

양자 컴퓨팅 이해를 위한 국내외 교육안 설계

Design of Education Class Plan for Understanding Quantum Computing

조한진[†] · 김애영^{††}

[†]병점고등학교

^{††}한신대학교 교육대학원 AI융합교육전공

Hanjin Cho[†] · Aeyoung Kim^{††}

[†]Byungeom High School

^{††}AI Convergence Education, Graduate School of Education, Hanshin University

요 약

최근 양자 컴퓨팅 기술은 슈퍼 컴퓨터 성능을 뛰어넘는 양자 컴퓨터 등장하며 AI 기반 기술인 기계학습에 접목하며 AI 관련 기술을 고도화시키는 수준이다. 특히 양자컴퓨터는 IBM 양자 클라우드 서비스의 제공으로 누구나 손쉽게 접근 및 사용이 가능하며, 양자 컴퓨터의 기술 수준을 파악하는 하나의 요인인 큐비트(양자 정보 처리의 최소 단위) 규모를 2~3년 내에 수천 큐비트 규모로 개발하는 로드맵이 제시되었다. 이에 본 논문은 곧 다가올 미래 컴퓨터인 양자 컴퓨터에 대한 초중고 학생들의 이해를 도모할 수 있는 콘텐츠 사례를 살펴보고 국내 초중고 교육에 적합한 교육안을 제시한다.

주제어: 양자 컴퓨팅, 교육 사례, 교육안, 양자 기계학습, 양자 인공지능

1. 서론

최근 양자 컴퓨팅 기술은 슈퍼 컴퓨터 성능을 뛰어넘는 양자 컴퓨터 등장하며 AI 기반 기술인 기계학습에 접목하며 AI 관련 기술을 고도화시키는 수준이다. 더욱이 2022년 노벨 물리학부문은 3인 모두 양자 물리학에 큰 기여를 한 분들이며, 이는 양자 컴퓨터의 중요성이 현실화 되고 있음을 보인다.

이에 미국, 캐나다, 중국, 유럽 등은 오래전부터 거대 금액을 투입하여 양자 컴퓨터를 개발하고 양자 컴퓨팅 알고리즘을 설계해왔다. 대표 양자 알고리즘인 Grover's 알고리즘 역시 1996년에 제시되고 증명되었으니 우리 나라에 비해 양자 컴퓨터에 공들인 시간이 길다.

이러한 양자컴퓨터는 IBM 양자 클라우드 서비스의 제공으로 누구나 손쉽게 접근 및 사용이 가능하며, 양자 컴퓨터의 기술 수준을 파악하는 하나의 요인인 큐비트(양자 정보 처리의 최소 단위) 규모를 2~3년 내에 수천 큐비트 규모로 개발하는 로드맵이 제시되어 지금보다도 더 양자 컴퓨터 개념이 보편화되고 활용될 것이다.

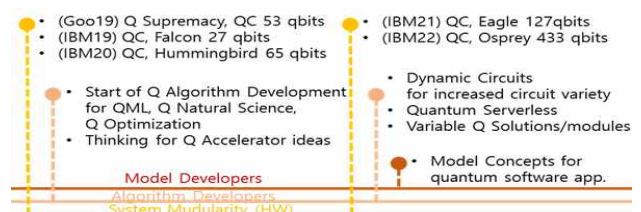
국외의 많은 대학들은 양자 컴퓨팅에 대한 교육이 필요함을 인지하고 교육 커리큘럼에 포함해왔으며 10년 이상 진행한 곳도 있다. 더욱이 한발 나아가, UCLA 미치 The Univrsit of Britsh Columbia와 같은 대학 및 Scratch와 같은 블록코딩 기업은 초중고에 대한 양자 컴퓨팅 개념을 학습시키기 위한 프로그램들을 다양하게 진행하고 있다. 그에 비해 국내의 양자 컴퓨터 관련 개발도 많이 늦고, 양자

컴퓨팅 교육도 찾기 힘들다.

