Zastosowanie czujnika głębi Kinect do interakcji z robotem mobilnym*

Robert Muszyński†

Laboratorium Robotów Autonomicznych
Wydział Elektroniki
Politechnika Wrocławska

Spis treści

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie ze sposobami wykorzystania danych pochodzących z czujnika głębi Kinect [15] z poziomu platformy programistycznej ROS [18, 4] i ich integracja w systemie sterowania robota mobilnego.

*Ćwiczenie laboratoryjne przeznaczone do realizacji w ramach kursu Robotyka (2) – data ostatniej modyfikacji: 9 kwietnia 2019.

†Katedra Cybernetyki i Robotyki

2 Wymagania wstępne

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia należy:

- zapoznać się z Instrukcją bezpieczeństwa i higieny pracy w Laboratorium Robotów Autonomicznych L1.5 [2],
- zapoznać się z Instrukcją bezpieczeństwa i higieny pracy przy obsłudze robotów Pioneer P3-DX [3],
- odbyć ćwiczenia zapoznające ze sterowaniem robotów mobilnych [5],
- zapoznać się z niniejszą instrukcją.

3 Opis stanowiska

W skład stanowiska laboratoryjnego, umożliwiającego przeprowadzenie ćwiczenia, wchodzi jeden czujnik głębi Kinect, co najmniej jeden komputer stacjonarny działający pod nadzorem sytemu Linux, oraz jeden robot mobilny Pioneer P3-DX wraz z komputerem pokładowym pełniącym rolę sterownika.

4 Wprowadzenie

O skutecznym funkcjonowaniu robotów w ich środowisku działania decydują informacje, jakie o tym środowisku są one w stanie uzyskać. W przypadku, gdy roboty operują w obecności ludzi, czy też nawet we współpracy z nimi, ważne jest, by były one w stanie w sposób właściwy odbierać przekazywane im informacje. Z punktu widzenia człowieka wygodnie jest, gdy informacje te przekazywane są w sposób dla niego naturalny: mową, gestem, dotykiem. Stąd potrzeba wyposażania robotów w sensory pozwalające na przekazywanie informacji tą drogą. Pozwalają na to takie urządzenia jak kamery, matryce mikrofonów, czy cieszące się ostatnio ogromną popularnością czujniki głębi, takie jak wprowadzony na rynek przez firmę Microsoft czujnik Kinect. Zaletą tych ostatnich jest to, że podczas gdy pierwsze z wymienionych sensorów wymagają od ich użytkowników implementowania skomplikowanych algorytmów przetarzania pochodzących z nich danych, integralną częścią czujników głębi są takie algorytmy, co powoduje, że dostarczają one danych w postaci stosunkowo prostej do interpretacji.

5 Czujnik Kinect

Czujnik głębi Kinect jest urządzeniem wejściowym, pozwalającym użytkownikowi na interakcję z komputerem w sposób dla niego naturalny, za pomocą gestów i komend głosowych [15]. Czujnik ten dostarcza do komputera obraz z kolorowej kamery wraz z mapą głębi, reprezentowaną przez chmurę punktów, budowaną z wykorzystaniem oświetlenia strukturalnego, a także sygnał z macierzy 4 mikrofonów kierunkowych i akcelerometru. Informacje te dają możliwość programowego odczytania np. sylwetki człowieka i wykrycia jego gestykulacji, rozpoznawanie twarzy, lokalizację źródeł dźwięku, rozpoznawanie mowy.

Sterowniki czujnika Kinect pozwalają nie tylko na dostęp do pochodzących z niego danych, ale zawierają też kompletny interfejs programistyczny aplikacji (API) o nazwie OpenNI (Open Natural Interaction) [16], korzystający z oprogramowania pośredniczą-

cego NiTE [17, 14]. Platforma OpenNI ROS [7] udostępnia wspomnianą funkcjonalność z poziomu systemu ROS, pozwalając na jego integrację z czujnikami głębi.

