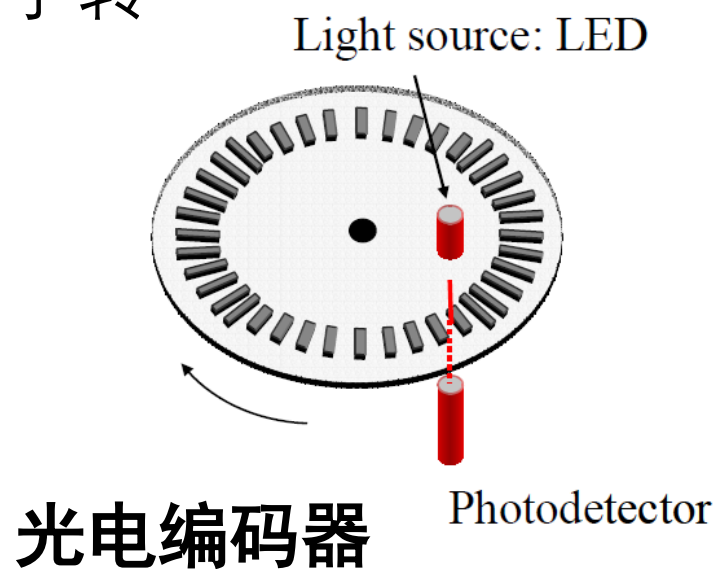


# 基于电机码盘的轮式移动机器人里程估计

- (1) 根据电机码盘获得轮子转速



$$\dot{\phi} = \frac{2\pi n}{\eta}$$

$n$  码盘测量得到的电机转速  
(转/分)

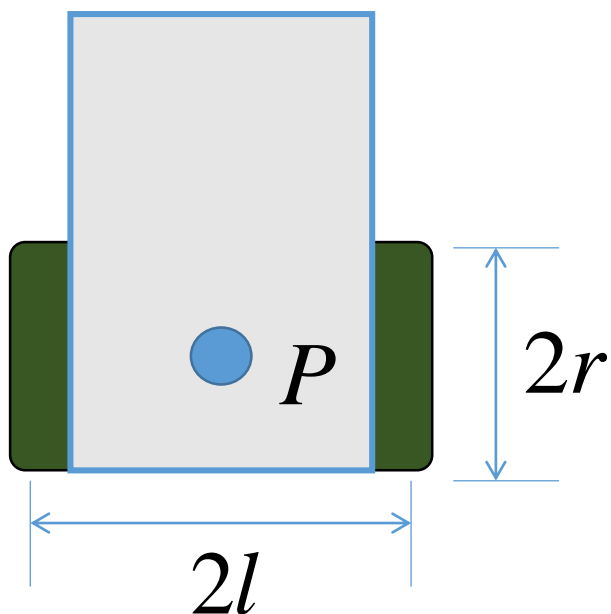
$\eta$  齿轮减速比



磁编码器

# 基于电机码盘的轮式移动机器人里程估计

- (2) 结合运动学模型计算参考点速度
- (3) 假设短时间片内为匀速运动，计算位姿变化



$$v = \frac{r\dot{\phi}_l}{2} + \frac{r\dot{\phi}_r}{2}$$

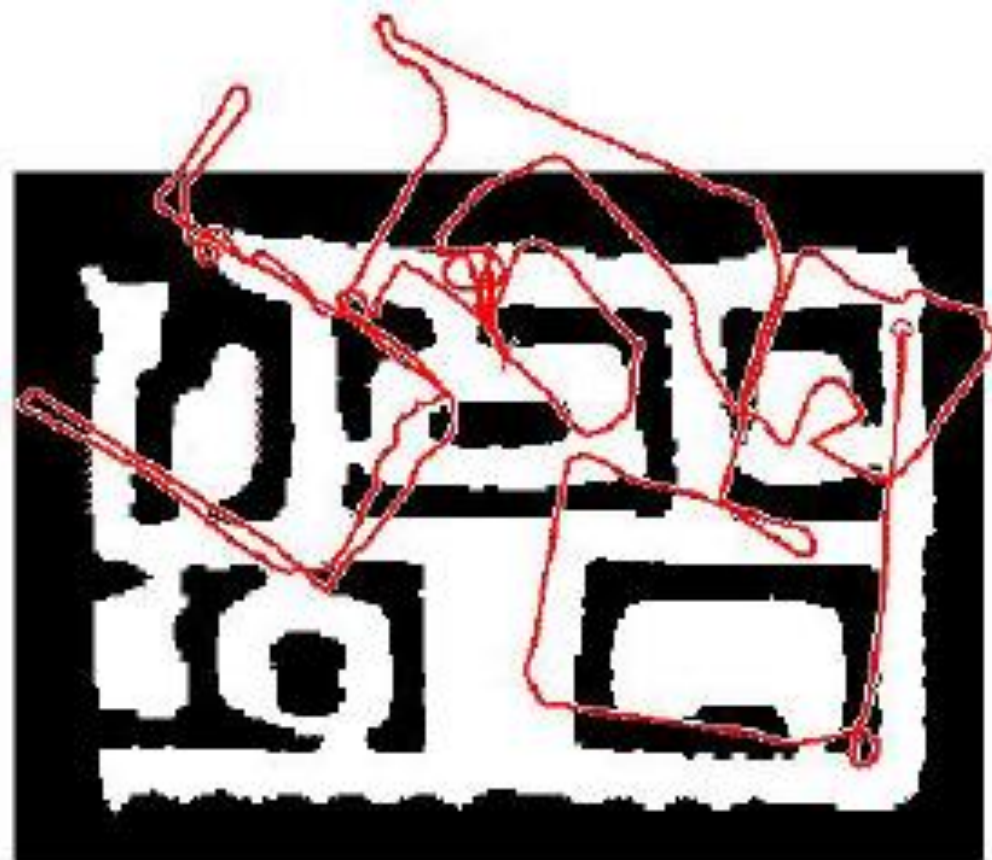
$$w = \frac{r\dot{\phi}_l}{2l} - \frac{r\dot{\phi}_r}{2l}$$

