

Pozicioniranje Hvataljke ABB Kolaborativnog Robota Pomoću Kamere

Vojislav Vujičić, Ivan Milićević

Abstrakt—U ovom radu biće opisan jedan od načina pozicioniranja kolaborativnog robota pomoću kamere integrisane u hvataljku robota. U prvom delu rada biće opisana laboratorijska postavka instalirana u Naučno tehnološkom parku u Čačku. Zatim će biti opisano kreiranje virtuelne laboratorije u okviru softvera ABB Robot Studio, kao i definisanje osnovnih delova programa. Nakon kreiranja putanja robota detaljno će biti opisana opcija *Integrated vision* kao i njena implementacija pri pozicioniranju robota.

Ključne reč i— Kolaborativna robotika, pozicioniranje, integrisana vizija, ABB...

I. UVOD

Roboti su brzo poslali sastavni deo proizvodne industrije. Roboti se koriste na različite načine u različitim industrijama i imaju izuzetno veliki uticaj kada je u pitanju industrijska automatizacija.

Tradicionalni industrijski roboti su fizički odvojeni od ljudi, izvršavaju zadatke koji su odvojeni od ljudi zaposlenih u proizvodnji, kako bi obezbedili njihovu bezbednost. Sa druge strane, kolaborativni roboti su napravljeni tako da imaju ograničene brzine, i momente, kao i senzore koji im omogućavaju da budu bezbedni za ljude i da ljudi mogu biti u blizini, kao i da rade sa njima zajedno. [1,2]

Kolaborativni roboti nude nove potencijale za poboljšanje načina na koji radimo. Oni su se brzo razvili ubrzanim uvođenjem industrije 4.0 i razvojem novih robotskih tehnologija. Pre samo deset godina, prema robotima su se odnosili sa nepoverenjem, a danas je oblast industrijske robotike ona koja se najbrže razvija. Kolaborativni roboti brzo postali sastavni deo proizvodne industrije.

Ovim robotima je potrebna ljudska pomoć kada vrše manipulaciju materijala ili sklapanje nekih komplikovanih delova. Kolaborativni roboti su dizajnirani da rade i pomažu ljudima, umesto da im oduzimaju posao. Oni su programirani da obavljaju ponovljive zadatke tamo gde su ljudi potrebni, ali ne i njihova stručnost. Dakle, koriste se za jednostavne, ponavljajuće zadatke koji su opasni ili teški za ljude, kao što su operacije na proizvodnoj liniji, održavanje mašina, elektro lučno zavarivanje, rukovanje opasnim materijalima,

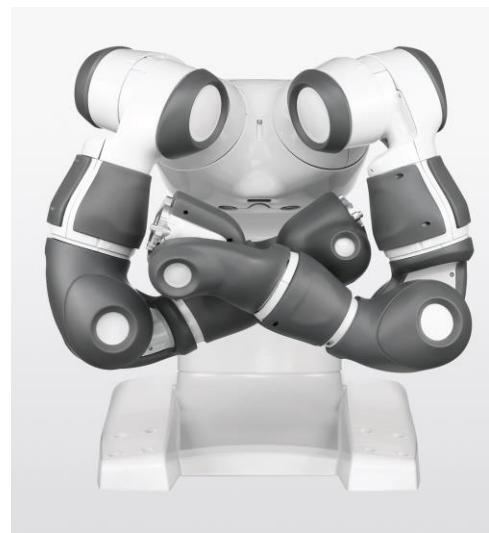
Vojislav Vujičić, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: vojislav.vujiacic@ftn.kg.ac.rs) (<https://orcid.org/0000-0002-7037-3545>)

Ivan Milićević, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: ivan.milicevic@ftn.kg.ac.rs) (<https://orcid.org/0000-0003-0476-4991>)

laboratorijsko testiranje i drugi proizvodni zadaci.

