

어서 와!
양자 컴퓨팅은
처음이지?



이미지 찰: 어반브러시

07. 기초더미에서 바늘 찾기:
그로버 알고리즘





07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

- 건초더미에서 바늘 찾기: Finding a *needle* in a *haystack*.
 - 문제: n 개의 데이터가 들어 있는 데이터베이스에서 x 를 찾아라.
 - 비구조적 탐색 문제: *unstructured search* problem
 - 고전 알고리즘의 시간 복잡도: $O(n)$
 - $O(n)$ 보다 더 빠른 양자 알고리즘이 존재할 수 있는가?
 - Lov Grover (1996): $O(\sqrt{n})$ 에 가능함.
 - 어? 그러면, NP-완전 문제들이 다항시간에 풀리겠는데... 우왕, 굳!

07. 기초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

- 그로버 알고리즘: *Grover's Algorithm*
 - 진폭 증폭: *Amplitude Amplification*
 - 위상의 진폭 증폭을 이용한 오라클 회로의 바늘 찾기

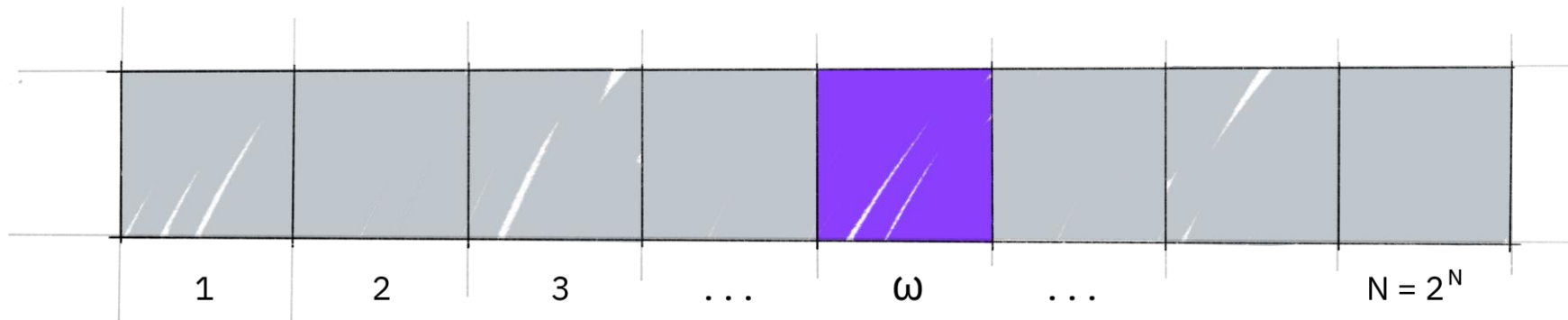


그림 출처: Qiskit Textbook



07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

■ Step 1: 균일한 중첩 확률로 시작하기

- $|s\rangle = H^{\otimes n}|0\rangle^n$

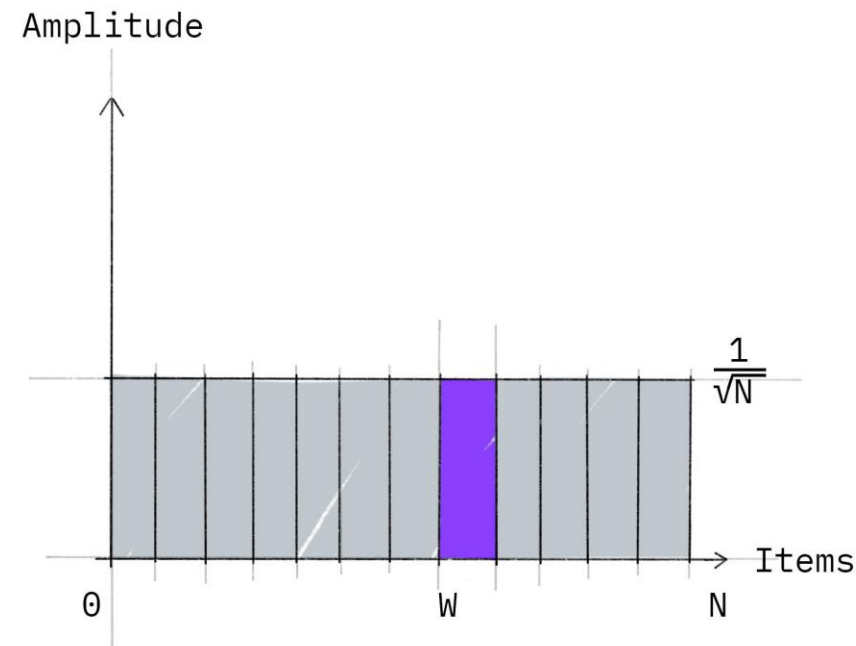
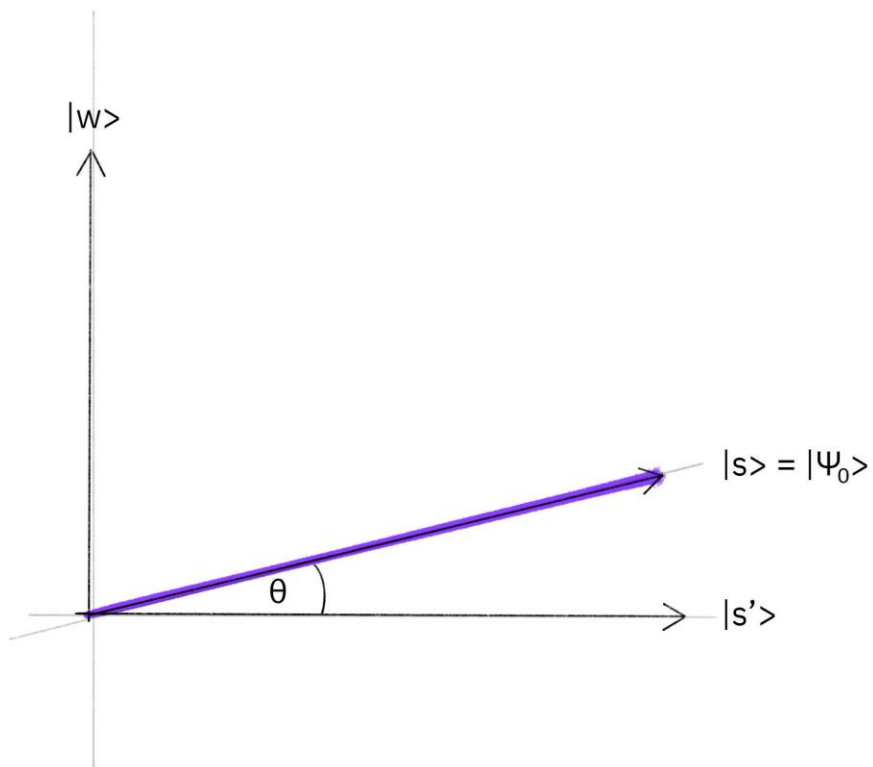


