

Funkčný model štvornohého robota Youpy

Michal Kelemen, Tatiana Kelemenová, Jaromír Jezný

Abstrakt

Článok sa zaoberá vývojom didaktického modelu robota Youpy, ktorý sa pohybuje pomocou štyroch nôh. Každá noha má dva stupne voľnosti a pri vlastnom riadení pohybu sa vychádza zo snímanej okamžitej polohy nôh. V článku je navrhnutý aj algoritmus pohybu robota.

Kľúčové slová: robot, mechatronika, lokomócia pomocou nôh, mikropočítač, snímače

Úvod

Priemyselné roboty majú stále veľký rastový potenciál vo svojich klasických oblastiach použitia i v "nových" oblastiach použitia. Popri nich sa vyvíjali súčasne aj servisné roboty. Pole ich aplikácií je rôznorodé – strojársky priemysel a elektrotechnický priemysel (montáž, demontáž, technologické operácie), jadrová energetika (manipulačné práce a pod.), zdravotníctvo (endoskopia, operačné zákroky, manipulačné práce a pod.), stavebníctvo (sanačné, demolačné práce, manipulačné úlohy a pod.), taktické účely (špionážne a prieskumné práce, navigácia a transport zbraní, hľadanie a odstraňovanie mín a výbušnín, boj s teroristami a záchranárske práce), práce v nebezpečnom prostredí (monitorovanie, diagnostika, čistenie, manipulácia, opravy a pod.).

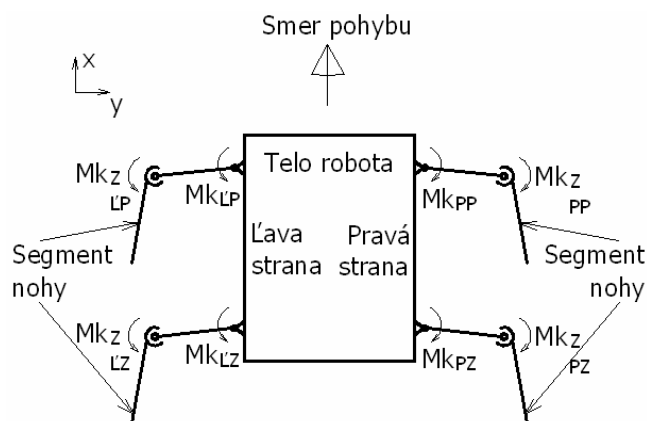
Zatiaľ čo priemyselné roboty zvyčajne pracujú v štruktúrovanom prostredí a používajú ich skúsení programátori alebo operátori, u servisných robotov je to inak. Priemyselné roboty sú v štruktúrovanom prostredí, v ktorom majú všetky objekty definované polohy alebo trajektórie. Úlohy, ktoré majú byť vykonávané sú naplánované pred tým, ako robot začne automaticky vykonávať explicitné programy. Naopak, servisné roboty musia byť schopné navigovať sa cez neštruktúrované prostredie prostredníctvom multisenzorového spracovania informácií a automatickým plánovaním dráhy, servisné roboty musia byť schopné pružne generovať v kontexte postupnosti úloh, aby sa prispôbili "turbulentným" podmienkam prostredia.

Robot Youpy patrí medzi kráčajúce mobilné servisné roboty, pričom využíva lokomóciu pomocou štyroch nôh. Jeho konštrukcia vychádza z biologickej inšpirácie štvornohých živočíchov. Jeho nohy sú tvorené dvoma rovinnými kĺbovými rotačnými väzbami. Keďže každá noha je riadená samostatne, má výborne predpoklady pre pohyb v členitom teréne. V článku je popísaný jeho vývoj a návrhy pre ďalšie smerovanie jeho vývoja.

1. Princíp pohybu

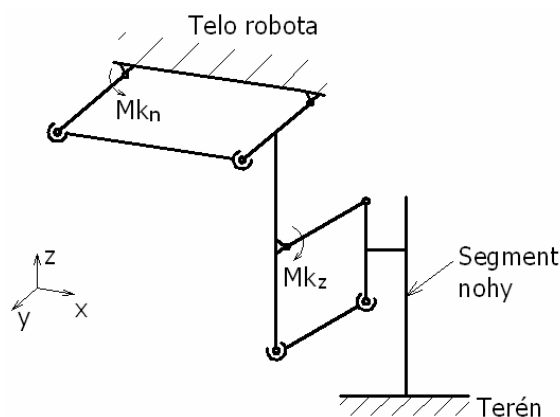
Hlavnou funkciou robota je pohyb v členitom teréne za účelom plnenia manipulačných prác a pod. Konštrukcia robota vychádza z usporiadania naznačeného na kinematickej schéme (obr. 1), pričom jednotlivé nohy sú dvoma rovinnými kĺbmi. Pri návrhu kinematiky nôh boli využité rovinné parale-

logramy, ktoré sa vyznačujú viacerými výhodami vyplývajúcimi z ich konštrukcie (obr. 2).



