Úvod do mobilní robotiky — AIL028

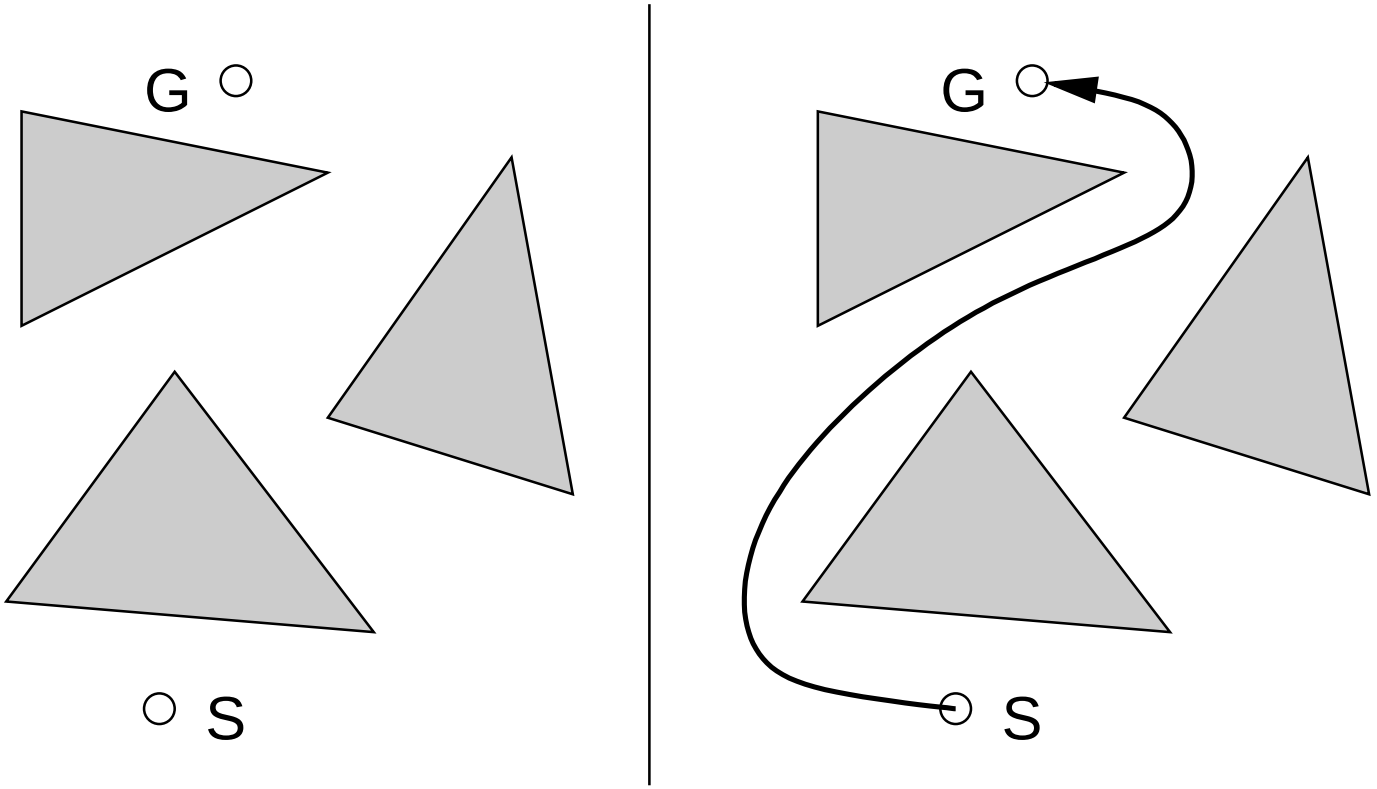
Zbyněk Winkler a Martin Dlouhý

zbynek.winkler at mff.cuni.cz, md at robotika.cz

http://robotika.cz/guide/umor05/cs

5. prosince 2005

Mapa světa - příklad



- Malinkatý robot pohybující se po podlaze
- Úkolem je nalézt cestu ze startu do cíle a s ničím se nesrazit

Exaktní plánování

- nalezne cestu vždy, pokud existuje
  - v opačném případě ověří, že neexistuje
- nejsou to aproximace
- jsou použitelné/pochopitelné pouze pro jednodušší případy
- jsou elegantní a efektivní

