

## MULTIFUNCTIONAL MOBILE ROBOT PLATFORM FOR OUTDOOR OPERATION

### MULTIFUNKCIONALNA MOBILNA ROBOTSKA PLATFOMRA ZA AMBIJENTALNU PRIMENU

Miloš Jovanović, Svemir Popić, Aleksandar Rodić, “Mihailo Pupin” Institue, Belgrade

**Sadržaj** – U radu je predstavljen razvoj prototipa jedne mini mobilne robotske platforme opšte namene kako u zatvorenom tako i u otvorenom prostoru. Ovaj mini robot je namenjen pre svega u edukacione i razvojno-istraživačke svrhe. Kako mehaničke, tako i upravljačke karakteristike preporučuju ovu platformu za različite moguće primene. Male dimenzije, dobre autonomne karakteristike i različite mogućnosti jesu glavna prednost ove robotske platforme. Mogućnost bežičnog prenosa i upravljanje u realnom vremenu garantuju široku primenu u različitim oblastima. Operativni sistem u realnom vremenu koji je ugrađen u kontroler i otvorena softverska i hardverska konfiguracija omogućavaju uspešnu nadogradnju za široki spektar zadataka.

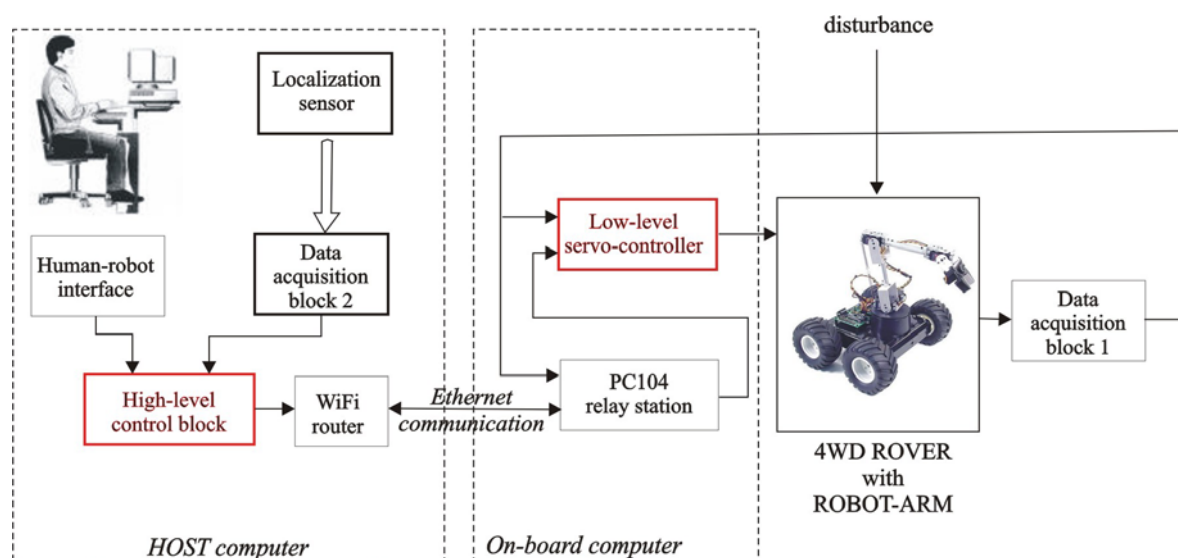
**Abstract** - In this paper it is presented a prototype of a general purpose mini mobile robotic platform operating in indoor as well outdoor environments. Both, mechanical and control characteristics recommend this platform for various possible operation. Small dimension, good autonomous characteristics and various capabilities has main characteristics for this robotic platform. Wireless capabilities and real time video control guarantee wide possibilities for control and task execution. Real time operation system implemented into the controller and open source and expandable hardware controller guarantee successful upgrade possibilities for a wide specter of the tasks.

