

Chwytek wielopalczasty dla robota usługowego – sterowanie

Tomasz Winiarski*, Konrad Banachowicz*, Cezary Zieliński*, Wojciech Szynkiewicz*,
Krzysztof Mianowski**, Krzysztof Czajkowski*

*Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej,

**Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej Politechniki Warszawskiej

Streszczenie: W drugiej części artykułu poświęconego konstrukcji, sterowaniu oraz planowaniu ruchów trójpalczastego chwytaka, opisano ogólną strukturę układu sterowania oraz algorytmy sterowania ruchem palców (członów) chwytaka.

Słowa kluczowe: chwytek wielopalczasty, sterowanie robotami, planowanie chwytów

Metody sterowania manipulatorami [3–6, 9] znajdują zastosowanie również do sterowania chwytakami. Istotnym jest jednak odmienny sposób pomiaru sił i momentów w chwytakach, w których ze względu na wysoką cenę czujników 6-osiowych umieszczonych w pobliżu opuszków palców [2], stosuje się raczej pomiar momentów w stawach i czujniki kontaktu z chwytanym obiektem [1, 7].

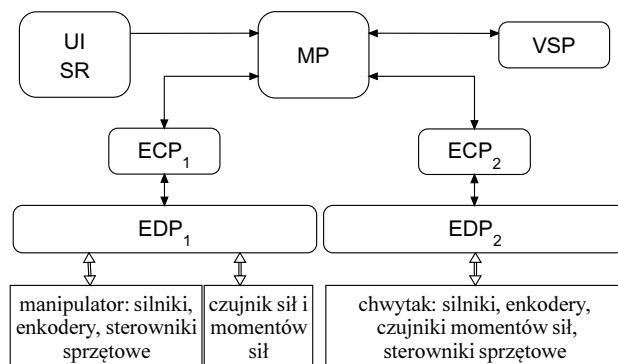
Podobnie jak dla manipulatorów [13], dla każdego ze stawów chwytaka można zastosować regulator pozycyjno-siłowy realizujący trzy zachowania elementarne:

- ruch czysto pozycyjny, dla którego zadawane jest położenie docelowe lub prędkość, a odczyty siły nie są brane pod uwagę,
- wywieranie siły, gdzie zadawana jest wartość momentu siły w stawie,
- zachowanie pośrednie, dla którego zadawana jest pozycja, ale regulator uwzględnia siłę zmierzoną (moment siły), tym samym reagując na wykryty kontakt z otoczeniem.

Artykuł przedstawia budowę układu sterowania chwytaka oraz oprogramowanie elektroniki sterującej jego silnikami. Ponadto opisuje algorytm sterujący palcami oraz określa miejsce modułu sterującego chwytakiem w strukturze systemu sterowania całym robotem usługowym.

1. System sterujący robotem

System sterowania robotem usługowym, wyposażonym w opisywany tu chwytek wielopalczasty, powstał na bazie programowej struktury ramowej MRRROC++ [12, 13]. Sterowniki systemów konstruowanych za pomocą MRRROC++ mają strukturę wieloagentową wynikającą z rozważań formalnych przedstawionych w [10, 11, 13]. Manipulator robota i jego chwytek są sterowane przez dwa dedykowane agenty upostaciowione współpracujące ze sobą poprzez agenta koordynatora. Stąd cały system składa się z 3 agentów, a jego strukturę przedstawiono na rys. 1. Agent a_0 (MP – Master Process) koordynuje pracę agenta a_1 (ECP₁ – Effector Control Process i EDP₁ – Effector Driver Process) sterującego manipulatorem i agenta a_2 (ECP₂ i EDP₂) sterującego chwytakiem. Proces VSP służy do agregacji i przetwarzania



Rys. 1. Struktura systemu sterującego manipulatorem i jego chwytakiem. Cienkie strzałki dotyczą przepływu danych między procesami uruchomionymi na komputerze PC lub w ramach sieci komputerów PC. Grube strzałki dotyczą komunikacji ze sprzętem (np. sterownikami poszczególnych stawów chwytaka za pośrednictwem RS-485)