Dělení plánovacích algoritmů

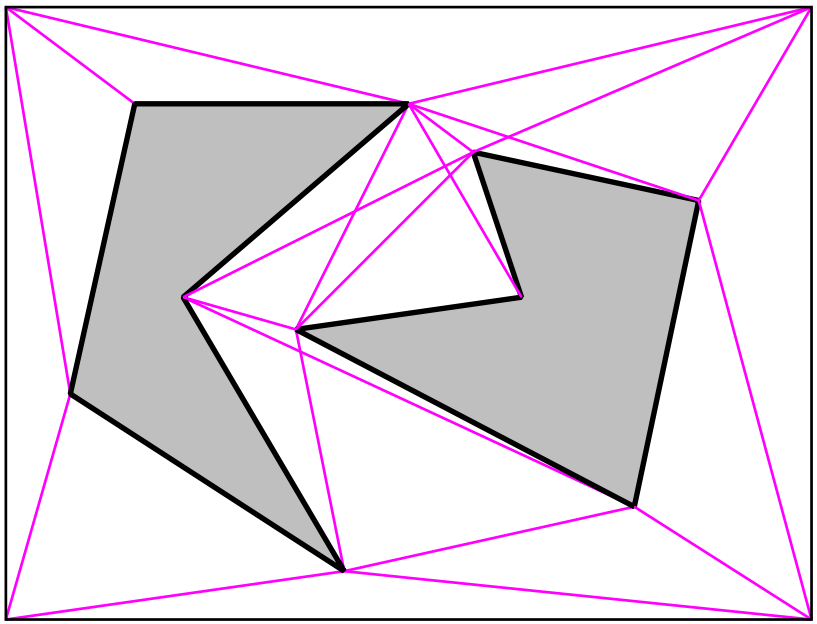
- podle přesnosti
  - exaktní
  - aproximační
- podle popisu prostředí
  - mapa cest
  - dělení na jednoduché části
- podle tvaru robota
  - bodový
  - kruhový
  - konvexní
  - obecný
- podle stupňů volnosti robota
  - posun
  - posun s otáčením
  - non-holonomic, např. autíčko

Plánování pro bodového / kruhového robota

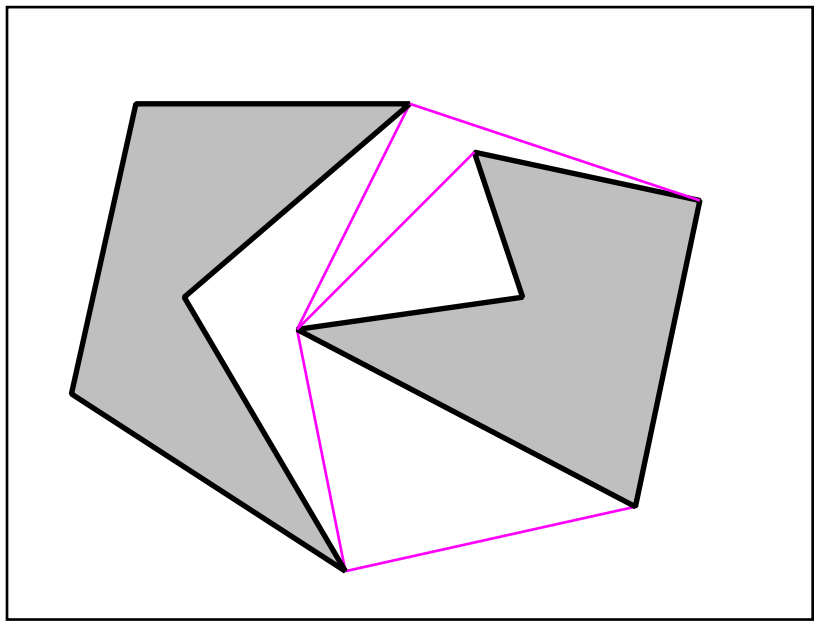
- svět $\mathcal{W} = \mathbb{R}^2$
- překážky $\approx$ polygony $\mathcal{O}$
- volný prostor $\approx \mathcal{W} \setminus \mathcal{O}$ (free space)
- v nejjednodušším případě je robot bezrozměrný bod
  - některé algoritmy lze zobecnit pro kružnici „nafouknutím“ překážek

