

STUDY REGARDING THE CONSTRUCTION AND USE OF SURGICAL ROBOTS

DAVIDESCU Andrei-Iulian, DINU Sabrina-Alexandra, OLTEANU Andreea-Anamaria
Facultatea: Transporturi, Specializarea: Ingineria Transporturilor, Anul de studii: I,
e-mail: sabrina555dinu@gmail.com

Conducător științific: Conf. dr. ing. Iulian TABĂRĂ

ABSTRACT: Robotic surgery is a type of minimally invasive surgery that allows complex operations to be performed without needing large incisions like in open surgery. It uses an intuitive system, which reproduces open operations, but at a higher level. In certain conditions, such as prostate, bladder or rectal cancer, the results of robotic interventions are better, with fewer risks and complications, compared to other less advanced surgical techniques.

Miniaturized surgical instruments of the order of millimeters are used, which are inserted through 4 incisions of only 5 mm. When performing surgery with the da Vinci Xi robot – the most advanced surgical robot in the world – these instruments are mounted on three separate robotic arms, which are articulated and have 7 degrees of freedom, allowing the surgeon a maximum range of motion and precision, superior to the human hand. The fourth arm contains a high-definition 3D video camera that guides the surgeon during the procedure.

CUVINTE CHEIE: roboți chirurgicali

1. Introducere

Roboții chirurgicali sunt cei care permit medicilor un acces mai facil în anumite zone folosind metode mai precise și mai puțin invazive.

Termenul de "robot medical" desemnează o mașină care este controlată de către un medic printr-o consolă computerizată. Consola poate fi în aceeași încăpere cu pacientul sau într-o locație din afară. Consolele pot avea unul sau mai multe brațe care sunt controlate de către medic pentru a face efectiv intervenția pe pacient.



Fig. 1 Primul robot folosit în medicină PUMA 560

Roboții medicali, de obicei sunt roboți care permit medicilor accesul mai ușor la zonele inaccesibile din corpul pacienților, folosind dispozitive precise și mai puțin invazive. Aceste structuri sunt cunoscute sub numele de roboți chirurgicali.

PUMA 560 (Kwoh et al, 1988 - Fig.1) a fost primul robot folosit pentru a poziționa cu precizie un ac pentru biopsia creierului folosit în neurochirurgie sub ghidare CT.

PUMA este un braț robotic industrial dezvoltat de Victor Scheinman la compania de robot pionier Unimation. Dezvoltat inițial pentru General Motors, PUMA s-a bazat pe proiectele anterioare pe care le-a inventat Scheinman în timp ce se afla la Universitatea Stanford.

2. Clasificarea roboților medicali

Roboții medicali sunt clasificați în: roboți de diagnostic; roboți folosiți la diverse terapii, inclusiv operații chirurgicale; roboți pentru asistarea pacienților; roboți chirurgicali; roboți de recuperare medicală; bioroboți; roboți cu teleprezență.

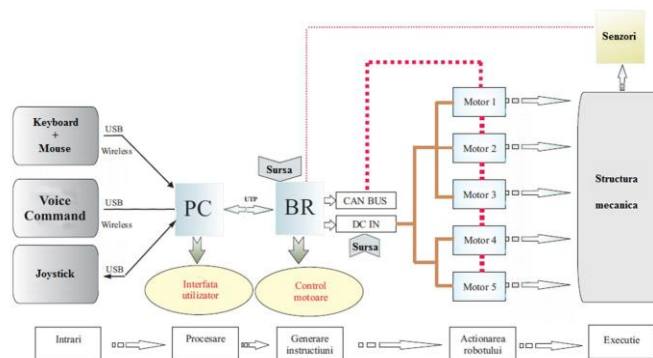


Fig. 2 Schema de acționare a unui robot chirurgical

În prezent se disting următoarele domenii de aplicabilitate a roboților chirurgicali:

- chirurgia generală;
- chirurgia cardiacă – bypass coronarian și înlocuirea valvei mitrale;
- chirurgia ginecologică – ramura cu cea mai mare dezvoltare, ginecologia benignă și cea oncologică;
- neurochirurgia;
- radiochirurgia – tratarea tumorilor folosind radiații de înaltă energie;
- ortopedia;
- urologia.