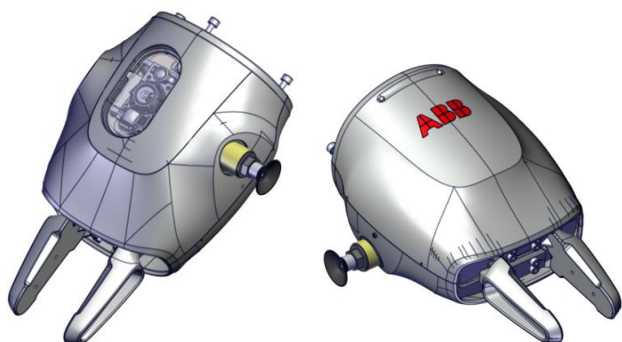
II. LABORATORIJSKA POSTAVKA

U ovom istraživanju je korišćena oprema postavljena u laboratoriji Naučno tehnološkog parka u Čačku čije opremanje je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. U ovoj laboratoriji instalirana su dve robotske ćelije. Jedna ćelija je industrijski robot ABB IRB 120, multifunkcionalni robot sa šest stepeni slobode, koji je detaljno opisan u radu [3]. Drugi robot je ABB IRB 14000 YuMi kolaborativni robot koji je prikazan na slici 1.



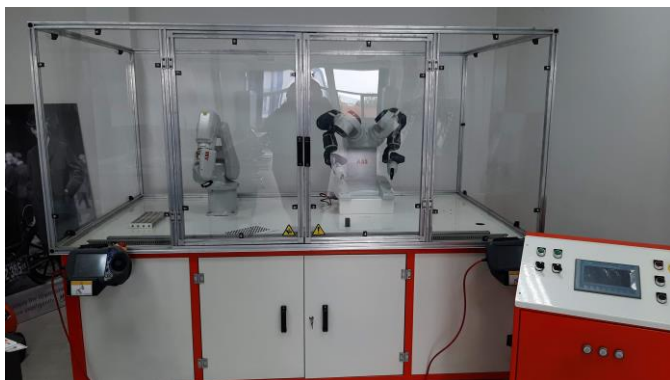
Slika 1. ABB IRB 14000 kolaborativni robot [4]

Ovaj robot je dvoručni robot koji je napravljen za zajednički rad sa čovekom na istom poslu. Robot poseduje sedam stepeni slobode u jednoj ruci koje mu daju veliku fleksibilnost i agilnost u proizvodnji. Ponovljivost robota je 0.02mm. Robot ima domet od 559mm i nosivost od 500g po ruci. IRB 14000 poseduje Smart Gripper kao end efektor sa manipulaciju i sklapanje. Griper ima servo prste kao podrazumevani modul, dok su vakuum hvataljka i kamera opcioni. U ovom slučaju leva ruka ima servo prste i vakuum modul. Desna ruka poseduje servo, vakuum i kameru (Cognex AE3) [4].



Slika 2. Desni i levi Smart Gripper [4]

Oba robota su smeštena na radni sto sa zaštitnom zonom od pleksiglasa. Na radnom stolu nalaze aluminijumski profili za montažu dodatne opreme, senzora, pribora... Kontroleri robota i ostale komponente povezane su na komandni pult u kome se nalazi PLC kontroler i HMI tač panel. Na ovoj laboratorijskoj postavci sa opremom koja se na njoj nalazi moguće je testirati različite industrijske aplikacije. Izgled laboratorijske postavke prikazan je na slici 3.