Keyword: Mobile robot, indoor operation, outdoor operation, PC platform, WIFI communication,

#### 1. UVOD

DFRobot 4WD Outdoor Mobilna Platforma je 4WD rover razvijen prevashodno za istraživačke primene [1] ali je moguća i njegova komercijalna primena.. Robot je opremljen točkovima pogonjenim diferencijalnom konfiguracijom. Točkovi su pokretani putem DC motora sa reduktorom sa ugrađenim inkrementalnim enkoderima.. Sensorski sistem mobilne platforme se sastoji od IR i ultrazvučnih blizinskih senzora, kao i sa jednim troosnim akcelerometrom i troosnim

žiroskopskim sistemom. Robotska ruka sa 5 stepeni slobode AL5A [2] je ugrađena na platformu. Pokreću je 5 RC servomotora. Mobilna platforma je opremljena stereovizijskom kamerom. Upravljački sistem mobilne platforme (Slika 1) je baziran na PC-104 sistemu [3]. PC-104 procesorska ploča je pokretana Intel Atom procesorom sa 512 MB RAM-a i sa 2GB SSD flash-diskom. Upravljački sistem poseduje veliki skup priključaka uključujući: USB, RS232, ethernet kao i mnogobrojne priključke za periferije. Standardni USB-to-WiFi adapter se koristi za bežičnu komunikaciju sa glavnim



Slika 1. Upravljačka blok šema 4WD mobilnog robora.

upravljačkim sistemom.

## 2. MEHANIČKA I HARDVERSKA ARHITEKTURA

Robotizovano vozilo – ROVER (Prozvodnja Robotshop) (Slika 2.) je prerađeno na način da je u dve odvojene platforme ubačena kompletna elektronika i akumulator velikog kapaciteta koji ovom robotu omogućava značajnu autonomiju kretanja čak i po neuređenom terenu tzv. outdoor aplikacije. Iako se njegova nova masa više nego udvostručila i iznosi oko 8.5 kilograma, 4 snažna motora nominalne snage 17 W, sa reduktorima prenosnog odnosa 66:1 omogućavaju ovom vozilu da se kreće brzinom od oko 80 cm/s. Iako ne postoje podaci proizvođača o maksimalnom usponu koji savladava **mi smo ga testirali** na kosoj platformi nagiba oko 30° i u tom trenutku počinju da proklizavaju točkovi. Ovo je vrlo praktičan način da se motor reduktori sačuvaju od preopterećenja jer pri udaru u prepreku dolazi do proklizavanja guma u odnosu na plastične felne (bandaže). Međutim **u našem slučaju** dolazi do neželjenog proklizavanja i kod kretanja po neravnom i neuređenom terenu. Ovo je prevashodno eksperimentalna platforma, koja nam je s obzirom na svoju relativno nisku cenu dala mnogo značajnih podataka kao podlogu našem sledećem zadatku projektovanja veće i snažnije platforme visokih performansi i širokog područja primene.



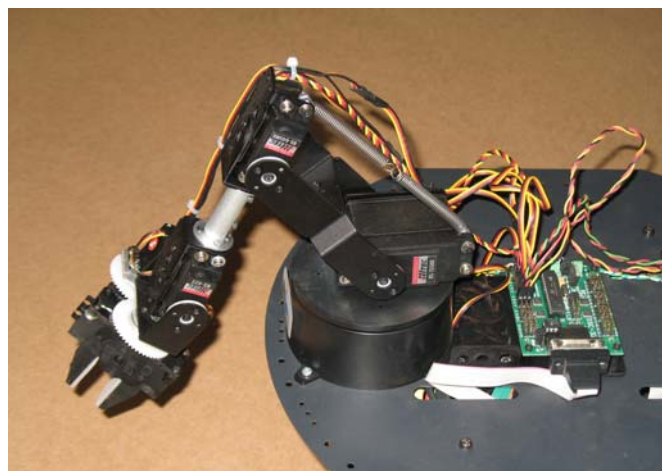
Slika 2. Izgled 4WD mobilnog robota.

Ostali podaci: radni napon 12 V, brzina motora u praznom hodu 8100 rpm, broj obrtaja na izlazu iz reduktora 120 rpm, prečnik motora 30 mm, dužina 42 mm, struja praznog hoda 75 mA, nominalna struja 1400 mA. Posедуje ugrađen optički enkoder sa 12 podeoka po krugu. Dimenzije donje platforme su 270 x 200 x 60 mm, gornje 240 x 200 x 70 mm, ima četiri

velika točka za outdoor aplikacije prečnika 125 mm i širine 65 mm.

