

# SLAM

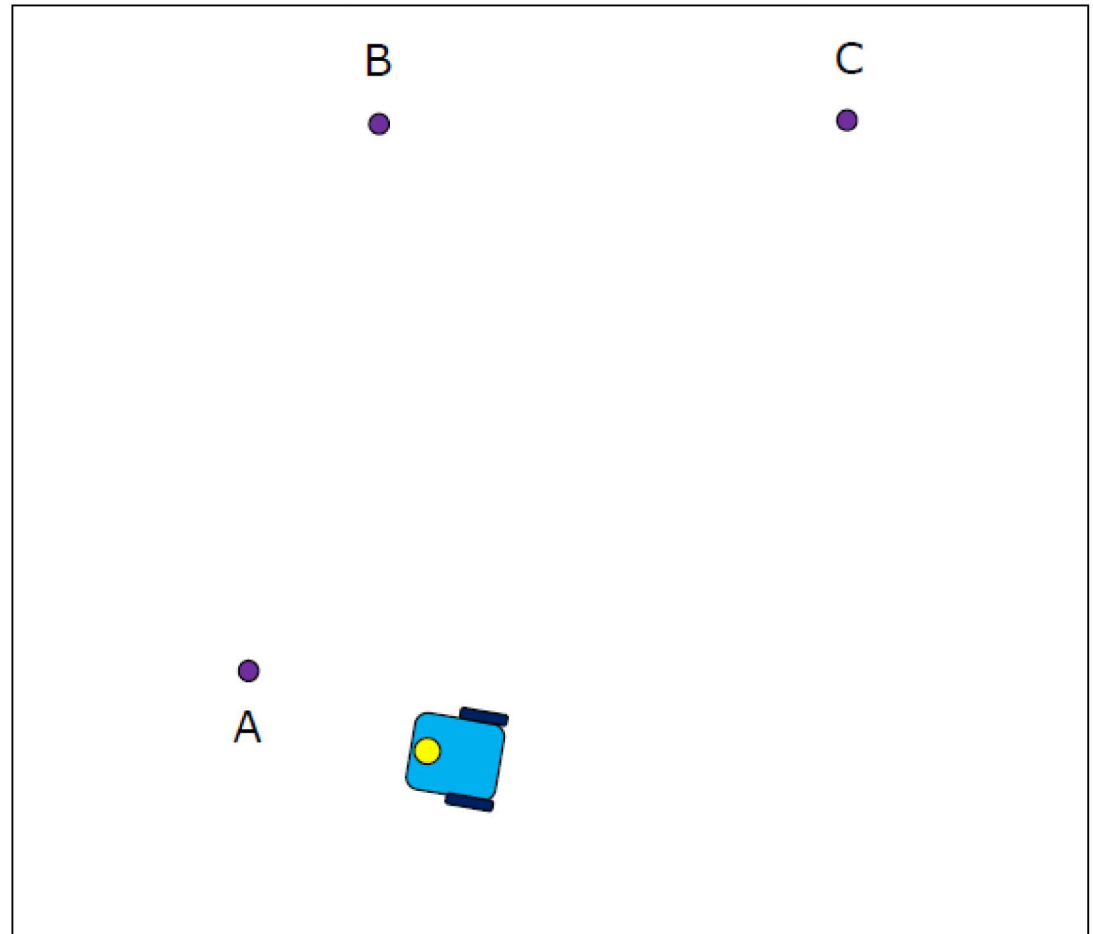
## Równoczesne mapowanie oraz lokalizacja

# SLAM

- SLAM: Simultaneous Localization and Mapping
  - równoczesna lokalizacja i budowanie mapy
- W tym samym czasie:
  - szacowanie położenia i orientacji robota
  - tworzenie mapy otoczenia
- Z czego wynikają trudności?
  - mapa jest potrzebna do lokalizacji
  - precyzyjne oszacowanie położenia niezbędne do tworzenia mapy
- Zalety:
  - proces przebiega automatycznie
  - robot uczy się otoczenia
  - jest możliwość dopasowywania się do dynamicznych zmian
- Najczęściej stosowany aparat matematyczny:
  - EKF – Extended Kalman Filter

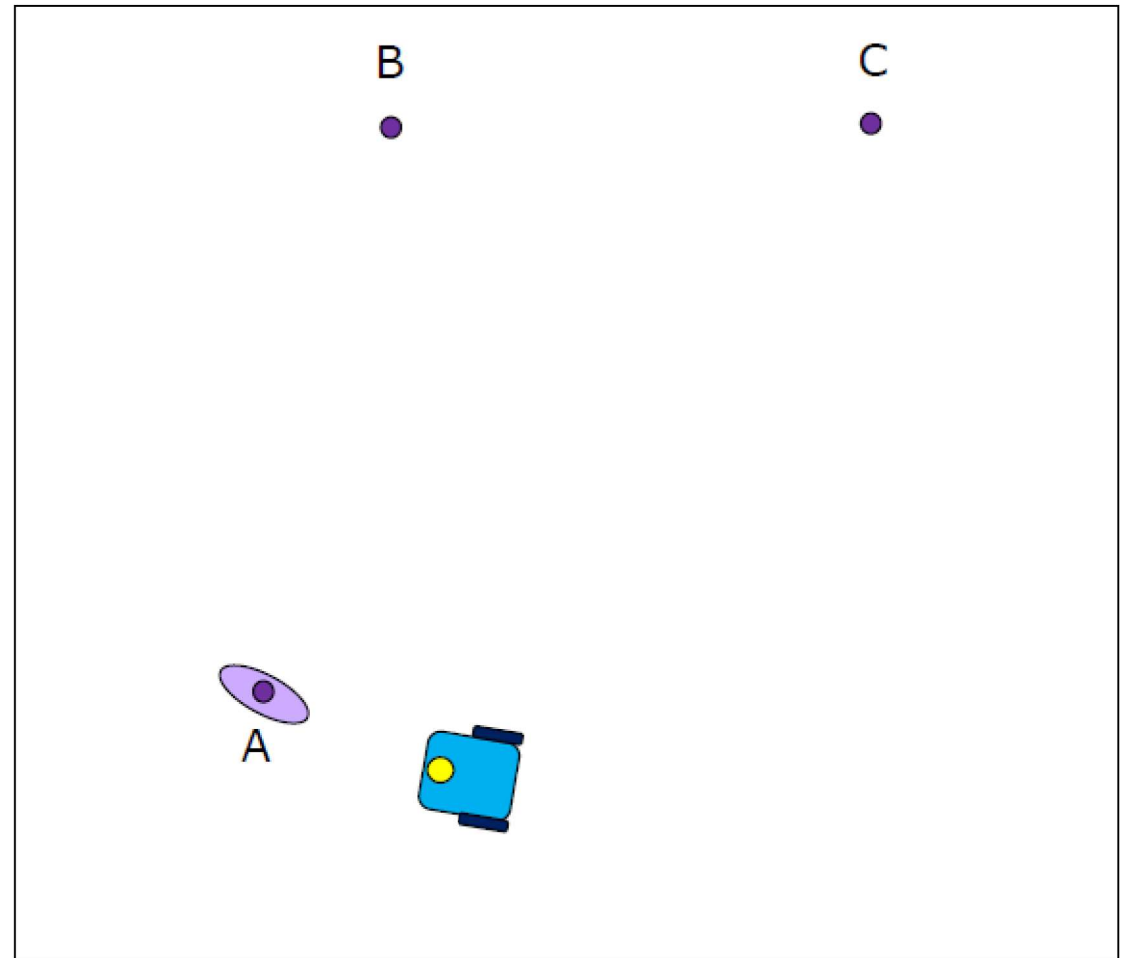
# SLAM - jak to działa (1)

