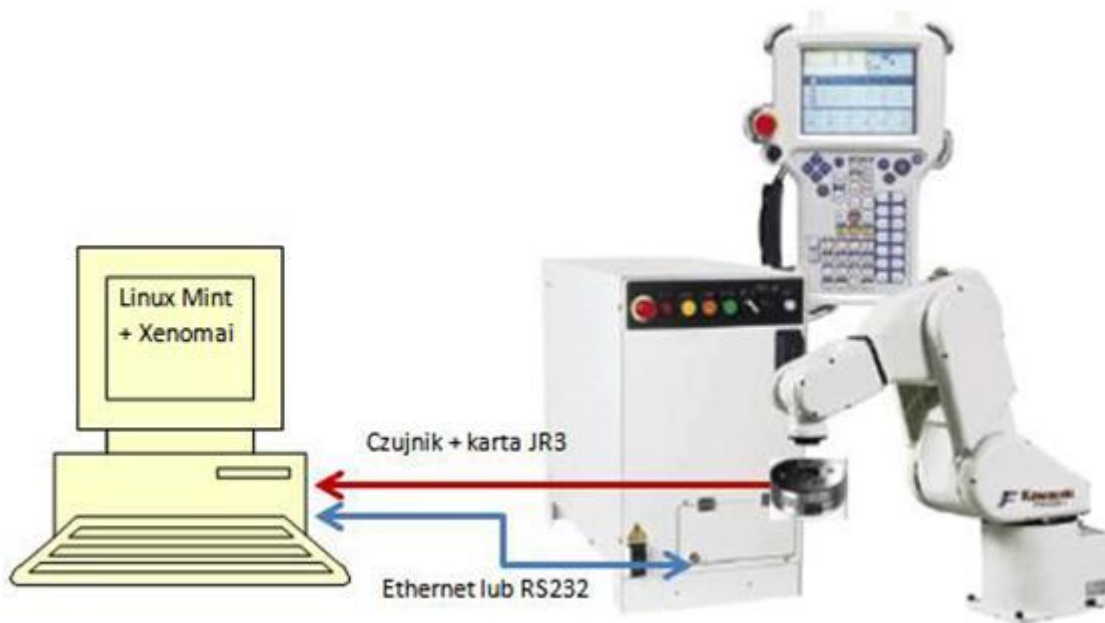


# **Sterowanie impedancyjne – demonstratory PŁ**

# Przygotowywane demonstratory

- Robot Kawasaki FS-003N
  - Typowy robot przemysłowy
  - Sztywny łańcuch kinematyczny, zamknięty sterownik robota
  - Zewnętrzna pętla regulacji impedancji
- Manipulator pneumatyczny
  - Napęd bezpośredni
  - Nieliniowe charakterystyki
  - Kłopotliwe sterowanie pozycyjne
  - Wbudowana regulacja impedancji
- Elementy manipulatora o napędzie hybrydowym
  - Różne konfiguracje napędów
  - Możliwość dokładnego sterowania pozycyjnego
  - Naturalna podatność napędów pneumatycznych
  - Wbudowany pomiar sił i momentów w złączach

# Kawasaki FS-003N



Rys. 1

# Kawasaki FS-003N

- Planowane scenariusze pracy:
  - ręczne wodzenie manipulatorem za uchwyt zamocowany za czujnikiem nadgarstkowym (różne impedancje manipulatora),
  - oddziaływanie manipulatora z otoczeniem o różnych impedancjach mechanicznych,
  - naciskanie klamki + otwieranie drzwi,
  - różne wersje zadania peg-in-hole,
  - przesuwanie elementu na sprężystym drucie o złożonym, trójwymiarowym kształcie
- Zastosowanie podatnego złącza pośredniczącego między sztywnym łańcuchem kinematycznym manipulatora i czujnikiem siły

- Robot może być odpytywany o pozycję, prędkość, prąd w napędach, co może być wykorzystane w mechanizmach adaptacyjnych generatora trajektorii
- Możliwe jest dynamiczne definiowanie punktów roboczych względem ustalonego punktu odniesienia
- Ruch może być wykonywany w interpolacji przegubowej lub liniowej – w układzie globalnym lub narzędzia

