

INTERAKCIJA INDUSTRIJSKOG ROBOTA SA SISTEMIMA ZA PREPOZNAVANJE GOVORA I SLIKE

Jovica Tasevski, Milutin Nikolić, Dragiša Mišković, *University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, {tasevski, milutinn, dragisa}@uns.ac.rs*

Sadržaj – U radu je prikazano rešenje u kome su integrisani industrijski robot ABB IRB140 sa sistemom za prepoznavanje govora i sistemom za digitalnu obradu slike. Zadatak robota je da vrši manipulaciju predmetima koji se nalaze na radnom stolu. Predmeti su nasumično postavljeni po stolu i sistem za obradu slike ima zadatak da prepozna njihove karakteristike (oblik, dimenzije, poziciju i orijentaciju). Sistem za automatsko prepoznavanje govora (ASR – Automatic Speech Recognition) prepoznaje govornu komandu i na osnovu nje vrši manipulaciju predmetima na stolu.

1. UVOD

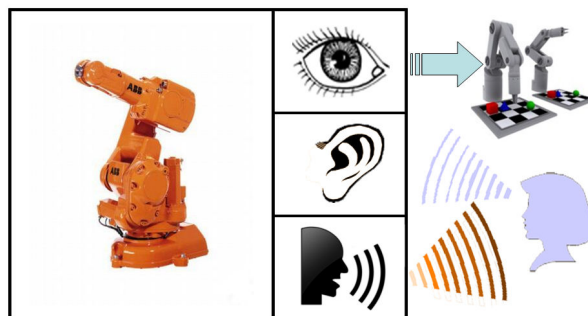
Ubrzani napredak tehnologije, a time i robotike, doveo je do toga da se ozbiljno govori o stvarima koje su nekada predstavljale samo naučnu fantastiku i koje su se sretale samo na filmskom platnu. Roboti koji su prethodnih nekoliko decenija viđani uglavnom samo u industrijskim postrojenjima nalaze se nadomak našeg svakodnevnog života. Pojam koji se veoma često povezuje sa robotima je veštačka inteligencija. Da bi veštačka inteligencija bila uočljiva u sprezi sa neindustrijskim robotima potrebno je da oni postanu aktivni učesnici naše svakodnevne. Čovek živi u nestruktuiranoj i sebi prilagođenoj okolini zbog čega postoji potreba da roboti na sličan način posmatraju taj prostor. Pored neophodnog vizuelnog sistema koji je potreban robotima za bilo koje aktivnosti u čovekovoj okolini, roboti sve češće imaju potrebu za komunikaciju sa čovekom, i obrnuto. Komunikacija između mašina i čoveka se može obaviti na više načina. Međutim, za čoveka govor predstavlja najprirodniji vid komunikacije pa je i govorni dijaloški sistem čoveku najbliži vid interakcije sa mašinom. Prepoznavanje govora predstavlja prvi stepen na osnovu kog sistem dobija informacije o namerama čoveka. To podrazumeva razvoj sistema za automatsko prepoznavanje govora (ASR), kao i sistema za sintezu govora, takozvanih TTS sistema (TTS – Text To Speech).

Sistem za automatsko prepoznavanje govora predstavlja jednu od osnovnih komponenti koja je neophodna u razvoju govornih tehnologija kao što su: govorni interfejsi, sistemi za pretraživanje multimedijalnih (audio) sadržaja, govorni dijaloški sistemi, sistemi za automatsko prevođenje govora i sl. Govorni interfejsi postepeno dobijaju svoje mesto, pored standardnih ulazno izlaznih urađaja (tastatura, miš, ekrani osetljivi na dodir, grafičko okruženje). Trenutno dominantan, grafički korisnički interfejs, sa sistemom menija, zahteva veliki broj operacija i za jednostavne zadatke, što je prevaziđeno uvođenjem skraćenica na tastaturi (keyboard shortcut), a koje mogu biti zamenjene glasovnim komandama.

Sistem za digitalnu obradu slike predstavlja neizostavni deo svakog novijeg robotskog sistema, bez obzira da li se radi o industrijskom robotu, humanoidnom robotu ili robotu specijalne namene, uslužnom i sl. Da bi robot mogao da komunicira sa čovekom o okolini koja ih okružuje, neophodno je da prepoznaje tu okolinu na način na koji je čovek prepoznaje.

