

Autonomiczny robot mobilny

Piotr Fulmański
Krzysztof Jastrzębski

Wydział Matematyki i Informatyki,
Uniwersytet Łódzki, Polska

2 czerwca 2011

- 1 Autonomiczny robot mobilny
- 2 Problem źródła informacji o stanie robota
- 3 Problem wytycznia drogi
- 4 Plansza
- 5 Nasz pojazd, czyli robot
- 6 Szkieletyzacja
- 7 Programujemy zachowanie robota
- 8 Podsumowanie

Robot? Autonomiczny? Mobilny?

- **Autonomiczny**
- **Robot**
- **Mobilny**

System autonomiczny

System autonomiczny – system mający zdolność sterowania się oraz zdolność przeciwdziałania utracie zdolności sterowania się.

Robot

Robot – mechaniczne urządzenie wykonujące automatycznie pewne zadania.

Główne obszary zastosowań

- Zastępują człowieka przy monotonnych, złożonych z powtarzających się kroków czynnościach, które mogą wykonywać znacznie szybciej od ludzi i w dodatku bezbłędnie.
- Wykonywanie zadań, które są niebezpieczne dla człowieka, na przykład związanych z manipulacją szkodliwymi dla zdrowia substancjami lub przebywaniem w nieprzyjaznym środowisku.

Robot

Robot – mechaniczne urządzenie wykonujące automatycznie pewne zadania.

Główne obszary zastosowań

- Zastępują człowieka przy monotonnych, złożonych z powtarzających się kroków czynnościach, które mogą wykonywać znacznie szybciej od ludzi i w dodatku bezbłędnie.
- Wykonywanie zadań, które są niebezpieczne dla człowieka, na przykład związanych z manipulacją szkodliwymi dla zdrowia substancjami lub przebywaniem w nieprzyjaznym środowisku.

Robot

Robot – mechaniczne urządzenie wykonujące automatycznie pewne zadania.

Główne obszary zastosowań

- Zastępują człowieka przy monotonych, złożonych z powtarzających się kroków czynnościach, które mogą wykonywać znacznie szybciej od ludzi i w dodatku bezbłędnie.
- Wykonywanie zadań, które są niebezpieczne dla człowieka, na przykład związanych z manipulacją szkodliwymi dla zdrowia substancjami lub przebywaniem w nieprzyjaznym środowisku.

Robot

Robot – mechaniczne urządzenie wykonujące automatycznie pewne zadania.

Główne obszary zastosowań

- Zastępują człowieka przy monotonych, złożonych z powtarzających się kroków czynnościach, które mogą wykonywać znacznie szybciej od ludzi i w dodatku bezbłędnie.
- Wykonywanie zadań, które są niebezpieczne dla człowieka, na przykład związanych z manipulacją szkodliwymi dla zdrowia substancjami lub przebywaniem w nieprzyjaznym środowisku.

Robot

Pojęcia *robot* używamy też do nazywania **autonomicznie** działających urządzeń odbierających informacje z otoczenia przy pomocy **sensorów** i wpływających na nie przy pomocy **efektorów**. Roboty takie budowane są przez badaczy zajmujących się sztuczną inteligencją lub kognitywistyką w celu modelowania zdolności poznawczych, sposobu myślenia lub zachowania zwierząt bądź ludzi.

Robot

Słowo **robot** pochodzi od czeskiego słowa *robota*, oznaczającego ciężką pracę, wysiłek. Upowszechniło się ono po przetłumaczeniu w 1923 roku na język angielski sztuki R.U.R. (Rossumovi Univerzální Roboti) której autorem jest Karel Čapek. Mimo iż pierwotnie odnosiło się ono do żywych istot – **sztucznie produkowanej, uproszczonej wersji człowieka przeznaczonej do ciężkiej pracy**, obecnie słowo to oznacza przede wszystkim urządzenia mechaniczne.

Robot

Słowo **robot** pochodzi od czeskiego słowa *robota*, oznaczającego ciężką pracę, wysiłek. Upowszechniło się ono po przetłumaczeniu w 1923 roku na język angielski sztuki R.U.R. (Rossumovi Univerzální Roboti) której autorem jest Karel Čapek. Mimo iż pierwotnie odnosiło się ono do żywych istot – **sztucznie produkowanej, uproszczonej wersji człowieka przeznaczonej do ciężkiej pracy**, obecnie słowo to oznacza przede wszystkim urządzenia mechaniczne.

Robot

Termin robotyka wprowadził Isaac Asimov w swoim opowiadaniu *Zabawa w berka* (Runaround, 1942). Jest on też autorem trzech praw robotyki:

- 1 (Prawo Zerowe) Robot nie może szkodzić ludzkości, ani nie może, przez zaniedbanie, narazić ludzkości na szkodę.
- 2 Robot nie może zranić i skrzywdzić człowieka ani przez zaniechanie działania dopuścić, aby człowiek poniósł szkodę.
- 3 Robot musi słuchać danego mu rozkazu, chyba że koliduje on z Pierwszym Prawem.
- 4 Robot musi chronić sam siebie, dopóki nie koliduje to z Pierwszym lub Drugim Prawem.

DARPA Grand Challenge

DARPA Grand Challenge to sponsorowane przez Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) zawody samochodów autonomicznych odbywające się w ramach projektu Systemów Bojowych Przyszłości (FCS).



DARPA Grand Challenge

Pierwsze zawody odbyły się 13 marca 2004 na pustyni w zachodnich Stanach Zjednoczonych. Trasa wyścigu przebiegała z miejscowości Barstow w Kalifornii do osady Primm w stanie Nevada. Żaden ze startujących pojazdów nie pokonał mierzącej 227,2 km trasy. Pojazd zwycięskiego zespołu Red Team z Carnegie Mellon University pokonał dystans zaledwie 11,78 km.

Drugi wyścig miał miejsce 8 października 2005. Tym razem zawody i główną nagrodę w wysokości 2 milionów USD wygrał „Stanley”, zrobotyzowany Volkswagen Touareg, skonstruowany przez zespół reprezentujący Uniwersytet Stanforda, pokonując trasę o długości 212,4 km w czasie poniżej 7 godzin.

