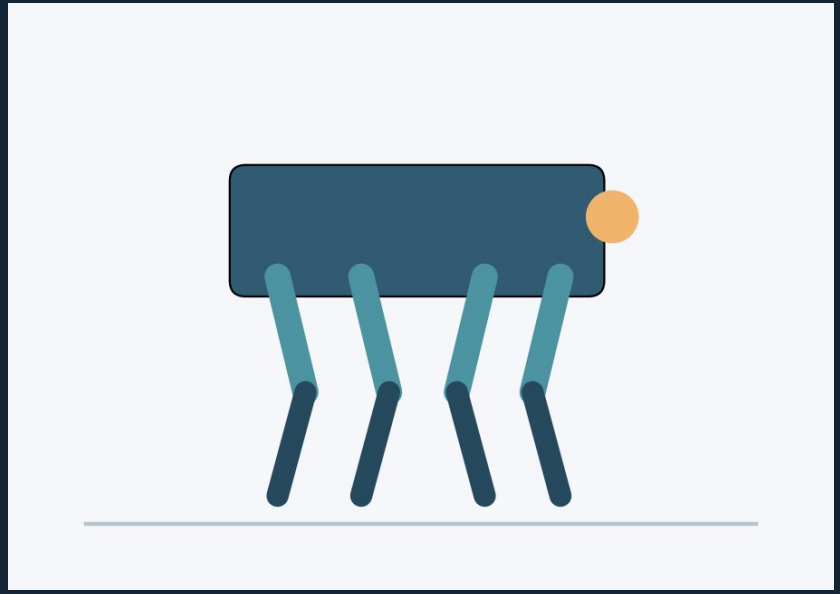
Жаяу жүретін роботтарды қолдану

Екі аяқты, төрт аяқты және көп аяқты роботтар

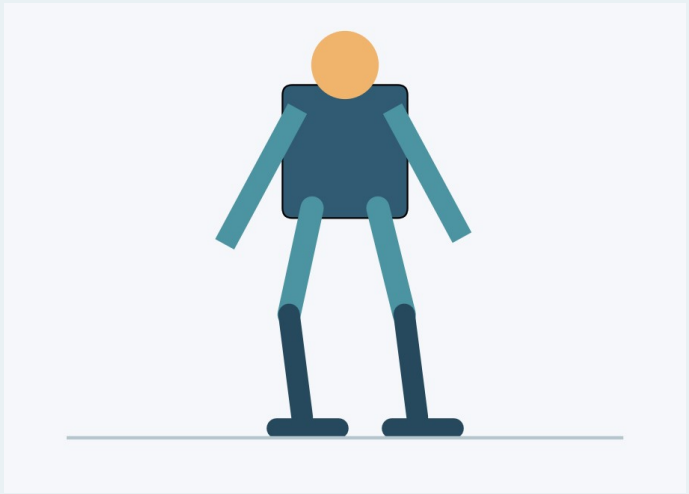
Қолданылуы, құрылымы, артықшылықтары және нақты инженерлік мәселелері



Оқу нәтижелері және негізгі анықтама

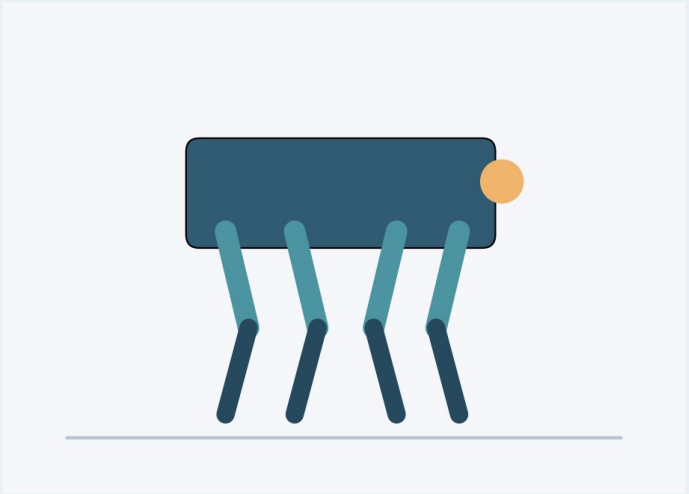
- Жаяу жүретін робот — жермен жанасатын тірек нүктелерін алмастыра отырып қозғалатын мобильді робот.
- Доңғалақты платформадан айырмашылығы: аяқтар кедергілерден аттап өтіп, тірек ауданын бейімдей алады.
- Студенттер жүріс циклін, тірек фазасын, динамикалық тұрақтылықты және жетек таңдауын түсіндіреді.
- Негізгі міндет — роботтың қозғалысын тиімді, қауіпсіз және энергияны үнемдейтін ету.
- Жүйені бағалау өлшемдері: жылдамдық, жүк көтеру, энергия шығыны, құлау жиілігі және өтімділік.

