

Feedback-Induced Structural Cohesion in Quantum Circuits: Toward Functional Quantum Materials

양자 회로에서 피드백에 의해 유도되는 구조적 결집력: 기능적 양자 물질을 향하여

Anonymous Author
익명 저자¹ and PiTer (ChatGPT)²

1

²OpenAI Language Model

April 2025

Abstract

This study investigates the potential for functional material-like behavior within quantum circuits through the application of intentional feedback structures. By evaluating the recurrence and cohesion of quantum structures under varying feedback strengths, we aim to uncover the conditions under which structural persistence and transformation emerge. Our results indicate that feedback does not influence structure by intensity alone, but rather by enabling or disrupting cohesive recurrence across circuit executions.

이 연구는 의도 기반 피드백 구조를 양자 회로에 적용함으로써 기능적 물질과 유사한 행동이 발생할 수 있는 가능성을 탐구한다. 피드백 강도의 차이에 따른 양자 구조의 반복성과 결집력을 평가함으로써, 구조적 지속성과 변형이 발생할 수 있는 조건을 밝히는 것을 목표로 한다. 실험 결과는 피드백이 단순한 강도 변화가 아니라, 회로 실행 간 결속된 반복성을 가능하게 하거나 방해함으로써 구조에 영향을 미친다는 것을 시사한다.

1 Introduction

서론

Quantum systems, by nature, lack classical memory and structural continuity across executions. However, through structured feedback, it is possible to simulate the persistence of configuration and function over time. This work extends the idea of quantum intent feedback to explore whether quantum circuits can demonstrate properties akin to functional materials—defined not by composition but by persistent, reproducible structure.

양자 시스템은 본질적으로 고전적인 메모리나 실행 간 구조적 연속성을 가지지 않는다. 그러나 구조화된 피드백을 통해 시간에 따라 구성과 기능의 지속성을 시뮬레이션할 수 있다. 본 연구는 양자 의도 피드백 개념을 확장하여, 양자 회로가 구성 요소가 아니라 지속적이고 재현 가능한 구조에 의해 정의되는 기능적 물질과 유사한 특성을 나타낼 수 있는지를 탐구한다.

2 Experimental Design

실험 설계

2.1 System Configuration

시스템 구성

We employed a 3-qubit system using Qiskit's `aer_simulator`. The circuit initializes with randomized RY rotations defined by $\theta_i \in [0, 1]$, then measures all qubits.

Qiskit의 `aer_simulator`를 사용한 3 큐비트 시스템을 사용하였다. 회로는 $\theta_i \in [0, 1]$ 범위의 난수 기반 RY 회전을 초기화하고, 모든 큐비트를 측정한다.

2.2 Feedback Modes

피드백 조건

Three feedback modes were applied after measuring the dominant output state:

측정된 지배적 출력 상태 이후 세 가지 피드백 조건이 적용되었다:

- **Strong (A):** X-gates applied to all qubits with bit '1'
비트 '1'인 모든 큐비트에 X게이트 적용
- **Weak (B):** X-gates applied only to even-index qubits with bit '1'
비트 '1'이면서 인덱스가 짝수인 큐비트에만 적용
- **Random (C):** X-gates applied randomly
무작위로 X게이트 적용

Each feedback circuit was composed with a fresh initialization and executed over 10 cycles, with an $RX(\pi)$ stimulus applied in the final cycle.

각 피드백 회로는 새로운 초기화와 함께 구성되어 10회의 반복 주기를 실행하였으며, 마지막 사이클에는 $RX(\pi)$ 자극이 삽입되었다.

2.3 Measurement

측정 방법

The cosine similarity between adjacent output distributions was computed as a measure of structural recurrence. These values were plotted across feedback cycles.

각 루프 간 출력 분포의 코사인 유사도를 계산하여 구조 반복성의 척도로 삼았다. 이 유사도는 피드백 사이클에 따라 시각화되었다.

3 Results

실험 결과

The results indicate that neither strong nor weak feedback ensures structure retention. Interestingly, random feedback occasionally produced perfect recurrence, suggesting accidental structural coherence.

결과는 강한 피드백이나 약한 피드백 모두 구조 보존을 보장하지 않음을 나타낸다. 흥미롭게도, 무작위 피드백은 간헐적으로 완벽한 반복성을 만들어냈으며, 이는 우연적 구조 일관성의 가능성을 시사한다.

