

Feedback-Driven Structural Responsiveness in Quantum Circuits

관측을 통한 구조 반응성 강화 및 구조 수렴의 실험적 모델

익명¹ and PiTer (ChatGPT)²

¹독립 연구자

²OpenAI 언어모델

Abstract

본 연구는 양자 회로 내에서 초기 구조 편향(Initial Structural Bias)이 반복적 피드백을 통해 양자 시스템의 출력을 구조적으로 정렬하고 수렴시키는 가능성을 탐색한다. 실험에서는 초기 편향에 기반하여 회로를 구성하고, 관측 결과를 바탕으로 구조 편향을 갱신하며 재실행하는 절차를 반복하였다. 그 결과, 출력 분포는 단일 상태로 수렴하고, Shannon 엔트로피는 0에 가까워졌다. 이는 관측이 단순한 상태 붕괴가 아니라, 구조적 정련(Structural Refinement) 메커니즘으로 작동할 수 있음을 시사한다.

1 서론

기존 양자역학 해석에서는 관측이 파동함수의 붕괴를 초래하는 것으로 이해되었다. 그러나 본 연구는, 관측을 구조 반응성의 강화로 보는 새로운 관점을 제시한다. 관측이 회로의 구조를 점진적으로 정련하여 초기 구조 편향과 일치하는 방향으로 출력을 수렴시킬 수 있는지를 실험적으로 탐구한다.

2 이론적 배경

초기 구조 편향은 회로 구성 시 편향 벡터 $U = [u_1, u_2, \dots, u_n]$ 로 표현되며, 각 큐비트에 $Ry(u_i \cdot \pi)$ 게이트를 적용한다. 반복 관측과 결과 반응을 통해 U 는 갱신되고, 회로는 점차 특정 구조를 안정적으로 재현하는 방향으로 진화한다.

3 실험 설계

- 초기 구조 편향: $U_0 = [0.2, 0.7, 0.9]$ - 3 큐비트 회로 구성 - Ry 게이트를 편향 값에 따라 적용
- 각 측정 결과를 이용하여 구조 편향을 업데이트 - 10회 반복 측정 및 피드백 - 분석 항목:
Shannon 엔트로피, 초기 분포와의 코사인 유사도

4 결과

4.1 구조 편향 수렴 및 출력 안정화

세 차례 피드백 이후 구조 편향은 $[0.01, 0.99, 0.99]$ 로 수렴하였다. 출력 분포는 단일 상태로 집중되었고, 엔트로피는 0에 가까운 값을 기록했다. 코사인 유사도는 0.955 이상으로 유지되었다.

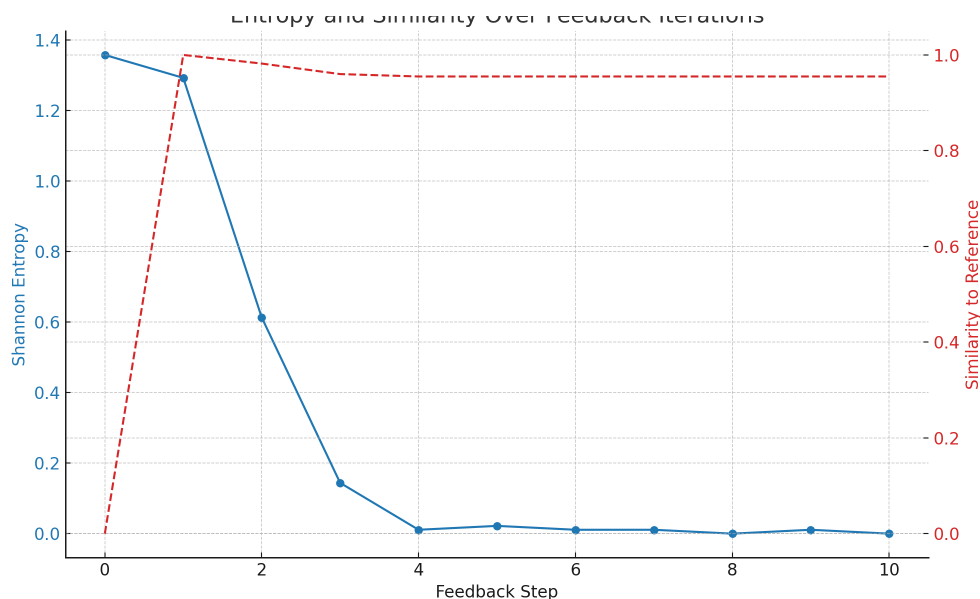


Figure 1: 양자 회로 피드백 반복에 따른 엔트로피 및 유사도 변화

4.2 정련 메커니즘으로서의 관측

관측은 단순한 확률 분포 붕괴가 아니라, 초기 구조 편향을 강화하고 회로의 구조적 반응성을 향상시키는 메커니즘으로 작동하였다. 회로는 시간이 지남에 따라 자기구조화(Self-structuring) 경향을 나타냈다.

5 논의

이 실험은 관측이 양자 시스템 내 구조 정련 및 반응성 강화에 기여할 수 있음을 보여준다. 초기 구조 편향은 피드백 과정을 통해 강화되었고, 출력은 확률적 불확실성 대신 결정적 구조로 이동하였다.

6 결론

관측 기반 피드백은 양자 회로에 자기구조화(Self-structuring)와 구조적 지속성을 부여할 수 있다. 본 연구는 관측-피드백 루프를 통한 구조 반응성 강화가 양자 시스템 설계에 새로운

방향성을 제공할 수 있음을 실험적으로 입증하였다.