그림 출처: Qiskit Textbook

07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

■ Step 2: 오라클 회로 적용하기

- $U_f|s\rangle$

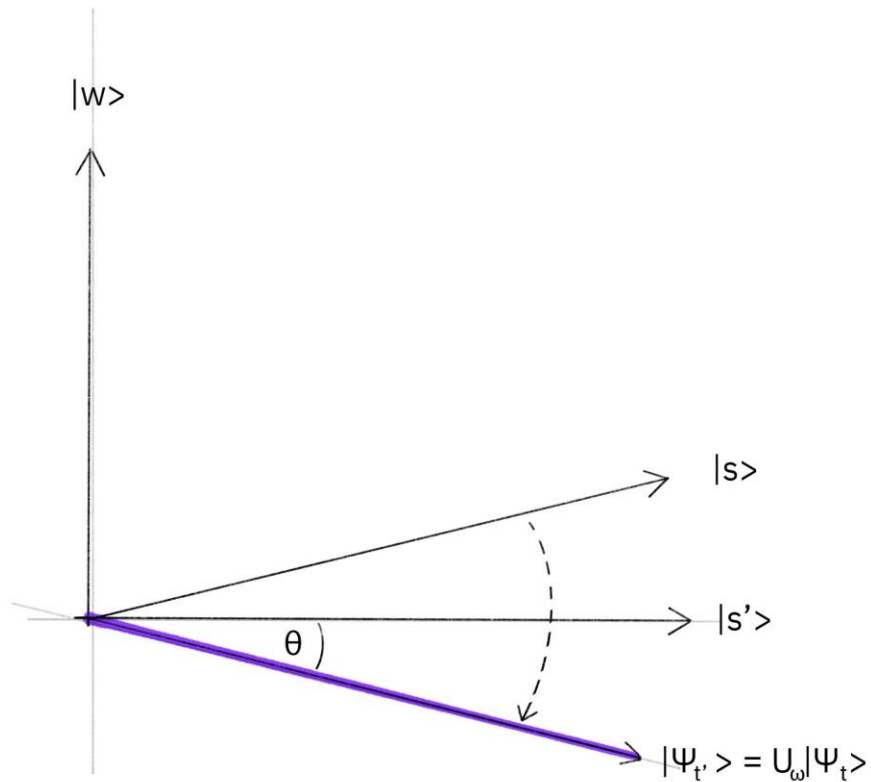
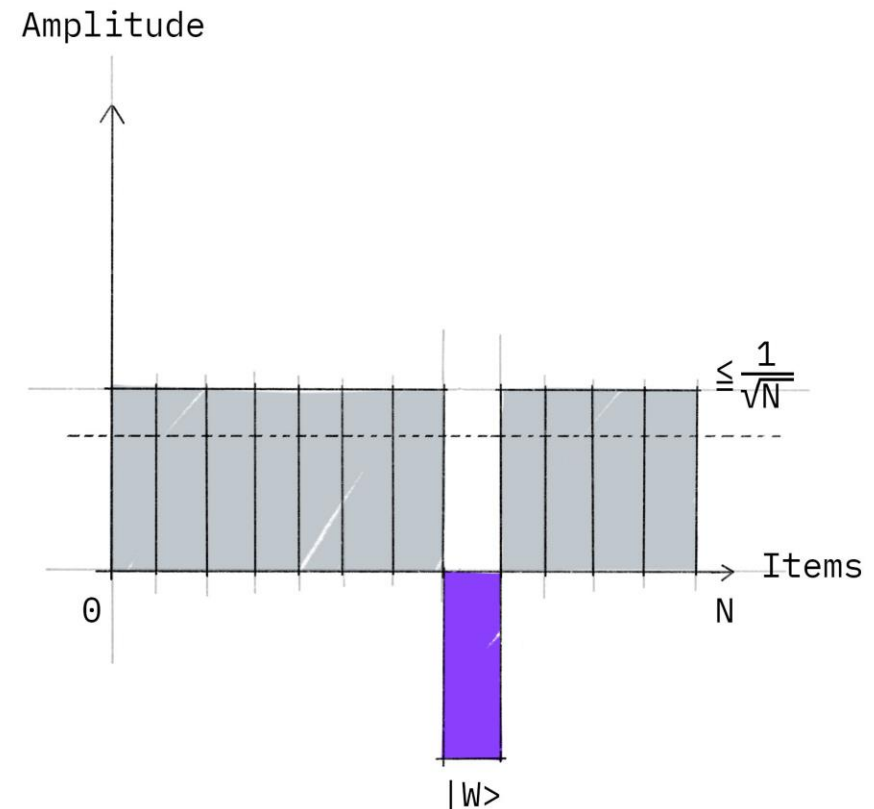


