

CONTROLLER OF THE DA VINCI ROBOTIC ARM INSTRUMENT USING LABVIEW

Hana Vítová

Bachelor Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xvitov01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sekora

E-mail: sekora@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This project aim is to get to know capabilities of surgical Da Vinci robotic instrument made by Intuitive Surgical and to design an intuitive interface, which user could use to lead the instrument's movement. Control is via standard and common available computer accessories. The communication with Da Vinci is controlled by microcontroller via the serial communication protocol. Instructions are brought together by an virtual instrument designed in LabVIEW based on controllers inputs. The whole program contains a graphic user environment where the actual status of the hand and location of control pads is shown.

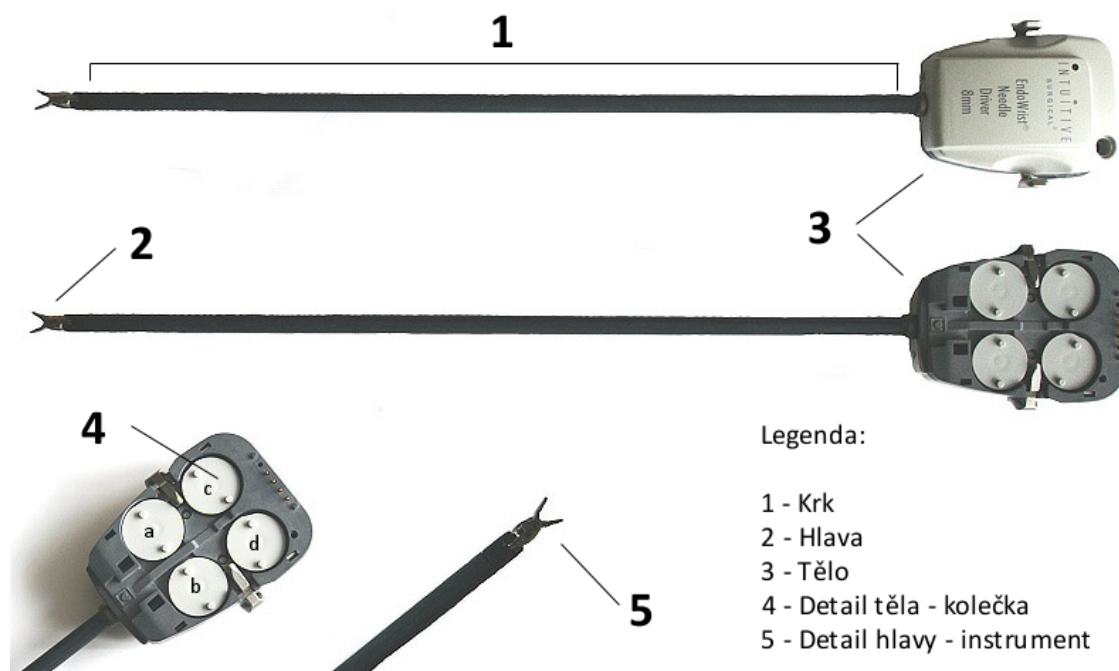
1 ÚVOD

Ke vzniku chirurgických robotů došlo v důsledku armádního výzkumu v 70. letech. Dnes jsou tyto operační sestavy běžně používány v nemocnicích na celém světě. Firma Intuitive Surgical v roce 1997 přišla na trh s robotem Da Vinci, který téhož roku provedl první klinickou operaci. Operační robot Da Vinci má celkem čtyři ramena, na jejichž koncích se nacházejí tzv. ruce – EndoWrist. Každá má na svém konci specifický nástroj.[1]

2 ZPŮSOB ŘÍZENÍ NÁSTROJE RUKY DA VINCI

Ruka se skládá z těla, krku a hlavy (obr. 1). Tělo tvoří nástavec, který obsahuje čtyři kolečka sloužící k ovládní hlavy – otevírání, zavírání, rotaci a náklonu. Kolečka jsou ovládány pomocí servomotorků. Pro stavy motorků lze získat celkem čtyři kombinace logických nul a jedniček, jež jsou základem komunikačního protokolu. Dohromady jsou možné tyto kombinace vyjádřitelné pomocí dvou bitů:

- 00 motorky stojí, lze s nimi volně otáčet
- 01 motorek se otáčí vpravo
- 10 motorek se otáčí vlevo
- 11 motorek stojí, nelze s ním volně otáčet



Obrázek 1: Nástroj nůžek robotické ruky Da Vinci

Celé tělo se přikládá na protikus ležící na rameni. Ocelová lanka vedou od koleček skrze dutý neohebný krk k hlavě a jejich zkracováním resp. prodlužováním dochází k jejímu ovládní. Tyto pohyby umožňují v závislosti na použitém nástroji uchopování či stříhání. Zakončovací prvek ruky s převodními kladkami (hlava) obsahuje vždy jeden určitý instrument, například různé uchopovače, skalpely či nůžky. Bez ohledu na použitý nástroj zůstávají stejné možnosti pohybu. S výjimkou skalpelu se vždy skládá ze dvou identických křídel.[1, 2]

