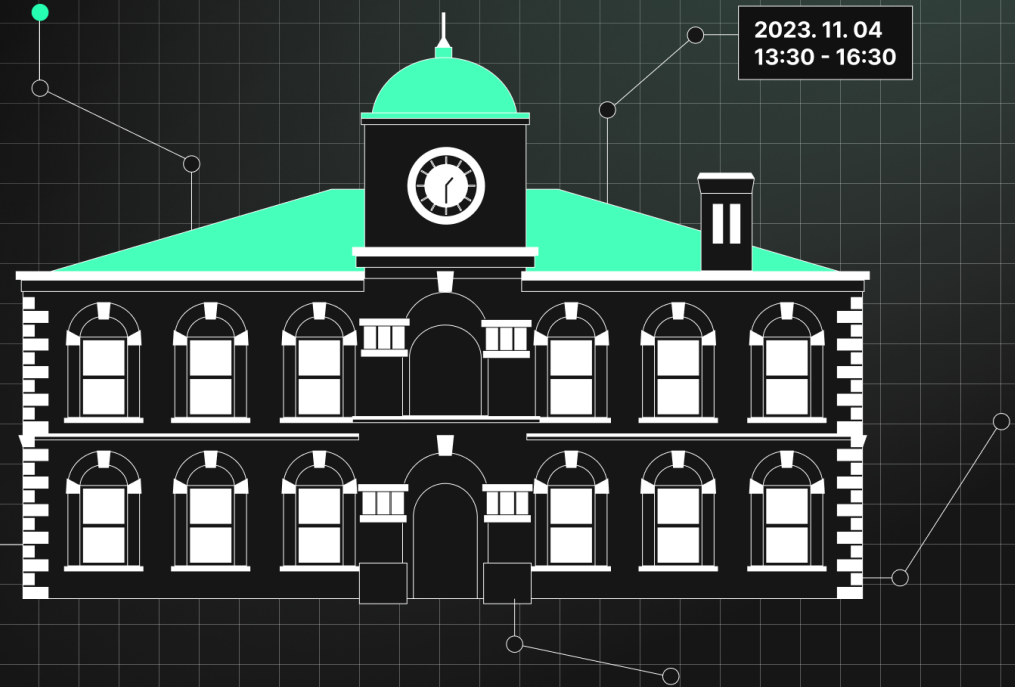


# 2023 건국대학교 프로그래밍 경진대회 Official Solution





문제

의도한 난이도

출제자

A		얼룩말을 찾아라!	<b>Beginner</b>	이동훈
B	A	이제는 더 이상 물러날 곳이 없다	<b>Easy</b>	이동훈
C		바닥수	<b>Easy</b>	이동훈, 윤찬규
D	B	단체줄넘기	<b>Easy</b>	이동훈
E		팰린드롬 애너그램	<b>Normal</b>	이동훈
F	C	현수막 걸기	<b>Normal</b>	김수현
G		스위치	<b>Normal</b>	윤찬규
H	D	낙시	<b>Normal</b>	이동훈
I	E	MEXchange	<b>Hard</b>	김명기
	F	K-문자열	<b>Hard</b>	김명기
	G	시간낭비	<b>Hard</b>	이동훈
	H	우정은 BFS처럼, 사랑은 DFS처럼	<b>Challenging</b>	이동훈, 윤찬규
J	I	양손 정렬	<b>Challenging</b>	이동훈, 윤찬규, 김명기
	J	등불 날리기	<b>Challenging</b>	윤찬규


## 2A. 얼룩말을 찾아라!

implementation, string

출제진 의도 - **Beginner**

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 1회, 정답 1명 (정답률 1%)

 —

 이동훈 aru0504

## 2A. 얼룩말을 찾아라!

- ✓ 주어진 문자열에서 1이 연속으로 등장하는 구간을 알아내는 방법은 무엇일까요?
- ✓ 여러 가지 방법이 있지만, 구현이 간단한 방법을 소개합니다.
- ✓ 1 이후에 0이 등장한다면, 검은 줄의 구간이 끝나는 것을 의미합니다.
- ✓ 주어진 문자열을 훑으면서,  $s[i] = 1$ 이면서  $s[i+1] = 0$ 인  $i$ 의 개수를 셉시다.
- ✓ 편의를 위해, 주어진 문자열에 0을 추가해도 답은 같습니다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N)$  입니다.

