

Roboty mobilne

Określanie pozycji robota na podstawie mapy

Przypomnienie

- Samolokalizacja zliczeniowa (odometria)
- Dodatkowy pomiar kąta (giroskopy, kompasy)
- Czujniki odległości od przeszkód:
 - podczerwień
 - sonary
 - czujniki laserowe
- Samolokalizacja za pomocą znaczników (namiarowa):
 - znaczniki specjalnej konstrukcji (optyczne i radiowe)
 - naturalne obiekty orientacyjne
 - sztucznie dodane obiekty orientacyjne

Pozycjonowanie na mapie

- Wstępne wprowadzenie globalnej mapy otoczenia
- Tworzenie mapy lokalnego otoczenia robota na podstawie danych z układów sensorycznych
 - filtrowanie danych z sensorów
 - agregacja danych
- Porównanie map i próba dopasowania
 - uwzględnienie danych o przybliżonych współrzędnych robota
- Określenie aktualnego położenia i orientacji robota (jeżeli dopasowanie zakończone powodzeniem)

Zalety metody

- Brak potrzeby wprowadzania modyfikacji otoczenia
- Metoda może być także użyta do odświeżania danych na mapie - mapa ta może być później użyteczna do innych zadań
- Metodę można wykorzystać do uczenia robota - robot zapamiętuje swoje otoczenie

Wady metody

- Elementy otoczenia ujęte na mapie muszą być nieruchome (są prace opisujące metody nawigacji, gdy elementy otoczenia poruszają się w znany i określony sposób)
- Mapa wstępna powinna być odpowiednio dokładna (można poprawić przez uczenie)
- Czujniki powinny zapewniać dostateczną dokładność
- Musi być do dyspozycji odpowiednia moc obliczeniowa

Większość prac prowadzona jest w stosunkowo mało skomplikowanych obszarach roboczych w warunkach laboratoryjnych

Mapa

Ogólna charakterystyka mapy:

- użyteczny obraz otoczenia
- zawartość:
 - punktowe obiekty charakterystyczne
 - obiekty liniowe
 - własności obszaróww postaci umownych znaków graficznych
- istotne cechy:
 - uproszczenia (pominięcie mało ważnych szczegółów)
 - dostateczna dokładność
 - przejrzystość

Mapa otoczenia robota

- Komputerowa reprezentacja otoczenia robota
- Zawiera informacje o rozmieszczeniu istotnych dla robota cech otoczenia:
 - przeszkód
 - znaczników specjalnych
 - obiektów charakterystycznych
 - celu
 - samego robota
- Musi mieć postać:
 - łatwą do zapamiętania w postaci komputerowej
 - ułatwiającą dalsze przekształcenia:
 - porównania
 - uaktualnienia

Rodzaje map

Mapy geometryczne:

reprezentacja obiektów zgodna z ich wzajemnymi relacjami geometrycznymi we współrzędnych bezwzględnych

- mapy rastrowe
- mapy liniowe
- mapy wielokątowe

Mapy topologiczne:

reprezentacja obiektów i relacji między tymi obiektami

- mapy grafowe (węzły - obiekty i łuki - relacje)

Mapa rastrowa

- Reprezentacja otoczenia robota
- Siatka takich samych komórek (kwadraty, sześciokąty, trójkąty)
- Każdej komórce odpowiada konkretny obszar w otoczeniu robota
- Z każdą komórką związana informacja o prawdopodobieństwie zajętości tej komórki przez przeszkodę

