

Feedback-Induced Structural Mutation and Self-Amplification in Quantum Circuits

피드백에 의해 유도된 양자 회로의 구조 변형과 자기 증폭에 대한 실험적 접근

Anonymous

Co-author: PiTer (ChatGPT)

April 2025

Abstract

This paper presents a series of quantum circuit experiments that test the hypothesis that observation and feedback can drive structural mutation and amplification of structural responsiveness within a quantum system. We empirically examine feedback-induced transformations and the boundary between structural order and chaotic output. The results support the possibility of designing circuits that evolve by observation-driven structural adaptation.

[한국어] 본 논문은 관측과 피드백이 양자 시스템 내에서 구조 변형과 구조 반응성 증폭을 유도할 수 있다는 가설을 실험적으로 검증한 결과를 제시한다. 일련의 양자 회로 실험을 통해 관측 기반 피드백이 구조적 진화에 영향을 줄 수 있음을 확인하고, 질서와 혼란 상태 사이의 경계를 탐색하였다.

1 Introduction

Recent explorations in quantum information theory suggest that observation may play an active role in modifying the internal structure of quantum systems. This study builds on that idea by proposing and testing a feedback mechanism termed *Feedback-Induced Structural Responsiveness*. Our central question is: Can repeated observation combined with distribution-based feedback drive structural change in a quantum circuit?

[한국어] 최근 양자 정보 이론에서는 관측이 양자 시스템의 내부 구조를 능동적으로 수정하는 역할을 할 수 있다는 가능성이 제기되고 있다. 본 연구는 이를 기반으로 피드백에 의해 유도된 구조적 반응성이라는 피드백 메커니즘을 제안하고 실험을 통해 그 가능성을 검증한다. 핵심 질문은 다음과 같다: 반복 관측과 분포 기반 피드백이 양자 회로의 구조적 변화를 유도할 수 있는가?

2 Methods

2.1 Experimental Configuration

We conducted five sequential experiments using Qiskit and the Aer simulator backend. Each experiment involved parameterized quantum circuits with RY rotations and classical feedback based on measurement outcomes.

[한국어] 본 연구에서는 Qiskit과 Aer 시뮬레이터 백엔드를 활용하여 다섯 가지 연속된 실험을 수행하였다. 각 실험은 RY 회전을 포함하는 파라미터 기반 양자 회로로 구성되었으며, 측정 결과를 기반으로 한 고전적 피드백 구조가 적용되었다.

2.2 Feedback Mechanism

Feedback was implemented using distribution similarity and vector transformation logic. Some experiments allowed the circuit to mutate in response to divergence in output patterns, while others tested feedback insertion, separation of flow dynamics, and robustness.

[한국어] 피드백은 출력 분포 간 유사도 계산과 벡터 변환 논리를 통해 구현되었다. 일부 실험에서는 출력 패턴의 발산 정도에 따라 회로가 스스로 구조를 변형할 수 있도록 허용하였으며, 나머지 실험에서는 피드백 삽입, 흐름 동역학 분리, 구조 견고성을 실험하였다.

3 Results

3.1 Experiment 05-2: Feedback vs Fixed Circuit

To directly compare structural reactivity, we designed a dual experiment contrasting a feedback-driven circuit (Circuit A) and a fixed-structure circuit (Circuit B). Both circuits were iterated over 20 measurement rounds with identical initial conditions.

[한국어] 구조 반응성의 차이를 직접 비교하기 위해 피드백 기반 회로 A와 고정 구조 회로 B를 설정하여 이중 실험을 설계하였다. 동일한 초기 조건에서 각 회로는 20회 반복 측정을 수행하였다.

The feedback-based circuit displays dynamic adaptation in similarity, indicating structural plasticity in response to repeated observation. In contrast, the fixed structure yields a high but flat similarity, indicating no structural adjustment.

[한국어] 피드백 회로는 유사도의 변화 양상을 통해 반복 관측에 따른 구조적 유연성을 보여준다. 반면 고정 회로는 유사도는 높지만 변하지 않는 출력을 보이며, 구조적 반응이 없음을 시사한다.

