

양자 게이트

<https://youtu.be/21y5YZL9cpM>

1

양자 게이트

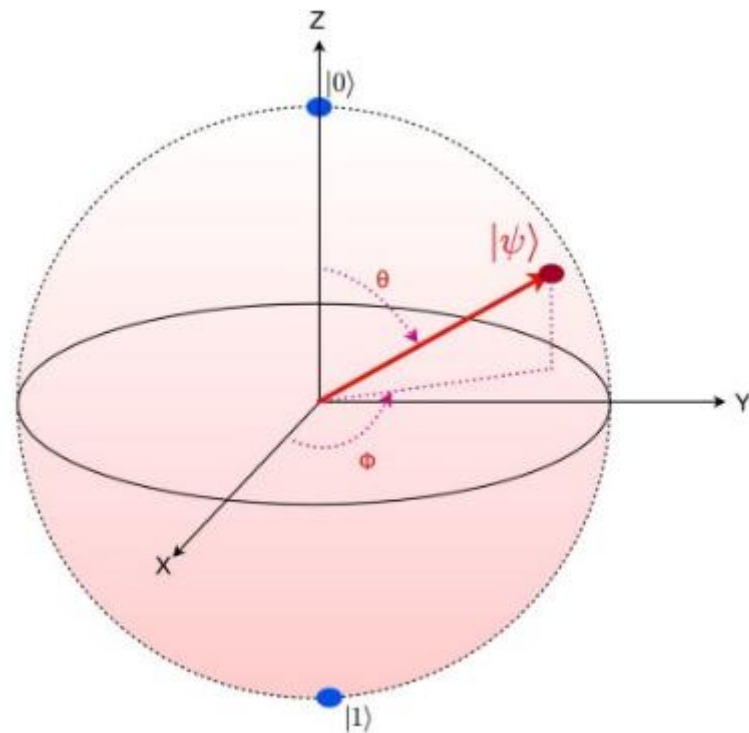
고전 컴퓨터의 논리게이트 : AND, XOR 등

양자 컴퓨터의 양자게이트 : 복소수 벡터들에 대해 행렬 곱셈
(실제로는 물리적인 입자로 큐비트를 변환)

양자 프로그래밍을 위한 기본 단위

양자 알고리즘

- 복소수들의 집합을 변환하는 양자 게이트의 회로



$$\begin{aligned}
 |\psi\rangle &= a_0 |0\rangle + a_1 |1\rangle \\
 &= \cos \frac{\theta}{2} |0\rangle + e^{i\phi} \sin \frac{\theta}{2} |1\rangle \\
 &= \cos \frac{\theta}{2} |0\rangle + (\cos \phi + i \sin \phi) \sin \frac{\theta}{2} |1\rangle
 \end{aligned}$$

