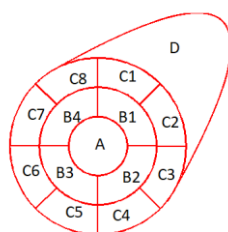


Popis softwaru pro sledování pohybu UZ sondy

Cílem programu je umožnit lékaři, provádějícímu ultrazvukové vyšetření pacientky, zaznamenat a vyhodnotit prostorovou trajektorii sondy. Zaznamenaná trajektorie se zobrazuje do jednoduchého schématu, které odpovídá schematickému značení prsu a které je standardně používané při ultrazvukovém vyšetření (viz. Obr. 1). Tak dostane lékař orientační zpětnou vazbu o vyšetření v jednotlivých sektorech.



Definice oblastí prsu: A - bradavka a okolí bradavky; B1-4 - kvadranty v okolí dvorce horní laterální a dolní laterální, dolní mediální a horní mediální; C1-8 - laterální oblasti prsu jsou rozděleny do 8 oblastí podle hodinových ručiček 1) periferní horní mediolaterální, 2) periferní horní laterální, 3) periferní dolní laterální a 4) periferní dolní mediolaterální, 5) periferní dolní mediomediální a 6) periferní dolní mediální, 7) periferní horní mediální a 8) periferní horní mediomediální; D - axilární výběžek.

Obr. 1 Definice oblastí prsu

Funkční módy programu

Program má dva *funkční módy*:

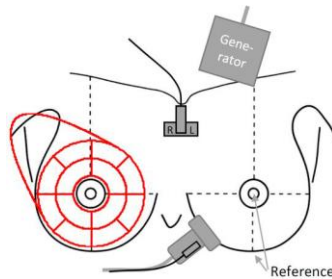
- na začátku vyšetření je nutné zavést prostorové vztahy mezi polohou sondy a polohou vyšetřované pacientky. To je tzv. *kalibrační mód*, ve kterém program na obrazovce schematicky provádí lékaře jednotlivými kalibračními kroky.
- po tomto kroku následuje *provozní mód*, ve kterém probíhá samotné vyšetření prsu: v tomto módu se zobrazuje videosignál z ultrazvukové sondy spolu se schématickým nákresem prsu, který se postupně zbarvuje podle pohybů sondy. V tomto nákrese se zároveň vykresluje aktuální poloha sondy. Ovládání programu je přitom nastaveno tak, aby minimalizovalo přidanou zátěž (taskload) lékaře. Většina operací se provádí jednoduchým stiskem tlačítka „Freeze“ na UZ přístroji a lékař nemusí během vyšetření s programem dále interagovat.

Kalibrace systému

Systém sledování polohy sondy se skládá z vysílače elektromagnetického pole, referenčního polohového senzoru, umístěného na sternu pacientky, a polohového senzoru, umístěného na UZ

T A Č R

sondě. To je schematicky znázorněno na Obr. 2.



Obr. 2 Schéma umístění polohových senzorů

Na začátku vyšetření je třeba nejdříve umístit referenční polohový senzor (přiložený na sternum) a zavést do systému prostorový vztah mezi polohou senzoru na sondě, referenčního senzoru, a 3 kalibračními (referenčními) body na pacientce (bradavka, dolní okraj prsu a axilární zóna). Tento krok, označovaný jako *kalibrace systému*, umožňuje nastavit korektně přepočítání prostorové polohy sondy do roviny schématického nákresu prsu.

