알튜비튜

백트래킹

오늘은 코딩테스트에 많이 나오는 알고리즘 중 하나인 백트래킹에 대해 배웁니다.
전번에 배운 완전탐색(브루트포스)에서 조금 더 발전해서, 더 이상 가망 없는 후보를 제외하고 탐색하는 알고리즘이죠.

백트래킹

- 완전탐색처럼 모든 경우를 탐색하나, 중간 과정에서 조건에 맞지 않는 케이스를 가지치기하여 탐색 시간을 줄이는 기법
- 모든 경우의 수를 탐색하지 않기 때문에 완전탐색보다 시간적으로 효율적임
- 탐색 중 조건에 맞지 않는 경우 이전 과정으로 돌아가야 하기 때문에, 재귀를 사용하는 경우 많음
- 조건을 어떻게 설정하고, 틀렸을 시 어떤 시점으로 돌아가야 할지 설계를 잘 하는 것이 중요

#알튜비튜

과정

- 어떤 노드의 유망성(promising)을 점검
  → 조건에 맞는지 안맞는지
  → 답이 될 수 있는지 없는지
- 유망하지 않다면(non-promising) 배제함 (가지치기)

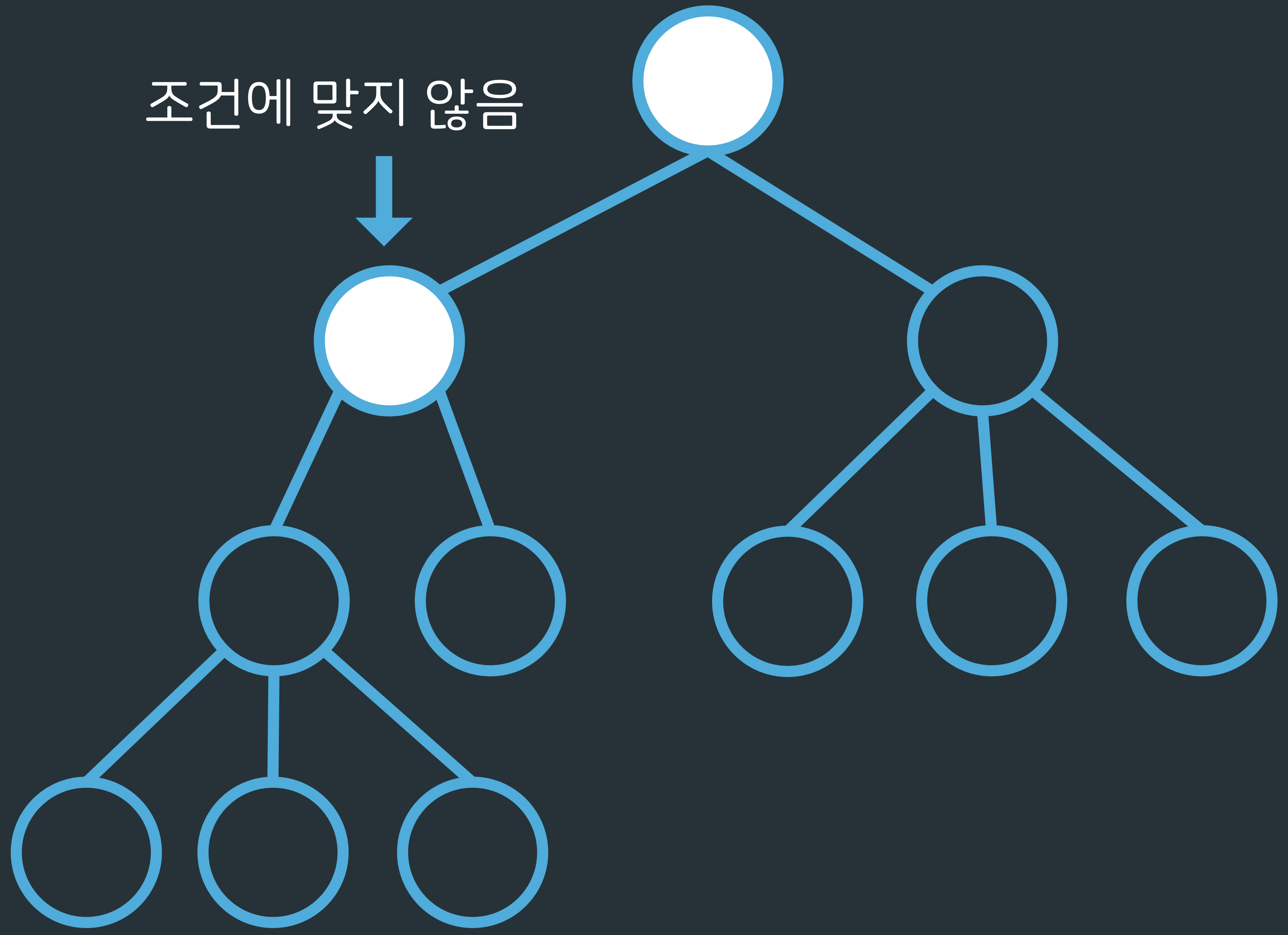
가지치기란?

#알튜비튜

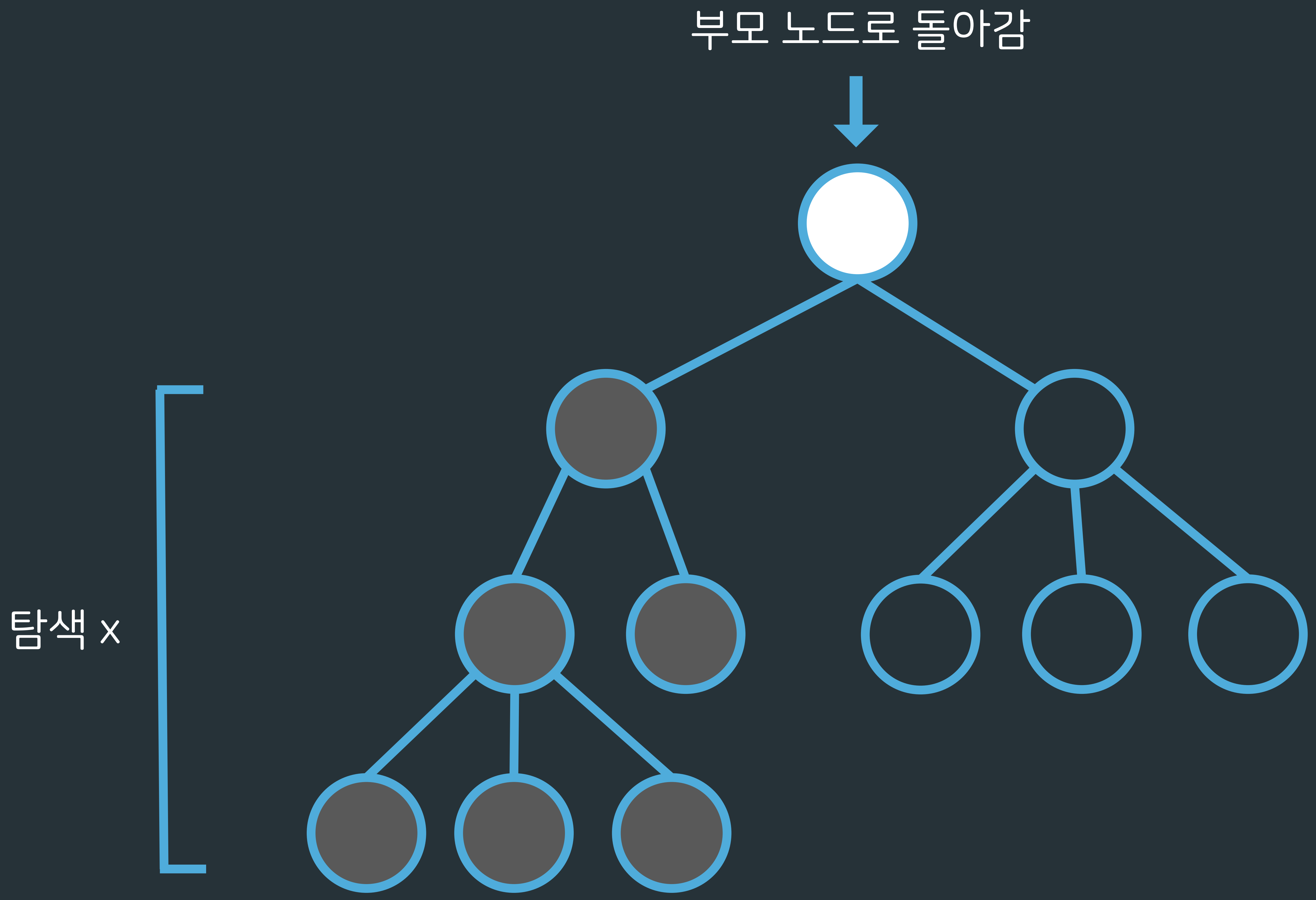
가지치기

- 지금의 경로가 해가 될 것 같지 않으면(non-promising)
  그 전으로 되돌아 가는 것(back)
- 즉, 불필요한 부분을 쳐내는 것
- 되돌아간 후 다시 다른 경로 검사
- 가지치기를 얼마나 잘하느냐에 따라 효율성이 결정됨