U ovom radu prikazano je jedno rešenje koje objedinjuje sistem za prepoznavanje govora, sistem za digitalnu obradu

slike i klasifikaciju prepoznatih objekata i sistem industrijskog robota antropomorfne konfiguracije. Ideja predstavlja međurešenje zadatka za upravljanje antropomorfnom robotskom rukom koja se razvija za potrebe projekta pod nazivom „Razvoj robota kao sredstva za pomoć u prevazilaženju teškoća u razvoju dece“. Cilj projekta je da se razvije mobilni antropomorfn robot kognitivnih osobina (akronim MARKO – u daljem radu to će biti ime koje se koristi za obraćanje robotu) koji će biti u stanju da komunicira sa decom koja imaju poteškoće u razvoju, i koji će biti u stanju da saraduje sa njima u rešavanju zajedničkih zadataka. Jedan od tih zadataka je da se vežba rukovanje (manipulisanje) objektima i predmetima različitih boja, oblika i veličina, uz stalnu potrebu za uvežbavanjem govora. Zbog značajnog vremena koje je potrebno da se razvije mehanička konstrukcija robota, pa i ruke kojom bi se vršila manipulacija objektima [1], odlučili smo se da u prvom rešenju iskoristimo industrijski robot IRB140 proizvođača ABB. Šematski prikaz idejnog rešenja je dat na slici 1.



Slika 1 – Šematski prikaz idejnog rešenja sistema

Objekti kojima sistem treba da manišuliše su drveni predmeti koji se koriste u terapiji sa decom kojoj je robot namenjen. Predmeti se razlikuju po obliku, gde baza predmeta predstavlja trougao, krug, kvadrat ili pravougaonik. Osnova može biti veća ili manja, izrađena u dve jasno definisane veličine. Po boji razlikujemo crvene, plave i žute predmete. Dok je debljina predmeta urađena takođe u dve dimenzije, pa razlikujemo deblje i tanje predmete. Da bi predmeti bili prepoznati i pravilno klasifikovani predstavljeno je rešenje sa dve kamere koje su korišćenje za stereoviziju. Prepoznavanje govora i govornih komandi je rešeno korišćenjem sistema AlfaNum ASR koji je razvijen za govorno područje srpskog jezika.

Aplikacija koja vrši integraciju ovih različitih sistema je razvijena u C# programskom okruženju. Komunikacija sa drugim sistemima i uređajima je rešena korišćenjem TCP/IP i serijskog komunikacionog protokola.

Radovi koji se bave integracijom govornih sistema sa industrijskim robotom su razvijani za anglosaksonsko govorno područje. Razlog je dostupnost razvijenih ASR tehnologija za engleski jezik koje je ponudila kompanija Microsoft (Microsoft Speech Engine, Microsoft Speech Application Programming Interface, Microsoft Speech SDK v5.1)[2][3][4]. U ovim radovima robot je korišćen kako bi

izvršio unapred definisan zadatak nakon dobijanja govorne komande. To su zadaci koji obuhvataju problematiku manipulisanja predmetima na unapred poznatim pozicijama (pick-and-place) i problematiku zavarivanja unapred definisanim putanjama. Prepoznavanje govora je problem koji se retko povezuje sa industrijskim sistemima. Najčešće se primenjuje na neindustrijskim robotima koji su predviđeni za znatno veću interakciju sa čovekom.

2. SISTEM ZA DIGITALNU OBRADU SLIKE I PREPOZNAVANJE OBJEKATA

Sistem za digitalnu obradu slike se sastoji iz dve AXIS 211 mrežne kamere i softverskog modula realizovanog u programskom jeziku C++. Obzirom da je korišćen veliki broj dobro poznatih postupaka prilikom obrade slike, korišćena je biblioteka gotovih funkcija OpenCV 2.3.1 [5]. Takođe, kako bi se ubrzalo izvršavanje programa određene akcije su paralelizovane korišćenjem Intel Thread Building Blocks [6]. Konfiguracija sa dve kamere je odabrana jer su svi predmeti koje treba klasifikovati izvedeni u dve debljine i to 7 i 15mm. Kako bi se izvršila klasifikacija na debele i tanke objekte bila je potrebna informacija o dubini za šta je potrebna stereovizija a samim tim i dve kamere. Kamere su udaljene od objekata približno 70cm.