Obr.1 Kinematická schéma usporiadania nôh robota Youpy [1]

Fig.1 Kinematic scheme of the legs arrangement Youpy robot [1]



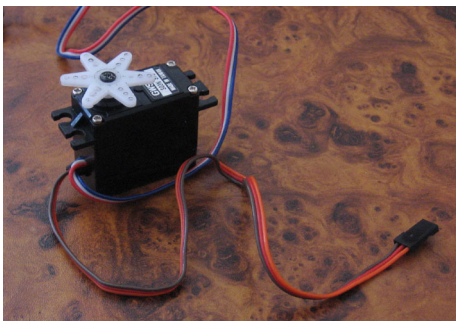
Obr.2 Kinematická schéma usporiadania nohy [1]

Fig.2 Kinematic scheme of the leg arrangement [1]

2. Konštrukčné riešenie robota

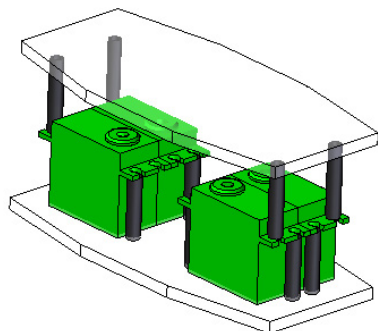
Na základe analýz bol vybraný ako akčný člen polohový servomechanizmus typu GWS S03N (obr. 3) (maximálny krútiaci moment 0,24 Nm, maximálna rýchlosť otáčania 0,23

sec/60°) [2]. Ide o servomechanizmus využívaný najmä v RC modeloch pre polohovanie mechanizmov. Je zložený z jednosmerného elektromotora, prevodovky a späťvzbovového riadenia uhla natočenia výstupného hriadeľa. Rozsah uhlového natočenia je 180°. Zadávanie žiadanej hodnoty uhla natočenia je realizované pomocou šírko-impulznej modulovaného signálu obvykle využívaného u týchto typov zariadení.



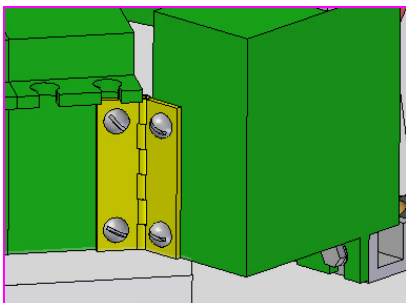
Obr.3 Polohový servomechanizmus robota
Fig.3 Position servomechanism of the robot

Rám konštrukcie (obr.4) je tvorený základovými doskami, ku ktorým sú pomocou dištančných stĺpov pripojené servo-mechanizmy pre natáčanie bedrových kĺbov.



Obr.4 Polohový servomechanizmus robota [1]
Fig.4 Position servomechanism of the robot [1]

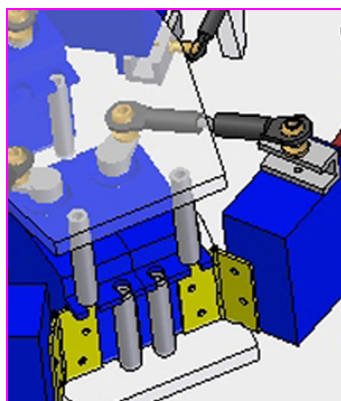
Samotný bedrový kĺb je tvorený rovinným kĺbom realizovaným priamo medzi krytmi polohových servomechanizmov určených pre pohon bedrového a kolenného kĺbu (obr.5). Hnací otáčavý účinok bedrového polohového servomechanizmu je z výstupného hriadeľa servomechanizmu ďalej prenášaný pomocou pákového (kľukového) mechanizmu (obr.6), ktorý spolu s bedrovým kĺbom tvorí nepravidelný štvorkĺbový mechanizmus. Tento mechanizmus vznikol ako modifikácia pôvodnej myšlienky paralelogramu.



