

CESTER

ROBOTICA MEDICALA

CURS 1

Prof. Dr.Ing. Doina PISLA

CUPRINS

- Obiective.
- Introducere în tematica robotilor medicali.
- Concepte privind robotii medicali.
- Structura robotilor medicali.
- Terminologie.
- Notiuni de baza.
- Modelarea si simularea robotilor medicali.
- Bibliografie.

Objective



Obiectivul general:

- ▶ Familiarizarea studentilor cu dezvoltarea sistemelor robotice pentru aplicatii medicale

Obiective specifice:

- ▶ Cunoasterea arhitecturii robotilor pentru aplicatii din medicina
- ▶ Prezentarea si realizarea unor aplicatii pentru roboti utilizati în medicina
- ▶ Prezentarea de metode si tehnici utilizate în modelarea, simularea si comanda robotilor medicali;
- ▶ Evaluarea critica, cantitativa si calitativa pe baza de metode de analiza, planificare si selectie a sistemelor robotizate pentru medicina

Objective



Dupa parcurgerea acestui curs ar trebui sa cunoasteti si sa intelegeti:

- ▶ aspectele legate de rolul robotilor medicali;
- ▶ simularea si controlul robotilor medicali;
- ▶ metode si tehnici utilizate în modelarea, simularea si comanda robotilor medicali;
- ▶ implicatiile socio-economice legate de utilizarea robotilor medicali;
- ▶ aspectele legate de avantajele utilizarii robotilor paraleli ca si roboti medicali.

Objective



Dupa parcurgerea acestui curs ar trebui sa intelegeti si sa evaluati:

- ▶ componentele si tendintele actuale în domeniul robotilor medicali.
- ▶ principiile constructiv-functionale ale robotilor si echipamentelor cu aplicatii în medicina.
- ▶ proprietatile si performantele unui robot medical.
- ▶ Sa rezolvati probleme concrete referitoare la dezvoltarea robotilor medicali pornind de la afectiuni specifice.

Concepte privind robotii medicali



Ce sunt robotii medicali?

Roboti care permit medicilor un acces mai facil in anumite zone folosind metode mai precise si mai putin invazive [Wikipedia 2013]

Clasificare roboti medicali:

- ▶ roboții de diagnostic,
- ▶ roboții folosiți la diverse terapii, inclusiv operații chirurgicale
- ▶ roboții pentru asistarea pacienților [Staretu, 2004]

Clasificare roboti medicali:

- ▶ roboti chirurgicali
- ▶ roboti de recuperare medicala
- ▶ bioroboti
- ▶ roboti cu teleprezenta [Wikipedia 2013]

Concepte privind robotii medicali



Definitia robotilor medicali:

Termenul de "**robot medical**" desemneaza o masina care este controlata de catre un medic printr-o consola computerizata. Consola poate fi in aceeasi incapere cu pacientul sau intr-o locatie din afara. Consolele pot avea unul sau mai multe brate care sunt controlate de catre medic pentru a face efectiv interventia pe pacient.

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

Avantaje

- ▶ Roboții medicali sunt folosiți în chirurgia generală, cea oncologică, urologică, ginecologică și toracică, cu rezultate foarte bune și o recuperare rapidă a pacienților.
- ▶ Avantajele folosirii roboților medicali există nu doar pentru pacient, ci și pentru medic. „Chirurgia este o meserie de uzură, iar acești roboți îi permit medicului să opereze în timp ce e așezat, să nu îi tremure mâna, să se miște mai repede“, a explicat doctorul Mircea Beuran. Pe de altă parte, în lume se fac studii pentru a analiza în ce măsură își pierde chirurgii din manualitate după mai mulți ani de utilizare a roboților medicali.

Concepte privind robotii medicali



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

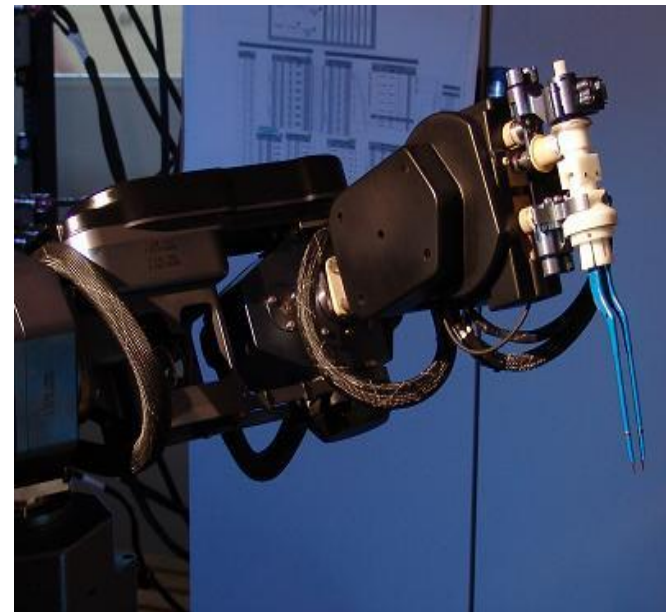
- chirurgia generală;
- chirurgia cardiacă – bypass coronarian și înlocuirea valvei mitrale;
- chirurgia ginecologică – ramura cu cea mai mare dezvoltare, ginecologia benignă și cea oncologică;
- neurochirurgia;
- radiochirurgia – tratarea tumorilor folosind radiații de înaltă energie;
- ortopedia;
-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