$$\Delta d = v\Delta t, \Delta \theta = w\Delta t$$

# 里程计估计误差导致问题

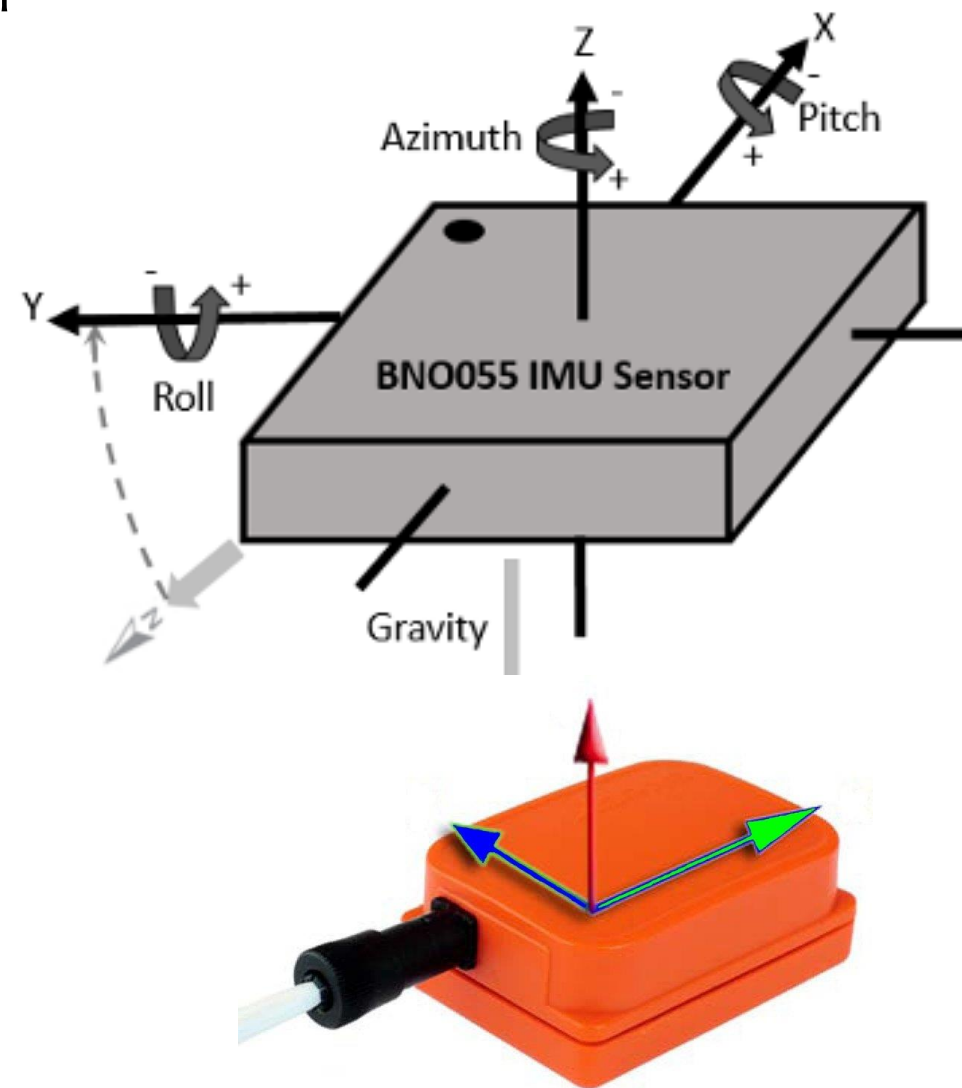
- 在航位推算时，里程计误差被累加，推算随着时间而增长

$$\begin{cases} x_t = x_{t-1} + \Delta d \cos(\theta_{t-1} + \Delta\theta) \\ y_t = y_{t-1} + \Delta d \sin(\theta_{t-1} + \Delta\theta) \\ \theta_t = \theta_{t-1} + \Delta\theta \end{cases}$$



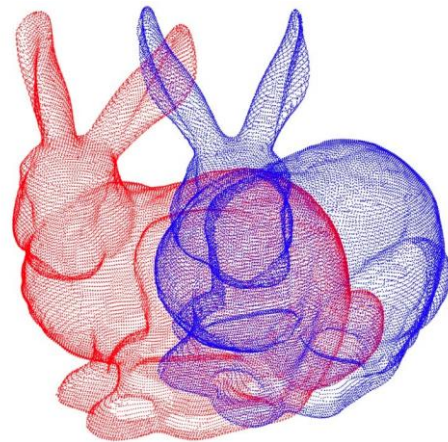
# 基于惯性单元的里程估计

- 惯性单元IMU
  - Inertial Measurement Unit
  - 一般含有三轴的加速度计和三轴的陀螺仪
  - 通常集成一个三轴磁力计用于校正 IMU 的姿态估计
- 通过积分运算可得载体在导航坐标系中的姿态、速度和位置等信息



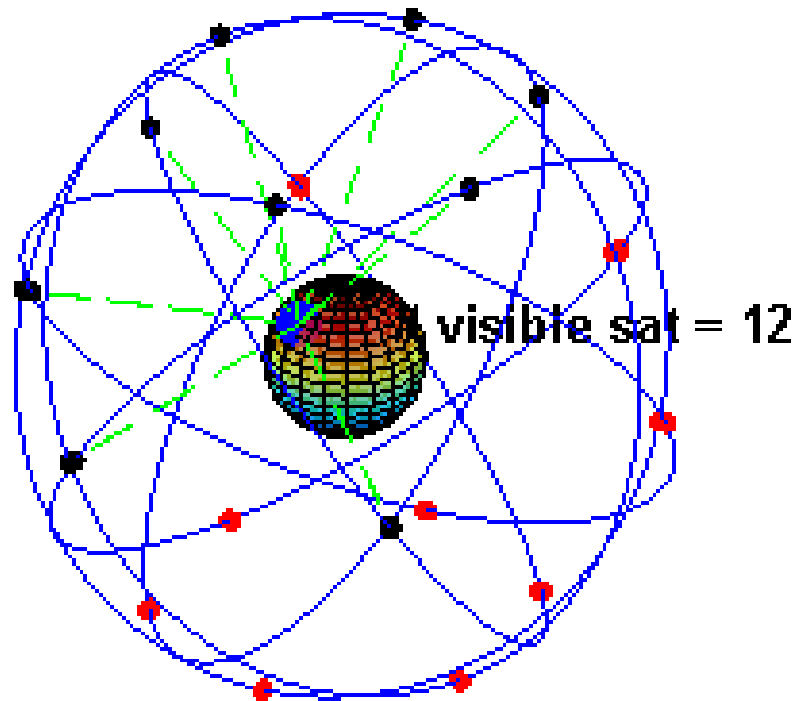
# 激光里程计

- 采用ICP(Iterative Closest Point)算法
  - 估计 $P'$ 集合点与 $P$ 集合点的初始位姿关系
  - 根据最近邻域规则建立 $P'$ 集合点与 $P$ 集合点的关联
  - 利用线性代数/非线性优化的方式估计旋转平移量
  - 对点集合 $P'$ 的点进行旋转平移
  - 如果旋转平移后重新关联的均方差小于阈值，则结束
  - 否则迭代重复上述步骤