Fig. 1. Manipulator and its gripper control system structure

danych z czujników zewnętrznych takich jak np. kamery. Z kolei proces UI to graficzny interfejs użytkownika z konsolą SR do wyświetlania komunikatów z pozostałych procesów MRRROC++ uruchomionych w systemie. Procesy ECP działają z okresem zwanym makrokrokiem, oznaczanym jako i , natomiast procesy EDP działają z okresem zwanym krokiem oznaczanym jako ι (iota). Makrokrok stanowi całkowitą wielokrotność kroku.

Agent zawiera dwa elementy programowe:

- Proces ECP, w którym zaimplementowany jest algorytm związany z realizacją zadań użytkowych zleczanych chwytakowi,
- Proces EDP, w którym zaimplementowane są algorytmy sterujące sprzętem elektronicznym, a za jego pośrednictwem ruchy części mechanicznych.

Proces EDP komunikuje się ze sterownikami sprzętowymi, które stanowią zestaw 8 układów elektronicznych (po jednym na staw) sterujących silnikami i pobierającymi informacje o stanie poszczególnych stawów. Układy te pogrupowane są parami na płytkach PCB zamontowanych bezpośrednio na chwytaku. Oprogramowanie sterownika sprzętowego każdego ze stawów jest takie samo. Proces EDP porozumiewa się ze sterownikami sprzętowymi za pomocą protokołu komunikacyjnego opisanego poniżej.

Nr bajtu	1	2	3	4	...	N-1	N
	START	adres	komenda	dane		CRC	

Rys. 2. Struktura pakietu danych transmitowanego ze sterownika nadrzędnego (PC) do sterownika osi

Fig. 2. Axis controller command package structure

Nr bajtu	1	2	3	...	N-1	N
	START	adres	dane		CRC	

Rys. 3. Struktura pakietu odpowiedzi sterownika osi

Fig. 3. Axis controller reply package structure

2. Bezpośrednie sterowanie chwytakiem

Za bezpośrednie sterowanie częścią elektroniczną oraz mechaniczną chwytaka odpowiedzialny jest proces EDP. Struktura mechaniczna i elektroniczna chwytaka zostały opisane w pierwszej części artykułu. Aby opisać algorytmy sterujące pracą chwytaka należy w pierwszej kolejności określić, jak oprogramowanie sterujące komunikuje się z elektroniką oraz określić algorytmy regulacji realizowane przez tę elektronikę, a następnie pokazać jak proces EDP wykorzystuje te możliwości techniczne do sterowania ruchem palców chwytaka.

2.1. Komunikacja EDP ze sprzętem sterującym

Do komunikacji ze sterownikami osi proces EDP wykonywany na komputerze nadrzędnym wykorzystuje 4 linie magistrali RS-485. Każda linia składa się z czterech przewodów (full-duplex). Takie rozwiązanie zapewnia prostą integrację z istniejącym systemem sterowania robota przez popularne interfejsy dla komputerów PC.

Każdy pakiet danych przesyłany z komputera PC do sterownika zawiera 8-bitowy adres sterownika, 8-bitowe polecenie sterujące, dane towarzyszące konkretnemu poleceniu i jest zakończony 16-bitową sumą kontrolną CRC. Na każdy odebrany pakiet sterownik reaguje wysyłając pakiet odpowiedzi potwierdzający odebranie danych. Odpowiedź ta może zawierać (w zależności od polecenia) stan sterownika lub kod błędu, gdy wykonanie polecenia nie jest możliwe.

Adres sterownika może przyjmować wartości od 0 do 254, natomiast adres 255 jest adresem rozgłoszeniowym. Poleceniom wydawanym w trybie rozgłoszeniowym nie towarzyszy odpowiedź sterownika.