- Dane wstępne:
  - położenia znaczników
  - parametry czujników
- Założenie początkowe:
  - niepewność początkowa jest zerowa



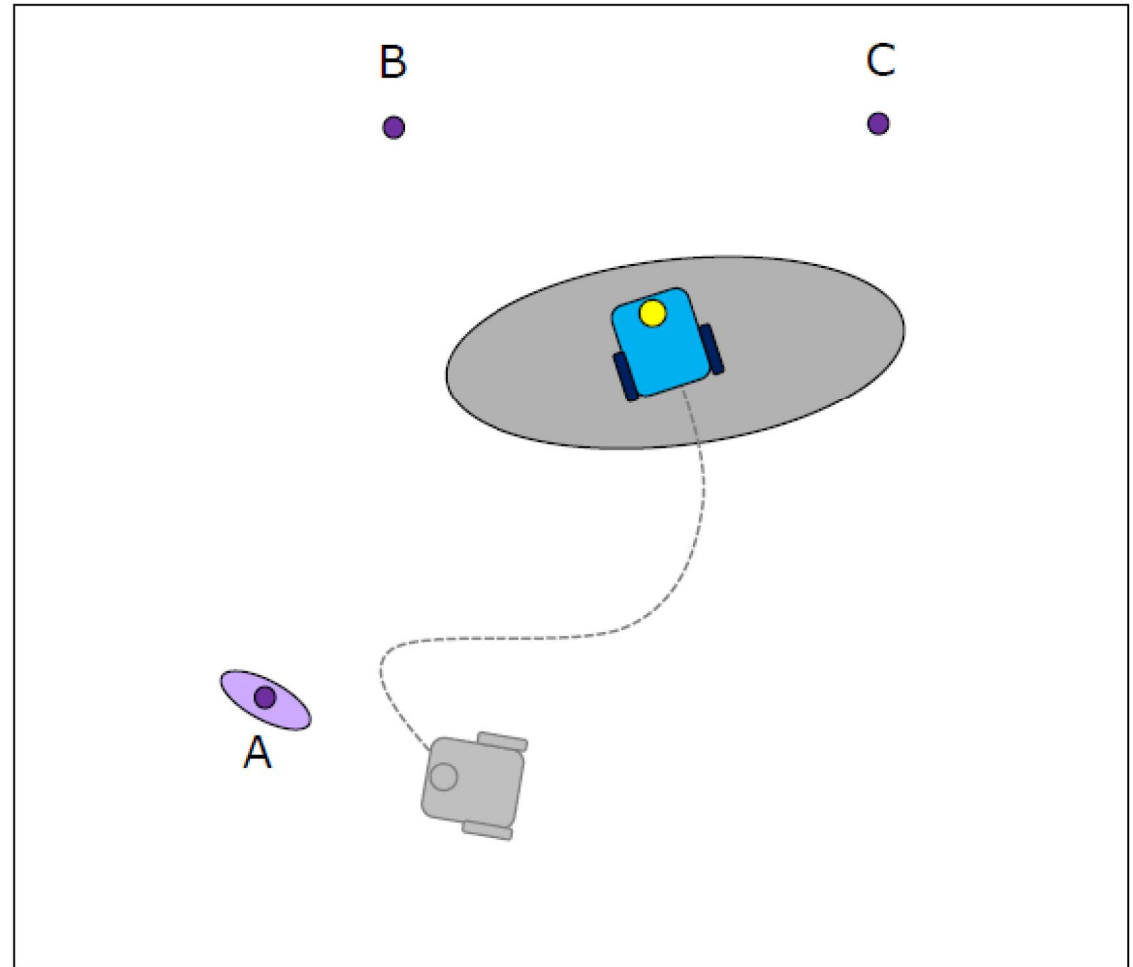
# SLAM - jak to działa (2)

- Robot obserwuje obiekt i identyfikuje go jako znacznik. [A]
- Znacznik wraz z danymi o niepewności (na podstawie modelu czujnika) trafia na mapę



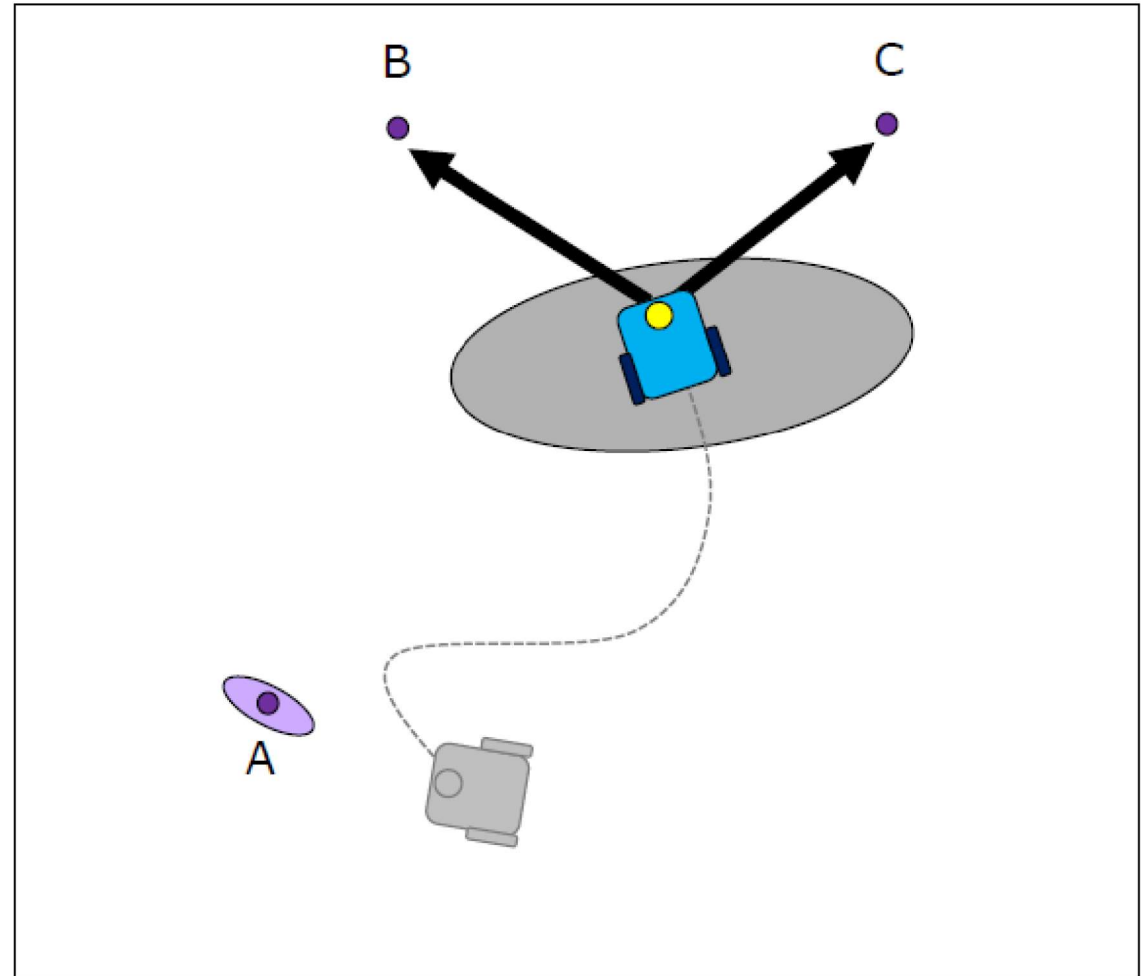
# SLAM - jak to działa (3)