3 listopada 2007 odbył się **trzeci** wyścig, którego trasa przebiegała przez ćwiczebne sztuczne tereny miejskie w Kalifornii.

DARPA Grand Challenge

Pierwsze zawody odbyły się 13 marca 2004 na pustyni w zachodnich Stanach Zjednoczonych. Trasa wyścigu przebiegała z miejscowości Barstow w Kalifornii do osady Primm w stanie Nevada. Żaden ze startujących pojazdów nie pokonał mierzącej 227,2 km trasy. Pojazd zwycięskiego zespołu Red Team z Carnegie Mellon University pokonał dystans zaledwie 11,78 km.

Drugi wyścig miał miejsce 8 października 2005. Tym razem zawody i główną nagrodę w wysokości 2 milionów USD wygrał „Stanley”, zrobotyzowany Volkswagen Touareg, skonstruowany przez zespół reprezentujący Uniwersytet Stanforda, pokonując trasę o długości 212,4 km w czasie poniżej 7 godzin.

3 listopada 2007 odbył się **trzeci** wyścig, którego trasa przebiegała przez ćwiczebne sztuczne tereny miejskie w Kalifornii.

DARPA Grand Challenge

Pierwsze zawody odbyły się 13 marca 2004 na pustyni w zachodnich Stanach Zjednoczonych. Trasa wyścigu przebiegała z miejscowości Barstow w Kalifornii do osady Primm w stanie Nevada. Żaden ze startujących pojazdów nie pokonał mierzącej 227,2 km trasy. Pojazd zwycięskiego zespołu Red Team z Carnegie Mellon University pokonał dystans zaledwie 11,78 km.

Drugi wyścig miał miejsce 8 października 2005. Tym razem zawody i główną nagrodę w wysokości 2 milionów USD wygrał „Stanley”, zrobotyzowany Volkswagen Touareg, skonstruowany przez zespół reprezentujący Uniwersytet Stanforda, pokonując trasę o długości 212,4 km w czasie poniżej 7 godzin.

3 listopada 2007 odbył się **trzeci** wyścig, którego trasa przebiegała przez ćwiczebne sztuczne tereny miejskie w Kalifornii.

DARPA Grand Challenge

Pierwsze zawody odbyły się 13 marca 2004 na pustyni w zachodnich Stanach Zjednoczonych. Trasa wyścigu przebiegała z miejscowości Barstow w Kalifornii do osady Primm w stanie Nevada. Żaden ze startujących pojazdów nie pokonał mierzącej 227,2 km trasy. Pojazd zwycięskiego zespołu Red Team z Carnegie Mellon University pokonał dystans zaledwie 11,78 km.

Drugi wyścig miał miejsce 8 października 2005. Tym razem zawody i główną nagrodę w wysokości 2 milionów USD wygrał „Stanley”, zrobotyzowany Volkswagen Touareg, skonstruowany przez zespół reprezentujący Uniwersytet Stanforda, pokonując trasę o długości 212,4 km w czasie poniżej 7 godzin.

3 listopada 2007 odbył się **trzeci** wyścig, którego trasa przebiegała przez ćwiczebne sztuczne tereny miejskie w Kalifornii.

Autonomiczny robot mobilny

Po co?

DARPA Urban Challenge



Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Skąd informacje – informacje precyzyjne

Mobilne roboty jako zasadnicze źródło informacji wykorzystują szeroką paletę sensorów takich jak

- żyroskopy
- akcelerometry
- czujniki podczerwieni
- czujniki ultradźwięków
- czujniki fotooptyczne
- odbiorniki GPS

Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Skąd informacje – informacje rozmyte

Znacznie trudniej wydobyć informacje ze źródła podającego ją w sposób niejawny, jak np. kamera (obraz) i mikrofon (dźwięk).

Skąd informacje – informacje rozmyte

Dla porównania znacznie łatwiej ocenić odległość przy parkowaniu samochodu tyłem korzystając z czujników parkowania podających informację za pomocą liczby niż obserwując obraz w lusterku wstecznym.

Skoro łatwiej, to po co się męczyć?

- **Z ciekawości.** Człowiekowi wystarczy obraz – jak to się więc dzieje?
- **Z obawy.** Znacznie łatwiej o przekłamanie informacji dostarczanej przez „prosty” czujnik niż odczytanej z obrazu. Poza tym bazując na informacji „pewnej” znacznie bardziej skłonni jesteśmy do pozostawienia sobie mniejszego marginesu bezpieczeństwa.

Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Skąd informacje – informacje rozmyte

Znacznie trudniej wydobyć informacje ze źródła podającego ją w sposób niejawny, jak np. kamera (obraz) i mikrofon (dźwięk).

Skąd informacje – informacje rozmyte

Dla porównania znacznie łatwiej ocenić odległość przy parkowaniu samochodu tyłem korzystając z czujników parkowania podających informację za pomocą liczby niż obserwując obraz w lusterku wstecznym.

Skoro łatwiej, to po co się męczyć?

- **Z ciekawości.** Człowiekowi wystarcza obraz – jak to się więc dzieje?
- **Z obawy.** Znacznie łatwiej o przekłamanie informacji dostarczanej przez „prosty” czujnik niż odczytanej z obrazu. Poza tym bazując na informacji „pewnej” znacznie bardziej skłonni jesteśmy do pozostawienia sobie mniejszego marginesu bezpieczeństwa.

Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Skąd informacje – informacje rozmyte

Znacznie trudniej wydobyć informacje ze źródła podającego ją w sposób niejawny, jak np. kamera (obraz) i mikrofon (dźwięk).

Skąd informacje – informacje rozmyte

Dla porównania znacznie łatwiej ocenić odległość przy parkowaniu samochodu tyłem korzystając z czujników parkowania podających informację za pomocą liczby niż obserwując obraz w lusterku wstecznym.

Skoro łatwiej, to po co się męczyć?