# Manipulator pneumatyczny



Rys. 2

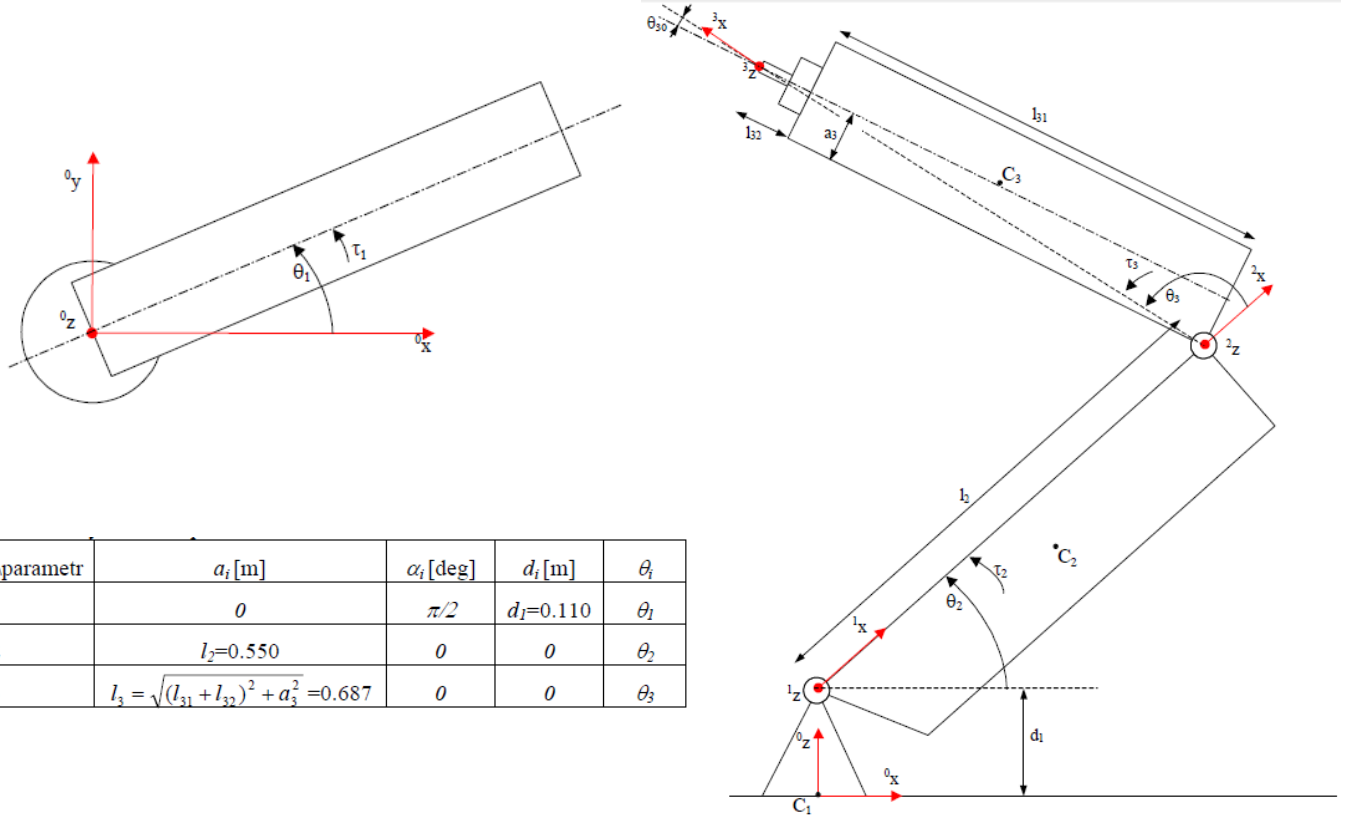
# Manipulator pneumatyczny



Rys. 3

- proporcjonalne zawory elektropneumatyczne Bosch-Rexroth ED02
- karty pomiarowe firmy National Instruments: PCIe-6323
- czujnik siły ATI: MINI40

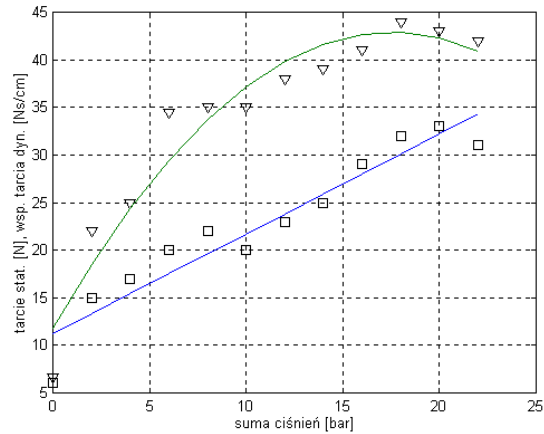
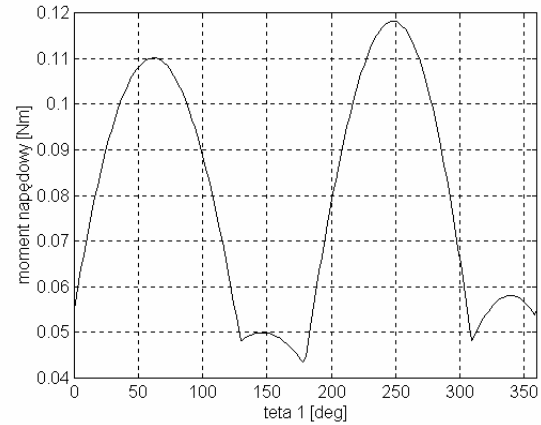
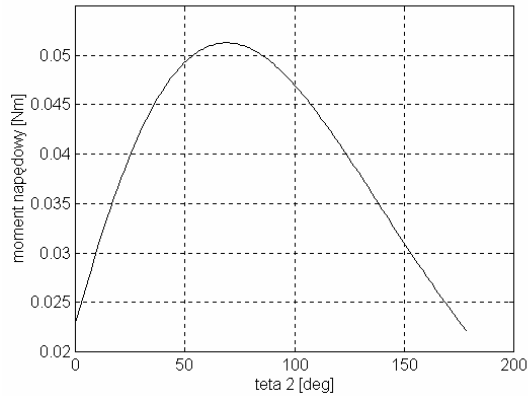
# Model kinematyki



