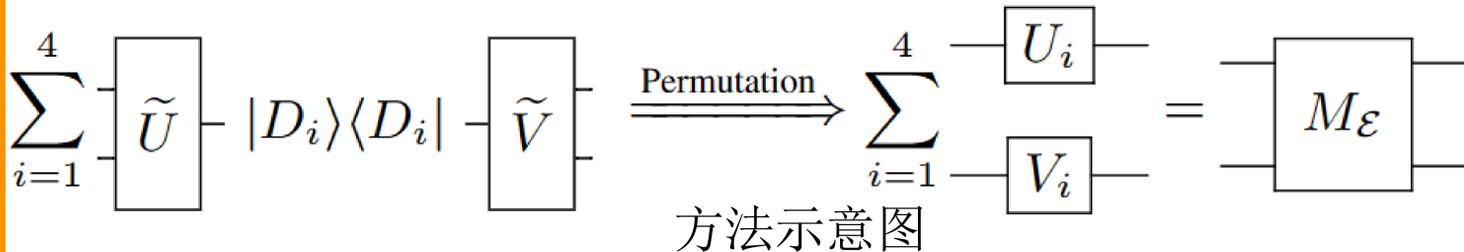
huangmy@ios.ac.cn

背景

目前量子计算机处于NISQ（噪声中等规模量子）阶段，量子噪声是无法避免的。含噪量子线路模拟能够有效辅助当前NISQ阶段的量子计算机设计以及验证量子算法在实际硬件的运行效果。但由于量子态爆炸问题以及量子噪声的复杂表示等因素，模拟含噪量子电路比经典电路模拟效率要低得多。因此，如何提高可模拟电路的可扩展性是一个亟待解决的科学难题。

创新点

本文提出了一个创新的解决方案，该算法利用量子噪声所对应的超算子的矩阵表示将量子线路的模拟问题转化为张量网络收缩，并对超算子的矩阵表示利用奇异值分解（SVD）来进行近似。张量网络的收缩利用Google的TensorNetwork包进行实现。



研究意义

相比目前现有的一些噪声模拟的主流算法，该算法有效率优势。

- 相比于基于MPS的噪声模拟算法在噪声效果大时才能高效计算，而在噪声效果小时计算效率差的问题，我们的算法能够实现在噪声效果小时实现高效计算，弥补了基于MPS算法的短板；
- 相比基于蒙特卡洛的模拟算法，我们的算法在实现相同的近似精度下需要更少的张量网络收缩次数。

实际应用

本文在实验环节采用基于超导量子线路的噪声模型对一些在实际超导量子硬件上被运行的量子线路进行噪声模拟。实验表明相比现有的一些模拟算法，该算法有更好的模拟效率，并且我们的近似算法能够有效提升能够模拟的线路规模和噪声数量。结果表明，该算法可以在大约1.8小时内，模拟出多达225个量子比特和20个噪声的量子电路。我们预期该算法可以用于验证和检测实际量子电路的制造缺陷。