

Applikacija robotskega krmilja KUKA KR C1 v pal_mode režimu delovanja

Boštjan Bertalanic; uni.dipl.gosp.inž.
Fakulteta za elektrotehniko. Računalništvo in informatiko;
Smetanova ul. 17, 2000 Maribor
Transpak d.o.o.; Murska Sobota
Lendavska 5/a, 9000 Murska Sobota
bostjan.bertalanic@siol.net

Application of industrial robot controller Kuka KR C1 in pal_mode function

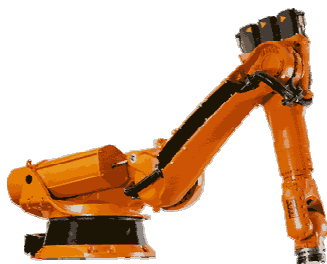
Abstract: First of all an elementary functionality of industrial robot controller Kuka KR C1 is described. After hardware and software operation description i present operation in so called pal_mode function. A classical 6 axis robot can perform palletizing and/or depalletizing tasks of different ranges.



Slika 2: KUKA KR C1 Robotsko krmilje

1. UVOD

KUKA KR C1 je robotsko krmilje najnovejše generacije. Razvito in trženo je s strani nemškega podjetja Kuka Roboter iz Augsburga. Večinoma se uporablja v povezavi z šestosnimi industrijskimi roboti z rotacijskimi osmi istega proizvajalca, nekaj manj z štiriosnimi paletirnimi roboti z rotacijskimi osmi prav tako istega proizvajalca, v zadnjem času pa jih kar nekaj razvijejo in prodajo ločeno podjetjem, ki se ukvarjajo z manipulacijo in dogodkovnimi procesi (npr. KHS, ...). Le ta jih uporabijo za krmiljenje večosnih (ali rotacijskih ali translacijskih) strojev.



Slika 1: KUKA KR 150 Industrijski šestosni robot

2. KONCEPT DELOVANJA

Intel Pentium® procesor (z operacijskim sistemom Microsoft Windows 95®) preračunava v t.i. IPO taktu (cca.12 ms) za vsak motor (in tako tudi za posamezne osi) zmeraj nove pozicijske vrednosti. Le-te so potem posredovane drugemu procesorju DSEAT, ki se nahaja na MFC (multifunkcijska kartica). Ta prevzame krmiljenje položaja, hitrosti-vrtljajev motorja in komutacijo (zamik faz za doseg vrtljega polja) preko posebnega software-a. Krmiljenje je tako opravljeno digitalno.

Prednost: na ta način odpadejo drugače potrebni preklopni elementi, nastavitve pretvornikov bi morale slediti preko spremembe fizičnih elementov – tukaj jih lahko rešimo software-sko.

Digitalne tokovne izračunane vrednosti se preko serijskega vmesnika iz DSEAT procesorja prenesejo v 125 μs taktu na močnostni modul PM6-600. Ta povezava ni občutljiva na motnje, zato se lahko opravi z cenovno ugodnim ploščatim kablom.

Tokovne izračunane vrednosti se v močnostnem modulu pretvorijo v analogne

vrednosti in preko tokovnih pretvornikov in pulzno širinske modulacije posredujejo na končne stopnje. Za tokovne pretvornike se uporabljajo analogna vezja, saj jih je možno relativno preprosto realizirati, same parametre pa se le redkokdaj spreminja.

RAČUNALNISKI DEL:

Prevzame s svojimi dodatnimi komponentami vse funkcije krmilnega hardware-a. Te so:

- Microsoft Windows 95[®] z vizualizacijo in vnosom parametrov
- Programiranje, korekcije, arhiviranje, vzdrževanje
- Diagnoza, podpora za zagon
- Krmiljenje poteka
- Preračunavanje poti
- Krmiljenje servo močnostnega dela
- Del varnostne logike
- Komunikacija z zunanjimi enotami (druga krmilja, nadzorni računalnik, PC, mreža,...)

Standardni PC hardware predstavlja z zmogljivim Pentium procesorjem in 32 MB spomina osnovo računalniškega dela. Zraven spada gibki disk ter zunanji pomnilni mediji (floppy, CD ROM).

KUKA VGA-kartica pomeni standardno VGA kartico, ki je razširjena z vmesnikom za LCD display. To je t.i. KCP LCD barvni display (640 x 480, 256 barv). Vzporedno z njim lahko priključimo tudi standardni VGA monitor.

KUKA Control Panel (KCP) je vmesnik med človekom in strojem; vhodno/izhodna enota. Sestavljen je iz LCD barvnega displaya, tastature, t.i. Space mouse, priključka za standardno MFII tastaturo, priključka za ethernet.