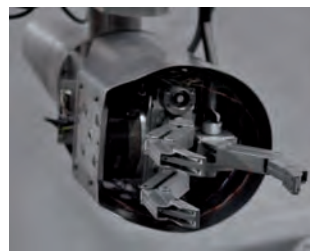
Sterowniki reagują na następujące polecenia:

1) Polecenia konfiguracyjne:

- a) Ustawiające/odczytujące parametry regulatora PID, zawierające: wzmocnienie członu proporcjonalnego, całkowitego oraz różniczkującego.
- b) Ustawiające/odczytujące zakresy ruchu dla osi. Polecenia te przesyłają: górne i dolne ograniczenie położenia oraz ograniczenie momentu siły i prądu.

2) Polecenia ruchu:

- a) Ruch z zadaną prędkością, dla którego przesyłane są: prędkość zadana, moment zadany, odwrotność tłumienia, czas wykonania odcinka trajektorii od powiadającego makrokroku.



Rys. 4. Chwytnik wielopalcowy przygotowany do chwytu

Fig. 4. Three finger gripper prepared for catch



Rys. 5. Chwytnik wielopalcowy trzymający multimetr

Fig. 5. Three finger gripper holding multimeter



Rys. 6. Manipulator z chwytakiem wielopalcowym

Fig. 6. Modified IRp6 manipulator and its three finger gripper

- b) Ruch do pozycji względnej, dla którego przesyłane są: położenie zadane (względne), moment zadany, odwrotność tłumienia, czas realizacji odcinka trajektorii.
 - c) Ruch do pozycji bezwzględnej, dla którego przesyłane są: położenie zadane (bezwzględne), moment zadany, odwrotność tłumienia, czas przejścia odcinka trajektorii.
- #### 3) Polecenia odczytu stanu sterownika:
- a) Odczyt stanu sterownika, w wyniku czego przesyłane są: stan ograniczeń, położenie zmierzone w stawie i na enkoderze silnika, prąd zmierzony, moment zmierzony.
 - b) Odczyt pozycji bezwzględnej osi, w wyniku czego przesyłane jest położenie wału silnika odczytane z enkodera absolutnego.
- #### 4) Polecenie synchronizacji:
- a) Polecenie synchronizacji zegarów sterowników osi, które przesyła numer kroku.

2.2. Oprogramowanie sterownika sprzętowego

Każdy z ośmiu sterowników sprzętowych realizuje trzy zasadnicze funkcje:

- realizuje regulator pozycyjno-siłowy,
- dostarcza informację o stanie stawu (m.in. położenia, momenty sił, prądy),
- komunikuje się z EDP.

Najwyższy priorytet ma działanie kaskady regulatorów aktywowanej co krok ι o czasie trwania Δt . Każdorazowe obliczenie prawa sterowania poprzedza odczytanie stanu stawu. W praktyce obliczenie prawa sterowania jest bardzo szybkie i nie wpływa na płynność komunikacji z EDP.

Sterownik sprzętowy stanowi kaskadę dwóch regulatorów (rys. 7), uzupełnionych interpretacją rozkazu EDP. Zewnętrzna pętla jest pozycyjno-siłowa, wewnętrzna pozycyjna. Całość stanowi więc pośredni regulator pozycyjno-siłowy [8].

Poniżej opisano trzy zasadnicze części oprogramowania sterowników sprzętowych, czyli części odpowiedzialnych za: interpretację rozkazu przesłanego przez EDP, realizację pętli zewnętrznej i realizację pętli wewnętrznej regulatora. W tym opisie przyjęto notację, w której ograniczenia wartości dowolnej zmiennej v wynikające np., z konstrukcji mechanicznej chwytaka, oznaczane są jako: \bar{v} - górne, \underline{v} - dolne, $|\bar{v}|$, $|\underline{v}|$: ograniczenie górne i dolne wartości bezwzględnej.

