

ROBOTYKA

Sidla i wnyki

-czyli jak coś złapać i przytrzymać

Część 4

Dzisiaj postaram się przybliżyć Wam problem łapania różnych rzeczy (z pominięciem co groźniejszych chorób). Czynność, którą każdy z nas wykonuje tysiące razy dziennie wydaje się oczywista w realizacji. Ten pogląd – mylny zresztą – wynika z uniwersalności manipulatora, jakim jest ludzka dłoń. O stopniu komplikacji dłoni niech świadczy fakt, że jest zbudowana z 27 odrębnych kości elastycznie ze sobą połączonych ścięgnami i więzadłami chrzęstnymi. Na szczęście rzadko kiedy potrzebny jest manipulator o takim stopniu uniwersalności. Dłoń ma możliwości chwytów różnych rodzajów, z których nie wszystkie są robotowi niezbędne. Warto jednak uświadomić sobie, że chwytając coś, odruchowo przekształcamy rękę w jeden z uproszczonych układów (Uwaga: one wszystkie mają swoje fachowe, standardowe nazwy. Mniejsza o to.):

1) dla przedmiotów kulistych (np. jabłko) – **chwyt kulowy**: przedmiot spoczywający na śródręczu jest obejmowany z jednej strony przez szeroko rozstawione cztery „długie” palce, a z drugiej – stabilizowany przez kciuk. Do potrzeb robota liczbę palców redukuje się do trzech, zazwyczaj rozstawionych co 120°. Do chwytania przedmiotów o typowych średnicach, leżących w niewielkim przedziale wartości (25%) wystarczą palce sztywne (ludzkie zginają się „po drodze” w trzech stawach, kciuk – w dwóch). Taki manipulator jest charakteryzowany przez minimalną i maksymalną średnicę chwytu (odpowiednio: średnica kuli trzymanej pewnie przy całkowicie zaciśniętym chwycie i największej kuli trzymanej opuszkami „palców” za „równik”).

2) dla przedmiotów drobnych rozmiarów (zapalki, szpilki) – **chwyt cęgowy** („dwa palce”). Przedmiot jest umieszczany między palcem wskazującym a kciukiem. W robotyce układ taki realizują kleszcze zaciskowe w jednej ze swoich odmian:

równoległe – szczęki niezależnie od rozwarcia zachowują równoległość (można łapać obiekty o dowolnym rozmiarze nie przekraczającym granicy rozwarości szczęk), **zbieżne** – szczęki obracają się wokół osobnych zawiasów rozstawionych na pewną odległość od siebie, wskutek czego pierwsze stykają się „opuszki” palców. Tak działa ludzka ręka przy chwycie cęgowym, pozwala to chwycić przedmioty o różnych rozmiarach, istnieje jednak dolna granica średnicy przedmiotu wyznaczona prześwitem zaciśniętych kleszczy (ze względu na układ stawów dla ręki ten prześwit jest zerowy, jednak kleszcze robota nie mają stawów). Mniejsze przedmioty można złapać, o ile dadzą się ustabilizować w zacisku między „opuszkami” kleszczy. Trzeci typ kleszczy – **rozbieżne** – to po prostu mutacja kombinerek – szczęki obracają się wokół wspólnej osi. Rozwiązanie ma tylko jedną zaletę: łatwo uzyskać duże siły zacisku. Wady – przede wszystkim tendencja przedmiotów o większych rozmiarach do „uciekania” pomiędzy szczęk – bardzo ograniczają zakres stosowania tego rozwiązania.

3) dla przedmiotów „okrągłych” (np. kij, szklanka, szczelbel drabiny) stosowany jest **chwyt cylindryczny**: cztery dłuższe palce ustawione równoległe owijają przedmiot z jednej strony, kciuk z drugiej. Odmianą chwytu cylindrycznego jest chwyt „korbowy” – wszystkie palce z jednej strony chwytanego elementu. Dla ludzkiej dłoni chwyt „korbowy” to jedyny bezpieczny chwyt przy łapaniu przedmiotów w ruchu, lub mogących gwałtownie przyspieszyć (np. korba rozruchowa silnika starego samochodu) – nie istnieje groźba wybicia kciuka. Na szczęście ten problem nie będzie trapił naszego robota – przynajmniej na razie.

Jeśli zachodzi potrzeba zastosowania przez robota chwytu cylindrycznego stosuje się generalnie trzy rozwiązania:

Chwytak dedykowany, tj. przeznaczony tylko do danego typu elementów (zapewnia pełną stabilizację w trzech – czasem dwóch – osiach), trójpalczasty **chwytak równoległy** lub **uniwersalny** (gorsza stabilizacja) lub **kleszcze zbieżne / równoległe** (o nich w poprzednim punkcie, nadają się w zasadzie tylko do lekkich lub niewielkich przedmiotów – nie są w stanie przetrześć bez szkody dla trzymanego przedmiotu zbyt dużych momentów gnących).