Zalety i wady map rastrowych

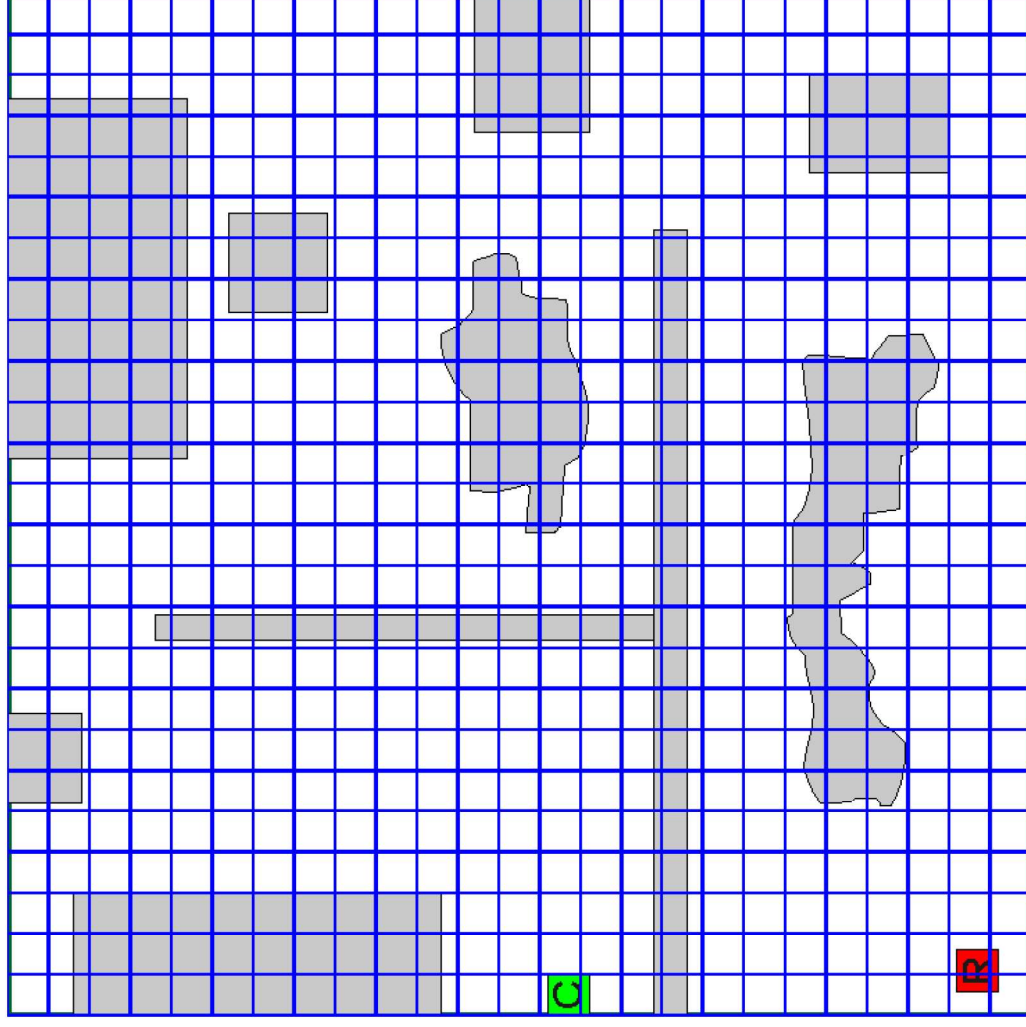
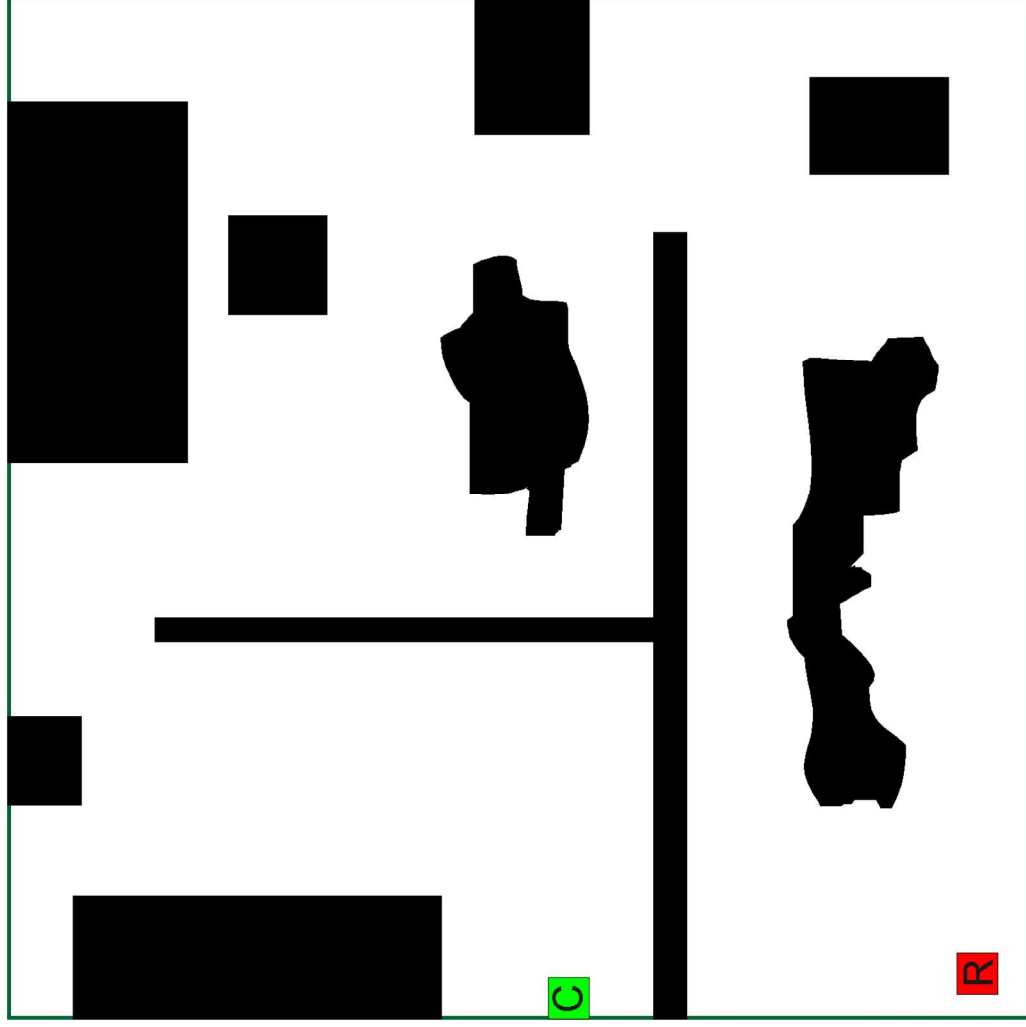
Zalety:

- duża dokładność
- dość szybkie obliczenia (szybkie budowanie)
- łatwe łączenie danych z wielu czujników
- łatwość użycia metod statystycznych

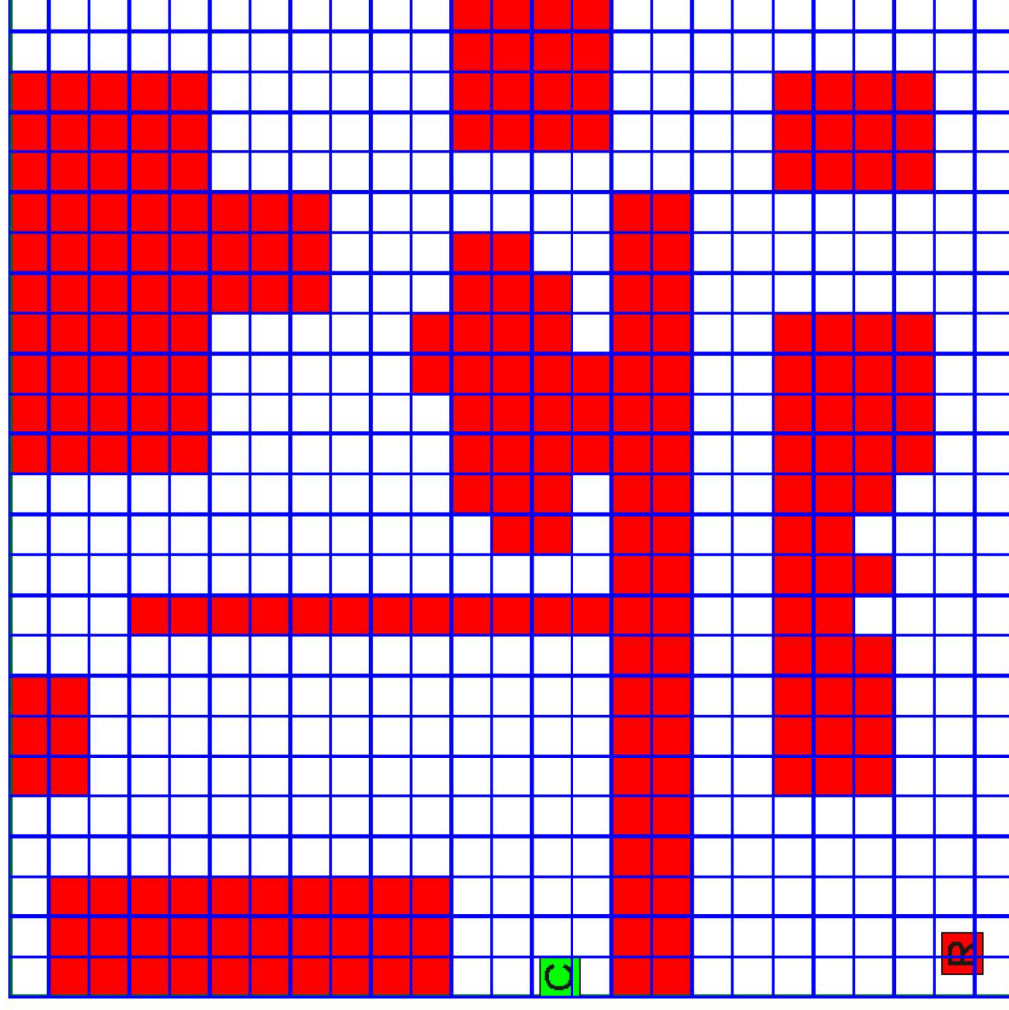
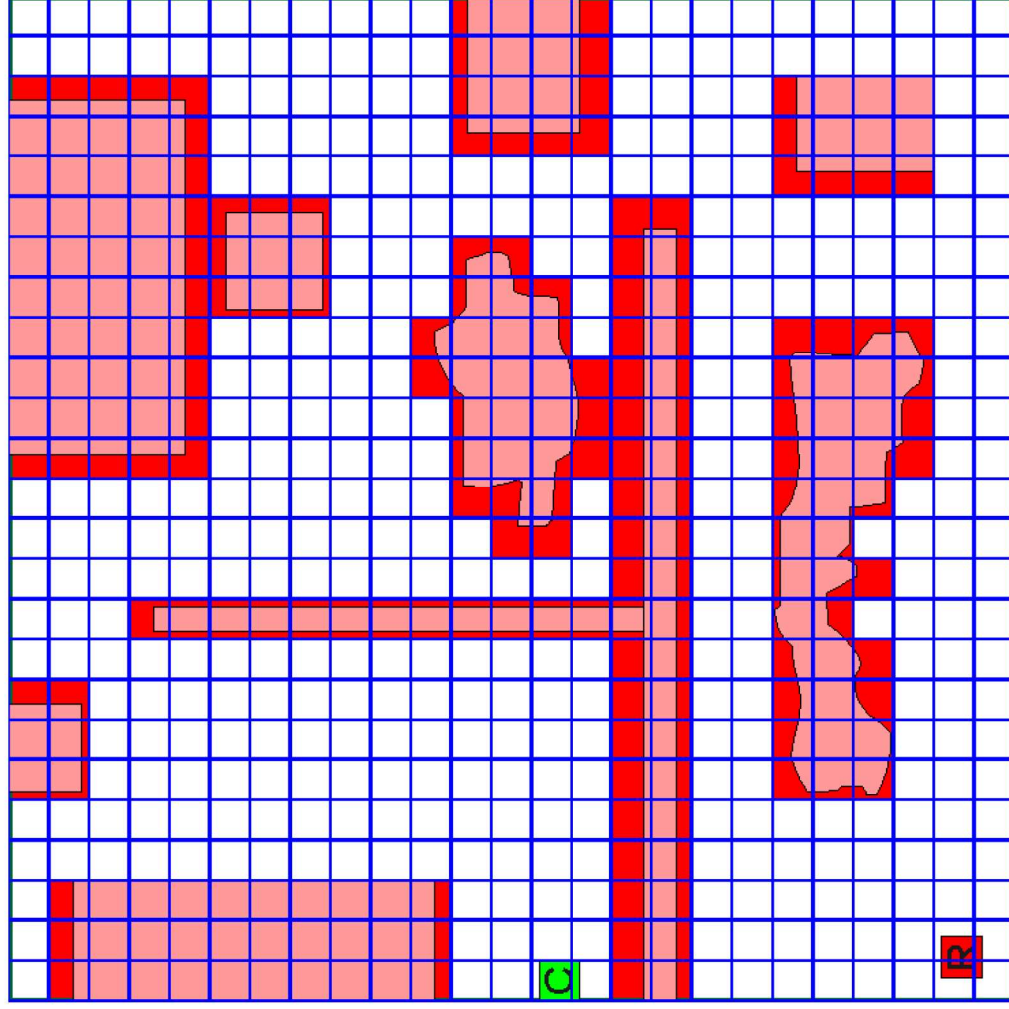
Wady:

- znaczna wielkość obszaru niepewności
- kłopoty z modelowaniem obiektów ruchomych
- skomplikowane obliczenia lokalizacji robota

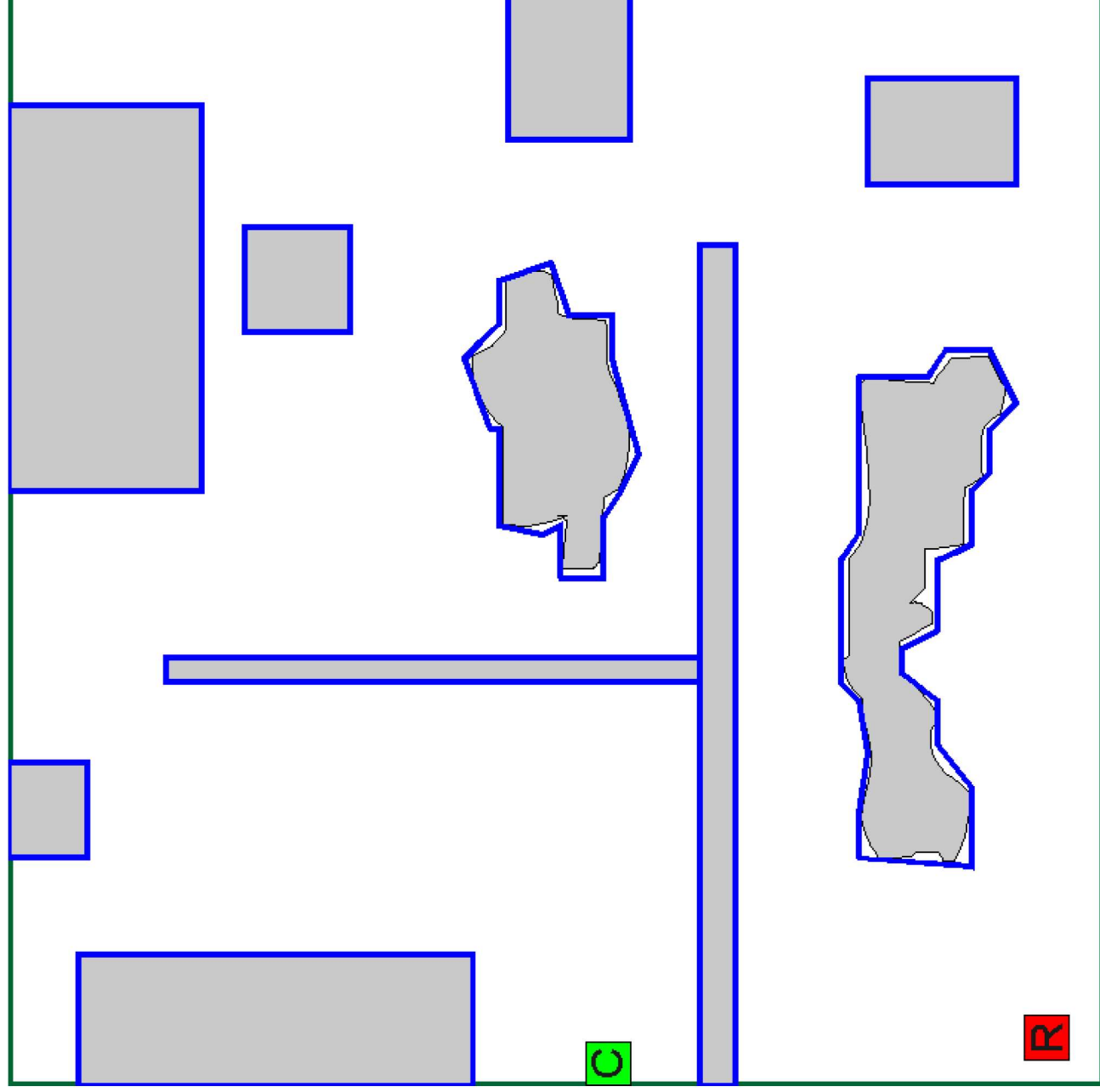
Przykład mapy rastrowej



Przykład mapy rastrowej



Przykład mapy wielokątowej (wektorowej)



Mapa topologiczna

- Węzeł grafu - obiekt charakterystyczny:
 - pokój
 - wnęka
 - drzwi
 - korytarz
 - znacznik
 - ...
- Łuk grafu - relacja między obiektami:
 - określenie zależności obiektów względem siebie
 - informacja o wzajemnych relacjach obiektów: *przed, za, obok, daleko, blisko*
 - brak dokładnej informacji o odległościach