3. Structura unui sistem de simulare pentru roboți

Există diferite metode și tehnici de acționare (Fig. 2) și control al roboților (algoritmi de control): controlul roboților prin utilizarea soluțiilor clasice (variante de control PID - proporțional-integral-derivativ); controlul roboților prin utilizarea unor soluții avansate (algoritmi de tip fuzzy, PID adaptiv, algoritmi adaptiv-predictivi bazați pe model).

Algoritmii de identificare (algoritmii matematici) cel mai des implementați în aplicații sunt: algoritmi bazați pe utilizarea metodei celor mai mici pătrate sau algoritmi bazați pe utilizarea rețelelor neuronale.

Un PID controler (Fig. 3) este un mecanism generic de control cu bucla de feedback, utilizat pe scară largă pentru sistemele de control industrial. Acest controler calculează o "eroare", diferența dintre o variabilă de proces măsurată și o valoare de referință dorită, iar regulatorul încearcă să minimizeze eroarea prin ajustarea datelor de intrare folosite în controlul proceselor.

Un sistem de control fuzzy (Fig. 4) este un sistem de control bazat pe logica fuzzy - un sistem matematic care analizează valorile de intrare analogice în termeni de variabile logice care iau valori continue între 0 și 1, în contrast cu logica clasică sau digitală, care operează pe valori discrete fie 1 sau 0 (adevărat sau fals). Logica fuzzy este utilizată pe scară largă și în controlul mașinilor unelte.

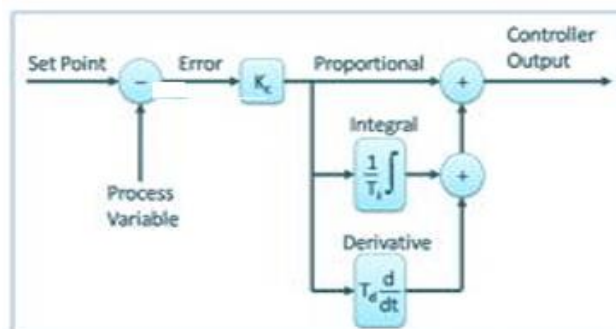


Fig. 3 Controller PID (proportional integral derivate)

Modelarea și simularea roboților presupune analiza unor structuri deja existente cu scopul de a îmbunătăți caracteristicile acestora prin evidențierea modificărilor structurale (de acționare sau de control) ce trebuie operate și proiectarea unor structuri complet noi, pentru care se dorește cunoașterea comportamentului, înainte de realizarea prototipului, sau de a impune un anumit tip de comportament pentru o structură generică.

Modelatorul – acest modul realizează o combinație a informațiilor geometrice și cinematice obținute în modulele corespunzătoare în vederea creerii modelului complet al robotului. Rezultatele acestei modelări sunt stocate în baza de date a modelului.

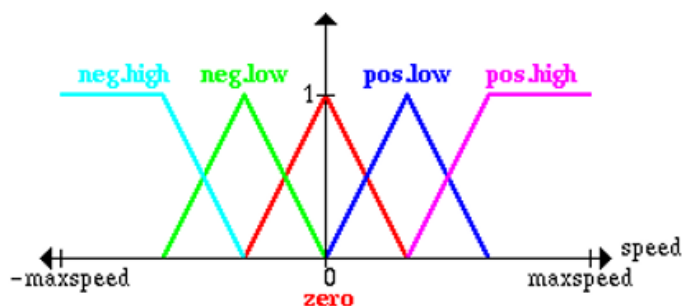


Fig. 4 Sistem de control fuzzy

Simulatorul - reprezintă principalul modul al sistemului de simulare. Se calculează în mod continuu în timpul unei sesiuni de simulare starea curentă a robotului în funcție de anumite comenzi.

4. Componentele unui simulator chirurgical

Modulul geometric: întocmirea listei cu elementele componente ale robotului; stabilirea parametrilor geometrici; stabilirea entităților care vor modela structura robotului; asocierea entităților și crearea unei baze de date cu entități.

Modulul cinematic: algoritmi pentru rezolvarea problemei cinematice directe; problema cinematică directă pentru viteze; problema cinematică directă pentru accelerații; algoritmi pentru rezolvarea problemei cinematice inverse; problema cinematică inversă; problema cinematică inversă pentru viteze și accelerații; algoritmi pentru generarea spațiului de lucru; algoritmi pentru identificarea singularităților; funcții de comandă pentru: calculul datelor de simulare; calculul coordonatelor tuturor punctelor aparținând structurii; evidențierea posibilelor singularități ale structurii robotului studiat;

verificarea încadrării deplasării motoarelor în cadrul spațiilor de mișcare maxime permise; verificarea încadrării mișcării cuplelor în limitele constructive impuse; verificarea situării punctelor în spațiul de lucru posibil al robotului; controlul respectării limitelor de viteză și accelerație cerute.

