Úvod do mobilní robotiky – NAIL028

Exaktní plánování

Jiří Iša (a Zbyněk Winkler)

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

27. listopadu 2008

Obsah

1. Popis problému
2. Nejkratší cesta
3. Bezpečná cesta
4. Rozumná cesta
5. $\mathcal{C}$-space

Motivace

- Přeprava křídel Airbusu.

Motivace

- Přeprava křídel Airbusu.
- Navigační systémy.

Motivace

- Přeprava křídel Airbusu.
- Navigační systémy.
- Výrobní roboty.

Motivace

- Přeprava křídel Airbusu.
- Navigační systémy.
- Výrobní roboty.
- Plně autonomní řízení mobilního robota.

Mapa

Mapa

Mapa

Reprezentace prostředí a robota

- Typy prostředí:
  - diskrétní
  - **spojité**

Reprezentace prostředí a robota

- Typy prostředí:
  - diskrétní
  - **spojité**
- Typy robota:
  - **bodový**
  - **kruhový**
  - **konvexní**
  - **obecný**

Reprezentace prostředí a robota

- Typy prostředí:
  - diskrétní
  - **spojité**
- Typy robota:
  - **bodový**
  - **kruhový**
  - **konvexní**
  - **obecný**
- Pohyb robota:
  - **posun**
  - **posun s otáčením**
  - *neholonomní* (např. autíčko)

Typy plánovacích algoritmů

- Podle přesnosti:
  - **přesné**
  - aproximační
  - nepřesné

Typy plánovacích algoritmů

- Podle přesnosti:
  - **přesné**
  - aproximační
  - nepřesné
- Podle úplnosti:
  - **úplné**
  - neúplné

Formulace plánovacího problému (light)

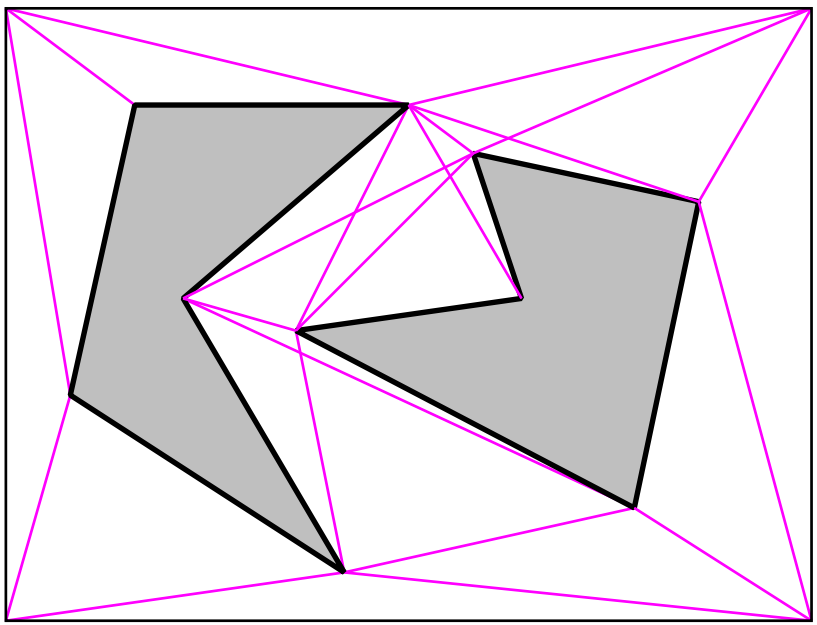
- Vstup:
  - mapa prostředí
  - výchozí pozice robota
  - cílová pozice robota (resp. cílové pozice)

Formulace plánovacího problému (light)

