

Damian BERESKA
Politechnika Śląska

STEROWANIE ROBOTEM EDUKACYJNO-PRZEMYSŁOWYM L-1 Z WYKORZYSTANIEM TORU WIZYJNEGO

Streszczenie: W pracy przedstawiono system złożony z prostego robota edukacyjno-przemysłowego L-1, układu pozyskania obrazu oraz programu SYS_WIZ, realizującego rozpoznawanie obiektów. Skupiono się głównie na opisie robota i jego układu sterowania oraz sposobie pozyskania informacji wizyjnej. Zaprezentowano integrację istniejącego stanowiska robota z systemem wizyjnym oraz przedstawiono zagadnienia współpracy oprogramowania sterującego robotem z programem SYS_WIZ.

CONTROL SYSTEM FOR EDUCATIONAL-INDUSTRIAL ROBOT L-1 EQUIPPED WITH VISION SYSTEM

Summary: The work presents a compact system including a simple educational-industrial robot L-1, a subsystem for image acquisition and program SYS_WIZ, which proceeds object recognition. The main part of the work includes robot and its control system description and a method of a vision information acquiring. The way of integration of the robot and the existing vision system is illustrated and questions of cooperation of two subsystems: robot control one and program SYS_WIZ are introduced.

STEUERUNG FÜR DIDAKTISCH-INDUSTRIELLEN ROBOTER L-1 MIT DEM VISUELLEN EINGANG

Zusammenfassung: In der Arbeit wird ein System bestehenden aus einfachen didaktisch-industriellen Roboter L-1, Bildgewinnungssystem und Programm SYS_WIZ zur Objekterkennung vorgestellt. Vor allem die Beschreibung des Roboters, seiner Steuerungssystem und die Methode für die Gewinnung der Bildinformation wird präsentiert. Es werden auch die Integration des Roboterarbeitsplatzes mit dem visuellen System und die Probleme des Zusammenspiels Robotersteuerungen mit SYS_WIZ Programm gezeigt.

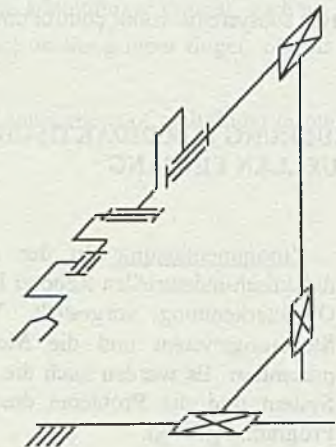
1. Wprowadzenie

Praca niniejsza poświęcona jest próbie praktycznego zastosowania powstałego w Instytucie Automatyki Politechniki Śląskiej programu służącego do rozpoznawania obrazów o nazwie SYS_WIZ. Przedstawione zostały w niej możliwości współpracy stworzonego systemu wizyjnego z prostym robotem edukacyjno-przemysłowym L-1 produkcji OBRUSN Toruń. W pracy skupiono się na opisie robota L-1, sposobie generacji sterowań oraz metodzie pozyskania obrazu nie zagłębiając się w opis procesu przetwarzania informacji wizyjnej oraz mechanizmu klasyfikacji obiektów sceny, który przedstawiony jest w pracy [7] poświęconej w całości systemowi wizyjnemu. Mimo iż referowane prace prowadzone były z zastosowaniem niewielkiego i prostego robota przemysłowo-edukacyjnego, pozwoliły jednak na przedstawienie konkretnego zastosowania dla istniejącego już sprzętu i oprogramowania. W wyniku połączenia tych elementów powstało stanowisko laboratoryjne, które sklasyfikować można jako stanowisko sortowania opartego na informacji wizyjnej [8].

W pracy zamieszczono kolejno: krótki opis robota przemysłowo-edukacyjnego L-1 oraz jego układu sterowania, opis układu pozyskiwania obrazu, organizację stanowiska robota w połączeniu z systemem wizyjnym, zagadnienia współpracy oprogramowania sterującego robotem z programem SYS_WIZ oraz opis przykładowego eksperymentu. Pracę zamykają wnioski wskazujące na dydaktyczne i badawcze możliwości wykorzystania opisanego stanowiska.