- W czasie jazdy robota rośnie niepewność jego położenia (błędy odometrii)



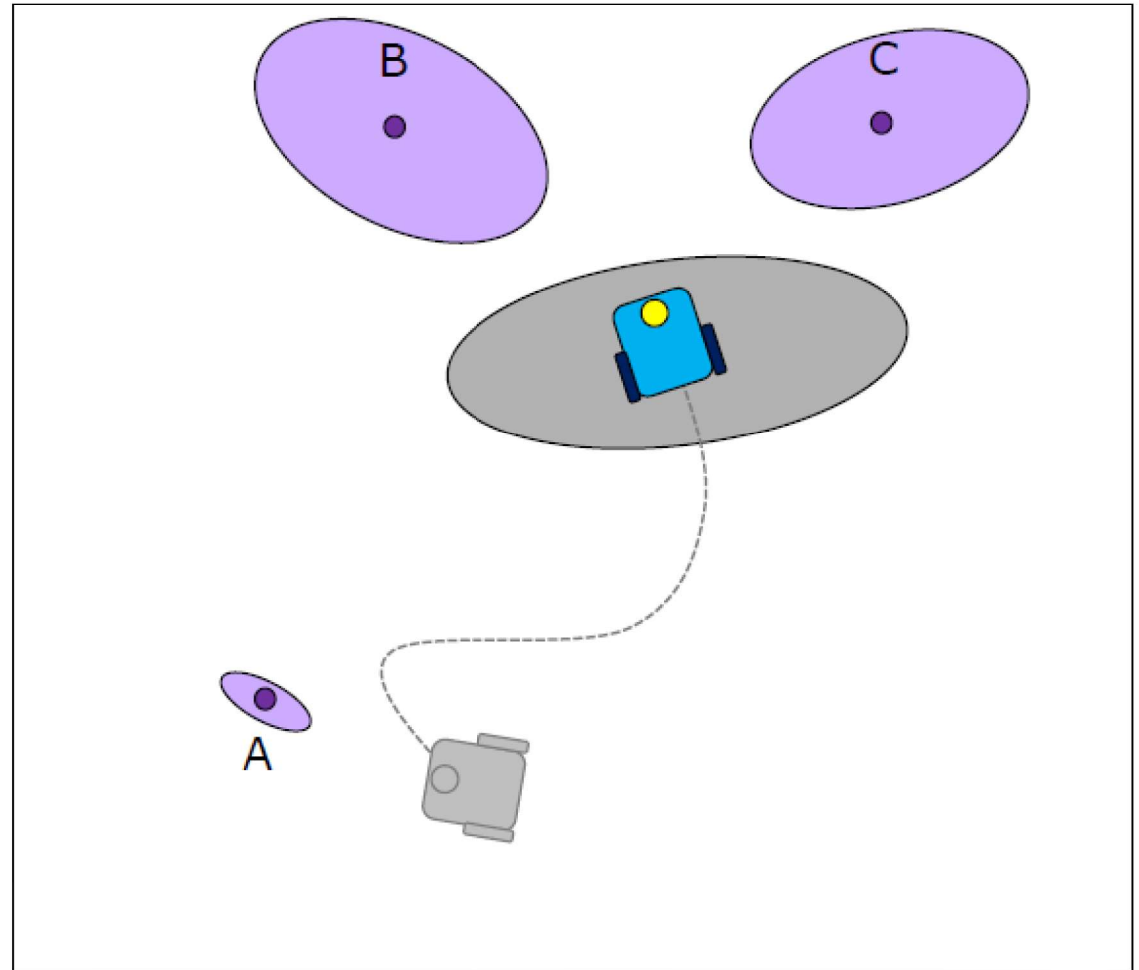
# SLAM - jak to działa (4)

- Robot zauważa dwa nowe obiekty, które identyfikuje jako znaczniki [B, C]



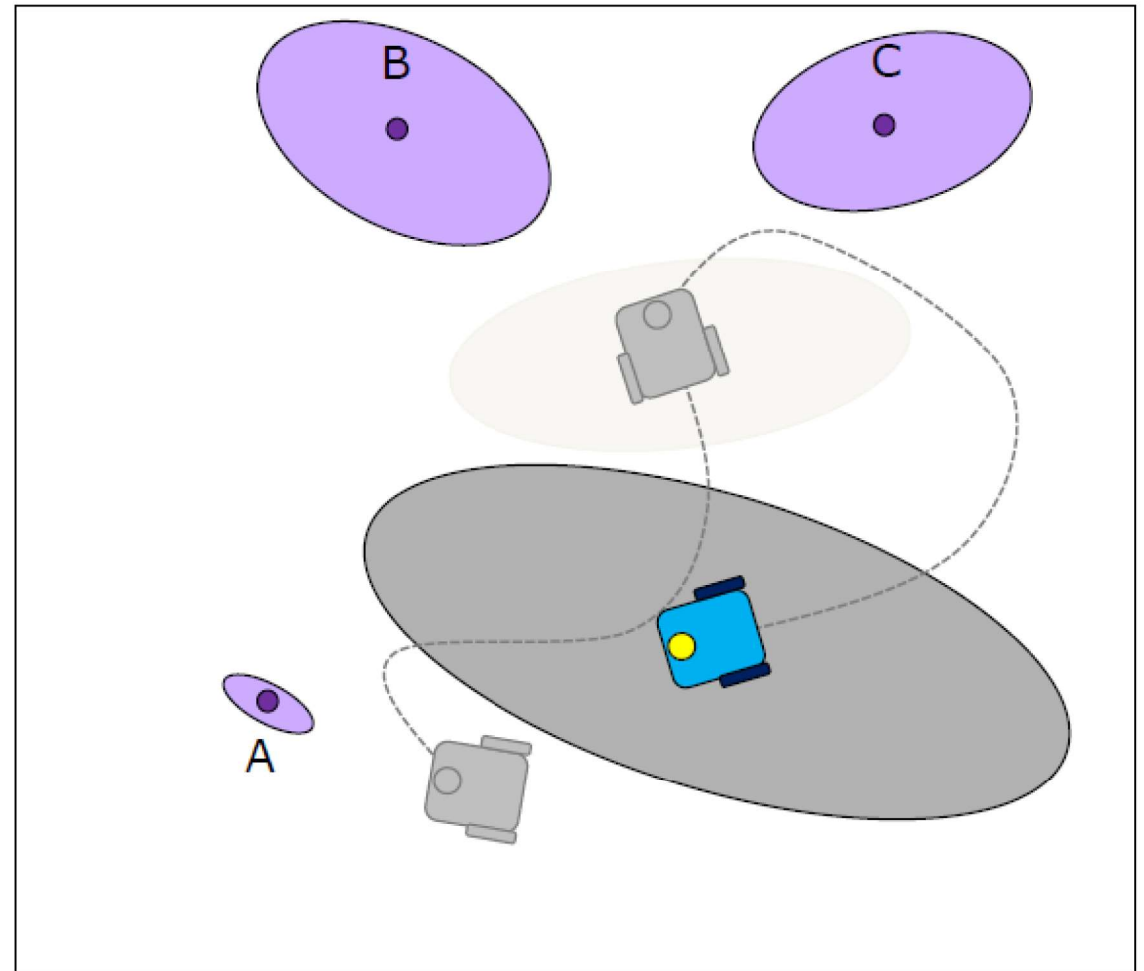
# SLAM - jak to działa (5)