Rys. 4



# Nieliniowości zespołów napędowych

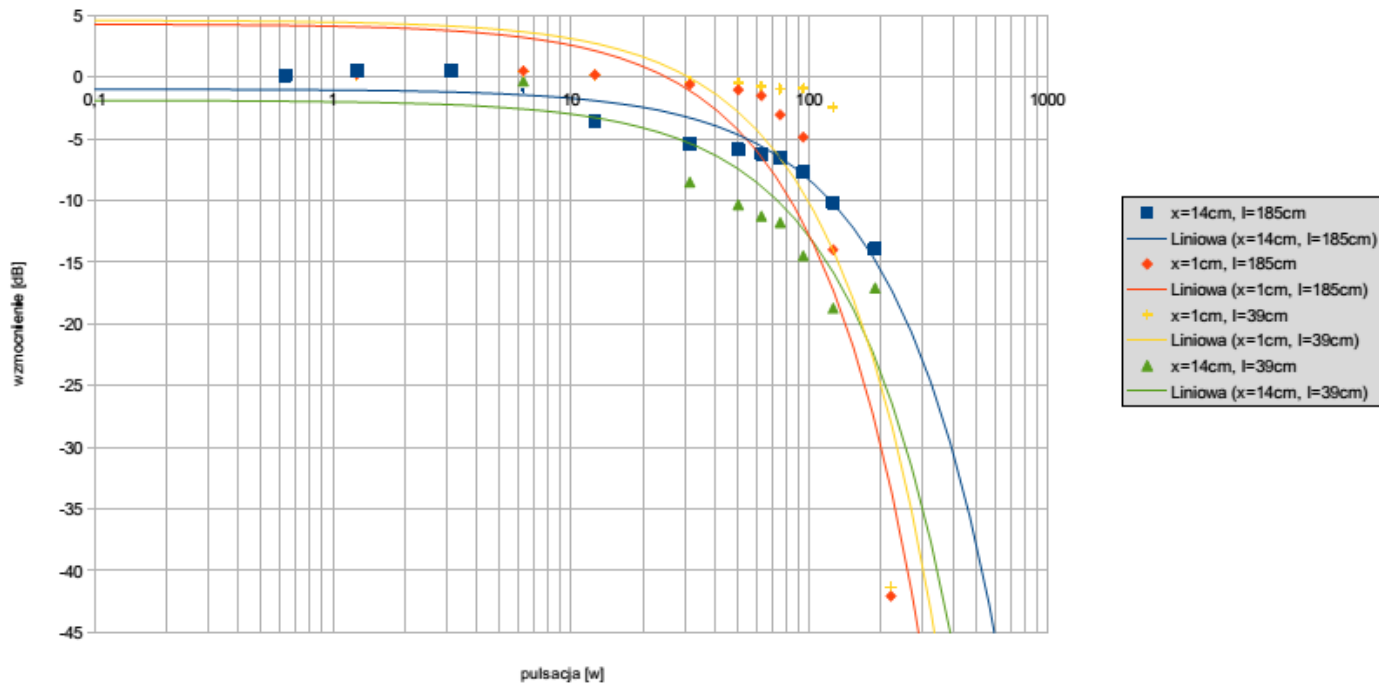


Rys. 5

# Manipulator pneumatyczny

- Planowane scenariusze pracy:
  - ręczne wodzenie manipulatorem za uchwyt zamocowany na końcówce manipulatora (różne impedancje manipulatora),
  - naciskanie klamki + otwieranie drzwi przy ograniczonej liczbie DOF

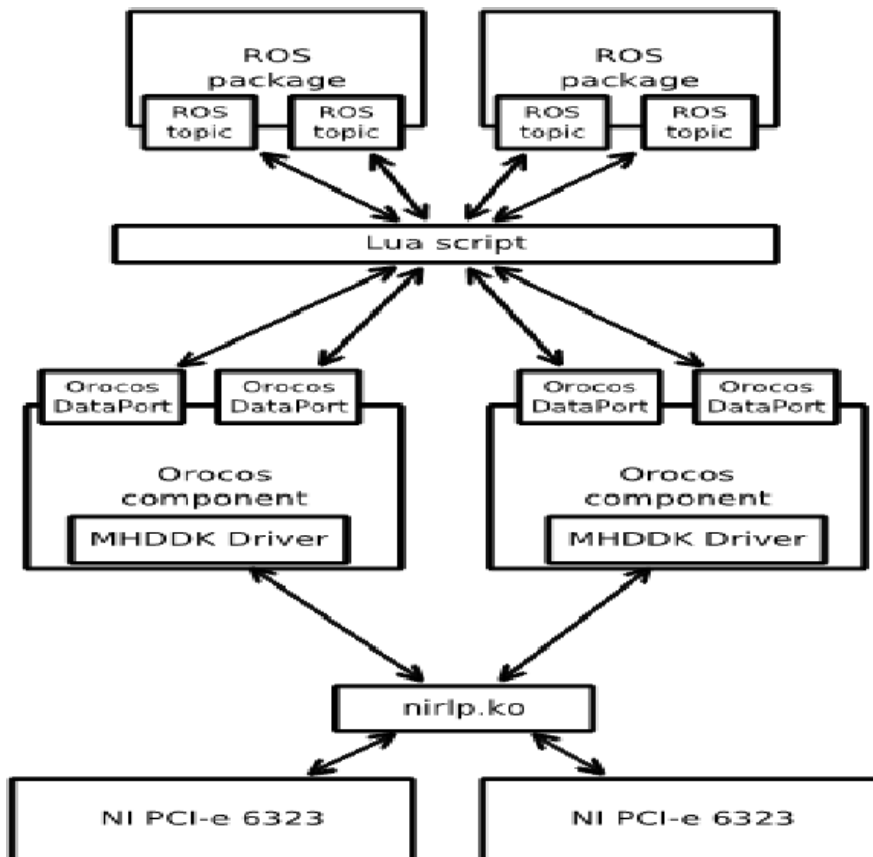
# Charakterystyki częstotliwościowe nowych zaworów proporcjonalnych



Rys. 6

## Struktura programowa układu sterowania

- System operacyjny Linux Ubuntu 12.04 LTS z łatkami Xenomai
- Orocos zainstalowany jako ROS package
- ROS: algorytmy np. kinematyka odwrotna
- Orocos: obsługa kart pomiarowych, wykorzystanie wątków czasu rzeczywistego
- MHDDK (Measurement Hardware Driver Development Kit): niskopoziomowe API – sterownik producenta kart pomiarowych
- Lua: język pozwalający tworzyć skrypty łączące topic (ROS) i DataPort(Orocos) „w locie”