2. Opis robota przemysłowo-edukacyjnego L-1

Robot L-1, którego schemat kinematyczny przedstawia rysunek 2.1, posiada manipulator o sześciu stopniach swobody i strukturze PPPOOO.



Rys. 2.1. Schemat kinematyczny robota L-1

Fig. 2.1. Kinematic scheme of robot L-1

Układ sterowania robota L-1 składa się z jednostki nadrzędnej, którą jest komputer klasy PC, oraz układu sterowania silnikami krokowymi firmy ISEL. Jednostka nadrzędna wypracowuje rozkazy sterujące, które poprzez łącze szeregowe przekazywane są do karty interfejsu ISEL 4.0. Karta ISEL 4.0 jest mikroprocesorowym układem umożliwiającym sterowanie trzema silnikami krokowymi. Na podstawie przekazywanych karcie informacji takich, jak przemieszczenie i wartość zadana prędkości oraz na podstawie wewnętrznie ustalonych parametrów pracy oblicza ona wymagane warunki startu i zatrzymania oraz generuje impulsy podawane na wzmacniacze mocy, których wyjścia sterują bezpośrednio silnikami krokowymi.

Układ sterowania robota musi zapewnić sterowanie sześcioma napędami oraz kilkoma urządzeniami we/wy, do których zalicza się chwytak. W związku z tym moduły interfejsu oraz wzmacniacze mocy są zdwojone, a w komputerze nadrzędnym umieszczona jest dodatkowa karta obsługi urządzeń zewnętrznych.

Do przekazywania danych między kartą interfejsu i komputerem nadrzędnym wykorzystano dwa łącza RS232C. Standardowo łącza te wymagają połączenia za pomocą przewodu o dziesięciu żyłach. Pozwala to na bezpośrednie przekazywanie sygnałów sterujących transmisją. Ponieważ połączenie pomiędzy komputerem a kartą ISEL zrealizowane jest w oparciu o przewód trzyżyłowy, sygnały sterujące łączem nie są uwzględniane. Wymusza to stosowanie odpowiedniego programowego protokołu transmisji [3][4]:

- podłączony komputer sterujący wysyła rozkaz zakończony znakiem końca linii - '\n',
- karta interfejsu potwierdza wykonanie lub zapamiętanie tego rozkazu sygnałem potwierdzenia '0' (zero) lub zgłasza wystąpienie błędu przez wysłanie znaku różnego od '0'. Wartość kodu ASCII przesłanego znaku stanowi numer błędu.

Komputer nadający musi w każdym przypadku odczekać na sygnał potwierdzenia, ponieważ dopiero wtedy karta interfejsu może odebrać nowy rozkaz.

Karta interfejsu może pracować w dwóch trybach pracy:

- DNC (Direct Numerical Control), czyli bezpośrednio w zależności od sterującego komputera nadrzędnego,
- CNC (Computer Numerical Control), tryb z pamięcią, program jest najpierw zapamiętany, a następnie uruchamiany.

Karta może pracować także z rozkazami mieszanymi.

Aby zapewnić sobie całkowitą zależność robota od komputera nadrzędnego, w pracy z kartą ISEL wybrany został tryb DNC.

Sterowanie robotem za pośrednictwem karty ISEL 4.0 wymaga przestrzegania pewnej konwencji zapisu rozkazów oraz kolejności ich przesyłu [4]:

karta interfejsu inicjowana jest rozkazem o inicjalizacji osi

@07\n

gdzie:

0 oznacza nr urządzenia (standardowo 0),

7 oznacza, że inicjowane są wszystkie trzy osie.

następnie wysyłany jest rozkaz bazowania osi

@0R7\n

gdzie:

oznaczenia jak w rozkazie inicjalizacji osi.

