

Robotska celica za paletizacijo leče avtomobilskega emblema

Jure Habjan¹

Mentorji: Iztok Nared², prof. dr. Roman Kamnik¹, prof. dr. Marko Munih¹

¹ Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Tržaška c. 25, 1000 Ljubljana

² HELLA Saturnus Slovenija

jh5578@student.uni-lj.si

Robot cell for palletisation of the car emblem lens

The article presents the development of a robot cell for palletisation of a car emblem lens with robot vision. The robotic cell is based on the ABB IRB 1600 industrial robot and the Cognex robot vision system - In-Sight Cognex 7802 and In-Sight Explorer. Operation consists of picking the lens for the car emblem from the tray with a robot, detection of orientation and position and positioning it on the nest with proper orientation. This document also illustrates how communication between devices is taking place, mostly through the use of the RS-232 protocol between the Cognex camera and the robot. Robotic vision algorithms are implemented in the Cognex In-Sight Explorer program. This operation eliminates the need for a worker and shortens the time for this task, which is done by manual work.

Kratek pregled prispevka

V prispevku je predstavljen razvoj robotske celice za manipulacijo in paletizacijo leče avtomobilskega emblema s pomočjo robotskega vida. Robotska celica je zasnovana na osnovi industrijskega robota ABB IRB 1600 in sistema robotskega vida Cognex – kamera In-Sight Cognex 7802 in programa In-Sight Explorer. Operacija je sestavljena iz dviga leče za avtomobilski emblema iz pladnja z robotom, zaznavo orientacije in pozicije in postavitve te na gnezdo s pravilno orientacijo. Potek komunikacije med napravami, večinoma z uporabo protokola RS-232 med kamero Cognex in robotom. Algoritmi robotskega vida so implementirani v programu In-Sight Explorer podjetja Cognex. V primerjavi z ročno izvedbo, razvita robotska celica v celoti avtomatizira in skrajša čas dotične naloge.

1 Uvod

V okviru predmeta Seminar iz robotike in merjenj smo se ukvarjali z implementacijo robotskega vida v operacijo paletizacije avtomobilskega emblema. Operacija je v osnovi prvi in položi (angl. pick and place) in zahteva prenos leče avtomobilskega emblema s palete (slika 1), s pomočjo robota in kamere v gnezdo s spodnjim delom sestave. Leča ima na površini odseven emblem, zaradi česar je treba lečo v gnezdo še pravilno orientirati.

Avtomatizacije naloge smo se lotili, da bi z operacijo pohitrili proizvodnjo in odpravili človeški faktor. Osnovna naloga se je izvajala s paleto in dvema gnezdi, namesto enega. Delavka je leče vzela iz palete in jih položila v prvo gnezdo, kjer se je določila fiksna lega in orientacija, nato pa je robot lečo preložil na končno gnezdo s spodnjim delom. Pri nadgradnji se lahko tako preskoči tudi del operacije orientiranja. Zanimala nas je tudi tehnologija robotskega vida v industriji in uporaba specifičnih programov za namenske kamere. Problemi, ki bi zahtevali še dodaten razmislek, so svetlobna odbojnost leč, nesigurnosti zajema pozicije leč, tolerančna veriga ter sama komunikacija kamere z robotom. Za praktično oplikacijo je bilo potrebno izdelati še nosilno mizo v celici in prijemalo robota za prijemanje leče.



Slika 1: Paleta z lečami.

2 Strojna oprema

V podjetju HELLA Saturnus Slovenija smo za delo imeli na voljo robot ABB, IRB 1600. Robot ima nosilnost 8 kilogramov in dosega 1.45 metra (slika 2).



Slika 2: Robot ABB IRB 1600.

Na voljo sta bili tudi dve Cognex kameri serije 7000 - prva 7200, druga pa serije 7802. Izbrali smo slednjo, saj je novejša, ima večjo ločljivost in več ponujene dodatne opreme, kot so različni filtri, leče in več programskih opcij.



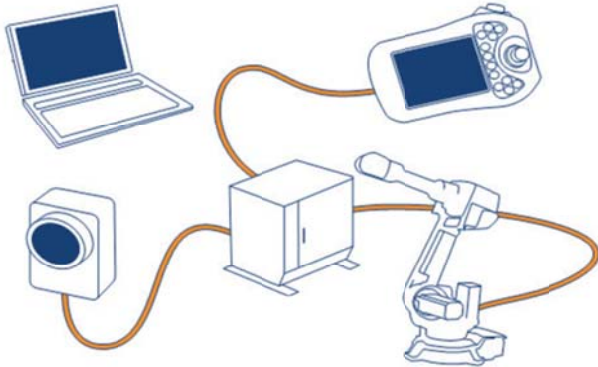
Slika 3: Uporabljena kamera In-Sight Cognex 7802.