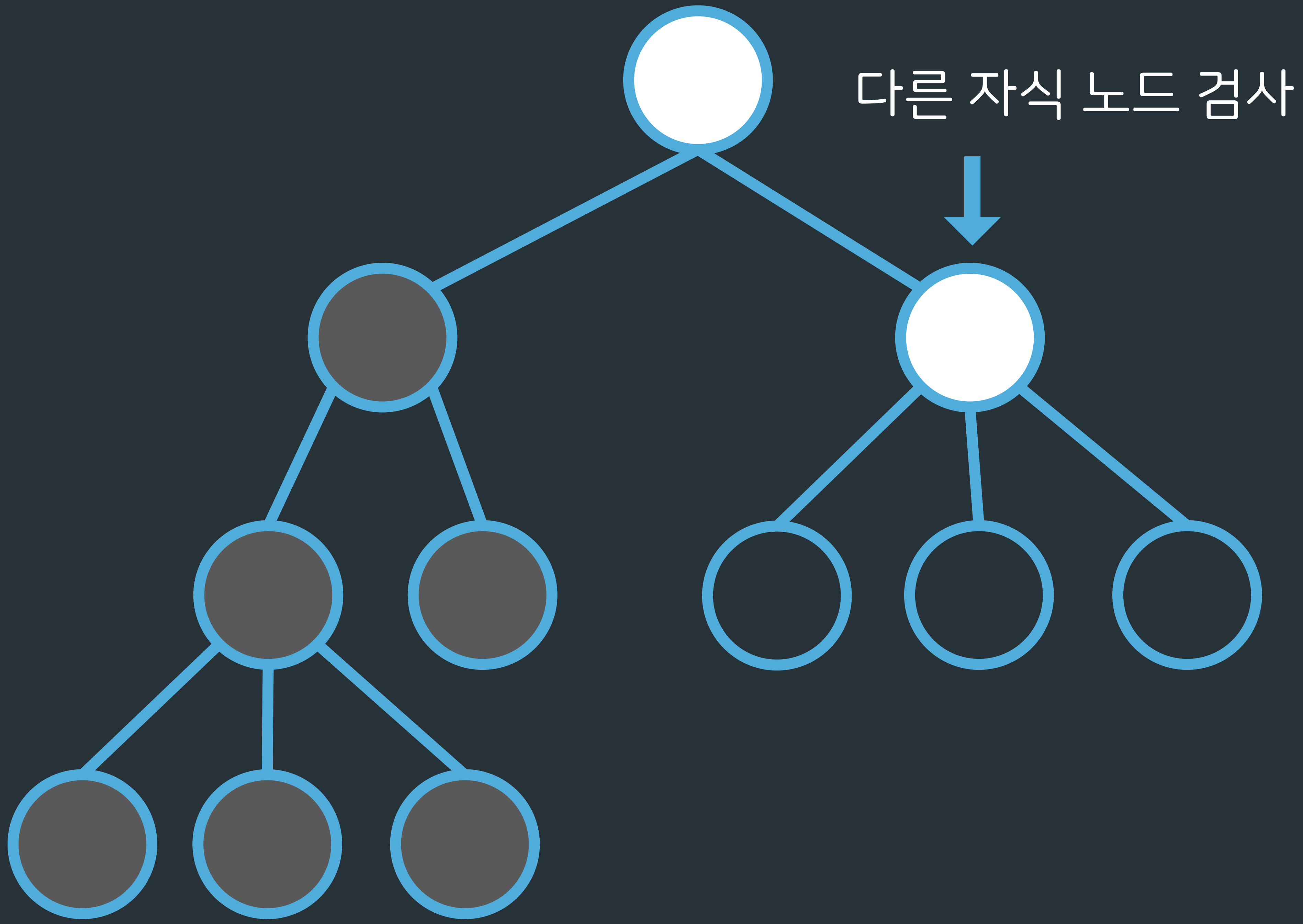
가지치기 예시



가지치기 예시



가지치기 예시



"즉, 답이 될 만한지(promising) 판단하고, 그렇지 않다면
탐색하지 않고 다시 전으로 넘어가서(back) 탐색을 계속 하는 것 "

재귀함수란?

#알튜비튜

```
void f(int mine){
  f(mine + 1);
}
```

← 문제점은?

- 자기 자신을 호출하는 함수

재귀함수란?

#알튜비튜

```
void f(int mine){
  if (mine == 5)
    return;
  f(mine + 1);
  cout << mine << '\n';
}
```

← 기저 조건

- 자기 자신을 호출하는 함수
- 가장 중요한 점은 기저 조건(탈출 조건)을 잘 세우는 것!

파이썬 사용시 주의사항

```
RecursionError: maximum recursion depth exceeded in comparison
```

- Python의 기본 재귀 깊이 제한은 1,000으로, 매우 작은 편
- 따라서 재귀함수로 문제를 푸는 경우, 아래의 코드로 재귀 깊이 제한을 변경

```python
import sys
sys.setrecursionlimit(10**6)
```

어떨 때 백트래킹을 적용하지?

백트래킹

- N의 크기가 작을 때 (주로 재귀함수로 구현하기 때문)
  → 보통 20 이하
- 그 전 과정으로 돌아가면서 하는 탐색이 필요한 경우

기본 문제

15649번 : N과 M(1) – Silver 3

문제

- 자연수 n, m이 주어짐
- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제

제한 사항

- 입력 범위는 1 <= m <= n <= 8

예제

#알튜비튜

예제 입력

```
4 2
```

예제 출력

```
1 2
1 3
1 4
2 1
2 3
2 4
3 1
3 2
3 4
4 1
4 2
4 3
```

/<> 15649번 : N과 M(1) – Silver 3

문제

- 자연수 n, m이 주어짐
- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제

제한 사항

- 입력 범위는 1 <= m <= n <= 8

접근

- 제약 조건을 살펴보자

→ 중복 x, 수열 길이가 m

- 재귀함수를 설계해보자

→ 각 수를 넣을 때, 이미 수열 내에 있으면 넘어감 (체크해줄 무언가가 필요)

→ 기저조건은 길이가 m일 때!

체크해줄 무언가?

접근

- 해당 수가 현재 수열에서 사용이 되었는지 안되었는지 체크하는 배열을 만들자!
- 즉, 수를 인덱스로 가지는 체크배열
- 가지치기의 판단 기준이 됨

N과 M(1)

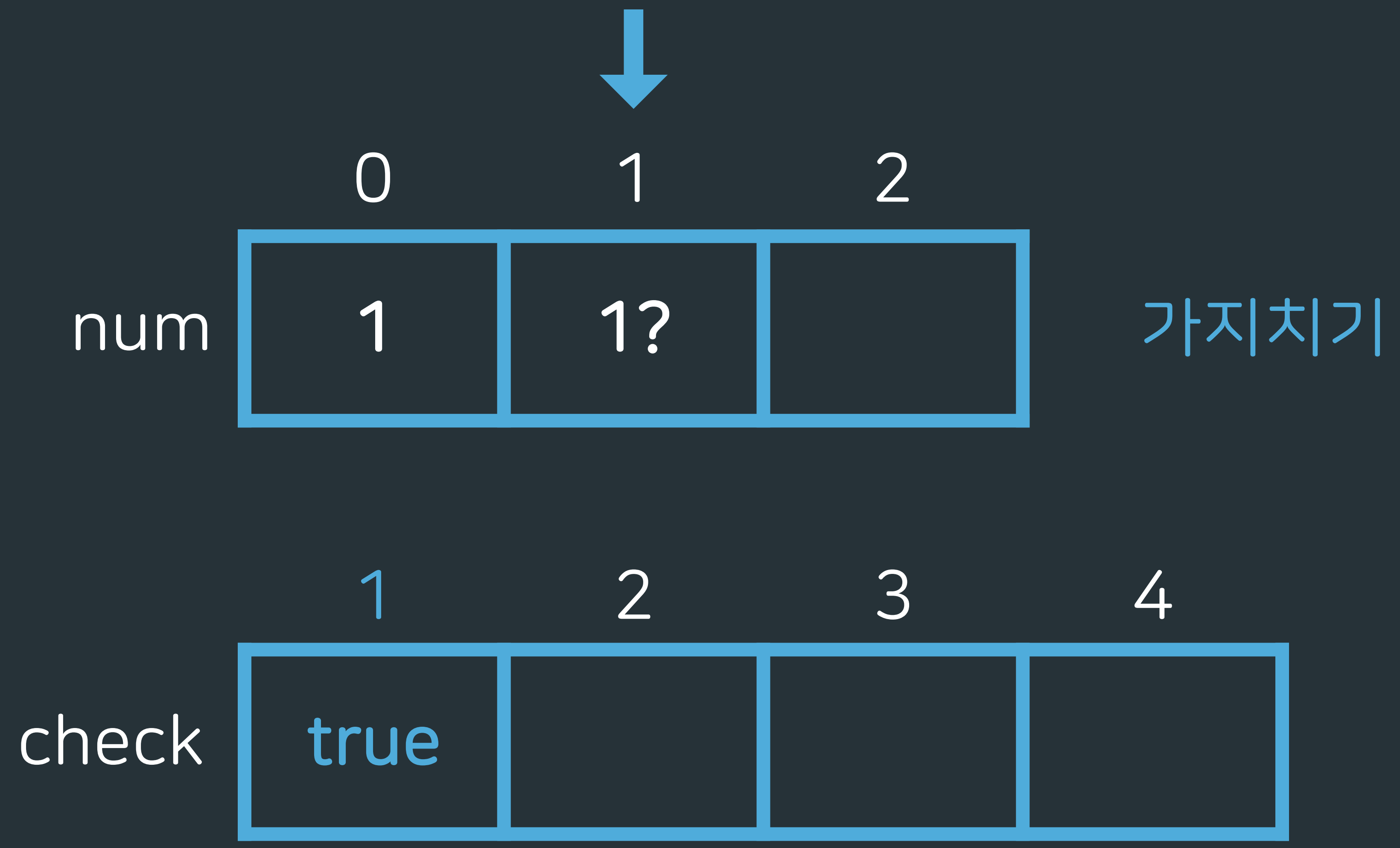
- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	1		

	1	2	3	4
check	true			

N과 M(1)

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2



N과 M(1)

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	1	2	

	1	2	3	4
check	true	true		

N과 M(1)

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	1	2	

기저조건

	1	2	3	4
check	true	true		

N과 M(1)

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	1	3?	

	1	2	3	4
check	true	true		

N과 M(1)

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	1	2	

	1	2	3	4
check	true	false		

바로 탐색 이어서하지 않고, 꼭 원래 상태로 돌려놓아야 함
그래야 나중에 해당 요소 재탐색 가능

만약 원래대로 돌려놓지 않는다면…

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2 ↓	
num	3	4		기저조건

	1	2	3	4
check			true	true

만약 원래대로 돌려놓지 않는다면…

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	3	4	

	1	2	3	4
check			true	true

돌아왔을 때, 만약 원래 상태로 되돌려 놓지 않는다면?

만약 원래대로 돌려놓지 않는다면…

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	3		

	1	2	3	4
check			true	true

다음 수를 검사할 때..

만약 원래대로 돌려놓지 않는다면…

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

↓

	0	1	2
num	4?		

	1	2	3	4
check			true	true

해당 요소 탐색이 불가!

만약 원래대로 돌려놓지 않는다면…

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	3	4	

	1	2	3	4
check			true	false

따라서 탐색을 하기 전,
꼭 원래 상태로 돌려놓는 것이 중요

만약 원래대로 돌려놓지 않는다면…

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

	0	1	2
num	4?		

	1	2	3	4
check			true	false

탐색 가능!

만약 원래대로 돌려놓지 않는다면…

#알튜비튜

- 1부터 n까지의 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- n = 4, m = 2

↓

	0	1	2
num	4		

	1	2	3	4
check			true	true

/<> 15650번 : N과 M(2) – Silver 3

문제

- 자연수 n, m이 주어짐
- 1부터 n까지 자연수 중 중복없이 m개를 고른 수열을 모두 구하는 문제
- 단, 수열은 오름차순임

제한 사항

- n의 범위는 1 <= m <= n <= 8

예제

예제 입력

```
4 2
```

예제 출력

```
1 2
1 3
1 4
2 3
2 4
3 4
```

N과 M(1)과의 차이점

#알튜비튜

기존 접근

- 제약 조건을 살펴보자

→ 중복 x, 수열 길이가 m

- 재귀함수를 설계해보자

→ 각 수를 넣을 때, 이미 수열 내에 있으면 넘어감 (체크해줄 무언가가 필요)

→ 기저조건은 길이가 m일 때!