- Niepewność położenia znaczników jest efektem błędu pomiaru położenia względem robota oraz błędu położenia robota
- Mapa będzie tworzona względem oszacowania położenia robota



# SLAM - jak to działa (6)

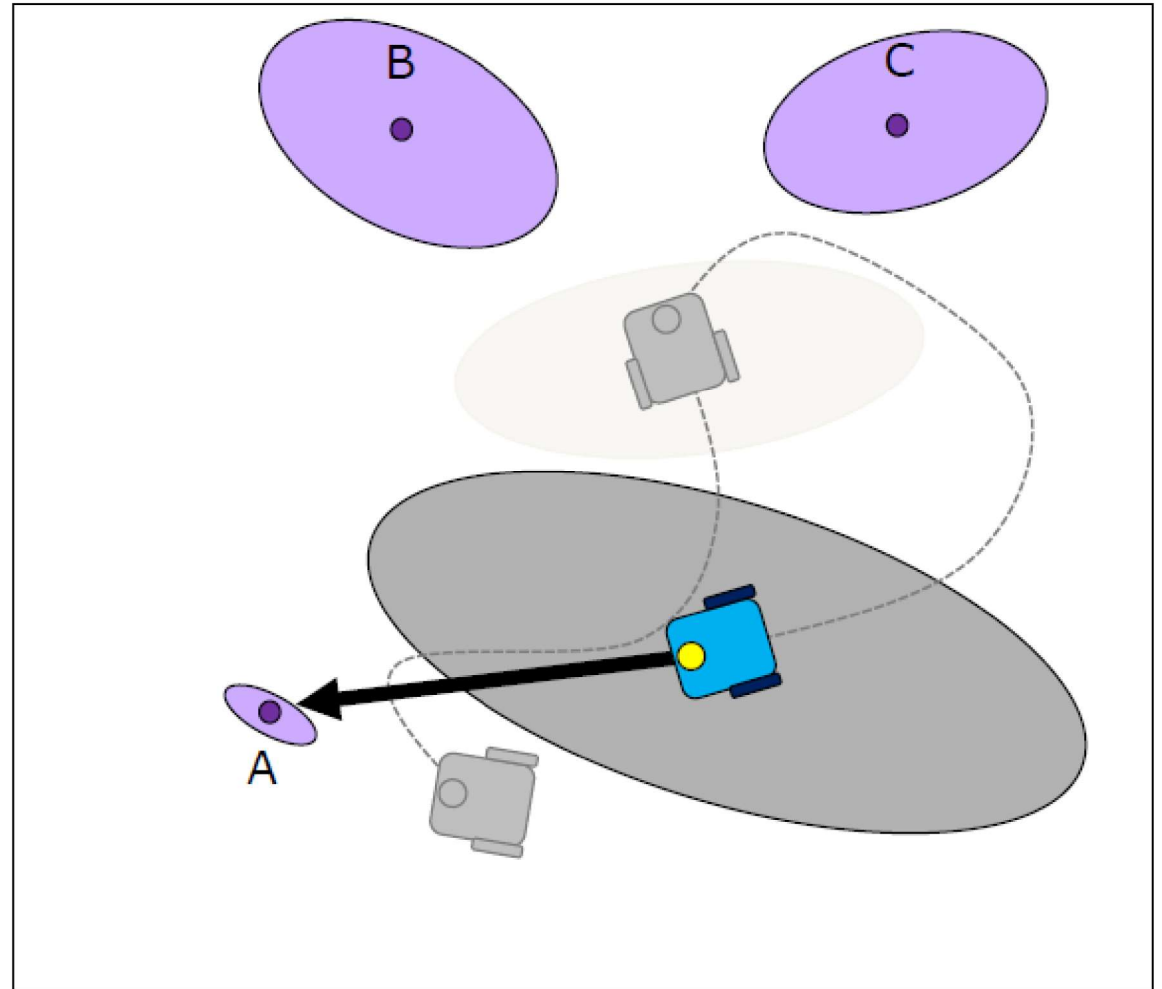
- Robot nadal się porusza, a niepewność oszacowania jego położenia rośnie (kumulują się błędy odometrii)