Kalibrační postup je názorně uveden na Obr. 3. a probíhá následovně:

1. Umístění referenčního polohového senzoru a výběr vyšetřovaného prsu

- program zobrazí obrazovku se schématickým nákresem hrudníku pacientky
- v tomto nákresu je orientačně vyznačena poloha referenčního senzoru a zobrazena výzva k jeho umístění na sternum pacientky
- zároveň se v nákresu střídavě zvýrazňuje poloha levé a pravé mammy (prsní bradavky)
- lékař umístí na pacientku referenční přijímač, poté umístí UZ sondu na jednu z mamil
- stiskem tlačítka *Freeze* na UZ zařízení informuje program o tom, že umístil referenční senzor a vybral prs, který bude vyšetřovat

2. Označení dvou referenčních bodů na prsu (pod prsem a v axile)

V tomto kroku vyznačí lékař polohu referenčních bodů bod prsem a v axile:

2a. Označení referenčního bodu pod prsem

- na schématu se u vybraného prsu zvýrazní referenční bod pod prsem
- lékař umístí UZ sondu do odpovídající polohy pod vyšetřovaný prs a potvrdí ji stiskem tlačítka *Freeze*

2b. Označení referenčního bodu v axile

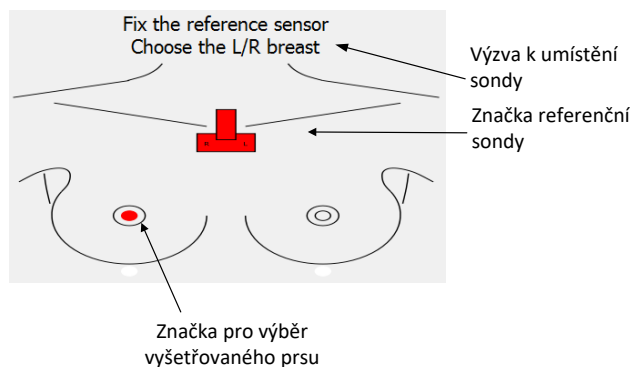
- na schématu se u vybraného prsu zvýrazní referenční bod v axile
- lékař umístí UZ sondu do odpovídající polohy v axile a potvrdí ji stiskem tlačítka *Freeze*
- kalibrace systému pro vyšetření je tímto dokončena

Pozn 1: barva referenčního bodu se po jeho výběru vždy změní z červené na zelenou.

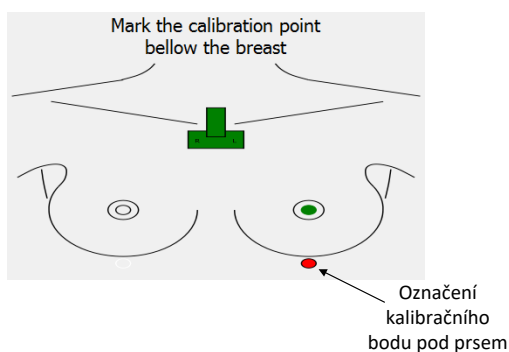
T A

Č R

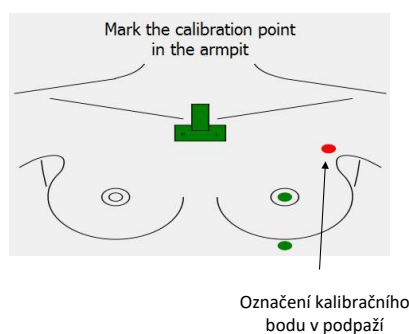
Pozn. 2: v pravé horní části obrazovky se průběžně zobrazuje *status* systému. Ten se v této fázi mění mezi *WAITING* (stav čekání na označení kalibračního bodu) a *FROZEN* („zmražený“ obraz, sonda umístěn na požadovaném kalibračním bodu).



1. umístění referenčního senzoru na sternum,
Označení mamilly pro výběr vyšetřovaného prsu



