

Contribution to the design of a multimodal PET / US imager for breast cancer

Ph.D. thesis van DANG Jun

Samenvatting

Het doel van dit onderzoek was een combinatie te maken van een PET scanner geoptimaliseerd voor borstkanker onderzoek, met een echografie scanner.

De gebruikte echografie scanner is een commercieel systeem ontworpen door de firma Supersonic Imagine, en de PET scanner werd ontwikkeld door de Crystal Clear Collaboratie. Het uiteindelijk doel is die twee medische technieken te combineren in een enkel toestel dat toelaat beide beelden te versmelten, en op die manier de detectie, diagnose en therapie van borstkanker te verbeteren.

ClearPEM is een geavanceerde PET scanner speciaal ontworpen voor het maken van beelden van de borst. Het toestel heeft de mogelijkheid de diepte van het interactiepunt van de gamma stralen van 511 keV te bepalen, en laat daardoor toe een veel beter ruimtelijke resolutie te bekomen. De detector bestaat uit twee vlakke detector modules. In iedere module bevinden zich kleine LYSO kristallen waarvan het scintillatie licht aan beide zijden kan uitgelezen worden met "avalanche" fotodioden. De patiënt ligt voorover met de borst hangend tussen de twee detector platen.

De echografie scanner gebruikt in dit project werd ontwikkeld door de firma SupersonicImagine, en is geoptimaliseerd voor borstsonderzoek. Behalve de normale B-mode echografie, laat dit toestel ook toe elastografische beelden te maken, en op die manier de biomechanische eigenschappen van de zachte weefsels te bepalen. Deze combinatie van twee elastografische modaliteiten laat toe de eventuele aanwezigheid van kanker beter te detecteren en beter te characteriseren.

Voor deze studie werd een aangepast fantoom ontwikkeld gebaseerd op het gebruik van een mengsel van gelatine en Agar. Dit fantoom heeft toegelaten de procedure voor de opname van beelden te simuleren, en dus mogelijke manieren om de PET beelden en echografie beelden te versmelten, te bestuderen. Door gebruik te maken van een 6D magnetisch positioneringstoestel kan men zowel de positie van merktekens op the borsthouders, als the positie van de echografische meetkop kennen. De merktekens waren radioactieve puntbronnen die ook zichtbaar zijn in de PET beelden. Op die manier is het mogelijk de beelden te versmelten.

Wij hebben twee methoden bestudeerd om de beelden te versmelten: "mutual information" gebaseerde versmelting waarbij het mogelijk is rekening te houden met eventuele elastische vervorming van de borst tussen de twee beelden, en versmelting gebaseerd op merktekens, waarbij enkel rigide transformaties beschouwd worden. Ons werk heeft aangetoond dat enkel die laatste methode kan toegepast worden in dit geval.

Abstract

The purpose of this work is to combine the ClearPEM, which is a PET scanner dedicated for breast cancer imaging, with a commercial medical ultrasound scanner from “Super Sonic Imagine”. In the end goal of this research is to find a way to combine these two modalities, and to provide image fusion capacity, and in this way improve cancer detection, diagnosis, and therapy.

ClearPEM is an advanced PET scanner for breast imaging, with the ability to measure the depth-of-interaction information of the 511 keV annihilation events. This will dramatically increase the spatial resolution of the scanner. With the two plate detector heads, which are manufactured based on the LYSO:Ce pixelised crystals and APD chips on both of the top and bottom surface of each crystal, patient can be scanned in prone position, with their breast naturally overhanging inside the FOV between the detector heads .

SuperSonic’s elastographic medical ultrasound system is a commercial system, specifically designed for clinical breast imaging. Beside of the basic B-mode scanning function, this system has an innovative shear waved induced soft tissue elasticity imaging ability, which provides a way to evaluate the distribution of the bio-mechanic characteristics of the soft breast tissues. With its B-mode and shear wave elastic imaging function, it can help the medical doctor to evaluate the stages of the breast cancer more accurately.

Chapter 1 introduces the clinical related issues for breast cancer. Chapter 2 and Chapter 3 introduce the imaging physics of PET and medical ultrasound, respectively. Chapter 4 introduces the ClearPEM and SuperSonic’s elastographic ultrasound system, together with corresponding imaging results.

In Chapter 5, an gelatin-agar breast phantom has been developed to simulate and evaluate the work flow of combined ClearPEM-Sonic scanning, and to test PET-Ultrasound image fusion. A 6D magnetic position sensor was used to record the coordinates of the ultrasound probe and of the fiducial markers on the phantom. The fiducial markers were radioactive point sources, such that they can also be seen in the PEM images, as is necessary for the image fusion.

In Chapter 6, both fiducial marker based rigid-body registration and mutual information based deformable image registration methods were tested. As reported in Chapter 5 and Chapter 6, we found that based on the image nature of PET and ultrasound, rigid registration is the only reasonable choice to perform image fusion between the PET and the ultrasound modalities.

Chapter 7 introduced the conclusion and future work.