- **Z ciekawości.** Człowiekowi wystarczy obraz – jak to się więc dzieje?
- **Z obawy.** Znacznie łatwiej o przekłamanie informacji dostarczanej przez „prosty” czujnik niż odczytanej z obrazu. Poza tym bazując na informacji „pewnej” znacznie bardziej skłonni jesteśmy do pozostawienia sobie mniejszego marginesu bezpieczeństwa.

Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Kluczowe założenie

Tak więc najważniejsze nasze założenie brzmi:

wykorzystujemy tylko obraz

...no prawie

Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Kluczowe założenie

Tak więc najważniejsze nasze założenie brzmi:

wykorzystujemy tylko obraz

...no prawie

Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Kluczowe założenie

Tak więc najważniejsze nasze założenie brzmi:

wykorzystujemy tylko obraz

...no prawie

Autonomiczny robot mobilny

Problem źródła informacji o stanie robota

Gdy korzystamy z prostych czujników...

...zadanie nie jest takie skomplikowane

<http://www.youtube.com/watch?v=qLDKEjKZPDg&feature=related>

Problem wytycznia drogi

Obraz całościowy



Problem wytycznia drogi

Skupiamy się tylko na drodze



Problem wytycznia drogi

Skupiamy się na tym, aby zmieścić się w jej obrysie



Problem wytyczenia drogi

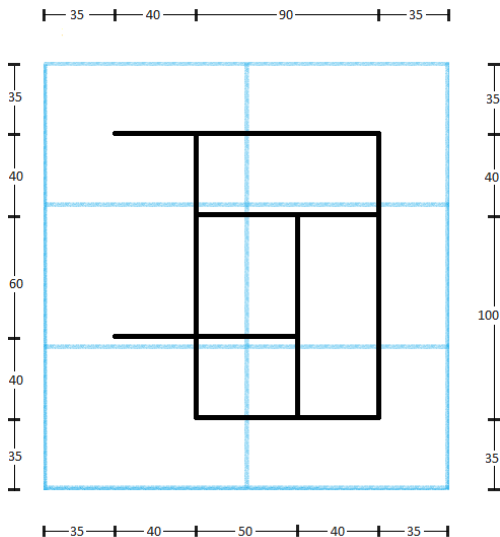
Skupiamy się na tym, aby znaleźć się na wirtualnej osi drogi



Informacje techniczne

- wymiary planszy: 200 cm x 210 cm
- grubość drogi: 19 mm
- podstawowe elementy drogi:





Robotics Invention System

1998 rok – **Robotics Invention System** (RIS) z kostką RCX (Robotic Command eXplorer)



Lego Mindstorms NXT 1.0

lipiec 2006 rok – **Lego Mindstorms NXT 1.0** z kostką NXT Intelligent Brick



Lego Mindstorms NXT 2.0

styczeń 2009 rok – Lego Mindstorms NXT 2.0



Elementy Lego Mindstorms NXT



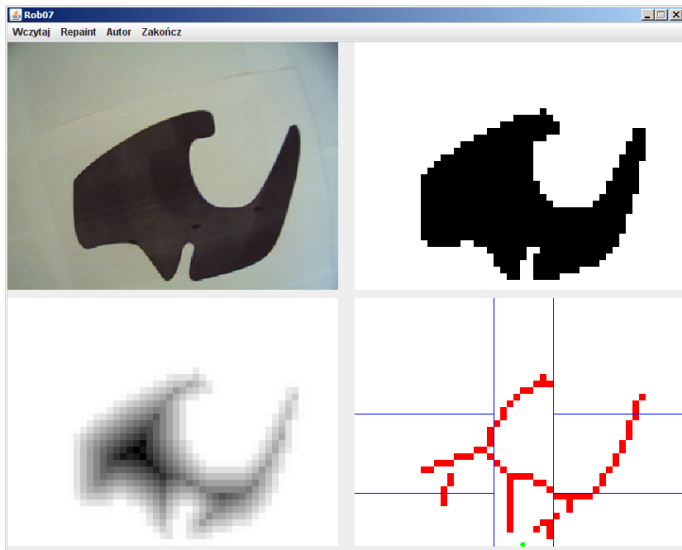
- NXT (główny element, zarządza sensorami i silnikami)
- Serwomotory (mogą niezależnie się obracać, posiadają wbudowany czujnik obrotu który jest niestety niedokładny)
- Czujniki podstawowe (światła, dotyku, ultradźwięków)
- Kolejne czujniki (temperatury, kompas, żyroskop, akcelerometr)

Szkieletyzacja

Szkieletyzacja pozwala znaleźć w zadanej figurze punkty najistotniejsze – szkielet. Dla figur przypominających drogi zazwyczaj zostaje znaleziona krzywa, która z grubsza wyznacza środek drogi.

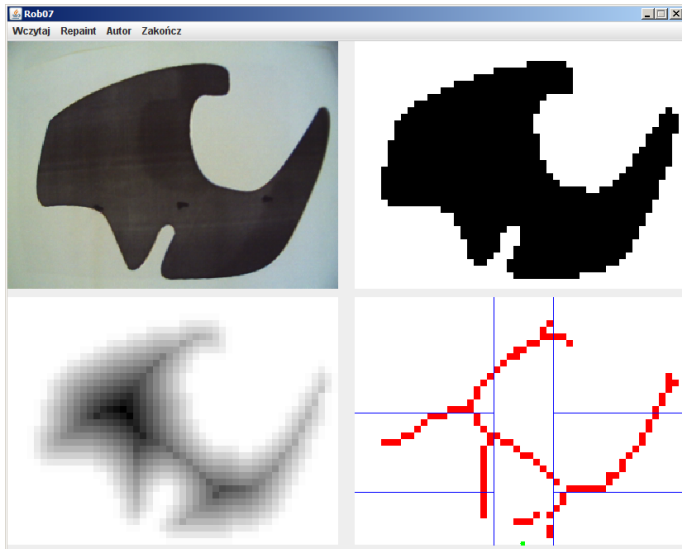
Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