2

아다마르 게이트

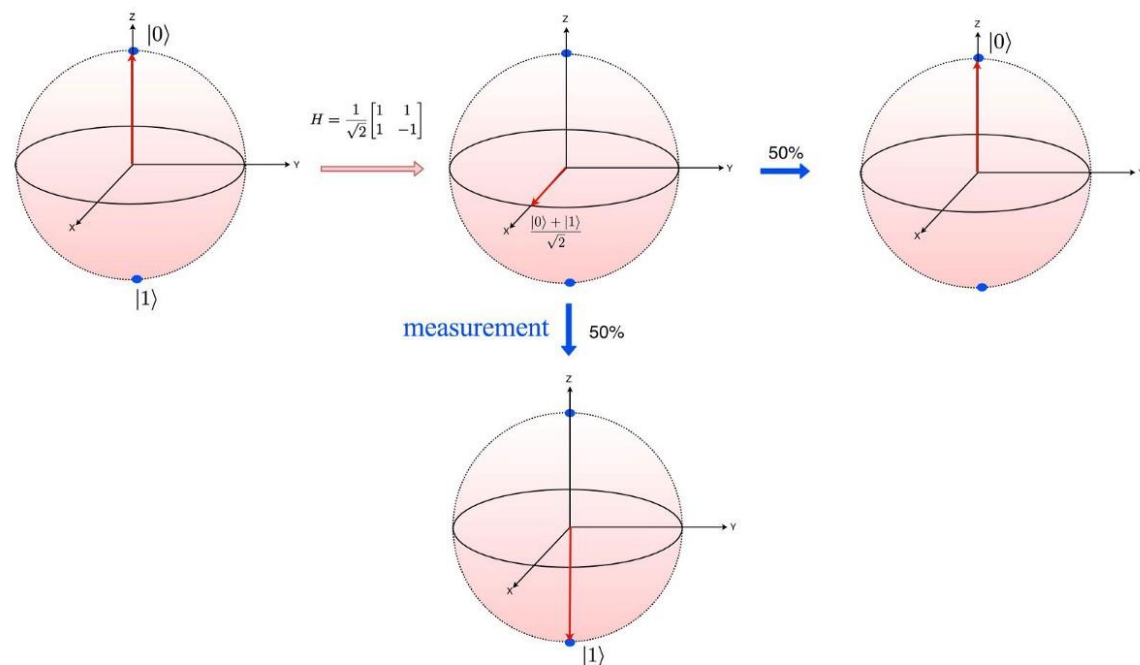
가장 일반적이고 유용한 양자 게이트

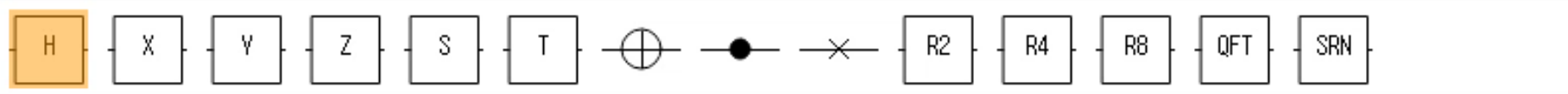
$$H = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \end{pmatrix}$$

$$|\Psi\rangle = (1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2})$$

$$H|\Psi\rangle = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/2 + 1/2 \\ 1/2 - 1/2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = |0\rangle$$

$$H|0\rangle = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \end{pmatrix} = |\Psi\rangle$$





$|0\rangle$ —————

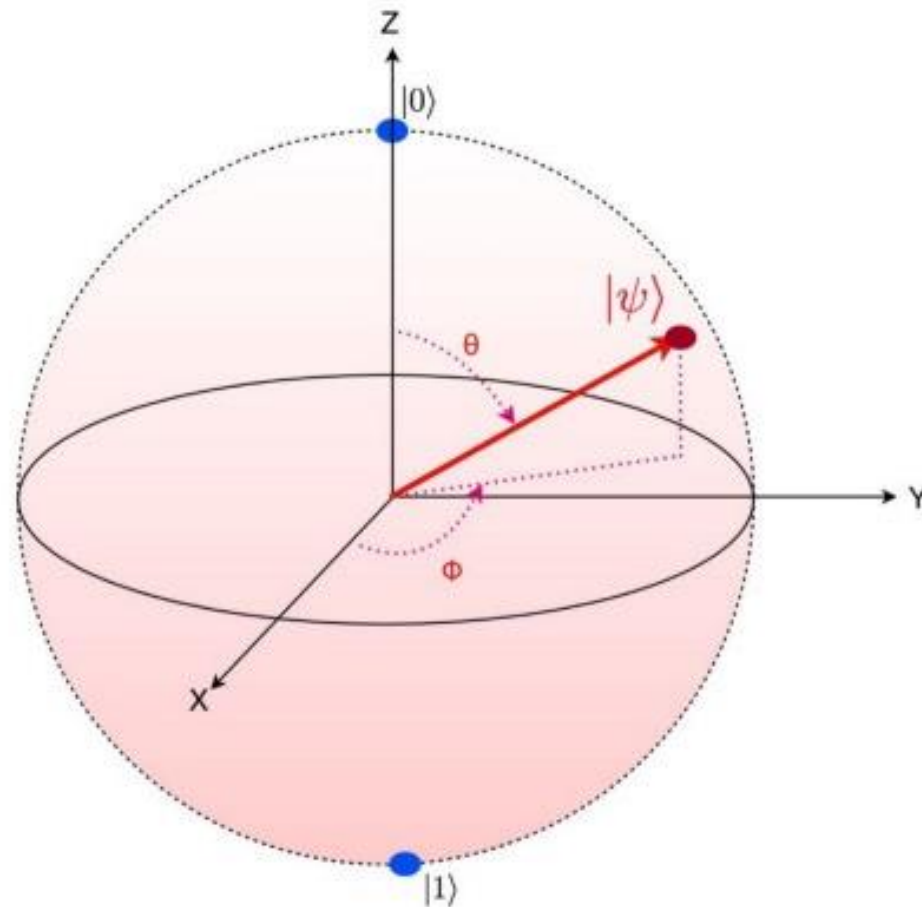
(show all)

