

修士論文

ユニタリ行列の座標化に基づいた量子ゲートの 分解の効率化

氏名：PHAM TRUNG TIEN

学籍番号：6611140060-2

指導教員：山下 茂 教授

提出日：2015 年 2 月 6 日

立命館大学大学院 情報理工学研究科
博士課程前期課程 情報理工学専攻

目次

第1章 はじめに	1
第2章 背景	2
2.1 量子計算	2
2.2 量子回路と量子ゲート	2
2.3 量子ゲート 分解とユニタリ行列の分解問題	2
2.4 部分的な分解の組み合わせによるアプローチ	2
2.4.1 アプローチの概要	2
2.4.2 一般のシナリオ	2
2.4.3 Selingerらの手法への適用するシナリオ	2
第3章 問題定義	3
3.1 メイン問題:	3
3.2 サブ問題:	3
第4章 提案手法	4
4.1 ユニタリ行列の座標化による効率化手法	4
4.1.1 ユニタリ行列の座標の概念	4
4.1.2 ユニタリ行列の積と座標の和の関係	4
4.1.3 提案した問題への繋がり	4
4.1.4 アルゴリズムの詳細	4
4.1.5 考察	4
第5章 実験結果	5
5.1 一般のシナリオ向けの実験	5
5.1.1 2x2 行列の分解	5
5.1.2 4x4 行列の分解	5
5.2 Selingerらの手法への適用シナリオ向けの実験	5

图 目 次

表 目 次

第1章 はじめに

第2章 背景

2.1 量子計算

2.2 量子回路と量子ゲート

2.3 量子ゲート 分解とユニタリ 行列の分解問題

2.4 部分的な分解の組み合わせによるアプローチ

2.4.1 アプローチの概要

分解結果をビルディングブロックから構成するステージには、Brute-force の従来のアルゴリズムは全ての行列組み合わせを生成し、検証する必要がある。アルゴリズムの詳細を以下に述べる。

なお、 D は $(d \times d)$ 行列の距離関数である。 D の例としては、 $D(V, W) \equiv \sqrt{\frac{d - |\text{Trace}(V^* W)|}{d}}$ 、量子計算の研究ではよく使われる距離関数である。

2.4.2 一般のシナリオ

2.4.3 Selinger らの手法への適用するシナリオ

第3章 問題定義

3.1 メイン問題:

両方のシナリオに組み合わせ数に伴う計算コストの問題が存在

3.2 サブ問題:

一般のシナリオの場合、初期探索空間の生成、記憶するコスト問題

第4章 提案手法

4.1 ユニタリ 行列の座標化による効率化手法

4.1.1 ユニタリ 行列の座標の概念

ユニタリ \rightarrow エルミート \rightarrow 実数体上のベクトルとのマッピング

4.1.2 ユニタリ 行列の積と座標の和の関係

- ユニタリ 行列の積と座標の和の誤差に関する不等式を

4.1.3 提案した問題への繋がり

- 全組み合わせ \rightarrow ソート済配列の探索へ- ベクトル演算子の条件

4.1.4 アルゴリズムの詳細

- 条件を満たすベクトル演算子の例- 仮ソースコード

4.1.5 考察

- 提案手法は NearIdentity 以外に適用ようできるための添削

第5章 実験結果

5.1 一般のシナリオ向けの実験

5.1.1 2x2 行列の分解

5.1.2 4x4 行列の分解

5.2 Selingerらの手法への適用シナリオ向けの実験

参考文献

- [1] C. M. Dawson and M. A. Nielsen. The Solovay-Kitaev algorithm. *Quantum Information and Computation*, 6(1):81–95, 2006.
- [2] Matthew Amy, Dmitri Maslov, Michele Mosca, and Martin Roetteler. A meet-in-the-middle algorithm for fast synthesis of depth-optimal quantum circuits. *arXiv:1206.0758*, 2012.
- [3] Vadym Kliuchnikov. Synthesis of unitaries with Clifford+T circuits. *arXiv:1306.3200*, 2013.