2a. Označení referenčního bodu pod prsem



2b. Označení referenčního bodu v axile

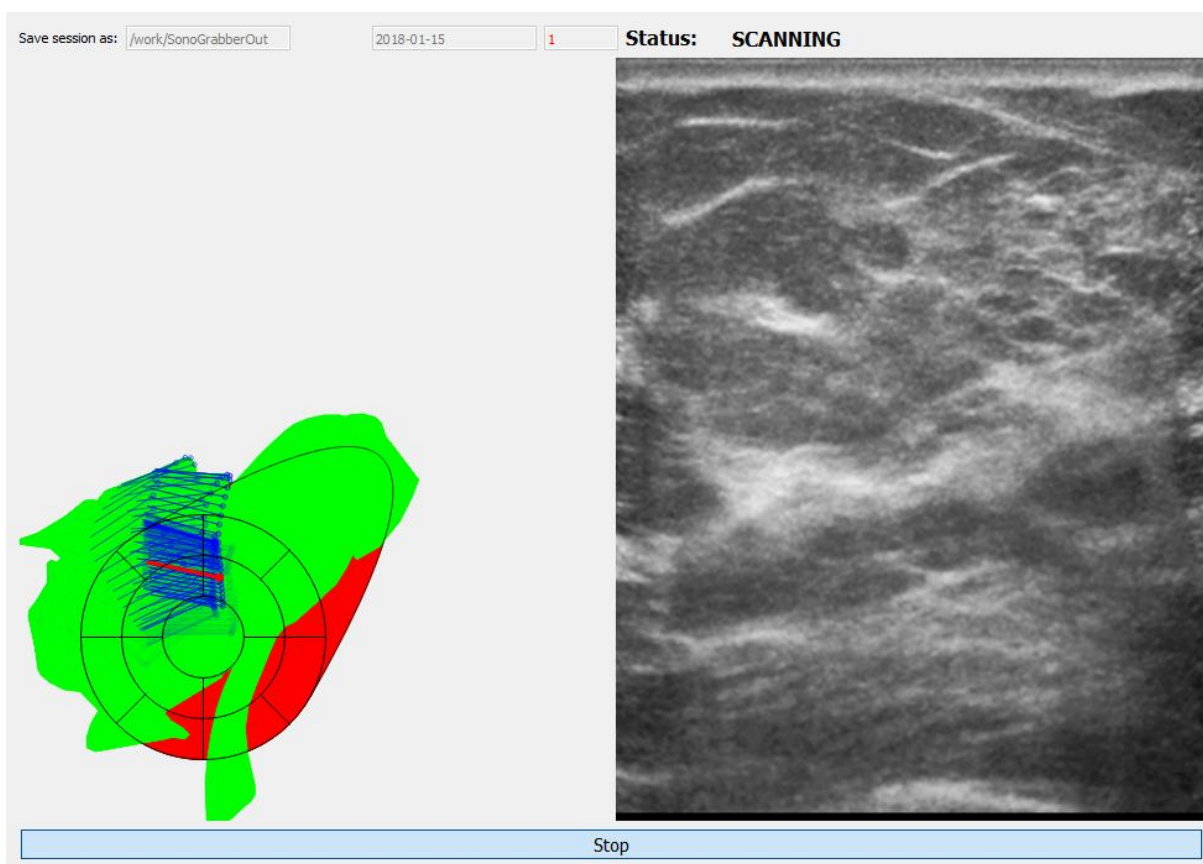
Obr. 3 Kalibrační postup

T A Č R

Provozní mód

Po provedení kalibrace se systém přepne do *provozního módu*. V tomto módu se zobrazuje jednak obraz snímáný sondou a zároveň s ním schematický náčrt prsu ve kterém se postupně vykresluje historie polohy sondy a vyšetřená oblast.

Okno aplikace se tedy rozdělí na dvě části, v jedné je schematický náčrt prsu, tak jak byl popsán dříve a ve druhé samotný obraz z UZ sondy (viz. Obr. 4)



Obr. 4 Obrazovka v provozním módu

Schematický náčrt prsu je na začátku vybarvený *červeně* (to odpovídá tomu, že žádná část prsu dosud nebyla vyšetřena). V náčrtu se průběžně zobrazuje *značka (modrá čárka s kolečkem)*, znázorňující aktuální pozici a orientaci sondy. Pro lepší orientaci se vykreslují i pozice sondy v předchozích časových okamžicích. Tyto značky z náčrtu postupně mizí. Oblasti prsu, které již byly vyšetřeny, se zároveň probarvují *zelenou* barvou.