Structura robotilor medicali

Roboti seriali



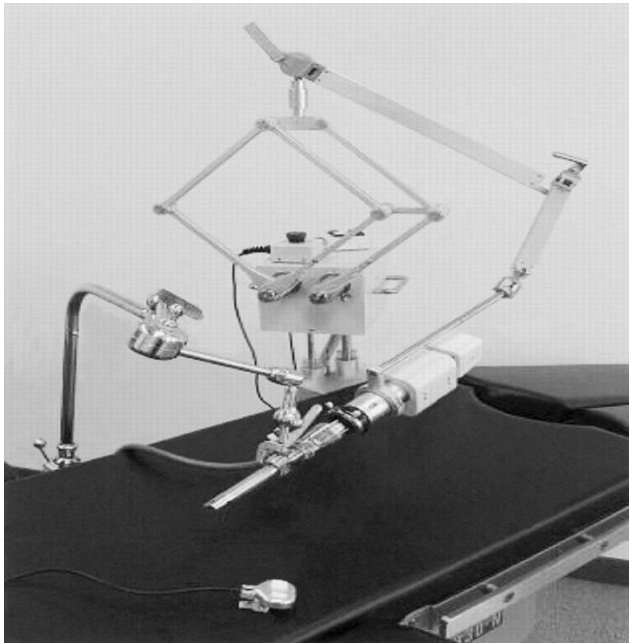
da Vinci (1998) sistem robotic complex utilizat într-o gamă largă de proceduri chirurgicale [INT12]



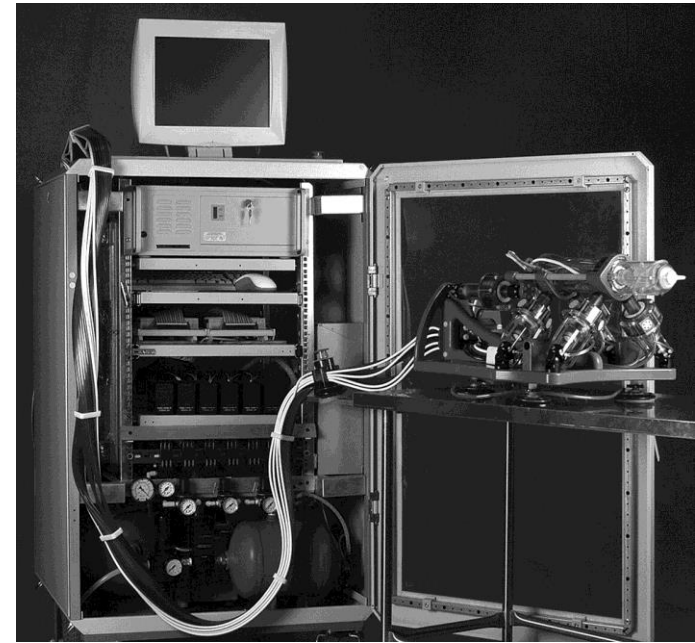
NeuroArm (2007) cel mai complex robot dezvoltat pentru neurochirurgie [NEU11]

Structura robotilor medicali

Roboti paraleli



NAVIOT (2003) manipulator laparoscopic dezvoltat în Japonia [UJC]



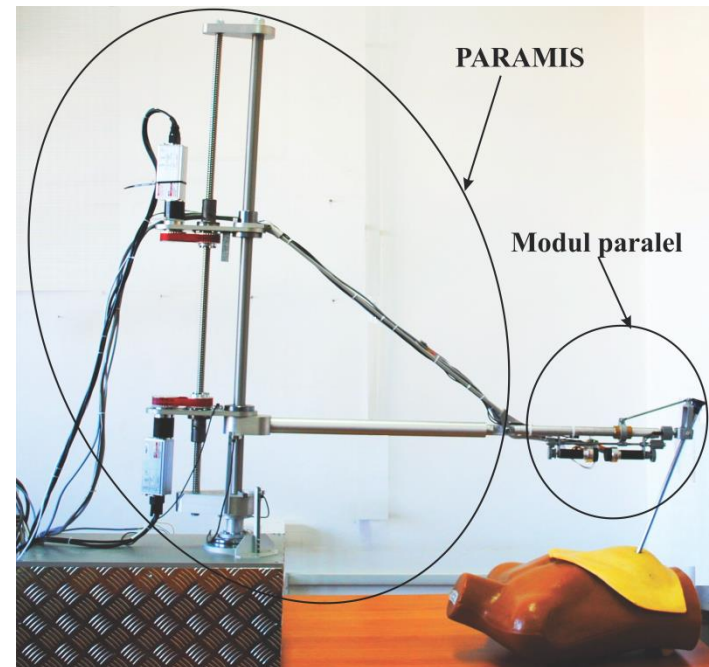
MrBot (2007) robot din materiale non magnetice, folosit în urologie [URO11]