Graf viditelnosti

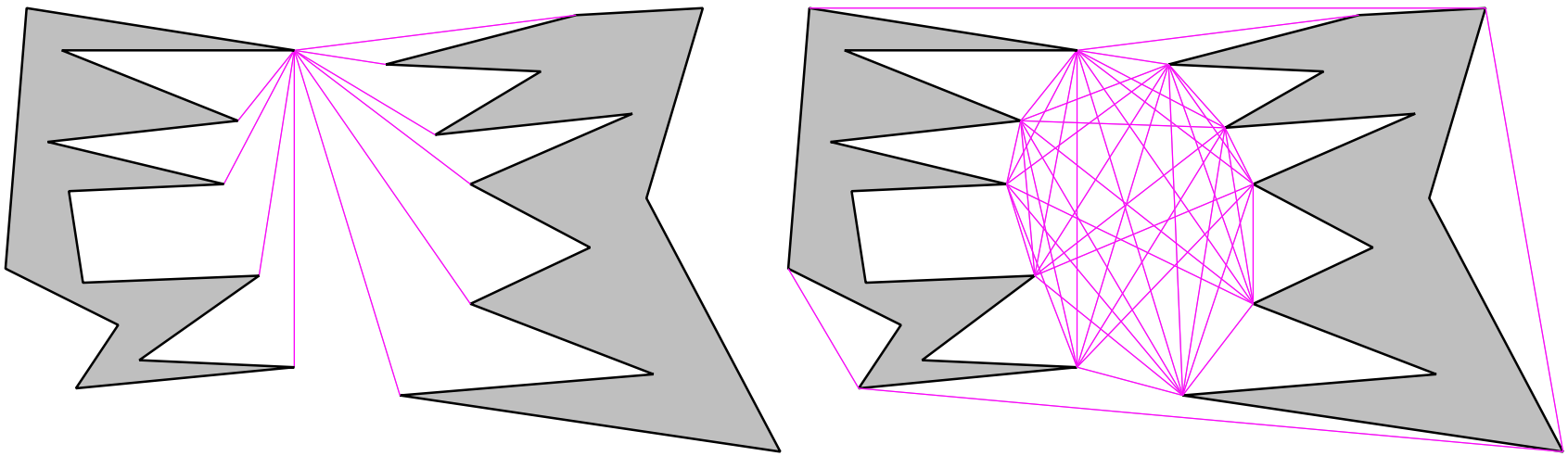
- dva vrcholy jsou spojeny hranou, pokud jejich spojnice neprochází žádnou z překážek
- optimalizace — pouze hrany, které mohou „jít za roh“
  - hrana prodloužená o ϵ nesmí zasahovat do překážky
- naivní algoritmus $O(n^3)$, sweep-line (koště) lepší
- nejkratší cesta nalezená v grafu je zároveň nejkratší možná pro původní problém



(a)



(b)

