

KONKURS NA NAJLEPSZE PRACE DYPLOMOWE WIMiR

VII Konkurs Na Najlepsze Prace Dyplomowe Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki 2016/2017 – prace magisterskie



Jakub GRABEK
MT - SI



Robot podwodny klasy mini ROV Mini ROV class underwater robot

promotor: **dr inż. Wojciech Ciesielka** – Katedra Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska

Szczegół: Celem pracy było zaprojektowanie, wykonanie oraz testy prototypu robota podwodnego klasy mini ROV wykorzystującego rozwiązanie kadłuba o zmiennej geometrii. Praca składała się z części teoretycznej i realizacyjnej. W części teoretycznej opisano wybrane metody analizy i cyfrowego przetwarzania sygnałów, a także filtrację Kalmana oraz logikę rozmytą. Następnie przedstawiono część realizacyjną, którą podzielono na części mechaniczną, elektroniczną oraz informatyczną. W części mechanicznej skupiono się na konstrukcji całego robota oraz metodach ich wytwarzania. Część elektroniczna składała się z opisu projektów układów i wykonanych płytek PCB wraz z ich integracją w robocie. W części oprogramowania przedstawiono implementację algorytmów sterujących oraz filtrujących, z części teoretycznej, pozwalających na zdalną kontrolę nad dronem podwodnym. Ostatnim elementem pracy były testy weryfikujące poprawność działania wykonanych układów.

Robot podwodny

Projekt robota rozwijany był i w dalszym ciągu jest przez zespół studentów i absolwentów Akademii Górniczo-Hutniczej, Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki. Obecnie pracami projektowymi i testami zajmują się trzy osoby. Autor pracy odpowiedzialny był w szczególności za część elektroniczną i informatyczną projektu.



Robot podwodny wykonany w ramach projektu

Część mechaniczna

Robot wykorzystuje opatentowane rozwiązanie kadłuba o zmiennej geometrii. Elastyczna rura kadłuba pozwala na niezależne sterowanie długości części przedniej oraz tylnej robota wykorzystując siłowniki liniowe, co pozwala na dynamiczne sterowanie wypornością całego drona oraz jego automatyczne trymowanie na podstawie danych z czujników. Aby nie dopuścić do uszkodzenia kadłuba wraz ze wzrostem głębokości, wewnątrz robota jest wypełniane gazem przez automatyczny system w taki sposób, aby ciśnienie to było zawsze nieco wyższe niż panujące na zewnątrz.

Dron wyposażony jest w głowicę obserwacyjną o 2 prostopadłych osiach obrotu, która pozwala na znaczne powiększenie pola widzenia operatora bez potrzeby zmiany pozycji lub orientacji samego robota.

Większość elementów robota wykonana została z wykorzystaniem technologii druku 3D, która pozwoliła na przyspieszenie prac i znaczące zmniejszenie kosztów oraz pozwala na łatwe skalowanie projektu.

Część elektroniczna

Do robota zaprojektowano i wykonano komplet sterowników odpowiedzialnych za sterowanie 5 stopniami swobody urządzenia oraz dodatkowych układów potrzebnych w procesie integracji systemu. W robocie wykorzystano silniki DC, napędzające pędniki poprzeczne i silowniki liniowe, BLDC w pędnicach głównych oraz elektrozawory pozwalające na kontrolę ciśnienia wewnątrz robota. Aby zapewnić kontrolę pracy akumulatorów zaprojektowano i wykonano układ pozwalający na pomiar napięć na każdym z ogniw oraz wartości prądu pobieranego przez robota. Jako układ obliczeniowy w zaprojektowanych PCB wykorzystano mikrokontrolery ATmega168.

Najważniejszym układem obliczeniowym, na którym uruchomiona była aplikacja sterująca, był komputer główny - BeagleBone Black. Za pomocą magistrali I2C był on połączony ze sterownikami, z którymi mógł się komunikować jako układ nadrzędny. Na podstawie danych uzyskanych z czujników i parametrów zadanych przez operatora wyznaczał wartości sterowania i przekazywał odpowiednie rozkazy do elementów wykonawczych.

Komunikacja robota z operatorem odbywała się w standardzie Ethernet z wykorzystaniem specjalistycznego przewodu o neutralnej pływalności.



Układ kontroli zasilania. Jedna z płytek PCB wykonanych do projektu.

Część informatyczna

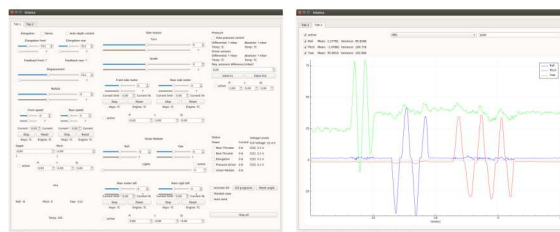
W projekcie wykorzystano aplikację operatorską, działającą poza robotem, która pozwala operatorowi na zadawanie odpowiednich nastaw dla regulatorów, a także na ręczne sterowanie każdym układem wykonawczym. Zmiana wartości możliwa była zarówno wykorzystując przygotowaną aplikację okenkową jak i urządzenie HMI - pada do gier. Aplikacja umożliwiała także wyświetlanie parametrów całego robota oraz poszczególnych jego podzespołów: czujników, sterowników wykonawczych oraz układu kontroli zasilania.

Drugim elementem systemu była aplikacja sterująca, która wyznaczała odpowiednie wartości sterowania wykorzystując do tego zaimplementowane regulatory rozmyte. Była ona także odpowiedzialna za zbieranie danych z czujników i sterowników oraz za obsługę komunikacji z operatorem. Wartości sprzężenia zwrotnego były kondycjonowane z wykorzystaniem filtrów o skończonej odpowiedzi oraz 8-stanowy filtr Kalmana, które pozwoliły na zmniejszenie szumu pomiarowego i poprawiły jakość sterowania.

Oprogramowanie układów PCB zaprojektowanych w części elektronicznej obejmowało obsługę komunikacji, wewnętrzne sprzężenie zwrotne wraz z kondycjonowaniem sygnału oraz odpowiednie sterowanie elementami wykonawczymi.



Schemat przepływu informacji w systemie sterowania robotem.



Aplikacja operatorska. Po lewej panel główny aplikacji, po prawej panel wykresów przedstawiający test działania zaimplementowanego filtra Kalmana.

Podsumowanie

Przeprowadzone testy działania zaprojektowanego rozwiązania pozwalają na stwierdzenie, że zaprojektowane układy i złożone z nich systemy działają poprawnie i spełniają swoje zadanie.

Pomimo wczesnego etapu rozwoju, robot dzięki innowacyjnym założeniom projektowym oraz konstrukcji wydaje się dobrym rozwiązaniem problemów trapiących rynek robotów i prac podwodnych. Dzięki niewielkiemu zużyciu energii oraz dwuosiowej głowicy obserwacyjnej może on być wykorzystywany jako dron inspekcyjny. Wykorzystując dostępną ładowność (7kg przy 10kg masy robota w powietrzu) jest on w stanie przemieścić znaczne ładunki lub dużą ilość dodatkowego sprzętu, którego zastosowanie może znacząco zwiększyć możliwości samego robota.

Rozwiązanie zostało nagrodzone złotymi medalami z wyróżnieniem na 45 Międzynarodowej Wystawie Wynalazków w Genewie oraz na 11 Międzynarodowej Warszawskiej Wystawie Wynalazków IWIS.