5.1 Pakiety platformy ROS do obsługi czujnika Kinect

Pierwotnie pakietem systemu ROS służącym do obsługi czujnika Kinect był pakiet *Openni_kinect*, zawierający sterowniki i skrypty, takie jak *openni_camera*, *openni_tracker*, *openni_launch*, zapewniające uzyskanie dostępu do funkcjonalności czujnika z poziomu ROSa. Po zmianie sposobu organizacji struktury i hierarchii pakietów w systemie ROS*, elementy składowe pakietu zostały z niego wydzielone, a sam pakiet został oznaczony jako nieaktualny. Poniżej opisano pokrótce funkcjonalności pakietów służących do wykorzystania czujnika Kinect w aplikacjach systemu ROS w wersji hydro i późniejszych, a także wybranych pakietów pomocniczych.

5.1.1 Pakiet *OpenNI_camera*

Pakiet *OpenNI_camera* [8] zapewnia systemowi ROS zgodny ze standardem OpenNI interfejs do czujników głębi. Obecnie dostarcza on sterowniki do następujących czujników:

- Microsoft Kinect,
- ASUS Xtion PRO,
- ASUS Xtion PRO Live,
- PrimeSense PSDK 5.0.

Wśród tematów†, na publikowanie których pozwala pakiet *OpenNI_camera*, znajdują się:

- `rgb/image_raw` – zawierający pochodzący bezpośrednio z kamery RGB czujnika obraz zapisany w formacie Bayer GRBG for Kinect,
- `depth/image_raw` – zawierający mapę głębi w postaci dostarczanej przez czujnik,
- `ir/image_raw` – zawierający nieprzetworzony obraz z kamery na podczerwień czujnika.

W celu wykorzystania funkcjonalności dostarczanej przez pakiet najlepiej jest użyć skrypt uruchomieniowy *openni_launch* znajdujący się w pakiecie *OpenNI_launch* (podrozdział 5.1.2), zestawiający w systemie węzły‡ w sposób pozwalający na publikowanie wiadomości§ wynikających z pracy obsługiwanego czujnika.

5.1.2 Pakiet *OpenNI_launch*

Pakiet *OpenNI_launch* [9] dostarcza skrypt uruchamiający w systemie ROS wszystkie węzły potrzebne do konwersji pochodzących z czujnika Kinect surowych obrazów na mapę głębi, mapę rozbieżności i chmurę punktów, reprezentujących obszar widziany przez czujnik. W celu uruchomienia skryptu należy wydać polecenie

```
roslaunch openni_launch openni.launch
```

*co miało miejsce w chwili wprowadzenia wersji groovy systemu
†ang. topics
‡ang. nodes
§ang. messages

5.1.3 Pakiet *OpenNI_tracker*

Pakiet *OpenNI_tracker* [10] pozwala na śledzenie sylwetek ludzi poprzez przypisanie im szkieletów. Informacje o śledzonych szkieletach publikowane są w postaci transformacji `tf` [12, 13, 1] układów współrzędnych związanych z charakterystycznymi punktami szkieletu. Lista publikowanych transformacji zawiera transformacje do układów współrzędnych o nastepujących nazwach:

- `/head_#`,
- `/neck_#`,
- `/torso_#`,
- `/left_shoulder_#`,
- `/left_elbow_#`,
- `/left_hand_#`,
- `/right_shoulder_#`,
- `/right_elbow_#`,
- `/right_hand_#`,
- `/left_hip_#`,
- `/left_knee_#`,
- `/left_foot_#`,
- `/right_hip_#`,
- `/right_knee_#`,
- `/right_foot_#`,

gdzie `#` oznacza numer śledzonego użytkownika. Wszystkie publikowane transformacje są typu `tf2_msgs/TFMessage` i domyślnie podawane są względem układu odniesienia `openni_depth_frame`[¶]. Typ `tf2_msgs/TFMessage` zawiera jedno pole `transforms`, które jest typu `geometry_msgs/TransformStamped[]`. Typ `geometry_msgs/TransformStamped` składa się z następujących pól:

```
std_msgs/Header header
string child_frame_id
geometry_msgs/Transform transform
```

które kolejno zawierają:

- `std_msgs/Header`
  ```
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
  ```
  gdzie `seq` jest inkrementowanym identyfikatorem, `stamp` podaje chwilę zarejestrowania wiadomości (wyrażoną w sekundach (`stamp.sec`) i nanosekundach (`stamp.nsec`) od początku epoki Uniksa[‖]), zaś `frame_id` określa identyfikator nadrzędnego układu współrzędnych,

[¶]Układ odniesienia można zmienić przez zmianę wartości parametru `camera_frame_id` (np. `rosparam set /openni_tracker/camera_frame_id camera_link`).

[‖]czas POSIX

- `geometry_msgs/Transform`
  `geometry_msgs/Vector3 translation`
  `geometry_msgs/Quaternion rotation`

  gdzie `translation` jest położeniem środka definiowanego układu w układzie nadrzędnym

  ```
  geometry_msgs/Vector3 translation
    float64 x
    float64 y
    float64 z
  ```

  a `rotation` określa wzajemną orientację układów wyrażoną za pomocą kwaternionu

  ```
  geometry_msgs/Quaternion rotation
    float64 x
    float64 y
    float64 z
    float64 w
  ```

- Pole `child_frame_id` określa nazwę układu współrzędnych, dla którego zdefiniowana jest dana transformacja.

Przykładowa wiadomość typu `tf2_msgs/TFMessage`, pochodząca z węzła *openni_tracker* a uzyskana poleceniem `rostopic echo tf` ma postać

```
transforms:
  -
    header:
      seq: 0
      stamp:
        secs: 1424420996
        nsecs: 997043513
      frame_id: openni_depth_frame
    child_frame_id: right_foot_1
    transform:
      translation:
        x: 0.334862131346
        y: -0.625047353971
        z: -0.705471994174
      rotation:
        x: 0.499999999997
        y: 0.500001836603
        z: 0.499999999997
        w: 0.499998163397
```

W celu uruchomienia węzła *openni_tracker* należy wydać polecenie

```
rosrun openni_tracker openni_tracker
```

5.2 Inne pakiety platformy ROS

Pakiet *Image_view* Pakiet ten dostaracza prostych narzędzi do wyświetlania obrazów publikowanych w tematach systemu ROS, łącznie z obrazami stereoskopowymi i mapami rozbieżności. Wśród węzłów dostarczanych przez pakiet znajdują się:

- *image_view* – prosta przeglądarka obrazów publikowanych w tematach typu `sensor_msgs/Image`,
- *disparity_view* – prosta przeglądarka map rozbieżności publikowanych w tematach typu `stereo_msgs/DisparityImage`,
- *stereo_view* – przeglądarka pozwalająca na synchroniczne wyświetlanie obrazów stereoskopowych wraz z generowanymi z nich mapami rozbieżności.

Pakiet dostarcza także narzędzie do rejestracji strumienia wideo w pliku (*video_recorder*).

Pakiet *Rviz* Pakiet *Rviz* dostarcza rozbudowanego narzędzia do wizualizacji 3D w systemie ROS. Węzeł *rviz* uruchamia polecenie `rosrun rviz rviz`.

Pakiet *Tf* Pakiet ten zawiera narzędzia do zarządzania wprowadzanymi w systemie układami współrzędnych. W szczególności jego komponenty pozwalają na monitorowanie aktualnego drzewa wszystkich występujących w systemie transformacji układów współrzędnych (`rosrun tf tf_monitor`), czy wybranych (np. `rosrun tf tf_monitor neck_1 left_hand_1`), uzyskiwanie transformacji pomiędzy wybranymi układami współrzędnych (np. `rosrun tf tf_echo neck_1 left_hand_1`), uzyskiwanie w postaci graficznej drzewa transformacji (`rosrun tf view_frames`, co powoduje utworzenie pliku `frames.pdf`).

