

# CRTA - Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije

Bojan Jerbić<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zamjenik tajnika Odjela sustava i kibernetike

**Sažetak:** CRTA je Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije Fakulteta strojarstva brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Centar integrira laboratorije za autonomne sustave, računalnu inteligenciju i medicinsku robotiku, kao i praktikume za praktični rad studenata. Djelatnosti centra su usmjerene prema istraživanju i razvoju naprednih robotskih primjena, poglavito u industriji i medicini, ali i drugim područjima ljudske djelatnosti gdje tradicionalnu automatizaciju i ljudski rad trebaju zamijeniti autonomni i inteligentni sustavi..

**Ključne riječi:** robotika, umjetna inteligencija, računalni vid, medicina, industrija, mobilna robotika, humanoidna robotika, biomimetički sustavi.

## 1. Uvod

Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije - CRTA je referentni centar za istraživačke, razvojne i obrazovne aktivnosti u području robotike i umjetne inteligencije Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Centar je financiran bespovratnim sredstvima iz fonda EU (Operativni program „Konkurentnost i kohezija“ 2014.-2020.) u ukupnom iznosu od 36,7 milijuna kuna.



Slika 1: CRTA

CRTA je prvi centar izvrsnosti za robotiku u Hrvatskoj, a objedinjuje laboratorije za autonomne sustave, računalnu inteligenciju i medicinsku robotiku. Po svojem sadržaju i naprednoj opremi predstavlja jedinstvenu znanstveno-tehnološku infrastrukturu u europskim razmjerima te osigurava snažan poticaj razvojnim i obrazovnim aktivnostima u RH.

Djelatnosti centra su usmjerene prema istraživanju i razvoju naprednih robotskih primjena, poglavito u industriji i medicini, ali i drugim područjima ljudske djelatnosti gdje tradicionalnu automatizaciju i ljudski rad trebaju zamijeniti autonomni i inteligentni sustavi. U CRTI se kontinuirano odvija više istraživačkih i razvojnih projekata financiranih iz EU i nacionalnih fondova. Paralelno se radi na bojnim ugovornim istraživanjima s vodećim hrvatskim i međunarodnim tehnološkim tvrtkama. Takav oblik suradnje osigurava kvalitetan prijenos znanja i razvoj novih tehnoloških rješenja prilagođenih konkretnim potrebama industrijskih partnera. Istraživački projekti i suradnja s gospodarstvom ujedno su glavni oblici financiranja laboratorija, njezinih istraživača i doktoranada [1], [2].

CRTA je otvorena prema javnosti te redovito organizira različite prezentacije i obilaske laboratorija s ciljem promoviranja znanosti i tehnologije, a kako bi jednako oni mladi i oni stariji bolje razumjeli digitalne i kulturološke transformacije koje živimo.

## 2. Laboratorij za autonomne sustave

Laboratorij za autonomne sustave (slika 2) integrira različite robotske platforme, automatske transportne sustave i brojnu prateću senzorsku, upravljačku i mehatroničku opremu. Namijenjen je istraživanju naprednih robotskih primjena, prvenstveno kolaborativnih robotskih sustava koji su sposobni dijeliti radnu okolinu s ljudima i zajedno s njima obavljati zadane poslove (Slika 3).



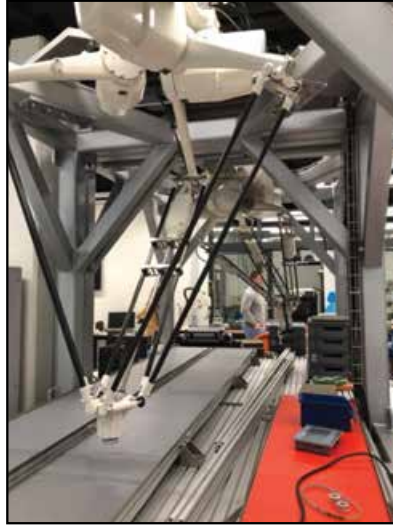
Slika 2: Laboratorij za autonomne sustave

