

# Prieskum neznámeho prostredia mobilným robotickým systémom a tvorba topologickej mapy prostredia (1)

Ladislav Jurišica, Roman Murár

Článok opisuje problémy spojené s prieskumom neznámeho vnútorného prostredia. Prieskum sa uskutočňuje väčšinou v prostredí, ktoré je z určitého dôvodu neprístupné a často ide aj o prostredie nebezpečné človeku. Požiadavkou na takýto prieskum je preto bezkolíznosť a autonómnosť. Výsledkom je mapa prostredia, ktorá môže byť buď metrická, topologická, alebo hybridná. Metrická mapa má množstvo výhod, avšak pri jej tvorbe nastáva viacero problémov. Človek využíva reprezentáciu prostredia vo forme logických vzťahov a závislostí.

## Úvod

Prieskum prostredia, ktoré je z určitého dôvodu neprístupné človeku sa najčastejšie uskutočňuje s využitím mobilných robotických systémov zabezpečujúcich určitý stupeň teleprítomnosti alebo teleexistencie. Čoraz viac sa dôraz kladie na systémy schopné využiť informácie o prostredí, v ktorom sa nachádzajú. Ide o systémy využívajúce princípy umelej inteligencie, ktoré sú schopné vykonávať prieskum samostatne, poskytujúc operátorovi čo možno najviac informácií o prostredí. Tak ako si človek vytvára určitú reprezentáciu prostredia, v ktorom sa nachádza, aj mobilné robotické systémy využívajú určitú formu opisu prostredia, ktorou je najčastejšie určitá forma mapy prostredia.

Využitím mapy prostredia možno uskutočňovať plánovanie rôznych úloh. Tvorba mapy neznámeho prostredia, patrí k jednej z najdôležitejších úloh pri prieskume neznámeho prostredia. Využívané typy máp možno rozdeliť na metrické, topologické a hybridné, ktoré sa odlišujú svojimi vlastnosťami a univerzálnosťou použitia.

Počas tvorby mapy, ale aj v prípade využitia už existujúcej mapy je hlavným problémom otázka lokalizácie. Lokalizácia predstavuje určenie stavu (polohy a orientácie) mobilného robota pri vplyve neurčitosti. Najkritickejšia je otázka lokalizácie v prípade metrickej mapy, ktorá je vytvorená integráciou údajov o vzdialenostiach prekážok v rôznych polohách mobilného robota.

## 1. Bezkolízny prieskum prostredia

V záujme bezkolíznosti prieskumu prostredia možno riadenie rozdeliť na dve úrovne, ktoré zabezpečujú určitý spôsob správania.

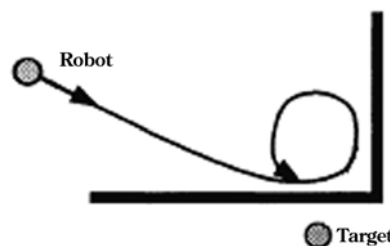
Horná úroveň riadenia zabezpečuje prieskum celého neznámeho prostredia a globálne plánovanie bezkolíznej cesty. Nižšia úroveň riadenia zabezpečuje bezkolízny prechod prostredím z lokálneho hľadiska.

### 1.1 Nižšia úroveň riadenia

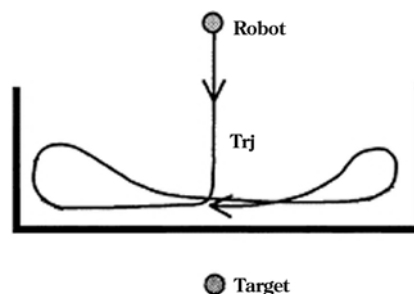
Na generovanie lokálnych bezkolíznych trajektórií sa využívajú rôzne lokálne metódy obchádzania prekážok. Väčšinou používané reaktívne metódy možno rozdeliť na navigáciu, ktorá je založená na modeli a navigáciu založenú na prostredí.

Reaktívne metódy založené na modeli, ako napr. metóda umelého potenciálového poľa, metódy detekcie hrán, detekcie hraníc prekážok atď., využívajú určitú formu aktuálneho modelu prostredia (lokálnu reprezentáciu okolia).

Reaktívne metódy založené na prostredí väčšinou transformujú prichádzajúce senzory informácie priamo na akciu, čo je



Obr.1 Prekážka tvaru L [5]



Obr.2 Prekážka tvaru U [5]

blížišie prejavom reflektívneho správania vyskytujúceho sa v biologických systémoch. V tomto prípade sa väčšinou využívajú adaptívne systémy založené na fuzzy logike, neurónových sieťach alebo ich kombináciách.