# 2B/1A. 이제는 더 이상 물러날 곳이 없다

game\_theory, ad\_hoc

출제진 의도 - **Easy**

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 이동훈 aru0504

## 2B/1A. 이제는 더 이상 물러날 곳이 없다

- ✓ 건덕이와 건구스는 자신의 차례에 **반드시** 움직여야 합니다.
- ✓ 건덕이와 건구스는 다음과 같은 네 가지 종류로 움직입니다: RR, RL, LL, LR
- ✓ 어떻게 움직이더라도 두 플레이어 사이 간격의 **홀짝성**<sub>parity</sub>은 변하지 않습니다.

## 2B/1A. 이제는 더 이상 물러날 곳이 없다

- ✓ 전장의 길이가 주어지는 순간 승자는 결정되며, 승자는 상대를 향해 전진합니다.
- ✓ 패자의 경우 앞으로 가면 패배로 더 빠르게 도달하므로, 가능하다면 뒤로 후퇴합니다.
- ✓ 전장을 벗어나도록 이동할 수 없으므로, **두 플레이어간 간격은 단조감소**합니다.

## 2B/1A. 이제는 더 이상 물러날 곳이 없다

- ✓ 간격을 짝수로 만드는 사람은 결국 두 플레이어 사이의 거리를 0으로 만듭니다.
- ✓ 플레이어 사이의 거리가 0이 되는 순간, 다음 차례의 플레이어는 공격할 수 있습니다.
- ✓ 주어진 전장의 길이가 짝수라면, 선공이 먼저 둘 사이의 간격을 홀수로 만듭니다.
- ✓ 홀수라면, 선공이 둘 사이의 간격을 짝수로 만듭니다.
- ✓ 따라서 전장의 길이가 짝수인 경우, 건덕이가 승리합니다.
- ✓ 주어진 전장의 길이의 홀짝성을 판단하므로 시간복잡도는  $\mathcal{O}(1)$ 입니다.

💪  $N \times N$  전장에서 각 플레이어가  $(1, 1)$ ,  $(N, N)$ 에서 시작하면 누가 승리할까요?




## 2C. 바닥수

constructive, math


출제진 의도 - **Easy**

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 1회, 정답 1명 (정답률 1%)

 —

 이동훈 aru0504, 윤찬규 dldyou

## 2C. 바닥수

- ✓ 바닥수  $N$ 이 주어졌을 때, 바닥수가  $N$ 인 길이  $L$ 의 원래 수를 구해야 합니다.
- ✓ 길이  $L$ 의 모든 수에 대해서 바닥수가 되는지 확인하는 것은 오래 걸립니다.
- ✓ 곱셈의 성질을 활용해서 쉽게 문제를 해결해 봅시다.

## 2C. 바닥수

- ✓ 곱셈의 항등원을 이용합시다. 1은 여러 번 곱해도 1입니다.
- ✓ 1을  $L - 1$ 번 적은 뒤,  $N$ 를 뒤에 덧붙인 수의 바닥수는  $N$ 입니다.
- ✓ 원래 수는 0으로 시작하지 않음에 주의합시다.

# 2D/1B. 단체줄넘기

implementation

출제진 의도 - **Easy**

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 이동훈 aru0504

## 2D/1B. 단체줄넘기

- ✓ 학생의 키가 같은 쌍이 존재하지 않는다면, 모든 학생이 참여할 수 있습니다.
- ✓ 모두가 한 쪽을 바라보고, 바라보는 방향으로 키가 작아지도록 줄세우면 됩니다.
- ✓ 학생의 키가 같은 쌍이 존재하는 경우에는 몇 명까지 참여할 수 있을까요?