T A

Č R

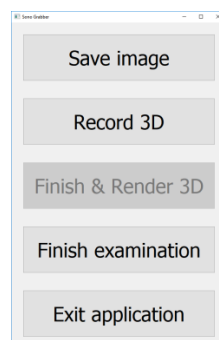
Chování programu v případě zmražení obrazu závisí na nastavení konfiguračního parametru [freeze]/markOnlySaved v konfiguračním souboru sonoGrabber.ini: pokud má tento parametr hodnotu „false“, vykreslí se *každý* freeze *červenou značkou* (čárkou s kolečkem), odpovídající poloze sondy v okamžiku, kdy byl obraz zmražen. Pokud má parametr hodnotu „true“, zaznamená se freeze do schématu pouze v případě *uložení obrazu* (viz následující sekce *Dialog při zmražení obrazu*). Značka zmraženého obrazu zůstává v nákresu trvale přítomna.

Průběžně se detekuje, zda sonda snímá obraz (tj. zda je přiložena k povrchu těla). V případě jejího oddálení se značka sondy ve schématu zastaví v poslední známé pozici.

Dialog při zmražení obrazu

Během vyšetření se v aplikaci při stisku tlačítka „Freeze“ objeví modální dialogové okno (Obr. 5), které dává na výběr tři akce:

- 1) **Uložení UZ snímku** a odpovídající pozice sondy pro pozdější referencování nebo anotování. Do schematického nákresu se zakreslí značka (červená čárka s kolečkem) reprezentující pozici a orientaci sondy uloženého snímku.
- 2) **Záznam pro 3D rekonstrukci.** Po ukončení zmražení obrazu (opětovným stiskem Freeze) se začnou snímky a jejich pozice ukládat na disk – viz popis v následující sekci. Na konci vyšetření je potom možné vybrat záznamy pro konstrukci 3D obrazu tkáně a jeho vizualizaci v externím prohlížeči (např. 3DSlicer).
- 3) **Ukončení vyšetření a 3D rekonstrukce.** Po této volbě se ukončí vyšetření a zobrazí se seznam uložených sekvencí pro 3D rekonstrukci. Obrazovka programu se přepne zpět do kalibračního módu. Tato volba je dostupná až v okamžiku, kdy byla uložena alespoň jedna sekvence snímků pro rekonstrukci.
- 4) **Prosté ukončení vyšetření.** Při této volbě se nezobrazí seznam sekvencí pro rekonstrukci, pouze se přejde do kalibračního módu pro nové vyšetření.
- 5) **Ukončení aplikace.** Tato volba umožňuje ukončení aplikace.



Obr. 5 Dialogové okno zmražení obrazu

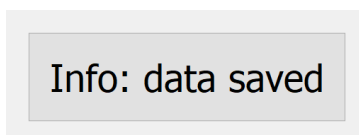
T A

Č R

Záznam dat pro 3D rekonstrukci

Při volbě záznamu 3D dat se dialogové okno zavře. Následně je třeba ručně zrušit zmražení obrazu stiskem tlačítka „Freeze“ (software snímá stav *Freeze* UZ zařízení, ale nemá vazbu pro jeho změnu).