# 全球定位系统

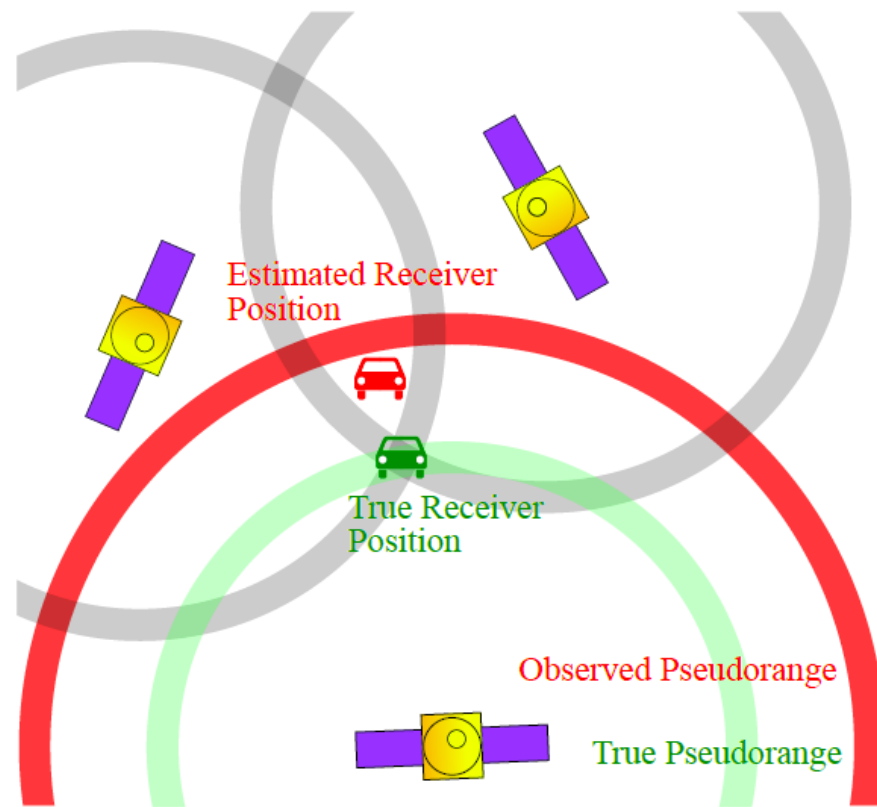
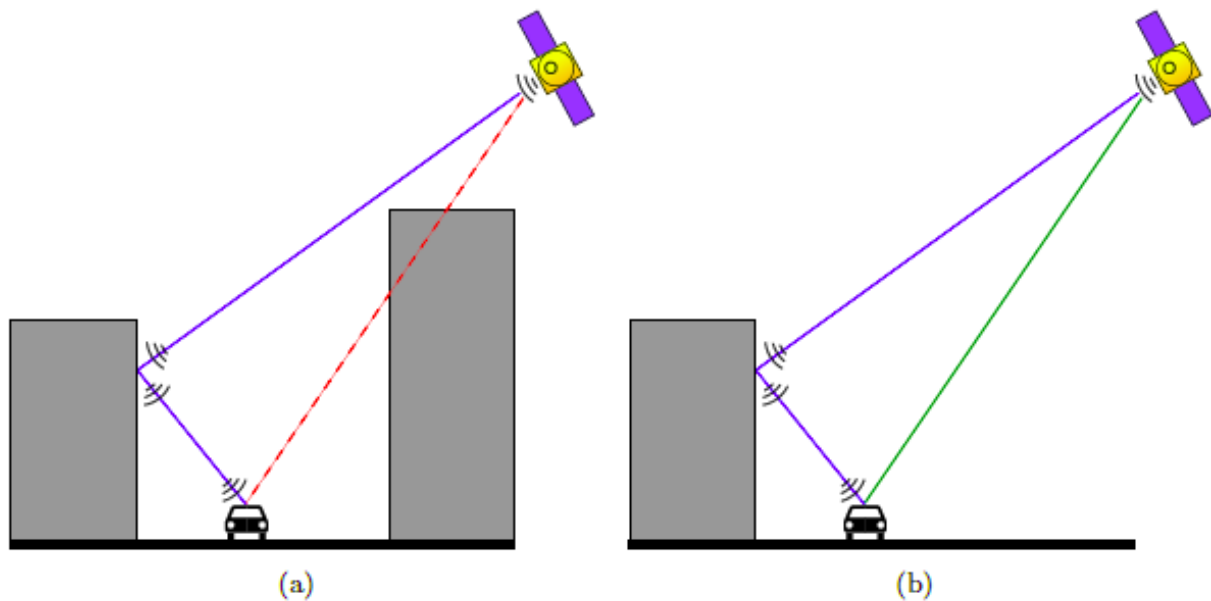
- GPS (Global Positioning System) : 由**空间端**、**控制端**和**用户端**三部分组成, 也称为GNSS (Global Navigation Satellite System)



