

Stanowisko dydaktyczne do wyznaczania kształtu obiektów

▶ Sławomir Michalak

W artykule przedstawiono koncepcję sterowania silnikiem krokowym zastosowanym w projektowanym dydaktycznym stanowisku do pozyskiwania sekwencji obrazów i wyznaczania kształtu obiektów. Przedstawiono schemat blokowy systemu pomiarowego z kartą akwizycji obrazu i sterownikiem wymuszającym zadany tryb pracy silnika krokowego. Omówiono zrealizowany w środowisku LabView program nadzorujący pracę systemu oraz komunikację sterownika silnika z komputerem.

Istnieje coraz większe zapotrzebowanie na automatyczny pomiar obiektów przestrzennych (3D). Pomiary takie umożliwiają przyspieszenie projektowania i tworzenia urządzeń prototypowych, w medycynie techniki obrazowania trójwymiarowego wspomagają chirurgię, ortopedię i rehabilitację ciała człowieka, w technikach multimedialnych umożliwiają przeniesienie obiektów świata rzeczywistego do trójwymiarowego świata wirtualnego [3, 4, 7]. Różnorodność zastosowań wymusza różnorodność stosowanych metod oraz konfiguracji sprzętowej i programowej wykorzystywanych w systemach wyznaczania kształtu – oprócz metod związanych z pozyskiwaniem i obróbką pojedynczych obrazów lub serii zdjęć obiektu badanego, duże znaczenie mają również metody interferometrii laserowej [6].

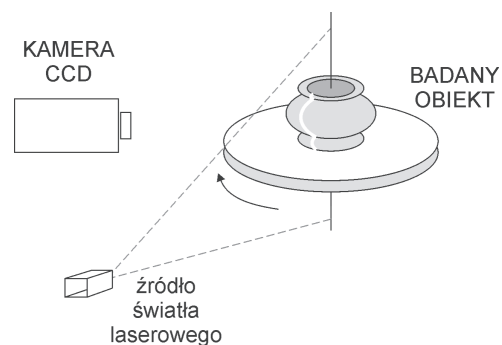
W procesie odwzorowywania kształtu obiektu, podczas tworzenia trójwymiarowej reprezentacji (modelu) obiektu rzeczywistego, niezbędne jest wykonanie pomiarów z wielu kierunków i połączenie ich w jeden wirtualny obiekt. Jedną z metod dopasowania zarejestrowanych wyników pomiarów (tzw. chmury punktów) i budowania modelu jest metoda znanych transformacji, w której pomiary wykonuje się, zmieniając wzajemne położenie pomiędzy obiektem mierzonym a układem pomiarowym (np. o znaną wartość kąta obrotu obiektu).

W ramach prowadzonych badań własnych podjęto zadanie zaprojektowania i wykonania stanowiska dydaktycznego do pomiaru kształtu małych obiektów umieszczonych na obrotowym stoliku, z zastosowaniem metody triangulacyjnej, laserowego źródła światła oraz matrycy CCD i karty akwizycji obrazów.

Koncepcja stanowiska

W głównym założeniu stanowisko dydaktyczne do wyznaczania kształtu małych obiektów ma przede wszystkim ilustrować metodę triangulacyjną [1, 2]. W metodzie tej źródło światła oświetla badany obiekt, tworząc na nim plamkę lub linię (czasem zestaw linii). Przetwornik obrazu (kamera CCD) rejestruje położenie punktu lub linii na obiekcie (rys. 1). Algorytm pomiaru odległości obiektu od przetwornika obrazu wykorzystuje metodę triangulacyjną, w której uwzględniając zależności geometryczne pomiędzy źródłem światła, obiektem i przetwornikiem obrazu wyznaczona zostaje odległość zarejestrowanej plamki (punktu) od przetwornika, a na tej podstawie odwzorowywany zostaje kształt oraz tworzony jest trójwymiarowy model obiektu. Aby otrzymać w miarę pełną informację o obiekcie, badany przedmiot jest umieszczany na stoliku obrotowym. Takie rozwiązanie może być stosowane przy stosunkowo niewielkich rozmiarach obiektu.

Jednym z wielu analizowanych zagadnień projektowanego stanowiska pomiarowego jest sposób sterowania ruchem obrotowym stolika, na którym umieszczony jest badany przedmiot oraz synchronizacja ruchu stolika i akwizycja kolejnych obrazów.



