

CONTACT SENSOR FOR ROBOTIC APPLICATIONS - VERIFICATION OF FUNCTIONALITY

P. Krejčí, R. Vlach, R. Grepl*

Summary: *The information about interaction between robotic parts and surroundings is necessary for intelligent control of robot behavior. The simplest example of such interaction is mechanical contact between working part of robot and surroundings. Than the knowledge of contact characteristic is important for robot control. This mechanical contact could be described by vector of contact force which includes information about force magnitude as well as information about orientation and contact point. The information about contact force vector will allow to predict the geometry of subject which is in the contact with robots parts and modify robots behavior. This kind of sensor can be used for control of robotic hand gripping force as well as for detection of collision between robot and surrounding. This paper deals with design of contact sensor for robotic application and verification of its functionality which was proof by numerical and also by experimental verification.*

1. Úvod

Tento článek se zabývá konstrukcí a ověřením funkčnosti snímače vektoru síly, který je vyvíjen pro aplikace v oblasti robotiky, kde znalost vektoru kontaktní síly umožní zlepšení činnosti robota. Uvedená práce navazuje na předchozí publikace zaměřené na toto téma.

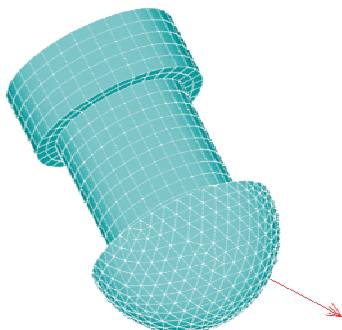
V robotických aplikacích je pro inteligentní řízení činnosti robota nebo jeho části potřebná znalost interakce s prostředím. Nejjednodušším způsobem takovéto interakce je kontakt funkční části robota s okolím. Znalost charakteristik kontaktu je tedy důležitá pro jeho řízení. Požadavky kladené na senzor tedy vyplývají z požadavků na řízení robota a zahrnují v sobě identifikaci velikosti, orientace a bodu kontaktu konce nohy robota s okolím. Právě požadavek znalosti vektoru kontaktní síly vede na specifickou konstrukci senzoru.

2. Princip činnosti senzoru

Princip činnosti daného senzoru je založen na měření přetvoření aktivní části snímače pomocí tří tenzometrů a následná identifikace velikosti a vektoru zátěžné síly pomocí neuronové sítě. Pro správnou činnost neuronové sítě je zapotřebí dostatečné množství tréninkových vzorů, které vypočteným přetvořením v předpokládaných místech nalepení tenzometrů přiřazují příslušné vektory síly. K vytvoření tréninkové množiny je použit MKP

* Ing. Petr Krejčí, PhD., Ing. Vlach Radek, PhD., Ing. Robert Grepl, PhD. Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky. Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2896/2, 616 69 Brno. Tel.: +420 54114 2888, fax: +420 54114 2876, e-mail: krejci.p@fme.vutbr.cz

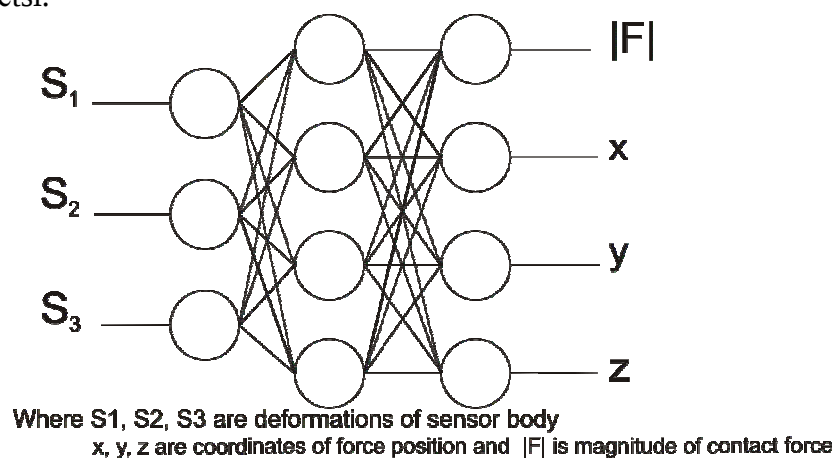
model snímače (obr. 1), simulující reálné podmínky zatížení a geometrii použitého snímače. K vytvoření dostatečně velké tréninkové množiny je zapotřebí provést velké množství výpočtových simulací s odlišnou velikostí zátěžné síly a pozicí působíště síly na „hlavě“ senzoru.