1.00000000+0.00000000i $|0\rangle$ 100.0000%

3 파울리 게이트

x, y, z 축을 따라 중첩을 π 만큼 회전

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

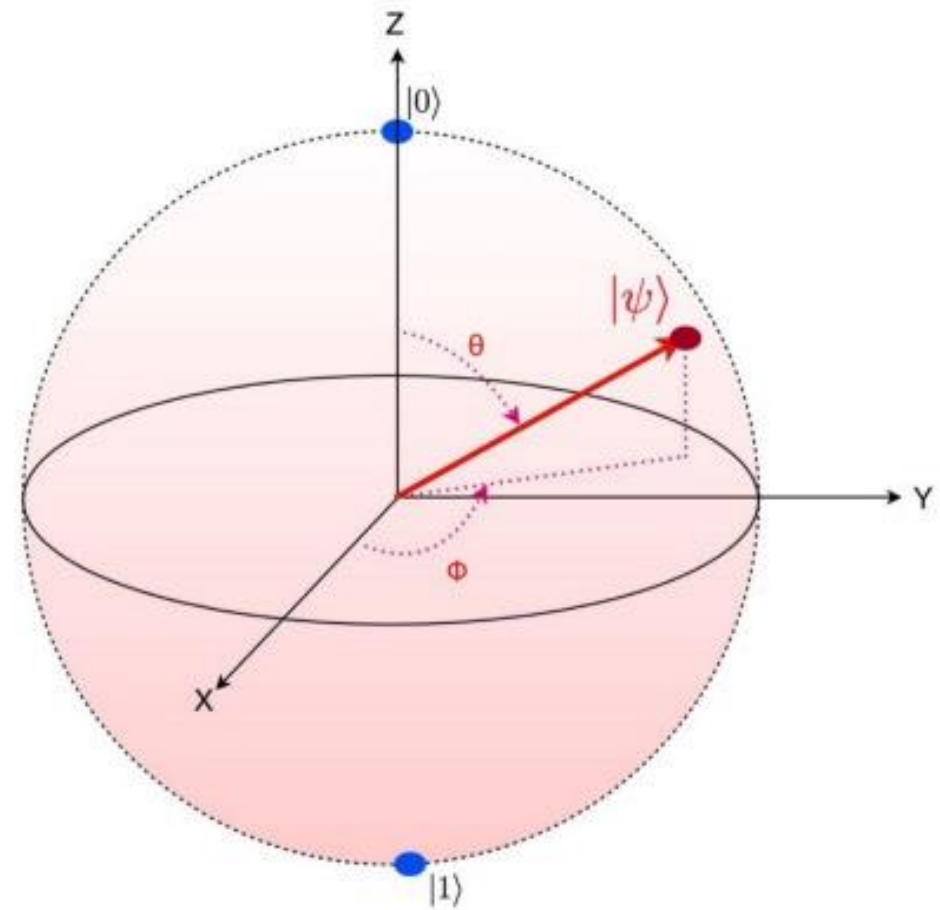




$|0\rangle$ —————

(show all)