Structura robotilor medicali

Roboti hibrizi–combinatie intre un modul paralel si un modul serial sau paralel



Parasurg 5M (2010) robot paralel hibrid cu 5 GDL utilizat în CMIAR [GHE11],[PIS11]



Modelul experimental al robotului hibrid **PARAMIS 5M_P** (2012) [SZI12]

Avantajele robotilor paraleli fata de robotii seriali pentru robotica medicala

- Până în prezent multi dintre roboții medicali s-au dezvoltat pe baza unor structuri seriale.
- În ultimul timp cercetarile se desfasoara spre dezvoltarea de **roboți paraleli** pentru aplicatii medicale datorita următoarelor avantaje care le ofera:
 - Precizie foarte bună de poziționare
 - Rigiditate ridicată
 - Structura în lanț închis asigură preluarea sarcinilor active și pasive mult mai eficient, rezultând masă mică în deplasare
 - Erori și imprecizii scăzute
 - Comportament dinamic foarte bun chiar și la viteze și accelerații mari
 - Separarea elementelor motoare de acționare de spațiul de lucru.

Analiza comparativa roboti paraleli fata de roboti seriali

ROBOTI SERIALI	ROBOTI PARALELI
Arhitectura în lanț deschis cu un caracter antropomorfic	Arhitectura în lanț închis: mai multe lanțuri independente ce leagă baza de efectatorul final.
Structura în consolă trebuie să suporte în plus greutatea motoarelor și a elementelor din aval ⇒ masa mare deplasabilă	Structura în lanț închis asigură preluarea sarcinilor active și pasive mult mai eficient ⇒ masa mică în mișcare
Erorile și impreciziile se propagă (maleabilitatea mecanismelor)	Erori și imprecizii scăzute
Raport redus sarcina utilă/masa robot maximum $k=0,15$	Raport mare sarcina utilă/masa robot Uzual de 2–10 ori
Mobilitate mare	Mobilitate scăzută
Rigiditate scăzută	Rigiditate ridicată
Precizie mică de poziționare Maximum 100 μm	Precizie foarte bună de poziționare Uzual 5–10
Comportament dinamic limitat cu viteze și accelerații reduse Maximum $v=3\text{m/s}$; $a=2g$	Comportament dinamic foarte bun cu viteze și accelerații mari Uzual $v=10\text{ m/s}$, $a=25g$
Spațiu de lucru mare	Spațiu de lucru limitat
Complianță pasivă	Complianță activă
Calcul redus pentru determinarea caracteristicilor cinematice și dinamice	Calcul complex pentru determinarea caracteristicilor cinematice și dinamice
Aplicabilitate: sarcini ușoare, operații simple și variate în spații largi de precizie redusă	Aplicabilitate: sarcini grele, operații ce necesită viteze și accelerații mari, într-un spațiu de lucru închis, operații de precizie ridicată Robotica medicală

Analiză comparativă Chirurg – Sistem robotic

[BIO 11]

Chirurgi	Roboți
Puncte forte - Coordonare buna mână-ochi - Dexteritate mare (la o scală a omului) - Flexibil și adaptabil - Poate integra și prelucra informații complexe - Poate folosi informațiile calitative - O bună judecată - Ușor de informat	Puncte forte - O precizie geometrică mare - Stabil și imperturbabil - Poate fi conceput pentru o varietate mare de funcții - Poate fi sterilizat - Rezistent la radiații și infecții - Poate folosi diferiți senzori (chimici, fizici, acustici etc.) în control
Limitări - Dexteritate limitată în afara scalei naturale - Predispus la oboseala și tremur - Limitare a preciziei geometrice - Limitare în a folosi informațiile calitative - Necesitatea unui câmp de operație mare - Posibilitate limitată de sterilizare - Vulnerabil la radiații și infecții	Limitări - Judecată slabă - Dexteritate și coordonare mână-ochi limitate - Limitat unor proceduri relative simple - Preț ridicat - Tot timpul în pas de a fi depășit din punct de vedere tehnologic - Greu de construit și de reparat

Avantajele chirurgiei minim invazive asistate robotic (CMIAR)



- 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.

Dezavantajele CMIAR



- ▶ Campul vizual al chirurgului este limitat;
- ▶ Ergonomia sistemului este scazuta si impune un numar mare de ore de pregatire;
- ▶ Chirurgul nu simte tesuturile (nu are feedback tactil);
- ▶ Spatiul ocupat in sala de operatie este mare;
- ▶ Numarul mic de solutii disponibile si prohibitive ca si costuri si dificil de utilizat;
- ▶ Costurile unui astfel de sistem si a unei interventii sunt ridicate.

