



UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU

Wydział Fizyki, Astronomii
i Informatyki Stosowanej

Programowanie Robotów Mobilnych

Wprowadzenie

Rafał Szczepański

e-mail: szczepi@umk.pl

www.umk.pl/~szczepi

07.03.2023



Plan prezentacji

- Czym jest robot mobilny?
- Problematyka autonomicznej pracy
- Typy robotów mobilnych naziemnych
- Układy wykonawcze i czujniki
- Przykładowe roboty mobilne



Czym jest robot mobilny?

Robot mobilny jest programowalną, wielofunkcyjną maszyną przeznaczoną do pracy autonomicznej w nieznanym lub częściowo nieznanym środowisku. Przemysłowe zastosowanie robotów mobilnych to głównie transport ładunków pomiędzy poszczególnymi punktami, np. transport palety z wytworzonymi elementami do magazynu.

Pojęcia pokrewne z literatury anglojęzycznej:

⦿ Autonomous Mobile Robot (**AMR**) (lub Autonomous Ground Vehicle):
nie potrzebuje specjalnego przygotowania środowiska do pracy autonomicznej.

⦿ Autonomous Guided Vehicle (**AGV**)

Podąża za wyznaczoną ścieżką w postaci linii, taśmy magnetycznej lub używa fale radiowe, kamery, lub inne czujniki do nawigacji.

Podążanie za linią

- ⦿ Namalowana linia
- ⦿ Taśma magnetyczna
- ⦿ Przewód pod napięciem umieszczony w posadzce