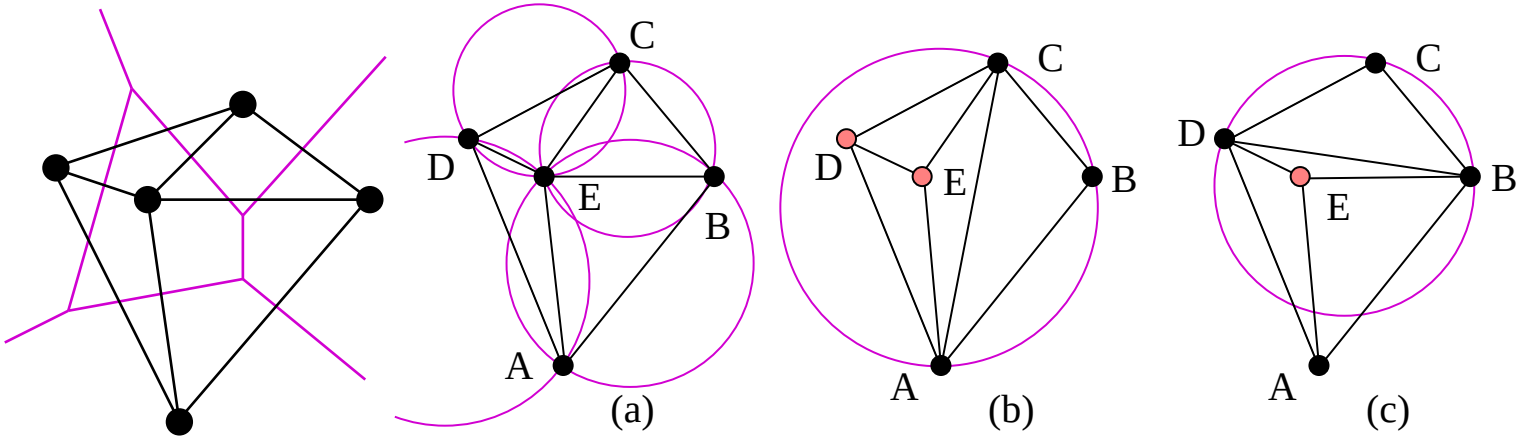


Obr v lese

- obr (robot) = kružnice, stromy (překážky) = body
- obr je v lese, jak se dostane ven?
- kolik může přibrat (zhubnout)?

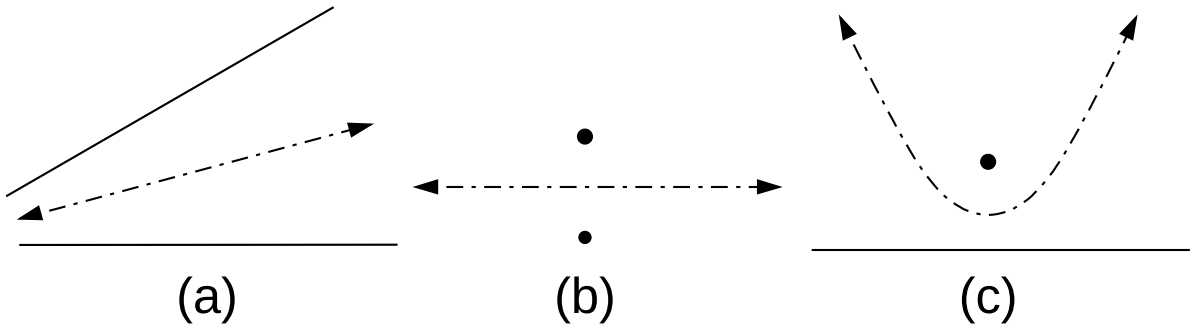
Voronoi diagramy

- stromy se stanou řídícími body a rozdělí prostor do n oblastí
  - každá oblast odpovídá právě jednomu řídícímu bodu
  - body z oblasti mají nejblíže právě ke svému řídícímu bodu
- hranice oblastí — Voronoi hrany
  - stejná vzdálenost ke dvěma nejbližším překážkám
- při pohybu po hranách si udržujeme maximální možnou vzdálenost od překážek
- průchodnost hrany — vzdálenost řídících bodů



Algoritmus pro cestu z lesa

- přejdi na síť
  - např. směrem od nejbližší překážky
- hledej cestu v grafu
  - pro nalezení „nejširší“ cesty vybíráme vždy hranu s největší průchodností
- rozšíření pro polygony
  - kromě řídících bodů i řídící úsečky
  - hrany mohou být i kusy parabol



Algoritmy pro konstrukci Voronoi diagramu

- naivní algoritmus $O(n^4)$ — počítá průsečíky každý s každým
- nejlepší algoritmus $O(n \log n)$
  - rozděl & panuj
  - Fortune's line sweep
- další vesměs $O(n^2)$
  - inkrementální
  - konverze z obecné triangulace