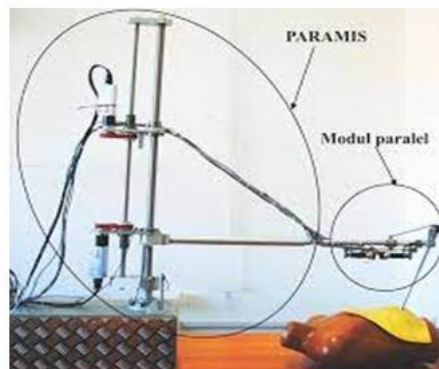


Fig. 5 Robotul Paramis

Modulul dinamic: rezolvarea problemei dinamice inverse; rezolvarea problemei dinamice directe.

Modulul grafic: sarcina principală a acestui modul este de a reprezenta grafic starea modelului robotului pe ecranul calculatorului. Acest modul conține funcții și structuri de date pentru: inițializarea și calculul transformărilor pentru ilustrarea modelului; reprezentarea grafică a modelului pe ecranul calculatorului; reprezentarea grafică a traiectoriei de mișcare; administrarea eficientă a meniurilor sistemului.



Fig. 6 Modelul experimental

Modulul de interpretare al erorilor: pentru asistarea programării s-a prevăzut un modul de semnalizare al erorilor. În cazul în care în timpul fazei de inițializare sau de simulare este înregistrată o eroare, utilizatorul este informat printr-un mesaj specific erorii. În fișierul erori.dat sunt sistematizate posibilele mesaje de eroare cu codul de eroare corespunzător. Sistemul de simulare este deschis și poate fi completat cu alte mesaje de eroare, dacă noi aplicații necesită acest lucru.

Robotul Paramis (Fig. 5) este un robot paralel cu 3 grade de libertate, care a fost dezvoltat în România (Fig. 6), utilizat pentru poziționarea camerei laparoscopice. Inputul permite utilizatorului de a controla o zonă mare de poziționare a laparoscopului folosind interfețe diferite precum: joystick; microfon; tastatura & mouse; dispozitiv haptic.

5. Modele de roboți chirurgicali - Sistemul chirurgical robotic Da Vinci

Robotul da Vinci Xi este un sistem computerizat interpus între chirurg și pacient care crește semnificativ contribuția medicului. Chirurgul - și nu "robotul" - efectuează operația și controlează complet sistemul robotic și procedura chirurgicală. Chirurgul face toate mișcările operatorii, dar cu tehnologie și instrumente care îi permit să vada mai bine, să controleze instrumentele intuitiv și să opereze dintr-o poziție ergonomică și confortabilă.

Sistemul chirurgical robotic Da Vinci Xi (Fig. 7) îi pune la dispoziție chirurgului un set avansat de instrumente (Fig. 8) pentru a efectua o intervenție minim invazivă asistată de robot. Nu „robotul” este cel care operează, ci medicul chirurg, folosindu-se de instrumentele avansate de care dispune sistemul da Vinci, pe care le conduce prin intermediul unei console.

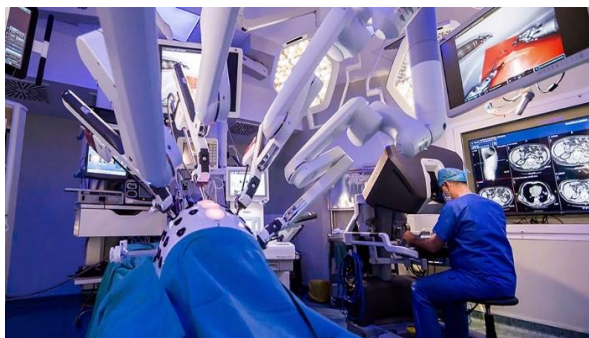


Fig. 7 Sistemul chirurgical robotic Da Vinci

Sistemul da Vinci traduce în timp real mișcările mâinii chirurgului, de la consolă, asupra instrumentelor cu care este operat pacientul. Sistemul robotic ofera o libertate de mișcare superioară mâinii umane, precum și o vedere tridimensională mult mărită, de înaltă definiție, a câmpului operator.

