
Pattern Searching using Grover Algorithm

조시현

1. TicTacToe game

TicTacToe game(이하 틱택토)은 두 명이 번갈아 가며 “O” 또는 “X”를 3×3 격자판에 놓고, 먼저 연속된 세 개를 만드는 사람이 이기는 게임이다. 본 프로젝트에서는 “O”이 어느 정도 주어진 환경에서 틱택토 게임을 통해 승자가 가려지지 않는 결과를 Grover Algorithm으로 확인하고자 한다.

2. Bingo detector circuit

3×3 게임판에 연속된 3개의 O, X가 나타나는 상황을 bingo라 할 때, bingo를 감지하는 bingo detector circuit을 구현한다. 구현해야 하는 회로의 논리표는 아래와 같다.

입력			출력
x_2	x_1	x_0	t
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Figure 1 : Truth table of bingo detector

위 논리표를 구현하기 위해 아래와 같이 논리회로를 구성하였다.

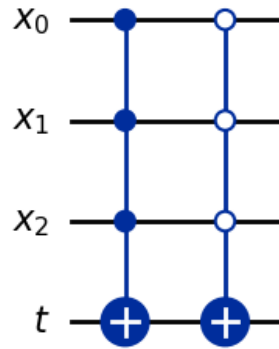


Figure 2 : Logic gate of bingo detector

입력받은 세 큐빗이 000(OOO) 혹은 111(XXX)일 시 t큐빗을 1로 변화시킨다.

3. Tictactoe circuit

모든 방향으로 bingo가 나오지 않기 위해서는 좌-우 방향으로 3번, 상-하 방향으로 3번, 대각 방향으로 2번 총 8번 확인하여야 한다.

3×3 격자 맵을 인덱싱 한 결과와 이때 확인해야 할 큐빗은 다음과 같다.

x_0	x_1	x_2
x_3	x_4	x_5
x_6	x_7	x_8

Figure 3 : 3×3 map by Indexing

좌-우
$x_0x_1x_2$
$x_3x_4x_5$
$x_6x_7x_8$
상-하
$x_0x_3x_6$
$x_1x_4x_7$
$x_2x_5x_8$
대각
$x_0x_4x_8$
$x_2x_4x_6$

Figure 4 : Qubits must be identified

Tictactoe circuit은 모든 방향으로의 bingo가 성립하지 않는지 확인하고 성립하지 않을 시 y 큐빗에 Not을 주는 것으로 구현하였다. 구현한 회로의 전체 구성은 아래와 같다.