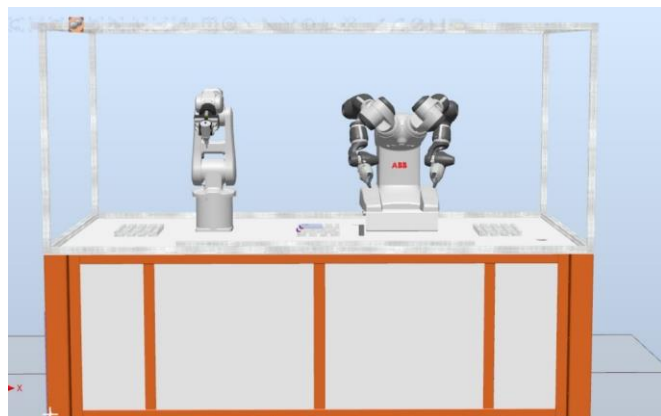
Slika 3. Izgled laboratorijske postavke

III. VIRTUELNO OKRUŽENJE

Jedan način za programiranje ABB robota je korišćenje softverske platforme ABB RobotStudio. Softver poseduje virtuelni kontroler za programiranje robota. Dobar je za simulaciju rada robota kao i drugih pokretnih mehanizama. Ovaj softver omogućava programiranje robota i promene programa bez ometanja ili zaustavljanja proizvodnje. RobotStudio se koristi kao virtuelna laboratorija i programiranje robota van mreže (offline). Ova softverska platforma sastoji se od četiri glavna dela: modeliranje, simulaciju, kontroler i RAPID [5, 6].

Modeliranje omogućava kreiranje virtuelnog okruženja izradom ili uvozom 3D modela mehaničkih delova i mašina u proizvodnoj liniji. Virtuelno okruženje je korisno za izbegavanje mehaničkih sudara između robota i drugih delova proizvodne linije. Kreiranje virtuelne laboratorije počinje kreiranjem nove prazne stanice. Sledeći korak je uvoz mehaničkog 3D modela radnog prostora sa sigurnosnom zonom iz softvera za 3D modeliranje. Ovaj korak je detaljno opisan u [3]. Nakon dodavanja radnog stola, robot mora biti

postavljen na radni sto. ABB IRB 14000 je dodat iz biblioteke. Položaj robota je podešen (pozicija (x, y, z): 1604, 900, 853, orijentacija (x, y, z): 0,0, -90). Sledeći korak je dodavanje Smart Gripper-a na levu i desnu ruku. Leva ruka ima servo prste i vakuum, dok desna ima servo prste, vakuum i kameru. Hvataljke moraju biti pričvršćene za svaku ruku. Nakon postavljanja hvataljki potrebno je dodati 3D model radnog komada da bi se kompletirao mehanički model virtuelne laboratorije. Kompletan mehanički virtuelni model je prikazan na slici 4.



Slika 4. Izgled virtuelne laboratorije [3]

Nakon dodavanja svih potrebnih mehaničkih delova u virtuelni model, virtuelni kontroler se mora dodati. Dodati je kontroler sa RobotWare verzija 6.11.01 za IRB 14000 0,5kg 0,5m.