**空间端**: 24颗卫星位于6个倾角为55度的轨道平面内, 每个轨道平面内4颗卫星, 高度20182千米, 周期12小时

# 全球定位系统存在问题

## 多路径问题





# 全局视觉观测定位





# 基于环境人工标识的定位

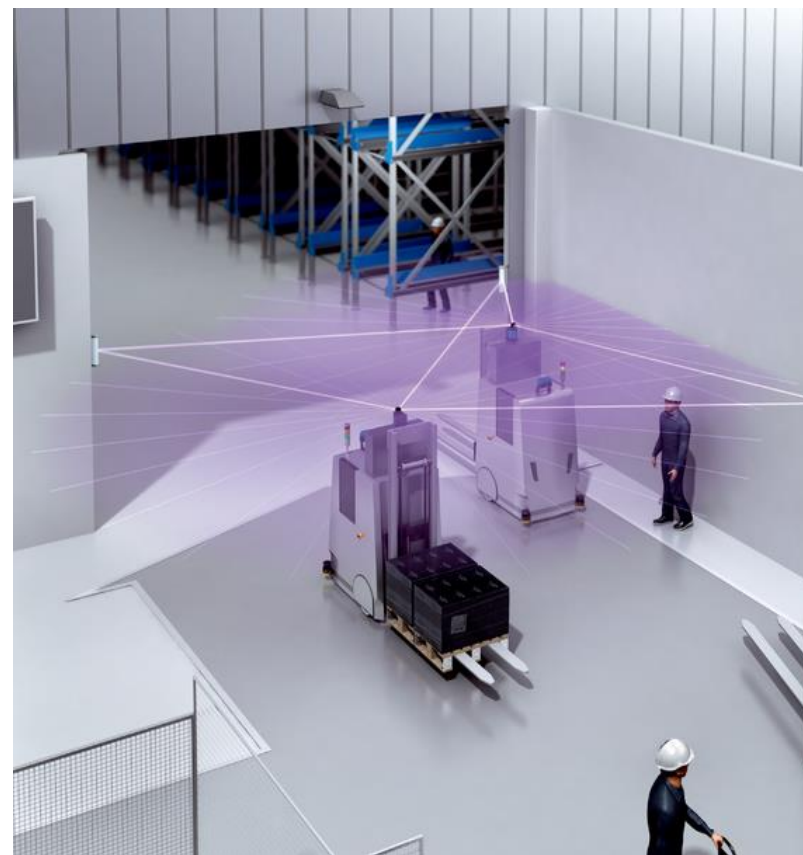
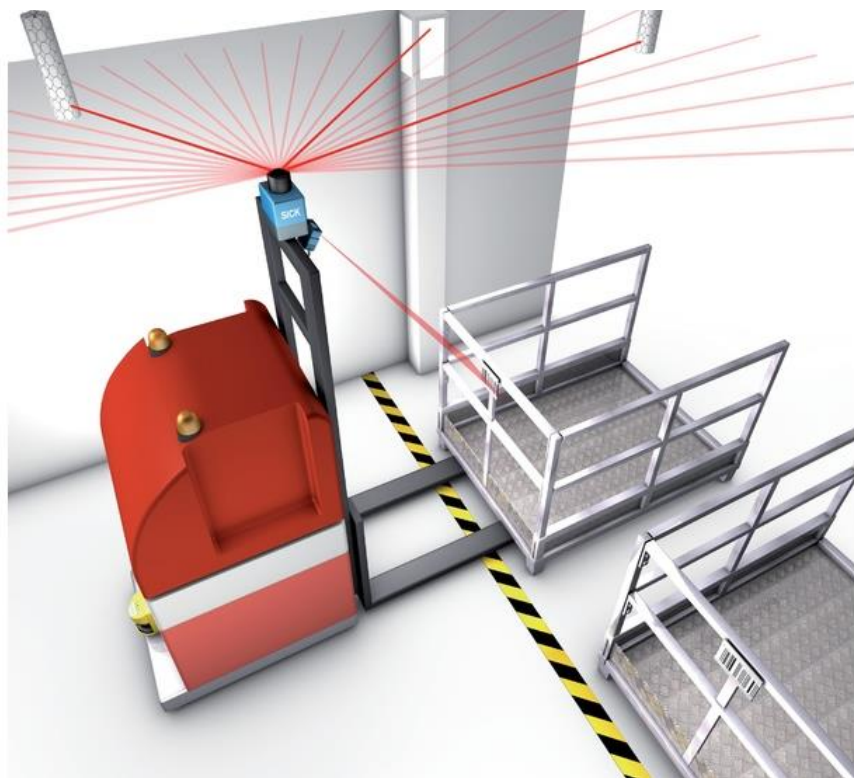
- 在环境中部署特殊标签，降低成本，确保可靠性