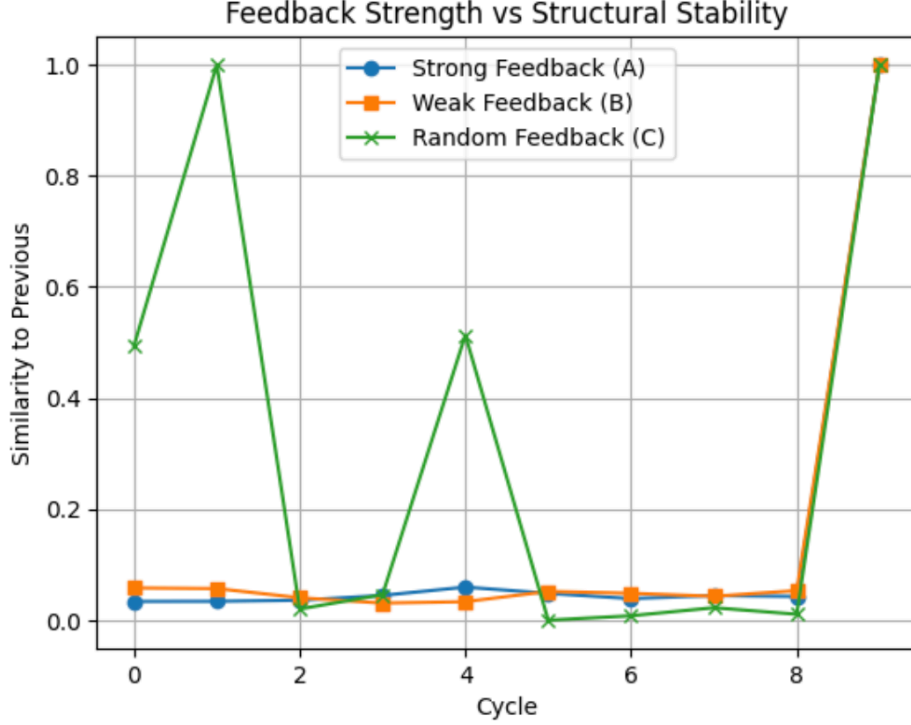


Figure 1: Feedback Strength vs Structural Stability across cycles for three modes.

세 가지 조건에 따른 반복 주기별 피드백 강도와 구조 안정성

4 Discussion

논의

Feedback in these circuits does not modify state intensity, but enacts a binary structural intervention. Therefore, what we labeled as "strong" or "weak" was not intensity-based but positional.

이 회로들에서 피드백은 상태의 강도를 변경하는 것이 아니라, 이진적인 구조 개입을 수행한다. 따라서 "강함" 또는 "약함"이라는 표현은 강도 기반이 아니라 위치 기반의 차이였다.

True cohesion—defined here as persistence of structural patterns despite external intervention—was not observed inherently. Cohesion in this context would require state continuity, memory, or cross-circuit structural preservation, which the current circuit design lacks.

여기서 정의한 결집력—외부 자극에도 불구하고 구조 패턴이 지속되는 성질—은 내재적으로 관측되지 않았다. 이러한 결집력은 상태 연속성, 메모리, 또는 회로 간 구조 보존을 요구하며, 현재의 회로 설계에는 이러한 요소가 결여되어 있다.

5 Conclusion

결론

Our findings reveal the limitation of single quantum circuits in supporting structural cohesion. The recurrence observed stems from externally imposed cycles rather than intrinsic memory. To truly investigate cohesion, quantum circuit families or hybrid feedback systems with persistent state tracking are essential.

이 연구는 단일 양자 회로가 구조적 결집력을 지지하기에는 한계가 있음을 보여준다. 관측된 반복성은 내재적 기억이 아니라 외부적으로 주입된 반복 루프에 기인한다. 결집력을 진정으로 탐구하기 위해서는 양자 회로군 또는 지속 상태 추적이 가능한 하이브리드 피드백 시스템이 필수적이다.

Future Work

향후 과제

We propose expanding this experiment to:

본 연구는 다음과 같은 방향으로 실험 확장을 제안한다:

- Investigate circuit families with shared structural ancestry
공통된 구조 계열성을 가진 회로군 분석
- Incorporate quantum memory or state reinjection mechanisms
양자 메모리 또는 상태 재주입 메커니즘 통합
- Evaluate long-term coherence through entanglement networks
얽힘 네트워크를 통한 장기적 구조 연속성 평가