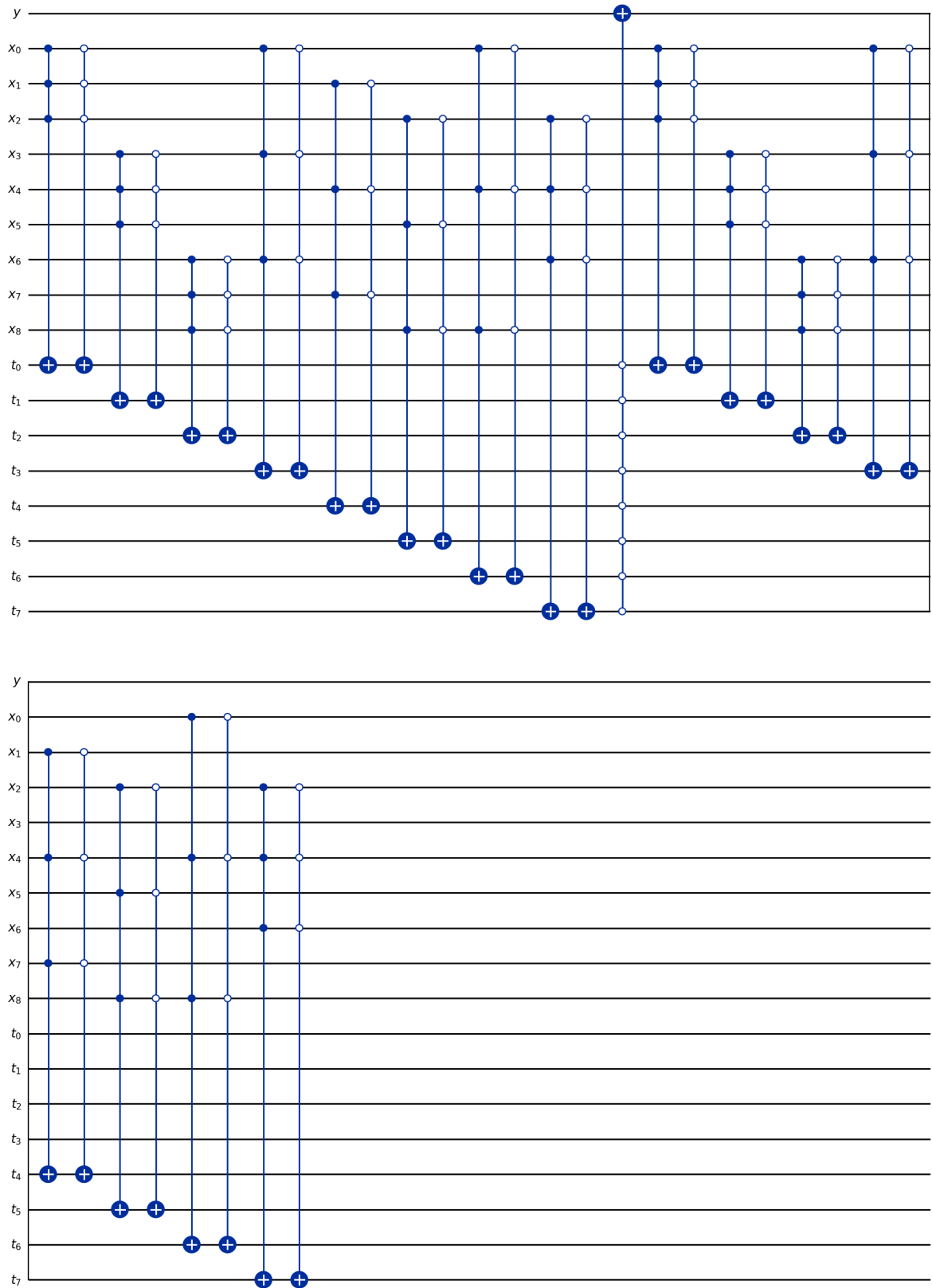


Figure 5 : Tictactoe circuit

4. Simulation

측정을 시작하기 전, 빈 구역을 설정해 주어야 한다. 설정해주지 않은 구역은 ‘O’로 채워지게 된다. 빈 구역은 Hardamard Gate로 초기화한다. 모든 구역을 빈 구역으로 설정하면 경우의 수가 너무 많아져 연산이 진행되지 않는다. 반대로 빈 구역을 너무 적게 설정하면 조건을 만족하는 상황이 나오지 않게 된다. 빈 구역의 수를 6~7개로 설정하는 것이 적절하다.

1, 2, 3, 5, 6, 7, 8번을 빈 구역으로 설정하고 0, 4번을 ‘O’로 하였을 때 해의 수는 7가지, n은 빈 구역의 수로 설정한다. 이때 반복횟수는 공식에 따라 3회로 설정된다.

5. Result

측정을 진행한 후 결과들의 분포는 아래와 같다.