Po tych rozkazach wysyłany jest ciąg rozkazów sterujących ruchem trzech silników:

@0M X,V_x,Y,V_y,Z,V_z,0,21\n

gdzie:

M oznacza pracę w trybie DNC,

X,Y,Z współrzędne punktu,

V_x,V_y,V_z prędkości poszczególnych silników

Sterowanie robotem L-1 z powodu braku sprzężeń zwrotnych od poszczególnych osi jest bardzo ograniczone. Odbywa się ono w konwencji przemieszczeń od punktu do punktu bez możliwości śledzenia aktualnego położenia elementów manipulatora. W związku z tym, że system wizyjny sprzężony z robotem wypracowuje jedynie współrzędne docelowe przemieszczeń chwytaka, istotna jest stosunkowo dobra dokładność pozycjonowania oraz powtarzalność ruchów robota w jego trzech pierwszych członach. Dużą zaletą układu sterowania okazały się procedury automatycznego bazowania manipulatora pozwalające na każdorazowe jednoznaczne ustawienie stanu początkowego robota. Niestety, standardowo są one dostępne jedynie dla trzech pierwszych liniowych członów robota L-1.

3. Układ pozyskiwania obrazu

Układ pozyskiwania obrazu składa się z karty interfejsu kamery TV firmy REFLEKS umieszczonej w komputerze nadrzędnym klasy PC oraz z kamery telewizyjnej przemysłowej typu TP-K 162. Obraz widziany przez kamerę podzielony jest na ponad 64000 punktów, co odpowiada rozdzielczości 320 punktów w 200 liniach. Każdemu punktowi przyporządkowana jest wartość 'I' jeżeli jego jasność jest większa lub równa programowo ustawionemu

poziomowi szarości, lub wartość '0', jeżeli jego jasność jest mniejsza. W ten sposób informacja wizyjna zostaje przetworzona na informację o charakterze cyfrowym i może być cyklicznie pobierana przez komputer pod kontrolą specjalnego oprogramowania.

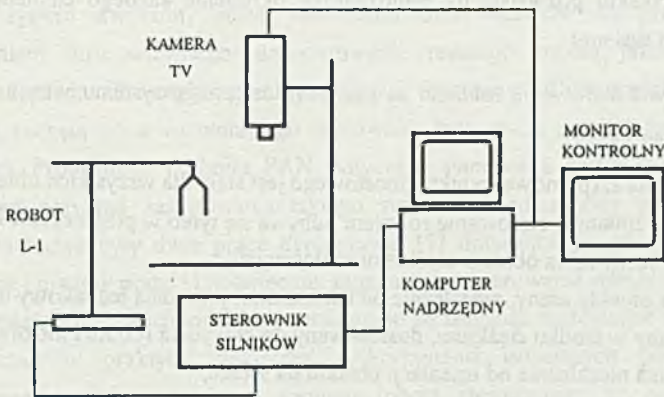
Interfejs posiada wyprowadzony sygnał wizyjny, który może być podawany na monitor kontrolny w celu bezpośredniej obserwacji obrazu z kamery.

Interfejs kamery TV widziany jest przez procesor komputera jako urządzenie zewnętrzne umieszczone pod adresem w zakresie 310-31F i zajmuje cztery kolejne lokacje. Interfejs posiada bufor o pojemności 8 Kb mieszczący dane jednego półobrazu [5]. Dane są czytane przez procesor programowo i umieszczane w zadeklarowanej przez program zarządzający kartą tablicy.

Obraz pozyskany przez układ wizyjny poddawany jest dalszej obróbce przez procedury systemu SYZ_WIZ.

4. Organizacja stanowiska robota z systemem wizyjnym

Organizację stanowiska robota z systemem wizyjnym przedstawia rysunek 4.1.