추가된 접근

- 수열은 오름차순

→ 현재 인덱스의 원소를 확인하여 (해당 원소 + 1) 부터 다음 인덱스의 원소 탐색 시작

- 체크해줄 무언가가..필요한가?

/<> 9663번 : N-Queen – Gold 5

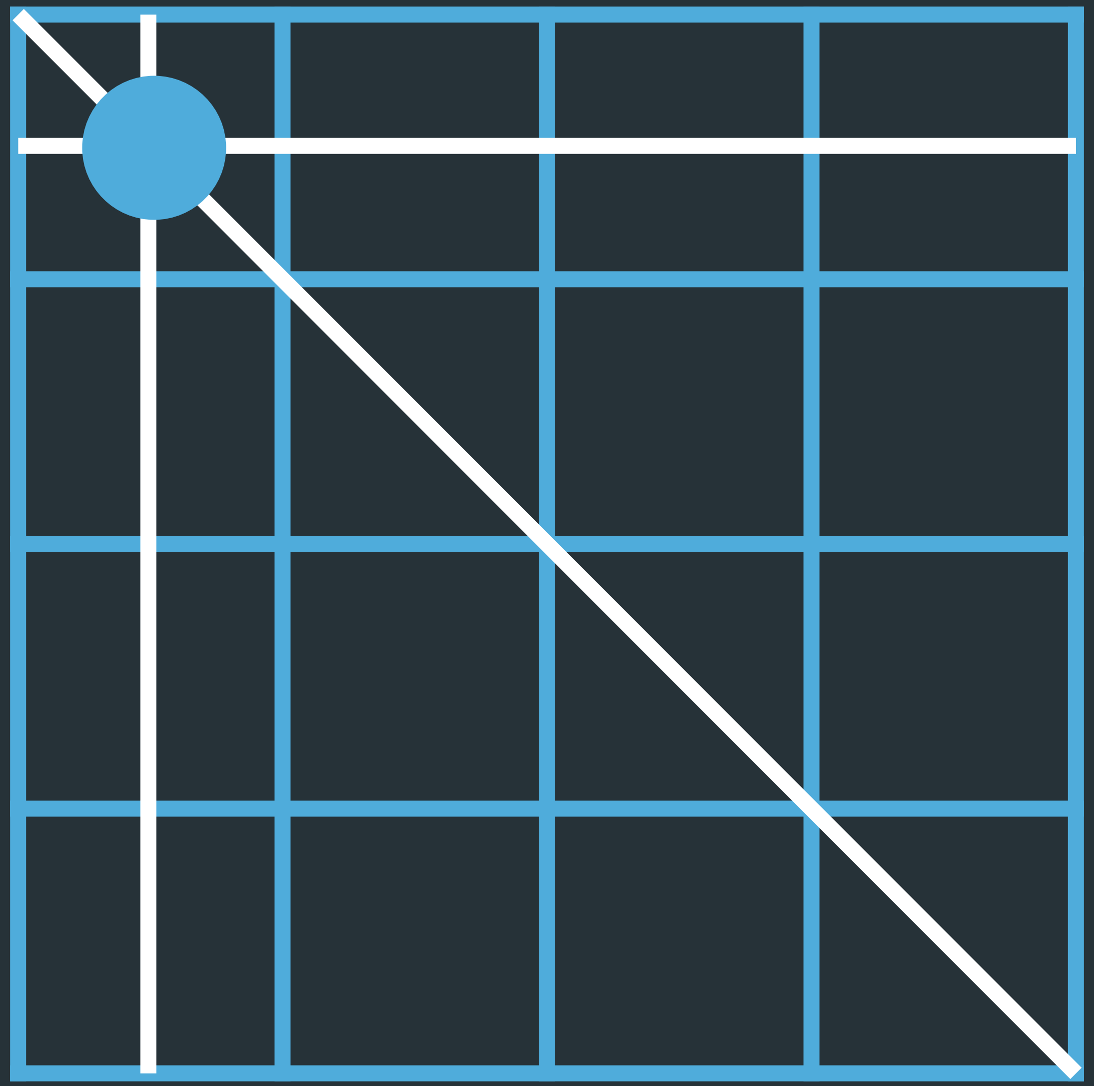
문제

- N X N인 체스판 위에 퀸 N개를 서로 공격할 수 없게 놓는 경우의 수 구하는 문제

제한 사항

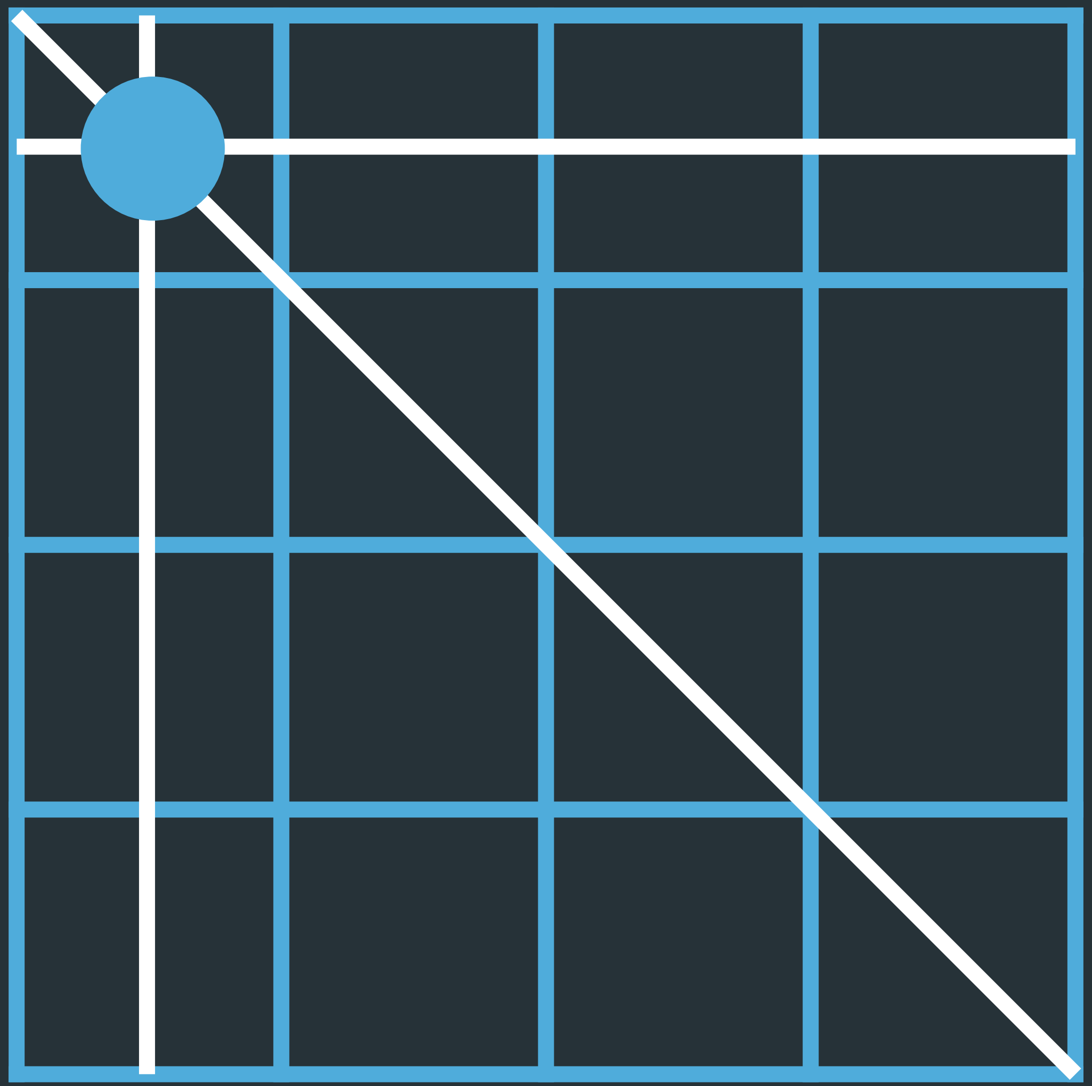
- 입력 범위는 1 <= N < 15

N-Queen



- 퀸이 놓이면, 가로, 세로, 대각선에 위치한 곳엔 다른 퀸을 둘 수 없다.

N-Queen



- 퀸이 놓이면, 가로, 세로, 대각선에 위치한 곳엔 다른 퀸을 둘 수 없다.

제한 사항

- 입력 범위는 1 <= N < 15

접근

- 완전탐색?
→ C(255, 15) > 10^30, 절대 불가능!

- 가지치기를 할 수 없을까?
→ 우선 세로의 중복을 피하려면 각 열마다 1개
→ 가로의 중복을 피하려면 각 행마다 1개
→ 즉, 가로와 세로에는 각각 1개만 들어감!

