

Ovládanie pohybu robotického ramena pomocou rukavice so snímačmi

Control movement of the robotic arm using a glove with sensors

Peter Girovský¹

¹peter.girovsky@tuke.sk

¹Katedra elektrotechniky a mechatroniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, 04200 Košice, Slovenská Republika

Abstrakt— Tento článok sa zoberá návrhom ovládania robotického ramena pomocou dátovej rukavice. Zostrojená dátová rukavica slúžila pre snímanie polohy ruky človeka, pričom k snímaniu týchto pohybov boli použité snímače ohybu a snímač zrýchlenia. Pre pohon robotického ramena boli použité servopohony Dynamixel zo stavebnice Bioloid. Riadiaci program pre ovládanie robotického ramena pomocou dátovej rukavice bol zostavený v prostredí MATLAB.

KLúčové slová— robotické rameno, dátová rukavica, snímač ohybu, servopohon, akcelerometer

Abstract — In this article is presented design a robotic arm controlled by data glove. Constructed data gloves was used for detecting the position of people hand, with the sensing these movements were used bending sensor and acceleration sensor. For moving the robotic arm was used Dynamixel actuators from Bioloid kit. Control program to control a robotic arm using a data glove was made in MATLAB.

Keywords— robotic arm, data glove, flex sensor, actuator, accelerometer

I. ÚVOD

Robotika má v dnešnom dobe svoje nenahraditeľné miesto najmä v oblasti priemyslu, kde si bez robotov už nevieme predstaviť žiadne automatizované pracovisko. Automatické roboty sú s výhodou používané kvôli vysokej rýchlosti a presnosti výroby. Robotika predstavuje komplexnú vednú oblasť, ktorá je úzko previazaná s elektronikou, elektrotechnikou, mechanikou, ako aj so softwarovým vybavením pre samotné riadenie robota. Prvý priemyselný robot bol nasadený do praxe už v roku 1961 firmou Unimation, kde jeho hlavnou úlohou bolo premiestňovať objekty. O tej dobe robotika prešla obrovským vývojom a dnes sa s robotmi stretávame nielen na poli priemyselnej využiteľnosti, ale aj v iných oblastiach.

V poslednej dobe sa robotické systémy s ovládaním na diaľku stávajú jedným z najrozšírenejších druhov robotických systémov. Takéto robotické systémy nachádzajú svoje využitie v lekárstve, v záchranných akciách alebo v iných situáciách, kde sa namiesto ľudí posielajú do nebezpečného prostredia. Ovládanie takýchto robotických systémov na diaľku je možné pomocou rôznych spôsobov. Jeden z možných spôsobov je založený na snímaní pohybov človeka, ktorý takéhoto robota ovláda. Na snímanie pohybov existuje niekoľko systémov, pri ktorých sa využívajú napr.:

- infračervené kamery,
- magnetické systémy,
- mechanické systémy.

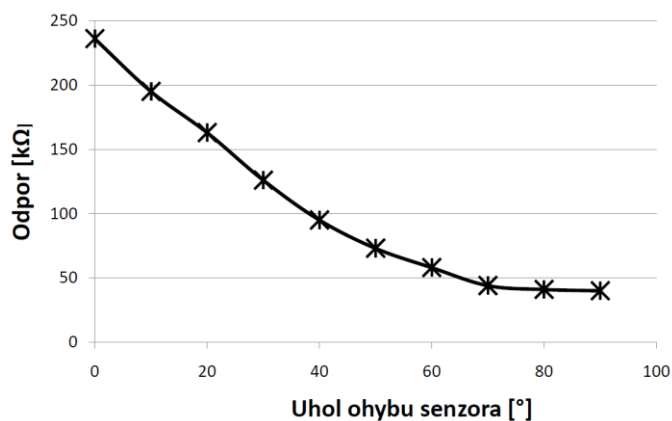
V tomto príspevok chceme predstaviť možnosť ovládania robotickej ruky pomocou snímania pohybu ľudskej ruky. Pre snímanie pohybov ruky bude použitá dátová rukavica. Na trhu existuje niekoľko typov dátových rukavíc, ktoré v podstate slúžia pre rovnaký účel. V našom prípade bola zostrojená dátová rukavica, v ktorej pre snímanie pohybu prstov slúžili snímače ohybu a pre snímanie pohybov celej ruky bol použitý akcelerometer.

II. DÁTOVÁ RUKAVICA

Základom vyrobenej dátovej rukavice, zobrazenej na obr.2 sú snímače ohybu, uložené v prstoch rukavice, akcelerometer a riadiaca elektronika.