그림 출처: Qiskit Textbook





07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

■ Step 3: 확산 회로로 진폭을 증폭 시키기

- 확산 회로: $U_s = 2|s\rangle\langle s| - 1$.
- $U_s U_f |s\rangle$

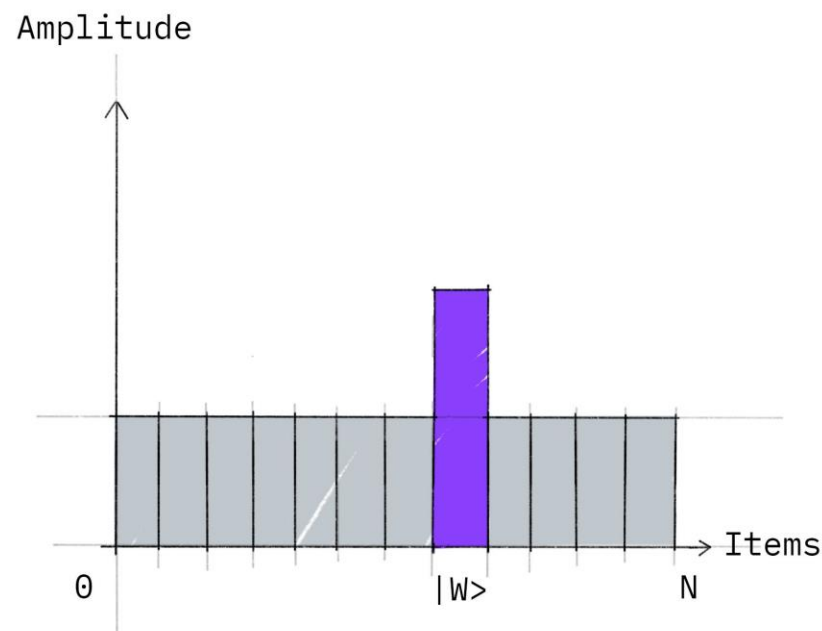
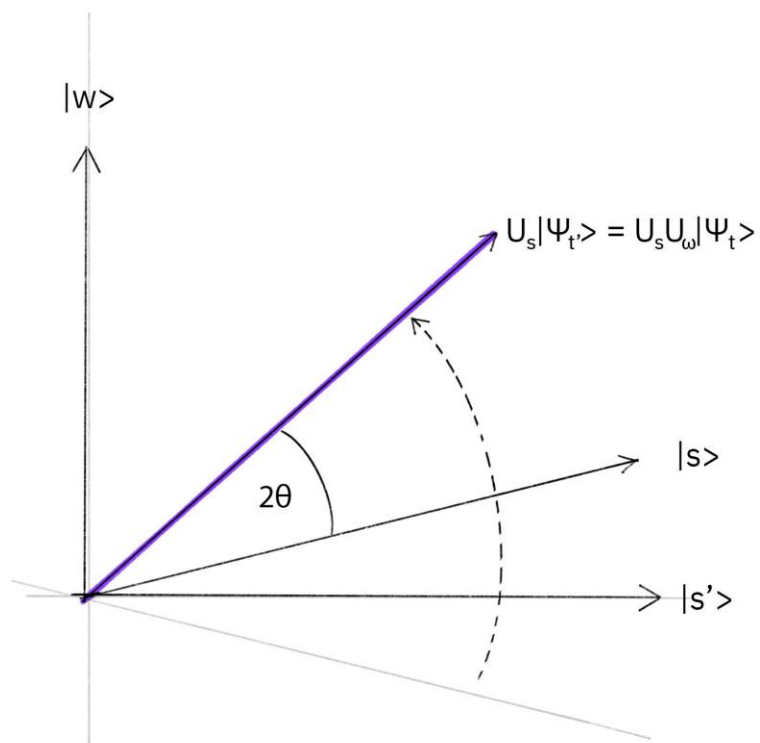