Za razvoj programske opreme smo uporabili programska okolja RobotStudio [2], In-Sight Explorer [1] in Hercules [6]. RobotStudio je okolje namenjeno programiranju ABB robotov v navideznem okolju, tudi ko s samim robotom nismo povezani. In-Sight Explorer je program za programiranje Cognex kamer. Ponuja opcije za povezovanje omenjenih kamer z različnimi napravami, algoritme za detekcijo objektov, spreminjanje parametrov kamere in upravljanje teh v realnem času. Hercules je program za preverjanje in testiranje serijskih in ostalih

povezav med osebnim računalnikom (PC) in napravami.

3 Potek dela in rezultati

Naloge smo se lotili s spoznavanjem celotnega sistema robotske celice, ki je predstavljen na sliki 4.



Slika 4: Sistem robotske celice in povezave.

Prvi korak v razvoji je bila konstrukcija paletnih enot robotske celice in vseh mehanskih modifikacij na robotu, saj so operacije za rezkanje in izdelavo 3D-modelov za tiskanje delov za prijemalo zamudne. Najprej smo izdelali postajo, na kateri ležijo paleta, gnezdo in prostor za kalibracijsko podlago. Sestavili smo jo iz aluminijastih Bosh profilov z utori. Izvedli smo dve omejujoči coni za gnezdi iz L-profilov, za določitev fiksne lege (glej sliko 5).



Slika 5: Miza s paletno in fiksnimi gnezdi.

Naslednji korak v razvoju robotske celice je bila izdelava držala za kamero in prijemala. Za prijemalo smo določili vakuumski princip delovanja. Prijemalo s prsti bi poškodovalo leče. Izdelali smo tudi plastično držalo za menjavo

orodja (T-40) robota na spodnji strani, kjer je povezano na držalo. Prva izvedba prijemala je predstavljena na sliki 6.



Slika 6: Prva iteracija prijemala

Na prijemalo smo dodali še v držalo za kamero. Za nadgradnjo smo si zamislili aluminijasto držalo, katerega smo izrezali in povrtali iz 5 mm aluminijaste plošče.



Slika 7: Prijemalo s kamero.

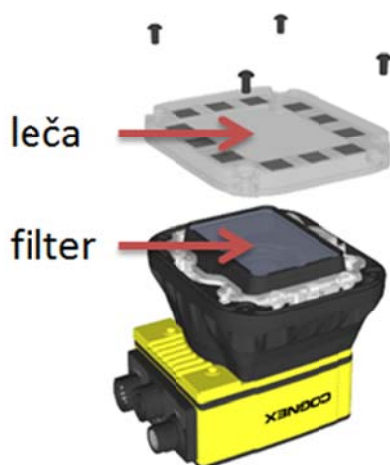
Na robotu so že bile pripravljene pnevmatske povezave za izpih zraka in za naše potrebe vakuma smo eno od teh uporabiti za generator vakuumu (slika 8). Prijem in vakuum smo krmilili digitalnimi vhodno/izhodnimi linijami robotskega krmilnika.



Slika 8: Cevke za tlak in vakuumski generator.

Naslednji korak je bila vzpostavitev komunikacije s kamero in njeno programiranje. Kamera komunicira preko Ethernet povezave, izključno preko fiksne IP številke. Za ta namen smo v sistem povezali delavno postajo, ki je

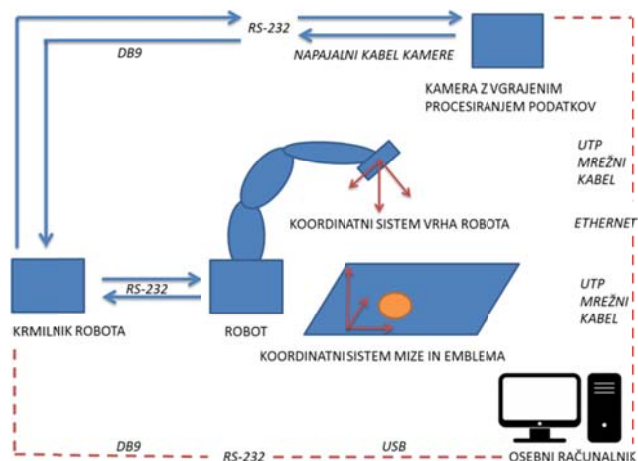
služila kot sekundarni stacionarni I, da tega ni bilo treba spreminjati na osebni računalnik, na katerem IP ni statičen. Sledilo je spoznavanje s programskim orodjem In-Sight Explorer. V tem programu smo se naučili programiranja kamere, nastavitve parametrov in uporabljanje Cognex algoritmov za detekcijo objektov. Preden smo se odločili za specifična orodja detekcije, smo optimizirali zajem slike z izbiro leč, prikazana zgoraj na sliki 9 in filtrov, prikazani na sredini slike. Na izbiro sta bila dva pokrova za širokokotno lečo, eden brez premaza in enega s polarizacijskim premazom. Preizkusili smo tudi tri filtre: rdeč, moder in infra-rdeč. Za vsako kombinacijo filtrov in pokrovov smo preizkusili svetlobni odboj leče in delovanje algoritmov na vsaki od slik. Cognexova kamera serije 7802 ima okoli objektivna nameščene še LED diode, ki se jih da programsko krmiliti, zato smo preverili tudi različne osvetljenosti in smeri osvetljenosti. Na koncu se je za optimalno izbiro izkazala sestava s polarizacijskim ohišjem in brez filtrov.