Rys. 1. Przykład obrazowania kształtu obiektu linią światła laserowego

▶ dr inż. Sławomir Michalak – adiunkt w Katedrze Systemów Telekomunikacyjnych i Optoelektroniki na Wydziale Elektroniki i Telekomunikacji, Politechnika Poznańska

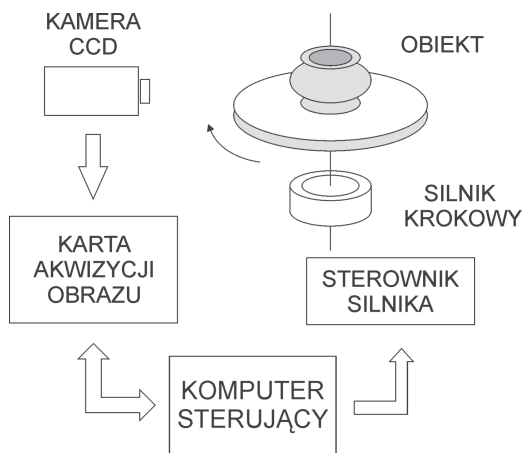
W najprostszym rozwiązaniu stolik obracany jest z jednakową prędkością – w czasie jednostajnego obrotu obiektu wykonywana jest seria zdjęć (lub rejestrowana jest sekwencja obrazów), które zostają poddane dalszej obróbce. W tym przypadku nie ma żadnej synchronizacji pomiędzy ruchem stolika a rejestracją obrazu. Położenie obiektu (kąt obrotu) określa się na podstawie analizy położenia dodatkowych wskaźników, od ich usytuowania zależna jest precyzja wyznaczenia kąta obrotu obiektu.

W projektowanym rozwiązaniu założono możliwość synchronizacji ruchu stolika z akwizycją kolejnych obrazów. Założono, iż konieczne jest sterowanie kątem obrotu stolika i uzyskanie kontrolowanej synchronizacji pomiędzy ruchem stolika a procesem rejestracji obrazu.

Do wymuszenia obrotów stolika zastosowano unipolarny silnik krokowy. Zaletą silnika krokowego jest możliwość precyzyjnego kontrolowania ruchu z zastosowaniem jednego z kilku trybów sterowania – wadą niektórych trybów pracy silnika krokowego jest występowanie dużych drgań przy wykonywaniu pojedynczych kroków lub mikrokroków. Warunkiem, który postawiono przy opracowaniu koncepcji sterowania silnikiem było założenie, aby możliwe było przeprowadzenie dalszych testów różnych trybów pracy silnika krokowego. Zaletą silnika unipolarnego, w stosunku do bipolarnego, jest prostszy sposób sterowania prądami płynącymi przez kolejne cewki uzwojenia. W przypadku uzwojenia unipolarnego nie trzeba wymuszać zmian kierunku przepływu prądu przez cewki, co upraszcza konstrukcję wyjściowego stopnia mocy sterownika. W omawianym projekcie zastosowano unipolarny silnik krokowy typu STH-39D137-04.

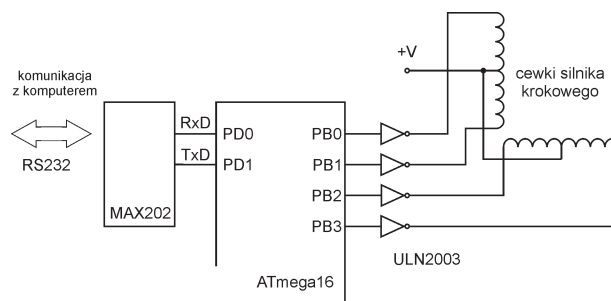
Sterowanie silnikiem krokowym i akwizycja obrazów

Schemat blokowy systemu zawierającego komputer sterujący, kartę akwizycji obrazu i sterownik silnika krokowego przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu z kartą akwizycji obrazu i sterownikiem silnika krokowego

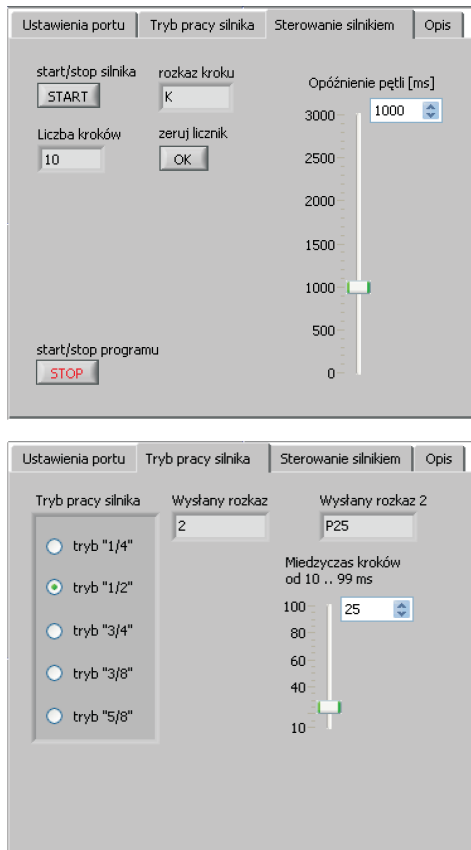
Komputer steruje pracą silnika krokowego, po wykonaniu zadanej liczby kroków (obrót o zadany kąt) uruchamiany jest proces akwizycji obrazu. W systemie zastosowano kartę akwizycji obrazu National Instruments PCI 1411. Oprogramowanie karty wykonano w środowisku LabView wykorzystując funkcje pakietu IMAQ (Image Acquisition). Silnik krokowy sterowany jest poleceniami wysyłanymi poprzez port szeregowy komputera. W pierwszych wersjach tworzonego oprogramowania przez port szeregowy sterowano każdą fazą kroku silnika krokowego. Przy wykonywaniu pojedynczych faz kroku to rozwiązanie było wystarczające, jednak przy szybszej sekwencji kroków nie uzyskano płynnego ruchu silnika. Brak płynności ruchu spowodowany był tym, że w trakcie sterowania silnika komputer wykonywał również inne zadania, stąd obsługa zadań portu szeregowego nie odbywała się regularnie. Aby wyeliminować tę niedogodność, zadaniem sterowania poszczególnymi fazami kroku został obciążony dodatkowy sterownik mikroprocesorowy. Do sterowania cewkami silnika unipolarnego zastosowano mikrokontroler ATmega16 (rys. 3).