## 2D/1B. 단체줄넘기

- ✓ 두 명의 키가 서로 같다면, 서로 반대 방향을 보고 서면 됩니다.
- ✓ 세 명의 키가 서로 같다면, 한 명은 어느 쪽을 보든 점프할 타이밍을 놓칠 수 있습니다.
- ✓ 따라서 키가 같은 사람은 **최대 두 명**까지만 참여할 수 있습니다.
- ✓ 줄을 세울 수 있는지의 여부를 물어보았으므로, 각 사람들의 키에 대해서 참여할 수 있는 사람의 수를 세어 줍시다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N)$ 입니다.

💪 올바르게 줄 세우는 방법 중 하나를 구할 수 있을까요?


## 2E. 팰린드롬 애너그램

ad\_hoc

출제진 의도 - Normal

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 1회, 정답 1명 (정답률 1%)

 —

 이동훈 aru0504

## 2E. 팰린드롬 애너그램

- ✓ 왼쪽 절반의 문자와 오른쪽 절반의 문자의 교환을 통해 팰린드롬을 만들어 봅시다.
- ✓ 연산을 통해 임의의 위치에 존재하는 두 문자를 교환할 수 있다면, 모든 문자를 원하는 곳에 배치할 수 있습니다. 과연 가능할까요?
- ✓ 편의상 배열의 길이가 짝수라고 가정합시다. 교환하는 경우의 수는 두 가지입니다.
  - \* 두 문자가 서로 다른 절반에 속하는 경우
  - \* 두 문자가 같은 절반에 속하는 경우



## 2E. 팰린드롬 애너그램

- ✓ 두 문자가 서로 다른 절반에 속하는 경우, 두 원소를 직접 교환할 수 있습니다.
- ✓ 두 문자가 서로 같은 절반에 속하는 경우에는 두 원소를 직접 교환할 수 없습니다.
- ✓ 이때, 반대쪽 절반에 속하는 원소 한 개를 임시로 사용해 교환할 수 있습니다.

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

## 2E. 팰린드롬 애너그램

- ✓ 문자열의 길이가 홀수인 경우에는 가운데 글자를 교환할 수 없음에 유의합니다.
- ✓ 해당 문자를 세지 않고, 짝수 길이의 문자열이라고 생각하면 됩니다.
- ✓ 팰린드롬이 되기 위해서는 양 쪽에 같은 수의 문자가 존재해야 합니다.
- ✓ 알파벳이 문자열에 짝수번 등장한다면 양 쪽에 골고루 분배할 수 있습니다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N)$ 입니다.

# 2F/1C. 현수막 걸기

binary\_search

출제진 의도 - **Normal**

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 김수현 `creampuffshu`

## 2F/1C. 현수막 걸기

- ✓ 두 개의 말뚝과 깃대 하나를 골라 만들 수 있는 삼각형 넓이 중 최댓값을 구합니다.
- ✓ 단, 넓이가  $R$  이하여야 합니다.
- ✓ 간단한 방법은 모든 말뚝 쌍에 대해서, 모든 깃대를 탐색하는 방법입니다.
- ✓ 해당 풀이는  $\mathcal{O}(N^2M)$ 으로, 제한 시간 안에 해결할 수 없습니다.

## 2F/1C. 현수막 걸기

- ✓ 만약 밑변을 고정한다면, 주어진 깃대를 정렬한 뒤 이분탐색을 사용할 수 있습니다.
- ✓ 가능한 모든 밑변을 구하는 데에는  $\mathcal{O}(N^2)$ 입니다.
- ✓ 하나의 밑변 길이에 대해서,  $R$  이하인 최대 넓이를 구하는 데  $\mathcal{O}(\log M)$ 이 듭니다.
- ✓  $\mathcal{O}(N^2 \log M)$  제한에는 충분히 통과할 수 있습니다.


## 2G. 스위치

dynamic\_programming

출제진 의도 - **Normal**

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 1회, 정답 1명 (정답률 1%)

 —

 윤찬규 dldyou

## 2G. 스위치

- ✓ 스위치를 누르면 3초동안 두 배의 점수를 얻을 수 있습니다.
- ✓ 음수의 점수도 두 배로 계산됨에 유의해야 합니다.
- ✓ 그리디하게 스위치를 누르는 전략은 오답을 받습니다.
- ✓ 스위치를 누른 뒤,  $i$ 초 시점에 스위치의 효과가  $j$ 초 남았다는 것을 활용합니다.