Obr.5 Bedrový kĺb robota [1]
Fig.5 Hip joint of the robot [1]

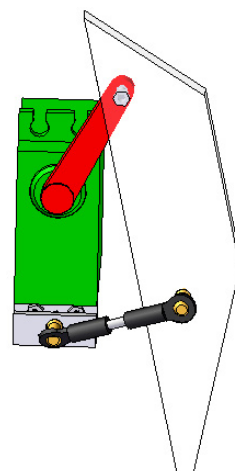
Pôvodná koncepcia kolenného kĺbu (obr. 7) bola tiež založená na princípe paralelogramu. V konštrukčnom riešení (obr. 7) je však jeden s kĺbov posunutý čím je možné dosiahnuť pohyb segmentu nohy nielen vo zvislom smere ale aj v priečnom smere. Tento pohyb uľahčuje presun ťažiska robota pri vlastnej realizácii lokomócie.

Celkové konštrukčné riešenie usporiadania mechanizmov a akčných členov je na obr. 8.



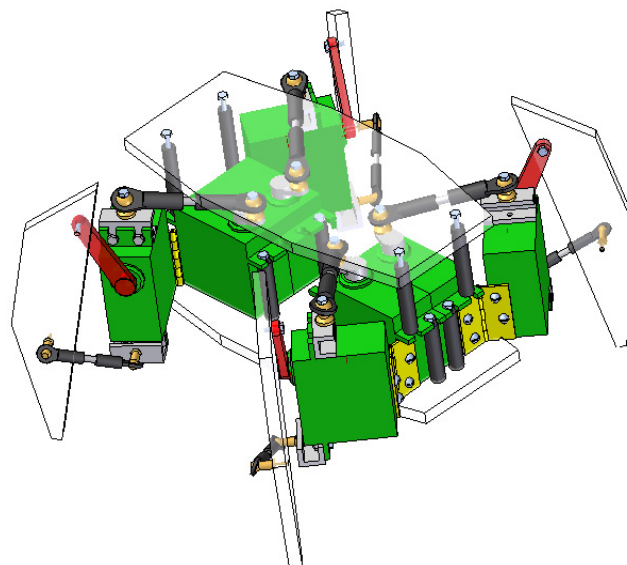
Obr.6 Pákový mechanizmus prenosu krútiaceho momentu bedrového kĺbu

Fig.6 Lever mechanism for torque transmission in hip joint



Obr.7 Rovinný mechanizmus prenosu krútiaceho momentu kolenného kĺbu

Fig.7 Plane mechanism for torque transmission in knee joint

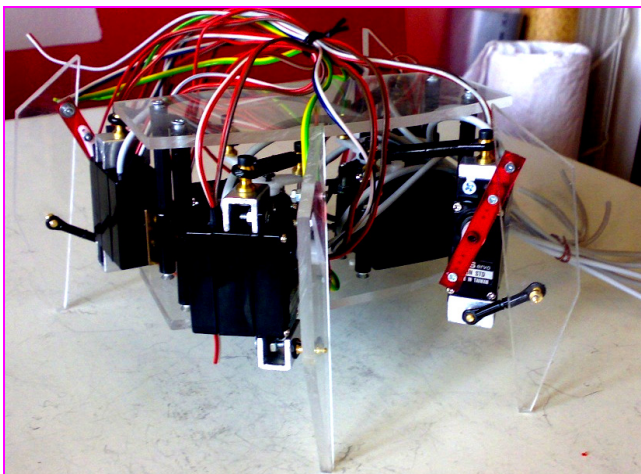


Obr.7 Usporiadanie mechanizmov a akčných členov robota

Fig.7 Arrangement of the mechanisms and actuators of the robot

Na tomto 3D modeli bol simulované pohybové trajektórie jednotlivých kĺbov a boli verifikované jednotlivé stavy pri, pri

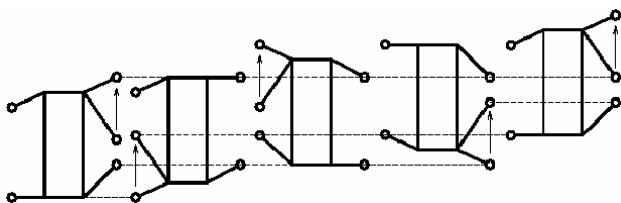
ktorých by mohlo dochádzať k nežiaducim interferenciám. Tento návrh bol následne zrealizovaný v podobe funkčného modelu (obr. 8).



