

INTERPOLATION METHOD VOXEL NEAREST NEIGHBOUR FOR RECONSTRUCTION OF 3D ULTRASOUND DATA

Petr LACMAN, Bachelor Degree Programme (3)
Dept. of Biomedical Engineering, FEEC, BUT
E-mail: xlacma00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Jiří Začal

ABSTRACT

Three-dimensional ultrasound data obtained using a 2D ultrasound probe with positional sensor are not equidistant. Before visualization 3D ultrasound data it is necessary to use some interpolation method. This work presents interpolation method Voxel Nearest Neighbour and summarizes the most important steps of realization this method in program MATLAB.

1 ÚVOD

Trojrozměrná ultrazvuková data můžeme získat snímáním 3D ultrazvukovou sondou, nebo použít klasickou 2D ultrazvukovou sondu a její údaje doplnit pozičními informacemi. Takto získaná ultrazvuková data jsou ovšem neekvidistantní a je nutno přistoupit k jejich rekonstrukci do pravidelného 3D voxelového prostoru.

K rekonstrukci lze použít velkého množství metod, které se různí výpočetní náročností i dobou trvání rekonstrukce. Metoda Voxel Nearest Neighbour (VNN) je navržena tak, aby potřebná paměť a čas potřebný pro rekonstrukci byly minimální. Pro lékařské účely je ideální, aby rekonstrukce trvala co nejkratší dobu, tedy aby se při vyšetřování snímaná tkáň zobrazovala na monitoru téměř okamžitě

2 PRINCIP REKONSTRUKČNÍ METODY VOXEL NEAREST NEIGHBOUR

Myšlenka interpolační metody VNN je velice jednoduchá: každému voxelu je přiřazena hodnota nejbližšího pixelu. Při realizaci metody je zkoumáno voxelové pole voxel po voxelu a hledána hodnota nejbližšího pixelu. Při hledání nejbližšího pixelu nemusíme procházet všechny pixely a určovat, který z nich je nejbližší. Můžeme využít skutečnosti, že nejbližší pixel leží na kolmici k nejbližšímu bscanu. Pro nasnímané bscany vypočítáme z hodnot pixelů normálový vektor n o souřadnicích a , b , c . Poté můžeme určit vzdálenost l voxelu o souřadnicích x , y , z od dané roviny bscanu s parametrem d ze vzorce,

$$l = \frac{ax + by + cz + d}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}}. \quad (1)$$

Na základě této skutečnosti je metoda VNN nejrychlejší ze všech interpolačních metod. Pro tuto metodu nenastavujeme žádné počáteční parametry. Výhodou této metody je kromě její rychlosti i fakt, že v rekonstruovaném voxelovém poli nezanechává tzv. díry, tj. voxely bez přidělené jasové hodnoty. Nevýhodou je možný výskyt rekonstrukčních artefaktů, které mohou být pozorovatelné v řezech skrz voxelové pole.

3 REALIZACE REKONSTRUKČNÍ METODY VNN V PROGRAMU MATLAB

Rekonstrukční algoritmus můžeme ho rozdělit do následujících kroků:

- Vytvoření ekvidistantního 3D pole pro zrekonstruovaná data
- Určení nejbližšího bscanu k danému počítanému voxelu
- Určení průmětu voxelu v rovině nejbližšího bscanu
- Ověření, zda průmět leží v oblasti nejbližšího bscanu
- Přiřazení jasové hodnoty danému voxelu, případná interpolace

3.1 VYTVOŘENÍ EKVIDISTANTNÍHO TROJROZMĚRNÉHO POLE

Pro vytvoření ekvidistantního pole byla použita standardní matlabovská funkce *meshgrid*. Tato funkce vytvoří v daném prostoru síť požadovaných rozměrů s volitelným krokem. Poloha každého bodu sítě v prostoru není popsána přímo vektorem tří hodnot reprezentujících dané souřadnice, ale pro každou souřadnici zvlášť jsou vytvořena tři trojrozměrná pole:

X ... pole s informací o souřadnici *x* všech bodů rekonstruovaného prostoru

Y ... pole s informací o souřadnici *y* všech bodů rekonstruovaného prostoru

Z ... pole s informací o souřadnici *z* všech bodů rekonstruovaného objemu

Dále byla vytvořena trojrozměrná matice *D*, tj. pole, kam budou po proběhlé rekonstrukci zaznamenávány vypočítané jasové hodnoty.