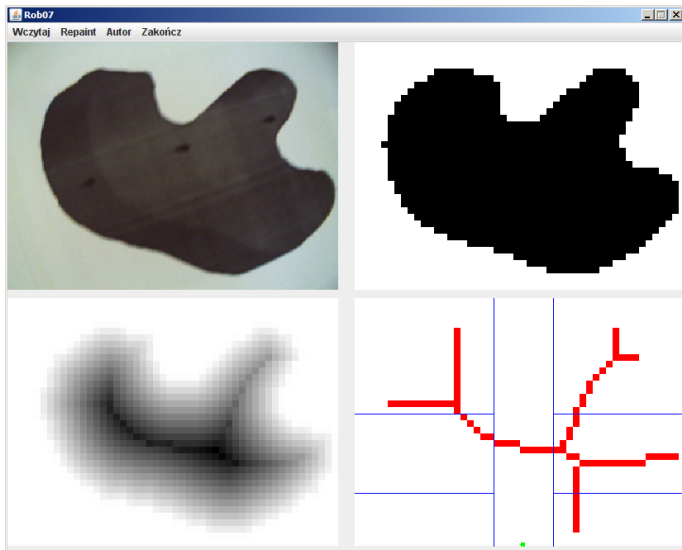
Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



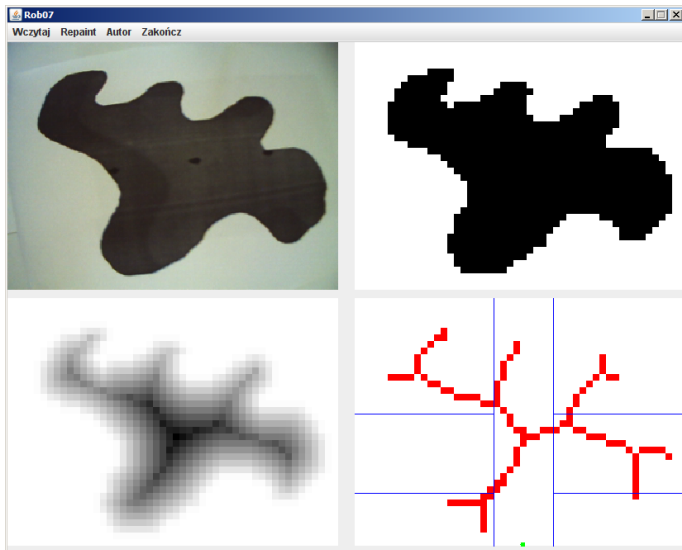
Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



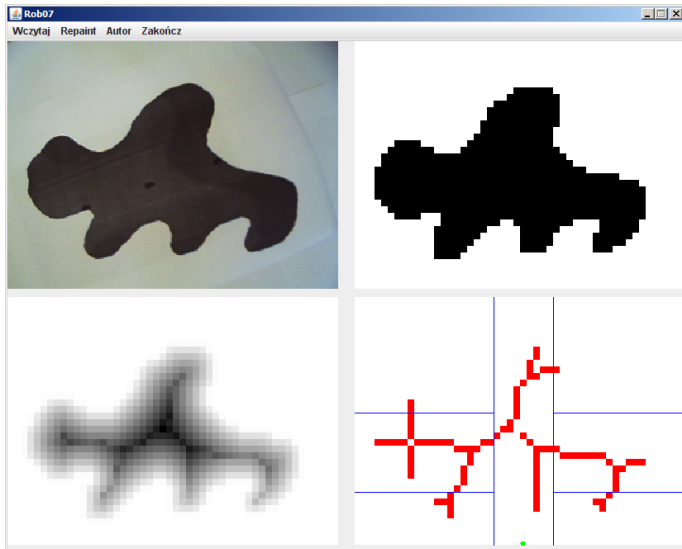
Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



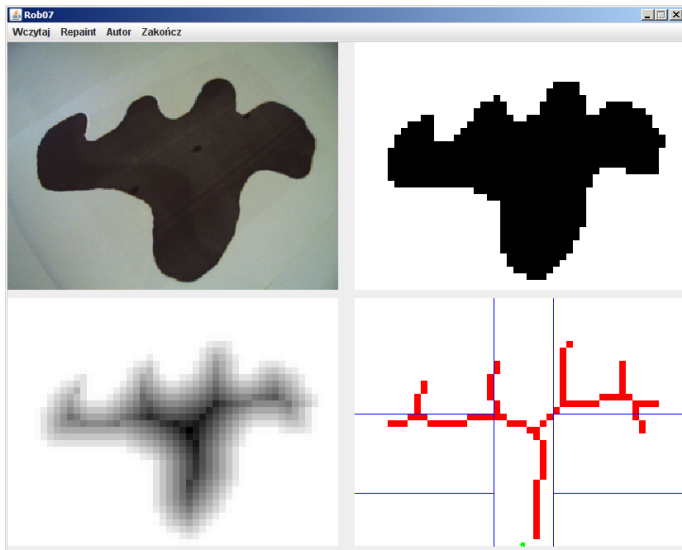
Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



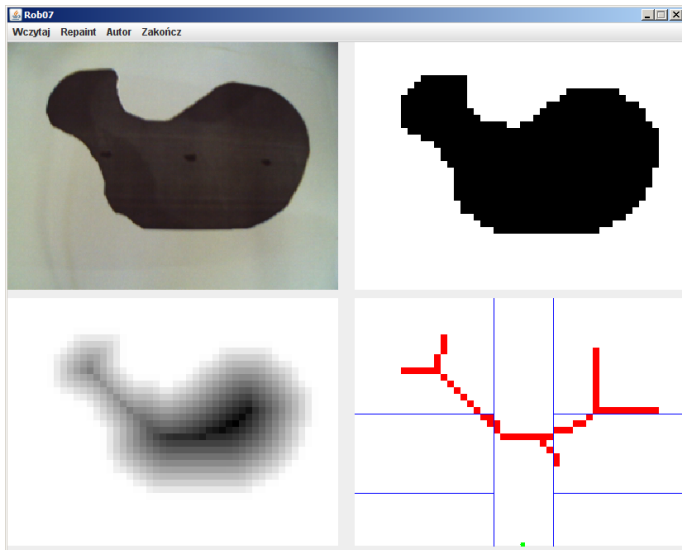
Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