## 2G. 스위치

- ✓  $i$ 초에  $j = 0$ 이라면,  $i - 1$ 초에  $j = 0$ 이거나  $j = 1$ 인 경우 중 최댓값을 가져옵니다.
- ✓  $j = 1$ 이라면 아직 스위치의 효과가 남아있으므로  $i - 1$ 초의  $j = 2$ 를 가져옵니다.
- ✓  $j = 2$ 인 경우도 마찬가지로  $i - 1$ 초의  $j = 3$ 을 가져옵니다.
- ✓  $j = 3$ 은 지금 스위치를 누른 상황으로,  $i - 1$ 초의  $j = 0$ 이거나  $j = 1$ 인 경우에서 가져올 수 있습니다.
- ✓ 스위치의 효과가 적용되는 경우에는 배열의 값의 두배를 더해줍니다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N)$ 입니다.



# 2H/1D. 낚시

prefix\_sum

출제진 의도 - Normal

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 이동훈 aru0504

## 2H/1D. 낚시

1	2	3	4	5
5	2	1	4	6
0	2	4	2	1
0	0	2	1	7

- ✓ 일감호입니다. 🎣
- ✓ 무게추 3을 달아 3의 힘으로 낚싯대를 휘두르면 회색 칸에 찌가 도달합니다.
- ✓ 빨간 색 테두리에 해당하는 칸에 존재하는 8마리의 물고기가 사로잡힙니다.

## 2H/1D. 낚시

1	2	3	4	5
5	2	1	4	6
0	2	4	2	1
0	0	2	1	7

- ✓ 낚싯줄을 한 바퀴 감아올리면 찌의 위치가 바뀝니다.
- ✓ 바뀐 칸에서 물고기 4마리가 사로잡힙니다.
- ✓ 이를 미끼가 일감호를 벗어날 때까지 반복합니다.

## 2H/1D. 낚시

1	2	3	4	5
5	2	1	4	6
0	2	4	2	1
0	0	2	1	7

- ✓ 쿼리가 주어질 때마다 다음과 같은 계단 모양에 칠해진 수의 합을 구하는 문제입니다.
- ✓ 간단하게 생각하면, 매 쿼리마다 계산하는  $\mathcal{O}(NMQ)$  풀이가 있습니다 🤖.
- ✓ 이는 시간 초과입니다. 어떻게 빠르게 해결할 수 있을까요?

## 2H/1D. 낚시

- ✓ 여러 방법 중 하나를 소개합니다.
- ✓ 2차원 배열에서 직사각형 모양의 부분합은  $\mathcal{O}(NM + Q)$ 에 구할 수 있습니다.
- ✓ 쿼리가 직사각형의 부분합을 구하게끔 일감호를 재배치할 수 있을까요?

## 2H/1D. 낚시

1	2	3
5	2	1
0	2	4

→

0	0	3
0	2	1
1	2	4
5	2	0
0	0	0

- ✓ 가능합니다.
- ✓ 시간복잡도는 2차원 부분합과 같은  $\mathcal{O}(NM + Q)$ 입니다.

# 2I/1E. MEXchange

ad\_hoc, constructive

출제진 의도 - **Hard**

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 김명기 riroan

## 2I/1E. MEXchange

- ✓ 우선 언제 NO 를 출력해야할 지 생각해봅시다.
- ✓ MEX의 정의에 의해, 길이가  $N$ 인 수열의 MEX는  $N + 1$ 보다 클 수 없습니다.
- ✓  $A$ 는 순열이기 때문에  $B_N = N + 1$ 입니다.
- ✓  $S_i = \{A_1, A_2, \dots, A_i\}$ 라고 할 때,  $S_i \subset S_{i+1}$ 이므로  $B_i > B_{i+1}$  ( $1 \leq i \leq N - 1$ )일 수 없습니다. 즉  $B$ 는 단조증가합니다.



