

Livrabil

Raport privind parametrii de optimizare ai controlului și a interfeței grafice pentru sistemul robotic ProHep-LCT

În cadrul acestei activități se are în vedere realizarea unei arhitecturi de control modulare cu scopul de a integra toate cele patru sisteme de control (cel al modulului de ghidare a instrumentului de brahiterapie, cel al modulului de ghidare a sondei ecografice, cel al instrumentului de inserție a acelor de brahiterapie și cel al instrumentului de ghidare a sondei ecografice) într-o interfață de control unificată. Pentru acest pas trebuie definite datele de intrare ale sistemului robotic, datele de ieșire ale acestuia , dispozitivele periferice folosite, protocolul de comunicare, funcțiile cinematice folosite pentru calcularea traiectoriilor instrumentelor medicale pentru evitarea singularităților, funcții de control folosind datele extrase de la sistemele de senzori, dispozitive de vizualizare pentru imaginile provenite de la laparoscop și de la sonda ecografică.

Pentru realizarea acestei activități trebuie definite echipamentele care intră în alcătuirea sistemului robotic și cele care sunt necesare realizării procedurii medicale din punct de vedere medical.

După discuțiile duse cu partenerii din mediul medical au rezultat trei echipamente mari necesare efectuării procedurii de brahiterapie la nivelul ficatului: **un laparoscop** (cameră laparoscopice) care va fi ghidată manual și va fi folosită pentru monitorizarea în timp real a ficatului și a instrumentelor pe durata procedurii medicale; **o sondă ecografică** folosită pentru a oferi o imagine optimă a punctelor de interes pe durata procedurii medicale precum și pentru vizualizarea și traiectoriilor acelor introduse și un **instrument personalizat** pentru inserția acelor de livrare a tratamentului.

Cu scop ilustrativ este propusă următoarea configurație prezentată în figura 11. Pentru aceasta spațiul de operație este divizat în trei zone: zona procedurii medicale, zona de control a procedurii și zona de decodare a imaginii.

Zona procedurii medicale este compusă din masa de operație cu pacientul așezat pe acesta, între cele două module robotice. Lângă patul pacientului se află cel puțin două persoane, o persoană pentru monitorizarea semnelor vitale ale pacientului și o persoană pentru manipularea camerei laparoscopice.

Zona de control a procedurii este compusă din pupitrul de operare a sistemului robotic care pe lângă interfața grafică a sistemului robotic trebuie să mai conțină un mediu de vizualizare a imaginilor furnizate de către sonda intraoperatorie ecografică și un alt mediu de vizualizare pentru afișarea imaginilor furnizate de către camera laparoscopică. Pe lângă mijloacele de vizualizare, pupitrul de control mai conține și instrumentele pentru controlul sistemului robotic un dispozitiv haptic sau un joystick pentru controlul facil, o tastatură și un mouse pentru utilizarea interfețelor grafice.

Zona de decodare a imaginii conține aparatajul necesar pentru decodificarea datelor transmise de către sonda ecografică și camera laparoscopică.