Podążanie za znacznikami

- ⦿ Kody QR
- ⦿ Znaczniki RFID
- ⦿ Punkty magnetyczne



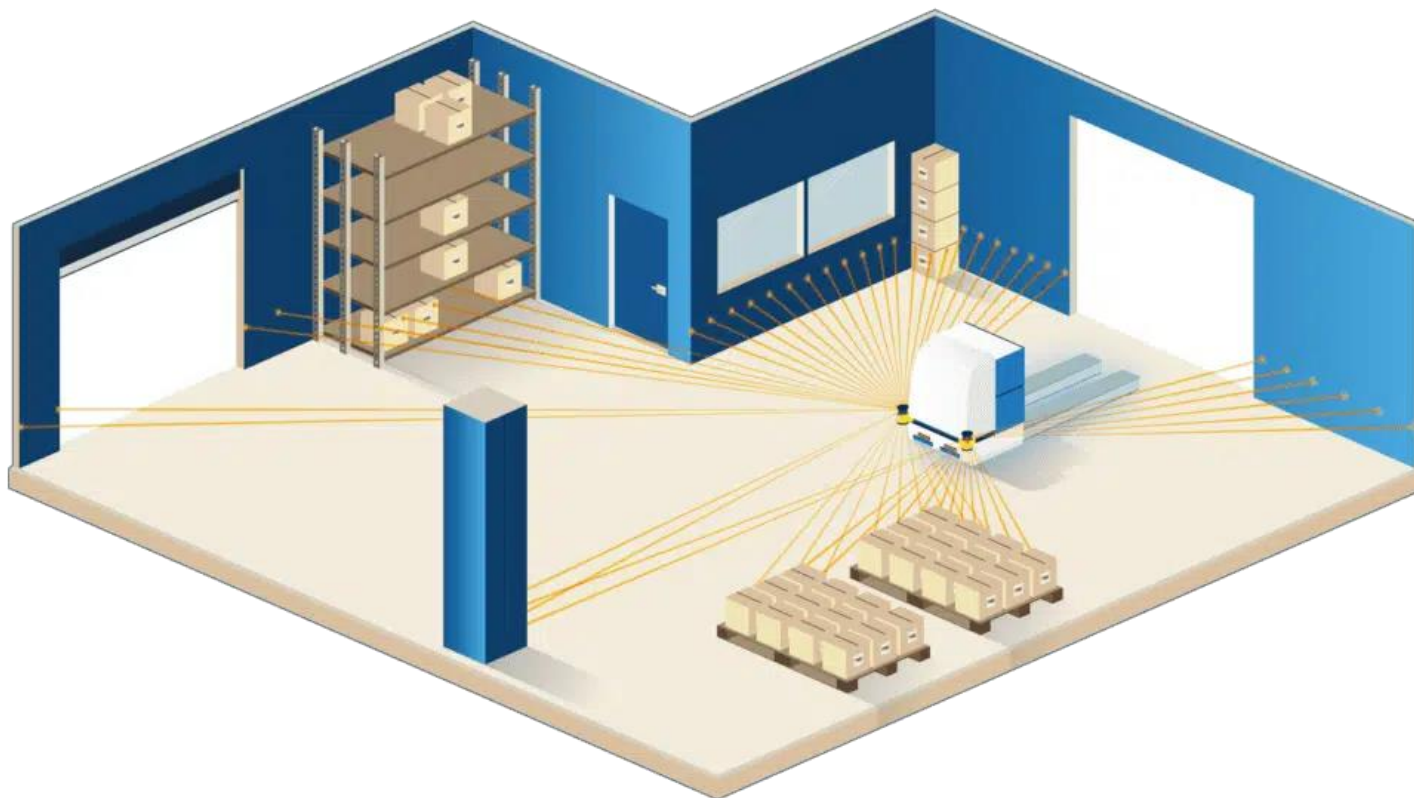
Triangulacja laserowa



Lokalizacja na bazie mapy z wykorzystaniem kamery



Lokalizacja na bazie mapy z wykorzystaniem skanera laserowego (ang. *Simultaneous localization and mapping, SLAM*)





Problematyka autonomicznej pracy

- ⊙ *System przyjmowania zleceń*: W przypadku bardziej złożonych systemów, może istnieć wiele punktów załadunku i rozładunku, w związku z tym niezbędny jest system kolejkowanie zadań, które zostały zlecone i muszą być wykonane. Mogą mieć one różne priorytety.
- ⊙ *Harmonogramowanie zadań*: W celu zwiększenia efektywności robota mobilnego kolejność wykonywania zadań jest istotnym zagadnieniem, ponieważ aktualna pozycja robota, pozycje innych robotów, stopień naładowania akumulatorów i potencjalne kolejki w punktach załadunku lub rozładunku, czas oczekiwania zadania, priorytet zadania są istotnymi aspektami, które powinny zostać uwzględnione.
- ⊙ *Mapowanie terenu*: Wykorzystując czujniki, np. skanery laserowe 360 stopni, kamery RGBD, robot poruszając się po środowisku aktualizuje przestrzeń wokół siebie na mapie dostarczając informację czy dana pozycja jest wolna (ang. *free*) lub zajęta (ang. *occupied*). W efekcie powstaje mapa środowiska. Warto zaznaczyć, że na mapie nie powinny występować elementy, które są tymczasowe.



