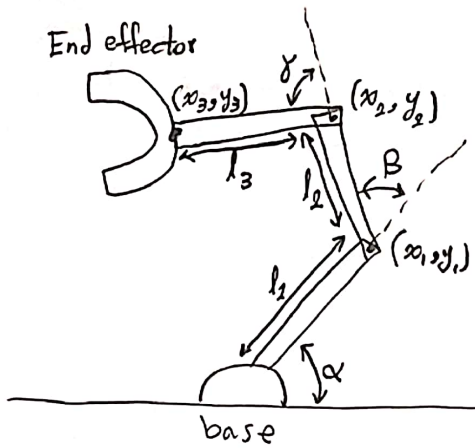


۱. اشیایی که روی یک صفحه حرکت می‌کنند، به کلی نمی‌توانند درجه آزادی Heave را داشته باشند. از طرف دیگر درجه آزادی surge با pitch و همچنین درجه آزادی sway و roll دو به دو متناظر خواهند بود. بنابراین این اشیاء نهایتاً ۳ درجه آزادی خواهند داشت.



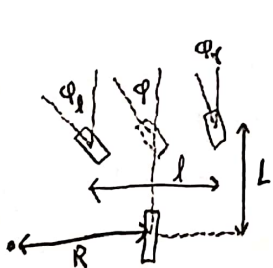
$$\begin{aligned} x_1 &= \cos(\alpha)l_1 & y_1 &= \sin(\alpha)l_1 \\ x_2 &= \cos(\alpha+\beta)l_2 + x_1 & y_2 &= \sin(\alpha+\beta)l_2 + y_1 \\ x_3 &= \cos(\alpha+\beta+\delta)l_3 + x_2 & y_3 &= \sin(\alpha+\beta+\delta)l_3 + y_2 \\ \Rightarrow \begin{cases} x &= \cos(\alpha+\beta+\delta)l_3 + \cos(\alpha+\beta)l_2 + \cos(\alpha)l_1 \\ y &= \sin(\alpha+\beta+\delta)l_3 + \sin(\alpha+\beta)l_2 + \sin(\alpha)l_1 \end{cases} \end{aligned}$$

۳. در ربات های holonomic ، اگر در فضای configuration space بررسی یک حلقه حرکت کنیم و به حالت ابتدایی بازگردیم ، در فضای work space نیز یک حلقه تشکیل شده و به مکان اولیه بازگشته ایم .
در صورتی که اگر این کار را در ربات های non-holonomic انجام دهیم ، ممکن است در فضای work space به مکانی غیر از مکان اولیه برسیم .
روبات های ایستا از نوع holonomic بوده اما ربات های متحرک معمولاً non-holonomic هستند .

$$\dot{x}_l = 5 \text{ cm/s}, \quad \dot{x}_r = 10 \text{ cm/s}, \quad \theta = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ rad}, \quad d = 10 \text{ cm}$$

$$\dot{X}_R = \frac{\dot{x}_l}{2} + \frac{\dot{x}_r}{2} = 7.5 \text{ cm/s}, \quad \dot{Y}_R = 0 \text{ cm/s}, \quad \dot{\theta}_R = \frac{\dot{x}_r}{d} - \frac{\dot{x}_l}{d} = 0.5 \text{ rad/s}$$

$$\dot{\xi}_I = \frac{I}{R}^T(\theta) \dot{\xi}_R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 7.5 \\ 0 \\ 0.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 7.5 \\ 0.5 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{cases} \dot{x}_I = 0 \text{ cm/s} \\ \dot{y}_I = 7.5 \text{ cm/s} \\ \dot{\theta}_I = 0.5 \text{ rad/s} \end{cases}$$



$$\left. \begin{aligned} \tan \varphi &= \frac{L}{R} \Rightarrow \cot \varphi = \frac{R}{L} \\ \tan \varphi_l &= \frac{L}{R-l/2} \Rightarrow \cot \varphi_l = \frac{R-l/2}{L} \\ \tan \varphi_r &= \frac{L}{R+l/2} \Rightarrow \cot \varphi_r = \frac{R+l/2}{L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \cot \varphi = \frac{\cot \varphi_l + \cot \varphi_r}{2} \Rightarrow \varphi = \cot^{-1} \left(\frac{\cot \varphi_l + \cot \varphi_r}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} \dot{x}_r &= \dot{\omega} r \\ \dot{y}_r &= 0 \\ \dot{\theta}_r &= \frac{\dot{x}_l}{R} = \frac{\dot{\omega} r}{\frac{L}{\tan \varphi}} = \frac{\dot{\omega} r \tan \varphi}{L} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x(t) = x_0 + \int_0^t \dot{\omega} r \cos(\theta(t)) dt \\ y(t) = y_0 + \int_0^t \dot{\omega} r \sin(\theta(t)) dt \\ \theta(t) = \theta_0 + \int_0^t \dot{\theta}(t) dt \end{cases}$$

۴.

سنسور active : laser range ، ultrasonic
 سنسور passive : accelerometer ، inclinometer ، compass

GPS یک سنسور active می باشد. زیرا سیگنال های دریافتی را خودمان در ماهواره ها برای هدف میریابی ایجاد کرده ایم. به بیان دیگر سنسور GPS برای کار کردن به یک منبع انرژی خارجی نیاز دارد.

۷.

* ل به معنای فاصله ای از نقطه target است که اگر به آن برسیم نقطه target را آلوده می کنیم تا نقطه بعدی دنبال شود. دلیل این کار جلوگیری از حرکات متناوب به شکل زیر است :



۸.