Takvi robotski sustavi moraju biti opremljeni različitim senzorskim sustavima, odnosno sensorima sile, dodira i vizijskim sustavima, kako bi bili u stanju percipirati promjenjivu i dinamičnu radnu okolinu koju dijele s čovjekom. Prvenstveni je zadatak razviti upravljačke robotske programe putem kojih je moguće ostvariti suradnju s ljudima i u isto vrijeme garantirati njihovu sigurnost. Uz pomoć metoda umjetne inteligencije takve je robote moguće programirati da "razumiju" ljudski rad. Cilj je da roboti samostalno ili u suradnji s čovjekom oblikuju svoje ponašanje kroz specifičnu interakciju. Na taj način roboti 4. industrijske revolucije ne istiskuju ljude iz radnog procesa već se ljudi i roboti međusobno nadopunjavaju. Zato u Laboratoriju za autonomne sustave istražujemo i razvijamo metode interakcije ljudi i robota koja može biti primjenjiva jednako u industriji kao i uslužnim djelatnostima.



**Slika 3:** Kolaborativni robotski sustavi

Pored kolaborativnih robota u Laboratoriju za autonomne sustave važno mjesto zauzimaju tzv. delta roboti, odnosno roboti paralelne kinematike, koji omogućavaju postizanje velike brzine rukovanja (Slika 4). Koristimo ih za istraživanje robotske primjene u dinamičnoj radnoj okolini gdje se na predmete rada djeluje bez zaustavljanja i pozicioniranja. Takvi sustavi su izrazito efikasni i mogu značajno unaprijediti proizvodnost robotiziranih linija. Najveći izazovi koji se pri tome pojavljuju jesu brza vizualna identifikacija predmeta rada, njegovog položaja i brzine, kao i sinkronizacija robota s kretanjem predmeta uz osiguranje visoke točnosti rukovanja.



Slika 4: "Delta" roboti

Trenutno se u Laboratoriju za autonomne sustave radi na više istraživačkih i razvojnih projekata, od kojih su mnogi povezani s partnerima iz industrije.

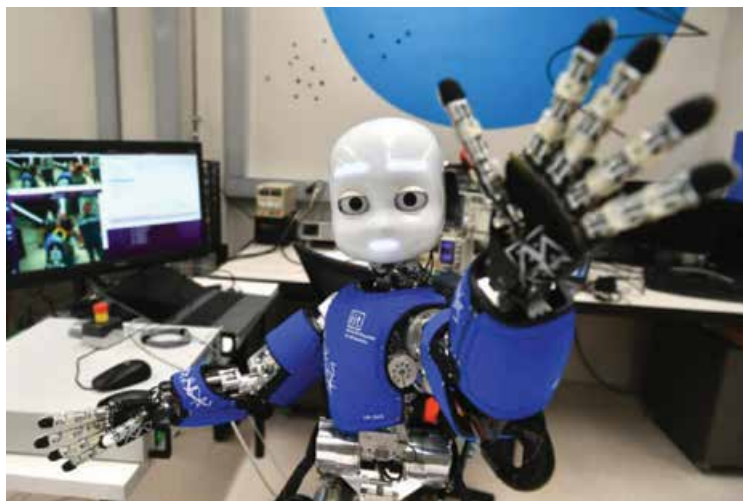
### 3. Laboratorij za računalnu inteligenciju

Laboratorij za računalnu inteligenciju (slika 5) opremljen je humanoidnim robotima, antropomatskim i biomimetičkim sustavima koje koristimo za istraživanje i razvoj motoričke inteligencije (Slika 6). Motoričku inteligenciju ljudi često koriste nesvjesno, a usmjerena je na upravljanje vrlo složenom mehanikom ljudskog tijela pri svakodnevnom kretanju ili obavljanju poslova. Njezinu kompleksnost najbolje ilustrira činjenica da čovjek svoju fizičku spretnost (eng. "dexterity") uči godinama od rođenja.



Slika 5: Laboratorij za računalnu inteligenciju

Zato u Laboratoriju za računalnu inteligenciju istražujemo kako takvu vrstu inteligencije implementirati za upravljanje složenim antropomatskim robotskim sustavima, odnosno tehničkim sustavima koji oponašaju mehaniku dijelova ljudskog tijela. Npr. za upravljanje robotskom šakom, slične kompleksnosti kao ljudska (s dvadesetak stupnjeva slobode gibanja), potrebno je osmisliti složene metode učenja putem kojih robot uči djelovati promatranjem i analizom ljudskog rada ili pak samostalno istražujući i ocjenjujući vlastite pokušaje pri izvršavanju specifičnih zadataka (Slika 7).