6 Przykład integracji danych z czujnika Kinect

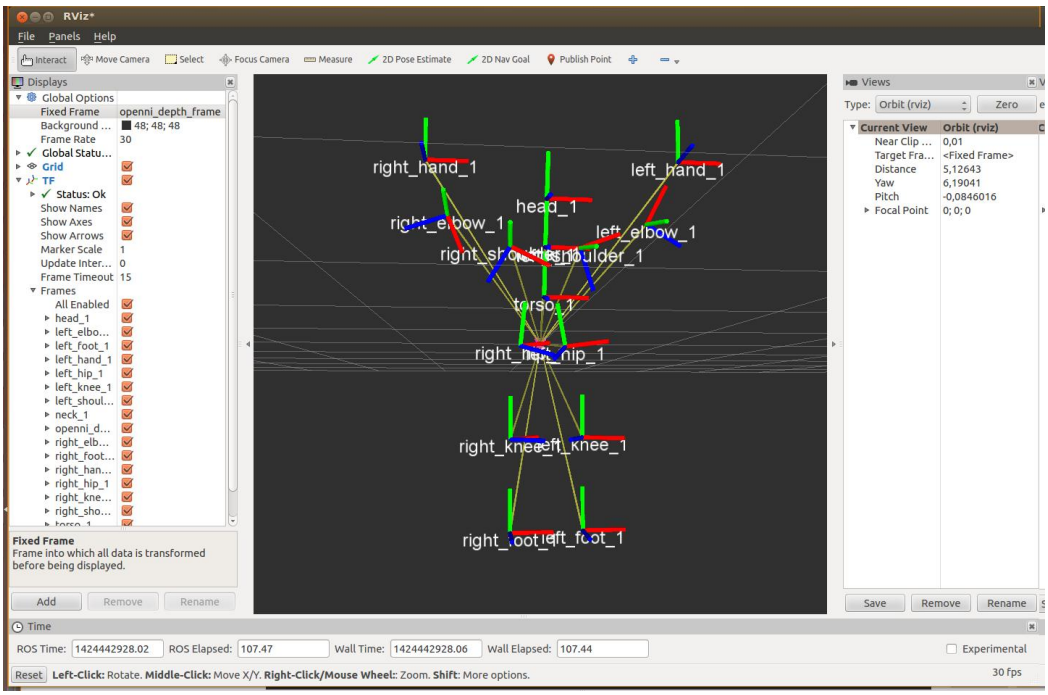
Poniżej przedstawiony został przykład wykorzystania czujnika Kinect z poziomu platformy programistycznej ROS za pośrednictwem pakietów *OpenNi_tracker* i *OpenNi_launch*. Przykład ilustruje przypadek podłączenia czujnika Kinect do lokalnego komputera, na którym uruchomione jest jądro systemu ROS (węzeł *roscore*). Opisane czynności wygodnie jest wykonywać z poziomu osobnych powłok użytkownika (terminali), co pozwoli na łatwe obserwowanie komunikatów o stanie procesów i ewentualnych błędach**. Należy zadbać, by w uruchamianych powłokach ustawiona była konfiguracja inicjowana skryptami `/opt/ros/melodic/setup.bash` oraz `/opt/ros_lab15/devel/setup.bash`††.

1. Podłączyć do lokalnego komputera czujnik Kinect.
2. Uruchomić lokalny proces jądra ROS poleceniem `roscore`*.

**By zapobiec pojawieniu się na pulpicie zbyt wielu okien terminala można skorzystać z aplikacji pozwalających na uruchomienie wielu terminali w jednym oknie, takich jak *terminator*.

††Ręcznie poleceniem w rodzaju `source /opt/ros/melodic/setup.bash` – tak dla wersji Melodic Morenia ROSa, w przypadku innych wersji zapewne odmienna będzie 3. składowa ścieżki dostępu do pliku konfiguracyjnego.