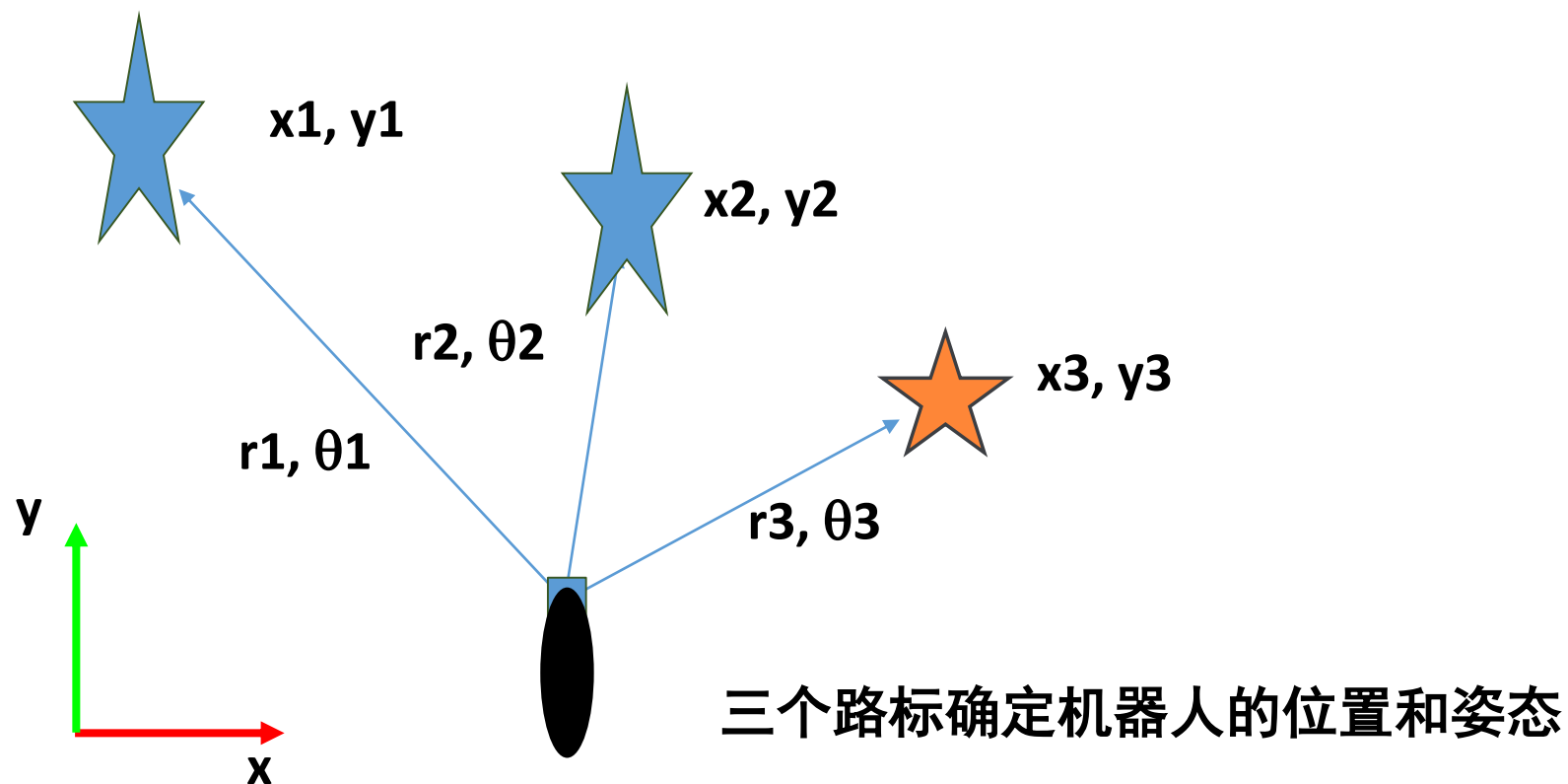
地面二维码

# 基于环境人工标识的定位

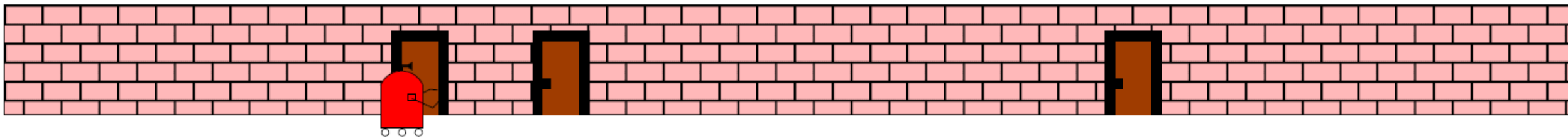
- 在环境中部署特殊标签，降低成本，确保可靠性  
安装在某一高度的激光反射板



# 基于空间标识的定位原理



# Markov Localization



$$p(\mathbf{x}_0) = ?$$

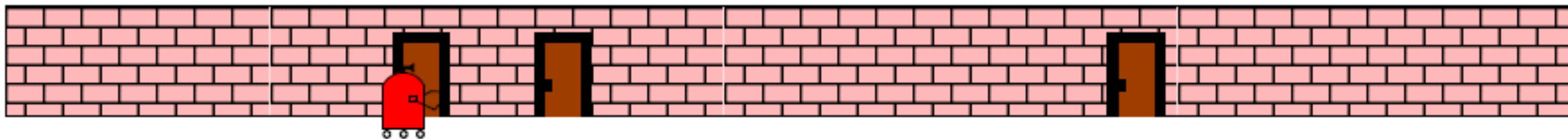
- 如果初始位姿未知→全局定位问题

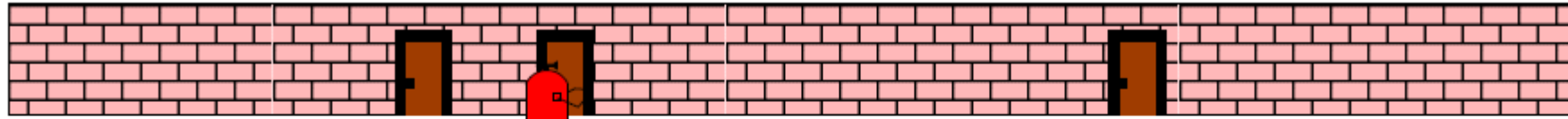
$$p(\mathbf{x}_0) = \frac{1}{|X|}$$

$|X|$  为地图中所有位姿的空间大小

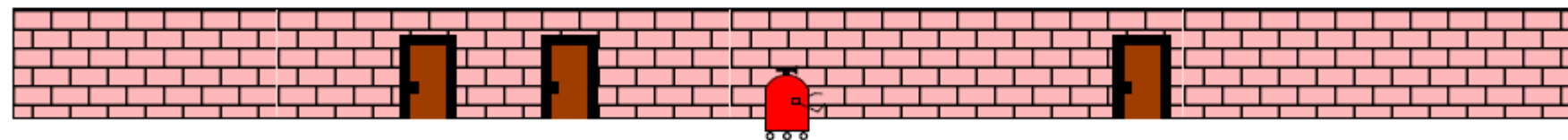
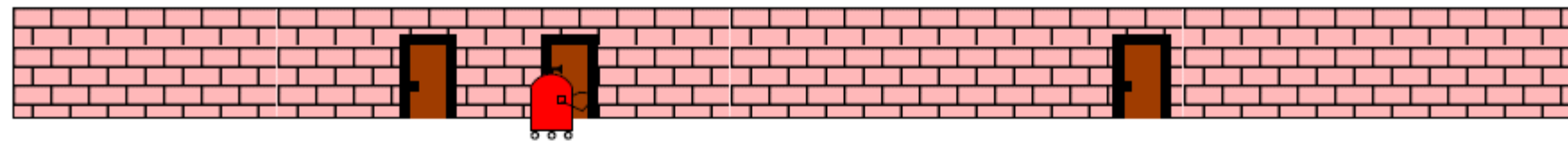


$$p(\mathbf{z}_0 \mid \mathbf{x}_0, \mathbf{m}) = ?$$





$$\bar{p}(\mathbf{x}_1 | \mathbf{Z}^0, \mathbf{U}^0, \mathbf{m}) = \int p(\mathbf{x}_1 | \mathbf{x}_0, \mathbf{u}_0, \mathbf{m}) p(\mathbf{x}_0 | \mathbf{Z}^0, \mathbf{m}) d\mathbf{x}_0$$