Terminologie specifica robotilor medicali



Chirurgia minim invazivă – O procedură în care chirurgul pătrunde în interiorul pacientului prin orificii anatomice sau prin incizii mici folosind instrumente de dimensiuni reduse, urmărind distrugerea minimă a țesuturilor sănătoase;

Chirurgia asistată robotic – Folosirea roboților în sălile de operații pentru a ajuta chirurgul în timpul actului chirurgical;

Câmp operator – Zona din pacient unde se desfășoară actul chirurgical propriu-zis;

Endoscop – Instrument de vizualizare utilizat în procedurile minim invazive pentru afișarea câmpului operator;

Laparoscop – Endoscop adaptat pentru a permite examinarea cavității abdominale;

Telechirurgie – Comanda roboților chirurgicali în sala de operație (unde se află pacientul) de la distanță, de către chirurghi aflați la consola de comandă;

Telerobotică – Comanda și controlul de la distanță a unui robot aflat într-o altă locație față de persoana care îl controlează.

Notiuni de baza



“Coninuetur remedia” - Medicina trebuie să continue.

Medicina, și mai ales ramura sa invazivă, chirurgia, au cunoscut o evoluție continuă, animată de obiectivul final de îmbunătățire a duratei și a calității de viață a omului. În intervențiile chirurgicale, cea mai recentă revoluție a început acum 25 de ani, când a apărut pentru prima dată conceptul de chirurgie minim invazivă (MIS).

Notiuni de baza

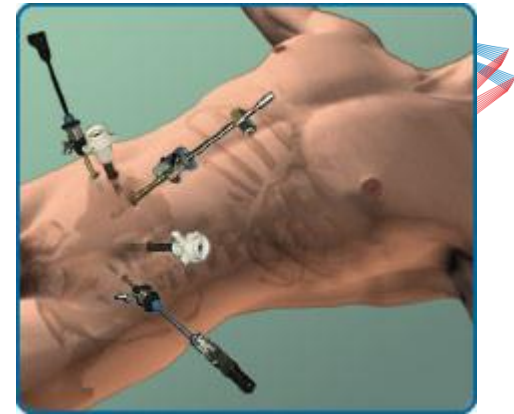


“Un om înțelept ar trebui să ia în considerare faptul că sănătatea este cea mai mare de binecuvântare umană, și să învețe prin forte proprii să beneficieze de bolile sale.” (Hipocrate)



Robotica medicala

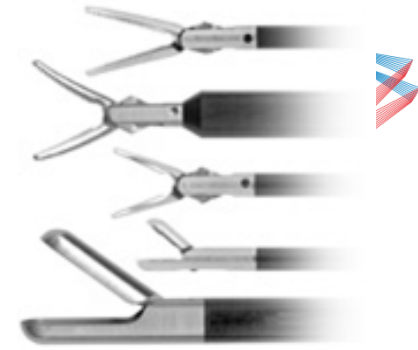
Notiuni de baza



Chirurgia minim invaziva

Chirurgia minim invazivă, de asemenea, numita chirurgie laparoscopica, este o tehnică modernă chirurgicală, în care operațiunile în zona abdominală sunt efectuate prin incizii mici (de obicei 0.5–1.5 cm), spre deosebire de inciziile mai mari necesare în laparotomie.

Notiuni de baza



Principalele obstacole în calea progresului tehnicilor MIS

- lipsa de vizualizare 3D a câmpului operator
- ergonomie slaba
- controlul redus

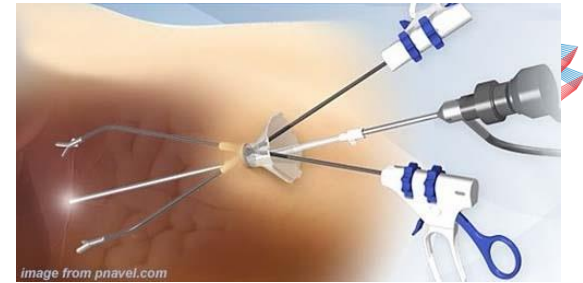
Notiuni de baza



Chirurgia endoscopica transluminala prin orificii naturale (NOTES)

Aceasta este o tehnică experimentală chirurgicală în care operațiile pot fi efectuate cu un laparoscop trecut printr-un orificiu natural (gură, uretră, anus, etc), urmată de o incizie internă în stomac, vagin, vezica urinară sau colon , evitându-se astfel orice alte incizii externe.

Notiuni de baza



Chirurgia laparoscopica cu incizie singulară (SILS)

Presupune introducerea tuturor instrumentelor chirurgicale (cameră și instrumente) printr-o incizie îngustă de 15 - 20 mm, sau utilizarea unui trocar multilumen forțând chirurgia să lucreze în poziții incomode, cu instrumente de trecere, etc

Notiuni de baza



Tele-chirurgia

De asemenea, numită **chirurgie la distanță** este efectuată de un chirurg la o locație distantă de pacient.