Zalety i wady map topologicznych

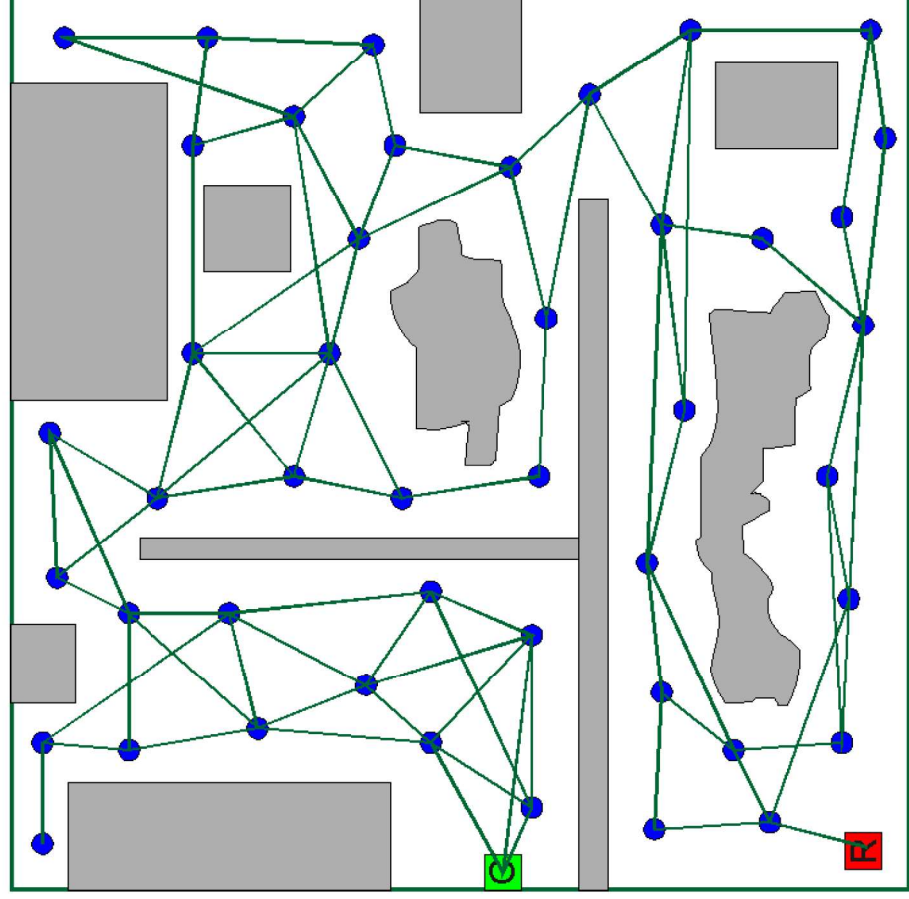
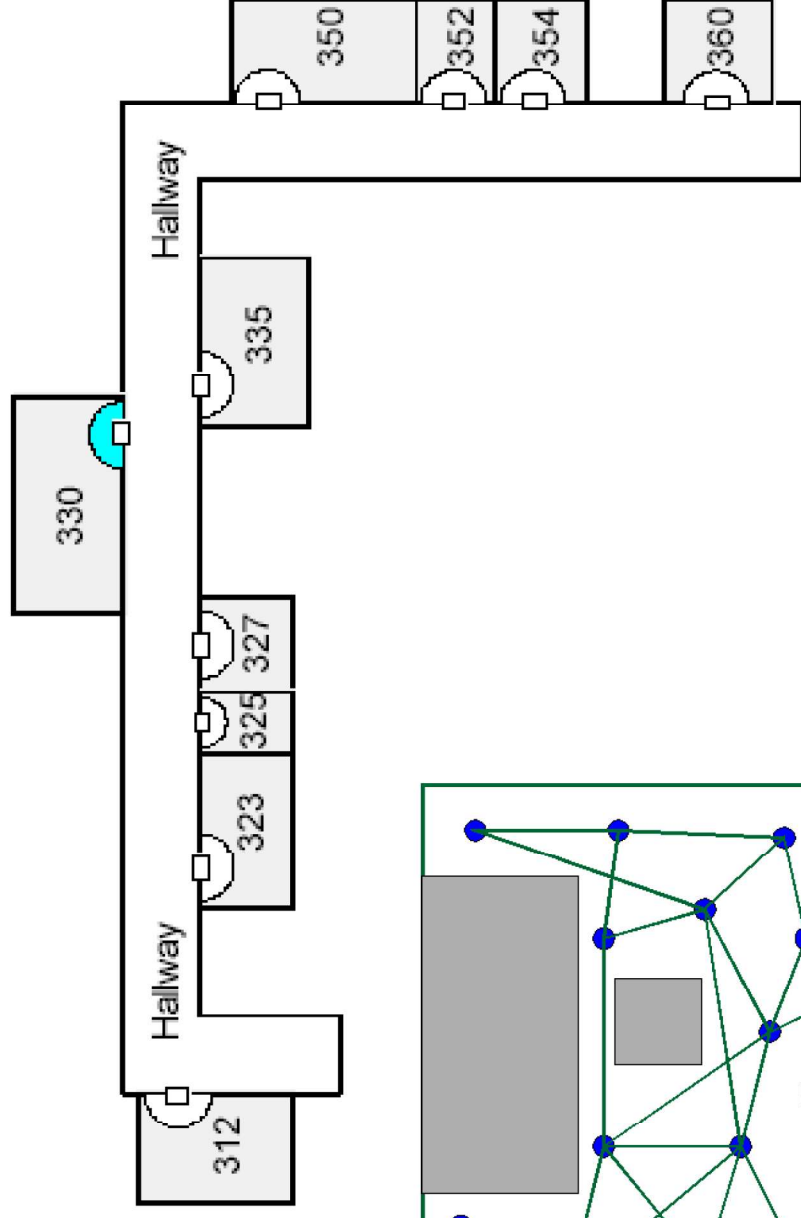
Zalety:

- mała zajętość pamięci
- możliwość tworzenia bez dokładnej samolokalizacji robota
- błędy reprezentacji otoczenia nie zależą od błędów samolokalizacji

Wady

- złożone metody obliczeniowe
- konieczność ustalenia wysokiego poziomu abstrakcji

Przykłady map topologicznych



Budowanie mapy (1)

Dwa przypadki:

1. Robot sam tworzy mapę
2. Robot otrzymał mapę przed rozpoczęciem pracy

Zadanie:

Mając:

- zestawienie współrzędnych robota
- odpowiadające współrzędnych zestawienie wyników pomiarów

określić:

- co „widzą” układy sensoryczne?

Budowanie mapy (2)

