**Pojęcie „podstawowego” problemu planowania ruchu.**

Aby ułatwić rozwiązanie problemu planowania należy z tego zbioru wyodrębnić pewne zagadnienia podstawowe. Można to osiągnąć przez przyjęcie określonych założeń uproszczonych.

Przyjmujemy że:

• robot jest jedynym poruszającym się obiektem w przestrzeni roboczej oraz ignorujemy jego własności dynamiczne (unikając problemów czasowych);

• ograniczamy taki ruch do bezkontaktowego, tak że problemy związane z interakcją mechaniczną pomiędzy dwoma obiektami można pominąć.

Wynikający z takich uproszczeń Podstawowy Problem Planowania Ruchu można postawić następująco:

Niech robot **A** będzie pojedynczym sztywnym obiektem poruszającym się w Przestrzeni Euklidesowej **W**, zwanej przestrzenią roboczą, reprezentowanej przez R^N, N=2 lub 3. Niech B1 .. Bq będą sztywnymi obiektami umiejscowionymi w W, na stałe, stanowiącymi przeszkody dla ruchu robota. Nazywamy je przeszkodami.

Geometria obiektów A, B1 .. Bq oraz ich lokalizacja w W (za wyjątkiem A) są dokładnie znane. Załóżmy ponadto, że żadne inne ograniczenia nie krępują ruchu A(A je st swobodnie poruszającym się obiektem).

**Problem:** Mając początkową i końcową pozycję (położenie i orientację) A w W, należy określić ścieżkę t opisującą ciągłą sekwencję pozycji A unikających kontaktu z przeszkodami Bi , prowadzącą od pozycji początkowej do końcowej, lub zasygnalizować jej brak - gdy taka ścieżka nie istnieje.

**Przstrzeń konfiguracyjna;**

Koncepcja Przestrzeni Konfiguracyjnej polega na reprezentowaniu robota jako punktu w odpowiedniej przestrzeni - właśnie Przestrzeni Konfiguracyjnej Robota - oraz odwzorowaniu przeszkód do tej przestrzeni. To odwzorowanie transformuje Problem Planowania Ruchu Obiektu Wymiarowego w Problem Planowania Ruchu Punktu. To z kolei powoduje, że ograniczona ruchu robota stają się bardziej jawne.

**Konfiguracja** obiektu jest specyfikacją pozycji wszystkich punktów tego obiektu w ustalonym (zafiksowanym) układzie odniesienia. Stąd, konfiguracja q obiektu A jest specyfikacją pozycji (położenia *tau* i orientacji *fi*) układu Fa w Fw. Podzbiór W zajmowany przez A w konfiguracji q oznaczmy A(q). Podobnie punkt a ciała A w konfiguracji q oznaczmy a(q) w W.

**Przestrzeń konfiguracyjna** **C** robota A jest to przestrzeń C = {q} wszystkich q obiektu A. (a nie przestrzeń W zajmowana przez robota w możliwych konfiguracjach q)

**Siatka punktów decyzyjnych**

Każda rozpoznawalną pozycję robota w W, reprezentowaną przez q=(tau, fi) w Cfree, można traktować jako stan (reprezentowany przez q). Spośród tych stanów wybieramy takie, dla których istnieje prosty sposób określenia działania prowadzącego do osiągnięcia sąsiedniego stanu:

gdzie: y - działanie, S - zbiór wyróżnionych stanów spójnego regionu C\_free.

Wyróżnione stany q’ określamy mianem punktów decyzyjnych. Dla potrzeb planowania trasy, ze zbioru wszystkich punktów decyzyjnych, wybieramy najmniejszą liczbę punktów, które wyznaczają dozwolony sposób poruszania się w otoczeniu. Przestrzenny układ tak wybranych stanów określamy mianem siatki punktów decyzyjnych i oznaczamy przez S\*.

Wiedza reprezentowana siatką punktów decyzyjnych S\*, może być wyrażona zbiorem reg u ł postępowania (R) lub jawnie grafem (G), którego wierzchołki odpowiadają wyróżnionym stanom q\* epsylon S\*, a krawędzie działaniom y \eplsilon Y (prowadzącym do osiągnięcia sąsiedniego stanu).