Po kolei: **Chwytak dedykowany**, np. tylko do kijów od szczotki (no, dobra – prowadnic raket) może być np. parą kleszczy zamontowanych na końcach półmetrowego drąga nośnego tak, że zaciskając się mogą uchwycić pręt równoległy do tego drąga. Rozstaw punktów uchwycenia tego pręta (0,5 m) pozwala zmniejszyć radykalnie obciążenia skręcające na kleszczach, ale taka konstrukcja nie nadaje się do łapania niczego innego, jak właśnie takich prętów o długości powyżej 0,5 m. Poza takim – w sumie typowym – rozwiązaniem manipulatora dedykowanego pozostaje cała gama manipulatorów wykorzystujących indywidualne cechy łapanych elementów, ale ze względu na absolutny brak uniwersalności pominię je w tym artykule.

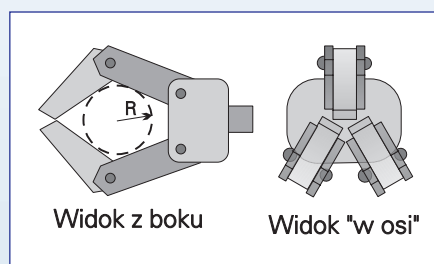
Drugie rozwiązanie – **chwytak trójpalczasty równoległy** – to, jak sama nazwa wskazuje, trzy palce ustawione tak, że płaszczyzny ich ruchu są równoległe do siebie. Dwa skrajne palce obejmują przedmiot z jednej strony, a środkowy – z drugiej. Palce wyposażane są zazwyczaj w jeden staw „po drodze” (oprócz zawiasu przy „śródręczu”), czyli składają się z dwóch segmentów każdy. Nie oznacza to jednak, że robot może każdym segmentem niezależnie sterować – najczęściej stosuje się rozwiązanie znane z naszych dłoni, to jest związanie mechaniczne serwa zaciskowego palca z obydwoma punktami obrotu. Aby zrozumieć, co napisałem, najprościej obejrzeć jak działa

własny palec. Nie można (pomijam tych, którzy mają kłopoty ze stawami) zginać tylko ostatniego segmentu palca. Dwa najwyższe stawy zginają się zawsze razem. Jeśli jeden utraci możliwość ruchu (kontakt z chwytanym obiektem) następny kontynuuje zaciskanie i vice versa. U robota realizuje się to zazwyczaj ciągnem elastycznym związanym z końcem palca i prowadzonym wewnątrz niego tak, że skracanie cięgna zginać będzie palec. Zastosowanie cięgna pozwala też przenieść serwa manipulatorów poza obręb ręki – w "śródręczu" ciągnie wchodzi w sztywny pancerz prowadzący je do serwa np. w podstawie manipulatora. Wada cięgna pancerzowego: większe opory. Zaleta: mniejsza masa "ręki". Odmianą chwytaka równoległego jest **manipulator uniwersalny (rys. 1)**, stanowiący coś pośredniego między układem równoległym a kulowym: płaszczyzny ruchu dwóch palców tworzą kąt dwuścienny o mierze ok. 60 do 90°, a płaszczyzna ruchu trzeciego palca dzieli ten kąt na połowy. Możliwości ruchowo – chwytne takiego urządzenia najlepiej obserwować analizując ruchy dłoni ołączonych razem końcówkach palców: wskazującego i środkowego (pierwszy "palec" robota) oraz serdecznego i małego (drugi "palec"). Kciuk wystąpi w roli trzeciego, przeciwnego palca. Takie urządzenie jest już dość uniwersalne, pozwala chwytać zarówno przedmioty kuliste, jak i cylindryczne. Poza tym umożliwia chwyt stożkowy ("w trzy palce") i cęgowy opuszkami palców (przy jednym palcu nie uczestniczącym).

Poza możliwościami chwytania zastosowanymi przez naturę w naszych rękach, istnieje wiele innych, jak chociażby przyssawki (ośmiornice?) czy elektromagnesy. Te stosuje się w specyficznych warunkach, raczej rzadko w robotach uniwersalnych – mają małe zakresy zastosowań.

No dobrze. Zazwyczaj w swoich artykułach mówiłem, jak coś zrobić samemu i sądzę, że wielu Czytelników na to czeka – dzięki, że listami do Redakcji wyraziliście swoje zainteresowanie cyklem! Monsieur Górecki we wstępie napisał, że dużo ludzi chce dalszego ciągu robotyki, bardzo się z tego cieszę – napiszcie tylko do mnie (mój e-mail znajdziecie na końcu artykułu), co chcielibyście ujrzeć w następnych odcinkach. A teraz – konstrukcja.