2.2.1. Interpretacja rozkazu EDP – zadawanie Δr_d

Obliczenia zadanego przyrostu pozycji $\Delta r'_d$ wykonywane są przed podziałem makrokroku na kroki podczas interpretacji rozkazu EDP, w trzech alternatywnych wariantach, w zależności od parametru m_t , znajdującego się w rozkazie EDP dla sterownika sprzętowego:

$$\Delta r'_d = \begin{cases} \Delta r_s & \text{dla } m_t = \text{jednokrokowo} \\ \frac{\Delta r_s}{n_s} & \text{dla } m_t = \text{względnie} \\ \frac{r_s^i - r_c^{i-1}}{n_s} & \text{dla } m_t = \text{bezwzględnie} \end{cases} \quad (1)$$

gdzie, r_c^{i-1} - wartość zadana dla poprzedniego makrokroku. Wartość bezwzględna $\Delta r'_d$ podlega ograniczeniu parametrem $|\overline{\Delta r_d}|$ dając w wyniku Δr_d .

2.2.2. Zewnętrzna pętla pozycyjno-siłowa

Brak rozkazu z EDP wiąże się z utrzymaniem dotychczasowej pozycji (przyrost położenia Δr_c jest zerowy). W przeciwnym wypadku prawo sterowania realizuje superpozycję trzech omówionych już zachowań elementarnych. Kontakt szczęki chwytaka z obiektem modelowany jest przez prostą zależność wiążący przyrost położenia z uchybem momentu siły przez czynnik proporcjonalności zwany dalej odwrotnością tłumienia,

$$\Delta r'_c = \begin{cases} 0 & \text{nie wydano rozkazu} \\ B(\tau_d - \tau_m) + \Delta r_d & \text{wydano rozkaz} \end{cases} \quad (2)$$

gdzie:

- $\Delta r'_c$ - wyjście regulatora pozycyjno-siłowego, które stanowi przyrost wartości zadanej dla regulatora pozycyjnego. Wartość bezwzględna $\Delta r'_c$ podlega ograniczeniu parametrem $|\overline{\Delta r_c}|$, w wyniku czego powstaje $\Delta r''_c$.

- B - odwrotność tłumienia zadawana bezpośrednio przez EDP. Wartość zero powoduje, że regulator pozycyjno-siłowy pracuje w wariacie czysto pozycyjnym, wartość niezerowa w połączeniu z Δr_d równym zero daje regulator siłowy,
- τ_d - wartość zadanego momentu siły. Jest ona ograniczana, co do wartości bezwzględnej, parametrami $|\overline{\tau_d}|$ i $|\underline{\tau_d}|$. Wartość τ_d równa zero w połączeniu z niezerowymi B i Δr_d powoduje, że regulator pozycyjno-siłowy pracuje w wariacie przejściowym.
- τ_m - zmierzona wartość momentu siły. Przyjmujemy, że wartości bezwzględne poniżej dolnego ograniczenia $|\underline{\tau_m}|$ są sprowadzane do zera (wprowadzona jest strefa nieczułości, aby wyeliminować wpływ zakłóceń pomiaru momentu sił na generację trajektorii w regulatorze),

Następnie sprawdzane jest ograniczenie konfiguracji kinematycznej chwytaka na podstawie r_a - absolutnego kąta między paliczkami w stawie, mierzonego czujnikiem o relatywnie niewielkiej, ale wystarczającej do tego celu, rozdzielczości. Dodatkowo uwzględniane są ograniczenia zmierzonego momentu τ_m . Moment mierzony jest poprzez badanie różnicy położenia dwóch współosiowych tarcz połączonych sprężynami. Tarcze umieszczone są w łańcuchu kinematycznym napędu stawu. Wartość $\Delta r''_c$ jest tak modyfikowana, aby w przypadku wystąpienia jednego z ograniczeń możliwy był ruch tylko w kierunku, w którym ograniczenie to przestanie być aktywne (tab. 1). Wynik stanowi Δr_c . W szczególnym przypadku wartość Δr_c jest zerowana.

