

## Monitoring volných částic v primárním okruhu JE

Sven Künkel<sup>1</sup>

### 1 Obecný princip 3D lokalizace

Primární okruh JE je tvořen reaktorovou nádobou a soustavou potrubí, v níž cirkuluje voda. Při provozu se v něm může uvolnit těleso (např. matka apod.), které může svojí přítomností ohrozit bezpečnost elektrárny. Přirozeným požadavkem je při provozu monitorovat eventuální výskyt těchto volných těles.

Jedním z řešení je použití soustavy akcelerometrů upevněných na vnějším plášti reaktorové nádoby a potrubí. Využívá se pak toho, že těleso unášené proudem cirkulujícího média při svém pohybu naráží do vnitřních stěn a budí akustické vlny šířící se z místa nárazu dále po povrchu potrubní soustavy. Povrch soustavy je spojitý, tudíž lze každou takovou rázovou vlnu detekovat na každém snímači. Protože se ale různí vzdálenost místa vzniku rázu k jednotlivým snímačům, bude vlna detekována na každém snímači v obecně různém čase.

Jednoduché algoritmy lokalizace volných částí se zaměřují pouze na jednoduché objekty a úloha lokalizace je řešena ve 2D. Pro precizní řešení lokalizace volných částí je nutné řešit tuto úlohu ve 3D, což umožňuje její řešení i v případě geometricky složitých těles. Každý bod soustavy má svoji specifickou kombinaci vzdáleností k jednotlivým čidlům a tedy i specifickou kombinaci časů (časových zpoždění), v nichž čidla detekují vlnu šířící se z daného místa.

Ze znalosti STL modelu analyzovaného objektu je možné napočítat příchody akustických vln ke každému snímači ze všech bodů objektu zahrnutých do jeho modelu. Stačí znát rychlost šíření akustické vlny (tabulková hodnota) a vzdálenost ke všem čidlům. Pro výpočet nejkratší vzdálenosti na povrchu obecného 3D tělesa existuje mnoho algoritmů, ale ne všechny jsou pro popisovanou metodu vhodné.

### 2 Srovnání algoritmů pro výpočet nejkratší vzdálenosti na 3D tělese

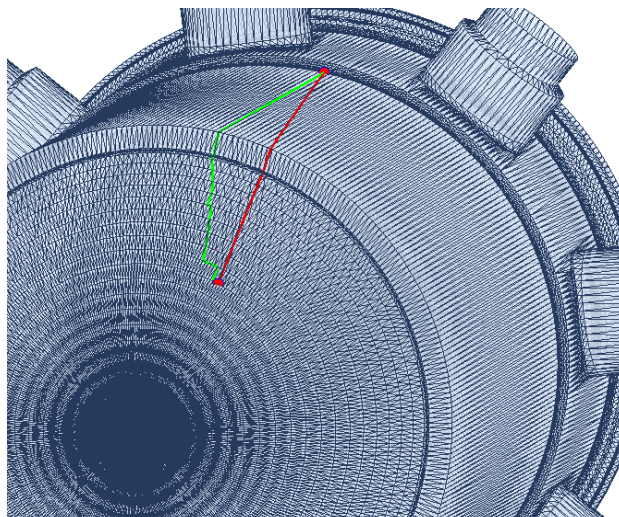
Prvním testovaným algoritmem byl Dijkstrův algoritmus. Poznamenejme, že model reaktoru byl reprezentován trojúhelníkovou sítí, na kterou lze pohlížet jako na graf, jehož hrany jsou ohodnocené svojí délkou. Dijkstrův algoritmus je výpočetně nenáročný, ovšem nevede k dostatečně přesným výsledkům. Nalezená nejkratší cesta totiž vždy vede po hranách (viz obr. 1, zelená čára) a její přenosti je velkou mírou omezena jemností modelu daného objektu.

Jako druhý byl použit algoritmus popsáný autory Chen a Han (1981). Tento algoritmus nalezne skutečnou nejkratší cestu na obecném trojúhelníkovém povrchu (viz obr. 1, červená čára).

Cenou za přesný výsledek Chenova-Hanova algoritmu je značná výpočetní náročnost. Tento aspekt však není příliš omezující vzhledem k tomu, že výpočet vzdáleností je proveden jednorázově (offline) a samotná 3D lokalizace následně používá pouze výsledek v podobě vektoru napočítaných vzdáleností.

---

<sup>1</sup> student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Inženýrská informatika a kybernetika, specializace Kybernetika a řídicí technika, e-mail: kunkel@students.zcu.cz



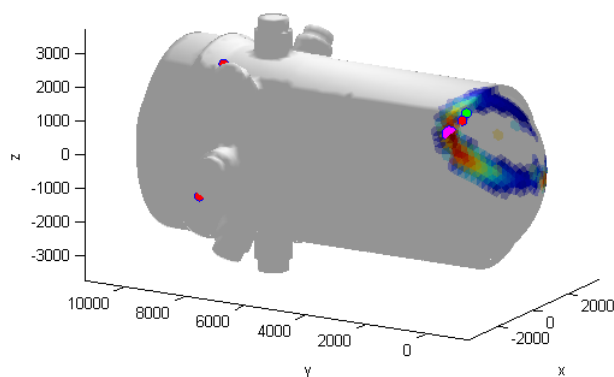
**Obrázek 1:** Nejkratší cesta. Dijkstrův algoritmus (zelená čára) a Chenův-Hanův algoritmus (červená čára).

## Výsledky

Správná funkčnost algoritmu je testována pro nejrůznější případy simulovaného rázu (časové okamžiky jsou spočítány buďto teoreticky nebo převzaty z výsledků některého z algoritmů popsaných výše) i na reálných vibračních datech dodaných firmou Areva.

Následující obrázek znázorňuje výsledek, který byl získán na základě analýzy dat změřených při experimentálním měření na skutečné tlakové nádobě. Tři zelené tečky znázorňují polohu čidel, fialovou tečkou je označeno skutečné místo rázu a modrou barvou je označeno maximum výsledné kritériální funkce vyjadřující očekávané místo rázu.

OL3-JYF-Impulshammerschläge RDB-Mantel\_2010\_06\_04\_0001



**Obrázek 2:** Výsledek 3D lokalizace nad reálnými daty.

## Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2013-041.

## Literatura

Chen, J., and Han, Y., 1990. *Shortest Paths on a Polyhedron*. International Journal of Computational Geometry & Applications.

Xin, S., and Wang, G., 2009. *Improving Chen and Han's Algorithm on the Discrete Geodesic Problem*. ACM Transactions on Graphics, Vol. 28, No. 4, Articlele 104.