Rys. 7

# Napęd hybrydowy pneumatyczno-elektryczny

## złącze liniowe

### Planowane scenariusze pracy:

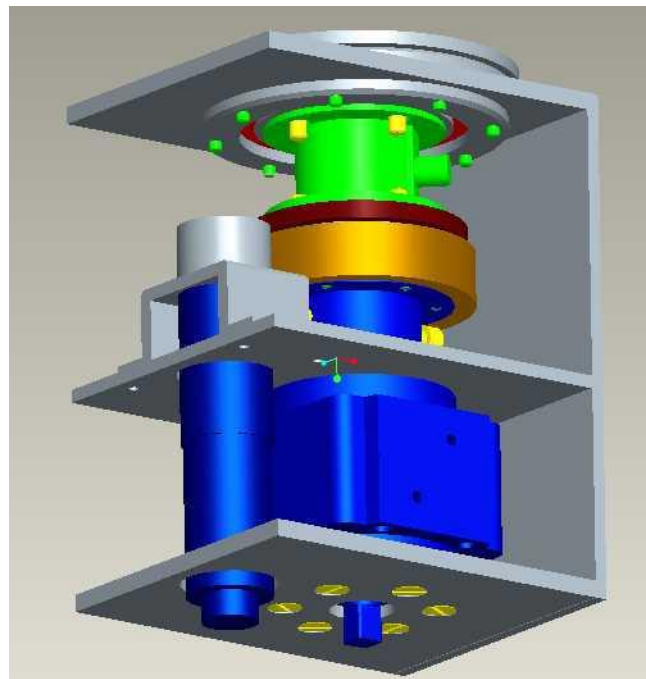
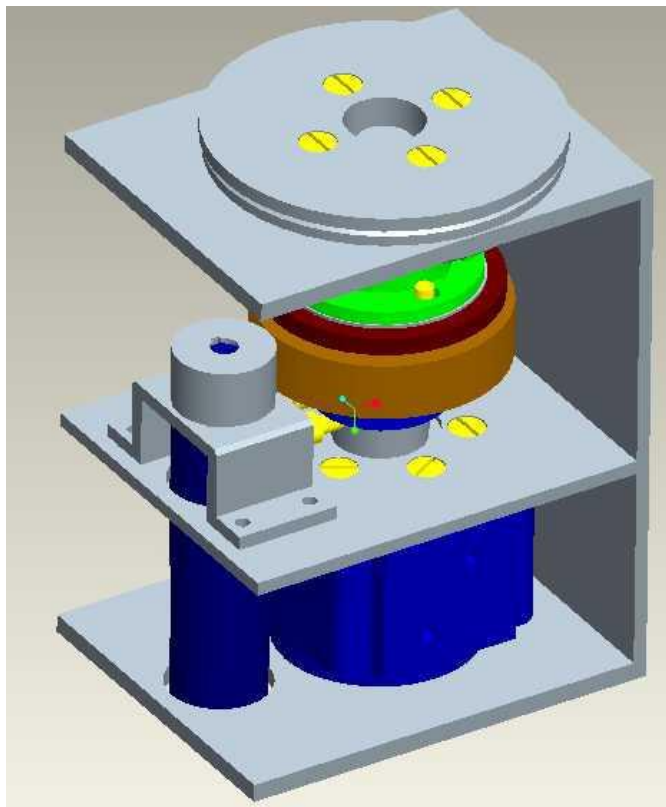
- Zderzenie z przeszkodą, różne wersje: (i) jeden z siłowników udaje impedancję przeszkody drugi się z nią zderza, (ii) oba siłowniki pracujące równolegle zderzają się z przeszkodą;
- Praca master-slave napędów z różnymi impedancjami, równoczesna realizacja przez oba napędy tej samej trajektorii pozycyjnej z różnymi impedancjami (obserwacja sił oddziaływania między napędami)



System liniowy do badania sterowania impedancyjnego (Rys. 8) składa się z dwóch napędów linowych: siłownika pneumatycznego (1) sprzężonego z potencjometrem (2), służącym do odczytywania pozycji, oraz napędu liniowego (3) połączonego z silnikiem elektrycznym (4), sterowanym przez driver (5). Siłownik pneumatyczny zasilany jest poprzez dwa zawory proporcjonalne (6). Powietrze o maksymalnym ciśnieniu 0,8 MPa (8 barów) dostarczane jest przez zespół przygotowania powietrza (7), który zasilany jest z kompresora (8). Za pomiar siły odpowiedzialny jest czujnik tensometryczny (9). Zasilanie elektryczne układu zapewniają dwa zasilacze AC/DC (10). Odczyt pomiarów i generowanie sygnałów sterujących odbywa się przy wykorzystaniu karty pomiarowej NI PCIe 6259 wpiętej do komputera PC. Sygnały z układu sterowania dostarczone są do karty za pomocą płytek połączeniowych NI CB-68LPR (11).