Rys. 3. Fragment schematu sterownika cewek unipolarnego silnika krokowego

W tym rozwiązaniu układ nadrzędny (komputer) poprzez port szeregowy wysyła tylko informację o wyborze trybu pracy silnika, szybkości wykonywania kroku (prędkości obrotowej), rozpoczęciu i zatrzymaniu pracy. Sterowanie załączeniem odpowiednich cewek, odliczanie koniecznych opóźnień czasowych wykonywane jest w mikrokontrolerze. Ze względu na konieczność realizacji precyzyjnych opóźnień czasowych zarówno program sterujący, jak i program komunikacji z komputerem został napisany w assemblerze procesora. Uzwojenia silnika są sterowane z portu procesora poprzez układ ULN 2003. Do sterowania silnika wybrano kilka podstawowych trybów sterowania pełnokrokowego i półkrokowego, a wybór trybu pracy odbywa się poprzez wysłanie odpowiedniego słowa sterującego. W podobny sposób przesyłana jest informacja o czasie wykonywania poszczególnych mikrokroków. Widok przykładowych zakładki aplikacji sterującej pracą silnika wykonanej w środowisku LabView przedstawiono na rys. 4.

Zaprojektowanie i oprogramowanie oddzielnego sterownika umożliwiło uzyskanie niezakłóconego ruchu silnika, niezależnie od stopnia obciążenia



Rys. 4. Przykład zakładki aplikacji sterowania silnikiem krokowym w LabView

komputera nadrzędnego, (co jest szczególnie istotne przy dalszej obróbce pozyskanych obrazów), a jednocześnie nie wyeliminowało możliwości kontroli pracy silnika na poziomie pojedynczych kroków lub mikrokroków.

Ruch silnika zsynchronizowany jest z aplikacją LabView pozyskiwania kolejnych obrazów. W obecnej wersji programu pojedyncze obrazy zapisywane są na dysku w formie plików graficznych. Zarejestrowana sekwencja obrazów jest materiałem wejściowym do dalszej części programu, w którym wyznaczany jest kształt fotografowanego obiektu.

Wnioski

Przedstawiony sposób sterowania silnikiem krokowym stolika obrotowego, opracowany został z myślą zastosowania w dydaktycznym systemie automatycznego pomiaru kształtu obiektów przestrzennych. Cechą projektowanego systemu (także wielu innych metod pozyskiwania informacji o obiekcie trójwymiarowym) jest zastosowanie układu akwizycji obrazu zsynchronizowanego z kontrolowanym ruchem obiektu – jeżeli wymagana jest pełna informacja o kształcie obiektu, konieczna jest rejestracja obrazów przy różnych położeniach obiektu lub układu pomiarowego, (w niektórych przypadkach stosuje się kilka układów pomiarowych rozłożonych przestrzennie wokół obiektu [1, 5]).

W zamierzeniu, projektowany zestaw zostanie wykorzystany do przedstawienia metod pozyskiwania i analizy obrazów uzyskanych metodą projekcji punktu, metodą linii i metodą projekcji rastrów.

Bibliografia

1. J. Albamont, A. Goshtasby, *A Range Scanner with a Virtual Laser*, Image and Vision Computing, vol. 21, 2003, pp. 271–284.
2. B. Curles, M. Levoy, *Better Optical Triangulation through Spacetime Analysis*, Int'l Conference on Computer Vision '95, pp. 987–994, June, 1995.
3. F. Arman, J. K. Aggarwal, *Model-Based Object Recognition in Dense-Range Images - A Review*, ACM Computing Surveys, Vol. 25, No. 1, March 1993.
4. P. J. Besl, R. C. Jain, *Three-Dimensional Object Recognition*, Computing Surveys, Vol. 17, No. 1, March 1985.
5. J. Han, B. Bhanu, *Hierarchical Multisensor Image Registration Using Evolutionary Computation*, GECCO'05, Washington, USA, June 25–29, 2005.
6. K. Patorski, M. Kujawińska, L. Sałbut: *Interferometria laserowa z automatyczną analizą obrazu*, OWPW, Warszawa, 2005.
7. M. R. Stytyz, G. Frieder, O. Frieder, *Three-Dimensional Medical Imaging: Algorithms and Computer Systems*, ACM Computing Surveys, Vol 23, No. 4, December 1991.