# 机器人获取图像的方式

- 视觉传感器：相机



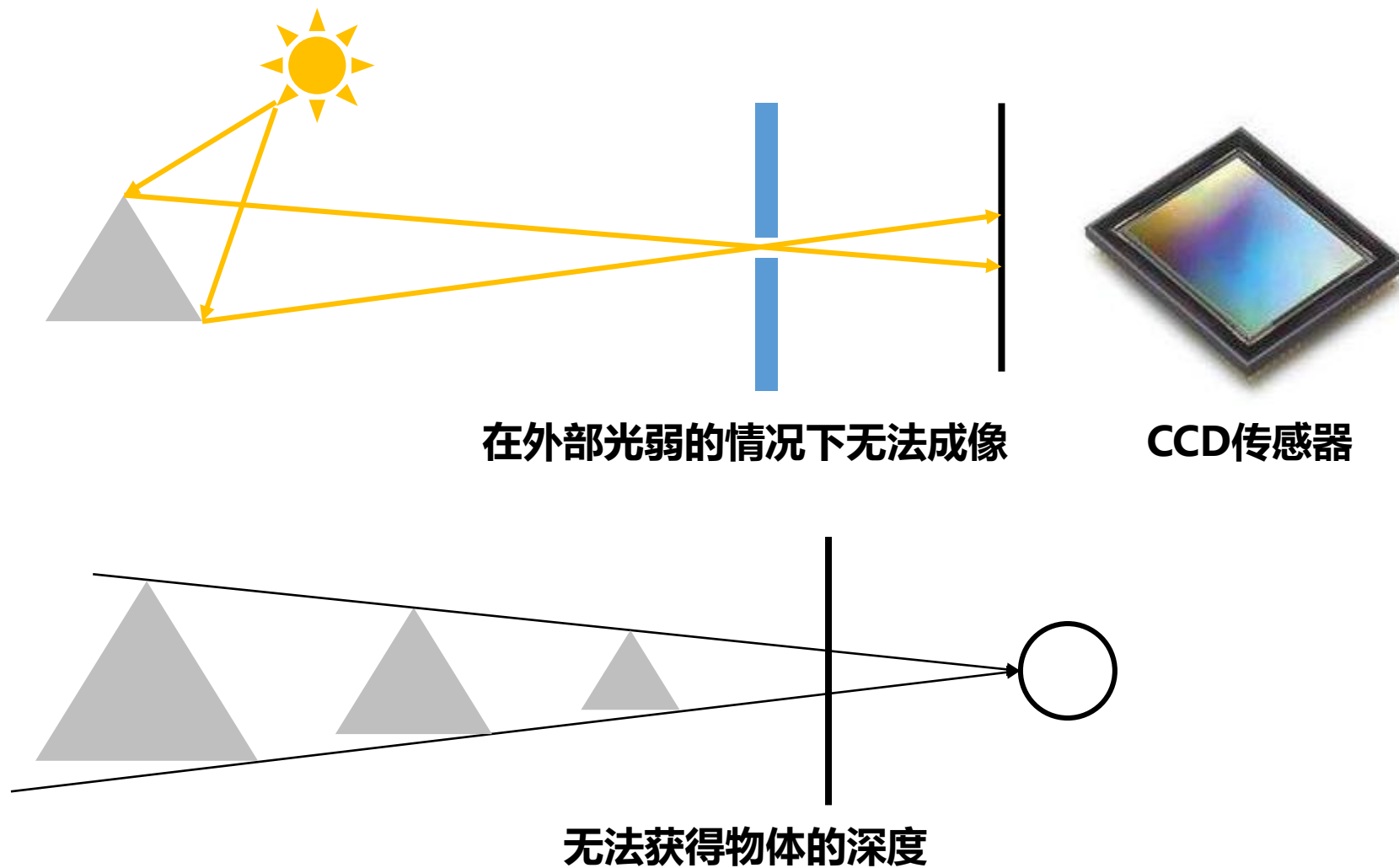
被动视觉传感器



主动视觉传感器

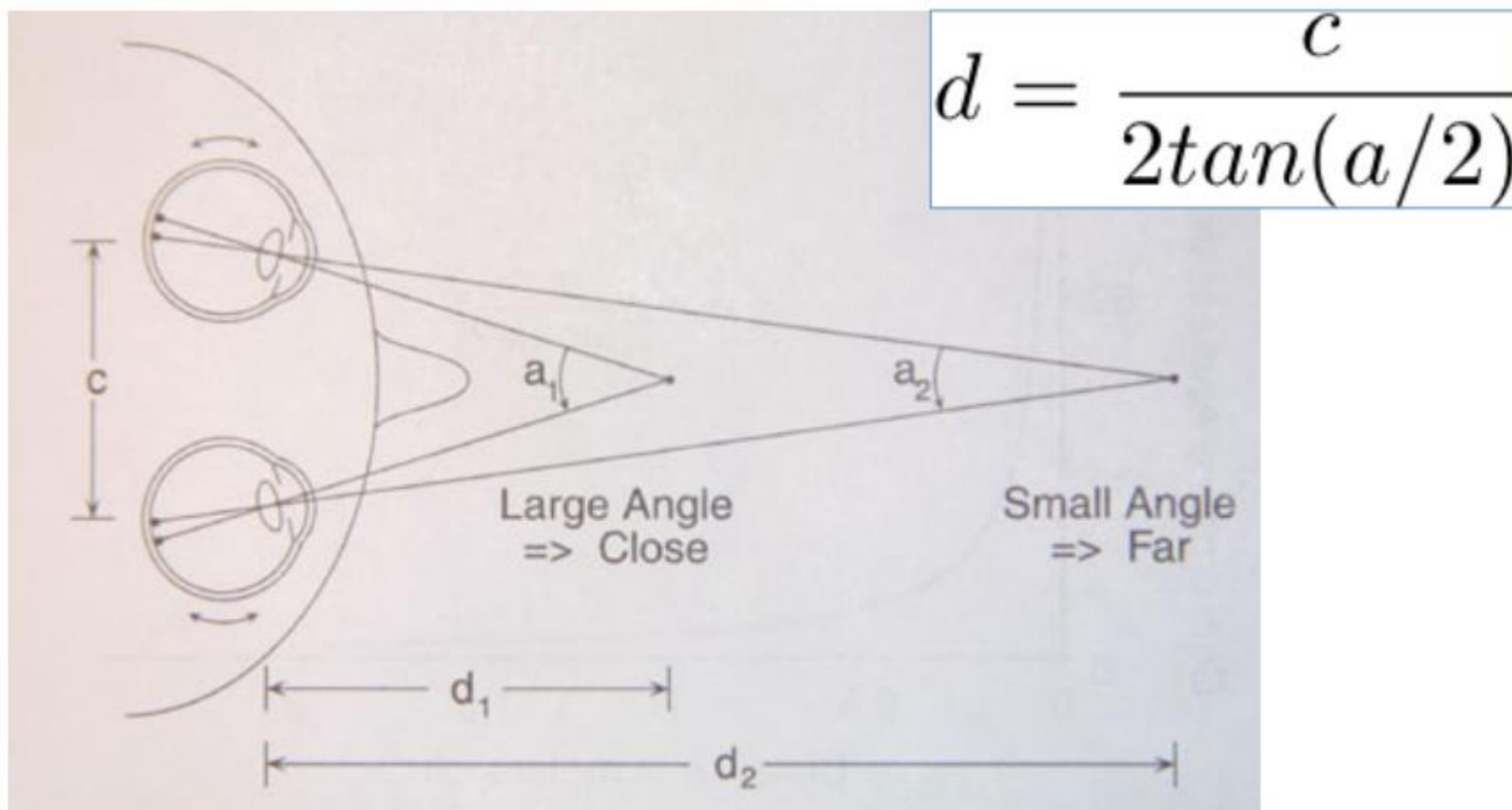
# 机器人获取图像的方式

- 被动相机成像的原理



# 机器人获取图像的方式

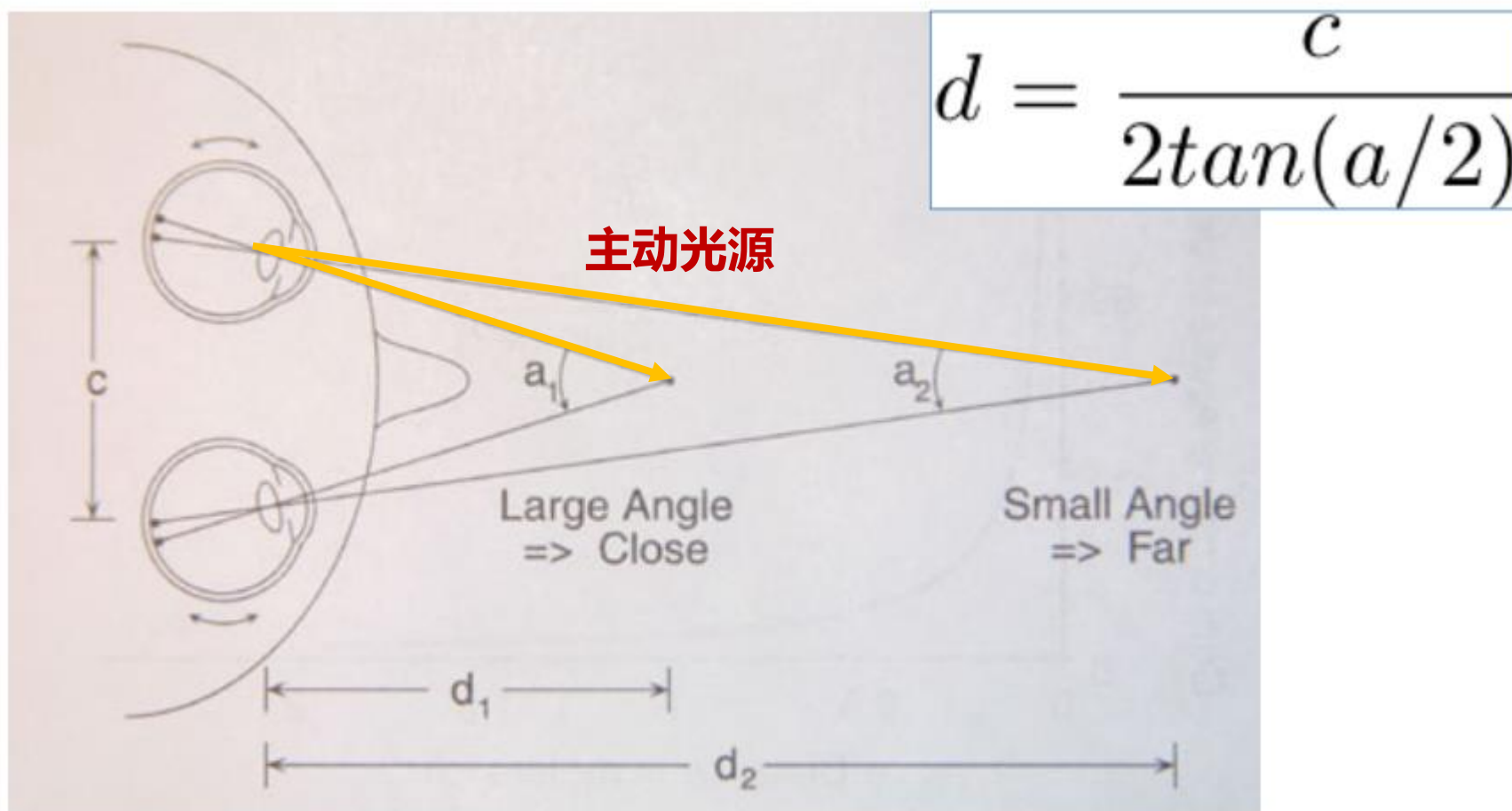
- 一对被动视觉传感器，能够构成一套双目相机，模拟人的双目，获得深度



来自Fei-Fei Li CS131计算机视觉

# 机器人获取图像的方式

- 一对被动视觉传感器，能够构成一套双目相机，模拟人的双目，获得深度



来自Fei-Fei Li CS131计算机视觉

视觉提供了一种**几何测量**的工具，也提供一种**语义认知**的工具

各种视觉应用是两种工具功能的组合

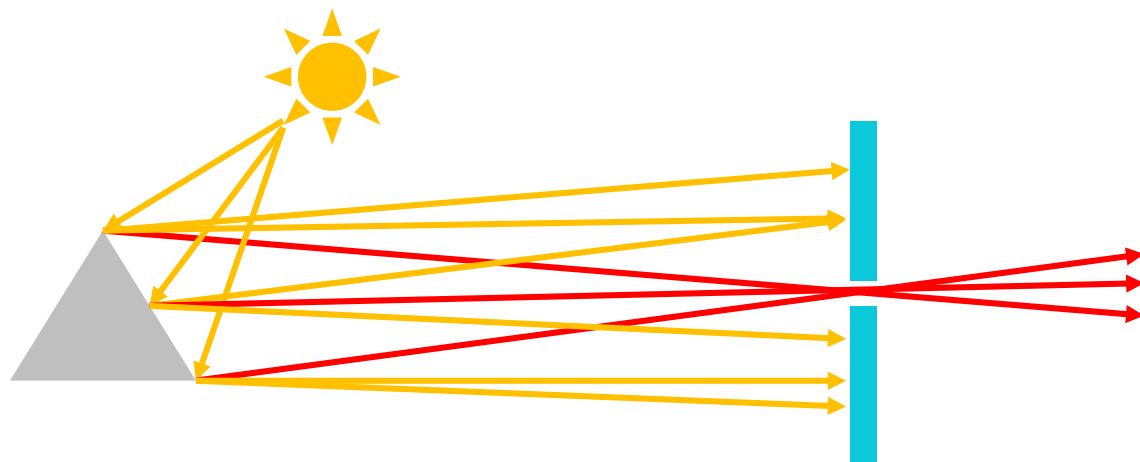
- 图像是定义在CCD阵列下的离散函数