Problematyka autonomicznej pracy

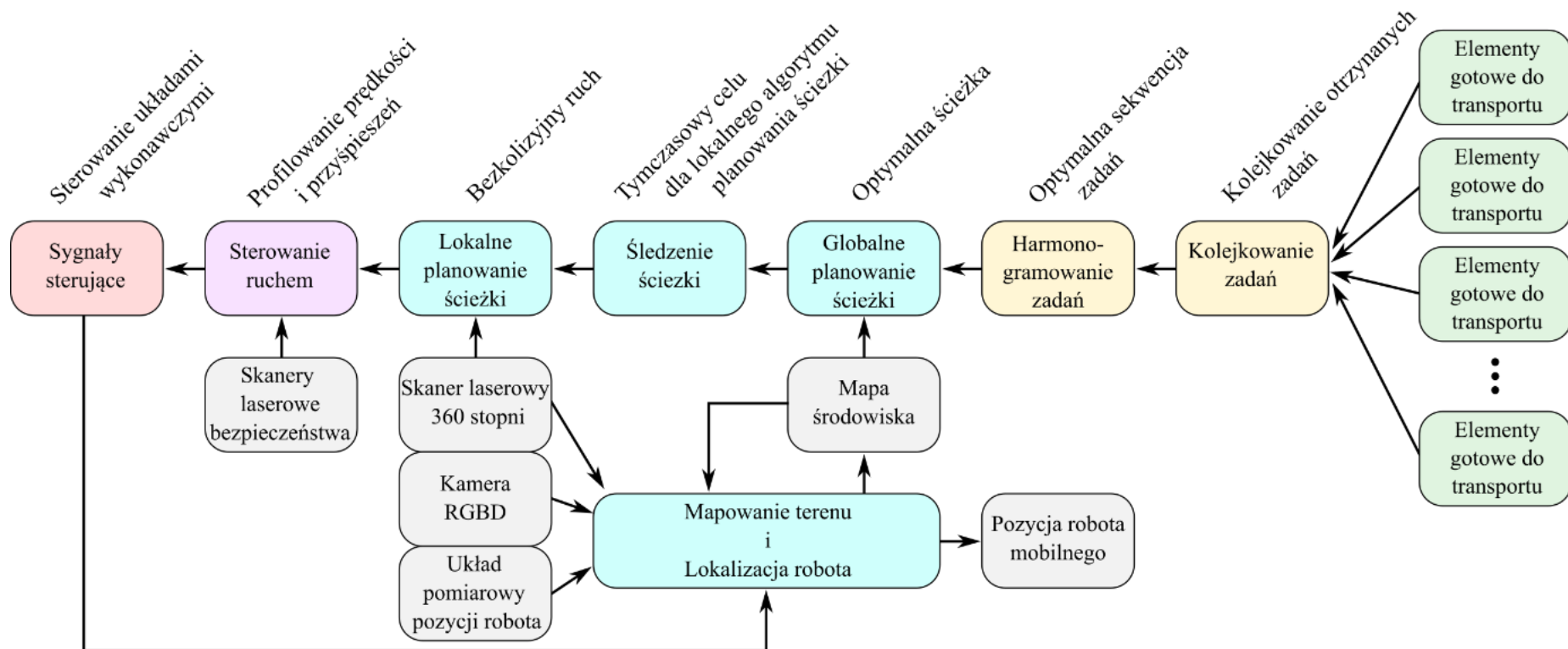
- ⊙ *Lokalizacja*: Znając swoją początkową robota, mapę środowiska i aktualny odczyt z czujników (np. skaner laserowy 360 stopni) robot mobilny może aproksymować swoją pozycję podczas poruszania się.
- ⊙ *Globalne planowanie ścieżki*: Algorytmy planowania ścieżki globalnej dostarcza informacji którędy robot mobilny powinien się poruszać, żeby dotrzeć do zadanego punktu. Bazuje on na mapie i nie uwzględnia przeszkód dynamicznych lub tymczasowych.
- ⊙ *Lokalne planowanie ścieżki*: Podążanie za trasą wyznaczoną przez algorytm globalnego planowania ścieżki jest realizowane poprzez algorytm lokalnego planowania ścieżki. W przeciwieństwie do algorytmu globalnego, lokalny przeważnie korzysta głównie z czujników pokładowych do unikania przeszkód dynamicznych lub tymczasowych. Jest on odpowiedzialny za bezkolizyjne poruszanie się po nieznanym lub częściowo nieznanym środowisku.



Problematyka autonomicznej pracy

- ⊙ *Profilowanie prędkości*: W celu zapewnienia płynnych ruchów, informacje z algorytmów planowania ścieżki są dostarczane do układów wykonawczych po wcześniejszej obróbce ograniczającej przyśpieszenia i zrywy robota.
- ⊙ *Sterowanie układami wykonawczymi*: Ostatnim zagadnieniem na trasie autonomicznej pracy jest sterowanie układami wykonawczymi, np. silnikami. W zależności od wykorzystanych układów stosuje się odpowiednie sterowniki, do którym robot mobilny wysyła odpowiednie sygnały sterujące cyfrowo lub analogowo.

Problematyka autonomicznej pracy



Typy robotów mobilnych naziemnych

- a) kołowy (MIR100)
- b) gąsienicowy (RS1-GR1 Gremlin)
- c) kroczący (Spot)
- d) humanoidalny (Surena IV)
- e) skaczący (opracowany na *University of California*)
- f) pełzający (SnakeBot)



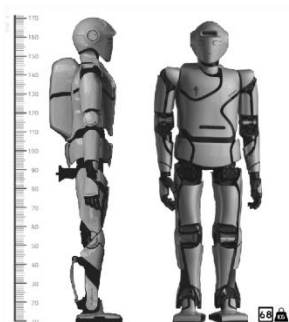
a)



b)



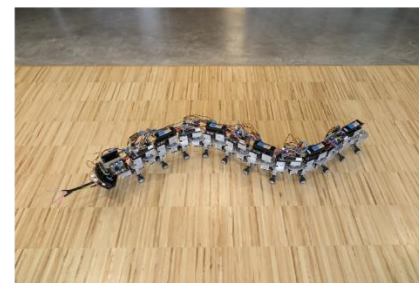
c)



d)



e)



f)