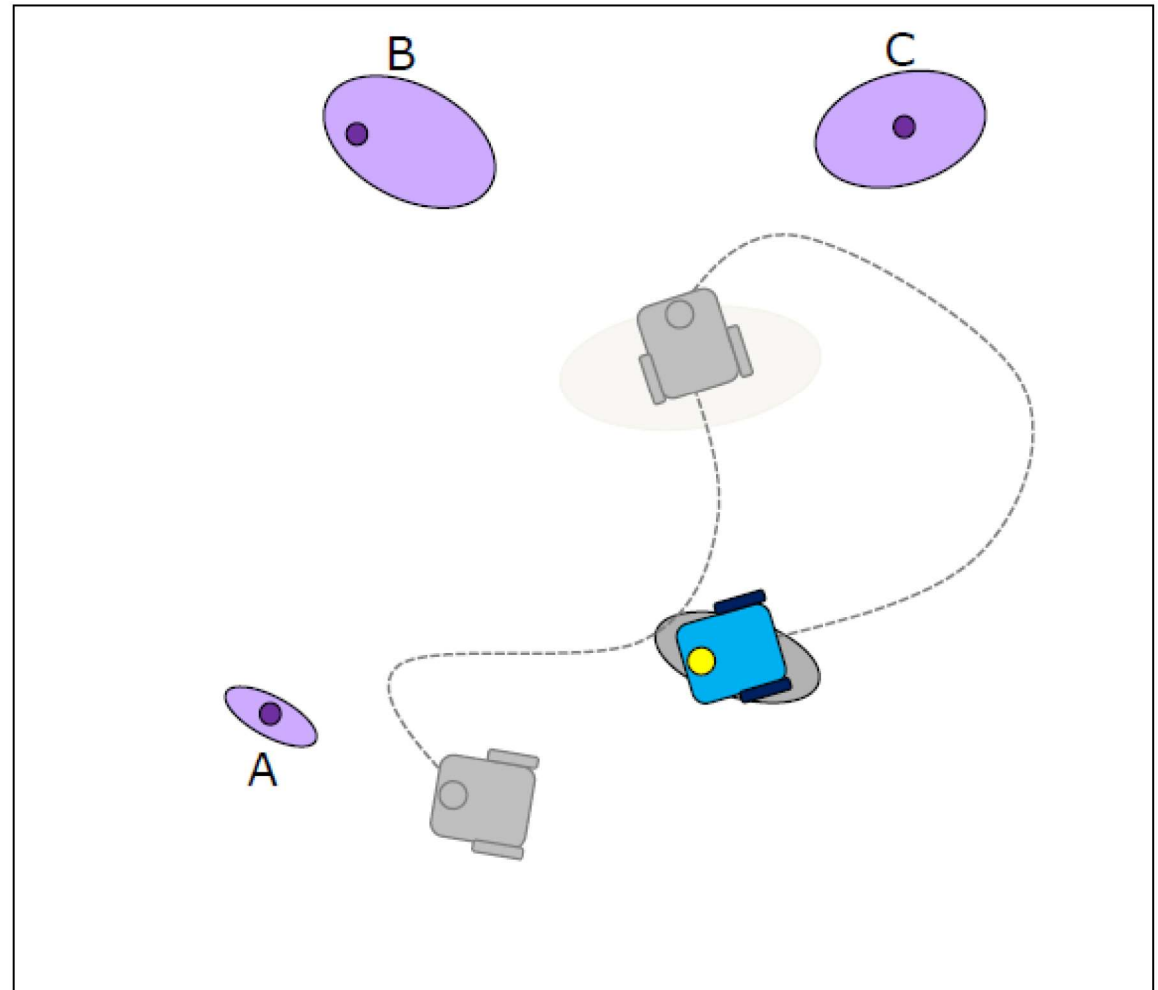
# SLAM - jak to działa (7)

- Robot powtórnie obserwuje wcześniej widziany obiekt [A]
- System SLAM wykrywa znalezienie zamknięcia pętli



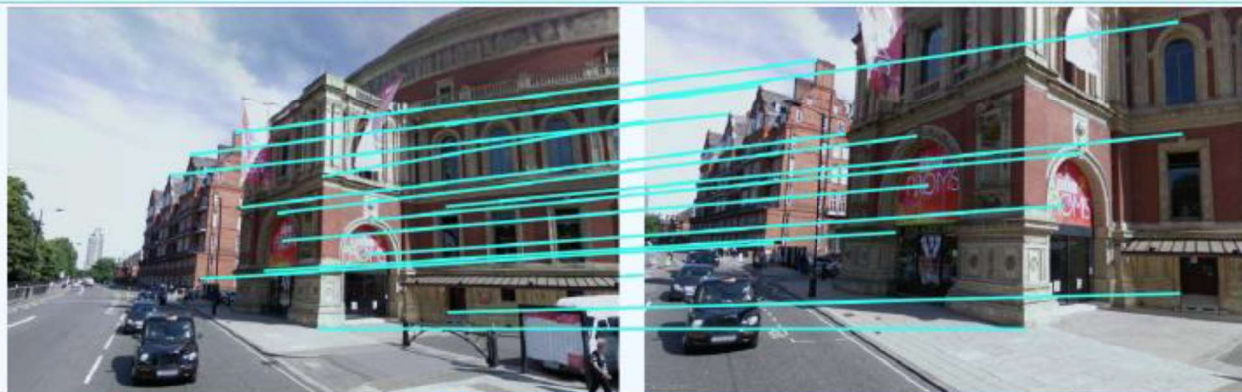
# SLAM - jak to działa (8)

- Robot koryguje oszacowanie swojego położenia
- Niepewność oszacowania położenia robota maleje
- W ślad za tym idzie zmniejszenie niepewności reszty mapy [A, B, C]