## 2I/1E. MEXchange

- ✓ 몇 가지 관찰을 해 봅시다.
- ✓ 만약  $A_i = K$ 라면,  $i \leq j$ 일 때  $B_j = K$ 일 수 없습니다.
- ✓  $K$ 를 포함하는 집합의 MEX는 정의상  $K$ 일 수 없기 때문입니다.
- ✓ 결국  $B_j = K$ 일 때,  $A_i = K (j < i)$ 입니다.

## 2I/1E. MEXchange

- ✓  $B_i \neq B_{i+1} (1 \leq i \leq N - 1)$ 인 경우에 주목합니다.
- ✓ MEX값이  $B_{i+1}$ 이기 위해서는 해당 집합이  $B_i$ 를 가지고 있어야 합니다.
- ✓ 이전 관찰과 종합하면  $B_i \neq B_{i+1}$ 일 때,  $A_{i+1} = B_i$ 가 됨을 알 수 있습니다.


## 2I/1E. MEXchange

- ✓ 이제 남은 값은 작은 수부터 빈 자리에 넣어주면 됩니다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N)$ 입니다.

# 1F. K-문자열

string, bitmask, combinatorics

출제진 의도 - **Hard**

 제출 1회, 정답 1명 (정답률 1%)



 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 김명기 riroan

## 1F. K-문자열

- ✓ 주어진 문자열을 하나의 집합으로 생각합니다.
- ✓ 예를 들어 문자열이 0011223344라면 대응되는 집합은  $\{0, 1, 2, 3, 4\}$ 입니다.
- ✓ 숫자는 10개 이므로 만들어질 수 있는 집합의 개수는  $2^{10} = 1024$ 개입니다.
- ✓ 이제 집합 두 개를 합쳐 크기가  $K$ 인 집합의 개수를 세면 됩니다.


## 1F. K-문자열

- ✓ 그럼 크기가  $K$ 인 집합의 개수는 어떻게 셀까요?
- ✓ 만들어질 수 있는 1024개의 집합 중  $A \cup B$ 의 원소의 개수가  $K$ 개인 두 집합  $A, B$ 를 순서를 고려하지 않고 뽑습니다.
- ✓  $A = B$ 일 때는 정답에  $\frac{\text{cnt}(A) \times (\text{cnt}(A) - 1)}{2}$ 를 더합니다.
- ✓  $A \neq B$ 일 때는 정답에  $\text{cnt}(A) \times \text{cnt}(B)$ 를 더합니다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N + 1024^2 \times 10)$ 입니다.
- ✓ 비트집합을 사용하면  $\mathcal{O}(N + 1024^2)$ 으로 줄일 수 있지만, 사용하지 않아도 됩니다.

# 1G. 시간낭비

dp, graphs, topological\_sorting

출제진 의도 - **Hard**

 제출 1 회, 정답 1 명 (정답률 1 %)