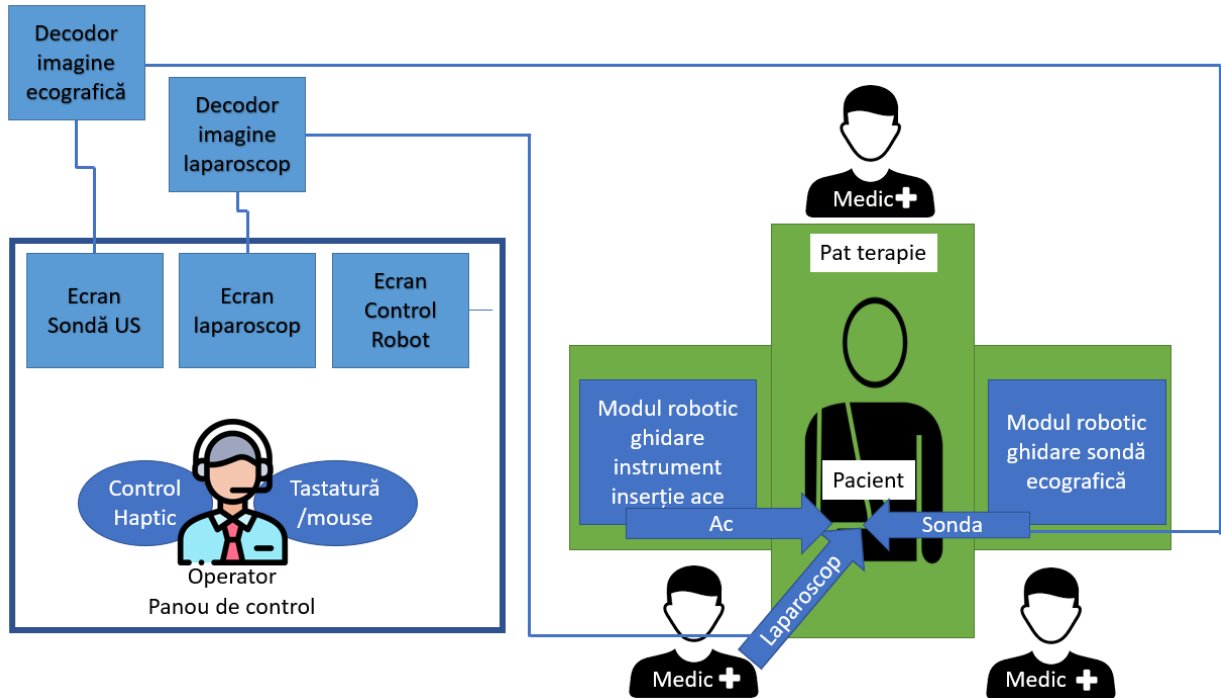


Figura 1. Modul de amplasare a echipamentelor

Pentru modularitatea sistemului robotic este definită arhitectura din figura 2. Sistemul de control folosește un PLC de ultimă generație capabil să efectueze un număr mare de operații într-un timp extrem de scurt și care comunică cu interfața de control a sistemului prin intermediul protocolului EasyModbus. Pornirea sistemului se face cu ajutorul unui buton principal montat pe panoul de control al sistemului robotic. Deoarece sistemul este echipat cu un sistem de senzori cu referință locală și provizorie, inițializarea acestuia trebuie efectuată la fiecare re-startare a sistemului. În mod automat inițializarea se va face printr-o secvență secvențională prestabilită de către operator. Inițializare poate începe cu sistemul de ghidare al acului, apoi cel al sondei pe urmă inițializarea modulelor componente ale instrumentului de inserție a acelor și cel al sondei ecografice. Dacă nu se dorește succesiunea automată, inițializarea se poate face în mod manual pentru fiecare modul în parte. Pentru ca acest lucru să fie posibil fiecare modul are propria arhitectură de control definită în PLC -ul sistemului robotic. Acest aspect impune gruparea driverelor de control pentru fiecare modul : 3 drivere pentru modulul de ghidare a instrumentului de inserție a acelor, 3 drivere pentru modulul de ghidare a sondei ecografice, 2 drivere pentru ghidarea instrumentului de inserție a acelor și 2 drivere pentru instrumentul de ghidare a sondei ecografice. Acest aspect este important deoarece dacă în timpul procedurii medicale un modul nu funcționează corect să poată fi reinițializat fără a afecta funcționalitatea celorlalte module. Poziționarea instrumentelor se face în mod automat folosind punctele de interes definite în urma scanării CT.