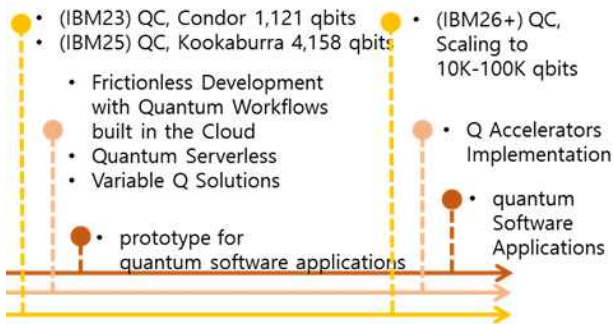
이에 본 논문은 곧 다가올 미래 컴퓨터인 양자 컴퓨터에 대한 초중고 학생들의 이해를 도모할 수 있는 콘텐츠 사례를 살펴보고 국내 초중고 교육에 적합한 교육안을 간단히 제시한다.

2. 연구 배경

양자 컴퓨터의 대표 기업인 구글 과 IBM에서 2022년에 제시한 로드맵은[그림 1] 및 [그림 2]와 같다. Google은 2019년에 양자 컴퓨터의 성능이 슈퍼 컴퓨터를 앞서는 수준인 50 큐비트를 넘는 53 큐비트인 시커모어 프로세서를 발표하며 양자우월성(슈퍼 컴퓨터보다 1천만배 빠름)을 세계 최초로 달성했다. IBM은 지난 2021년에 127 큐비트의 양자 프로세서 Eagle을 발표했고, 2025년에 4,158 큐비트 양자 프로세서를 발표하는 것을 목표로 개발하고 있다.



[그림 1] Google 및 IBM의 양자 컴퓨터 개발 로드맵 I (~2022)



[그림 2] Google 및 IBM의 양자 컴퓨터 개발 로드맵 II (2023~)

양자 컴퓨터는 크게 게이트 방식과 어닐링 방식이 있으며, 게이트 방식에서는 [그림 1] 및 [그림 2]에 언급된 IBM과 Google 외에도 IonQ 등이 있고 어닐링 방식은 D-Wave가 있고 각각 상용제품을 판매하고 있다. 양자 컴퓨터의 성능은 큐비트 수에 비례하지 않고, 유효 큐비트 수의 영향도 큰데, IonQ가 매년 진행되는 성능 경진대회에서 우승을 차지하고 있다. 한편으로, IBM은 IBM Q Experience 플랫폼을 이용하여 누구나 접근해서 사용하도록 5 큐비트 양자 컴퓨터를 제공하고 있다. 사람들이 반도체의 원리를 몰라도 컴퓨터를 사용하듯 양자 컴퓨터의 기반 이론인 양자역학의 양자중첩과 양자얽힘 현상을 몰라도 드래그&드롭으로 해당 내용을 시뮬레이션으로 만들어 보고 정보를 처리하는 양자 컴퓨팅 연산도 체험 가능하다.

3. 양자 컴퓨터 이해를 위한 국내외 교육 콘텐츠

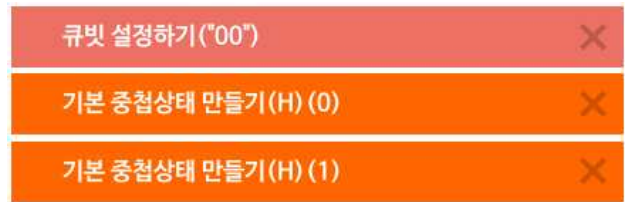
본 장에서는 양자 컴퓨터 이해를 위한 국내외 교육 콘텐츠를 살펴보고, 학습목표 및 교과과정 중 학습요소를 고려한 콘텐츠를 제시한다.

(1) 헬로엠피스 양자컴퓨터 코딩

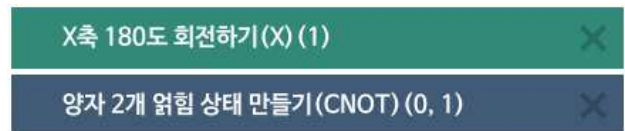
헬로엠피스는 2019년에 양자 컴퓨팅 교육용 SW를 출시하였으며, 이 양자코딩 SW는 간단한 블록코딩과 다이어그램으로 양자역학의 기본 현상 또는 양자정보처리의 기본 연산을 쉽고 재미있게 이해하도록 도우며, 구현 코드는 IBM Q Experience에서 실행 가능하다. 이 SW로 양자 코딩은 [그림 3]과 같이 3단계로 구성되며, 양자코딩 절차는 [그림 4] 및 [그림 5]와 같이 수행한 후에 [그림 6]과 같이 결괏값을 확인하고 [그림 7]의 양자회로 다이어그램 표현을 수행하여 [그림 8]과 같은 양자회로로 전체 흐름 및 내부 양자 상태를 파악한다.