Slika 3: KCP – Kuka Control Panel (uporabniški vmesnik)

MULTIFUNKCIJSKA KARTICA (MFC) vključuje systemske in uporabniške vhode in izhode, kot tudi ethernet krmilnik, priključek za DeviceNet/CanBus vodilo in pomeni vmesnik med KCP-jem in PC-jem. Izvedena je kot vtična PC kartica. Vsebuje tudi t.i. LP – real time accelerator, ki generira NMI-je (none maskable interrupts), potrebne za komunikacijo med uporabniškim vmesnikom operacijskim sistemom Microsoft Windows 95 in regulacijskim sistemom, ki deluje v realnem času VxWorks.

DIGITALNA SERVO ELEKTRONIKA ZA AT BUS PRIKLJUČEK (DSEAT) je pozicionirana na MFC kartici in z lastnim digitalnim signalnim procesorjem prevzema digitalno krmiljenje do 8 osi in krmiljenje servo močnostnega modula z tokovnimi izračunanimi vrednostmi in parametri. Pri tem dobiva realne tokovne vrednosti z RDW dajalnika, kot tudi napake in statusne podatke s servo močnostnega modula.

RESOLVER-DIGITALNI-PRETVORNIK (RDW) je z lastnim DSP procesorjem nameščen na spodnjem delu robota in prevzema vrednosti resolverja, pretvorbo R/D, nadzor resolverja in nadzor temperature motorjev. Preko serijskega vmesnika komunicira z DSEAT.

MOČNOSTNI DEL:

Je sestavljen iz:

- Napajanja z mrežnim filtrom, glavnim stikalom z varovalnimi funkcijami in varovalkami

- Servo močnostni modul z dvema deloma (600V, 27V)
- Varnostni del
- Baterija za krmilni del, kjer je ob izpadu toka krmilni del zaščiten pred izgubo podatkov
- Transformator
- Hlajenje

SERVO MODUL PM6-600 je izveden kot natična škatla. Vsi funkcijski bloki so vgrajeni na skupno hladilno telo. Sestavljen je iz močnostnega dela, balastnega dela, nizkonapetostnega dela, servo ojačevalnika za 6 osi, zavornega dela za 6 osi, nadzora motorskih tokovnih in kratkostičnih vrednosti, temperature in vmesnika na DSEAT. Odlikuje ga t.i. Plug & Play tehnika, zato na njem samem ni potrebno opraviti nobenih nastavitvev.

SOFTWARE KONCEPT:

Kot že omenjeno, v računalniku delujeta dva operacijska sistema:

- a) VxWorks, ki je op. sistem, delujoč v realnem času in neposredno prevzema robotsko krmilje. Na njem deluje osnovni sistem, ki obdeluje posamezne programske ukaze in krmili robota.
- b) Microsoft Windows 95, ki pomeni upravljanje osnovnega sistema. Vse komunikacije človek → stroj se izvajajo na tej stopnji.

KUKAFTPD.EXE je program za prenos podatkov in dovoljuje osnovnemu sistemu dostop na pomnilne medije. Pri zagonu se preko njega prenesejo inicializacijske datoteke osnovnega sistema.

UPVXWIN.EXE rezervira potreben pomnilni prostor, nalaga in zaganja osnovni sistem. Prenosni parametri definirajo rezerviran pomnilni prostor in imena osnovnih podatkov.

CROSS.EXE služi prenosu ukazov osnovnega sistema na krmilni sistem

KUKABOF.EXE je uporabniški program, ki se zažene na Win95 nivoju in je program, ki komunicira z uporabnikom.

Sam aplikacijski program pa je razdeljen na tri dele:

PROGRAM.SRC: t.i. source file, ki zajema sam program. V njega pišemo neposredno preko tipkovnice, gre za koračni program.

PROGRAM.DAT: t.i. podatkovni del, ki zajema podatke o točkah, krivuljah, hitrostih... V njega dostopa uporabniški vmesnik glede na izvorno kodo, napisano v .src programu in zajema posameznim ukazom dodeljene podatke.

PROGRAM.SUB: t.i. submit interpreter, ki kontrolira parametre v realnem času, je torej robotski PLC (prosto programirljivi krmilnik). Po definiciji je dodeljen najprej varnostni funkcijam samega robota, lahko pa ga za različne funkcije nadgradimo tudi sami.