Dispozitivele haptice

Compania Force Dimension dezvoltă dispozitive haptice adaptate mâinii umane. Datorită preciziei deosebite, sistemele produse de această companie se folosesc atât pentru operarea roboților industriali cât și a celor folosiți în medicină, permițând operatorului uman să comande cu ușurință și în siguranță sisteme complexe.



Fig. 8 Instrumentele avansate de care dispune sistemul Da Vinci

Dispozitivul Omega7 (Fig. 9) este unul dintre cele mai avansate din lume la ora actuală, fiind în primul rând extrem de versatil. End-effector-ul său acoperă întreaga arie de mișcare a mâinii umane și este compatibil cu o teleoperare bi-manuală.

Dispozitivul Omega7 poate fi folosit în domenii multiple, cum ar fi: robotică medicală și spațială; Micro și nano manipuloare; Consolă de teleoperație; Simulări virtuale; Sisteme de training și cercetare.

Aceste dispozitive au numeroase avantaje, cum ar fi: distrugerea țesuturilor sănătoase este minimă; durata de spitalizare redusă; impactul psihologic al procedurii asupra pacientului este scăzut semnificativ; datorită sistemului robotic precizia intervenției este sub o sutime de milimetru; riscul unor tăieturi greșite (secționare de vase, atingerea unor nervi etc.) este minim; riscul infecțiilor intraoperatorii este minim; se pot realiza intervenții imposibile pe cale clasică.

6. Concluzii

Utilizarea inițială a roboților în chirurgie a început la sfârșitul anilor '80 când un robot industrial a fost utilizat pentru a susține instrumentele pentru biopsie stereotactică în neurochirurgie. Tot la sfârșitul anilor '80 IBM a construit primul robot utilizat în practica clinică, numit „Robo-doc”. Prima utilizare a unui robot în chirurgia umană a fost pentru o rezecție transuretrală a prostatei. În 1993 Computer Motion, Inc., a introdus un braț controlat prin voce, AESOPTM (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning), utilizat pentru susținerea instrumentelor, a opticii în chirurgia laparoscopică. Varianta sa, AESOPTM 2000 este primul robot controlat prin voce umană aprobat de Food and Drug Administration din Statele Unite. În 1998 Reichenspurner a introdus în practică, în Germania, Sistemul Robotic Microchirurgical ZEUS. Astăzi, cel mai complex și mai eficient robot aflat în uz este sistemul da Vinci.



Fig. 9 Dispozitivul haptic Omega7

În primul rând, un robot poate îndeplini, de obicei, lucruri cu o mult mai mare precizie decât omul. Aceasta furnizează o primă motivație în utilizarea sistemelor CAD/CAM. Roboții pot fi utilizați cu succes în cazul în care pacientul a fost radiat (de exemplu cu radiații X), nepunându-se astfel în pericol sănătatea echipei medicale.

Sistemele robotice chirurgicale sunt utilizate astăzi pentru aplicarea procedurilor invazive în tratamentul chirurgical al bolilor în domenii ca: neurochirurgie, cardiologie, toracică, ortopedie, urologie, ginecologie, chirurgie generală. În timp ce chirurgia cardiacă și cea urologică au luat avânt, chirurgia generală este încă la început. Doar câteva operații sunt făcute în zilele noastre utilizând roboți în domeniul chirurgiei generale.

7. Bibliografie

- [1]. [ROB_MED_C1_Pisla\(1\).pdf](#)
- [2]. [ROB_MED_C2_Pisla_Inov_Chirurgie\(1\).pdf](#)
- [3]. [ROB_MED_C3_Pisla_PARAMIS\(1\).pdf](#)
- [4]. [ROB_MED_C5_Pisla_Comanda_Roboti_medicali\(1\).pdf](#)
- [5]. <https://www.reginamaria.ro/ponderas/centru-de-chirurgie-robotica/ce-este>
- [6]. <https://smartliving.ro/roboti-medicali-extensie-a-chirurgului/>
- [7]. <https://docplayer.ro/190249423-Prof-dr-ing-doina-pisla.html>
- [8]. <https://www.sanador.ro/studiu-de-caz-chirurgie-robotica>
- [9]. <https://biblioteca.regielive.ro/referate/medicina/roboti-chirurgicali-101304.html>