Obr. 1 MKP model snímače

3. Neuronová síť

Architektura použité neuronové sítě je znázorněna na obr.2. Vstupní vektor zahrnuje deformace těla senzoru v místech předpokládaného nalepení tenzometrů. Výstupní vektor obsahuje informace o kontaktní síle a pozici kontaktní síly na hlavě senzoru. V prvním kroku tohoto projektu obsahovala tréninková množina pro učení neuronové sítě 100 tréninkových vzorů. Toto množství tréninkových vzorů bylo použito jen z důvodů verifikace funkčnosti principu senzoru. Pro větší přesnost senzoru je v současné době používána tréninková množina daleko větší.



Obr. 2: Architektura neuronové sítě

4. Verifikace funkčnosti neuronové sítě

Kontaktní síla o velikosti 20N byla použita pro ověření funkce neuronové sítě. Pozice této kontaktní síly byla odlišná od pozic zátěžných sil, které byly použity pro trénink neuronové sítě. Přetvoření, simulovaná MKP modelem byla použita jako vstupní vektor naučené neuronové sítě. Výsledky simulace informací o výstupním vektoru pomocí neuronové sítě jsou v tab.1.

Tab. 1 Výsledky verifikace funkčnosti neuronové sítě

	Souřadnice kontaktní síly		Přesnost [%]
	Simulované pomocí MKP modelu (ANSYS)	Simulované pomocí neuronové sítě	
x [mm]	6.10	6.03	98.85
y [mm]	-3.31	-3.29	99.39
z [mm]	15.95	15.97	99.87

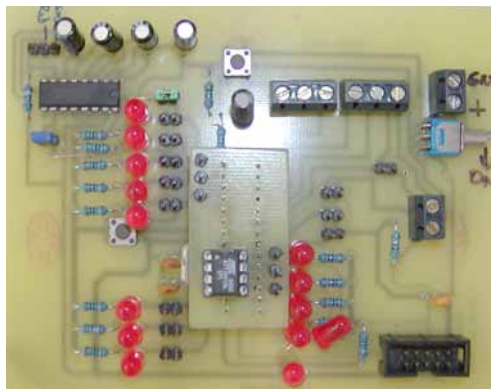
5. Výroba prototypu senzoru a návrh elektronické řídicí jednotky

V rámci tohoto projektu byl vyroben prototyp senzoru. Tento senzor je vyroben se slitiny hliníku. Uvedený senzor byl opáren tenzometry firmy HBM a je uveden na obr.3.



Obr. 3: Vyrobené prototypy senzoru kontaktní síly

Dále byla v rámci projektu navržena a odzkoušena vývojová elektronická deska (obr. 4), umožňující práci s procesory ATMEL AVR. Deska je určena pro vývoj a odladění aplikací založených na práci s mikrokontrolery při obsluze vnějších signálů. Tato deska je universální vývojovou deskou splňující požadavky při vývoji a ladění jednotlivých aplikací, přičemž je dále využívána pro implementaci obslužných procedur při zpracovávání a vyhodnocování naměřených přetvořeních pomocí vytvořeného snímače. Tato deska je využívána pro implementaci neuronové sítě, která na základě přetvoření naměřených tenzometry určuje vektor kontaktní síly.



Obr. 4: Universální řídicí deska pro práci s mikrokontrolery ATMEL AVR

6. Závěr

V rámci tohoto projektu byl odzkoušen princip navrženého senzoru na vyrobeném prototypu (Obr. 4). Experiment potvrdil funkčnost dané konstrukce a ukázal další směry výzkumu zejména v oblasti zvyšování citlivosti snímače v osovém směru.

Na dosažené výsledky je možné navázat v několika směrech dalšího výzkumu. Kromě již zmíněné oblasti optimalizace konstrukce s cílem zvýšení citlivosti snímače lze pokračovat i v další miniaturizaci elektronické řídicí jednotky a implementaci této jednotky do těla senzoru.

7. Poděkování

Publikovaných výsledků bylo dosaženo za podpory ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky, výzkumný záměr MSM 0021630518 "Simulační modelování mechatronických soustav".

8. Literatura

- Schwarzinger Ch., Supper L. & Winsauer H. (1992) Strain gauges as sensors for controlling the manipulative robot hand OEDIPUS: RAM vol. 8, pp.17-22.
- Krejčí, P. (2005) Contact Sensor for Robotic Applications, *Engineering Mechanics*, vol. 12, č. A1, str. 257-261, 2005, ISSN: 1210-2717
- Zezula, P. Grepl, R. (2005) Optimization and Design of Experimental Bipedal Robot, *Engineering Mechanics*, vol. 12, č. A1, str. 293-300, rok: 2005, ISSN: 1210-2717