3. DELOVANJE V PAL_MODE REZIMU

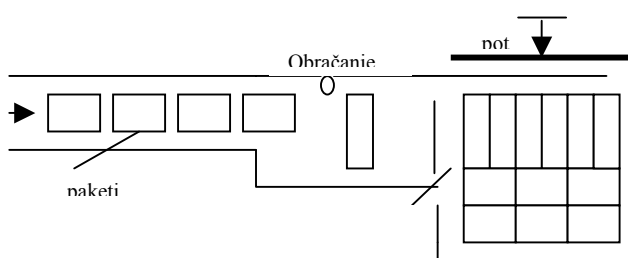
Za upoštevanje posebnosti, ki se pojavljajo pri t.i. paletiranju, obstaja posebna postavka, ki vključi t.i. paletirni (PAL_MODE) režim delovanja. Pri tem se X os koordinatnega sistema orodja giblje vedno vzporedno X osi zunanjega oz. World koordinatnega sistema. Pri tem se dodaja preračun, ki orodje oz. pri paletiranju glavo robota zmeraj vodi vzporedno z tlemi. Manipuliranci so namreč objekti, katerih ne smemo obračati (npr. nosilke s steklenicami, paketi,...). Pri tem moramo spremenljivko \$PAL_MODE na začetku programa postaviti na TRUE, zatem pa krmilje zahteva, da 4., 5. in 6. os ročno odpeljemo v vodoravni položaj. Pri tem nam krmilje pomaga tako, da ustavi posamezno os takrat, ko se le-ta nahaja v vodoravnem položaju.

Ko je robot v PAL_MODE režimu delovanja, ga lahko poljubno premikamo in tudi pri ročnem premikanju v notranjih koordinatah ga krmilje upravlja tako, da se posamezne osi med sabo dopolnjujejo na način, da glava stroja ostaja vedno vodoravno na X os zunanjega koordinatnega sistema.

4. PRIMER PROGRAMA Z VKOMPONIRANJEM DELOVANJA V PAL_MODE REZIMU

Izhodišče:

Postavljena je linija za specifičen produkt. Le-ta dovaja posamezne kartone (nosilke) z produktom po tekočem traku. Zatem ima t.i. slojno postajo, na kateri se produkte postavi v posamezni sloj z obračanjem, neobračanjem in potiskanjem. Slojna postaja in dovodni traki so izvedeni z prosto programirljivim krmilnikom (npr. Siemens Simatic S7)



Slika 8: Slojna postaja – formiranje posameznega sloja

Paketi prihajajo v slojno postajo, s senzorji zaznavamo njihovo prisotnost in zaporedje, glede na to jih potem spuščamo v postajo obrnjene ali neobrnjene za 90°. Po določenem številu vrsto potem potisnemo naprej in začnemo z formiranjem nove. Ko končamo z formiranjem posameznega sloja (sestavljen iz nekaj vrst), oddamo le-tega v multifunkcionalno orodje, ki ga potem naprej obravnava kot celoto.

Paletne proge so sistem, ki pripelje prazno paleto na prostor, kjer robot z MFO odlaga lege na njo. Ko je posamezna paleta napolnjena, jo sistem odpelje in jo zamenja z novo prazno paleto.

Multifunkcionalno orodje:

Je lahko sestavljeno iz večih funkcijskih celot:

- Nosilni del, ki prevzame in odda posamezno lego kot celoto: sestavljen je iz valjev ali nosilne plošče, ki se odpeljejo izpod lege, ki potem z male višine pade na paleto oz. predhodno lego

- Vrate, ki zaprejo prostor, kjer je lega v MFO
- Centrirni del: ko oddajamo posamezno lego, centrirni okvir prime predhodno lego in jo drži, da le-ta ostane v sredini
- Opcija: dajalnik vmesnih kartonov: podaja kartone med posamezne lege, da je celotna paleta stabilnejša

MFO je sestavni del robota, njegovo krmiljenje prevzame le-ta, kot tudi izmenjavo signalov z periferijo (slojnimi postajami in paletnim transportom).

Različni pristopi k paletiranju:

- V teoriji lahko izhajamo iz dejstva, da so vsi produkti idealni: ker so vsi paketi isti, so potem tudi vrste in sloji formirani identično; palete so vedno enake (npr. EuroPallet standard 800 x 1000 mm) in vedno popolne. Glede na to je pristop lahko tak, da imamo fiksne točke, katerih koordinate in gibe robota enostavno naučimo (teach pristop). Ta potem deluje s 100% hitrostmi in izkoristkom. Kapaciteta je maksimalna, saj vedno natanko vemo, kam bo vodil naslednji gib in kako bo le-tega robot tudi opravil.
- Praktično so stvari taksne, da se kartoni lahko med sabo razlikujejo (npr. zaradi nepravilno vstavljenih produktov, nepravilne sestave nosilnih kartonov,...), tudi lege so potem zaradi seštevanja napak nepravilne; največji problem pa iz izkušenj predstavljajo palete, ki – čeprav po standardih – prihajajo od različnih proizvajalcev in so tudi v različnih stanjih, varirajo po višini kar do 20 mm med seboj. Tako lahko robot – vkolikor ima določene fiksne točke – lego odlaga previsoko (praktično jo odmetava) ali pa jo odlaga prenizko (poškoduje ali predhodno lego, ali pa MFO s tem, da z valji podrgne po leseni paleti). V tem primeru je idealno senzorsko zaznavanje nepravilnih produktov, njih eliminacija, pri

odlaganju lege pa vsakično iskanje višine odlaganja. Ta postopek je lahko izredno natančen, vendar zamuden in prinese kar precejšnjo izgubo kapacitete sistema.

