

ROBOTIC MEASUREMENT OF GAMMA RADIATION

Tomáš Lázna

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xlazna00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Luděk Žalud

E-mail: zalud@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper presents advanced robotic platform for radiation measurement. Radiation mapping and lost source localization algorithms are suggested. The latter is based on following the intensity gradient. A method for interpolation of the source coordinates is described. Applicability of the algorithms is supported by realization of experiments with real radiological sources.

Keywords: radiation detection, radiological sources, autonomous localization, CBRN protection

1 ÚVOD

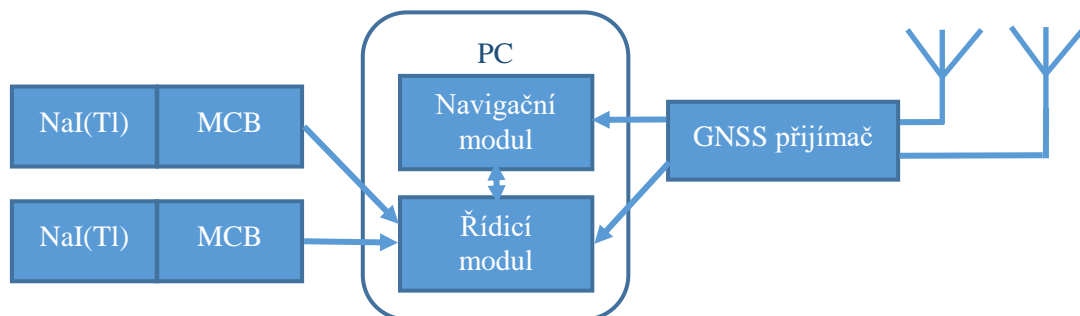
V současné době je nutné potýkat se s celou řadou nových hrozeb. Na důležitosti nabývá obrana proti chemické, biologické, radiologické a jaderné (CBRN) hrozbě. Ministerstvo zdravotnictví v USA definuje několik typů teroristických útoků, které zahrnují použití zdrojů ionizujícího záření (IZ) [1]. Pokud by k takové události skutečně došlo, je důležité co nejdříve zdroje lokalizovat a zneškodnit. Pro tento úkol se jeví vhodně použití robotických systémů, které jsou ve srovnání s člověkem odolnější proti ionizujícímu záření, a jsou také snadno nahraditelné.

V článku je představena pokročilá robotická platforma pro měření záření gama. Jsou popsány dva algoritmy pro autonomní vyhledávání zdrojů IZ. Oba byly ověřeny reálnými experimenty, jejichž výsledky jsou rovněž prezentovány.

2 TECHNICKÉ VYBAVENÍ

Systém pro autonomní vyhledávání zdrojů záření gama se skládá z mobilní robotické platformy, přesného GNSS přijímače a detekčního systému. Jako robotická platforma je použit civilní průzkumný robot Orpheus-X3. Robot nese potřebné vybavení a je řízen programem na vnitřním PC.

Za účelem navigace robotu je potřeba zajistit co nejpřesnější sebelokalizaci. O tu se stará dvojice RTK GNSS přijímačů Trimble BX982. Ve výsledku je dosaženo přesnosti navigace přibližně jeden centimetr [2]. Zařízení komunikuje přes UDP protokol ve formátu standardních NMEA zpráv. Pro detekci záření gama jsou použity dva dvoupalcové scintilační detektory typu NaI(Tl). Jako multi-kanálový analyzátor je použit modul NuNA MCB3 od firmy Nuvia [3]. Zajišťuje rovněž komunikaci s počítačem přes TCP/IP. Důvodem použití dvou detektorů je směrová citlivost výsledného



Obrázek 1: Blokové schéma zapojení měřicího systému

systemu, s jejímž využitím se počítá při vývoji nových řídicích algoritmů. Blokové schéma propojení jednotlivých komponent je možné vidět na obrázku 1.

3 RADIAČNÍ MAPOVÁNÍ

Mezi základní metody pro lokalizaci zdrojů IZ patří vytvoření mapy plošné distribuce intenzity IZ v zadané oblasti, reprezentované počtem pulsů za sekundu (CPS) nebo dávkovým příkonem. Mapování je časově náročný proces, ale má uplatnění v situaci, kdy je v oblasti přítomných několik zdrojů s řádově různou aktivitou. Prvním vstupem do řídicího algoritmu jsou souřadnice vrcholů polygonu, který má být zmapován. Robot vytyčenou oblast projede po rovnoběžných liniích s danou roztečí, což je druhý vstupní parametr.