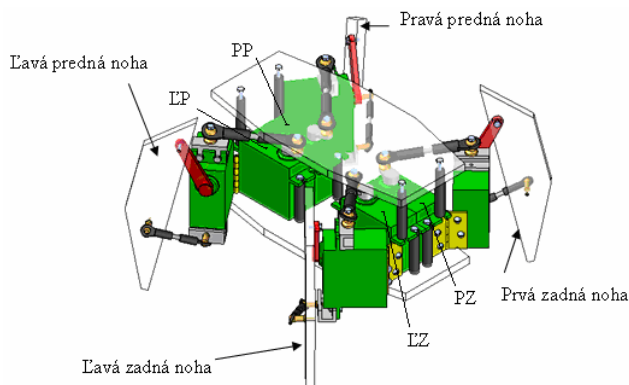
Obr.8 Funkčný model robota Youpy
Fig.8 Functional model of the robot Youpy

3. Riadenie pohybu robota

Riadenie pohybu robota kráčajúceho pomocou štyroch nôh je náročnejšie než u robotov so šiestimi a viacerými nohami. Robot v tejto konfigurácii nemá prirodzenú stabilitu ako majú roboty s viacerými nohami. Tento typ pohybu musí byť realizovaný tak aby sa pri vlastnom pohybe presúvalo ťažisko robota tak, aby mal robot zachovanú stabilitu. Pri každej fáze pohybu musí stáť robot minimálne na troch nohách tak, aby jeho ťažisko bolo vo vnútri trojuholníka, ktorý opisujú kontaktné body týchto troch nôh s podložkou. Štvrtá noha pritom musí realizovať presun do novej polohy. Takto postupne dôjde k presunu všetkých štyroch nôh a teda aj celého robota. Cyklickým opakovaním tejto sekvencie je možné dosiahnuť výsledný pohyb v žiadanom smere (obr. 9).



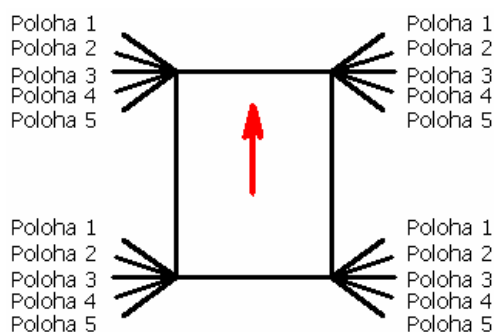
Obr.9 Sekvencia pohybu robota pre lokomóciu dopredu
Fig.9 Motion sequence for forward robot locomotion



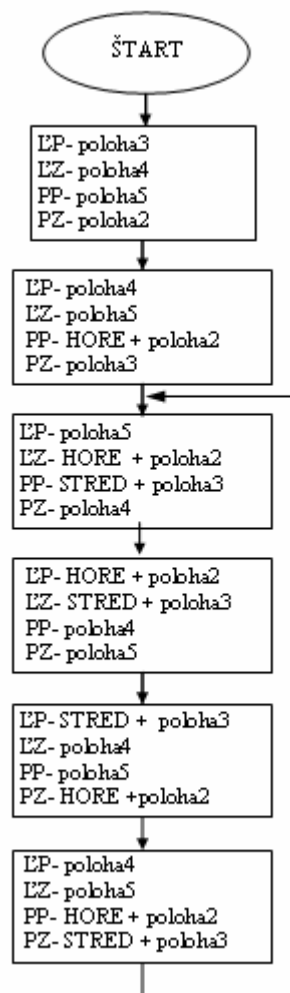
Obr.10 Označenie nôh robota
Fig.10 Marking of the robot legs

Pre vytvorenie vývojového diagramu boli zavedené označenia jednotlivých nôh robota (obr. 10). Následne boli definované pracovné polohy nôh (obr. 11). Vývojový diagram pre

pohyb dopredu je na obr. 12 a analogický je možné vytvoriť aj vývojové diagramy pre pohyb dozadu a otáčanie robota. Tento vývojový diagram bol potom použitý pri tvorbe programu. Pre odskúšanie algoritmu lokomócie bol experimentálne použitý jednočipový mikropočítač Basic Stamp 2. Pri týchto experimentoch bol mikropočítač a zdroj energie umiestnený mimo robota a riadiace signály a energia boli distribuované pomocou káblov.



