

АДАПТАЦІЯ МАНІПУЛЯТОРА MR-999E ДО УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Робототехніка є галуззю знань, що в наш час знаходиться на етапі свого бурхливого розвитку. З різних джерел (головним чином з-за кордону) можна дізнатися про нові досягнення у розробці маніпуляторів роботів, систем адаптації роботів до умов навколишнього середовища, розвитку інтелектуальних систем прийняття рішень. Робототехніка стає невід'ємною частиною виробничої та дослідницької діяльності людини у різних галузях її діяльності.

У нашій країні дослідження у галузі робототехніки досить часто обмежуються суто теоретичним підходом, що полягає у розробці моделей функціонування роботів та розробці програмного забезпечення, що у певний спосіб застосовує методи обчислення параметрів робототехнічних систем та методи штучного інтелекту у системах керування. Це не дивно, бо вітчизняні розробки у галузі практичної робототехніки зупинилися на рівні робота РМ-01 (виробленого свого часу за допомогою фірми Nokia). До цього часу можна побачити наукові статті і навчальні посібники, що описують розробку систем адаптації робота РМ-01 [1]. Слід зазначити також, що РМ-01 має власну систему керування «Сфера», яка у прямий спосіб несумісна з сучасною обчислювальною технікою. Щоправда, існують способи керування РМ-01 у непрямий спосіб [2], однак вони не завжди є прийнятними. З точки зору відпрацювання систем технічного зору роботів, побудови систем підтримки прийняття рішень іноді доречно використовувати більш прості, менш громіздкі та, головне, у прямий спосіб адаптовані до керування від ПЕОМ робототехнічні моделі.

Більшість роботів, що використовуються у промисловості, є маніпуляторами, що керуються за допомогою мікропроцесорних контролерів. Не є винятком і маніпулятор MR-999E, який виробляється фірмою Elekit (Японія) і використовується головним чином з навчальними та дослідницькими цілями. MR-999E має п'ять ступенів рухливості, що надаються обертанням основи, плеча, ліктя та кисті робота, відкриванням та затисканням захвату руки. Рух суглобів робота забезпечується п'ятьма електровивгунами постійного струму, здатними обертатися у прямому або зворотному напрямку. Корпус маніпулятора виконано з пластику, що, звичайно, дозволяє використовувати його лише для моделювання реальних робототехнічних систем. Головні параметри маніпулятора представлені у табл. 1. Робочий простір подається на рис. 1.

Таблиця 1

Параметри	Значення
Діапазон кутів (°): основа	0 ÷ 350
плече	0 ÷ 120
лікоть	0 ÷ 135
кисть	0 ÷ 340
захват	0 ÷ 90
розміри (мм):	
максимальна висота	360
максимальна довжина руки	510
максимальне навантаження (г)	130

MR-999e поставляється у комплекті з пультом ручного керування та додатково забезпечується пристроєм керування MRA1-999e. MRA1-999e стандартно з'єднується з послідовним портом ПЕОМ. Таким чином, процес керування маніпулятором значно спрощується. Програмне керування маніпулятором можна стандартно забезпечити за допомогою спеціальної програми «Interface», яка фактично дублює функції пульта ручного керування маніпулятора, а також є редактором розробки програм для MR-999e, що одразу можна відлагоджувати та виконувати.

З точки зору проведення будь-яких експериментальних досліджень на основі маніпулятора MR-999e, наявне програмне забезпечення є недостатнім з-за низки причин:

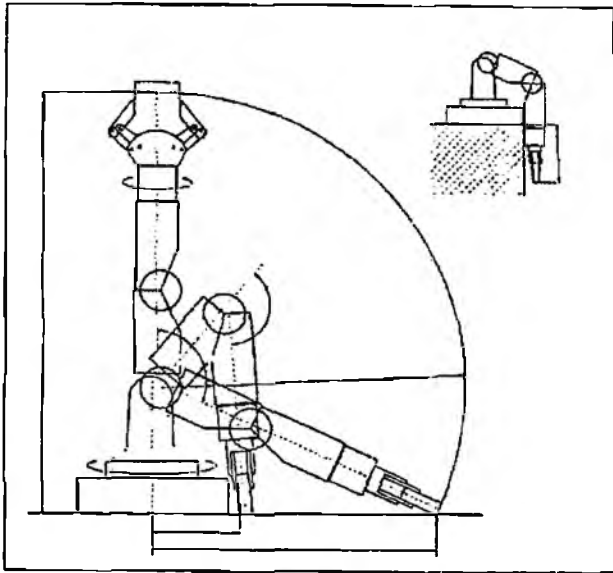


Рис. 1

- а) визначення положення захватного пристрою за відомими кутами положення кожного з суглобів маніпулятора;
- б) визначення кутів положень суглобів маніпулятора за визначеним положенням захватного пристрою.

