

# Mapping-Octomap

Apr. 14, 2019

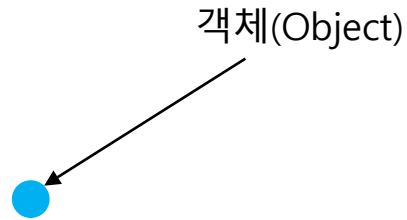
Jiwon.Sa

# Introduction

- Octomap의 정의
  - Octree를 활용한 효율적인 **확률적 3차원 공간 매핑** 알고리즘, 자료구조
- 궁금한 것?
  - Octree
  - 확률적
  - 3차원 공간 매핑(Mapping)
- Octree가 무엇이고, 3차원 공간에 매핑하는 것이 어떤 의미인지 천천히 알아보도록 하겠습니다.
- 본 PPT는 다음과 같은 구성으로 되어있습니다.
  - 3차원 공간의 데이터 표현 방식 -> Voxel
  - 확률적 데이터 표현 방식 -> Occupancy Grid Map
  - 효율적인 3차원 공간의 데이터 표현 방식 -> Octree

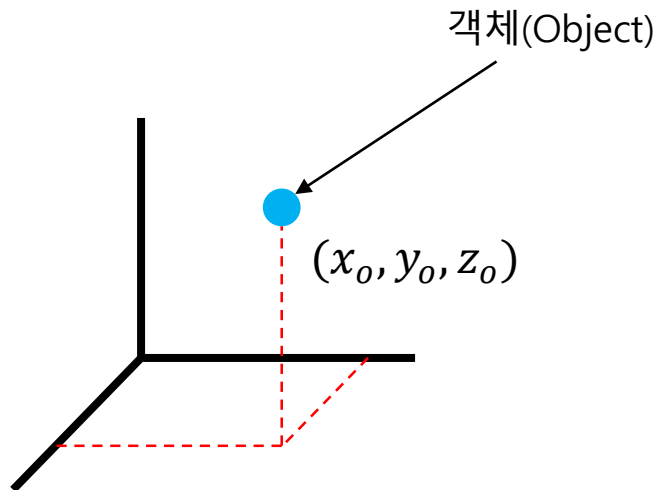


# 3차원 공간의 데이터 표현 방식 - Intro



(하늘색)객체를 표현하고  
싫어하는 사람이 있습니다.

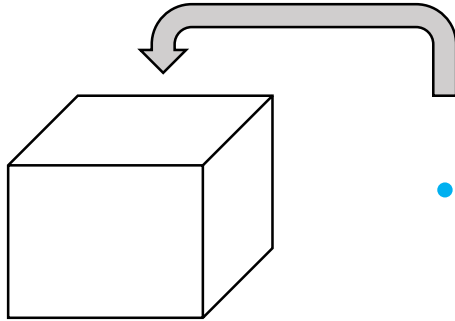
- 어떤 객체의 정보를 나타내기 위해서는 객체의 존재 여부와 객체가 어디에 존재하는지를 알아야 합니다.
  - 기준 좌표계(or 공간)에 대한 정의가 필요한 이유



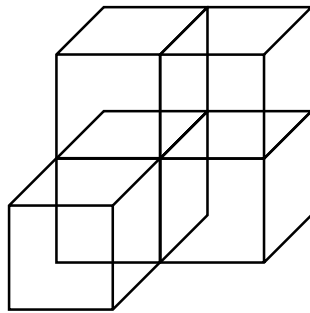
$(x_o, y_o, z_o)$ 에  
하늘색 객체가 존재한다!

# 3차원 공간의 데이터 표현 방식

- 그렇다면 3차원 공간에는 몇 개의 Point가 존재할까?



- 정답은 '**무수히 많다**' 입니다.  
그렇기 때문에 일정한 부피를 갖는 기준 공간이 필요합니다. 이를 복셀(Voxel)이라 합니다.