Telechirurgia a devenit una dintre principalele forțe motoare din spatele dezvoltării roboților chirurgicali.

Conceptul de telemedicina si telechirurgie

TELEMENTORING =

transmisie la distanțe variabile (scurte sau foarte lungi)

TELEPREZENȚA CHIRURGICALĂ =

Chirurgul nu este în contact direct cu pacientul numai prin intermediul teleroboților

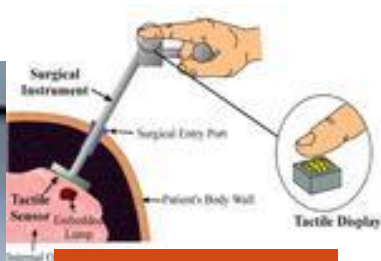
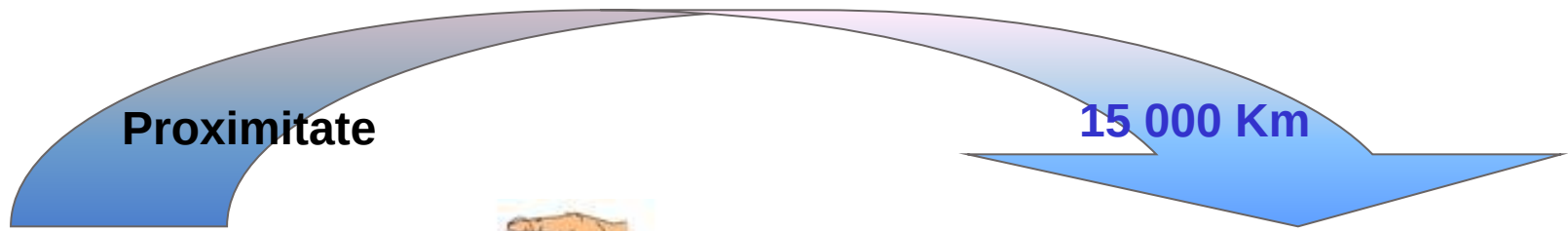
Facilitățile teleroboților permit chirurgului:

- Un control personal al sistemului optic (Poziționarea camerei, zoom-ul, mărirea imaginii);
- Câmp operator în 3D;
- Creșterea preciziei (eliminarea tremorului, gradarea mișcării);
- Ameliorarea dexterității (grad crescut de libertate).

Notiuni de baza



Tele-chirurgia



Modul tactil

Master



Slave



Notiuni de baza



Chirurgia minim invaziva asistata robotic

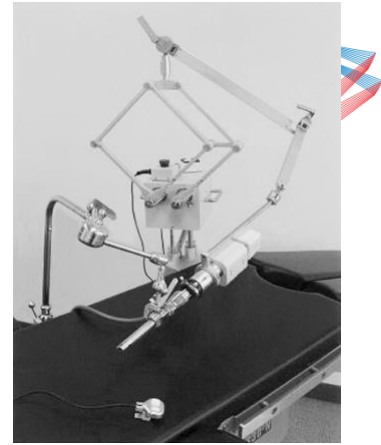
Acesta utilizează cele mai bune solutii din robotica pentru a îmbunătăți abilitățile și competențele umane în sala de operație.

Beneficii generale:

- miniaturizarea instrumentelor
- Încheieturi de rotatie 360 °
- precizie mare, datorita feedback-ului 3D vizual de mișcare
- eliminarea tremurului natural

Notiuni de baza

Chirurgia minim invaziva robotica



Beneficiile directe pentru pacienti:

- traume fizice și emoționale reduse
- Pierderi reduse de sange
- mai puține zile de spitalizare
- vindecare și recuperare mai rapida

Notiuni de baza

Chirurgia minim invaziva robotica

Dezavantaje:

- Roboții chirurgicali sunt prea mari, acestia concurează pentru spațiul prețios din sala de operatie, ceea ce duce la creșterea timpului de pregătire în camerele de operare
- Accesul la pacientul este oarecum limitat iar în cazul unei conversie de procedura, acest lucru poate avea un impact negativ asupra sigurantei pacientului
- Posibile probleme de coliziune pot aparea între brațele robotice datorita unui câmp limitat de vedere (Morvan et al, 2009)
- Efectul de parghie apare datorită faptului că mișcarea internă a roboților este prezenta si amplificata si în afara corpului de catre brațele robotizate (Beira et al, 2011)