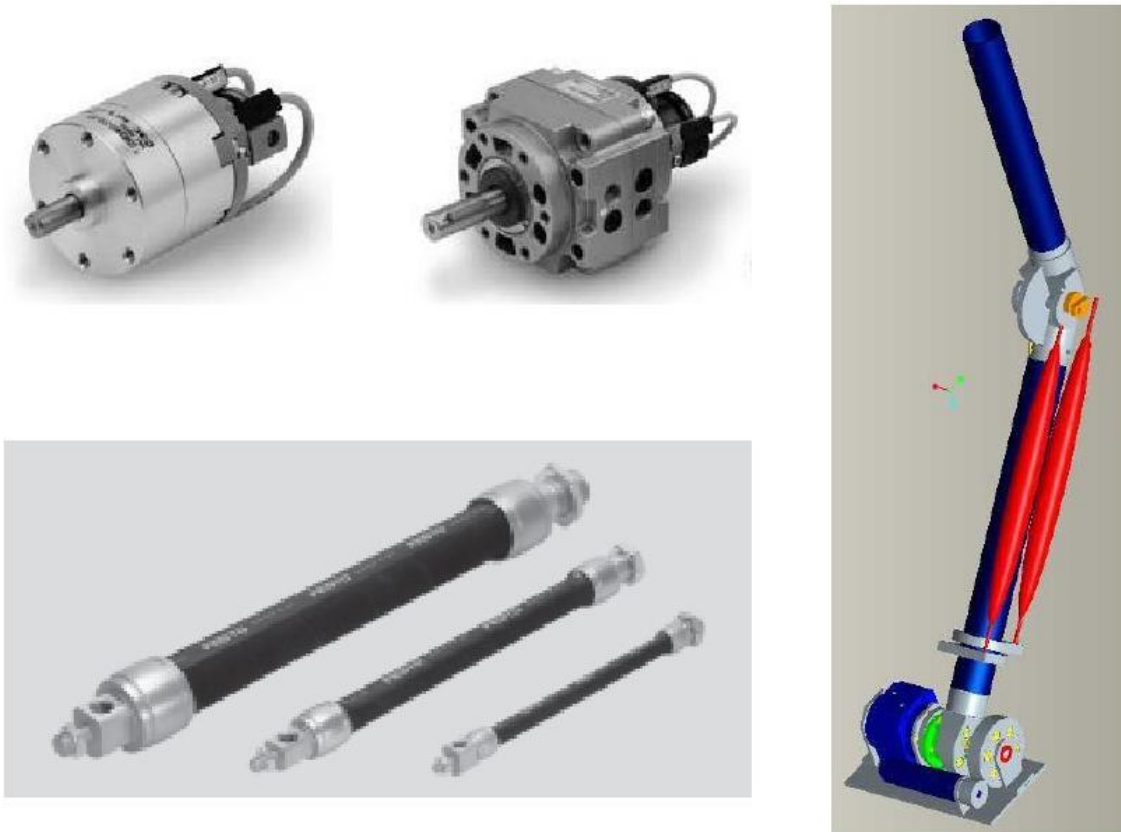


# Napęd hybrydowy obrotowy

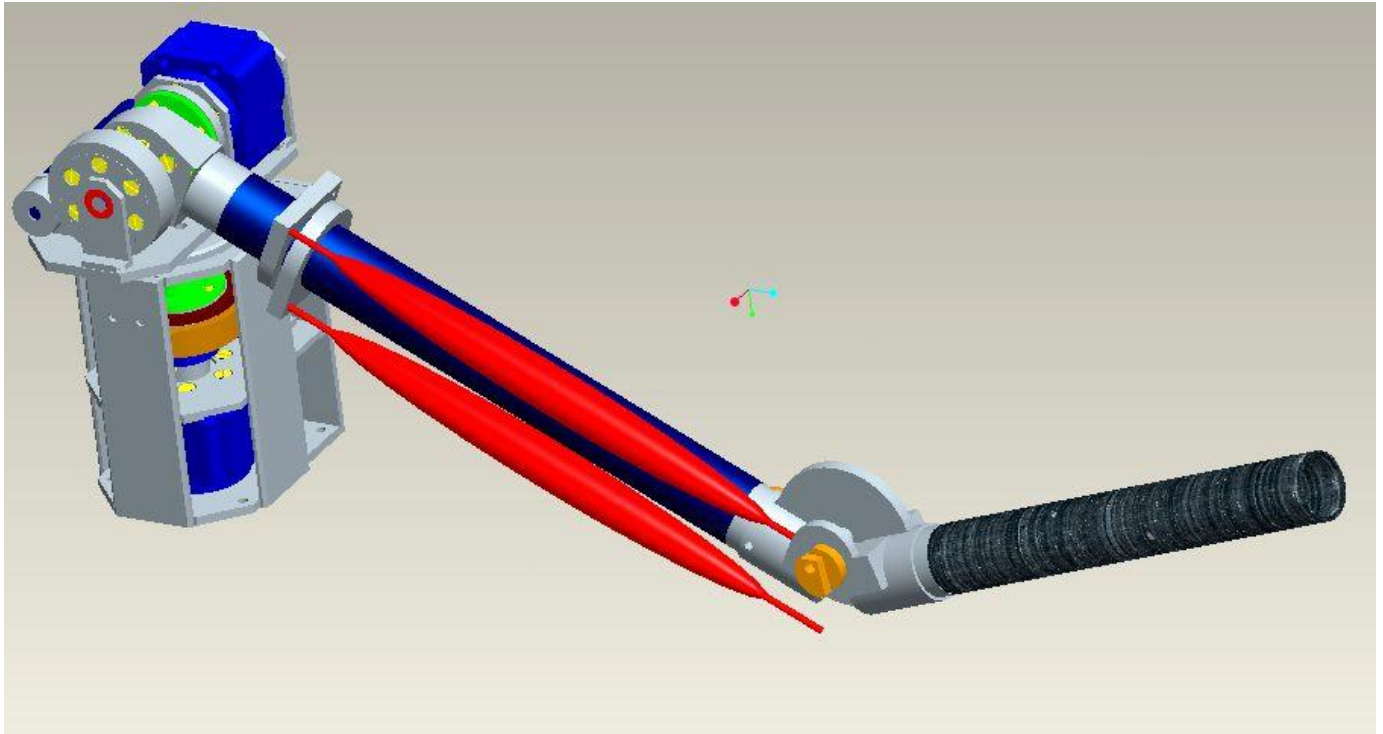


Rys. 9

# Manipulator o napędzie hybrydowym



Rys. 10



Rys. 11

# Chwyatak trójpalczasty



- 1 Tactile Sensor Array in each finger
- 2 Modular Fingers 2 active dof each with integrated drives
- 3 Pivoting Joints 2 fingers contrarywise 1 active dof
- 4 Body fully integrated control
- 5 Modular Joints distal joint (middle of finger) proximal joint (finger root)
- 6 Manipulator Interface EN ISO 9404-1-50 Industrial Standard