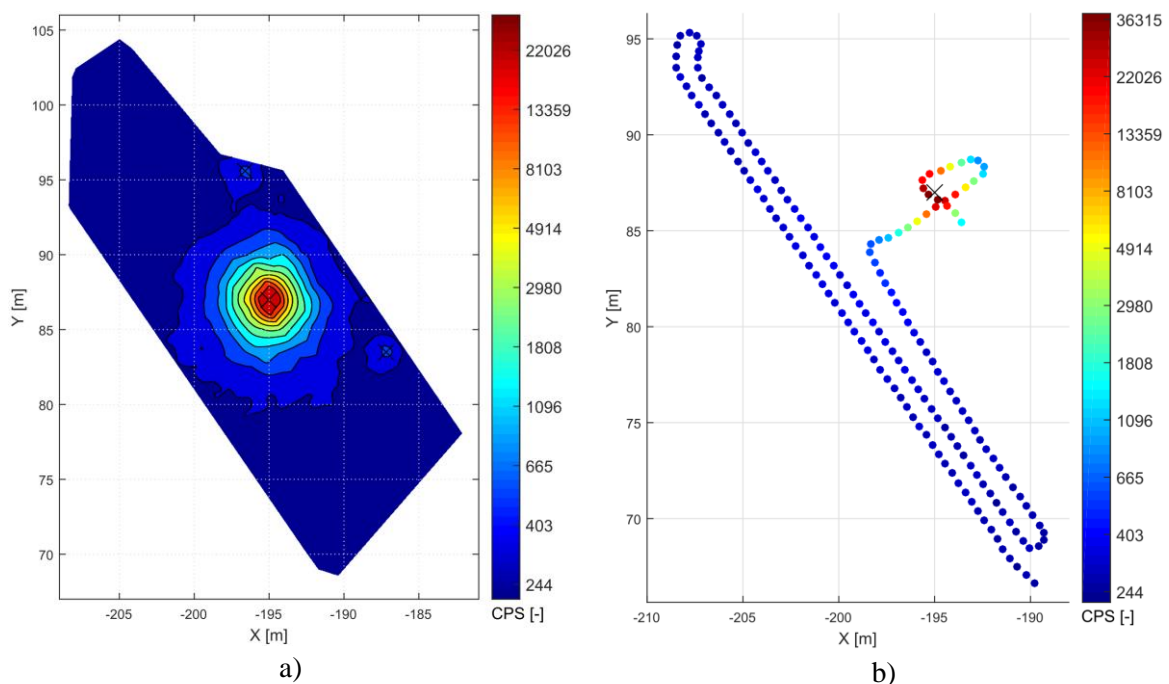
V průběhu průjezdu stanovené trajektorie jsou s periodou jedna sekunda vyčítány CPS z detektorů záření a příslušné souřadnice z GNSS modulu. Po skončení měření jsou data vyhodnocena. Nejprve je nutné interpolovat hodnoty CPS v bodech pravidelné mřížky, k tomu je možné použít Delaunayho triangulaci [4]. Po tomto kroku již je možné mapu vizualizovat a pozici zdrojů určit ručně.

Automatický výpočet pozice se skládá ze tří kroků. Nejdříve jsou nalezeny lokální maxima v mapě. Pro každé maximum jsou následně z množiny dat vybrány body, které spadají do stanoveného poloměru. Nakonec jsou tyto body proloženy vhodnou funkcí. Jako hrubou aproximaci je možné využít paraboloid, jelikož jeho parametry je možné snadno analyticky spočítat pomocí metody nejmenších čtverců [5]. Souřadnice vrcholu paraboloidu potom odpovídají souřadnicím hledaného zdroje.

4 VYHLEDÁVÁNÍ ZDROJE ZÁŘENÍ

Pokud je kritické co nejrychlejší nalezení silného zdroje záření, je možné využít navržený algoritmus založený na sledování gradientu intenzity IZ.