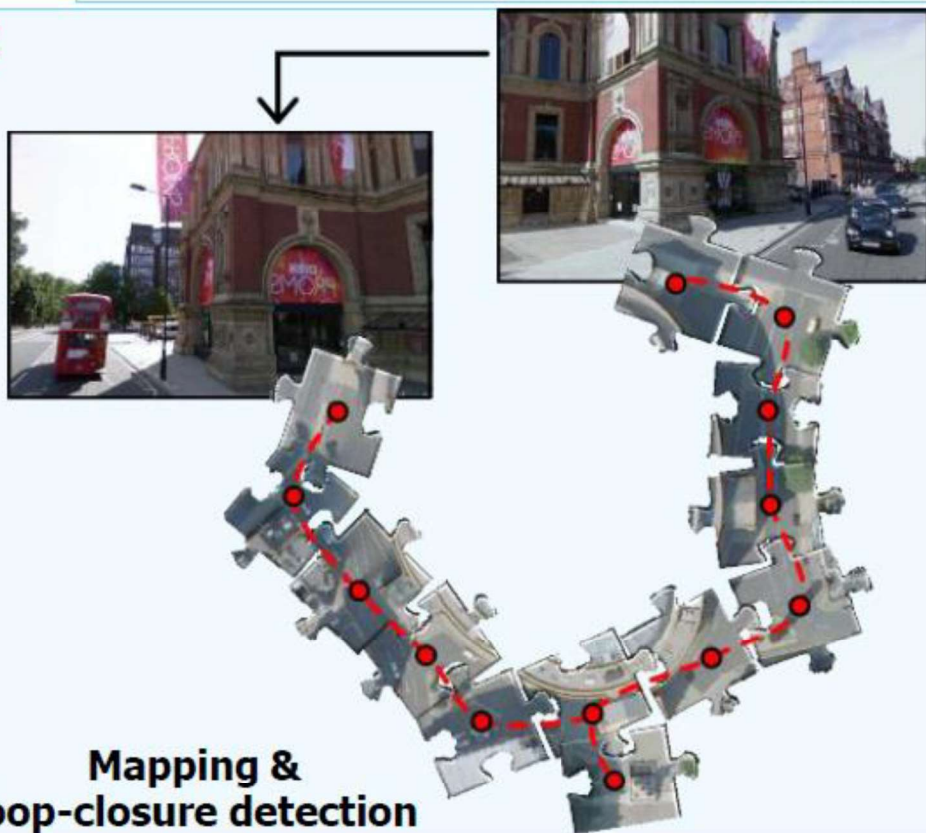


1

### Robust local motion estimation



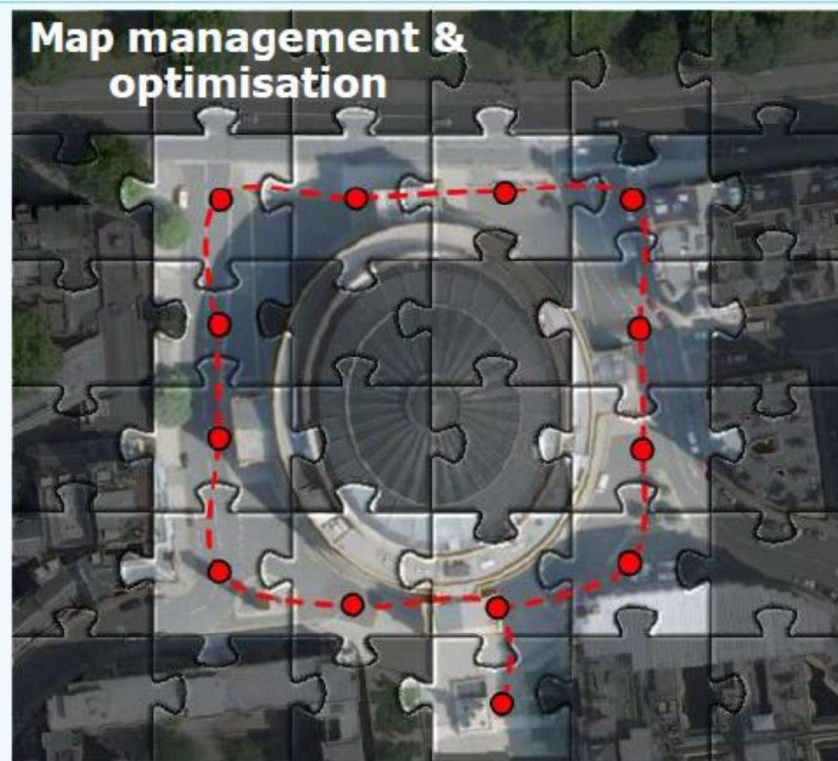
2



### Mapping & loop-closure detection

3

### Map management & optimisation

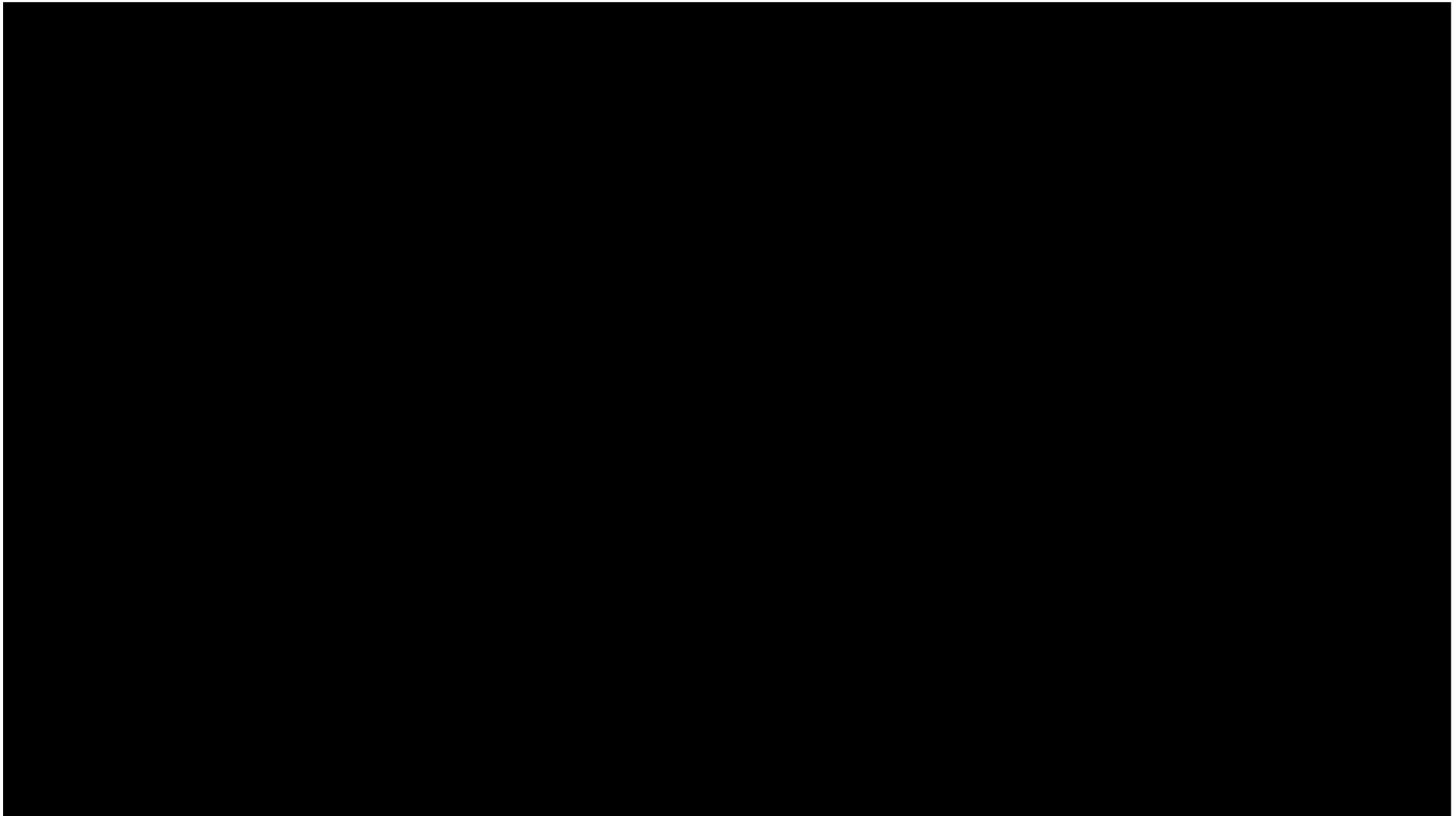


[Chli, PhD Thesis 2009]

