



허겁지겁 산타의 선물배달

팀 : 에어로돌프 | 23-040 김현석, 23-119 최원 23-122 하석영

개요

우리들의 어린 시절을 책임져 주었던 산타는 항상 바쁘다. 이번 해에도 그는 어김없이 전세계 아이들에게 선물을 배달해야만 한다. 그러나, 나이가 들어 이 모든 일에 열증을 느끼고 지치게 된 산타는, 이전과 같은 열정을 갖고 있지 않다! 엄청나게 빠른 속력으로 전세계를 누벼 배달을 완료했던 젊은 시절과 달리, 이제 그들은 영리하게 일하기로 다짐했다. 더 이상 무차별적인 배달이 아닌, 최적의 경로를 통한 배달을 하고자 다짐한 것이다. 그래서 우리는 산타를 위한 최적의 배달 경로와, 루돌프의 허리 건강을 위한 최적의 비행 자세를 찾아주기로 하였다.

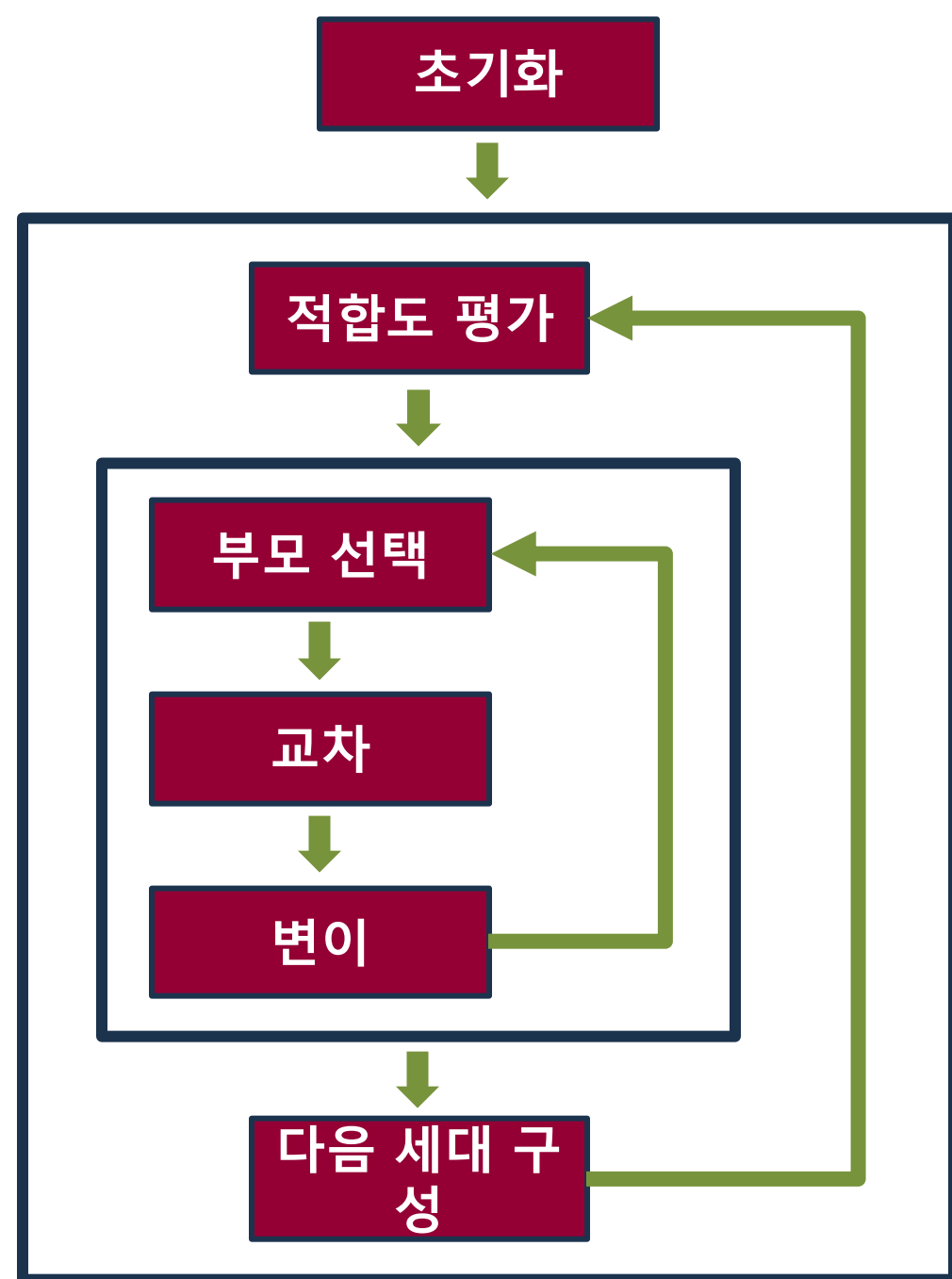
한편, 산타가 전세계 모든 집들을 방문하도록 설정하는 것은 무리가 있으므로, 전 세계 각국의 수도를 포함한 주요 도시 239개를 선정, 이것들을 모두 방문하는 것을 전제