*Lokalne ustawienia konfiguracji platformy ROS mogą spowodować pojawienie się po uruchomieniu jądra ostrzeżenia „`WARNING: ROS_MASTER_URI [http://10.104.16.119:11311] host is not set to this machine auto-starting new master`", które należy zignorować. W takiej sytuacji, poniżej tego ostrzeżenia zostanie podany aktualny adres sieciowy uruchomionego jądra (np. `ROS_MASTER_URI=http://10.104.16.102:11311/`), który to należy każdorazowo ustawić przy urucha-



Rysunek 1: Przykład wizualizacji uzyskanej za pomocą węzła *rviz*

3. Uruchomić węzeł *openni_tracker* (`rosrun openni_tracker openni_tracker`†) służący do śledzenia szkieletu człowieka‡ [10].

4. Uruchomić węzeł *rviz* (`rosrun rviz rviz`†) pozwalający na wizualizację pojawiających się w systemie obiektów [11, 6]. Uzyskane w ten sposób okno zawiera trzy główne obszary (zobacz rysunek 1) – wielkie czarne coś po środku jest oknem wizualizacji sceny, po którego lewej znajduje się lista wizualizowanych elementów (*Displays*), zaś po prawej panale pozwalające na konfigurację systemu. Do listy *Displays* należy dodać wizualizację transformacji układów współrzędnych *TF* (klawisz *Add* znajdujący się poniżej listy) i upewnić się, że w uzyskanym węźle zaznaczona jest opcja *Frames/All Enabled*.

5. Stanąć w polu widzenia czujnika Kinect, czemu powinien towarzyszyć komunikat „`New User 1`”§ pojawiający się w terminalu, w którym został uruchomiony węzeł *openni_tracker*. Dokonać kalibracji użytkownika, przez ustawienie się przodem w odległości ok. 2 metrów od czujnika, z rękami uniesionymi do góry (na kształt litery Ψ). W przypadku prawidłowo przeprowadzonej kalibracji w terminalu z uruchomionym węzłem *openni_tracker* będą kolejno pojawiać się komunikaty typu „`Pose Psi`

mianiu pozostałych komponentów sytemu.

†Jeśli przy uruchomieniu lokalnego procesu jądra ROS pojawiło się wspominane ostrzeżenie o adresie jądra, przed wydaniem polecenia należy nie zapomnieć o właściwym ustawieniu wartości zmiennej `ROS_MASTER_URI` (np. `export ROS_MASTER_URI=http://10.104.16.102:11311/`).

‡W przypadku potrzeby uruchomienia węzłów do obsługi kilku czujników Kinect w ramach jednego jądra systemu ROS należy dla każdego z nich ustawić inną wartość zmiennej środowiskowej `ROS_NAMESPACE` (np. `export ROS_NAMESPACE="STUDENTx"`) i w miejsce węzła *openni_tracker* uruchomić węzeł *openni_tracker_multi* z pakietu *OpenNI_tracker_multi*.

§Występująca na końcu komunikatu liczba jest numerem zidentyfikowanego użytkownika; liczbą tą będą opatrywane wszystkie definiowane w systemie obiekty związane z danym użytkownikiem. Należy zwrócić uwagę, że jeżeli w polu widzenia kinecta pojawi się ponownie „widziany” wcześniej użytkownik, system z dużym prawdopodobieństwem oznaczy go wcześniej przydzieloną mu liczbą.

`detected for user 1`", „`Calibration started for user 1`", „`Calibration complete, start tracking user 1`". W chwili pojawienia się ostatniego z wymienionych komunikatów w oknie wizualizatora *rviz* na liście *Displays/TF/Frames* pojawią się nazwy układów współrzędnych przypisane zidentyfikowanemu użytkownikowi. Jeśli równocześnie w oknie wizualizacji 3D nie uwidoczni się przypisany do użytkownika szkielet należy na liście *Displays* zmienić ustawienia pola *Global Options/Fixed Frame* (np. na `openni_depth_frame`). Przykładowy, docelowy widok uzyskany za pomocą węzła *rviz* pokazano na rysunku 1. W przypadku utraty użytkownika z pola widzenia czujnika węzeł *openni_tracker* zakomunikuje ten fakt.