Slika 6: Humanoidni robot RUDI



Slika 7: Antropomatski robotski sustavi

Važan segment Laboratorija za računalnu inteligenciju čine istraživački timovi koji se bave mobilnim robotskim sustavima. Tu se radi na brojnim problemima od mehaničkog oblikovanja, inteligentne navigacije do vizualnog razumijevanja prostora u realnom vremenu. Trenutno su u fokusu razvoja mobilna platforma za naš neurokirurški robot RONNA [3] i mobilni robot za kretanje po vertikalnim površinama za inspekciju građevinskih konstrukcija [4].

## 4. Laboratorij za medicinsku robotiku

Laboratorij za medicinsku robotiku čini moderna kirurška dvorana (Slika 8) koja vjerno simulira prave kliničke uvjete. U takvim vrhunskim laboratorijskim uvjetima odvija se razvoj i pretklinička ispitivanja naših kirurških robotskih sustava na čijem razvoju Fakultet strojarstva i brodogradnje radi zajedno s timom iz Kliničke bolnice Dubrava od 2009. godine. Trenutno se u Laboratoriju za medicinsku robotiku razvija nova generacija neurokirurškog robota RONNA (RObotic NeuroNAvigation) koja će biti mobilna, interaktivna i sposobna samostalno izvoditi osjetljive invazivne neurokirurške zahvate.

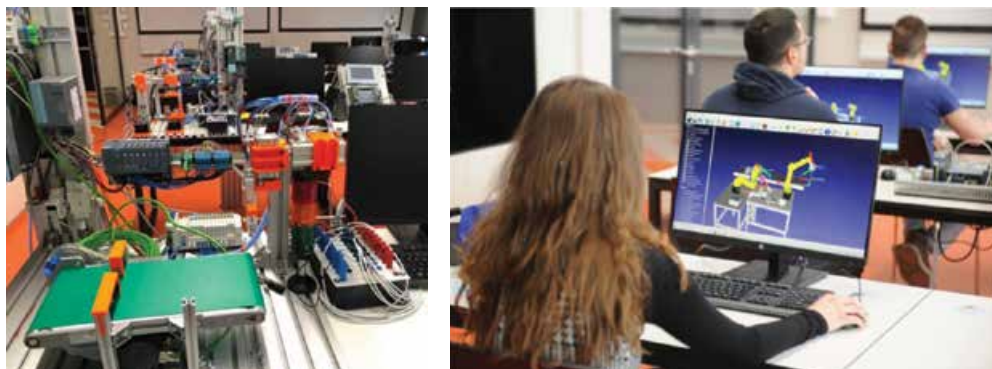


Slika 8: Laboratorij za medicinsku robotiku

Istraživanja su ovdje usmjerena na razvoj specifičnih robotskih upravljačkih modela za samostalno izvođenje neurokirurških operacija što uključuje razvoj kliničkog softvera za planiranje operacije, specifične vizijske sustave za prostornu registraciju i inteligentne robotske neurokirurške instrumente. Glavni ciljevi su postizanje visoke točnosti prostorne stereotaktičke navigacije, pouzdanost i jednostavnost primjene robotskog sustava.

## 5. Praktikum

CRTA ima dva praktikuma koji su opremljeni vrhunskim mehatroničkim komponentama, električnim i pneumatskim linearnim i revolutnim aktuatorima, senzorima i najmodernijim upravljačkim sklopovima industrijskog standarda (Slika 9). U praktikumima studenti imaju priliku fizički realizirati svoje mehatroničke projekte o kojima uče na predavanjima, potom ih programirati i testirati (Slika 10). Pri tome mogu iskusiti sve praktične probleme te ubrzano usvajati nova kompetitivna znanja nužna za uspješan rad u struci nakon diplomiranja.