Pri úplnom reaktívnom správaní využívajúcom iba lokálne informácie o prostredí bez akejkoľvek pamäte predchádzajúcich situácií sa autonómny robot môže dostať do situácie tzv. lokálneho minima. Táto situácia je chápaná ako „pascová“ (obr. 1 a 2) a dochádza v nej k zastaveniu robota na mieste, ktoré nie je cieľom alebo k vykonávaniu trás v tvare uzavretých slučiek

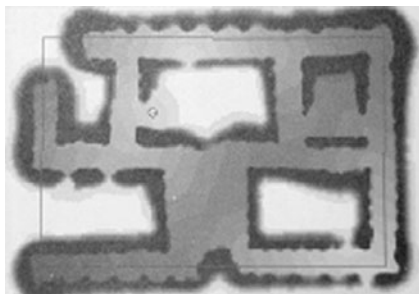
Na odstránenie tohto problému možno pri detekcii uvedenej situácie použiť rôzne prístupy, ako napr. prepnutie na iný spôsob správania, sledovanie steny alebo využitie hornej úrovne riadenia a pod.

### 1.2 Vyššia úroveň riadenia

Táto úroveň zabezpečuje vykonanie bezkolízneho prieskumu celého neznámeho prostredia. V prípade existencie situácie lokálneho minima zabezpečuje únik z tejto situácie napr. generáciou čiastkových cieľov alebo vhodnou voľbou správania nižšej úrovne riadenia a pod.

Aby bol zabezpečený prieskum celého neznámeho prostredia, je potrebná určitá stratégia prieskumu. Generujú sa napríklad globálne ciele, ktoré sa nachádzajú na potenciálne nepreskúmaných miestach. V tomto prípade musí byť známa hodnotová funkcia, na základe ktorej sa určia globálne ciele prieskumu. Táto hodnotová funkcia súvisí s mapou prostredia. Príklad takejto hodnotovej funkcie možno vidieť na obr. 3 – úroveň šedej vyjadruje hodnotu gradientu k nepreskúmaným miestam.

V prípade už vytvorenej mapy prostredia táto úroveň vykonáva napríklad plánovanie



**Obr.3 Hodnotová funkcia počas prieskumu prostredia [1]**

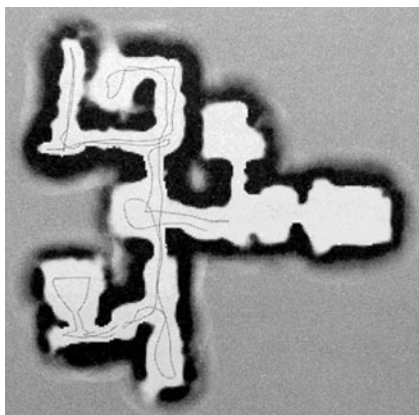
globálnej cesty. Plánovanie globálnej cesty zabezpečí, že navrhnutá trasa bude bezkolízna a optimálna. V tomto prípade sa používajú metódy ako napr. umelé potenciálové polia, Voronoiov diagram, metóda napnutého vlákna atď.

## 2. Repräsentácia prostredia

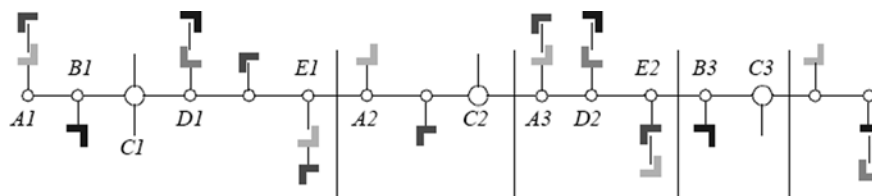
V mobilných robotických systémoch sa na opis prostredia využívajú rôzne formy mapy prostredia. Mapy možno rozdeliť na globálne a lokálne. Globálna mapa reprezentuje prostredie z globálneho hľadiska a je tvorená integráciou lokálnych údajov o prostredí. Lokálna mapa predstavuje opis lokálneho (blízkeho) okolia mobilného robota. Výsledkom prieskumu neznámeho prostredia je globálna mapa prostredia. Podľa spôsobu reprezentácie údajov o prostredí možno globálne mapy rozdeliť na metrické, topologické alebo hybridné.

Metrické typy máp reprezentujú objekty v prostredí z hľadiska ich geometrických závislostí. Sú tvorené integráciou lokálnych údajov o prostredí v rôznych polohách mobilného robota. Tento typ mapy je teda závislý od zosúladenia lokálneho súradnicového systému mobilného robota v globálnom súradnicovom systéme mapy prostredia. Tento problém sa nazýva problém lokalizácie a predstavuje jeden zo základných problémov nielen pri tvorbe, ale aj pri využívaní už vytvorenej globálnej mapy.