Rys. 4.1. Organizacja stanowiska robota L-1 z systemem wizyjnym

Fig.4.1. Laboratory station for robot L-1 with vision system

Stanowisko składa się z robota L-1 poruszającego się nad płaszczyzną stołu roboczego, umieszczonej prostopadle do powierzchni stołu kamery TV obejmującej część przestrzeni roboczej robota, sterownika silników krokowych oraz komputera nadrzędnego wyposażonego w karty interfejsu kamery i obsługi we/wy robota. Stanowisko uzupełnia monitor kontrolny, na którym wyświetlany jest obraz źródłowy.

5. Współpraca oprogramowania sterującego robotem z programem SYS_WIZ

Program SYS_WIZ stosuje do opisu obiektów następujące cechy topologiczne [7]:

- kołowość figury,
- liczba wierzchołków,
- ciąg wartości kątów wewnętrznych,
- ciąg stosunków długości boków,
- liczba otworów oraz ich charakterystyki (złożone z tych samych cech, co objekty),
- wypukłość obiektu,
- promień,
- obwód obiektu, obliczany przez program dla rozróżnienia elementów sceny o identycznym kształcie, lecz różnej wielkości.

Cechą określającą element sceny jest jego nazwa. Zostaje mu ona przyporządkowana przez program SYS_WIZ po dokonaniu klasyfikacji.

Aby umożliwić sterowanie robotem, każdy element sceny wizyjnej określany jest ponadto przez współrzędne jego środka ciężkości. Para danych: nazwa obiektu, współrzędne środka ciężkości tego obiektu pozwalają na jednoznaczne określenie każdego elementu będącego w polu wizyjnym systemu.

Aby umożliwić sterowanie robotem za pomocą dostępnego systemu wizyjnego, należało poczynić szereg założeń:

- współrzędna Z (pionowa) punktu docelowego jest stała dla wszystkich obiektów sceny i nie ulega zmianie; sterowanie robotem odbywa się tylko w płaszczyźnie XY,
- elementy sceny są na obrazie obiektami rozłącznymi,
- wszystkie objekty sceny, niezależnie od ich kształtu, posiadają jednakowy uchwyt usytuowany w środku ciężkości, dostosowany do chwytaka robota i możliwy do uchwycenia niezależnie od orientacji obiektu na scenie,
- zapewnione jest stałe, równomierne oświetlenie sceny oraz wystarczająca kontrastowość tła i obiektów.
- wzajemne położenie robota i kamery w trakcie eksperymentu nie ulega zmianie.

6. Przebieg przykładowego eksperymentu

Eksperyment polega na wyszukaniu przez robota elementu o zadanej nazwie spośród kilku elementów widocznych na scenie, uchwyceniu go przez chwytak robota i przeniesieniu zadaną prędkością do punktu o zadanych współrzędnych X, Y.

System rozpoczyna pracę od uruchomienia procedur obsługi karty interfejsu kamery, które prowadzą do pozyskania binarnego obrazu sceny wraz ze znajdującymi się na niej obiektami. Obraz ten przekazywany jest do tablicy roboczej, która stanowi wejście dla zmodyfikowanych procedur programu SYS_WIZ.

Kolejno następuje konturowanie obrazu, wyznaczanie środka ciężkości obiektów, ekstrakcja cech oraz przyporządkowanie nazw poszczególnym elementom sceny. Na ekranie monitora komputera nadrzędnego ukazuje się obraz konturowy obiektów sceny z zaznaczonymi środkami ciężkości. System sprawdza następnie, czy w zbiorze rozpoznanych obiektów istnieje obiekt o zadanej nazwie. Jeżeli istnieje, to współrzędne jego środka ciężkości zostają przekazane jako sterowanie do układu wykonawczego robota L-1. Rozpoczyna się proces wykonania zadania na poziomie sterowania robotem. Program nadrzędny generuje kolejno rozkazy inicjalizacji osi, rozkaz bazowania manipulatora robota, a następnie rozkaz dojazdu do wskazanego obiektu, uchwycenia go i przeniesienia we wskazane miejsce.

