

Lokalizace objektu s využitím mapy dopravní sítě

Jan Škach¹

1 Úvod

Úloha lokalizace tvoří v současném světě velmi žádanou oblast, která najde využití v širokém spektru průmyslových odvětví jako jsou mobilní zařízení, doprava, životní prostředí nebo civilní ochrana. Zvyšující se požadavky na přesnost a bezpečnost určování polohy zkoumaného objektu mají za následek doplnění standardních algoritmů o dodatečné informace. Za jedno z možných rozšíření lze pokládat využití mapy dopravních cest, na kterých se objekt pohybuje. Cílem práce je představit úlohu odhadu neznámého stavu objektu s omezenou trajektorií pomocí navigačního satelitního systému a zpřesnit model měření pseudovzdáleností tvořící základní matematický nástroj lokalizace.

2 Obsah práce

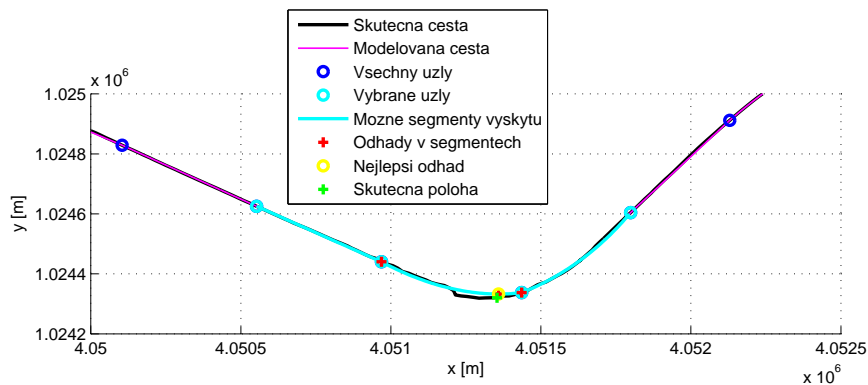
První část práce slouží jako ucelený úvod do problematiky a struktury globálních a regionálních navigačních satelitních systémů, který doplňují tabulky stručné historie jednotlivých systémů, přesnosti lokalizace a jejího možného zvýšení využitím konkrétních zpřesňujících pozemních systémů. Navazující část představuje běžně používané souřadné systémy kartézských a sférických souřadnic, které jsou využity při vytváření korektního matematického modelu měření pseudovzdáleností. Přijímač uchová signály z viditelných satelitů ve známém lokálním časovém okamžiku t_R , který se liší od neznámého globálního systémového času přijetí T_R o neznámou hodnotu dt_R^0 . Satelity vyslaly zprávy ve známých lokálních časech $t_{E,i}$ rozdílných od globálních časů odeslání $T_{E,i}$ o známou hodnotu $\Delta t_{SV,i}$. Korektní tvar modelu měření pseudovzdáleností pro jeden časový okamžik je reprezentován předpisem

$$y_i = \left\| \mathbf{r}^0(T_R; T_R) - \mathbf{r}_i(T_{E,i}; T_R) \right\|_2 + c \cdot dt_R^0 - c \cdot \Delta t_{SV,i} + c \cdot \delta_{prop,i} + v_i, \quad (1)$$

kde $\mathbf{r}^0(T_R; T_R) \in \mathbf{R}^3$ jsou souřadnice objektu v ECEF systému v neznámém T_R , $\mathbf{r}_i(T_{E,i}; T_R) \in \mathbf{R}^3$ je poloha i -tého satelitu v čase $T_{E,i}$ vyjádřená v souřadném systému ECI_{T_R} , $\delta_{prop,i} \in \mathbf{R}$ charakterizuje nepřesnost modelu šíření signálu, $v_i \in \mathbf{R}$ představuje náhodný šum měření a c reprezentuje rychlost světla ve vakuu. Přírůstek pseudovzdálenosti v důsledku nepřesnosti časové základny přijímače se označuje $b = c \cdot dt_R^0$. Základní metodou odhadu neznámého stavu $\mathbf{x}(T_R; T_R) = [\mathbf{r}(T_R; T_R), b]^T$ nelineárního modelu (1) je zvolena Newtonova iterační metoda minimalizující kvadratické kritérium rozdílu levé a pravé strany modelu. Práce dále představuje jeden z možných přístupů k vytvoření geometrické mapy dopravní sítě pomocí dvou segmentů, které spojují příslušné uzly. První geometrický segment reprezentovaný parametrickým modelem s parametrem p je typu úsečka a druhý typu kružnicový oblouk. Samotná úloha stanovení polohy objektu s využitím doplňující mapy dopravní sítě je rozdělena na přístup pomocí kolmého průmětu neomezeného odhadu souřadnic objektu na příslušný segment, dále

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, specializace Automatické řízení, e-mail: panakcz@students.zcu.cz

na úlohu s vazbovými podmínkami bez omezení hodnot hledaného parametru p a nakonec je představeno řešení úlohy s vazbovými podmínkami a omezením parametru p využitím funkcí *lsqnonlin* a *fmincon* optimalizačního toolboxu programového prostředí MATLAB. Část ilustračních příkladů srovnává odhad stavu $\hat{x}(T_R; T_R)$ s využitím rotací souřadnic a bez příslušných rotací. Střední kvadratická chyba odhadu s použitím rotací je značně menší než hodnota pro druhý případ. Úloha omezeného odhadu se skládá z několika po sobě jdoucích kroků, jejichž postupy práce popisuje. Počáteční fáze se skládá z vytvoření modelu geometrické mapy dopravní cesty, následuje fáze výběru úseků mapy možného výskytu objektu aplikací konfidenčního elipsoidu. Dalším krokem je výpočet odhadů stavu objektu s vazbovými podmínkami příslušných segmentů s omezením a výběr nejlepšího odhadu stavu. Ilustraci postupu ukazuje obrázek 1. Simulační experimenty odhalily některé slabiny omezeného odhadu s využitím



Obrázek 1: Výběr segmentů možného výskytu a omezené odhady polohy objektu s výběrem finálního odhadu.

mapy dopravních cest. Především preciznost zpracování modelu mapy dokáže značně ovlivnit přesnost výsledného odhadu stavu objektu. V případě pohybu objektu mimo modelovanou dopravní cestu je omezený odhad nepoužitelný. Závěr textu navrhuje některá možná vylepšení modelů.

3 Závěr

Informace poskytnuté metodami omezeného odhadu ve vztahu na model dopravní sítě je zapotřebí chápat především jako doplňující údaje k běžnému postupu odhadu polohy objektu. Obsah práce poukázal na faktory, které mohou data zcela znehodnotit, především se jedná o přesnost modelování dopravní cesty. Lokalizace objektu pak nemusí být bezpečná z hlediska přesnosti poskytnutých informací. Na druhou stranu při zcela přesných modelech se metody omezené lokalizace ukázaly několikanásobně přesnější než u běžného neomezeného odhadu.