Rys. 12

# Chwytnik trójpalczasty SCHUNK SDH



- 7 stopni swobody
- Czujniki taktylne
- Rozbudowane API w C++ i Pythonie

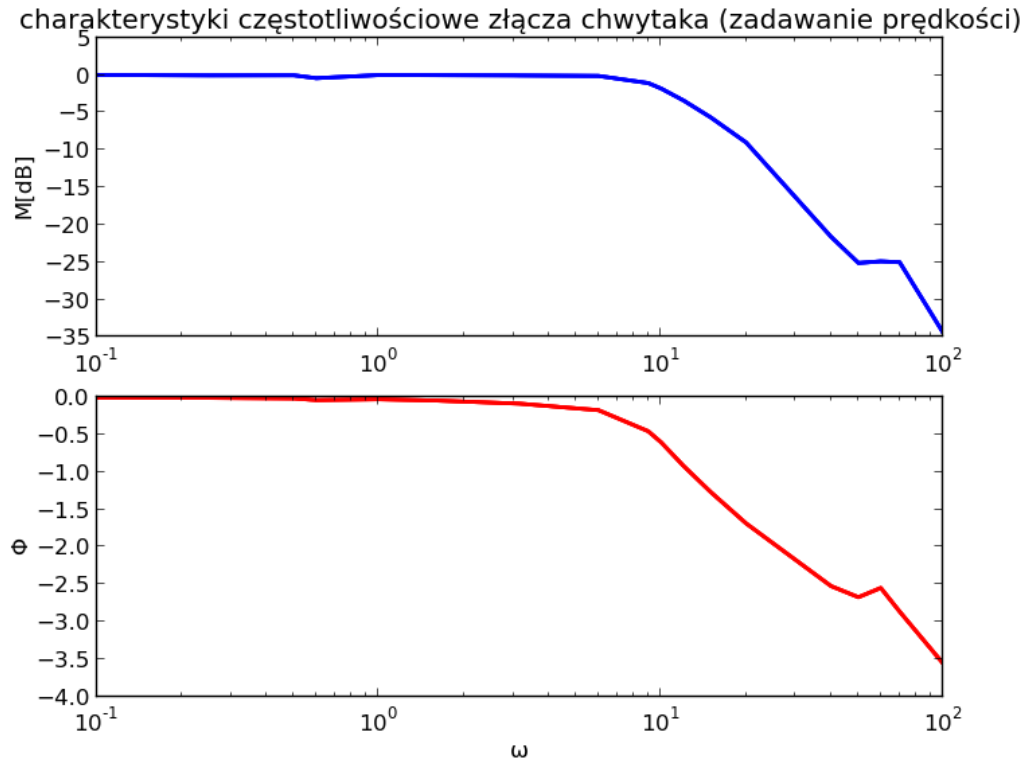
Rys. 13

## Przeprowadzone prace

- I. Badania dynamiki
- II. Podłączenie do ROS
- III. Interface IPython notebook
- IV. Przygotowanie do kontroli za pomocą rękawicy

# Badanie dynamiki

- Badania pod kątem sterowania impedancyjnego
- Stosunkowo mała prędkość maksymalna (100 deg/s)
- Minimalny okres wysyłania poleceń prędkości 20ms

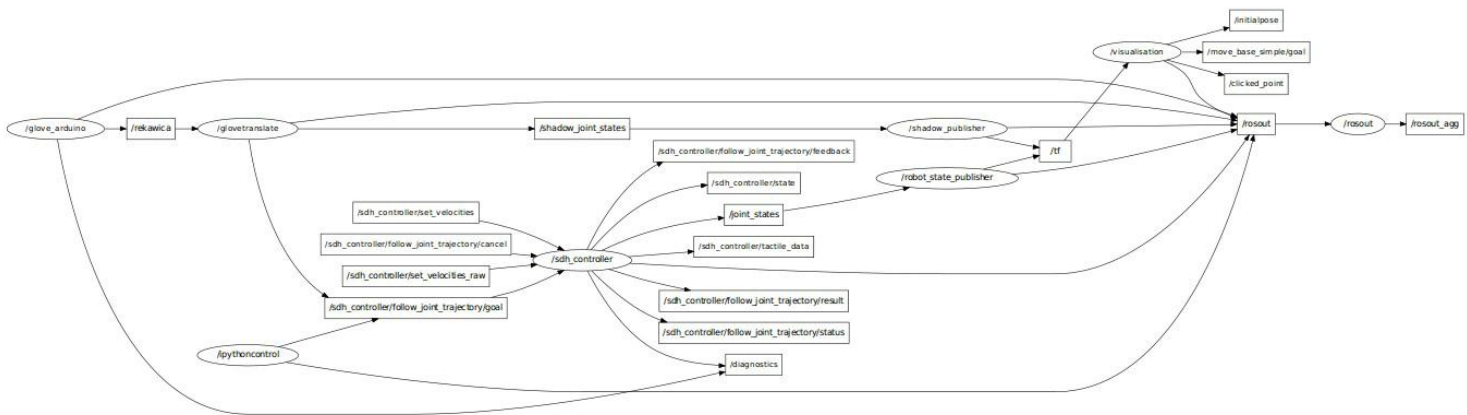


Rys. 14

# Podłączanie chwytaka do ROS

Dostęp do całej funkcjonalności chwytaka z poziomu ROS

- Rozbudowa pakietu opracowanego przez Fraunhofer IPA Stuttgart
- Sterowanie przez Ethernet
- Wizualizacja w oparciu o model 3D
- Przeniesienie pracy na ROS Groovy