Źródła:

a) <https://www.astor.com.pl/produkty/robotyzacja/roboty-mir/mir100.html>,

b) <https://steemit.com/steemhunt/@toffer/rs1-gremlin-robotic-weapons-platform>,

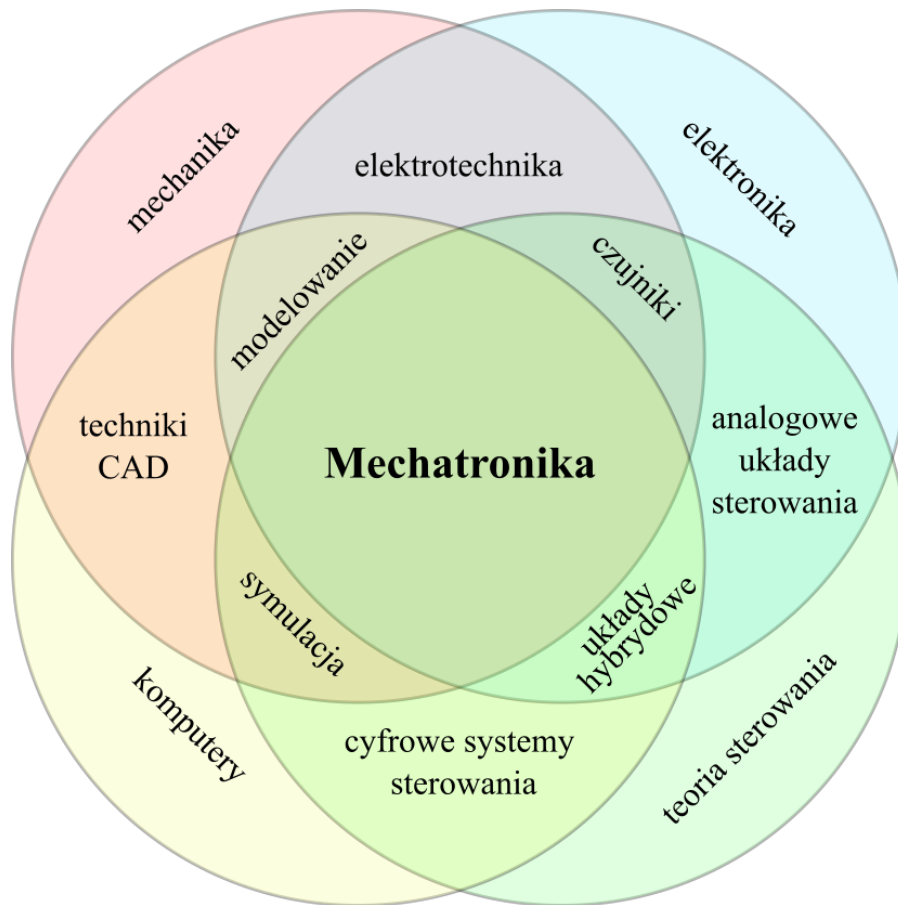
c) <https://www.bostondynamics.com/products/spot>,

d) <https://surenahumanoid.com>,

e) <https://www.newscientist.com/article/2317072-watch-a-jumping-robot-that-could-one-day-leap-across-the-moon/>,

f) https://www.cs.rochester.edu/u/nelson/courses/csc_robocon/robot_manual/snakebot/snakebot.html.

Mchatroniczne podejście do budowy robota mobilnego



Konstrukcja mechaniczna musi zostać zoptymalizowana pod kątem udźwigu, wytrzymałości, wagi samej konstrukcji jak i dodatkowych elementów wykonawczych, akumulatorów i potencjalnych dodatkowych urządzeń montowanych na robocie mobilnym (np. manipulator). Układ sterowania jest ściśle dostosowany do układów wykonawczych oraz zastosowanych czujników. Wymaga to nowoczesnego podejścia podczas projektowania. Podczas projektowania należy określić dokładność funkcjonalności i zasobów projektowego układu, nałożyć ograniczenia dotyczące objętości i wagi poszczególnych składników i równolegle projektować układ sterowania, co zapewni wysoki stopień integralności.

Układy wykonawcze

Podstawowymi elementami układu wykonawczego są silniki. W zależności od zastosowania robota mobilnego można wyróżnić:

- silniki krokowe (ang. *stepper motor*),
- silniki prądu stałego (ang. *direct current motor*, DC motor),
- silniki bezszczotkowe prądu stałego (ang. *brushless direct current motor*, BLDC).



