

УДК 004.896.621.865

В.В. Палагін, к.т.н.
Є.О. Куліш

РЕАЛІЗАЦІЯ БЛОКУ СУМІСНОГО КЕРУВАННЯ РОБАСТНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЕРА НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖ

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, rt-chdtdu@ukr.net

В даній роботі розглядається система сумісного керування позицією і силою захвату промисловим робототехнічним комплексом для транспортування об'єктів з невідомими параметрами. Проводиться проектування структури нейронної мережі, складання карти навчання, та моделювання системи у середовищі NeuroSolution.

Ключові слова: система сумісного керування, нейронна мережа, сила захвату, робастний акселерометричний контролер.

Вступ

Сучасний розвиток робототехнічних систем характеризується підвищеними вимогами до точності позиціонування, швидкості обробки інформації та надійності системи вцілому. Актуальним питанням залишається вдосконалення систем керування захватними пристроями, зокрема при невідомих параметрах об'єкта [1]. Цьому напрямку присвячені роботи [2], в яких проводяться дослідження у визначенні сили захвату об'єкта на основі детектування початкового його переміщення відносно губок захватного пристрою. В даній роботі розглядається система сумісного керування позицією та силою захвату.

Робота базується на новому підході керування основанийому на робастному акселерометричному контролері [6], можливості якого розширені до виконання трьох задач: керування позицією, керування силою захвату та керування позицією з обмеженням сили. Остання забезпечує плавний та швидкий перехід від керування позицією до керування силою. Порушення крутильного моменту розраховується та компенсується окремим блоком (блок формування величини вихідного струму).

Постановка задачі

Стандартні підходи не забезпечують плавного переходу з однієї задачі до іншої, також геометрична помилка може призвести до формування надмірної сили захвату [3,4]. Аналіз інших підходів, в яких розглядався процес дотику [5] мають широкий розкид параметрів, а отже не виконують вимог робастності.

Метою даної роботи є вдосконалення та підвищення якості блоку сумісного керування позицією та силою захвату робастного акселерометричного контролера шляхом реалізації його на основі нейромережевої структури.

Вирішення поставленого завдання

При виконанні задачі захвату об'єкту система керування включає в себе наступні етапи: розпізнавання форми об'єкту за допомогою системи технічного зору, позиціонування захватного пристрою відносно об'єкту, оптимізація точок контакту з об'єктом та визначення сили схвату. Структурна схема системи керування на основі робастного акселерометричного контролера, охопчена зворотнім зв'язком по позиції і по силі схвату, зображена на рис. 1. Вихідний сигнал розраховується за допомогою сумісного аналізу, що забезпечує більшу швидкість, стабільність виконання операцій.

На рис. 1 показані наступні сигнали: F_{CNT}^{cmd} - формується на основі інформації з тактильних датчиків; P_{CNT}^{cmd} - розраховується за допомогою системи технічного зору; F_{CNT}^{max} - являється порогом переходу з управління позицією до управління силою захвату; F_{CNT} - формується датчиками сили; P_{CNT} - формується датчиками позиції; q^{ref} - кутове прискорення; I^{ref} - вихідний струм.

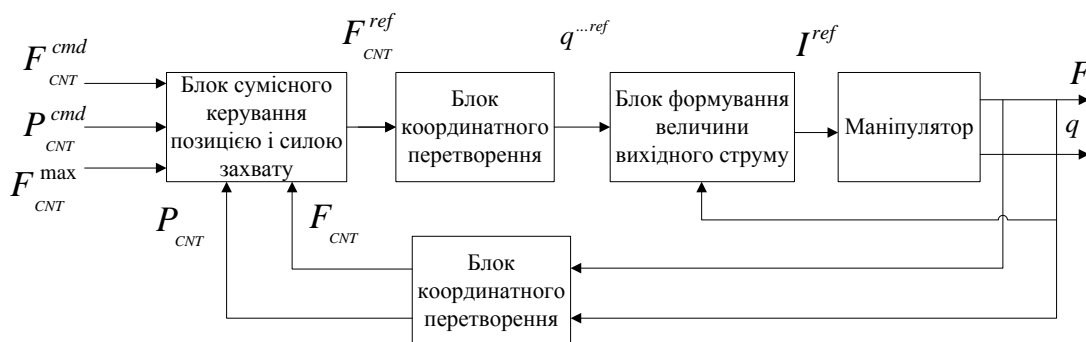


Рис.1. Структурна схема робастного акселерометричного контролера.