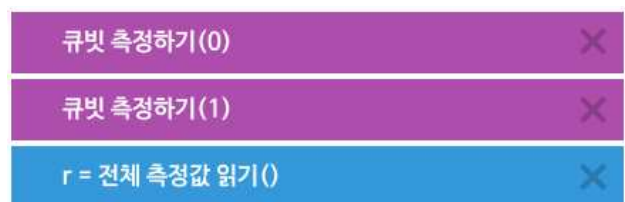
[그림 3] 헬로엠피스 양자 컴퓨팅 교육용 SW의 양자코딩 단계



[그림 4] 헬로엠피스 양자 컴퓨팅 교육용 SW의 양자코딩 1 단계



[그림 5] 헬로엠피스 양자 컴퓨팅 교육용 SW의 양자코딩 2 단계



[그림 6] 헬로엠피스 양자 컴퓨팅 교육용 SW의 양자코딩 3 단계



[그림 7] 헬로엠피스 양자 컴퓨팅 교육용 SW의 다이어그램 표시

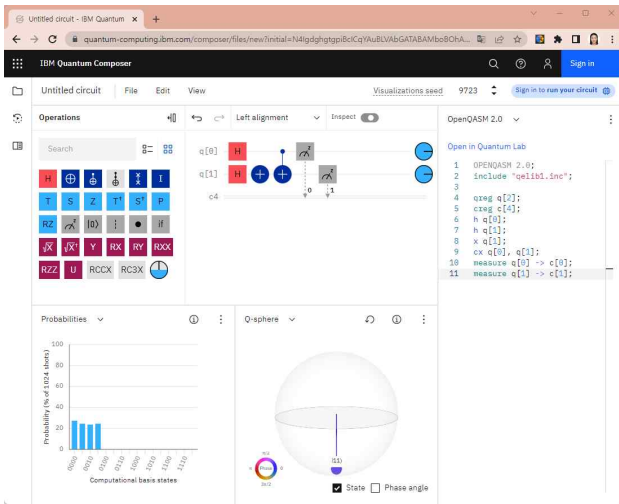


[그림 8] 헬로엠피스의 다이어그램으로 표시된 양자회로 예

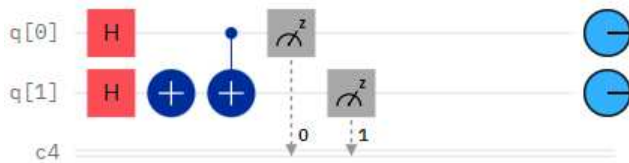
(2) IBM Q Experience

IBM은 양자 컴퓨터 개발뿐만 아니라 Qiskit과 같은 파이썬 기반 양자 코딩 라이브러리를 개발하고 이 Qiskit 기반의 양자 컴퓨팅에 대한 이해 저변을 넓히기 위한 적극적인 커뮤니티 활동을 해오고 있다. 이러한 활동의 하나로 IBM은 IBM Q Experience 플랫폼을 제공하고 있으며, 구글 계정을 가지고 있다면 별도의 회원가입 없이 [그림 9]와 같은 IBM Q E.에 접근할 수 있다.

헬로엠피스의 양자회로 예인 [그림 9]의 구성을 그대로 IBM Q E.에서 구성하면 [그림 10]과 같으며, IBM Q E. 경우에는 회로 구성을 위한 게이트(H, +, 측정 등)가 하나씩 추가될 때마다 [그림 9]의 하단 좌측의 차트에 측정시 산출 가능한 값들에 대한 산출 확률이 실시간으로 표시되며, 하단 우측에 Q-sphere에 양자 상태의 위상이 표시되어 간단한 양자 회로 구성시에도 양자 상태에 대한 학습이 이뤄진다.