Rys. 15



# Interface: IPython Notebook

```
IP[y]: Notebook schunkcontrol Last Checkpoint: Sep 03 18:24 (autosaved)
File Edit View Insert Cell Kernel Help
In [1]: import roslib;
roslib.load_manifest('schunk_sdh')
import sys
import rospy
import roslib
import cob_srvs.srv
import std_msgs.msg
import control_msgs.msg
import actionlib_msgs.msg
import trajectory_msgs.msg
import collections

In [2]: rospy.wait_for_service('/sdh_controller/init')
try:
    inithand = rospy.ServiceProxy('/sdh_controller/init', cob_srvs.srv.Trigger)
    resp1 = inithand()
    print resp1
    #return resp1.sum
except rospy.ServiceException, e:
    print "Service call failed: %s"%e

success:
  data: True
  error_message:
  data: ''

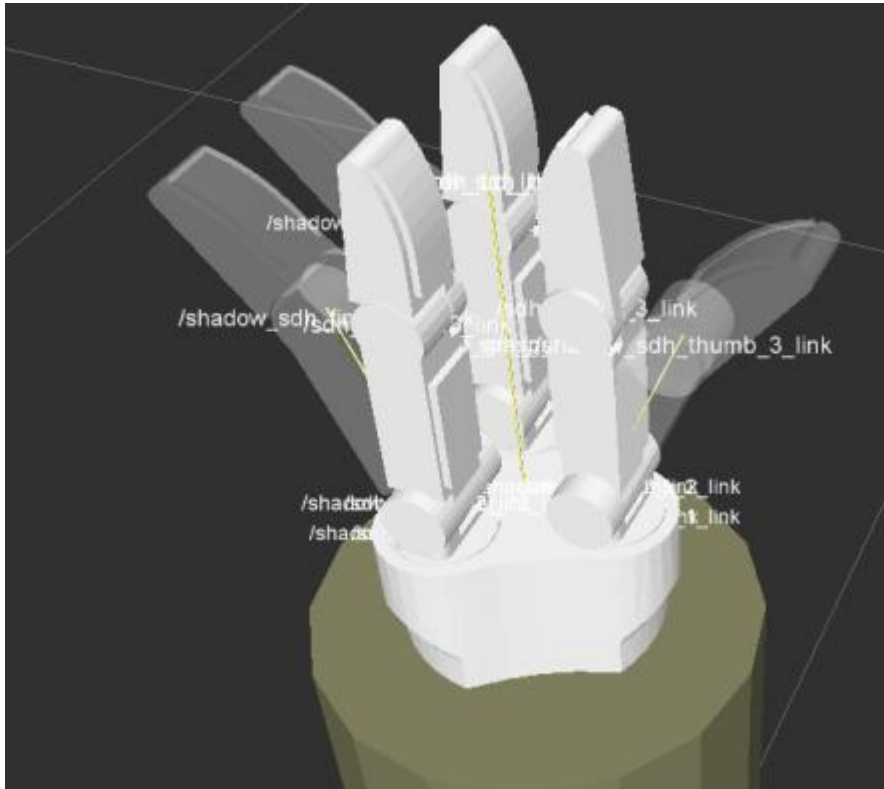
In [3]: pub = rospy.Publisher('/sdh_controller/follow_joint_trajectory/goal', control_msgs.msg.FollowJointTrajectoryActionGoal)
rospy.init_node('ipythoncontrol')

In [4]: print rospy
<module 'rospy' from '/opt/ros/groovy/lib/python2.7/dist-packages/rospy/__init__.pyc'>

In [5]: def gotopoint(pospos):
    punktdocel=trajectory_msgs.msg.JointTrajectoryPoint()
    punktdocel.positions=pospos
    punktdocel.velocities=[0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0,0.0]
    mes=control_msgs.msg.FollowJointTrajectoryActionGoal()
    mes.goal.trajectory.points.append(punktdocel)
    h = std_msgs.msg.Header()
```

- Umożliwia interaktywną pracę z ROS
- Oparty o Python
- Może być węzłem ROS, usługą
- Daje możliwość pracy eksperymentalnej, przy jednoczesnym dokumentowaniu wyników
- Dostęp do wszystkich bibliotek Pythona oraz shell Linuxa
- Możliwa praca zdalna
- Darmowy

# Koncept shadow hand



- Kontrola za pomocą rękawicy pozwala na intuicyjną manipulację
- Chwytek SCHUNK jest wolniejszy od ludzkiej dłoni – problem ze sprężeniem wizualnym
- Wizualizacja stanu zadanego – shadow i obecnego pozwala na upewnienie się, jaka poza została zadana chwytakowi