Окрім позиціонування захватного пристрою відносно об'єкту відбувається ще і позиціонування його пальців за допомогою блоку координатного перетворення, який виконує перетворення запланованого значення координати контакту F_{CNT}^{ref} в величину кута q^{ref} :

$$q^{ref} = \frac{1}{J_n} \cdot Jaco^{TBASE} T_{CNT} \cdot F_{CNT}^{ref},$$

де T_{CNT} - матриця переходу запланованої координати контакту в основну,

$Jaco^T$ - якоб'ян переходу значення сили схвату в крутильний момент ротора

Блок формування величини вихідного струму має в собі систему спостереження за порушенням крутильного моменту, яке розраховується за формулою:

$$\tau^{dis} = (J - J_n) \cdot \dot{\omega} + (K_m - K_t) \cdot I^{ref} + F_c + D\omega + F^{ext},$$

де J - інерція

ω - кутова швидкість ротора

I^{ref} - значення вихідного струму

$D\omega$ - коефіцієнт зчеплення з поверхнею об'єкта

K_t - крутильний момент

F_c - тертя Кулона

F^{ext} - дісне значення сили схвату

Також забезпечує його компенсацію чим і досягається робастність.

Одним з важливих блоків являється блок сумісного керування позицією і силою захвату, структурну схему якого зображено на рис. 2.

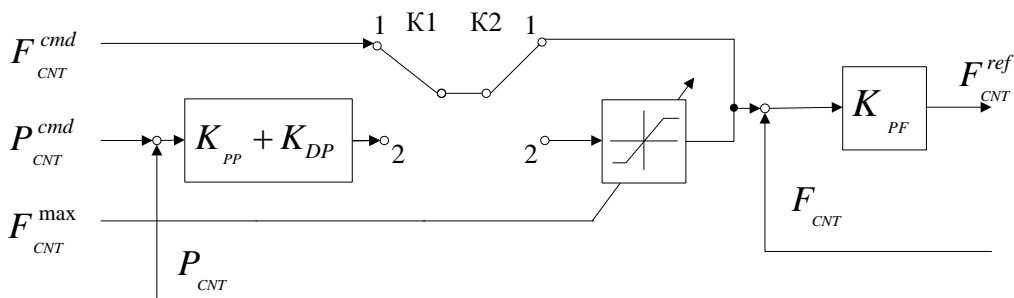


Рис.2. Структурна схема блоку управління позицією і силою захвату.

За допомогою ключів K1 та K2 здійснюється перехід від однієї задачі до іншої. У положенні, зображеному на рис. 1, виконується керування силою захвату, де вихідне значення F_{CNT}^{ref} розраховується за формулою:

$$F_{CNT}^{ref} = K_{PF} \cdot (F_{CNT}^{cmd} - F_{CNT}),$$

де K_{PF} - масштабуючий коефіцієнт.

При перемиканні K1 у положення 2 відбувається керування позицією. В даному випадку F_{CNT}^{ref} визначається:

$$F_{CNT}^{ref} = K_{PF} \cdot ((K_{PP} + K_{DP})(P_{CNT}^{cmd} - P_{CNT}) - F_{CNT}),$$

де K_{PP} , K_{DP} - масштабуючі коефіцієнти.

При цьому коли K2 перемикається у положення 2, здійснюється керування позицією з обмеженням сили. P_{CNT}^{cmd} відслідковується, коли зовнішня сила менша за F_{CNT}^{max} . Як тільки вона перевищує це значення, F_{CNT}^{cmd} стає рівним F_{CNT}^{max} і відслідковується як керування силою.

Аналіз функціонування даного контролера показує низькі показники якості керування нелінійними процесами. Альтернативним рішенням є використання нейронних мереж, які в останній час широко використовуються в системах керування. Завдяки нелінійній функції активації нейронна мережа здатна достатньо точно виконувати нелінійну апроксимацію множини вхідних даних до множини вихідних, а також здійснювати перехід від однієї операції до іншої більш швидко.

Використання нейромереж дозволить збільшити швидкодію за рахунок паралельної обробки інформації, підвищити завадостійкість та гнучкість системи до можливих шумів вхідних даних.

Побудуємо нейронну мережу керування позицією та силою захвату, структурна схема якої представлена на рис.3.