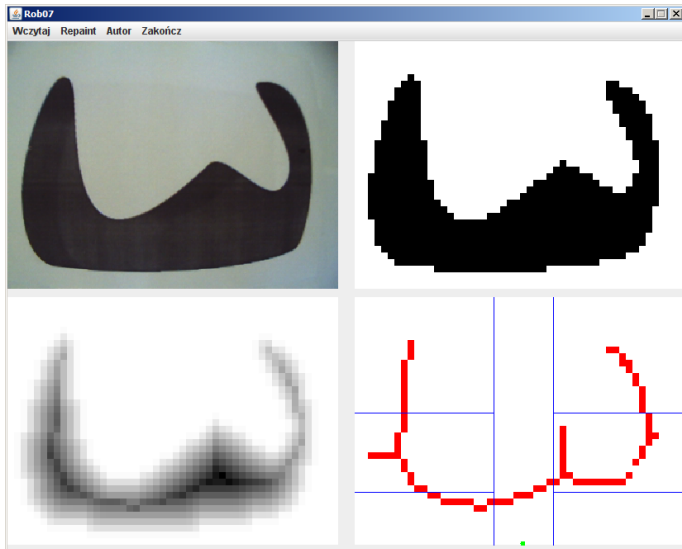
Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



Szkieletyzacja

Efekt działania algorytmu FMM



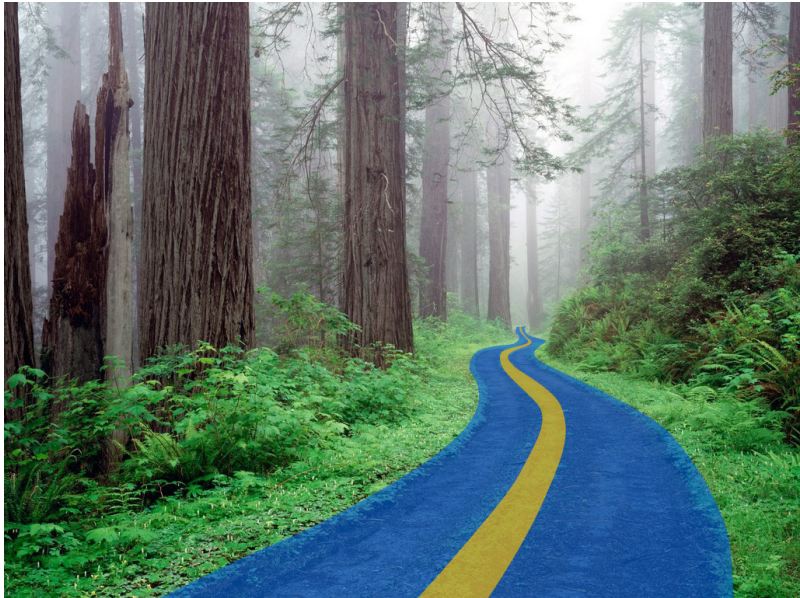
Szkieletyzacja

Idea użycia algorytmu FMM do wyznaczania drogi



Szkieletyzacja

Idea użycia algorytmu FMM do wyznaczania drogi



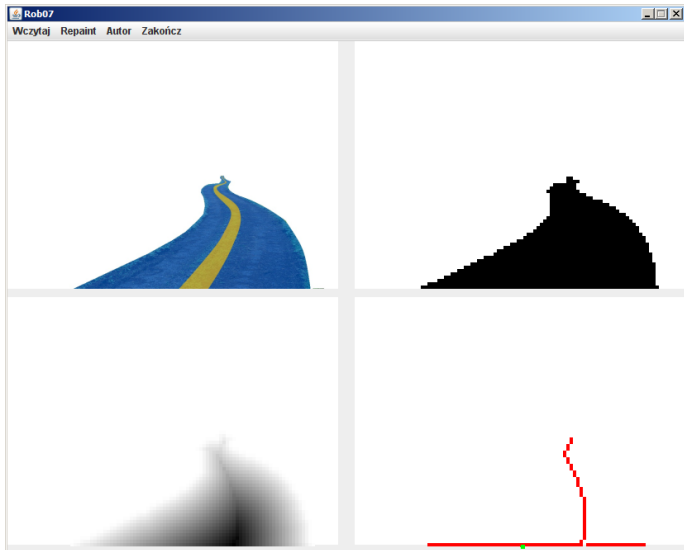
Szkieletyzacja

Idea użycia algorytmu FMM do wyznaczania drogi



Szkieletyzacja

Idea użycia algorytmu FMM do wyznaczania drogi



Szkieletyzacja

Idea użycia algorytmu FMM do wyznaczania drogi



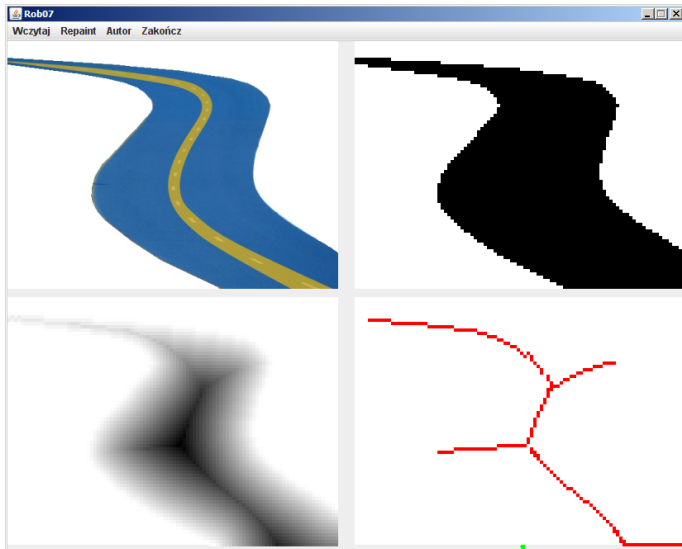
Szkieletyzacja

Idea użycia algorytmu FMM do wyznaczania drogi



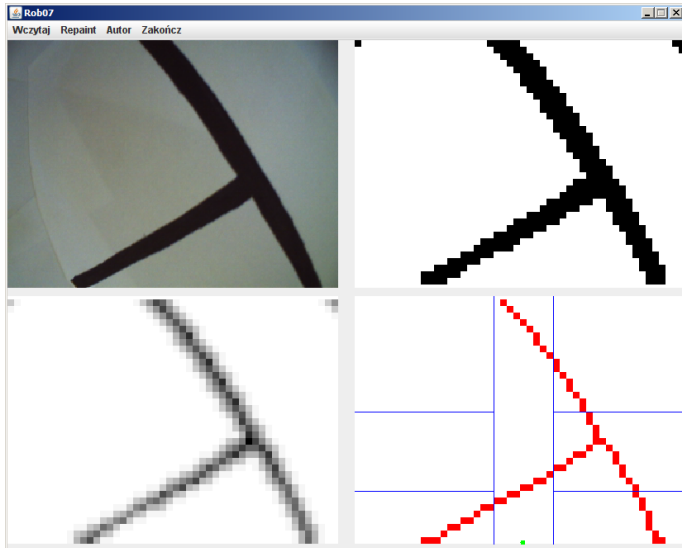
Szkieletyzacja

Idea użycia algorytmu FMM do wyznaczania drogi



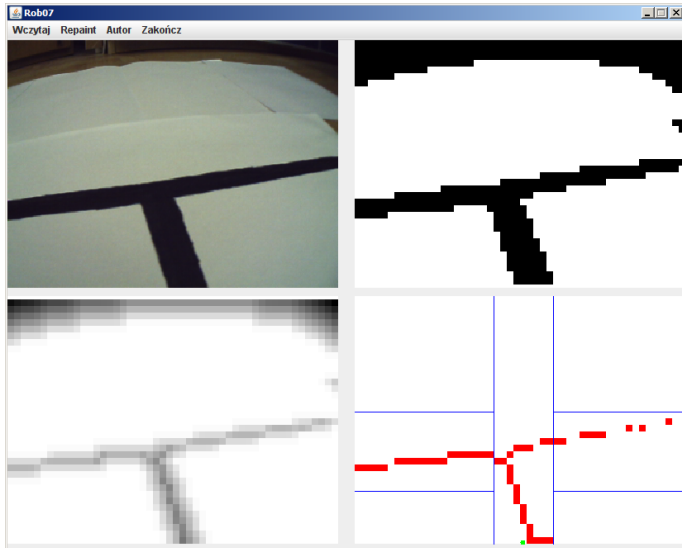
Szkieletyzacja

Algorytm FMM w realnych przykładach



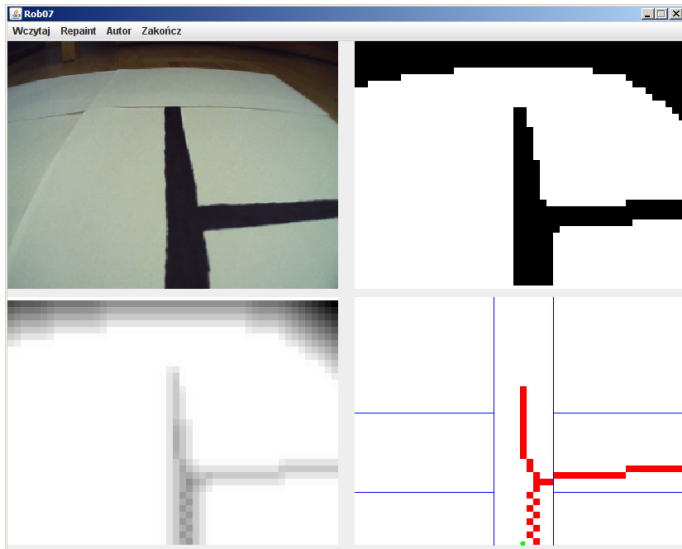
Szkieletyzacja

Algorytm FMM w realnych przykładach



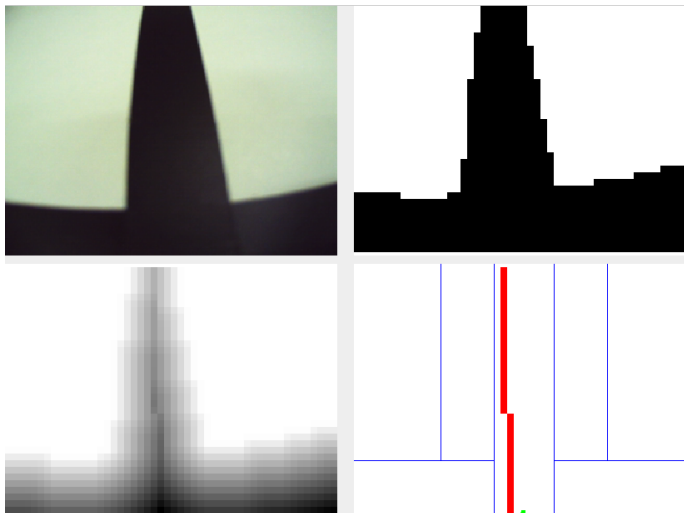
Szkieletyzacja

Algorytm FMM w realnych przykładach



Szkieletyzacja

Algorytm FMM w realnych przykładach



Programujemy zachowanie robota

Ewolucja podziału obrazu

Podejście 1

LEWO

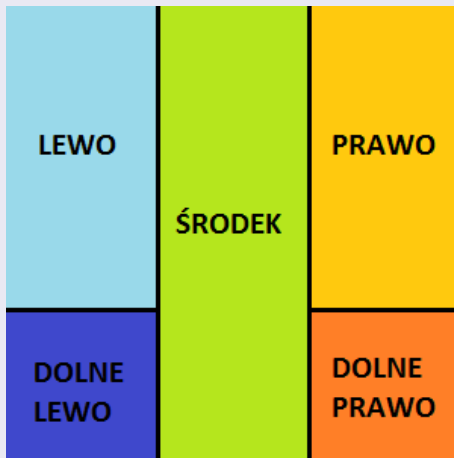
ŚRODEK

PRAWO

Programujemy zachowanie robota

Ewolucja podziału obrazu

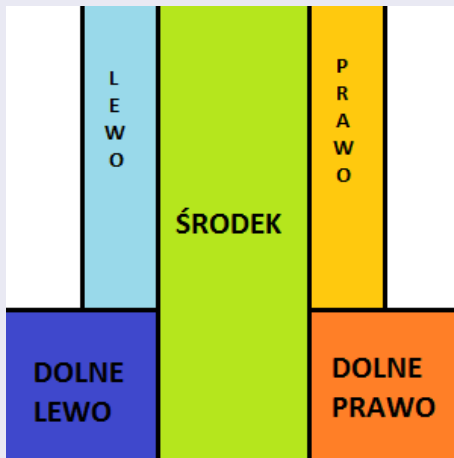
Podójście 2



Programujemy zachowanie robota

Ewolucja podziału obrazu

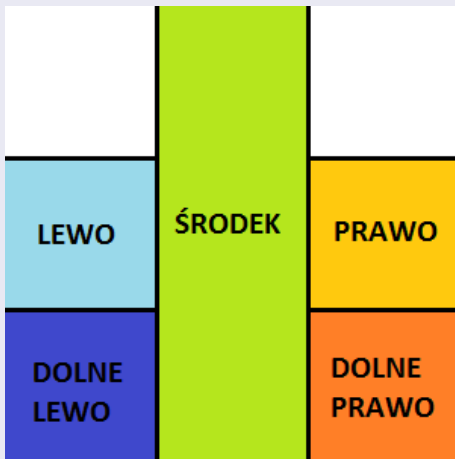
Podójście 3



Programujemy zachowanie robota

Ewolucja podziału obrazu

Podjęcie 4



Jazda do przodu

kiedy: wystarczająca ilość punktów na wprost przed robotem

jak: poruszanie się do przodu

Skręty i skrzyżowania

kiedy: brak (lub mała ilość) punktów na wprost przed robotem i punkty blisko robota po prawej lub lewej stronie