Osnovna konfiguracija Rovera proširena je sa dva dodatna uređaja: Robotskom rukom čija je namena izvršavanje zadataka u prostoru Rovera i Stereo kamerom za nadzor i upravljanje kretanjem Rovera u spoljašnjem okruženju.

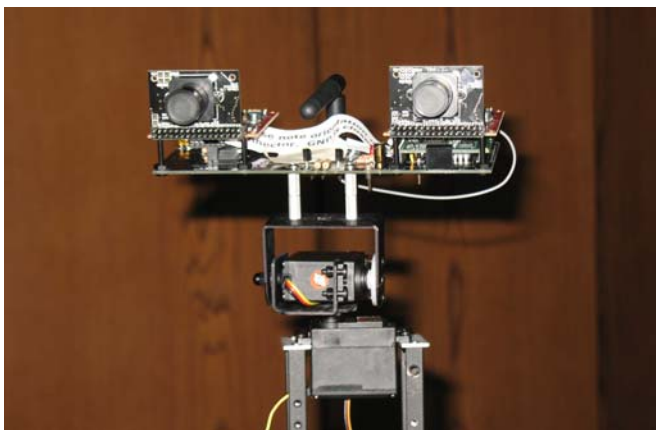
Robotsku ruku AL5A-KT (proizvođač Lynxmotion. Inc) (Slika 3.) karakterišu brzi, tačni i ponovljivi pokreti. Ima 5 kontrolisanih stepeni slobode kretanja i dodatnim stepenom slobode u hvataljki. Stepni slobode su prema nomenklaturi po jedan u bazi, ramenu, laktu, dva stepena slobode u šaci i funkcionalna hvataljka. Konstrukcija je izrađena od aluminijuma koji je površinski zaštićen anodnom oksidacijom crne boje, dok su sklop servomotora i reduktora i integrisanom elektronikom smešteni u plastična kućišta. Na mestima gde se javljaju trenja ubačeni su precizno laserski sečeni elementi od leksana. U osnovi je korišćen sklop motor reduktor tipa HS-422, u ramenu HS-755HB u laktu HS-745HB, u šaci HS-645MG i hvataljci takođe HS-422 dok je za dodatnu rotaciju hvataljke upotrebljen HS-485HB. Masa robotske ruke u osnovnom paketu je oko 650 grama odnosno oko 700 grama sa dodatnim stepenom slobode u šaci. Da bi se olakšao rad servomotora ugrađena je prosta masena kompenzacija opružnog tipa. Nosivost ruke je oko 110 grama.



Slika 3. Izgled robotske ruke sa 5 stepeni slobode

Stereo kamera [4] je postavljena na sklop dva servomotora tipa HS-422, koji omogućavaju rotaciju oko dve ortogonalne ose tzv. pan-tilt. Izdignuta je oko 400 mm iznad gornje površine platforme Rovera. Takav položaj je izabran zbog bolje preglednosti okoline u kojoj se Rover kreće, ali pre svega da bi se kontrolisala manipulacija robotske hvataljke kada ona deluje ispod površine platforme. U planu je da se ugradi još jedna minijturna kamera koja bi bila locirana pored hvataljke i neposredno kontrolisala procese koji se izvršavaju bilo hvataljkom bilo nekim drugim alatom montiranim umesto nje.

Neki karakteristični podaci za najčešće korišćeni motor tip HS-422 su sledeći: radni opseg između krajnjih položaja 180°, radni napon 4.8-6 VDC, nominalni moment ~ 0.4 Nm, masa ~ 50 grama, brzina 0.16s / 60° [5].



Slika 4. Stereovizijski sistem.