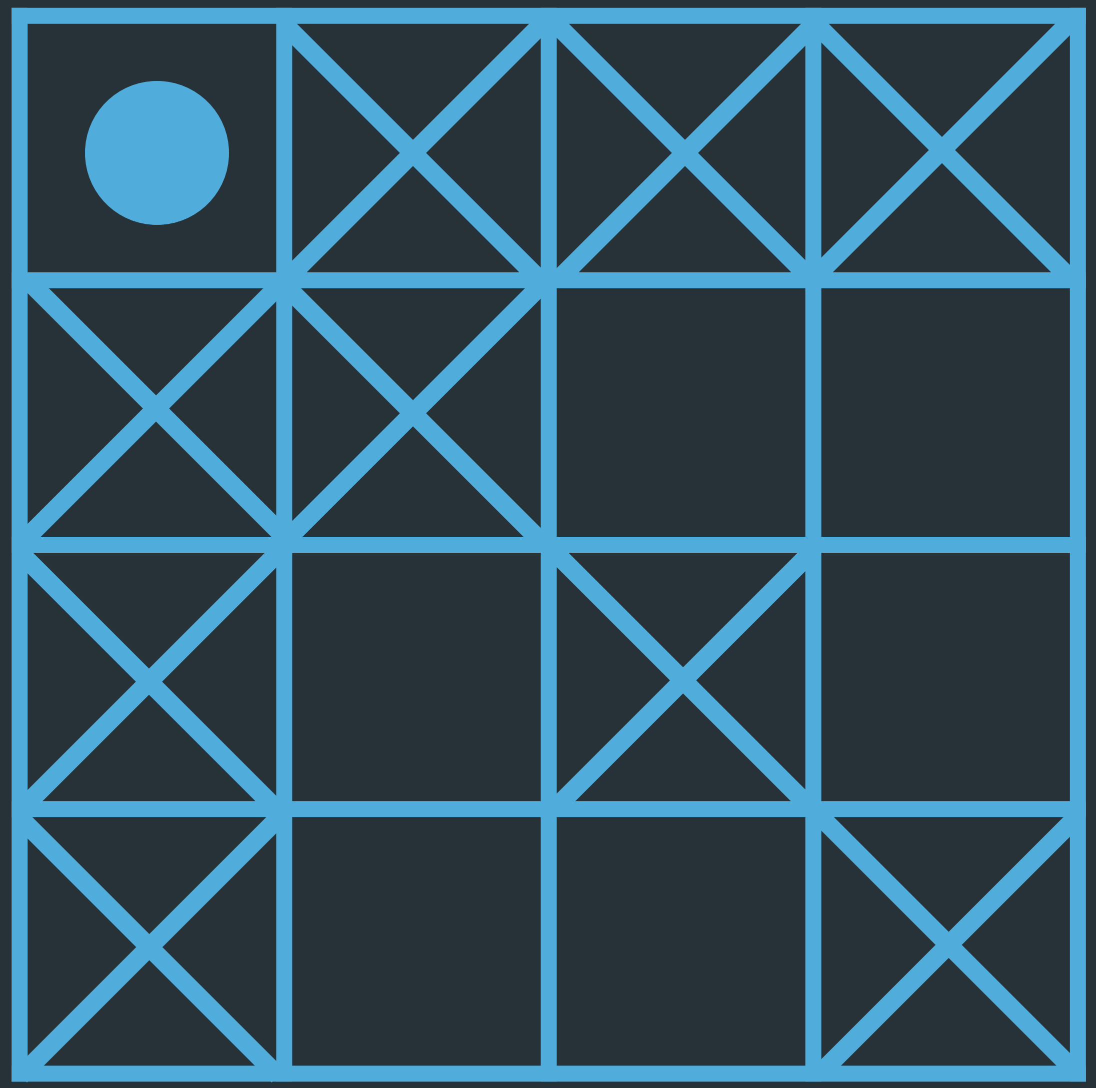
몰래 보세요

Hint

1. N과 M문제에서 가지치기를 위해 무엇을 사용했었죠?
2. 그런데 가지치기할 곳이 1 군데는 아닌 것 같아요. 대각선도 방향이 하나가 아니죠.

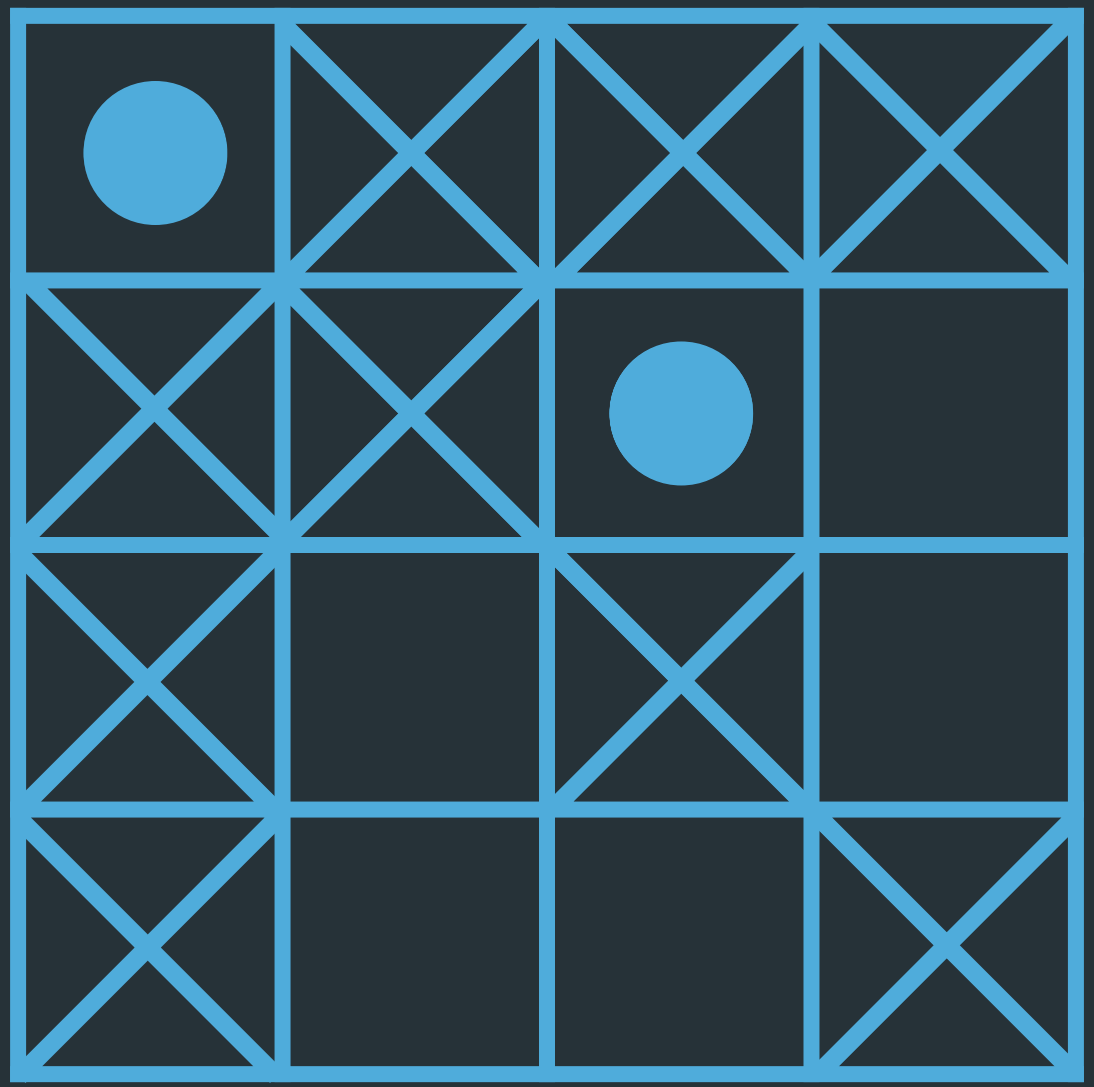
N-Queen

- N = 4



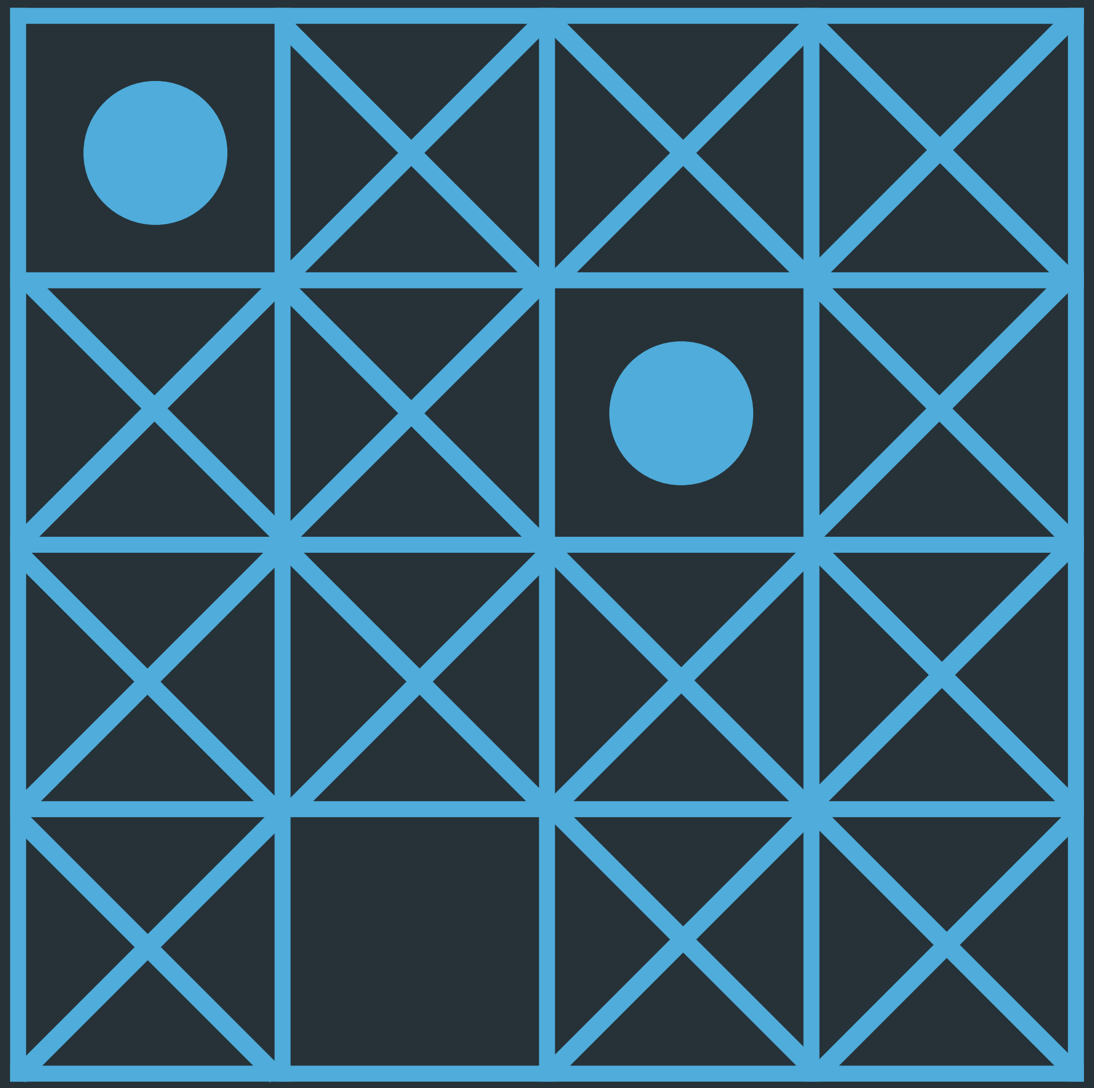
N-Queen

- N = 4



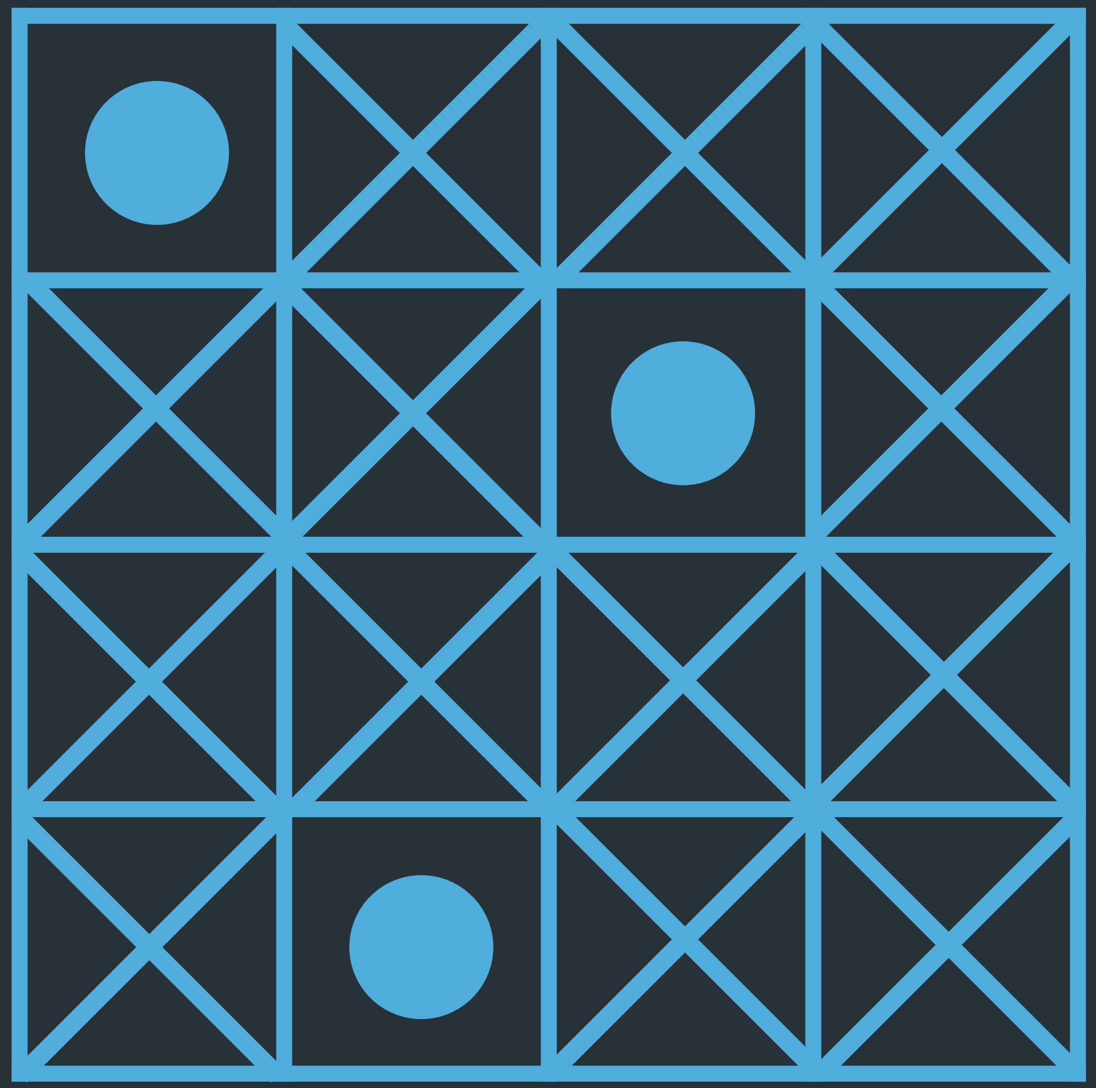
N-Queen