Proponuję manipulator trójpalczasty uniwersalny, czyli w układzie palców jak na **rysunku 1**, napędzany cięgnami, wykonany z metalowych rurek cienkościennych, lub – łatwiej – z laminatu (takiego na płytce drukowanej). Ideę działania pojedynczego palca ilustruje **rysunek 2** (2a – palec z laminatu, 2b – palec z rurek, zasada ta sama). Skracając ciągnie powoduje się zginanie palca. Dobierając siły napięcia sprężyn / gum



Rys. 1

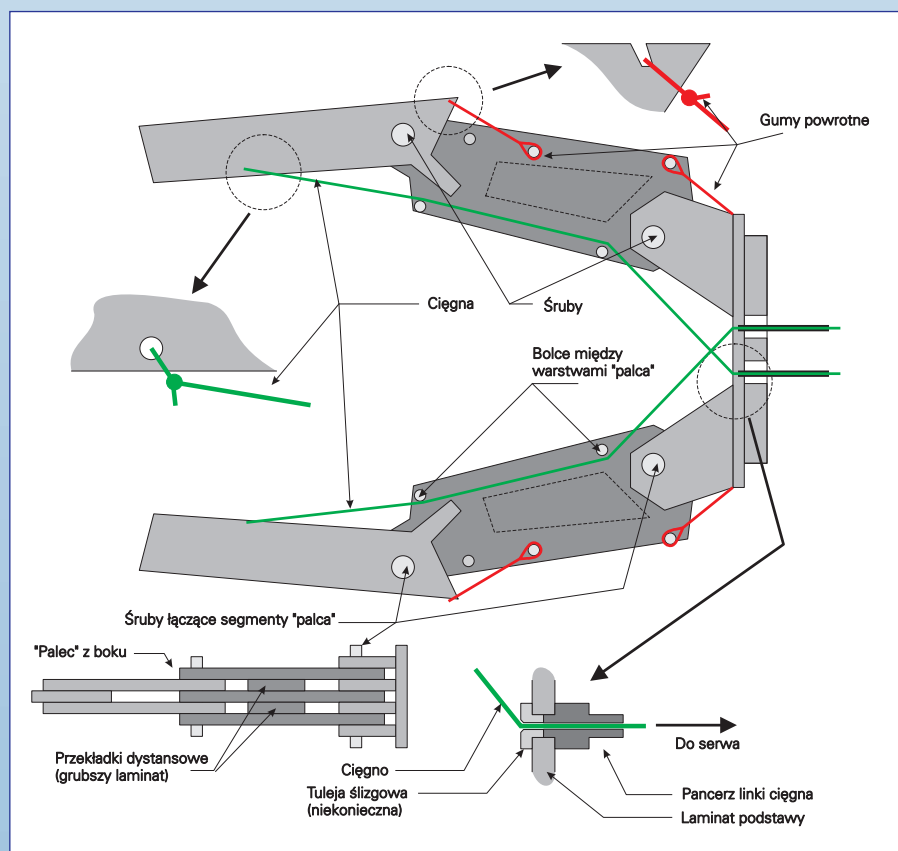
powrotnych reguluje się tendencje stawów: staw o mniejszej sile naciągu powrotu zgina się pierwszy. Można próbować tak dobrać siły, aby oba stawy palca zginały się jednocześnie. Do typowych zastosowań naciąg dobiera się tak, aby pierwszy zginał się staw bliżej końca "palca" – chwytny przedmiot jest wtedy najpierw obejmowany, a następnie zaciskany w uchwycie.

Wykonanie

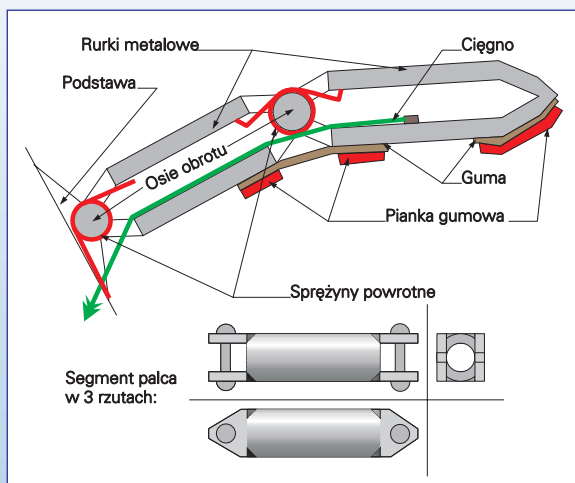
Z laminatu należy wyciąć części palców – rysunek pokazuje w przybliżeniu ich kształt, dokładne wymiary trzeba dobrać doświadczalnie w oparciu o rodzaj i gabaryty chwytnych obiektów. Konstrukcja jest wielowarstwowa, co obrazuje diagram w dolnej części rys. 2b: końcówka palca to 2 warstwy + przekładka (wszystkie przekładki należy wykonać z laminatu grubszego od tego użytego na segmenty zasadnicze, aby zapewnić niezbędne luzy na połączeniach obrotowych), segment środkowy

