

Prieskum neznámeho prostredia mobilným robotickým systémom a tvorba topologickej mapy prostredia (2)

Ladislav Jurišica, Roman Murár

3. Reprezentácia metrickou mapou

Metrické mapy reprezentujú objekty v prostredí z hľadiska ich geometrických závislostí. K najčastejšie využívaným patrí v tomto prípade mriežková mapa, ktorej jednotlivé bunky reprezentujú voľné alebo prekážkami obsadené miesta v priestore. Tvorba takýchto máp (tvorbe mapy sa venuje napr. [6]) sa uskutočňuje integráciou údajov zo senzorov o lokálnom okolí mobilného robota, pričom sa využívajú pravdepodobnostné modely senzorov. Každéj bunke je potom priradená pravdepodobnosť obsadenosti. Tvorba takejto globálnej mapy je však citlivá na chyby v lokalizácii mobilného robota.

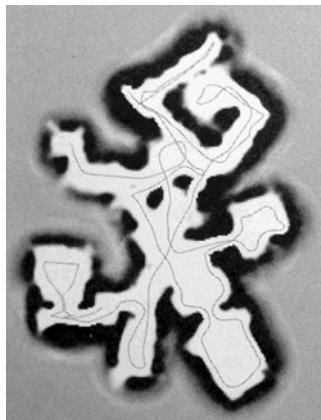
3.1 Lokalizácia

Ako už bolo spomenuté, lokalizácia pri použití metrickej mapy je procesom zosúladenia lokálneho súradnicového systému robota s globálnym súradnicovým systémom mapy. Lokalizácia je veľmi dôležitá v prístupoch využívajúcich mapu, a to ako pri tvorbe mapy, tak aj v prípade využívania už existujúcej mapy prostredia.

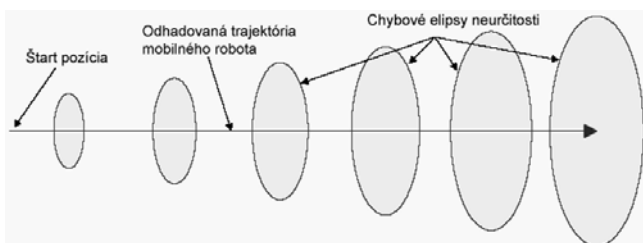
Napríklad v prípade využitia len odometrie, pri ktorej má chyba určenia polohy mobilného robota bez korekcie akumulatívny charakter, je metrická mapa prostredia nepoužiteľná (obr. 7). Lokalizáciu možno dosiahnuť korekciu v určení stavu mobilného robota, a tak zabezpečiť vytvorenie použiteľnej mapy prostredia – obr. 4 (porov. obr. 4 a 7).

Lokalizáciu možno rozdeliť do dvoch subproblémov: otázok sledovania pozície a globálnej lokalizácie.

Sledovanie pozície predstavuje problém odhadu stavu robota počas jeho pohybu. Tento typ lokalizácie sa často využíva v spojení s tvorbou mapy a prieskumom prostredia, čo predstavuje obtiažny problém. Takto je možné kompenzovať vplyv preklzávania kolies a driftu odometrie. Je však potrebné poznať počiatočnú polohu robota s určitou presnosťou (napríklad môže ísť o počiatok globálne-



Obr. 7 Mapa bez použitia lokalizácie zatažená akumulatívnou chybou odometrie [1]



Obr. 8. Zväčšujúce sa „chybové elipsy“ indikujúce narastajúcu neurčitost odometrie [3]

ho súradnicového systému), od ktorej sa odvíja určenie odhadu aktuálneho stavu robota. Pri strate pozície teda nie je možná náprava.

Globálna lokalizácia predstavuje problém určenia polohy robota v naučenej mape. Výhodou je, že v tomto prípade nie je potrebné poznať počiatočnú polohu, a tak tu nemôže dôjsť k strate informácie o polohe. Problém však nastáva v prípade prostredia s rovnakými špecifickými vlastnosťami, ako je napr. kancelárske prostredie, v ktorom z pohľadu robota má mnoho miest rovnaké špecifické vlastnosti.

Obidva tieto problémy teda predstavujú lokalizáciu pri vplyve neurčitosti, či už ide o lokalizáciu v už naučenej mape alebo o sledovanie pozície spojené s prieskumom a mapovaním. Vzhľadom na tieto neurčitosti v sensorovej informácii predstavuje problém lokalizácie vo všeobecnosti problém určenia pravdepodobnosti odhadnutého stavu tak, aby odhadnutá pravdepodobnosť čo najpresnejšie zodpovedala skutočnému stavu mobilného robota.

3.2 Odometria

Najčastejším spôsobom určovania stavu robota je využitie princípu odometrie – merania dráhy, ktorú mobilný robot prejde kolesom/kolesami. Na tento účel sa najčastejšie využívajú inkrementálne snímače umiestnené na kolese/kolesách. Výhodou je teda lacné a pomerne jednoduché použitie a dobrá presnosť na menších prejdých vzdialenostiach.