jak: zamiennie skręt w daną stronę i krótka jazda do przodu aby dostosować się do nowego obrazu

co dalej: jazda do przodu po dostosowaniu się do drogi po skręcie

Zawracanie

kiedy: brak (lub mała ilość) punktów w obszarze widzenia

jak: obrót w prawo

co dalej: jazda do przodu lub skręt w zależności od znalezionych punktów

Poszukiwanie drogi

kiedy: od wystartowania robota do znalezienie wystarczającej ilości punktów

jak: jazda do przodu

co dalej: jazda do przodu lub skręt w zależności od znalezionych punktów

Co się udało

- Robot działa, wszystkie założenia projektu zostały spełnione.
- Naturalne dla człowieka podejście do problemu sprawia, że rozwiązanie jest intuicyjne, bardziej przystępne i zrozumiałe.
- Ilość możliwych posunięć została sprowadzone do niezbędnego minimum, co również ułatwia zrozumienie działania projektu.
- Uniwersalność robota – może być łatwo rozwinięty, by rozwiązywać inne problemy.
- Robot działa dynamicznie, nie wylicza niczego na zapas i dynamicznie reaguje na zmiany zachodzące w polu widzenia, co pomaga uniknąć błędów spowodowanych zakłóceniami obrazu.

Co się udało

- Robot działa, wszystkie założenia projektu zostały spełnione.
- Naturalne dla człowieka podejście do problemu sprawia, że rozwiązanie jest intuicyjne, bardziej przystępne i zrozumiałe.
- Ilość możliwych posunięć została sprowadzone do niezbędnego minimum, co również ułatwia zrozumienie działania projektu.
- Uniwersalność robota – może być łatwo rozwinięty, by rozwiązywać inne problemy.
- Robot działa dynamicznie, nie wylicza niczego na zapas i dynamicznie reaguje na zmiany zachodzące w polu widzenia, co pomaga uniknąć błędów spowodowanych zakłóceniami obrazu.