- N = 4



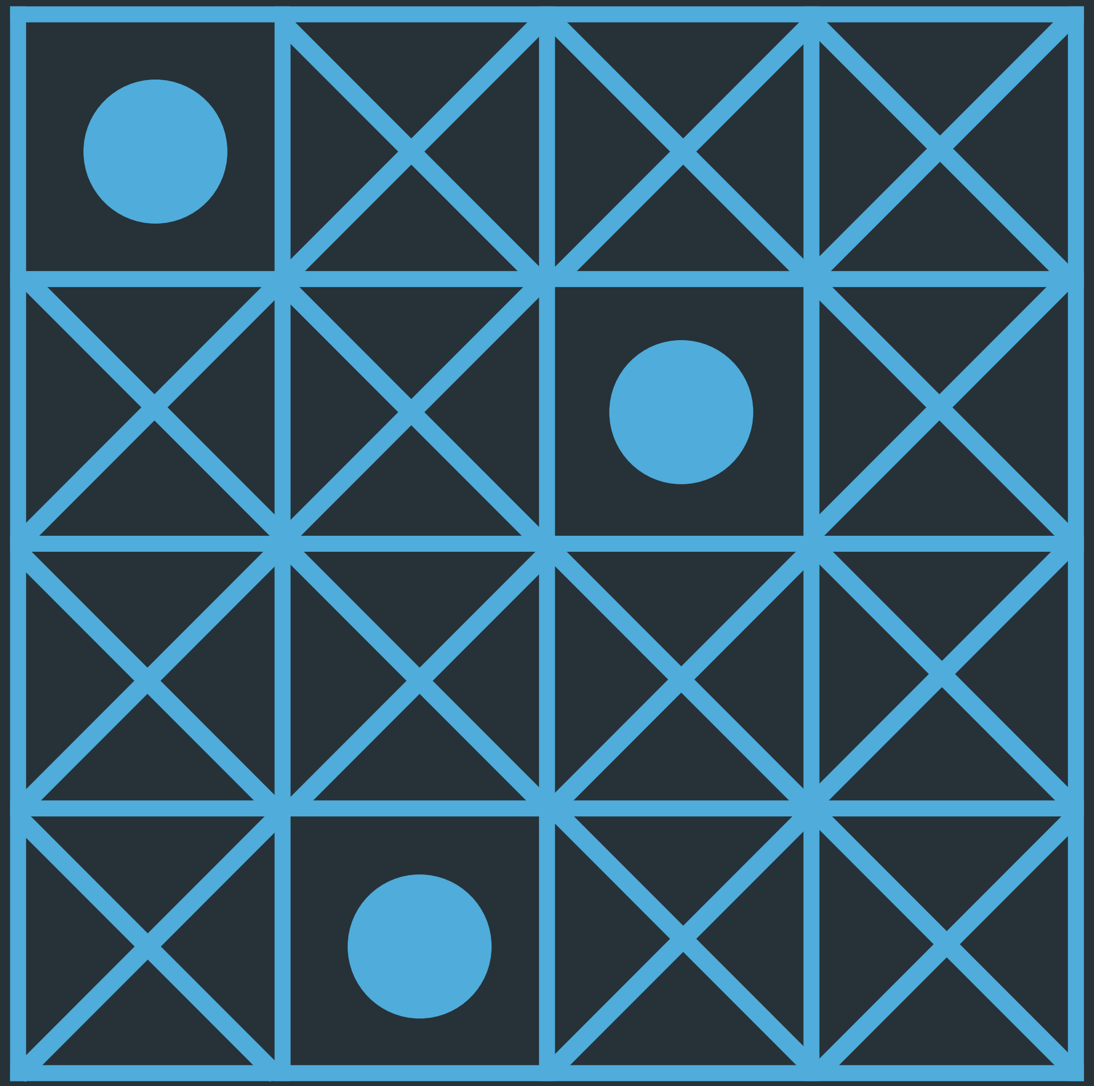
N-Queen

- N = 4



N-Queen

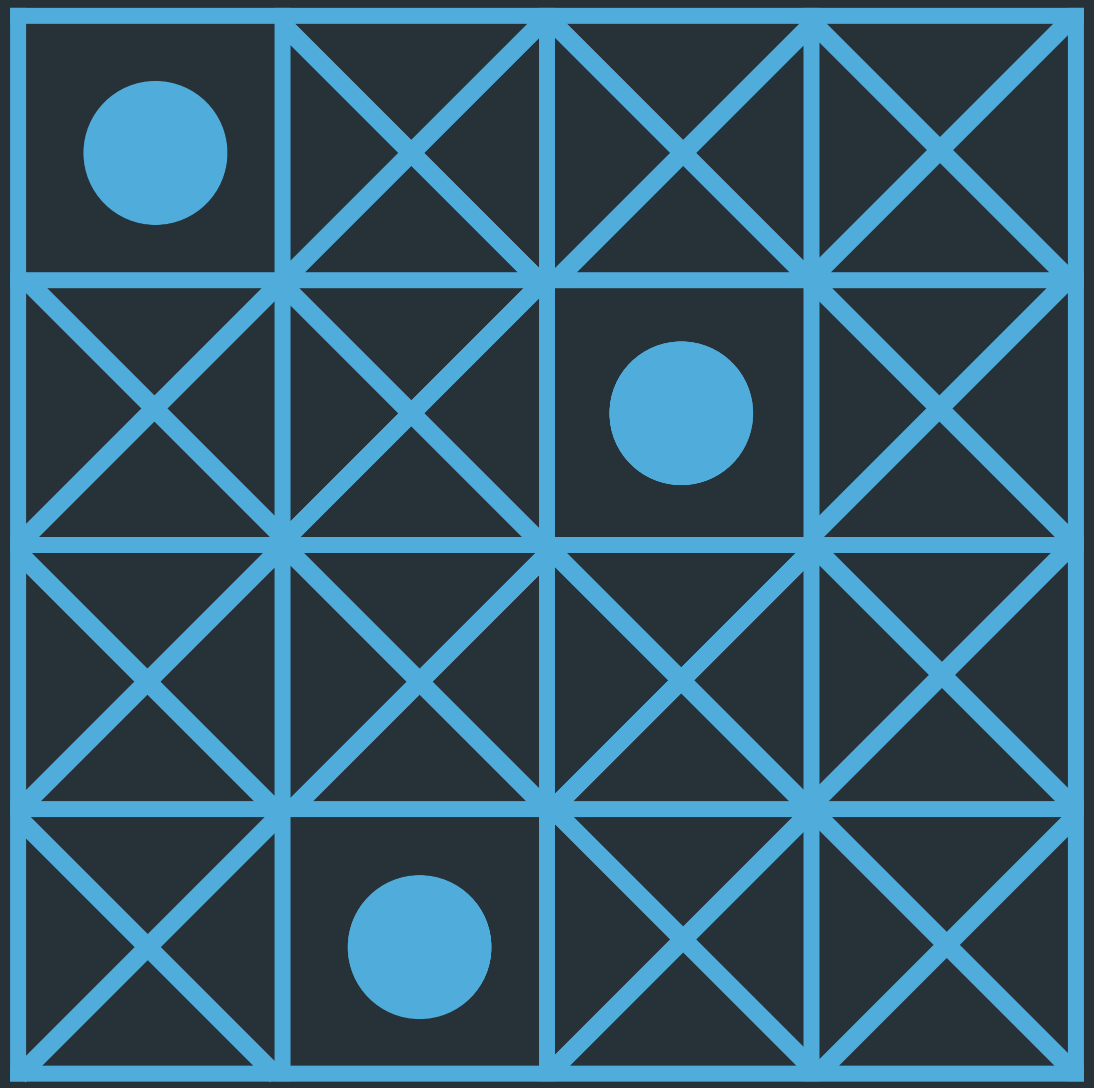
- N = 4



- 더 이상 탐색 불가! 더불어 퀸이 3개라 정답도 아님
→ 다시 전으로 돌아감

N-Queen

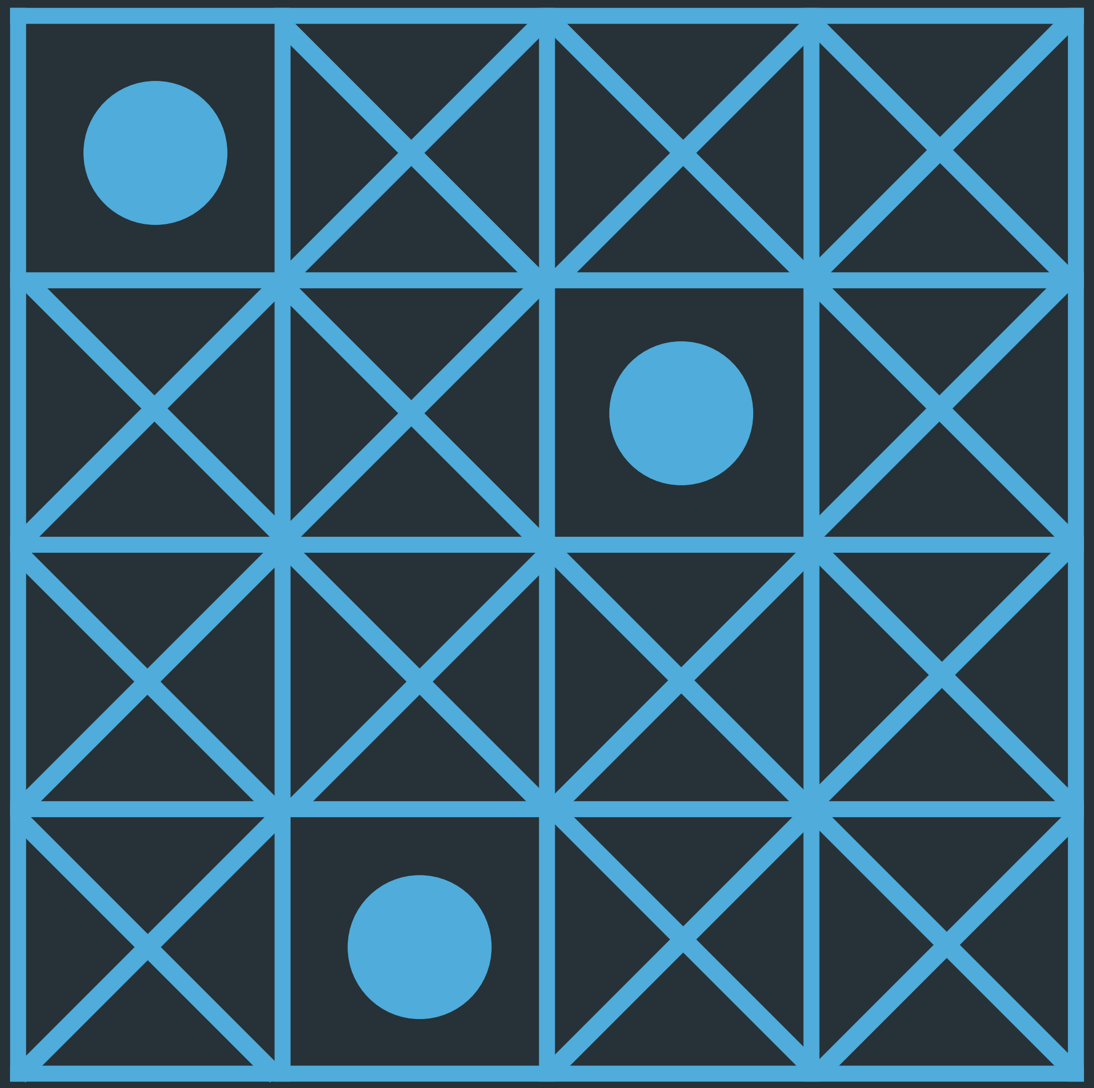
- N = 4



- 퀸을 놓을 수 있는 자리를 체크배열로 → 2차원? →
  체크를 하는 데 반복문을 사용할테므로 시간 걸려서 안됨!

N-Queen