to 3 warstwy + 2 przekładki, a mocowanie do części bazowej – "śródręcza" to cztery warstwy. Na rysunku 2b pokazano palec pozbawiony jednej warstwy mocowania i jednej warstwy segmentu środkowego. Taka warstwowa konstrukcja podyktowana jest koniecznością zapewnienia sztywności stawom. Warstwy klei się ze sobą, a całe segmenty – skręca śrubami, nie zaciskając ich (swoboda ruchu stawów). W połączenia obrotowe można wpuścić trochę oleju – zmniejszy to opory tarcia. Bolce w segmencie środkowym (przechodzące na wylot) służą do prowadzenia cięgna i zaczepienia gumek (sprężyn) powrotnych.

Jako cięgna należy zastosować linki w pancerzu (chyba, że serwomechanizmy zamontuje się w "śródręczu", wtedy można zrezygnować z pancerza). Do większych manipulatorów można wykorzystać standardowe cięgna samochodowe, są one jednak dość sztywne, co spowoduje konieczność zastosowania silnych sprężyn powrotnych i serw o dużej sile pracy. Idealne są specjalne modelarskie linki w pancerzu, trudno je jednak kupić. Jeśli serwa zamontowane zostaną w nadgarstku (sztywne połączenie ze śródręczem) pancerze nie będą konieczne i jako cięgna można będzie zastosować np. plecionkę wolframową (sprzedawaną w sklepach wędkarskich). Pamiętać należy, że cięgno napinane jest siłą kilka(naście) razy większą od siły zaci-



Rys. 2a



Rys. 2b

sku manipulatora (pamiętać też o tym należy dobierając serwomechanizmy do takiego manipulatora).

Jeśli ktoś ma możliwości i umiejętności wymagane do obróbki metali, może wykonać manipulator z rurek cienkościennych – jak pokazuje to rysunek 2b. Z metalowej rurki wycina się i wygina segmenty palców

(szkic w dolnej partii rysunku pokazuje kształt, który trzeba uzyskać) i łączy zawiasowo, jak to widać na przekroju. W zawiasach należy umieścić sprężyny powrotne, prostujące palec bez obciążenia. Wewnątrz palca przeciąga się cięgno, mocując je tylko do ostatniego segmentu. Reszta – jak poprzednio.

Trzy tak wykonane palce łączy się z podstawą – “śródręczem” – w układzie pokazanym na rys. 1. Przy palcach z laminatu można po prostu zastosować lutowanie, palce z rurek trzeba zainstalować jakoś inaczej (chyba, że też dadzą się lutować).

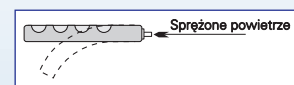
Chwytając takim czymś obiekty o dużej średnicy zaciska się jednocześnie wszystkie palce. Jeśli obiekt jest zbyt mały (ale nie bardzo mały) można spróbować zacisnąć najpierw częściowo dwa mniej rozsunięte palce, potem (na nich) zacisnąć trzeci, a na koniec napiąć wszystkie naraz. Najmniejsze przedmioty chwytają się opuszkami – dlatego palce z laminatu mają ostatni segment

ukształtowany tak, jak na rysunku – bolec w środkowym segmencie ograniczy ruchomość stawu i pozwoli precyzyjnie zamknąć chwyt stożkowy opuszkami palców (boleć należy umieścić tak, aby kąt w zgięciu tego stawu wynosił ok. 90°).

Jeśli ktoś dysponuje instalacją pneumatyczną lub hydrauliczną, może ułatwić sobie znacznie realizację chwytaka, budując palec jak na **rys. 3**. Jest to po prostu grubościenna gumowa rurka (zatkana na końcu), w której wykonano szereg nacięć. Do wnętrza rurki należy wsunąć drugą, z cienkiej gumy, którą dołącza się do przewodu ciśnieniowego. Przy zwiększaniu ciśnienia całość będzie wyginać się w kierunku “od nacięć”. Nie prezentuję tu żadnych konkretnych, gdyż mało kto może wykorzystać ciecz lub gaz pod ciśnieniem jako czynnik roboczy.

I to tyle w tym miesiącu.

Marek Lewandowski i Alicja Ossowska



Rys. 3