

Optimizacija mehanske konstrukcije večprstnih haptičnih naprav za aplikacije virtualne manipulacije

Javier López^{1,*} – Jose Breñosa² – Ignacio Galiana² – Manuel Ferre² – Antonio Giménez¹ – Jorge Barrio²

¹ Univerza v Almerii, Oddelek za strojništvo, Španija

² Politehnika v Madridu, Center za avtomatizacijo in robotiko, Španija

Haptične naprave so mehatronski sistemi, ki omogočajo interakcijo z virtualnimi ali oddaljenimi okolji, pri čemer uporabnik občuti sile na svojih prstih. Enoprstne naprave so primerne za enostavne haptične aplikacije, zasnovane za tipanje ali preučevanje obrisov predmetov; za naprednejše naloge navidezne manipulacije pa je potrebnih več prstov.

Ena smer razvoja večprstnih haptičnih naprav gre v uporabo večjega števila enoprstnih haptičnih naprav. Glavna slabost takšne konfiguracije so trki med členi, ki občutno zmanjšujejo delovni prostor.

V članku je opisana zasnova in optimizacija modularne večprstne haptične naprave za virtualno rokovanje s predmeti, ki zagotavlja učinkovito haptično interakcijo ter hkrati ponuja dober kompromis med stroški in zahtevnostjo naprave.

Snovanje takšnih naprav je zahtevna naloga, saj zahteva iskanje kompromisov med več zahtevami: velik delovni prostor, majhna masa in vztrajnost, velika togost, velika nosilnost, izotropne sile in gibanja, odsotnost zračnosti pri spremembi smeri gibanja, majhno trenje, odsotnost singularnosti v delovnem prostoru ter velika pasovna širina.

Poveča se tudi zahtevnost zasnove v primerjavi z enoprstnimi haptičnimi napravami, zlasti v zvezi z doseganjem dovolj velikega delovnega prostora, v katerem ne sme prihajati do trkov.

Predlagana konstrukcija je zasnovana na modularni in skalabilni konfiguraciji, kjer vsak prst predstavlja ena enota. Vsak modul ima enostavno in kompaktno konstrukcijo, ki se enostavno povečuje in znotraj delovnega prostora omogoča ustvarjanje sile v katerikoli smeri.

Vsi moduli so bili optimizirani s kinematičnimi ukrepi kot so delovni prostor naprave, izotropija in nosilnost. Med naštetimi kriteriji je treba poiskati kompromis, zato so bile uporabljene večkriterijske metode optimizacije.

Mehanske konfiguracije z dvema ali tremi prsti so zasnovane na eni ali dveh redundantnih oseh. Razmestitev redundantnih osi je bila določena tako, da je dosežen optimiziran delovni prostor brez trkov med deli konstrukcije.

Predstavljena je metodologija snovanja večprstnih haptičnih naprav. Osnovo mehanske konstrukcije, ki ima po en modul na vsak prst, je mogoče razširiti v večprstne naprave. Vsak modul je bil optimiziran po večkriterijskih indeksih zmogljivosti. Z ustreznim dodatkom redundantnih prostostnih stopenj je mogoče doseči razširjen delovni prostor brez trkov.

V članku sta predstavljeni dve napravi, ki sta zasnovani po opisani metodologiji: dvoprstna in triprstna haptična naprava. Dvoprstna haptična naprava potrebuje eno redundantno prostostno stopnjo, triprstna haptična naprava pa dve redundantni prostostni stopnji. Razmestitev redundantnih osi in optimizirane dimenzije členov zagotavljajo ustrezen delovni prostor, sposobnost manipulacije, sposobnost ustvarjanja sile ter vztrajnost naprave.

Glavni prispevek tega članka je v prikazu snovanja večprstnih haptičnih naprav, ki imajo ustrezno zmogljivost, so enostavne in poceni. Določena je optimizirana mehanska konstrukcija enega prsta, ki jo je mogoče razširiti z dodajanjem redundantnih osi za delovni prostor brez trkov.

Rešitev ponuja občutno večji delovni prostor v primerjavi z uporabo več povezanih enoprstnih haptičnih vmesnikov, ob primerljivi zahtevnosti rešitve. Sicer obstajajo tudi večprstne robotske naprave, ki nudijo večji delovni prostor, vendar na račun večje zahtevnosti in stroškov.

Ključne besede: haptičen, večprstni, virtualna manipulacija, mehanska zasnova, indeksi zmogljivosti, večkriterijska optimizacija