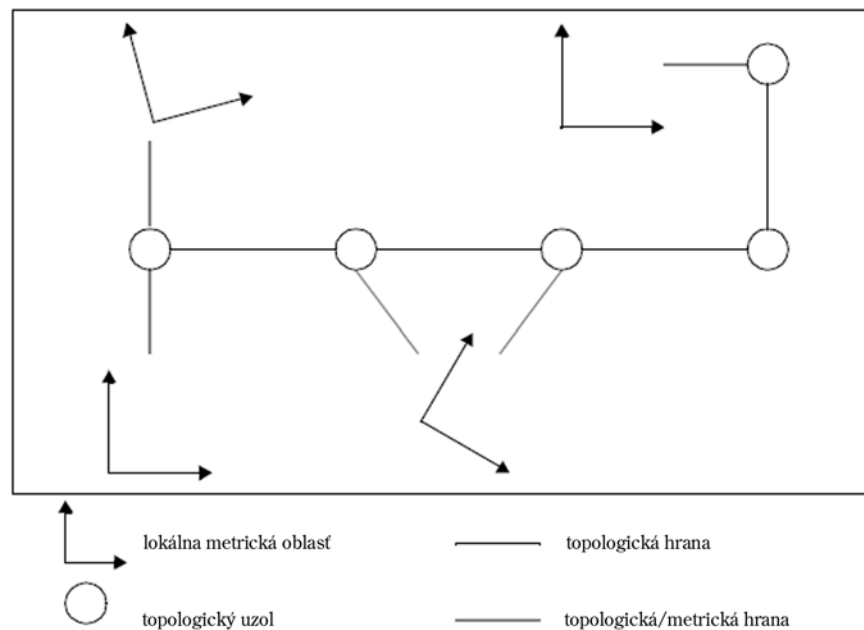
Topologické mapy reprezentujú prostredie na základe logických vzťahov významných vlastností. Ide o grafy, ktoré pozostávajú z uzlov a hrán. Uzly môžu reprezentovať



**Obr.4 Metrická mapa [1]**



**Obr.5 Topologická mapa [2]**



**Obr.6 Hybridná mapa [2]**

rôzne významné vlastnosti, napríklad miestnosti, križovatku chodieb a podobne. Hrany predstavujú spojenia medzi uzlami. Tento typ grafovej reprezentácie prostredia nie je zafaržený problémami spojenými s lokalizáciou mobilného robota v súradnicovom systéme mapy. Lokalizácia v tomto prípade predstavuje problém určenia uzla, v ktorom sa mobilný robot nachádza. Tento uzol prítomnosti robota sa určuje na základe korelácie význačných vlastností uzla (orientačné body, značky) s vlastnosťami lokálneho okolia robota a na zvýšenie pravdepodobnosti identifikácie sa využíva fúzia viacerých prístupov identifikácie.

Topologické mapy sú teda menej citlivé na neurčitosti v polohe mobilného robota, avšak na rozdiel od metrických máp uchovávajú menej informácií o prostredí. Metrické mapy reprezentujú prostredie podrobnejšie, čo predstavuje vyššie nároky na záznamovú kapacitu. Človek využíva určitú formu logickej reprezentácie sveta s pamäťou význačných vlastností, preto sa dôraz kladie na topologické reprezentácie prostredia. Aby bolo možné využiť i podrobnejšiu reprezentáciu prostredia, využívajú sa hybridné mapy, kombinujúce metrické aj topologické typy máp.

## Literatúra

[1] KORTENKAMP, D., BONASSO, R. P., MURPHY, R.: Artificial Intelligence and Mobile Robots. Case Studies of Successful

Robot Systems. AAAI Press/The MIT Press 1998.

[2] TOMATIS, N.: Hybrid, Metric – Topological Mobile Robot Navigation. 2001.

[3] BORENSTEIN, J., EVERETT, H. R., FENG, L.: „Where am I?“ Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning. The University of Michigan 1996.

[4] VARVEROPOULOS, V.: Robot Localization and Map Construction Using Sonar Data. The Rossum Project 2002. <http://rossum.sourceforge.net>.

[5] CHATTERJEE, R., MATSUNO, F.: Use of Single Side Reflex for Autonomous Navigation of Mobile Robots in Unknown Environments. Robotics and Autonomous Systems 35, 2001, pp. 77 – 96.

[6] HANZEL, J., JURIŠICA, L.: Tvorba máp neznámeho prostredia pre mobilný robot s využitím ultrazvuku, AT&P Journal 12, 2003.

*Pokračovanie v budúcom čísle.*