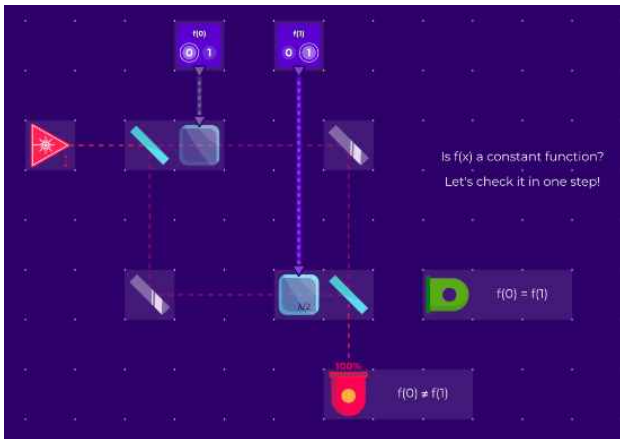
[그림 9] IBM Q Experience 내의 Quantum Composer 화면 예



[그림 10] IBM Quantum Composer로 구성한 양자회로 예

(3) Quantum Flytrap의 게임 기반 교육 콘텐츠

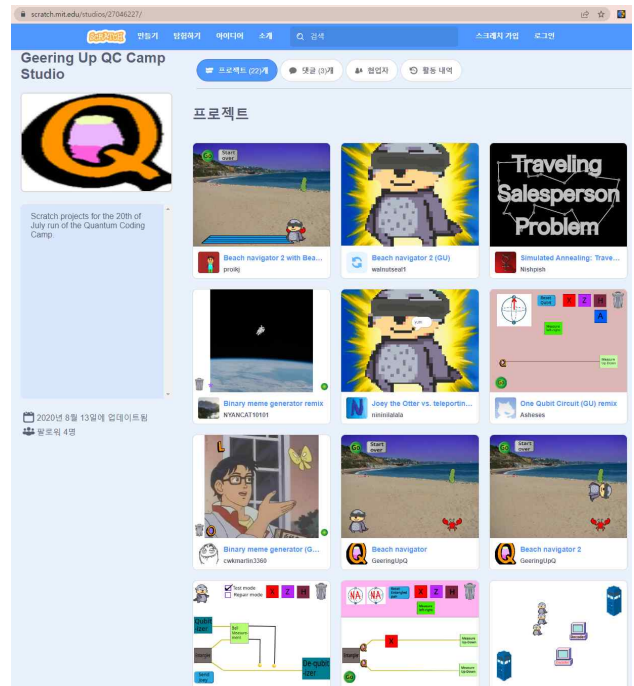
Quantum Flytrap은 양자 컴퓨터와 관련한 개념들을 아이들이 쉽게 접할 수 있도록 게임 방식의 웹서비스를 제공한다.



[그림 11] Quantum Flytrap의 게임 기반 학습 콘텐츠 예

(4) Scratch의 양자 컴퓨팅 교육 콘텐츠

블록코딩의 대표인 Scratch에서 초중고 학생들에 대하여 양자 컴퓨팅을 보다 쉽고 재미있게 이해시키기위한 프로젝트를 시작했으며 현재 22종의 솔루션이 포함되어 있다.



[그림 12] Scratch의 QC 프로젝트: 22개의 게임 콘텐츠 제공

이러한 콘텐츠를 바탕으로 양자 컴퓨터를 이해하기 위한 교육안의 학습 목표는 다음과 같다.

- 양자 레벨에서 세상은 어떻게 움직이는지를 이해하기
- 양자중첩 및 양자얽힘과 같은 양자 현상을 이해하기
- 기존 컴퓨팅, 이미지 처리, 암호, 기계학습, 통신 등에 대해 양자 기술이 가져올 변화를 이해하기

위와 같은 목표로 교육을 진행할 때 학생들이 실제 학습하는 교과 주제는 다음과 같다.

- 복소수
- 양자얽힘
- 물리 실험(입자와 파동)
- 선형대수
- 양자 컴퓨팅(정보처리) 및 알고리즘
- 양자 암호
- 양자 기계학습
- 양자 기계공학
- 양자 광학

양자 컴퓨팅 이해에 대한 교육안은 교육 대상과 적용하는 콘텐츠의 종류에 따라 상이하겠지만 교육 과정의 단계는 (1) 양자 비트 qubits vs 비트 bit에 대한 이해, (2) 양자 회로를 기반으로 양자 게이트 및 양자 연산에 대한 이해, (3) 최종 연산 후 값을 확인하기 위한 측정에 대한 이해로 크게 세 가지이다. 이러한 단계에 따라 간단한 알고리즘의 문제를 대상으로 양자 큐비트를 설정하고, 양자 회로(양자 알고리즘)를 구성하고, 측정하여 그 값을 확인한다. 예를 들어, 간단히 교안에 적용 가능한 소재는 한 비트의 두 수에 대한 덧셈(올림 현상 미반영), 두 비트의 두 수에 대한