IV. PROGRAMIRANJE KRETANJA ROBOTA

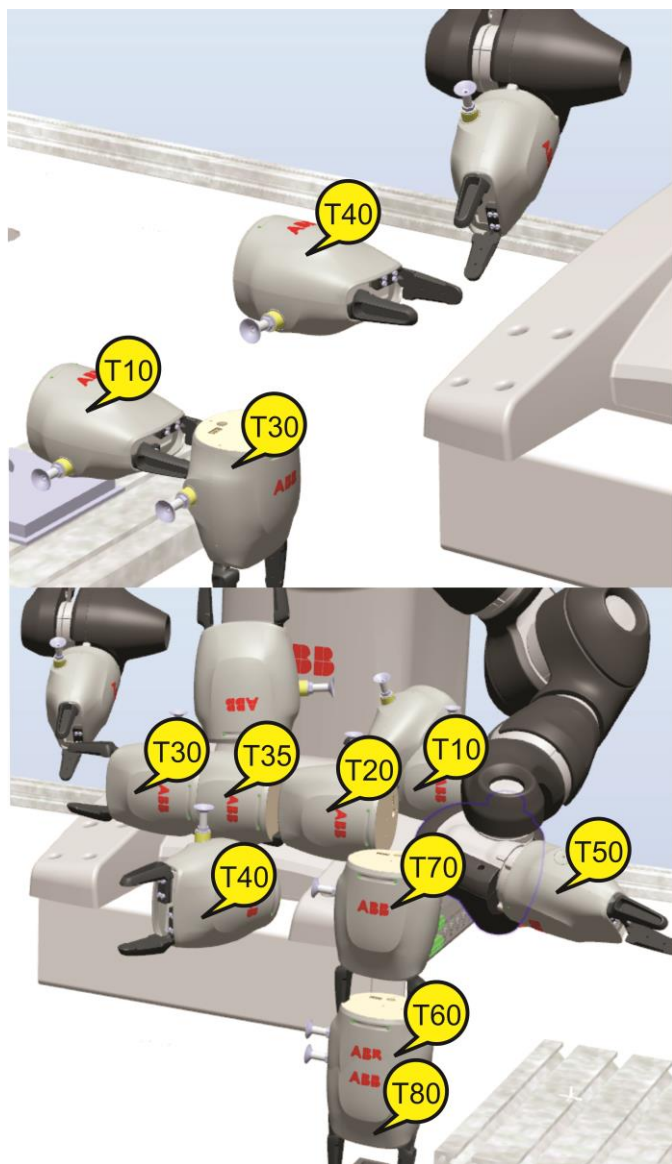
Program koji će biti napravljen je da se sa jedne (desne) strane podigne predmet sa jednom (desnom) rukom, prebaci u drugu (levu) ruku i spusti na drugu stranu radnog prostora. Pre preuzimanja predmeta sa desnom rukom, kamera na hvataljci skenira prostor i vrši orjentaciju hvataljke u zavisnosti od orjentacije predmeta koji se prenosi.

Programiranje ABB robota počinje definisanjem *Target-a*. *Target* je specifična tačka u radnoj zoni robota u koju robot treba da dođe. Jedan od najbitnijih *Target-a* je *Target* u inicijalnom (*Home*) položaju ruke. Za svaku ruku potrebno je podesiti inicijalnu poziciju. Svaka ruka ima svoje *Target-e*

Desna ruka mora da ode iz početnog položaja u položaj iznad predmeta, poziciju za snimanje kamerom, *Target 10*. Na poziciji *Targeta 30*, hvataljka mora biti zatvorena da bi se uhvatio predmet. Zatim ide do *Targeta* za razmenu – *Target 40*. Slika 5a prikazuje desnu poziciju Smart Gripper-a u definisanim *Targetima*. Od tih *Targeta* se mora napraviti putanja (*Path_R*). Ova putanja sadrži sve napravljene *Targete* i instrukcije za pomeranje *Move (J-joint or L-linear)* za prelazak sa jednog na drugi *Target*.

Leva ruka ima *Target-e* za približavanje tački razmene desnom rukom (*Target 10, 20, 30*), izvlačenje iz tačke razmene (*Target 35*), *Target (40, 50, 60 i 80)* služe za prebacivanje predmeta na drugu poziciju na radnom prostoru. Poslednji *Target 70* je pomeranje od *Targeta 80* da bi se

izbegao sudar hvataljke sa predmetom. Slika 5b prikazuje položaj levog Smart Gripper-a u definisanim Targetima. Sa tim Targetima, napravljena je putanja do (Path_L).



Slika 5a. Desna hvataljka u definisanim Targetima, Slika 5b. Leva hvataljka u definisanim Targetima

Nakon kreiranja programa, moguće je izvršiti simulaciju rada. Kada simulacija počne, robot ide od Targeta do Targeta, praveći pokrete definisane putanjama. Prva simulacija pokazuje da ruke nisu sinhronizovane, pa se program mora modifikovati. Promene koje se moraju izvršiti su:

- Desna ruka mora da sačeka dok leva ruka ne preuzme predmet.
- Leva ruka mora da sačeka dok se desna ruka ne pomeri iz zone hvatanja.
- Desna ruka može ići u početni položaj, a leva ruka može da nastavi da prenosi predmet na željenu poziciju.
- Sačekati da obe ruke budu u početnoj poziciji.