$$I: (u, v) \in [0, W-1] \times [0, H-1] \rightarrow q \in R^N$$

$$q = I(x)$$



- 在3D（物理世界）和2D（图像）之间建立相机模型



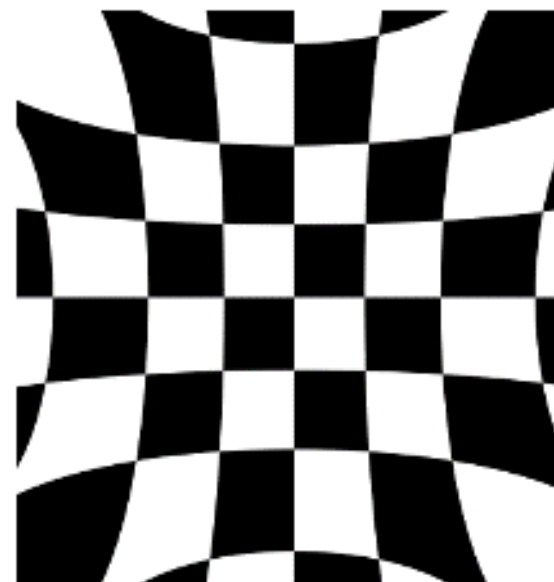
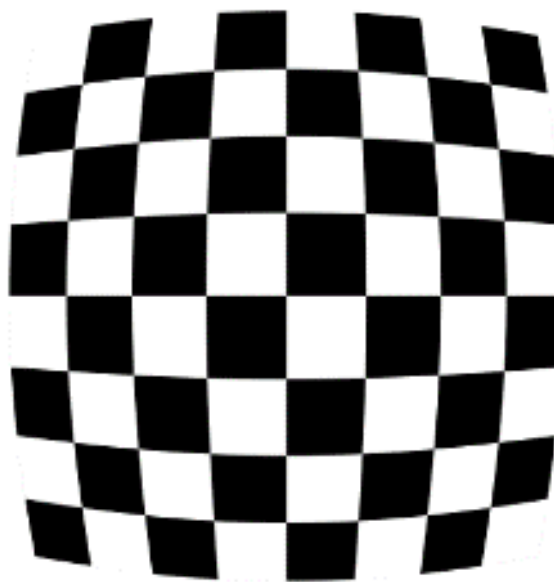
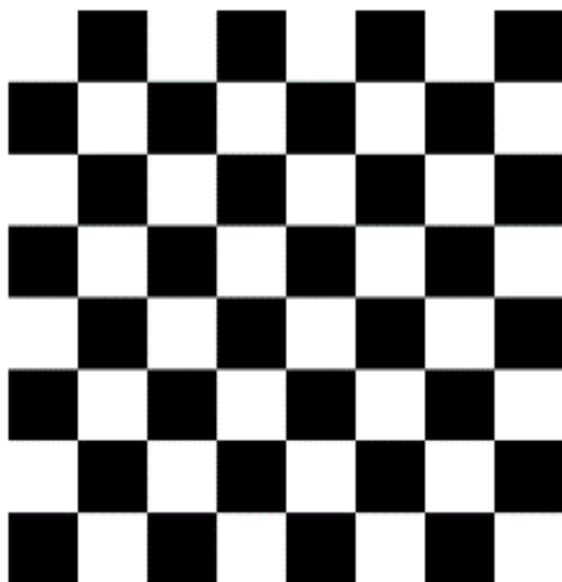
小孔成像原理

- 完整相机模型

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_c} \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \underbrace{[R \quad t]}_{\text{外参矩阵T}} \begin{bmatrix} P \\ 1 \end{bmatrix}$$

内参矩阵K

- 镜头畸变

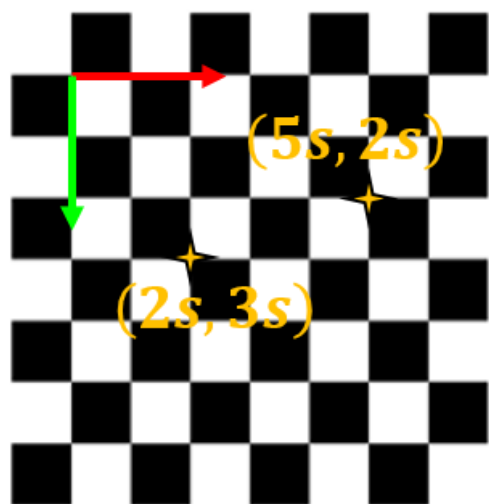