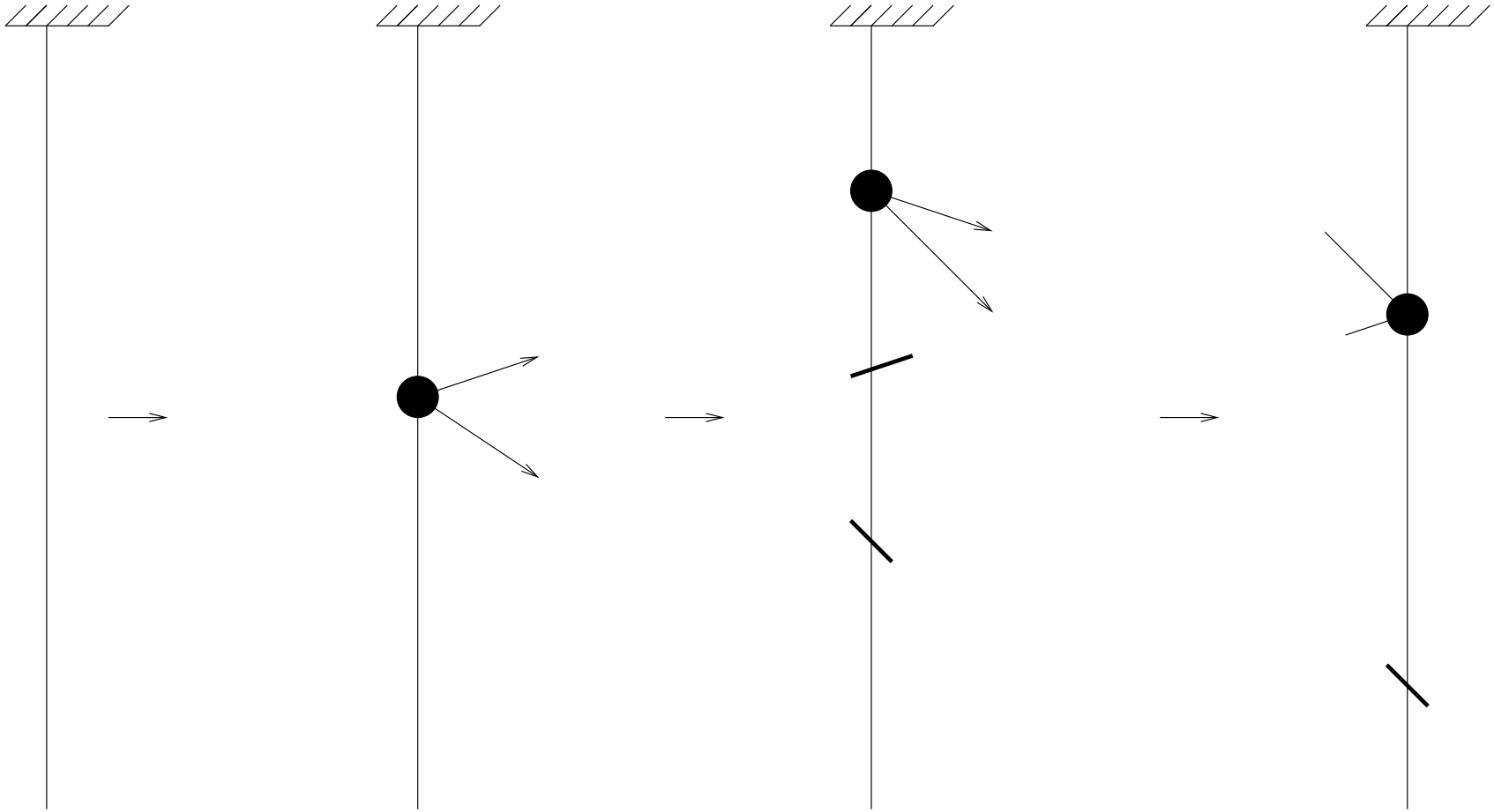
Lichoběžníková dekompozice

- rozdělit prostor na jednoduché buňky
- plánování uvnitř buňky je jednoduché
- cesta, je posloupnost buněk taková, že platí
  - první buňka obsahuje start
  - poslední buňka obsahuje cíl
  - buňky v posloupnosti za sebou sdílí společnou hranu
- pro buňky lichoběžníkového tvaru to umíme v čase $O(n \log n)$

Algoritmus *zametací přímky*

- setřídit všechny vrcholy podle souřadnice x
- zametáme zleva doprava *koštětem*
- koště má svůj *stav* — utříděný seznam úseček podle y-ové osy, které zrovna protíná.
- stav se mění pouze ve vrcholech (*událost*)
- při každé události je *stav* aktualizován — nalezení levého/pravého konce hrany koresponduje přidání/smazání hrany
- při průchodu sestavujeme graf reprezentující sousednost buněk

Složitost $O(n \log n)$ — třídění $O(n \log n)$, průchod $O(n)$, aktualizace *stavu* koštěte $O(n \log n)$