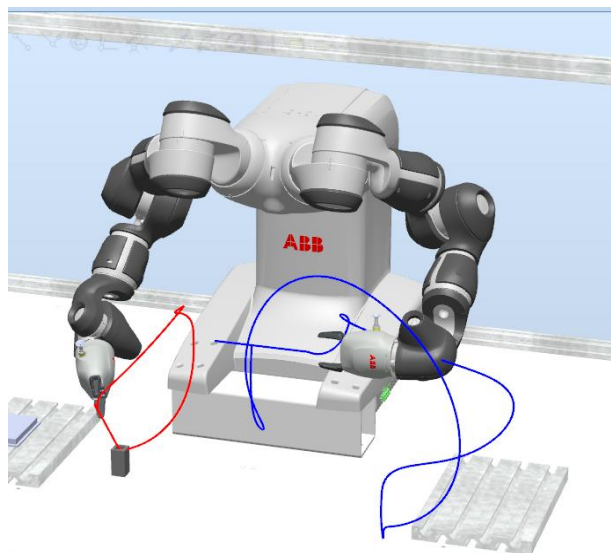
Program mora imati promeljive za sinhronizaciju ruku:

```
PERS tasks task_list{2}:=["T_ROB_L"],["T_ROB_R"];
```

```
VAR syncident sy01; VAR syncident sy02; VAR syncident sy03;
```

Definisane promeljive se koriste u funkciji za sinhronizaciju `WaitSyncTask\InPos,sy01,task_list`; i dodaju se u program za obe ruke na mestu gde je potrebno da ruke jedna drugu čekaju.

Nakon dodavanja delova za sinhronizaciju simulacija kretanja robota sa putanjom kretanja ove ruke data je na slici 6.



Slika 6. Simulacija kretanja robota sa prikazanim putanjama kretanja

V. PODEŠAVANJE VIZIJSKOG SISTEMA

Za pozicioniranje robota na osnovu vizijskog sistema koristi se desna ruka robota koja u sebi ima integrisanu kameru (Cognex AE3). Pre podešavanja opcije *Integrated vision* potrebno je desnu ruku robota postaviti u poziciju za snimanje objekta i modifikovati Target_30. Nakon toga se može odabrati opcija *Integrated vision* u kojoj je potrebno izvršiti sledeće korake:

- Opcija *Setup Image* gde se podešavaju parametri ekspozicije i osvetljaja podloge.
- Opcija *Calibrate* kojom se definiše koliko piksela na slici je dimenzija predmeta (predmet je dimenzije 25x25 mm).
- Opcija *ADD Part Location Tool/Pattern* kojom se definiše oblik predmeta kome treba podesiti poziciju.
- Opcija *Output to RAPID* gde se definiše šta će sa slike RAPID program preuzeti od podataka.
- Opcija *Save Job* kojom se definisani parametri snimaju na kontroleru robota.

Definisanje parametara u okviru *Integrated vision-a* dat je prikazano je na slici 7.

VI. ZAKLJUČAK

Opremanjem nove laboratorije opremljene sa dva ABB robota u okviru Naučno-tehnološkog parka u Čačku otvorilo je nove mogućnosti za razvoj robotike na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku. Virtuelna laboratorija sa ABB IRB 120 i ABB IRB 14000 je formirana korišćenjem softvera RobotStudio. Ovo omogućava programiranje robota od kuće koristeći virtuelno okruženje, kao i primenu u izvođenju laboratorijskih vežbi sa studentima.

Program za kretanje robota napravljen je u virtuelnoj laboratoriji nakon čega je proveren i podešen kroz simulaciju. Nakon toga je program ubačen u kontroler robota i na realnom robotu izvršena finalna podešavanja.

Nakon definisanja kretanja u program je ubačen vizijski sistem kojim se vrši pozicioniranje hvataljke robota bez obzira na poziciju i orijentaciju predmeta na podlozi.