Margarita Chli, July 2011

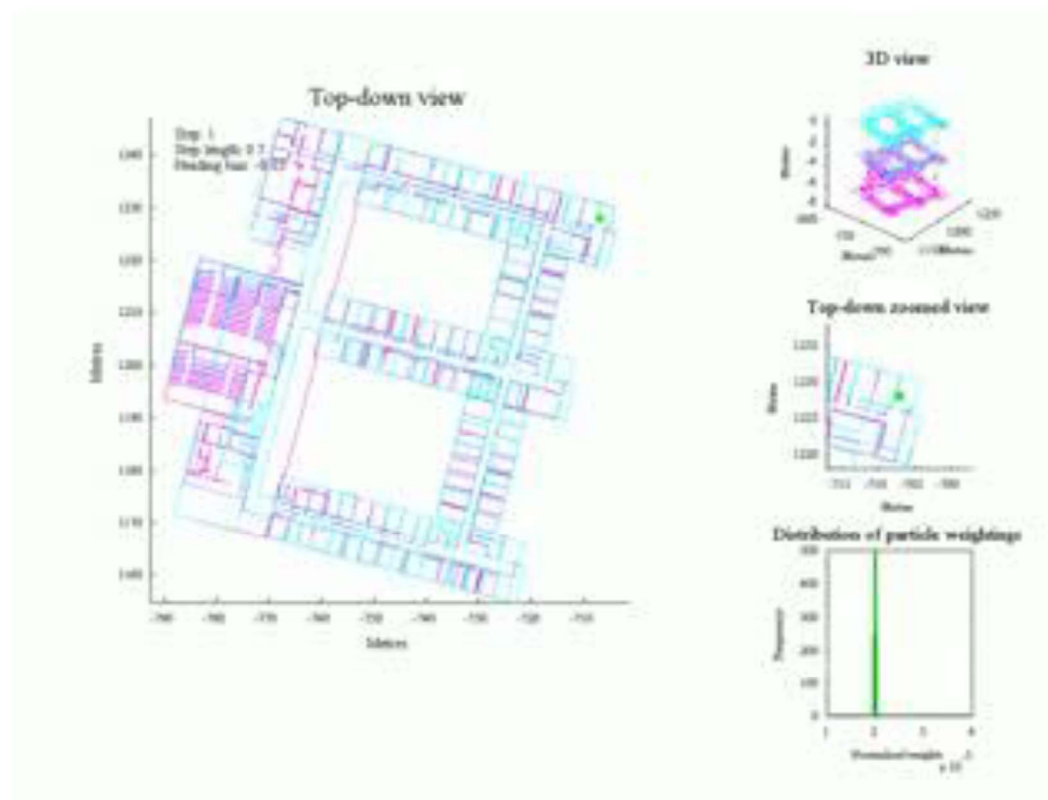
# SLAM w symulacji

- Po lewej: tworzenie mapy
- Po prawej: zasymulowane środowisko
- Okresowo: zauważalna modyfikacja utworzonej mapy (po zamknięciu pętli)



# SLAM z wizją

- Ruch po trzech kondygnacjach (nawigacja 3D) – kondygnację widać na *3D view*
- Obserwacja otoczenia za pomocą kamery
- Linia czerwona kropkowa: samolokalizacja na podstawie układu pomiarów bezwładnościowych (akcelerometry)
- Linia zielona: szacowanie poprzez SLAM
- Widać korygowanie przebiegu zielonej linii



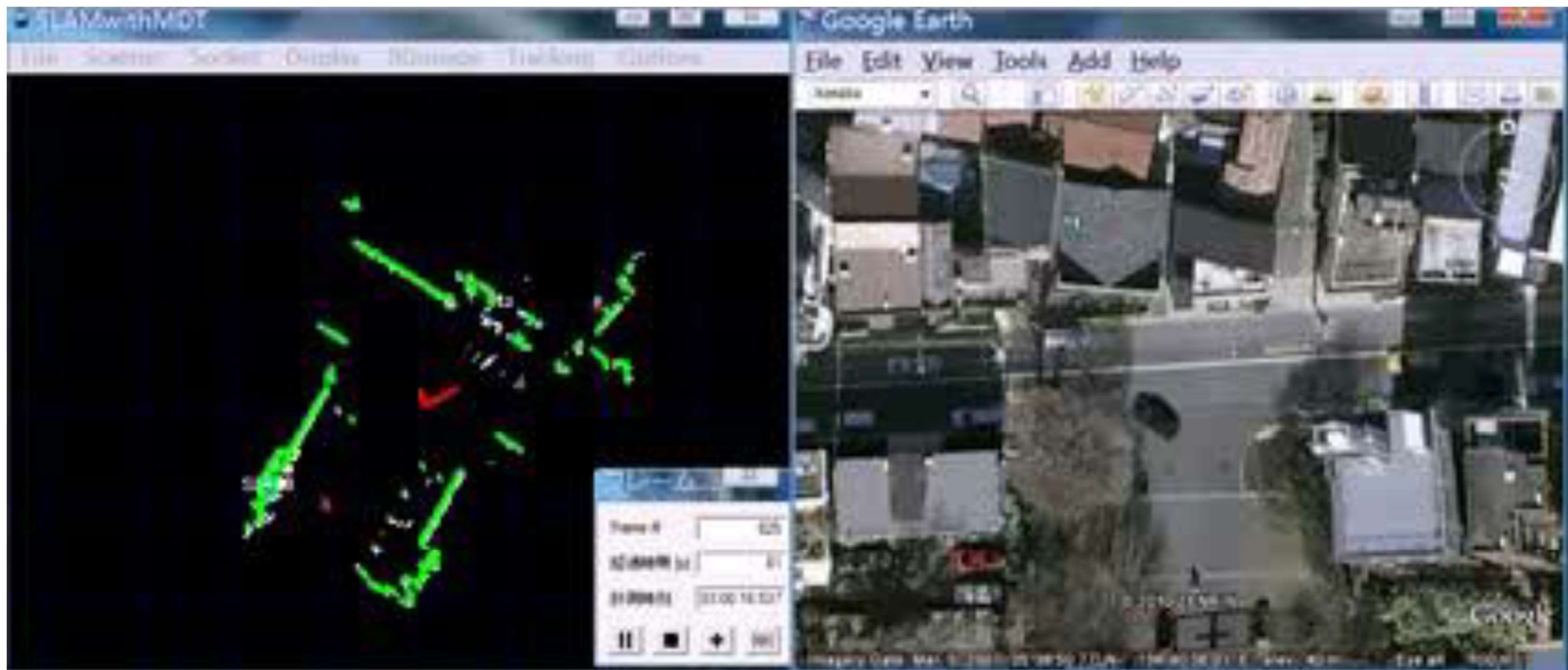
# SLAM – odkurzacz

- Obserwacja za pomocą kamery podsufitowej (w celu rejestrowania obrazu)
- Czujniki pokładowe robota: dotykowe i ultradźwiękowe
- Tworzenie mapy zajętości
- Na koniec powrót do stacji dokującej



# SLAM – pojazd drogowy

- Brak GPS
- Czujnik: skaner laserowy
- Niebieska linia – tor samochodu wg SLAM
- Zielone linie – nieruchome krawędzie znalezione w otoczeniu
- Czerwone linie i punkty – obiekty ruchome
- Czerwona linia na mapie – rzeczywiste położenie