유전 알고리즘

산타 선물 배달의 최적 경로를 구하는 알고리즘으로 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)을 채택하였다. 이 문제는 Traveling Salesman Problem와 매우 유사하다. 그러나 우리는 추가로 산타가 각 도시에 도착했을 때 해당 도시의 표준시 기준으로 12월 25일 00시-05시 사이이기를 바란다. 따라서 유전 알고리즘을 이용하되, 도착 시간에 따라 적합도를 추가로 부여하는 변형을 주었다.

1. 유전 알고리즘이란?

: 생물의 진화 과정인 자연 선택과 유전 법칙을 모방하여 적합한 해를 찾아내는 최적화



2. 어떻게 적용하였는가?

선택 과정에서, 토너먼트 방식을 사용하였다. 토너먼트 방식은 부모를 결정하기 위해 세대 내에서 정해진 수만큼의 해를 무작위로 고르고 그것들 중 가장 적합한 해를 선정한다. 이를 통해 장기적으로 국소해로 수렴할 가능성을 줄였다.

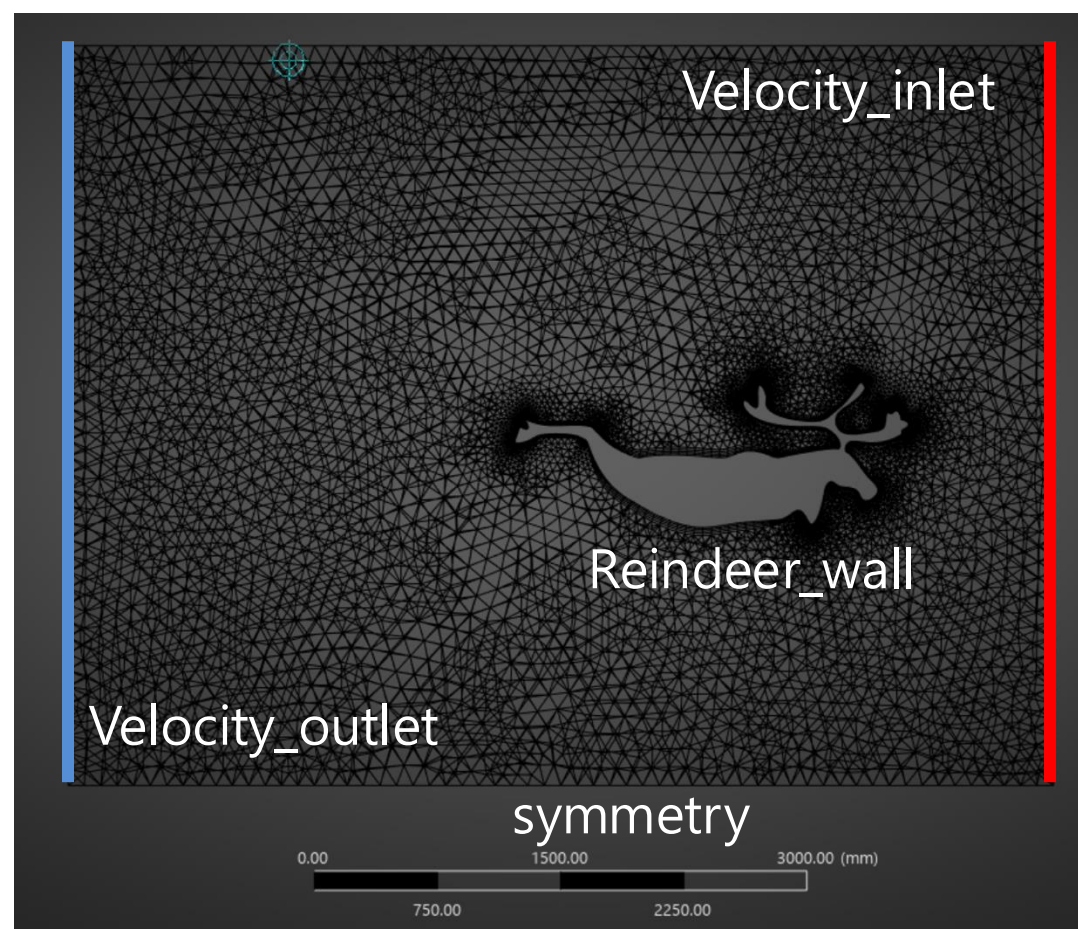
교차 과정에서, 부모 해 2개 중 하나를 A, 다른 하나를 B로 선정한다. 무작위 인덱스 i , $j(i < j)$ 를 선택하여 자식의 $i \sim j$ 구간에 A의 값을 복사한다. 나머지 빈 위치는 B에 등장하는 순서대로 채워 넣는다.