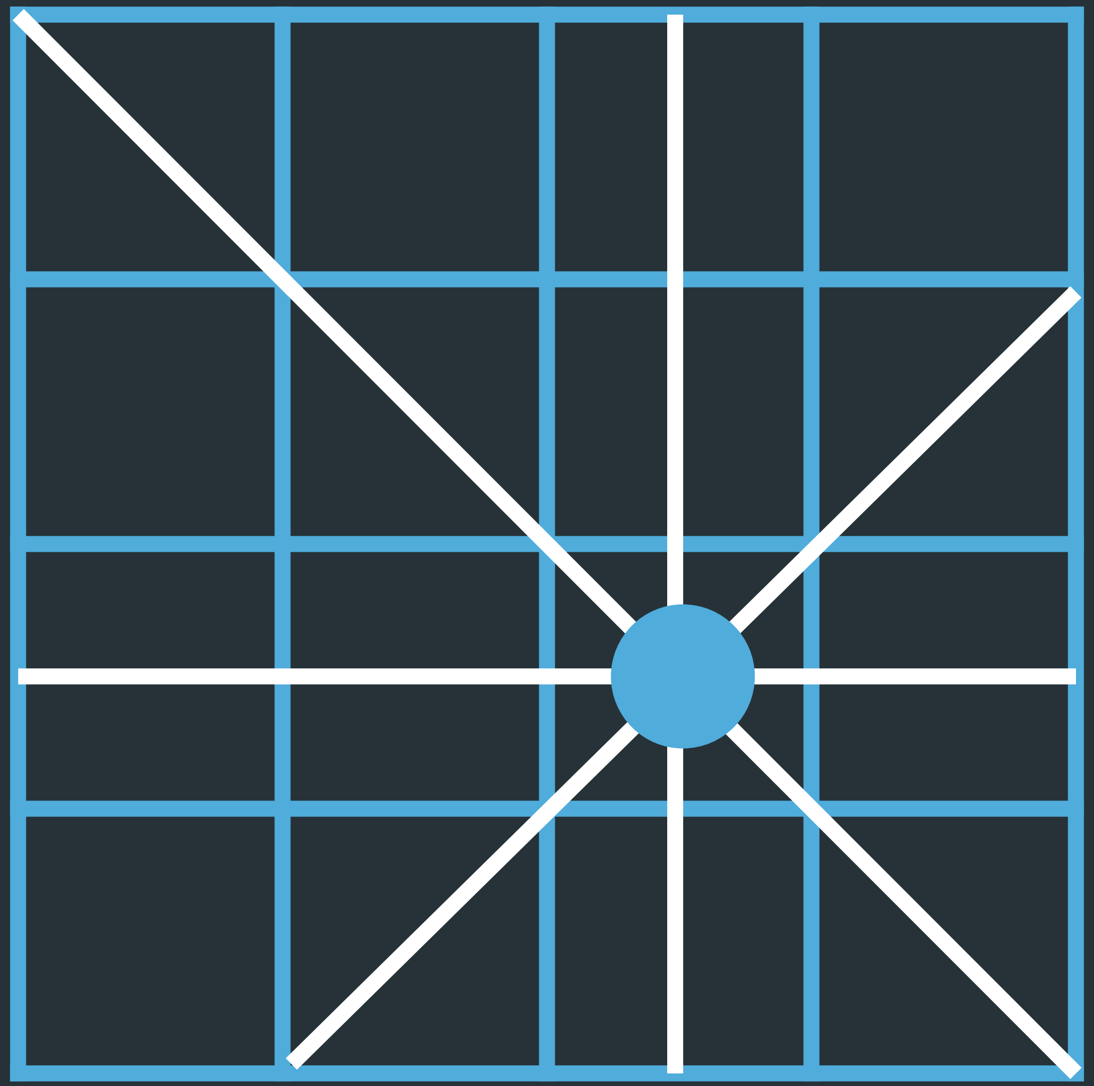
- N = 4



- 퀸을 놓을 수 있는 자리를 체크배열로 → 한 번에 체크할 수 있는 배열이 필요 → 각 줄을 인덱스로!

N-Queen

- N = 4



- 퀸이 놓이면, 가로, 세로, 대각선에 위치한 곳엔 다른 퀸을 둘 수 없다.
- 가로와 세로엔 각각 1개 배치 → 각 가로(행)에 대해, 퀸이 놓일 세로(열) 위치 결정

=> 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 배치 가능 여부를 체크배열로 구현!