덧셈(올림 현상 반영), 2의 n 승(예, 2, 4, 8, ...)으로 나눈 나머지가 반영된 덧셈 등의 덧셈 연산과 나머지 연산에 대한 알고리즘이 있고, Grover 알고리즘과 같이 대표 양자 알고리즘을 이용하여 최소값을 찾기 내용을 분석하는 알고리즘도 있다.

4. 결론

본 논문에서는 양자 컴퓨팅을 이해하기 위한 간단한 교육안을 제시한다. 이를 위해서 현재의 양자 컴퓨터 개발 동향을 살펴보고, 국내외 양자 컴퓨팅 교육 및 툴을 살펴봤다. 살펴본 내용을 바탕으로 교육안의 학습목표, 학습주제, 학습단계구성, 학습을 위한 콘텐츠 예시 등을 제시했다.

향후 연구는 다양한 교육 콘텐츠 및 도구와 제시한 교육안을 바탕으로 차시별 목표 및 교육내용을 구체적으로 정리해보고, 교육현장에 적용시 학습 효과를 측정하여 분석하는 것이다.

참고문헌

- [1] Quantum Zeitgeist(2020). **Do we need to teach children Quantum**, <https://quantumzeitgeist.com/do-we-need-to-teach-children-quantum-computing>(2023년 1월 10일 검색)
- [2] 헬로앱스(2019). **양자컴퓨터 코딩**, <https://www.helloapps.co.kr/quantum>(2023년 1월 10일 검색)
- [3] IBM(2019). **IBM Q Experience**, <https://quantum-computing.ibm.com/lab>(2023년 1월 10일 검색)
- [4] Brilliant(2020). https://brilliant.org/courses/quantum-computing/?utm_medium=affiliates&utm_source=website&utm_campaign=quantumzeitgeist_1019_course(2023년 1월 10일 검색)
- [5] Quantum Flytrap(2020). **Quantum Education**, <https://quantumflytrap.com/virtual-lab>(2023년 1월 10일 검색)
- [6] Migdał, P., Jankiewicz, K., Grabarz, P., Decaroli, C., & Cochin, P. (2022). Visualizing quantum mechanics in an interactive simulation--Virtual Lab by Quantum Flytrap. *Optical Engineering*, 61(8), 081808
- [7] Seskir, Z. C., Migdał, P., Weidner, C., Anupam, A., Case, N., Davis, N., ... & Chiofalo, M. (2022). Quantum games and interactive tools for quantum technologies outreach and education. *Optical Engineering*, 61(8), 081809.
- [8] scratch(2020). **Geering up QC Camp Studio**, <https://scratch.mit.edu/studios/27046227>(2023년 1월 10일 검색)
- [9] The University of British Columbia(2019). **Quantum Computing**, <https://quantumcomputing.ubc.ca/education/k-12-education>(2023년 1월 10일 검색)
- [10] University of Waterloo(2008). **Quantum School for Young Students**, <https://uwaterloo.ca/institute-for-quantum-computing/qsys>(2023년 1월 10일 검색)
- [11] University of California, University of Maryland, Columbia University, Brown University, Villanova University, & QubitbyQubit(2014). **Introduction to Quantum Computing 2022-2023 for High School(Grades 9-12)**, <http://www.qubitbyqubit.org/school-info>(2023년 1월 10일 검색)
- [12] Senmay, K., Bayu, G. W., & Sumantri, M. (2021). *Effectiveness Quantum Teaching Model in Elementary School Students' Civics Learning*. In 2nd International Conference on Technology and Educational Science (ICTES 2020) (pp. 343-347). Atlantis Press.
- [13] He, Y., Zha, S., & He, W. (2021). A literature review of quantum education in K-12 level. *Innovate Learning Summit*, 418-422.
- [14] Ariftian, I., & Madjdi, A. H. (2021, March). Science-Based Quantum Learning Models In Elementary School. *In Journal of Physics: Conference Series* .1823(1), p.012085. IOP Publishing.