A. Snímač ohybu

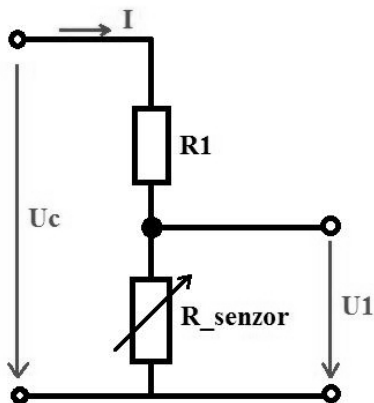
Snímač ohybu, zobrazený na obr. 3, predstavuje nereverzibilný snímač, čo znamená, že pre pozitívny, alebo negatívny smer ohybu dostávame rovnakú výstupnú hodnotu odporu v závislosti na uhle ohybu. Nevýhodou tohto snímača je nelineárna závislosť odporu na uhle ohybu. Charakteristika snímača je zobrazená na obr. 1.



Obr. 1. Závislosť zmeny odporu od uhla ohybu snímača

Pre dátovú rukavicu boli použité tri snímače ohybu, čo plne postačuje na ovládanie úchopovej časti robotickej ruky. Princípiálne tento ohybový snímač predstavuje napäťový

delič, kde odpor snímača, resp. výstupné napätie snímača (napät'ového deliča), je úmerné uhlu ohybu senzora.



Obr. 2. Zapojenie snímača ohybu ako napät'ového deliča

Výslednú hodnotu napätia U_1 zo snímača, ktorá sa ďalej používa pre ovládanie polohy úchopovej časti robotického ruky, môžeme určiť podľa nasledujúceho vzťahu (1), kde R_{senzor} predstavuje odpor snímača, R_1 je prídavný odpor, a U_c je napájacie napätie 5V.

$$U_1 = \frac{R_{senzor}}{R_1 + R_{senzor}} \cdot U_c \quad (1)$$

Následne výslednú hodnotu prúdu môžeme definovať vzťahom:

$$I = \frac{U_c}{R_1 + R_{senzor}} \quad (2)$$



Obr. 3. Snímač ohybu

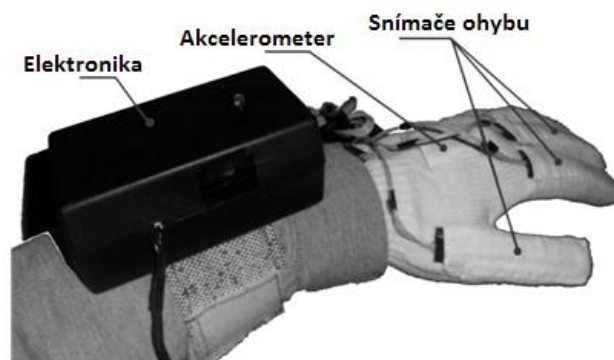
B. Akcelerometer

Pre snímanie náklonu ruky dopredu a dozadu, resp. doprava a doľava bol použitý akcelerometer MMA7361L.

Akcelerometer MMA7361L je trojosí akcelerometer od firmy Freescale s rozsahom zrýchlení 1,5g alebo 6g (v kladnom aj zápornom smere). Pri nepripojenom G-SEL pine je defaultne nastavené zrýchlenie 1,5g s citlivosťou 800 mV/g. Pri pripojenom pine je 6g s citlivosťou 206 mV/g. Pre snímanie pohybu ruky dostatočne postačuje zrýchlenie 1,5g. Pri tomto zrýchlení boli na akcelerometri zmerané hodnoty napätí vo všetkých troch osiach. Tieto hodnoty následne slúžili na riadenie pohybov celej robotického ruky.