1.00000000+0.00000000i $|0\rangle$ 100.0000%

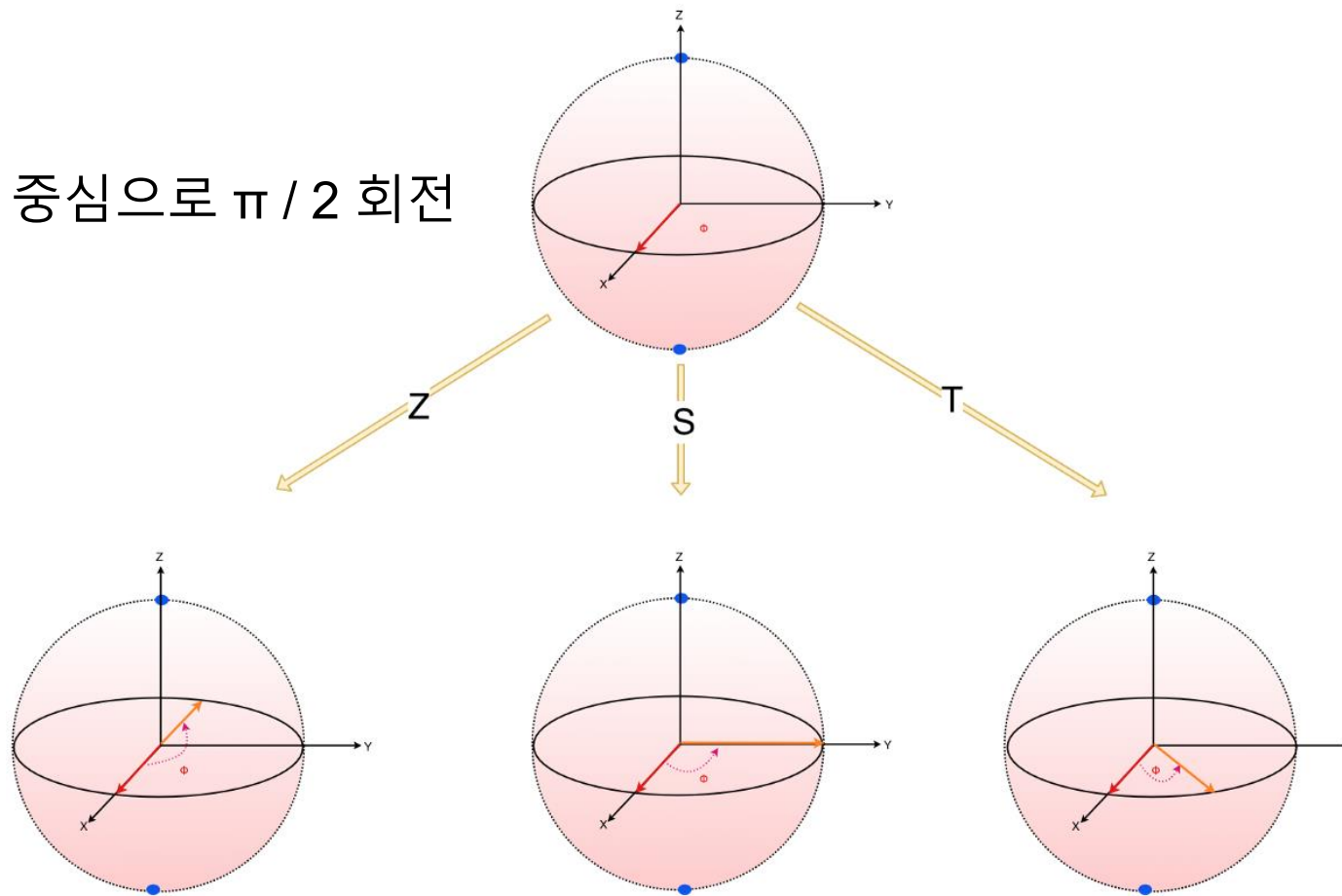


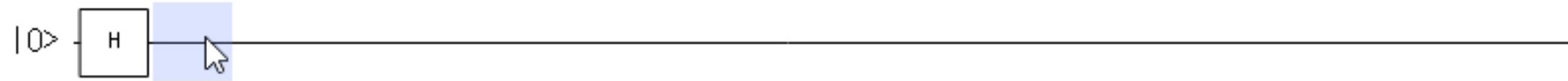
4 위상 변화 게이트

- S 게이트 $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix}$
1의 위상을 i 의 계수로 변경 / Z 축을 중심으로 $\pi/2$ 회전