2.2.3. Wewnętrzna pętla pozycyjna

Wpierw wyznaczany jest uchyb położenia E_r :

$$E_r = r_c^{t-1} + \Delta r_c^t - r_m^t \quad (3)$$

gdzie: r_m^t to zmierzona wartość położenia, r_c^{t-1} wartość zadana położenia dla poprzedniego kroku, a Δr_c^t to wartość obliczona przez regulator pozycyjno-siłowy. Całka uchybu liczona jest jako:

$$\sum_{k=0}^l E_r^k \quad (4)$$

Wartość całki podlega ograniczeniu, tak aby wyjście regulatora pozycyjnego U' (zadana wartość skuteczna napięcia zasilającego silnik napędzający staw) nie przekroczyła wartości granicznej. Prawo sterowania regulatora pozycyjnego jest przedstawione poniżej:

$$U' = k_P E_r + k_I \sum_{k=0}^l E_r^k + k_D (E_r^t - E_r^{t-1}) \quad (5)$$

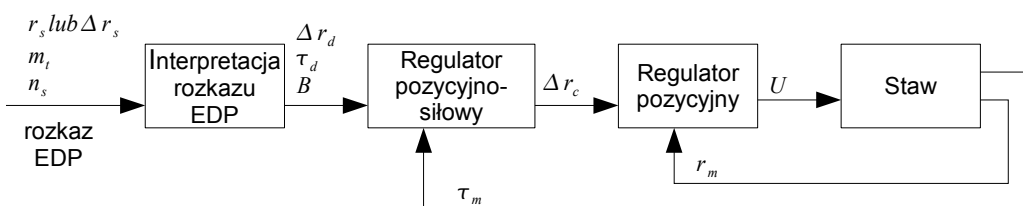
gdzie k_P , k_I , k_D to parametry regulatora.

Następnie sprawdzane jest ograniczenie $|\overline{J_m}|$ na wartość prądu zmierzonego J_m . Jego przekroczenie powoduje wyzerowanie wartości zadanej napięcia U :

$$U = \begin{cases} U' & \text{dla } |J_m| < |\overline{J_m}| \\ 0 & \text{dla } |J_m| > |\overline{J_m}| \end{cases} \quad (6)$$

2.3. Proces EDP

Po uruchomieniu procesu EDP przeprowadzana jest inicjalizacja. Kolejne rozkazy wydawane przez EDP dotyczą zlecenia ruchu uzupełnionego zapytaniem o stan chwytaka.



Rys. 7. Struktura regulatora kaskadowego: m_t – parametr określającego typ ruchu, Δr_s – zadany przyrost położenia, n_s – całkowita liczba kroków w makrokroku, r_s – bezwzględna wartość zadana położenia, Δr_d – zadany przyrost pozycji, τ_d – wartość zadana momentu siły, B – odwrotność tłumienia uchybu momentu siły, Δr_c – przyrost wartości zadanej dla regulatora pozycyjnego, U – zadana wartość skuteczna napięcia zasilającego silnik napędzający staw, r_m – zmierzona wartość położenia, τ_m – zmierzona wartość momentu siły

Fig. 7. Cascade controller structure

	$r_a < \underline{r}_a$	$\bar{r}_a \geq r_a \geq \underline{r}_a$	$r_a > \bar{r}_a$
$\tau_m < \underline{\tau}_m$	$max(0, \Delta r_c'')$	$max(0, \Delta r_c'')$	0
$\bar{\tau}_m \geq \tau_m \geq \underline{\tau}_m$	$max(0, \Delta r_c'')$	$\Delta r_c''$	$min(0, \Delta r_c'')$
$\tau_m > \bar{\tau}_m$	0	$min(0, \Delta r_c'')$	$min(0, \Delta r_c'')$

Tab. 1. Sposób obliczenia wartości Δr_c

Tab. 1. Δr_c computation

Możliwe jest też zadawanie i odczyt konfiguracji sterowników sprzętowych.

2.3.1. Inicjalizacja

Inicjalizacja wykonywana jest po kolei dla wszystkich stawów i nie wymaga ich przemieszczania. W jej trakcie najpierw odczytywany jest absolutny kąt w stawie r_a . Odczyt zostaje przesłany do EDP. Dodatkowo po stronie sterownika sprzętowego zerowane są wartości r_c i r_m .