Tako je zaradi kompromisa med kapaciteto in zanesljivostjo potrebno najti ustrezno vmesno varianto. Ker je iz izkušenj vedno najbolj občutljiva sestavina sistema paleta, je potrebna največja previdnost prav pri njej:

Vzemimo, da so kartoni vedno isti, saj z dodajanjem inšpekcijskega modula na vходу kartonov nepravilne kartone eliminiramo; s tem je tudi vrsta in zato tudi sloj vedno pravilno formiran: nanj lahko vplivamo sami in ga vedno oblikujemo pravilno. Posebnih kontrol ni potrebno vnašati.

Paleta je eksterni faktor, na obliko in izvedbo sami ne moremo vplivati. Čeprav se lahko uvede predhodna kontrola palet, je potrebno zaradi vseeno možnih odstopanj in tudi zaradi lastne varnosti uvesti t.i. robotsko kontrolo palete.

Sistem robotskega kontroliranja palete:

Zastavljen je tako, da ima MFO na spodnji strani po diagonali dodano refleksijsko fotocelico, ki se nahaja nekoliko nižje od valjev, ki odlagajo posamezno lego. Z orodjem potem poiščemo višino palete tako, da z majhno hitrostjo v z-smeri robot vozi navzdol. Ko se žarek fotocelice prekine, korigiramo razliko med valji in višino palete z fiksno vrednostjo in že imamo določeno izhodiščno visino palete (memoriramo jo v vrednost p_{izh}), iz katere potem vedno izhajamo:

Z koordinate:

$$P_{pal.z} = P_{izh.z} + (i \text{ (stevec_leg)} \times \text{visina_lege}) \quad (1)$$

Tako poiščemo prvo lego, vsako nadaljnjo pa zaradi obvladovanja produktov v obliki kartonov, vrst in leg izračunamo preko podane formule. Stabilnost palete pridobimo z izmenjavami slik slojev (vsak drugi sloj je bil zložen zrcalno glede na predhodnega), ali pa z

dodajanjem vmesnih kartonov, ki držijo zloženo paleta skupaj.

5. ZAKLJUČEK

Prednosti in slabosti industrijskega robota pred klasičnimi paletirnimi stroji so naslednje:

PREDNOSTI:

- Prilagodljivost robota različnim funkcijam in nalogam,
- Zaseda majhen prostor,
- Uporabniku prijazen uporabniški vmesnik,
- Servisna podpora proizvajalca,
- Hitrost;

SLABOSTI:

- Cena,
- Odvisnost od proizvajalca.

Kuka predstavlja s svojim produktom KR C1 prvo izbiro na t.i. "nemško preferiranem območju", kamor nekako spada tudi Slovenija, drugače pa je v Evropi številka 1 v industrijski robotiki Švicarsko-Švedski koncern ABB, v svetovnem merilu pa krepko prevladuje Japonski FANUC.

Kuka je medtem že predstavila novo robotsko krmilje KR C2, ki bo počasi nadomestilo KR C1, vendar so razlike predvsem v hardware-u: močnostni modul PM6-600, ki je združeval krmiljenje vseh osi v enem kosu, so sedaj razbili na posamezne module, ki so tudi posamezno zamenljivi in nastavljivi. Pri tem je sama omara nekoliko pridobila na dimenzijah. Razlike v software-u so manjše.

Čeprav v splošnem operacijski sistem Windows 95, ki je uporabljen kot uporabniški vmesnik, slovi kot dokaj nezanesljiv – deluje, ko je na njem le to, kar v tem primeru potrebujemo – idealen. Njegova preprostost, logičnost in splošna razširjenost med ljudmi pomenijo manjši razkorak med željami in rezultati tako programerja, serviserja in tudi upravljalca stroja. Prav tako lahko vsakega

šestosnega robota uporabimo kot štiriosnega paletirnega – seveda z vkomponiranjem PAL_MODE režima delovanja, kakor sem tudi prikazal v pričujočem članku. Prav splošnost in večuporabnost industrijskih robotov je z taksnim pristopom dobila največ: skorajda je ni panoge, kjer ne bi bil uporabljen. Kompleksnost upravljanja, po kateri so ind. roboti sloveli do

pred kratkim, je odpravljena in danes lahko z njim upravlja skoraj vsakdo.

Sistem KR C1 so v določeni meri prevzeli tudi nemški avtomobilski proizvajalci (VW, Audi, BMW, DaimlerChrysler,...) in ga poimenovali VKR C1. Za njih pa so razvili svojo programsko strukturo: programi morajo biti linearni: brez funkcij in skokov v programu.