**Planowanie trasy**

Planowanie trasy polega zasadniczo na:

a) wygenerowaniu reprezentacji siatki S\* punktów decyzyjnych;

b) poszukiwaniu w oparciu o tą reprezentację ciągu przemieszczeń (działań) przeprowadzających robota z punktu q\_init do punktu q\_goal, spełniającego przyjęte kryterium jakości ścieżki.

Ze względu na sposób reprezentacji wiedzy o otoczeniu można wyróżnić pięć grup metod planowania:

• metody mapy dróg;

• metody dekompozycji komórkowej;

• metody rastrowe;

• metody pól potencjałów;

• metody wektorowe.

**Formalna definicja nawigacji reaktywnej**

Def. **Przestrzeń percepcyjna S**, jest to przestrzeń, której każda współrzędna reprezentuje sygnał z sensora (wejście systemu nawigacji).

Def. **Przestrzeń komend Y**, jest to przestrzeń, której każda współrzędna reprezentuje współrzędną (parametr) komendy sterującej (wyjście systemu nawigacji)

Def. **Odwzorowanie:** przestrzeni percepcyjnej S na przestrzeń komend Y, określamy mianem nawigacji reaktywnej.

Budowanie systemu nawigacji reaktywnej polega na określeniu takiego odwzorowania. Może ono pochodzić z rodziny wstępnie zdefiniowanych funkcji (tak jak w metodzie pola potencjalnego) lub też może być wytworzone przy użyciu „uniwersalnych” aproksymatorów (takich jak sieci neuronowe lub logika rozmyta).

**Problemy związane z określaniem odwzorowania M**

Oznaczmy przez M\* odwzorowanie zdolne doprowadzić robola do celu. Przy określania odwzorowania M dla systemu nawigacji, pojawiają się dwa zasadnicze problemy:

1. M musi być **lokalnie dobrą aproksymacją** odwzorowania AF. Lokalnie - oznacza tu, że ono obowiązuje w pewnym regionie przestrzeni percepcyjnej (czyli szczególnym przedziale wartości danych sensorycznych) - np.: robot musi zakręcić przed ścianą;
2. M musi przybliżać **M’ w całej przestrzeni percepcyjnej** S (tzn. zapewnić dobrą reakcje w każdej sytuacji percepcyjnej - dla każdej kombinacji danych sensorycznych).

**Drugi problem** jest trudny gdyż robot napotyka dużą różnorodność sytuacji powiązanych z dużą liczbą różnych reakcji. Ponadto, trudno jest wyobrazić sobie rzeczywistą sytuację związaną z każdym regionem przestrzeni S - trudno więc jest określić reakcję związaną z każdym punktem tego regionu. Dlatego większość systemów nawigacji buduje się odwrotnie: rozważa się standardowe sytuacje rzeczywiste (np.: śledzenie ściany, przechodzenie przez drzwi, ruch w korytarzu). Jednak wtedy nie ma gwarancji, że regiony odpowiadające tym sytuacjom pokryją całą przestrzeń percepcyjną i nie będą na siebie zachodziły. Zachodzenie regionów wymaga łączenia lub arbitrażu komend.

Określona reakcja jest odpowiedzią na określoną sytuację. Dla rozwiązania **pierwszego problemu** (lokalnie dobrej aproksymacji M\*) należy określić komendy, fvtdre spowodują wymaganą reakcję. W większości przypadków określenie dokładnego modelu ruchu pojazdu jest prawie niemożliwe, np.: ze względu na nieliniowe równania różniczkowe (więzy nieholono- miczne), nieznane poślizgi kół itp. Trudno też określić precyzyjny modeł sensorów, ponieważ w układzie zbierania danych występuje dużo niekontrolowanych para¬metrów jak: kształt przeszkody, materiał i faktura jej powierzchni, temperatura otoczenia itp. Dlatego nie można uzyskać funkcji odwzorowującej opartej na matematycznym opisie sytuacji i trzeba zastosować metody przybliżone.