Następnie EDP dokonuje przeliczenia kąta w stawie na bieżące położenie absolutne wału silnika $r_e^{i_0}$ (dla chwili inicjacji $i = i_0$) poprzez czynnik proporcjonalności β_a , według wzoru:

$$r_e^{i_0} = \beta_a r_a \tag{7}$$

2.3.2. Zlecenie ruchu

Wykonanie pojedynczego rozkazu ruchowego po stronie EDP składa się z trzech faz, uruchamianych sekwencyjnie:

- Obliczeń wstępnych. Tutaj przygotowujemy jest rozkaz dla poszczególnych sterowników. Jego zasadniczą część jest przepisywana z rozkazu otrzymanego z ECP.

n_s – liczba kroków w makrokroku

B – odwrotność tłumienia

τ_d – moment zadany

m_t – wariant ruchu

Z ECP przesyłana jest też pozycja zadana w jednym z trzech wariantów:

$$\begin{aligned} \Delta r_s & \text{ dla } m_t = \text{jednokrokowo} \\ \Delta r_s & \text{ dla } m_t = \text{względnie} \\ q_d & \text{ dla } m_t = \text{bezwzględnie} \end{aligned} \tag{8}$$

gdzie, q_d zadany kąt pomiędzy paliczkami stawu, który podlega transformacji:

$$r_s = q_d * \beta_a - r_e^{i_0} \tag{9}$$

- Wysłania parametrów rozkazu ruchowego do sterowników sprzętowych. Rozkaz wysyłany jest sekwencyjnie do sterowników kolejnych osi. Wykonanie kolejnego makrokroku w sterowniku sprzętowym następuje dopiero po zakończeniu wykonywania poprzedzającego makrokroku.
- Wysłania rozkazu synchronizacji. Rozkaz synchronizacji wysyłany jest jednocześnie do wszystkich sterowników sprzętowych w trybie rozgłoszeniowym. Dzięki temu sterowniki sprzętowe rozpoczynają wykonanie kolejnego makrokroku w jednym i tym samym momencie.

2.3.3. Odczyt stanu chwytaka

Badane są następujące cztery predykaty:

$$\begin{aligned} p(\bar{v}) & \equiv v < \bar{v} \\ p(\underline{v}) & \equiv v > \underline{v} \\ p(|v|) & \equiv v < |\bar{v}| \\ p(|v|) & \equiv v > |\underline{v}| \end{aligned} \tag{10}$$

Wynik porównania (wartość predykatu) jest przesyłany do EDP podczas komunikacji.

EDP pobiera ze sterowników sprzętowych stan poszczególnych stawów, na który składają się:

r_m – zmierzony kąt w stawie wyrażony w jednostkach enkodera silnika napędzającego ten staw

τ_m – moment zmierzony

J_m – prąd zmierzony

$p(|\Delta r_d|), p(|\Delta r_c|)$ – przekroczenie górnego ograniczenia wartości bezwzględnej przyrostu pozycji zadanej i obliczonej

$p(\bar{r}_a), p(r_a)$ – przekroczenie górnego i dolnego ograniczenia pozycji absolutnej

$p(\overline{|\tau_d|})$, $p(\underline{|\tau_d|})$ – przekroczenie górnego i dolnego ograniczenia wartości bezwzględnej momentu zadanego

$p(\overline{|\tau_m|})$ – przekroczenie górnego ograniczenia wartości bezwzględnej momentu zmierzonego

$p(\overline{J_m})$ – przekroczenie górnego ograniczenia wartości bezwzględnej prądu zmierzonego

W przeciwieństwie do innych wielkości, które są po prostu jedynie przepisywane, pozycja zmierzona jest dodatkowo transformowana w EDP do wartości odpowiadających zmiennym przegubowym:

$$q_m = \frac{r_m + r_e^{i_0}}{\beta_a} \quad (11)$$

3. Podsumowanie

W tej części artykułu przedstawiono sterownik chwytaka trójpalczastego, którego konstrukcja została już omówiona w poprzedniej części artykułu. Składa się on z procesu EDP ramowej struktury programowej MRROC++, a także oprogramowania sterowników sprzętowych. Trzecia, ostatnia część artykułu będzie poświęcona zadaniom planowania i realizacji chwytów wykonywanym z wykorzystaniem tego sterownika.

