

Koło Naukowe Robotyków – Duża Pula na Projekty Naukowe

Projekt Robota Humanoidalnego

1. Opis projektu

Koło Naukowe Robotyków wykonało do tej pory wiele działających robotów takich jak manipulatory, roboty podążające za linią, platformy mobilne, łaziki marsjańskie, a także proste roboty kroczące. Bazując na zdobytym doświadczeniu zdecydowaliśmy zbudować robota humanoidalnego, a więc takiego którego kształt i sposób poruszania się są inspirowane ludzkim ciałem i ruchami. Jesteśmy przekonani, że jest to niesamowicie rozwijające i wymagające wyzwanie i właśnie dlatego chcemy stawić mu czoła.

Celem projektu jest zbudowanie w pełni funkcjonalnego robota, którego poruszanie, w zależności od zastosowania, będzie sterowane w sposób całkowicie autonomiczny lub półautonomiczny. Na cel projektu składa się:

- wykonanie konstrukcji mechanicznej – dobranie napędów, oraz zaprojektowanie i wykonanie lekkiej struktury nośnej,
- wykonanie modułu głównego sterownika robota – zaprojektowanie układu zawierającego wszystkie elementy elektroniczne i wykonanie płytki PCB,
- zaprojektowanie algorytmu generowania ruchów – napisanie funkcji, za pomocą których, używając jedynie parametrów ruchu, wykonywane będą złożone operacje,
- oprogramowanie sterownika głównego – napisanie programu, który połączy wszystkie elementy, jak sygnały z czujników, komunikacja z kontrolerem oraz algorytmy ruchu, w integralną całość.

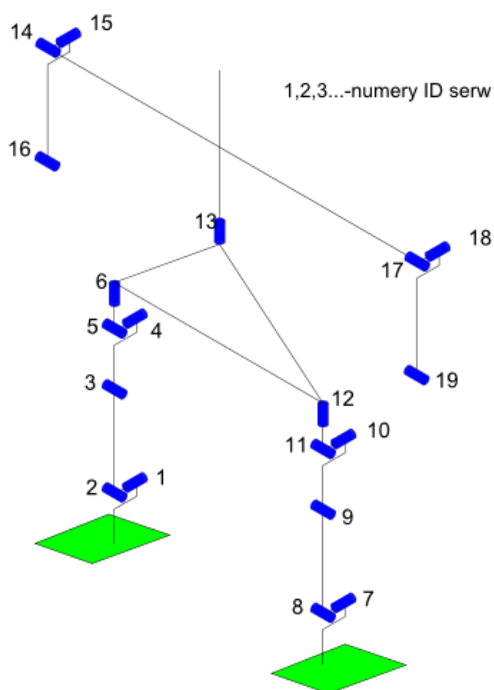
Zespół projektowy składa się z siedmiu osób. Dwie z nich specjalizują się w elektronice, trzy w programowaniu systemów wbudowanych i dwie w mechanice. Dodatkowo mamy wsparcie merytoryczne inż. Maksymiliana Szumowskiego, doktoranta, który także był członkiem KNR i w ramach pracy w Kole stworzył robota kroczącego, którego zdjęcie przedstawia Rysunek 1. Obecnie w ramach doktoratu prowadzi badania w podobnej tematyce i dzieli się z nami wiedzą i doświadczeniem.



Rysunek 1. Robot kroczący wykonany przez inż. Maksymiliana Szumowskiego

Przedstawione powyżej nogi pozwoliły na wyciągnięcie wniosków do budowy nowej wersji robota. Do maksymalnej redukcji luzów konieczne było uproszczenie konstrukcji do takiego stopnia, aby wykorzystać obudowy serwomechanizmów jako elementy przenoszące obciążenia, a przeniesienie momentu w każdym z przegubów zrealizować w sposób bezpośredni. Analiza obciążeń występujących w narażonych elementach wykazała, że do tego najkorzystniejsze będzie wykorzystanie serwomechanizmów cyfrowych Robotis Dynamixel. Duży moment obrotowy, oraz niewielki minimalny kąt sterowania stanowią doskonałe połączenie dla takiego zastosowania. To rozwiązanie zapewni wysoką precyzję i szybkość ruchu, a więc też pewność, że wszystkie zaprogramowane ruchy będą wykonane prawidłowo. Zastosowanie tańszych zamienników nie jest wskazane, również dlatego, że niezbędna jest komunikacja cyfrowa, aby umożliwić szeregowo ich połączenie.

Konstrukcja robota będzie posiadała łącznie 19 stopni swobody: 12 w kończynach dolnych, 6 w kończynach górnych i 1 w korpusie. Ruch zapewniony będzie przez 19 wymienionych wcześniej serwomechanizmów: 8 serw z serii Rx-28 i 4 MX-28AR odpowiadające za ruch nóg, oraz 7 serw Ax-12 odpowiadających za ruch rąk i skręt tułowia. Schemat rozłożenia wszystkich przegubów przedstawia Rysunek 2.