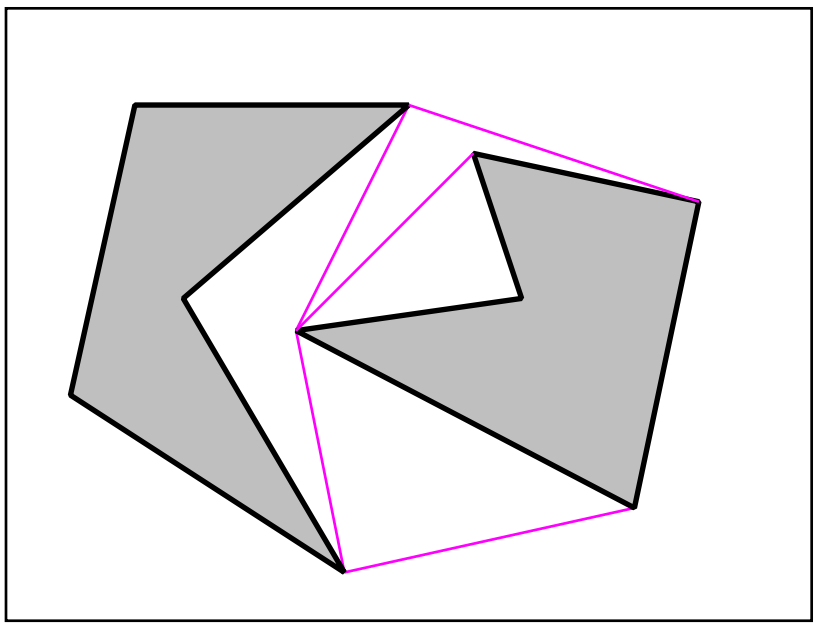
- Vstup:
  - mapa prostředí
  - výchozí pozice robota
  - cílová pozice robota (resp. cílové pozice)
- Výstup:
  - plán cesty, existuje-li
  - tvrzení o neexistenci v případě opačném

Nejkratší cesta

Grafy viditelnosti



(a)



(b)

Dijkstrův algoritmus

Inicializace:

$\mathcal{C} := \emptyset$
$\mathcal{O} := \{start\}$
$d(start) := 0$
$prev(v) := undefined$ $\quad \forall v \in V$

Běh:

while $\mathcal{O} \neq \emptyset$:

$u := \text{argmin}_{v \in \mathcal{O}}\, d(v)$
if $u =$ cíl: **A je to!**
$\mathcal{O} := \mathcal{O} \setminus \{u\}$
$\mathcal{C} := \mathcal{C} \cup \{u\}$
update v' $\quad \forall v' \in V : (v, v') \in E,\ v' \notin \mathcal{C}$

Zklamání:

Cesta neexistuje.

A^*

Inicializace:

$\mathcal{C} := \emptyset$
$\mathcal{O} := \{start\}$
$d(start) := 0$
$prev(v) := undefined$ $\quad \forall v \in V$

Běh:

while $\mathcal{O} \neq \emptyset$:

$u := \text{argmin}_{v \in \mathcal{O}} f(v)$ $\quad f(v) = d(v) + h(v)$
if $u =$ cíl: **A je to!**
$\mathcal{O} := \mathcal{O} \setminus \{u\}$
$\mathcal{C} := \mathcal{C} \cup \{u\}$
update v' $\quad \forall v' \in V : (v, v') \in E,\ v' \notin \mathcal{C}$

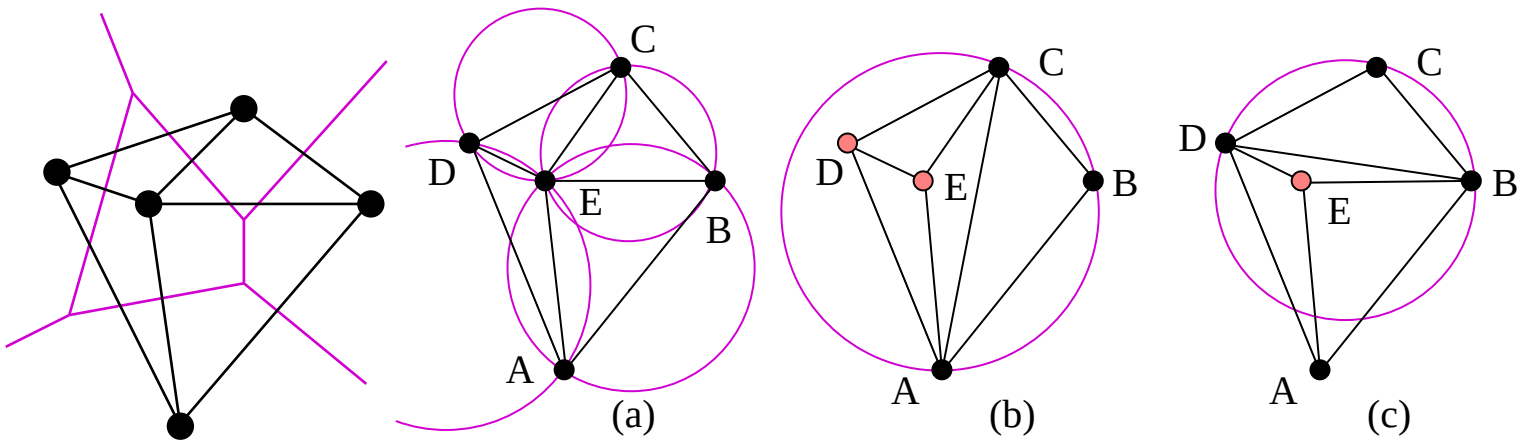
Zklamání:

Cesta neexistuje.

Bezpečná cesta

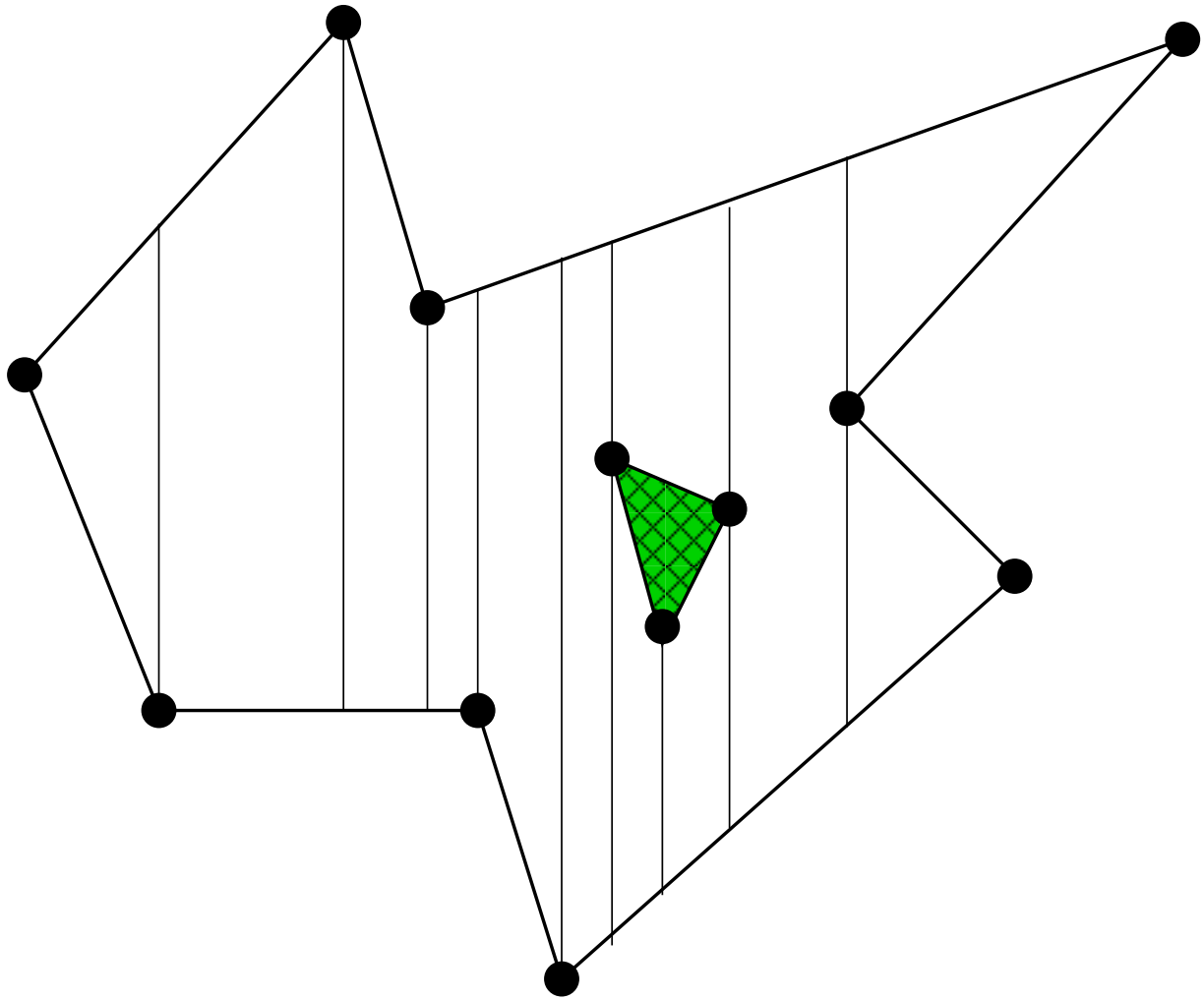
Voronoi diagramy

- stromy $\longrightarrow$ řídící body
- oblast $\leftrightarrow$ řídící bod
- hranice oblastí – Voronoi hrany
- pohyb po hraně $\Rightarrow$ maximální vzdálenost k nejbližším překážkám
- průchodnost hrany = vzdálenost řídících bodů



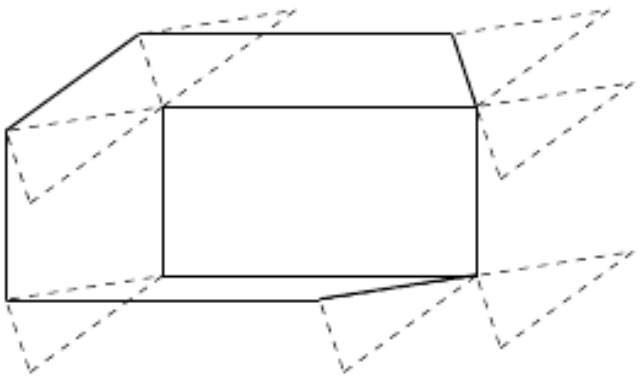
Rozumná cesta

Lichoběžníková dekompozice

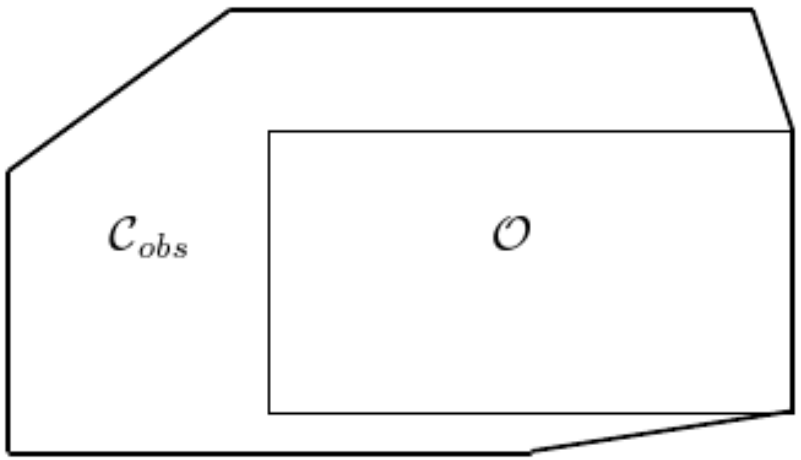


Prostor konfigurací

Robot nezanedbatelných rozměrů a s otáčením



(a)



(b)

Prostor konfigurací ($\mathcal{C}$-space)

- Svět: $\mathcal{W} = \mathbb{R}^2$ (nebo $\mathbb{R}^3$)
- Překážky: $\mathcal{O} \subset \mathcal{W}$
- Robot: $\mathcal{A}$
- Konfigurace q popisující polohu $\mathcal{A}$ ve $\mathcal{W}$
  - Stupeň volnosti: Počet parametrů nutných k popsání q
- Prostor konfigurací:
  - $\mathcal{C}$ ... prostor konfigurací
  - $\mathcal{C} = \mathcal{C}_{free} \cup \mathcal{C}_{obst}$

Plán v prostoru konfigurací

- Počáteční pozice: $s \in \mathcal{C}_{free}$
- Cílová pozice: $t \in \mathcal{C}_{free}$
- Cesta: Spojitá křivka v $\mathcal{C}_{free}$ (případně s dalšími omezeními)
- Úkol: Najít cestu $s \longrightarrow t$