Розв'язання прямої позиційної задачі не викликає особливих ускладнень. Воно досягається послідовним перемноженням відповідних матриць зсуву та обертання під час переходу від одного суглоба маніпулятора до іншого [1]. До речі, подібна послідовність геометричних перетворень застосовується графічною бібліотекою OpenGL. [3]

Розв'язання зворотної позиційної задачі у літературі з робототехніки також присвячується багато уваги [1, 4]. Однак пряме застосування вказаних методів математично складне і значно утруднює розробку програмного забезпечення реального часу. Тому для розв'язання зворотної задачі для маніпулятора MR-999e пропонується спрощена модель, що ґрунтується на тригонометричному методі, у якій використана лівостороння система координат.

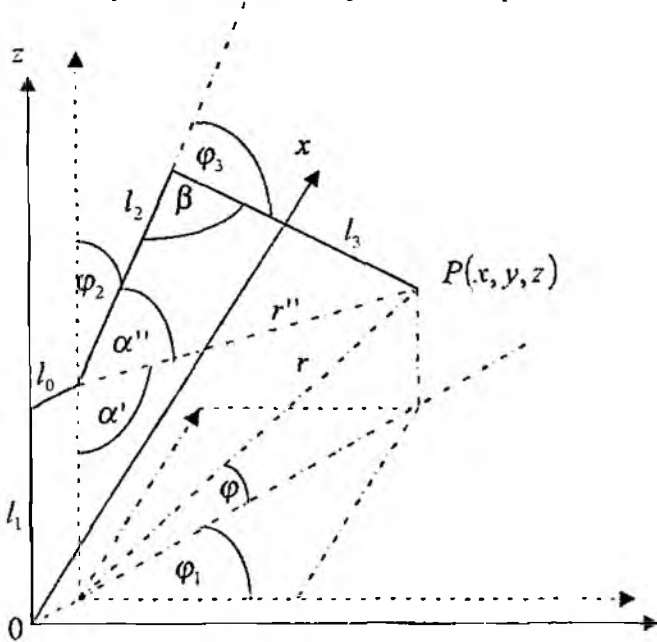


Рис. 2

Вказані причини формують завдання статті – адаптувати математичне і програмне забезпечення маніпулятора задля проведення експериментальних досліджень, а саме: забезпечити розв'язання позиційних задач маніпулятора, розробити програмне забезпечення, що реалізує окремий програмний інтерфейс маніпулятора MR-999e, визначити подальші кроки розвитку системи адаптації моделі робота на основі маніпулятора MR-999e.

Першим кроком на визначеному шляху є розробка кінематичної моделі маніпулятора. Кінематична модель має забезпечувати розв'язання прямої та зворотної позиційних задач, які спрощено можна сформулювати у такий спосіб:

У спрощеній моделі вважається, що для визначення узагальнених координат захватного пристрою маніпулятора кут положення кисті та стан захватного пристрою є несуттєвими. Тоді виникає задача моделювання триланкового маніпулятора (рис. 2). Якщо l_1 – висота основи маніпулятора, l_2 – довжина плеча, l_3 – довжина ліктя, φ_1 – кут обертання основи, φ_2 – кут нахилу плеча, φ_3 – кут нахилу ліктя, то знаходження захватного пристрою у точці $P(x, y, z)$ пропонується визначити такими рівняннями:

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{x}{y}\right);$$

$$x_1 = l_0 \sin(\varphi_1); y_1 = l_0 \cos(\varphi_1); r = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + z^2}; \varphi = \arctg\left(\frac{z}{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}\right);$$

$$r'' = \sqrt{l_1^2 + r^2 - 2l_1 r \cos\left(\frac{pi}{2} - \varphi\right)} = \sqrt{l_1^2 + r^2 - 2l_1 r \sin(\varphi)};$$

одночасно маємо

$$r'' = \sqrt{l_2^2 + l_3^2 - 2l_2 l_3 \cos(\beta)}.$$

Тоді отримусмо вираз для кута β і для кутів нахилу ліктя φ_3 і плеча φ_2 маніпулятора:

$$\beta = \arccos\left(\frac{l_2^2 + l_3^2 - l_1^2 - r^2 - 2l_1 r \sin(\varphi)}{2l_2 l_3}\right); \varphi_3 = pi - \beta; \alpha' = \arccos\left(\frac{r'' + l_1^2 - r^2}{2r'' l_1}\right);$$

$$\alpha'' = \arccos\left(\frac{r'' + l_2^2 - l_3^2}{2r'' l_2}\right); \varphi_2 = pi - \alpha' - \alpha''.$$

де l_0 – відстань між віссю основи та точкою кріплення плечового суглоба, що визначає положення точки (x_1, y_1, z_1) , r – довжина радіус-вектора між точками (x_1, y_1, z_1) та $P(x, y, z)$.