Počáteční nastavení je identické jako v případě radiačního mapování. Rozdílem je dynamické přepřeplování trajektorie na základě změřených dat. Po projetí každé linie jsou data testována na přítomnost peaku. Pokud je nalezen peak ve dvou po sobě jdoucích liniích a vzdálenost jejich průmětů do aktuální linie nepřesahuje zadanou mez, je naplánována nová měřicí linie kolmá na ty stávající a protínající úsečku spojující průměty v jejím středu. Jakmile robot dosáhne nové linie, jsou data po



Obrázek 2: Výsledek a) radiačního mapování, b) vyhledávání silného zdroje.

každé měřicí periodě opět testována na přítomnost peaku. Je-li nalezen, robot projede smyčku v okolí předpokládané pozice zdroje, což poskytne data pro její přesnější interpolaci. Vyhodnocení pozice zdroje probíhá analogicky jako v předchozí kapitole, pouze není interpolovaná celá mapa a vychází se z globálního maxima naměřených pulsů – hledá se pouze jeden zdroj.

5 VYHODNOCENÍ EXPERIMENTŮ

Oba prezentované algoritmy byly ověřeny pomocí reálných experimentů. Při prvním experimentu byly použity tři zdroje záření gama, konkrétně ^{60}Co o aktivitě 40 MBq, ^{60}Co o aktivitě 220 kBq a ^{137}Cs o aktivitě 350 kBq. Byl vytyčen nepravidelný sedmistranný měřicí polygon o ploše 438 m², rozstup měřicích linií byl zvolen 1 m. Průjezd oblasti trval robotu přibližně 15 minut, výsledná radiční mapa je na obrázku 2a. Pomocí křížků jsou v mapě vyznačeny dopočítané pozice zdrojů. Rozdíl změřené a vypočítané pozice zdroje činil přibližně 7 cm, což je hodnota srovnatelná s chybou referenčního měření.

Druhý experiment ověřil rychlé vyhledávání zdroje. Byl použit stejný měřicí polygon, ale pouze jeden zdroj záření gama – ^{137}Cs o aktivitě 90 MBq. Výsledek experimentu je vizualizován na obrázku 2b. Řídící algoritmus po průjezdu prvních dvou linií odhadl směr, ve kterém se nachází zářič, a poslal k němu robot. Celý experiment zabral 3 minuty, rozdíl změřené a vypočítané pozice zdroje činil opět přibližně 7 cm.

6 ZÁVĚR

Prostřednictvím praktických experimentů se podařilo ověřit, že s použitím navrženého robotického detekčního systému je možné lokalizovat zdroje záření gama v definované oblasti, přičemž není potřebná součinnost operátora. Použití inteligentního lokalizačního algoritmu prokazatelně vede ke zrychlení nalezení zářiče. Přesnost určení pozice zdrojů je při aplikaci obou algoritmů dostatečná na to, aby mohly být efektivně zneškodněny lidským operativním týmem.

V současné době se pracuje na nových algoritmech, které by s využitím směrově citlivých detektorů měly být schopné rychle lokalizovat větší množství zdrojů ionizujícího záření v dané oblasti.

PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla za podpory grantu číslo FEKT-S-17-4234 – „Průmysl 4.0 v automatizaci a kybernetice“ financovaného z Interní grantové agentury Vysokého učení technického v Brně.

REFERENCE

- [1] Radiological Dispersal Device Playbook. *Public Health Emergency* [online]. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services, 2015 [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: <https://www.phe.gov/preparedness/planning/playbooks/rdd/Pages/default.aspx>
- [2] JILEK, Tomas. Radiation intensity mapping in outdoor environments using a mobile robot with RTK GNSS. *International Conference on Military Technologies (ICMT) 2015* [online]. IEEE, 2015, 1-7 [cit. 2017-03-12]. DOI: 10.1109/MILTECHS.2015.7153755. ISBN 978-8-0723-1977-0. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7153755/>
- [3] NUZIA. *Product Catalogue*. [online]. 2016 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: http://www.nuvia.co.uk/_includes/docs/Nuclear-Measurements-Catalogue.pdf
- [4] AMIDROR, Isaac. Scattered data interpolation methods for electronic imaging systems: a survey. *Journal of Electronic Imaging* [online]. 2002, 11(2), 157–176 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: http://molly.magic.rit.edu/~mac/test/paper_pdf.pdf
- [5] EBERLY, David. Least Squares Fitting of Data. *Geometric Tools* [online]. 2016 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.geometrictools.com/Documentation/LeastSquaresFitting.pdf>