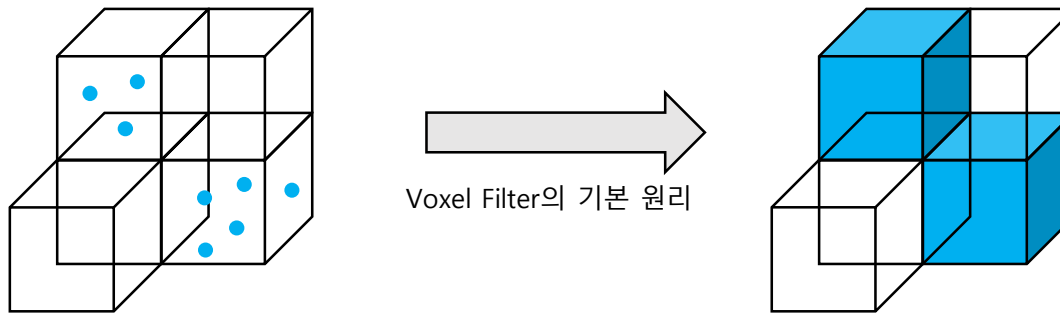


어떤 3차원 공간을 Voxel을 기준으로 표현할 수 있다.

2D 공간의 한 점을 정의한 그래픽 정보 -> 픽셀(Pixel)  
3D 공간의 한 점을 정의한 그래픽 정보 -> 복셀(Voxel)

# 3차원 공간의 데이터 표현 방식

- 이러한 Voxel을 활용하면 데이터의 공간을 절약할 수 있습니다.



8개의 데이터 공간을 2개의 데이터 공간으로 절약!

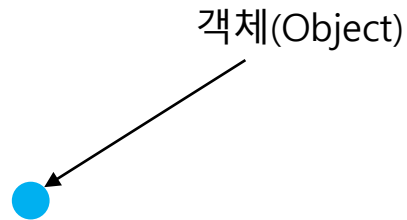
- Octomap의 정의를 다시 살펴보면...
  - Octree를 활용한 효율적인 **확률적 3차원 공간 매핑** 알고리즘, 자료구조
- 즉, Octomap은 이러한 Voxel의 개념을 이용하여 3차원 공간에 데이터를 표현하는 방법입니다.

눈이 좀 침침한데...



# 확률적 데이터 표현 방식 - Intro

- 사람의 눈(센서)은 100% 정확하지 않습니다.



눈이 좀 침침한데...

눈이 매우 안 좋은 사람이 있습니다.

- 또한, 사람마다 객체(데이터)를 판단하는 기준이 다릅니다.



독수리군!