Конструкциялар галереясы: үш архитектура



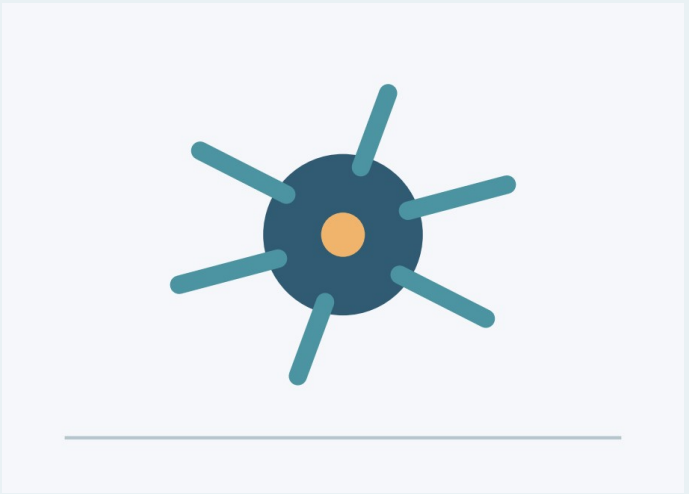
Екі аяқты

Адамға бейімделген орта



Төрт аяқты

Инспекция және күрделі бедер



Алты аяқты

Тұрақты тірек және зерттеу

Жүріс циклі: робот қалай қозғалады?

1. Тірек

Аяқ жермен жанасады; салмақты ұстайды.

2. Сермеу

Аяқ көтеріліп, жаңа орынға өтеді.

3. Қону

Контакт анықталады, соққы жұмсартылады.

4. Ауыстыру

Дене массасы жаңа тірекке беріледі.

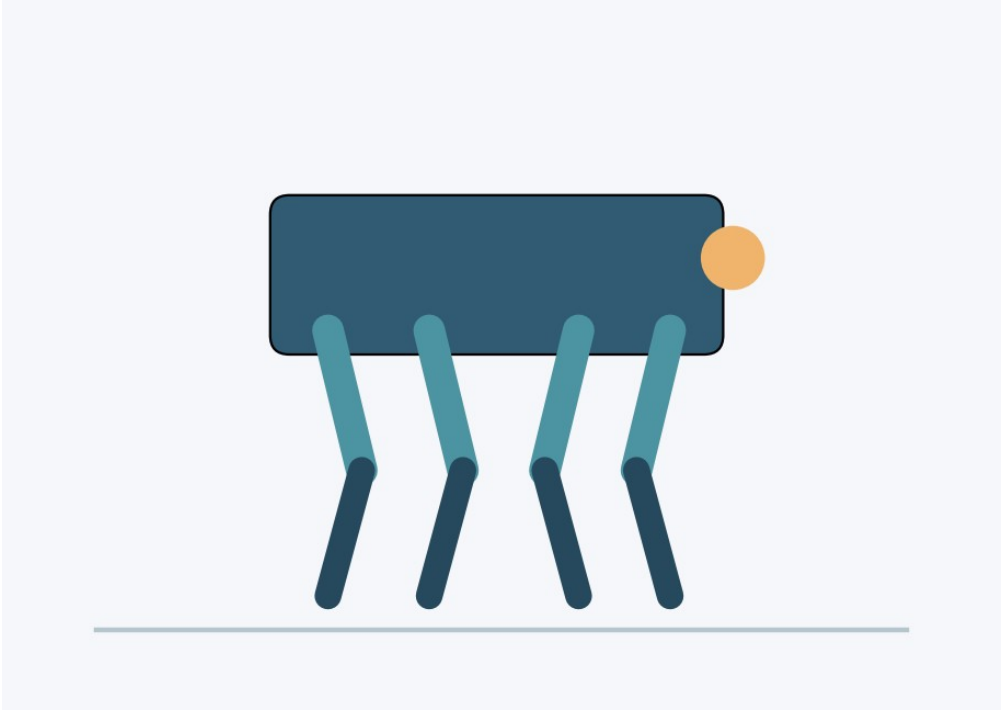
Қолданылуы: өндіріс пен қауіпті орта

Өндірістік инспекция: құбыр, жабдық және температуралық ақауларды бақылау.