Таким чином, якщо задана точка $P(x, y, z)$, за допомогою вказаної моделі можна отримати розрахунок кутів положення основи, плеча та ліктя маніпулятора. Показана модель покладена в основу функції *MovePoint(x, y, z)* розробленої програми керування маніпулятором.

Наступним кроком було визначення сигналів керування програми «Interface», що подаються на пристрій керування MRAI-999e. За допомогою програми Free Serial Port Monitor були отримані коди керування окремими суглобами маніпулятора, що подані у табл. 2 і визначають рух суглоба за годинниковою стрілкою (ГС) або проти неї (ПГС).

Таблиця 2

Суглоб	Напрямок руху	Значення коду
основа	ГС	304C304E
основа	ПГС	3052304E
плече	ГС	314C314E
плече	ПГС	3152314E
лікоть	ГС	324C324E
лікоть	ПГС	3252324E
кисть	ГС	334C324E
кисть	ПГС	3352324F
захват	відкривання	344C344E
захват	затискання	3452344E

На основі інформації, поданої у табл. 2, можна розробити програму, яка за вибором користувача або у автономному режимі буде формувати керуючі послідовності сигналів, передавати їх у реальному режимі через послідовний порт ПЕОМ на пристрій керування MRAI-999e та здійснювати керування маніпулятором. Така програма розроблена мовою C++ у середовищі програмування Visual C++. Її основним компонентом є функція таймера, що за вибором програми кожні 250 (125) мілісекунд надсилає контролюючий сигнал, пов'язаний з рухом необхідного суглоба робота. Комбінація послідовних рухів суглобів у повній мірі забезпечує виконання рухів маніпулятора у робочому просторі. Одночасне керування декількома суглобами не дало ефективного результату і ставить певні обмеження на характер керування маніпулятором.

Результатом вказаного етапу досліджень є програма, що забезпечує керування маніпулятором MR-999e у ручному та програмному режимах. До стандартних функцій програми, окрім вже згаданої *MovePoint()*, належать також функції *MoveAxis(axis, distance)*, що забезпечує переміщення захватного пристрою маніпулятора вздовж визначених осей (X, Y або Z); функція захоплення об'єкта у заданій точці *TakeObject(<координати об'єкта>)*; функція переміщення об'єкта у задану точку *PutObject(<координати об'єкта>)*, інші функції.

Серед найближчих кроків розвитку досліджень моделі робота на основі маніпулятора MR-999e належать:

1) знаходження, розпізнавання або ідентифікація об'єктів у робочій зоні маніпулятора, визначення їх місцеположення та координат за допомогою системи технічного зору або іншої системи адаптації;

2) реалізація функцій голосового керування маніпулятором;

3) розробка інтелектуальної системи підтримки та прийняття рішень.

Вказані кроки є не лише цікавими з дослідницької точки зору, але й мають забезпечити зворотний зв'язок у системі «робот – навколишнє середовище». Без реалізації таких функцій процес керування маніпулятором, що знайшов свою реалізацію у розробленій програмі, має певний об'єм похибок, пов'язаних з відсутністю інформації про наслідки або точність виконаних дій. Тут слід додати, що людина у своїй повсякденній діяльності покладається значною мірою на зворотний зв'язок, на результат виконаних дій і постійно забезпечує (за допомогою високорозвинених органів чуття) контроль та корекцію дій, коригування процесу прийняття рішень. Тому слід звернути увагу саме на такий варіант адаптації системи керування роботом, що і буде складати сутність подальших досліджень.

Список літератури 1. *Зенкевич С.Л., Ющенко С. А.* Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2004. 480 с. 2. *Невлюдов И.Ш., Токарев В.В., Цымбал А.М.* Интеграция системы технического зрения в технологический робототехнический комплекс // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2001. Вып. 120. С. 188-191. 3. *Цымбал О.М., Смаглюк Д.Г.* Геометричне моделювання роботів та технологія OpenGL // Східно-європейський журнал передових технологій. 2005. № 4/2 (16). С. 4-7. 4. *Фу К., Гонсалес Р., Ли К.* Робототехника. М.: Мир, 1989. 624 с.

*Харківський національний
університет радіоелектроніки*

Надійшло до редакції 22.03.2007