CERINTE FUNDAMENTALE ALE UNUI ROBOT CHIRURGICAL

Control adecvat

Siguranta

Sterilizabil

Compactitatea și flexibilitatea

Control avansat

Rezistenta impotriva
interferentelor
magnetice

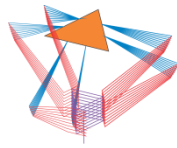
Force feedback
complex

ROBOT CHIRURGICAL SIGUR

Spatiu de lucru
monitorizat

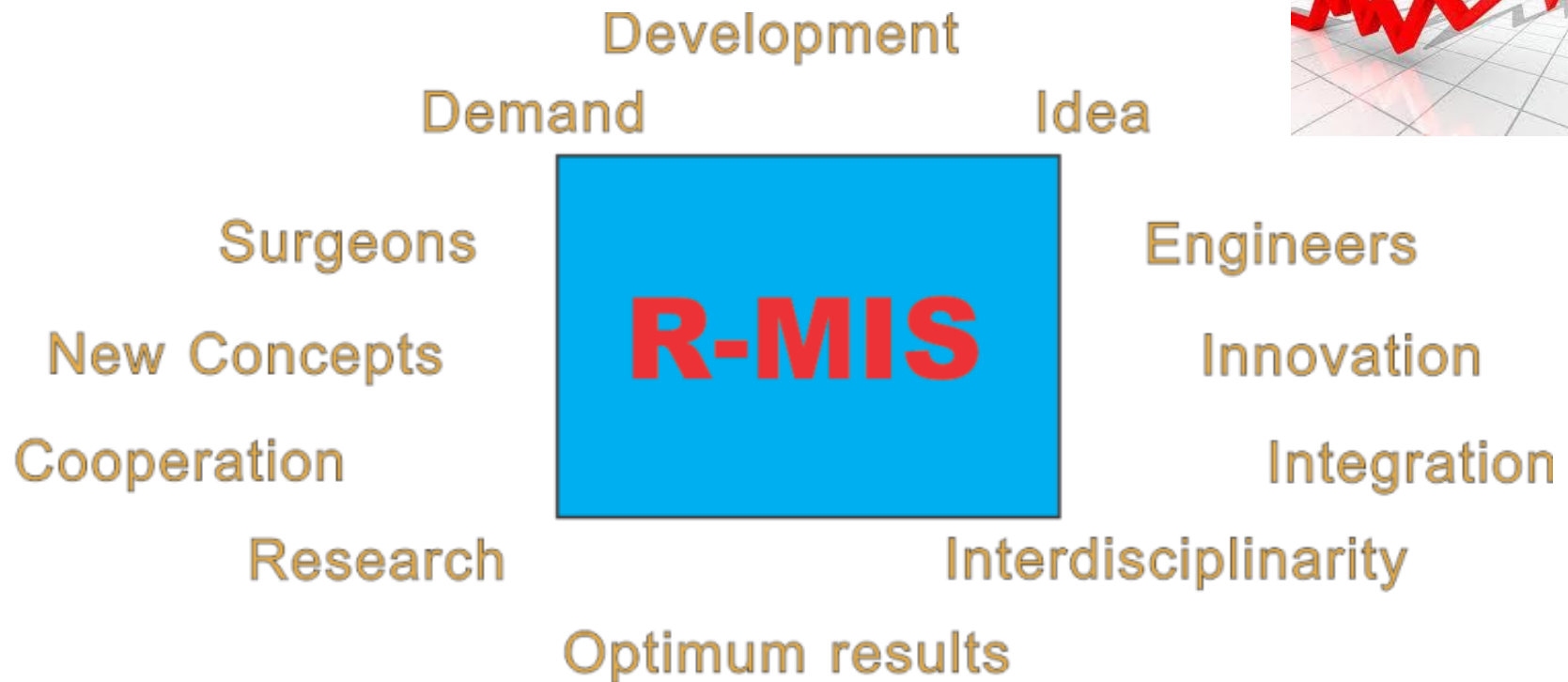
Setări
reconfigurabile

Condiții de siguranță
în toate configurațiile



CESTER

EVOLUTIA



EVOLUTIA

Engineers



Surgeons

Ideas

Solutions

Characteristics

Demands

Requirements

Specifications



Soluții viitoare îmbunătățite

ETICA IN CHIRURGIA ROBOTIZATA

Robotica și telemedicina se dezvoltă foarte rapid, fără o legislație și reguli etice solide. Problemele de etică din chirurgia robotica acoperă o varietate de aspecte:

- ✓ Etica implementarii echipamentelor medicale scumpe
- ✓ Etica responsabilității robotului
- ✓ Aspectele culturale și sociale
- ✓ Confidențialitatea
- ✓ Fiabilitatea echipamentelor



ETICA IN CHIRURGIA ROBOTIZATA

Reguli de urmat

"Primum non nocere, secundum succurrere" – Intai nu fa un rau iar abia apoi grabeste-te sa ajuti."

World Medical Association (1999) evidențiază faptul că, indiferent de sistemul de telemedicină în care funcționează medicul, principiile eticii medicale, la nivel global cu caracter obligatoriu asupra profesiei medicale, nu trebuie compromise niciodată.

Medicul modern este tot mai dependent de noile tehnologii, prin urmare, există o nevoie de a pune în aplicare anumite reguli obligatorii de utilizare a acestor dispozitive.

ETICA IN CHIRURGIA ROBOTIZATA

Abordări posibile față de normele de utilizare a roboților chirurgicali:

- relația medic-pacient
- răspunderile și responsabilitățile unui medic
- consimțământul pacientului și confidențialitatea
- probleme de calitate
- autorizare și competență în practicarea telemedicinii
- dosarele pacienților.