### 3. SENZORSKI SISTEM ZA LOKALIZACIJU

Problem precizne lokalizacije, navigacije i izbegavanja prepreka je jedan od glavnih ciljeva ovako predstavljene robotske platforme. Pored stereovizijskog sistema, predviđene su i druge mogućnosti. Postoji više načina za robotsku lokalizaciju, od kojih se dva načina posebno izdvajaju, radio-frekventna lokalizacija i optička lokalizacija. RFID i ZigBee su dve najrasprostranjenije tehnike za indoor aplikaciju, dok je GPRS najčešće korišćena tehnika za outdoor primene. Napominjemo da sve ove metode je moguće lako implementirati na postojeći sistem zahvaljujući njegovoj otvorenoj arhitekturi. Tokom ispitivanja, jedan specifičan način lokalizacije u indoor uslovima je primenjen i potvrđena multifunkcionalnost ovog sistema. To je Hagisonic StarGazer infra-red sensor za lokalizaciju robota unutar određenog radnog prostora. Sistem se sastoji od IR projectora i odgovarajućih markera prilepljenih na robotski sistem. Ovako postavljen sistem za lokalizaciju je omogućavao precizno navođenje sistema u prostoru od 2.5 do 3.0 metara, sa preciznošću lokalizacije od 0.02 metra i uglom orijentacije od 1 stepena.

### 4. UPRAVLJAČKI SISTEM

Upravljački sistem je razvijen na bazi INTEL Atom PC-104 procesorskog modula. UBUNTU operativni sistem u realnom vremenu pokreće i kontroliše sve resurse robotske platforme. Putem WIFI bežičnog modula omogućena je stalna veza sa nadređenim računarom. Odgovarajući upravljački moduli ENCODER i DIGIO su direktno povezani za servosisteme putem ISA bus protokola na PC-104 platformi. Otvorenost ovakvog sistema omogućava dalje proširenje sistema vizije i sistema detekcije prepreka [6]. Ugrađeni bežični stereovizijski sistem (Slika 4.) omogućava istovremeni prikaz slike na nadređenom računaru i paralelnu obradu slike na kontroleru mobilne robotske platforme. Rezolucija stereovizijskog sistema je promenljiva, kao i kvalitet slike i kvalitet prenosa. Moguće rezolucije slike su 80x64, 160x120, 320x240, 640x480 i 1280x1024 piksela. Kvalitet slike u svakoj od odabrane rezolucije se kreće od 1 (najkvalitetnija)

do 8 (najlošijeg kvaliteta). U zavisnosti od odabrane rezolucije i odabranog kvaliteta slike, zavisi i brzina prenosa koja se kreće od 30 frejmova u sekundi (sto odgovara slici u realnom vremenu) do 4-5 frejmova u sekundi sto je dovoljno za prepoznavanje oblika i prepreka.

### 5. ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja jednu uspešnu realizaciju mini mobilne robotske platforme za različite primene u otvorenim i zatvorenim prostorima (ambijentima) i u različitim mogućim primenama. Male dimenzije, dobre autonomne karakteristike te i različite mogućnosti jesu glavna prednost ove robotske platforme. Mogućnost bežičnog prenosa i upravljanje u realnom vremenu garantuju široku primenu u različitim oblastima. Operativni sistem u realnom vremenu koji je ugrađen u kontroler i otvorena softverska i hardverska konfiguracija omogućavaju uspešnu nadogradnju za široki spektar zadataka.

### ZAHVALNOST

Ovaj rad je deo inovacijskog projekta 'Ambijentalni inteligentni servisni roboti antropomorfni karakteristika', TR-35003 finansiran od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije.

### LITERATURA

- [1] DFRobot 4WD Outdoor Mobile Platform, <http://www.robotshop.ca/dfrobot-4wd-outdoor-mobile-platform.html>.
- [2] Lynxmotion AL5A 4 Degrees of freedom robotic arm Combo kit, <http://www.lynxmotion.com/>.
- [3] ADLS15PC – PC104-Plus Embedded single board computer. Advanced digital logic, <http://www.adl-usa.com>.
- [4] Surveyor Stereo Vision System (SVS). Surveyor Corporation, <http://www.surveyor.com/>.
- [5] On line available. <http://www.institutepupin.com/RnDProfile/ROBOTIKA/arbioe.htm>.
- [6] Jovanovic M., Vukobratovic M., PC as a Controller for Educational Robot ROBED-03, EUROCON 2005 - The International Conference on Computer as a Tool, Volume I, 2005, Article number 1629998, Pp 591-594
- [7] Rodic A., Jovanovic M., Popic S., Mester G., Scalable Experimental Platform for Research, Development and Testing of Networked Robotic Systems in Informationally Structured Environments, Experimental Testbed Station for Wireless Robot-Sensor Networks, IEEE Symposium Series in Computational Intelligence 2011. accepted for publication.