Naredni koraci u istraživanju oblasti vizije i kolaborativne robotike su primena ovakvih sistema u radu sa čovekom, gde bi na osnovu slike robot mogao da odluči šta je naredno potrebno uraditi čime se postiže veća fleksibilnost.

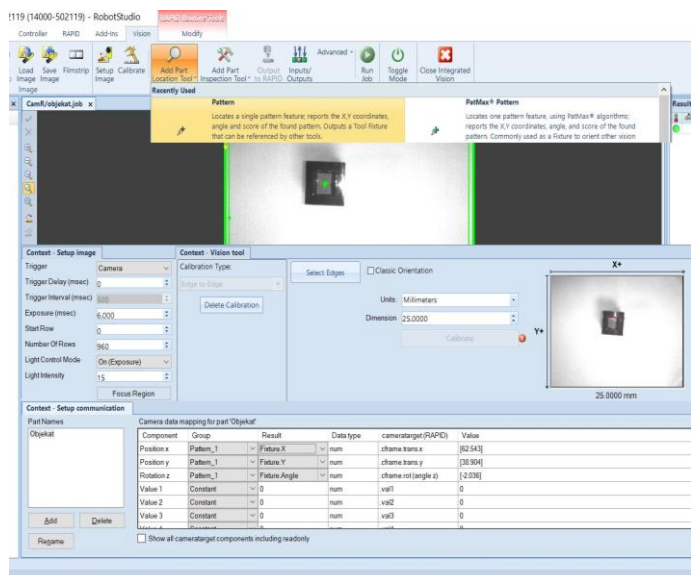
Takođe je moguće koristiti viziju za inspekciju urađenog zadatka od strane čoveka ili nekog drugog robota i korigovanje u koliko je zadatak moguće ispratiti.

ZAHVALNICA

Istraživanja prezentovana u ovom radu su delimično finansirana sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS, ugovor br. 451-03-68/2022-14/200132 čiji je realizator Fakultet tehničkih nauka u Čačku - Univerziteta u Kragujevcu.

LITERATURA

- [1] Vicente, L. i ostali „Industrial Collaborative Robotics Platform. In: Camarina-Matos, L.M., Boucher, X., Afsarmanesh, H. (eds) Smart and Sustainable Collaborative Networks 4.0. PRO-VE 2021.“ IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 629. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85969-5_53
- [2] Matjaž, M. i ostali. “Robotics” Springer Cham 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-72911-4>
- [3] Vujičić, V., i ostali, „Offline Robot Programming Using ABB RobotStudio“, X International Scientific Conference Heavy Machinery HM 2021, Proceedings HM 2021, ISBN: 978-86-81412-09-1, pp. C79-C83, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering Kraljevo, 23-25th June 2021, Vrnjačka Banja, Serbia.
- [4] Product specification IRB 14000 [Online]. Available: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC052982-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> [Pristup 22.4.2022.]
- [5] Podobnik, J., i ostali, „Osnove robotike: Laboratorijski praktikum“ Založba FE, Univerza v Ljubljani, Ljubljana 2018,
- [6] Adit, M., „HandBook Guidance on the programming of ABB YuMi IRB 14000“ Otto-von-Guericke-University Magdeburg 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12746.18881>



Slika 7 Podešavanje vizijskog sistema

Po završetku definisanja parametara u okviru *Integrated vision* potrebno je u RAPID programu napisati kod kojim se poziva rad kamere i vrši upis pozicije hvatanja predmeta na osnovu slike. Deo koda koji vrši pozicioniranje na osnovu slike je:

```
CamSetProgramMode CamR;
CamLoadJob CamR, Kamera;
CamSetRunMode CamR;
CamReqImage CamR;
CamGetResult CamR, Target_pozicija_sa_kamere;
obj0.oframe := Target_pozicija_sa_kamere.cframe;
```

Nakon implementacije programa izvršeno je testiranje programa, finalno podešavanje pozicija za razmenu predmeta, robot je pušten u rad. Robot u radu prikazan je na slici 8



Slika 8. Robot ABB IRB 14000 YuMi u radu