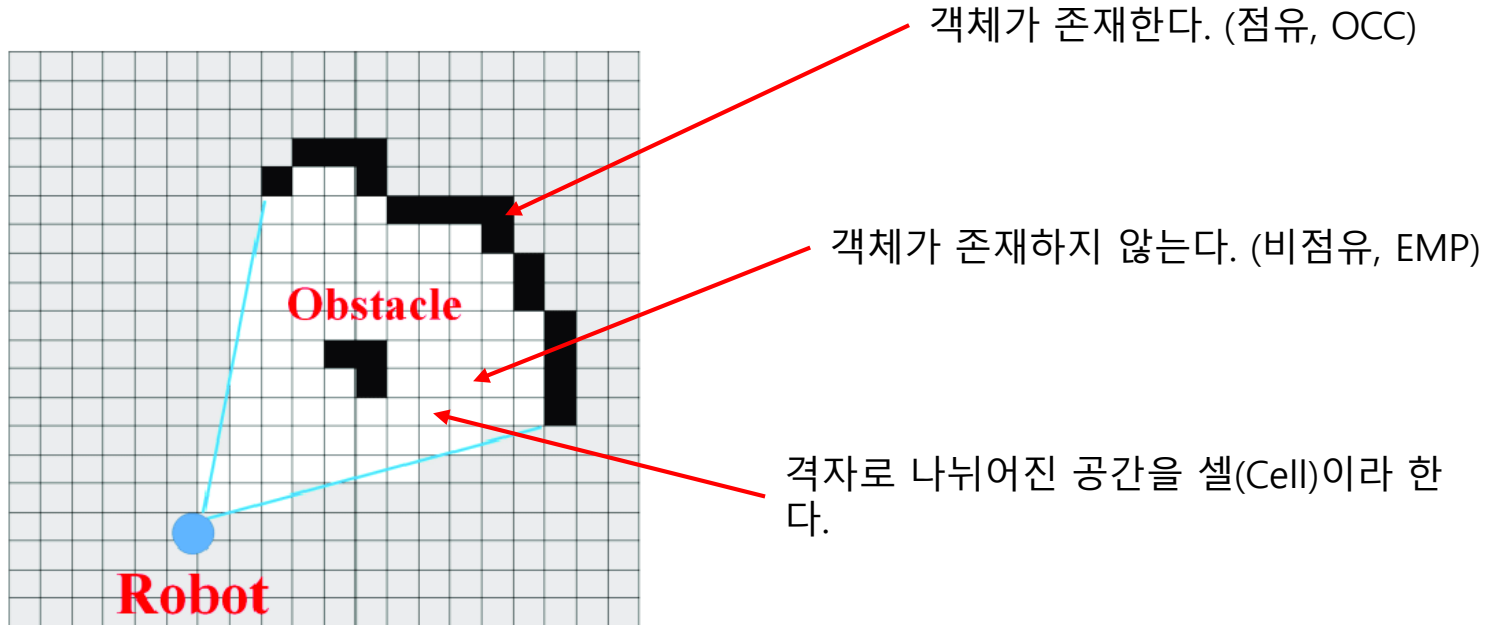


치킨인가?



# 확률적 데이터 표현 방식

- 객체의 정보를 취득하는 센서는, 불확실한 데이터를 취득할 가능성이 있다.
- 이러한 센서의 불확실성을 확률적 모델링하여 객체의 존재 여부를 표현해보자!
  - 객체가 존재한다. (점유, OCC)
  - 객체가 존재하지 않는다. (비점유, EMP)



Occupancy Grid Map 예시

# 확률적 데이터 표현 방식

- 다음과 같은 상황을 상상해보자.
  - 센서로부터 데이터를 지속적으로 획득하는 상황이다.
  - 이전까지 취득한 데이터를 활용하여 객체 정보를 동적으로 모델링 하고 싶다.
- 기초적인 방법
  - 모든 Cell의 확률 값,  $P(x)$ 을 0.5로 정의한다.
  - 객체가 해당 Cell에 존재하면  $P(x)$ 의 값을 증가시킨다. (단순 증가,  $\{ex, P(x) += 0.1\}$ )
  - 반대로, 객체가 해당 Cell에 존재하지 않으면  $P(x)$ 의 값을 감소시킨다. (단순 감소,  $\{ex, P(x) -= 0.1\}$ )
- 문제점
  - $P(x)$ 의 값이, 시간이 지남에 따라,  $[0, 1]$ 의 값을 벗어날 수 있다.
  - $P(x)$ 에 로그(log)를 적용하여 문제를 해결하자!
- 개선한 방법
  - 확률 값  $x$ 가 존재할 때 로짓 변환(Logit Function)을 적용하면 다음과 같다.
  - $y = \text{logit}(x) = \log\left(\frac{x}{1-x}\right)$ , -->  $x = \text{logit}^{-1}(y) = \log\left(\frac{\exp(y)}{\exp(y)+1}\right)$
  - $y$ 가  $-\infty$ 에서  $+\infty$ 로 변하면  $x$ 는 0에서 1로 변한다. ( $y$ 가 0이면  $x$ 는 0.5이다.)