Podziękowania

Praca finansowana przez grant Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego N514 1287 33.

Bibliografia

- (2011): *Shunk on-line catalogue*. www.schunk.com.
- Butterfass, J., Grebenstein, M., Liu, H., Hirzinger, G. (2006): *DLR-Hand II: Next generation of a dextrous robot hand*. In: Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, (ICRA), volume 1, pp. 109–114, IEEE.
- Craig, J. J. (1989): *Introduction to Robotics, Mechanics & Control*. Addison–Wesley.
- De Schutter, J., Bruyninckx, H., Zhu, W., Spong, M. (1998): *Force control: a bird's eye view*. Control Problems in Robotics and Automation pp. 1–17.
- Khatib, O. (1987): *A Unified Approach for Motion and Force Control of Robot Manipulators: The Operational Space Formulation*. International Journal of Robotics and Automation RA-3(1), 43–53.
- Natale, C. (2003): *Interaction Control of Robot Manipulators, Six Degrees of Freedom Tasks*. Springer Tracts in Advanced Robotics 3.
- Wettels, N., Parnandi, A., Moon, J., Loeb, G., Sukhatme, G. (2009): *Grip Control Using Biomimetic Tactile Sensing Systems*. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics 14(6), 718–723.
- Winiarski, T., Zieliński, C. (2008): *Podstawy Sterowania Siłowego w Robotach*. Pomiary–Automatyka–Robotyka 12(6), 5–10.
- Zeng, G., Hemami, A. (1997): *An overview of robot force control*. Robotica 15, 473–482.
- Zieliński, C. (2005): *Formalizacja opisu struktur ramowych do programowania systemów wielorobotowych*. In: VIII Krajowa Konferencja Robotyki – Postępy Robotyki: Przemysłowe i medyczne systemy robotyczne, volume 2, pp. 53–66, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- Zieliński, C. (2006): *Transition-Function Based Approach to Structuring Robot Control Software*. In: Kozłowski, K. (Ed.), Robot Motion and Control: Recent Developments, Lecture Notes in Control and Information Sciences, Vol.335, pp. 265–286, Springer Verlag.
- Zieliński, C., Szykiewicz, W., Winiarski, T., Staniak, M., Czajewski, W., Kornuta, T. (2007): *Rubik's cube as a benchmark validating MRROC++ as an implementation tool for service robot control systems*. Industrial Robot: An International Journal 34(5), 368–375.
- Zieliński, C., Winiarski, T. (2010): *Motion Generation in the MRROC++ Robot Programming Framework*. International Journal of Robotics Research 29(4), 386–413. ■

Multifingered gripper for a service robot: control

Abstract: The second part of the paper devoted to the construction, control and motion planning for a three fingered gripper, describes the general structure of the control system and the algorithms for controlling the finger phalange motions.

Keywords: multifingered gripper, robot control, grasp planning

dr inż. Tomasz Winiarski

Jest adiunktem w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej. Sprawuje funkcje kierownika laboratorium robotyki w macierzystym instytucie, a także opiekuna studentkiego koła naukowego Bionik, które współtworzył. W 2010 roku otrzymał za osiągnięcia naukowe nagrodę indywidualną drugiego stopnia rektora PW. Jego zainteresowania badawcze dotyczą z jednej strony konstrukcji i nawigacji robotów mobilnych z drugiej strony specyfikacji zadań manipulatorów i chwytaków ze szczególnym uwzględnieniem sterowania pozycyjno-siłowego.
e-mail: tmwiniarski@gmail.com