6. Dokonać kalibracji kolejnych użytkowników czujnika.
7. Wykorzystać polecenia pakietu *Tf* (podrozdział 5.2) do monitorowania układów współrzędnych związanych ze śledzonymi użytkownikami.

W trakcie realizacji powyżej opisanych czynności, w razie napotkania problemów z kalibracją, czy wykryciem użytkownika, można wspomóc działania poprzez podgląd obrazu widzianego przez kamery czujnika Kinect. W tym celu należy:

1. Uruchomić skrypt *openni_launch* (`roslaunch openni_launch openni.launch`[¶]) pozwalający na utworzenie odpowiednich węzłów pakietu *OpenNI*.
2. Uruchomić węzeł *image_view* z przypisaniem wyjścia z kamery RGB czujnika Kinect (`rosrun image_view image_view image:=/camera/rgb/image_color`[¶]). Dodatkowo uruchomić węzeł *image_view*, który pozwoli na dokonanie wizualizacji mapy głębi (`rosrun image_view image_view image:=/camera/depth/image`), czy mapy rozbieżności (`rosrun image_view disparity_view image:=/camera/depth/disparity`).

W celu wykorzystania z poziomu opracowywanego oprogramowania informacji dostarczanych przez węzeł *openni_tracker* należy użyć standardowych bibliotek zawartych w pakiecie *Tf*. Przykładowy program w języku phyton, który będzie cyklicznie informował o transformacjach pomiędzy wybranymi układami współrzędnych pokazano na rysunku 2[‖]. By uruchomić program należy w konsoli wpisać polecenie `python NazwaPliku.py`. W momencie, gdy uruchomiony wcześniej węzeł *openni_tracker* zidentyfikuje użytkownika nr 1, uruchomiony przykładowy program powinien wypisać współrzędną x transformacji pomiędzy wskazanymi w nim układami współrzędnych.

7 Zadania do wykonania

W trakcie ćwiczenia należy:

1. Uruchomić przykładową sesję systemu ROS wykorzystującą czujnik Kinect (np. opisaną w rozdziale 6).
2. Zidentyfikować układy współrzędnych przypisane przez pakiet *OpenNI_tracker* do szkieletu wraz ze strukturą opisujących je transformacji.
3. Zaproponować sposób interpretacji danych pochodzących z węzła *openni_tracker*, pozwalający na sterowanie robotem.

[¶]Jeśli przy uruchomieniu lokalnego procesu jądra ROS pojawiło się wspominane ostrzeżenie o adresie jądra, przed wydaniem polecenia należy nie zapomnieć o właściwym ustawieniu wartości zmiennej `ROS_MASTER_URI` (np. `export ROS_MASTER_URI=http://10.104.16.102:11311/`).

[‖]dla wygody, program ten można znaleźć także w pliku `/opt/ROS_Lab1_5/python/kinect.py`

```
#!/usr/bin/env python
import roslib
import rospy
import tf
import geometry_msgs.msg

def runme():
    rospy.init_node('kinect')
    listener = tf.TransformListener()         #inicjacja subskrypcji wiadomosci tf
    rate = rospy.Rate(2.0)                    #ustalenie czestotliwosci nasluchiwania
    while not rospy.is_shutdown():
        try:                                  #odczyt transformacji
            (trans,rot) = \
            listener.lookupTransform('/right_hand_1', '/left_hand_1', rospy.Time(0))
        except(tf.LookupException,tf.ConnectivityException,tf.ExtrapolationException):
            continue
        rospy.loginfo("odleglosc: %f",trans[0]);  #wyswietlenie wspolrzednej x
        rate.sleep()

if __name__ == '__main__':
    runme()
```

Rysunek 2: Przykład programu w pythonie do nasłuchiwania informacji dostarczanych przez węzeł *openni_tracker*

4. Uruchomić węzeł obsługujący czujnik Kinect w sposób wskazany przez prowadzącego, pozwalający na wykorzystanie generowanych przez niego komunikatów do sterowania przydzielonym do realizacji ćwiczenia robotem Pioneer P3-DX.
5. Oprogramować i przetestować zaproponowany sposób interpretacji danych na symulatorze robota.
6. Przygotować robota Pioneer P3-DX do pracy [3].
7. Przetestować działanie opracowanego algorytmu sterowania na robocie.