N-Queen

- N = 4
- 행: i, 열: j

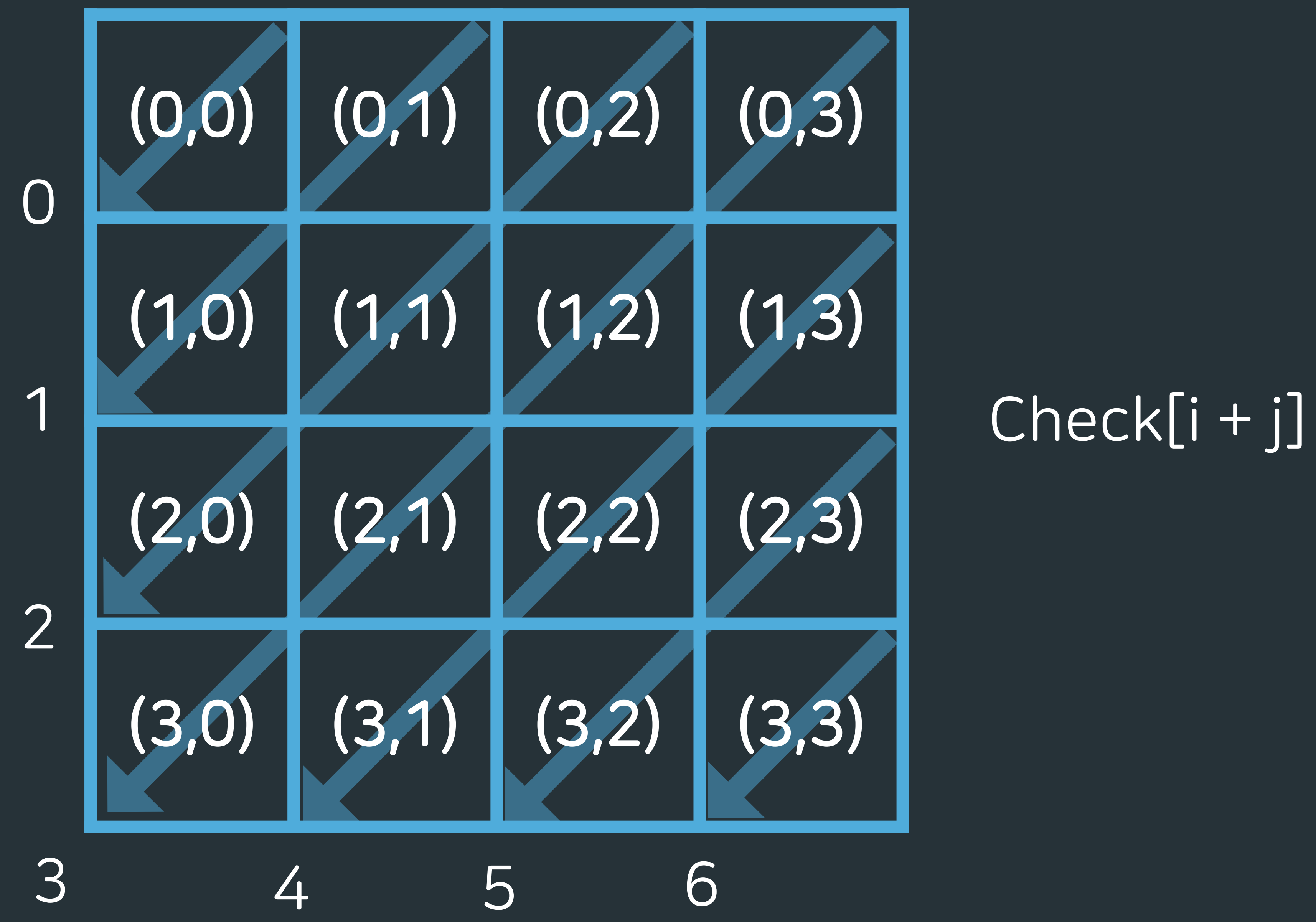
Check[j]

(0,0)	(0,1)	(0,2)	(0,3)
(1,0)	(1,1)	(1,2)	(1,3)
(2,0)	(2,1)	(2,2)	(2,3)
(3,0)	(3,1)	(3,2)	(3,3)

→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 배치 가능 여부를 체크배열로 구현!

N-Queen

- N = 4
- 행: i, 열: j

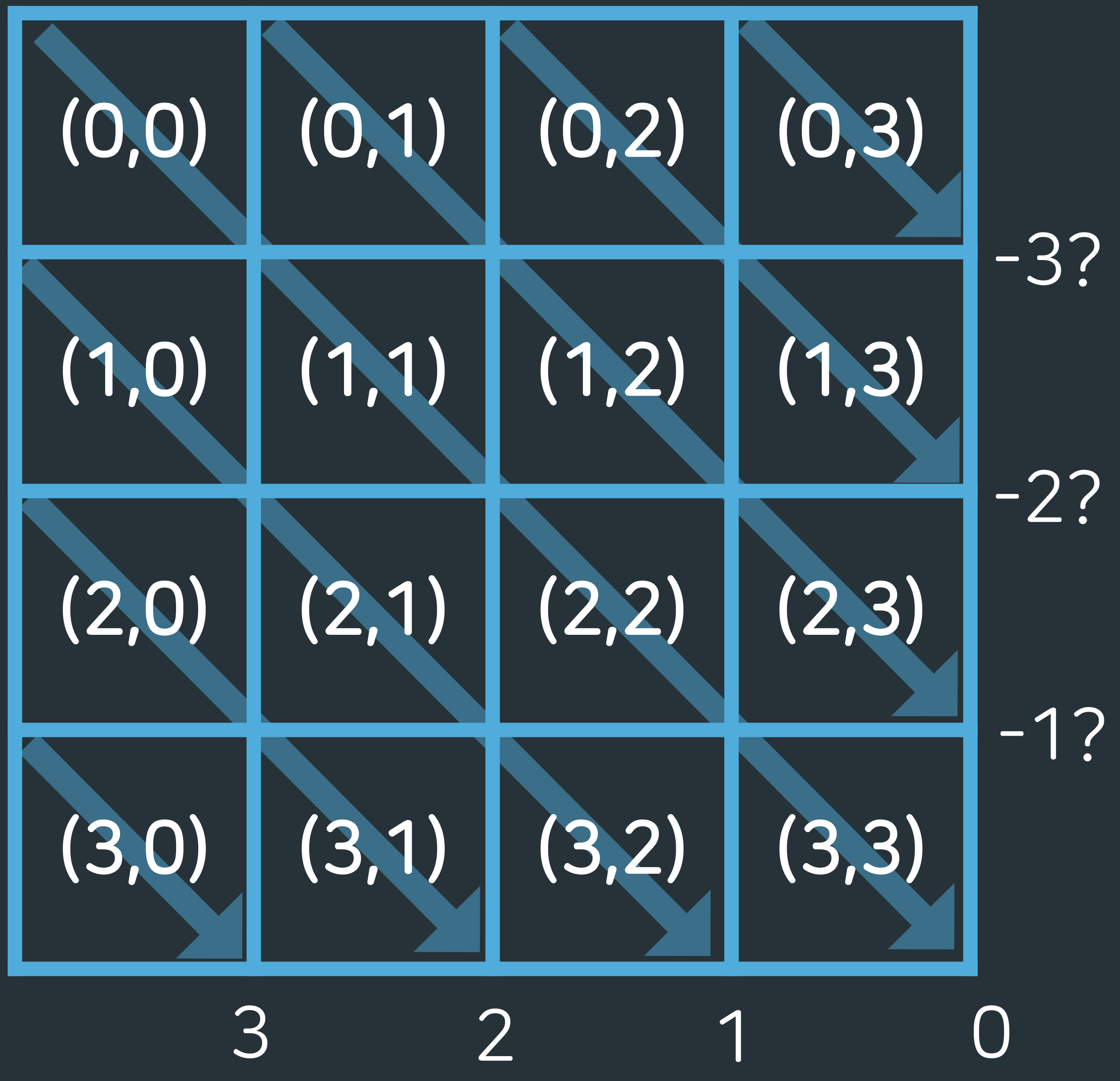


→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 배치 가능 여부를 체크배열로 구현!

N-Queen

- N = 4
- 행: i, 열: j

Check[i – j]

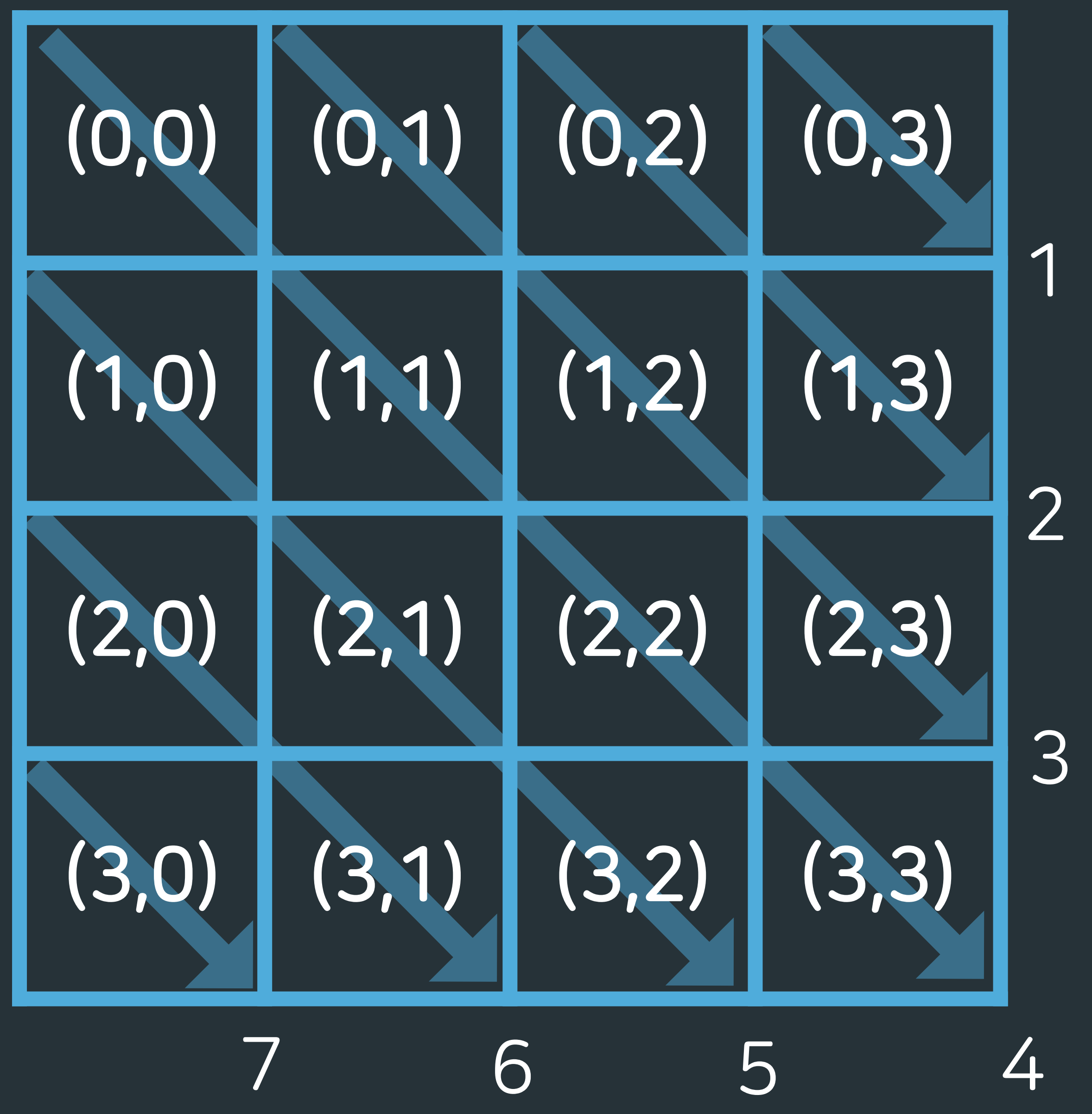


→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 배치 가능 여부를 체크배열로 구현!