Orientaci v prostoru, hloubku zanoření ruky i úhlové natočení ovládají ramena. Tyto pohyby nejsou v práci řešeny, práce je zaměřena pouze na řízení hlavy s nástrojem. Hlavní osy instrumentu otevírání a zavírání se navzájem ovlivňují. Výchozí poloha celého nástroje je rovnoběžné zarovnání hrotu nástroje s krkem. Pro zajištění snadné kontroly nad robotickou rukou byl zvolen herní ovladač – gamepad. Pomocí řízení jeho páček lze zdárně simulovat všechny kombinace pohybů ruky: pohyby do stran umožňují posun levého resp. pravého křídla, pohyby nahoru a dolů reprezentují rotaci a náklon. Ve všech dimenzích (tedy v ose x , y , z a v rotaci ruky) lze definovat body v celočíselném rozsahu až $(-32768, +32768)$, což představuje dostatečnou přesnost řízení pohybu.

3 PROGRAM V LABVIEW

Údaje pro ovládní jsou snímány ze zařízení připojeného k PC prostřednictvím USB sběrnice. Po jejich zpracování jsou signály přizpůsobeny pro přenos navrženým protokolem do 16bitového mikrokontroléru Motorola rodiny 68HC16, disponujícího dostatečnou rychlostí. Díky datové šíři mikrokontroléru mohou tak být dva bajty sloužící k ovládní nástroje zpracovány najednou. Při spuštění provede program detekci a kontrolu správného připojení gamepadu. Případná chyba zapojení vyvolává dialogové okno s popisem chyby a neumožní uživateli pokračovat v ovládní

nástroje.

Informace z gamepadu jsou zpracovávány kontinuálně. Proces je možné přerušit z uživatelského panelu nebo pomocí definovaného tlačítka. Data o směru pohybu jsou v programu vyhodnocena na základě stanovených mezí, včetně určité tolerance pro klidový stav pákových ovladačů (joysticků). Pokud vstupní souřadnice nevyhoví podmínkám pro konkrétní směr, pak je výsledkem logická 0, v opačném případě nabude výstup hodnoty 1. Ze dvou hodnot (kladná a záporná) pro každou ze čtyř os vznikne datové slovo o délce jednoho bajtu, dalších 6 bitů je využito jako rezerva a poslední dva pro zabezpečení přenosu protokolu. Zabezpečení ovládání je zajištěno kontrolním součtem pomocí funkce XOR, matematicky exkluzivní disjunkce, na základě které mikrokontrolér vypočte a ověří správnost přijatých povelů a teprve poté pohyby vykoná. Výpočet zabezpečení je uveden v rovnici (1) a (2).

$$a_0 \oplus a_2 \oplus a_4 \oplus a_6 \oplus b_0 \oplus b_2 \oplus b_4 = b_6 \quad (1)$$

$$a_1 \oplus a_3 \oplus a_5 \oplus a_7 \oplus b_1 \oplus b_3 \oplus b_5 = b_7 \quad (2)$$

Další úrovně zabezpečení nejsou třeba, protože lze pohyby hlavy kontrolovat vizuálně.

Uživatelské prostředí se skládá ze dvou záložek. První zobrazuje základní informace a nastavení. Pro každý pohyb obsahuje signalizační kontrolku. Druhá umožňuje pokročilá nastavení a detailnější informace o připojených zařízeních. Interakci mezi robotickou rukou a uživatelem, resp. programem v LabVIEW, zajistí komunikační protokol. Software zaznamenává pozice obou ovládacích páček a porovnává je s předdefinovanými hodnotami. Na základě toho určuje, ve kterém směru se má hlava pohnout. Tyto hodnoty jsou nastaveny speciálně pro každou orientaci, aby bylo možné zjistit záporný nebo kladný směr pomocí rozhodovacího bloku.

Každá dvojice bitů řídí jeden krokový motorek, ovládající konkrétní směr na ruce. Důsledkem náklonu levého pákového ovladače vpravo dojde k sepnutí prvního motorku a zahájení posunu křídla doprava. Protože může dojít k přetlačování statického křídla hlavy druhým, je zajištěno odblokování konkrétního ovládacího motorku.

4 ZÁVĚR

Využití gamepadu pro ovládání robotické ruky zajistí přesnější a intuitivnější obsluhu nástroje. Program v LabVIEW zpracovává pomocí ovládacího prvku pokyny uživatele a odesílá je 16bitovým komunikačním protokolem do cílového zařízení. Návrh počítá i s možnostmi rozšíření do budoucna, např. zpětnou kontrolou ramen a tvorbou nástavce ruky se servomotory.

REFERENCE

- [1] Intuitive Surgical : The da Vinci Surgical System [online]. cit. [2009-11-28]. Dostupný z <<http://www.intuitivesurgical.com/>>.
- [2] Gharagozloo, F., Farzad, N. Robotic surgery. New York: McGraw-Hill Medical, 2009. 418 s., ISBN 978-0-07-145912-9.