그림 출처: Qiskit Textbook

07. 기초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

■ 그로버 알고리즘을 위한 양자 회로

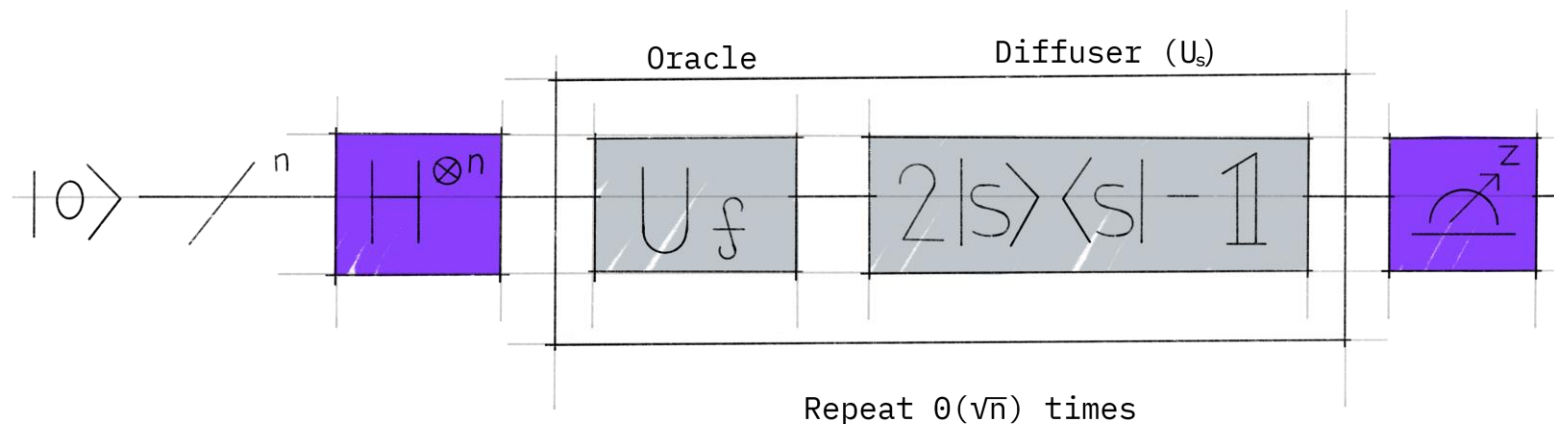


그림 출처: Qiskit Textbook

07. 기초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

■ 그로버 알고리즘의 구현 (2 큐비트):

```
from qiskit import QuantumCircuit, execute, Aer
from qiskit.visualization import plot_histogram

def init(n):
    circuit = QuantumCircuit(n + 1)
    for i in range(n):
        circuit.h(i)
    circuit.x(n)
    circuit.h(n)
    return circuit
```


07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

```
def oracle(n, x):  
    circuit = QuantumCircuit(n + 1)  
    for i in range(n):  
        if x & (1 << i) == 0:  
            circuit.x(i)  
    if n == 2:  
        circuit.ccx(0, 1, 2)  
    for i in range(n):  
        if x & (1 << i) == 0:  
            circuit.x(i)  
    return circuit
```

07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

```
def diffusion(n, x):  
    circuit = QuantumCircuit(n + 1)  
    for i in range(n):  
        circuit.h(i)  
        circuit.x(i)  
    circuit.h(n)  
    if n == 2:  
        circuit.h(1)  
        circuit.cx(0, 1)  
        circuit.h(1)  
    for i in range(n):  
        circuit.x(i)  
        circuit.h(i)  
    return circuit
```

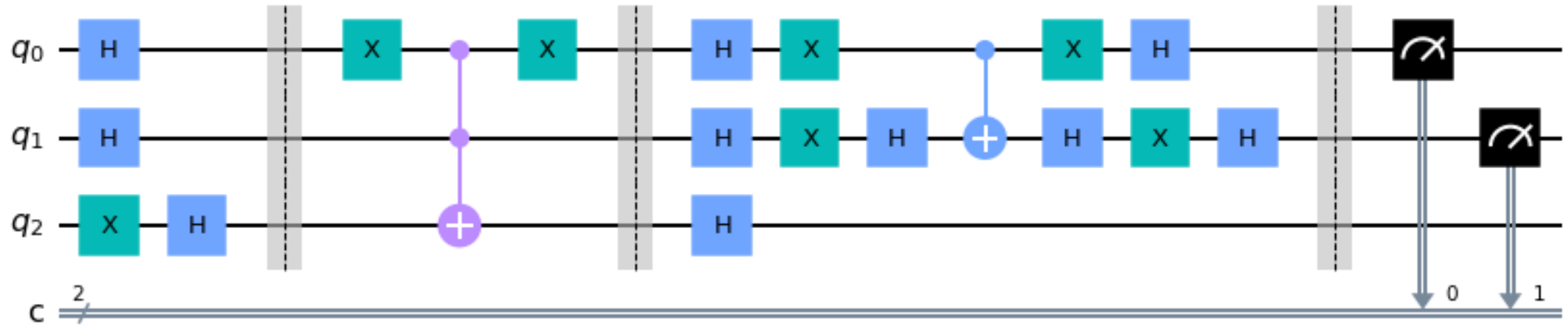
07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

```
n = 2
x = 2
circuit = QuantumCircuit(3, 2)
circuit += init(n)
circuit.barrier()
circuit += oracle(n, x)
circuit.barrier()
circuit += diffusion(n, x)
circuit.barrier()
bits = [i for i in range(n)]
circuit.measure(bits, bits)
circuit.draw()
```



07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

■ 그로버 알고리즘의 최종 양자 회로 (2 큐비트)



07. 건초더미에서 바늘 찾기: 그로버 알고리즘

- 건초더미에서 바늘 찾아서 뭐하겠노?
 - 소고기 사묵겠지.
- NP-완전 문제의 해결
 - NP-완전 문제: Nondeterministic Polynomial
 - 다항시간에 풀 수 있을 지 없을 지 모르겠는데 아직 다항시간에 못푼 문제
 - 충족 가능성 문제: *Satisfiability (SAT) Problem*
 - 대표적인 NP-완전 문제: 3-SAT 문제
 - 그로버 알고리즘으로 3-SAT 문제 해결?
 - TSP 문제, 0-1 Knapsack 문제, N-Queens 문제,

Any Questions?



주니온TV@Youtube

자세히 보면 유익한 코딩 채널