 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 이동훈 aru0504

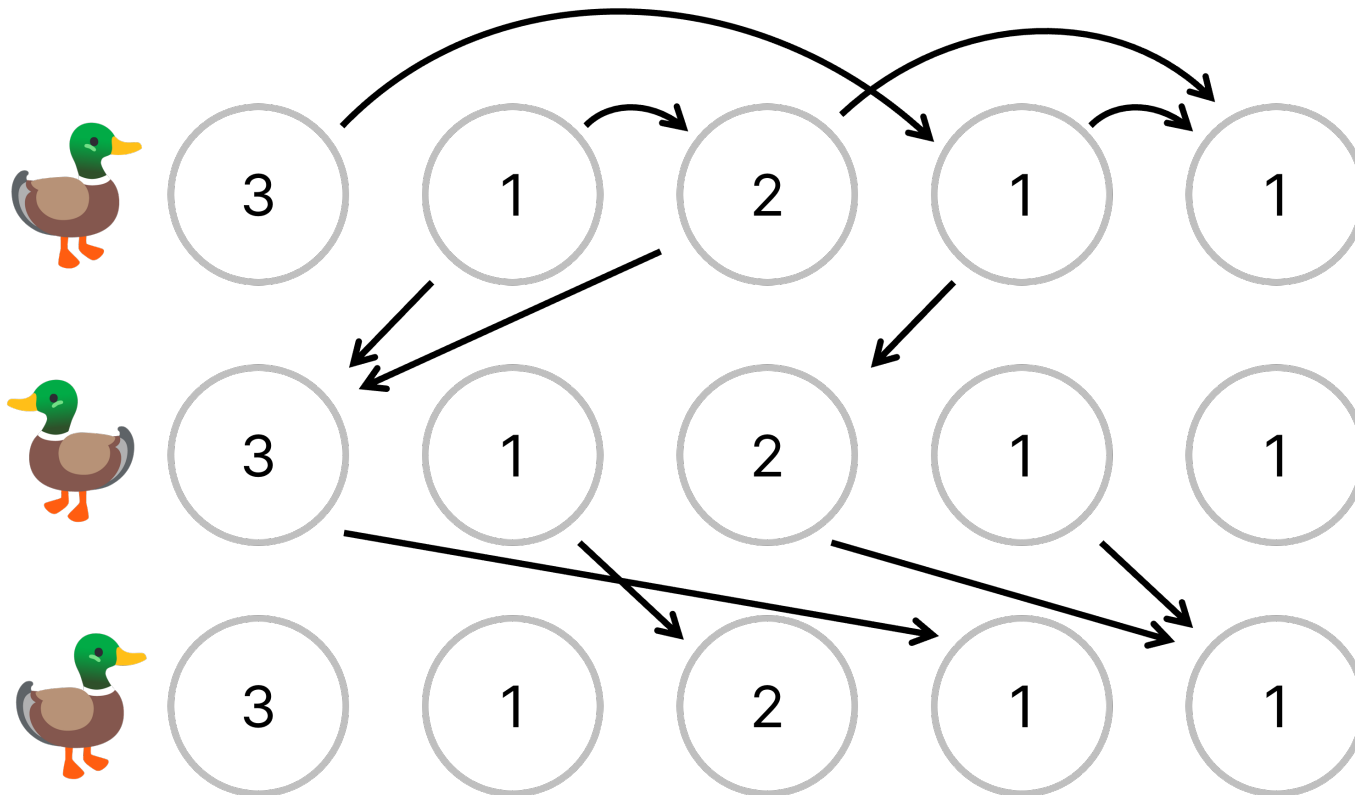
## 1G. 시간낭비

- ✓ 주어진 등궤길을 그래프로 모델링해 봅시다.
- ✓ 각 칸에 쓰인 수만큼 양쪽 방향으로 떨어진 칸으로 향하는 간선을 만들 수 있습니다.
- ✓ 최대 두 번 방향을 반전할 수 있으므로, 같은 칸이라도 0번 반전했을 때와 2번 반전했을 때는 다르게 생각해야 합니다.



## 1G. 시간낭비

✓ 아래와 같은 그래프 모형을 생각할 수 있습니다.




## 1G. 시간낭비

- ✓ 문제의 정답은 1번 정점에서 학교에 해당하는 정점들까지의 최장거리와 같습니다.
- ✓ 구축한 그래프는 사이클 없는 방향 그래프입니다.
- ✓ 1번 정점에서 위상정렬을 시행한 뒤, 정렬한 순서대로 정답을 갱신해나가면 됩니다.
- ✓ 학교에 처음 도착한 시간을 늦추는 것에 유의합니다. 학교에서 되돌아가는 간선은 존재할 수 없습니다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N)$ 입니다.


# 1H. 우정은 BFS처럼, 사랑은 DFS처럼

constructive, greedy, graph\_traversal

출제진 의도 - Challenging

 제출 1 회, 정답 1 명 (정답률 1 %)



 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 이동훈 aru0504, 윤찬규 dldyou

## 1H. 우정은 BFS처럼, 사랑은 DFS처럼

# 2J/1I. 양손 정렬

permutation\_cycle\_decomposition

출제진 의도 - Challenging

 제출 5회, 정답 2명 (정답률 40%)

 이동훈, 5분

 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 이동훈 aru0504, 윤찬규 dldyou, 김명기 riroan


## 2J/1I. 양손 정렬

- ✓ 팰린드롬 애너그램에서 보였듯,  $N$ 이 짝수인 경우 항상 가능합니다.
- ✓ 홀수인 경우에는 한가운데의 원소가 자신의 자리에 있을 때에만 가능합니다.
- ✓ 어떻게 최소한의 연산으로 원하는 배열을 만들 수 있을까요?