- 镜头畸变

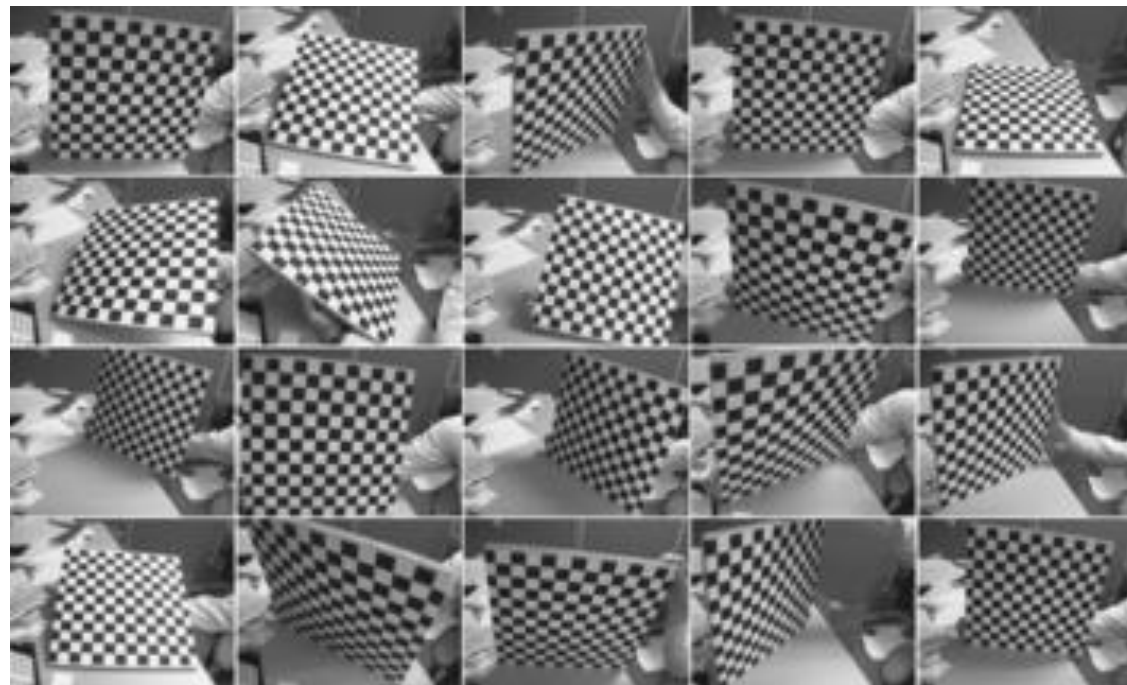
$$\begin{pmatrix} u_d \\ v_d \end{pmatrix} = (1 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \begin{pmatrix} u - c_x \\ v - c_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix}$$

$$r = \sqrt{\left(\frac{u - c_x}{f_x}\right)^2 + \left(\frac{v - c_y}{f_y}\right)^2}$$

- 采用棋盘格作为已知尺寸的物体，利用平面特性方便求解
- 棋盘格的角点检测相对简单，可靠性高



世界坐标系



- 基于指定尺寸平面，可以估计出平面和相机的外参，也就是相机在世界坐标系下的位姿
- 如果在世界坐标系下，增加一个虚拟点，可以计算出在图像中的成像
- 那么很多世界坐标系下的虚拟点？？？