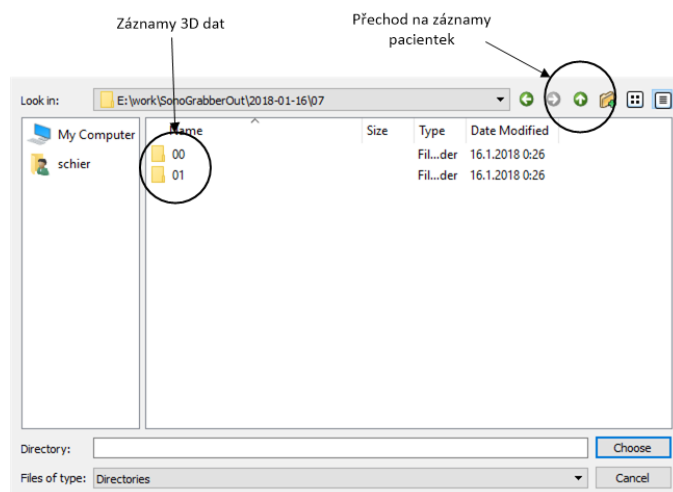
Záznam dat se *ukončí* opětovným stiskem tlačítka „Freeze“. Data se automaticky uloží, a software zobrazí potvrzovací okno o jejich uložení (Obr. 6). Toto okno je možné uzavřít opětovným stiskem tlačítka „Freeze“ (tedy ukončením zmražení obrazu), příp. po cca 5 sekundách se uzavře samo.



Obr. 6 Potvrzovací okno uložení dat pro 3D rekonstrukci

Ukončení vyšetření a 3D rekonstrukce

V případě volby *Ukončení vyšetření & 3D rekonstrukce* (Dialog při zmažení obrazu, Obr. 5) se ukončí provozní mód a software přejde zpět do kalibrace. Tím je připraven pro vyšetření další pacientky. Zároveň se zobrazí okno pro výběr záznamu pro 3D rekonstrukci (Obr. 7). To je nastaveno na záznamy poslední vyšetřované pacientky. V okně se zobrazují složky (adresáře) s daty z jednotlivých 3D záznamů dané pacientky. Výběr záznamu se provede myší, následně se potvrdí stiskem tlačítka *Choose*. Je možné vybrat i více záznamů najednou. Po stisku tlačítka *Choose* se spustí externí dávka pro výpočet 3D obrazu ze záznamu a pro jejich zobrazení.



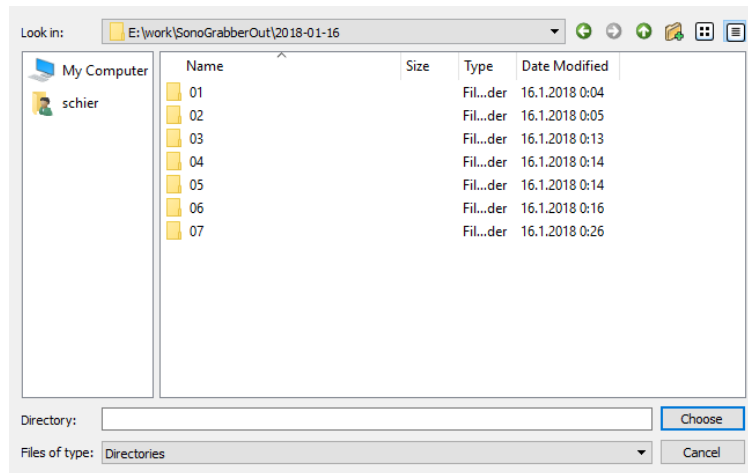
Obr. 7 Okno výběru záznamů pro 3D rekonstrukci

Záznamy jednotlivých vyšetřovaných pacientek

Jestliže přejdeme v dialogovém okně o úroveň výše (stiskem šipky nahoru), je možné vybírat mezi