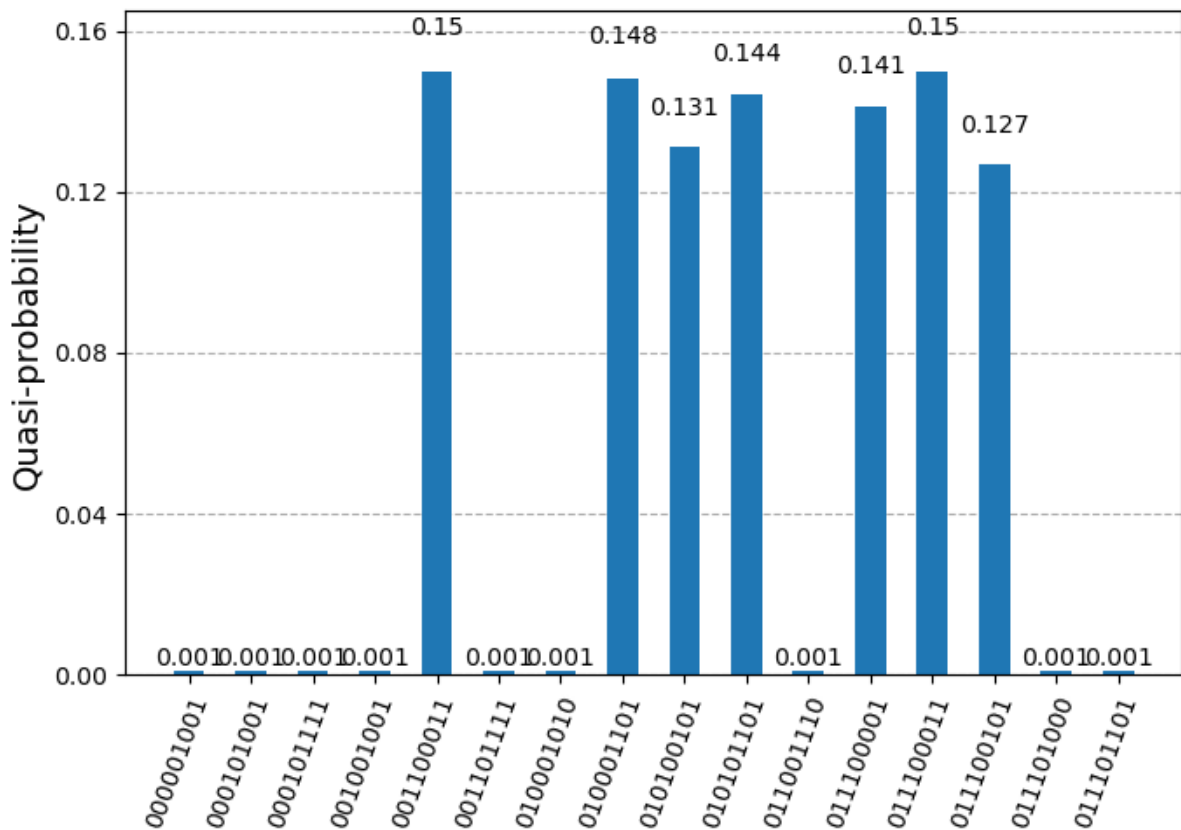


Figure 6 : Quasi-probability

7개의 해들의 확률이 눈에 띄게 높은 상태를 확인할 수 있다. 각각의 해들이 약 0.142의 확률을 동등하게 가지는 이상적인 상태는 아니지만, 모든 해들의 확률을 합한 결과 약 0.991로 1에 근접함을 확인할 수 있다.

위 결과들을 바탕으로 측정된 수가 30을 넘는 결과들을 3×3맵으로 시각화를 진행하였다. 시각화 처리 결과는 아래와 같다.

0 0 X
X 0 0
0 X X
0 X 0
0 0 X
X 0 X
0 X 0
X 0 0
X 0 X
0 X 0
X 0 X
X 0 X
0 X X
X 0 0
0 0 X
0 X X
X 0 0
0 X X
0 X X
X 0 0
X 0 X

Figure 7 : Results of Non-bingo map

결과들을 통해 모든 맵들에 대해 모든 방향으로 bingo가 성립되지 않음을 확인할 수 있다. 이로써 도출된 해들이 모두 유효한 값임을 확인할 수 있다.

본 보고서에서는 Tictactoe game의 규칙을 활용하여 pattern searching을 진행하였으나 비슷한 방식을 통해 다른 문제 상황에서도 똑같이 pattern searching을 진행할 수 있다.