Rysunek 2. Schemat kinematyczny robota



Rysunek 3. Render wykonany w programie Autodesk Inventor

Przedstawione na Rysunku 3 elementy robota będą wykonane jako konstrukcja kompozytowa oparta na aluminiowych elementach 2D oraz drukach 3D, dających w rezultacie niezwykle lekką, ale też sztywną konstrukcję nośną. To rozwiązanie świetnie sprawdziło się w konstrukcji łazika tworzonego przez KNR zapewniając odpowiednią sztywność, wytrzymałość oraz niską cenę wykonania. Z tego powodu zostało także użyte w tym projekcie. Wszystkie części mechaniczne projektowane są w programach *Inventor* oraz *Creo*. Całkowita wysokość robota po dodaniu głowy wynosić będzie 50 cm.

Moduł głównego sterownika jest płytką PCB wykonaną przez członków Koła w programie *Autodesk Eagle* i zawiera mikrokontroler z rdzeniem ARM. Pakiet obliczeniowy MATLAB posłużył do komunikacji z serwomechanizmami, wykonania przysiadu i testów obciążeniowych. Zostanie ponownie wykorzystany w pierwszej części algorytmu chodu - do optymalizacji.

Proponowany przez nas algorytm ruchu robota będzie składał się z 2 części.

Pierwszą z nich jest generowanie złożonych trajektorii dla wszystkich napędów. W pierwszym etapie tej części uzyskaliśmy trajektorie kątowe wszystkich członów człowieka nagrane systemem Motion Capture Vicon. Następnie, dzięki stosowaniu podobnego modelu kinematyki w robocie, mogliśmy odwzorować uzyskane trajektorie bezpośrednio na nim. Ze względu na to, że rozkład mas robota i człowieka jest inny, trajektorie kątowe musiały zostać zoptymalizowane w taki sposób, aby jak najlepiej spełniały kryterium zerowego momentu (Zero Moment Point). Ze względu na duże zapotrzebowanie na moc obliczeniową ten etap jest wykonywany offline. Wygenerowane w ten sposób trajektorie kątowe dla wszystkich napędów w poszczególnych ruchach są zapisane w pamięci robota.

Drugą częścią jest adaptacja (online) wykonywanego ruchu. W trakcie odczytywania wygenerowanego ruchu z pamięci, robot może natrafić na nierówność w terenie, nieoczekiwane zakłócenie (uderzenie innego robota) lub nieoczekiwany poślizg na trasie chodu. W takich sytuacjach, wykorzystując odczyt z czujnika IMU zamocowanego w torsie robota, zakłócenie zostanie wychwycone i skompensowane w odpowiedniej płaszczyźnie. W przypadku balansowania do przodu, tyłu i na boki kompensacja realizowana będzie w płaszczyznach strzałkowej oraz czołowej. W przypadku zmiany orientacji chodu w kategorii Humanoid Sprint kompensacja będzie realizowana w płaszczyźnie poprzecznej.

Dobierając metodę generowania ruchu robota wzorowaliśmy się na istniejących konstrukcjach. Podobna metoda stosowana jest w robotach: ASIMO, WABIAN-2R oraz HUBO.

Istotnym elementem oprogramowania jest to, że nie będzie ono jedynie wysyłać sygnałów do robota, ale także je odbierać i przetwarzać. Właśnie dlatego zostanie ono rozwinięte o układ sprzężenia zwrotnego, zrealizowanego poprzez zastosowanie czujników nacisku w stopach, czujników odległości oraz kontroli położenia prędkości i przyspieszeń przy użyciu IMU (Inertial Measurement Unit), sensora wykonanego w technologii MEMS (MicroElectroMechanical System). Dzięki temu robot utrzymywał będzie odpowiedni kierunek chodu, a także będzie w stanie wykryć kiedy się przewrócił i w pełni samodzielnie się podnieść.

Ze względu na poziom skomplikowania ruchu robota, ważną kwestią na której się skupimy jest autonomia w sterowaniu. Robot sterowany będzie padem do gier, połączonym przez moduł bluetooth, a więc dając proste sygnały do wykonania danego ruchu, robot za pomocą napisanych przez nas algorytmów wykona samemu wszystkie obroty odpowiednich silników dając w rezultacie konkretną sekwencje ruchów.

Komendy przypisane do danego przycisku będą zawierać funkcje:

- obrót w osi głównej robota,
- ruch do przodu i do tyłu,
- wybór jednego z ciosów,
- sekwencja rozpoczęcia pojedynku,
- powrót do pozycji pionowej po upadku na przód oraz tył robota.

Po zbudowaniu robota wystąpimy w zawodach robotów takich jak „European Robot Challenge” w konkurencjach *HumanoidSprint*, *HumanoidSumo* oraz *Freestyle*. Są to trzy konkurencje odpowiednio: chód autonomiczny po torze, walka na ringu z innym robotem oraz konkurencja dowolna, w której liczy się stopień zaawansowania robota, jego funkcjonalność oraz atrakcyjność wizualna.

Dużą inspiracją dla nas jest firma *Boston Dynamics*, która osiąga niesamowite rezultaty w tej dziedzinie. Zależy nam, aby ta gałąź robotyki rozwijała się również na Politechnice Warszawskiej. Roboty humanoidalne są ważne nie tylko w badaniach prowadzonych do budowy egzoszkieleatów, wspomagających chodzenie, ale również w zastosowaniach militarnych i przemysłowych. Na razie nie są powszechne w użytku jednak wynika to z czasu potrzebnego na udoskonalenie technologii do którego chcemy się przyczynić.