Co się udało

- Robot działa, wszystkie założenia projektu zostały spełnione.
- Naturalne dla człowieka podejście do problemu sprawia, że rozwiązanie jest intuicyjne, bardziej przystępne i zrozumiałe.
- Ilość możliwych posunięć została sprowadzone do niezbędnego minimum, co również ułatwia zrozumienie działania projektu.
- Uniwersalność robota – może być łatwo rozwinięty, by rozwiązywać inne problemy.
- Robot działa dynamicznie, nie wylicza niczego na zapas i dynamicznie reaguje na zmiany zachodzące w polu widzenia, co pomaga uniknąć błędów spowodowanych zakłóceniami obrazu.

Co się udało

- Robot działa, wszystkie założenia projektu zostały spełnione.
- Naturalne dla człowieka podejście do problemu sprawia, że rozwiązanie jest intuicyjne, bardziej przystępne i zrozumiałe.
- Ilość możliwych posunięć została sprowadzone do niezbędnego minimum, co również ułatwia zrozumienie działania projektu.
- Uniwersalność robota – może być łatwo rozwinięty, by rozwiązywać inne problemy.
- Robot działa dynamicznie, nie wylicza niczego na zapas i dynamicznie reaguje na zmiany zachodzące w polu widzenia, co pomaga uniknąć błędów spowodowanych zakłóceniami obrazu.

Co się udało

- Robot działa, wszystkie założenia projektu zostały spełnione.
- Naturalne dla człowieka podejście do problemu sprawia, że rozwiązanie jest intuicyjne, bardziej przystępne i zrozumiałe.
- Ilość możliwych posunięć została sprowadzone do niezbędnego minimum, co również ułatwia zrozumienie działania projektu.
- Uniwersalność robota – może być łatwo rozwinięty, by rozwiązywać inne problemy.
- Robot działa dynamicznie, nie wylicza niczego na zapas i dynamicznie reaguje na zmiany zachodzące w polu widzenia, co pomaga uniknąć błędów spowodowanych zakłóceniami obrazu.