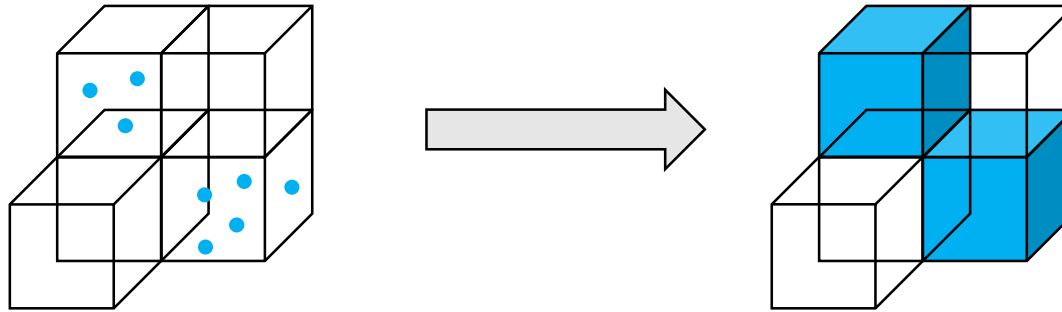


# 확률적 데이터 표현 방식

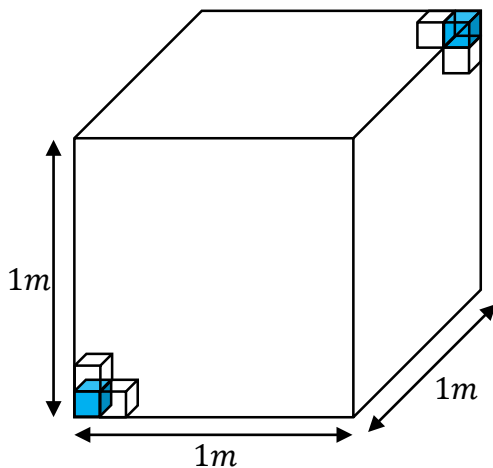
- Occupancy Grid Map을 작성하는 다양한 방법이 있다. (모델링 방법이 다양하다.)
- 자세한 정보는 아래와 같은 블로그를 참고하자.
  - [http://jinyongjeong.github.io/2017/02/21/lec10\\_Grid\\_map/](http://jinyongjeong.github.io/2017/02/21/lec10_Grid_map/)
- Octomap에서 데이터의 존재 여부를 표현하는 방법으로, Occupancy Estimation(Occupancy Grid Map을 작성하는 기준)이 사용된다.

# 효율적인 3차원 공간의 데이터 표현 방식

- 우리는 어떤 객체의 3차원 공간 정보를 작성하는 방법을 알았고, 또한 어떠한 기준을 통해 규격화된 데이터 표현 방법도 알았다.



- 하지만..
- 1m × 1m × 1m 공간에 1cm의 Voxel Cell을 기준으로 두 개의 객체 데이터를 표현하면 어떻게 될까?



해당 공간은...

$$1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m} \rightarrow 1\text{m}^3$$

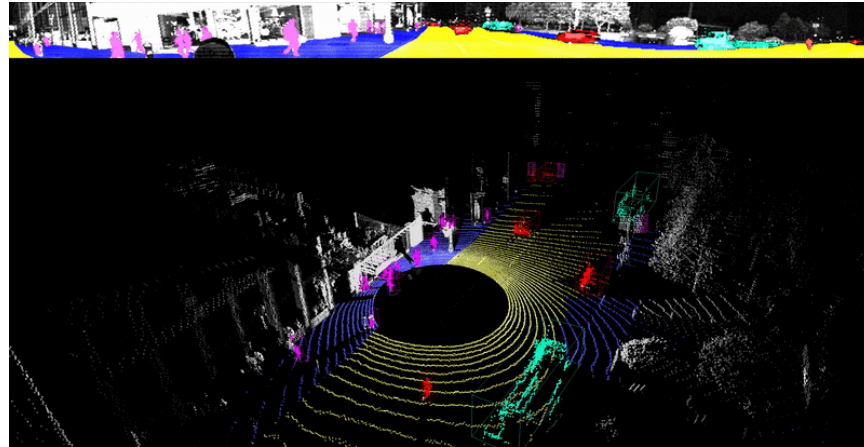
$$1\text{m}^3 \rightarrow 1,000,000\text{cm}^3$$

두 개의 객체를 표현하기 위해 **백만 개의 공간**이 필요하다.

각 Voxel Cell은 1(존재한다), 0(존재하지 않는다)으로 구분한다.

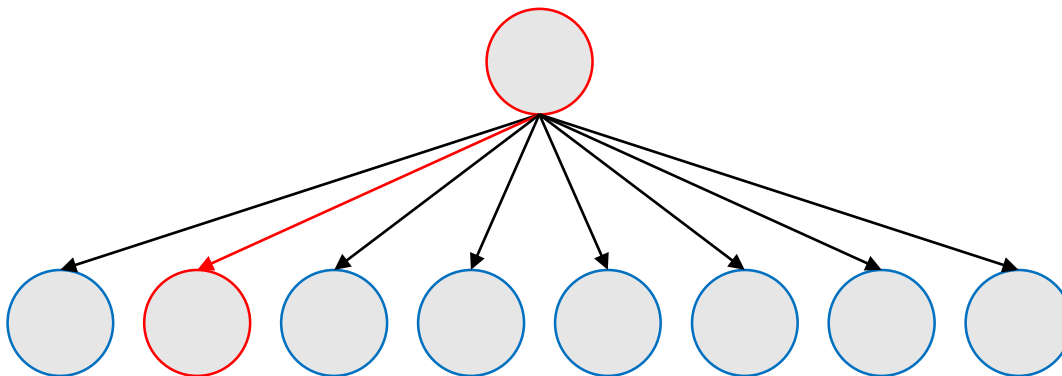
# 효율적인 3차원 공간의 데이터 표현 방식

- 실제 데이터(Point Cloud)를 표현하기 위해서는 매우 많은 공간이 필요하다.