8 Sprawozdanie

Sprawozdanie z przebiegu ćwiczenia powinno zawierać:

- Imię i nazwisko autora, numer i termin grupy, skład grupy, temat ćwiczenia, datę wykonania ćwiczenia, datę dostarczenia sprawozdania.
- Cel ćwiczenia.
- Opis przebiegu identyfikacji transformacji układów współrzędnych publikowanych przez węzeł *openni_tracker*.
- Charakterystykę zaproponowanego sposobu interpretacji danych pochodzących z węzła *openni_tracker*, pozwalającego na sterowanie robotem.
- Opis sposobu uruchomienia węzłów obsługujących czujnik Kinect, pozwalającego na wykorzystanie czujnika w zadaniu sterowania robotem.
- Podsumowanie przebiegu testu działania zaproponowanego rozwiązania na symulatorze robota.
- Opis przebiegu testów na rzeczywistym robocie.
- Wnioski końcowe.

Literatura

[1] Tully Foote. tf: The transform library. *Technologies for Practical Robot Applications (TePRA), 2013 IEEE International Conference on*, Open-Source Software Workshop, strony 1–6, 2013.

[2] Mariusz Janiak. *Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy w Laboratorium Robotów Autonomicznych L1.5*. Katedra Cybernetyki i Robotyki, Politechnika Wrocławska, Instrukcja Laboratorium Robotów Autonomicznych L1.5, 2015.

[3] Mariusz Janiak, Aleksandra Grzelak. *Instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy przy obsłudze robotów Pionneer P3-DX*. Katedra Cybernetyki i Robotyki, Politechnika Wrocławska, Instrukcja Laboratorium Robotów Autonomicznych L1.5, 2015.

[4] Jason M. O'Kane. *A Gentle Introduction to ROS*. Independently published, 2013. Available at http://www.cse.sc.edu/~jokane/agitr/.

[5] Joanna Ratajczak, Katarzyna Zadarnowska. *Weryfikacja własności ruchowych układów nieholonomicznych na przykładzie robota mobilnego Pioneer 3DX z elementami ROSa*. Katedra Cybernetyki i Robotyki, Politechnika Wrocławska, Instrukcja Laboratorium Robotów Autonomicznych L1.5, 2018.

[6] Rethink Robotics. Baxter Research Robot Wiki: Rviz. http://sdk.rethinkrobotics.com/wiki/Rviz, 2015.

[7] ROS.org. Openni – Package Summary. http://wiki.ros.org/openni, 2015.

[8] ROS.org. Openni_camera – Package Summary. http://wiki.ros.org/openni_camera, 2015.

[9] ROS.org. Openni_launch – Package Summary. http://wiki.ros.org/openni_launch, 2015.

[10] ROS.org. Openni_tracker – Package Summary. http://wiki.ros.org/openni_tracker, 2015.

[11] ROS.org. Rviz – User Guide. http://wiki.ros.org/rviz/UserGuide, 2015.

[12] ROS.org. Tf – Package Summary. http://wiki.ros.org/tf, 2015.

[13] ROS.org. Tutorials: Introduction to tf. http://wiki.ros.org/tf/Tutorials/Introduction%20to%20tf, 2015.

[14] Debian Wiki. PrimeSenseNite. https://wiki.debian.org/PrimeSenseNite, 2015.

[15] Wikipedia. Kinect. http://pl.wikipedia.org/wiki/Kinect, 2015.

[16] Wikipedia. OpenNI. http://pl.wikipedia.org/wiki/OpenNI, 2015.

[17] Wikipedia. PrimeSense: NiTE Middleware. http://en.wikipedia.org/wiki/PrimeSense, 2015.

[18] Wikipedia. ROS (Robot Operating System). http://pl.wikipedia.org/wiki/ROS_%28Robot_Operating_System%29, 2015.