# 1J. 등불 날리기

segment\_tree, sliding\_window

출제진 의도 - Challenging

 제출 1 회, 정답 1 명 (정답률 1 %)



 제출 30회, 정답 12명 (정답률 40%)

 김명기, 20분

 윤찬규 dldyou

## 1J. 등불 날리기

- ✓ 하나의 등불이 다른 등불을 앞지르는 횟수가 곧 소원을 비는 횟수입니다.
- ✓ 상대적으로 오른쪽의 등불이 상승하는 정도가 더 크면, 왼쪽의 등불을 앞지르는 순간이 존재합니다.
- ✓  $i \leq j$  에서  $A_i < A_j$ 인 쌍의 개수를 길이가  $S$ 인 구간에서 세어줘야 합니다.



## 1J. 등불 날리기

- ✓ 간단하게 생각하면 구간 내 원소에 대해서 모든 쌍을 찾는 방법을 떠올릴 수 있습니다.
- ✓ 구간 하나에  $\mathcal{O}(N^2)$ 이므로, 모든 구간에서 계산한다면  $\mathcal{O}(N^3)$ 으로 시간초과입니다.
- ✓ 앞지르는 쌍의 개수를 더 빠르게 구할 수 있을까요?

## 1J. 등불 날리기

- ✓ Merge Sort를 응용하면 문제를 조금 더 효율적으로 풀 수 있습니다.
- ✓ 두 배열을 합치는 과정에서, 양쪽 배열은 정렬된 상태입니다.
- ✓ 왼쪽 절반 배열의 원소가 더 작다면, 해당 원소보다 뒤에 존재하는 원소 모두가 오른쪽에서 고른 원소보다 작습니다.
- ✓ 하나의 구간에서 모든 쌍의 개수를  $\mathcal{O}(N \log N)$ 에 구할 수 있습니다.
- ✓ 여전히 모든 구간을 확인하는 데  $\mathcal{O}(N^2 \log N)$ 으로, 더 빠른 방법이 필요합니다.

## 1J. 등불 날리기

- ✓ 문제의 특성을 파악해서 빠르게 풀어 봅시다.
- ✓  $k$ 번 등불부터  $S$ 개 고른 구간을  $T_k$ 라고 합시다.
- ✓  $T_k$  구간과  $T_{k+1}$  구간의 공통된 구간은  $[k + 1, k + S - 1]$ 입니다.
- ✓ 공통된 구간에서 발생하는 앞지르는 쌍의 개수는  $k$ 번째 등불과  $k + S$ 번째 등불에 영향받지 않습니다.
- ✓ 해당 구간의 연산을 하지 않으면 효율적으로 풀 수 있습니다.

## 1J. 등불 날리기

- ✓  $T_k$  구간에서 다음 구간으로 넘어갈 때 아래의 값들을 빼고 더해줘야 합니다.
  - \*  $k$  번째 등불을 제거했을 때 감소하는 앞지르는 쌍의 개수
  - \*  $k + S$  번째 등불을 추가할 때 증가하는 앞지르는 쌍의 개수
- ✓ 세그먼트 트리를 활용하면 앞지르는 쌍의 개수를 빠르게 구할 수 있습니다.
  - \*  $k$  번째 등불을 제거할 때,  $A_k$ 보다 상승하는 정도가 큰 등불의 개수
  - \*  $k + S$  번째 등불을 추가할 때,  $A_{k+S}$ 보다 상승하는 정도가 작은 등불의 개수

## 1J. 등불 날리기

- ✓ 주어진 등불 상승 속도의 범위가 최대  $10^9$ 이므로 좌표압축을 먼저 진행해야 합니다.
- ✓ 시간복잡도는  $\mathcal{O}(N \log N)$ 입니다.