Kako bi se mogla vršiti precizna merenja dubine prvo je bilo potrebno kalibrirati obe kamere. Neidealnost sočiva i CCD senzora za detekciju slike unose određenu distorziju u sliku. Kalibracijom se određuju koeficijenti distorzije svake od kamera što omogućava uklanjanje distorzije i dobijanje slike kakva bi ona bila da je sistem za akviziciju slike idealan. Osim toga, prilikom kalibracije se određuje i međusobni položaj kamera koji je neophodan da bi se izvršila rektifikacija i kasnije određivanje mape dispariteta.

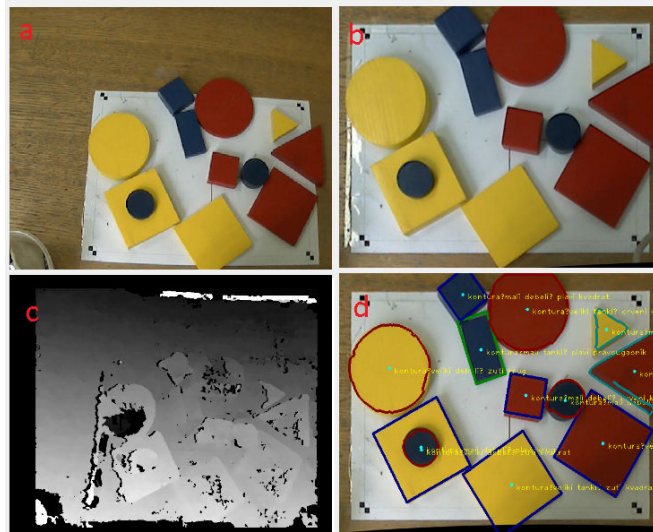
Radi lakše obrade slike na sto na kome se nalaze predmeti je postavljena podloga veličine A4 papira. Koordinatni sistem postavljen u centar papira, sa x osom u pravcu duže stranice i y osom u pravcu kraće, nam određuje referentni koordinatni sistem za računanje pozicija predmeta, kao i radni predmet za ABB robota.

Prilikom startovanja modula za prepoznavanje objekata prvo se vrši detekcija podloge. Na četiri ćoška podloge su postavljeni pravougaoni markeri koji jednoznačno određuju njegovu poziciju. Takođe se vrši rektifikacija i određivanje matrice transformacije koja povezuje mapu dispariteta i koordinatni sistem vezan za centar podloge.

Nakon završene inicijalizacije, prvo se uzima sirova slika sa kamera (Slika 2a). Sledeći korak je ispravljanje perspektive, tako da se ravan slike poklapa sa ravni podloge što je prikazano na Slika 2b. U ovoj perspektivi pozicija predmeta na slici je u linearnoj vezi sa pozicijom objekta u koordinatnom sistemu podloge. Obzirom da su predmeti pljosnati, u ovoj perspektivi će cilindar izgledati kao krug, prizma sa kvadratnom bazom će izgledati kao kvadrat, itd., što znatno olakšava klasifikaciju. Sledeći korak je segmentacija, gde se prvo vrši izdvajanje ivica i određivanje kontura. Na osnovu odnosa površine konture, minimalnog pokrivačkog kruga i minimalnog pokrivačkog pravougaonika se određuje oblik predmeta (krug, trougao, kvadrat, pravougaonik) i dimenzije predmeta (mali ili veliki).

Na osnovu srednje vrednosti boje se određuje da li predmet žut, plav ili crven. Da bi se odredila debljina prvo je potrebno odrediti mapu dispariteta koja je data na Sl. 2c. Na osnovu te mape se proračunava koordinata svake tačke u odnosu na podlogu, i na osnovu te informacije se određuje da

li je predmet tanak ili debeo. Obzirom da je postupak ispravljanja perspektive i segmentacije nezavistan od postupka određivanja mape dispariteta i prostornih koordinata objekata, oni su paralelizovani kako bi se ubrzalo izvršavanje programa.