Solutii?

- să adaptăm normele vechi, sau să punem în aplicare noile norme, precum și linii directoare specifice pentru medicii care folosesc tehnologiile moderne.
- ar trebui să fie organizate consilii etice, care vor studia problemele viitorului și conectați cu consiliile din țările partenere.
- Pentru a crea un site cu FAQ (întrebări frecvente), pentru pacienții ce vor avea o intervenție chirurgicală robotică sau pentru a consulta un hot-line pentru interogatoriu direct.

Modelarea si simularea robotilor medicali

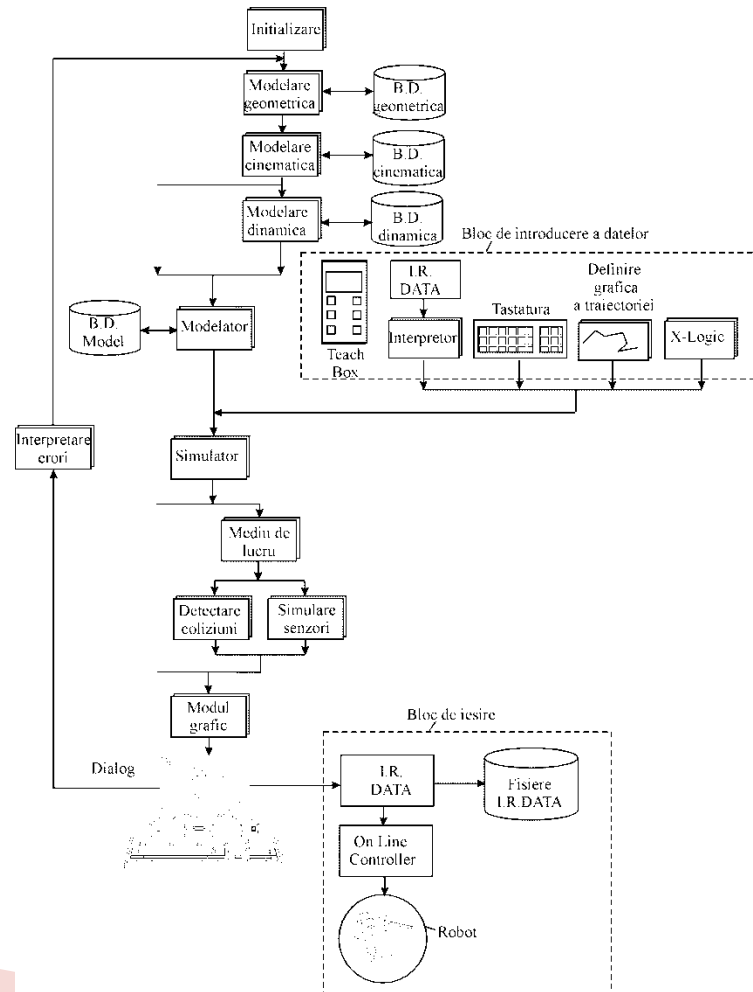


Tehnici de simulare pentru roboții medicali in doua situatii:

- analiza unor structuri deja existente cu scopul de a îmbunătăți caracteristicile acestora prin evidențierea modificărilor structurale (de acționare sau de control) ce trebuie operate;
- 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.

Modelarea si simularea robotilor medicali

Structura unui sistem de simulare pentru roboti:



Modelarea si simularea robotilor medicali



Structura unui sistem de simulare pentru roboti:

Modulul geometric

- intocmirea listei cu elementele componente ale robotului;
- stabilirea parametrilor geometrici; stabilirea entităților care vor modela structura robotului;
- asocierea entităților;
- crearea unei baze de date cu entități.

Modulul cinematic

- algoritmi pentru rezolvarea problemei cinematice directe;
 - problema cinematică directă;
 - problema cinematică directă pentru viteze;
 - problema cinematică directă pentru accelerații;
- algoritmi pentru rezolvarea problemei cinematice inverse;
 - problema cinematică inversă;
 - problema cinematică inversă pentru viteze;
 - problema cinematică inversă pentru accelerații;
- algoritmi pentru generarea spațiului de lucru;
- algoritmi pentru identificarea singularităților;

Modelarea si simularea robotilor medicali



Structura unui sistem de simulare pentru roboti:

Modulul cinematic

- 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.

Modulul dinamic

- rezolvarea problemei dinamice inverse;
- rezolvarea problemei dinamice directe;

Modelarea si simularea robotilor medicali



Structura unui sistem de simulare pentru roboti:

Modelatorul

Acest modul realizează o combinare 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**.

Simulatorul

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.

Modelarea si simularea robotilor medicali



Structura unui sistem de simulare pentru roboti:

Modulul grafic

Sarcina principală a modului grafic 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.

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.

