

O dovršenem krmiljenju robotskih manipulatorjev: eksperimentalna študija psevdoindustrijske roke

Jamshed Iqbal^{1,2,*} – Muhammad Imran Ullah² – Abdul Attayab Khan³ – Muhammad Irfan⁴

¹ Državna univerza za računalništvo in nove znanosti, Islamabad, Oddelek za elektrotehniko, Pakistan

² Oddelek za elektrotehniko, COMSATS institut za informacijsko tehnologijo, Islamabad, Pakistan

³ Univerza v Genovi, DIBRIS, Italija

⁴ Univerza za inženiring in tehnologijo, Oddelek za elektrotehniko, Taxila, Pakistan

Robotski manipulatorji so preoblikovali industrijske procese. Znanstvena sfera je bila priča trendu uvajanja robotov v različne industrijske naloge. Zaradi kompleksne narave in omejitev so pogosto potrebni netrivialni pristopi h krmiljenju robotov. Namen te raziskave je preučitev zasnove, simulacija in hardverska realizacija strategij krmiljenja na psevdoindustrijskem manipulatorju s šestimi prostostnimi stopnjami (DOF).

Pri preučevanju manipulatorjev za razne aplikacije se je izkazala potreba po dovršenih algoritmih za krmiljenje in načrtovanje trajektorij. Cilj pri snovanju robotskih manipulatorjev je krmiljenje položaja in orientacije orodja v 3D-prostoru. Na avtonomni robotski izobraževalni platformi AUTAREP sta bila uporabljena dva pristopa k snovanju krmiljenja – računsko krmiljenje navora (CTC) in krmiljenje z variabilno strukturo (VSC).

Na podlagi izpeljanih kinematičnih in dinamičnih modelov robota so bili oblikovani krmilni zakoni, ki so bili nato v simulaciji izpostavljeni različnim testnim vhomom za karakterizacijo zmogljivosti sledenja. Uporabljene so bile različne zelene trajektorije, vključno s stopnico, sinusom in rampo. Krmilni zakoni, zasnovani za obe strategiji, so bili implementirani v simulacijskem modelu in na fizični platformi.

Rezultati simulacije so bili validirani z implementacijo krmilnih zakonov na platformi AUTAREP. Rezultati eksperimentov kažejo uspešnost krmilnih strategij pri sledenju zeleni trajektoriji. Rezultati sledenja trajektorijam kažejo, da je mogoče z izpeljanimi zakoni učinkovito slediti zelenemu referenčnemu vhomu pri obeh nelinearnih metodah krmiljenja. Simulacija CTC in hardverska implementacija dokazujeta, da daje povečana konstanta ojačenja boljše rezultate z izboljšanjem odziva sistema. Rezultati na strojni opremi za razliko od simulacije kažejo, da se vsak sklep pri isti konstanti ojačenja odziva nekoliko drugače. Razlog leži v tem, da proizvaja motor vsakega sklepa drugačen navor in hitrost. Rezultati VSC potrjujejo močan učinek sklapljanja. Za razliko od simulacije se komolčni sklep v hardverski implementaciji ne ustavi, dokler ni ramenski sklep stabiliziran na cilju. To je pričakovano, saj je povezava v bližini pritrditve ali podnožja manj izpostavljena mehanski stabilnosti. Učinki sklapljanja v sklepih so manj vidni v simulaciji in bolj izraženi v hardverski implementaciji. Iz rezultatov sledi, da veljajo za različne sklepe različne zahteve glede navora.

Krmilni zakoni so bili preizkušeni na sklepih z eno prostostno stopnjo (npr. podnožje, rama, komolec), v bližnji prihodnosti pa bo obravnavano tudi zapetije z dvema prostostnima stopnjama. Prihodnje delo bo zajelo tudi primerjavo učinkovitosti robustnih krmilnih strategij v realnem industrijskem obratu, kjer več robotskih manipulatorjev z več prostostnimi stopnjami vzporedno opravlja eno nalogo.

Krmiljenje robotskih manipulatorjev z več prostostnimi stopnjami je aktivno raziskovalno področje. Večina raziskav, o katerih obstajajo poročila, pa je bila omejena bodisi na implementacijo linearnih krmilnih pristopov bodisi na simulacijo dovršenih krmilnih strategij. Predstavljeno delo nasprotno preučuje napredne pristope kot sta računsko krmiljenje navora (CTC) in krmiljenje z variabilno strukturo (VSC) po metodi simulacije in s fizično realizacijo na zglobni platformi po meri z več prostostnimi stopnjami.

Ključne besede: robotsko krmiljenje, manipulator, robustni zakoni, industrijski roboti, računsko krmiljenje navora (CTC), krmiljenje z variabilno strukturo (VSC), šest prostostnih stopenj