Slika 9: Sestavni deli kamere.

Robotski krmilnik s katerim smo delali, ni imel na voljo dveh programskih opcij za povezavo kamere preko Ethernet povezave. Za ta namen bi bili potrebni dve dodatni programski opciji (PC interface in Integrated Vision). Če bi bili na voljo, bi lahko robotski vid implementiral preko RobotStudio okolja. Ker opciji nista bili na voljo, smo moral

komunikacijo vzpostaviti neposredno. To smo rešili preko serijske RS-232 povezave, ki je bila integrirana vznotraj napajalnega kabla kamere. Shema komunikacijskih povezav v robotski celici, kjer so prikazani vsi načini komunikacije med posameznimi členi je prikazana na sliki 10.

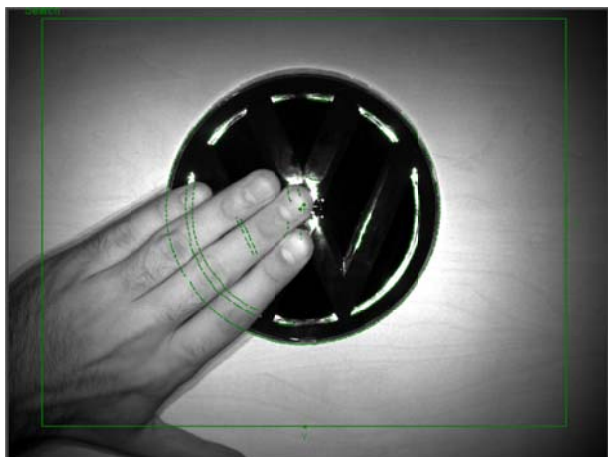


Slika 10: Shema komunikacijskih povezav v robotski celici za paletizacijo emblemov.

3.1 Procesiranje in posredovanje podatkov zajete slike

Algoritem za detekcijo leče, na osnovi zajete slike določuje pozicijo x in y centra in fi zasuka leče. Za obdelavo smo izbrali enega od ponujenih algoritmov v In-Sight Explorer – PatMax RedLine Patternalgoritem, ki se je izkazal za najbolj natančnega in robustnega. To smo ugotovili s testiranjem premika emblema v realnih razmerah in z meritvijo kota zasuka ter rezultate preverili z meritvami, ki jih je podajal določen algoritem. Rezultate smo primerjali med sabo, se pri podobnih pogojih. Izbrani algoritem se je izkazal robusten, da lahko del leče po učenju modela, tudi delno prekrijemo z roko (slika 11). Algoritem deluje na principu modela, v našem primeru avtomobilskega emblema, s katerega se nauči značilnice, ki jih nato primerja z realno sliko.

Detektirano pozicijo centra leče smo preko RS-232 povezave posredovali robotskemu krmilniku v obliki razpredelnice za RAPID program, jezik, ki ga uporabljajo ABB roboti.



Slika 11: Prikaz detekcije emblema ter robustnosti algoritma.

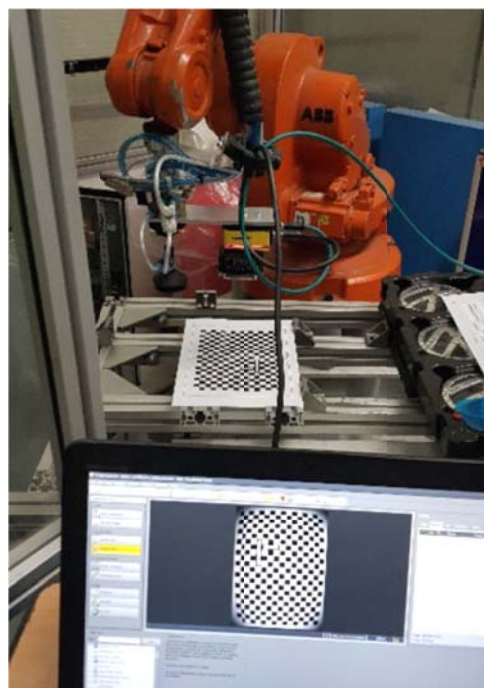
Komunikacijo preko RS-232 povezave smo preverjali s programom Hercules. Povezava je bila realizirana preko PC, USB na RS-232 vmesnika, na napajalni kabel od kamere.

