

Отчёт о выполнении домашней работы

В ходе выполнения домашней работы была реализована симуляция контроля с обратной динамикой в пространстве заданий.

Контроль в пространстве состояний задаётся по следующей формуле:

$$\tau = M(q)\ddot{q} + h(q, \dot{q}),$$

где $M(q)$ — матрица массы, а $h(q, \dot{q})$ — вектор всех нелинейных эффектов, воздействующих на манипулятор.

Зададим τ так, чтобы компенсировать возможные нелинейности:

$$\tau = M(q)v + h(q, \dot{q})$$

Поскольку матрица $M(q)$ обратима, $a_q = \ddot{q} = v$

Для задания управления для достижения желаемого состояния в пространстве заданий нам нужно модифицировать a_q следующим образом:

$$a_q = J^{-1}(q) \left\{ \begin{bmatrix} a_x \\ a_\omega \end{bmatrix} - j(q)\dot{q} \right\},$$

где J — матрица Якоби, a_x и a_ω — линейное и угловое ускорения.

$\begin{bmatrix} a_x \\ a_\omega \end{bmatrix}$ — входные параметры управления v . Их можно задать как

$$v = \ddot{q}_d(t) + k_d\dot{\tilde{q}} + k_p\tilde{q}$$

\tilde{q} — ошибка позы, состоящая из двух частей: ошибки положения и ошибки ориентации.

$\tilde{r} = r_d - r_{ee}$ — ошибка положения, где r_d — желаемое положение, а r_{ee} — текущее положение

$\tilde{R} = \log(R^T R_d)$ — кососимметричная матрица, содержащая ошибки ориентации по трём углам.

$\dot{\tilde{q}}$ — ошибка скорости, состоящая из двух частей: ошибки линейной скорости и ошибки угловой скорости

$$\dot{\tilde{r}} = \dot{r}_d - \dot{r}_{ee}$$

$$\tilde{\omega} = \omega_d - \omega_{ee}$$

где \dot{r}_{ee} и ω_{ee} вычисляются при помощи Якобиана и скоростей шарниров как $J\dot{q}$

$\ddot{q}_d(t)$ — желаемые линейные и угловые ускорения

Реализованный по приведённым выше формулам контроль был имплементирован и просимулирован на шестизвенном манипуляторе с использованием библиотек MuJoCo и Pinocchio. Видео работы, а также графики и код представлены в [репозитории](#) на Гитхаб.