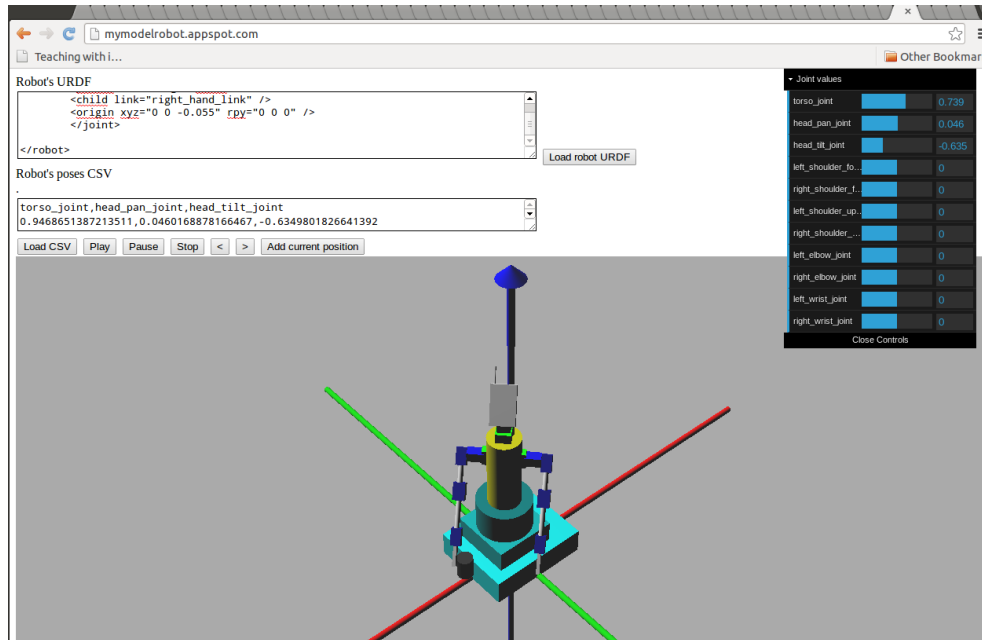
Rys. 16

## Soft controller

- Chwytnak w trybie pracy pozycyjnej zatrzymuje się po każdej nowej komendzie
- Opracowanie prostych softwarowych regulatorów PID umożliwiających kontrolę pozycyjną bez zatrzymywania
- Planowane rozwinięcie w stronę kontroli impedancji (przy połączeniu z kontrolowaniem stałych P I D wewnętrznego regulatora chwytaka)

# Nauczanie ROS

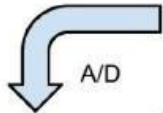
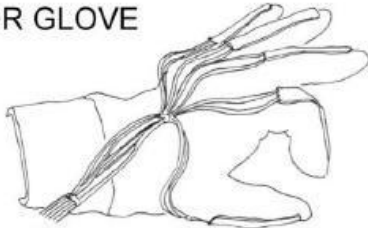
- ROS ma bardzo duże możliwości ale wdrożenie się nowych użytkowników jest trudne
- Mymoderobot: Aplikacja umożliwiająca budowanie modeli robotów online – za pomocą URDF
- Opracowane z myślą o studentach



Rys. 17

# Chwytnak trójpalczasty SCHUNK SDH

SENSOR GLOVE

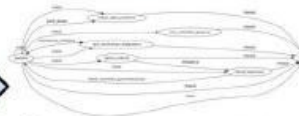


A/D

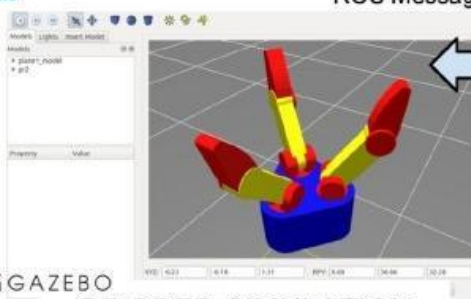
ROS.org



ROS Serial



ROS Messages



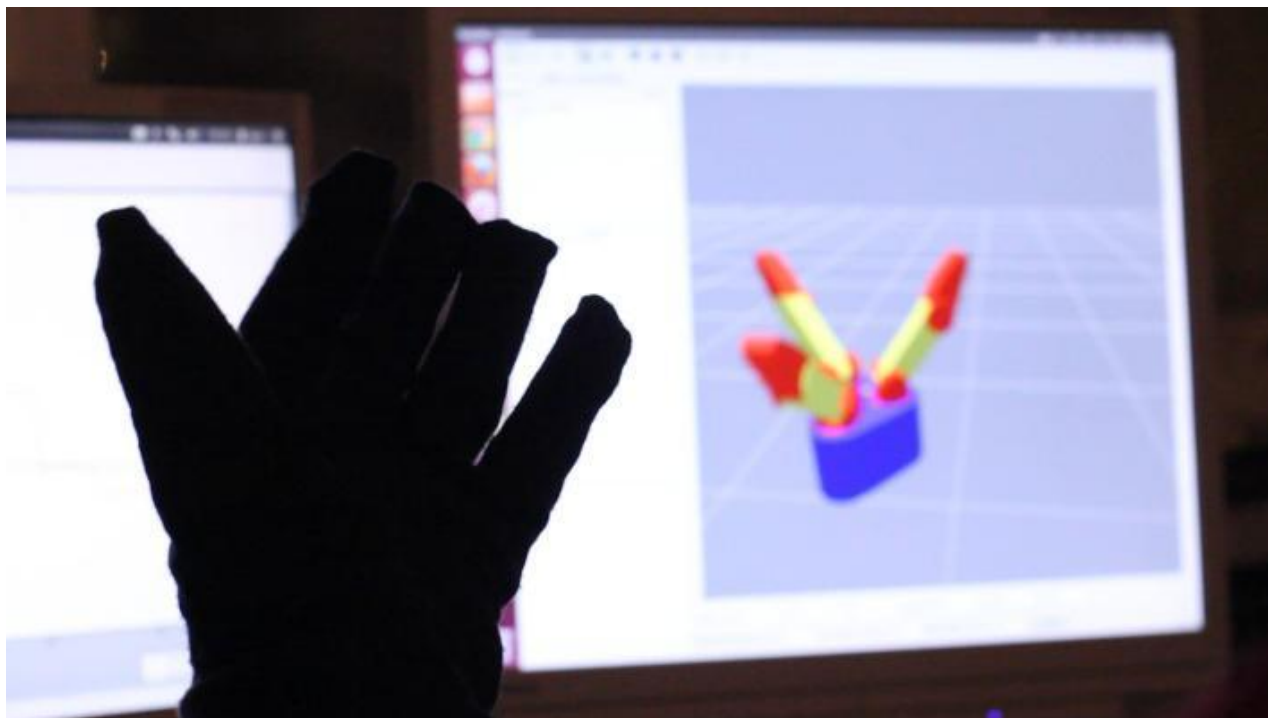
GRIPPER SIMULATION



Rys. 18

## Chwytek trójpalczasty SCHUNK SDH

- naciskanie na palce od strony czujników taktylnych
- łapanie obiektów o różnej impedancji mechanicznej
- zamocowanie chwytaka na manipulatorze



Rys. 19