Slika 2 – Rezultat stereovizije: a - prikaz slike sa leve kamere; b – slika nakon ispravljanja perspektive; c – mapa dispariteta; d – prikaz detektovanih objekata

Nakon digitalne obrade slike sistem dobija informacije o objektima koji se nalaze na radnom stolu. Za svaki prepoznati objekat sistem formira strukturu koja ima sledeće elemente:

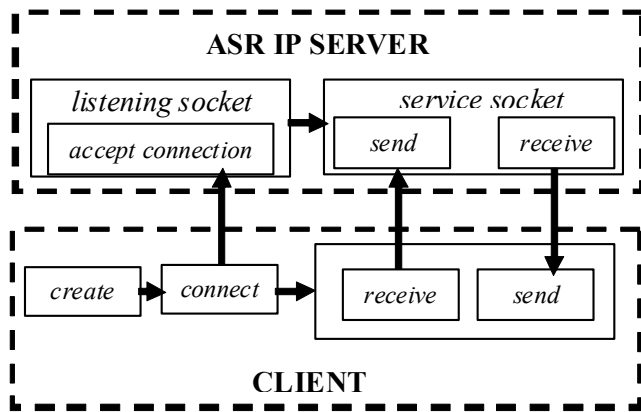
- boju (crvena, plava, žuta),
- oblik (kvadrat, pravougaonik, krug, trougao),
- veličinu (veliki, mali),
- debljinu (tanak, debeo),
- x koordinata centra objekta (brojna vrednost),
- y koordinata centra objekta (brojna vrednost).

3. SISTEM ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE GOVORA

Alfanum ASR softverski modul služi za prepoznavanje reči i fraza iz malih i srednjih rečnika na srpskom i drugim južnoslovenskim jezicima sa sličnom fonetikom. Osnovna funkcionalnost modula je da prepozna koja reč ili fraza iz zadatog skupa je izgovorena u određenom audio fajlu. Modul takođe vraća i informaciju o pouzdanosti, kao i podatak o tome da li je izgovorena reč izvan rečnika.

Sistem za automatsko prepoznavanje govora (Alfanum ASR softverski modul) je realizovan u programskom jeziku C++. Kôd je organizovan u 3 biblioteke i to: biblioteku opšte namene, biblioteku za protočnu obradu signala i biblioteku funkcija vezanih za obuku i testiranje sistema za prepoznavanje govora. Biblioteka opšte namene obezbeđuje osnovne klase i funkcije za manipulaciju tekstualnim fajlovima, labelama, arhiviranjem podataka i sl. Biblioteka za protočnu obradu signala sadrži klase koje realizuju osnovne operacije koje postoje u digitalnoj obradi signala (filtriranje, estimacija spektra, estimacija energije itd.) ali i operacije koje su vezane za izdvajanje obelžja govornog signala (mel-frekvencijske kepstalne koeficijente, banke filtara, linearne prediktivne koeficijente itd.) [7].

ASM modul se najčešće koristi kroz Alfanum IP server. Ova aplikacija predstavlja prvi interfejs između ASR komponente i aplikacija razvijenih na projektima razvoja govornih tehnologija na Fakultetu Tehničkih Nauka. U osnovi servera je multi-threading protokol koji preko TCP/IP-ja prima konekcije sa klijentskih aplikacija. Funkcionisanje servera može se opisati preko dva tipa socket-a koji se kreiraju. Jedan je tzv listening socket koji prikuplja zahteve za konekcijom generisane na nekom od klijenata. Nakon pristizanja zahteva, za svakog klijenta se otvara tzv service socket preko koga se ostvaruje dalja komunikacija. Ovakav mehanizam otvara mogućnost za istovremenu konekciju velikog broja klijenata i dodavanja novih rutina. Šematski prikaz komunikacionog protokola dat je na slici 3.