Rezumat

- Prezentarea obiectivelor cursului.
- Introducere în tematica robotilor medicali.
- Concepte privind robotii medicali.
- Structura robotilor medicali: roboti seriali, roboti paraleli, roboti hibrizi.
- Modelarea si simularea robotilor medicali. Structura unui sistem de simulare cu principalele module
- Bibliografie.

Intrebari

1. Ce este un robot medical?
2. Structura robotilor medicali
3. Avantaje ale chirurgiei robotizate
4. Principalele module ale unui sistem de simulare pentru roboti medicali

Raspunsuri



1. Robot care permite medicilor un acces mai facil in anumite zone folosind metode mai precise si mai putin invazive
2. Roboti seriali cu lant cinematic deschis; roboti paraleli cu lanturi cinematice inchise; roboti hibridi combinatie intre robot paralel si serial
3. Distrugerea țesuturilor sănătoase este minimă; Durata de spitalizare redusă; Impactul psihologic al procedurii asupra pacientului este scăzut creșterea preciziei intervenției ;Riscul unor tăieturi greșite si al infectiilor intraoperatoriieste minim; Se pot realiza interventii imposibile pe cale clasica.

Bibliografie

► *In biblioteca UTC-N*

- Manuale si cursuri proprii, în edituri:
- Pîsla, Doina, Modelarea cinematica si dinamica a robotilor paraleli, Editura Dacia, 2005.
- Pîsla, Doina, Programarea calculatoarelor. Limbajul C, Editura TODESCO, 2001.
- Pîsla, Doina, Vaida, Calin, Gherman Bogdan, Robotica Medicala, in curs de publicare.

► *In alte biblioteci*

- Vanja Bozovic „Medical Robotics”, I-Tech Education and Publishing, Vienna, January 2008.
- Starețu, I. Elemente de robotică medicală și protezare, Ed. Lux Libris, Brașov, 2004.
- Rosen, Jacob; Hannaford, Blake; Satava, Richard M. (Eds.), Surgical Robotics, Systems Applications and Visions, 1st Edition., Springer, 2011.
- [Sajeesh Kumar](#), [Jacques Marescaux](#), Telesurgery, Springer, 2008
- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G., Robotics, Modeling, Planning and Control, Springer, 2010.
- Siciliano, B., Khatib, O., Handbook of Robotics, Springer, 2008.
- Ceccarelli, M., Fundamental of Mechanics of Robotic Manipulation, Kluwer, 2004.
- Merlet, J.-P., Parallel robots, Kluwer Academic Publisher, 2000.
- Merlet, J.-P.: Parallel Robots (Series: Solid Mechanics and Its Applications). Springer, 2006.
- Pîsla, Doina, Simularea grafica a robotilor industriali, Editura TODESCO, 184 pg., 2001.
- Pîsla, Doina, Modelarea cinematica si dinamica a robotilor paraleli, Editura DACIA, 2005.
- Tsai, L.-W., Robot Analysis, The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- Lonnie, L.J., Robot Simulation, CRC Press LLC, 2005 in Robotics and Automation Handbook (Ed. Thomas Kurfess).
- Mark W. Spong, Seth Hutchinson, and M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, First Edition, JOHN WILEY & SONS, INC., 2005.
- DELTALAB, Documentatie tehnica platforma Stewart, 2004.

*** Matlab, Mathworks Inc.

*** Solid Edge, Siemens PLM.

*** NX, Siemens PLM.

*** Force Dimension.

*** www.mscsoftware.com/products/cfm

Bibliografie

- ▶ [***01] <http://www.clinicastomasan.ro/ro/roboti-medicali>
- ▶ [***02] http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_robots
- ▶ [INT12] Intuitive Surgical Inc., <http://www.intuitivesurgical.com/>
- ▶ [NEU11] NeuroArm robot, <http://www.neuroarm.org/project.php>
- ▶ [JJC11] <http://jjco.oxfordjournals.org/content/34/5/227.full#ref-20>
- ▶ [URO11] <http://urobotics.urology.jhu.edu/projects/MrBot/index.php>
- ▶ [GHE11] B. G. Gherman, “ Cercetări privind dezvoltarea de modele cinematice, dinamice și funcționale destinate unei structuri inovative de robot paralel hibrid pentru chirurgia minim invazivă”, Teza de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj–Napoca, Cluj–Napoca, 2011.
- ▶ [PIS11] D. Pisla, B. Gherman, N. Plitea, B. Gyurka, C. Vaida, L. Vlad, F. Graur, C. Radu, M. Suci, A. Szilaghi, A. Stoica, „PARASURG Hybrid Parallel Robot for Minimally Invasive Surgery”, Chirurgia (București), 106, Nr. 5, Septembrie – Octombrie, pp. 619–625, 2011.
- ▶ [SZI12] A. Cs. Szilaghyi, “Cercetări privind modelarea, simularea și comanda unui robot paralel–hibrid chirurgical”, Teza de doctorat, Universitatea

Tehnică din Cluj–Napoca, Cluj–Napoca, 2012 ■