Іздеу-құтқару: үйінділер мен баспалдақтары бар аймақтарға кіру.

Ғылыми зерттеу: қозғалыс алгоритмдерін, сенсорлық біріктіруді және автономияны сынау.

Шектеу: күрделі бедерде сенімділік пен байланыс сапасы төмендеуі мүмкін.



Тепе-теңдік және орнықтылық

Статикалық орнықтылық:

ауырлық центрінің проекциясы тірек көпбұрышының ішінде болуы тиіс.

Динамикалық орнықтылық:

инерция, үдеу және аяқ-жер контактісі ескеріледі; ZMP және MPC тәсілдері қолданылады.

Мәселе: тірек нүктесі өзгергенде робот құлап қалуы мүмкін. Шешім: IMU, аяқ күшінің сенсорлары және жылдам кері байланыс.

Жетек пен сенсорлар жүйесі

Атқарушы жетектер

Электр моторы, редуктор, серпімді буын

Кері байланыс

Энкодер, момент/ток сенсоры

Дене күйі

IMU: үдеу және бұрыштық жылдамдық

Орта қабылдауы

Камера, лидар, тереңдік картасы

Жүріс алгоритмдерін салыстыру

Жүріс түрі	Сипаттамасы	Артықшылығы	Мәселесі
Walk	Бір аяқ кезек көтеріледі	Тұрақтылық	Жылдамдығы төмен
Trot	Диагональ аяқтар бірге	Тиімді жылдамдық	Контакт дәлдігі
Pace	Бір жақ аяқтары бірге	Белгілі режимге ыңғайлы	Бүйірлік тербеліс
Bound	Алдыңғы/артқы жұп	Жылдам қозғалыс	Соққы, энергия шығыны

Жылдамдық пен энергия: модельдік мысал



График — әдісті түсіндіруге арналған шартты модель; нақты роботтың өлшеу нәтижесі емес.

Проблемалар: құлау, тайғанау және кедергілер

Құлау қаупі

Тепе-теңдік бұзылуы → IMU + MPC + авариялық тоқтау

Тайғанау

Тірек үйкелісі аз → контакт бағалау және қадамды өзгерту

Баспалдақ пен үйінді

Бедер қателігі → 3D карта және аяқ басатын орынды жоспарлау

Сенсорлық белгісіздік

Шаң, жарық, діріл → бірнеше сенсорды біріктіру

Проблемалар: энергия, ресурс және құн

- Энергия сыйымдылығы: көптеген буындардың үздіксіз жұмысы батареяның тез таусылуына әкеледі.
- Жетек қызуы және механикалық тозу: соққы жүктемелері редуктор, мойынтірек пен буын ресурсын азайтады.
- Қызмет көрсету құны: күрделі механика мен сенсорларды калибрлеу тұрақты шығын талап етеді.
- Жүк көтеру мен маневрлік арасындағы қайшылық: қосымша жүк инерция мен қажетті моментті арттырады.
- Қауіпсіздік: адамдармен ортақ кеңістікте қозғалыс жылдамдығын және жанасу күшін шектеу қажет.

Инженерлік кейс: инспекциялық төрт аяқты робот

Міндет: робот баспалдақ, металл тор және 10° еңісі бар өндірістік алаңда инспекция жүргізеді.

1. Төрт аяқты архитектураның доңғалақты роботтан артықшылығын негіздеңіз.
2. Әр орта үшін ықтимал сырғанау және құлау сценарийін сипаттаңыз.
3. Камера, лидар, IMU және аяқ контакт сенсорларының рөлін анықтаңыз.
4. Энергия шығынын, миссия ұзақтығын және техникалық қызметті бағалау жоспарын құрыңыз.
5. Үш KPI ұсыныңыз: миссияны аяқтау үлесі, құлау саны, бір метрге энергия шығыны.

Қорытынды және бақылау сұрақтары

Жаяу жүретін роботтар күрделі жер бедерінде және адамға бейімделген инфрақұрылымда маңызды мүмкіндік береді. Алайда оларды тиімді пайдалану үшін механика, басқару, сенсорика және қауіпсіздік біртұтас жүйе ретінде жобалануы тиіс.

Сұрақтар: статикалық және динамикалық орнықтылықтың айырмасы қандай? Trot жүрісінің ерекшелігі неде? Тайғанау қалай анықталады? Энергия тиімділігін қалай арттыруға болады?

Әдебиет: Siciliano & Khatib, Springer Handbook of Robotics; Raibert, Legged Robots That Balance.