Slika 3 – Šematski prikaz komunikacionog protokola

AlfaNum ASR system funkcioniše sa rečnicima male i srednje veličine. Kako bi se omogućilo da sistem prepoznaje određene reči potrebno je definisati gramatiku. To se postiže definisanjem izraza prikazanih u donjem primeru. Postoji mogućnost definisanja više gramatika, i kasnijeg odabira koju od njih želimo da koristimo. Ulaz u sistem za prepoznavanje govora predstavlja audio zapis i gramatika koja se koristi u datom trenutku. Izlaz ovog sistema predstavljaju dva niza. Prvi niz je niz karaktera (string) u kome se nalaze prepoznate reči (primer: ['MARKO', 'POMERI', 'CRVENI', 'TROUGAO']), a drugi predstavlja niz brojeva gde svaki od njih predstavlja pouzdanost prepoznavanja za odgovarajuću reč (primer: [73.2, 90.0, 86.7, 91.2]). Vrednost koja predstavlja pouzdanost prepoznate reči se kreće u opsegu od 0 do 100.

Gramatika je definisana korišćenjem Backus-Naur-ove forme, kao što je prikazano u sledećem primeru:

```
key_word = MARKO;
command1 = POMERI | GURNI | POVUCI;
feature1 = CRVENI | PLAVI | ŽUTI;
feature2 = TANAK | DEBEO;
object1 = TROUGAO | KVADRAT | KRUG;
command2 = STOP | STANI | NASTAVI;
rule1 = $key_word $command1 $feature1
$object1;
rule2 = $key_word $command2;
do = $rule1 | $rule2;
```

Prilikom definisanja gramatike potrebno je obratiti pažnju na sledeće elemente:

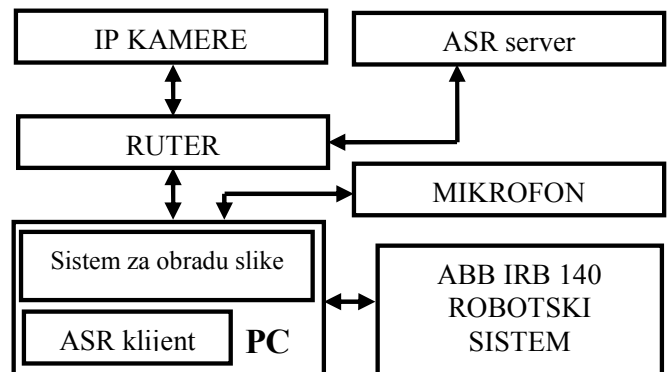
- ključna reč (*key_word*) - je reč koja služi da bi se sistemu skrenula pažnja na naredbu koja sledi i predstavlja signal za početak snimanja naredbi. Na taj način se omogućava jednostavnije prepoznavanje komande.
- komanda (*command, object*) – predstavlja skup reči koje se mogu prepoznati. Reči su odvojene znakom '|' koji ima ulogu logičkog operatora ILI. Prilikom

processa prepoznavanja sistem može prepoznati samo jednu reč iz ovog skupa.

- pravilo (*rule*) – predstavlja redosled komandi koje se očekuju na ulazu u sistem. Ispred svake komande se nalazi '\$' znak, i mogu se pojavljivati u više pravila.
- definicija (*do*) – način za povezivanje ključnih reči i željenog pravila.

4. INTEGRACIJA SA ROBOTSKIM SISTEMOM ABB IRB 140

Spajanje sistema za prepoznavanje govora i sistema za digitalnu obradu slike izvršeno je posredstvom aplikacije razvijene za PC platformu. Integracija čitavog sistema zaokružena je povezivanjem aplikacije sa industrijskim robotom kompanije ABB, model IRB140 (Slika 4). Kamere, ASR server i PC su povezani TCP/IP komunikacijom korišćenjem mrežnog rutera, dok je robotski sistem povezan sa PC-jem korišćenjem serijske komunikacije RS232. IRB140 je robotska ruka antropomorfne konfiguracije sa šest stepeni slobode. Robot je opremljen kontrolerom oznake IRC5 koji, u našem slučaju, raspolaže samo RS232 komunikacionim portom. Softver korišćen za programiranje robota je ABB Rapid [8]. Na vrh robotske ruke je pričvršćen alat koji predstavlja plastični fleksibilni štapa na čijem se vrhu nalazi gumeni sloj. Gumeni sloj se koristi kako bi se povećalo trenje između štapa i elemenata koji se pomeraju. Na taj način je omogućeno pomeranje predmeta po radnom stolu bez potrebe za njihovim hvatanjem. Korišćeni štapa je fleksibilan jer postoji opasnost od lošeg pozicioniranja vrha alata i eventualnog oštećenja alata, radnih predmeta ili okoline.