Metody transportu ładunku

- a) Ciągnięcie ładunku za robotem (MOBOT AGV FlatRunner HT 002)
- b) Podnoszenie ładunku na swojej konstrukcji (MOBOT AGV FlatRunner MW Light)
- c) Manipulator zamontowany na korpusie robota mobilnego (MOBOT AGV FlatRunner MW)
- d) Wsuwanie załadunku na robota poprzez taśmociąg zamontowany na jego korpusie (MOBOT AGV FlatRunner MW)



a)



b)



c)



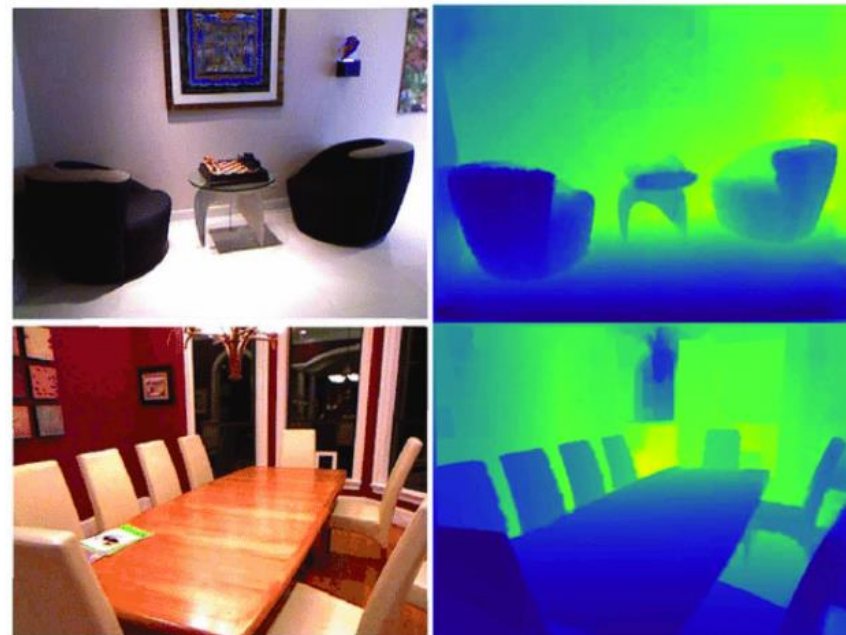
d)



Czujniki

- Czujnik uderzeniowy (np. w odkurzaczach autonomicznych),
- Czujnik odbiciowy (detekcja przeszkody w pewnym zakresie odległości),
- Czujnik odległości (np. ultradźwiękowe, na światło podczerwone, laserowe),
- **Skaner laserowy 360 stopni** (ang. *Light Detection And Ranging*, LiDAR)
- RADAR (ang. *RAdio Detection And Ranging*),
- **Kamera RGB**
- **Stereowizja** (kamera RGBD)
- **Skaner laserowy bezpieczeństwa**

Stereowizja i LiDAR - wizualizacja

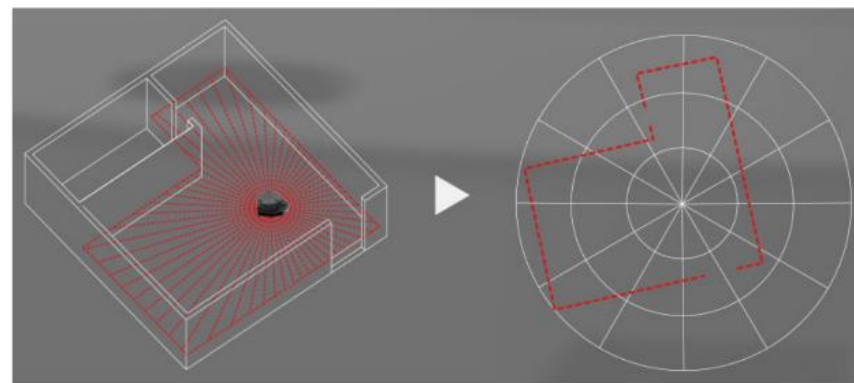


a)

Źródła:

a) kamera RGBD Microsoft Kinect (<https://www.xbox.com/pl-PL/kinect>) oraz zbiór danych NYU Depth Dataset V2 (https://cs.nyu.edu/~silberman/datasets/nyu_depth_v2.html),

b) Skaner laserowy RPLidar A1 (<https://www.slamtec.com/en/Lidar/A1>)



b)



Przykładowe aplikacje

- *MOBOT AGV FlatRunner MW przewożący ładunek o masie do 1,5 tony:*

<https://youtu.be/Y2GZSKJQaIY>

- *Testy robota MOBOT® AGV FlatRunner MW Light w firmie LEONI:*

<https://youtu.be/6nVEHVB3BYI>

- *Mobile Manipulator combines a cobot arm with an autonomous mobile robot for flexible production:*

<https://youtu.be/BiemOdLYf48>

- *MiR100 transports sterile goods at University Hospital Zealand:*

<https://youtu.be/mVreTUNKxa8>