Obr.11 Pracovné polohy nôh robota
Fig.11 Working positions of the robot legs



Obr.12 Vývojový diagram lokomócie robota dopredu
Fig.12 Flowchart of the robot forward locomotion

Maximálna rýchlosť pohybu robota po rovinnom povrchu, ktorá bola dosiahnutá bola 0,025m/s. Mikropočítač realizoval taktovanie pohybu na základe experimentálneho nastavenia dĺžky trvania jednotlivých etáp pohybu. Pôvodná koncepcia návrhu uvažovala so spätnoväzbovým riadením jednotlivých pohybov t.j., že taktovanie bude závisieť od doby trvania jednotlivých definovaných pohybov, ktoré si bude mikropočítač sledovať pomocou snímačov uhľového

natočenia. Tieto doby trvania pohybov budú závislé na zaťažení jednotlivých akčných členov a veľkosti napájacieho napätia energetického zdroja. Tento spôsob riadenia pohybu bude v najbližšej dobe ďalej vyvíjaný a testovaný. Pri návrhu sa zároveň uvažovalo s priestorovou integráciou riadiaceho člena a energetického zdroja priamo do robota, čo bude zrealizované po úspešnom dokončení riadenia pohybov nôh. V ďalšej etape vývoja sa počíta s aplikáciou bezdrôtového ovládania robota a zároveň by mal byť robot schopný aj samostatnej autonómnej činnosti.

Záver

Tento robot bol vyvinutý ako didaktická pomôcka pre výučbu predmetov na cvičeniach v študijných programoch Mechatronika a Všeobecné strojárstvo. Z tohto dôvodu pri jeho realizácii boli použité transparentne materiály.

Tento kráčajúci robot disponuje ôsmimi nezávisle riadenými stupňami voľnosti (t.j. ôsmimi akčnými členmi), čo spôsobuje komplikovanejší algoritmus pohybu. Oproti kolesovým robotom však tento spôsob pohybu umožňuje prekonávať členitý terén (relatívne vysoké prekážky, priehlbiny, strmé svahy a pod.). Keďže dochádza k neustálemu rozjazdu a brzdeniu pohybov použitých akčných členov je tento pohyb oproti kolesovej lokomócií energeticky náročnejší.

Všetky tieto výhody a nevýhody vyplývajú z konštrukčnej povahy nôh. Ide o sústavy niekoľko kinematických dvojíc, ktoré sú samostatne riadené počas jedného kroku. Preto sú kráčajúce mobilné roboty v porovnaní s kolesovými omnoho náročnejšie vo všetkých etapách vývoja projektu. Väčšina skonštruovaných robotov sú len laboratórnym exemplárom určený pre didaktické účely. Len nepatrné percento nájde uplatnenie i v praktických aplikáciách.

PodĎakovanie

Autori týmto ďakujú Slovenskej grantovej agentúre pre vedu GU VEGA 1/0201/08 „Výskum štruktúr a správania sa modulov mechatronickej mobilnej technickej sústavy na úrovni orgánov a stavebných prvkov za účelom zlepšenia vlastností mobilnej technickej sústavy“ a GU VEGA 1/4164/07 „Výskum špecifických problémov pri meraní dĺžok a bilancovaní neistôt merania“ za čiastkovú podporu tejto práce.

Literatúra

[1] LORKO, J.: Návrh didaktického modelu štvornohého robota. Diplomová práca. TU SJF KAMaM, Košice 2007, vedúci DP (doc. Ing. Michal Kelemen, PhD.)

[2] GWS [online] 2003 [cit. 2007-4-20] Dostupné na internete: <<http://www.gwsus.com/english/english.htm> >

Abstract

The paper deals with four legged walking robot Youpy. The robot has been designed as didactic model for educational purposes. It has 8 degree of freedom in legs, so controlling of locomotion is complicated. As actuator is used standard servo which is commonly used for radio controlled models. After the simulations realised on 3D model, the functional model has been constructed. Designed flowchart of the forward locomotion has been verified on functional model. Maximum velocity for forward locomotion is 25 cm/s. Design and development of the robot is not yet finished. Next step will be design of the feedback control of the motions.

Michal Kelemen, doc. Ing., PhD.

Technická univerzita v Košiciach
Strojnícka fakulta, Ústav špeciálnych technických vied
Katedra aplikovanej mechaniky a mechatroniky
Letná 9
042 00 Košice
Tel.: 00421 55 6022388
E-mail: michal.kelemen@tuke.sk

Tatiana Kelemenová, Ing., PhD.

Technická univerzita v Košiciach
Strojnícka fakulta, Ústav špeciálnych technických vied
Katedra biomedicínskeho inžinierstva, automatizácie a merania
Letná 9
042 00 Košice
Tel.: 00421 55 6022388
E-mail: tatiana.kelemenova@tuke.sk

Jaromír Jezný, Ing.

ZTS VVÚ Košice, a.s.
Južná trieda 95
040 01 Košice
Email: jeznyj@ztsvvu.eu