- T 게이트 $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\pi/4} \end{bmatrix}$
Z 축을 중심으로 $\pi/4$ 회전

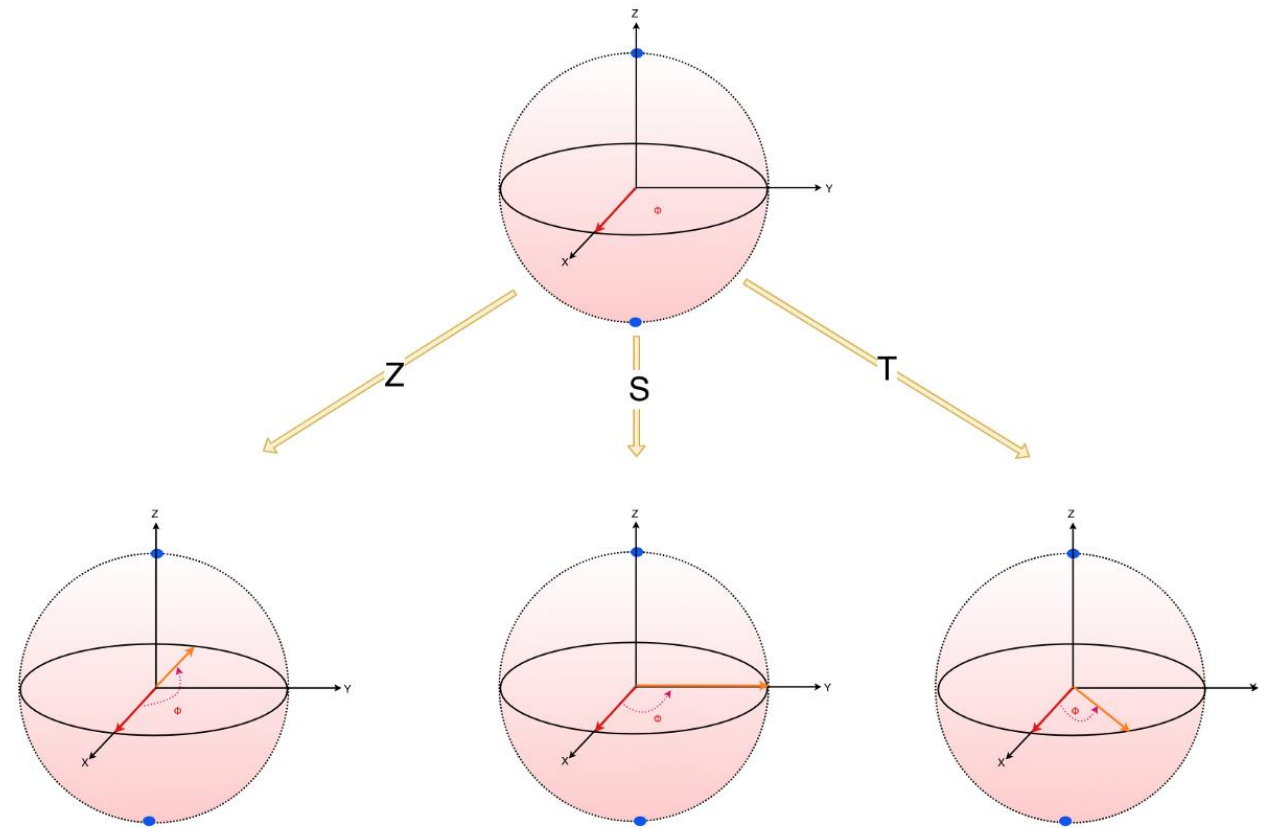
- 위상 이동 게이트 $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\theta} \end{bmatrix}$
Z 축을 중심으로 임의의 θ 만큼 회전