Po wykonaniu zadania system gotowy jest do wykonania kolejnego rozkazu.

7. Wnioski końcowe

Opisany system stworzony został jako stanowisko badawcze dla prób związanych z wykorzystaniem toru wizyjnego do sterowania prostego robota, jakim jest będący w dyspozycji Zakładu Robotyki i Automatykacji Procesów Dyskretnych robot L-1. Bezpośrednią zachętą do stworzenia tego stanowiska były prace prowadzone w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN dotyczące stanowiska sortowania sterowanego wizją [2] oraz przykład zastosowania takiego systemu przedstawiony w [6]. Bazą dla prowadzonych badań były dwie prace dyplomowe: [7] dotycząca programu służącego do rozpoznawania obrazów oraz [1] poświęcona zagadnieniom sterowania robotem L-1.

Dzięki zestawieniu i uruchomieniu systemu udało się osiągnąć następujące cele:

- wykazano w praktyce możliwość wykorzystania istniejących podzespołów do stworzenia taniego otwartego systemu robota sterowanego za pomocą sygnału wizyjnego,
- zweryfikowano algorytmy i przetestowano konkretne programy dokonujące wszystkich niezbędnych czynności w zakresie analizy obrazu i sterowania robotem zapewniając możliwość ich współdziałania.
- powstało stanowisko laboratoryjne, dzięki któremu w przystępny sposób zaprezentować można szereg problemów związanych z pozyskaniem obrazu, jego analizą oraz przetworzeniem otrzymanych wyników do postaci przydatnych dla sterowania robotem.

LITERATURA

- [1] Bereska D.: Generator trajektorii dla robota przemysłowo-edukacyjnego L-1, praca dyplomowa, Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1993.
- [2] Chmielewski L.: Stanowisko do sortowania sterowane wizją. III Krajowa konferencja robotyki, tom 2, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1990, s. 44-49.
- [3] Dokumentacja techniczno-ruchowa. Robot przemysłowo-edukacyjny L-1, OBRUSN Toruń 1991.
- [4] Interfacekarte 4.0 in Positionier + Koordinatensteuerungen, instrukcja obsługi karty interfejsu, Isert-electronic 1988.
- [5] Interfejs kamery TV, instrukcja użytkownika, REFLEKS Przedsiębiorstwo Wdrażania Postępu Organizacyjno-Technicznego Sp. z o.o., Warszawa 1988.
- [6] Lefley M., Hashim A.A., Spencer J.D.: Vision for textile automation., In Zimmerman N.J. (editor), Proceedings of the 5th International Conference on Robot Vision and Sensory Controls. North Holland, Amsterdam 1985.
- [7] Śmieja J.: System wizyjny z bazą wiedzy, praca dyplomowa, Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1993.
- [8] Tadeusiewicz R.: Systemy wizyjne robotów przemysłowych, WNT. Warszawa 1992.

Recenzent: Dr hab. inż. Krzysztof Kozłowski

Wpłynęło do Redakcji do 30.04.1994 r.

Abstract

The work is aimed at practical application of program for image recognition to problems of robot control. It illustrates potential ability of simple educational-industrial robot L-1 to cooperate with existing vision system. The core of the paper is concerned with robot L-1 characteristic, a method of control signal generation and a way of image acquiring. Since the idea of the vision subsystem utilised in this work was introduced in [5], the process of object recognition is not considered here. Although reported works were proceeded employing a small and simple robot L-1, they enabled introducing particular application for existing equipment and software. A cooperation of these elements creates new fields for further works and is a clear verification of research which have hitherto been done separately.

The paper begins with a short description of the educational-industrial robot L-1. Afterwards its control and an image acquisition subsystem are presented. Subsequently, the whole laboratory station including robot and connected vision system is briefly described. At the end an example of utilization of the station is illustrated and final conclusions are given, indicating educational and scientific feasibilities of the system described.