3. 적합도 함수

적합도 함수 1
: 239개 도시를 전부 방문하는데 걸리는 시간(초)에 반비례하여 적합도를 부여한다.

적합도 함수 2
: 각 도시에 도착했을 때의 시각을 기반으로 적합도를 부여한다. 12월 25일 00-05시에 도착하면 적합도를 부여하고, 아니면 음수값을 부여하는 식이다.

CFD 시뮬레이션



ANSYS Fluent CFD 를 사용하여 여러 자세의 상대적 공기저항을 예측했다. 3D 모델 및 메쉬의 단순화를 위해 6m*8m*0.2m 직육면체 영역에서 0.2m 두께의 루돌프 슬라이스에 작용하는 공기 저항을 계산했다.

루돌프 몸체 곡면에서의 정확한 해석을 위해 Reindeer_wall 영역의 셀 크기 상한을 50mm 로 설정하고, growth rate 1.1의 inflation layer를 4겹 생성했다.

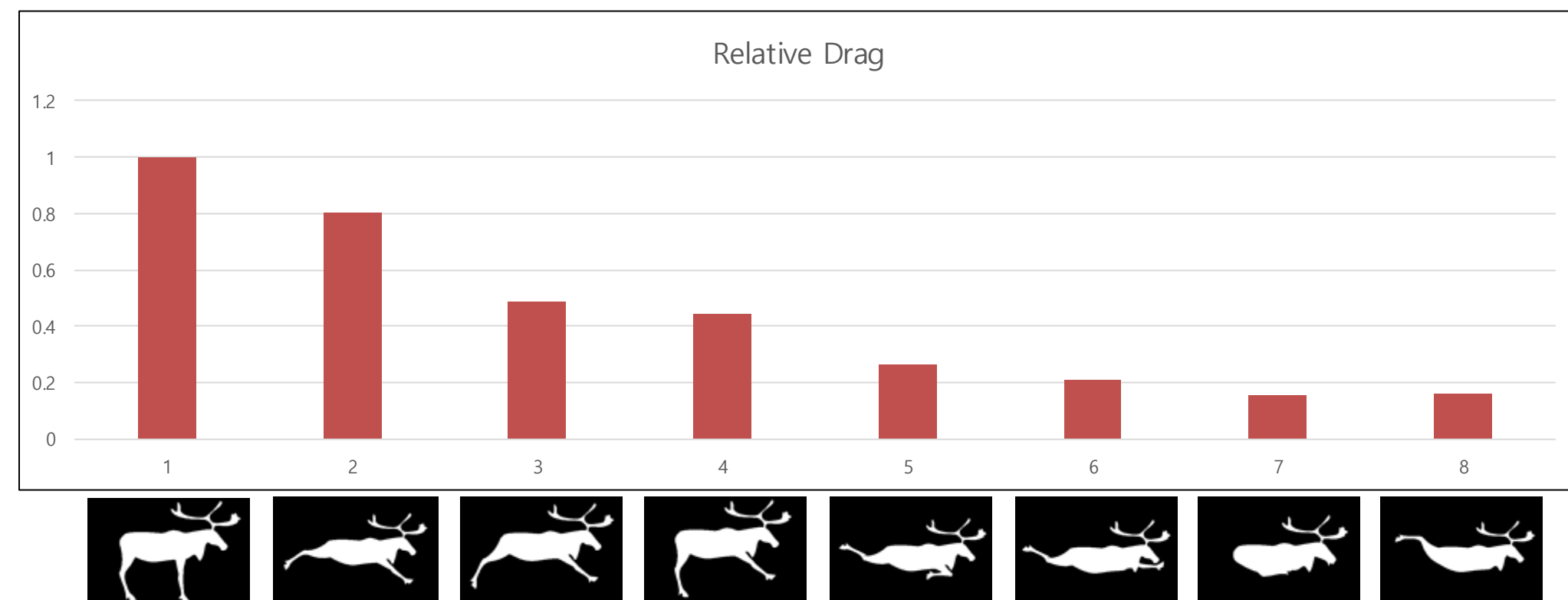
20km 고도에서 마하 2로 순항하는 조건을 가정하여 다음의 경계 조건을 설정했다.

Inlet Velocity (m/s)	Gauge Pressure (Pa)	Temperature (K)
590	5495	217

No	Drag (N)	scaled
1	279973.8	1
2	224073.9	0.800339
3	136287.5	0.486787
4	123321.9	0.440477
5	73547.67	0.262695
6	58261.47	0.208096
7	42166.39	0.150608
8	43727.72	0.156185

루돌프가 가만히 서 있는 기본 자세를 포함하여 총 8가지 자세를 시뮬레이션 했다. 각 자세에서 Reindeer_wall 영역에 작용하는 공기저항을 측정하였다. 왼쪽의 표는 실제 측정값을, 아래 그래프는 기본 자세 측정값과 비교한 상대 값을 나타낸다.