3.2 URČENÍ NEJBLIŽŠÍHO BSCANU

Voxely ve vytvořeném ekvidistantním prostoru jsou nyní procházeny voxel po voxelu. Pro příslušný voxel jsou vypočítány jeho vzdálenosti od všech rovin bscanů dle vztahu (1), kde *a*, *b*, *c*, *d* jsou koeficienty roviny bscanu a *x*, *y*, *z* jsou souřadnice voxelu. Z vypočtených vzdáleností pak určíme minimum, tj. nejmenší vzdálenost a zjistíme, kterému bscanu odpovídá, který bscan je k danému voxelu nejbližší.

3.3 URČENÍ PRŮMĚTU VOXELU V ROVINĚ NEJBLIŽŠÍHO BSCANU

Pro výpočet souřadnic průmětu voxelu v rovině nejbližšího bscanu bylo použito směrových kosinů [3]. Směrovým úhlem je nazýván úhel, který svírá normála roviny s danou osou souřadnicového systému. Každá rovina v prostoru má tedy tři směrové úhly α , β , γ , které normála roviny svírá s osami *x*, *y*, *z*. Výpočet směrových kosinů je dán vztahy

uvedenými v [3]. Dále je nutno vypočítat parametr t kolmice k rovině daného nejbližšího bscanu. Na této kolmici totiž leží průmět daného voxelu do roviny bscanu [3]:

$$t = \frac{ax + by + cz + d}{a \cdot \cos \alpha + b \cdot \cos \beta + c \cdot \cos \gamma}, \quad (2)$$

kde a, b, c, d jsou koeficienty roviny bscanu a x, y, z jsou souřadnice voxelu a $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$ jsou směrové kosiny. Poté již můžeme přímo vypočítat souřadnice průmětu [3]:

$$x_p = x - t \cdot \cos \alpha, \quad y_p = y - t \cdot \cos \beta, \quad z_p = z - t \cdot \cos \gamma, \quad (3)$$

x_p, y_p, z_p jsou souřadnice průmětu voxelu o souřadnicích x, y, z do roviny nejbližšího bscanu.

3.4 OVĚŘENÍ, ZDA PRŮMĚT LEŽÍ V OBLASTI BSCANU

Vypočítaný průsečík v rovině nejbližšího bscanu nemusí ležet přímo v oblasti bscanu, může se stát, že leží vedle oblasti bscanu. Proto je nutné tuto skutečnost otestovat. Všechny bscany mají tvar kruhové výseče se shodným poloměrem a vrcholovým úhlem. Testování, zda průmět leží v oblasti bscanu provedeme ve dvou krocích. Nejprve vypočítáme vzdálenost průmětu od vrcholu bscanu r' a porovnáme s poloměrem bscanu r , pak spočítáme úhel sevřený spojnicemi průmět-vrchol bscanu a vrchol-spodní levý bod bscanu φ' a porovnáme s vrcholovým úhlem bscanu φ . Pokud je vzdálenost průmětu od vrcholu bscanu r' menší než poloměr r a současně úhel mezi spojnicemi φ' menší než vrcholový úhel φ , leží průmět v oblasti bscanu.

3.5 PŘÍRAZENÍ JASOVÉ HODNOTY DANÉMU VOXELU

Pokud průmět voxelu neleží v oblasti nejbližšího bscanu, je voxelu přiřazena nulová jasová hodnota. Pokud průmět voxelu leží v oblasti nejbližšího bscanu, přiřadíme mu jasovou hodnotu nejbližšího pixelu, určeného dle vztahu (3). Jak však ukázalo zobrazení výsledků několika rekonstrukcí ultrazvukových dat, pokud se spokojíme pouze s naplněním voxelu jasovou hodnotou nejbližšího pixelu, výsledky rekonstrukce nejsou příliš uspokojivé. Proto je ideální přistoupit při plnění voxelu jasovou hodnotou k interpolaci v určitém okolí.

4 ZÁVĚR

Rekonstrukční metoda VNN je nejméně výpočetně i časově náročnou metodou pro rekonstrukci 3D ultrazvukových dat, při realizaci metody byla ověřena její účinnost, nejlepších výsledků dosahovala metoda VNN ve spojení s interpolací v okolí 5*5 s exponenciálními vahami.

LITERATURA

- [1] Rohling, R.: 3D Freehand Ultrasound, Reconstruction and spatial Compounding. Churchill College University of Cambridge, 1998
- [2] Bartch, H. J.: Matematické vzorce, SNTL, Praha, 1983
- [3] Kolář, R., Rohel, J., Kurečka, R.: 3D interpolation for ultrasound volume reconstruction. Brno: University of Technology, 2002