

## 양자 인공지능 생태계 활성화를 위한 노코드 기반 양자 인공 신경망 설계 플랫폼

노지민<sup>o</sup>, 김중헌<sup>o†</sup>고려대학교<sup>o†</sup>{emilyjroh<sup>o</sup>, joongheon<sup>o†</sup>}@korea.ac.kr

## No-Code Quantum Neural Network Design Platform for Enhancing the Quantum AI Ecosystem

Emily Jimin Roh<sup>o</sup>, Joongheon Kim<sup>o†</sup>Korea University<sup>o†</sup>

## 요 약

본 논문은 양자 컴퓨팅과 인공지능 융합 연구의 접근성을 높이기 위한 노코드 기반 플랫폼을 제안한다. 양자 컴퓨팅은 다양한 분야에서 잠재력이 있으나, 복잡한 전문지식이 요구되어 각 분야 연구자들의 참여가 제한되고 있다. 시각적 설계 인터페이스를 통해 연구자들은 복잡한 양자 프로그래밍 지식 없이도 드래그 앤 드롭으로 양자 신경망을 설계할 수 있으며, 이는 자동으로 실행 가능한 Qiskit 코드로 변환된다. 본 플랫폼은 양자 인공지능 분야의 진입 장벽을 낮추고 다양한 연구자들의 참여를 촉진하여 관련 생태계 활성화에 기여할 것으로 기대된다.

## I. 서 론

양자 컴퓨팅과 인공지능의 융합은 컴퓨팅 패러다임의 전환점으로 주목받고 있다[1]. 최근 양자 컴퓨터의 기술적 발전과 함께 양자 알고리즘을 활용한 인공지능 모델의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이는 기존 고전 컴퓨팅의 한계를 극복할 수 있는 잠재력을 보여주고 있다 [2]. 양자 컴퓨팅은 중첩과 얽힘 같은 양자역학적 현상을 활용하여 특정 계산 문제에서 기하급수적인 속도 향상을 가능케 하며, 이러한 특성은 대규모 데이터 처리와 복잡한 패턴 인식이 요구되는 인공지능 분야에 가능성을 제시한다 [3]. 그러나 양자 인공지능 분야는 여전히 높은 진입 장벽이 존재한다. 양자 컴퓨팅 자체가 요구하는 물리학적, 수학적 배경지식은 물론, 양자 프로그래밍 언어와 알고리즘에 대한 전문성이 필요하기 때문에 다양한 분야의 연구자와 개발자, 특히 인공지능 전문가들의 참여가 제한적이다. 노코드(No-Code) 및 로우코드(Low-Code) 접근 방식은 이러한 기술적 장벽을 낮추는 효과적인 방법론으로 주목받고 있다. 고전적 인공지능 분야에서도 단순 라이브러리를 넘어 더 추상화된 노코드 플랫폼들이 등장하면서 비 전문가들의 인공지능 모델 개발 참여가 확대되고 있다. 그러나 양자 인공지능 영역에서는 아직 이러한 노코드 접근법이 충분히 발전하지 못했으며, 이는 양자 인공지능 생태계의 확장을 저해하는 주요 요인으로 작용하고 있다.

본 연구에서는 양자 인공 신경망 모델 설계를 위한 노코드 기반 플랫폼을 그림 1 과같이 제안한다. 그림 1 을 보면, 양자 게이트와 신경망 구조의 직관적 시각화, 드래그 앤 드롭 방식의 모델 설계, 자동화된 양자 회로 최적화 등의 기능을 통해 양자 프로그래밍 경험이 부족한 연구자들도 양자 알고리즘의 이점을 활용할 수 있도록 지원한다. 이를 통해 양자 인공지능 분야의 발전을 가속화하고, 다양한 도메인 전문가들의 참여를 촉진하는 것이 본 연구의 핵심 목표이다.