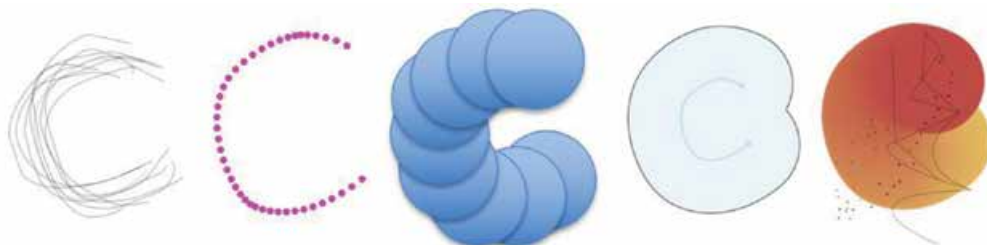
**Slika 9:** Praktikum za programiranje automata i mehatroniku



**Slika 10:** Praktikum za programiranje automata i mehatroniku

## 6. Vizualni identitet

Osim provođenja naprednih istraživanja i ostvarivanja vrhunskih obrazovnih uvjeta, CRTA ima za cilj javno promovirati znanost i moderne tehnologije, prvenstveno robotiku i umjetnu inteligenciju. Zato je posebna pažnja posvećena vizualnom identitetu centra u čemu nam je pomogao vodeći hrvatski i međunarodno priznat dizajnerski studio Bruketa&Žinić&Gray. Ideja je bila oblikovati jednostavan logotip kojeg prati simbolički vizual nastao suradnjom dizajnera i umjetne inteligencije, kao svojevrsni oblik "interspecies collaboration" [5]. Stoga smo odlučili jednog od naših robota naučiti pisati riječ "CRTA". Slova su kreirana korištenjem miješanog Gaussovog modela i neuronske mreže te kombiniranjem krivulja koje generira naš robotski sustav RONNA prilikom izvođenja neurokirurških operacija. Na slici 11 prikazan je pojednostavljeni proces evolucije vizualnog identiteta.



**Slika 11:** Evolucija vizualnog identiteta CRTE

Kako CRTA utjelovljuje najmodernije mjesto za istraživanje robotike i umjetne inteligencije, ovakav pristup naglašava važnost suradnje čovjeka i robota koja je u srži Regionalnog centra izvrsnosti za robotske tehnologije, ilustrirajući potencijal recipročnog i prijateljskog odnosa koji bi ljudi mogli imati s tehnologijom.

Konačni rezultat primjene dobivenog vizualnog identiteta prikazan na slici 12. Za projekt vizualnog identiteta CRTE studio Bruketa&Žinić&Gray nagrađeni su prestižnom nagradom "Red Dot" (<https://www.red-dot.org/project/crta-54422>, <https://bruketa-zinic.com/hr/2021/02/04/crta-vizualni-identitet-nastao-uz-pomoc-umjetne-inteligencije/>).



**Slika 12:** Primjena

## Literatura

- [1] Šuligoj, F.: Disertacija: *Spatial patient registration in robotic neurosurgery*, <https://repozitorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A5822/datastream/PDF/view>, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2018.
- [2] Vidaković, J.: Disertacija: *Model of robot task learning based on human-robot interaction*, <https://repozitorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb%3A6581/datastream/PDF/view>, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2020.



- [3] Jerbić, B., Nikolić, G., Chudy, D., Švaco, M. & Šekoranja, B.: Robotic application in neurosurgery using intelligent visual and haptic interaction. *International journal of simulation modelling*, 14 (1), 71-84 doi:10.2507/IJSIMM14(1)7.290. (2015).
- [4] Tešić, K., Božić, M., Švaco, M., Baričević, A., Jerbić, B. & Serdar, M.: Prototyping of a Wall-climbing Robot for the Inspection of Concrete Bridges. U: Radonjanin, V., Vukobratović, V. & Lukić, I. (ur.) 15th International Scientific Conference iNDiS Planning, Design, Construction and Building Renewal Proceedings. Novi Sad, str. 347-352 (2021).
- [5] Jerbić, B.; Švaco, M.; Šuligoj, F.; Šekoranja, B.; Vidaković, J.; Turković, M.; Lekić, M.; Pavlek, B.; Bolfan, B.; Bruketa, D.; Borošić, D.; Bušić, B.: *Interspecies Collaboration in the Design of Visual Identity: A Case Study*, *arXiv preprint arXiv:2201.10393* (2022).