Princíp odometrie je založený na integrácii inkrementálnych informácií o prekonanej dráhe v čase, čo však spôsobuje akumuláciu chýb. Chyba pri určovaní polohy robota sa bez korekcie s prekonanou dráhou zväčšuje (obr. 8).

Pre dvojkolesovú diferenciálne riadenú platformu sú rovnice na určovanie stavu robota na základe inkrementálnych snímačov umiestnených na obidvoch kolesách nasledovné:

$$\Delta U_i = (\Delta U_R + \Delta U_L) / 2 \quad (1)$$

$$\Delta \theta_i = (\Delta U_R - \Delta U_L) / d \quad (2)$$

kde ΔU_i je inkrementálny lineárny posuv stredového bodu mobilného robota,

$\Delta U_{R,L}$ sú inkrementálne dráhy ľavého a pravého kolesa,

$\Delta \theta_i$ je inkrementálna zmena orientácie,

d – rozkol kolies.

Pre zmenu stavu mobilného robota potom platí:

$$\begin{aligned} \theta_i &= \theta_{i-1} + \Delta \theta_i \\ x_i &= x_{i-1} + \Delta U_i \cos(\theta_i) \\ y_i &= y_{i-1} + \Delta U_i \sin(\theta_i) \end{aligned} \quad (3)$$

kde θ_i, x_i, y_i je relatívna orientácia a poloha stredového bodu mobilného robota v kroku i ,

$\theta_{i-1}, x_{i-1}, y_{i-1}$ je relatívna orientácia a poloha stredového bodu mobilného robota v kroku $i-1$.

Pri tejto transformácii údajov z inkrementálnych snímačov do stavu robota však dochádza k chybám, napr. k preklzávaniu kolies. Všetky chyby, ktoré pôsobia na presnosť určovania stavu robota na základe odometrickej informácie možno rozdeliť na systematické a nesystematické.

4. Topologická reprezentácia prostredia

Ako už bolo spomenuté, topologické mapy predstavujú určitú formu logickej reprezentácie prostredia. Majú formu grafov, ktoré pozostávajú z uzlov a spojení medzi uzlami – z hrán. Uzly predstavujú miesta (napr. miestnosť, križovatku chodieb a pod.), ktoré môžu byť opísané taktiež topologicky alebo metricky. Samotný uzol môže teda predstavovať topologickú alebo metrickú mapu miesta. V prípade kombinácie metrických a topologických reprezentácií hovoríme o hybridných mapách prostredia (obr. 6).

4.1 Tvorba mapy a lokalizácia

Pri tvorbe topologického grafu či už na základe vytvorenej metrickej mapy alebo iného prístupu, je potrebné predovšetkým identifikovať miesta v mape, ktoré budú reprezentované v grafe ako uzly a spojnice medzi uzlami.

Pri využití vopred vytvorenej globálnej metrickej mapy prostredia, možno napríklad vytvorením generalizovaného Voronoiovhovho diagramu, ktorý reprezentuje cestu robota vo voľnom priestore mapy a následnou identifikáciou kritických hraníc, vytvorí topologický graf priestoru. Je rovnako možné využiť aj iné prístupy tvorby topologickej mapy z globálnej metrickej mapy prostredia. Nevýhodou týchto prístupov je však to, že treba poznať globálnu mapu prostredia a tiež to, že pravdepodobne nebudú celkom vhodné do dynamicky sa meniacich prostredí.

Najdôležitejším problémom pri využívaní vytvoreného topologického grafu je lokalizácia, teda v tomto prípade identifikácia miesta v grafe, v ktorom sa mobilný robot nachádza. Ide najmä o identifikáciu uzlov na základe určitých vlastností alebo značiek. Pri samotnej tvorbe topologickej mapy teda nestačí vytvoriť graf. Navyše je potrebné, aby každému z uzlov boli priradené určité identifikačné vlastnosti a značky. Pri využití metrickej mapy miesta na identifikáciu uzla možno hovoriť o hybridnom type mapy. Graf s vlastnosťami a značkami predstavuje teda vhodnú reprezentáciu prostredia.

Záver

V súčasnosti je viacero metód a prístupov na vytvorenie máp prostredia. Metrické mapy prostredia je možné vytvoriť s veľmi dobrou presnosťou a vierohodnosťou. Dôraz je však kladený predovšetkým na prístupy blízke reprezentácii prostredia človekom, teda logické grafové reprezentácie aj z dôvodu ich univerzálnosti a relatívne nízkych záznamových nárokov pri využití v rôznych komplexných prostrediach.

Reprezentácie prostredia – mapy, ako napovedá ich názov, sú určené na zabezpečenie stavu robota v prostredí, a tiež na umožnenie plánovania a optimalizácie rôznych úloh v tomto prostredí. Mapa je teda základnou a nevyhnutnou informáciou o prostredí.

prof. Ing. Ladislav Jurišica, PhD.

Ing. Roman Murár

Katedra automatizácie a regulácie

FEI STU Bratislava

Iľkovičova 3, 812 19 Bratislava