C. Riadiaci program dátovej rukavice

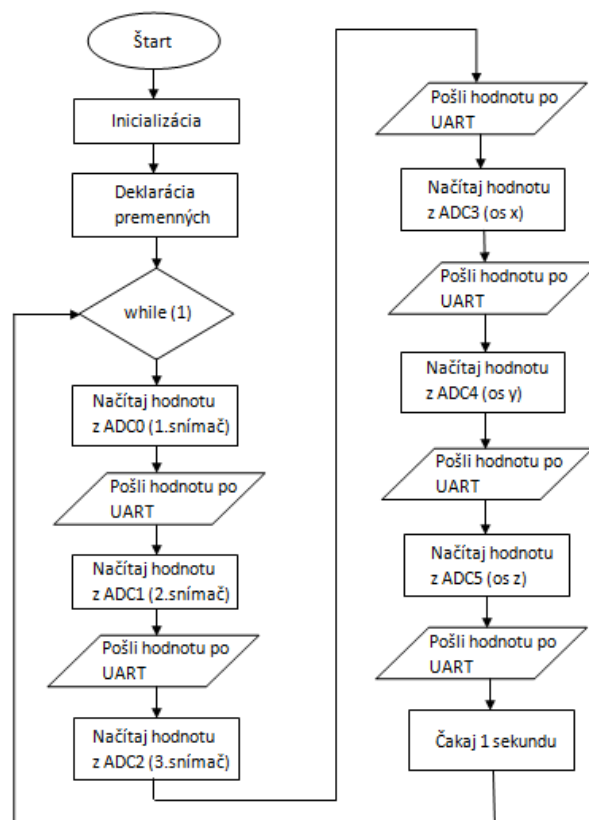
Pre riadenie celkového chodu dátovej rukavice, zobrazenej na obr.4 a komunikácie cez sériovú linku s programom Matlab, bol použitý mikrokontrolér ATmega8A.



Obr. 4. Dátová rukavica

Pri inicializácii sa nastaví frekvencia mikrokontroléra a rýchlosť prenosu po sériovej linke. V programe main sa ďalej inicializuje ADC prevodník pre načítavanie hodnôt. Riadiaci program funguje tak, že v cykle while sa dookola načítavajú hodnoty z ADC portov, čiže hodnôt zo senzorov ohybu a z troch osí akcelerometra. Nakoniec sa každá hodnota pošle cez sériovú linku do počítača. Tento cyklus načítavania a posielania sa opakuje do nekonečna.

Principiálna schéma riadiaceho programu je zobrazená pomocou vývojového diagramu na obr.5.



Obr. 5. Vývojový diagram riadiaceho programu

III. OVLÁDANIE ROBOTICKEJ RUKY POMOCOU DÁTOVEJ RUKAVICE

Robotická ruka, zobrazená na obr. 7, bola zostrojená pomocou dielov stavebnice Bioloid Premium, kde pre pohyb boli použité servopohony Dynamixel AX-12A (obr. 6). Tieto servopohony je možné ovládať s relatívne dobrou presnosťou, pričom rozlíšenie pre rýchlosť a pre polohu je definovaná na

1024 krokov. Napriek svojej kompaktnej veľkosti, dokáže produkovať točivý moment 1,62 Nm pri napätí 10V. Na základe týchto vlastností bol vybraný tento typ pohonu pre návrh robotického ramena. Robotická ruka pozostávala celkovo zo siedmich servopohonov Dynamixel AX-12-A, z ktorých tri servopohony slúžili pre ovládanie úchopovej časti ruky, tri servopohony slúžili pre pohyb dopredu/dozadu a jeden servopohon pre otáčanie sa. Týmto spôsobom sa dokázala robotická ruka pohybovať v osiach x, y, z a ovládať uchopenie objektov.



Obr. 6. Dynamixel AX-12A

Na riadenie a sledovanie pohonov Dynamixel AX12-A slúži tzv. riadiaca tabuľka. Používateľ môže riadiť Dynamixel tým, že zmení hodnotu inštrukcie v tabuľke. V našom prípade bolo potrebné ovládať parametre momentu, rýchlosti a aktuálnej polohy servopohonov.

Ovládať servopohony Dynamixel je možné rôznymi spôsobmi. V tomto prípade bola robotická ruka a jej servopohony ovládané pomocou programu napísaného v jazyku C-mex v prostredí Matlab. Pre komunikáciu medzi aktuátormi Dynamixel a Matlabom bol použitý prevodník USB2Dynamixel. Tento prevodník zabezpečuje komunikáciu cez USB port počítača tromi možnými spôsobmi a to pomocou:

- TTL logiky pre servomotory s 3 pinovými konektormi
- RS485 pre servomotory so 4 pinovými konektormi
- RS232 pre komunikáciu cez sériovú linku s riadiacou jednotkou, prípadne pre bezdrôtovú komunikáciu.