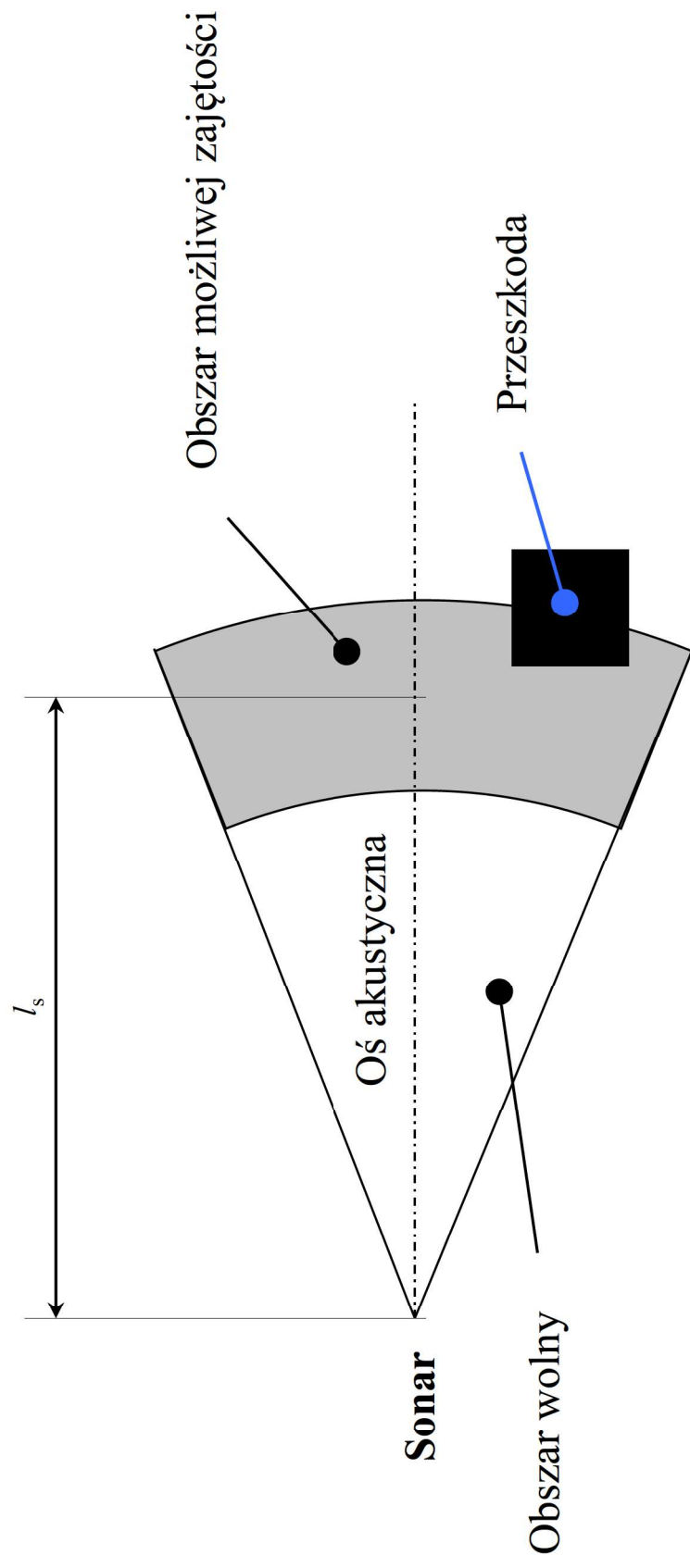
A

1. Wyselekcjonowanie cech otoczenia z surowych danych z czujników
2. Agregacja danych z różnych czujników
3. Tworzenie modelu otoczenia

