

# 블록 인코딩의 구성

## (Construction of Block-encodings)

노 현 민 <sup>†</sup>      김 태 원 <sup>††</sup>

(Hyeonmin Roh)    (Taewon Kim)

**요약.** 블록 인코딩(Block-encoding)은 양자 기계학습 및 선형대수 알고리즘이 제 고전 판본에 대해 보이는 지수적인 속도 증진의 근간인 양자 자료구조, 이른바 QRAM을 구성하는 도구다. 한편 일부 양자 기계학습 및 선형대수 알고리즘들을 오직 다항 시간 감속만으로 고전 알고리즘에 의해 모사할 수도 있는데, 이런 모사를 역양자화(Dequantization)라고 부른다. 또한 역양자화란 QRAM을 구성하는 블록 인코딩의 대수적인 성질에 주목한 결과이기도 하다. 따라서 본고는 역양자화를 방지하려면 블록 인코딩을 어떻게 구성할 것이냐는 문제를 중심으로 블록 인코딩과 인접 개념을 일별한다.

**키워드:** 양자 기계학습, 양자 알고리즘, 블록 인코딩, 양자 특잇값 변환

**Abstract.** *Block-encoding* is a tool that constructs the quantum data structure known as QRAM, which serves as the foundation for the exponential speedup observed in quantum machine learning and linear algebra algorithms compared to their classical counterparts. On the other hand, certain quantum machine learning and linear algebra algorithms can be emulated classically, in other words, dequantized, with only polynomial-time slowdown. Dequantization is, in part, a result of exploiting the algebraic properties of block-encoding that make up QRAM. Therefore, this paper sketches the notion of block encoding and related concepts, with a central focus on the problem of how to construct it to prevent dequantization.

**Keywords:** quantum machine learning, quantum algorithms, block-encoding, QSVT

---

<sup>†</sup>국립부경대학교 과학컴퓨팅학과 학생

<sup>††</sup>국립부경대학교 컴퓨터공학과 학생

In *Proceedings of the 51st Annual ACM SIGACT Symposium on Theory of Computing*, STOC 2019, page 217–228, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.

## 1 개요

양자 기계학습(Quantum Machine Learning) 알고리즘은 고전 기계학습 알고리즘에 대해 지수적인 가속(exponential speedup)을 보인다는 주장이 존재한다. 이들 주장과 더불어 양자 기계학습이라는 분야 자체가 연립일차방정식  $Ax = b$ 의 해를 구하는 HHL 알고리즘[2]에 강하게 의존하는데, 일찍이 Aaronson[1]은 HHL 알고리즘과 양자 기계학습 및 그 이점이 지니는 한계를 지적했다. 머지않아 Tang[4]은 기계학습에서 주로 사용하는 고전 데이터에 대해 오직 다항 수준의 감속(polynomial slowdown)으로 양자 추천 알고리즘[3]을 모사하는 고전 알고리즘을 내놓으며 이런 과정을 역양자화(dequantization)라고 명명했다.

## 2 My Chapter

### References

- [1] Scott Aaronson. Read the fine print. *Nature Physics*, 11:291 – 293, 2015.
- [2] Aram W. Harrow, Avinatan Hassidim, and Seth Lloyd. Quantum algorithm for linear systems of equations. *Phys. Rev. Lett.*, 103:150502, Oct 2009.
- [3] Iordanis Kerenidis and Anupam Prakash. Quantum Recommendation Systems. In Christos H. Papadimitriou, editor, *8th Innovations in Theoretical Computer Science Conference (ITCS 2017)*, volume 67 of *Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs)*, pages 49:1–49:21, Dagstuhl, Germany, 2017. Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik.
- [4] Ewin Tang. A quantum-inspired classical algorithm for recommendation systems.