



# Quantum Annealing: The First Wave of Quantum Computing

March 7, 2022 by Debasish Ray Chawdhuri



## 양자 어닐링: 양자 컴퓨팅의 첫 번째 물결

Debasish Ray Chawdhuri 작성  
2022년 3월 7일

양자 컴퓨팅은 조직이 경쟁 우위를 위해 IT 리소스를 활용하는 방식에 있어 차세대 혁신 기술이 될 태세입니다. 최근이 이 계산 패러다임에 전념하는 학계 및 산업 분석가 연구가 급증함에 따라, 많은 사람들은 인공 지능이 기존 접근 방식으로 해결할 수 있는 능력을 훨씬 증가하는 계산 문제를 해결하는 유비쿼터스 수단으로서의 영향을 반영할 것이라고 믿습니다.

양자 어닐링(quantum annealing)은 자원, 비용 또는 시간 할당을 최적화하기 위해 우수한 접근 방식을 제공하는 양자 컴퓨팅의 한 형태입니다. 실제 구현에 너무 오랜 시간이 걸리는 다른 컴퓨팅 방법으로는 불가능한 강력한 성능으로 대규모 최적화 문제를 해결하는 데 특히 유용합니다.

- 양자 논리 게이트 대 양자 어닐링

양자 어닐링은 양자 컴퓨팅 유형으로 대부분의 사람들이 양자 컴퓨팅 용어를 사용할 때 언급하는 양자 논리 게이트와 다릅니다. 양자 게이트 컴퓨터는 논리 게이트와 같은 메커니즘을 활용하여 양자 컴퓨팅의 속도로 양자 논리 게이트를 구현합니다. 그러나, 양자 어닐링은 금속 내부 응력을 최소화할 수 있을 정도로 천천히 금속을 가열 및 냉각을 반복하여 더 강해지게 하는 기존의 어닐링과 같은 기능을 합니다. 양자 어닐링을 통해 컴퓨터는 최소 에너지 상태를 찾고 프로그래머는 이를 사용하여 특정 비즈니스 문제를 해결합니다. 컴퓨터가 최소 에너지 상태에 도달했을 때 문제를 설계함으로써, 그것은 엄청나게 복잡한 특정 문제를 해결할 수 있습니다.

예를 들어, 고전적인 여행 세일즈맨 문제(종종 TSP라고 함)인 고전적인 컴퓨터 과학 알고리즘 문제에서 세일즈맨은 100개 장소에서 상품을 판매하기 위해 여러 국가의 여러 도시로 날아가야 할 수 있습니다. 가능한 한 빨리 작업을 완료할 수 있는 경로를 결정하는 것이 목적입니다. 일반 컴퓨팅을 사용하면 최적의 경로를 찾는 데 도시의 수에 비해 기하급수적으로 많은 시간이 걸립니다. 양자 어닐링 시스템의 에너지가 이동 시간일 때, 최소가 되도록 이 문제를 설계하면 신속하게 답을 도출할 수 있습니다. 이 양자 어닐링 접근 방식은 몇 가지 문제에 효과가 있습니다; 단순히 문제를 컴퓨터에 설명하고 최소 에너지 상태에 도달하면 답이 나옵니다.

#### ■ QUBO 모델링의 중요성

양자 어닐링 시스템이 최소 에너지 상태에 도달하도록 비즈니스 문제를 모델링하는 방법은 QUBO( Quadratic Unconstrained Binary Optimization )를 사용하는 것입니다. 물류 또는 항공 산업에 실제 영향을 미치는 여행 세일즈맨과 같은 문제를 QUBO의 수학적 모델로 변환함으로써 사용자는 Python을 통해 양자 어닐링 시스템에 이를 이용할 수 있습니다. 그러면 시스템의 하드웨어는 문제에 대한 QUBO의 표현을 기반으로 에너지를 줄입니다. 이 접근 방식은 기존 부분 집합 합계 문제의 변형인 NFT(Non-Fungible Token) 물물교환 문제와 같은 많은 양자 컴퓨팅 문제를 해결하는 데 중요합니다.

예를 들어, NFT 보유자는 다양한 금액(아마도 \$3, \$9, \$4)의 NFT를 교환하여 \$50 가치의 NFT를 획득하고자 할 수 있습니다. 목표는 이를 통해 원하는 \$50 토큰에 최대한 근접하는 것입니다. 이 문제는 기존 방법을 사용하면 기하급수적으로 많은 시간이 걸리지만, 양자 어닐링과 함께 QUBO를 사용하면 빠르게 해결됩니다. QUBO를 통해 사용자는 지수 문제를 훨씬 짧은 시간에 해결할 수 있는 다항식 문제로 변환할 수 있습니다. 얼마나 많은 변수가 관련되어 있든, 이 접근 방식은 밀리초 내에서 해답에 도달합니다. QUBO는 양자 어닐링 시스템에 대한 에너지 값을 제공하므로 이 에너지가 최소 상태에 도달할 때 다항식도 질문에 답할 수 있습니다.