N-Queen

- N = 4
- 행: i, 열: j

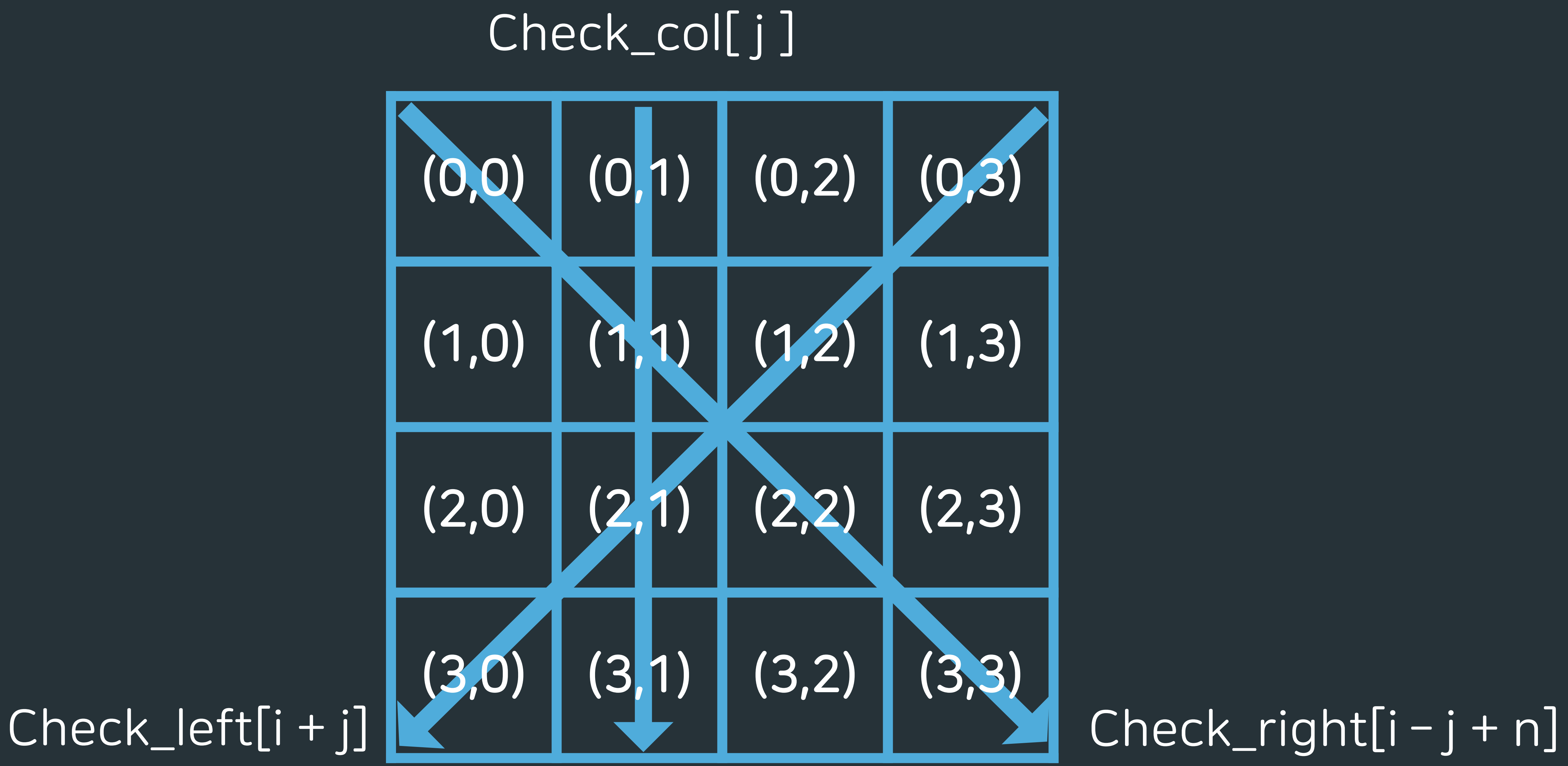
Check[i – j + n]



→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 배치 가능 여부를 체크배열로 구현!

N-Queen

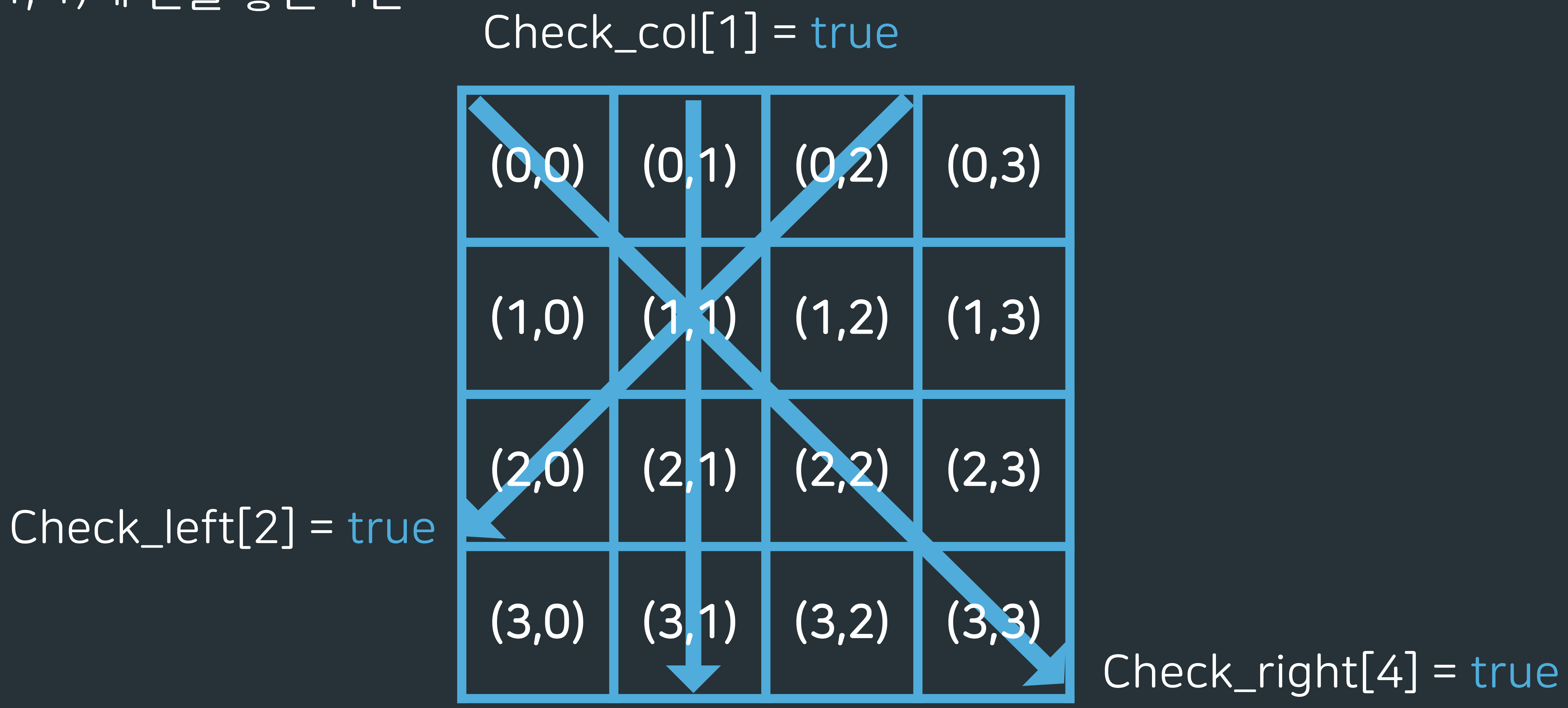
- N = 4
- 행: i, 열: j



→ 세로, 좌하향 대각선, 우하향 대각선의 배치 가능 여부를 체크배열로 구현!

N-Queen

- N = 4
- 행: i, 열: j
- (ex) (1, 1)에 퀸을 놓는다면



가지치기 효율 예시

5 9663	맞았습니다!!	2020 KB	1684 ms
5 9663	맞았습니다!!	2020 KB	4528 ms

← 현재 풀이
← 다른 풀이

→ 가지치기를 어떻게 하느냐에 따라 백트래킹 속도 효율이 달라진다!

*해당 다른 풀이는 깃허브 라이브 코딩 폴더에 별도로 올라갈 예정입니다!
*가지치기가 어떻게 다른지 비교해보아요.

백트래킹 문제는 다른 풀이(완전 탐색)이 가능한 경우가 많아요

#알튜비튜

비트마스킹

- 비트(0 / 1)의 연산을 활용한 알고리즘
- 배열의 원소 상태가 2가지로 나뉠 수 있는 백트래킹 문제에서 활용 가능
- 그러나! 백트래킹이 아닌 완전탐색이므로 속도는 백트래킹보다 느림

permutation

- 다음 순열(next_permutation) 혹은 이전 순열(prev_permutation)을 구하는 알고리즘
- 원소의 순서를 정해야 하는 백트래킹 문제에서 활용 가능
- 그러나! 백트래킹이 아닌 완전탐색이므로 속도는 백트래킹보다 느림

마무리

정리

- 완전탐색에서 나아가 특정한 조건을 만족하는 경우만 탐색하는 백트래킹
- 입력 범위가 작고(보통 20을 넘지 않는다), 재귀함수로 주로 구현!
- 백트래킹을 쉽게 구현하다보니, 전역변수와 void 함수를 사용하지만 다른 알고리즘에선 가능한 쓰지 않는게 좋다
- 어디서 가지치기를 해야하는지와 어떻게 할지 파악하는게 중요
- 가지치기를 얼마나 잘하냐에 따라 시간의 효율도 높아짐

이것도 알아보세요!

- 문제를 풀고 제출한 후, 다른 사람들의 풀이와 내 풀이의 시간을 비교해보아요. (가지치기 효율)
- next_permutation과 비트마스킹으로 백트래킹 문제를 풀어보고 시간을 비교해보아요.

과제

필수

- 20055번 : 컨베이어 벨트 위의 로봇 – Gold 5
- 1205번 : 등수 구하기 – Silver 4

3문제 이상 선택

- 14888번 : 연산자 끼워넣기 – Silver 1
- 2580번 : 스도쿠 – Gold 4
- 15663번 : N과 M (9) – Silver 2
- 17136번 : 색종이 붙이기 – Gold 2
- 10971번 : 외판원 순회 2 – Silver 2

과제 마감일

#알튜비튜

코드리뷰 O 마감 ~ 3월 31일 목요일 낮 12시

코드리뷰 X 마감 ~ 3월 31일 목요일 밤 12시 (31일에서 4/1로 넘어가는 자정)

추가제출 마감 ~ 4월 1일 금요일 밤 12시 (1일에서 2일로 넘어가는 자정)