(show all)

0.70710678+0.00000000i $|0\rangle$ 50.0000% ▲
0.70710678+0.00000000i $|1\rangle$ 50.0000% ▼

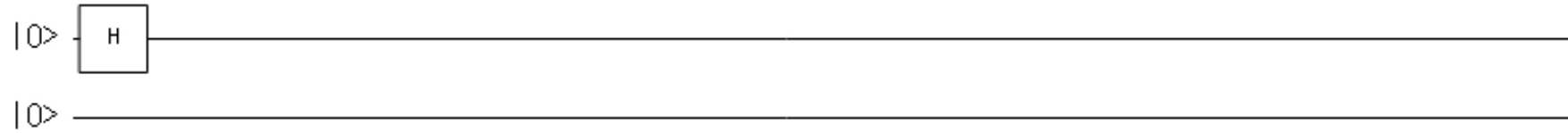
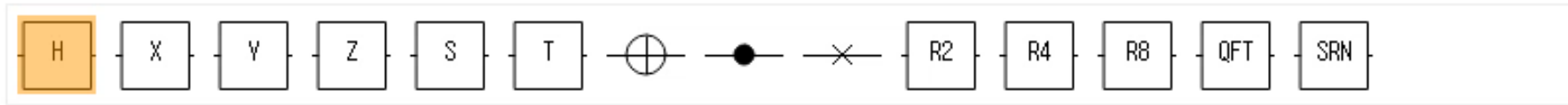


$$SWAP = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- 두 큐 비트를 교환

$$CNOT = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- 첫 번째 큐 비트가 1 인 경우에만 두 번째 큐 비트에 NOT 연산을 수행
- 양자 컴퓨팅에서 얽힘 상태를 생성하는 데 사용



(show all)

$0.70710678+0.00000000i$	$ 00\rangle$	50.0000%	▲
$0.70710678+0.00000000i$	$ 10\rangle$	50.0000%	▼

6

TOFFOLI 게이트

Truth table

INPUT			OUTPUT		
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0

Matrix form

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- CCNOT 게이트
- 고전적인 계산을 위한 3 비트 게이트
- 첫 번째 두 비트가 모두 1로 설정된 경우 세 번째 비트를 반전합니다. 그렇지 않으면 모든 비트가 동일하게 유지



$|0\rangle$ _____

$|0\rangle$ _____

$|0\rangle$ _____

(show all)

1.00000000+0.00000000i $|000\rangle$ 100.0000%

7

Fredkin 게이트

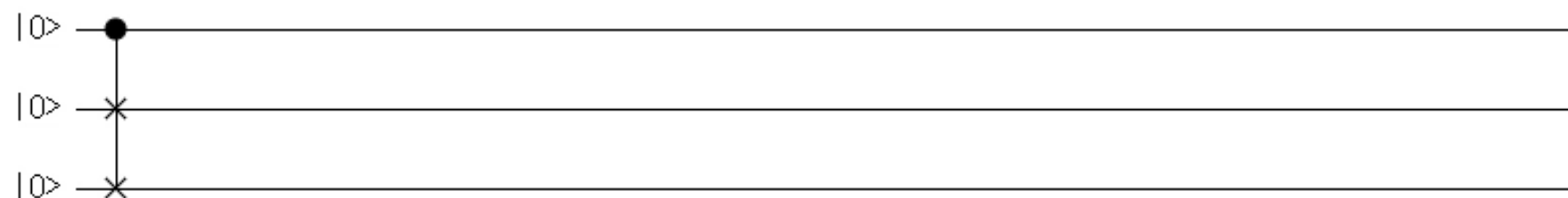
Truth table

INPUT			OUTPUT		
C	I_1	I_2	C	O_1	O_2
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