Konvexní robot

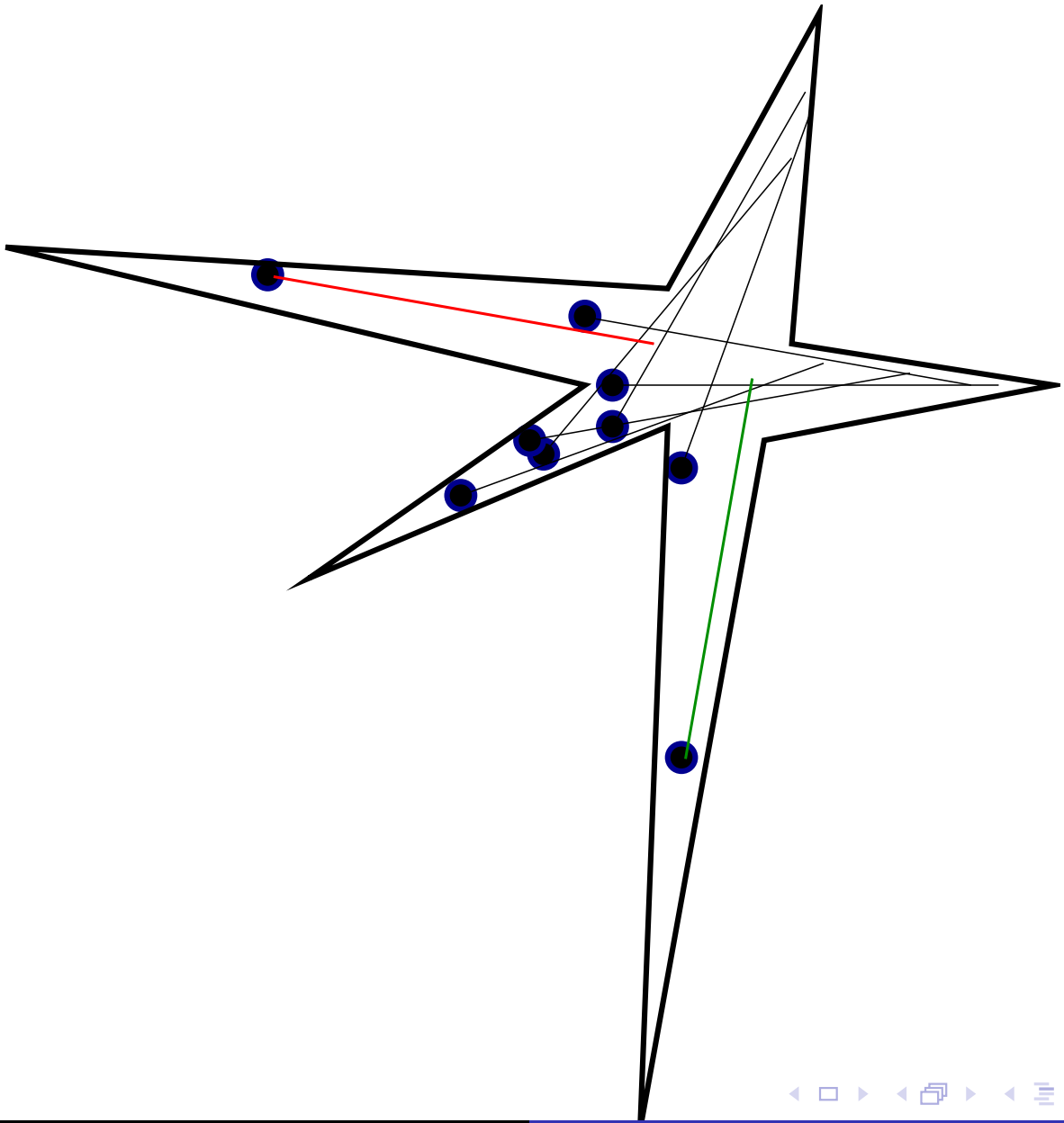
- co když robot není bezrozměrný bod ani kružnice?
- pro konvexního robota bez otáčení taky umíme nafouknout překážky

Plánování s otáčením (náznak řešení)

problém žebříku

- robot reprezenován úsečkou
- pro úsečku v jedné poloze lze použít lichoběžníkovou dekompozici spojenou s nafouknutím překážek
- v dalším kroku zkusíme úsečku pootočit
- topologický graf zůstává stejný
- po jisté době ale ke změně dojde (nejaký lichobežník zanikne, změní sousedy atp.) — je možno spočítat
- pro 360° získáme složitější graf, ale s žebříkem můžeme i otáčet

Plánování s otáčením (náznak řešení)



Plánování s otáčením (náznak řešení)