<Point Cloud> 데이터 예시

- Octomap의 핵심인 Octree를 사용한다.

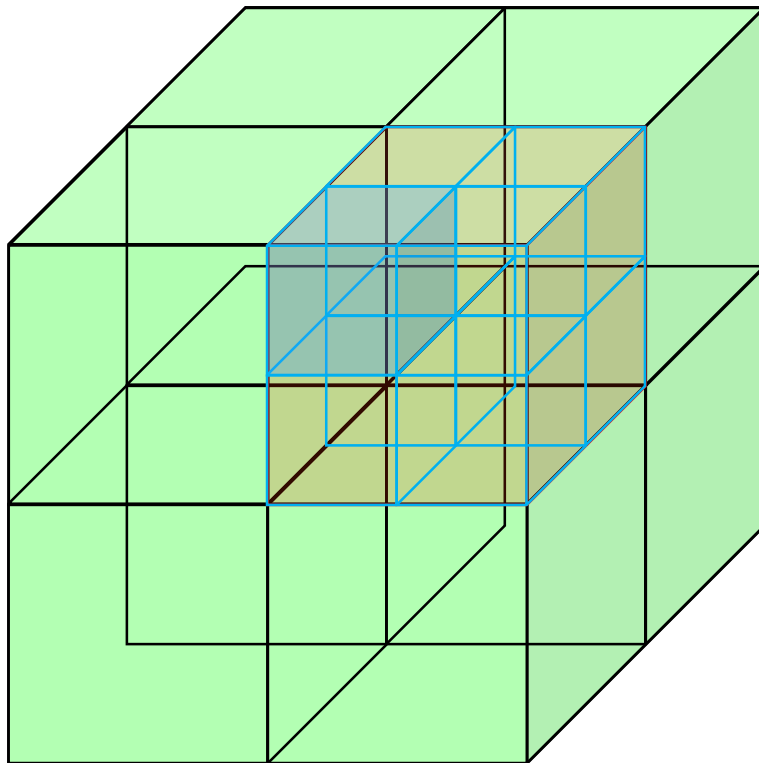


1개의 부모 노드

8개의 자식 노드

# 효율적인 3차원 공간의 데이터 표현 방식

- 그렇다면 Octree는 얼마나 넓은 공간을 표현할 수 있을까?
  - 한 개의 노드가  $1\text{cm}^3$ 의 공간을 표현한다고 가정할 때, 열 개의 Octree는  $8^{10}\text{cm}^3 = 1,073\text{m}^3$ 의 공간을 표현할 수 있다.



Octree의 공간 표현 방식

## Octree 정리 노트

- 부모 노드에 표현하고자 하는 객체가 있을 경우, 부모 노드를 8개의 자식 노드를 생성한다.
- 생성된 자식 노드 중, 객체를 포함하는 노드가 또 다른 자식 노드를 만들어야 한다면  
또 다른 부모 노드로 변경되고, 8개의 자식 노드를 생성한다.
- 더 이상 자식 노드를 생성할 필요가 없을 때 까지 이를 반복한다.

# 정리

- Octomap은 앞서 설명한 세 가지 기능이 모두 포함되어 있다.
  1. 3차원 공간에 존재하는 데이터를 표현하기 위해 Voxel이란 개념이 필요하다.
  2. 효율적인 데이터 표현 방법을 위해 Octree 데이터 구조를 채택한다.
  3. 실제 센서가 취득하는 데이터는 불확실성이 존재하기 때문에 Occupancy Estimation 방법을 사용하여 객체의 존재 여부를 판단한다.
- 보다 자세한 정보는 이곳에...
  - <https://octomap.github.io/>
  - [http://jinyongjeong.github.io/2017/02/21/lec10\\_Grid\\_map/](http://jinyongjeong.github.io/2017/02/21/lec10_Grid_map/)

감사합니다.