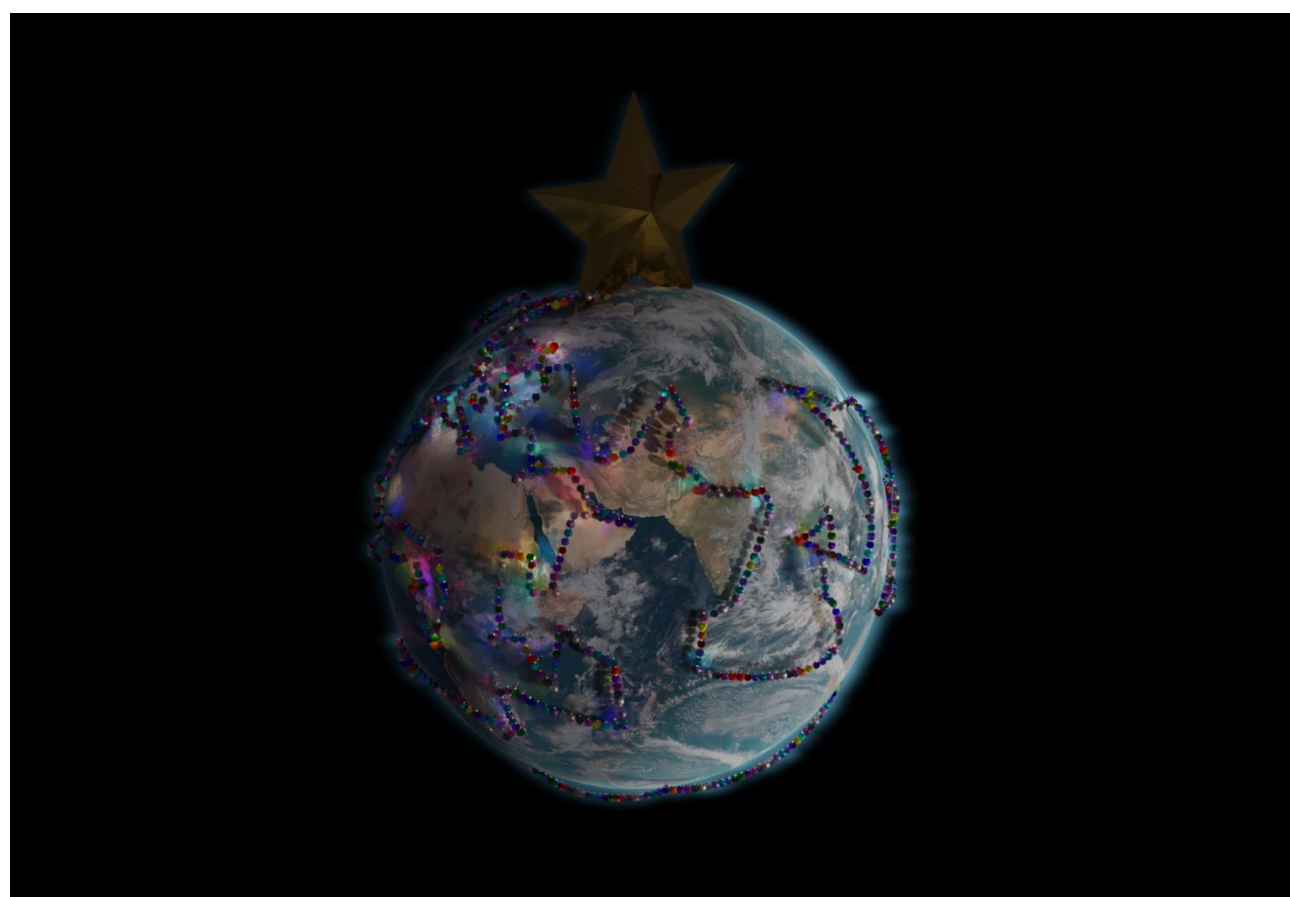
상대 저항값이 약 0.15인 두 가지 자세를 찾았다.



왼쪽 이미지는 두 가지 최적 자세의 렌더링이다. 이해를 돕기 위해 직접 자세를 시연해보았다.

렌더링

결과물은 실제 물리 법칙을 기반으로 렌더링하는 3D 모델링 및 렌더링 프로그램 Blender를 사용하였다. 루돌프가 지나간 곳 뒤에 크리스마스 장식으로 지구를 꾸몄다.



아래 링크에서 렌더링된 풀 영상을 볼 수 있다.