Виділимо перший шар – чутливий, який складається з шести нейронів. Кожен з них відповідає конкретній вхідній величині і реалізує на виході сигмоїдальну функцію:

$$\delta(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)}.$$

Внутрішні шари мають по три нейрони і здійснюють обробку вхідної інформації. Перший нейрон другого шару та перший нейрон четвертого шару реалізують керування позицією. Різниця сигналів P_{CNT}^{cmd} і P_{CNT} здійснюється в другому нейроні другого шару, який реалізує на виході лінійну активаційну функцію:

$$f(P_{CNT}^{cmd}, P_{CNT}) = (K_{PP} + K_{DP}) \cdot (P_{CNT}^{cmd} - P_{CNT}).$$

Вихідний сигнал потрапляє на перший нейрон четвертого шару, де відбувається різниця між $f(P_{CNT}^{cmd}, P_{CNT})$ і F_{CNT} , і на виході реалізується лінійна активаційна функція:

$$F_{CNT}^{ref} = K_{PF} \cdot (f(P_{CNT}^{cmd}, P_{CNT}) - F_{CNT}).$$

Перший нейрон другого шару реалізує на виході порогову функцію:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & P_{CNT}^{cmd} \leq F_{CNT}^{max} \\ 1 & P_{CNT}^{cmd} \geq F_{CNT}^{max} \end{cases}.$$

При досягненні P_{CNT}^{cmd} значення вищого за F_{CNT}^{max} на виході третього нейрону третього шару формується сигнал у відповідності з пороговою функцією:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x \leq F_{CNT}^{max} + P_{CNT}^{cmd} + F_{CNT}^{cmd} \\ (F_{CNT}^{cmd}, \infty) & x \geq F_{CNT}^{max} + P_{CNT}^{cmd} + F_{CNT}^{cmd} \end{cases}.$$

При цьому зупиняється керування позицією з обмеженням сили завдяки пороговій функції першого нейрону третього шару, яка має вигляд:

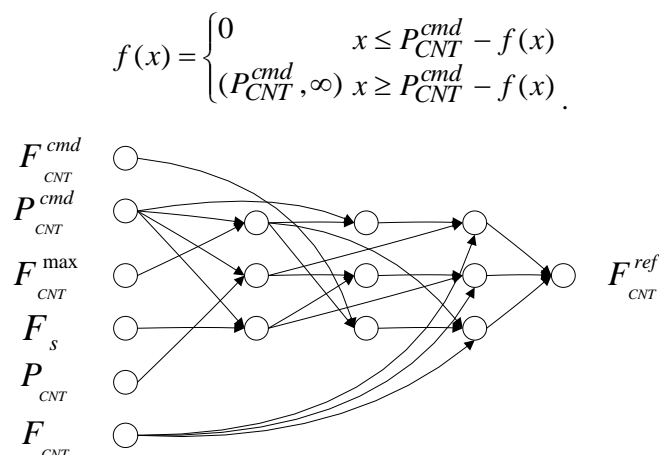


Рис. 3 Структура нейромережі в блоці сумісного керування позицією і силою захвату.

Моделювання здійснюємо в середовищі NeuroSolution. Проводиться складання карти навчання у текстовому редакторі і починається процес навчання, результат якого показує зниження помилки вихідної величини до 2% за 41 навчальний цикл.

Висновки

В даній роботі розроблена та змодельована нейронна мережа для вирішення задачі сумісного керування позицією і силою захвату. Результат моделювання показав розкид величини вихідного сигналу відносно істинного значення в межах 2%. Дана система забезпечує вищу швидкість за рахунок одночасної обробки всіх вхідних величин, забезпечує більшу стійкість до шумів вхідних даних та може бути застосована в прецизійних системах керування.

Список літературних джерел

1. В. Б. Брагин Ю. Г. Войлов та ін. Системы оцувствления и адаптивные промышленные роботы // Москва "Машиностроение", 1985- 127 с.
2. T. Maeno, S. Hiromitsu and T. Kawai, Control of Grasping Force by Detecting Stick/Slip Distribution at the Curved Surface of an Elastic Finger // Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, 2000- P. 3896-3901.
3. M.H.Raibert, John J.Craig, Hybrid Position/ Force Control of Manipulators // Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control 102, 1981- P. 126-133.
4. N. Hogan, Impedance Control: An Approach to Manipulation: Part 1-3 // Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control 107, 1985- P. 134-138.
5. Y. Shoji, M. Inaba, T. Fukuda, Impact Control of Grasping // IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 38, No. 3, 1991- P. 187-194.
6. Taro Takashi, Toshimitsu Tsuboi "Adaptive grasping by multi fingered hand with tactile sensor based on robust force and position control" IEEE International Conference on robotics and automation pasadena, CA, USA, 2008- P. 264-271.