3.2 Robotski program

Na strani robotskega krmilnika smo v RAPID razvili programsko kodo, za vodenje delovanja robotske celice. Predno smo začeli s pisanjem kode smo izvedli še kalibracijo kamere, izvedli določitev TCP (ang. tool center point) in težišča prijemala. Kalibracijo kamere smo izvedli kar preko programa In-Sight Explorer, kjer se je dalo natisniti tudi kalibracijske predloge [5]. Izdelali smo podlago za kalibracijo, katera je segala do sredine samih leč. Kalibracija služi sinhronizaciji koordinatnih sistemov kamere in robota (slika 12).

Program za paletizacijo leč, ki smo ga napisali v RAPID jeziku, je vodil robota v 4 osnovnih korakih. Prvi korak je bil prenos kamere na vrhu robota nad odjemno mesto. Drugi korak je odprl serijsko komunikacijo in prožil zajem slike s kamero, kateremu je sledil tretji korak z izračunom koordinat centra in kota. Zadnji korak je robota vodil do središča leče, kjer jo je z vakuumom pobral in z rotacijo med pomikom vodil v odločilno gnezdo, kjer jo je odložil v pravi legi.

Preostalo nam je še nastavljanje poti prijemala robota in uporabljal serijskega stringa, poslanega po RS-232.



Slika 12: Kalibracija kamere.

Hitrost prenosa po serijski komunikaciji smo določili eksperimentalno na 9600 baudov/s. Po poslanemu ukazu kameri za sprožitev se je kamera odzvala s stringom sestavljenim iz 29 znakov, 2 odvečna na začetku, zato smo v programu kodo razsekali na 4 dele, 3 od teh so bili offset koordinate x, y ter kot zasuka. Te vrednosti smo spremenili v numerične vrednosti in jih ustrezno pretvorili. Podatka smo uporabili pri prvi poravnavi, ko je robot lečo že zajel s kamero in se pomaknil za dolžino držala kamere po x koordinati, da je robot z vakuumskim prijemalom pobral lečo na sredini. Ko je lečo pobral, se je med pomikanjem do gnezd za odlaganje lečo obrnil za določen kot. To smo dosegli z RAPID ukazom AbsJ, ki upravlja samo z zadnjo stopnjo robota.

4 Zaključek

Cilj projektne naloge je bil razvoj aplikacije v kateri robot s palete prestavi lečo v pravilni orientaciji v ležišče, s pomočjo robotskega vida. Za komunikacijo kamera-robot smo vzpostavili povezavo preko RS-232 serijske povezave.

Kljub temu, da smo se soočali z nekaterimi težavami, kot je pomankanje programske opreme na robotu ter spoznavanje s programi in protokoli, smo uspeli izdelati aplikacijo, s

katero bi na delovnem mestu znatno pripomogel k učinkovitosti, v smislu hitrejšega in natančnejšega opravljanja naloge paletizacije, kar pomeni dolgoročne prihranke za podjetje.

Literatura

- [1] Spletna stran proizvajalca Cognex:
<https://www.cognex.com> [Dostopano: 15.12.2018]
- [2] Robot studio:
<https://new.abb.com/products/robotics/robotstudio>
[Dostopano: 20.12.2018]
- [3] Uvod v In-Sight Explorer :
https://www.youtube.com/watch?v=EhAr-Eq_FUU&list=PLYw-2XvN_pfsL73OSIY5Ip1OqL2eLxIC5 [Dostopano: 3.12.2018]
- [4] Robot studio forum :
<https://forums.robotstudio.com/discussion/9113/configuration-of-cognex-insight> [Dostopano: 8.12.2018]
- [5] Vision sistem:
<https://www.cognex.com/videos/vision-systems/in-sight-explorer---calibration> [Dostopano: 12.12.2018]
- [6] Spletna stran programske opreme Hercules:
<https://www.hw-group.com/software/hercules-setup-utility> [Dostopano: 15.12.2018]
- [7] Maleki, R.A., Flexible manufacturing systems: The technology and management. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991
- [8] Gentina, J.-C., Tzafestas, S.G. Robotics and Flexible Manufacturing Systems. Imacs, North-Holland, 1991
- [9] Bajd, T., Mihelj, M., Lenarčič, J., Stanovnik, A. and Munih, M. Robotics (Vol. 43). Springer Science & Business Media, 2010