T A Č R

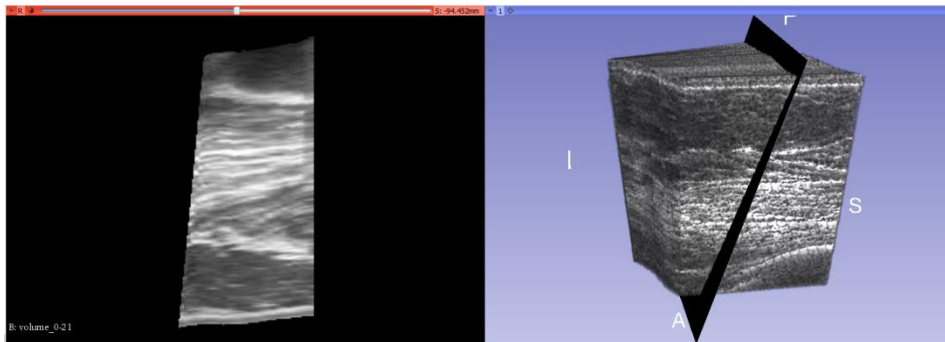
záznamy jednotlivých vyšetřených pacientek (Obr. 8). S ohledem na anonymitu dat jsou tyto záznamy pouze očíslovány. Po volbě složky dané pacientky se opět otevře okno složek jednotlivých datových záznamů.



Obr. 8 Záznamy pacientek

3D Rekonstrukce

Výpočet a zobrazení 3D rekonstrukce pro vybrané datové sekvence proběhne automaticky, s využitím programové dávky, která zavolá programy VolumeReconstructor (utilita pro přepočítání sekvence 2D snímků na 3D objem, obsažená v balíku programů Plus Application) a Slicer3D (pro zobrazení dat). Ukázka zobrazení v programu Slicer je na Obr. 9.



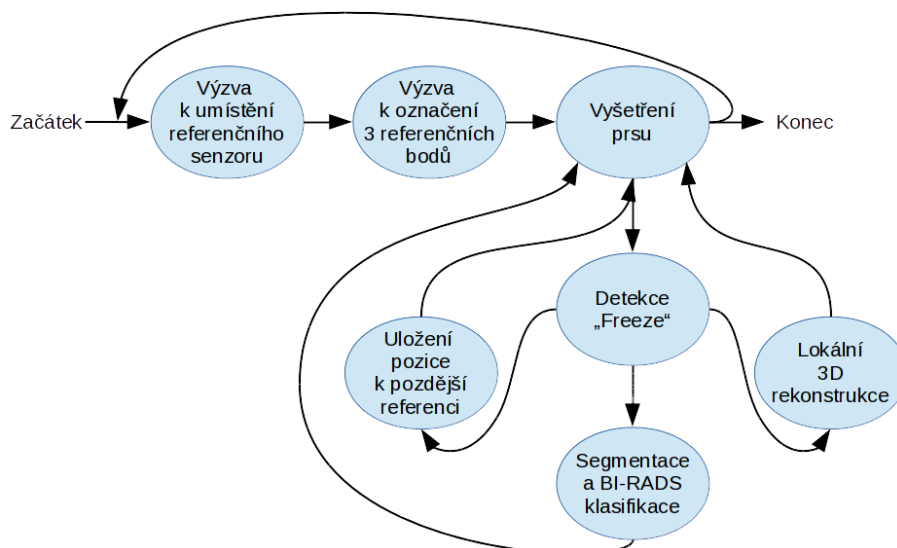
Obr. 9 3D rekonstrukce vyšetřovaného úseku

Stavové přechody programu

Přechody mezi jednotlivými stavy systému (kalibrační sekvence, provozní mód – stav „Vyšetření prsu“, návrat do kalibrace) jsou znázorněny ve stavovém diagramu na Obr. 10. Program průběžně zaznamenává pozice UZ sondy a kromě analýzy pozice analyzuje též výstupní videosignál z UZ zařízení. Tato analýza slouží k automatické detekci stisku tlačítka „Freeze“ a dále k detekci oddálení sondy od pokožky a měření rychlosti pohybu sondy při vyšetřování. Tyto informace jsou potom

T A Č R

využívány k řízení logiky chodu programu a vybarvování oblastí, které byly sondou navštíveny.



Obr. 10 Stavový diagram programu

Pozn: chování programu při výpadku datového spojení. Při výpadku datového spojení (výpadek aplikace Plus server) dojde k ukončení kalibrace, resp. vyšetření, a přechodu programu zpět na začátek kalibrace, kde čeká na obnovení toku dat z Plus serveru.