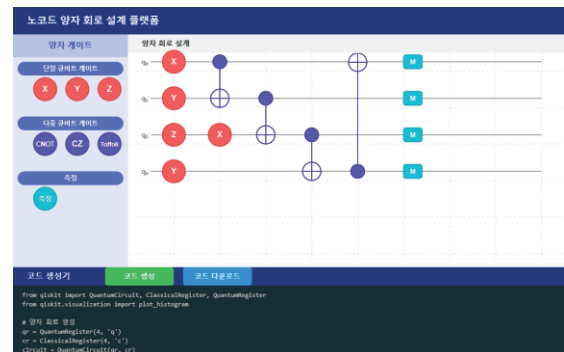


그림 1 노코드 기반 양자 인공 신경망 플랫폼

## II. 이론적 배경

양자 컴퓨팅은 양자역학의 원리를 활용한 정보 처리 패러다임으로, 기존 고전 컴퓨팅과는 근본적으로 다른 접근 방식을 취한다. 양자 컴퓨팅의 기본 단위인 큐비트(Qubit)는 고전적 비트와 달리 0 과 1 의 상태가 중첩될 수 있으며, 이는 동시에 여러 계산 경로를 탐색할 수 있는 가능성을 제공한다. 더불어 얽힘 현상은 한 큐비트의 상태가 다른 큐비트의 상태와 상관관계를 가지게 함으로써, 정보의 비국소적(Non-locality) 처리를 가능하게 한다. 양자 회로는 이러한 큐비트에 작용하는 양자 게이트들의 순차적 조합으로 구성되며, 다양한 단일 큐비트 게이트와 다중 큐비트 게이트의 조합을 통해 양자 알고리즘이 구현된다.

양자 인공 신경망은 인공 신경망의 계산 패러다임을 양자 시스템으로 확장한 것으로, 매개변수화 된 양자 회로를 기반으로 구현된다 [4]. 기본 구조는 인코딩 레이어, 가변 레이어, 측정 단계로 나눌 수 있으며, 학습 과정에서는 측정된 출력과 목표 출력 간의 오차를 최소화하기 위해 매개변수를 조정한다. 양자 인공 신경망은 고차원 힐버트 공간에서의 연산 효율성, 양자 데이터 직접 처리 가능성 등의 이점을 제공할 수 있다.

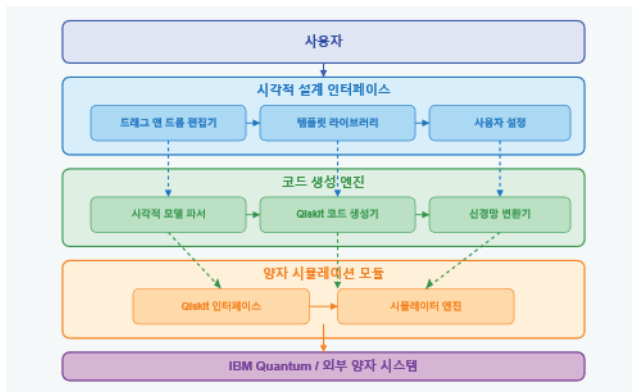


그림 2 노코드 기반 양자 인공 신경망 플랫폼 아키텍처

노코드, 로우코드 패러다임은 시각적 인터페이스와 사전 정의된 구성 요소를 통해 복잡한 애플리케이션을 최소한의 코딩으로 개발할 수 있게 하는 접근 방식으로, 소프트웨어 개발 접근성을 촉진한다.

인공지능 분야에서는 여러 노코드 접근 방식을 통해 인공지능 모델 개발의 접근성을 높이고 있다. 현재 양자 컴퓨팅 생태계에는 다양한 프로그래밍 언어와 플랫폼이 존재하지만, 대부분 라이브러리 기반 프로그래밍 접근 방식을 취하고 있어 초보자에게는 높은 진입 장벽으로 작용한다 [5]. 일부 플랫폼들은 시각적 인터페이스를 제공하기도 하나, 일부 양자 회로의 시각화에 중점을 두고 있으며 완전한 노코드 환경을 지원하지는 않는다. 양자 인공지능 분야에서는 하이브리드 프레임워크가 존재하지만, 이들 역시 양자 컴퓨팅에 대한 기본적인 이해를 전제로 한다. 따라서 양자 컴퓨팅과 인공지능의 융합을 위한 진정한 노코드 플랫폼은 아직 중요한 과제로 남아있다.

### III. 노코드 기반 양자 신경망 설계 플랫폼 제안

제안하는 노코드 기반 양자 인공 신경망 설계 플랫폼은 시각적 설계 인터페이스, 템플릿 라이브러리, 코드 생성 엔진, 양자 시뮬레이션 모듈 등의 핵심 구성 요소로 이루어지며, 그 구조는 그림 2 와 같다.