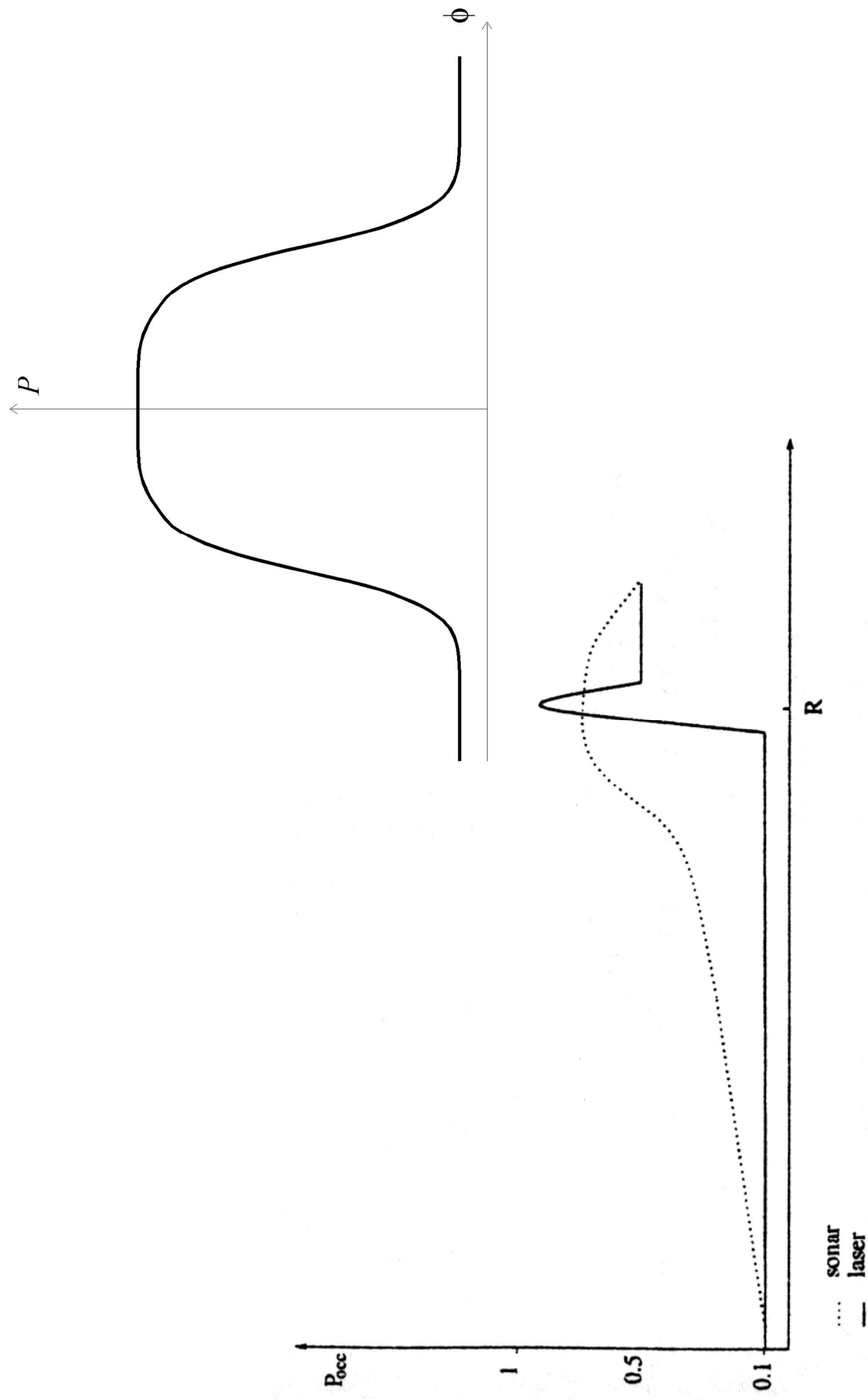
B

1. Utworzenie modelu najczęściej spotykanych efektów pracy czujników
2. Określenie dopasowania obserwowanego modelu do posiadanego modelu otoczenia
3. Modyfikacja własnego modelu otoczenia

Model sonaru i skanera laserowego



Model sonaru i skanera laserowego



Agregacja danych z układów sensorycznych

Nie można otrzymać idealnego obrazu otoczenia za pomocą czujników jednego typu.

Metody agregacji danych z różnych czujników:

- metoda Bayesa
- metoda Dempstera-Shafera
- metoda zbiorów rozmytych (logika rozmyta)

Powyższe metody mogą zastąpić również filtr Kalmana w celu uzyskiwania coraz dokładniejszych wyników przy wielokrotnym użyciu czujników jednego rodzaju (np. sonarów)

Ogólny cel - minimalizacja wpływu błędów czujników na mapę

Metoda agregacji Bayesa

- P_Z - prawdopodobieństwo zajętości
- P_W - prawdopodobieństwo niezajętości
- początkowo dla każdej klatki $P_Z = P_W = 0.5$
- jeżeli na podstawie czujników można aktualizować wiedzę o konkretnej klatce, to używa się wzoru:

$$P_Z + P_W = 1$$

$$P_Z^{nowe} = \frac{P_Z^{stare} \cdot P_Z}{P_Z^{stare} \cdot P_Z + P_W^{stare} \cdot P_W}$$

Metoda agregacji Dempstera-Shafera

- h - współczynnik wiarygodności hipotezy, $h_Z + h_W + h_N = 1$ że:

- h_Z - klatka jest zajęta
- h_W - klatka jest wolna

h_N - poziom ufności dla powyższych hipotez

- początkowo:

$$h_Z = h_W = 0.5$$

$$h_N = 0$$

UWAGA Wzory zaczerpnięte z literatury – mogą być błędy

$$h_Z^n = \frac{h_W^p \cdot h_W + h_W^p \cdot h_N + h_W^p \cdot h_N^p}{1 - h_Z^p \cdot h_W + h_W^p \cdot h_Z}$$

$$h_W^n = \frac{h_Z^p \cdot h_Z + h_Z^p \cdot h_N + h_Z^p \cdot h_N^p}{1 - h_Z^p \cdot h_W + h_W^p \cdot h_Z}$$

$$h_N^n = \frac{h_N^p \cdot h_N}{1 - h_Z^p \cdot h_W + h_W^p \cdot h_Z}$$

Metody dopasowania map

- ograniczenie zasięgu dopasowania
- metody momentowe (komputerowe przetwarzanie obrazów)
- podział mapy na segmenty
- poszukiwanie krawędzi
- poszukiwanie naroży

Nawigacja na podstawie map (podsumowanie)

- Duże wymagania dokładności czujników i możliwości obliczeniowych
- Potrzeba przybliżonej informacji o położeniu

Co wymaga dalszych badań:

- agregacja danych z układów sensorycznych
- algorytmy porównywania i dopasowywania map
- dobre modele błędów układów sensorycznych
- wydajne algorytmy łączenia map lokalnych w globalną

- **Nowsze podejście** – jednoczesne tworzenie mapy oraz samolokalizacja na niej, ang. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)