Co się udało

- Robot działa, wszystkie założenia projektu zostały spełnione.
- Naturalne dla człowieka podejście do problemu sprawia, że rozwiązanie jest intuicyjne, bardziej przystępne i zrozumiałe.
- Ilość możliwych posunięć została sprowadzone do niezbędnego minimum, co również ułatwia zrozumienie działania projektu.
- Uniwersalność robota – może być łatwo rozwinięty, by rozwiązywać inne problemy.
- Robot działa dynamicznie, nie wylicza niczego na zapas i dynamicznie reaguje na zmiany zachodzące w polu widzenia, co pomaga uniknąć błędów spowodowanych zakłóceniami obrazu.

Co zostało do poprawienia

- Wjeżdżając w ślepą uliczkę zaraz za skrzyżowaniem robot nie jest w stanie po obrocie poprawnie ocenić skrzyżowania, gdyż widzi tylko drogę na wprost – problem z długością ślepych uliczek wynikający z budowy robota.
- Robot nie jeździ dokładnie po czarnej linii – co było ujęte w założeniach.
- Rozwiązanie zaprezentowane jest przy połączeniu kablowym, nie bezprzewodowo, co trochę ogranicza robota długością kabla, a sam kabel może generować zakłócenia gdyby znalazł się w polu widzenia.
- Robot jest nastawiony na skręty pod kątem 90 stopni, jednak bez problemu można rozszerzyć rozwiązanie na dowolny kąt.
- Opóźniona reakcja robota na komendy ogranicza maksymalne prędkości z jakimi może się on poruszać.

Co zostało do poprawienia

- Wjeżdżając w ślepą uliczkę zaraz za skrzyżowaniem robot nie jest w stanie po obrocie poprawnie ocenić skrzyżowania, gdyż widzi tylko drogę na wprost – problem z długością ślepych uliczek wynikający z budowy robota.
- Robot nie jeździ dokładnie po czarnej linii – co było ujęte w założeniach.
- Rozwiązanie zaprezentowane jest przy połączeniu kablowym, nie bezprzewodowo, co trochę ogranicza robota długością kabla, a sam kabel może generować zakłócenia gdyby znalazł się w polu widzenia.
- Robot jest nastawiony na skręty pod kątem 90 stopni, jednak bez problemu można rozszerzyć rozwiązanie na dowolny kąt.
- Opóźniona reakcja robota na komendy ogranicza maksymalne prędkości z jakimi może się on poruszać.

Co zostało do poprawienia

- Wjeżdżając w ślepą uliczkę zaraz za skrzyżowaniem robot nie jest w stanie po obrocie poprawnie ocenić skrzyżowania, gdyż widzi tylko drogę na wprost – problem z długością ślepych uliczek wynikający z budowy robota.
- Robot nie jeździ dokładnie po czarnej linii – co było ujęte w założeniach.
- Rozwiązanie zaprezentowane jest przy połączeniu kablowym, nie bezprzewodowo, co trochę ogranicza robota długością kabla, a sam kabel może generować zakłócenia gdyby znalazł się w polu widzenia.
- Robot jest nastawiony na skręty pod kątem 90 stopni, jednak bez problemu można rozszerzyć rozwiązanie na dowolny kąt.
- Opóźniona reakcja robota na komendy ogranicza maksymalne prędkości z jakimi może się on poruszać.

Co zostało do poprawienia

- Wjeżdżając w ślepą uliczkę zaraz za skrzyżowaniem robot nie jest w stanie po obrocie poprawnie ocenić skrzyżowania, gdyż widzi tylko drogę na wprost – problem z długością ślepych uliczek wynikający z budowy robota.
- Robot nie jeździ dokładnie po czarnej linii – co było ujęte w założeniach.
- Rozwiązanie zaprezentowane jest przy połączeniu kablowym, nie bezprzewodowo, co trochę ogranicza robota długością kabla, a sam kabel może generować zakłócenia gdyby znalazł się w polu widzenia.
- Robot jest nastawiony na skręty pod kątem 90 stopni, jednak bez problemu można rozszerzyć rozwiązanie na dowolny kąt.
- Opóźniona reakcja robota na komendy ogranicza maksymalne prędkości z jakimi może się on poruszać.

Co zostało do poprawienia

- Wjeżdżając w ślepą uliczkę zaraz za skrzyżowaniem robot nie jest w stanie po obrocie poprawnie ocenić skrzyżowania, gdyż widzi tylko drogę na wprost – problem z długością ślepych uliczek wynikający z budowy robota.
- Robot nie jeździ dokładnie po czarnej linii – co było ujęte w założeniach.
- Rozwiązanie zaprezentowane jest przy połączeniu kablowym, nie bezprzewodowo, co trochę ogranicza robota długością kabla, a sam kabel może generować zakłócenia gdyby znalazł się w polu widzenia.
- Robot jest nastawiony na skręty pod kątem 90 stopni, jednak bez problemu można rozszerzyć rozwiązanie na dowolny kąt.
- Opóźniona reakcja robota na komendy ogranicza maksymalne prędkości z jakimi może się on poruszać.

Co zostało do poprawienia

- Wjeżdżając w ślepą uliczkę zaraz za skrzyżowaniem robot nie jest w stanie po obrocie poprawnie ocenić skrzyżowania, gdyż widzi tylko drogę na wprost – problem z długością ślepych uliczek wynikający z budowy robota.
- Robot nie jeździ dokładnie po czarnej linii – co było ujęte w założeniach.
- Rozwiązanie zaprezentowane jest przy połączeniu kablowym, nie bezprzewodowo, co trochę ogranicza robota długością kabla, a sam kabel może generować zakłócenia gdyby znalazł się w polu widzenia.
- Robot jest nastawiony na skręty pod kątem 90 stopni, jednak bez problemu można rozszerzyć rozwiązanie na dowolny kąt.
- Opóźniona reakcja robota na komendy ogranicza maksymalne prędkości z jakimi może się on poruszać.