Permutation matrix form

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- CSWAP 게이트
- 첫 번째 비트가 1 인 경우에만 마지막 두 비트를 교체



(show all)

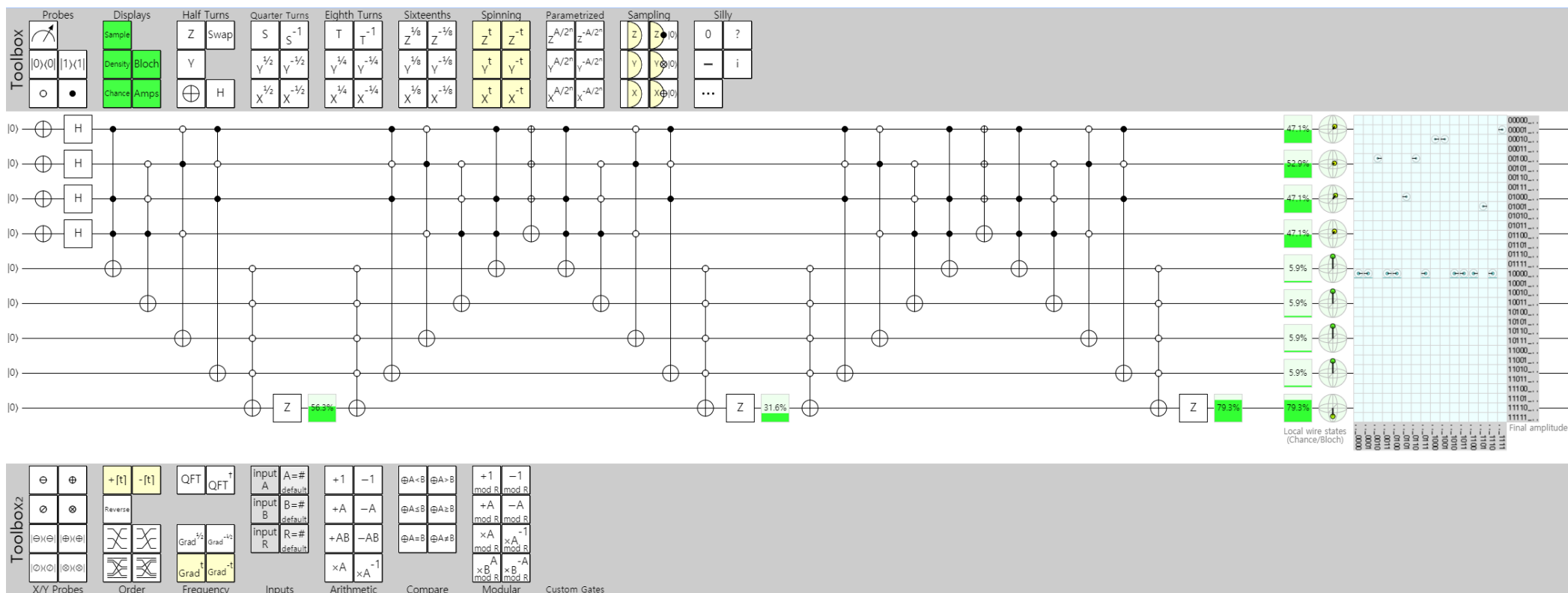
1.00000000+0.00000000i $|000\rangle$ 100.0000% 

8

Grover의 알고리즘의 게이트

N 개의 항목중에 특정 항목을 찾는 양자 알고리즘

양자 알고리즘은 양자 게이트들의 회로



Thank You



양자 게이트 시뮬레이터1 : <https://qcsimulator.github.io/>

양자 게이트 시뮬레이터2 : <https://algassert.com/quirk>

IBM Q Experience :
<https://quantumexperience.ng.bluemix.net/qx/editor>