시각적 설계 인터페이스는 드래그 앤 드롭 방식으로 양자 신경망 구조를 설계할 수 있는 환경을 제공한다. 이 인터페이스는 양자 게이트, 큐비트, 측정 연산자, 신경망 레이어 등을 시각적 객체로 표현하며, 사용자 설정 기능을 통해 큐비트 수와 회로 매개변수를 직관적으로 조정할 수 있다. 이러한 직관적인 설계는 양자 컴퓨팅에 익숙하지 않은 인공지능 연구자도 쉽게 이해하고 사용할 수 있게 한다. 또한 일반적인 양자 신경망 구조에 대한 사전 정의된 템플릿을 제공하여 사용자가 이를 시작점으로 활용하고 수정할 수 있게 한다.

코드 생성 엔진은 시각적 모델 파서, 양자 회로 코드 생성기, 신경망 변환기로 구성된다. 시각적 모델 파서는 사용자가 설계한 회로의 요소와 연결을 분석하고, 양자 코드 생성기는 이를 실행 가능한 양자 회로 코드로 변환한다. 신경망 변환기는 가변 회로의 매개변수화와 학습 루프 생성을 담당한다.

양자 시뮬레이션 모듈은 IBM 의 Qiskit 프레임워크를 기반으로 하며, Qiskit 인터페이스와 시뮬레이터 엔진으로 구성된다. Qiskit 인터페이스는 코드 실행 관리와 라이브러리 통합을 담당하며, 시뮬레이터 엔진은 상태 벡터 시뮬레이션과 노이즈 모델 적용을 처리한다. 이를 통해 사용자는 복잡한 Qiskit 프로그래밍 지식 없이도 양자 인공 신경망 모델을 구현할 수 있다.

본 플랫폼의 주요 기술적 차별점은 시각적 설계 과정에서 생성된 양자 회로 구조가 즉시 실행 가능한 Qiskit 코드로 변환된다. 사용자는 필요에 따라 생성된 코드를 직접 검토하고 수정할 수도 있다. 이러한 접근 방식은 양자 프로그래밍 경험이 부족한 인공지능 연구자들이 양자 컴퓨팅의 잠재력을 탐색하는 데 있어 진입 장벽을 크게 낮출 것으로 기대된다.

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 양자 인공지능 생태계 활성화를 위한 노코드 기반 양자 인공 신경망 설계 플랫폼을 제안하였다. 제안된 플랫폼은 직관적인 인터페이스, 템플릿 라이브러리, Qiskit 코드 생성 기능을 통해 양자 인공지능의 연구 접근성을 높이는 데 중점을 두었다. 이러한 노코드 접근 방식은 양자 인공지능 분야의 높은 진입 장벽을 완화하고, 다양한 배경을 가진 연구자와 개발자들이 양자 인공지능 연구에 참여할 수 있는 기회를 제공한다. 제안된 플랫폼의 주요 한계점으로는 시각적 인터페이스의 표현력 제한, 다양한 하드웨어 아키텍처 지원, 그리고 대규모 양자 시스템의 확장성 문제가 있다. 향후 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 다양한 양자 프레임워크에 대한 지원 확장, 플랫폼의 기능 고도화, 그리고 실제 양자 하드웨어와의 효율적 연동 메커니즘 구현에 초점을 맞출 계획이다. 본 연구에서 제안한 플랫폼은 양자 컴퓨팅과 인공지능의 융합 연구를 위한 새로운 접근법을 제시하며, 다양한 분야의 연구자들이 양자 기술의 잠재력을 활용할 수 있게 함으로써 양자 인공지능 생태계의 활성화와 응용 개발에 기여할 것으로 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2025-00561377). 본 논문의 교신저자는 김중현임.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Biamonte, P. Wittek, N. Pancotti, P. Rebentrost, N. Wiebe, and S. Lloyd, "Quantum machine learning," *Nature*, vol. 549, no. 7671, pp. 195-202, Sep. 2017.
- [2] E. J. Roh, H. Baek, D. Kim, and J. Kim, "Fast Quantum Convolutional Neural Networks for Low-Complexity Object Detection in Autonomous Driving Applications," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 24, no. 2, pp. 1031-1042, Feb. 2025.
- [3] J. Y. Shim, and J. Kim "Fast batch gradient descent in quantum neural networks," *Electronics Letters*, vol. 61, no. 1, pp. 1-4, Feb. 2025
- [4] S. Y.-C. Chen and J. Kim, "Hands-On Introduction to Quantum Machine Learning," in *Proc. ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)*, Boise, ID, USA, Oct. 2024, pp. 5507-5510
- [5] D. Fortunato, J. CAMPOS and R. ABREU, "Mutation Testing of Quantum Programs: A Case Study With Qiskit," *IEEE Transactions on Quantum Engineering*, vol. 3, pp. 1-17, Jul. 2022.