#### ■ 양자 어닐링이 정확하지 않음

그러나 양자 어닐링이 모든 문제에 대한 해결책은 아닙니다. 양자 어닐링이 정확한 최소 에너지 상태에 도달함으로써 실제로 QUBO를 해결하는지 또는 거의 최소 에너지 상태에만 도달하는지에 대해서는 의문입니다. 양자 어닐링 시스템은 최소 에너지 상태에 도달하려고 시도하고 가까워지

지만, 얼마나 가까운지는 냉각 시간에 따라 다릅니다. 시스템이 각 문제를 해결하는 데 100년이라는 엄청난 시간이 걸리게 하면, 그 시스템은 항상 완전한 최소 에너지 상태에 도달할 것입니다. 그러나 실제로 대부분의 문제는 몇 초 또는 밀리초 내에 해결되어야 하므로, 시스템은 종종 거의 최소 에너지 상태에 도달합니다.

그러나, 거의 최소 에너지 상태로 충분한 문제들이 많이 있습니다. 여행하는 세일즈맨의 예에서, 시간이 10-15초 늦춰져도 중요하지 않으며, 또는 NFT의 예에서 \$50 NFT 마커가 몇 센트 초과/미만인지는 중요하지 않습니다. 그러나, 정확한 답을 요구하는 특정 유형의 '제약 문제'가 있습니다. 예를 들어, 주간 서비스를 위해 수많은 목적지로 비행기를 비행하기 위해 여러 명의 조종사가 필요한 문제를 해결하는 데 많은 제약이 있습니다. 제약 조건은 다음과 같습니다; 각 비행기에는 두 명의 조종사가 필요합니다; 한 명의 조종사는 기장이어야 합니다; 두 조종사 모두 8시간의 수면이 필요합니다; 그들은 하루에 12시간 이상 비행할 수 없습니다; 그리고 그들의 여행은 이전에 끝난 곳에서 시작해야 합니다. 이 문제를 해결하기 위해 부정확한 답은 비행기가 이륙할 때/장소에 조종사가 없거나 피곤한 조종사들이 너무 오래 비행할 때 이러한 비행에 탑승한 항공사와 승객에게 잠재적인 재앙을 초래할 수 있습니다.

변수가 적고 시나리오가 복잡하지 않은 경우, 양자 어닐링은 정확한 답변이 필요한 제한된 문제에 실제로 작동할 수 있습니다. 그러나 주의할 점은 그렇게 될 것이라는 보장이 없다는 것입니다. 따라서 이 방법은 고위험 시나리오의 문제를 해결하는 데 적합하지 않습니다. 또한 실제와 같이 QUBO에서 모델링할 수 없는 일부 문제에는 물리적 한계가 있습니다. 엄청난 변수와 복잡성이 있는 문제는 사용 가능한 양자 어닐러에 모두 들어맞을 수 없습니다.

또한, 어닐러를 실행할 때마다 특정 확률 분포(최종 상태의 에너지가 낮을수록 확률이 높음)에 따라 잠재적으로 다른 상태에 도달하므로, 프로그램을 여러 번 실행하면 더 나은 솔루션을 얻을 수 있습니다. 예를 들어, 여행하는 세일즈맨 문제에 대한 최적의 솔루션을 찾으려면, 양자 어닐러에서 프로그램을 여러 번 실행하고 모든 솔루션에서 최상의 솔루션을 선택할 수 있습니다. 우리는 고전적인 컴퓨터를 사용하여 어느 것이 가장 좋은지 확인할 수 있습니다.

#### ■ 광범위한 비즈니스 사용 사례 가능성

양자 어닐링은 매우 크지만 유한한 가능한 솔루션 집합 내에서 절대적인 최소/최대 금액, 비용, 거리, 시간 또는 크기를 찾아야 하는 수많은 비즈니스 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 고성능 솔루션을 제공합니다. 이러한 비즈니스 사용 사례를 해결하기 위해, 그것은 현재 사용 가능한 가장 유망한 양자 컴퓨팅 기술 중 하나입니다.

[출처]

<https://www.enterpriseai.news/2022/03/07/quantum-annealing-the-first-wave-of-quantum-computing/>