prof. nzw. dr hab. inż. Cezary Zieliński

Jest profesorem nadzwyczajnym Politechniki Warszawskiej na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych. W latach: 2002–2005 sprawował na tym wydziale funkcję prodziekana ds. nauki i współpracy międzynarodowej, 2005–2008 zastępcy dyrektora Instytutu Automatyki i Informatyki Stosowanej (IAiIS) ds. naukowych, a od 2008 pełni funkcję dyrektora tego instytutu. Od uzyskania habilitacji w roku 1996 pełni rolę kierownika Zespołu Robotyki w IAiIS. Od 2007 roku jest członkiem i sekretarzem Komitetu Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk. Od 2008 roku współpracuje z Przemysłowym Instytutem Automatyki i Pomiarów. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na zagadnieniach związanych z programowaniem i sterowaniem robotów.
e-mail: c.zielinski@ia.pw.edu.pl



Konrad Banachowicz

Jest studentem Wydziału Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej oraz członkiem koła robotyki "Bionik", w ramach którego zajmuje się konstrukcją układów elektronicznych na potrzeby robotów. Współpracuje przy projektach badawczych prowadzonych przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej (IAiS) Politechniki Warszawskiej.

e-mail: konradb3@gmail.com



dr inż. Krzysztof Mianowski

Jest adiunktem i nauczycielem akademickim w Zakładzie Teorii Maszyn i Robotów w Instytucie Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Jest wynalazcą i konstruktorem wielu nowych rozwiązań manipulatorów robotów do badań laboratoryjnych, jak: robota RNT – Robota Nowego Typu o szeregowo równoległej strukturze ramienia i o dużej sztywności opracowanego we współpracy z dr inż. Kazimierzem Nazarczukiem, robota POLYCRANK – szybkiego robota o napędzie bezpośrednim i nieograniczonych obrotach w przegubach rozsprężonego dynamicznie opracowanego we współpracy z dr inż. Kazimierzem Nazarczukiem, lekkiego manipulatora o konstrukcji kompozytowej dla robota wspinającego Robug III opracowanego we współpracy z prof. Edwardem Jezierskim z Politechniki Łódzkiej, POLMAN – grupy manipulatorów równoległych o sześciu stopniach swobody i rozsprężonej kinematyce, platformy Stewarta o uproszczonej kinematyce do pomiarów kalibracyjnych, małego manipulatora do montażu na platformach mobilnych, robota RobIn Heart-2 do zastosowań kardiochirurgicznych opracowanego i wykonanego we współpracy z Fundacją Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrze i wielu innych.

e-mail: kmianowski@meil.pw.edu.pl

dr inż. Wojciech Szynkiewicz

Jest adiunktem na Wydziale Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej. W latach 1999-2003 był zastępcą dyrektora i sekretarzem rady naukowej Centrum Automatyki i Techniki Decyzyjnych. Jego zainteresowania badawcze dotyczą problematyki planowania ruchu robotów mobilnych i manipulatorów, a także manipulacji robotów.

e-mail: W.Szynkiewicz@elka.pw.edu.pl



mgr inż. Krzysztof Czajkowski

W 2010 roku ukończył Wydział Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej. Napisał pracę magisterską zatytułowaną: System planowania i realizacji chwytów zapomocą robotycznych rąk. W czasie studiów współpracował przy projektach badawczych prowadzonych przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej (IAiS).

e-mail: k.czajkowski.1@gmail.com



My wiemy **kto** wie...



www.automatyka.pl

Serwis branżowy www.automatyka.pl gromadzi informacje o produktach i usługach z branży automatyki przemysłowej. Zasoby Serwisu tworzone są samodzielnie przez zarejestrowane firmy. Każda z nich wprowadza informacje o własnej ofercie, produktach, usługach, wydarzeniach. Dzięki temu Serwis prezentuje żywy, stale aktualny obraz branży. Jest szybkim i skutecznym środkiem komunikacji pomiędzy uczestnikami rynku.

www.automatyka.pl – cała branża w zasięgu ręki