V tomto prípade bola použitá half-duplex asynchrónna sériová komunikácia medzi matlabom a servomotormi robotického ramena pomocou TTL logiky. Manažment komunikácie medzi aktuátormi je realizovaný pomocou paketov. Pomocou inštrukčného balíku sú zasielané riadiace informácie pre servomotory.

```
0xFF 0xFF ID length instruction Parameter 1 Parameter N Checksum
```

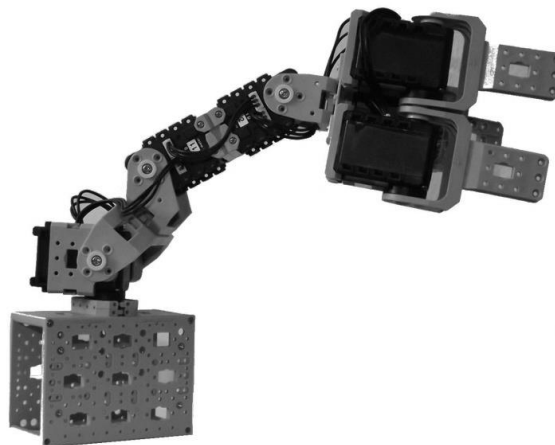
Inštrukčný balík pozostáva z počiatočnej inicializácie, z ID čísla servopohonu, pre ktorý je daný balík určený, dĺžky balíku, čísla samotnej inštrukcie s jednotlivými parametrami a následne je ukončený kontrolným súčtom.

Stavový balík zasiela žiadané informácie o stave pohonu a jeho syntax je podobná ako v prípade inštrukčného balíku.

```
0xFF 0xFF ID length error Parameter 1 Parameter N Checksum
```

Vzhľadom k výpočtu kontrolného súčtu musí byť pôvodne 16-bitový balík prepočítaný pre využitie v pre 10-bitový systém. Pre ovládanie robotického ramena pomocou dátovej rukavice bolo potrebné napísať dva samostatné programy. Najskôr bol vytvorený program pre komunikáciu s dátovou rukavicou, kde prebiehalo načítavanie hodnôt z dátovej rukavice do Matlabu cez už spomínaný prevodník USB2Dynamixel. V druhom kroku bolo potrebné vytvoriť program pre komunikáciu a ovládanie servomotorov dynamixel

a prepojiť ho s programom pre získavanie informácií z dátovej rukavice.



Obr. 7. Robotické rameno zostrojené z pohonov Dynamixel

ZÁVER

Hlavným cieľom tohto príspevku bolo predstaviť spôsob ovládania robotického ramena, zostrojeného z dielov stavebnice BIOLOID, pomocou dátovej rukavice. Samotné dátové rukavice sú pomerne drahou záležitosťou, preto toto riadenie bola zostrojená vlastná dátová rukavica. Pre riadenie dátovej rukavice bol použitý mikrokontrolér ATmega. Ako snímače polohy prstov slúžili snímače ohybu a pre snímanie náklonu ruky v troch osiach bol použitý akcelrometer.

Ako už bolo spomenuté, samotná robotická ruka bola zostrojená z dielov stavebnice BIOLOID Premium. Hlavný riadiaci program, ktorý zabezpečoval komunikáciu a riadenie robotického ramena pomocou dátovej rukavice bol napísaný v programe Matlab. Pre ďalšie vylepšenia tejto robotického ramena by bolo vhodné využiť profesionálne snímače ohybu, ktoré sú presnejšie a taktiež využiť bezdrôtovú komunikáciu so zostrojenou robotickou rukou.

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla s podporou grantu VEGA 1/0464/15



Vďaka za podporu projektu VaV operačného programu, Centrum excelentnosti výkonných elektronických systémov a materiálov pre ich komponenty II. No. OPVaV-2009/2.1/02-SORO, ITMS 26220120046 financovaného Európskym fondom regionálneho rozvoja (ERDF).

LITERATÚRA

- [1] P. Karbanl, Matlab a Simulink: Calculation and Simulation in the Programms. Brno: Computer Press, 2006
- [2] Freescale, MMA7361L Datasheet, Available at: http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7361L.pdf
- [3] Atmel, ATmega8A Datasheet, Available at: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8159-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8A_datasheet.pdf
- [4] Dynamixel AX-12 Manual, Available at: http://www.robotis.com/xe/bioloid_en
- [5] USB2Dynamixel Manual, Available at: http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/interface/usb2dx1_manual.htm
- [6] M. Kunderát, Robotic hand: Diploma thesis. Košice: TU FEI, 2014

P. Girovský sa narodil v roku 1979 vo Vranove nad Topľou. V roku 2003 získal titul Ing. a v roku 2009 získal titul PhD. na Fakulte elektrotechniky a informatiky TU v Košiciach. V súčasnosti pracuje ako odborný asistent na Katedre elektrotechniky a mechatroniky FEI TU v Košiciach.