Slika 4 - Integracija sistema

Prilikom pokretanja sistema robot se nalazi u početnom položaju, koji se unapred može definisati. Kada operator (korisnik) izda govornu naredbu vrši se istovremeno prepoznavanje govora i prepoznavanja objekata koji se nalaze na radnom stolu. Na osnovu rezultata obrade govora i slike aplikacija određuje prostorne koordinate kroz koje je potrebno da prođe vrh alata. Prva prostorna koordinata je rezultat digitalne obrade slike i uvek predstavlja koordinate centra objekta čije pomeranje korisnik želi da izvrši. Naredne koordinate proračunava aplikacija na osnovu rasporeda objekata na stolu.

Broj prostornih koordinata zavisi od željenog kretanja objekata. Ukoliko je potrebno izvršiti translatorno kretanje objekta dobićemo dve prostorne koordinate. U tom slučaju druga prostorna kordinata predstavljaće poziciju centra objekta u krajnjem željenom položaju. Pošto se kretanje elemenata vrši u ravni stola, to znači da je jedna koordinata (vertikalna u odnosu na ravan radnog stola) nepromenljiva. Vrednost vertikalne koordinate može imati dve vrednosti,

jednu za tanji objekat, i drugu za deblji objekat kojim se želi manipulirati. Zbog toga što je vertikalna koordinata konstantna dobijamo mogućnost definisanja pravolinijskog kretanja centra objekta uz pomoć dve prostorne koordinate. Ukoliko se želi kružno pomeranje centra objekta potrebno je definisati tri tačke kroz koje će proći vrh alata robotske ruke. Ukoliko želimo kretanje centra objekta po trajektoriji koja je sačinjena od n pravolinijskih putanja biće nam potrebno $n+1$ prostornih koordinata. Kombinovanjem kružnih i pravolinijskih putanja možemo definisati bilo koju putanju vrha alata koju je potrebno da robot izvrši kako bi se izvelo željeno pomeranje objekta.

Kada je poznata putanja kojom je potrebno da prođe vrh alata robotske ruke šalje se informacija robotskom sistemu putem ostvarene serijske komunikacije. Format poruke koji se koristi u komunikaciji sa robotom je sledeći:

početak	(x_1, y_1, z_o, o_1)	(x_2, y_2, z_o, o_2)	...
...	(x_m, y_m, z_o, o_m)	kraj	

gde su (x_n, y_n) ravanske koordinate u kojima će se naći centar objekta kojim se manipuliše, z_o je fiksna vrednost vertikalne koordinate centra objekta, o_n je osobina koordinate koja govori o tome da li ona pripada kružnoj ili pravolinijskoj putanji. Nakon primljene poruke robot kreira putanju kroz koju će proći. Nakon izvršenog kretanja robot se vraća u početnu poziciju, obaveštava PC aplikaciju o izvršenju zahtevanog kretanja i čeka na sledeću komandu. Vraćanje robota u početnu poziciju je važno jer će sprečiti dolazak u situaciju da robot svojim segmentima zakloni neki od predmeta na stolu i time onemogućiti da sistem za prepoznavanje predmeta uoči neke od objekata.

Robot izvršava naredbe po redosledu kojim mu pristižu iz PC aplikacije. Ukoliko korisnik izda više uzastopnih naredbi, njihovo izvršavanje će se izvršiti prema redosledu kojim su pristizale (FirstInFirstOut struktura). Kada korisnik izda naredbu za zaustavljanje robota onda ta naredba dobija najviši prioritet i izvršava se istog trenutka kada je naredba prepoznata. Ponovno izvršavanje prekinute naredbe će započeti kada korisnik to zatraži. U tom slučaju izvršavanje naredbe će startovati tek nakon što robot dođe u početnu poziciju.