# SLAM – rozpoznawanie otoczenia

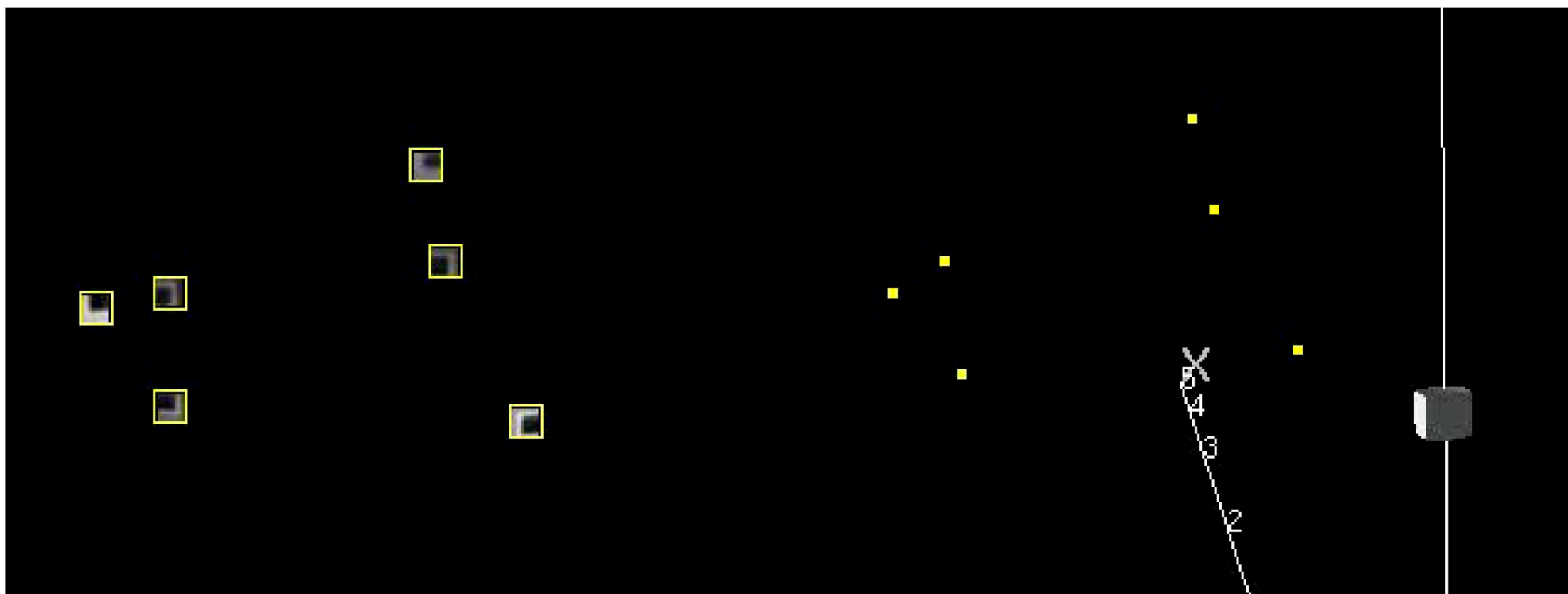
- Widok kuchni: rozpoznawanie punktów charakterystycznych
- Mapa 3D – rozmycie określa niepewność

Real-Time  
Camera Tracking  
in Unknown Scenes



# SLAM – prowadzenie ruchu humanoida

- Po lewej: widok z kamery z zaznaczonymi punktami nawigacyjnymi
- Po prawej: mapa 3D wraz z naniesioną ścieżką robota oraz stopniem niepewności oszacowania położenia punktów charakterystycznych



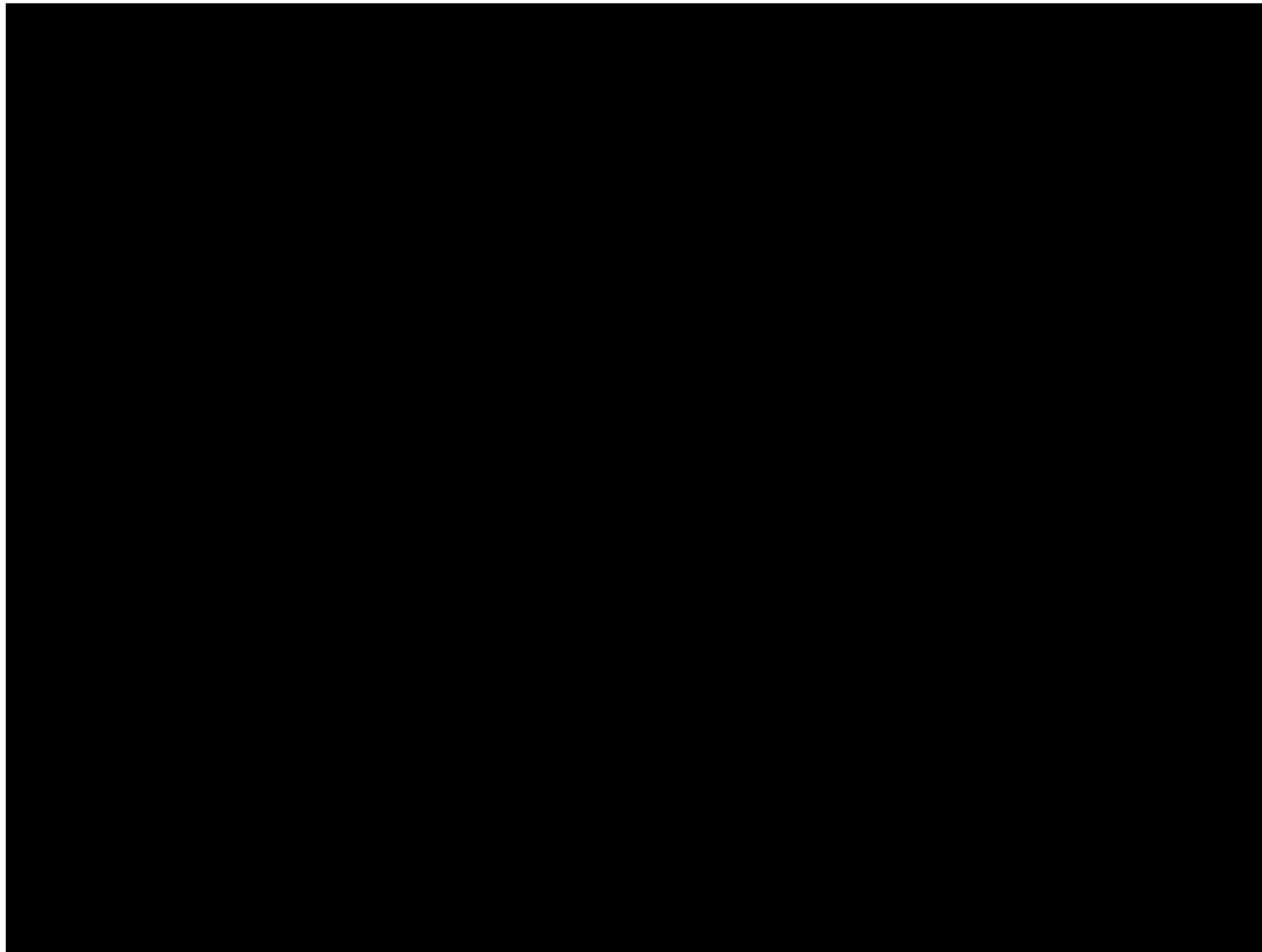
# SLAM - inne przykłady

- obserwacja znaczników w postaci zielonych trójkątów
- poprawianie mapy
- dodatkowo identyfikacja krawędzi poziomych



# SLAM - inne przykłady

- symulacja robota
- obszar czarny - przeszkody, szary - nieznany, jasny - wolny
- obszar kolorowy - aktualnie widziany
- korygowanie mapy
- następnie planowanie ścieżki



# Podsumowanie

Zadanie jednoczesnego mapowania i nawigacji można rozbić na następujące elementy:

- **Landmark extraction** – znalezienie znaczników w odczytach z czujników
- **Data association** – dopasowanie znalezionych punktów do wcześniej odkrytych i zapamiętanych
- **State estimation** – określenie pozycji robota na podstawie wcześniejszego stanu i danych z odometrii
- **State update** – aktualizacja stanu robota na podstawie znaczników
- **Landmark update** – aktualizacja pozycji znaczników

Elementy te mogą być wykonywane równocześnie.