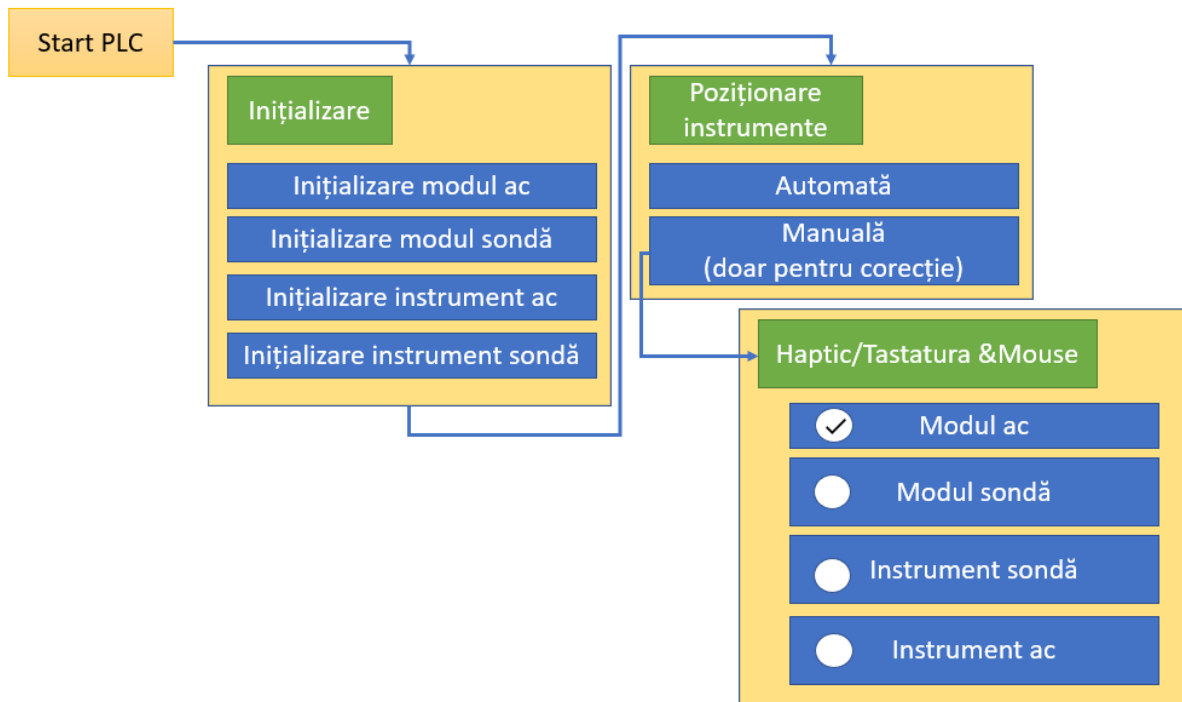


Figura 2. Aspectul modular al sistemului de control

Pentru poziționarea corectă a acului de brahiterapie se folosesc perechi de puncte inserție-țintă iar traiectoria acului este astfel planificată încât să treacă prin ambele puncte, modul de extragere a coordonatelor este detaliat în figura 3.

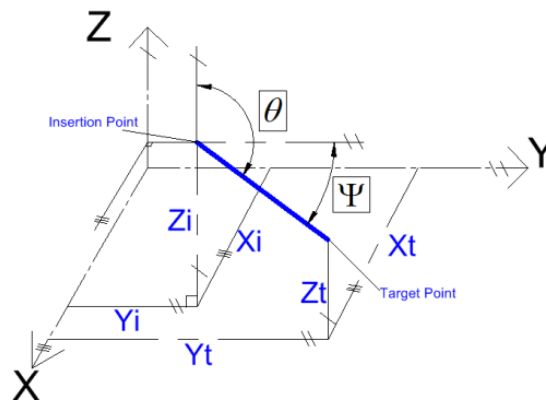


Figura 3. Extragerea unghiurilor de orientare folosind coordonatele de poziție

Sonda poate fi poziționată în mod automat doar până la un punct, după inserția acesteia în pacient, poziționarea și orientarea acesteia trebuie făcută în mod manual folosind uneltele din interfața grafică sau joystick-ul cu care este echipat sistemul de control.

Inserția acelor de brahiterapie poate fi făcută în moda automat dar fiecare pas trebuie validat de către operator. Dacă este necesară intervenția operatorului în traiectoriile de inserție a acelor, acesta poate prelua manual controlul și ajusta traiectoria.

Pe lângă parametrii funcționali ai interfeței grafice actuale au mai fost definite o serie de aspecte care pot îmbunătăți ușurința de utilizarea sistemului robotic.

1. Implementarea unei rutine de background care să ruleze pe toată durata de folosire a sistemului robotic (în moda activ sau inactiv) care să monitorizeze toate informațiile oferite de către sistemele de senzori interni și externi și să le stocheze într-un jurnal de utilizare al sistemului robotic. Jurnalul respectiv poate fi analizat ulterior de către operatorul sistemului robotic pentru a identifica diferite erori apărute în funcționarea sistemului robotic și pentru a putea crea un lan de mentenanță preventivă a sistemului robotic și a componentelor acestuia.
2. Implementarea unei baze de date care să permită stocarea datelor personale ale pacientului (nume, prenume, vârstă, gen, greutate, istoric medical etc.) care să permită un acces facil la caracteristicile pacientului și la istoricul clinic al acestuia. Pe lângă parametrii specifici pacientului baza de date va mai conține și procedurile efectuate cu ajutorul sistemului robotic, scanările din faza de preplanificare și înregistrările din timpul procedurilor de brahiterapie. Aceste date vor fi folosite pentru cea de a treia fază a protocolului medical și anume faza de monitorizare a evoluției pacientului.
3. Printre cerințele cerute de către personalul medical se numără și cea de force-feedback pentru manipularea sondei ecografice. Dacă în cazul acului de brahiterapie trebuie monitorizată doar forța de inserție pentru a evita trecerea printr-un țesut cu o densitate mai mare, în cazul sondei ecografice force-feedback-ul este util pentru a controla modul de palpate pe suprafața ficatului și pentru a evita cauzarea de răni pacientului prin apăsarea sondei cu o forță excesivă.
4. Implementarea în cadrul interfeței grafice a unui modul de vizualizare în timp real a traiectoriei acului înainte de atingerea punctului țintă, prin monitorizarea forțelor și momentelor care acționează asupra acului și în același timp folosind aceste forțe și momente calcularea traiectoriei să se facă ținând cont de deformare elastică a acului de brahiterapie. Acest lucru este necesar pentru evitarea zonelor sensibile pe durata procedurii medicale (vase de sânge, nervi, etc.).
5. Implementarea unui sistem de avertizare în cadrul interfeței grafice, care să alerteze operatorul în cazul în care semnele vitale ale pacientului slăbesc. În principiu acest sistem trebuie să fie de tip acustic pentru a atenționa operatorul indiferent în ce secțiune a interfeței se află.

Prof. Doina Pîslă