Ukoliko korisnik zatraži od robota da pomeri objekat koji se ne nalazi na radnom stolu, korisnik će biti obavešten da sistem nije prepoznao traženi element. Slična situacija se može desiti kada se robotu izda naredba da se zaustavi. Nakon što robot primi naredbu da nastavi sa kretanjem, i nakon što se pozicionira u početni položaj, sistem će ponoviti analizu slike kako bi utvrdio gde se nalazi objekat čije pomeranje želimo da izvršimo. Ukoliko je objekat u međuvremenu uklonjen sa radnog stola korisnik će o tome biti obavešten, u suprotnom će biti proračunata nova putanja i robot će izvršiti zahtevano kretanje.

5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljeno rešenje u kome su integrisana tri različita sistema, koja sama po sebi imaju veliki značaj, ali koja međusobnim kombinovanjem dobijaju na većoj fleksibilnosti sistema, na autonomiji i velikom broju mogućih primena bilo da se koristi ovakvo rešenje ili neka njegova modifikacija. Dalji razvoj na ovome rešenju predviđa manipulaciju većim i drugačijim skupom predmeta, koja će osim pomeranja guranjem imati mogućnost njihovog podizanja i manipulaciju iznad radne površine. Na kraju će biti potrebno da se rešenje implementira sa antropomorfnom robotskom rukom, umesto sa industrijskom.

Ovakvo rešenje može imati veliku primenu u industrijskim sistemima koje imaju razvijene fleksibilne proizvodne ćelije kod kojih se zahteva saradnja robota sa čovekom. Rešenje ovakvog zadatka se može naći primenu od industrijskih hala u procesima montaže, do uslužnih i servisnih sistema u medicinskim uslovima, u sistemima kod kojih se i dalje od čoveka očekuje da donosi odluke a robot ima ulogu asistenta. Sposobnost robota koji čuje i razume čovekov govor, da može da odgovori i vidi čovekovu okolinu na isti način na koji je vidi čovek, u velikoj meri može pomoći daljem razvoju korišćenja najsavremenije tehnologije u svakodnevnom čovekovom okruženju.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je izrađen zahvaljujući finansijskoj podršci od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije za rad na projektu koji nosi oznaku III44008 i od strane Pokrajinskog sekretarijata za nauku i tehnološki razvoj pod brojem 114-451-2116/2011.

LITERATURA

- [1] Srđan Savić, Razvoj robotske ruke antropomorfnih karakteristika, Zbornik radova fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, 2011
- [2] J. N. Pires, Robot-by-voice: Experiments on commanding an industrial robot using the human voice, *Industrial Robot, An International Journal*, Vol. 32, 2005
- [3] J. N. Pires, G. Veiga, R. Araujo, Programming-by-demonstration in the coworker scenario for SMEs, *An International Journal*, Vol. 36, 2009
- [4] D. Rambabu, R. Nagaraju, B. Venkatesh, Speech Recognition of Industrial Robot, *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTATIONAL MATHEMATICAL IDEAS*, Vol. 3, 2011
- [5] R. Laganière, *OpenCV 2 Computer Vision Application Programming Cookbook*, Birmingham, Paket Publishing 2011.
- [6] J. Reinders, *Intel Thread Building Blocks*, Birmingham, O'Reilly 2007.
- [7] D. Mišković, M. Bojanić, N. Jakovljević, V. Delić, Estimacija pouzdanosti u prepoznavanju govora, *TELFOR - 19. Telekomunikacioni forum*, 2011
- [8] *ABB Rapid reference manual*, ABB Automation Technologies AB, Robotics, 2005

Abstract – In this paper a solution with an industrial robot ABB IRB140, the system for automatic speech recognition (ASR) and the system for computer vision is presented. The robot has a task to manipulate with objects positioned on a working table. Objects are randomly positioned on the table, and the computer vision system has a task to recognize objects and their characteristics (shape, dimension, color, position and orientation). The ASR system has a task to recognize human speech and to use it as a command to the robot, so the robot can manipulate with objects.

INTERACTION BETWEEN INDUSTRIAL ROBOT AND SYSTEMS FOR IMAGE AND VOICE RECOGNITION

Jovica Tasevski, Milutin Nikolić, Dragiša Mišković