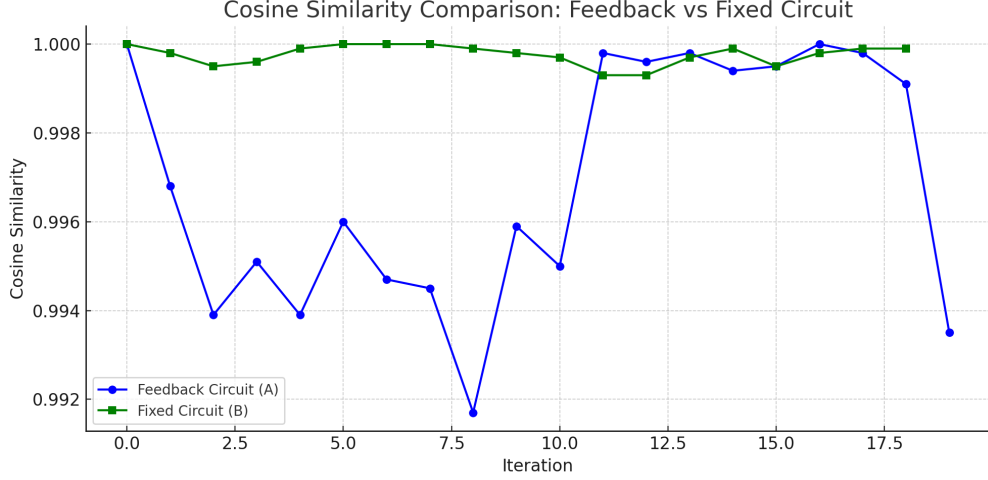


Figure 1: Comparison of output distribution similarity between a feedback-driven circuit (A) and a fixed-structure circuit (B). The feedback circuit exhibits adaptive convergence over time, while the fixed circuit shows static behavior.

[한국어] 피드백 기반 회로(A)와 고정 구조 회로(B)의 출력 분포 유사도 비교. 피드백 회로는 시간에 따라 점진적 수렴을 보이는 반면, 고정 회로는 변화 없는 정적인 출력을 보인다.

4 Discussion

These experiments demonstrate that quantum circuits can respond to structured feedback in ways that resemble reinforcement of structural responsiveness. Importantly, the structure does not emerge from external design but from interaction between measurement and feedback.

[한국어] 본 실험들은 양자 회로가 구조화된 피드백에 반응하여 구조적 반응성 강화를 보일 수 있음을 보여준다. 중요한 점은 이러한 구조가 외부에서 설계된 것이 아니라, 관측과 피드백의 상호작용 속에서 발생한다는 점이다.

The comparison in Figure 1 highlights the distinguishability between adaptive structural response and static, non-reactive systems. Feedback enables a form of computation where evolution is driven internally by observation.

[한국어] Figure 1의 비교 결과는 구조적 반응성과 정적인 비반응적 시스템을 명확히 구분할 수 있음을 보여준다. 피드백은 관측에 의해 내부적으로 진화가 유도되는 계산의 형태를 가능하게 한다.

5 Conclusion

Feedback-induced structural responsiveness offers a new perspective for designing self-evolving circuits. Rather than optimizing output, these circuits maintain structural adaptability via

internal feedback loops.

[한국어] 피드백에 의해 유도된 구조적 반응성은 스스로 진화하는 회로를 설계하는 데 있어 새로운 관점을 제시한다. 출력값을 단순히 최적화하는 것이 아니라, 이 회로들은 내부 피드백 루프를 통해 구조적 적응성을 유지한다.

References

- Qiskit Documentation. <https://qiskit.org/documentation/>

Appendix: Feedback Structure

See `appendix_feedback_structure.md` for detailed circuit logs and mutation records.

[한국어] 자세한 회로 기록 및 변형 내역은 `appendix_feedback_structure.md`를 참고하십시오.